

Kaedah analitikal bagi penentuan kandungan sebatian terbitan quercetin dalam ekstrak kesum

(Analytical method for the determination of quercetin derivatives in kesum extracts)

Mirfat Ahmad Hasan Salahuddin, Rosalizan Md Saleh, Razali Mirad, Mohd Effendi Mohamed Nor, Norma Hussin, Muhammad Faris Mohd Radzi, Zulkefli Abd Rahman, Muhammad Faidhi Towhid dan Saidatul Aqilah Mohamad Yusof

Pengenalan

Kesum (*Persicaria minor* (Huds.) Opiz syn. *Polygonum minus*) (Gambar 1) adalah tumbuhan herba renek beraroma daripada famili Polygonaceae. Ia tumbuh dengan meluas di kawasan panas dan lembap berhampiran parit, sungai, tasik dan sumber air. Tumbuhan ini berasal dari Asia Tenggara seperti Indonesia, Vietnam, Thailand dan Malaysia. Ia juga boleh ditemui di Eropah dan Australia. Nama vernakular kesum adalah berbeza-beza bergantung kepada negara. Nama Inggeris bagi kesum termasuk *small water pepper*, *marsh pepper*, *pygmy smart weeds*, *tear-thumb*, *slender persicaria*, *hot mint*, *Cambodian mint*, *Vietnamese mint* dan *Vietnamese coriander*. Di Thailand, herba ini dikenali sebagai *pakpaw* atau *phakphai*, manakala di Vietnam ia dipanggil *rau ram*. Di Malaysia, Brunei dan Singapura, ia lebih dikenali sebagai daun kesum, cenohom atau laksa.

Secara tradisinya, daun kesum telah digunakan untuk merawat pelbagai penyakit termasuk jangkitan kulat pada kulit, kelemumur, terseliuh, sakit badan, masalah pencernaan (dispepsia), penglihatan yang lemah dan sebagai tonik selepas bersalin. Menurut Sistem Perubatan Tradisional Malaysia, air rebusan daun segar kesum diminum untuk melegakan sakit perut, senak, sembelit dan masalah pencernaan. Daunnya juga boleh dimakan segar sebagai ulam dan popular sebagai penambah perisa makanan. Ini disebabkan oleh aromanya yang kuat dan rasanya tersendiri yang disifatkan sebagai rasa pedas atau berlada dengan sensasi tajam. Selain daunnya yang sering digunakan dalam masakan, minyak pati kesum juga digunakan dalam industri aromaterapi, minyak wangi, perubatan, farmaseutikal dan kosmeseutikal.



Gambar 1. Kesum

Sebatian kimia semula jadi

Kesum mempunyai pelbagai manfaat kesihatan yang kebanyakannya dikaitkan dengan kehadiran pelbagai jenis sebatian kimia semula jadi yang terkandung di dalamnya. Sebatian-sebatian kimia semula jadi yang ditemui ini termasuklah fenolik, flavonoid, calkon, antrakuinon, naftokuinon, seskuiterpenoid, lignan, kumarin dan glikosida stilben. Antara sebatian fenolik dan flavonoid dalam kesum ialah myricetin, quercetin, quercetin-3-O-glucuronide (Q3G), quercetin-3-O-rhamnoside (quercitrin), isoquercetin, isorhamnetin, catechin, rutin apigetrin, astragalinalin dan miquelianin.

Manakala, aroma kesum yang unik disebabkan oleh kandungan sebatian aromatik meruap (72.54%) yang kebanyakannya terdiri daripada seskuiterpena dan aldehid alifatik. Sebanyak 77 jenis sebatian aromatik telah dikenal pasti oleh kromatografi gas-spektrometri jisim atau *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS). Sebatian aldehid alifatik utama yang ditemui dalam daun kesum ialah decanal dan dodecanal. Sebatian meruap lain termasuk 1-decanol, 1-dodecanol, undecanal, tetradecanal, 1-undecanol, nonanal, 1-nonanol dan β -caryophyllene. Kajian saintifik telah membuktikan sebatian-sebatian semula jadi inilah yang menyumbang kepada aktiviti antioksidan, fungsi kognitif, antiradang, antimikrob, antikanser, antivirus, antihiperlipidemik, imunostimulan, gastroprotektif, hepatoprotektif, antidiarea dan antiulser.

Walau bagaimanapun, di Malaysia kesum belum dikaji secara menyeluruh berbanding dengan beberapa tumbuhan herba dan tanaman industri lain yang diberi tumpuan. Generasi masa kini juga kurang berminat untuk menggunakan kesum kerana kurangnya maklumat, kesedaran dan pengetahuan tentang nilai potensi herba ini. Bagi kajian ini, kaedah analitikal bagi penentuan sebatian terbitan quercetin dalam ekstrak kesum menggunakan kromatografi cecair berprestasi tinggi atau *high performance liquid chromatography* (HPLC) telah dibangunkan. Berdasarkan kajian terdahulu, kesum terbukti mengandungi sebatian terbitan quercetin iaitu quercetin-3-O-glucuronide (Q3G) dan quercetin-3-O-rhamnoside (quercitrin) yang merupakan sumber antioksidan yang sangat baik untuk tubuh. Kandungan sebatian kimia ini boleh dipengaruhi oleh pelbagai aktiviti pengendalian lepas tuai dalam proses rantaian penghasilannya seperti kaedah pengeringan. Oleh itu, objektif utama kajian ini adalah untuk menentukan kandungan sebatian Q3G dan quercitrin ekstrak kesum daripada teknik pengeringan yang berbeza menggunakan HPLC. Data yang diperolehi daripada kajian boleh dijadikan garis panduan penggunaannya untuk pembangunan pelbagai produk berfungsi berasaskan kesum berdasarkan sebatian kimianya dan teknik pengeringan yang disyorkan.

Penyediaan sampel

Daun kesum (dituai pada minggu ke-16 selepas ditanam) diperoleh daripada ladang komersial di Bukit Lagong, Selangor. Umur tuaian dan tahap kematangan kesum ini adalah berdasarkan kajian terdahulu. Setibanya di makmal, sampel segar kesum dibasuh dengan air paip untuk menghilangkan sebarang kekotoran, dituskan dan dibiarkan kering di atas rak pengering untuk seketika.

Teknik pengeringan yang berbeza telah dijalankan yang merangkumi pengeringan ketuhar (Mimmert, Jerman) pada suhu 40 °C, 50 °C, 60 °C dan 70 °C, ambien dan sejuk beku menggunakan pengering sejuk beku (Labconco, Amerika Syarikat) (*Gambar 3*). Tempoh pengeringan bergantung kepada teknik yang digunakan iaitu pengeringan ketuhar 40 °C (O40) – 52 jam, 50 °C (O50) – 10.5 jam, 60 °C (O60) – 7 jam dan 70 °C (O70) – 4.5 jam, ambien (AD) – 169 jam dan sejuk beku (FD) – 96 jam. Selepas proses pengeringan (kandungan lembapan sampel pada 8 – 10%), sampel dikisar menjadi serbuk halus menggunakan pengisar mikro (Ika Werke MF 10 Basic, Jerman) bersaiz 0.25 mm. Serbuk yang terhasil dibungkus di dalam beg kerajang aluminium dan disimpan di bilik sejuk (5 °C) sebelum diekstrak.



Gambar 2. (a) Ladang komersial kesum di Bukit Lagong, Selangor, (b) Daun kesum yang dituai berusia 16 minggu, (c) Daun kesum dibasuh dan (d) Sampel dituskan seketika



Gambar 3. (a) Pengeringan ketuhar pada suhu berbeza, (b) Pengeringan pada suhu ambien dan (c) Pengeringan sejuk beku

Pengekstrakan sampel

Pengekstrakan adalah proses pengeluaran atau pengasingan sebatian kimia semula jadi atau sebatian aktif daripada bahagian tisu tumbuhan dengan menggunakan pelarut terpilih dan prosedur pengekstrakan yang bersesuaian. Teknik pengekstrakan dan pemilihan pelarut yang terbaik amat penting bagi menghasilkan ekstrak tumbuhan dengan sebatian kimia yang optimum. Dalam kajian ini, dua jenis pelarut iaitu 70% metanol dan air suling (akues) telah digunakan untuk pengekstrakan memandangkan sebatian terbitan quercetin mempunyai polariti yang berbeza.

Bagi pengekstrakan sampel kesum menggunakan 70% metanol (1:10 b:v), kaedah pengekstrakan berbantuan-sonikasi telah dijalankan menggunakan mesin ultrasonik. Getaran yang terhasil semasa proses pengekstrakan ini boleh memecahkan sel tumbuhan dan meningkatkan luas permukaan dan ketelapan dinding sel tumbuhan terhadap penembusan pelarut. Antara kelebihan kaedah ini berbanding dengan kaedah konvensional yang lain adalah menjimatkan masa, mengurangkan penggunaan sampel dan meminimumkan isi padu pelarut yang digunakan untuk pengekstrakan. Sebanyak 1 g serbuk kesum dicampurkan dengan 10 mL pelarut 70% metanol (1:10 b:v) dan diekstrak menggunakan mesin ultrasonik (JAC Ultrasonic, Korea) yang beroperasi dengan kuasa tinggi (300 W) pada suhu 40 – 50 °C. Pelarut organik metanol adalah pelarut semipolar yang efektif dalam mengekstrak banyak sebatian kimia semula jadi termasuk flavonoid. Selepas satu jam pengekstrakan, campuran ekstrak dipisahkan menggunakan mesin pengempar (Heraeus Multifuge X3R, Jerman) pada kelajuan 10,000 rpm selama 15 minit untuk mengasingkan supernatan daripada sedimen.

Air adalah pelarut polar yang digunakan secara meluas bagi mengekstrak sebatian fenolik dan flavonoid yang mempunyai polariti yang sama. Bagi kajian ini, kaedah refluks telah dijalankan menggunakan sistem Soxhlet (Glas-Col, Amerika Syarikat). Kaedah ini menggunakan suhu tinggi (100 °C) yang berterusan untuk meningkatkan kecekapan pelarut dan mempercepatkan pengekstrakan. Sebanyak 15 g serbuk kesum direndam dalam 150 mL air suling (1:10 b:v) dan diekstrak selama empat jam. Campuran ekstrak yang diperoleh ditapis menggunakan kain

muslin dan kertas turas Whatman No. 1 untuk mengasingkan supernatan daripada sedimen. Ekstrak kemudiannya dipekatkan menggunakan penyejat berputar (Buchi, Switzerland) sebelum dikeringkan menggunakan pengering sejuk beku.



Gambar 4. (a) Pengekstrakan menggunakan mesin ultrasonik, (b) Pengekstrakan menggunakan sistem Soxhlet, (c) Pengasingan supernatan daripada sedimen menggunakan pengempar, (d) Penapisan ekstrak menggunakan kertas turas, (e) Pemekatan ekstrak menggunakan penyejat berputar dan (f) Hasil akhir ekstrak kesum

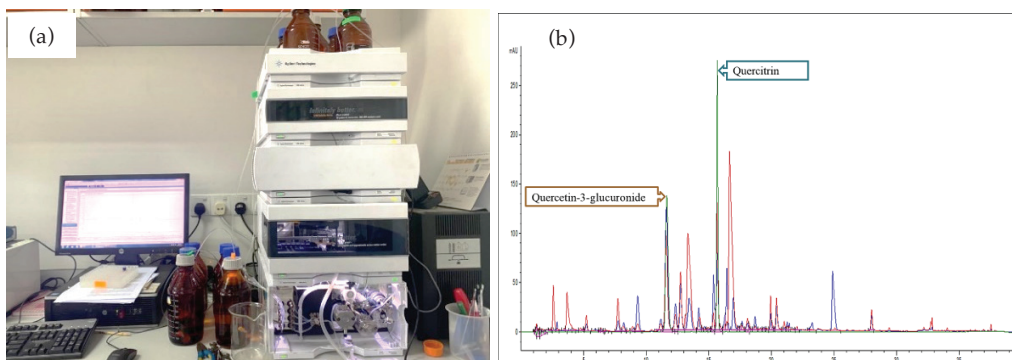
Penyediaan sebatian kimia piawai

Bagi tujuan kuantifikasi sebatian Q3G dan quercitrin di dalam ekstrak kesum, sebatian kimia piawai tersebut diperlukan sebagai sebatian rujukan. Sebatian terbitan quercetin ini dipilih sebagai sebatian penanda kerana ia adalah antara sebatian utama yang ditemui dalam kesum dengan pelbagai aktiviti farmakologi yang dilaporkan. Sebanyak 1 mg sebatian kimia piawai (Sigma Aldrich, Amerika Syarikat) ditimbang dan dilarutkan ke dalam 1 mL pelarut 70% metanol (gred HPLC) bagi menghasilkan stok yang berkepekatan 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Seterusnya, larutan ini dicairkan melalui proses pencairan bersiri bagi menghasilkan sampel pada enam kepekatan larutan piawai yang berbeza. Julat kepekatan larutan piawai yang digunakan ialah 25 – 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ bagi membangunkan lengkung kalibrasi piawai dan membolehkan kandungan sebatian tersebut diukur. Kesemua sampel ini ditapis ke dalam botol *autosampler* dengan menggunakan penapis picagari membran (nilon) bersaiz 0.22 μm dan disimpan beku pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga analisis. Prosedur tapisan yang sama dilakukan terhadap ekstrak-ekstrak kesum yang telah diperolehi sebelum dianalisis menggunakan HPLC.

Analisis HPLC

Bagi mengukur kandungan sebatian kimia spesifik dalam sesuatu ekstrak, HPLC adalah instrumen popular yang boleh digunakan. Teknik pemisahan sebatian menggunakan HPLC ini digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang saintifik termasuk kimia analitik, farmaseutikal, biokimia dan persekitaran. Ia membolehkan pengasingan komponen individu dalam campuran, pengenpastian dan penentuan secara kuantitatif komponen individu dalam campuran dengan ketepatan yang tinggi.

Pengenpastian dan penentuan kandungan Q3G dan quercitrin dijalankan pada instrumen HPLC (Agilent chromatography 1290 Infinity Series) (*Gambar 5*) yang terdiri daripada pam kuaternari, degasser vakum, pengesan *diode array* (DAD), *autosampler* dan turus ketuhar. Sebatian-sebatian ini diasingkan secara kromatografi menggunakan turus jenis XBRIDGE-C18 (150 mm \times 4.6 mm \times 3.5 μm) (Waters, Amerika Syarikat) dan ketuhar turus dikekalkan pada $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kecerunan binari linear air (0.1% asid formik) dan asetonitril (0.1% asid formik) digunakan masing-masing sebagai fasa bergerak A dan B. Semasa analisis dijalankan, komposisi fasa bergerak diubah seperti berikut: 0 min, 11% B; 10 min, 12% B; 30.00 min, 40% B; 35.00 min, 90% B; 37.00 min, 90% B dan 40.00 min, 11% B. Bagi setiap fasa analisis, HPLC ditetapkan ke fasa keseimbangan dengan 11% B untuk tempoh 10 minit sebelum suntikan sampel baharu. Kesemua pelarut yang digunakan adalah daripada gred HPLC. Kadar aliran fasa bergerak ditetapkan pada 1.3 mL/min dan isi padu suntikan ialah 5 μL . Pengesan DAD ditetapkan pada panjang jarak gelombang penyerapan 375 nm untuk mengesan sebatian piawai rujukan. Kromatogram HPLC menunjukkan kehadiran sebatian



Gambar 5. (a) Kuantifikasi sebatian Q3G dan quercitrin menggunakan HPLC dan (b) Profil kromatogram HPLC bagi sebatian Q3G dan quercitrin

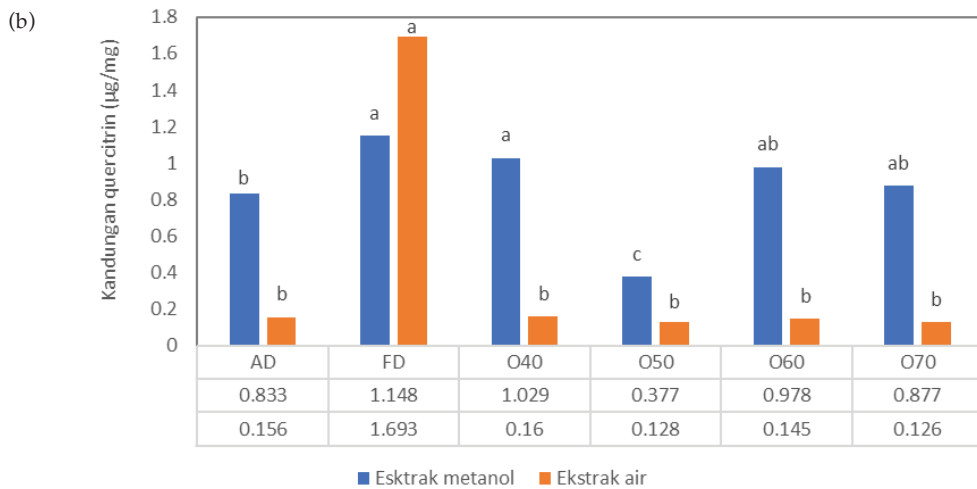
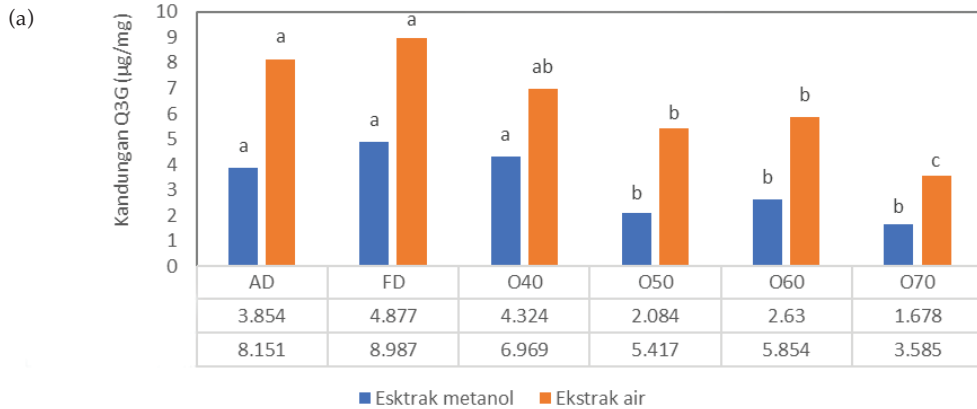
Q3G pada masa tahanan (t_R) 11.9 minit. Manakala, kehadiran quercitrin dikesan pada masa tahanan (t_R) 15.9 minit. Oleh itu, berdasarkan masa tahanan dan lengkung kalibrasi piawai yang diperoleh daripada sebatian piawai ini, kandungan Q3G dan quercitrin di dalam kesemua ekstrak kesum dapat dikenal pasti dan ditentukan.

Kandungan sebatian terbitan quercetin

Rajah 1 menunjukkan perbandingan kandungan sebatian terbitan quercetin dalam ekstrak kesum yang berbeza. Bagi sebatian Q3G [Rajah 1(a)], ekstrak air didapati menunjukkan kandungan yang paling tinggi. Julat kandungan sebatian Q3G yang diuji adalah antara 3.585 – 8.987 $\mu\text{g}/\text{mg}$ dengan sampel yang dikeringkan menggunakan pengering sejuk beku (FD) adalah yang tertinggi (8.987 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Namun begitu, kandungan sebatian Q3G ini adalah tidak berbeza signifikan dengan sampel yang dikeringkan secara ambien (AD) (8.151 $\mu\text{g}/\text{mg}$) dan ketuhar pada suhu 40 °C (O40) (6.969 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Manakala, ekstrak air bagi sampel yang dikeringkan menggunakan ketuhar pada suhu tinggi 70 °C (O70) mencatatkan kandungan Q3G terendah (3.585 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Trend yang sama dapat dilihat bagi ekstrak metanol kesum, di mana kandungan Q3G adalah paling tinggi dalam sampel FD, AD dan O40 (3.854 – 4.877 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Manakala, sampel yang dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C (O50), 60 °C (O60) dan 70 °C (O70) menunjukkan kandungan Q3G paling rendah (1.678 – 2.63 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Kandungan Q3G bagi kesemua sampel ini menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan.

Analisis HPLC bagi penentuan kandungan sebatian quercitrin pula menunjukkan trend yang sedikit berbeza [Rajah 1(b)]. Bagi ekstrak metanol, sampel FD (1.148 $\mu\text{g}/\text{mg}$) dan O40 (1.029 $\mu\text{g}/\text{mg}$) mencatatkan kandungan quercitrin yang paling tinggi. Namun begitu, tiada perbezaan signifikan yang diperhatikan bagi sampel yang dikeringkan pada suhu ketuhar yang tinggi iaitu pada O60 (0.978 $\mu\text{g}/\text{mg}$) dan O70 (0.878 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Kandungan quercitrin terendah ditunjukkan oleh sampel O50 dengan kepekatan 0.377 $\mu\text{g}/\text{mg}$. Walau bagaimanapun, bagi ekstrak air, hanya FD

menunjukkan peningkatan sebatian quercitrin ($1.693 \mu\text{g}/\text{mg}$) yang ketara berbanding dengan sampel-sampel yang dikeringkan menggunakan teknik pengeringan yang lain. Kandungan quercitrin bagi kesemua sampel ini juga menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan.



Rajah 1. (a) Kandungan Q3G dan (b) Kandungan quercitrin dalam ekstrak kesum

Kesimpulan

Penentuan kandungan sebatian terbitan quercetin secara kuantitatif menggunakan kromatografi cecair berprestasi tinggi (HPLC) adalah kaedah analitikal penting yang menjadi penanda aras kualiti dalam penilaian ekstrak kesum yang berbeza. Meskipun kaedah ini telah lama diaplikasikan oleh para saintis di seluruh dunia, beberapa pengubahsuaian dan pengoptimuman telah dilakukan berdasarkan spesies herba yang diuji dan kemudahan yang digunakan. Teknik pengeringan yang berbeza telah dijalankan untuk mengenal pasti teknik terbaik yang dapat memastikan kandungan sebatian ini berada dalam tahap optimum. Daripada keputusan kajian, didapati kesum yang dikeringkan menggunakan suhu yang sejuk/rendah iaitu pengeringan sejuk beku, ambien dan ketuhar 40 °C telah dikenal pasti sebagai teknik yang berpotensi dalam mengoptimumkan kandungan sebatian quercetin-3-O-glucuronide (Q3G) dan quercitrin. Maklumat kajian ini adalah penting sebagai garis panduan penggunaan kesum untuk pembangunan pelbagai produk berfungsi pada masa akan datang berdasarkan sebatian kimianya dan teknik pengeringan yang bersesuaian.

Penghargaan

Sekalung penghargaan buat ahli kumpulan penyelidik di Makmal Pembangunan Produk, Pusat Penyelidikan Tanaman Industri dan Makmal Fitokimia, Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam kajian ini. Projek ini disokong oleh dana Projek Pembangunan RMK-12: Pengeluaran Tanaman Berfungsi yang Berkualiti, Berhasil Tinggi dan Produk Nilai Tambah serta Kaedah Validasi untuk Ketulenan dan Kualiti Keselamatan Pengguna (Kod Projek: P-IC507-1001).

Bibliografi

- Abdullah, M. Z., Mohd Ali, J., Abolmaesoomi, M., Abdul-Rahman, P. S., & Haji-Hashim, O. (2017). Anti-proliferative, *in vitro* antioxidant, and cellular antioxidant activities of the leaf extracts from *Polygonum minus* Huds: Effects of solvent polarity. *International Journal of Food Properties* 20 (Suppl 1): 846–862.
- Abubakar, M. A., Zulkifli, R. B., Hassan, W. N., Shariff, A. H., Malek, N. A., Zakaria, Z., & Ahmad, F. (2015). Antibacterial properties of *Persicaria minor* (Huds.) ethanolic and aqueous-ethanolic leaf extracts. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 5 (Suppl 2): 050–056.
- Christapher, P. V., Xin, T. Y., Kiun, C. F., Leng, L. C., Fu, N. G., Yuan, G. L., Parasuraman, S., & Vikneswaran, M. (2015). Evaluation of analgesic, anti-inflammatory, antipyretic and antiulcer effect of aqueous and methanol extracts of leaves of *Polygonum minus* Huds. (Polygonaceae) in rodents. *Archives of Medicine and Health Sciences* 3(1): 12–17.

- Lau, H., Shahar, S., Mohamad, M., Rajab, N. F., Yahya, H. M., Din, N. C., & Hamid, H. A. (2020). The effects of six months *Persicaria minor* extract supplement among older adults with mild cognitive impairment: a double-blinded, randomized, and placebo-controlled trial. *BMC Complementary Medicine and Therapies* 20(1): 315.
- Mirfat, A. H. S., Mohd. Effendi, M. N., Norma, H., Muhammad Faris, M. R., Muhammad Faidhi, T., Ainon, D. Z., & Hanim, A. (2023). Evaluation of phytochemical, antioxidant and antimicrobial properties of different accessions of *Persicaria minor* (kesum). *Food Research*.
- Vimala, S., Rohana, S., Rashih, A. A., & Juliza, M. (2011). Antioxidant evaluation in Malaysian medicinal plant: *Persicaria minor* (Huds.) leaf. *Science Journal of Medicine & Clinical Trials*: 9–16.

Ringkasan

Kesum (*Persicaria minor* (Huds.) Opiz syn. *Polygonum minus*) ialah herba renek beraroma daripada famili Polygonaceae yang berasal dari Asia Tenggara seperti Indonesia, Vietnam, Thailand dan Malaysia. Daun kesum mempunyai banyak kegunaan tradisional, tetapi lebih popular digunakan sebagai ulam, agen perisa dan aditif makanan kerana aromanya yang unik dan tersendiri. Walau bagaimanapun, kesum bukan sahaja memberikan aroma dan rasa kepada makanan, tetapi juga menyumbang kepada manfaat kesihatan yang penting disebabkan oleh kandungan fitokimianya. Selain sebatian aromatik yang meruap, fenolik dan flavonoid telah dilaporkan secara meluas yang bertanggungjawab untuk pelbagai aktiviti farmakologi kesum. Penemuan kami sebelum ini menunjukkan bahawa quercetin-3-O-glucuronide (Q3G) dan quercitrin adalah antara flavonoid yang paling banyak ditemui dalam kesum. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk menentukan kandungan sebatian terbitan quercetin ekstrak kesum yang diperolehi daripada teknik pengeringan yang berbeza. Kromatografi cecair berprestasi tinggi (HPLC) adalah kaedah analitikal yang digunakan untuk penentuan sebatian ini. Maklumat yang diperolehi adalah penting untuk menyediakan garis panduan penggunaan selanjutnya kesum dalam pembangunan pelbagai produk berfungsi pada masa hadapan, berdasarkan sebatian fitokimianya dan teknik pengeringan yang disyorkan.

Summary

Kesum (*Persicaria minor* (Huds.) Opiz syn. *Polygonum minus*) is an aromatic herb from the family Polygonaceae. It is originated from Southeast Asian countries such as Indonesia, Vietnam, Thailand and Malaysia. The plant leaf has many claims with regards to its traditional uses, but is popularly consumed as *ulam*, flavouring agent and food additive due to its unique and aromatic flavours. However, kesum does not only impart aroma and taste to food, but also important health attributes owing to its rich sources of phytochemicals. In addition to volatile aromatic compounds, phenolics and flavonoids have been widely reported to be responsible for various pharmacological activities of kesum. Our previous research showed that quercetin 3-O-glucuronide (Q3G) and quercitrin were among the most predominant flavonoids found in kesum. Therefore, the present study was undertaken to determine the quercetin derivatives in various extracts of kesum obtained from different drying techniques. High performance liquid chromatography (HPLC) was used as an analytical method for the

determination of the phytochemicals in kesum extracts. This information is significant to provide a guideline of further use of kesum in development of various functional products in the future, based on its naturally derived phytochemical compounds and suitable drying technique.

Pengarang

Mirfat Ahmad Hasan Salahuddin (Dr.)
Pusat Penyelidikan Tanaman Industri
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM
43400 Serdang, Selangor
E-mel: mirfat@mardi.gov.my

Rosalizan Md Saleh (Dr.), Mohd Effendi Mohamed Nor, Norma Hussin (Dr.),
Muhammad Faris Mohd Radzi, Zulkefli Abd Rahman dan Muhammad Faidhi
Towhid

Pusat Penyelidikan Tanaman Industri
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM
43400 Serdang, Selangor

Razali Mirad dan Saidatul Aqilah Mohd Yusof
Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM
43400 Serdang, Selangor