

KARAKTERISTIK SENSORI DAN FISIKOKIMIA MINUMAN FERMENTASI BERBASIS BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*)

(*Sensory and Physicochemical Characteristics of a Fermented Drink Made from Red Dragon Fruit (Hylocereus polyrhizus)*)

Arfina Sukmawati Arifin^{1*}, Emerensia Karurukan¹, Amran Laga², Jumriah Langkong¹,
Muhpidah Muhpidah²

^{1*} Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10, Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia)

² Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin

^{*} email korespondensi: arfinasarifin@unhas.ac.id

ABSTRACT

Red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) has potential as a raw material for functional fermented beverages because it contains natural sugars, betacyanin pigments, and bioactive compounds. However, its utilization is still limited to the fruit pulp, while the peel is often discarded despite its valuable nutritional content and functional components. This study aims to evaluate the effect of fruit parts and fermentation using *Lactobacillus plantarum* on the sensory and physicochemical characteristics of red dragon fruit-based beverages. The study employed a factorial completely randomized design with two factors: fruit parts (flesh and peel) and fermentation conditions (no fermentation and fermentation). The results showed that fermentation produced a characteristic sour aroma, a paler color, and a thinner texture, particularly in the dragon fruit peel-based beverage. Fermentation lowered the pH from 5.74 to 3.08 and reduced the total soluble solids from 5.50 to 3.73 °Brix. Fruit flesh-based beverages had higher total soluble solids, while fruit peel-based beverages resulted in a lower pH. Dragon fruit flesh and peel have the potential to be developed as raw materials for value-added functional beverages

Keywords: Fermentation, Physicochemical Properties, Red Dragon Fruit, Sensory Characteristics.

ABSTRAK

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) berpotensi sebagai bahan baku minuman fermentasi fungsional karena mengandung gula alami, pigmen betalain, dan senyawa bioaktif. Namun, pemanfaatannya masih terbatas pada daging buah, sedangkan kulit buah sering dibuang meskipun memiliki kandungan gizi dan komponen fungsional bernilai. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh bagian buah serta fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* terhadap karakteristik sensori dan fisikokimia minuman berbasis buah naga merah. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu bagian buah (daging dan kulit) dan kondisi fermentasi (tanpa fermentasi dan fermentasi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi menghasilkan aroma asam khas, warna lebih pucat, dan tekstur lebih encer, terutama pada minuman berbasis kulit buah naga. Fermentasi menurunkan pH dari 5,74 menjadi 3,08 serta menurunkan total padatan terlarut dari 5,50 menjadi 3,73 °Brix. Minuman berbasis daging buah memiliki total padatan terlarut lebih tinggi, sedangkan minuman berbasis kulit buah menghasilkan pH lebih rendah. Daging dan kulit buah naga berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku minuman fungsional yang bernilai tambah.

Kata Kunci: Buah Naga Merah, Fermentasi, Fisikokimia, Sensori

PENDAHULUAN

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan komoditas hortikultura tropis yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi tinggi. Buah ini dikenal kaya akan komponen bioaktif seperti vitamin, serat pangan, gula alami, dan asam organik, serta pigmen betalain yang memiliki sifat fungsional sebagai antioksidan (Huang *et al.*, 2021). Selain itu, warna merah-ungu khas dari buah naga memberikan daya tarik visual yang tinggi sehingga berpotensi meningkatkan penerimaan konsumen terhadap produk olahan. Kandungan gula alami pada daging buah naga juga berpotensi menjadi substrat yang baik bagi pertumbuhan bakteri asam laktat selama proses fermentasi.

Pengolahan buah naga umumnya hanya memanfaatkan bagian daging buah, sedangkan kulit buah sering kali dibuang sebagai limbah. Padahal, kulit buah naga diketahui masih mengandung senyawa bernilai fungsional seperti polifenol, flavonoid, karotenoid, pektin, serat, vitamin, dan pigmen betalain (Rahmana Putra *et al.*, 2024). Pemanfaatan kulit buah naga sebagai bahan baku minuman fermentasi dapat menjadi strategi untuk meningkatkan nilai tambah dan mendukung konsep *zero waste agroindustry*. Namun, karakteristik kulit buah dan daging buah naga sangat berbeda, terutama dari segi kandungan pektin dan metabolit sekunder lainnya, sehingga dapat memengaruhi mutu akhir produk fermentasi yang dihasilkan.

Fermentasi menggunakan bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus plantarum* telah banyak diaplikasikan pada berbagai sari buah misalnya melon (Yusmarini *et al.*, 2021). Selama proses fermentasi, aktivitas metabolisme bakteri dapat mempengaruhi perubahan sifat sensori dan fisikokimia produk. Oleh sebab itu, perbedaan bahan baku antara daging buah dan kulit buah naga perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui respons fermentasi dan mutu minuman yang dihasilkan.

Penelitian mengenai pemanfaatan buah naga sebagai bahan minuman fermentasi telah dilakukan, namun kajian yang membandingkan secara langsung penggunaan bagian daging buah dan kulit buah naga dengan perlakuan fermentasi masih terbatas. Informasi tersebut penting diketahui sebagai dasar pengembangan produk minuman fermentasi berbasis buah naga yang berkualitas, bernilai fungsional, dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh bagian buah naga merah dan kondisi fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* terhadap karakteristik sensori dan fisikokimia minuman yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu blender, saringan, *hotplate*, autoklaf, botol kaca, pH meter, handrefraktometer, kolorimeter, inkubator, *laminar air flow*, mikropipet, ose bulat, timbangan analitik, vorteks, waterbath, dan peralatan gelas.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah naga merah, air, akuades, starter *Lactobacillus plantarum*, de Man, Rogosa, and Sharpe Broth (MRSB), susu skim bubuk, glukosa, buffer pH 4,01 dan 7,01.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Starter (Sultan *et al.*, 2022, dimodifikasi)

Pembuatan starter dimulai dengan mengambil kultur murni *Lactobacillus plantarum* hasil peremajaan sebanyak 3 ose, lalu menginokulasikan kultur ke dalam media MRSB steril dalam tabung reaksi, dilanjutkan dengan inkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Kemudian, tabung berisi isolat dan MRSB tersebut dihomogenkan dengan vorteks, lalu diambil sebanyak 40 µL ke dalam 10 mL larutan susu skim steril 5%, lalu diinkubasi selama 48 jam pada suhu. Larutan

ini ditetapkan sebagai kultur induk. Selanjutnya, sebanyak 1% dari kultur induk dipipet ke dalam 50 mL sari buah naga yang telah ditambahkan larutan susu skim 5% dan glukosa 3%, kemudian dihomogenkan dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37 °C. Kultur ini kemudian disebut sebagai kultur antara. Selanjutnya, sebanyak 4% dari kultur antara dimasukkan ke dalam sari buah naga yang telah ditambahkan larutan susu skim 5% dan glukosa 3%, lalu dihomogenkan dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37 °C.

Pembuatan Sari Buah Naga dan Fermentasi (Tang *et al.*, 2023)

Penyiapan bahan dimulai dengan sortasi buah naga, lalu memisahkan daging dan kulit buah. Daging buah disisihkan, sementara kulit buah dipisahkan dari kulit arinya, kemudian dicuci hingga bersih dengan air mengalir. Setelah itu, daging buah dan kulit buah dipotong, ditimbang, lalu dihaluskan menggunakan blender. Kemudian, ditambahkan air dengan perbandingan 1:8 (kulit buah naga:daging buah naga:air) dan dilakukan pencampuran hingga kulit buah naga halus. Setelah itu, dilakukan penyaringan menggunakan kain saring hingga diperoleh sari. Sari tersebut selanjutnya ditambahkan sukrosa sebanyak 5% dari total 100 mL sari buah, dicampurkan dan dipasteurisasi pada suhu 65 °C selama 15 menit, kemudian didinginkan hingga mencapai suhu 37 °C. Selanjutnya, ke dalam tiap botol ditambahkan starter *Lactobacillus plantarum* 4% dari volume total per botol, kemudian diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37 °C untuk minuman dengan perlakuan fermentasi.

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktorial dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah bagian buah, yang terdiri atas daging buah naga dan kulit buah naga merah. Faktor kedua adalah kondisi fermentasi, yaitu tanpa fermentasi dan fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum*.

Parameter Pengujian

1. Sensori (Deskriptif)

Karakteristik sensori minuman yang diamati meliputi parameter warna, aroma, dan

tekstur. Sampel diamati sebelum fermentasi dan segera setelah fermentasi. Hasil pengamatan kemudian dicatat.

2. Warna (Kardas *et al.*, 2024, dimodifikasi)

Uji warna sampel dilakukan menggunakan metode kolorimetri. Sampel dimasukkan ke dalam plastik cetik $\pm 3/4$ bagian plastik, kemudian dirapatkan kembali. Selanjutnya, diuji warna sampel dengan kolorimeter hingga diperoleh nilai L^* , a^* , dan b^* yang menunjukkan tingkat kecerahan sampel. Data hasil pengukuran selanjutnya diolah menggunakan colorizer.org untuk melihat warna secara visual.

3. pH (Li *et al.*, 2021)

Nilai pH sampel diuji menggunakan pH meter pada suhu ruang. Sebelum dilakukan pengukuran, pH meter terlebih dulu dikalibrasi dengan larutan buffer pH 4 dan pH 7. Setelah proses kalibrasi, elektroda dicelupkan pada sampel uji dan nilai pH yang tertera pada alat dicatat sebagai nilai pH sampel. Pengujian pH dilakukan sebelum dilakukan fermentasi dan setelah fermentasi.

4. Total Padatan Terlarut (Li *et al.*, 2021)

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan menggunakan handrefraktometer dan hasil pengukuran dinyatakan dalam °Brix. Refraktometer dikalibrasi dengan akuades hingga diperoleh 0 °Brix. Sampel kemudian dipipet ke atas permukaan prisma, lalu ditutup dan diamati °Brix sampel.

Analisis Data

Data hasil penelitian yang didapatkan diolah menggunakan analisis sidik ragam ANOVA menggunakan software SPSS 22.0 untuk melihat pengaruh perlakuan, dan jika $p < 0,05$ maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan untuk melihat perbedaan sampel uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sensori (Deskriptif)

Karakteristik organoleptik menunjukkan tingkat penerimaan konsumen yang didasarkan pada sifat sensori warna, aroma, tekstur, dan rasa produk tersebut. Penelitian ini menunjukkan terjadinya penurunan intensitas warna pada sampel setelah fermentasi, baik pada daging buah maupun pada kulitnya

(Tabel 1). Penurunan intensitas warna ini dapat dikaitkan dengan kemungkinan degradasi pigmen betasianin yang terdapat dalam buah naga. Berdasarkan jenis bahan baku, daging buah naga lebih banyak mengandung senyawa betasianin dibandingkan kulitnya, yang menyebabkan warna sari daging buah cenderung lebih gelap atau keunguan dibandingkan sari kulit buah naga (Rodriguez *et al.*, 2015). Betasianin tersusun atas 55,2-78,9% betanin dan selama proses fermentasi, bakteri asam laktat akan menghidrolisis betanin menjadi betanidin dan atau isobetanin ((Sawicki *et al.*, 2019), sehingga menyebabkan perubahan warna pada sampel.

Organoleptik aroma sampel mengalami perubahan sebelum dan setelah fermentasi baik pada daging buah maupun kulit buah naga (Tabel 1). Buah naga pada dasarnya mengandung beberapa senyawa volatil yang berkontribusi terhadap aroma yang dihasilkan, seperti aroma manis khas buah (Ho *et al.*, 2021). Selain itu, berdasarkan pengamatan yang dilakukan, aroma asam teridentifikasi pada minuman yang diberi perlakuan fermentasi. Proses fermentasi, khususnya dengan starter penghasil asam seperti

Lactobacillus plantarum, umumnya menghasilkan produk dengan pH rendah dan akumulasi asam yang tinggi. Peningkatan aroma asam pada produk fermentasi buah dikarenakan buah mengandung komponen-komponen seperti gula hingga asam amino yang dapat berperan sebagai bahan yang dikonversi oleh mikroorganisme menjadi beragam variasi aroma, seperti aroma asam laktat (Yuan *et al.*, 2024).

Fermentasi menyebabkan perubahan tekstur pada minuman menjadi cenderung lebih cair, khususnya pada minuman berbasis kulit buah naga (Tabel 1). Kulit buah naga mengandung pektin antara 10-20%, sedangkan daging buah cenderung lebih rendah (Riswanda *et al.*, 2024); (Du *et al.*, 2024). Pektin berperan penting dalam memengaruhi tekstur sari minuman. Proses fermentasi memicu reaksi hidrolisis komponen yang terkandung dalam kedua jenis bahan sampel. Selama fermentasi berlangsung, enzim pektinase yang disintesis oleh mikroba akan mengurai pektin, menyebabkan tekstur minuman menjadi cenderung lebih cair (Brugnoni *et al.*, 2013); (Haile & Kang, 2019).

Tabel 1. Hasil pengamatan sensori secara deskriptif minuman fermentasi buah naga merah

Perlakuan	Parameter		
	Warna	Aroma	Tekstur
Daging buah tanpa fermentasi	Ungu agak gelap	Segar khas buah, sedikit aroma manis	Cair cenderung encer
Daging buah fermentasi	Merah muda gelap	Manis sedikit asam	Cair dan terdapat partikel-partikel kasar
Kulit buah tanpa fermentasi	Merah muda keunguan	Segar khas buah	Kental
Kulit buah fermentasi	Merah muda gelap, keunguan	Manis segar, aroma asam cukup kuat	Kental cenderung cair,

2. Warna

Warna merupakan salah satu komponen penting dalam analisis kualitas produk, khususnya sari atau jus buah. Analisis warna dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen kolorimeter. Hasil pengujian digambarkan dengan nilai L*, a*, dan b* yang merepresentasikan tingkat kecerahan, kemerahan, dan tingkat kekuningan (Markovic

et al., 2013). Nilai L* (0 berarti hitam hingga 100 berarti putih) daging buah lebih rendah dibandingkan dengan kulit buah (Tabel 2), sehingga tingkat kecerahan sari daging buah lebih rendah dibandingkan dengan sari kulit buah. Hal ini dapat berkait dengan proses pigmentasi pada buah, khususnya selama proses pematangan. Seiring peningkatan kematangan buah, produksi pigmen betalain pada buah naga meningkat (Singh *et al.*, 2022),





sehingga nilai a^* meningkat, sementara tingkat kecerahannya (L) mengalami penurunan. Namun, nilai L^* cenderung meningkat setelah diberi perlakuan fermentasi pada kedua jenis bahan. Peningkatan tingkat kecerahan sampel suatu produk setelah diberi perlakuan fermentasi dikarenakan terjadi penurunan kekeruhan sampel ((Wu *et al.*, 2022). Hal ini disebabkan oleh peningkatan konsumsi substrat oleh mikroorganisme selama proses fermentasi. Selain itu, penurunan jumlah pigmen betasianin setelah fermentasi juga dianggap berperan dalam peningkatan tingkat kecerahan sampel uji dikarenakan selama fermentasi terjadi hidrolisis dan degradasi pigmen utama pada sampel yang menyebabkan warna memudar dan meningkatkan kecerahannya (Balmori *et al.*, 2023).

Nilai a^* ($+a^*$ berarti merah, $-a^*$ berarti hijau) untuk minuman berbasis daging buah naga cenderung lebih rendah dibandingkan dengan minuman berbasis kulit buah naga (Tabel 2). Kandungan betasianin lebih banyak terkandung pada daging buah naga. Namun, betasianin tergolong pigmen yang sensitif, khususnya pada kondisi asam. Semakin rendah

pH, gugus kromofor betasianin dapat menurunkan intensitas warna merah-ungu menjadi lebih pudar. pH rendah dapat memicu hidrolisis betasianin menjadi gugus monomeriknya dalam bentuk betanidin. Penelitian (Herbach *et al.*, 2006) menunjukkan betanidin cenderung lebih stabil dibandingkan betanin dikarenakan potensi oksidasi-reduksi dari betanidin yang lebih rendah. Selain itu, meskipun hidrolisis struktur betanin menyebabkan satu gugus karboksil menghilang, karakteristik kromatif dari betanidin tidak terpengaruh dan justru lebih stabil ((Skalicky *et al.*, 2020).

Nilai b^* ($+b^*$ berarti kuning, $-a^*$ berarti biru) mengalami penurunan pada sampel fermentasi (Tabel 2). Nilai b^* menggambarkan komponen warna kuning (+) dan biru (-). Sejalan dengan temuan tersebut, tren penurunan nilai b^* setelah fermentasi selama 48 jam (2 hari) juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh (Miszczak *et al.*, 2024) terhadap *beetroot* fermentasi. Penurunan nilai b^* pada minuman dapat dikaitkan dengan adanya hidrolisis senyawa betasianin selama proses fermentasi.

Tabel 2. Hasil analisis warna minuman buah naga

Perlakuan	L^*	a^*	b^*	Nama Warna	Kenampakan
Daging buah tanpa fermentasi	28,99±0,8 9	13,31 ^a	-1,65 ^d	PurplishBrown	
Daging buah fermentasi	32,44±1,3 5	23,04 ^b	-2,34 ^b	PurplishBrown	
Kulit buah tanpa fermentasi	31,74±0,9 5	30,16 ^c	-1,82 ^c	PurplishBrown	
Kulit buah fermentasi	34,48±1,5 4	39,64 ^d	-8,34 ^a	VelvetMaroon	

Keterangan: Huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara sampel ($p < 0,05$).

3. pH

Derajat keasaman (pH) didefinisikan sebagai ukuran yang menggambarkan tingkat

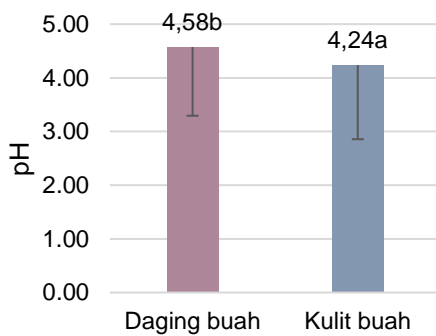
keasaman dari suatu zat atau larutan. Secara umum, derajat keasaman suatu produk cenderung mengalami penurunan setelah

difermentasi menggunakan starter penghasil asam. Hal ini dikarenakan selama proses fermentasi terjadi penguraian komponen dalam bahan menjadi asam-asam organik sebagai hasil aktivitas mikroorganisme. Hasil analisis sidik ragam ANOVA menunjukkan faktor bagian buah, kondisi fermentasi, dan interaksi kedua faktor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai pH yang didapatkan.

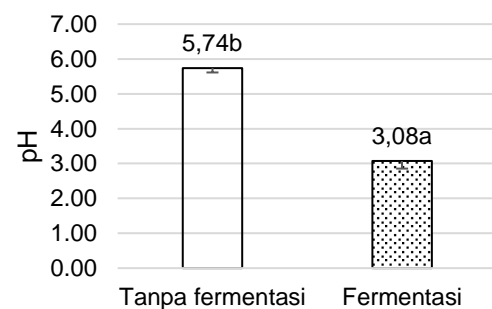
Nilai pH untuk sari daging buah lebih tinggi dibandingkan dengan pH dari sari kulit buah naga (Gambar 1a). Sejalan dengan hasil tersebut, penelitian (Alam *et al.*, 2023) mendapatkan pH daging buah dan kulit buah berturut-turut sebesar 5,43 dan 4,90. Perbedaan nilai pH pada kedua bahan salah satunya dikarenakan terdapat perbedaan kandungan asam alami pada kedua bahan, seperti asam askorbat. Kandungan asam askorbat pada daging buah naga cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bagian kulit buah. Daging buah naga disebut mengandung setidaknya 32,65 mg/100g asam askorbat, sedangkan bagian kulit buah naga mengandung asam askorbat hingga 55,8 mg/100g (Alam *et al.*, 2023); (Ghorband *et al.*, 2023). Perbedaan komponen seperti gula dan

pektin juga dapat memengaruhi pH sampel, khususnya setelah proses fermentasi.

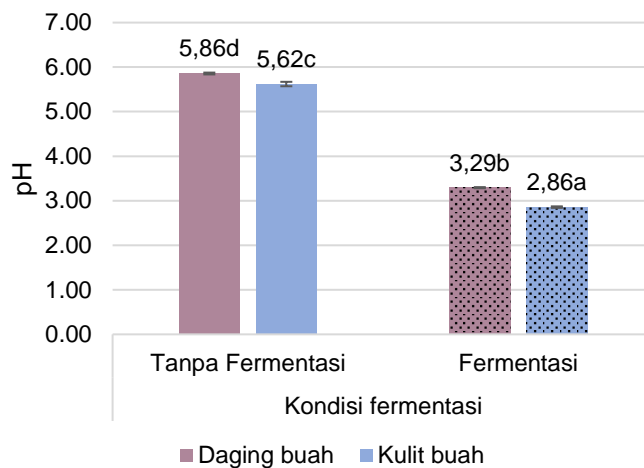
Nilai pH setelah fermentasi mengalami penurunan (Gambar 1b) yang mengindikasikan semakin asam. Komposisi gula dalam daging buah naga dapat menjadi sumber karbon utama untuk menunjang pertumbuhan mikroba, sehingga dihasilkan akumulasi asam laktat yang tinggi. Sementara, pada kulit buah naga ditemukan pektin dalam jumlah tinggi sehingga selama fermentasi pektin akan dihidrolisis oleh pektinase dan menghasilkan asam galakturonat yang tinggi, sehingga menyebabkan pH sampel menjadi rendah (Ninga *et al.*, 2021). Penurunan pH berkaitan erat dengan aktivitas mikroorganisme. Umumnya, bakteri asam laktat akan memanfaatkan substrat sebagai bahan untuk metabolisme yang menghasilkan akumulasi asam, khususnya asam laktat, sehingga berdampak pada penurunan pH sampel. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Kaprasob *et al.*, 2018) bahwa selama fermentasi terjadi sekresi asam-asam organik oleh bakteri asam laktat yang menyebabkan nilai pH produk mengalami penurunan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Pengaruh bagian buah naga (a), kondisi fermentasi (b), dan interaksi antara kedua faktor (c) terhadap pH minuman fermentasi buah naga

Penurunan pH sari kulit buah naga setelah diberi perlakuan fermentasi lebih besar dibandingkan dengan sari daging buah (Gambar 1c). Kandungan gula pada kedua bahan berkontribusi besar sebagai substrat pertumbuhan BAL, yang berdampak pada menurunnya pH. Selain itu, penguraian pektin pada kulit buah melalui aktivitas enzim pektinase akan menghasilkan variasi asam yang lebih banyak, khususnya dalam bentuk asam galakturonat, asam pektat, dan asam askorbat serta asam laktat hasil sekresi BAL. Perbedaan inilah yang memungkinkan nilai pH pasca fermentasi pada sari minuman berbasis kulit buah naga cenderung lebih rendah dibandingkan sari daging buah. Hal ini didukung dengan pernyataan (Arkan *et al.*, 2021) yang menyatakan bahwa tidak hanya asam laktat, selama fermentasi juga dapat dihasilkan asam pektat hasil degradasi dari bahan yang mengandung pektin.

4. Total Padatan Terlarut

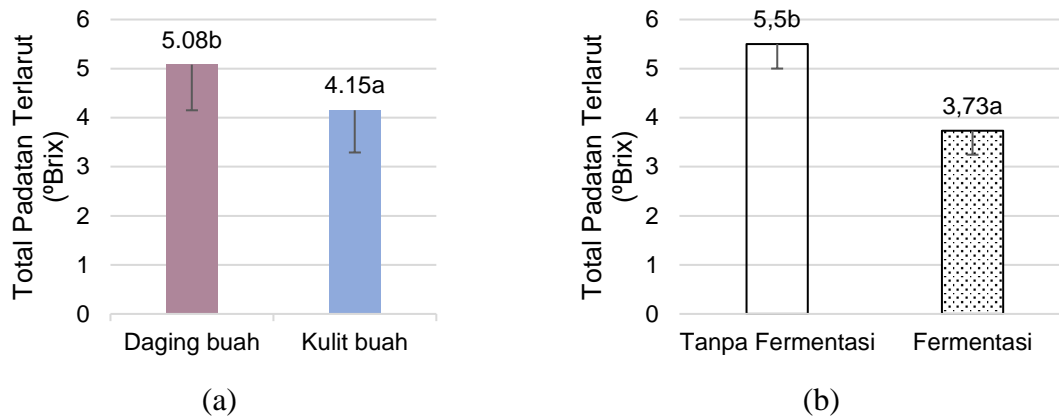
Total padatan terlarut (*total soluble solids*) merupakan akumulasi zat-zat terlarut dalam suatu bahan yang umumnya sebagian besar berupa gula. Total padatan terlarut dinyatakan dalam satuan °Brix dan dapat diukur menggunakan refraktometer (Kusumiyati *et al.*, 2020). Hasil analisis sidik ragam ANOVA menunjukkan faktor bagian buah dan kondisi fermentasi berpengaruh nyata ($p < 0,05$), sedangkan interaksi kedua

faktor tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap total padatan terlarut yang didapatkan. Daging buah memiliki total padatan terlarut lebih tinggi dibandingkan kulit buah (Gambar 2a). Daging buah naga mengandung lebih banyak karbohidrat dalam bentuk gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa, sedangkan kulit buah naga lebih banyak mengandung pektin yang bersifat tidak larut dalam air (Kakade *et al.*, 2020). Hal ini menjadi faktor utama perbedaan nilai padatan terlarut yang berhasil diukur pada kedua bahan. Gula dan pektin dapat menjadi substrat penting untuk menunjang pertumbuhan mikroba selama proses fermentasi (Chatterjee & GA Manuel, 2016); (Wichienchot *et al.*, 2010).

Perlakuan fermentasi menyebabkan penurunan nilai total padatan terlarut pada sampel (Gambar 2b). Penurunan total padatan terlarut berkaitan erat dengan ketersediaan substrat dan tingkat aktivitas mikroorganisme. (Ferreira *et al.*, 2023) menguraikan bahwa mikroorganisme memanfaatkan substrat, khususnya gula, selama proses fermentasi untuk kebutuhan metabolisme yang kemudian berdampak pada menurunnya jumlah gula (°Brix) pada bahan yang difermentasi. Hal ini didukung dengan penelitian (Huan *et al.*, 2020) terhadap jus buah naga fermentasi menggunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang menemukan bahwa nilai °Brix mengalami penurunan pada jus setelah diberi perlakuan fermentasi. Selain itu, (Hashemi *et*

al., 2017) mengemukakan bahwa sumber karbon yang dianggap paling cocok digunakan oleh strain *Lactobacillus* dalam proses

fermentasi umumnya berupa glukosa dan fruktosa.



Gambar 2. Pengaruh bagian buah naga (a) dan kondisi fermentasi (b) terhadap total padatan terlarut minuman fermentasi buah naga

KESIMPULAN

Bagian buah naga dan kondisi fermentasi berpengaruh terhadap karakteristik minuman yang dihasilkan. Fermentasi menurunkan pH dan total padatan terlarut, serta menyebabkan perubahan warna, aroma, dan tekstur minuman. Minuman berbasis daging buah naga memiliki total padatan terlarut lebih tinggi, sedangkan minuman berbasis kulit buah naga menunjukkan pH lebih rendah dan warna merah yang lebih kuat setelah fermentasi. Kedua bagian buah naga berpotensi digunakan sebagai bahan baku minuman fermentasi, namun daging buah lebih sesuai sebagai sumber substrat fermentasi, sedangkan kulit buah berpotensi memberikan karakter warna khas dan meningkatkan pemanfaatan limbah pertanian bernilai tambah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M., Biswas, M., Ahmed, J., Hosain, M. A., Alam, A., Khan, M. H. H., & Molla, M. M. (2023). Physico-chemical properties, antioxidant activity and bioactive compounds in edible and non-edible portions of dragon fruit cultivars native to Bangladesh. *Food Research*, 7(4), 194–203.
- Arkan, N. D., Setyawardani, T., & Astuti, T. Y. (2021). Pengaruh Penggunaan Pektin Nabati dengan Persentase yang Berbeda terhadap Nilai pH dan Total Asam Tertitiasi Yogurt Susu Sapi. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 2(1), 1–7.
- Brugnoni, L. I., Pezzutti, A., & Gonzalez, M. T. (2013). Effect of storage conditions on microbiological and physicochemical parameters of cloudy apple juice concentrate. *International Journal of Food Engineering*, 9(1), 67–74.
- Chatterjee, E., & GA Manuel, S. (2016). Effect of Fruit Pectin on Growth of Lactic Acid Bacteria. *Journal of Probiotics & Health*, 04(02), 4–7.
- Du, H., Olawuyi, I. F., Said, N. S., & Lee, W. Y. (2024). Comparative Analysis of Physicochemical and Functional Properties of Pectin from Extracted Dragon Fruit Waste by Different Techniques. *Polymers*, 16(8).
- Ferreira, R. M., Costa, A. M., Pinto, C. A., Silva, A. M. S., Saraiva, J. A., & Cardoso, S. M. (2023). Impact of Fermentation and Pasteurization on the Physico-Chemical and Phytochemical Composition of *Opuntia ficus-indica* Juices. *Foods*, 12(11), 2096.
- Ghorband, A., Joshi, B., & Bhatt, H. (2023). Studies on physicochemical and nutritional properties of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 12(6), 223–226.
- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). Isolation, identification, and characterization of pectinolytic yeasts for starter culture in

- coffee fermentation. *Microorganisms*, 7(10).
- Hashemi, S. M. B., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F. J., Nemati, Z., Sohrabi Shokofti, S., & Alizadeh, F. (2017). Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Functional Foods*, 38, 409–414.
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation - Structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 71(4), 41–50.
- Ho, P. L., Tran, D. T., Hertog, M. L. A. T. M., & Nicolaï, B. M. (2021). Effect of controlled atmosphere storage on the quality attributes and volatile organic compounds profile of dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *Postharvest Biology and Technology*, 173(5), 111406.
- Huan, P. T., Hien, N. M., & Anh, N. H. T. (2020). Optimization of alcoholic fermentation of dragon fruit juice using response surface methodology. *Food Research*, 4(5), 1529–1536.
- Huang, Y., Brennan, M. A., Kasapis, S., Richardson, S. J., & Brennan, C. S. (2021). Maturation Process, Nutritional Profile, Bioactivities and Utilisation in Food Products of Red Pitaya Fruits: A Review. *Foods*, 10(11), 2862.
- Kakade, V., Jinger, D., Dayal, V., Chavan, S., D, N. D., & C, W. G. (2020). Dragon Fruit: Wholesome and remunerative fruit crop for India. *Food and Scientific Reports*, 1(12), 44–48.
- Kaprasob, R., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., Thumthanaruk, B., & Shetty, K. (2018). Changes in physico-chemical, astringency, volatile compounds and antioxidant activity of fresh and concentrated cashew apple juice fermented with *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3979–3990.
- Kusumiyati, Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., Mubarak, S., & Hamdani, J. S. (2020). Rapid and non-destructive prediction of total soluble solids of guava fruits at various storage periods using handheld near-infrared instrument. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458(1), 1–6.
- Markovic, I., Ilic, J., Markovic, D., Simonovic, V., & Kosanic, N. (2013). Color Measurement of Food Products using CIE $L^* a^* b^*$ and RGB Color Space. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 50–53.
- Miszczak, I., Tańska, M., Rejmer, W., Konopka, I., & Zielińska, M. (2024). Spontaneous Fermentation of Beetroot – Effect of Fermentation Time and Temperature and Slice Thickness on Leaven Quality. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 74(3), 255–267.
- Ninga, K. A., Desobgo, Z. S. C., De, S., & Nso, E. J. (2021). Pectinase hydrolysis of guava pulp: effect on the physicochemical characteristics of its juice. *Heliyon*, 7(10), 1–11.
- Rahmana Putra, N., Nur Rizkiyah, D., Nurfaiz Mohd Faizal, A., & Hazim Abdul Aziz, A. (2024). Mini review of unlocking the hidden potential for valorization of dragon fruit peels through green extraction methods. *Waste Management Bulletin*, 2(2), 49–58.
- Riswanda, B. A. F., Basuki, E., & Yasa, I. wayan S. (2024). Pengaruh Kombinasi Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Dan Buah Sirsak (*Annona muricata*) Terhadap Komponen Mutu Selai. *EduFood, Vol. 2, No. 1, 2024*, 2(1), 35–46.
- Rodriguez, E. B., Vidallon, M. L. P., Mendoza, D. J. R., Dalisay, K. A. M., & Reyes, C. T. (2015). Stabilization of betalains from the peel of red dragon fruit [*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose] through biopolymeric encapsulation. *Philippine Agricultural Scientist*, 98(4), 276–286.
- Sawicki, T., Martinez-Villaluenga, C., Frias, J., Wiczowski, W., Peñas, E., Bączek, N., & Zieliński, H. (2019). The effect of processing and in vitro digestion on the betalain profile and ACE inhibition activity of red beetroot products. *Journal of Functional Foods*, 55(January), 229–237.

- Singh, A., Swami, S., Panwar, N. R., Kumar, M., Shukla, A. K., Rouphael, Y., Sabatino, L., & Kumar, P. (2022). Development Changes in the Physicochemical Composition and Mineral Profile of Red-Fleshed Dragon Fruit Grown under Semi-Arid Conditions. *Agronomy*, *12*(2).
- Skalicky, M., Kubes, J., Shokoofeh, H., Tahjib-Ul-Arif, M., Vachova, P., & Hejnak, V. (2020). Betacyanins and Betaxanthins in Cultivated Varieties of *Beta vulgaris* L. Compared to Weed Beets. *Molecules*, *25*(22), 1–15.
- Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., & Rastall, R. A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, *120*(3), 850–857.
- Wu, D., Xia, Q., Cheng, H., Zhang, Q., Wang, Y., & Ye, X. (2022). Changes of Volatile Flavor Compounds in Sea Buckthorn Juice during Fermentation Based on Gas Chromatography–Ion Mobility Spectrometry. *Foods*, *11*(21), 1–18.
- Yusmarini, Y., Johan, V. S., Fitriani, S., Riftyan, E., & Siagian, O. M. (2021). Pemanfaatan *Lactobacillus plantarum* 1 RN2-53 dalam Pembuatan Minuman Probiotik Berbasis Sari Buah Melon dengan Variasi Penambahan Sukrosa. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, *13*(1), 21–26.