

IDENTIFIKASI KUALITAS WARNA BUAH NAGA (*Hylocereus*) DENGAN EKSTRAKSI MENGGUNAKAN MICROWAVE-ASSISTED EXTRACT (MAE)

Mimi Harni*^{1,2}, Tuty Angraini³, Rini³, Irfan Suliansyah⁴

¹Program Doktor Ilmu Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

²Teknologi Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh, Indonesia

³Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

⁴Program Pascasarjana Ilmu Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Email: mimiharni2009@gmail.com

ABSTRAK

Buah naga adalah jenis buah tropis yang kaya dengan zat warna. Warna ini dapat diperoleh dari kulit maupun daging buah naga yang dapat digunakan sebagai pewarna alami dalam mengatasi penggunaan pewarna buatan di masyarakat yang di luar ambang batas sehingga dapat menimbulkan resiko bagi kesehatan. Selain itu, pada buah naga juga terdapat senyawa fungsional dalam bentuk senyawa polifenol yang merupakan sumber antioksidan. Senyawa ini mudah rusak sehingga harus memilih metode ekstraksi yang baik agar dapat mempertahankan senyawa ini. Microwave-Assisted Extraction (MAE) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan. Metode ini melakukan ekstrak dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Tujuannya agar kualitas warna yang dihasilkan dapat lebih baik sehingga dapat juga mempertahankan senyawa polifenol yang terdapat dalam buah naga tersebut. Metode dari penelitian ini adalah dengan mengambil nilai rata-rata dari setiap pengamatan yang sudah diamati dari 3 sampel buah naga yaitu kulit buah naga merah, daging buah naga merah dan kulit buah naga daging putih. Hasil penelitian didapatkan kualitas warna terbaik berasal dari kulit buah naga daging merah dengan nilai sebagai berikut : polifenol 623,1 mg GAE/100 gram, aktivitas antioksidan 41,18%, antosianin 84 mg/100 gram, betasianin 0,75 mg/100 gram dan warna 21,18.

Kata kunci: antosianin; buah naga; betasianin; polifenol

PENDAHULUAN

Buah naga merupakan jenis buah yang memiliki bentuk yang unik karena mempunyai sisik pada bagian kulit sehingga banyak diminati. Selain itu buah naga ini juga kaya akan warna baik pada kulit maupun pada daging buah. Menurut (Tran et al., 2015) pada daging buah dari semua spesies buah naga semuanya diselengi dengan biji hitam yang dapat dimakan, rasanya manis, kaya nutrisi seperti gula, protein, dan mineral. Mineral dalam buah naga seperti kalium, magnesium, dan kalsium serta senyawa bioaktif lainnya.

Warna merah pada daging buah naga disebabkan adanya pigmen yang mengandung unsur nitrogen dan bersifat larut dalam air. Pigmen tersebut antara lain betanin seperti isobetanin, phyllocactin, dan hylocerenin. Pimen ini merupakan antioksidan dan mampu menangkal radikal bebas (Stintzing et al., 2003). Warna yang terdapat dalam buah naga ini dapat digunakan sebagai pewarna alami dalam bahan makanan sehingga dapat mengatasi penggunaan pewarna buatan yang beresiko bagi keseshatan. Betasianin yang terdapat dalam daging buah naga ini juga berguna bagi orang yang mengalami obesitas akibat gangguan metabolisme (Song et al., 2016). Buah naga mengandung beberapa senyawa fitokimia yang dapat bermanfaat bagi kesehatan seperti polifenol, flavonoid, dan vitamin C. Senyawa ini mempunyai potensi sebagai antioksidan yang kuat pada buah naga (Tenore et al., 2012). Beberapa senyawa fungsional utama juga terdapat dalam kulit buah naga seperti betalains, phenolik, dan serat makanan. Serat makanan seperti pektin dan oligosakarida (Le, 2022).

Pengambilan warna pada buah naga dilakukan dengan proses ekstraksi. Ekstraksi dapat dilakukan berbagai cara namun yang berkembang adalah ekstraksi konvensional (cara lama). Menurut (Alara et al., 2021) soxhlet, perkolasi dan maserasi merupakan bagian dari metode ekstraksi konvensional yang banyak digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari tanaman. Teknik ekstraksi ini masih digunakan namun mengalami beberapa kelemahan diantaranya hasil yang terbatas, jumlah pelarut yang digunakan lebih tinggi, waktu ekstraksi lebih lama, dan jumlah residu sangat besar. Oleh sebab itu proses ekstraksi harus dilakukan sebaik mungkin untuk mempertahankan

kualitas senyawa fungsional yang terdapat pada buah naga tersebut. Microwave-Assisted Extraction (MAE) merupakan salah satu teknik ekstraksi yang dapat dilakukan. MAE adalah metode ekstraksi terbaru yang menggunakan radiasi elektromagnetik untuk memanaskan campuran zat terlarut dan pelarut (Alara & Abdurahman, 2019). Sistem MAE ini telah digunakan dalam ekstraksi beberapa fitokimia yang memberikan hasil yang baik dengan waktu singkat dan menggunakan sedikit pelarut (Zhang et al., 2011). Penelitian ini dilakukan untuk melihat kualitas warna terbaik dari ekstrak buah naga dengan menggunakan metode MAE.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan dalam ekstrak buah naga adalah buah naga jenis *Hylocereus undatus* dan *Hylocereus polyrhizus* dalam keadaan segar yang dibeli di toko buah di Kota Payakumbuh. Pelarut dalam ekstraksi yaitu aquadest, sedangkan bahan analisa antara lain metanol, sodium carbonat, reagen folincioaltea, asam galat, larutan DPPH, KCl, CH COO-Na, dan air suling. Peralatan antara lain spektrofotometer UV model UV-Vis 752N.

B. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengestrak buah naga terlebih dahulu. Buah naga segar dibersihkan dari tunas hijau yang terdapat pada kulit, kemudian dicuci. Bagian kulit dan daging buah selanjutnya dipisahkan. Buah naga yang dipakai dalam proses ekstraksi adalah bagian kulit buah naga merah dan dagingnya serta kulit buah naga daging putih. Bagian kulit dan daging buah selanjutnya dihancurkan menggunakan blender. Hasil hancuran selanjutnya diekstrak menggunakan aquadest dengan perbandingan bahan dengan aquadest 1:30 selama 80 detik (Thirugnansambandham & Sivakumar, 2017). Hancuran buah naga tersebut sebelum diekstrak terlebih dahulu ditambahkan asam sitrat sebanyak 2% untuk menjaga kestabilan warna dalam ekstraksi (Naga & Nizori, 2020). Hasil ekstraksi selanjutnya di *rotary vacuum* evaporator untuk mengurangi kandungan airnya. Hasil evaporator ini yang kemudian dianalisa. Analisa yang dilakukan terhadap ekstrak buah naga yaitu kadar polifenol (Rodríguez-Carpena et al., 2011), aktivitas antioksidan (Azadmard-Damirchi et al., 2011), kadar antosianin (Siahaan et al., 2014), kadar betasianin (Shofinita et al., 2020) dan warna (Kaemba et al., 2017).

C. Analisis Data

Data yang dihasilkan dianalisis berdasarkan nilai rata-rata dari setiap pengamatan. Rata-rata tertinggi dari setiap pengamatan pada tiga perlakuan adalah yang terbaik. Perlakuan tersebut adalah A = Kulit buah naga merah, B = Daging buah naga merah dan C = kulit buah naga daging putih. Berdasarkan nilai rata-rata tiap pengamatan tersebut kemudian dicari standar deviasi data dari setiap perlakuan pada masing-masing pengamatan untuk dilakukan pembahasannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Polifenol

Rata-rata kadar polifenol paling tinggi pada kulit buah naga merah dengan nilai 623,1 mg GAE/100g. Kadar polifenol buah naga daging merah dengan ekstraksi MAE lebih tinggi dibandingkan ekstraksi maserasi yaitu 35 mg/100g (Shofinita et al., 2020). Kadar polifenol tersebut terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Polifenol dari Buah Naga

Sampel	Kadar polifenol		
	Kadar polifenol mg GAE/100 g (rata-rata±sd)		
A	598,3	647,8	623,1±24,7
B	513,0	539,1	526,1±13,1
C	230,4	200,0	215,2±15,2

Tingginya nilai polifenol pada kulit buah naga merah dengan MAE terjadi karena bioaktif yang terdapat dalam buah naga masih belum mengalami kerusakan. MAE dapat mencegah rusaknya bioaktif sehingga dapat mengekstraksi senyawa fenolik dengan kualitas lebih tinggi dibandingkan ekstraksi lainnya (Chemat et al., 2019). Kadar polifenol pada kulit buah naga daging putih lebih rendah terjadi karena senyawa polifenol dalam kulit buah naga ini sudah mulai menurun. Penurunan terjadi karena dalam proses ekstraksi buah naga daging putih ini telah mengalami pencoklatan ketika kontak dengan oksigen. Proses pencoklatan di buah naga daging putih lebih cepat dari buah naga merah. Menurut (Rojas-Graü et al., 2008) pencoklatan enzimatis yang terjadi pada buah-buahan terjadi karena reaksi oksidasi pada buah yang dipercepat dengan adanya fenol oksidase. Enzim fenol oksidase akan mengoksidasi senyawa fenol sehingga terjadi perubahan warna jadi coklat (Purwanto et al., 2016).

Reaksi pencoklatan enzimatis umumnya terjadi pada buah dan sayur. Pencoklatan ini tidak diinginkan karena menyebabkan turunnya mutu bahan. Fenolase, fenoloksidase, tirosinase, polifenolase, atau katekolase merupakan enzim penyebab pencoklatan enzimatis yang merupakan golongan oksidase. Enzim ini sering disebut dengan polifenol oksidase (PPO) yang terdapat pada tanaman. Asam amino tirosin dan komponen polifenolik seperti katekin, asam kafeat, pirokatekol/katekol dan asam klorogenat merupakan substrat enzim PPO pada tanaman (Garcia et al., 2002).

B. Aktivitas Antioksidan

Nilai aktivitas antioksidan terdapat pada Tabel 2. Kandungan aktivitas antioksidan tertinggi pada perlakuan kulit buah naga merah. Tingginya aktivitas antioksidan di buah naga merah karena antioksidan berhubungan dengan kadar polifenol yang terdapat pada buah naga tersebut.

Tabel 2. Aktivitas Antioksidan

Sampel	Aktivitas antioksidan		Aktivitas antioksidan (%) (rata-rata ± sd)
A	42,75	39,61	41,18±1,5
B	36,28	35,63	35,96±0,32
C	32,11	36,73	34,42±2,31

Pada kadar fenol tertinggi di kulit buah naga merah dengan demikian aktivitas antioksidan juga tertinggi. Aktivitas antioksidan sebanding dengan nilai polifenol, kandungan fenol dalam suatu bahan semakin tinggi maka aktivitas sebagai antioksidan juga tinggi (Huliselan et al., 2015). Menurut (Kim et al., 2011) aktivitas antioksidan dari kulit buah naga putih lebih tinggi adalah 68,1%. Rendahnya aktivitas antioksidan pada buah naga daging putih terjadi karena kadar polifenol yang semakin rendah pada buah naga daging putih akibat terjadinya pencoklatan enzimatis. Kadar polifenol yang semakin rendah menyebabkan aktivitas antioksidan semakin rendah juga. Senyawa polifenol dalam buah naga adalah sumber antioksidan. Aktivitas antioksidan kulit buah naga merah lebih tinggi dari aktivitas antioksidan pada daging buahnya (Wu et al., 2006)

C. Kadar Antosianin

Kadar antosianin yang terdapat pada Tabel 3 tertinggi pada kulit buah naga merah yaitu 84 mg/100g. Menurut (Naga & Nizori, 2020) kadar antosianin di kulit buah naga merah metode maserasi adalah 6,38 mg/50 gram. Kadar antosianin dari buah naga berdasarkan rata-rata pada semua perlakuan di Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Antosianin pada Buah Naga

Sampel	Kadar antosianin		Kadar antosianin (mg/100g) (rata-rata±sd)
A	130	38	84±46
B	127	27	77±50
C	33	25	29±16

Kadar antosianin pada buah naga daging putih dengan ekstraksi menggunakan metode maserasi adalah 8,36 mg/100 g (Hidayah, 2013). Nilai kadar antosianin diperoleh dengan ekstraksi MAE jauh lebih tinggi karena metoda yang digunakan berbeda. Kadar antosianin pada kulit buah naga merah akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu ekstraksi. Radiasi elektromagnetik akan menyebabkan jaringan bahan akan pecah sehingga bahan akan mengeluarkan zat terlarut (*solute*) di dalam pelarut (*solvent*) jika bahan makin lama dalam microwave (Navas et al., 2012). Namun, antosianin akan terdegradasi jika waktu yang terlalu lama dalam microwave (Ingrath et al., 2015).

D. Kadar Betasianin

Kandungan betasianin tertinggi di buah naga pada Tabel 4 di bawah ini adalah di kulit buah naga merah adalah 0,75 mg/100g. Menurut (Shofinita et al., 2020) konsentrasi betasianin yang diekstrak menggunakan aseton dingin, adalah ekuivalen betanin di daging dan kulit buah naga merah, yaitu $10,3 \pm 0,22$ dan $13,8 \pm 0,85$ mg/100 g.

Tabel 4. Kadar Betasianin pada Buah Naga

Sampel	Kadar betasianin		Kadar betasianin mg/100g (rata-rata±sd)
A	0,70	0,80	0,75±0,07
B	0,51	0,69	0,60±0,09
C	0,18	0,21	0,20±0,015

Nilai yang dihasilkan lebih rendah karena disebabkan oleh kondisi geografis daerah yang berbeda walaupun dengan jenis buah naga yang sama. Pada buah naga putih jumlah betasianin juga lebih rendah selain karena kondisi geografis daerah juga disebabkan karena terjadinya oksidasi yang menyebabkan betasianin rusak terutama dalam persiapan untuk ekstraksi. Menurut (Woo et al., 2011) betalain pada buah naga sensitif pH, panas, kelembaban, cahaya, dan oksigen.

Betasianin merupakan turunan dari betalains. Betalains adalah sekelompok pigmen nitrogen, bersifat larut di air dan menghasilkan warna menarik pada beberapa bunga dan buah. Ada dua sub kelompok betalains adalah betasianin red-violet dan betasantin yellow-orange. Betasianin mempunyai sifat mudah larut di air dan memiliki aktifitas antioksidan (Herbach et al., 2006). Pada pelarut aquades intensitas betasianin semakin tinggi dibanding etanol karena daya larut betasianin yang tinggi dalam air (Castellar et al., 2006).

E. Warna

Pengamatan untuk nilai rata-rata warna dari buah naga yang diekstrak menggunakan MAE terdapat pada Tabel 5. Warna untuk buah naga tertinggi pada perlakuan kulit buah naga merah. Hal ini terjadi karena kandungan antosianin dan betasianin lebih tinggi dari daging buah naga merah dan kulit buah naga daging putih. Antosianin dan betasianin merupakan komponen warna dari buah naga, sehingga nilai yang tinggi akan memberikan warna lebih bagus.

Tabel 5. Warna pada Buah Naga

Sampel	Warna		Rata-rata warna
A	21,15	21,20	21,18±0,02
B	4,75	4,64	4,70±0,07
C	15,04	15,52	15,28±0,17

Pada daging buah naga terdapat pigmen betalain. Betalain merupakan pigmen yang terdiri dari betasianin dengan warna merah keunguan dan betaxantin dengan warna kekuningan (Stintzing et al., 2008). Sumber betasianin terdapat pada kulit buah dan daging buah naga yang menghasilkan warna merah (Esatbeyoglu et al., 2015). Warna pada buah naga juga disebabkan karena kandungan antosianin. Antosianin bersifat polar, sehingga dapat menggunakan aquades dalam proses ekstraksinya. Asam organik lemah seperti asam sitrat dapat digunakan dalam proses ekstraksi untuk menurunkan pH sehingga antosianin lebih stabil karena antosianin dipengaruhi oleh pH (Naga & Nizori, 2020).

KESIMPULAN

MAE merupakan salah satu proses ekstraksi yang dapat dilakukan untuk mengekstrak warna dari buah naga karena menghasilkan kualitas yang lebih baik sehingga dapat menekan penurunan jumlah antioksidan dan polifenol dalam proses. Ekstraksi MAE juga dapat dilakukan dengan lebih cepat yaitu hanya beberapa detik saja untuk buah naga. Hasil kualitas ekstraksi buah naga menggunakan MAE adalah berdasarkan yang menghasilkan warna paling baik yaitu kulit buah naga merah. Kualitas buah naga daging merah adalah kandungan polifenol 623,1 mg GAE/100 gram, aktivitas antioksidan 41,18%, antosianin 84 mg/100 gram, betasianin 0,75 mg/100 gram dan warna 21,18.

DAFTAR PUSTAKA

- Alara, O. R., & Abdurahman, N. H. (2019). *Industrial crops & products microwave-assisted extraction of phenolics from Hibiscus sabdariffa calyces : Kinetic modelling and process intensification*. 137(February), 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.053>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4(March), 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Azadmard-Damirchi, S., Alirezalu, K., & Achachlouei, B. F. (2011). Microwave pretreatment of seeds to extract high quality vegetable oil. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 81(September), 513–516.
- Castellar, M. R., Obón, J. M., & Fernández-López, J. A. (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 122–128. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2285>
- Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A. S., Strube, J., Uhlenbrock, L., Gunjevic, V., & Cravotto, G. (2019). Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 118, 248–263. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.037>
- Esatbeyoglu, T., Wagner, A. E., Schini-Kerth, V. B., & Rimbach, G. (2015). Betanin-A food colorant with biological activity. *Molecular Nutrition and Food Research*, 59(1), 36–47. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201400484>
- Garcia, M. C., Pereira-Da-Silva, M. A., Taboga, S., & Franco, C. M. L. (2016). Structural characterization of complexes prepared with glycerol monoestearate and maize starches with different amylose contents. *Carbohydrate Polymers*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.067>
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation - Structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 71(4), 41–50. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00022.x>
- Hidayah, T. (2013). Uji stabilitas pigmen dan antioksidan hasil ekstraksi zat warna alami dari kulit buah naga (*Hylocereus undatus*). *Oncogene*, 29(18), 2616–2627. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20154724>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3378055>
<http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/19663>
- Huliselan, Y. M., Runtuwene, M. R. J., & Wewengkang, D. S. (2015). Aktivitas antioksidan ekstrak etanol, etil asetat, dan n-heksan dari daun sesewanua (*Clerodendron squamatum* Vahl.). *Pharmakon*, 4(3), 155–163.
- Ingrath, W., Nugroho, W. A., & Yulianingsih, R. (2015). Extraction of anthocyanin pigments from red dragon fruit peel (*Hylocereus costaricensis*) as a natural food dyes using microwave (Study heating time in the microwave and addition of solvent ratio of aquadestand citric acid). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(3), 1–8.
- Kaemba, A., Suryanto, E., & Mamujaja, C. F. (2017). Karakteristik fisiko-kimia dan aktivitas antioksidan beras analog dari sagu baruk (*Arenga microcarpha*) dan ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L. Poiret). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 5(1), 1–8. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/itp/article/download/18561/18087>
- Kim, H. J., Choi, H. K., Moon, J. Y., Kim, Y. S., Mosaddik, A., & Cho, S. K. (2011). Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with

- flavonoid and polyphenol content. *Journal of Food Science*, 76(1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01908.x>
- Le, N. L. (2022). Functional compounds in dragon fruit peels and their potential health benefits: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 2571–2580. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15111>
- Naga, B., & Nizori, A. (2020). Karakteristik ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan penambahan berbagai konsentrasi asam sitrat sebagai pewarna alami makanan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 228–233. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.228>
- Navas, M. J., Jiménez-Moreno, A. M., Bueno, J. M., Sáez-Plaza, P., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part IV: Extraction of anthocyanins. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 42(4), 313–342. <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.680343>
- Purwanto, Y., & Effendi, R. (2016). The use of ascorbic acid and aloe vera to inhibit browning in fresh-cut ‘Malang’ apple. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 04(2), 1–8. <https://doi.org/10.19028/jtep.04.2.203-210>
- Rodríguez-Carpena, J. G., Morcuende, D., Andrade, M. J., Kylli, P., & Estevez, M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics, in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5625–5635. <https://doi.org/10.1021/jf1048832>
- Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., & Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Lwt*, 41(1), 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.01.009>
- Shofinita, D., Bindar, Y., Jaelawijaya, A. A., Harimawan, A., & Fawwaz, M. (2020). Produksi ekstrak bioaktif untuk aditif pangan dari limbah kulit buah naga: pengaruh metode pre-treatment dan ekstraksi. *Indo. J. Chem. Res.*, 8(1), 43–50. <https://doi.org/10.30598/10.30598/ijcr.2020.8-dia>
- Siahaan, L. O., Hutapea, E. R. F., & Tambun, R. (2014). Ekstraksi pigmen antosianin dari kulit rambutan (*Nephelium lappaceum*) dengan pelarut etanol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(3), 32–38.
- Song, H., Chu, Q., Yan, F., Yang, Y., Han, W., & Zheng, X. (2016). Red pitaya betacyanins protects from diet-induced obesity, liver steatosis and insulin resistance in association with modulation of gut microbiota in mice. *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*, 31(8), 1462–1469. <https://doi.org/10.1111/jgh.13278>
- Stintzing, F.C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Kugler, F., & Carle R. (2008). Betalain pigments and color quality. in chaterine, culver & R.E. Wrolstad (Eds), *Color Quality of Fresh and Processed Food*. Oxford University Press. Washington DC : 82-101.
- Stintzing, F. C., Schieber, A., & Carle, R. (2003). Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. *European Food Research and Technology*, 216(4), 303–311. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0657-0>
- Tenore, G. C., Novellino, E., & Basile, A. (2012). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.003>
- Thirugnanasambandham, K., & Sivakumar, V. (2017). Microwave assisted extraction process of betalain from dragon fruit and its antioxidant activities. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1), 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.02.001>
- Tran, D. H., Yen, C. R., & Chen, Y. K. H. (2015). Effects of bagging on fruit characteristics and physical fruit protection in red pitaya (*Hylocereus* spp.). *Biological Agriculture and Horticulture*, 31(3), 158–166. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.991939>
- Woo, K. K., Ngou, F. H., Ngo, L. S., Soong, W. K., & Tang, P. Y. (2011). Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). In *American Journal of Food Technology* (Vol. 6, Issue 2, pp. 140–148). <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.140.148>
- Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I., & Ho, J. A. A. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 95(2), 319–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.002>
- Zhang, H., Yang, X., & Wang, Y. (2011). Microwave assisted extraction of secondary metabolites from plants : Current status and future directions. *Trends in Food Science & Technology*, 22(12), 672–688. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.07.003>