

ANALISIS KADAR FITOKIMIA DAN ZAT WARNA DALAM SARI BUAH ANGKUNG HIJAU DAN MERAH (*Basella alba* and *Basella rubra*)

Adnan Nur Avif^{1*}, Ester Dwi Antari¹

¹Prodi Farmasi, Politeknik Indonusa Surakarta, Surakarta, Indonesia

*Email: adnan@poltekindonusa.ac.id

ABSTRACT

The phytochemical compounds and pigments of *Basella alba* and *Basella rubra* fruits have been investigated. The extract of mature basella fruits is facile by pressing technique. The extract was analyzed for the total phenolics, flavonoids, anthocyanins, and betalains by spectrophotometer methods. Total phenolic, flavonoid and anthocyanin in *Basella rubra* extract were *Basella alba* with values of 62,23 (mg/g GA); 46,78 (mg/g QE) and 0,62 mg/g respectively. Betalain concentration in booth extract was not significantly different at 1,03 mg/g. Antioxidant activity in both fruit juices has an IC₅₀ value of 51,62 mg/mL.

Keywords: *Basella alba*, *Basella rubra*, Phenolic, Pigment, Antioxidants.

PENDAHULUAN

Pewarna makanan sering ditambahkan dalam makanan untuk memberikan efek warna yang menarik sehingga konsumen lebih tertarik untuk mengkonsumsinya. Pada umumnya pewarna pada bahan makanan dibedakan atas dua jenis pewarna yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. pewarna alami berasal dari bahan alami antara lain tanaman, hewan maupun mineral. Namun keterbatasan kuantitas dan warna yang dihasilkan menjadikan pewarna alami ini tidak bisa diaplikasikan dalam semua jenis makanan. Kehadiran pewarna sintetis sangat membantu pada produsen makanan untuk menghasilkan produk dengan warna-warna yang menarik yang tidak bisa dihasilkan oleh pewarna alami. Namun dalam beberapa kasus sering ditemui penyalahgunaan pewarna sintetis ini dalam produk makan yang akan berdampak pada kesehatan konsumen (Lestario, 2018).

Bahaya penambahan zat warna sintetis pada makanan diantaranya dapat menimbulkan kanker dan mempengaruhi sistem pencernaan pada manusia (Kobylewski & Jacobson, 2012). Menurut aturan BPOM terdapat zat warna sintetis yang dapat digunakan secara aman pada makanan. Zat warna yang aman sering kali berharga tinggi dan warna yang ditimbulkan kurang menarik sehingga di lapangan sering ditemui penggunaan zat warna tekstil yang berbahaya bila dikonsumsi manusia (BPOM, 2019). Laporan yang dikeluarkan oleh Office of Environmental Health Hazard Assessment California menyebutkan bahwa terdapat indikasi kuat hubungan

antara konsumsi zat warna terhadap efek kerugian kesehatan seperti timbulnya alergi khususnya pada anak-anak (OEHHA, 2020).

Pewarna alami yang terdapat pada tanaman dapat digunakan sebagai alternatif zat warna makanan. Pewarna alami telah digunakan sejak zaman nenek moyang namun keterbatasan warna dan hasilnya masih sangat terbatas. Alasan kepraktisan juga sering menjadi persoalan bagi masyarakat untuk menggunakan zat warna alami sebagai pewarna makanan. Selain dapat memberikan warna pada makanan, zat warna alami juga memberikan efek positif lain dalam tubuh yang dapat berperan sebagai penangkal radikal bebas dalam tubuh (Attokaran, 2017)

Salah satu bahan yang berpotensi sebagai bahan pewarna alami adalah buah angkung (*Basella alba*). Terdapat dua jenis spesies tanaman angkung yang tumbuh dan mudah dijumpai di beberapa daerah di Indonesia dan banyak ditanam sebagai tanaman hias, angkung berbatang merah dengan nama ilmiah (*Basella rubra*) dan berbatang hijau (*Basella alba*) (Chaurasiya *et al.*, 2021). Angkung yang berwarna ungu dapat memberikan hasil warna merah-ungu pada makanan. Potensi buah angkung sebagai zat warna didukung dengan mudahnya tanaman ini tumbuh di iklim Indonesia dan masa panen sepanjang tahun yang menjanjikan stok yang selalu tersedia (Puspita & Samalukang, 2017). Selain warnanya yang menarik dalam buah angkung juga terdapat berbagai jenis senyawa fenolik, flavonoid dan betalain yang memiliki sifat antioksidan (Kumar *et al.*, 2020). Peneliti mencoba untuk mempelajari komposisi zat warna dan sifat antioksidannya. Penelitian ini diharapkan dapat sebagai sumber acuan dalam pemanfaatan buah angkung sebagai zat warna fungsional.

METODE PENELITIAN

Sample Buah Angkung

Buah angkung diperoleh di daerah Banguntapan, Bantul, Indonesia. Buah yang dikumpulkan merupakan buah yang telah berusia tua, ditandai dengan warnanya yang gelap dan diambil sebanyak 4-8 biji dari pangkal tangkai buah. Buah yang telah diperoleh dilakukan pencucian dan segera dilakukan proses ekstraksi.

Prosedur Ekstraksi

Ekstraksi sari buah angkung dilakukan dengan cara memeras buah yang telah dipanen dengan menggunakan alat press sehingga didapatkan sari buah segar. Sari buah segar yang diperoleh disimpan dalam suhu -18 °C. Untuk kemudian dilakukan analisis total fenolik, flavonoid, antosianin, betalain dan aktifitas anti oksidan.

Analisis Kadar Fenolik Total

Metode analisis total fenol mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Avif & Yaqhsa, 2021) dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 100 mg sari buah angkung dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 10 mL. Ambil 0,5 mL larutan ekstrak kemudian tambahkan 1,5 mL reagen Folin-Ciocalteu 10%, diamkan selama 3 menit. Tambahkan 1,5 mL larutan natrium karbonat 7,5 % dan 1,5 mL aquades. Gojlok dan lakukan inkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Ukur absorbansi pada panjang gelombang 750 nm dengan. Pengukuran direplikasi sebanyak tiga kali. Kadar fenolik total dinyatakan sebagai massa ekuivalen asam galat (mgGA/g)

Analisis Kadar Flavonoid

Analisis kadar flavonoid mengacu pada penelitian sebelumnya (Avif & Yaqhsa, 2021) dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 100 mg sari buah angkung dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 10 mL. Ambil 0,5 mL larutan ekstrak kemudian tambahkan 1,5 mL ethanol, 0,1 mL alumunium klorida 10% , 0,1 mL kalium asetat 1 M, dan tambahkan aquades 2,8 mL. Lakukan pengojlokkan dan inkubasi selama 40 menit pada suhu ruang. Ukur absorbansi pada panjang gelombang 450 nm dan lakukan replikasi sebanyak tiga kali. Kadar flavonoid dinyatakan sebagai massa ekuivalen quercetin (mgQE/g)

Analisis Kadar Antosianin

Metode analisis antosianin dalam sari buah mengacu pada metode yang dilakukan oleh (Brito *et al.*, 2014). Sebanyak 2 ml ekstrak dilarutkan dalam 20 mL metanol, kemudian ditambahkan asam sitrat 1% hingga warna larutan hilang. Larutan tersebut dibagi menjadi dua bagian yang sama. Bagian pertama ditambahkan buffer kalium klorida 0,025 M (pH 1,0), dan bagian lainnya dicampur dengan buffer natrium asetat 0,4 M (pH 4,5). Dilakukan inkubasi pada suhu ruang selama 1 jam dan terhindar dari sinar matahari. Kedua larutan disaring dan dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 dan 700 nm, sebagai blangko digunakan aquabides. Absorbansi sampel dihitung menggunakan Persamaan (1) dan konsentrasi pigmen antosianin, yang dinyatakan sebagai ekuivalen sianidin-3-glukosida, dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$A = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH\ 1,0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH\ 4,5} \quad (1)$$

$$Anthocyanine\ (mg/L) = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (2)$$

MW adalah berat molekul untuk sianidin-3-glukosida (449,2 g mol⁻¹); DF adalah faktor pengenceran; 1000 = faktor untuk konversi dari g ke mg l = panjang lintasan dalam cm; ϵ = 26.900 absorpsivitas molar, dalam L mol⁻¹cm⁻¹, untuk sianidin-3-glukosida.

Analisis Kadar Betalain

Analisis kadar betalain pada sari buah angkung dilakukan menurut metode (Sumaya-Martínez *et al.*, 2011). Larutan ekstrak disaring melalui kertas saring Whatman No.1 (Whatman, German) dengan menggunakan corong Buchner yang dipasang pada pompa vakum. Sebanyak 0,1 mL ekstrak diencerkan dengan 4,9 mL buffer McIlvaine (pH 6,5) hingga tercapai nilai serapan maksimum $0,8 < A < 1,2$. Buffer McIlvaine dibuat dari 0,1M asam sitrat (30mL) dan 0,2M natrium fosfat dibasic (70mL). Buffer McIlvaine digunakan sebagai blanko. Kandungan betacyanin (Bc) dinyatakan dalam persamaan (3):

$$Bc (mg/L) = \frac{A \times DF \times MW \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (3)$$

A: nilai absorbansi pada max (537 nm) dikoreksi dengan penyerapan pada 600 nm (koreksi untuk mengeliminasi absorbansi pengotor); DF: faktor pengenceran; MW: berat molekul betalain (550 g/mol); ϵ : absorbtifitas molar betalain ($60.000 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$); dan l: panjang lintasan kuvet (1 cm)

Uji Antioksidan DPPH

Kapasitas antioksidan dari ekstrak diperiksa dengan uji pembersihan radikal DPPH seperti yang dijelaskan oleh (Maesaroh dkk., 2018). Kemampuan ekstrak untuk menyediakan atom hidrogen ditentukan dengan menghilangkan warna larutan metanol 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Disiapkan larutan DPPH 0,1 mM DPPH dalam metanol kemudian 2,4 mL larutan tersebut dicampur dengan 1,6 mL ekstrak dalam metanol pada berbagai konsentrasi (20-100 mg/mL). Campuran dihomogenkan dan dibiarkan dalam tempat gelap pada suhu kamar selama 30 menit. Absorbansi larutan diukur pada 517 nm menggunakan spektrofotometer. Persentase aktivitas inhibisi radikal bebas DPPH dihitung dengan persamaan (4) :

$$\% \text{ DPPH inhibisi radikal bebas} = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0 \times 100} \quad (4)$$

A_0 adalah absorbansi kontrol, dan A_1 adalah absorbansi ekstrak. Kemudian % inhibisi diplot terhadap konsentrasi, dan dari grafik, IC_{50} dapat dihitung.

Analisis Statistik

Data dilakukan analisis ANOVA satu arah dilanjutkan dengan Uji Duncan menggunakan SPSS 17 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) untuk mengetahui perbedaan yang signifikan. Perbedaan dianggap signifikan pada $p < 0,05$. Semua percobaan dilakukan dalam rangkap tiga ($n=3$) dan dinyatakan sebagai mean \pm SD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan kandungan total fenolik dalam sari buah angkung digunakan metode Folin-Ciocalteu. Sebagai standar digunakan asam galat yang telah diketahui konsentrasinya dengan tepat, sehingga total fenolik dalam sari buah angkung setara dengan asam galat (GAE). Jumlah total fenolik dalam sari buah angkung ditunjukkan oleh Tabel 1. Kadar total fenolik dalam sari buah angkung merah (62,23 mg/g QE) lebih tinggi dibandingkan dengan kadar sari buah angkung hijau (38,72 mg/g QE).

Kebanyakan senyawa fenolik sangat reaktif, oleh karena itu tidak stabil, dan dapat terdegradasi menjadi berbagai macam produk. Studi epidemiologi menunjukkan hubungan langsung antara konsumsi buah dan pencegahan penyakit seperti kanker dan yang terkait dengan peradangan dan stres oksidatif (Lee *et al.*, 2018). Senyawa fenolik monomer dapat berpolimerisasi membentuk senyawa fenolik yang lebih kompleks. Termasuk flavonoid, tanin, dan lignin. Fenolik kompleks memiliki berbagai aktivitas sebagai antioksidan dan karakteristik fungsional seperti pewarna alami (Kafkas *et al.*, 2018).

Table 1. Kadar total fenolik, flavonoid, antosianin dan betalain pada sari buah angkung

	Total Fenolik (mg/g GA)	Flavonoid (mg/g QE)	Antosianin (mg/g)	Betalain (mg/g)	DPPH IC₅₀ (mg/mL)
<i>B. rubra</i>	62,23±0,34 ^a	46,78±0,67 ^a	0,62±0,08 ^a	1,03±0,09 ^a	51,62
<i>B. alba</i>	38,72±0,45 ^b	32,96±0,22 ^b	0,51±0,02 ^b	0,84±0,12 ^a	56,87

*Nilai rata-rata dengan huruf yang berbeda memiliki perbedaan nyata ($p < 0,05$) dalam seriap kolom

Flavonoid (C₆C₃C₆) adalah senyawa fenolik kompleks yang dapat diklasifikasikan menjadi enam subkelas yang meliputi flavonol (anggur, teh, dan anggur merah), flavanon (jeruk), flavon (spesies berdaun hijau), isoflavon (kedelai), antosianin (biru, merah, dan beri ungu), dan flavanol (teh dan kakao) dan hadir terutama sebagai bentuk turunan glikosilasi, esterifikasi, dan polimerisasi dalam buah-buahan (Blumberg, 2003).

Kandungan flavonoid dalam sari buah angkung dapat diamati pada Tabel 1. Kadar Flavonoid pada sari buah angkung merah lebih tinggi (46,78 mg/g QE) dibandingkan dengan angkung hijau (32,96 mg/g QE). Pada penelitian ini kadar sebagai standar digunakan senyawa Quercetin yang merupakan jenis Flavonol.

Flavonol berperan penting sebagai antioksidan; misalnya, mereka melindungi asam askorbat dari oksidasi dalam jus dan yang dapat menyebabkan perubahan warna jus. Meskipun flavonoid berlimpah dalam buah-buahan, dan buah-buahan atau minuman dapat menjadi sumber flavonoid makanan yang signifikan, kadarnya akan bervariasi tergantung pada varietas, kondisi lingkungan, tanah, dan faktor iklim (Shen *et al.*, 2022).

Antosianin adalah pigmen berwarna yang larut dalam air yang merupakan turunan dari senyawa fenolik. Antosianin memberikan efek berupa warna cemerlang dari berbagai bagian tanaman termasuk bunga dan daun dan terutama buah-buahan yang memiliki warna merah, biru, ungu. Warnanya yang dihasilkan berbeda-beda tergantung pada derajat metilasi dan pH (Ongkowijoyo *et al.*, 2018). Pada penelitian ini diketahui kadar antosianin pada sari buah angkung merah sebesar 0,62 mg/g dan angkung hijau sebesar 0,51 mg/g. Kandungan antosianin pada angkung berpotensi digunakan sebagai pewarna makanan. Antosianin sebagai pewarna makanan akan baik bila diaplikasikan pada makanan dingin seperti es krim atau puding karena warna dari antosianin akan lebih stabil pada suhu rendah (Yang *et al.*, 2021). Antosianin lebih stabil terhadap perubahan temperatur dibandingkan dengan pewarna sintesis E131 *Patent Blue* (Perez *et al.*, 2022).

Di antara pigmen antosianin, sianidin-3-glukosida adalah antosianin utama yang ditemukan di sebagian besar tanaman. Selain digunakan sebagai pewarna makanan, senyawa antosianin bermanfaat sebagai bahan nutraceutical, karena memberikan banyak manfaat kesehatan (Khoo *et al.*, 2017). Potensi biologis dan farmakologis dari senyawa antosianin dan menunjukkan bahwa antosianin memiliki fungsi untuk melawan stres oksidatif, sebagai zat antimikroba, dan melawan timbulnya dan perkembangan berbagai penyakit tidak menular seperti seperti neurodegeneratif, kardiovaskular, penyakit metabolik dan kanker (Mattioli *et al.*, 2020).

Betalain merupakan komponen pigmen utama pada tanaman, pigmen ini diproduksi di kelopak bunga, akar, batang, daun, dan buah. Betalain memiliki hidrofilisitas tinggi karena pada strukturnya terdapat gugus hidroksil (-OH), gugus ini menyebabkan adanya polarisasi dan mengakibatkan pembentukan ikatan hidrogen (Calva *et al.*, 2022). Terdapat dua senyawa utama turunan dari betalain yaitu betasianin berwarna ungu-merah dan betaxantin yang berwarna coklat-kuning (Fu *et al.*, 2020). Senyawa betasianin dalam sari buah angkung lebih dominan dibandingkan dengan senyawa betaxantin karena sari buah menunjukkan warna merah-ungu.

Kadar betalain dalam sari buah angkung merah sebesar 1,03 mg/g sedangkan pada angkung hijau sebesar 0,84 mg/g. Kandungan pigmen pada buah angkung sangat cocok digunakan sebagai sumber alternatif pewarna alami pada makanan. Namun ketidakstabilan dari pigmen betalain saat terkena suhu tinggi, cahaya dan perubahan pH (<4 dan > 7), menjadikan keterbatasan saat diaplikasikan secara langsung pada makanan, sehingga perlu dilakukan enkapsulasi pada aplikasinya (Rocha *et al.*, 2022).

Aktivitas antioksidan dalam sari buah angkung ditentukan dengan metode DPPH. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) adalah radikal bebas berbasis nitrogen yang paling umum

digunakan untuk mempelajari aktivitas antioksidan alami secara in vitro (Huang *et al.*, 2022). Dilakukan uji aktivitas antioksidan pada sari buah angkung pada berbagai konsentrasi. Dari data didapatkan nilai IC₅₀ dari masing masing sari buah adalah sebesar 56,87 mg/mL untuk angkung hijau dan 51,62 mg/mL untuk angkung merah. Berdasarkan nilai IC₅₀ yang diperoleh sari buah angkung tergolong memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Beberapa tanaman telah dipelajari sebagai sumber antioksidan alami yang berpotensi aman untuk makanan. Salah satu studi menunjukkan bahwa flavonoid dan polifenol berkontribusi secara signifikan terhadap aktivitas antioksidan total dalam buah-buahan dan sayuran (Nandini *et al.*, 2013).

KESIMPULAN

Sari buah angkung memiliki kandungan senyawa fenolik, flavonoid yang berperan sebagai antioksidan yang baik bagi kesehatan dengan jumlah yang cukup tinggi. Kadar senyawa metabolit sekunder dan pigmen pada kedua jenis angkung (*Basella alba*) dan (*Basella rubra*) memiliki perbedaan nyata pada senyawa fenol total, flavonoid dan antosianin, namun tidak berbeda nyata pada senyawa betalain. Kandungan zat warna alami antosianin dan betalain pada sari buah angkung dapat berfungsi sebagai pewarna alami pada makanan. Perlu dilakukan penelitian untuk mengoptimalkan penggunaan zat warna yang terdapat dalam sari buah angkung.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat terselenggara atas bantuan dana penelitian dosen pemula tahun 2022 dirjen vokasi kemenikbud dengan nomor kontrak 128/SPK/D4/PPK.01.APTV/VI/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Attokaran, M. (2017). Food Colors. In *Natural Food Flavors and Colorants* (pp. 20–22). Wiley.
- Avif, A. N., & Yaqhsa, B. A. (2021). Ekstraksi Komponen Bioaktif Daun Ketepeng Cina (*Senna Alata L.*) Menggunakan Metode Ultrasonik Dan Maserasi Pada Berbagai Konsentrasi Pelarut. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 18, 31–36.
- Blumberg, J. (2003). Introduction to the Proceedings of the Third International Scientific Symposium on Tea and Human Health: Role of flavonoids in the diet. *Journal of Nutrition*, 133(10), 3248–3254.
- BPOM. (2019). Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan tentang Bahan Tambahan Pangan. *Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia*, 1–10.
- Brito, A., Areche, C., Sepúlveda, B., Kennelly, E. J., & Simirgiotis, M. J. (2014). Anthocyanin characterization, total phenolic quantification and antioxidant features of some chilean

edible berry extracts. *Molecules*, 19(8), 10936–10955.

Calva-Estrada, S. J., Jiménez-Fernández, M., & Lugo-Cervantes, E. (2022). Betalains and their applications in food: The current state of processing, stability and future opportunities in the industry. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4(November 2020).

Chaurasiya, A., Pal, R. K., Verma, P. K., Katiyar, A., . R., & Kumar, N. (2021). An updated review on Malabar spinach (*Basella alba* and *Basella rubra*) and their importance. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(2), 1201–1207.

Dhanang Puspita, & Samalukang, Y. (2017). Termostabilitas Antosianin dari Buah *Basella rubra* yang Dimikroenkapsulasi. *Jtphp*, 12(2), 29–38.

Fu, Y., Shi, J., Xie, S. Y., Zhang, T. Y., Soladoye, O. P., & Aluko, R. E. (2020). Red Beetroot Betalains: Perspectives on Extraction, Processing, and Potential Health Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(42), 11595–11611.

Huang, X., Sun, L., Dong, K., Wang, G., Luo, P., Tang, D., & Huang, Q. (2022). Mulberry fruit powder enhanced the antioxidant capacity and gel properties of hammered minced beef: Oxidation degree, rheological, and structure. *Lwt*, 154, 112648.

Kafkas, N. E., Kosar, M., Öz, A. T., & Mitchell, A. E. (2018). Advanced Analytical Methods for Phenolics in Fruits. *Journal of Food Quality*, 2018.

Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research*, 61(1).

Kobylewski, S., & Jacobson, M. F. (2012). Toxicology of food dyes. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 18(3), 220–246.

Kumar, S. S., Arya, M., Mahadevappa, P., & Giridhar, P. (2020). Influence of photoperiod on growth, bioactive compounds and antioxidant activity in callus cultures of *Basella rubra* L. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 209(June), 111937.

Lee, J., Jung, J., Son, S. H., Kim, H. B., Noh, Y. H., Min, S. R., Park, K. H., Kim, D. S., Park, S. U., Lee, H. S., Kim, C. Y., Kim, H. S., Lee, H. K., & Kim, H. (2018). Profiling of the Major Phenolic Compounds and Their Biosynthesis Genes in *Sophora flavescens* Aiton. *Scientific World Journal*, 2018.

Lestario, L. N. (2018). *Antosianin: Sifat Kimia, Perannya dalam Kesehatan, dan Prospeknya sebagai Pewarna Makanan*. UGM Press.

Maesaroh, K., Kurnia, D., & Al Anshori, J. (2018). Perbandingan Metode Uji Aktivitas Antioksidan DPPH, FRAP dan FIC Terhadap Asam Askorbat, Asam Galat dan Kuersetin. *Chimica et Natura Acta*, 6(2), 93.

Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., & Silva, P. (2020). Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25(17).

Nandini, B. P., Sudarshana, M. S. S., & Rajashekar, N. (2013). Assessment of antioxidant

potentiality of leafy herbs subjecting to different cooking temperatures. *International Journal of Chemical and Analytical Science*, 4(4), 197–200.

- Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. (2020). *Health Effects Assessment: Potential Neurobehavioral Effects of Synthetic Food Dyes in Children PUBLIC REVIEW DRAFT* (Issue April).
- Ongkowijoyo, P., Luna-Vital, D. A., & Gonzalez de Mejia, E. (2018). Extraction techniques and analysis of anthocyanins from food sources by mass spectrometry: An update. *Food Chemistry*, 250(July 2017), 113–126.
- Perez, M. B., Da Peña Hamparsomian, M. J., Gonzalez, R. E., Denoya, G. I., Dominguez, D. L. E., Barboza, K., Iorizzo, M., Simon, P. W., Vaudagna, S. R., & Cavagnaro, P. F. (2022). Physicochemical properties, degradation kinetics, and antioxidant capacity of aqueous anthocyanin-based extracts from purple carrots compared to synthetic and natural food colorants. *Food Chemistry*, 387(August 2021).
- Rocha, F., Suprani, C., Silva, L., Sousa, D., Minim, R., Clarissa, A., Minim, L. A., Paulo, C., Ribeiro, T., & Griffith, O. (2022). *Betalains nanodispersions : Effects on betalains stability and on rheological properties of Greek yogurt*. 159(June).
- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., & Jin, B. (2022). Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 383(February), 132531.
- Sumaya-Martínez, M. T., Cruz-Jaime, S., Madrigal-Santillán, E., García-Paredes, J. D., Cariño-Cortés, R., Cruz-Cansino, N., Valadez-Vega, C., Martinez-Cardenas, L., & Alanís-García, E. (2011). Betalain, acid ascorbic, phenolic contents and antioxidant properties of purple, red, yellow and white cactus pears. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(10), 6452–6468.
- Yang, W., Kaimainen, M., Järvenpää, E., Sandell, M., Huopalahti, R., Yang, B., & Laaksonen, O. (2021). Red beet (*Beta vulgaris*) betalains and grape (*Vitis vinifera*) anthocyanins as colorants in white currant juice – Effect of storage on degradation kinetics, color stability and sensory properties. *Food Chemistry*, 348(January).