

Kajian Kandungan kimia dan Aktivitas Farmakologi Pewarna Alami

Siti Muslichah

Fakultas Farmasi Universitas Jember

E-mail: muslichahsiti@unej.ac.id

Article History:

Received: 15 Juni 2023

Revised: 21 Juni 2023

Accepted: 22 Juni 2023

Keywords: pewarna alami;
antosianin; antioksidan,
kurkuminoid

Abstract: Pewarna ditambahkan ke dalam makanan dan minuman untuk membuatnya lebih menarik. Berbagai jenis pewarna sintesis disetujui untuk digunakan dalam industri makanan, namun ada kekhawatiran akan dampak negatifnya bagi kesehatan dan lingkungan. Pewarna alami adalah jenis pigmen yang berasal dari berbagai jenis tumbuhan, hewan, atau mineral dan digunakan untuk meningkatkan kualitas produk makanan maupun minuman. Penelitian ini merupakan penelitian studi pustaka bertujuan untuk menjelaskan berbagai jenis pewarna alami dari bahan alam, kandungan kimia dan aktivitas farmakologinya. Literatur berasal dari artikel jurnal di Pubmed, Crossreff dan Cocrane Library dari tahun 2003. Pewarna alami dari tanaman bisa berupa derivat senyawa antosianin, fikosianin, karotenoid, kurkuminoid, dan klorofil. Berbagai senyawa ini memiliki beragam khasiat seperti sebagai antioksidan, antiinflamasi, imunoregulator, antimikroba, antikanker, dan antidiabet.

PENDAHULUAN

Dunia tidak akan menarik tanpa warna, begitupun dengan makanan yang kita makan. Beberapa bahan makanan sudah memiliki warna yang menarik sehingga tidak perlu diwarnai lagi, namun banyak resep makanan yang membutuhkan pewarna makanan agar lebih estetik, emberikan identitas yang berbedaa dan membuatnya lebih menggugah selera untuk dimakan, hal ini juga termasuk pada minuman dan kosmetik (Sigurdson et al., 2017).

Pewarna makanan sudah dikenal pada tahun 1500 SM. Pada awal dikenalnya pewarna tersebut berasal dari bahan alam seperti saffron, paprika, kunyit, berbagai bunga dan lain-lain (Burrows, 2009). Pada pertengahan abad ke-19, warna sintetis mulai diproduksi dan karena biaya produksinya yang rendah, kekuatan tinctorial yang tinggi, dan stabilitas kimia, mereka menjadi populer sebagai pewarna makanan (Sigurdson et al., 2017). Meskipun pewarna sintetis disetujui penggunaanya, namun isu-isu mengenai dampak jangka panjang pada kesehatan membuat orang-orang dengan kesadaran akan kesehatan lebih memilih menggunakan pewarna alami.

Penggunaan pewarna alami dari tumbuhan, sebenarnya sudah lama dilakukan oleh masyarakat. Warna hijau dihasilkan dari daun suji (*Dracaena angustifolia*), warna merah diperoleh dari buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), warna biru dari bunga telang (*Clitoria*

ternatea), warna kuning dari kunyit (*Curcuma domestica*), warna hijau dari bayam (*Amaranthus sp*), maupun warna ungu dari ubi ungu (*Ipomoea batatas*). Pewarna alami tidak hanya lebih aman bagi kesehatan namun juga senyawa penghasil warna tersebut juga berkhasiat bagi kesehatan. Pada Gambar 1 adalah sebagian bioaktivitas dari pewarna alami, diantaranya sebagai antioksidan, anti inflamasi, imunomodulator, anti mikroba, anti kanker, dan anti diabetes.

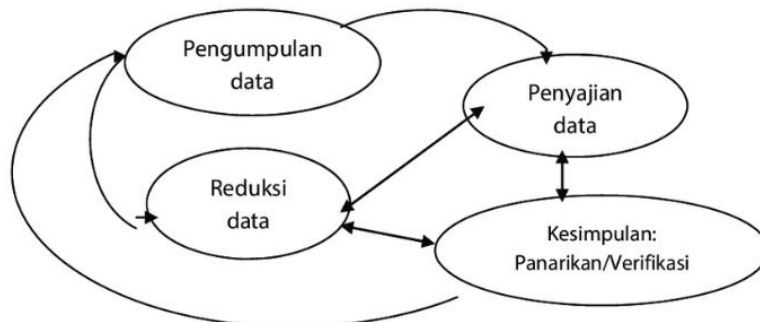


Gambar 1. Keuntungan pigmen alami sebagai pewarna makanan (Rana et al., 2021)

Kajian literatur ini mencatat beberapa senyawa penghasil warna yang berasal dari tanaman. Sebenarnya beberapa hewan, mineral, dan mikroorganisme juga menghasilkan pewarna alami, namun saat ini pembahasan dibatasi pada senyawa-senyawa pewarna yang dihasilkan dari tumbuhan. Senyawa tersebut menghasilkan warna-warna yang kita kenal seperti biru, merah, kuning, hijau, orange, dan ungu.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah studi literatur, yang memiliki ciri penelitian ini berhadapan langsung dengan teks atau data, bukan dengan studi lapangan atau saksi mata berupa kejadian, data bersifat siap pakai artinya peneliti hanya berhadapan langsung dengan sumber yang sudah ada, serta menggunakan data sekunder (Snyder, 2019). Data diambil dari penyedia artikel seperti PubMed, Crossreff, dan Cochare Library. Proses penelitian pustaka ini melalui beberapa tahapan yaitu pengumpulan data berupa tulisan di artikel jurnal yang bereputasi, buku-buku terkini yang berkaitan dengan pewarna makanan baik yang sintesis dan alami. Dalam proses pencarian jurnal yang relevan dengan tujuan penelitian membutuhkan banyak pengumpulan bahan pustaka. Oleh karena itu setelah pengumpulan bahan ada proses reduksi data terutama terhadap duplikat data, yaitu suatu bentuk analisis yang menajamkan, menggolongkan, mengarahkan, membuang yang tidak perlu, dan mengorganisasi data sedemikian rupa sehingga diperoleh kesimpulan akhir dan diverifikasi (Miles & Hubelman, 2014), setelah itu baru dilakukan penyajian data dan pembahasan terhadap data yang sudah dipilih. Proses terakhir adalah penarikan kesimpulan terhadap data-data berupa tulisan dari berbagai sumber yang sudah dipilih berdasarkan kriteria yang ditentukan.



Gambar 2. Analisis data model interaktif (Miles dan Huberman, 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian telah menunjukkan bahwa pewarna sintetis memiliki efek negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan. Pewarna sintetis tidak dapat terurai secara hayati, berpotensi karsinogenik, dan dapat mengubah rasa makanan. Banyak negara telah melarang konsumsi berbagai pewarna, seperti Blue FCF, Blue No.1 dan No.2, karena toksisitasnya. Pigmen alami tidak hanya memberikan warna tetapi juga menawarkan potensi manfaat kesehatan sebagai senyawa bioaktif yang menarik. Senyawa ini memiliki berbagai manfaat (Di Salvo et al., 2023).

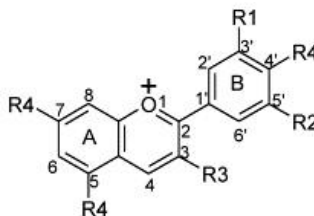
Penggunaan pigmen atau pewarna alami ini bisa diaplikasikan pada berbagai bidang industri baik industri makanan dan minuman, industri farmasi dan nutrasetik, industri kosmetik dan industri tekstil. Dalam penelitian pustaka ini dilakukan pembatasan penggunaan pigmen lebih kepada jenis dan manfaatnya bagi kesehatan meskipun ada sedikit pembahasan untuk bidang lain.

Pigmen seperti klorofil, karotenoid, kurkuminoid dan antosianin merupakan pewarna makanan alami yang memiliki sejumlah fungsi kesehatan, seperti pro vitamin A, antioksidan, antiobesitas, antikanker, dan imunostimulan. Namun, perlu untuk menjaga stabilitasnya terhadap cahaya, suhu dan pH. Efek menguntungkan dari pigmen alami yang disajikan dalam artikel ini menunjukkan bahwa pigmen alami memiliki potensi sebagai bahan pangan fungsional dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Antosianin

Antosianin berasal dari bahasa Yunani anthos berarti bunga dan kyanos berarti biru, pigmen penting yang terlihat oleh mata manusia. Antosianin adalah subkelompok pigmen alami dalam kelompok utama polifenol yang bertanggung jawab atas warna gelap mulai dari merah-oranye hingga biru-ungu pada tanaman, seperti bunga, sayuran, biji-bijian, dan buah-buahan (Yang et al., 2017). Senyawa ini adalah golongan flavonoid kelompok glikosida turunan polihidroksi dan polimetoksi dari 2-fenilbenzopirilium atau garam flavilium (Gbr 1) [Kong et al., 2003). Beberapa laporan mengenai efek antosianin murni atau makanan yang kaya antosianin terhadap resiko suatu penyakit menunjukkan efek yang menguntungkan. Sebagai contoh efek positif konsumsi blueberry terhadap resistensi insulin dan intoleransi glukosa (Stull, 2016; Seymour et al., 2011). Pemberian billberry dan blackcurrant pada pasien hiperkolesterol memberikan efek penurunan pada biomarker antiinflamasi (Zhu et al., 2013), memiliki aktivitas antioksidan (Cebeci & Sahin, 2014). Blueberry biasanya digunakan sebagai sumber pewarna alami untuk warna ungu gelap atau biru keunguan. Warna biru dan ungu kelompok penghasil senyawa antosianin ini juga diperoleh dari buah backberry, acai berry, anggur, sayur kol ungu, ubi ungu dan bunga telang serta bunga indigo. Semua tanaman ini mengandung aktivitas

antioksidan (Pap et al., 2021) sehingga berguna juga untuk antiaging (Li et al., 2022) dan antikanker (Li et al., 2017).



Gambar 3. Struktur dasar antosianin (Kong et al., 2003)

Antosianin lainnya dikandung oleh buah bit dan cranberry yang memberikan warna merah pekat. Strawberry, rosella, dan delima juga memberikan warna alami merah yang disukai penggunaannya untuk pewarna makanan, minuman, dan kosmetik karena aman untuk kulit dan tubuh serta lingkungan.

Fikosianin

Fikosianin adalah pemanenan ringan, protein pengikat pigmen yang diisolasi dari alga. Pigmen ini memiliki warna biru muda, menyerap cahaya oranye dan merah pada 620 nm dan memancarkan fluoresensi sekitar 650 nm. Di Jepang dan Cina fikosianin digunakan sebagai zat pewarna biasa dalam produk susu dan nutrisi seperti jeli, permen karet, permen, minuman dan kosmetik. Fikosianin memiliki efek antioksidan, anti inflamasi, anti tumor, dan anti kanker (Ashaolu et al., 2021; Safari et al., 2018). Fikosianin terdapat pada spirulina (*Arthrospira platensis*) sebagai salah satu mikroalga penghasil pigmen ini.

Betasianin

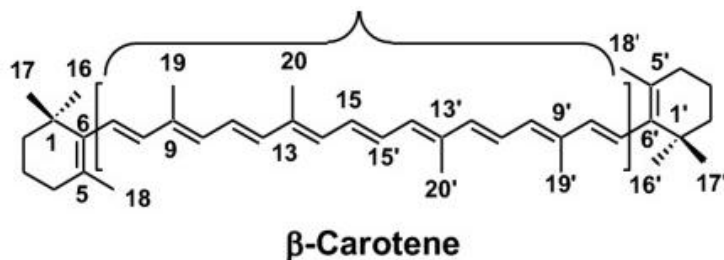
Betasianin adalah pigmen berwarna merah-violet dan kuning-oranye yang banyak terkandung pada buah, bunga, dan jaringan vegetatif, merupakan golongan betalain yang berpotensi menjadi pewarna alami untuk pangan. Pigmen betasianin banyak terdapat pada kulit buah naga dan buah bit. Betalain merupakan pigmen turunan antosianin, namun memiliki perbedaan pada struktur kimianya maupun stabilitasnya. Betalain juga memiliki manfaat kesehatan yang luas diantaranya sebagai antidiabetes, penghambat gangguan kardiovaskular, anti pikun, dan lain-lain (Sadowska & Bartosz, 2021).

Betalain adalah pigmen yang larut dalam air yang terdapat dalam vakuola tanaman dari ordo Caryophyllales dan jamur dari genera *Amanita*, *Hygrocybe* dan *Hygrophorus*. Asam betalamic adalah konstituen dari semua betalains. Jenis substituen asam betalamic menentukan kelas betalains. Betasianin (kemerahan hingga ungu) mengandung residu siklo-3,4-dihidroksifenilalanin (siklo-DOPA) sedangkan betaxanthin (kuning hingga oranye) mengandung residu asam amino atau amina yang berbeda (Sadowska & Bartosz, 2021).

Karotenoid

Karotenoid adalah pigmen tetraterpen, yang menunjukkan warna kuning, oranye, merah dan ungu. Karotenoid adalah pigmen yang paling banyak didistribusikan di alam dan terdapat dalam bakteri fotosintetik, beberapa spesies archaea dan jamur, alga, tanaman, dan hewan (Maoka, 2020). Ada sekitar 850 jenis karotenoid yang dilaporkan hingga tahun 2018. Karotenoid adalah pigmen penting dalam organ fotosintesis bersama dengan klorofil. Karotenoid memiliki

aktivitas antioksidan dan imunostimulan (Stanner et al., 2004). Beberapa contoh karotenoid yang terkenal dan memiliki aktivitas antioksidan tinggi adalah β -cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin, astaxanthin, fucoxanthin, lycopene, dan peridinin. Lycopene adalah karotenoid merah gelap yang ditemukan di banyak buah dan sayuran merah matang termasuk dalam terpenoid C40 (Rao & Rao, 2007). Konsumsi makanan yang memiliki kadar karotenoid tinggi dikaitkan dengan penurunan resiko kanker payudara, serviks, vagina, kolorektal, serta penyakit kardiovaskular, dan mata (Bowen et al., 2015; Bermudez et al., 2005).



Gambar 4. Salah satu karotenoid

Beberapa tanaman sumber karotenoid adalah akar wortel (*Daucus carota*), ubi jalar orange (*Ipomoea batatas*), saffron (*Crocus sativus*), labu (*Curcubita moschata*), tomat (*Solanum lycopersicum*), dan masih banyak lainnya (Nagarajan et al, 2017). Berbagai bagian tanaman baik akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji dapat menghasilkan senyawa golongan karotenoid.

Kurkuminoid

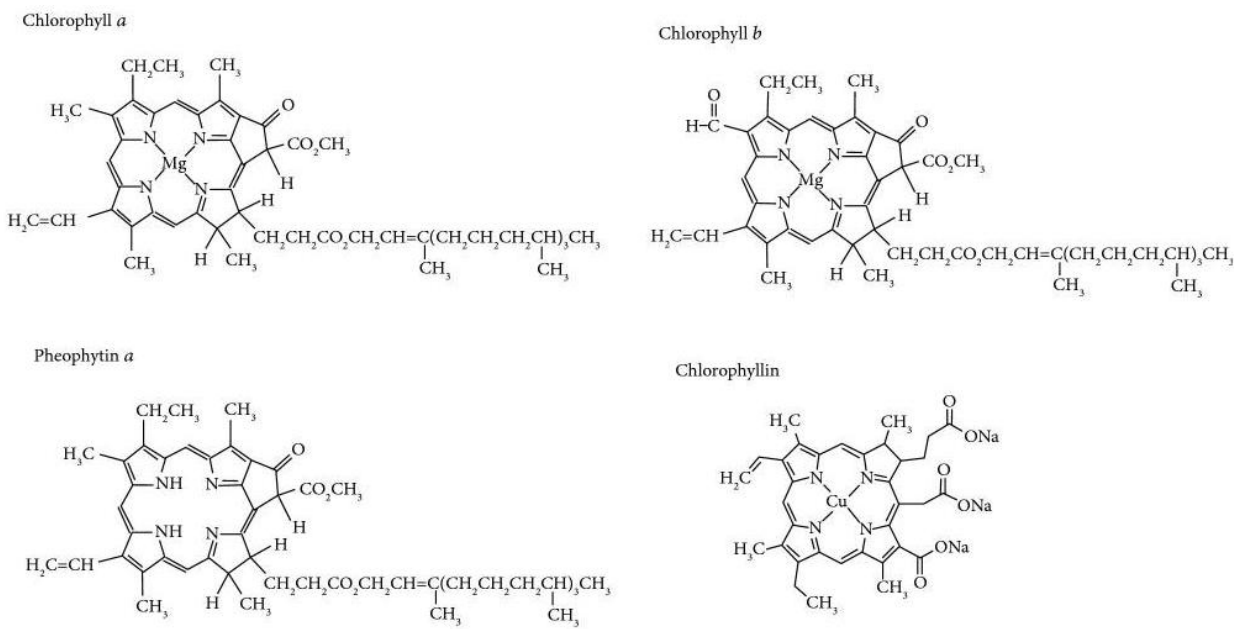
Curcumin memiliki potensi untuk mengobati berbagai macam penyakit inflamasi termasuk kanker, diabetes, penyakit kardiovaskular, radang sendi, penyakit Alzheimer, psoriasis, dll, melalui modulasi berbagai target molekuler. Curcumin (diferuloylmethane) adalah komponen kunyit berwarna oranye-kuning (*Curcuma longa*), bumbu yang sering ditemukan dalam bubuk kari. Dalam beberapa tahun terakhir, minat yang cukup besar telah difokuskan pada kurkumin karena penggunaannya untuk mengobati berbagai gangguan tanpa efek samping. Ini adalah salah satu kurkuminoid utama kunyit, yang memberikan warna kuning yang khas. Oleoresin pada kunyit memberikan warna alami kuning tersebut. Oleoresin merupakan campuran resin dan minyak atsiri yang diperoleh dari proses ekstraksi dari berbagai jenis rempah dengan menggunakan pelarut organik. Rempah yang digunakan dapat berasal dari buah, biji, daun, kulit maupun rimpang misalnya jahe, cabe, kapulaga, kunyit, pala, vanilla dan kayu manis. Rimpang kunyit digunakan pada zaman kuno di anak benua India untuk mengobati berbagai penyakit seperti rematik, sakit tubuh, penyakit kulit, cacingan, diare, demam intermiten, gangguan hati, biliousness, pembuangan urin, dispepsia, radang, sembelit, leukoderma, amenore, dan kolik (Pari et al., 2008).

Curcumin (diferuloylmethane), komponen bioaktif kuning utama kunyit telah terbukti memiliki spektrum tindakan biologis yang luas. Ini termasuk aktivitas antiinflamasi, antioksidan, antikarsinogenik, antimutagenik, antikoagulan, antifertilitas, antidiabetes, antibakteri, antijamur, antipprotozoal, antivirus, antifibrotik, antivenom, antiulcer, hipotensi, dan hipokolesteremia. Efek antikankernya terutama dimediasi melalui induksi apoptosis. Peran antiinflamasi, antikanker, dan antioksidannya dapat dieksploitasi secara klinis untuk mengendalikan rematik, karsinogenesis, dan patogenesis terkait stres oksidatif (Abdeldaiem, 2013). Secara klinis, kurkumin telah digunakan untuk mengurangi peradangan pasca operasi. Studi evaluasi keamanan menunjukkan

bahwa kunyit dan kurkumin dapat ditoleransi dengan baik pada dosis yang sangat tinggi tanpa efek toksik. Dengan demikian, baik kunyit maupun kurkumin berpotensi untuk pengembangan pengobatan modern untuk pengobatan berbagai penyakit (Chattopadhyay et al., 2004).

Klorofil

Klorofil adalah senyawa alami yang ada pada tanaman hijau yang memberi mereka warna. Ini membantu tanaman untuk menyerap energi dari matahari saat mereka menjalani proses fotosintesis. Nutrisi ini hadir dalam sayuran hijau dan makanan nabati lainnya, seperti alga. Beberapa sayuran hijau seperti bayam mengandung kadar klorofil yang tinggi. Klorofil memiliki efek antioksidan dan anti kanker (Mishra et al., 2012).



Gambar 5. Struktur Klorofil

Adanya berbagai efek biologis termasuk antigenotoksisitas (Negishi et al., 1997), perangkap mutagen (Daswood et al., 1998), imunomodulasi, dan aktivitas antioksidan dan apoptosis, maka klorofil telah diusulkan sebagai agen kemopreventif makanan yang penting (Ferruzzi & Blakeslee, 2007). Klorofil mengikat erat berbagai karsinogen di lumen usus yang mencegah penyerapannya di dalam tubuh (Donaldson, 2004). Mekanisme ini diamati dalam studi klinis yang dilakukan di Cina, di mana suplementasi klorofilin secara substansial mengurangi ketersediaan aflatoxin pada subjek yang terpapar (Egner et al., 2001). Demikian pula, dalam studi klinis yang dilakukan di Belanda, pasien yang asupan klorofilnya dikurangi mengalami peningkatan kejadian kanker usus besar (Balder et al., 2006). Dalam studi terakhir, penulis mengusulkan bahwa klorofil berperan dalam menghalangi potensi efek karsinogenik heme dalam lumen usus (de Vogel et al., 2005). Meskipun umumnya klorofil diasumsikan tidak dapat diserap dari lumen usus, ada kemungkinan bahwa sebagian besar klorofil serta turunannya mungkin tersedia secara hayati dan dengan demikian aktif bahkan di jaringan perifer.

KESIMPULAN

Pewarna alami berasal dari pigmen yang berasal dari tanaman maupun mikroorganisme yang menghasilkan berbagai warna sesuai dengan jenis golongan senyawa penyusunnya. Selain memiliki manfaat untuk memberikan warna yang indah pada makanan, minuman, dan kosmetik pewarna alami juga berguna untuk kesehatan karena memiliki berbagai efek terapeutik seperti antioksidan, anti inflamasi, imunomodulator, anti mikroba, apoptosis, anti tumor, dan antikanker.

DAFTAR REFERENSI

- Abdeldaiem, M. H. 2013. Use of yellow pigment extracted from turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes powder as natural food preservative and colorant. *Food Science and Quality Management* . 22, 56-68.
- Ashaolu T.J., Samborska K., Lee C.C., Tomas M., Capanoglu E., Tarhan O., Taze B., & Jafari S.M. (2021). Phycocyanin, a super functional ingredient from algae; properties, purification characterization, and applications. *Int J of Bio Macro*. 193: 2320-2331.
- Balder H. F., Vogel J., Jansen M. C., et al. 2006. Heme and chlorophyll intake and risk of colorectal cancer in the Netherlands cohort study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 15(4), 717–725. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-05-0772
- Bermudez, I.O., Ribaya-Mercado, D.J., Talegawkar, A.S., & Tucker, L.K. (2005). Hispanic and Non-Hispanic White Elders from Massachusetts Have Different Patterns of Carotenoid Intake and Plasma Concentrations. *Journal of Nutrition*. 135: 1496-1502.
- Bowen, E.P., Sapuntzakis, M.S., & Navsariwala, V.D. (2015). Carotenoids in Human Nutrition. In book: *Pigments in Fruits and Vegetables*. Chapter 3. Publisher: Springer ; 31-67.
- Burrows, J. D. A. (2009). Palette of our palates: a brief history of food coloring and its regulation. *Com. Rev. Food Sci. Food Saf*. 8: 394–408. doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00089.x
- Cebeci, F., & Sahin-Yesilcubuk, N. (2014). The matrix effect of blueberry, oat meal and milk on polyphenols, antioxidant activity and potential bioavailability. *Int. J. Food Sci. Nutr*. 65:69–78. doi: 10.3109/09637486.2013.825699.
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., & Banerjee, R. K. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *Current Science*, 87(1), 44–53. <http://www.jstor.org/stable/24107978>
- Dashwood, R., Negishi T., Hayatsu H., Breinholt V., Hendricks J., & Bailey G. (1998). Chemopreventive properties of chlorophylls towards aflatoxin B1: a review of the antimutagenicity and anticarcinogenicity data in rainbow trout. *Mutation Research*. 399(2),245–253. doi: [10.1016/S0027-5107\(97\)00259-5](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(97)00259-5)
- de Vogel, J., Jonker-Termont, D. S., van Lieshout, E. M., Katan, M. B., & van der Meer, R. (2005). Green vegetables, red meat and colon cancer: chlorophyll prevents the cytotoxic and hyperproliferative effects of haem in rat colon. *Carcinogenesis*. 26(2), 387–393. doi: [10.1093/carcin/bgh331](https://doi.org/10.1093/carcin/bgh331)
- Di Salvo E, Lo Vecchio G, De Pasquale R, De Maria L, Tardugno R, Vadalà R, & Cicero N. (2023). Natural Pigments Production and Their Application in Food, Health and Other Industries. *Nutrients*. 15(8):1923. <https://doi.org/10.3390/nu15081923>
- Donaldson M. S. (2004). Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition Journal*. 3(1), 19. doi: [10.1186/1475-2891-3-19](https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-19)

- Egner P. A., Wang J. B., Zhu Y. R., et al. (2001). Chlorophyllin intervention reduces aflatoxin–DNA adducts in individuals at high risk for liver cancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98(25):14601–14606. doi: [10.1073/pnas.251536898](https://doi.org/10.1073/pnas.251536898).
- Ferruzzi M. G. & Blakeslee J. (2007). Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutrition Research*, 27(1):1–12. doi: [10.1016/j.nutres.2006.12.003](https://doi.org/10.1016/j.nutres.2006.12.003).
- Jin-Ming Kong, Lian-Sai Chia, Ngoh-Khang Goh, Tet-Fatt Chia, R.& Brouillard. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins, *Phytochemistry*. 64(5); 923-933.
- Li, R., Tao, M., Xu, T., Pan, S., Xu, X., & Wu, T. (2022). Small berries as health-promoting ingredients: a review on anti-aging effects and mechanisms in *Caenorhabditis elegans*. *Food Funct*, 13(2). <http://dx.doi.org/10.1039/D1FO02184B>
- Lin, B. W., Gong, C. C., Song, H. F., & Cui, Y. Y. (2017). Effects of anthocyanins on the prevention and treatment of cancer. *British journal of pharmacology*, 174(11), 1226–1243. <https://doi.org/10.1111/bph.13627>
- Maoka T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of natural medicines*, 74(1): 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>.
- Mishra V. K., Bacheti R. K., & Husen A. (2012). **Medicinal uses of chlorophyll: a critical overview**. In: Le H., Salcedo E., editors. *Chlorophyll Structure, Production and Medicinal Use*. New York, NY, USA: Nova Science Publishers, Inc. pp. 177–196.
- Miles, M.B., & Huberman, A.M. (2014). **Qualitatif Data Analisis**. London: Sage Publication.
- Nagarajan, J., Ramanan, R.N., & Khrisnamurthy. (2017). **Carotenoids**. Book Chapter 8: Nutraceutical and Functional Food Components. P. 259-296.
- Negishi T., Rai H., & Hayatsu H. (1997). Antigenotoxic activity of natural chlorophylls. *Mutation Research*. 376(1-2), 97–100. doi: [10.1016/S0027-5107\(97\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(97)00030-4)
- Pap, N., Fidelis, M., Azevedo, L., do Carmo, M.A.V. Wang, D., Mocan, A., Pereira, E.P.R., Xavier-Santos, D., Sant'Ana, A.S., Yang, B., & Granato, D. (2021). Berry polyphenols and human health: evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. *Current Opinion in Food Science*, 42, 167-186. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.06.003>.
- Pari, L., Tewas, D., & Eckel, J. (2008). Role of curcumin in health and disease. *Archives of Physiology & Biochemistry*. 114(2): 127–149. <https://doi.org/10.1080/13813450802033958>
- Rao, A.V. & Rao, L.G. (2007). Carotenoids and Human Health. *Pharmacol. Res.* 55: 207–216.
- Seymour, E.M., Tanone I.I., Urcuyo-Llanes, D.E., Lewis, S.K., Kirakosyan A., Kondoleon, M.G., Kaufman, P.B., & Bolling, S.F. (2011). Blueberry intake alters skeletal muscle and adipose tissue peroxisome proliferator-activated receptor activity and reduces insulin resistance in obese rats. *J. Med. Food*. 14:1511–1518. doi: [10.1089/jmf.2010.0292](https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0292)
- Sigurdson, G. T., Tang, P., & Giusti, M. M. (2017). Natural colorants: Food colorants from natural sources. *Ann. Rev. Food Sci. Technol.* 8: 261–280. doi: [10.1146/annurev-food-030216-025923](https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923).
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*. 104: 333–339.
- Stull, A.J. (2016). Blueberries' impact on insulin resistance and glucose intolerance. *Antioxidants* (Basel). 5 (4):44. doi: [10.3390/antiox5040044](https://doi.org/10.3390/antiox5040044).

- Safari R, Amiri Z. R., & Kenari R.E. (2018) Antioxidant and antibacterial activities of C-phycocyanin from common name *Arthrospira platensis*. *Iran J Fish Sci* 19:1911–1927
- Sadowska-Bartos, I. & Bartosz, G. (2021). Biological Properties and Applications of Betalains. *Molecules* (Basel, Switzerland). 26(9): 2520. <https://doi.org/10.3390/molecules26092520>.
- Yang, L., Ling, W., Du, Z., Chen, Y., Li, D., Dang, S., Liu, Z., and Yang, L. (2017). Effects of Anthocyanins on Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Adv Nutr.* 8:684–93; doi: <https://doi.org/10.3945/an.116.014852>.
- Zhu Y., Ling W., Guo H., Song F., Ye Q., Zou T., Li D., Zhang Y., Li G., Xiao Y., et al. (2013). Anti-inflammatory effect of purified dietary anthocyanin in adults with hypercholesterolemia: A randomized controlled trial. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 23:843–849. doi: [10.1016/j.numecd.2012.06.005](https://doi.org/10.1016/j.numecd.2012.06.005)