Volume 7, No. 2, 2026

ISSN 2723-7583 (Online)

Karakterisasi Yoghurt Fungsional dengan Penambahan Karaginan dan *Spirulina* sp.

Characterization of Functional Yoghurt Enriched with Carrageenan and Spirulina sp.

Fitriah Khairul*, Maria Magdalena Nona Motu Tukan, Donata Peni

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Teknologi, Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka
Jl. Soekarno Hatta-Desa Tiwatobi-Kec. Ile Mandiri 86211-Flores Timur-NTT

*Corresponding author email: fitriahkhairul087@gmail.com

Submitted: 08 April 2026 / Revised: 01 May 2026 / Accepted: 03 May 2026

http://doi.org/10.21107/juvenil.v7i2.33989

ABSTRAK

Yogurt merupakan produk fermentasi susu oleh bakteri asam laktat, seperti Lactobacillus bulgaricus dan Streptococcus thermophilus, serta berpotensi sebagai pangan fungsional. Karaginan berfungsi sebagai penstabil untuk memperbaiki tekstur, sedangkan Spirulina sp. merupakan sumber senyawa bioaktif yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik fungsional dan mutu sensorik yoghurt fortifikasi karaginan dan Spirulina sp. serta membandingkannya dengan yoghurt komersial. Parameter yang dianalisis meliputi viskositas, aktivitas antioksidan (metode DPPH), total fenol, dan uji organoleptik. Hasil menunjukkan bahwa yoghurt fortifikasi memiliki viskositas lebih rendah (280 cP) dibandingkan yoghurt komersial (1836,7 cP), diduga akibat perbedaan jenis penstabil. Namun, yoghurt fortifikasi menunjukkan aktivitas antioksidan lebih tinggi (68,5 ppm) dibandingkan yoghurt komersial (106,8 ppm), serta total fenol yang lebih tinggi (1,8 mg GAE/g dibandingkan 1,4 mg GAE/g). Meskipun demikian, yoghurt komersial memiliki tingkat kesukaan lebih tinggi pada seluruh parameter sensori. Yoghurt fortifikasi memiliki warna putih kehijauan, aroma netral, dan tekstur lebih encer. Secara keseluruhan, yoghurt fortifikasi berpotensi sebagai pangan fungsional, namun memerlukan optimalisasi karakteristik sensori untuk meningkatkan penerimaan konsumen.

Kata kunci: *Antioksidan, L. bulgaricus, organoleptik, total fenol, viskositas*

ABSTRACT

Yoghurt is a fermented dairy product produced by lactic acid bacteria, such as Lactobacillus bulgaricus and Streptococcus thermophilus, and has potential as a functional food. Carrageenan functions as a stabilizer to improve texture, while Spirulina sp. serves as a source of bioactive compounds that may enhance antioxidant activity. This study aimed to evaluate the functional characteristics and sensory quality of yogurt fortified with carrageenan and Spirulina sp., and to compare it with commercial yoghurt. The parameters analyzed included viscosity, antioxidant activity (DPPH method), total phenolic content, and organoleptic properties. The results showed that the fortified yogurt had lower viscosity (280 cP) compared to commercial yogurt (1836.7 cP), which may be attributed to differences in the type of stabilizers used. However, the fortified yoghurt exhibited higher antioxidant activity (68.5 ppm) than commercial yogurt (106.8 ppm), indicating stronger antioxidant capacity, along with higher total phenolic content (1.8 mg GAE/g compared to 1.4 mg GAE/g). Despite these advantages, commercial yogurt received higher preference scores across all sensory attributes. The fortified yogurt was characterized by a greenish-white color, neutral aroma, and thinner texture. Overall, carrageenan and Spirulina sp.-fortified yogurt shows potential as a functional food; however, further optimization of sensory characteristics is required to improve consumer acceptance.

Key words: *Antioxidant, L. bulgaricus, organoleptic, total phenolic, viscosity*

PENDAHULUAN

Yoghurt merupakan produk pangan hasil fermentasi susu yang memiliki nilai gizi tinggi serta dikenal sebagai pangan fungsional karena mengandung bakteri asam laktat, seperti *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*, yang bermanfaat bagi kesehatan pencernaan. Keberadaan bakteri tersebut berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan sistem imun, serta mendukung kesehatan metabolik. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat, pengembangan yoghurt tidak hanya difokuskan pada aspek nutrisi dasar, tetapi juga diarahkan pada peningkatan kandungan senyawa bioaktif yang memiliki efek fisiologis tambahan, seperti aktivitas antioksidan (Barkallah *et al.,* 2017).

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menghambat atau menetralkan radikal bebas dalam tubuh. Radikal bebas yang berlebihan dapat memicu stres oksidatif yang berkontribusi terhadap berbagai penyakit degeneratif, seperti penyakit kardiovaskular, kanker, dan diabetes. Pengembangan produk pangan yang kaya antioksidan menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat. Dalam konteks ini, yoghurt memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional yang tidak hanya menyehatkan sistem pencernaan, tetapi juga mampu memberikan perlindungan terhadap stres oksidatif.

Salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai fortifikan dalam produk yoghurt adalah *Spirulina* sp., yaitu mikroalga yang dikenal memiliki kandungan protein tinggi, berkisar antara 60–70% (Józsa *et al.,* 2020). Mikroalga ini juga mengandung vitamin, mineral, serta berbagai senyawa bioaktif seperti fikosianin, flavonoid, steroid, saponin, dan fenol (Gabr *et al.,* 2020). Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang kuat, sehingga mampu menangkal radikal bebas dan berkontribusi terhadap pencegahan penyakit degeneratif. Keberadaan komponen bioaktif tersebut menjadikan Spirulina sp. sebagai kandidat potensial dalam pengembangan pangan fungsional berbasis produk susu fermentasi.

Penambahan *Spirulina* sp. ke dalam yoghurt dapat memberikan dampak terhadap karakteristik fisik dan sensorik produk. Perubahan warna menjadi kehijauan akibat pigmen fikosianin, serta munculnya aroma khas mikroalga, berpotensi menurunkan tingkat penerimaan konsumen apabila tidak dikendalikan dengan baik. Penambahan bahan padat juga dapat memengaruhi viskositas dan stabilitas yoghurt, sehingga diperlukan strategi formulasi yang tepat untuk mempertahankan mutu produk.

Penggunaan bahan penstabil menjadi salah satu pendekatan penting dalam menjaga kualitas yoghurt. Karaginan merupakan bahan penstabil yang umum digunakan dalam industri pangan, khususnya pada produk susu fermentasi. Senyawa ini berfungsi sebagai agen pembentuk gel yang mampu meningkatkan viskositas, memperbaiki tekstur (Nugraha *et al.,* 2022), serta mengurangi sineresis pada yoghurt (Tricahyo *et al.,* 2012). Interaksi antara karaginan dan protein susu dapat membentuk jaringan gel yang stabil, sehingga menghasilkan struktur yoghurt yang lebih kompak. Pemanfaatan karaginan diharapkan mampu mengimbangi perubahan tekstur akibat penambahan Spirulina sp. dan menghasilkan produk dengan kualitas fisik yang lebih baik.

Kombinasi antara karaginan dan *Spirulina* sp. dalam yoghurt menjadi menarik untuk diteliti karena berpotensi menghasilkan produk dengan mutu fisik yang baik sekaligus memiliki nilai fungsional yang tinggi. Penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan *Spirulina* sp. sebagai sumber antioksidan serta pemanfaatan karaginan sebagai penstabil dalam yoghurt. Namun, kajian yang mengombinasikan kedua bahan tersebut secara bersamaan, khususnya yang dikaitkan dengan evaluasi aktivitas antioksidan dan kandungan total fenol yang masih terbatas.

Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada karakteristik dasar produk, seperti pH, kandungan gizi, fitokimia, dan lain-lain, tanpa mengevaluasi secara mendalam sifat fungsional yang berkaitan dengan senyawa bioaktif. Parameter seperti aktivitas antioksidan dan kandungan total fenol merupakan indikator penting dalam menentukan potensi suatu produk sebagai pangan fungsional. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu mengkaji kedua aspek tersebut secara komprehensif.

Yoghurt komersial yang beredar di pasaran umumnya telah diformulasikan sesuai dengan preferensi konsumen, sehingga memiliki tingkat penerimaan sensorik yang tinggi. Produk tersebut belum tentu memiliki kandungan senyawa bioaktif yang optimal. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan yoghurt fortifikasi yang

unggul secara fungsional sekaligus tetap dapat diterima oleh konsumen.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik fungsional yoghurt fortifikasi dengan penambahan karaginan dan *Spirulina* sp., khususnya terkait aktivitas antioksidan dan kandungan total fenol, serta membandingkannya dengan yoghurt komersial dari aspek mutu fisik dan sensorik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan yoghurt sebagai pangan fungsional berbasis sumber daya perairan serta menjadi dasar dalam formulasi produk dengan nilai tambah kesehatan dan daya saing yang lebih tinggi.

MATERI DAN METODE

Penyiapan Starter

Kultur bakteri asam laktat yang digunakan adalah *Lactobacillus bulgaricus* FNCC 0041 dan *Streptococcus thermophilus* FNCC 0040 yang diperoleh dari *Food and Nutrition Culture Collection* (FNCC), Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada. Penyiapan starter dilakukan mengacu pada metode sebelumnya dengan beberapa penyesuaian (Fitriah *et al.,* 2025). Secara singkat, kultur diaktifkan pada media *de Man Rogosa and Sharpe Agar* (MRSA) dan diinkubasi pada suhu 37 °C hingga mencapai fase aktif sebelum digunakan sebagai starter dalam pembuatan yoghurt.

Mother yoghurt dibuat dengan mencampurkan 10% inokulum ke dalam 90% susu komersial yang telah dipanaskan dan didinginkan hingga suhu inokulasi (±37 °C), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam hingga terbentuk yoghurt. Starter yang dihasilkan selanjutnya digunakan dalam proses pembuatan yoghurt fortifikasi.

Proses Pembuatan Yoghurt

Pembuatan yoghurt pada penelitian ini mengacu pada metode sebelumnya (Ramadhany, 2019) dengan modifikasi. Susu komersial rendah lemak dipanaskan hingga suhu 43 °C, kemudian didinginkan hingga mencapai suhu inokulasi (±37 °C). Starter *L. bulgaricus* FNCC 0041 dan *S. thermophilus* FNCC 0040 (rasio 1:1) ditambahkan sebanyak 15% (v/v) dengan populasi $>10^7$ CFU/mL sesuai dengan standar SNI yoghurt.

Yoghurt fortifikasi dibuat menggunakan formulasi terbaik (formula 3) hasil penelitian sebelumnya, yaitu penambahan karaginan sebesar 0,05% (b/v) dan *Spirulina* sp. sebesar 0,07% (b/v). Karaginan yang digunakan merupakan *refined carrageenan*, sedangkan *Spirulina* sp. berupa bubuk halus yang mengandung pigmen alami dan senyawa bioaktif. Campuran difermentasi pada suhu 37 °C selama 16 jam hingga terbentuk koagulasi. Setelah fermentasi, yoghurt dikemas dalam wadah steril dan disimpan pada suhu 4 °C hingga dilakukan analisis lebih lanjut. Sebagai pembanding, digunakan yoghurt komersial yang diperoleh dari pasaran.

Organoleptik (SNI, 2009)

Uji hedonik dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap produk yoghurt fortifikasi dan yoghurt komersial. Pengujian melibatkan 30 panelis semi-terlatih yang sebelumnya telah diberikan penjelasan mengenai prosedur penilaian. Evaluasi dilakukan menggunakan skala hedonik 5 poin, yaitu 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (netral), 4 (suka), dan 5 (sangat suka). Parameter yang diamati meliputi warna, aroma, tekstur, dan rasa. Selain itu, dilakukan pula penilaian terhadap tingkat penerimaan keseluruhan *(overall liking)* menggunakan skala yang sama.

Uji mutu hedonik dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik sensori produk berdasarkan intensitas atribut yang diamati. Pengujian ini juga melibatkan 30 panelis semi-terlatih yang sama. Penilaian dilakukan menggunakan skala 5 poin untuk masing-masing parameter. Pada parameter warna, skor terdiri atas 1 (sangat putih), 2 (putih kekuningan), 3 (putih kehijauan), 4 (hijau kebiruan), dan 5 (putih kebiruan). Parameter aroma dinilai dengan skala 1 (sangat beraroma yoghurt), 2 (beraroma yoghurt), 3 (netral, yaitu perpaduan yoghurt dan *Spirulina*), 4 (beraroma *Spirulina*), dan 5 (sangat beraroma *Spirulina*). Parameter tekstur dinilai dengan skala 1 (sangat encer), 2 (encer), 3 (sedang), 4 (kental), dan 5 (sangat kental). Sementara itu, parameter rasa dinilai dengan skala 1 (sangat berasa yoghurt), 2 (berasa yoghurt), 3 (netral, yaitu perpaduan yoghurt dan *Spirulina*), 4 (berasa *Spirulina*), dan 5 (sangat berasa *Spirulina*). Penilaian juga mencakup tingkat penerimaan keseluruhan (*overall liking*) menggunakan skala 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (netral), 4 (suka), 5 (sangat suka).

Viskositas (Permadi *et al.,* 2018 dengan Modifikasi)

Viskositas sampel yoghurt diukur menggunakan viskometer dengan *spindle* nomor 4. Sebanyak 200 mL sampel dimasukkan ke dalam gelas uji, kemudian *spindle* dicelupkan dan alat dijalankan hingga mencapai pembacaan stabil. Nilai viskositas dicatat setelah ±20 detik ketika jarum penunjuk telah stabil. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan centipoise (cP).

Total Fenol (Skendi *et al.,* 2017)

Kadar total fenol ditentukan menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* dengan asam galat sebagai standar. Sebanyak 1 mL sampel ditambahkan dengan 2,5 mL akuades, 0,5 mL etanol 99,9%, dan 0,25 mL reagen *Folin-Ciocalteu* (50%), kemudian divortex dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 0,5 mL larutan Na_2CO_3 5% dan diinkubasi selama 60 menit dalam kondisi gelap pada suhu ruang. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 725 nm. Kadar total fenol dinyatakan dengan mg GAE/g berat sampel. Kadar total fenol dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

Total Phenolic Content (TPC) = $\frac{C.\ V.\ fp}{g}$

Keterangan:
C = konsentrasi fenolik (nilai x)
V = volume ekstrak yang digunakan (mL)
Fp = faktor pengenceran
g = berat sampel yang digunakan (g)

Aktivitas Antioksidan Metode DPPH (Molyneux, 2004)

Aktivitas antioksidan ditentukan menggunakan metode *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH). Sampel yoghurt 2,5 mg, baik formula terpilih maupun yoghurt komersial, dilarutkan dalam 5 mL etanol dan dibuat dalam beberapa seri konsentrasi (150-350 ppm). Sebanyak 600 µL larutan sampel dari masing-masing konsentrasi ditambahkan dengan 200 µL larutan DPPH (0,0002 M), kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap selama 30 menit pada suhu ruang. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm, dengan etanol dan larutan DPPH sebagai blanko. Aktivitas antioksidan dinyatakan sebagai persen inhibisi, dan nilai IC_{50} ditentukan berdasarkan persamaan regresi linier antara konsentrasi sampel (sumbu X) dan persen inhibisi (sumbu Y). Persen inhibisi dihitung dengan rumus:

Inhibisi (%) = $\frac{A0-A1}{AO}\ x\ 100\%$

Keterangan:
A0 = absorbansi blanko
A1 = absorbansi sampel

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Data organoleptik dianalisis menggunakan uji *Kruskal–Wallis*. Jika terdapat perbedaan yang signifikan (p<0,05), maka dilanjutkan dengan uji *Mann–Whitney*. Data viskositas, total fenol, dan aktivitas antioksidan yang membandingkan yoghurt terpilih dengan yoghurt komersial dianalisis menggunakan uji-T *(independent sample t-test)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Organoleptik

Uji Hedonik

Pengujian organoleptik dilakukan oleh 30 panelis semi terlatih terhadap dua sampel, yaitu yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial. Parameter yang dinilai meliputi warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan menggunakan skala hedonik. Hasil uji hedonik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji hedonik yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dengan yoghurt komersial

Karakteristik	Formula terbaik	Yoghurt Komersial
Warna	3,7 ± 0,2	4,43 ±0,1
Aroma	3,5 ± 0,2	4,27 ±0,1
Rasa	3,2 ± 0,2	4,67 ±0,1
Tekstur	3,3 ± 0,2	4,63 ±0,1
Keseluruhan	3,4 ± 0,2	4,60 ±0,1

Hasil uji hedonik menunjukkan bahwa yoghurt komersial memiliki tingkat kesukaan yang lebih tinggi dibandingkan yoghurt fortifikasi pada seluruh parameter yang diamati. Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh karakteristik sensori yoghurt fortifikasi yang mengalami perubahan akibat penambahan karaginan dan *Spirulina* sp..

Pada atribut warna, yoghurt fortifikasi cenderung berwarna putih kehijauan akibat pigmen fikosianin dari *Spirulina* sp., sedangkan yoghurt komersial memiliki warna putih kekuningan yang lebih umum dan lebih disukai panelis. Panelis lebih menyukai yoghurt dengan penampilan yang lebih cerah (Zulaikhah dan Fitria 2020). Warna putih kehijauan yang dihasilkan oleh pigmen fikosianin juga dapat mempengaruhi persepsi kesegaran konsumen secara visual. Warna yoghurt konvensional yang putih kekuningan umumnya diasosiasikan dengan produk yang segar dan familiar, sedangkan warna kehijauan dapat menimbulkan persepsi yang beragam, tergantung pada tingkat penerimaan dan familiaritas konsumen terhadap produk berbasis *Spirulina*.

Pada atribut aroma, yoghurt fortifikasi memiliki aroma netral hasil perpaduan yoghurt dan *Spirulina* sp., sementara yoghurt komersial memiliki aroma khas yoghurt yang lebih kuat akibat proses formulasi yang lebih terstandarisasi. SNI 2981-2009 menyebutkan bahwa yoghurt beraroma khas yoghurt. Aroma khas pada yoghurt dihasilkan dari senyawa asam laktat, asetaldehid, serta berbagai senyawa volatil lain yang terbentuk selama proses fermentasi (Arifin dan Widiaputri 2020). Penurunan skor aroma diduga disebabkan oleh aroma khas *Spirulina sp.* yang cenderung *earthy* akibat senyawa volatil seperti geosmin dan 2-metil-isoborneol (MIB), sehingga kurang disukai oleh panelis (Chong *et al.,* 2018).

Dari segi rasa, yoghurt fortifikasi menunjukkan cita rasa khas yang dipengaruhi oleh *Spirulina* sp., yang dapat memberikan kesan sedikit pahit atau earthy, sehingga menurunkan tingkat kesukaan panelis. Penambahan mikroalga perlu dioptimalkan karena cita rasanya yang pahit dan sepat dapat menurunkan penerimaan panelis, terutama pada konsentrasi tinggi (Silva *et al*., 2021). Sementara itu, pada atribut tekstur, yoghurt fortifikasi cenderung lebih encer dibandingkan yoghurt komersial yang memiliki tekstur lebih kental dan stabil. Secara keseluruhan, perbedaan atribut sensori ini menyebabkan tingkat penerimaan yoghurt fortifikasi berada di bawah yoghurt komersial, meskipun masih dalam kategori dapat diterima oleh panelis.

Perbedaan tingkat penerimaan antara yoghurt fortifikasi dan yoghurt komersial juga dapat dikaitkan dengan faktor psikologis konsumen terhadap produk pangan baru. Konsumen cenderung memiliki preferensi terhadap produk yang sudah familiar, baik dari segi warna, aroma, maupun rasa. Yoghurt dengan karakteristik yang menyimpang dari standar umum sering kali membutuhkan proses adaptasi sebelum dapat diterima secara luas. Dalam konteks ini, warna kehijauan dan aroma khas *Spirulina* sp. dapat menimbulkan persepsi awal yang kurang menarik bagi panelis, meskipun secara nutrisi produk tersebut memiliki nilai tambah yang tinggi.

Faktor lain yang memengaruhi tingkat kesukaan adalah keseimbangan rasa (flavor balance). Yoghurt komersial umumnya telah diformulasikan dengan penambahan gula, perisa, dan bahan tambahan lain untuk menciptakan profil rasa yang lebih seimbang dan mudah diterima. Sementara itu, yoghurt fortifikasi dalam penelitian ini lebih menonjolkan karakter alami bahan, sehingga profil rasanya belum sepenuhnya optimal. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan produk fungsional perlu mempertimbangkan tidak hanya aspek kesehatan, tetapi juga strategi peningkatan cita rasa agar dapat diterima oleh konsumen secara luas.

Uji Mutu Hedonik

Uji mutu hedonik dilakukan untuk mendeskripsikan karakteristik sensori dari masing-masing sampel berdasarkan persepsi panelis. Uji hidonik penting untuk melihat kesukaan konsumen. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik antara yoghurt fortifikasi dan yoghurt komersial. Hasil uji mutu hedonik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil uji mutu hedonik yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dengan yoghurt komersial

Karakteristik	Formula terbaik	Yoghurt Komersial
Warna	3,67 ±0,1	1,73 ±0,1
Aroma	2,83 ±0,2	1,33 ±0,1
Rasa	2,93 ±0,2	1,43 ±0,1
Tekstur	3,10 ±0,2	4,17 ±0,1
Keseluruhan	3,17 ±0,2	4,47 ±0,1

Yoghurt fortifikasi memiliki warna putih kehijauan, sedangkan yoghurt komersial berwarna putih kekuningan. Penambahan *Spirulina* sp., yang mengandung pigmen alami *phycocyanin* berwarna biru kehijauan, dapat mengubah penampakan warna yoghurt. Dari segi aroma, yoghurt fortifikasi menunjukkan aroma netral (perpaduan yoghurt dan *Spirulina* sp.), sementara yoghurt komersial memiliki aroma khas yoghurt yang lebih dominan.

Peningkatan penambahan *Spirulina sp.* memengaruhi aroma yoghurt dan dapat menurunkan penerimaan konsumen, sedangkan bakteri asam laktat menghasilkan senyawa volatil seperti asetaldehida, diasetil, dan asetoin yang membentuk aroma khas yoghurt (Chen *et al.,* 2017; Tian *et al.,* 2019). Penurunan penerimaan aroma juga diduga disebabkan oleh senyawa volatil pada *Spirulina sp.*, seperti senyawa geosmin dan 2-methylisoborneol (MIB), yang memberikan karakteristik aroma *earthy* atau bau tanah sehingga kurang disukai oleh konsumen (Chong *et al.,* 2018). Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara senyawa volatil dari *Spirulina sp.* dan hasil fermentasi bakteri asam laktat dapat memodifikasi profil aroma yoghurt secara keseluruhan.

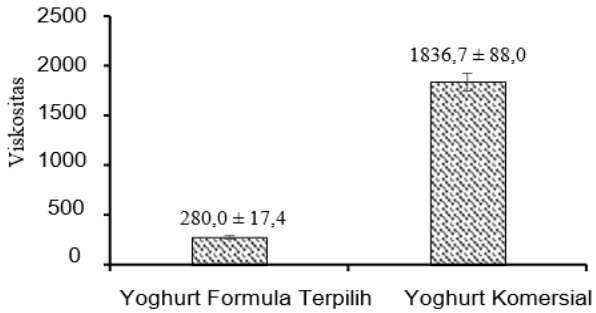
Pada atribut rasa, yoghurt fortifikasi cenderung memiliki rasa perpaduan antara yoghurt dan *Spirulina* sp., sedangkan yoghurt komersial memiliki rasa khas yoghurt yang lebih diterima oleh panelis. Rasa asam yoghurt yang dominan dipengaruhi oleh aktivitas bakteri asam laktat dalam menurunkan pH (Chen *et al.,* 2017). Dari segi tekstur, yoghurt fortifikasi cenderung lebih encer, sementara yoghurt komersial memiliki tekstur yang lebih kental. Tekstur yoghurt dipengaruhi oleh komposisi bahan, perlakuan awal susu, dan aktivitas kultur starter, serta dapat dipertahankan dengan penambahan *Spirulina sp.* (Emmawati *et al.,* 2021; Barkallah *et al.,* 2017).

Secara keseluruhan, tingkat penerimaan panelis terhadap kedua produk berada pada kisaran tidak disukai hingga disukai, dengan nilai yang lebih tinggi pada yoghurt komersial. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penambahan *Spirulina* sp. dan karaginan memberikan pengaruh terhadap karakteristik sensori produk, yang perlu dioptimalkan untuk meningkatkan penerimaan konsumen. Interaksi antara protein susu dan hidrokoloid seperti karaginan diketahui berperan dalam pembentukan struktur gel dan peningkatan viskositas serta stabilitas yoghurt (Wibawanti dan Rinawidiastuti, 2018; Krisnaningsih *et al*., 2018). Selain itu, fortifikasi dengan bahan bioaktif seperti *Spirulina sp.* juga dilaporkan dapat memodifikasi sifat fisik dan sensori produk melalui perubahan struktur matriks pangan (Agustini *et al.,* 2017; Emmawati *et al.,* 2021). Interaksi antara protein susu, karaginan, dan komponen bioaktif dari *Spirulina* sp. dapat memengaruhi struktur matriks yoghurt secara keseluruhan. Perubahan struktur ini tidak hanya berdampak pada tekstur, tetapi juga pada distribusi senyawa volatil yang berperan dalam pembentukan aroma dan rasa.

Karakteristik sensori yang dihasilkan dari kombinasi bahan tersebut menunjukkan bahwa formulasi yoghurt fortifikasi masih memerlukan optimasi lebih lanjut, terutama dalam hal proporsi bahan dan kondisi proses. Pendekatan formulasi yang tepat diharapkan mampu menghasilkan produk dengan keseimbangan antara sifat fungsional dan penerimaan sensorik, sehingga dapat meningkatkan daya saing produk di pasar.

Viskositas

Viskositas merupakan parameter penting yang menentukan tekstur dan kestabilan yoghurt. Semakin tinggi nilai viskositas, maka semakin baik tingkat kekentalan dan mutu produk (Wibawanti dan Rinawidiastuti, 2018). Hasil uji viskositas yoghurt fortifikasi dan yoghurt komersial dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil uji viskositas yoghurt fortifikasi dan yoghurt komersial

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan viskositas yang signifikan ($p<0,05$) antara yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial. Yoghurt fortifikasi memiliki viskositas sebesar 280,0 cP, sedangkan yoghurt komersial sebesar 1836,7 cP, yang menunjukkan bahwa yoghurt komersial memiliki tekstur yang lebih kental.

Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis bahan penstabil dan komposisi bahan baku. Yoghurt komersial umumnya menggunakan penstabil yang lebih efektif serta susu dengan kandungan lemak lebih tinggi, sehingga menghasilkan viskositas yang lebih besar (Rohman dan Maharani, 2020). Selain itu, proses fermentasi oleh bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat yang menurunkan pH dan menyebabkan koagulasi kasein, sehingga membentuk struktur gel yang memengaruhi viskositas (Handayani dan Wulandari, 2016).

Penambahan karaginan dalam yoghurt fortifikasi berperan sebagai agen pembentuk gel melalui interaksi dengan protein susu, namun efektivitasnya dapat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi. Aktivitas bakteri asam laktat menghasilkan ion H^+ yang dapat menyebabkan degradasi struktur karaginan, sehingga menurunkan viskositas produk (Winarti *et al.,* 2018).

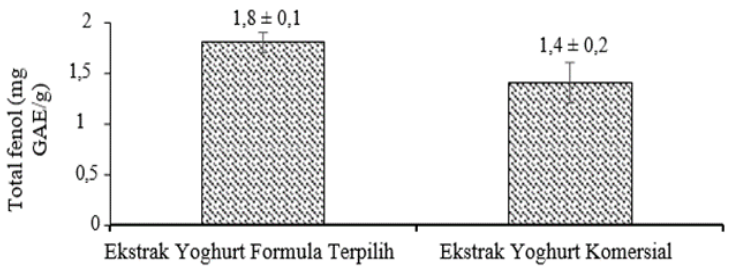
Penambahan *Spirulina* sp. dalam konsentrasi tertentu dapat memengaruhi viskositas, namun pada penelitian ini kontribusinya belum mampu meningkatkan kekentalan secara signifikan. Hal ini diduga karena konsentrasi *Spirulina* sp. yang digunakan relatif rendah dibandingkan penelitian lain yang menunjukkan peningkatan viskositas pada konsentrasi lebih tinggi.

Nilai viskositas yang rendah pada yoghurt fortifikasi juga dapat dikaitkan dengan distribusi air bebas dalam sistem. Struktur gel yang kurang kuat menyebabkan kemampuan menahan air menjadi lebih rendah, sehingga meningkatkan potensi terjadinya sineresis. Sineresis merupakan salah satu indikator ketidakstabilan yoghurt yang dapat menurunkan kualitas produk, baik dari segi penampilan maupun tekstur.

Peran karaginan sebagai hidrokolloid sangat dipengaruhi oleh kondisi ionik dan pH sistem. Pada kondisi asam, struktur karaginan dapat mengalami perubahan konformasi yang mengurangi kemampuannya dalam membentuk jaringan gel yang kuat. Ion H^+ yang dihasilkan selama fermentasi oleh bakteri asam laktat dapat menghidrolisis ikatan glikosidik pada molekul karaginan, sehingga menurunkan viskositas dan stabilitas sistem yoghurt (Winarti *et al.,* 2018). Hal ini menunjukkan bahwa optimasi kondisi fermentasi, seperti waktu inkubasi dan pH akhir, sangat penting dalam meningkatkan efektivitas karaginan sebagai penstabil. Peningkatan viskositas juga dapat dilakukan melalui modifikasi komposisi bahan, seperti peningkatan total padatan susu atau penggunaan kombinasi hidrokolloid. Strategi ini telah banyak diterapkan dalam industri yoghurt untuk menghasilkan tekstur yang lebih stabil dan sesuai dengan preferensi konsumen (Imeson, 2010).

Total Fenol

Kadar total fenol merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan potensi aktivitas antioksidan suatu produk, karena senyawa fenolik berperan sebagai donor elektron dalam menghambat reaksi oksidasi (Fitriansyah *et al.,* 2017). Hasil kandungan total fenol dari ekstrak yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil kandungan total fenol dari ekstrak yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial

Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan (p>0,05) antara yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial. Yoghurt fortifikasi memiliki kadar total fenol sebesar 1,8 mg GAE/g, sedangkan yoghurt komersial sebesar 1,4 mg GAE/g. Meskipun tidak berbeda nyata, nilai total fenol pada yoghurt fortifikasi cenderung lebih tinggi.

Peningkatan kadar fenol pada yoghurt fortifikasi diduga berasal dari kandungan senyawa bioaktif *Spirulina* sp., seperti asam fenolat dan flavonoid, yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Proses fermentasi oleh bakteri asam laktat dapat meningkatkan ketersediaan hayati senyawa fenolik melalui degradasi struktur sel, sehingga senyawa aktif lebih mudah terlepas (Niccolai *et al.,* 2020).

Karaginan sebagai bahan penstabil juga diduga berperan dalam menjaga kestabilan senyawa fenolik selama proses fermentasi. Kombinasi antara karaginan dan *Spirulina* sp. berpotensi memberikan efek sinergis dalam mempertahankan kandungan senyawa bioaktif dalam yoghurt. Nilai total fenol yang lebih rendah pada yoghurt komersial diduga disebabkan oleh tidak adanya fortifikasi bahan sumber fenolik, serta kemungkinan degradasi senyawa aktif selama proses pengolahan dan penyimpanan. Secara umum, peningkatan kadar fenol berkaitan dengan peningkatan aktivitas antioksidan, sehingga yoghurt fortifikasi berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional.

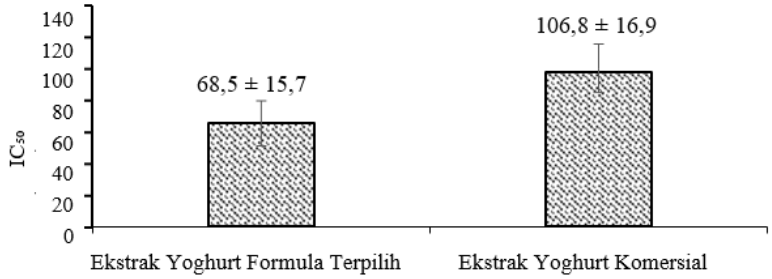
Meskipun perbedaan kadar total fenol tidak signifikan secara statistik, kecenderungan peningkatan pada yoghurt fortifikasi menunjukkan adanya kontribusi nyata dari bahan fortifikan. Variabilitas hasil ini dapat dipengaruhi oleh metode ekstraksi, kondisi fermentasi, serta interaksi antara senyawa fenolik dengan komponen lain dalam sistem yoghurt.

Senyawa fenolik dalam produk pangan tidak hanya berperan sebagai antioksidan, tetapi juga dapat memengaruhi karakteristik sensori, seperti rasa dan warna. Dalam beberapa kasus, senyawa fenolik dapat memberikan rasa pahit atau sepat, yang berpotensi menurunkan tingkat penerimaan konsumen. Oleh karena itu, peningkatan kandungan fenol perlu diimbangi dengan strategi formulasi yang tepat agar tidak mengganggu kualitas sensori produk.

Keberadaan senyawa fenolik yang lebih tinggi pada yoghurt fortifikasi menunjukkan potensi produk sebagai sumber antioksidan alami. Hal ini menjadi nilai tambah dalam pengembangan pangan fungsional yang tidak hanya memberikan manfaat kesehatan, tetapi juga memiliki nilai komersial yang tinggi.

Antioksidan

Aktivitas antioksidan merupakan parameter penting dalam menentukan kemampuan suatu produk dalam menangkal radikal bebas. Pengujian dilakukan menggunakan metode DPPH yang mengukur kemampuan sampel dalam mereduksi radikal bebas berdasarkan nilai IC_{50}, dimana semakin rendah nilai IC_{50} menunjukkan aktivitas antioksidan yang semakin tinggi (Akerina dan Sangaji, 2019). Hasil aktivitas antioksidan dari ekstrak yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil aktivitas antioksidan dari ekstrak yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan (p<0,05) antara yoghurt fortifikasi (formula terbaik) dan yoghurt komersial. Yoghurt fortifikasi memiliki nilai IC_{50} sebesar 68,5 ppm, sedangkan yoghurt komersial sebesar 106,8 ppm. Berdasarkan klasifikasi Molyneux (2004), yoghurt fortifikasi termasuk dalam kategori antioksidan kuat,

sedangkan yoghurt komersial berada pada kategori sedang.

Tingginya aktivitas antioksidan pada yoghurt fortifikasi diduga berasal dari kandungan senyawa bioaktif *Spirulina* sp., seperti fikosianin, klorofil, karotenoid, dan senyawa fenolik yang berperan sebagai penangkap radikal bebas. Selain itu, proses fermentasi oleh bakteri asam laktat juga berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas antioksidan melalui pelepasan senyawa fenolik dan pembentukan peptida bioaktif (Niccolai *et al.,* 2019).

Penambahan karaginan dalam formulasi juga diduga memberikan kontribusi terhadap aktivitas antioksidan, meskipun dalam skala yang lebih kecil dibandingkan *Spirulina* sp., karena adanya gugus sulfat yang berpotensi sebagai antioksidan. Sebaliknya, yoghurt komersial menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih rendah, yang diduga disebabkan oleh tidak adanya fortifikasi bahan bioaktif serta kemungkinan degradasi senyawa selama proses pengolahan dan penyimpanan. Hasil ini menunjukkan bahwa yoghurt fortifikasi memiliki potensi lebih besar sebagai pangan fungsional dengan aktivitas antioksidan yang lebih baik.

Aktivitas antioksidan yang tinggi pada yoghurt fortifikasi menunjukkan adanya hubungan yang erat antara kandungan senyawa bioaktif dan kemampuan menangkal radikal bebas. Mekanisme antioksidan dalam produk ini melibatkan berbagai senyawa yang bekerja secara sinergis, seperti fikosianin, flavonoid, dan peptida bioaktif hasil fermentasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa fortifikasi yoghurt dengan *Spirulina* dapat meningkatkan aktivitas antioksidan secara signifikan karena kandungan pigmen dan senyawa fenolik yang tinggi (Barkallah *et al.,* 2017). Selain itu, fortifikasi yoghurt dengan bahan bioaktif lain seperti rumput laut *Caulerpa lentillifera* juga dilaporkan mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik produk (Setiadi dan Husni, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa fortifikasi yoghurt dengan sumber bioaktif, baik mikroalga maupun rumput laut, merupakan strategi efektif untuk meningkatkan nilai fungsional produk.

Sinergi antara proses fermentasi dan fortifikasi bahan alami memberikan keuntungan dalam meningkatkan nilai fungsional produk. Fermentasi tidak hanya berperan dalam pembentukan cita rasa dan tekstur, tetapi juga dalam meningkatkan bioaktivitas senyawa melalui proses biokonversi. Potensi yoghurt fortifikasi sebagai pangan fungsional dengan aktivitas antioksidan tinggi membuka peluang untuk pengembangan produk inovatif yang dapat mendukung kesehatan masyarakat. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan stabilitas senyawa bioaktif selama penyimpanan, sehingga manfaat fungsional produk tetap terjaga hingga dikonsumsi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Yoghurt fungsional dengan penambahan karaginan dan *Spirulina sp.* menunjukkan karakteristik fisik, kimia, dan sensori yang berbeda dibandingkan yoghurt komersial. Viskositas yoghurt fortifikasi cenderung lebih rendah, yang diduga dipengaruhi oleh perbedaan jenis bahan penstabil. Namun, yoghurt fortifikasi memiliki potensi fungsional yang lebih baik, ditunjukkan oleh aktivitas antioksidan dan kandungan total fenol yang lebih tinggi, terkait dengan senyawa bioaktif dari *Spirulina sp.* Dari aspek sensori, tingkat penerimaan yoghurt fortifikasi masih lebih rendah dibandingkan yoghurt komersial pada seluruh parameter hedonik, yang dipengaruhi oleh perbedaan warna, aroma, dan tekstur. Secara keseluruhan, penambahan karaginan dan *Spirulina sp.* berpotensi meningkatkan nilai fungsional yoghurt, namun diperlukan optimasi formulasi untuk meningkatkan penerimaan sensori konsumen.

SARAN

Yoghurt fortifikasi dengan penambahan karaginan dan *Spirulina sp.* berpotensi sebagai pangan fungsional dengan aktivitas antioksidan dan total fenol yang lebih tinggi, namun masih perlu peningkatan pada aspek sensori. Penelitian selanjutnya disarankan mengoptimalkan formulasi, mengevaluasi stabilitas selama penyimpanan, serta menambah jumlah panelis dan parameter uji agar hasil lebih komprehensif dan representatif. Pengkajian skala produksi juga diperlukan untuk mendukung potensi komersialisasi produk.

REFERENSI

Agustini T, Soetrisnanto D, Ma'ruf W. (2017). Study on chemical, physical, microbiological and sensory of yoghurt enriched by *Spirulina platensis*. *IFRJ*. 24(1):367–371.

Akerina, F. O., & Sangaji, J. (2019). Analisis fitokimia dan toksisitas serta aktivitas

antioksidan beberapa jenis teripang di Desa Kakara, Halmahera Utara. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 12(2), 188–196. https://doi.org/10.29239/j.agrikan.12.2.188-196

Arifin, M. Z., & Widiaputri, S. I. (2020). Uji sifat fisiko kimia dan organoleptik minuman yoghurt ngeboon panorama Indonesia. *Edufortech*, 5(1), 69–78.

Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 2981-2009: Yoghurt. Badan Standardisasi Nasional.

Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M. A., Fendri, I., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of Spirulina platensis fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yoghurt during fermentation and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 323–330. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.071

Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., & Zhao, G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(S1), S316–S330. https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295988

Chong, S., Lee, H., & An, K. G. (2018). Predicting taste and odor compounds in a shallow reservoir using a three-dimensional hydrodynamic ecological model. *Water*, 10(10). https://doi.org/10.3390/w10101396

Emmawati, A., Salman, S., & Rachmawati, M. (2022). Pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik kimia chip yoghurt durian *(Durio zibethinus). Journal of Tropical AgriFood*, *3*(2), 86-92.

Emmawati, A., Rizaini, R., & Rahmadi, A. (2021). Perubahan populasi bakteri asam laktat, kapang/khamir, keasaman dan respons sensoris yoghurt durian. *Jurnal of Trop AgriFood*, 2(2), 79–89. https://doi.org/10.35941/jtaf.2.2.2020.5131

Fitriansyah, S. N., Fidrianny, I., & Ruslan, K. (2017). Correlation of total phenolic, flavonoid and carotenoid content of *Sesbania sesban* leaves extract with DPPH scavenging activities. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(1), 89–94. https://doi.org/10.25258/ijpapr.v9i1.8047

Gabr, G. A., El-Sayed, S. M., & Hikal, M. S. (2020). Antioxidant activities of phycocyanin: A bioactive compound from Spirulina platensis. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 32(2), 73–85. https://doi.org/10.9734/jpri/2020/v32i230407

Handayani, M. N., & Wulandari, P. (2016). Pengaruh penambahan berbagai jenis susu terhadap karakteristik yoghurt. *Agrointek*. https://doi.org/10.21107/agrointek.v10i2.2467

Józsa, L., Ujhelyi, Z., Vasvári, G., Sinka, D., Nemes, D., Fenyvesi, F., Váradi, J., Vecsernyés, M., Szabó, J., Kalló, G., Vassa, G., Bacskay, I., & Fehér, P. (2020). Formulation of creams containing Spirulina platensis powder with different nonionic surfactants for the treatment of acne vulgaris. *Molecules*, 25(20), 4856. https://doi.org/10.3390/molecules25204856

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.

Niccolai, A., Shannon, E., Abu-Ghannam, N., Biondi, N., Rodolfi, L., & Tredici, M. R. (2019). Lactic acid fermentation of *Arthrospira platensis* (Spirulina) biomass for probiotic-based products. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1077–1083. https://doi.org/10.1007/s10811-018-1602-3

Nugraha, W., Koesoemawardani, D., Nurainy, F., & Rizal, S. (2022). Pengaruh penambahan karagenan terhadap sifat fisikokimia dan sensori yoghurt rasa pisang ambon. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 1(2), 253–260.

Permadi, M. R., Oktafa, H., & Agustianto, K. (2018). Perancangan sistem uji sensoris makanan dengan pengujian preference test (hedonik dan mutu hedonik). *Jurnal Mikrotik*, 8(1), 29–42.

Rohman, E., & Maharani, S. (2020). Peranan warna, viskositas, dan sineresis terhadap produk yoghurt. *Edufortech*, 5(2), 108–117.

Setiadi, M. K., & Husni, A. (2024). Aktivitas antioksidan dan tingkat penerimaan konsumen yoghurt yang diperkaya rumput laut *Caulerpa lentillifera*. *Indonesian Fisheries Processing Journal/Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *27*(5).

Silva, D. F., Vieira, R. C., da Silva, I. C. C., de Oliveira Cerqueira, R. B., Andrade, N. P., Claudino da Silva, F., de Andrade, F. P., de Souza Abud, A. K., & Andreola, K.

(2021). Combining fruit pulp and rice protein agglomerated with collagen to potentialize it as a functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 58(11), 4194–4204. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04892-7

Tian, H., Shi, Y., Zhang, Y., Yu, H., Mu, H., & Chen, C. (2019). Screening of aroma-producing lactic acid bacteria and their application in improving the aromatic profile of yogurt. *Journal of Food Biochemistry*, 43(10), e12837. https://doi.org/10.1111/jfbc.12837

Wibawanti, J. M. W., & Rinawidiastuti, R. (2018). Sifat fisik dan organoleptik yogurt drink susu kambing dengan penambahan ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 13(1), 27–37. https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2018.013.01.3

Winarti, S., Sarofa, U., & Rodiyah, K. F. (2018). Karakteristik jelly drink sinbiotik dari susu kedelai dan ekstrak buah naga merah *(Hylocereus polyrhizus). Agrointek*, 12(1), 61–70. https://doi.org/10.21107/agrointek.v12i1.3806

Zulaikhah, S. R., & Fitria, R. (2020). Pengaruh penambahan sari buah pisang ambon *(Musa paradisiaca)* terhadap warna dan sifat organoleptik yoghurt. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(4), 434–440