

Autentikasi *G. mangostana* terhadap Adulterasi *G. tinctoria* dengan Metode Spectrofotometri UV-VIS Kombinasi Khemometrik

Samsul Hadi^{1),*}, Kunti Nastiti²⁾

¹⁾Prodi Farmasi, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

²⁾Prodi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Sari Mulia, Banjarmasin, Kalimantan Selatan

*samsul.hadi@ulm.ac.id

Abstrak: *G. mangostana* telah banyak dilakukan penelitian mengenai bagian pericarp buah. Uji aktivitas yang telah dilakukan mulai dari ekstrak, fraksi sampai ditemukan senyawa aktif. Berbagai macam uji untuk membuktikan khasiat *Garcinia mangostana* telah dilakukan baik secara insilico, invitro atau invivo. Sehingga untuk menjaga kualitas dari *G. mangostana* terhadap resiko tercampurnya dengan spesies lain, maka diperlukan penelitian autentikasi *G. mangostana* terhadap *G. tinctoria*. Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini dengan melihat data spektrum UV-VIS dari berbagai komposisi sampel dikombinasikan dengan kemometrik menggunakan PLS. Hasilnya didapatkan dua daerah panjang gelombang yaitu 249.71-223.87 nm dan 300.2-266.73 nm. Pada 249.71-223.87 nm derivatisasi pertama diperoleh RMSEC 2,25; R² 0.9978; RMSEP 4,1; R²0.9945; RMSECV 11,6; R²; 0,9469. Pada 300.2-266.73 nm normal diperoleh RMSEC 0,941; R² 0,9996; RMSEP 2,64; R² 0.9971; RMSECV 18,7; R² 0,8736. Sehingga dari kedua daerah panjang gelombang tersebut model normal 300.2-266.73 nm merupakan model terbaik untuk autentikasi *G. mangostana* ketika tercampur dengan *G. tinctoria*.

Kata Kunci: Autentikasi, *G. Mangostana*, *G. Tinctoria*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi keanekaragamann hayati peringkat kedua didunia pada bagian daratan (Handoko, 2020), sehingga potensi yang besar ini dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan industri pada umumnya dan industri obat tradisional pada khususnya. Salah satu tanaman yang memiliki keanekaragaman yang banyak adalah genus *garcinia*. Genus *garcinia* ini memiliki berbagaimacam spesies yaitu *Garcinia mangostana* (manggis) dan *Garcinia tinctura* (asam kandis).

G. magostana ini tersebar didearah tropis seperti Indonesia, Malaysia, Filipina, India, Thailand, tanaman ini dapat tumbuh sampai 25 m, akan tetapi memiliki perkembangan yang lambat (Ibrahim et al., 2016; Morton, 2013). *G. mangostana* (manggis) merupakan buah berwarna putih dengan pericarp berwarna merah keunguan, rasa dari buah ini adalah asam sedikit manis (Jung et al., 2006).

G. Mangostana memiliki aktivitas bermacam macam yaitu bagian pericarp buah dapat menurunkan kolesterol darah dan malondialdehid (lipid peroksidase) pada mencit model diabetes militus tipe 2 (Husen et al., 2017). Bagian pericarp digunakan dalam mengobati infeksi kulit, penyemubuhan luka dan diare (Moongkarndi et al., 2004). Ekstrak etanol dari pericarp buah (50, 100, dan 200 mg/kg po) pada tikus diabetes tidak hanya menunjukkan efek hipoglikemik dengan meningkatkan jumlah sel pankreas, tetapi juga berkurang trigliserida serum, dan lipoprotein densitas sangat rendah (LDL dan VLDL), serum glutamat oksaloasetat dan piruvat transaminase (SGOT, SGPT), urea dan kreatinin, disisi lain juga meningkatkan HDL dan protein total (Taher et al., 2016). Pemberian pada tikus diabetes (200 mg / kg dalam waktu 8 minggu) menunjukkan signifikan efek hipoglikemik dan insulinotropik, menurun hemoglobin glikolat plasma; penurunan serum dan kolesterol trigliserida (Jariyapongskul et al., 2015). Berbagai bagian tanaman memiliki kemampuan sebagai anti-acne (Asasutjarit et al., 2014). Bagian pericarp memiliki kemampuan antiinflamasi baik secara invitro yaitu pada sel RAW 264.7 yang diinduksi oleh LPS, dengan mekanisme menghinibisi produksi PGE2 dan cytokine (TNF- α and IL-6); sedangkan secara invivo yaitu dengan menginduksi caragenen pada peritoneal mampu mencegah migrasi leukosit, khususnya neutrophil (Syam et al., 2014). Bagian pericarp secara invivo juga

mempunyai kemampuan terhadap mencit model alzeimer transgenic yaitu *neuroprotective*, antioksidatif, dan antiinflamasi (Huang et al., 2014). α -mangostana menginduksi efek perlindungan pada jantung pascaiskemik yang terkait dengan pencegahan stres oksidatif sekunder akibat cedera reperfusi (Buelna-Chontal et al., 2011). xanthone mengurangi neurotoksisitas yang diinduksi Pb yaitu , dengan menekan kerusakan oksidatif dan mengembalikan aktivitas AChE sehingga dapat mencegah kehilangan memori (Phyu & Tangpong, 2014). perlakuan α dan β mangostin dapat mengurangi gangguan asma dan migrasi sel pertahanan ke dalam saluran napas, hiperresponsif saluran napas, dan up regulasi sitokin Th2. Dimping itu , juga menurunkan NF- κ B, fosforilasi Akt dan PI3K, , sehingga dua senyawa ini berpotensi terapeutik asma karena alergi (Jang et al., 2012). γ -mangostana secara signifikan memperbaiki peningkatan ROS, depolarisasi membran mitokondria dan morfologi inti sel HL-7702 yang di induksi oleh t-BHP, sehingga dapat meningkatkan glutamat oksaloasetat transaminase dan glutamat piruvat transaminase, disamping itu juga meningkatkan kadar superoksida dismutase dan mengurangi glutathione, pada akhirnya dapat mengurangi stres oksidatif (A. Wang et al., 2015). Bagian pericarp juga berperan dalam anti-adipogenesis sehingga dapat membantu menurunkan berat badan (Liu et al., 2015)

Senyawa yang telah ditemukan adalah Golongan xanthon seperti α - , β dan γ -mangostin (M.-H. Wang et al., 2017), 1-isomangostin, mangostanol, 3-isomangostin, mangostanin dan mangostinone (Walker, 2007), manganon C, D dan E (Suksamrarn et al., 2006), 1,2-dihydro-1,8,10-trihydroxy-2- (2-hydroxypropane-2-yl) -9- (3-methylbut-2-enil) furo [3,2-a] xanthen-11-one ; 6-deoxy-7-demethylmangostanin (Chin et al., 2008).

G. tinctoria (asam kandis) merupakan buah endemik yang hidup di asia tenggara, Buah dari *G. tintura* jarang dimanfaatkan untuk kegiatan perekonomian, akan tetapi memiliki manfaat dalam berbagai obat tradisional seperti penyakit empedu, diare, disentri, obat cacing, kardiotonik, alexipharmic, dan sebagai tonik untuk meningkatkan nafsu makan (Hong & Blackmore, 2015). Berbagai senyawa xanthon telah ditemukan yaitu symphoxanthone (ZHONG et al., 2009), jacarelhperols B (Jin et al., 2019), garcinenones Y (Ji et al., 2012), 3,4-dihydro-3,6,7,11-tetrahydroxy-8,9-di-(3-methyl-2-butenyl)-2,2-dimethyl-pyrano-[2,3-c]xanthone (Chen et al., 2011), dan 7-geranyl-1,3,5,6-tetrahydroxy-8-(3-menthyl-2-butenyl)xanthone (Jantan & Saputri, 2012).

Berdasarkan uraian diatas, *G.mangosatanana* memiliki kandungan senyawa yang beraneka ragam dan telah teruji aktivitasnya, sehingga untuk menjaga kualitas bahan baku diperlukan penelitian autentikasi agar tidak terjadi pemalsuan oleh spesies lain contohnya *G. tinctoria*. Sejauh peneliti yang ketahui belum ada penelitian mengenai autentikasi *G.mangosatanana*, sehingga diperlukan pengembangan metode autentikasi *G. mangosatanana* dengan metode spektrofotometri UV-vis.

2. METODE

Perlengkapan

Peralatan yang dipergunakan berupa alat alat gelas, micropipette 10-100 μ L dan spektrofotometri UV-VIS. Bahan yang dipergunakan adalah pericarp *G. mangostana*, *G. tintura*, etanol 96 % dan metanol p.a

Cara kerja

Metode ekstraksi genus *garcinia* dimulai dengan menimbang simplisia 10 gram dan ditambahkan etanol 1 liter. Ekstrak kental yang diperoleh kemudian ditimbang 10 mg di larutkan dengan metanol p.a 10 ml. larutan stok ini di gunakan sebagai larutan induk dan dibuat berbagai macam perbandingan dalam sampel. Komposisi *G.mangostana* dalam sampel yang akan dilakukan pengukuran adalah 0;35;55;75;100 %. Panjang gelombang yang digunakan adalah 200-400nm.

Analisis data

Data yang diperoleh berupa panjang gelombang, absorbansi dari % komposisi tiap pembacaan. Sebagai variabel bebas adalah panjang gelombang dan absobansi dan variabel tergantung adalah % komposisi. Metode yang digunakan untuk menghubungkan variabel X dan variabel Y menggunakan Partial Least Square regression (PLSR).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum *G. mangostana* dan *G. tinctoria*

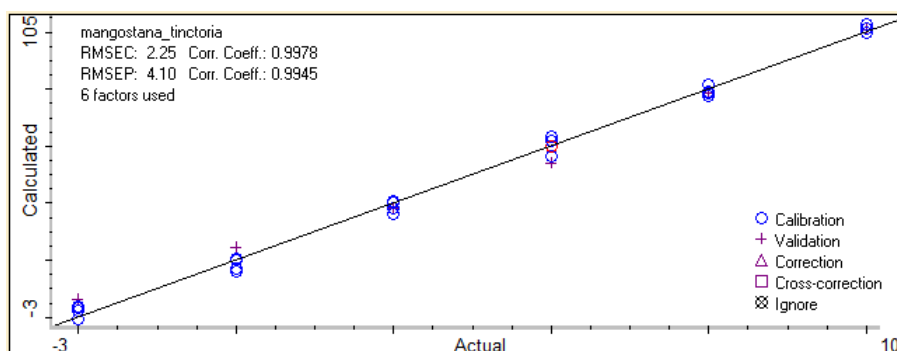
Ekstrak kental *G. mangostana* dan *G. tinctoria* yang diperoleh kemudian dilakukan preparasi sebelum dilakukan pembacaan dengan spektrofotometri. Preparasi sampel ini dimulai sampel ekstrak dilarutkan dengan metanol p.a dan dilakukan sonifikasi, tujuan sonifikasi ini untuk mencegah adanya sampel yang kurang larut terhadap metanol p.a, setelah dilakukan sonifikasi kemudian sampel di filtrasi menggunakan kertas saring, sehingga sampel yang tidak larut akan tertahan diatas dan resiko terjadinya *scattering* lebih rendah (V González de Peredo et al., 2019). Sampel hasil filtrasi kemudian dibaca absorbansinya dengan panjang gelombang 200-400 nm untuk melihat model komposisi metabolitme dari ekstrak. Pola spektrum yang dihasilkan merepresentasikan metabolitme dari *G. mangostana* dan *G. tinctoria* (Rafi et al., 2021).

Autentikasi *G. mangostana* terhadap *G. tinctoria*

Untuk membuat model autentikasi perlu dilakukan pencampuran *G. mangostana* dan *G. tincture* dalam penelitian ini adalah 0;35;55;75;100 %, sehingga dari pencampuran ini terdapat 100% *G. mangostana* dan yang lain adalah aduturasi dari *G. mangostana*. Dikarenakan diskriptor yang digunakan banyak maka diperlukan khemometrik untuk membantu membaca dan mengelompokkan data yang ada (Dang & Marini, 2019). Khemometrik yang diipergunakan adalah PLSR. PLSR merupakan salah satu metode pengelompokkan data tanpa melihat normalitas dari distribusi data, sehingga dapat digunakan secara langsung (Sharifi, 2016). Motode PLSR membuat jembatan antara variabel X dan variabel Y dengan algoritma kuadrat terendah. Metode ini digunakan pada compuran yang tidak sederhana karena memiliki keunggulan dapat menganalisa komponen dalam matrik campuran dalam waktu cepat dan bersamaan (Maggio et al., 2013). Kisaran pajang gelombang yng digunakan dalam penelitian ini adalah 200 -400 nm, karena panjang gelombang diatas 400 nilai absorbansi yang didapatkan lebih rendah dari 0,05 sehingga data yang dihasilkan tidak dapat untuk diidentifikasi (Barbosa-García et al., 2007; Wypych, 2015). Pemrosesan data PLSR meliputi tiga hal yaitu normal, derivatisasi pertama dan derivatisasi kedua, sehingga hasil yang diperleh berupa nilai RMSE dan R² dari kaliberasi, prediksi dan *Cross-validation*. Dari pemrosean data tersebut dihasilkan nilai yang beragam pada panjang gelombang 249.71-223.87 nm model derivatasi pertama merupakan model yang terbaik diantara model yang lainnya di tabel 1, akan tetapi dengan lamda 300.2-266.73 nm model normal merupakan model yang terbaik tabel 2.

Tabel 1. PLSR dengan panjang gelombang 249.71-223.87 nm

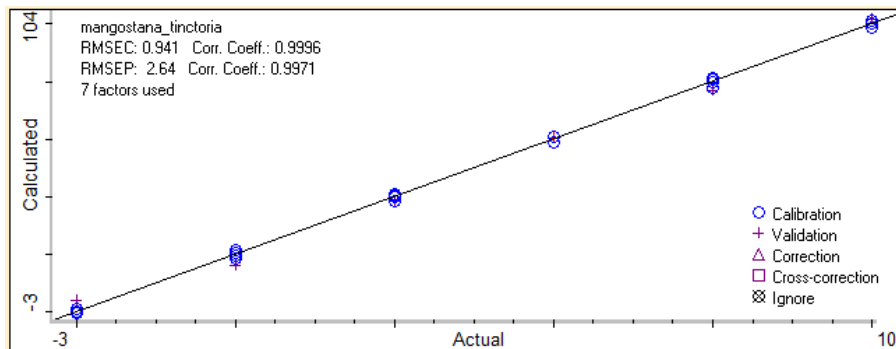
Model	Kaliberasi		Prediksi		Cross-validation	
	RMSEC	R ²	RMSEP	R ²	RMSECV	R ²
Normal	1.36	0.9992	5.45	0.9913	15.3	0.9133
1 st	2.25	0.9978	4.1	0.9945	11.6	0.9469
2 st	3.32	0.9953	6.63	0.984	9.31	0.9666



Gambar 1. Regresi derivatisasi 1 berbagai macam perbandingan *G.mangostana* dan *G. tinctoria* dengan panjang gelombang 249.71-223.87 nm

Tabel 2. PLSR dengan panjang gelombang 300.2-266.73 nm

Model	Kaliberasi		Prediksi		Cross-validation	
	RMSEC	R ²	RMSEP	R ²	RMSECV	R ²
Normal	0.941	0.9996	2.64	0.9971	18.7	0.8736
1 st	6.72	0.9805	7.08	0.9783	13.2	0.9258
2 st	4.05	0.9929	24.3	0.8058	17.1	0.8671

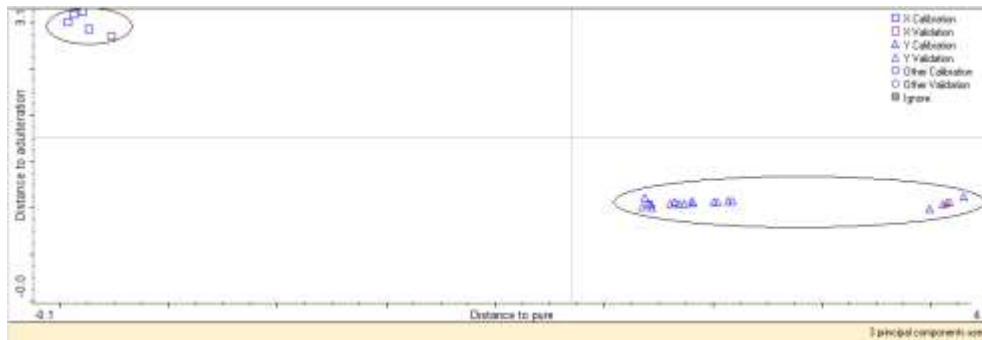


Gambar 2. Regresi normal berbagai macam perbandingan *G.mangostana* dan *G. tinctoria* dengan panjang gelombang 300.2-266.73 nm

Kaliberasi PLSR nilainya dilihat dari nilai R² dan RMSEC. Nilai R² menggambarkan hubungan yang baik antara variabel bebas dan variabel tergantung, RMSEC merupakan variasi nilai yang diperoleh pada PLS terhadap nilai aktualnya (Breerton, 2000). Kaliberasi model PLS dinyatakan baik jika nilai R² mendekati satu dan nilai RMSEC mendekati nilai nol.

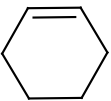
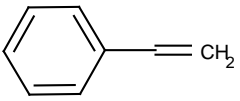
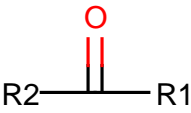
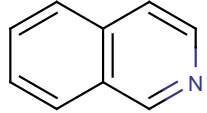
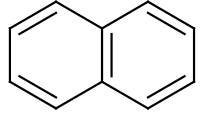
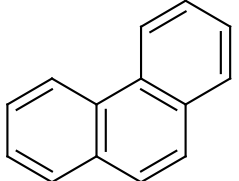
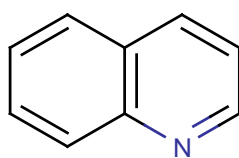
Pada Lamda 249.71-223.87 nm model derivatisasi pertama dan 300.2-266.73 nm model normal perolehan kaliberasi menunjukkan nilai R² diatas 0,99 (Putri et al., 2019) dan nilai RMEC dibawah tiga sehingga model kaliberasi ini dapat membedakan *G. mangostana* baik secara kualitatif ataupun kuantitatif (dalam %) ketika sampel itu tercampur *G. tintura* baik absorbansi rendah ataupun tinggi pada rentang tersebut (Rafi et al., 2021) gambar 1 dan 2.

Kaliberasi yang telah diperoleh dipergunakan untuk memprediksi ada tidaknya campuran pemalsu (*G. tintura*) yang terdapat pada sampel yang diuji. Prediksi ini dilakukan dengan tiap kelompok konsentrasi sampel diberlakukan sebagai validasi, nilai prediksi ini dinyatakan dengan R² dan RMSEP. R² menyatakan proporsi dari keberagaman nilai variabel Y yang bisa dijelaskan oleh variabel X pada model yang dipakai, RMSEP merupakan nilai residual yang menyatakan keakuratan model yang dibangun. Nilai RMSEP yang baik adalah nol, nilai semakin rendah menyatakan perbedaan nilai hasil prediksi model dengan nilai sebenarnya rendah. Keberhasilan dari model prediksi ini dinyatakan dengan nilai R² mendekati nilai 1 dan RMSEP rendah, sehingga hubungan nilai sebenarnya dengan nilai prediksi tinggi (Rohman & Che Man, 2011) akan tetapi dalam penelitian ini nilai RMSEP 249.71-223.87 nm diatas tiga, sehingga kurang bagus untuk memprediksi adanya campuran *G.tintura* secara kuantitaitif, akan tetapi mampu membedakan secara kualitatif sedangkan pada panjang gelombang 300.2-266.73 nm mempunyai nilai R² diatas 0,99 dan RMSEP dibawah 3, sehingga mampu membedakan *G. mangostana* dan *G. tinctoria* baik secara kualitatif atau pun kuantiatif dalam persen (Rafi et al., 2021). Pada gambar 3. Menyatakan jarak pengelompokkan antara *G.mangostana* dengan adanya campuran *G.tinctur*, dari gambar ini terlihat jelas jarak antara *G. mangostana* murni dengan kelompok campuran, Gambar 3 ini merupakan teknik deskriminan analisis yaitu pengelompokkan sampel yang telah disupervisi oleh respon, metode ini merupakan metode yang bagus untuk membedakan sampel murni dengan sampel campuran.



Gambar 3. Plot Cooman antar *G. mangostana* dan adulterasi *G. tinctoria*

Tabel 3. Prediksi kromofor panjang gelombang 300.2-266.73 nm (Patnaik, 2004; Williams, 1963)

Struktur	λ_{max} (nm)	Struktur	λ_{max} (nm)
 sikloheksena	295	 fenil asetilena	278
 karbonil	270-285	$R_2 - N = N - R_1$ Azo	azo
 isokuinolin	266	 naftalena	272
 fenantrena	292	 kuinolina	270

Tabel 3 merupakan kromofor yang menempati lamda mak di daerah panjang gelombang tersebut. Dimulai dengan sikloheksana karena tidak ditemukan data mengenai absorptivitas molar, data yang ditemukan berupa 29 Molar. Fenil asetilena memiliki absorptivitas molar 630. Untuk karbonil 30, azo 25. Absorptivitas molar dari sikloheksana, fenilasetilena, karbonil dan azo kurang dari 10000, sehingga nilai absorptivitas ini termasuk dalam transisi yang tidak diperbolehkan (Williams, 1963). Transisi yang diperbolehkan adalah kuinoline absorptivitas molar 37000, naftalena 180.000, fenantrena 14000 dan kuinoline sebesar 3600 (Patnaik, 2004).

4. SIMPULAN

Berdasarkan dua daerah panjang gelombang yang menjadi objek penelitian maka model normal 300.2-266.73 nm merupakan model terbaik untuk autentikasi *G. mangostana* ketika tercampur dengan *G. tinctoria*

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Universitas Lambung Mangkurat

Daftar Pustaka

- Asasutjarit, R., Larpmahawong, P., Fuongfuchat, A., Sareedenchai, V., & Veeranondha, S. (2014). Physicochemical properties and anti-Propionibacterium acnes activity of film-forming solutions containing alpha-mangostin-rich extract. *AAPS PharmSciTech*, 15(2), 306–316. <https://doi.org/10.1208/s12249-013-0057-8>
- Barbosa-García, O., Ramos-Ortiz, G., Maldonado, J. L., Pichardo-Molina, J. L., Meneses-Nava, M. A., Landgrave, J. E. A., & Cervantes-Martínez, J. (2007). UV-vis absorption spectroscopy and multivariate analysis as a method to discriminate tequila. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 66(1), 129–134. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.saa.2006.02.033>
- Brereton, R. G. (2000). Introduction to multivariate calibration in analytical chemistry. *Analyst*, 125(11), 2125–2154. <https://doi.org/10.1039/B003805I>
- Buelna-Chontal, M., Correa, F., Hernández-Reséndiz, S., Zazueta, C., & Pedraza-Chaverri, J. (2011). Protective effect of α -mangostin on cardiac reperfusion damage by attenuation of oxidative stress. *Journal of Medicinal Food*, 14(11), 1370–1374. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0238>
- Chen, Y., Yang, G.-Z., Zhong, F., & He, H. (2011). ChemInform Abstract: Two New Prenylated Xanthenes from the Bark of *Garcinia xanthochymus*. *ChemInform*, 42. <https://doi.org/10.1002/chin.201112204>
- Chin, Y.-W., Jung, H.-A., Chai, H., Keller, W. J., & Kinghorn, A. D. (2008). Xanthenes with quinone reductase-inducing activity from the fruits of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). *Phytochemistry*, 69(3), 754–758. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.09.023>
- Dang, H. V., & Marini, F. (2019). *Chemometrics-based Spectroscopy for Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. Frontiers Media SA. <https://books.google.co.id/books?id=qLWSDwAAQBAJ>
- Handoko, L. T. (2020). Potensi Keanekaragaman Hayati Indonesia untuk Bioprospeksi dan Bioekonomi | Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. In *Lipi*. <http://lipi.go.id/berita/Potensi-Keanekaragaman-Hayati-Indonesia-untuk-Bioprospeksi-dan-Bioekonomi/22154>
- Hong, D. Y., & Blackmore, S. (2015). *Plants of China: A Companion to the Flora of China*. Cambridge University Press. <https://books.google.co.id/books?id=aCw7CQAAQBAJ>
- Huang, H.-J., Chen, W.-L., Hsieh, R.-H., & Hsieh-Li, H. M. (2014). Multifunctional Effects of Mangosteen Pericarp on Cognition in C57BL/6J and Triple Transgenic Alzheimer's Mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 813672. <https://doi.org/10.1155/2014/813672>
- Husen, S. A., Winarni, D., Khaleyla, F., Kalqutny, S. H., & Ansori, A. N. M. (2017). Activity assay of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp extract for decreasing fasting blood cholesterol level and lipid peroxidation in type-2 diabetic mice. *AIP Conference Proceedings*, 1888(1), 20026. <https://doi.org/10.1063/1.5004303>

- Ibrahim, M. Y., Hashim, N. M., Mariod, A. A., Mohan, S., Abdulla, M. A., Abdelwahab, S. I., & Arbab, I. A. (2016). α -Mangostin from *Garcinia mangostana* Linn: An updated review of its pharmacological properties. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(3), 317–329. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.02.011>
- Jang, H.-Y., Kwon, O.-K., Oh, S.-R., Lee, H.-K., Ahn, K.-S., & Chin, Y.-W. (2012). Mangosteen xanthones mitigate ovalbumin-induced airway inflammation in a mouse model of asthma. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 50(11), 4042–4050. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.08.037>
- Jantan, I., & Saputri, F. C. (2012). Benzophenones and xanthones from *Garcinia cantleyana* var. *cantleyana* and their inhibitory activities on human low-density lipoprotein oxidation and platelet aggregation. *Phytochemistry*, 80, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.05.003>
- Jariyapongskul, A., Areebambud, C., Suksamrarn, S., & Mekseepalard, C. (2015). Alpha-mangostin attenuation of hyperglycemia-induced ocular hypoperfusion and blood retinal barrier leakage in the early stage of type 2 diabetes rats. *BioMed Research International*, 2015, 785826. <https://doi.org/10.1155/2015/785826>
- Ji, F., Li, Z., Liu, G., Niu, S., Zhao, N., Liu, X., & Hua, H. (2012). Xanthones with Antiproliferative Effects on Prostate Cancer Cells from the Stem Bark of *Garcinia xanthochymus*. *Natural Product Communications*, 7(1), 1934578X1200700119. <https://doi.org/10.1177/1934578X1200700119>
- Jin, S., Shi, K., Liu, L., Chen, Y., & Yang, G. (2019). Xanthones from the Bark of *Garcinia xanthochymus* and the Mechanism of Induced Apoptosis in Human Hepatocellular Carcinoma HepG2 Cells via the Mitochondrial Pathway. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19). <https://doi.org/10.3390/ijms20194803>
- Jung, H.-A., Su, B.-N., Keller, W. J., Mehta, R. G., & Kinghorn, A. D. (2006). Antioxidant Xanthones from the Pericarp of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2077–2082. <https://doi.org/10.1021/jf052649z>
- Liu, Q.-Y., Wang, Y.-T., & Lin, L.-G. (2015). New insights into the anti-obesity activity of xanthones from *Garcinia mangostana*. *Food & Function*, 6(2), 383–393. <https://doi.org/10.1039/c4fo00758a>
- Maggio, R., Kaufman, T., Del Carlo, M., Cerretani, L., Bendini, A., Cichelli, A., & Compagnone, D. (2013). Monitoring of fatty acid composition in virgin olive oil by Fourier transformed infrared spectroscopy with partial least squares. *Food Chemistry*, 1549–1554. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.029>
- Moongkarndi, P., Kosem, N., Kaslungka, S., Luanratana, O., Pongpan, N., & Neungton, N. (2004). Antiproliferation, antioxidation and induction of apoptosis by *Garcinia mangostana* (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *Journal of Ethnopharmacology*, 90(1), 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.09.048>
- Morton, J. F. (2013). *Fruits of Warm Climates*. Echo Point Books and Media. <https://books.google.co.id/books?id=MjJunQEACAAJ>
- Patnaik, P. (2004). *Dean's Analytical Chemistry Handbook*. McGraw-Hill Education. <https://books.google.co.id/books?id=ISiGBA9ij-QC>
- Phyu, M. P., & Tangpong, J. (2014). Neuroprotective effects of xanthone derivative of *Garcinia mangostana* against lead-induced acetylcholinesterase dysfunction and cognitive impairment. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological*

- Research Association, 70, 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.04.035>
- Putri, A. R., Rohman, A., & Riyanto, S. (2019). Authentication of patin (*pangasius micronemus*) fish oil adulterated with palm oil using ftir spectroscopy combined with chemometrics. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 11(3), 195–199. <https://doi.org/10.22159/ijap.2019v11i3.30947>
- Rafi, M., W, N. S., Wahyuni, W. T., Arif, Z., & Heryanto, R. (2021). Autentikasi Kumis Kucing (*Orthosiphon Aristatus*) Menggunakan Kombinasi Spektrum Ultraviolet-Tampak Dan Partial Least Square Regression. *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharmaceutical Analysis*, 1(2 SE-Original Articles). <https://doi.org/10.22146/ijcpa.890>
- Rohman, A., & Che Man, Y. B. (2011). Application of Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy combined with chemometrics for authentication of cod-liver oil. *Vibrational Spectroscopy*, 55(2), 141–145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2010.10.001>
- Sharifi, A. (2016). *Partial Least Squares-regression (PLS-regression) In Chemometrics*.
- Suksamrarn, S., Komutiban, O., Ratananukul, P., Chimnoi, N., Lartpornmatulee, N., & Suksamrarn, A. (2006). Cytotoxic prenylated xanthenes from the young fruit of *Garcinia mangostana*. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 54(3), 301–305. <https://doi.org/10.1248/cpb.54.301>
- Syam, S., Bustamam, A., Abdullah, R., Sukari, M. A., Hashim, N. M., Mohan, S., Looi, C. Y., Wong, W. F., Yahayu, M. A., & Abdelwahab, S. I. (2014). β Mangostin suppress LPS-induced inflammatory response in RAW 264.7 macrophages in vitro and carrageenan-induced peritonitis in vivo. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(2), 435–445. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.02.051>
- Taher, M., Tg Zakaria, T. M. F. S., Susanti, D., & Zakaria, Z. A. (2016). Hypoglycaemic activity of ethanolic extract of *Garcinia mangostana* Linn. in normoglycaemic and streptozotocin-induced diabetic rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16, 135. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1118-9>
- V González de Peredo, A., Vázquez-Espinosa, M., Espada-Bellido, E., Ferreiro-González, M., Amores-Arrocha, A., Palma, M., F Barbero, G., & Jiménez-Cantizano, A. (2019). Alternative Ultrasound-Assisted Method for the Extraction of the Bioactive Compounds Present in Myrtle (*Myrtus communis* L.). *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(5). <https://doi.org/10.3390/molecules24050882>
- Walker, E. B. (2007). HPLC analysis of selected xanthenes in mangosteen fruit. *Journal of Separation Science*, 30(9), 1229–1234. <https://doi.org/10.1002/jssc.200700024>
- Wang, A., Liu, Q., Ye, Y., Wang, Y., & Lin, L. (2015). Identification of hepatoprotective xanthenes from the pericarps of *Garcinia mangostana*, guided with tert-butyl hydroperoxide induced oxidative injury in HL-7702 cells. *Food & Function*, 6(9), 3013–3021. <https://doi.org/10.1039/C5FO00573F>
- Wang, M.-H., Zhang, K.-J., Gu, Q.-L., Bi, X.-L., & Wang, J.-X. (2017). Pharmacology of mangostins and their derivatives: A comprehensive review. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 15(2), 81–93. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(17\)30024-9](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(17)30024-9)
- Williams, T. R. (1963). Handbook of analytical chemistry (Meites, Louis). *Journal of Chemical Education*, 40(10), 560. <https://doi.org/10.1021/ed040p560.1>
- Wypych, G. (2015). *Handbook of UV Degradation and Stabilization*. Elsevier Science. <https://books.google.co.id/books?id=Kb3uBQAAQBAJ>

ZHONG, F., CHEN, Y., WANG, P., FENG, H., & YANG, G. (2009). Xanthonenes from the Bark of *Garcinia xanthochymus* and Their 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl Radical-Scavenging Activity. *Chinese Journal of Chemistry*, 27(1), 74-80.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cjoc.200990029>