



Efektivitas berbagai pelarut organik pada ekstraksi senyawa fungsional beras hitam

Nurhidajah^{1*}, Ali Rosidi², Yunan Kholifatuddin Sya'di¹, Diode Yonata¹

¹Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

²Ilmu Gizi, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

Article history

Diterima:

11 Oktober 2021

Diperbaiki:

29 November 2021

Disetujui:

29 November 2021

Keyword

Black rice;

Functional compounds;
extraction;

Organic solvent;

ABSTRACT

Functional compounds from black rice were extracted by conventional techniques using organic solvents ethanol-distilled water and ethanol-distilled water that are acidified with acetic acid, lactic acid and citric acid, moreover distilled water as a comparison control treatment. The effectiveness of each solvent was determined based on the content of functional compounds in black rice extract including anthocyanin content, flavonoid content, total phenolic, and antioxidant activity. In addition, supporting data were also analyzed for instance pH value and the colour of black rice extract produced. The results showed that the solvent ethanol-distilled water-citric acid significantly produced the highest levels of anthocyanin, total phenolic and antioxidant activity of the extract, followed by lowest pH value, but the flavonoid content produced tended to be smaller than other solvents. Black rice extract from ethanol-aquadest-citric acid solvent is known to have a red-purple color characteristic with the lowest brightness. Therefore, ethanol-distilled water-citric acid has the best effectiveness solvent, as the result it is highly recommended in the extraction process of black rice functional compounds.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : nurhidajah@unimus.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v16i1.12194

PENDAHULUAN

Beras hitam merupakan jenis beras berpigmen, yang banyak mengandung komponen gizi dan bioaktif. Senyawa bioaktif beras hitam memiliki efek kesehatan yang telah terkonfirmasi, dan potensial dikembangkan sebagai pangan fungsional (Ito *et al.*, 2019). Antosianin merupakan senyawa utama dalam beras hitam. Pigmen alami golongan flavonoid tersebut bertanggung jawab atas warna hitam pada beras (Nakagawa dan Maeda, 2017). Antosianin pada beras hitam (50-100 mg/L) diketahui lebih tinggi dari beras merah (15-18 mg/L) (Fatchiyah *et al.*, 2020).

Pigmen antosianin beras hitam memiliki warna yang beragam, mulai dari merah hingga ungu. Semakin tinggi antosianin beras hitam, warna pigmen cenderung merah-keunguan dengan intensitas kecerahan yang rendah. Pigmen alami ini larut dalam air dan stabilitasnya sangat tergantung pada pH, sehingga pelarut memainkan peranan penting pada proses ekstraksi (do Carmo Brito *et al.*, 2017; Ito *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2018). Metanol dan asam klorida umumnya digunakan untuk mengekstrak antosianin. Namun, keamanan pelarut menjadi perhatian karena toksisitas yang sangat tinggi (Pedro *et al.*, 2016).

Pelarut etanol-akuades (EA) menjadi pilihan terbaik, mengingat toksisitasnya lebih rendah. Kelarutan molekul antosianin berbanding lurus dengan konsentrasi etanol. Ketika konsentrasi etanol semakin meningkat, senyawa pengotor pada beras di amati ikut terisolasi, sehingga kualitas dan kuantitas antosianin menurun. Etanol 55 % diketahui konsentrasi yang optimal dalam menghasilkan ekstrak tinggi antosianin. Pelarut EA dapat dikombinasikan dengan penambahan asam organik, dengan tujuan menurunkan pH pelarut (Jha *et al.*, 2017; Le *et al.*, 2019). Pelarut dengan pH yang rendah cenderung lebih mudah merusak membran sel, pada saat yang sama senyawa antioksidan larut air lainnya seperti flavonoid, hingga fenol akan terisolasi secara signifikan, yang diikuti dengan peningkatan aktivitas antioksidan ekstrak (Chaudhary dan Mukhopadhyay, 2012).

Beberapa penelitian telah melaporkan efektivitas pelarut organik yang diasamkan, seperti pelarut etanol-akuades-asam asetat (AA) pada ekstraksi senyawa fungsional buah kersen (Kopjar *et al.*, 2014), etanol-akuades-asam laktat

(AL) pada ekstraksi senyawa fungsional jagung ungu (Fernandez-Aulis *et al.*, 2019) dan etanol-akuades-asam sitrat (AS) pada ekstraksi senyawa fungsional wortel hitam (Espinosa-Acosta *et al.*, 2018). Studi terkait efektivitas berbagai pelarut organik (EA, AA, AL, AS) terhadap senyawa fungsional beras hitam belum pernah dilaporkan. Tujuan penelitian ini yaitu menentukan pelarut organik terbaik (EA, AA, AL, AS) dalam proses ekstraksi senyawa fungsional beras hitam dengan parameter kadar antosianin, flavonoid, total fenolik, aktivitas antioksidan, warna (L^* , a^* , b^* , H° dan C) dan pH ekstrak.

METODE

Bahan penelitian meliputi beras hitam varietas Jeliteng yang berasal dari petani beras organik wilayah Karanganyar, Jawa Tengah. Asam asetat (Lotte BP Chemicals Co., Ltd.), asam laktat (Foodchem International Corporation), asam sitrat (PT Gunacipta Multirasa) dan akuades. Bahan kimia meliputi etanol, $C_2H_3NaO_2$, KCl, $AlCl_3$, CH_3COOK , $C_{15}H_{10}O_7$ (quercetin), Folin-Ciocalteu, dan Na_2CO_3 pro analisis dari Merck, reagen 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dan $C_7H_6O_5$ (asam galat) pro analisis dari Sigma-Aldrich.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *rotary vacuum evaporator* (Biobase RE-52A), timbangan digital (Kengko), pH meter (Hanna HI-2211), *Chromameter Minolta* (CR-310), spektrofotometer UV-Vis (Amtast-AMV09), dan mikropipet (Endo Pro).

Proses Ekstraksi Komponen Fungsional Beras Hitam

Ekstraksi komponen fungsional beras hitam mengacu pada penelitian Fatchiyah *et al.* (2020) dan Wartini *et al.* (2020) yang dimodifikasi. Beras hitam digiling hingga diperoleh tepung berukuran 60 mesh, kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca. Pelarut EA, AA, AL, AS dan akuades (AK) sebagai kontrol disiapkan. Konsentrasi etanol yang digunakan adalah 55 % dalam akuades, kemudian ditambahkan asam organik (asam asetat, asam laktat dan asam sitrat) masing-masing 3 % (b/v) dari total pelarut (EA). Perbandingan beras hitam : pelarut adalah 1:10 (b/v). Proses ekstraksi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang ($\pm 27^\circ C$), dalam botol kaca kedap cahaya. Ekstrak kasar kemudian disaring, filtrat yang diperoleh selanjutnya diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* pada suhu $60^\circ C$ hingga diperoleh hasil akhir berupa ekstrak kental (± 10

% dari total pelarut). Ekstrak kental kemudian disimpan pada suhu 4 °C hingga dianalisis lebih lanjut.

Analisis Antosianin

Metode pH differensial digunakan dalam penetapan kadar antosianin ekstrak (Yamuangmorn *et al.*, 2018). Sebanyak 1 mL ekstrak dipipet ke dalam dua tabung reaksi keadap cahaya. Tabung reaksi pertama ditambahkan 1 mL *buffer potassium klorida* (pH 10), dan tabung reaksi kedua ditambahkan 1 mL *buffer sodium asetat* (pH 4,5). Masing-masing larutan di inkubasi selama 15 menit pada suhu ruang (27 ± 1 °C), dan selanjutnya absorbansi dibaca pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm.

Nilai akhir absorbansi diperoleh dengan mengurangkan selisih absorbansi pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm larutan pH 1 dengan selisih absorbansi yang sama pada larutan pH 4,5. Kadar antosianin diperoleh dengan mengalikan nilai absorbansi dengan berat molekul *cyanidin-3-glucoside* (448,8 g/mol) dan jumlah pengenceran, kemudian dibagi dengan koefisien absorptivitas molar *cyanidin-3-glucoside* (26.900 l/mol cm) dan lebar kuvet (1 cm). Kadar antosianin ekstrak beras hitam dinyatakan dalam mg/100 g.

Analisis Flavonoid

Metode Cai *et al.* (2016) sedikit modifikasi digunakan dalam penetapan kadar flavonoid ekstrak. Sampel ekstrak sebanyak 0,5 mL, ditambahkan 1,5 mL metanol *pro analisis*, 0,1 mL AlCl_3 10 % (b/v), 0,1 mL CH_3COOK 1 M dan 2,8 ml akuades. Larutan dihomogenisasi dan diinkubasi pada suhu ruang (27 ± 1 °C) selama 30 menit. Absorbansi sampel dibaca pada panjang gelombang 415 nm. Larutan blanko menggunakan akuades, dan kurva standar menggunakan larutan quercetin dalam akuades pada konsentrasi 20 – 100 ppm. Kadar flavonoid ekstrak beras dinyatakan sebagai mg QE/100 g.

Analisis Total Fenolik

Total fenolik ekstrak beras hitam ditentukan menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* (Pedro *et al.*, 2016), dengan sedikit modifikasi. Sampel ekstrak sebanyak 0,5 mL, dan reagen *Folin ciocalteu* 10 % (v/v) sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi gelap. Larutan diinkubasi selama 5 menit, dan ditambahkan 4 ml Na_2CO_3 7,5 % (b/v), campuran diinkubasi kembali selama 60 menit pada suhu ruang (27 ± 1 °C). Larutan blanko disiapkan menggunakan etanol, kurva standar

menggunakan asam galat dalam etanol dengan konsentrasi 100-500 ppm. Selanjutnya, absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 765 nm. Kadar total fenol ekstrak beras hitam dinyatakan sebagai mg GAE/ 100 g.

Analisis Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan beras hitam ditentukan menurut Pedro *et al.* (2016), dengan beberapa modifikasi. Disiapkan 0,2 mL sampel dalam tabung reaksi, ditambahkan 1,5 mL DPPH 0,2 mM dalam etanol, dan ditambahkan etanol sebanyak 1,8 mL. Tabung reaksi ditutup, dihomogenisasi dan diinkubasi selama 60 menit pada suhu ruang (27 ± 1 °C). Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas antioksidan ekstrak beras hitam diperoleh dengan mengurangi absorbansi blanko terhadap sampel, kemudian dibandingkan dengan absorbansi blanko dan dinyatakan dalam %RSA.

Analisis pH

Analisis pH dilakukan pada ekstrak beras hitam hasil evaporasi, menggunakan alat pH meter *Hanna HI-2211*. Metode kerja alat yaitu dengan memasukkan alat detektor pH ke dalam cairan ekstrak, instrumen secara otomatis akan membaca nilai pH, angka yang keluar kemudian dicatat sebagai nilai pH.

Analisis Warna

Pengukuran karakteristik warna ekstrak beras hitam menggunakan *Chromameter Minolta CR-310*, alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan pelat keramik putih standar ($L^* = 94,95$; $a^* = 0,14$; dan $b^* = 0,12$) sebelum pengukuran. Sudut hue (H°) dan *chroma* (C°) dihitung dengan rumus $H^\circ = \tan^{-1} \frac{a^*}{b^*}$ dan $C^\circ = (a^2 + b^2)^{1/2}$. Nilai H° digunakan untuk mengidentifikasi warna (merah, kuning, hijau atau biru), sedangkan C° membedakan tingkat kecerahan warna (Caparino *et al.*, 2012).

Analisis Statistik

Data karakteristik fisik dan karakteristik kimia yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji beda metode ANOVA faktor tunggal, dan dilakukan uji lanjut metode LSD pada taraf signifikansi 95 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Antosianin dan nilai pH Ekstrak Beras Hitam

Antosianin ekstrak beras hitam berkisar antara 44,85 – 101,84 mg/100 g. Penggunaan pelarut EA lebih efektif dibandingkan pelarut AK,

dimana kadar antosianin ekstrak meningkat sebesar 35,49 % (15,90 mg/100g). Penambahan asam organik pada pelarut EA, secara signifikan berpengaruh positif terhadap antosianin ekstrak. Kadar antosianin ekstrak meningkat sebesar 34,47 – 41,03 mg/100 g. Efektivitas pelarut diurutkan berdasarkan kadar antosianin dari yang tertinggi hingga terendah yaitu pelarut AS, diikuti AL, AA, kemudian EA dan terakhir pelarut AK.

Peningkatan antosianin berkorelasi negatif dengan nilai pH ekstrak. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. Semakin tinggi penurunan pH ekstrak, antosianin yang dihasilkan meningkat secara nyata. Pelarut AK menghasilkan antosianin paling rendah, dengan nilai pH ekstrak 6,81. Kadar antosianin tertinggi diperoleh ketika pH ekstrak sebesar 2,47 yaitu pada pelarut AS. Senyawa antosianin umumnya lebih mudah diisolasi pada pH < 6 (Liu *et al.*, 2018). Stabilitas senyawa antosianin ekstrak beras hitam semakin meningkat seiring menurunnya nilai pH sekitar 2 - 3,2 (He *et al.*, 2017), karena mempertahankan bentuk *flavylium* (Le *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2010).

Proses ekstraksi pada pH yang rendah juga lebih memudahkan pelarut untuk berdifusi ke dalam matrik, sehingga proses hidrolisis antosianin akan lebih optimal (Kurtulbaş *et al.*, 2020). Namun pada larutan yang terlalu asam (pH < 2,0), gugus hidroksil fenolik pada molekul antosianin dapat rusak sehingga stabilitasnya akan menurun (He *et al.*, 2017). Ekstraksi beras hitam pada pH 2,47 hingga 3,67 dapat diusulkan untuk menghasilkan ekstrak dengan antosianin yang tinggi.

Kadar Flavonoid Ekstrak Beras Hitam

Studi ini menemukan bahwa jenis pelarut secara statistik memengaruhi jumlah flavonoid yang diekstraksi dari beras hitam ($p < 0,05$). Kadar

flavonoid ekstrak berkisar antara 0,16 – 0,35 mg QE/g. Bedanya dengan antosianin, kadar flavonoid ekstrak beras hitam cenderung menurun seiring dengan penurunan nilai pH pelarut. Kondisi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya Kong *et al.* (2010), yang melaporkan bahwa ada korelasi yang positif antara kondisi pH dengan kadar flavonoid pada ekstrak jambu biji.

Kadar flavonoid ekstrak beras hitam terendah terdapat pada pelarut AS dengan pH 2,47. Kadar flavonoid meningkat secara linier seiring dengan meningkatnya pH, namun pada pelarut dengan pH terlalu tinggi (AK) kadar flavonoid menurun walau tidak signifikan. Flavonoid tertinggi terdapat pada ekstrak EA dengan pH 6,36. Pelarut dengan nilai pH ± 6 merupakan kondisi optimal dalam menghasilkan ekstrak tinggi flavonoid (Wong *et al.*, 2015). Pada pH tersebut, polaritas senyawa flavonoid akan meningkat seiring dengan meningkatnya disosiasi gugus -OH terutama yang bersifat asam. Kondisi ini secara signifikan akan meningkatkan kelarutan senyawa flavonoid. Nilai pH yang terlalu tinggi memicu terjadinya proses oksidasi sehingga terjadi penurunan kadar flavonoid ekstrak (Mylonaki *et al.*, 2008).

Total Fenolik Ekstrak Beras Hitam

Tabel 1 menunjukkan bahwa jenis pelarut berpengaruh nyata terhadap total fenolik ekstrak beras hitam ($p > 0,05$). Total fenolik ekstrak berkisar antara 1,35 - 2,92 mg GAE/g. Pelarut EA menghasilkan total fenolik ekstrak yang lebih baik dibandingkan pelarut AK. Total fenolik ekstrak meningkat secara signifikan ketika pelarut EA diasamkan. Total fenolik ekstrak diamati terus meningkat ketika pH ekstrak semakin turun, namun tidak signifikan.

Tabel 1 Komponen Fungsional Dan Nilai pH Ekstrak Beras Hitam

Pelarut	Antosianin (mg/100g)	Flavonoid (mg QE/g)	Total Fenolik (mg GAE/g)	Aktivitas Antioksidan (%RSA)	pH
AK	44,85 \pm 0,84 ^a	0,35 \pm 0,01 ^d	1,35 \pm 0,09 ^a	38,41 \pm 0,33 ^a	6,81 \pm 0,03 ^e
EA	60,81 \pm 0,55 ^b	0,36 \pm 0,02 ^d	2,37 \pm 0,09 ^b	45,65 \pm 0,49 ^b	6,37 \pm 0,05 ^d
AA	95,28 \pm 1,22 ^c	0,27 \pm 0,01 ^c	2,72 \pm 0,19 ^c	48,06 \pm 0,21 ^c	3,67 \pm 0,06 ^c
AL	98,38 \pm 0,83 ^d	0,24 \pm 0,02 ^b	2,79 \pm 0,16 ^c	49,79 \pm 0,46 ^d	3,42 \pm 0,04 ^b
AS	101,84 \pm 0,90 ^e	0,16 \pm 0,02 ^a	2,92 \pm 0,09 ^c	50,36 \pm 0,41 ^e	2,47 \pm 0,02 ^a

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai *mean* \pm standar deviasi dari 5 ulangan
2. Nilai superskrip yang berbeda antar kolom menunjukkan ada perbedaan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan uji beda ANOVA, dan uji lanjut menggunakan LSD

Tabel 2 Komponen Fungsional Ekstrak Beras Hitam

Pelarut	L	a	b	H°	C
AK	35,41 ± 0,10 ^d	24,14 ± 0,23 ^d	1,66 ± 0,10 ^d	3,94 ± 0,21 ^c	24,20 ± 0,23 ^d
EA	31,68 ± 0,08 ^c	19,17 ± 0,17 ^c	0,73 ± 0,05 ^c	2,17 ± 0,14 ^b	19,18 ± 0,18 ^c
AA	28,67 ± 0,28 ^b	17,04 ± 0,31 ^b	0,61 ± 0,08 ^b	2,04 ± 0,30 ^b	17,04 ± 0,31 ^b
AL	28,22 ± 0,24 ^b	16,78 ± 0,06 ^b	0,60 ± 0,03 ^b	2,03 ± 0,10 ^b	16,79 ± 0,06 ^b
AS	27,10 ± 0,88 ^a	16,46 ± 0,18 ^a	0,30 ± 0,02 ^a	1,03 ± 0,08 ^a	16,47 ± 0,17 ^a

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai *mean* ± standar deviasi dari 5 ulangan
2. Nilai superskrip yang berbeda antar kolom menunjukkan ada perbedaan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan uji beda ANOVA, dan uji lanjut menggunakan LSD

Total fenolik yang terhidrolisis selama proses ekstraksi sangat dipengaruhi oleh jenis pelarut. Umumnya, senyawa fenolik meningkat dengan meningkatnya polaritas pelarut seperti yang dilaporkan penelitian sebelumnya (Chua *et al.*, 2008; Goli *et al.*, 2005). Pernyataan ini semakin diperkuat oleh hasil penelitian Halee *et al.* (2018), dimana pelarut air menghasilkan total fenolik ekstrak bekatul beras hitam yang lebih tinggi dibandingkan etanol.

Dalam penelitian ini, kecenderungan berbeda diamati dan ekstrak AK memiliki total fenol paling rendah, kemudian diikuti ekstrak EA, sedangkan EA yang diasamkan baik dengan asam asetat, asam laktat maupun asam sitrat menghasilkan total fenolik ekstrak yang lebih tinggi. Kondisi ini diduga kuat berkaitan dengan antosianin ekstrak. Antosianin sebagai pigmen larut air termasuk bagian dari senyawa fenolik, sehingga berkontribusi terhadap total fenolik ekstrak. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kopjar *et al.* (2014), dimana pelarut AK menghasilkan total fenolik terendah yang diikuti oleh pelarut EA, sedangkan total fenolik tertinggi dihasilkan oleh ekstrak EA yang diasamkan.

Aktivitas Antioksidan Ekstrak Beras Hitam

Aktivitas antioksidan ekstrak beras hitam setara dengan jumlah DPPH yang direduksi dalam larutan reaksi dan dinyatakan dalam %RSA. Ditemukan bahwa pelarut EA menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibanding hanya pelarut AK. Etanol yang diasamkan secara signifikan berpengaruh positif terhadap aktivitas antioksidan ekstrak. Aktivitas antioksidan ekstrak tertinggi dihasilkan oleh ekstrak AS (50,33 %RSA), diikuti oleh ekstrak AL (49,77 %RSA).

Pelarut organik jauh lebih efektif dibandingkan pelarut AK untuk mengekstrak senyawa seperti polifenol, yang secara signifikan terkait dengan sifat antioksidan ekstrak

(Sepahpour *et al.*, 2018). Efektivitas pelarut EA dibandingkan pelarut AK sebelumnya juga telah dilaporkan Alothman *et al.* (2009). Senyawa polifenol cenderung lebih mudah larut dalam pelarut yang kurang polar seperti EA maupun EA yang diasamkan, sedangkan pelarut AK lebih optimal untuk ekstraksi senyawa fenolik tertentu terutama antioksidan polar (Kong *et al.*, 2010; O'sullivan *et al.*, 2013; Sepahpour *et al.*, 2018).

Karakteristik Warna

Ekstrak beras hitam yang diperoleh dengan berbagai jenis pelarut memberikan rentang nilai kroma (C) dan sudut rona (H°) yang bervariasi. Nilai H° ekstrak berada pada rentang 1,02° - 3,95° dengan nilai C pada kisaran 16,46 – 24,20 yang memiliki nuansa ungu hingga merah muda. Penambahan asam pada media ekstraksi secara signifikan menurunkan nilai C ekstrak. sehingga ekstrak memiliki nilai L* rendah yang menyiratkan warna lebih redup.

Menurut Coutinho *et al.* (2015), kondisi air yang asam sebagai media ekstraksi akan memicu terjadinya reaksi hidrasi sehingga warna cenderung memudar. Nilai a* atau tingkat kemerahan ekstrak juga cenderung menurun seiring dengan penurunan pH ekstraksi. Jika dihubungkan dengan kadar antosianin, ekstrak beras hitam dengan warna yang lebih gelap mengandung antosianin yang lebih tinggi. Warna merah ekstrak menurun secara signifikan dan berkorelasi positif dengan nilai pH pelarut yang digunakan.

KESIMPULAN

Pelarut EA yang diasamkan (AA, AL, dan AS) cenderung menghasilkan ekstrak beras hitam dengan senyawa fungsional yang lebih baik dibanding pelarut AK maupun EA. Pelarut AS adalah pelarut organik terbaik dalam proses ekstraksi senyawa fungsional beras hitam dengan

kandungan antosianin sebesar 101,84 mg/100 g, kadar flavonoid 0,16 mg QE/100 g, total fenolik 2,92 mg GAE/g, aktivitas antioksidan 50,36 %RSA, dan pH ekstrak sebesar 2,47. Ekstrak beras hitam yang dihasilkan memiliki karakteristik warna merah-keunguan dengan rincian nilai L*(27,10), a* (16,46), b* (0,30), H° (1,03) dan C (16,47).

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan berkontribusi dalam penelitian ini, terutama atas pendanaan oleh KEMENDIKBUD – RISTEK melalui skema Penelitian PTUPT dengan kontrak No. 10/061026/PG/SP2H/JT/2021 Tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Alothman, M., Bhat, R., Karim, A. A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115(3), 785–788. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.005>
- Cai, Z., Qu, Z., Lan, Y., Zhao, S., Ma, X., Wan, Q., Jing, P., Li, P. 2016. Conventional, ultrasound-assisted, and accelerated-solvent extractions of anthocyanins from purple sweet potatoes. *Food Chemistry*, 197, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.110>
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., Fellman, J. K. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>
- Chaudhary, B., Mukhopadhyay, K. 2012. *Syzygium cumini* (L.) skeels: a potential source of nutraceuticals. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 2(1), 46–53. www.ijpbs.com
- Chua, M. T., Tung, Y. T., Chang, S. T. 2008. Antioxidant activities of ethanolic extracts from the twigs of *Cinnamomum osmophloeum*. *Bioresource Technology*, 99(6), 1918–1925. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.020>
- Coutinho, I. B., Freitas, A., Maçanita, A. L., Lima, J. C. 2015. Effect of water content on the acid-base equilibrium of cyanidin-3-glucoside. *Food Chemistry*, 172, 476–480. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.060>
- do Carmo Brito, B. de N., da Silva Pena, R., Santos Lopes, A., Campos Chisté, R. 2017. Anthocyanins of jambolão (*Syzygium cumini*): extraction and pH-dependent color changes. *Journal of Food Science*, 82(10), 2286–2290. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13847>
- Espinosa-Acosta, G., Ramos-Jacques, A. L., Molina, G. A., Maya-Cornejo, J., Esparza, R., Hernandez-Martinez, A. R., Sánchez-González, I., Estevez, M. 2018. Stability analysis of anthocyanins using alcoholic extracts from black carrot (*Daucus carota* ssp. *Sativus* var. *Atrorubens* alef.). *Molecules*, 23(11). <https://doi.org/10.3390/molecules23112744>
- Fatchiyah, F., Ratih, D., Sari, T., Safitri, A., Cairns, J. R. 2020. Phytochemical compound and nutritional value in black rice from Java Island, Indonesia. In *Systematic Reviews in Pharmacy* (Vol. 11, Issue 7).
- Fernandez-Aulis, F., Hernandez-Vazquez, L., Aguilar-Osorio, G., Arrieta-Baez, D., & Navarro-Ocana, A. 2019. Extraction and identification of anthocyanins in corn cob and corn husk from cacahuacintle maize. *Journal of Food Science*, 84(5), 954–962. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14589>
- Goli, A. H., Barzegar, M., Sahari, M. A. 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*, 92(3), 521–525. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.020>
- Halee, A., Supavitpatana, P., Ruttarattanamongkol, K., Jittrepotch, N., Rojsuntornkitti, K., Kongbangkerd, T. 2018. Effects of solvent types and citric acid concentrations on the extraction of antioxidants from the black rice bran of *Oryza sativa* L. CV. Hom Nin. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food*

- Sciences*, 8(2), 765–769. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018.8.2.765-769>
- He, S., Lou, Q., Shi, J., Sun, H., Zhang, M., Li, Q. 2017. Water extraction of anthocyanins from black rice and purification using membrane separation and resin adsorption. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13091>
- Ito, V. C., Zielinski, A. A. F., Demiate, I. M., Spoto, M., Nogueira, A., Lacerda, L. G. 2019. Gamma radiation effects on physicochemical, microbiological and antioxidant properties of black rice (*Oryza sativa* L.) flour during storage. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(3), 163–174. <https://doi.org/10.34302/crpfjst/2019.11.3.14>
- Jha, P., Das, A. J., Deka, S. C. 2017. Optimization of ultrasound and microwave assisted extractions of polyphenols from black rice (*Oryza sativa* cv. Poireton) husk. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3847–3858. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2832-0>
- Kong, K. W., Ismail, A., Tan, C. P., Rajab, N. F. 2010. Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 43(5), 729–735. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.10.011>
- Kopjar, M., Orsolich, M., Pilizota, V. 2014. Anthocyanins, phenols, and antioxidant activity of sour cherry puree extracts and their stability during storage. *International Journal of Food Properties*, 17(6), 1393–1405. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.714027>
- Kurtulbaş, E., Pekel, A. G., Bilgin, M., Makris, D. P., Şahin, S. 2020. Citric acid-based deep eutectic solvent for the anthocyanin recovery from *Hibiscus sabdariffa* through microwave-assisted extraction. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00606-3>
- Le, X. T., Huynh, M. T., Pham, T. N., Than, V. T., Toan, T. Q., Bach, L. G., Trung, N. Q. 2019. Optimization of total anthocyanin content, stability and antioxidant evaluation of the anthocyanin extract from vietnamese carissa carandas l. *Fruits. Processes*, 7(7), 1–15. <https://doi.org/10.3390/pr7070468>
- Liu, Y., Liu, Y., Tao, C., Liu, M., Pan, Y., Lv, Z. 2018. Effect of temperature and pH on stability of anthocyanin obtained from blueberry. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1744–1753. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9789-1>
- Mylonaki, S., Kiassos, E., Makris, D. P., Kefalas, P. 2008. Optimisation of the extraction of olive (*Olea europaea*) leaf phenolics using water/ethanol-based solvent systems and response surface methodology. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 392(5), 977–985. <https://doi.org/10.1007/s00216-008-2353-9>
- Nakagawa, K., Maeda, H. 2017. Investigating pigment radicals in black rice using HPLC and multi-EPR. *Journal of Oleo Science*, 66(5), 543–547. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16245>
- O'sullivan, A. M., O'callaghan, Y. C., O'gr, M. N., Ha, M., Kerry, J. P., O'brien, N. M. 2013. The effect of solvents on the antioxidant activity in Caco-2 cells of Irish brown seaweed extracts prepared using accelerated solvent extraction (ASE). *Journal of Functional Foods*, 5, 940–948. <https://doi.org/10.1016/j.jff>
- Pedro, A. C., Granato, D., Rosso, N. D. 2016. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability. *Food Chemistry*, 191, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.045>
- Sepahpour, S., Selamat, J., Manap, M. Y. A., Khatib, A., Razis, A. F. A. 2018. Comparative analysis of chemical composition, antioxidant activity and quantitative characterization of some phenolic compounds in selected herbs and spices in different solvent extraction systems. *Molecules*, 23, 1–17. <https://doi.org/10.3390/molecules23020402>
- Wartini, N. M., Wrsiati, L. P., Widnyani, I. A. A., Putra, G. P. G., Wijaya, I. M. A. S. 2020.

- Production of natural dyes from black rice bran extract on solid to solvent ratio and various of pH solvent. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 472(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012008>
- Wong, W. H., Lee, W. X., Ramanan, R. N., Tee, L. H., Kong, K. W., Galanakis, C. M., Sun, J., Prasad, K. N. 2015. Two level half factorial design for the extraction of phenolics, flavonoids and antioxidants recovery from palm kernel by-product. *Industrial Crops and Products*, 63, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.049>
- Yamuangmorn, S., Dell, B., Prom-u-thai, C. 2018. Effects of cooking on anthocyanin concentration and bioactive antioxidant capacity in glutinous and non-glutinous purple rice. *Rice Science*, 25(5), 270–278. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.04.004>
- Yang, L., Cao, Y. L., Jiang, J. G., Lin, Q. S., Chen, J., Zhu, L. 2010. Response surface optimization of ultrasound-assisted flavonoids extraction from the flower of *Citrus aurantium* L. var. *amara* Engl. *Journal of Separation Science*, 33(9), 1349–1355. <https://doi.org/10.1002/jssc.200900776>