

Catatan Penelitian

Optimasi Ekstraksi Antosianin Pada Beras Hitam Sirampog Menggunakan Metode *Ultrasound Extract Assist* (UAE)

Optimization of Anthocyanin Extraction from Sirampog Black Rice Using the Ultrasound Extract Assist (UAE) Method

Awaliyatus Sholihah, Nur Aini*, Hidayah Dwiyaniti

Magister Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

*Korespondensi dengan penulis (nur.aini@unsoed.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 10 Desember 2019 dan dinyatakan diterima tanggal 02 Juni 2021. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists© ©2021

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk memperoleh variabel ekstraksi yang menghasilkan kadar antosianin dan total fenol maksimum dengan metode *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE) pada beras hitam Sirampog. Penelitian terdiri 2 tahap yaitu penelitian pendahuluan yang bertujuan menentukan komposisi pelarut yang paling tepat untuk proses ekstraksi. Penelitian utama bertujuan menentukan konsentrasi bahan dan waktu ekstraksi untuk mendapatkan hasil maksimal. Optimasi dilakukan menggunakan *Respon Surface Methodology* dengan rancangan *Central Composite Design*. Ada 2 faktor yang dicoba yaitu konsentrasi bahan dalam larutan 0,05, 0,1 dan 0,15 g/l, dan waktu sonikasi (25, 35 dan 45 menit). Parameter yang diamati adalah kadar antosianin dan total fenol. Hasil penelitian menunjukkan semakin lama waktu ekstraksi, maka antosianin yang dapat kontak dengan pelarut semakin banyak, sehingga hasil ekstraksinya meningkat. Komposisi pelarut yang paling tepat untuk proses ekstraksi beras hitam adalah perbandingan air dan etanol sebesar 51,5:48,5. Kondisi optimal untuk ekstraksi antosianin pada beras hitam Sirampog menggunakan metode UAE adalah konsentrasi bahan 5 g/l selama 25 menit. Kondisi tersebut dapat menghasilkan ekstrak dengan kadar antosianin 456 mg/100 g dan total fenol 6400 mg/100g. Kesimpulannya, penelitian ini berhasil mendapatkan kondisi optimal ekstraksi antosianin dan kadar antosianin serta total fenol dapat ditentukan.

Kata kunci : antosianin, fenol, beras hitam Sirampog, *ultrasound extract assist*, waktu.

Abstract

The objective of the research is to obtain extractions with Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) method that produce maximum anthocyanine levels and total phenols of Sirampog black rice. The study consists of two phases: an introductory study to identify the composition of the solvent that was most suited to the extraction process. The main research was intended to determine the ingredient concentration and extraction time in order to obtain maximum results. Optimization was carried out using the Central Composite Design Surface Response Methodology. Concentration of material in solution (0.05, 0.1 and 0.15 g / l), and the sonication time (25, 35 and 45 minutes) were used. Anthocyanin levels and total phenols were analyzed. Results indicated that the more anthocyanin the longer extraction period resulting in the increase in extraction yield. The water and ethanol ratio of 51.5:48.5 was the composition of the most suitable solvent for the extraction process. The optimal conditions for the extraction of anthocyanin in Sirampog black rice using the UAE method was a material concentration of 5 g/l for 25 minutes. These conditions would produce extracts with anthocyanin levels of 456 mg/100 g and total phenols of 6400 mg/100g. As conclusion, optimum condition for extraction was successfully conducted and anthocyanin level as well as total phenol could be determined.

Keywords : anthocyanin, phenols, Sirampog black rice, *ultrasound extract assist*, duration.

Pendahuluan

Beras hitam merupakan salah satu jenis beras berpigmen yang penting selain beras merah. Beras hitam mengandung banyak komponen bioaktif, terutama antosianin sebagai senyawa nutrasetikal dan berperan dalam mengurangi resiko penyakit degenerative (Pereira-Caro *et al.*, 2013). Beras hitam telah digunakan sebagai pangan fungsional di berbagai negara (Maisuthisakul dan Changchub, 2014; Sompong *et al.*, 2011). Di Indonesia sendiri, terdapat banyak varietas beras hitam yang berasal dari berbagai daerah (Pratiwi dan Purwestri, 2017). Varietas beras hitam yang berasal

dari dataran tinggi Kecamatan Sirampog, Kabupaten Brebes, merupakan salah satu varietas dengan warna hitam yang sangat pekat, tidak hanya pada lapisan aleuron namun sampai pada sebagian endospermanya. Kepekatan warna hitam tersebut sebanding dengan intensitas kandungan antosianin, sehingga perlu kajian mengenai metode ekstraksi yang tepat untuk menghasilkan rendemen antosianin yang maksimal. Salah satu metode yang dapat diaplikasikan untuk ekstraksi antosianin dan fenol pada beras hitam yaitu *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) (Khoei dan Chekin, 2016; Ciulu *et al.*, 2018).

Ultrasonic-assisted extraction (UAE) mampu memangkas waktu ekstraksi beragam produk alam yang umumnya membutuhkan waktu lama menjadi lebih cepat dengan reproduksibilitas yang tinggi, pengurangan penggunaan pelarut, alur kerja yang lebih sederhana, menghasilkan kemurnian tinggi pada produk akhir, meminimalisir treatment akhir pada limbah, serta konsumsi energi yang relatif rendah dibanding metode ekstraksi konvensional (Chemat *et al.*, 2011). Beragam komponen pangan seperti senyawa flavor, pigmen, antioksidan, serta komponen organik dan mineral lainnya telah berhasil diekstrak secara efisien dari beragam matriks pangan, baik dari jaringan tubuh hewan maupun tumbuhan (Rawson dan Vca, 2015). Metode UAE merupakan teknologi yang potensial untuk dikembangkan sebab tidak membutuhkan instrumentasi yang kompleks dan relatif rendah biaya. UAE dapat diaplikasikan pada skala kecil maupun besar pada industri ekstraksi pangan (Tiwari, 2015).

Uji perbandingan pada ekstraksi komponen fenolik dari strawberry menunjukkan bahwa UAE memberikan lebih sedikit kerusakan terhadap senyawa fenolik dan membutuhkan waktu ekstraksi jauh lebih singkat dibanding metode ekstraksi lain, termasuk metode *solid-liquid*, *subcritical water*, dan *microwave-assisted extraction* (Herrera dan Luque De Castro, 2005). Setiap bahan memerlukan kondisi optimal UAE yang tertentu untuk menghasilkan kadar antosianin dan polifenol yang optimal. Murador *et al.* (2019) melakukan ekstraksi kulit jeruk menggunakan UAE dan mendapatkan bahwa pelarut etanol menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih stabil dibandingkan pelarut aseton. Ekstraksi antosianin dengan metode UAE telah dilakukan juga pada buah mulberi, dengan kondisi optimum pelarut berupa 63,8% metanol yang mengandung 1% trifluoroacetic acid (TFA), pada suhu 43,2 °C, rasio liquid terhadap solid 23,8%, dan waktu sonikasi selama 40 menit. Kondisi tersebut menghasilkan rendemen antosianin sebesar 64.70 ± 0.45 mg/g (Zou *et al.*, 2011). Hasil ini mengindikasikan bahwa UAE merupakan metode yang efektif untuk mengekstrak komponen aktif dari tanaman dengan kondisi optimum yang berbeda. Hilman *et al.* (2018) mengekstrak inulin dari gembili segar dan chip, yang menghasilkan tidak ada perbedaan nyata.

Stabilitas antosianin beras hitam sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH. Kinetika degradasinya mengikuti kinetika reaksi orde pertama, di mana proses degradasi terjadi semakin cepat pada suhu dan/atau nilai pH yang tinggi, terutama pada suhu di atas 100°C dan pH di atas 5,0. Hal ini mengakibatkan rendahnya rendemen ekstraksi akibat kerusakan yang terjadi selama proses. Proses ekstraksi menggunakan metode UAE juga dipengaruhi waktu, dimana setiap bahan memerlukan waktu yang berbeda (Espada-Bellido *et al.*, 2017; Djaeni *et al.*, 2017; Khan *et al.*, 2010; Araujo *et al.*, 2013).

Dengan demikian diperlukan kondisi optimal untuk mengekstrak antosianin dari beras hitam Sirampog. Penelitian ini bertujuan memperoleh variabel ekstraksi yang optimal untuk menghasilkan kadar antosianin dan

total fenol maksimum dari beras hitam dengan metode Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE). Manfaat yang dapat diperoleh adalah mendapatkan informasi mengenai kondisi optimal ekstraksi beras hitam Sirampo untuk dijadikan panduan guna mendapatkan kadar antosianin dan total phenol yang tinggi.

Materi dan Metode

Materi

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras hitam Sirampog dari Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan untuk ekstraksi dan analisa meliputi etanol (Merck, US), HCl 37% (Supelco), folin-ciocalteu (Supelco, Jerman), natrium karbonat (Merck, Jerman), asam galat (Sigma Aldrich, US), dan asetonitril (Sigma Aldrich, US).

Tahapan Penelitian

Tahap penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan komposisi pelarut yang akan digunakan. Pada penelitian pendahuluan, dilakukan pemilihan pelarut yang terdiri dari campuran air dan etanol dengan persentase etanol mulai dari 25, 50 dan 75%. Penentuan rasio etanol dan air dilakukan dengan pendekatan fungsi kuadrat orde kedua, dengan variable yang diamati adalah total antosianin dan kadar fenol.

Penelitian utama dilakukan untuk memperoleh kondisi ekstraksi optimum. Rancangan percobaan yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Ada 2 faktor yang dicoba yaitu konsentrasi bahan dalam larutan (0,05, 0,1 dan 0,15 g/l), dan waktu sonikasi (25, 35 dan 45 menit). Variabel respon yang diamati adalah total fenol (TP) dan total antosianin (TA).

Ekstraksi Menggunakan *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE)

Proses ekstraksi beras hitam diawali dengan menimbang 10 g tepung beras hitam berukuran 80 mesh, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan pelarut. Erlenmeyer diletakkan didalam sonikator selama 25, 35 dan 45 menit untuk mengekstraksi antosianin. Setelah proses ekstraksi selesai, sample disentrifuse dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit pada suhu 25°C. Supernatan dilewatkan pada kertas saring whatman No. 1 sehingga diperoleh filtrat bebas ampas. Filtrat dipekatkan dengan rotary vacuum evaporator pada suhu 40°C, tekanan -900 mBar dan kecepatan 65 rpm untuk didapatkankonsentrat pekat antosianin hingga diperoleh volume 5 ml. Konsentrat disimpan dalam botol gelap pada suhu 4°C sampai siap dianalisis.

Analisa Total Antosianin

Kadar antosianin total ditentukan berdasarkan perbedaan absorbansi larutan sampel pada pH yang berbeda. Ekstrak antosianin dilarutkan dalam larutan buffer pH 1,0 dan larutan buffer pH 4,5. Konsentrasi antosianin dalam larutan buffer dibuat sedemikian rupa sehingga menghasilkan absorbansi sekitar 0,2. Larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer

UV-Vis pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm (Ferrari *et al.*, 2011). Absorbansi terkoreksi dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$A = (A_{520\text{ nm}} - A_{700\text{ nm}})_{pH1} - (A_{520\text{ nm}} - A_{700\text{ nm}})_{pH4,5}$$

Kadar antosianin total dihitung sebagai ekivalen cyanidin-3-glukosida dengan rumus sebagai berikut:

$$MAP = \frac{A \times MW \times DF \times 10000}{\epsilon \times l}$$

Keterangan:

- A : absorbansi larutan
- MW : molecular weight (bobot molekul)
- DF : dilution factor (faktor pengenceran)
- ϵ : absorptivitas molar cyanidin-3-glucoside
- l : tebal kuvet
- MAP : monomeric anthocyanin pigment

Analisis Total Fenol

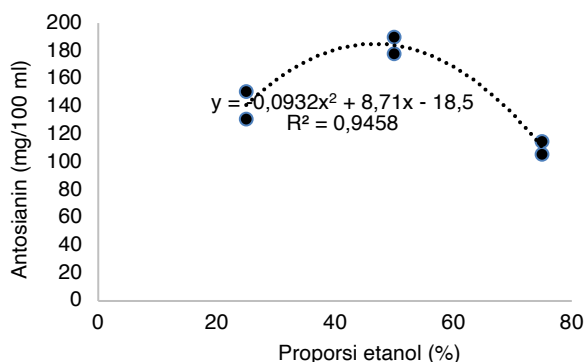
Total fenol dianalisis dengan metode folin-ciocalteu yang dimodifikasi (Mena *et al.*, 2012). Dalam tabung reaksi 5 ml, dilarutkan secara homogen 3 ml akuades, 250 μ l Folin-ciocalteu 0,2 N dan 250 μ l sampel. Campuran diaduk menggunakan stirrer selama 5 menit, kemudian ditambahkan 250 μ l larutan Na₂CO 10% dan volume ditepatkan 5 ml dengan akuades. Campuran diinkubasi pada 25° C dalam waterbath selama 60 menit. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada λ 761 nm. Total fenol ditentukan dengan menggunakan kurva standar asam galat (10-70 μ l/l, dan hasilnya dinyatakan dengan mg asam galat ekuivalen per 100 g sample kering.

Hasil dan Pembahasan

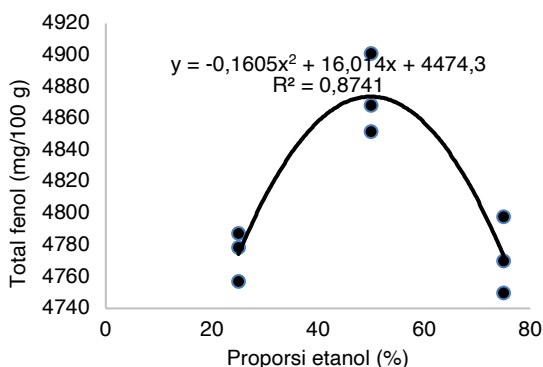
Komposisi Pelarut

Proses ekstraksi antosianin dilakukan menggunakan kombinasi air dan etanol yang tepat sebagai pelarut. Komposisi etanol dalam pelarut adalah 25, 50 dan 75 % dari total pelarut. Peningkatan komposisi etanol sebagai pelarut dari 25 sampai 50 % meningkatkan kadar antosianin yang dihasilkan, akan tetapi pada konsentrasi lebih tinggi dari 50 %, kadar antosianin yang dihasilkan menurun (Figur 1). Pelarut berfungsi untuk mengambil ekstrak antosianin dari beras hitam, sehingga semakin tinggi jumlah etanol sebagai pelarut, ekstrak antosianin yang didapat semakin meningkat. Menurut Zou *et al.* (2011), dengan semakin banyak jumlah pelarut dapat menyebabkan meningkatnya area kontak antara bahan dengan pelarut, sehingga dapat meningkatkan difusivitas. Setelah konsentrasi etanol sebagai pelarut lebih dari 50%, kadar antosianin yang dihasilkan menurun. Hal ini diakibatkan meningkatnya viskositas larutan sehingga menurunkan intensitas kavitas pada metode ultrasonik, dan kavitas itu sendiri lebih sulit dihasilkan pada medium yang kental. Semakin besar rasio bahan:pelarut mengakibatkan intensitas ultrasonik pada bahan semakin tinggi sehingga terjadi fragmentasi pada bahan (Awad *et al.*, 2012). Menurut Rubel *et al.* (2018) penggunaan volume pelarut yang berlebihan perlu dihindari karena menyebabkan terhambatnya transfer

energi gelombang ultrasonik akibat diserap oleh pelarut sebelum sampai ke matriks.



Figur 1. Pengaruh proporsi etanol sebagai pelarut terhadap kadar antosianin



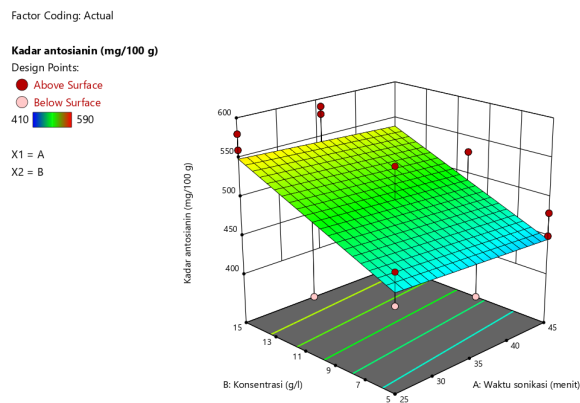
Figur 2. Pengaruh proporsi etanol sebagai pelarut terhadap total fenol

Peningkatan komposisi etanol sebagai pelarut meningkatkan total fenol, akan tetapi setelah komposisi etanol dalam pelarut lebih dari 50%, total fenol pada ekstrak beras hitam menurun (Figur 2). Menurunnya total fenol setelah komposisi etanol pada pelarut maksimal (50%), sehingga peningkatan jumlah etanol dalam pelarut tidak lagi meningkatkan total fenol dari beras hitam. Hal tersebut sesuai Sharifiyan *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa pelarut bisa mengekstrak total fenol sampai konsentrasi optimal, setelah itu hasilnya tetap. Menurut Pang *et al.* (2018) air merupakan jenis pelarut terbaik untuk mengekstrak fenol dari bekatul beras. Perubahan total fenol dengan perubahan komposisi etanol tersebut mengikuti persamaan $y = -0,1605x^2 + 16,014x + 4474,3$ ($R^2 = 0,8741$). Berdasarkan persamaan tersebut, untuk mendapatkan total fenol paling optimal maka ekstraksi beras hitam Sirampog dilakukan dengan komposisi 50% etanol dalam pelarut.

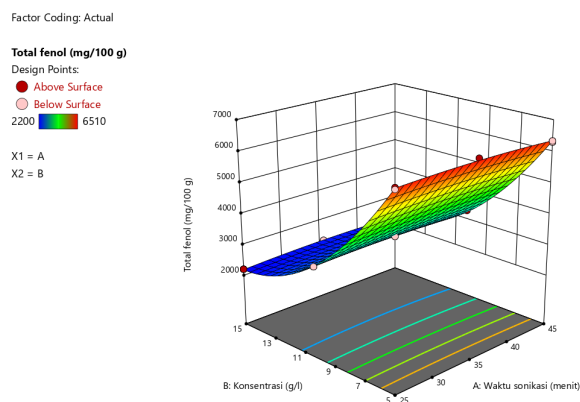
Perubahan kadar antosianin dengan berubahnya komposisi etanol mengikuti persamaan $y = -0,0932x^2 + 8,71x - 18,5$ ($R^2 = 0,9458$) seperti terlihat pada Figur 1. Berdasarkan persamaan tersebut, maka komposisi etanol paling tepat untuk melakukan ekstraksi antosianin dari beras hitam Sirampog adalah 47%. Berdasarkan hasil kedua parameter yaitu kadar antosianin dan total fenol, maka komposisi etanol yang digunakan untuk proses ekstraksi beras hitam tahap selanjutnya adalah 48,5 %.

Kondisi Ekstraksi

Konsentrasi bahan yang diekstrak berpengaruh nyata terhadap kadar antosianin yang dapat diekstrak dari beras hitam Sirampog pada taraf signifikansi 0,0313. dengan bertambahnya waktu ekstraksi. Semakin besar konsentrasi beras hitam yang diekstrak, kadar antosianin semakin meningkat. Pada beras hitam terdapat antosianin, dengan semakin banyaknya beras hitam, hasil ekstraksi semakin meningkat (Figur 3). Hal ini sesuai dengan Noorlaila *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa semakin banyak komponen yang diekstrak, yield semakin meningkat.



Figur 3. Kadar antosianin beras hitam Sirampog pada konsentrasi bahan dan waktu ekstraksi yang berbeda



Figur 4. Total fenol beras hitam Sirampog pada konsentrasi bahan dan waktu ekstraksi yang berbeda

Semakin lama waktu ekstraksi, kadar antosianin cenderung semakin meningkat (Figur 3). Hal ini disebabkan semakin lama waktu ekstraksi, maka antosianin yang dapat kontak dengan pelarut semakin banyak, sehingga hasil ekstraksinya meningkat. Hal ini sesuai dengan Zou *et al.* (2011) bahwa semakin lama waktu ekstraksi buah mulberry, kadar antosianin yang dihasilkan semakin meningkat. Chemat *et al.* (2011) juga menyatakan bahwa teknik ekstraksi berbantu ultrasonik dapat menghasilkan rendemen yang semakin meningkat.

Kadar antosianin pada beras hitam Sirampog 410 – 590 mg/100 g. Kadar antosianin ini berada pada kisaran kadar antosianin beras hitam di Indonesia

menurut (Pratiwi dan Purwestri, 2017) yaitu sebesar 53,22 sampai 650,37 mg/100 g. Kadar antosianin beras hitam Sirampog ini juga lebih tinggi daripada yang didapatkan oleh Pedro *et al.* (2016) bahwa beras hitam mengandung antosianin 116,5 mg/100g antosianin. Perbedaan hasil ini disebabkan oleh perbedaan jenis beras hitam yang digunakan.

Konsentrasi bahan berpengaruh nyata terhadap total fenol dengan hasil terbaik mengikuti bentuk kuadrat dengan nilai signifikansi < 0.0001. Meningkatnya konsentrasi bahan pada larutan meningkatkan total fenol hasil ekstraksi. Menurut Herrera dan De Castro (2004), salah satu hal yang mempengaruhi adalah konsentrasi bahan dalam pelarut.

Semakin lama waktu ekstraksi, total fenol yang didapatkan semakin meningkat (Figur 4). Hal ini disebabkan semakin lama waktu ekstraksi berarti semakin lama pelarut kontak dengan bahan, yang mengakibatkan total fenol yang terikat pada pelarut semakin banyak sehingga total fenol yang terdeteksi meningkat. Peningkatan total fenol sejalan meningkatnya waktu ekstraksi juga sesuai dengan hasil Herrera dan Luque De Castro (2004) bahwa salah satu hal yang mempengaruhi total fenol pada UAE adalah waktu ekstraksi.

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan *Response Surface Methodology*, didapatkan hasil bahwa untuk mendapatkan kadar antosianin dan total fenol yang maksimal perlu konsentrasi bahan 5 g/l dan waktu ekstraksi menggunakan UAE selama 25 menit. Kondisi tersebut dapat menghasilkan ekstrak dengan kadar antosianin 456 mg/100 g dan total fenol 6400 mg/100 g. Hasil ini menunjukkan bahwa UAE dapat digunakan untuk mengekstraksi antosianin dan total fenol dari beras hitam Sirampog secara optimal. Waktu ekstraksi tersebut lebih cepat dibandingkan ekstraksi antosianin dan total fenol pada mulberry menurut Zou *et al.* (2011) yaitu selama 40 menit.

Kesimpulan

Komposisi pelarut yang paling tepat untuk proses ekstraksi beras hitam adalah perbandingan air dan etanol sebesar 51,5:48,5. Kondisi optimal untuk ekstraksi antosianin pada beras hitam Sirampog menggunakan metode UAE adalah konsentrasi bahan 5 g/l selama 25 menit. Kondisi tersebut dapat menghasilkan ekstrak dengan kadar antosianin 456 mg/100 g dan total fenol 6400 mg/100 g. Hasil ini menunjukkan bahwa UAE dapat digunakan untuk mengekstraksi antosianin dan total fenol dari beras hitam secara optimal.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yang mendanai penelitian melalui Hibah Thesis Magister dengan nomer kontrak 062/SP2H/LT/DRPM/2019.

Daftar Pustaka

Araujo, G.S., Matos, L.J.B.L., Fernandes, J.O., Cartaxo, S.J.M., Gonçalves, L.R.B., Fernandes, F.A.N.,

- Farias, W.R.L. 2013. Extraction of lipids from microalgae by ultrasound application: Prospection of the optimal extraction method. *Ultrasonics Sonochemistry* 20(1):95–98. DOI:10.1016/j.ultsonch.2012.07.027.
- Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D., Youssef, M.M. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International* 48(2):410–427. DOI:10.1016/J.FOODRES.2012.05.004.
- Chemat, F., Zill-E-Huma, Khan, M.K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry* 18(4): 813–835. DOI:10.1016/j.ultsonch.2010.11.023.
- Ciulu, M., de la Luz Cádiz-Gurrea, M., Segura-Carretero, A. 2018. Extraction and analysis of phenolic compounds in rice: A review. *Molecules* 23(11):1–20. DOI:10.3390/molecules23112890.
- Djaeni, M., Ariani, N., Hidayat, R., Utari, F.D. 2017. Ekstraksi antosianin dari kelopak bunga Rosella (*Hibiscus Sabdariffa* L.) berbantu ultrasonik: Tinjauan aktivitas antioksidan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6(3):148–151. DOI:10.17728/jatp.236
- Espada-Bellido, E., Ferreiro-González, M., Carrera, C., Palma, M., Barroso, C.G., Barbero, G.F. 2017. Optimization of the ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds in mulberry (*Morus nigra*) pulp. *Food Chemistry* 219: 23–32. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.09.122.
- Ferrari, G., Maresca, P., Ciccarone, R. 2011. The Effects of high hydrostatic pressure on the polyphenols and anthocyanins in red fruit products. *Procedia Food Science* 1:847–853. DOI:10.1016/j.profoo.2011.09.128.
- Herrera, M.C., Luque De Castro, M.D. 2004. Ultrasound-assisted extraction for the analysis of phenolic compounds in strawberries. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 379(7–8):1106–1112. DOI:10.1007/s00216-004-2684-0.
- Herrera, M.C., Luque De Castro, M.D. 2005. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from strawberries prior to liquid chromatographic separation and photodiode array ultraviolet detection. *Journal of Chromatography A* 1100(1):1–7. DOI:10.1016/j.chroma.2005.09.021.
- Hilman, A., Harmayani, E., Cahyanto, M.N. 2018. Inulin extraction and characterisation of fresh and chip gembili (*Dioscorea esculenta*) extract by ultrasound-assisted extraction. *International Conference of Science, Technology, Engineering, Environmental and Ramification Researchers* 47–53. <https://doi.org/10.5220/0010084000470053>
- Khan, M.K., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.S., Dangles, O., Chemat, F. 2010. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry* 119(2):851–858. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.08.046.
- Khoei, M., Chekin, F. 2016. The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil. *Food Chemistry* 194:503–507. DOI:10.1016/J.FOODCHEM.2015.08.068.
- Maisuthisakul, P., Changchub, L. 2014. Effect of extraction on phenolic antioxidant of different Thai rice (*Oryza Sativa* L.) genotypes. *International Journal of Food Properties* 17(4):855–865. DOI:10.1080/10942912.2012.685677.
- Mena, P., Calani, L., Dall’Asta, C., Galaverna, G., García-Viguera, C., Bruni, R., Del Rio, D. 2012. Rapid and comprehensive evaluation of (poly)phenolic compounds in pomegranate (*Punica granatum* L.) juice by UHPLC-MSn. *Molecules* 17(12):14821–14840. DOI:10.3390/molecules171214821.
- Murador, D.C., Braga, A.R.C., Martins, P.L.G., Mercadante, A.Z., de Rosso, V.V. 2019. Ionic liquid associated with ultrasonic-assisted extraction: A new approach to obtain carotenoids from orange peel. *Food Research International* 126: 108653. DOI:10.1016/j.foodres.2019.108653.
- Noorlaila, A., Nur Suhadah, N., Noriham, A., Nor Hasanah, H. 2018. Total anthocyanin content and antioxidant activities of pigmented black rice (*Oryza sativa* l. japonica) subjected to soaking and boiling. *Jurnal Teknologi* 80(3):137–143. DOI:10.11113/jt.v80.11135.
- Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y., Bao, J. 2018. Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. *Food Chemistry* 240:212–221. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.07.095.
- 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. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.02.045.
- Pereira-Caro, G., Cros, G., Yokota, T., Crozier, A. 2013. Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the camargue region of france. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(33):7976–7986. DOI:10.1021/jf401937b.
- Pratiwi, R., Purwestri, YA. 2017. Black rice as a functional food in Indonesia. *Functional Foods in Health and Disease* 7(3):182–194. DOI:10.31989/ffhd.v7i3.310.
- Rawson, A., Vca, K. 2015. Ultrasound assisted extraction of oil from rice bran: A response surface methodology approach. *Journal Food Processing Technology* 6(6):1-7. DOI:10.4172/2157-7110.1000454
- Rubel, I.A., Iraporda, C., Novosad, R., Cabrera, F.A., Genovese, D.B., Manrique, G.D. 2018. Inulin rich carbohydrates extraction from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and application of different drying methods. *Food Research International* 103:226–233. DOI:10.1016/j.foodres.2017.10.041.
- Sharifiyan, F., Mirjalili, S.A., Fazilati, M., Poorazizi, E., Habibollahi, S. 2019. Variation of ursolic acid content in flowers of ten Iranian pomegranate

- (*Punica granatum* L.) cultivars. *BMC Chemistry* 13(1):13–80. DOI:10.1186/s13065-019-0598-3.
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., Berghofer, E. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry* 124(1):132–140. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.05.115.
- Tiwari, B.K. 2015. Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* 71:100–109. DOI:10.1016/j.trac.2015.04.013.
- Zou, T.B., Wang, M., Gan, R.Y., Ling, W.H. 2011. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from mulberry, using response surface methodology. *International Journal of Molecular Sciences* 12(5):3006–3017. DOI:10.3390/ijms12053006.