

**Potensi Prebiotik dan Stabilitas Zat Warna Kulit Buah
Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terenkapsulasi
Maltodekstrin dan Gelatin terhadap Pertumbuhan
*Lactobacillus bulgaricus***

SKRIPSI



FAYOLA JUSTINA

31190302

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2024**

**Potensi Prebiotik dan Stabilitas Zat Warna Kulit Buah
Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terenkapsulasi
Maltodekstrin dan Gelatin terhadap Pertumbuhan
*Lactobacillus bulgaricus***

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



FAYOLA JUSTINA

31190302

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta**

2024

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fayola Justina
NIM : 31190302
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“POTENSI PREBIOTIK DAN STABILITAS ZAT WARNA KULIT BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) TERENKAPSULASI MALTODEKSTRIN DAN GELATIN TERHADAP PERTUMBUHAN *Lactobacillus bulgaricus*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 30 Januari 2024

Yang menyatakan



(FAYOLA JUSTINA)

NIM: 31190302

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

POTENSI PREBIOTIK DAN STABILITAS ZAT WARNA KULIT BUAH
NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) TERENKAPSULASI
MALTODEKSTRIN DAN GELATIN TERHADAP PERTUMBUHAN
Lactobacillus bulgaricus

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

FAYOLA JUSTINA

31190302

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada tanggal 24 Januari 2024

Nama Dosen

Tanda Tangan

1. Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.
(Ketua Penguji)
2. Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.
(Dosen Penguji II/Dosen Pembimbing I)
3. Catarina Aprilia Ariestanti, STP., M.Sc.
(Dosen Penguji III/Dosen Pembimbing II)



Yogyakarta, 06 Februari 2024

Disahkan Oleh:

Dekan,

Ketua Program Studi,



(Dr. Charis Amarantini, M.Si)
NIK: 914 E 155



(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)
NIK: 214 E 556

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul skripsi : Potensi Prebiotik dan Stabilitas Zat Warna Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terenkapsulasi Maltodekstrin dan Gelatin terhadap Pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*

Nama : Fayola Justina

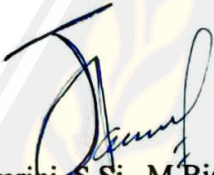
NIM : 31190302

Hari/ Tanggal Ujian : Rabu/ 24 Januari 2024

Disetujui Oleh:


Pembimbing I

Pembimbing II


(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)
NIK: 214 E 556


(Catarina Aprilia Arjestanti, S.TP., M.Sc.)
NIK: 224 E 590

Ketua Program Studi Biologi


(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)
NIK: 214 E 556

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fayola Justina

NIM : 31190302

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“POTENSI PREBIOTIK DAN STABILITAS ZAT WARNA KULIT BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) TERENKAPSULASI MALTODEKSTRIN DAN GELATIN TERHADAP PERTUMBUHAN *Lactobacillus bulgaricus*”

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 15 Januari 2024

Yang menyatakan



FAYOLA JUSTINA

31190302

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat kasih dan karunianya, penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi dengan judul “Potensi Prebiotik dan Stabilitas Zat Warna Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terenkapsulasi Maltodekstrin dan Gelatin terhadap Pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*” disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S.Si) Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.

Penulis menyadari bahwa selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas berkat, kasih, penyertaan dan karunia-Nya yang diberikan setiap hari selama proses penelitian dan penulisan naskah skripsi hingga terselesaikan dengan baik dan seturut kehendak-Nya.
2. Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc., sebagai dosen pembimbing utama yang telah membantu penulis dengan memberikan banyak saran, masukan dan bantuan selama proses penelitian hingga penulisan naskah skripsi.
3. Catarina Aprilia Ariestanti, STP., M.Sc., sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran, masukan dan bantuan selama proses pengerjaan penelitian hingga penulisan naskah skripsi.
4. Keluarga saya Anton Setiawan selaku ayah saya, Lindrawati selaku ibu saya, dan Erwandi Setiawan selaku kakak laki-laki saya yang sudah senantiasa memberikan dukungan baik secara finansial dan emosional selama penelitian sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
5. Mbak Ari dan Mbak Gemma selaku laboran Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana serta laboran lainnya yang telah memberikan bantuan, arahan dan masukan selama pengerjaan penelitian di laboratorium.
6. Sahabat-sahabat baik saya yang selalu menemani, menguatkan dan mendukung selama penelitian dan penulisan naskah melalui semangat dan doa terbaik yaitu Eunike Dian, Tamariska Sharon, Elizabeth Junita, Vania Agustinus, Mega Saputri, Rebecha Lady, Vebryana Elisabet, dan Karmisa.
7. Teman-teman seperbimbingan yang menemani dan membantu satu sama lain serta teman-teman bioteknologi angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat.

DAFTAR ISI

SAMPUL LUAR	i
SAMPUL DALAM.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>Abstract</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Buah Naga Merah.....	5
2.2 Kulit Buah Naga	5
2.3 Pigmen Betalain.....	6
2.4 Enkapsulasi.....	8
2.5 Antioksidan.....	9
2.6 Lactobacillus bulgaricus	10
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu	12
3.2 Alat	12
3.3 Bahan.....	12
3.4 Cara Kerja.....	13
3.4.1 Pembuatan ekstrak kulit buah naga merah.....	13

3.4.2	Enkapsulasi ekstrak kulit buah naga	13
3.4.3	Pengukuran parameter.....	14
3.4.4	Rancangan Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Rendemen Ekstrak Kulit Buah Naga Merah	21
4.2	Enkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah	22
4.3	Stabilitas Enkapsulat Ekstrak Kulit Buah Naga Merah.....	25
4.3.1	Kadar Betasianin Enkapsulat Ekstrak Kulit Buah Naga Merah ...	25
4.3.2	Persen Inhibisi Enkapsulat Ekstrak Kulit Buah Naga Merah	28
4.4	Potensi Prebiotik Enkapsulat Ekstrak Kulit Buah Naga Merah	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA		34
LAMPIRAN.....		40



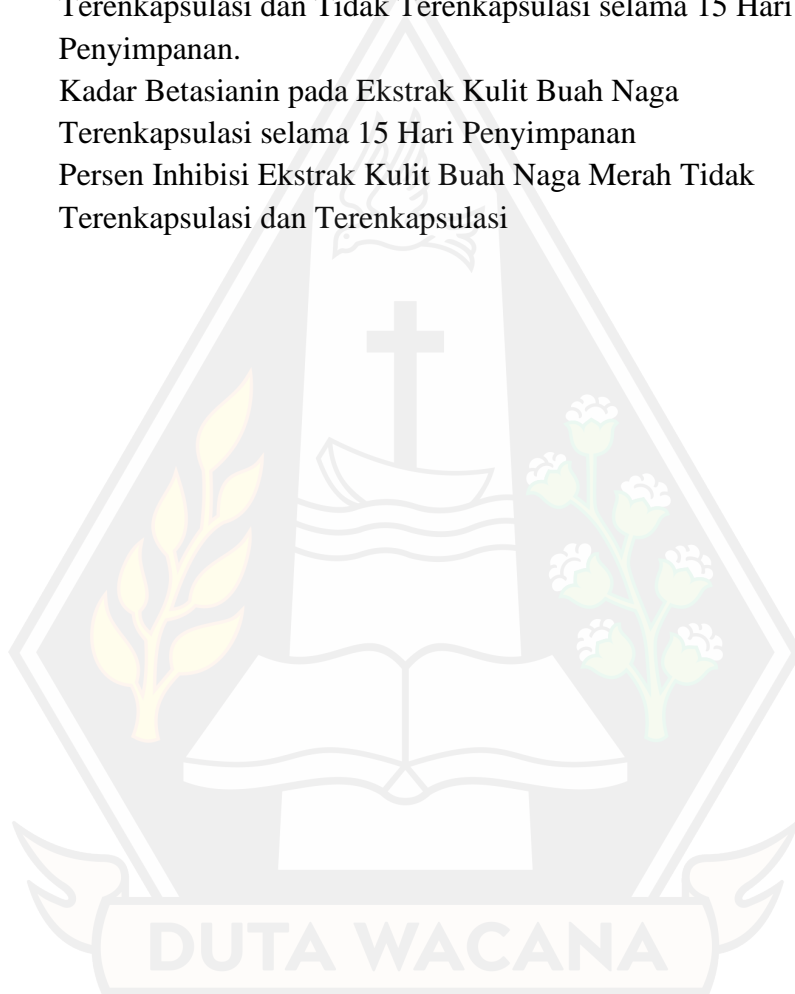
DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Judul Tabel	Halaman
3.1	Komposisi Maltodekstrin dan Gelatin	13
4.1	Rasio Maltodekstrin dan Gelatin	22
4.2	Kadar Air Enkapsulat Kulit Buah Naga Merah	23
4.3	Rendemen Enkapsulat Kulit Buah Naga Merah	24
4.4	Kelarutan Enkapsulat Kulit Buah Naga Merah	25
4.5	Pertumbuhan Koloni <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada Berbagai Perlakuan	30



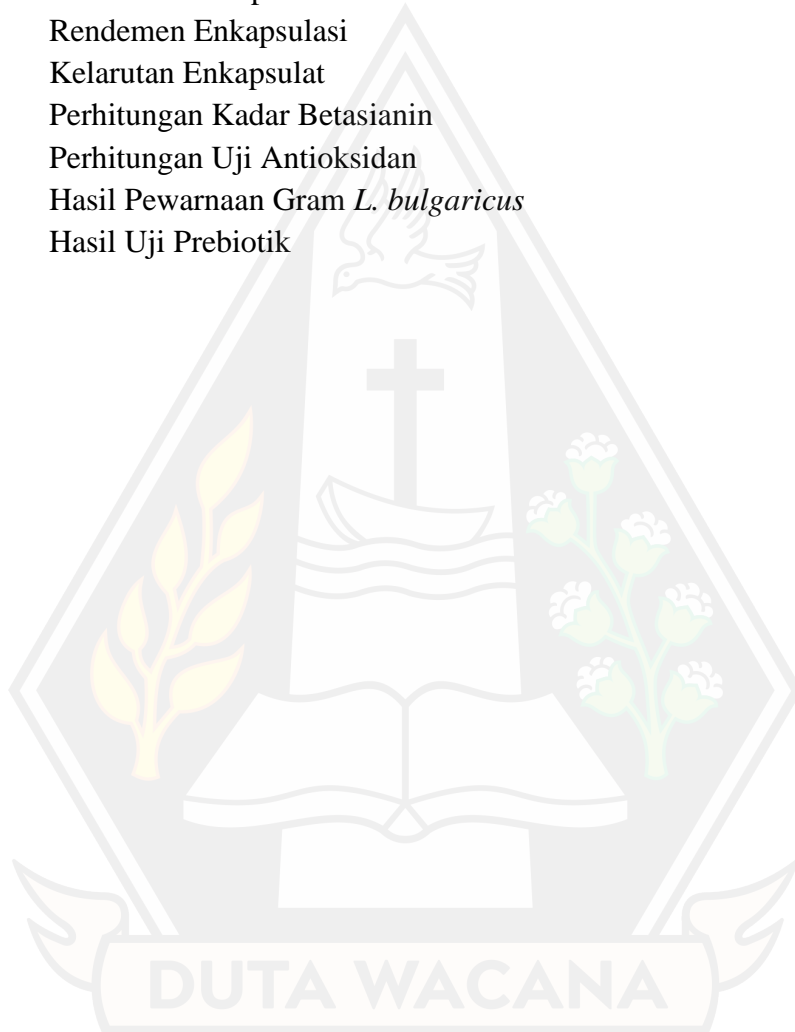
DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Struktur kimia betanin dan komponen penyusunnya	6
4.1	Ekstrak Kental Kulit Buah Naga Merah	21
4.2	Enkapsulat Ekstrak Kulit Buah Naga Merah	22
4.3	Kadar Betasianin Ekstrak Kulit Buah Naga Terenkapsulasi dan Tidak Terenkapsulasi selama 15 Hari Penyimpanan.	23
4.4	Kadar Betasianin pada Ekstrak Kulit Buah Naga Terenkapsulasi selama 15 Hari Penyimpanan	24
4.5	Persen Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Tidak Terenkapsulasi dan Terenkapsulasi	28



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	Persiapan Ekstrak Kulit Buah Naga
2	Produk Enkapsulasi
3	Rendemen Ekstraksi
4	Kadar Air Enkapsulat
5	Rendemen Enkapsulasi
6	Kelarutan Enkapsulat
7	Perhitungan Kadar Betasianin
8	Perhitungan Uji Antioksidan
9	Hasil Pewarnaan Gram <i>L. bulgaricus</i>
10	Hasil Uji Prebiotik



ABSTRAK

Potensi Prebiotik dan Stabilitas Zat Warna Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terenkapsulasi Maltodekstrin dan Gelatin terhadap Pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*

FAYOLA JUSTINA

Tingginya tingkat konsumsi buah naga merah menyebabkan terjadinya peningkatan limbah kulit buah naga merah. Kulit buah ini memiliki potensi sebagai sumber pewarna makanan alami. Betasianin merupakan pigmen yang memberikan warna merah pada daging dan kulit buah naga merah. Pigmen ini berpotensi menjadi bahan pewarna alami dengan kemampuan antioksidan yang baik dan sebagai prebiotik, akan tetapi sangat mudah terdegradasi. Salah satu metode untuk menjaga stabilitas pigmen agar tidak mudah terdegradasi adalah melalui enkapsulasi. Pada penelitian ini, dilakukan enkapsulasi betasianin pada ekstrak kulit buah naga menggunakan maltodekstrin dan gelatin untuk mengetahui rasio bahan penyalut yang paling baik berdasarkan stabilitas zat warna serta potensi prebiotiknya. Ekstraksi betasianin pada kulit buah naga dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70%. Uji stabilitas dilakukan pada enkapsulat selama 15 hari penyimpanan pada suhu ruang dan di ruang gelap serta potensinya sebagai prebiotik dalam menumbuhkan *L. bulgaricus* sebagai parameter penentu keberhasilan enkapsulasi. Variasi perlakuan yang diberikan adalah perbedaan rasio maltodekstrin dan gelatin 1:1, 2:1, dan 3:1. Parameter yang diuji adalah kadar air, rendemen enkapsulat, kadar betasianin menggunakan spektrofotometer UV-Vis, persen inhibisi radikal bebas menggunakan DPPH, serta potensi prebiotik menggunakan metode TPC. Hasil menunjukkan bahwa proses enkapsulasi dapat mempertahankan stabilitas pigmen betasianin selama penyimpanan 15 hari. Variasi perbandingan 1:1 (GM1) memberikan hasil keseluruhan terbaik dengan kadar air 10,09%, rendemen enkapsulat 93,94%, kelarutan 70%, kadar betasianin 0,95 mg/L, persentase inhibisi 36,31%, dan pertumbuhan *L. bulgaricus* sebanyak $5,83 \times 10^7$ CFU/mL.

Kata kunci: enkapsulasi, gelatin, *Hylocereus polyrhizus*, *Lactobacillus bulgaricus*, maltodekstrin

Abstract

Prebiotic Potential and Stability of Red Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*) Color Substance Encapsulated with Maltodextrin and Gelatin for the Growth of *Lactobacillus bulgaricus*.

FAYOLA JUSTINA

*The high consumption of red dragon fruit has led to an increase in red dragon fruit skin waste. The skin has potential as a source of natural food coloring. Betacyanin is a pigment that gives red color to the flesh and skin of red dragon fruit. This pigment has the potential to be a natural coloring agent with good antioxidant ability and as a prebiotic but is very easily degraded. In this study, the encapsulation of betacyanin in dragon fruit peel extract using maltodextrin and gelatin was carried out to determine the best encapsulant material ratio based on pigment stability and prebiotic potential. Extraction of betacyanin in dragon fruit peel was carried out using maceration method with 70% ethanol solvent.. Stability tests were conducted on the encapsulates during 15 days of storage at room temperature and in the dark room as well as their potential as prebiotics in supporting *L. bulgaricus* growth as a parameter determining the success of encapsulation. The treatment variations given were different maltodextrin and gelatin ratios of 1:1, 2:1, and 3:1. The parameters tested were water content, encapsulate yield, betacyanin content using UV-Vis spectrophotometer, free radical inhibition percentage using DPPH, and prebiotic potential using TPC method. The results showed that the encapsulation process could maintain the stability of betacyanin pigment during 15 days of storage. The 1:1 ratio variation (GM1) gave the best overall results with 10.09% moisture content, 93.94% encapsulate yield, 70% solubility, 0.95 mg/L betacyanin content, 36.31% inhibition percentage, and 5.83×10^7 CFU/mL *L. bulgaricus* growth.*

Keywords: *encapsulation, gelatin, *Hylocereus polyrhizus*, *Lactobacillus bulgaricus*, maltodextrin*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan buah tropis yang tingkat konsumsinya semakin tinggi di kalangan masyarakat karena rasanya yang enak, penampilannya yang menarik, serta mempunyai manfaat-manfaat kesehatan yang dapat diperoleh dari mengonsumsi buah tersebut (Le, 2022). Hal ini dapat dilihat dari budidaya buah naga merah yang semakin meluas di seluruh Indonesia akibat tingginya permintaan konsumen. Jumlah produksi pada tahun 2019 di beberapa pulau meliputi Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Bali dapat mencapai 372-479 ton/hektar/tahun dengan total luas lahan 8.491 hektar (Mansyah *et al.*, 2020). Buah naga memiliki kulit yang cukup tebal sebesar 30-45% berat total seluruh buah yang umumnya tidak dimanfaatkan dan hanya terbuang menjadi limbah (Le, 2022; Wanitchang *et al.*, 2010). Penumpukan limbah organik ini menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan, seperti adanya emisi gas rumah kaca saat dekomposisi serta menjadi tempat berkembangbiakan bakteri dan hama penyebab penyakit (Cheok *et al.*, 2018). Pemanfaatan bagian buah yang tidak dapat dikonsumsi ini dapat berdampak positif terhadap lingkungan sehingga bersifat berkelanjutan serta memenuhi tingginya permintaan konsumen terhadap produk berbahan alami seperti zat pewarna makanan (Le, 2022; Lourith *et al.*, 2013).

Pemanfaatan dapat dilakukan karena kulit buah naga merah memiliki kandungan bioaktif yang sama dengan daging buahnya, termasuk betasianin yang bermanfaat bagi kesehatan serta berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pewarna alami untuk produk makanan dan kosmetik (Liaotrakoon *et al.*, 2012). Akan tetapi, stabilitas betasianin mudah menurun akibat berbagai faktor seperti pH, suhu, oksigen, aktivitas air, dan cahaya selama masa penyimpanan (Rodriguez *et al.*, 2016). Siow & Wong (2017) menyatakan dalam penelitiannya bahwa betasianin memiliki stabilitas yang lebih tinggi pada

konsentrat dibandingkan dengan jus, karena kadar air pada konsentrat lebih rendah sehingga aktivitas air juga lebih rendah.

Salah satu cara untuk mempertahankan stabilitas betasianin ini adalah melalui proses enkapsulasi. Enkapsulasi adalah proses penyalutan atau pelapisan suatu senyawa inti dengan materi yang tidak reaktif terhadap inti untuk melindungi inti dari faktor lingkungan (Suganya & Anuradha, 2017). Penelitian oleh Bazaria & Kumar (2017) menunjukkan bahwa enkapsulasi pada jus bit menggunakan maltodekstrin memberikan retensi betasianin yang tinggi. Penelitian oleh Kumar & Giridhar (2017) menunjukkan bahwa enkapsulasi betasianin pada bayam malabar dengan maltodekstrin memberikan retensi hingga 96,81% setelah disimpan selama 2 tahun pada suhu 4°C.

Terdapat banyak bahan yang dapat digunakan sebagai penyalut dalam proses enkapsulasi, akan tetapi yang paling sering digunakan adalah maltodekstrin karena memiliki berbagai keuntungan seperti kelarutannya yang tinggi, memberikan perlindungan terbaik untuk pigmen alami terhadap faktor lingkungan, serta biayanya yang terjangkau (Medfai *et al.*, 2023). Akan tetapi, terdapat kelemahan berupa strukturnya yang lebih mudah rusak selama masa penyimpanan (Castro-Muñoz *et al.*, 2015). Hal ini biasa diatasi dengan menambahkan bahan penyalut lain berupa protein seperti gelatin. Penelitian oleh Castro-Muñoz *et al.* (2015) menunjukkan bahwa penambahan gelatin sebagai bahan penyalut bersama dengan maltodekstrin dapat membuat struktur enkapsulan menjadi lebih kokoh dan tidak mudah rusak dibandingkan jika hanya menggunakan salah satu saja, sehingga kemampuan antioksidan betasianin dapat terjaga.

Kandungan antioksidan pada makanan memiliki peran yang sangat penting dalam kesehatan manusia. Beberapa penelitian telah dilakukan terhadap beberapa jenis makanan dengan antioksidan yang memberikan dampak positif dalam meningkatkan jumlah mikrobiota usus, yang sebagian besar berupa bakteri asam laktat dari genus *Lactobacillus*. Coman *et al.* (2018) menyebutkan bahwa beberapa ekstrak buah yang memiliki tingkat antioksidan

tinggi mampu menstimulasi pertumbuhan probiotik. Usaga *et al.* (2022) menyebutkan bahwa metabolit sekunder seperti asam fenol, flavonoid, dan betasianin memiliki potensi untuk menstimulasi pertumbuhan probiotik *Lactobacillus* spp. *L. bulgaricus* merupakan salah satu jenis probiotik yang paling banyak diteliti dan dikenal karena memiliki kemampuan meningkatkan jumlah mikrobiota usus dan memodulasi sistem imun tubuh, serta merupakan probiotik utama dalam fermentasi yogurt yang merupakan makanan fermentasi berbahan dasar susu yang paling banyak dikenal dan dikonsumsi oleh masyarakat (Castellone *et al.*, 2021; Lu & Wang, 2021; Naliyadhara *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas zat warna kulit buah naga yang telah terenkapsulasi maltodekstrin dan gelatin serta potensi prebiotiknya.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1. Apakah enkapsulasi ekstrak kulit buah naga dapat meningkatkan stabilitas pigmen betasianin pada suhu ruang dan memperpanjang masa simpan?
- 1.2.2. Berapakah rasio maltodekstrin dan gelatin yang memberikan hasil maksimal dalam menjaga stabilitas ekstrak kulit buah naga?
- 1.2.3. Apakah ekstrak kulit buah naga terenkapsulasi dapat mendukung pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui pengaruh enkapsulasi kulit buah naga terhadap stabilitas pigmen betasianin yang dipengaruhi berbagai faktor lingkungan dan masa simpan.
- 1.3.2 Mengetahui rasio maltodekstrin dan gelatin yang memberikan hasil maksimal dalam menjaga stabilitas ekstrak kulit buah naga.
- 1.3.3 Mengetahui potensi kulit buah naga terenkapsulasi dalam mendukung pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1.4.1 Mengetahui potensi penerapan teknik enkapsulasi untuk mempertahankan stabilitas pigmen betasianin pada kulit buah naga bagi peneliti.
- 1.4.2 Meningkatkan ketersediaan bahan pewarna alami tanpa memberi dampak buruk pada keamanan pangan bagi masyarakat.
- 1.4.3 Menjadi acuan untuk meningkatkan regulasi pemanfaatan limbah organik bagi pemerintah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

- 5.1.1. Enkapsulasi ekstrak kulit buah naga mampu memberikan stabilitas pada pigmen betasianin yang lebih baik dibandingkan ekstrak tidak terenkapsulasi selama 15 hari penyimpanan.
- 5.1.2. Rasio enkapsulasi yang memberikan stabilitas terbaik adalah perlakuan GM1 (1:1) dengan kadar air 10,09%, rendemen enkapsulasi 93,94%, kelarutan 70%, kadar betasianin 0,95 mg/L, dan persentase inhibisi radikal bebas 36,31%.
- 5.1.3. Kulit buah naga merah baik yang dienkapsulasi maupun tidak dienkapsulasi memiliki potensi sebagai prebiotik, dengan hasil terbaik diperoleh oleh GM2 yang menunjukkan pertumbuhan probiotik *L. bulgaricus* sebanyak $6,9 \times 10^7$ CFU/mL.

5.2. Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan optimalisasi pada metode pengujian antioksidan dengan mempertimbangkan kelarutan bahan penyalut dan faktor lain seperti kandungan fitokimia dalam ekstrak selain betanin yang dapat mempengaruhi hasil daya tangkap radikal bebas serta pertumbuhan probiotik. Metode enkapsulasi dan bahan penyalut dapat diteliti dan dioptimalisasi lebih lanjut untuk mengetahui metode dan bahan yang paling baik dalam enkapsulasi kulit buah naga merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, S. M., Wrsiati, L. P., & Mulyani, S. (2021). Karakteristik Enkapsulat Pewarna dari Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) pada Perlakuan Perbandingan Gelatin dan Maltodekstrin. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 42–52.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Ariestanti, C. A., Sejati, R. A., Setyaratri, F. T., & Meliana, F. A. (2022). The Potency of Corn (*Zea Mays*) Cob Waste as a Prebiotic Candidate to Support the Growth of *Bifidobacterium longum*: a Preliminary Study. *Sciscitatio*, 3(1), 47–52.
- Bazaria, B., & Kumar, P. (2017). Effect of dextrose equivalency of maltodextrin together with Arabic gum on properties of encapsulated beetroot juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 156–163. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9382-4>
- BPOM RI. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 34 Tahun 2019 tentang Kategori pangan*.
- Castellone, V., Bancalari, E., Rubert, J., Gatti, M., Neviani, E., & Bottari, B. (2021). Eating Fermented: Health Benefits of LAB-Fermented Foods. *Foods*, 10(11), 2639. <https://doi.org/10.3390/foods10112639>
- Castro-Enríquez, D. D., Montaña-Leyva, B., Del Toro-Sánchez, C. L., Juárez-Onofre, J. E., Carvajal-Millan, E., Burruel-Ibarra, S. E., Tapia-Hernández, J. A., Barreras-Urbina, C. G., & Rodríguez-Félix, F. (2020). Stabilization of betalains by encapsulation—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1587–1600. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04120-x>
- Castro-Muñoz, R., Barragán-Huerta, B. E., & Yáñez-Fernández, J. (2015). Use of gelatin-maltodextrin composite as an encapsulation support for clarified juice from purple cactus pear (*Opuntia stricta*). *LWT*, 62(1), 242–248. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.042>
- Cheok, C. Y., Mohd Adzahan, N., Abdul Rahman, R., Zainal Abedin, N. H., Hussain, N., Sulaiman, R., & Chong, G. H. (2018). Current trends of tropical fruit waste utilization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3), 335–361. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1176009>
- Chuaychan, S., & Benjakul, S. (2016). Effect of maltodextrin on characteristics and antioxidative activity of spray-dried powder of gelatin and gelatin hydrolysate from scales of spotted golden goatfish. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3583–3592. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2340-7>
- Coman, M. M., Oancea, A. M., Verdenelli, M. C., Cecchini, C., Bahrim, G. E., Orpianesi, C., Cresci, A., & Silvi, S. (2018). Polyphenol content and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial and prebiotic properties of red fruit extracts. *European Food Research and Technology*, 244, 735–745. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2997-9>

- Coy-Barerra, E. (2020). Analysis of betalains (betacyanins and betaxanthins). In A. S. Silva, S. F. Nabavi, M. Saeedi, & S. M. Nabavi (Eds.), *Recent Advances in Natural Products Analysis* (pp. 593–618). Elsevier.
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S., Berenjjan, A., & Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: Definition, Types, Sources, Mechanisms, and Clinical Applications. *Foods*, 8(3), 92. <https://doi.org/10.3390/foods8030092>
- EFSA ANS Panel. (2015). Scientific Opinion on the re-evaluation of beetroot red (E 162) as a food additive. *EFSA Journal*, 13(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4318>
- FAO, & WHO. (2002). Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. *Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food*, 35–45.
- FDA. (2023, April 1). *Food and Drugs, 21 CFR 73.40*. <https://www.ecfr.gov/current/title-21/part-73/section-73.40>
- Feng, T., & Wang, J. (2020). Oxidative stress tolerance and antioxidant capacity of lactic acid bacteria as probiotic: a systematic review. *Gut Microbes*. <https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1801944>
- Ghorani, B., Emadzadeh, B., Rezaeinia, H., & Russell, S. J. (2020). Improvements in gelatin cold water solubility after electrospinning and associated physicochemical, functional and rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105740>
- Handayani, H., Sriherfyna, F. H., & Yuniarta. (2016). Antioxidant Extraction of Soursop Leaf with Ultrasonic Bath (Study of Material: Solvent Ratio and Extraction Time). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 262–272.
- Hardi, J., Citra, D., Syamsuddin, & Puspitasari, D. J. (2020). Efisiensi Mikroenkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) Tersalut Maltodekstrin Berdasarkan Kecepatan Pengadukan. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i1.12647>
- Huq, T., Khan, A., Khan, R. A., Riedl, B., & Lacroix, M. (2013). Encapsulation of Probiotic Bacteria in Biopolymeric System. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(9), 909–916. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.573152>
- Hussain, E. A., Sadiq, Z., & Zia-Ul-Haq, M. (2018). Betalains: Biomolecular aspects. In *Betalains: Biomolecular Aspects*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95624-4>
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Mohamed Ahmed, I. A., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2021). Effect of maltodextrin combination with gum arabic and whey protein isolate on the microencapsulation of gurum seed oil using a spray-drying method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.045>
- Khoo, H. E., He, X., Tang, Y., Li, Z., Li, C., Zeng, Y., Tang, J., & Sun, J. (2022). Betacyanins and Anthocyanins in Pulp and Peel of Red Pitaya (*Hylocereus polyrhizus* cv. Jindu), Inhibition of Oxidative Stress, Lipid Reducing, and

- Cytotoxic Effects. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.894438>
- Kumar, S. S., & Giridhar, P. (2017). Stabilization of bioactive betalain pigment from fruits of *Basella rubra* L. through maltodextrin encapsulation. *Madridge Journal of Food Technology*, 2(1), 74–78. <https://doi.org/10.18689/mjft-1000111>
- La, E. O. J., Sawiji, R. T., & Yuliawati, A. N. (2020). Skrining Fitokimia Dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, 3(1), 45–58.
- Le, N. L. (2022). Functional compounds in dragon fruit peels and their potential health benefits: a review. In *International Journal of Food Science and Technology* (Vol. 57, Issue 5, pp. 2571–2580). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15111>
- Lee, S., Suh, D. H., Lee, S., Heo, D. Y., Kim, Y. S., Cho, S. K., & Lee, C. H. (2014). Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(34), 8764–8771. <https://doi.org/10.1021/jf5020704>
- Li, X., Zhang, Z. H., Qiao, J., Qu, W., Wang, M. S., Gao, X., Zhang, C., Brennan, C. S., & Qi, X. (2022). Improvement of betalains stability extracted from red dragon fruit peel by ultrasound-assisted microencapsulation with maltodextrin. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 105897. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2021.105897>
- Liaotrakoon, W., De Clercq, N., Lewille, B., & Dewettinck, K. (2012). Physicochemical properties, glass transition state diagram and colour stability of pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus* spp.) as affected by freeze-drying. *International Food Research Journal*, 19(2), 743–750.
- Lourith, N., Kanlayavattanukul, M., & Fah, M. (2013). Antioxidant and stability of dragon fruit peel colour. In *Agro FOOD Industry Hi Tech-vol* (Vol. 24, Issue 3).
- Lu, X., & Wang, F. (2021). *Lactobacillus acidophilus* and vitamin C attenuate ethanol-induced intestinal and liver injury in mice. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 22(3), 1005. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10438>
- Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Assadpoor, E., & Dehnad, D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011>
- Martati, T., & Devita, G. (2016). Aktivitas Penangkap Radikal Bebas Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). *Prosiding Seminar Nasional Tumbuhan Obat Indonesia Ke-50*, 430–439.
- Medfai, W., Oueslati, I., Dumas, E., Harzalli, Z., Viton, C., Mhamdi, R., & Gharsallaoui, A. (2023). Physicochemical and Biological Characterization of Encapsulated Olive Leaf Extracts for Food Preservation. *Antibiotics*, 12(6), 987. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12060987>

- Miguel, M. G. (2018). Betalains in Some Species of the Amaranthaceae Family: A Review. *Antioxidants*, 7(4), 53. <https://doi.org/10.3390/antiox7040053>
- Naliyadhara, N., Kumar, A., Kumar Gangwar, S., Nair Devanarayanan, T., Hegde, M., Alqahtani, M. S., Abbas, M., Sethi, G., & Kunnumakkara, A. (2023). Interplay of dietary antioxidants and gut microbiome in human health: What has been learnt thus far? *Journal of Functional Foods*, 100, 105365. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105365>
- Nurafifah, I., Hardianto, M. A., Erfianti, T., Amelia, R., & Maghfiroh, K. Q. (2023). The Effect of Acidic pH on Growth Kinetics, Biomass Productivity, and Primary Metabolite Contents of *Euglena* sp. *Makara Journal of Science*, 27(2). <https://doi.org/10.7454/mss.v27i2.1506>
- Nurliyana, R., Syed Zahir, I., Mustapha Suleiman, K., Rehan, A. M., & Kamarudin, K. R. (2010). Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits: a comparative study. *International Food Research Journal*, 17(2), 367–375.
- Oyeniran, A., Gyawali, R., Aljaloud, S. O., Krastanov, A., & Ibrahim, S. A. (2020). Probiotic Characteristics and Health Benefits of the Yogurt Bacterium *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*. In S. Ibrahim (Ed.), *Current Issues and Challenges in the Dairy Industry* (pp. 1–11). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86939>
- Papoutsis, K., Golding, J. B., Vuong, Q., Pristijono, P., Stathopoulos, C. E., Scarlett, C. J., & Bowyer, M. (2018). Encapsulation of citrus by-product extracts by spray-drying and freeze-drying using combinations of maltodextrin with soybean protein and ι-carrageenan. *Foods*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/foods7070115>
- Phongtongpasuk, S., Poadang, S., & Yongvanich, N. (2016). Environmental-friendly Method for Synthesis of Silver Nanoparticles from Dragon Fruit Peel Extract and their Antibacterial Activities. *Energy Procedia*, 89, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.05.031>
- Priatni, S., & Pradita, A. (2015). Stability Study of Betacyanin Extract from Red Dragon Fruit (*Hylocereus Polyrhizus*) Peels. *Procedia Chemistry*, 16, 438–444. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.076>
- Putri, W. D. R., Nurbaya, S. R., & Murtini, E. S. (2021). Microencapsulation of Betacyanin Extract from Red Dragon Fruit Peel. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 9(3), 953–960. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.9.3.22>
- Rodriguez, E. B., Vidallon, M. L. P., Mendoza, D. J. R., & Reyes, C. T. (2016). Health-promoting bioactivities of betalains from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose) peels as affected by carbohydrate encapsulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(14), 4679–4689. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7681>
- Sa'adah, H., & Nurhasnawati, H. (2015). Perbandingan Pelarut Etanol dan Air pada Pembuatan Ekstrak Umbi Bawang Tiwai (*Eleutherine americana* Merr) Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 1(2), 149–153.

- Sadowska-Bartosz, I., & Bartosz, G. (2021). Biological Properties and Applications of Betalains. *Molecules*, 26(9), 2520. <https://doi.org/10.3390/molecules26092520>
- Santhiravel, S., Bekhit, A. E.-D. A., Mendis, E., Jacobs, J. L., Dunshea, F. R., Rajapakse, N., & Ponnampalam, E. N. (2022). The Impact of Plant Phytochemicals on the Gut Microbiota of Humans for a Balanced Life. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8124. <https://doi.org/10.3390/ijms23158124>
- Silalahi, S. E., Wrasianti, L. P., & Anggreni, A. A. M. D. (2015). Karakteristik Bubuk Ekstrak Kulit Buah Jeruk Mandarin (*Citrus reticulata*) pada Perlakuan Lama Maserasi dan Konsentrasi Maltodekstrin. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 3(1), 73–81.
- Siow, L.-F., & Wong, Y.-M. (2017). Effect of juice concentration on storage stability, betacyanin degradation kinetics, and sensory acceptance of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 623–632. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1172086>
- Sirivibulkovit, K., Nouanthavong, S., & Sameenoi, Y. (2018). Paper-based DPPH Assay for Antioxidant Activity Analysis. *Analytical Sciences*, 34, 795–800.
- Suganya, V., & Anuradha, V. (2017). Microencapsulation and Nanoencapsulation: A Review. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(3). <https://doi.org/10.25258/ijpcr.v9i3.8324>
- Sulaeman, A., Nusa, C. P., & Marliyati, S. A. (2021). Antioxidant Activity and Total Phenolic of Encapsulated Stingless Bee Propolis by Spray Drying Method. *Jurnal Gizi Pangan*, 16(Supp.1), 65–72.
- Sumanti, D. M., Lanti, I., Hanidah, I.-I., Sukarminah, E., & Giovanni, A. (2016). Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Maltodekstrin Sebagai Penyalut Terhadap Viabilitas dan Karakteristik Mikroenkapsulasi Suspensi Bakteri *Lactobacillus plantarum* menggunakan metode freeze drying. *Jurnal Penelitian Pangan*, 1(1). <https://doi.org/10.24198/jp2.2016.vol1.1.02>
- Tay, J. B. J., Chua, X., Ang, C., Subramanian, G. S., Tan, S. Y., Lin, E. M. J., Wu, W.-Y., Goh, K. K. T., & Lim, K. (2021). Effects of Spray-Drying Inlet Temperature on the Production of High-Quality Native Rice Starch. *Processes*, 9(9), 1557. <https://doi.org/10.3390/pr9091557>
- Tsania, I. L., Hidayati, I., & Jariyah, I. A. (2021). Uji Prebiotik Mangga Manalagi (*Mangifera indica* L. var manalagi) Terhadap Pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* Secara In Vitro. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 6(2), 102. <https://doi.org/10.36722/sst.v6i2.823>
- Udonkang, M. I., Inyang, I. J., Ukorebi, A. N., Effiong, F., Akpan, U., & Basse, I. E. (2018). Spectrophotometry, Physicochemical Properties, and Histological Staining Potential of Aqueous and Ethanol Extracts of Beetroot on Various Tissues of an Albino Rat. *Biomedicine Hub*, 3(3), 1–10. <https://doi.org/10.1159/000492828>
- Usaga, J., Barahona, D., Arroyo, L., & Esquivel, P. (2022). Probiotics survival and betalains stability in purple pitaya (*Hylocereus* sp.) juice. *NFS Journal*, 27, 47–53. <https://doi.org/10.1016/J.NFS.2022.05.001>

- Wanitchang, J., Terdwongworakul, A., Wanitchang, P., & Noypitak, S. (2010). Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*. *Journal of Food Engineering*, 100(3), 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.025>
- Wong, Y. M., & Siow, L. F. (2015). Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 3086–3092. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1362-2>
- Wulandari, N., Muchtadi, T. R., Muchtadi, T. R., & Irene, R. (2015). Palm Oil Microencapsulation by Coacervation, Thin Layer Drying, and Silica Dioxide Absorption Technique. *World Journal of Engineering and Technology*, 03(03), 26–30. <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33b005>
- Yong, Y. Y., Dykes, G., Lee, S. M., & Choo, W. S. (2017). Comparative Study of Betacyanin Profile and Antimicrobial Activity of Red Pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and Red Spinach (*Amaranthus dubius*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 41–47. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0586-x>
- Zin, M. M., Anucha, C. B., & Bánvölgyi, S. (2020). Recovery of phytochemicals via electromagnetic irradiation (Microwave-Assisted-Extraction): Betalain and phenolic compounds in perspective. In *Foods* (Vol. 9, Issue 7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods9070918>

