

## Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Kualitas Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L)

Rizki Tri<sup>1</sup>, \*Sedarnawati Yasni<sup>2</sup>, Tjahja Muhandri<sup>3</sup>, dan Sri Yuliani<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>)Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University, Bogor

<sup>4</sup>)Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor

\*email: tririzki.dn@gmail.com

### ABSTRAK

Manggis merupakan salah satu hasil pertanian utama penyumbang devisa tahunan terbesar dari buah-buahan. Manggis menempati urutan pertama ekspor buah segar nasional ke mancanegara. Kulit buah manggis mengandung senyawa aktif yang disebut xanthone yang didapat melalui berbagai metode ekstraksi. Perbedaan metode ekstraksi berpengaruh terhadap kualitas senyawa xanthone. Ekstraksi kulit manggis dapat dilakukan dengan metode konvensional dan non-konvensional. Kualitas ekstraksi senyawa xanthone dapat diukur melalui parameter rendemen, total xanthone, total alpha-mangosteen, total fenol dan nilai IC50. Metode ekstraksi menggunakan soxhlet dan maserasi adalah metode yang paling banyak digunakan pada ekstraksi kulit manggis. Metode non-konvensional memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional pada parameter rendemen, total xanthone, total alpha-mangosteen, total fenol dan nilai IC50.

**Kata kunci:** manggis, ekstraksi, xanthone, alpha-mangosteen, antioksidan

### ABSTRACT

*Mangosteen is one of the main agricultural products that contribute to the largest annual foreign exchange from the fruit. Mangosteen ranks first in national fresh fruit exports to foreign countries. Mangosteen rind contains active compounds called xanthenes which are obtained through various extraction methods. Differences in extraction methods affect the quality of xanthone compounds. Mangosteen peel extraction can be done by conventional and non-conventional methods. The extraction quality of xanthone compounds can be measured through yield parameters, total xanthenes, total alpha-mangosteen, total phenol, and IC50 value. The non-conventional method gave better results than the conventional method on yield parameters, total xanthenes, total alpha-mangosteen, total phenol, and IC50 values.*

**Keywords:** mangosteen, extraction, xanthone, alpha-mangosteen, antioxidant

### Pendahuluan

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) termasuk keluarga *Clusiaceae*, tumbuh di negara-negara Asia Tenggara beriklim tropis seperti Malaysia, Indonesia, dan Thailand. Manggis menjadi salah satu hasil pertanian utama negara-negara ini karena nilai ekonomi yang tinggi di berbagai belahan dunia termasuk Cina, Jepang, Eropa, dan negara-negara Timur Tengah serta Amerika Serikat (Matra *et al.* 2016;

Aizat *et al.* 2019). Ekspor buah manggis pada tahun 2018 sebesar 38.84 ribu ton menjadi penyumbang devisa terbesar dari buah-buahan tahunan dengan nilai US\$ 33.278.463 (Badan Pusat Statistik 2018).

pohon manggis dapat mencapai tinggi hingga 20-25meter dengan warna kulit kayu cokelat gelap. Pohon ini menghasilkan sedikit buah selama 5-10 tahun tetapi hasil panen kemudian meningkat menjadi 3000 buah per pohon pada usia 30 tahun. pohon manggis membutuhkan cuaca yang hangat sepanjang tahun dan iklim yang lembab (Failla dan Gutiérrez 2017).

Buah manggis terdiri dari bagian kulit luar yang tipis dan berwarna ungu, bagian kulit dalam yang berwarna merah dan tebal (pericarp), dan bagian daging buah (aril) yang berwarna putih menyumbang sekitar sepertiga dari total berat total buah manggis. Daging buah manggis dibagi menjadi empat hingga delapan segmen, masing-masing berisi biji, dan memiliki aroma khas yang dihasilkan dari senyawa volatil seperti hexyl acetate, hexanol, dan  $\alpha$ -copaene. Daging buah manggis dapat dimakan dengan rasa yang manis dan sedikit asam (Brunner dan Morales-Payan 2010).

Kulit buah manggis mengandung senyawa aktif yang disebut xanthone (Chin *et al.* 2008) yang terdiri dari beberapa komponen yaitu  $\alpha$ , dan  $\gamma$  -mangostin serta senyawa lain termasuk tanin, flavonoid, proanthocyanidins, anthocyanin, dan senyawa fenolik (Chin dan Kinghorn 2008; A. S. Zarena dan Sankar 2009; Widowati *et al.* 2014; Abuzaid *et al.* 2016). Xanthone mengandung alpha-mangostin (69,01%) sebagai senyawa xanthone utama, gamma-mangostin (17,86%), dan senyawa xanthone minor (13,13%), antara lain: gartanin, 8-deoxygartanin, garcinon E, 1,7-dihidroksi-3-metoksi-2-(3-2-enil)-xanthone, dan 1,3,7-tri-hidroksi-2,8-di (3-metilbut-2-enil)-xanthone (Wittenauer *et al.* 2012). Secara tradisional, penggunaan kulit buah manggis dalam bentuk infus dan decoctions untuk mengobati infeksi kulit, saluran kemih, dan pencernaan (Muhsinin *et al.* 2016; Ovalle *et al.* 2017).

Ekstrak xanthone yang dihasilkan dari kulit buah manggis sangat dipengaruhi oleh metode dan pelarut yang digunakan pada saat ekstraksi (Suttirak dan Manurakchinakorn 2014; Kusmayadi *et al.* 2018). Pemilihan metode ekstraksi menjadi hal yang penting untuk diperhatikan untuk mendapatkan rendemen yang maksimum, kemurnian senyawa target (Shirsath *et al.* 2012), dan menentukan kualitas ekstrak yang diperoleh (Sravan *et al.* 2020).

## Hasil dan Pembahasan

Ekstraksi adalah langkah pertama untuk memisahkan produk alami yang diinginkan dari bahan baku (Q.W. Zhang *et al.* 2018). Metode ekstraksi terbagi menjadi dua, yaitu metode konvensional dan non-konvensional. Metode konvensional adalah metode sederhana yang sering digunakan dan mudah untuk dilakukan karena hanya menggunakan pelarut dan pemanas konvensional. Metode ekstraksi ini masih memiliki beberapa kelemahan, yaitu membutuhkan banyak pelarut dan waktu yang lama, tetapi rendemen yang diperoleh sedikit (Tjahjani *et al.* 2014). Selain itu metode ini dapat menyebabkan senyawa termolabil terdegradasi. Penggunaan metode konvensional khususnya yang menggunakan banyak pelarut memiliki kelemahan yaitu berpotensi menghasilkan emisi zat beracun selama ekstraksi. Pelarut yang digunakan dalam sistem ekstraksi harus memiliki

kemurnian tinggi yang dapat menambah biaya. Penggunaan ini dianggap tidak ramah lingkungan dan dapat berkontribusi pada masalah polusi (Daniels et al. 2020).

Berbeda dengan metode konvensional, metode non-konvensional atau modern memiliki beberapa keunggulan, yaitu rendemen tinggi, waktu ekstraksi cepat, dan pelarut yang digunakan lebih sedikit. Metode modern ini telah dilakukan dalam skala industri (Bagherian et al. 2011; Guo et al. 2012; Buanasari et al. 2017; Megawati et al. 2019).

Metode konvensional yang paling umum digunakan adalah maserasi, refluks, perkolasi dan soxhletasi (Damayanti dan Fitriana 2012). Metode nonkonvensional yang sering digunakan adalah super critical fluid extraction (SFC), ultrasonic assisted extraction (UAE) dan microwave assisted extraction (MAE). Ekstraksi bahan alam dilakukan melalui 4 tahapan, yaitu: penetrasi pelarut ke dalam sampel, ekstrak larut ke dalam pelarut, ekstrak terdifusi keluar dari matriks padatan bahan, dan pengumpulan ekstrak (Zhang et al. 2018). Kelebihan dan kekurangan beberapa metode ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kelebihan dan kekurangan beberapa metode ekstraksi (danlami et al. 2014; azmin et al. 2016; zhang et al. 2018)

Metode Esktraksi	Kelebihan	Kekurangan
Pressured liquid extraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudah dioperasikan</li> <li>• Waktu ekstraksi singkat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya mahal</li> <li>• Hanya dapat digunakan untuk analisis</li> </ul>
Supercritical fluid extraction (SFE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelarut (CO<sub>2</sub>) tidak mahal</li> <li>• Pelarut dapat didaur ulang</li> <li>• Waktu ekstraksi singkat</li> <li>• Dapat digunakan secara otomatis</li> <li>• Tidak memerlukan penyaringan lanjutan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kehilangan senyawa target karena pemilihan pelarut yang tidak tepat</li> <li>• Membutuhkan peralatan khusus</li> <li>• Memerlukan kemampuan khusus</li> <li>• Tidak cocok untuk senyawa <i>thermolabile</i></li> </ul>
Microwave-assisted extraction (MAE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat digunakan untuk skala industri dan laboratorium</li> <li>• Waktu ekstraksi singkat</li> <li>• Keuntungan yang lebih tinggi pada skala industri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi yang rendah terhadap senyawa atau pelarut non-polar dan pelarut dengan viskositas tinggi</li> <li>• Tidak cocok untuk senyawa <i>thermolabile</i></li> <li>• Biaya yang mahal dan memerlukan kemampuan khusus untuk dioperasikan</li> </ul>
Sonication extraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi yang tinggi pada penggunaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak cocok digunakan pada ekstraksi minyak</li> </ul>

	skala besar	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu ekstraksi singkat</li> <li>• Mudah dioperasikan</li> <li>• Penggunaan pelarut yang sedikit</li> </ul>	
Hydro-distillation dan steam-distillation extraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya murah</li> <li>• Tidak menggunakan pelarut organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu ekstraksi lama</li> <li>• Tidak cocok untuk senyawa <i>thermolabile</i></li> <li>• Tidak dapat menggunakan agitasi (pengadukan) untuk mempercepat ekstraksi</li> </ul>
Ekstraksi menggunakan pelarut (solvent); maserasi, perkolasi, refluks, soxhlet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudah dioperasikan</li> <li>• Variasi sampel yang dapat diekstrak banyak</li> <li>• Waktu ekstraksi lama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak dapat digunakan pada senyawa <i>thermolabile</i></li> <li>• Penggunaan pelarut tinggi</li> <li>• Tidak dapat dilakukan secara otomatis</li> </ul>

Perbedaan metode ekstraksi secara umum mempengaruhi rendemen, total xanthone, alpha-mangosteen, total fenol dan nilai IC50 (Tabel 2). Metode ekstraksi konvensional yang digunakan pada ekstraksi manggis adalah metode ekstraksi dengan magnetic stirrer, shaking waterbath extraction, orbital shaker extraction, maserasi, soxhlet, perkolasi, sealed tube extraction, dan continuous extraction. Metode ekstraksi non-konvensional yang digunakan adalah supercritical fluid extraction (SFC), microwave-assisted extraction (MAE), dan ultrasonic-assisted extraction (UAE).

Penggunaan metode ekstraksi konvensional memberikan hasil rendemen yang lebih tinggi, tetapi kandungan xanthone dan alpha-mangostin lebih rendah dibandingkan dengan ekstraksi dengan metode MAE, SFC dan UAE. Menurut (Aun et al. 2011), hal ini disebabkan karena metode ekstraksi secara konvensional menggunakan waktu yang lama dan temperatur yang tinggi. Waktu ekstraksi yang lama menyebabkan rendemen yang lebih banyak, dan suhu yang tinggi menyebabkan penurunan kandungan alpha-mangostin selama proses ekstraksi. Sedangkan pada metode MAE, terdapat perputaran pelarut (dipol solvent rotation), dalam medan gelombang mikro, sehingga meningkatkan kandungan xanthone dan alpha-mangostin yang dapat menyerap energi gelombang mikro dan dengan cepat dipindahkan ke dalam pelarut. Pada ekstraksi MAE terjadi iradiasi gelombang mikro yang mempercepat pecahnya sel dengan menyebabkan kenaikan suhu mendadak dan peningkatan tekanan internal di dinding sel tanaman (Inoue et al. 2010; Ahmad dan Langrish 2012) yang mengubah sifat fisik jaringan biologis dan meningkatkan porositasnya. Hal ini memungkinkan penetrasi pelarut yang lebih baik melalui matriks yang memfasilitasi ekstraksi flavonoid (Kratchanova et al. 2004; Mandal et al. 2007). Ultrasonik memiliki kemampuan untuk menembus dinding sel, memperkecil ukuran partikel, dan meningkatkan perpindahan massa antara dinding sel dan luar (Entezari et al. 2004; Asgarpanah dan Ramezanloo 2012). Hal ini dikarenakan pada metode ultrasonic assisted extraction (UAE) terjadi tekanan gelombang ultrasonik yang melewati pelarut dan fenomena kavitasi (Rombaut et al., 2014). Gelombang ultrasonik membuat gelembung kavitasi (cavitation bubbles) pada sampel yang dapat pecah dan membentuk gelombang

kejut dengan pancaran cairan (liquid jets) sehingga membuat dinding sel pecah. Pecahnya dinding sel membuat komponen di dalam sel keluar bercampur dengan pelarut (Khoddami et al. 2013; Rombaut et al. 2014).

Penggunaan metode ekstraksi konvensional menghasilkan nilai IC50 yang lebih rendah dan total fenol yang lebih rendah dibandingkan metode non-konvensional (MAE, SFC, dan UAE). Menurut (Desai et al. 2010) penggunaan metode MAE memberikan kekuatan penetrasi yang kuat ke sampel kulit manggis untuk mengekstrak senyawa fenolik secara efisien dibandingkan metode konvensional. MAE dapat menurunkan panas gelombang mikro dari energi elektromagnetik dan menyebabkan terjadinya konduksi ionik dan perputaran pelarut (dipol solvent rotation) yang memungkinkan gelombang mikro mengenai bagian dalam sampel sedangkan metode waterbath extraction (WBE) terjadi konduksi dan konveksi yang transfer energi panas ke sampel. Salah satu dampak negatif dari penggunaan ekstraksi menggunakan WBE adalah degradasi senyawa fenolik yang disebabkan karena waktu ekstraksi yang lebih lama daripada MAE.

Kandungan TPC yang rendah pada metode konvensional dikarenakan proses pemanasan yang tinggi pada penguapan pelarut menggunakan rotary evaporator. Setiap senyawa fenolik memiliki suhu maksimum yang dapat digunakan pada proses ekstraksi. Suhu 50°C adalah suhu yang relatif aman untuk mencegah kerusakan metabolit sekunder tertentu, terutama flavonoid yang memiliki senyawa aromatik terkonjugasi yang mudah rusak (M'hiri et al. 2015; Sa`adah et al. 2017).

**Tabel 2.** Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Rendem, Kadar Xanthone, Kadar Alpha-mangosteen, Nilai IC50 dan Total Fenol

No	Metode Ekstraksi	Pelarut	Rendemen (%)	Kadar Xanthone (mg/ g sampel)	Kadar alpha-mangostin (mg/g sampel)	Nilai IC50 (µg/mL)	Total Fenol (mg GAE/g)	Catatan	Sumber	
1	Ekstraksi dengan magnetic stirrer	PG	-	Tidak Tedeksi	0.46	1210	4.76	-	(Sungpud <i>et al.</i> 2020)	
		Etanol 95%	-	0.0936	0.66	3310	3.60	-		
		Etanol 95%	24.24	-	114.70	19.55	199	-		(Pothitirat <i>et al.</i> 2010)
2	Shaking waterbath extraction	Etanol 95%	16.57	-	458.30	-	-	-	(Aun <i>et al.</i> 2011)	
3	Orbital shaker extraction	Metanol	-	-	-	-	67.41	-	(Palakawong <i>et al.</i> 2013)	
4	Maserasi	Etanol 95%	-	-	37.5	210,45	90	-	(Melia <i>et al.</i> 2019)	
		Etanol 95%	11.27	30.11	-	-	-	Ekstraksi selama 36 jam	(Kusmayadi <i>et al.</i> 2018)	
		Aseton	10.34	31.02	-	-	-	Ekstraksi selama 36 jam		
		Metanol	10.43	31.70	-	-	-	Ekstraksi selama 48 jam		
		Etanol 95%	-	-	-	5,03	-	-	(Pratiwi <i>et al.</i> 2016)	
		Etil Acetat	-	-	-	41,56	-	-	-	
		Etanol 70%	21.04	277	-	-	-	-	(Andayani 2015)	
		Etanol 95%	-	0.06	-	-	-	-	Ekstraksi selama 2 jam	(Yoswathana 2013)
		Etanol 95%	24.04	-	133.20	14.24	243	-	(Pothitirat <i>et al.</i> 2010)	

No	Metode Ekstraksi	Pelarut	Rendemen (%)	Kadar Xanthone (mg/ g sampel)	Kadar alpha-mangostin (mg/g sampel)	Nilai IC50 (µg/mL)	Total Fenol (mg GAE/g)	Catatan	Sumber
5	Soxhlet	Etanol 95%	38.09	-	21.75	-	-	-	(Lee <i>et al.</i> 2019)
		Etil Acetat	40.36	-	36.65	-	-	-	
		Etanol 70%	28.34	304	-	-	-	-	(Andayani 2015)
		Etanol 70%	-	-	-	1199,85	119.95	-	(Manasathien dan Khanema 2015)
		Etanol 95%	-	0.12	-	-	-	Ekstraksi selama 2 jam	(Yoswathana 2013)
		Etanol 95%	24.45	-	348.20	-	-	-	(Aun <i>et al.</i> 2011)
		Etanol 95%	26.60	-	135.10	14.88	248	-	(Pothitirat <i>et al.</i> 2010)
		Etil Acetat	15.4	-	-	30.01	269.9	-	-
		Aseton	12.0	-	-	33.32	205.2	-	(Zarena dan Sankar 2009)
		Metanol	18.8	-	-	52.62	315.7	-	-
		Etanol 95%	14.8	-	-	69.43	431.	-	-
6	Perkolasi	Etanol 70%	20.10	378	-	-	-	-	(Andayani 2015)
		Etanol 95%	24.81	-	127.10	15.07	224	-	(Pothitirat <i>et al.</i> 2010)
7	Sealed tube extraction	-	-	-	26	-	-	Penambahan Natural Deep Eutectic Solvents (NADES)	(Mulia <i>et al.</i> 2015)

No	Metode Ekstraksi	Pelarut	Rendemen (%)	Kadar Xanthone (mg/ g sampel)	Kadar alpha-mangostin (mg/g sampel)	Nilai IC50 (µg/mL)	Total Fenol (mg GAE/g)	Catatan	Sumber
8	Continuous extraction	Etanol 95%	24.33	-	0.93	-	-	-	(Limphapayom <i>et al.</i> 2017)
		Metanol	22.8	-	1.08	-	-	-	
		Etil Acetat	10.36	-	0.78	-	-	-	
9	Microwave-assisted extraction (MAE)	Air destilasi	19.43	45.01	-	-	39.54	-	(Hiew <i>et al.</i> 2021)
		Etanol 71%	-	-	-	-	320.31	Dari Hasil RSM	(Mohammad <i>et al.</i> 2019)
		Etil Acetat	-	-	121.01	20.64	368	Dari Hasil RSM	(Ghasemzadeh <i>et al.</i> 2018)
		Etanol 95%	17.09	-	497.90	-	-	-	(Aun <i>et al.</i> 2011)
10	Supercritical carbon dioxide extraction	-	17.55	-	92.49	-	-	Penambahan VCO 20%	(Lee <i>et al.</i> 2019)
		-	-	-	587	-	-	-	(Hamid <i>et al.</i> 2018)
		-	39.90	-	-	-	220	Pimediaasi dengan hidrotermal	(Chhouk <i>et al.</i> 2016)
		Etanol 5%	15.14	752.90	510.90	-	-	-	(Zarena <i>et al.</i> 2012)
		-	7.56	659.30	430.40	-	-	-	(Zarena dan Sankar 2011)
11	Subcritical water treatment	-	-	24.87	-	-	179.54	Penambahan 30 % deep eutectic solvent addition	(Machmudah <i>et al.</i> 2018)
12	Ultrasonic Assisted	Metanol	-	0.59	-	-	-	-	(Suryono <i>et al.</i> 2019)



No	Metode Esktraksi	Pelarut	Rendemen (%)	Kadar Xanthone (mg/ g sampel)	Kadar alpha- mangostin (mg/g sampel)	Nilai IC50 ( $\mu$ g/mL)	Total Fenol (mg GAE/g)	Catatan	Sumber
	Extraction (UAE)		-	-	-	-	245.78	-	(Cheok <i>et al.</i> 2013)
		Etanol 95%	-	0.18	-	-	-	Waktu ekstraksi selama 30 menit	(Yoswathana 2013)
		Etanol 95%	25.75	-	101.40	19.25	207	-	(Pothitirat <i>et al.</i> 2010)

## Simpulan

Metode ekstraksi dapat dilakukan dengan metode konvensional dan non-konvensional. Metode konvensional adalah metode sederhana yang sering dan mudah digunakan, tetapi membutuhkan banyak pelarut, waktu ekstraksi lama, rendemen sedikit dan dapat menyebabkan senyawa termolabil terdegradasi. Metode non-konvensional adalah metode modern yang memiliki beberapa keunggulan, yaitu rendemen tinggi, waktu ekstraksi cepat, dan pelarut yang digunakan lebih sedikit, tetapi membutuhkan biaya ekstraksi yang mahal. Metode konvensional antara lain metode maserasi, refluks, perkolasi dan soxhletasi. Metode non-konvensional antara lain super critical fluid extraction (SFC), ultrasonic assisted extraction (UAE) dan microwave assisted extraction (MAE). Penggunaan metode non-konvensional atau modern memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional. Metode ekstraksi soxhlet dan maserasi adalah metode yang paling banyak digunakan pada ekstraksi kulit manggis. Perbedaan metode ekstraksi berpengaruh terhadap rendemen, total xanthone, alpha-mangosteen, total fenol dan nilai IC50.

## Daftar Pustaka

- Abuzaid A, Iskandar E, Kurniati N, Adnyana I. 2016. Preventive effect on obesity of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp ethanolic extract by reduction of fatty acid synthase level in monosodium glutamate and high-calorie diet-induced male wistar rats. *Asian J Pharm Clin Res*. 9(3):257–260. doi:10.1038/ejcn.2015.89.
- Ahmad J, Langrish TAG. 2012. Optimisation of total phenolic acids extraction from mandarin peels using microwave energy: The importance of the Maillard reaction. *J Food Eng*. 109(1):162–174. doi:10.1016/J.JFOODENG.2011.09.017.
- Aizat WM, Jamil IN, Ahmad-Hashim FH, Noor NM. 2019. Recent updates on metabolite composition and medicinal benefits of mangosteen plant. *PeerJ*. 7. doi:10.7717/peerj.6324.
- Andayani R. 2015. Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Kadar Xanton Total dalam Ekstrak Kulit Buah Manggis Matang (*Garcinia mangostana* L.) dengan Metode Spektrofotometri Ultraviolet. Di dalam: *Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik 5*. Padang. hlm 353–361.
- Asgarpanah J, Ramezanloo F. 2012. Chemistry, pharmacology and medicinal properties of *Peganum harmala* L. *undefined*. 6(22). doi:10.5897/AJPP11.876.
- Aun WS, Assawarachan R, Noomhorm A. 2011 Jun. The Influence of Drying Temperature and Extraction Methods on  $\alpha$ -Mangostin in Mangosteen Pericarp. *J Food Sci Eng.*, siap terbit.
- Azmin SNHM, Manan ZA, Alwi SRW, Chua LS, Mustaffa AA, Yunus NA. 2016. Herbal processing and extraction technologies. *Sep Purif Rev*. 45(4):305–320. doi:10.1080/15422119.2016.1145395.
- Badan Pusat Statistik [BPS]. 2018. Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia 2018. Jakarta.
- Bagherian H, Zokaee Ashtiani F, Fouladitajar A, Mohtashamy M. 2011. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chem Eng Process Process Intensif*. 50(11–12):1237–1243. doi:10.1016/J.CEP.2011.08.002.
- Brunner BR, Morales-Payan JP. 2010. Soils, plant growth and crop production: mangosteen and rambutan. In: *Encyclopedia of Life Support Systems*. Paris.

- Buanasari B, Eden WT, Sholichah AI. 2017. Extraction of phenolic compounds from petai leaves (*Parkia speciosa* Hassk.) Using microwave and ultrasound assisted methods. *J Bahan Alam Terbarukan*. 6(1):25–31. doi:10.15294/JBAT.V6I1.7793.
- Cheok CY, Chin NL, Yusof YA, Talib RA, Law CL. 2013. Optimization of total monomeric anthocyanin (TMA) and total phenolic content (TPC) extractions from mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) hull using ultrasonic treatments. *Ind Crops Prod*. 50:1–7. doi:10.1016/J.INDCROP.2013.07.024.
- Chhouk K, Quitain AT, Gaspillo PAD, Maridable JB, Sasaki M, Shimoyama Y, Goto M. 2016. Supercritical carbon dioxide-mediated hydrothermal extraction of bioactive compounds from *Garcinia mangostana* pericarp. *J Supercrit Fluids*. 110:167–175. doi:10.1016/J.SUPFLU.2015.11.016.
- Chin Y-W, Kinghorn AD. 2008. Structural Characterization, Biological Effects, and Synthetic Studies on Xanthones from Mangosteen (*Garcinia mangostana*), a Popular Botanical Dietary Supplement. *Mini Rev Org Chem*. 5(4):355. doi:10.2174/157019308786242223.
- Chin YW, Jung HA, Chai H, Keller WJ, Kinghorn AD. 2008. Xanthones with quinone reductase-inducing activity from the fruits of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). *Phytochemistry*. 69(3):754–758. doi:10.1016/J.PHYTOCHEM.2007.09.023.
- Damayanti A, Fitriana AF. 2012. Pemungutan minyak atsiri mawar (Rose oil) dengan metode maserasi. *J Bahan Alam Terbarukan*. 1(2):1–1. doi:10.15294/JBAT.V1I2.2543.
- Daniels KD, Park M, Huang Z, Jia A, Flores GS, Lee HK, Snyder SA. 2020. A review of extraction methods for the analysis of pharmaceuticals in environmental waters. <https://doi.org/10.1080/1064338920191705723>. 50(21):2271–2299. doi:10.1080/10643389.2019.1705723.
- Danlami JM, Arsad A, Zaini MAA, Sulaiman H. 2014. A comparative study of various oil extraction techniques from plants. *Rev Chem Eng*. 30(6):605–626. doi:10.1515/REVCE-2013-0038.
- Desai M, Parikh J, Parikh PA. 2010. Extraction of Natural Products Using Microwaves as a Heat Source. <http://dx.doi.org/10.1080/15422111003662320>. 39(1–2):1–32. doi:10.1080/15422111003662320.
- Entezari MH, Nazari SH, Haddad Khodaparast MH. 2004. The direct effect of ultrasound on the extraction of date syrup and its micro-organisms. *Ultrason Sonochem*. 11(6):379–384. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2003.10.005.
- Failla ML, Gutiérrez FO. 2017. Mangosteen Xanthones: Bioavailability and Bioactivities. Di dalam: *Fruit and Vegetable Phytochemicals*. Volume ke-1. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. hlm 165–182.
- Ghasemzadeh A, Jaafar HZE, Baghdadi A, Tayebi-Meigooni A. 2018. Alpha-Mangostin-Rich Extracts from Mangosteen Pericarp: Optimization of Green Extraction Protocol and Evaluation of Biological Activity. *Molecules*. 23(8). doi:10.3390/MOLECULES23081852.
- Guo H, Ma S, Wang X, Ren E, Li Y. 2012. Microwave-Assisted Extraction of Chlorophyll from Filter Mud of Sugarcane Mill and Component Analysis. *Adv Mater Res*. 518–523:430–435. doi:10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.518-523.430.
- Hamid MA, Bakar AN, Park SC, Ramli F, Wan R. 2018. Optimisation of Alpha Mangostin Extraction Using Supercritical CO<sub>2</sub> from *Garcinia mangostana*. *Chem Eng Trans*. 63:577–582. doi:10.3303/CET1863097.
- Hiew C-W, Lee L-J, Junus S, Tan Y-N, Chai T-T, Ee K-Y. 2021 Jul 9. Optimization of microwave-assisted extraction and the effect of microencapsulation on mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) rind extract. *Food Sci Technol*, siap terbit.
- Inoue T, Tsubaki S, Ogawa K, Onishi K, Azuma J ichi. 2010. Isolation of hesperidin from peels of thinned Citrus unshiu fruits by microwave-assisted extraction. *Food Chem*. 123(2):542–547. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2010.04.051.

- Khoddami A, Wilkes MA, Roberts TH. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*. 18(2):2328–2375. doi:10.3390/MOLECULES18022328.
- Kratchanova M, Pavlova E, Panchev I. 2004. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydr Polym*. 2(56):181–185. doi:10.1016/J.CARBPOL.2004.01.009.
- Kusmayadi A, Adriani L, Abun A, Muchtaridi M, Tanuwiria UH. 2018. The effect of solvents and extraction time on total xanthone and antioxidant yields of mangosteen peel (*Garcinia mangostana* L.) extract. *Drug Invent Today*. 10(12):2572–2576.
- Lee WJ, Ng CC, Ng JS, Smith RL, Kok SL, Hee YY, Lee SY, Tan WK, Zainal Abidin NH, Halim Lim SA, *et al.* 2019. Supercritical carbon dioxide extraction of  $\alpha$ -mangostin from mangosteen pericarp with virgin coconut oil as co-extractant and in-vitro bio-accessibility measurement. *Process Biochem*. 87:213–220. doi:10.1016/J.PROCBIO.2019.09.009.
- Limphapayom W, Satayawut K, Wattanavichit W, Pisalwadcharin A, Sukhasem S. 2017. Development of technologies for xanthone powder production from mangosteen. Di dalam: *Acta Horticulturae*. Volume ke-1186. International Society for Horticultural Science. hlm 185–187.
- M'hiri N, Ioannou I, Mihoubi Boudhrioua N, Ghoul M. 2015. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel. *Food Bioprod Process*. 96:161–170. doi:10.1016/J.FBP.2015.07.010.
- Machmudah S, Lestari SD, Widiyastuti, Wahyudiono, Kanda H, Winardi S, Goto M. 2018. Subcritical water extraction enhancement by adding deep eutectic solvent for extracting xanthone from mangosteen pericarps. *J Supercrit Fluids*. 133:615–624. doi:10.1016/J.SUPFLU.2017.06.012.
- Manasathien J, Khanema P. 2015. Antioxidant and cytotoxic activities of mangosteen *garcinia mangostana* pericarp extracts. *Asia-Pacific J Sci Technol*. 20(4):381–392. doi:10.14456/KKURJ.2015.32.
- Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S. 2007. Microwave Assisted Extraction-An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *undefined.*, siap terbit.
- Matra DD, Poerwanto R, Santosa E, Sobir, Higashio H, Anzai H, Inoue E. 2016. Analysis of Allelic Diversity and Genetic Relationships Among Cultivated Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) in Java, Indonesia Using Microsatellite Markers and Morphological Characters. *Trop Plant Biol*. 9(1):29–41. doi:10.1007/s12042-016-9161-8.
- Megawati, Fardhyanti DS, Sediawan WB, Hisyam A. 2019. Kinetics of mace (*Myristicaceae arillus*) essential oil extraction using microwave assisted hydrodistillation: Effect of microwave power. *Ind Crops Prod*. 131:315–322. doi:10.1016/J.INDCROP.2019.01.067.
- Melia S, Novia D, Juliyarsi I, Purwati E. 2019. The characteristics of the pericarp of *garcinia mangostana* (mangosteen) extract as natural antioxidants in rendang. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 287(1). doi:10.1088/1755-1315/287/1/012028.
- Mohammad NA, Abang Zaidel DN, Muhamad II, Abdul Hamid M, Yaakob H, Mohd Jusoh YM. 2019. Optimization of the antioxidant-rich xanthone extract from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp via microwave-assisted extraction. *Heliyon*. 5(10):e02571. doi:10.1016/J.HELİYON.2019.E02571.
- Muhsinin S, Hayati S, Supriadi D. 2016. Isolation Endophytic Bacteria of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Skin Fruit as of *Escherichia coli* Antibacterial. *Indian J Pharm Biol Res*. 4(04):04–09. doi:10.30750/ijpbr.4.4.2.
- Mulia K, Krisanti E, Terahadi F, Putri S. 2015. Selected natural deep eutectic solvents for the extraction of  $\alpha$ -Mangostin from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp. *Int J Technol*. 6(7):1211–1220. doi:10.14716/IJTECH.V6I7.1984.
- Ovalle BM, Eugenio-Pérez D, Pedraza-Chaverri J. 2017. Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.): A comprehensive update. *Food Chem Toxicol*. 109:102–122. doi:10.1016/j.ftc.2017.08.021.

- Palakawong C, Sophanodora P, Toivonen P, Delaquis P. 2013. Optimized extraction and characterization of antimicrobial phenolic compounds from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) cultivation and processing waste. *J Sci Food Agric*. 93(15):3792–3800. doi:10.1002/JSFA.6277.
- Pothitirat W, Chomnawang MT, Supabphol R, Gritsanapan W. 2010. Free radical scavenging and anti-acne activities of mangosteen fruit rind extracts prepared by different extraction methods. *Pharm Biol*. 48(2):182–186. doi:10.3109/13880200903062671.
- Pratiwi L, Fudholi A, Martien R, Pramono S. 2016. Ethanol Extract, Ethyl Acetate Extract, Ethyl Acetate Fraction, and n-Heksan Fraction Mangosteen Peels (*Garcinia mangostana* L.) As Source of Bioactive Substance Free-Radical Scavengers. *JPSCR J Pharm Sci Clin Res*. 1(2):82. doi:10.20961/JPSCR.V1I2.1936.
- Rombaut N, Tixier AS, Bily A, Chemat F. 2014. Green extraction processes of natural products as tools for biorefinery. *Biofuels, Bioprod Biorefining*. 8(4):530–544. doi:10.1002/BBB.1486.
- Sa`adah H, Nurhasnawati H, Permatasari V. 2017. Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Kadar Flavonoid Ekstrak Etanol Umbi Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia*(L.)Merr) dengan Metode Spektrofotometri . *Borneo J Pharmascientech*. 1(1). [diakses 2022 Feb 12]. <http://jurnalstikesborneolestari.ac.id/index.php/borneo/article/view/46>.
- Shirsath SR, Sonawane SH, Gogate PR. 2012. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations—A review of current status. *Chem Eng Process Process Intensif*. 53:10–23. doi:10.1016/J.CEP.2012.01.003.
- Sravan KP, Akila C, Vinaya B, Dinesh BJ. 2020. Variation of the antioxidant activity with the extraction method and solvent selection. *Int Res J Pharm Appl Sci*. 10(4):39–42. doi:10.26452/IRJPAS.V10I4.1383.
- Sungpud C, Panpipat W, Sae-Yoon A, Chaijan M. 2020. Polyphenol extraction from mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn) pericarp by bio-based solvents. *Int Food Res J*. 27(1):111–120.
- Suryono S, Hadiyanto H, Yasin M, Widyowati R, Muniroh M, Amalia A. 2019. Effect of frequency, temperature, and time of sonication on xanton content of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) peel extract through ultrasound assisted extraction. *E3S Web Conf*. 125:25006. doi:10.1051/E3SCONF/201912525006.
- Suttirak W, Manurakchinakorn S. 2014. In vitro antioxidant properties of mangosteen peel extract. *J Food Sci Technol*. 51(12):3546–3558. doi:10.1007/s13197-012-0887-5.
- Syah M. 2009. Teknologi Pengendalian Getah Kuning pada Buah Manggis. . Jakarta: Puslitbanghorti.
- Tjahjani S, Widowati W, Khiong K, Suhendra A, Tjokropranoto R. 2014. Antioxidant Properties of *Garcinia Mangostana* L (Mangosteen) Rind. *Procedia Chem*. 13:198–203. doi:10.1016/J.PROCHE.2014.12.027.
- Widowati W, Darsono L, Suherman J, Yelliantty Y, Maesaroh M. 2014 Nov. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Analysis, Antioxidant, Antiaggregation of Mangosteen Peel Extract (*Garcinia mangostana* L.). *Int J Biosci Biochem Bioinforma.*, siap terbit.
- Wittenauer J, Falk S, Schweiggert-Weisz U, Carle R. 2012. Characterisation and quantification of xanthenes from the aril and pericarp of mangosteens (*Garcinia mangostana* L.) and a mangosteen containing functional beverage by HPLC-DAD-MS n. *Food Chem*. 134(1):445–452. doi:10.1016/j.foodchem.2012.02.094.
- Yoswathana N. 2013. Accelerated extraction of Xanthone from Mangosteen pericarp using ultrasonic technique. *African J Pharm Pharmacol*. 7(6):302–30. doi:10.5897/AJPP12.1135.
- Zarena AS, Sachindra NM, Udaya Sankar K. 2012. Optimisation of ethanol modified supercritical carbon dioxide on the extract yield and antioxidant activity from

- Garcinia mangostana L. *Food Chem.* 130(1):203–208. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2011.07.007.
- Zarena AS, Sankar kadimi udaya. 2011. Xanthonen enriched extracts from mangosteen pericarp obtained by supercritical carbon dioxide process. *Sep Purif Technol.* 80(1):172–178. doi:10.1016/J.SEPPUR.2011.04.027.
- Zarena Arasali Sulaiman, Sankar KU. 2009. A study of antioxidant properties from Garcinia mangostana L. pericarp extract. *Acta Sci Pol Technol.* 8(1):23–34.
- Zarena A. S., Sankar KU. 2009. Screening of xanthone from mangosteen (Garcinia mangostana L.) peels and their effect on cytochrome c reductase and phosphomolybdenum activity.
- Zhang Q-W, Lin L-G, Ye W-C. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chin Med.* 13:20. doi:10.1186/s13020-018-0177-x.
- Zhang QW, Lin LG, Ye WC. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Med (United Kingdom).* 13(1):1–26. doi:10.1186/S13020-018-0177-X/FIGURES/13.