



PEMANFAATAN METODE KOPIGMENTASI DAN ENKAPSULASI UNTUK MENINGKATKAN KESTABILAN PIGMEN BUAH NAGA MERAH PADA APLIKASI PRODUK PERMEN KERAS

[The Utilization of Copigmentation and Encapsulation Methods to Improve Red Dragon Fruit Pigment Stability on Hard Candy Application]

Livia Gabriella^{1*}, Julia Ratna Wijaya¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang

*Email: julia.wijaya@uph.edu (Telp: +6281277887373)

Diterima tanggal 22 Desember 2025

Disetujui tanggal 10 Januari 2026

ABSTRACT

Copigmentation and encapsulation treatments have been widely reported to enhance the stability of natural colorants. This study aimed to evaluate the effects of extract concentration and storage conditions on the color stability of water-based red dragon fruit (RDF) pigment in hard candy application, as well as to assess the potential of copigmentation and encapsulation methods in protecting related bioactive compounds. The results indicated that varying concentrations of copigmented and encapsulated RDF extract did not significantly affect total anthocyanins, total betacyanins, or antioxidant activity. However, differences in color intensity became noticeable at concentrations of 3% and 3.5%. After 21 days of storage, hard candy containing these concentrations exhibited the highest total anthocyanin and betacyanin contents. Samples stored under refrigerated and dark conditions retained higher anthocyanin levels. Copigmentation and encapsulation treatments effectively improved the thermal stability of RDF extract during the high-temperature hard candy production process, as reflected by enhanced color intensity prior to storage. Furthermore, both treatments maintained pigment stability during storage, as indicated by relatively stable levels of total anthocyanins, total betacyanins, antioxidant activity, and color parameters.

Keywords: *copigmentation, encapsulation, hard candy, red dragon fruit.*

ABSTRAK

Perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi diketahui efektif dalam meningkatkan kestabilan pewarna alami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi dan kondisi penyimpanan terhadap kestabilan warna pigmen alami dari ekstrak buah naga merah berbasis air pada aplikasi permen keras, serta mengevaluasi potensi metode kopigmentasi dan enkapsulasi dalam melindungi senyawa bioaktif terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak buah naga merah terkopigmentasi dan terenkapsulasi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap total antosianin, total betasianin, dan aktivitas antioksidan. Namun, perbedaan intensitas warna mulai terlihat pada konsentrasi 3% dan 3,5%. Setelah 21 hari penyimpanan, permen dengan konsentrasi tersebut menunjukkan nilai total antosianin dan betasianin tertinggi. Permen keras yang disimpan dalam kondisi ruang gelap dan suhu rendah masing-masing mempertahankan kandungan antosianin yang lebih tinggi. Perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi terbukti mampu meningkatkan stabilitas ekstrak buah naga merah terhadap suhu tinggi selama proses pembuatan permen keras, yang ditunjukkan oleh intensitas warna yang lebih baik sebelum penyimpanan. Selain itu, kedua perlakuan tersebut mampu mempertahankan kestabilan pigmen selama penyimpanan, sebagaimana ditunjukkan oleh kestabilan total antosianin, total betasianin, aktivitas antioksidan, dan karakteristik warna.

Kata kunci: buah naga merah, enkapsulasi, kopigmentasi, permen keras



PENDAHULUAN

Warna adalah salah satu atribut sensori yang berperan penting dalam menarik minat konsumen serta memberikan kesan terhadap suatu produk pangan karena secara langsung dapat mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen (Tarwendah, 2017). Warna pada produk pangan dapat diperoleh secara alami ataupun sintetis. Senyawa yang sering dimanfaatkan sebagai pewarna alami antara lain adalah pigmen antosianin, betalain, klorofil, karotenoid, tanin, dan kuinon (Febrianti *et al.*, 2021; Ifadah *et al.*, 2021). Penggunaan pewarna sintetis yang berlebih dan dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan, seperti merusak fungsi hati, ginjal, atau bahkan dapat merangsang kanker (Handayani dan Larasati, 2018). Namun masih masyarakat yang memilih menggunakan pewarna sintetis karena bersifat lebih stabil dan pekat sehingga lebih ekonomis serta memiliki banyak pilihan warna (Febrianti *et al.*, 2021).

Pewarna alami seperti antosianin dan betasianin yang merupakan pigmen larut air dapat dijadikan sebagai alternatif untuk menggantikan pewarna sintetis karena berkontribusi dalam memberikan warna merah dan ungu yang banyak digunakan dalam produk pangan (Ananda dan Azhar, 2022; Ifadah *et al.*, 2021; Ngete dan Mutiara, 2020). Buah naga merupakan salah satu sumber antosianin dan betasianin. Walau sering digunakan sebagai pewarna alami, keduanya bersifat tidak stabil terhadap pH, suhu, cahaya, oksigen, dan ion logam.

Kopigmentasi adalah reaksi terbentuknya ikatan non-kovalen antara pigmen warna seperti antosianin dengan kopigmen yang mampu melindungi pigmen antosianin terhadap serangan nukleofilik dari air. Biasanya bahan yang digunakan dalam kopigmentasi adalah makromolekul seperti, whey protein (Gençdağ *et al.*, 2022). Enkapsulasi adalah proses pelapisan suatu partikel dengan agen pelapis berupa biopolimer untuk memberikan perlindungan atau proteksi (Jiang dan Zhang, 2023). Dalam industri pangan metode enkapsulasi yang sering diterapkan ialah *spray drying* dan *freeze drying*. Namun menurut Gençdağ *et al.* (2022), metode *freeze drying* memberikan hasil yang lebih optimal dikarenakan metode ini dilakukan pada suhu yang lebih rendah.

Perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi dalam meningkatkan stabilitas pigmen antosianin ini telah dibuktikan dalam penelitian sebelumnya. Dalam penelitiannya Chandean (2023) menemukan bahwa perlakuan enkapsulasi menggunakan gum arab dan maltodekstrin dengan perbandingan 1:1 efektif dalam meningkatkan stabilitas warna dan aktivitas antioksidan dari antosianin bunga telang. Selain pada bunga telang, penelitian yang dilakukan oleh Xue *et al.* (2019) juga membuktikan bahwa enkapsulasi dengan maltodekstrin dan gum arab mampu meningkatkan stabilitas dari pigmen antosianin *red-fleshed apple*. Namun hingga belum ada studi yang dilakukan untuk mempelajari potensi aplikasi pigmen antosianin yang telah diberi perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi pada produk *confectionery*.



Permen keras adalah salah satu produk dalam kategori *confectionery* yang memiliki tekstur yang keras dan terbuat dari bahan dasar berupa sukrosa, sirup glukosa, serta air. Proses pembuatan permen keras menggunakan suhu tinggi, yaitu 140-150°C (Rifqi *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, permen keras merupakan produk yang tepat untuk mempelajari potensi dan membuktikan efektivitas kopigmentasi dan enkapsulasi dalam meningkatkan kestabilan pigmen antosianin dan betasianin.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah buah naga merah yang diperoleh dari "Rumah Buah" di daerah Karawaci, Tangerang, *whey protein isolate* ("Glanbia"), maltodekstrin ("Lihua Starch China"), gum arab ("Tic Gums"), gula pasir ("Gulaku"), sirup glukosa (°Brix 84,2), asam sitrat, air mineral (Amidis), akuades, KCl (Merck) HCl ("SMART-LAB"), NaOH (Merck) sodium phosphate dibasic dihydrate (Merck) TPTZ (Merck) asetat glasial (Merck) natrium asetat (Merck) FeCl₃ (Merck) dan asam askorbat (Merck).

Tahapan Penelitian

Proses Ekstraksi Buah Naga Merah (Widyasanti *et al.*, 2021)

Proses ekstraksi buah naga merah menggunakan metode maserasi dengan pelarut air. Hasil ekstrak selanjutnya akan disebut sebagai *water-based extract* (WDE). Buah naga merah dicuci bersih, diperkecil ukurannya, lalu dihancurkan dengan menggunakan blender. Selanjutnya dilakukan maserasi terhadap sari buah naga dengan pelarut air dengan perbandingan sari buah naga dan pelarut 1:2 (b/v). Proses maserasi berlangsung selama 24 jam, dengan 2 jam pertama dalam *shaking waterbath* (120 rpm; 27°C) dan 22 jam selanjutnya dalam kondisi gelap pada suhu 4°C. Proses ekstraksi dilanjutkan dengan penyaringan dan filtrat yang diperoleh dievaporasi dengan menggunakan *rotary evaporator* (60 rpm; 60°C).

Kopigmentasi dan Enkapsulasi Ekstrak (Chandean, 2023)

Proses kopigmentasi ekstrak (WDE) buah naga merah dilakukan dengan bahan *whey protein* (rasio molar 1:50), sedangkan proses enkapsulasi dilakukan dengan menggunakan campuran gum arab dan maltodekstrin (1:1). Sebanyak 0,5 g WDE dilarutkan dengan 10 mL larutan buffer sitrat pH 3,5. Selanjutnya *whey protein isolate* (WPI) ditambahkan dengan rasio molar 50:1 dan dihomogenisasikan dengan menggunakan *magnetic stirrer* (10 menit; kecepatan 6). Jumlah WPI yang ditambahkan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Jumlah kopigmen (mg)} = C \times \text{BM} \times (V/1000) \times R$$

Keterangan:

C = Konsentrasi antosianin awal (mmol/L)

BM = Berat molekul whey protein (360,31 mg/mmol)

V = Volume sampel (mL)



R = Rasio molar (50:1)

Campuran kopigmen selanjutnya diinkubasi (1 jam, suhu ruang, gelap). Proses enkapsulasi dilakukan dengan campuran enkapsulat berupa gum arab dan maltodekstrin (1:1) yang telah dilarutkan dalam air (10%). Campuran dihomogenisasi dengan *magnetic stirrer* (10 menit; kecepatan 10), dibekukan selama 24 jam untuk selanjutnya dikeringkan dengan metode *freeze drying* (-20°C; 0,7 mbar; 72 jam). Analisa total antosianin, total betasianin, dan aktivitas antioksidan dilakukan terhadap bubuk ekstrak buah naga berbasis air terkopigmentasi dan terenapsulasi (yang selanjutnya disebut sebagai CE WDE/ *copigmented and encapsulated water-based dragon fruit extract*) yang dihasilkan.

Aplikasi Pada Permen Keras (Alexandro *et al.*, 2020)

Ekstrak yang telah terkopigmentasi dan terenapsulasi (CE WDE) diaplikasikan pada permen keras dengan konsentrasi dan kondisi penyimpanan yang berbeda. Formulasi dan metode pembuatan permen dilakukan melalui penelitian pendahuluan dengan berdasarkan pada studi Alexandro *et al.* (2020) dengan modifikasi.

Tabel 1 Formulasi permen keras

Bahan	%
Bahan baku	
Sukrosa	50
Sirup glukosa (°Brix = 84,2)	50
Bahan tambahan (%bahan baku)	
Air ¹⁾	20
Asam sitrat	0,55
WDE ²⁾	Sesuai perlakuan

Sumber: (Alexandro *et al.*, 2020) dengan modifikasi

Keterangan:

1) air yang digunakan untuk memasak bahan baku utama.

2) WDE dilarutkan dalam air (1:1) dan air yang digunakan untuk melarutkan WDE diluar dari total air yang tertulis dalam formulasi.

3) untuk CE WDE, konsentrasi yang digunakan dihitung supaya kandungan ekstraknya setara dengan WDE. Konsentrasi CE WDE yang digunakan adalah 1,5%; 2%; 2,5%; 3%; 3,5%.

Proses pembuatan permen keras dilakukan dengan berdasar metode Alexandro *et al.* (2020) yang diawali dengan proses pemasakan campuran sukrosa, sirup glukosa dan air hingga mencapai suhu 138°C sehingga diperoleh *massa* permen. Asam sitrat sebanyak 0,55% (b/b) ditambahkan ke dalam *massa* permen, diikuti dengan penambahan larutan ekstrak (1:1 dalam air) sesuai perlakuan dan diaduk hingga rata. *Massa* permen yang dihasilkan selanjutnya dicetak dan dibiarkan pada suhu ruang hingga mengeras. Sampel permen keras dengan penambahan CE WDE ini disimpan selama 21 hari. Analisa total antosianin, betasianin, aktivitas



antioksidan dan intensitas warna dilakukan terhadap permen yang dihasilkan (Alexandro *et al.*, 2020, Andiri *et al.*, 2018, dan Suhartawan, 2023). Analisa untuk semua parameter dilakukan saat awal (sebelum penyimpanan) dan akhir penyimpanan (21 hari), kecuali kestabilan warna yang dilakukan setiap 3 hari.

Prosedur Analisis

Analisis yang dilakukan adalah warna (Hunter Lab), total antosianin (Teng *et al.*, 2020), total betasianin (Halimfanezi *et al.*, 2020), aktivitas antioksidan (Lestari *et al.*, 2019) dan rendemen (Widyasanti *et al.*, 2021).

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor dengan 2 replikasi. Faktor yang diuji adalah konsentrasi penambahan CE WDE dengan 5 taraf (1,5%; 2%; 2,5%; 3%; 3,5%) dan kondisi penyimpanan 3 taraf (ruang gelap, sinar matahari, dan kulkas) sehingga diperoleh 30 unit percobaan. Formulasi dalam rancangan ini ditetapkan berdasarkan penelitian pendahuluan.

Pada bagian akhir penelitian ini perubahan warna selama penyimpanan pada permen dengan penambahan CE WDE yang paling stabil dibandingkan dengan permen yang menggunakan ekstrak kontrol yaitu ekstrak sebelum diberikan perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi (WDE) pada konsentrasi dan kondisi penyimpanan yang sama. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi terhadap kestabilan warna dalam aplikasi permen keras.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SPSS *univariate* dan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) kecuali untuk analisa data kestabilan yang membandingkan data awal dan akhir penyimpanan serta data pada bagian akhir yang membandingkan penggunaan ekstrak sebelum dan setelah perlakuan, analisa data dilakukan dengan menggunakan uji t-test.

HASIL DAN PEMBAHASAN

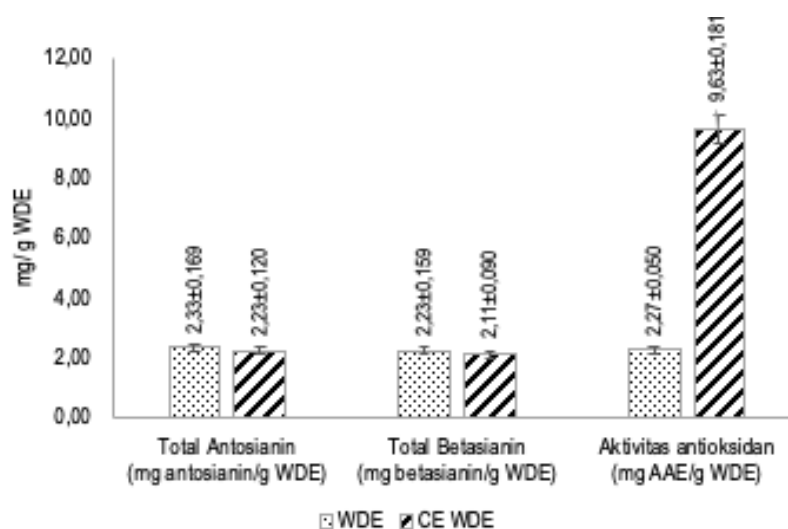
Analisis Komponen Warna dan Sifat Fungsional Ekstrak Buah Naga

Hasil analisis menunjukkan bahwa ekstrak buah naga merah berbasis air (*water-based extract/* WDE) memiliki kandungan total antosianin sebesar $2,33 \pm 0,169$ mg/g WDE, total betasianin sebesar $2,23 \pm 0,159$ mg/g WDE dan aktivitas antioksidan sebesar $2,27 \pm 0,050$ mg AAE/g WDE. Beberapa studi telah dilakukan untuk mempelajari kandungan antosianin, betasianin dan aktivitas antioksidan buah naga. Khoo *et al.* (2022) melaporkan bahwa buah naga yang diekstraksi menggunakan metanol mengandung total antosianin sebesar



15,16±0,02 mg/g pada daging buah dan 19,21±0,01 mg/g pada kulit buah, total betasianin sebesar 30,15±0,03 mg/g pada daging buahnya dan 35,12±0,01 mg/g pada kulit buahnya, serta aktivitas antioksidan sebesar 18,94±2,51 mg AAE/100 g.

Kandungan komponen-komponen aktif dalam ekstrak yang diperoleh dalam penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan kandungan dalam buah naga yang dilaporkan dalam beberapa studi sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi berbasis air yang dilakukan memiliki potensi menurunkan kandungan komponen aktif dalam buah naga merah. Namun dalam analisa selanjutnya terlihat bahwa proses kopigmentasi dan enkapsulasi yang dilakukan terhadap WDE tidak mempengaruhi total antosianin dan betasianin ekstrak, dan cenderung meningkatkan aktivitas antioksidannya. Hasil analisis perbandingan ekstrak terkopigmentasi dan terenkapsulasi (CE WDE) dengan ekstrak pekat sebelum perlakuan kpigmentasi dan enkapsulasi (WDE) dapat dilihat pada Gambar 1. Semua hasil tersebut diekspresikan dalam satuan yang sama yaitu per gram WDE agar perbandingan yang dilakukan setara.



Gambar 1. Hasil analisis antosianin, betasianin dan aktivitas antioksidan WDE dan CE WDE

Antosianin dan betasianin diketahui rentan terhadap suhu tinggi dan sinar. Kondisi gelap dan tertutup selama proses kopigmentasi dan enkapsulasi dilakukan serta penggunaan suhu rendah dan keadaan vakum selama proses pengeringan beku meminimalisir kerusakan yang dapat terjadi pada antosianin dan betasianin selama proses tersebut. Gençdağ *et al.* (2022) menyatakan bahwa penggunaan suhu rendah pada metode pengering beku dalam proses enkapsulasi dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi pada antosianin yang bersifat sensitif terhadap panas.



Aktivitas antioksidan yang lebih rendah pada WDE (sebelum terkopigmentasi dan terenkapsulasi) dibandingkan CE WDE (ekstrak yang telah terkopigmentasi dan terenkapsulasi) memberikan indikasi bahwa kopigmentasi dan enkapsulasi yang diterapkan dapat memberikan sedikit proteksi terhadap kemungkinan terjadinya degradasi pada ekstrak selama masa penyimpanan (sebelum diaplikasikan pada permen keras). WDE yang belum terlindungi oleh kopigmen dan enkapsulat mengalami degradasi lebih besar daripada CE WDE yang telah terlindungi. Penambahan whey protein isolate sebagai bahan kopigmen juga dapat menyebabkan terbentuknya ikatan dengan antosianin yang dapat mempertahankan stabilitas aktivitas antioksidan. Penelitian yang dilakukan oleh Meng *et al.* (2021), menunjukkan bahwa interaksi antara *cyanidin-3-glucoside* dengan whey protein menunjukkan adanya peningkatan dalam mereduksi Fe^{3+} yang mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas antioksidan.

Kestabilan Pigmen Ekstrak Buah Naga Merah pada Aplikasi Permen Keras

Dalam tahap ini, pengaruh konsentrasi ekstrak dan kondisi penyimpanan terhadap kestabilan pigmen pada permen keras dievaluasi dengan melakukan analisis pada awal dan akhir penyimpanan. Konsentrasi yang ditambahkan pada permen berada pada kisaran konsentrasi yang memberikan warna yang wajar pada permen. Analisa yang dilakukan meliputi total antosianin, total betasianin, aktivitas antioksidan dan warna (*Hue*).

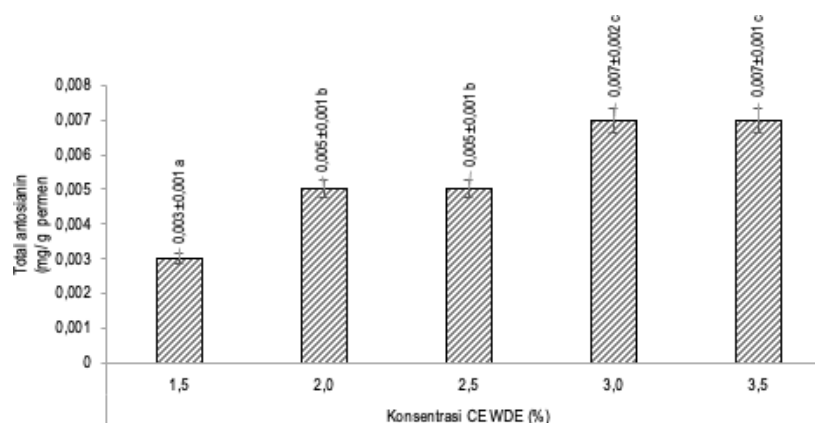
Total Antosianin

Analisa terhadap total antosianin permen keras awal menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CE WDE sebesar 0,5% walaupun menghasilkan penampakan warna yang berbeda, namun tidak memberikan perbedaan yang nyata pada total antosianin awal permen keras. Hal serupa juga ditunjukkan setelah penyimpanan 21 hari. Hasil analisis statistik total antosianin pada permen keras yang telah disimpan selama 21 hari menunjukkan bahwa konsentrasi CE WDE dan kondisi penyimpanan yang berbeda memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap total antosianin pada permen keras di akhir penyimpanan, namun tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CE WDE pada permen keras dari 1,5% ke 2% menghasilkan perbedaan total antosianin yang signifikan, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi, hanya selisih konsentrasi sebesar 1% (dari 2% ke 3 %) yang dapat memberikan perbedaan yang signifikan. Antosianin adalah pigmen warna yang kestabilannya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, salah satunya adalah cahaya dan suhu. Kedua faktor yang mempengaruhi stabilitas dari antosianin ini digambarkan dengan kondisi penyimpanan yang dilakukan selama penelitian.

Gambar 3 menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan yang berbeda memiliki pengaruh signifikan terhadap total antosianin permen keras. Permen keras yang disimpan dengan kondisi penyimpanan yang terpapar sinar matahari memiliki total antosianin yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan yang disimpan dalam

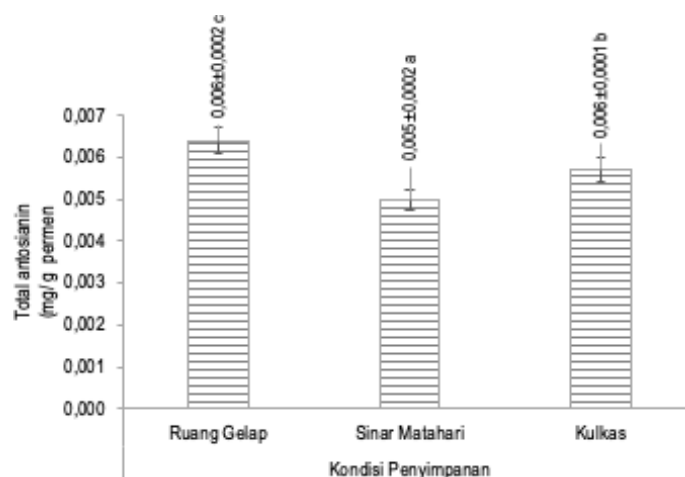


ruang gelap dan kulkas. Amperawati *et al.*, (2019) melaporkan bahwa kontak dengan cahaya serta suhu tinggi akibat paparan sinar matahari dapat mempercepat terjadinya pembentukan antosianidin yang mana merupakan struktur antosianin yang bersifat mudah terdegradasi. Penyimpanan permen keras pada kondisi gelap menghasilkan permen dengan total antosianin di akhir penyimpanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang disimpan dalam kulkas. Hal ini memberikan indikasi bahwa penyimpanan pada ruang gelap dapat lebih mempertahankan total antosianin pada permen keras dibandingkan dengan penyimpanan pada kulkas.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 2 Total antosianin permen keras pada akhir penyimpanan dengan konsentrasi penambahan CE WDE yang berbeda



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 3. Total antosianin permen keras pada akhir penyimpanan dengan kondisi penyimpanan berbeda

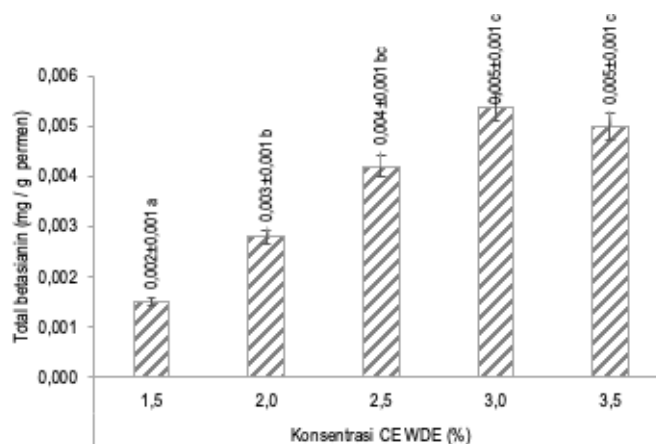
Untuk mengetahui kestabilan total antosianin, analisa total antosianin awal dan akhir penyimpanan pada tiap konsentrasi dibandingkan dengan menggunakan uji t-test. Hasil uji t-test menunjukkan bahwa tidak terdapat



perbedaan yang signifikan antara total antosianin permen di awal dan akhir penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi CE WDE yang berbeda tidak berpengaruh pada kestabilan total antosianin permen keras selama masa penyimpanan. Analisis kestabilan total antosianin pada masing-masing kondisi penyimpanan juga dilakukan dengan menggunakan metode uji t-test dan hasilnya juga menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara total antosianin di awal dan akhir penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa pada semua kondisi penyimpanan, total antosianin permen keras bersifat stabil selama masa penyimpanan.

Total Betasianin

Sama seperti pada total antosianin, analisa total betasianin pada permen keras saat awal juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CE WDE sebesar 0,5% tidak memberikan perbedaan yang nyata pada total betasianin awal permen keras. Hasil analisis statistik total betasianin permen keras yang telah disimpan selama 21 hari pada kondisi yang berbeda menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak CE WDE yang ditambahkan memiliki pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap stabilitas total betasianin, namun kondisi penyimpanan tidak berpengaruh signifikan terhadap stabilitas total betasianin permen keras serta tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CE WDE pada permen keras dari 1,5% ke 2% menghasilkan total betasianin yang berbeda secara signifikan, namun peningkatan konsentrasi lebih lanjut menunjukkan bahwa hanya selisih konsentrasi sebesar 1% (dari 2% ke 3 %) yang dapat memberikan perbedaan yang signifikan.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 4. Total betasianin permen keras di akhir penyimpanan dengan konsentrasi penambahan CE WDE yang berbeda

Untuk mengetahui kestabilan total betasianin, analisa kestabilan total betasianin awal dan akhir penyimpanan pada tiap konsentrasi dan juga kondisi penyimpanan dibandingkan dengan menggunakan uji statistik t-test. Hasil uji t-test menunjukkan bahwa pada semua konsentrasi dan semua kondisi penyimpanan tidak



terdapat perbedaan yang signifikan antara total betasianin awal dan akhir. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi penambahan CE WDE dan kondisi penyimpanan yang berbeda tidak mempengaruhi kestabilan total betasianin selama masa penyimpanan 21 hari. Total betasianin pada permen keras bersifat stabil selama masa penyimpanan 21 hari.

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan dilakukan dalam penelitian ini sebagai analisis pendukung untuk melihat potensi adanya nilai tambah apabila pigmen alami digunakan dalam permen keras. Sama seperti total antosianin dan betasianin, aktivitas antioksidan permen keras pada saat awal menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CE WDE sebesar 0,5% tidak memberikan perbedaan yang nyata pada aktivitas antioksidan awal permen keras. Hasil uji statistik terhadap aktivitas antioksidan pada permen keras pada akhir penyimpanan menunjukkan bahwa konsentrasi pigmen dan kondisi penyimpanan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan permen keras. Selain itu juga tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut terhadap aktivitas antioksidan permen keras.

Untuk mengetahui kestabilan aktivitas antioksidan, analisa aktivitas antioksidan awal dan akhir penyimpanan pada tiap konsentrasi dibandingkan dengan menggunakan uji t-test. Hasil uji t-test menunjukkan bahwa pada setiap konsentrasi, tidak terdapat perubahan signifikan antara aktivitas antioksidan awal dan akhir. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi penambahan CE WDE yang berbeda tidak mempengaruhi kestabilan aktivitas antioksidan selama masa penyimpanan.

Analisis kestabilan aktivitas antioksidan permen keras pada kondisi penyimpanan yang berbeda juga dilakukan dengan menggunakan uji t-test. Sama seperti konsentrasi ekstrak, hasil uji t-test menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan yang berbeda tidak secara signifikan memengaruhi aktivitas antioksidan selama penyimpanan. Pada semua kondisi penyimpanan, aktivitas antioksidan permen keras bersifat stabil selama masa penyimpanan 21 hari.

Kestabilan Warna

Analisis stabilitas warna permen keras dengan penambahan CE WDE dilakukan selama 21 hari dengan pengukuran nilai L^* , a^* , b^* setiap tiga hari sekali. Data kestabilan warna permen keras disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa peningkatan penambahan CE WDE sebesar 0,5% tidak memberikan perubahan warna. Perubahan warna dari permen keras awal hanya terjadi pada penambahan CE WDE 3%, dimana perubahan terjadi dari warna *red* menjadi *red purple*. Babaloo dan Jamei (2017) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi penambahan pigmen maka semakin tinggi pula intensitas warnanya. Wijesekara dan Xu (2024)



juga menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi antosianin memungkinkan terjadinya interaksi *self-association* antar senyawa antosianin yang berpengaruh terhadap nilai *hue*.

Tabel 2. Nilai *hue* dan deskripsi warna permen keras pada awal dan akhir penyimpanan

Konsentrasi CE WDE (%)	Kondisi Penyimpanan	$^{\circ}$ Hue Angle Awal	Deskripsi Warna Awal	$^{\circ}$ Hue Angle Akhir	Deskripsi Warna Akhir
1,5	RG	34,17	Red	32,90	Red
	SM	36,11	Red	30,16	Red
	K	37,61	Red	37,53	Red
2	RG	21,77	Red	20,87	Red
	SM	19,56	Red	15,84	Red Purple
	K	20,89	Red	20,16	Red
2,5	RG	22,25	Red	21,52	Red
	SM	21,32	Red	18,27	Red
	K	19,87	Red	19,41	Red
3	RG	11,92	Red Purple	11,15	Red Purple
	SM	11,75	Red Purple	10,12	Red Purple
	K	12,10	Red Purple	11,38	Red Purple
3,5	RG	9,49	Red Purple	9,27	Red Purple
	SM	12,70	Red Purple	9,12	Red Purple
	K	13,80	Red Purple	10,88	Red Purple

Apabila dilihat berdasarkan deskripsi warna awal dan akhir pada Table 2, maka diketahui bahwa hanya permen keras dengan CE WDE 2% dan disimpan pada kondisi yang terpapar sinar matahari yang mengalami perubahan warna yaitu dari *red* menjadi *red purple*. Peningkatan konsentrasi CE WDE yang semakin tinggi berdampak dalam meningkatkan stabilitas warna pada hard candy (Babaloo dan Jamei, 2018). Data pada table 2 juga menunjukkan bahwa walaupun warna yang tampak dalam deskripsi tidak berubah, namun nilai *hue* dari permen keras cenderung mengalami penurunan pada akhir penyimpanan, terutama pada permen yang terpapar sinar matahari. Kontak antara pigmen warna dengan sinar UV dan suhu tinggi dapat mempercepat laju kerusakan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna, sedangkan penyimpanan pada suhu rendah dapat meningkatkan stabilitas dari pigmen warna (Xue *et al.*, 2024).

Potensi Kopigmentasi dan Enkapsulasi Ekstrak Buah Naga Merah Untuk Mempertahankan Warna Pada Permen Keras

Untuk mengetahui bahwa perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi berkontribusi terhadap peningkatan kestabilan warna permen keras, maka pada tahap akhir dari penelitian ini, konsentrasi CE WDE dan kondisi penyimpanan yang menghasilkan warna pada permen keras yang tetap stabil hingga akhir masa penyimpanan



(21 hari) dibandingkan dengan permen keras yang menggunakan ekstrak awal (kontrol/WDE) sebelum terkopigmentasi dan terenkapsulasi dengan konsentrasi dan kondisi penyimpanan yang sama. Pemilihan konsentrasi CE WDE dan kondisi penyimpanan terbaik dilakukan berdasarkan kestabilan antosianin dan betasianin permen keras yang dinilai dari perubahan yang terjadi selama masa penyimpanan.

Hasil perhitungan perubahan total antosianin dan betasianin permen keras setelah penyimpanan 21 hari menunjukkan bahwa konsentrasi CE WDE dari 0,5 hingga 3% tidak menghasilkan perubahan yang berbeda secara signifikan. Untuk kondisi penyimpanan, hanya terlihat bahwa penyimpanan di ruang gelap (pada semua konsentrasi penambahan CE WDE) menunjukkan perubahan yang lebih rendah dibandingkan kondisi penyimpanan yang lain. Oleh sebab itu untuk melihat potensi dari kopigmentasi dan enkapsulasi, uji t-test dilakukan untuk membandingkan permen yang menggunakan CE WDE 3% yang disimpan pada ruang gelap dengan permen yang menggunakan WDE pada konsentrasi dan kondisi penyimpanan yang sama.

Hasil uji t-test untuk perubahan antosianin dan betasianin pada permen keras yang menggunakan ekstrak kontrol tanpa perlakuan (WDE) dan ekstrak dengan perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi (CE WDE) pada konsentrasi antosianin dan betasianin yang setara serta disimpan dalam kondisi penyimpanan yang sama dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

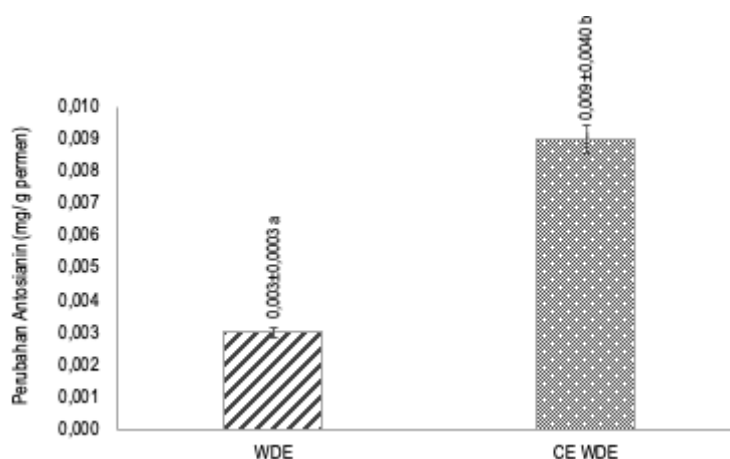
Hasil uji t-test menunjukkan bahwa perubahan total antosianin dan betasianin pada permen keras yang menggunakan ekstrak kontrol (WDE) berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dengan yang menggunakan ekstrak terkopigmentasi dan terenkapsulasi (CE WDE), Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa perubahan antosianin dan betasianin yang terjadi pada permen keras dengan CE WDE selama masa penyimpanan lebih besar dibandingkan dengan permen keras yang menggunakan WDE. Hasil tersebut memberikan kesan bahwa perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi belum berpotensi dalam mempertahankan kestabilan antosianin dan betasianin pada aplikasi ekstrak buah naga merah dalam permen keras.

Hasil yang berbeda dilaporkan pada studi sebelumnya. Xue *et al.* (2018) melaporkan bahwa perlakuan kopigmentasi dengan *caffeic acid* dan enkapsulasi dengan maltodekstrin dan gum arab terbukti dapat meningkatkan stabilitas antosianin dari *red-fleshed apple*. Wijesekara dan Xu (2024) menyatakan kestabilan betasianin terhadap perlakuan termal dapat ditingkatkan dengan perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi.

Potensi perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi selanjutnya dinilai dari warna yang dihasilkan. Dari warna yang dihasilkan terlihat bahwa perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi memiliki potensi untuk mempertahankan kestabilan warna dari permen keras selama masa penyimpanan. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa permen keras yang menggunakan CE WDE memiliki warna *red purple* sedangkan permen keras yang menggunakan WDE memiliki warna *yellow red*. Perbedaan warna yang terjadi menunjukkan bahwa telah terjadi kerusakan pada

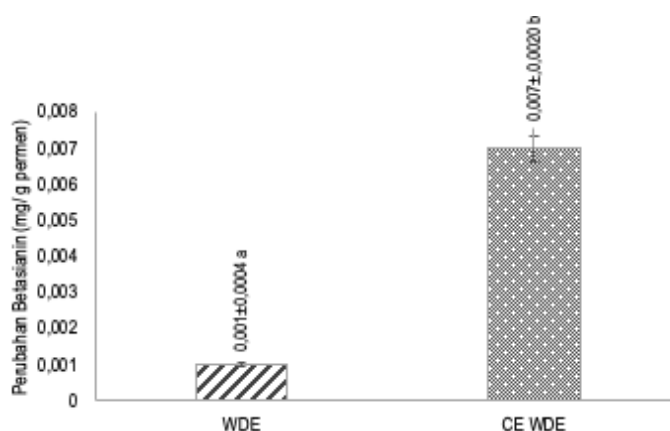


pigmen warna, termasuk diantaranya antosianin dan betasianin, pada WDE (ekstrak kontrol tanpa perlakuan) sejak dari aplikasi pada permen di awal. Pigmen antosianin mengalami kerusakan ditandai dengan perubahan warna menjadi kuning hingga tidak berwarna dan perubahan struktur dari kation flavium menjadi kalkon (Ifadah *et al.*, 2021). Sama halnya dengan pigmen betasianin yang juga akan mengalami perubahan warna menjadi coklat apabila mengalami kerusakan (Halimfanezi *et al.*, 2020). Penggunaan suhu tinggi dalam proses pembuatan permen keras menjadi penyebab terjadinya kerusakan pigmen antosianin dan betasianin pada WDE yang pada akhirnya menyebabkan terbentuknya warna *yellow-red* bahkan pada awal masa penyimpanan. Hal ini menandakan bahwa perlakuan kopigmentasi dan enkapsulasi terbukti dapat melindungi antosianin dan betasianin dari kerusakan akibat suhu tinggi.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 5. Perbandingan perubahan antosianin pada permen keras menggunakan WDE dan CE WDE pada konsentrasi antosianin dan kondisi penyimpanan yang sama setelah 21 hari penyimpanan



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 6. Perbandingan perubahan betasianin pada permen keras setelah penyimpanan selama 21 hari dalam kondisi ruang gelap (RG).



Tabel 3. Warna permen keras dengan ekstrak kontrol (WDE) dan ekstrak terkopigmentasi dan terenapsulasi pada awal dan akhir penyimpanan selama 21 hari.

Konsentrasi Ekstrak (%)	Kondisi Penyimpanan	WDE		CE WDE	
		Warna Awal	Warna Akhir	Warna Awal	Warna Akhir
3	RG	<i>Yellow Red</i>	<i>Yellow Red</i>	<i>Red purple</i>	<i>Red purple</i>

Dari data dalam table 3 tersebut dapat dilihat bahwa tidak terjadi perubahan warna pada permen keras selama masa penyimpanan, baik pada permen yang menggunakan WDE maupun CE WDE. Tidak terdapatnya perubahan warna pada permen keras yang menggunakan WDE (*yellow red*) diduga diakibatkan oleh struktur kesetimbangan antosianin yang telah berubah menjadi kalkon, yang ditandai dengan terbentuknya warna *yellow red*. Struktur kalkon bersifat irreversible sehingga tidak lagi menyebabkan terjadinya perubahan warna (Gençdağ *et al.*, 2022). Hal ini berbeda dengan warna *red purple* pada permen keras yang menggunakan CE WDE yang juga tidak mengalami perubahan. Warna *red purple* yang tidak berubah selama penyimpanan menunjukkan bahwa warna permen keras CE WDE bersifat stabil selama masa penyimpanan. Terbentuknya warna merah menunjukkan antosianin memiliki struktur kesetimbangan berupa kation flavylum, yang mana bersifat mudah rusak (Gençdağ *et al.*, 2022). Fenomena ini menunjukkan bahwa kopigmentasi dan enkapsulasi berpotensi dalam mempertahankan kestabilan warna dari permen keras. Kondisi ini juga dapat menjadi salah satu kemungkinan dari fenomena di atas bahwa perubahan antosianin dan betasianin CE WDE yang lebih besar daripada WDE selama penyimpanan. Kemungkinan terjadinya kerusakan struktur antosianin yang bersifat *irreversible* pada ekstrak kontrol (WDE) menyebabkan tidak lagi terjadi perubahan warna selama penyimpanan, sehingga permen yang menggunakan WDE mengalami perubahan yang lebih kecil dari permen yang menggunakan CE WDE.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses kopigmentasi dan enkapsulasi tidak mempengaruhi kadar antosianin, betasianin dan aktivitas antioksidan ekstrak buah naga merah. Konsentrasi penggunaan ekstrak buah naga merah terkopigmentasi dan terenapsulasi pada permen keras mempengaruhi kestabilan komponen warna yaitu antosianin dan betasianin selama dalam penyimpanan. Semakin tinggi konsentrasi yang ditambahkan, semakin besar total antosianin dan betasianin yang dipertahankan hingga akhir penyimpanan selama 21 hari. Dalam penelitian ini, total antosianin dan betasianin permen keras tertinggi pada akhir penyimpanan ditemukan pada permen dengan konsentrasi penambahan sebesar 3% dan 3,5%. Kondisi penyimpanan berpengaruh terhadap total antosianin dari permen keras. Kondisi penyimpanan terbaik adalah



ruang gelap. Warna permen keras yang menggunakan penambahan ekstrak yang terkopigmentasi dan terenapsulasi bersifat stabil selama penyimpanan 21 hari.

Berdasarkan nilai perubahan total antosianin dan betasianinnya, konsentrasi dan kondisi penyimpanan yang dapat mempertahankan antosianin dan betasianin terbaik pada aplikasi ekstrak terkopigmentasi dan terenapsulasi dalam permen keras ditemukan pada permen dengan konsentrasi penggunaan ekstrak 1,5 - 3% yang di simpan pada ruang gelap. Perlakuan kopigmentasi dan enapsulasi belum secara langsung dapat mempertahankan kestabilan total antosianin dan betasianin dalam ekstrak buah naga berbasis air dalam aplikasi produk permen keras, namun berpotensi untuk mempertahankan kestabilan warna permen keras selama masa penyimpanan 21 hari.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini didukung oleh dana penelitian dari LPPM-Universitas Pelita Harapan (051/LPPM-UPH/VII/2024)

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandro, A., Sidabalok, I., dan Hermalena, L. 2020. Karakteristik Mutu *Hard candy* dan Aktivitas Antioksidan Dengan Penambahan Ekstrak Buah Srikaya (*Annona squamosa* L.). Jurnal Pionir LPPM Universitas Asahan, 7(3): 39-47.
- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., dan Santoso, U. 2019. Efektifitas Frekuensi Ekstraksi Serta Pengaruh Suhu dan Cahaya Terhadap Antosianin dan Daya Antioksidan Ekstrak Kelopak Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 8(1). <https://doi.org/10.17728/jatp.3527>
- Ananda, R., dan Azhar, M. 2022. Ekstraksi dan Karakterisasi Betasianin dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus* sp.). Periodic, 11(1). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Andiri, D., Mardiah, dan Kawaroe, M. 2018. Formulasi *Hard candy* Menggunakan Pewarna Alami Fikosianin *Spirulina plantesis*. Jurnal Argoindustri, 3(2):117-125.
- Babaloo, F., dan Jamei, R. 2018. Anthocyanin Pigment Stability of Cornus mas-Macrocarpa Under Treatment with pH and Some Organic Acids. Food Science and Nutrition, 6(1): 168-173. <https://doi.org/10.1002/fsn3.542>
- Chandean, C. 2023. Pengaruh Perbandingan Penyalut Maltodekstrin Dengan Gum Arabik Beserta Perlakuan Suhu dan pH terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Stabilitas Mikrokapsul Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). Bachelor thesis, Universitas Pelita Harapan.
- Deng, M., Deng, Y., Dong, L., Ma, Y., Liu, L., Huang, F., Wei, Z., Zhang, Y., Zhang, M., dan Zhang, R. 2018. Effect of Storage Conditions on Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Litchi pericarp. Molecules, 23(9). <https://doi.org/10.3390/molecules23092276>
- Febrianti, B. A., Saputri, D. A., dan Velina, Y. 2021. Pemanfaatan Pigmen Antosianin Dari Pewarna Alami Dalam Pembuatan Olahan Makanan Slingkong. Organisms, 1(1): 15-25.



- Gençdağ, E., Özdemir, E. E., Demirci, K., Görgüç, A., dan Yılmaz, F. M. 2022. Copigmentation And Stabilization of Anthocyanins Using Organic Molecules and Encapsulation Techniques. *Current Plant Biology*, 29(100238): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100238>
- Halimfanezi, L., Rusdi, dan Asra, R. 2020. A Review: Analysis of Betacyanin Levels in Various Natural Products. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 8(5): 25147. <https://doi.org/10.22270/ajprd.v8i5.846>
- Handayani, R., dan Larasati, H. Y. 2018. Identifikasi Pewarna Sintesis Pada Produk Olahan Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa*) Dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis. *Anterior Jurnal*, 17(2): 130-135.
- Ifadah, R. A., Wiratara, P. R. W., dan Afgani, C. A. 2021. Ulasan Ilmiah: Antosianin dan Manfaatnya untuk Kesehatan. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 3(2):11-21.
- Jiang, M., dan Zhang, Y. 2023. Biopolymer-Based Encapsulation of Anthocyanins As Reinforced Natural Colorants For Food Applications. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11(100488): 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100488>
- Khoo, H. E., He, X., Tang, Y., Li, Z., Li, C., Zeng, Y., Tang, J., dan 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(894438): 1-11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.894438>
- Lestari, E., Sumarni, N. K., dan Mappiratu, M. 2019. Kajian Aktivitas Antioksidan Mikrokapsul Ekstrak Kulit Terong Ungu (*Solanum melongena* L). *Kovalen*, 5(3): 299-307.
- Meng, Y., Hao, L., Tan, Y., Yang, Y., Liu, L., Li, C., dan Du, P. 2021. Noncovalent Interaction of Cyanidin-3-O-glucoside with Whey Protein Isolate and β -lactoglobulin: Focus on Fluorescence Quenching and Antioxidant Properties. *LWT*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110386>
- Ngete, A. F., dan Mutiara, R. I. 2020. Penggunaan Pewarna Alami Sebagai Upaya Meningkatkan Kualitas Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Tujuh Belas*, 1(2): 130-135.
- Rifqi, M., Sumantri, N. O., dan Amalia, L. 2022. Kadar Gula Reduksi, Sukrosa, serta Uji *Hedonic* pada *Hard candy* dari Penambahan Ekstrak Jagung Manis (*Zea mays saccharata*), Sukrosa, dan Madu. *Jurnal Agroindustri*, 8(1): 75-85.
- Suhartawan, C. T. 2023. Pemanfaatan Buah Naga Merah (*Selenicereus monacanthus*), Umbi Bit Merah (*Beta vulgaris* L.), dan Sayur Kol Ungu (*Brassica oleracea* L.) Sebagai Pewarna Alami dalam Permen *Gummy*. Bachelor thesis, Universitas Pelita Harapan.
- Tarwendah, I. P. 2017. Studi Komparasi Atribut Sensoris dan Kesadaran Merek Produk Pangan. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 5(2): 66-73.
- Teng, Z., Jiang, X., He, F., dan Bai, W. 2020. Qualitative and Quantitative Methods to Evaluate Anthocyanins. In *eFood* (Vol. 1, Issue 5, pp. 339-346). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.2991/efood.k.200909.001>
- Widyasanti, A., Arsyad, M. Z., dan Wulandari, E. 2021. Ekstraksi Antosianin Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnal Agroindustri*, 11(2): 72-81. <https://doi.org/10.31186/j.agroind.11.2.72-81>
- Wijesekara, T., dan Xu, B. 2024. A Critical Review on the Stability of Natural Food Pigments and Stabilization Techniques. *Food Research International*: 179. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114011>



- Wulansari, I. D., Admadi, B., dan Mulyani, S. 2020. The Effect of Temperature Storage on Antioxidant Damage Tamarind Leaves Extract (*Tamarindus indica* L.). Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Argoindustri, 8(4): 544-550.
- Xue, H., Zhao, J., Wang, Y., Shi, Z., Xie, K., Liao, X., dan Tan, J. 2024. Factors Affecting the Stability of Anthocyanins and Strategies for Improving their Stability: A Review. In Food Chemistry: X (Vol. 24). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101883>.