

Artikel Penelitian

Ekstraksi, Pengeringan Semprot, dan Analisis Sifat Fisikokimia Antosianin Beras Hitam (*Oryza sativa* L.)

*Extraction, Spray Drying, and Physicochemical Analysis of Black Rice (*Oryza sativa* L.) Anthocyanin*

Rianita Pramitasari*, Natasha Angelica

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta

*Korespondensi dengan penulis (rianita.pramitasari@atmajaya.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 25 September 2019 dan dinyatakan diterima tanggal 06 Mei 2020. 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® ©2020

Abstrak

Antosianin merupakan senyawa bioaktif yang terdapat pada beras hitam dan memiliki aktivitas antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan ekstrak dan serbuk beras hitam tinggi antosianin, serta mengevaluasi sifat fisikokimianya. Proses ekstraksi antosianin dilakukan menggunakan metode maserasi dengan variasi perlakuan pelarut (air, air + asam sitrat 4% (b/v), dan etanol + asam sitrat 20% (b/v) sebagai kontrol) dan waktu maserasi (6, 18, 24, dan 48 jam). Hasil ekstrak kemudian dianalisis sifat kimianya. Selanjutnya, ekstrak dikeringkan menggunakan metode pengeringan semprot dengan variasi suhu pengeringan (160 dan 200 °C) dan penambahan maltodekstrin (10 dan 20%, b/v). Serbuk hasil pengeringan kemudian dianalisis sifat fisikokimianya. Hasil ekstraksi optimum ditandai dengan tingginya kadar antosianin total yang dianalisis menggunakan metode perbedaan pH dalam ekstrak. Kondisi optimum didapatkan pada ekstraksi menggunakan air + asam sitrat pada jam ke-24 yang ditunjukkan dengan kandungan antosianin total sebesar $0,85 \pm 0,02$ mg/g. Pengeringan optimum yang ditandai dengan tingginya antosianin total ($0,12 \pm 0,01$ mg/g) dan %aktivitas penghambatan DPPH ($46,22 \pm 0,24\%$) didapatkan pada sampel yang diekstraksi dengan air + asam sitrat dengan konsentrasi maltodekstrin 10% dan suhu pengeringan 200 °C. Sementara itu, hasil analisis fisik yaitu kadar air, aktivitas air, kelarutan, dan viskositas serbuk setelah dilarutkan memiliki nilai yang menyerupai minuman serbuk komersial. Dapat disimpulkan bahwa ekstraksi antosianin beras hitam menggunakan metode maserasi dengan pelarut air + asam sitrat selama 24 jam dan dilanjutkan pengeringan semprot pada suhu 200 °C menggunakan penyalut maltodekstrin 10% menghasilkan serbuk yang berpotensi untuk diaplikasikan sebagai ingredien minuman fungsional karena memiliki sifat fisik yang menyerupai minuman serbuk komersial dan memiliki aktivitas antioksidan.

Kata kunci: antosianin, beras hitam, maserasi, pengeringan semprot, sifat fisikokimia.

Abstract

Anthocyanin is a bioactive compound found in black rice and has antioxidant activity. The study aims to obtain extract and powder of high black rice anthocyanin, as well as evaluate its physicochemical properties. The extraction process of anthocyanin was carried out using maceration method with variations in solvent and time of maceration. The extract results were then analyzed the chemical properties. The extract was spray dried with variations in the drying temperature and the addition of maltodextrin. The total anthocyanin and psychochemical value were then analyzed. The extraction using water + citric acid for 24 hours showed total anthocyanin of 0.85 ± 0.02 mg/g. Optimum drying was characterized by the highest total anthocyanins (0.12 ± 0.01 mg/g) and scavenging activity ($46.22 \pm 0.24\%$) that was obtained in the sample using water + citric acid solvent with 10% maltodextrin and drying temperature at 200 °C. Meanwhile, physical analysis results of water content, water activity, solubility, and the viscosity of powder after being dissolved had beyond value of commercial powder drink. It can be concluded that the extraction of black rice anthocyanin using a water + citric acid as solvent for 24 hours and spray drying at a temperature of 200 °C using maltodextrin 10% produced highest value indicating the potent use as a beverage ingredient.

Keywords: anthocyanin, black rice, maceration, spray drying, physicochemical properties.

Pendahuluan

Antosianin dikenal sebagai salah satu senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas antioksidan dengan cara memberikan elektronnya ke radikal bebas yang tidak stabil, sehingga menjadi stabil. Penelitian mengenai ekstraksi antosianin terus menerus dilakukan pada berbagai tanaman, salah satunya ialah beras hitam (Zhang *et al.*, 2015). Beras hitam memiliki kandungan antosianin yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan jenis beras yang lain (Ponnappan *et al.*, 2017).

Proses pemasakan beras hitam dapat menurunkan sekitar 65,4-79,8% kandungan antosianin di dalamnya (Surh and Koh, 2014). Apabila kandungan antosianin dalam beras hitam rendah, maka aktivitas antioksidan di dalamnya ikut mengalami penurunan (Maisuthisakul and Changchub, 2014).

Untuk mendapatkan antosianin secara maksimal dari beras hitam, dapat dilakukan ekstraksi supaya seluruh antosianin dapat diambil dan dikonsumsi. Akan tetapi, kondisi ekstraksi perlu diperhatikan karena

stabilitas warna dan aktivitas antioksidan antosianin sangat dipengaruhi oleh faktor pH dan suhu (Loypimai *et al.*, 2016). Antosianin yang diekstrak menggunakan pelarut dengan pH \geq 3 menyebabkan penurunan stabilitas (Bae *et al.*, 2017). Demikian pula penggunaan suhu yang makin tinggi (> 100°C) dapat menyebabkan peningkatan degradasi antosianin (Sui *et al.*, 2014).

Pada penelitian Pedro *et al.* (2016), kandungan antosianin total pada beras hitam yang diekstraksi menggunakan pelarut etanol yang diturunkan pH-nya menggunakan asam sitrat dengan perbandingan 80:20 dapat mencapai 116,76 mg/100 g. Meskipun demikian, penggunaan etanol sebagai pelarut seringkali diragukan kehalalannya (Alzeer and Hadeed 2016), sehingga perlu dicari alternatif penggunaan pelarut lain seperti air maupun larutan asam sitrat (Hosseini *et al.*, 2016). Halee *et al.* (2018) melaporkan penggunaan pelarut air + asam sitrat 0,1 M pada ekstraksi antioksidan beras hitam selama 2 jam pada suhu ruang dapat menghasilkan kandungan antosianin total yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan pelarut etanol + asam sitrat 0,1 M, namun masih lebih rendah jika dibandingkan dengan pelarut metanol baik yang ditambah asam sitrat 0,1 M maupun tanpa penambahan asam sitrat. Lama waktu ekstraksi juga berpengaruh pada kadar antosianin total yang diperoleh sehingga perlu dilakukan upaya optimasi (Le *et al.*, 2019).

Hasil ekstrak antosianin yang masih berbentuk cair perlu dikeringkan untuk memperpanjang masa simpan (Mahdavi *et al.*, 2016) dan mempermudah pengaplikasiannya pada produk minuman (Çopur *et al.*, 2019). Penelitian ini dilakukan upaya ekstraksi antosianin beras hitam menggunakan pelarut air dan asam sitrat yang aman untuk dikonsumsi, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan semprot. Metode pengeringan semprot memiliki beberapa keunggulan diantaranya menghasilkan serbuk dengan ukuran seragam serta memiliki aktivitas air dan kadar air yang rendah (Sanchez-Reinoso *et al.*, 2017). Aktivitas air dan kadar air yang rendah membuat serbuk lebih awet selama penyimpanan (Tonon *et al.*, 2010).

Proses pengeringan semprot menggunakan suhu tinggi sehingga dapat mendegradasi antosianin (Idham *et al.*, 2012). Untuk mempertahankan kandungan antosianin selama proses pengeringan semprot, diperlukan penggunaan bahan penyalut (Mahdavi *et al.*, 2014). Kalusevic *et al.* (2017) melaporkan penggunaan maltodekstrin, gum arab, dan susu skim, masing-masing dapat melindungi stabilitas warna dan aktivitas antioksidan pada ekstrak antosianin kulit kedelai hitam selama proses pengeringan semprot dengan suhu inlet 140°C dan penyimpanan selama 3 bulan. Penelitian ini menggunakan maltodekstrin karena selain efektivitasnya untuk melindungi stabilitas antosianin, harganya juga relatif murah dan mudah didapatkan (Estupiñan *et al.*, 2011). Selain itu, serbuk yang diperoleh menggunakan penyalut maltodekstrin dapat menghasilkan kelarutan yang tinggi (Tran and Nguyen, 2018). Meskipun demikian, perbedaan konsentrasi maltodekstrin dan suhu inlet pengeringan semprot dapat

memberikan nilai kelarutan yang berbeda pula (Jafari *et al.*, 2017).

Optimasi ekstraksi antosianin beras hitam menggunakan variasi pelarut yang aman dikonsumsi dan lama waktu ekstraksi yang kemudian dilanjutkan dengan optimasi pengeringan semprot menggunakan variasi konsentrasi maltodekstrin sebagai penyalut dan suhu inlet untuk mendapatkan serbuk antosianin beras hitam yang tinggi kandungan antosianin dan antioksidannya serta memiliki sifat fisik yang menyerupai serbuk minuman komersial, belum pernah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan ekstrak beras hitam dengan mengontrol kondisi pelarut dan waktu ekstraksi guna mendapatkan serbuk dari ekstrak beras hitam yang tinggi kadar antosianinnya.

Materi dan Metode

Materi

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini ialah beras hitam (*Oryza sativa* L.) yang berasal dari Solo, Jawa Tengah. Bahan-bahan lain yang digunakan meliputi: etanol dan metanol proanalitis (Smart Lab, Indonesia), asam sitrat (Koepoe-Koepoe, Indonesia), air (Amidis, Indonesia), minuman serbuk komersial (Nutrisari, Indonesia), kertas saring Whatman No.1, *buffer* potasium klorida (pH 1), *buffer* sodium asetat (pH 4,5), 1,1-difenil-2-pikrihidrazil (DPPH), asam galat, *quercetin*, dan asam askorbat (Sigma Aldrich, Germany), Na₂CO₃, Folin Ciocalteu, AlCl₃, CH₃COOK, maltodekstrin DE 10 (Qinhuangdao Lihua Starch, China). Peralatan yang digunakan selama penelitian yaitu *shieve shaker*, ayakan, oven, *food processor*, *waterbath shaker* (GFL, Germany), pH meter, *sentrifuge* (Eppendorf, USA), *rotary evaporator* (Buchi, Switzerland), spektrofotometer UV/Vis (Optima Sp-3000Plus, Japan), pengering semprot (Buchi B-290, Switzerland), *colorimeter* (NH301, China), viskometer (Brookfield LVT 230, USA), Aw meter (AquaLab, USA), dan peralatan gelas.

Metode

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengolahan Pangan dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya mulai September 2018 sampai Maret 2019.

Preparasi sampel

Preparasi sampel dilakukan berdasarkan metode Muntana and Prasong (2010) dengan modifikasi, diawali dengan proses penepungan beras hitam menggunakan *food processor*. Selanjutnya, tepung beras hitam diayak menggunakan ayakan dengan ukuran lubang 60 *mesh*. Sebelum digunakan untuk tahap selanjutnya, tepung beras hitam disimpan di tempat yang kering, pada suhu -20 °C, tertutup rapat, dan terlindung dari cahaya.

Ekstraksi Antosianin

Ekstraksi antosianin dilakukan berdasarkan metode Pedro *et al.* (2016) dengan modifikasi. Tepung beras hitam ditimbang sebanyak 5 g, lalu ditambahkan

pelarut dengan perbandingan tepung dan pelarut yaitu 1:10 (b/v). Variasi pelarut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air, air dan asam sitrat dengan konsentrasi 4% (b/v), serta etanol dan asam sitrat dengan konsentrasi 20% (b/v). Kemudian, dilakukan maserasi pada masing-masing sampel selama 6, 18, 24, dan 48 jam sambil dilakukan agitasi menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 1 x g.

Setelah ekstraksi selesai, larutan disentrifugasi dengan kecepatan 700 x g selama 20 menit pada suhu ruang (Hiemori *et al.*, 2009). Supernatan diambil dan disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 sehingga didapatkan filtrat. Untuk mendapatkan hasil ekstrak yang lebih optimal, pelet hasil sentrifugasi diekstrak, disentrifugasi, dan disaring kembali dengan perlakuan yang sama, kemudian filtrat dicampur dengan hasil filtrat yang pertama (Muntana and Prasong, 2010). Filtrat hasil ekstraksi dengan pelarut etanol dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C selama 30 menit, sedangkan filtrat hasil ekstraksi dengan pelarut air dan asam sitrat tidak dilakukan evaporasi.

Analisis Antosianin Total

Analisis antosianin total dilakukan menggunakan metode pH diferensial berdasarkan Yamuangmorn *et al.* (2018). Sebanyak 1 ml sampel dan dimasukkan ke dalam dua buah tabung gelap berbeda. Kemudian, sebanyak 1 ml larutan *buffer* potasium klorida (pH 1) dan *buffer* sodium asetat (pH 4,5) ditambahkan pada masing-masing tabung gelap yang telah berisi ekstrak antosianin. Larutan tersebut diinkubasi pada suhu ruang dan kondisi gelap selama 15 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer UV/Vis pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Nilai absorbansi total larutan dihitung dengan mengurangkan selisih absorbansi pada panjang gelombang 520 dan 700 nm pada pH 1 dengan selisih absorbansi pada pH 4,5. Kadar antosianin total dihitung dengan mengalikan nilai absorbansi total dengan berat molekul sianidin-3-glukosida (448,8 g/mol), jumlah pengenceran, dan koefisien absorbtivitas molar sianidin-3-glukosida (26.900 l/mol cm).

Analisis Aktivitas Antioksidan

Analisis aktivitas antioksidan dilakukan berdasarkan metode Pedro *et al.* (2016) dengan modifikasi. Sebanyak 850 µl DPPH 0,2 mM dicampur dengan 575 µl sampel, dan 575 µl metanol, di dalam tabung gelap. Blanko yang digunakan adalah campuran 1 ml DPPH 0,2 mM dan 1 ml metanol. Kemudian, larutan dihomogenisasi dan diinkubasi pada suhu ruang selama 60 menit. Lalu, absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV/Vis pada panjang gelombang 517 nm. Adapun larutan standar yang digunakan adalah asam askorbat dengan konsentrasi 200 ppm. Aktivitas antioksidan dihitung dari absorbansi blanko dikurangi absorbansi sampel, kemudian dibagi dengan absorbansi sampel dan dikalikan 100%.

Analisis Fenolik Total

Analisis fenolik total dilakukan berdasarkan metode Pedro *et al.* (2016) dengan modifikasi. Sebanyak 200 µl sampel diambil lalu dicampurkan dengan 1 ml Folin Ciocalteu 10% (v/v) di dalam tabung gelap. Kemudian larutan dihomogenisasi dengan *waterbath shaker* pada suhu 50°C, dengan kecepatan 1 x g, selama 5 menit. Lalu, ditambahkan dengan Na₂CO₃ 7,5% sebanyak 800 µl dan dihomogenisasi. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm dengan air distilasi sebagai blanko. Kurva standar dibuat dengan melarutkan asam galat dalam etanol dengan konsentrasi 10-50 ppm. Hasilnya dinyatakan sebagai mg GAE/g berat kering.

Analisis Flavonoid Total

Analisis flavonoid total dilakukan menggunakan metode Cai *et al.* (2016), dengan modifikasi. Sebanyak 500 µl sampel pada tabung gelap ditambahkan dengan 1500 µl etanol. Kemudian, sebanyak 100 µl AlCl₃ 10%, 100 µl CH₃COOK 1M, dan 2,8 ml air distilasi ditambahkan pada tabung tersebut dan dihomogenisasi. Larutan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Selanjutnya, absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 415 nm dengan akua distilata sebagai blanko. Hal yang sama dilakukan untuk mengukur flavonoid total pada larutan serbuk antosianin hasil pengeringan. Kurva standar dibuat dengan melarutkan *quercetin* dalam air distilasi dengan konsentrasi 60-140 ppm. Hasilnya dinyatakan sebagai mg QE/g berat kering.

Pembuatan Serbuk Antosianin

Pembuatan serbuk antosianin dari ekstrak antosianin beras hitam dilakukan dengan metode pengeringan semprot. Larutan dibuat dengan cara melarutkan maltodekstrin DE-10 dengan variasi konsentrasi 10 dan 20% (b/v) dalam ekstrak antosianin. Kemudian variasi suhu *inlet* pada pengering semprot yang digunakan yaitu suhu 160 dan 200°C. Serbuk hasil pengeringan disimpan dalam wadah gelap dan tertutup rapat, dengan suhu -20°C (Kha *et al.*, 2010).

Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan metode termogravimetri. Serbuk antosianin hasil pengeringan, masing-masing diambil sebanyak 1 g. Kemudian, serbuk antosianin dimasukkan ke dalam cawan kering yang telah diketahui bobotnya. Cawan yang telah berisi serbuk antosianin, dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Setelah kering, cawan tersebut dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang beratnya hingga konstan (AOAC, 2000). Kadar air serbuk antosianin dinyatakan sebagai persentase jumlah air yang menguap terhadap bobot awal sampel.

Analisis Aktivitas Air (Aw)

Analisis nilai Aw dilakukan dengan menggunakan alat Aw meter. Sebanyak 2 g serbuk antosianin ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah kering

husus. Kemudian, wadah berisi sampel dimasukkan ke dalam Aw meter, dan tuas ditekan untuk pembacaan nilai Aw sampel. Setelah beberapa saat, nilai Aw sampel serbuk antosianin kemudian muncul pada layar Aw meter (Ma *et al.*, 2009).

Analisis Kelarutan

Analisis kelarutan dilakukan menggunakan metode Franco *et al.* (2016) dengan modifikasi. Sebanyak 5 g serbuk antosianin dilarutkan dalam 100 ml air, lalu dihomogenisasi dengan menggunakan *vortex*. Setelah itu, larutan disentrifugasi dengan kecepatan 10000 x g selama 10 menit. Kemudian, supernatan dibuang, sedangkan filtrat diambil dan dimasukkan pada cawan kering yang telah diketahui bobotnya. Cawan berisi filtrat dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C, hingga kering, dan ditimbang hingga beratnya konstan. Kelarutan serbuk antosianin dinyatakan sebagai persentase bagian yang menguap selama pengeringan terhadap bobot kering sampel.

Analisis Viskositas

Analisis viskositas dilakukan menggunakan metode Terhaag *et al.* (2013) dengan modifikasi. Sebanyak 5 g serbuk antosianin dilarutkan dalam 100 ml air, lalu dihomogenisasi dengan menggunakan *vortex*. Larutan dimasukkan ke dalam wadah dan diletakkan di bawah *spindle* yang telah terhubung dengan viskometer. *Spindle* nomor 61 digunakan karena larutan yang diuji termasuk larutan yang bersifat encer. Kemudian, kecepatan diatur pada 30 cPa, dan tuas pada bagian belakang alat ditekan agar *spindle* dapat memutar. Hasilnya dinyatakan dengan satuan mPa.s, yang dapat diperoleh dengan rumus perkalian antara *factor* dengan *dial reading*.

Analisis Warna

Analisis ini dilakukan menggunakan metode Aguilera *et al.* (2016) dengan modifikasi. Sebanyak 5 g serbuk antosianin dilarutkan dalam 100 ml air, lalu dihomogenisasi dengan menggunakan *vortex*. Larutan dimasukkan ke dalam kuvet pada alat *colorimeter* untuk diukur. Hasilnya dapat dilihat pada layar *colorimeter* berupa nilai L*, a*, dan b*. Adapun arti dari nilai L* menunjukkan kecerahan dari 100 (putih) hingga 0 (hitam); a* mewakili sifat warna antara hijau (-a*) dan merah (+a*); sedangkan b* menunjukkan sifat warna antara biru (-b*) dan kuning (+b*).

Analisis Indeks Pencoklatan

Analisis indeks pencoklatan dilakukan menggunakan metode spektrofotometri. Sebanyak 0,5 g serbuk antosianin dilarutkan dalam 10 ml air, lalu dihomogenisasi. Larutan tersebut diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm dan 520 nm. Pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 420 nm untuk mengetahui reaksi pencoklatan saat proses penyerbukan ekstrak antosianin. Sementara itu, panjang gelombang 520 nm merupakan panjang gelombang yang optimum untuk mengukur antosianin pada sampel

(Abbasi and Azizpour, 2016). Nilai indeks pencoklatan dinyatakan dengan perhitungan absorbansi pada panjang gelombang 520 nm dibagi absorbansi pada panjang gelombang 420 nm.

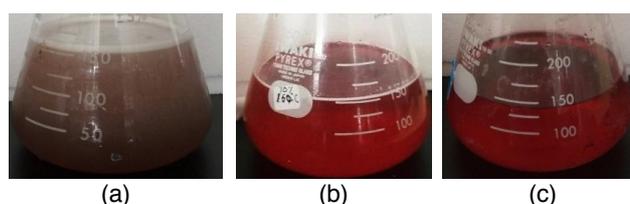
Analisis Statistik

Proses ekstraksi dan pengeringan semprot masing-masing dilakukan sebanyak dua kali ulangan perlakuan. Analisis kimia dan fisik masing-masing dilakukan sebanyak dua kali ulangan analisis. Data hasil analisis kimia dan fisik diolah secara statistik dengan metode *One-Way ANOVA* menggunakan *software* statistik SPSS versi 25. Uji lanjut dilakukan menggunakan Uji Duncan pada $p < 0,05$.

Hasil dan Pembahasan

Ekstrak Antosianin

Proses maserasi bertingkat (3 tingkat) dilakukan pada sampel beras hitam dengan variasi waktu dan jenis pelarut. Pada akhir proses maserasi menggunakan air dan air + asam sitrat masing-masing didapatkan 140±0,00 ml ekstrak antosianin. Pemekatan ekstrak setelah maserasi menggunakan *rotary evaporator* hanya dilakukan pada ekstrak antosianin yang didapatkan dari hasil maserasi dengan pelarut etanol + asam sitrat. Hasilnya, didapatkan ekstrak antosianin pekat sebanyak 40±0,00 ml. Ketiga hasil ekstrak dapat diamati perbedaannya secara visual dari warna yang dihasilkan (Figur 1). Penggunaan pelarut air + asam sitrat menghasilkan warna ekstrak yang lebih merah dibandingkan dengan penggunaan pelarut air saja. Namun demikian, penggunaan pelarut etanol masih memberikan warna yang lebih merah apabila dibandingkan kedua pelarut yang lain. Hal ini dapat dipengaruhi dari perbedaan jumlah kandungan pigmen antosianin yang terekstrak menggunakan tiga pelarut yang berbeda.



Figur 1. Hasil ekstrak antosianin beras hitam dengan pelarut air (a), pelarut air + asam sitrat (b), dan pelarut etanol + asam sitrat (c).

Total Antosianin pada Ekstrak

Hasil analisis total antosianin dari ekstrak antosianin (Tabel 1) didapatkan antosianin total paling tinggi pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air yaitu 0,35±0,15 mg/g beras (jam ke-6), dan pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat yaitu 0,85±0,02 mg/g beras (jam ke-24). Pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut etanol + asam sitrat (sebagai kontrol), total antosianin tertinggi yaitu 0,96±0,01 mg/g beras (jam ke-48). Secara statistik, kadar antosianin total optimum pada kontrol tidak berbeda signifikan dengan sampel optimum yang diekstraksi dengan air + asam sitrat. Sementara itu, kadar antosianin total optimum

sampel yang diekstraksi dengan pelarut air secara signifikan lebih rendah dibandingkan kontrol dan sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat.

Tabel 1. Total antosianin dari ekstrak antosianin

Waktu (jam)	Kadar antosianin total (mg/g beras)		
	Air	Air+asam sitrat	Etanol+asam sitrat
6	0,35±0,15 ^a	0,75±0,10 ^b	0,30±0,02 ^a
18	0,33±0,14 ^a	0,78±0,05 ^b	0,88±0,01 ^a
24	0,34±0,16 ^a	0,85±0,02 ^b	0,34±0,00 ^a
48	0,19±0,13 ^a	0,32±0,15 ^a	0,96±0,01 ^b

Tabel 2. Aktivitas antioksidan dari ekstrak antosianin

Waktu (jam)	Aktivitas antioksidan (%)			
	Air	Air+asam sitrat	Etanol+asam sitrat	Asam askorbat
6	52,31±2,55 ^d	62,62±2,31 ^{ef}	37,84±2,04 ^b	
18	38,64±1,27 ^{bc}	51,83±1,87 ^d	51,13±0,50 ^d	
24	42,08±0,58 ^c	71,45±0,64 ^g	59,31±1,20 ^e	
48	15,66±2,00 ^a	65,52±0,30 ^f	41,34±2,91 ^{bc}	82,16±1,15 ^h

Tabel 3. Total fenolik (mg GAE/g) dari ekstrak antosianin

Waktu (jam)	Air	Air+asam sitrat	Etanol+asam sitrat
6	0,35±0,04 ^c	0,18±0,04 ^a	0,34±0,09 ^{bc}
18	0,22±0,08 ^{ab}	0,19±0,01 ^a	0,33±0,05 ^{bc}
24	0,17±0,04 ^a	0,22±0,02 ^{ab}	0,23±0,04 ^{ab}
48	0,20±0,07 ^{ab}	0,24±0,04 ^{abc}	0,27±0,04 ^{abc}

Tabel 4. Total flavonoid (mg QE/g) dari ekstrak antosianin

Waktu (jam)	Air	Air+asam sitrat	Etanol+asam sitrat
6	0,85x10 ⁻² ±0,00 ^a	0,05±0,04 ^a	0,03±0,01 ^a
18	1,64x10 ⁻² ±0,02 ^a	0,22±0,28 ^a	0,04±0,00 ^a
24	2,03x10 ⁻² ±0,02 ^a	0,06±0,03 ^b	0,04±0,01 ^a
48	0,35x10 ⁻² ±0,00 ^a	0,04±0,03 ^b	0,05±0,01 ^b

Keterangan untuk Tabel 1-4: Data disajikan dalam rata-rata pengulangan (n=2)±standar deviasi. Huruf berbeda dalam tabel menunjukkan perbedaan signifikan (p < 0,05).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses maserasi beras hitam menggunakan pelarut yang bersifat asam dengan adanya penambahan asam sitrat menghasilkan nilai antosianin total yang lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut air (pH netral). Hal ini dapat disebabkan oleh pemecahan ikatan ester oleh pelarut asam pada lignin dan kompleks polisakarida di dinding sel tanaman (Butsat and Siriamornpun, 2010). Jenis pelarut yang digunakan adalah pelarut polar yaitu air dan etanol yang dicampur dengan asam sitrat agar memiliki pH rendah (pH 2,0). Pelarut etanol + asam sitrat dipilih sebagai kontrol. Pelarut air dan asam sitrat dipilih karena aman dikonsumsi, bila dibandingkan dengan penelitian Maulida dan Guntarti (2015) yang menggunakan etanol + HCl dan menghasilkan total antosianin sebesar 1167,8 mg/100 g beras hitam.

Selain itu, nilai antosianin total juga dipengaruhi oleh ukuran sampel beras hitam. Maulida dan Guntarti (2015) melaporkan bahwa proses pemotongan beras hitam dengan pisau *blender* menyebabkan lapisan perikarp dan aleuron hancur lebih cepat menjadi ukuran yang kecil, sedangkan bagian pati hancur lebih lambat menjadi ukuran yang lebih besar. Proses pengayakan 60 *mesh* membuat keduanya terpisah sehingga partikel

kecil yang memiliki luas permukaan besar berpeluang lebih besar untuk melakukan kontak dengan pelarut. Dengan demikian, proses maserasi terjadi lebih optimum yang ditandai dengan semakin tingginya kandungan antosianin total. Pada penelitian Maulida dan Guntarti (2015), proses pengayakan yang dilakukan ialah 40 *mesh* sehingga ukuran partikel yang akan diekstrak menjadi lebih besar. Partikel serbuk beras hitam yang berukuran lebih besar yang digunakan dalam ekstraksi akan menghasilkan nilai antosianin total yang lebih rendah. Hal ini karena dalam jumlah sampel yang sama, terkandung lebih banyak amilum dari pada antosianinnya.

Perbedaan waktu maserasi juga mempengaruhi kadar antosianin yang terekstrak pada pelarut. Pada pelarut dengan pH netral, waktu maserasi selama 6 jam merupakan kondisi paling optimum, sedangkan pada pelarut asam, waktu maserasi 24 jam pada pelarut air + asam sitrat dan waktu maserasi 48 jam pada pelarut etanol + asam sitrat (sebagai kontrol) merupakan kondisi paling optimum. Berdasarkan penelitian Pedro *et al.* (2016), hal ini dapat disebabkan karena antosianin tidak stabil pada pH netral, sehingga konsentrasinya dapat menurun seiring waktu. Pada pelarut asam, semakin lama waktu maserasi berlangsung, maka semakin tinggi nilai total antosianin yang terekstrak pada pelarut dan bersifat lebih stabil. Dengan demikian, nilai antosianin total yang terdeteksi akan lebih tinggi pada pelarut asam (pH rendah) dibandingkan pada pelarut dengan pH netral (Basito, 2011).

Aktivitas Antioksidan

Hasil analisis aktivitas antioksidan dari ekstrak antosianin berdasarkan variasi perlakuan pelarut dan waktu maserasi dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai aktivitas antioksidan tertinggi pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air terdapat pada sampel yang juga memiliki antosianin total tertinggi yaitu 52,31±2,55% (jam ke-6), dan pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat yaitu 71,45±0,64% (jam ke-24). Kedua hasil aktivitas antioksidan optimum tersebut secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pada pelarut etanol + asam sitrat (kontrol), nilai aktivitas antioksidan tertinggi yaitu 41,34±2,91% (jam ke-48). Nilai aktivitas antioksidan ketiga sampel tersebut secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan nilai aktivitas antioksidan asam askorbat, yaitu sebesar 82,16±1,15%.

Hasil aktivitas antioksidan (Tabel 2) menunjukkan bahwa nilai antosianin total pada sampel berbanding lurus dengan aktivitas antioksidannya. Akan tetapi, pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut etanol + asam sitrat, yang memiliki total antosianin tertinggi tidak memiliki aktivitas antioksidan tertinggi. Menurut Phetpornpaisan *et al.* (2014), pada beras hitam terdapat beberapa jenis antosianin di antaranya sianidin-3-glukosida, peonidin-3-glukosida, dan malvidin yang memiliki aktivitas antioksidan berbeda. Selain itu, menurut Tananuwong and Tewaruth (2010), hal tersebut dapat juga disebabkan oleh metode pengukuran nilai aktivitas antioksidan yaitu persentase penangkapan

radikal DPPH yang dapat mengukur seluruh aktivitas antioksidan dalam sampel sehingga senyawa fitokimia lain yang memiliki aktivitas antioksidan dapat ikut terukur.

Total Fenolik dan Flavonoid

Hasil analisis total fenolik dari ekstrak antosianin berdasarkan variasi perlakuan pelarut dan waktu maserasi disajikan pada Tabel 3. Total fenolik tertinggi pada sampel yang diekstraksi menggunakan pelarut air yaitu $0,35 \pm 0,04$ mg GAE/g (jam ke-6). Sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat memiliki kadar fenolik total tertinggi sebesar $0,22 \pm 0,02$ mg GAE/g (jam ke-24). Kandungan total fenolik pada kedua sampel tersebut tidak berbeda signifikan terhadap kontrol yaitu sebesar $0,27 \pm 0,04$ mg GAE/g (jam ke-48). Senyawa fenolik memiliki mekanisme dalam proses penangkalan radikal bebas, yaitu kemampuan senyawa fenolik dalam mendonorkan atom hidrogen pada gugus hidroksil melalui transfer elektron. Dengan demikian, proses tersebut dapat mengubah senyawa fenolik menjadi radikal fenoksil yang bersifat stabil (Bendary *et al.*, 2013).

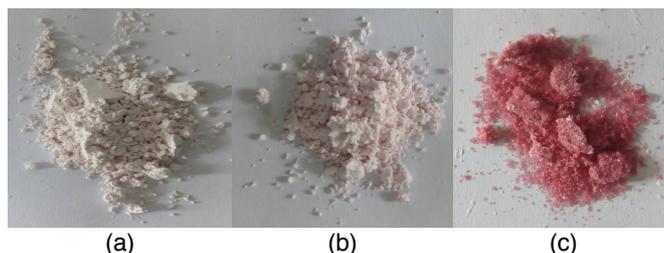
Nilai flavonoid total pada sampel yang diekstraksi menggunakan air pada semua variasi waktu maserasi tidak berbeda signifikan (Tabel 4). Pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat, total flavonoid tertinggi yaitu $0,06 \pm 0,03$ mg QE/g (jam ke-24). Pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut etanol + asam sitrat, nilai flavonoid total tertinggi yaitu sebesar $0,05 \pm 0,01$ mg QE/g (jam ke-48). Apabila dibandingkan dengan kontrol, nilai total flavonoid pada sampel air secara signifikan lebih rendah namun nilai total flavonoid pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat tidak berbeda signifikan dengan flavonoid total pada kontrol.

Analisis total fenolik dan flavonoid bertujuan untuk mengetahui kadar senyawa bioaktif selain antosianin yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Menurut Vichapong *et al.* (2010), terdapat beberapa jenis senyawa fenolik pada beras yaitu asam galat, asam protokatekuat, asam p-hidroksi bensoat, guaiakol, p-kresol, o-kresol, dan 3,5-silenol. Sementara itu, flavonoid meliputi antosianin, flavon, isoflavon, flavonol, flavanon, serta flavanol (Widyawati *et al.*, 2014).

Serbuk Antosianin

Serbuk antosianin (Figur 2) dihasilkan dengan mencampurkan ekstrak antosianin dari masing-masing perlakuan optimum dan maltodekstrin (konsentrasi 10 dan 20% b/v) sebagai bahan penyalut, kemudian dikeringkan menggunakan pengering semprot. Penggunaan bahan penyalut diharapkan dapat melindungi antosianin dari degradasi akibat suhu tinggi. Adapun perlakuan optimum yang menghasilkan nilai total antosianin tertinggi yaitu pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air (jam ke-6), pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat (jam ke-24), dan pada sampel yang diekstraksi dengan

pelarut etanol+asam sitrat (jam ke-48). Kondisi pengeringan dilakukan pada suhu 160 dan 200°C.



Figur 2. Hasil serbuk antosianin dari perlakuan pelarut air (a), air + asam sitrat (b), dan etanol + asam sitrat (c).

Secara visual, serbuk antosianin yang didapatkan dari pelarut air berwarna lebih putih apabila dibandingkan dengan sampel lainnya. Serbuk dengan pelarut air + asam sitrat berwarna merah muda dan serbuk dengan pelarut etanol + asam sitrat berwarna merah. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah antosianin yang terekstrak pada setiap pelarut. Total antosianin yang terekstrak oleh pelarut air jumlahnya paling sedikit dibandingkan dengan pelarut lainnya sehingga menghasilkan warna serbuk yang lebih putih setelah dikeringkan. Selain itu, menurut Maulida dan Gunarti (2015) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi stabilitas warna antosianin yaitu pH, suhu, paparan cahaya, oksigen, ion logam, dan enzim. Penggunaan pelarut etanol + asam sitrat pada kontrol menghasilkan warna merah yang paling pekat akibat adanya protonasi antosianin dalam larutan etanol yang memproduksi kation flavilium pada pH rendah (Prabavathy *et al.*, 2017).

Total Antosianin pada Serbuk Antosianin

Antosianin total pada serbuk dari sampel yang diekstraksi dengan pelarut air pada perlakuan suhu pengeringan 200°C dan penambahan maltodekstrin 10% lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu $0,09 \pm 0,01$ mg/g bubuk (Tabel 5). Pada sampel yang diekstraksi menggunakan pelarut air + asam sitrat dengan perlakuan maltodekstrin 10% dan suhu pengeringan 200°C secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar $0,12 \pm 0,01$ mg/g bubuk. Apabila dibandingkan dengan kontrol pada variasi perlakuan pengeringan yang sama, sampel yang diekstraksi dengan pelarut air secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Sementara itu, sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat tidak berbeda signifikan terhadap kontrol.

Berdasarkan kandungan antosianin total, serbuk optimum pada dua perlakuan pelarut didapatkan dari ekstrak antosianin dengan suhu pengeringan 200°C dan konsentrasi maltodekstrin 10%. Peningkatan suhu pengeringan dari 160°C menjadi 200 °C relatif tidak memberikan perubahan signifikan terhadap kadar antosianin total. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Bednarska and Janiszewska-Turak (2020) yang melakukan pengeringan semprot pada jus chokeberry menggunakan suhu pengeringan yang sama (160-200°C) dengan penyalut maltodekstrin DE 10 yang

Tabel 5. Hasil analisis kimia serbuk antosianin

Pelarut	Maltodekstrin (% b/v)	Suhu pengeringan (°C)	Aktivitas antioksidan (%)	Total Antosianin (mg/g bubuk)	Total Fenolik (mg GAE/g bubuk)	Total Flavonoid (mg QE/g bubuk)
Air	10	160	33,15±2,67 ^b	0,05±0,01 ^a	0,10±0,00 ^a	0,35 x10 ⁻² ±0,00 ^{ab}
	20	160	31,38±0,34 ^{ab}	0,02±0,01 ^a	0,02±0,00 ^a	0,03 x10 ⁻² ±0,00 ^a
	10	200	40,36±0,26 ^d	0,09±0,01 ^{cd}	0,09±0,00 ^a	0,56 x10 ⁻² ±0,00 ^{ab}
	20	200	37,37±0,52 ^c	0,03±0,01 ^a	0,02±0,00 ^a	0,11 x10 ⁻² ±0,01 ^a
Air+asam sitrat	10	160	52,08±0,63 ^g	0,08±0,03 ^{bc}	0,04±0,00 ^a	0,91 x10 ⁻² ±0,00 ^{bc}
	20	160	54,46±0,63 ^g	0,09±0,01 ^c	0,04±0,00 ^a	1,39 x10 ⁻² ±0,00 ^c
	10	200	46,22±0,74 ^e	0,12±0,01 ^d	0,05±0,00 ^a	0,37 x10 ⁻² ±0,00 ^{ab}
	20	200	51,64±0,63 ^f	0,03±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,77 x10 ⁻² ±0,00 ^b
Etanol+asam sitrat	20	160	29,12±2,32 ^a	0,08±0,04 ^{bc}	0,17±0,00 ^a	4,50 x10 ⁻² ±0,01 ^d

Keterangan: data disajikan dalam rata-rata pengulangan (n=2)±standar deviasi (SD). Huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan (p<0,05)

Tabel 6. Hasil analisis fisik serbuk antosianin

Pelarut	Maltodekstrin (% b/v)	Suhu pengeringan (°C)	Kadar air (%)	Aktivitas air	Kelarutan (%)	Viskositas (mPa.s)	Indeks pencoklatan
Air	10	160	5,15±0,21 ^e	0,30±0,00 ^a	96,84±1,34 ^a	4,50±0,71 ^b	0,76±0,03 ^a
	20	160	3,27±0,06 ^{bc}	0,17±0,01 ^a	98,33±0,97 ^{ab}	1,75±0,35 ^a	0,76±0,01 ^a
	10	200	3,64±0,35 ^{bc}	0,20±0,01 ^a	97,86±1,09 ^{ab}	2,00±0,00 ^a	0,82±0,01 ^a
	20	200	0,95±0,04 ^a	0,20±0,00 ^a	97,85±1,44 ^{ab}	1,75±0,35 ^a	0,76±0,00 ^a
Air+asam sitrat	10	160	4,06±0,08 ^{cd}	0,26±0,00 ^a	98,64±1,07 ^{ab}	2,25±0,35 ^a	1,01±0,04 ^b
	20	160	4,76±0,36 ^{de}	0,30±0,00 ^a	99,11±0,05 ^b	2,00±0,00 ^a	1,02±0,02 ^b
	10	200	1,17±0,15 ^a	0,20±0,00 ^b	99,37±0,11 ^b	3,75±0,35 ^b	1,17±0,03 ^c
	20	200	3,04±0,92 ^b	0,16±0,00 ^b	99,44±0,21 ^b	5,25±0,35 ^b	1,59±0,04 ^d
Etanol+asam sitrat	20	160	4,08±0,34 ^{cd}	0,36±0,07 ^a	98,35±0,04 ^b	2,25±0,50 ^a	0,75±0,13 ^a

Keterangan: data disajikan dalam rata-rata pengulangan (n=2)±standar deviasi (SD). Huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan (p<0,05)

menghasilkan kadar antosianin total berkisar 19,57±40-20,02±19 mg/g.

Maltodekstrin DE 10 digunakan sebagai bahan penyalut dalam penelitian ini. Perlakuan peningkatan konsentrasi maltodekstrin memberikan hasil yang tidak berbeda secara signifikan terhadap kadar antosianin. Namun, semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin tinggi total padatan yang terdapat dalam larutan serbuk. Dengan demikian, ketika dilakukan pengukuran total antosianin, kadar antosianin yang terukur menjadi lebih rendah (Utomo, 2013).

Derajat ekuivalen dari maltodekstrin yang digunakan, juga mempengaruhi kualitas serbuk antosianin. Menurut penelitian Tonon *et al.* (2010), semakin tinggi derajat ekuivalen maltodekstrin, maka derajat hidrolisisnya dapat semakin meningkat dan semakin kecil ukuran droplet serbuk. Dengan demikian, semakin rendah juga udara yang terperangkap diantara ekstrak antosianin dan bahan penyalutnya, setelah menjadi serbuk. Penelitian tersebut menyatakan bahwa maltodekstrin dengan DE 10 merupakan pilihan terbaik. Apabila derajat ekuivalen semakin tinggi, serbuk yang dihasilkan dalam proses tersebut memiliki potensi terdegradasi lebih besar. Maltodekstrin DE 10 memiliki densitas tinggi sehingga difusi oksigen lebih lambat dan menurunkan risiko oksidasi sampel, terutama antosianin.

Aktivitas Antioksidan pada Serbuk Antosianin

Hasil analisis aktivitas antioksidan serbuk antosianin berdasarkan variasi perlakuan suhu pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin dapat dilihat

pada Tabel 5. Pada serbuk antosianin yang diekstraksi dengan pelarut air, aktivitas antioksidan tertinggi didapatkan pada perlakuan suhu pengeringan 200°C dan konsentrasi maltodekstrin 10%, yaitu 40,36±0,26%. Sementara itu, sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat, aktivitas antioksidan pada suhu pengeringan 160°C lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan suhu 200°C. Secara keseluruhan, aktivitas antioksidan pada serbuk yang diekstraksi menggunakan pelarut air + asam sitrat lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk yang diekstrak menggunakan pelarut air saja.

Aktivitas antioksidan pada serbuk antosianin dipengaruhi oleh suhu pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan pada sampel. Menurut Utomo (2013), hal ini disebabkan oleh proses oksidasi yang terjadi selama pengeringan berlangsung. Selain itu menurut Utomo (2013), antosianin di dalam sampel bersifat sensitif terhadap suhu, sehingga penurunan antosianin total dapat berdampak pada penurunan aktivitas antioksidan. Sejalan dengan penelitian Caliskan and Dirim (2013) yang melaporkan bahwa penggunaan suhu 200°C pada pengeringan semprot ekstrak sumac, yaitu sejenis buah berry, menghasilkan persentase penangkapan radikal DPPH yang lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan suhu 160°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin berdampak pada penurunan aktivitas antioksidan. Semakin banyak jumlah maltodekstrin yang ditambahkan pada sampel, aktivitas antioksidan yang terhitung juga semakin sedikit (Utomo, 2013).

Fenolik dan Total Flavonoid pada Serbuk Antosianin

Perlakuan penambahan maltodekstrin dan suhu pengeringan tidak menghasilkan perbedaan signifikan terhadap fenolik total, baik pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air, air + asam sitrat, maupun etanol + asam sitrat (kontrol) yang dapat dilihat pada Tabel 5. Sementara itu, pada pelarut air + asam sitrat, perlakuan suhu pengeringan 160°C dan konsentrasi maltodekstrin 20% menghasilkan flavonoid total yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan suhu 200°C. Apabila dibandingkan dengan kontrol, maka nilai flavonoid total kontrol secara signifikan lebih tinggi daripada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air dan pelarut air + asam.

Kadar fenolik total dan flavonoid total pada serbuk dinilai sangat rendah yang dimungkinkan adanya penggunaan suhu tinggi pada pengeringan semprot yang dapat menurunkan kandungan fenolik dan flavonoid total (Ballesteros *et al.*, 2017; Rezende *et al.*, 2018). Penambahan konsentrasi maltodekstrin juga menyebabkan total padatan pada sampel semakin tinggi, sehingga fenolik dan flavonoid total yang terukur semakin kecil.

Kadar Air pada Serbuk Antosianin

Pada pelarut air, perlakuan peningkatan suhu dan konsentrasi maltodekstrin memberikan penurunan yang signifikan terhadap nilai kadar air serbuk antosianin, dengan kadar air terendah pada sampel dengan perlakuan pengeringan 200°C dan penambahan 20% maltodekstrin yaitu sebesar 0,95±0,04% (Tabel 6). Pada sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat, perlakuan penambahan 10% maltodekstrin, dan suhu pengeringan 200°C memberikan nilai kadar air yang secara signifikan paling rendah diantara perlakuan lainnya. Kadar air sampel kontrol (pelarut etanol + asam sitrat) pada suhu pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin yang sama dengan kedua sampel lainnya relatif tidak berbeda nyata. Sementara itu, hasil analisis kadar air minuman serbuk komersial merk Nutrisari (0,53±0,02%) juga tidak berbeda signifikan dari serbuk dengan kadar air terendah pada masing-masing hasil ekstraksi, baik yang menggunakan air maupun air + asam sitrat.

Kadar air serbuk antosianin dengan suhu pengeringan 200°C, lebih rendah dibandingkan dengan suhu pengeringan 160°C (Tabel 6). Menurut Utomo (2013), hal tersebut disebabkan oleh suhu pengeringan yang semakin tinggi, sehingga semakin banyak air yang menguap dari sampel, dan kadar air sampel akan semakin rendah. Pada penelitian ini, penambahan maltodekstrin pada sampel pelarut air + asam sitrat, dengan penambahan maltodekstrin 20% menghasilkan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan penambahan maltodekstrin 10%. Sejalan dengan hasil tersebut, Sanchez-Reinozo *et al.* (2017) juga melaporkan bahwa penggunaan maltodekstrin dengan rasio 3:1 (bahan/maltodekstrin, b/b) sebagai penyalut pada proses pengeringan semprot cokelat pada suhu pengeringan 210 °C juga menghasilkan kadar air yang lebih tinggi yakni 1,47±0,15% dibandingkan dengan

rasio 2:1 (1,05±0,09%). Lebih tingginya kadar air tersebut disebabkan oleh lebih banyaknya gugus hidroksil pada maltodekstrin, sehingga peningkatan konsentrasi dapat mengakibatkan maltodekstrin pada serbuk mengikat lebih banyak air. Kadar air serbuk antosianin tidak berbeda nyata dengan kadar air yang diperoleh dari analisis minuman serbuk komersial (pada Nutrisari sebesar 0,53±0,02%). Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan suhu inlet pengeringan semprot yang dikombinasikan dengan penyalut maltodekstrin sudah memberikan kondisi pengeringan yang optimum untuk menghasilkan kadar air serbuk yang menyerupai produk komersial. Apabila dibandingkan dengan syarat mutu minuman serbuk menurut SNI 4320:1996, keseluruhan sampel dalam penelitian ini masih memenuhi kriteria mutu dengan kadar air maksimal sebesar 3-5% (b/b) (BSN, 1996).

Aktivitas Air pada Serbuk Antosianin

Nilai Aw pada serbuk antosianin dari hasil ekstraksi sampel dengan pelarut air tidak berbeda nyata pada seluruh variasi suhu pengeringan dan penambahan maltodekstrin (Tabel 6). Sementara itu, nilai Aw pada serbuk antosianin dari hasil ekstraksi sampel dengan pelarut air + asam sitrat menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan suhu pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin (0,26±0,00 menjadi 0,16±0,00). Adapun nilai Aw sampel kontrol sebesar 0,36±0,07 dan minuman komersial telah juga diteliti sebesar 0,29±0,02.

Aktivitas air ialah air bebas pada pangan yang merupakan komponen penting untuk menentukan masa simpan produk pangan. Aktivitas air yang rendah (sampai dengan 0,3) dapat memperpanjang umur simpan tanpa menyebabkan kerusakan mikrobiologis pada produk pangan (Kalusevic *et al.*, 2017). Dalam penelitian ini, penurunan Aw secara signifikan dipengaruhi oleh peningkatan suhu dan konsentrasi maltodekstrin. Hal ini sejalan dengan penelitian Caliskan and Dirim (2013) yang menyatakan bahwa Aw jus sumac, salah satu golongan buah berry, menurun secara signifikan (dari 0,15 ke 0,21) seiring dengan peningkatan suhu inlet pengering semprot dan konsentrasi maltodekstrin.

Kelarutan Serbuk Antosianin

Kelarutan merupakan kemampuan serbuk untuk membentuk larutan dalam air. Berdasarkan hasil analisis, hampir tidak terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan penambahan maltodekstrin dan suhu pengeringan, baik pada sampel yang diekstraksi menggunakan pelarut air, air + asam sitrat, maupun etanol + asam sitrat (kontrol) (Tabel 6). Kelarutan yang paling rendah hanya didapatkan pada serbuk antosianin yang diekstrak menggunakan air dengan suhu pengeringan 160°C dan penambahan 10% maltodekstrin (96,84±1,34%), namun nilainya relatif tidak berbeda jauh baik dengan kontrol maupun serbuk minuman komersial. Kelarutan serbuk kontrol sebesar 98,35±0,04%, sedangkan kelarutan minuman komersial yaitu sebesar 99,65±0,03%.

Tabel 7. Hasil analisis warna larutan serbuk antosianin

Pelarut	Suhu pengeringan (°C)	Maltodekstrin (% b/v)	L*	a*	b*
Air	160	10	23,46±0,11 ^a	7,69±0,13 ^a	2,72±0,07 ^b
	160	20	25,26±0,09 ^{bcd}	7,64±0,08 ^a	2,85±0,08 ^b
	200	10	25,44±0,43 ^{bcd}	8,75±0,22 ^{bc}	3,63±0,06 ^{de}
	200	20	25,70±0,27 ^{cd}	7,86±0,38 ^{ab}	4,00±0,01 ^f
Air+asam sitrat	160	10	23,44±0,05 ^a	12,19±0,29 ^e	3,32±0,17 ^c
	160	20	24,87±0,39 ^{abc}	10,89±0,38 ^d	3,59±0,04 ^{de}
	200	10	23,43±1,02 ^a	12,35±0,96 ^e	3,53±0,16 ^{cd}
	200	20	26,65±1,40 ^d	9,25±0,53 ^c	3,81±0,14 ^{ef}
Etanol+asam sitrat	160	20	24,10±0,08 ^{ab}	10,36±0,19 ^d	2,34±0,05 ^a

Keterangan: data disajikan dalam rata-rata pengulangan (n=2)±standar deviasi (SD). Huruf berbeda dalam tabel menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$).

Peningkatan konsentrasi maltodekstrin cenderung meningkatkan persentase kelarutan serbuk antosianin. Hal ini disebabkan oleh sifat hidroliflik dan kemampuan mengikat air pada maltodekstrin, sehingga ketika serbuk dilarutkan, gugus hidroksil bebas dapat berinteraksi dan mengikat air (Zhang *et al.*, 2019). Peningkatan suhu dari 160 °C menjadi 200 °C tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kelarutan. Hal ini sejalan dengan penelitian Jafari *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa peningkatan suhu pengeringan semprot pada antosianin jus delima menyebabkan sedikit peningkatan indeks kelarutan namun tidak signifikan. Sifat kelarutan yang semakin tinggi, dapat memberikan dampak positif pada serbuk karena proses penyajiannya menjadi lebih mudah dan cepat.

Viskositas Serbuk Antosianin

Pada sampel dengan pelarut air didapatkan hasil bahwa penambahan 10% maltodekstrin dengan suhu pengeringan 160 °C menghasilkan nilai viskositas yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya (Tabel 6). Pada sampel yang diekstraksi menggunakan pelarut air + asam sitrat, peningkatan suhu pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin berdampak pada peningkatan nilai viskositas secara signifikan. Sementara itu, hasil analisis viskositas pada sampel kontrol (2,25±0,50 mPa.s) dan minuman komersial (2,50±1,00 mPa.s, data tidak ditampilkan) tidak berbeda nyata dengan serbuk hasil ekstraksi menggunakan pelarut air + asam sitrat pada suhu pengeringan 160°C. Hal ini menandakan bahwa penambahan maltodekstrin sebagai bahan penyalut dalam penelitian ini tidak memberikan dampak negatif terhadap viskositasnya. Nilai viskositas yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 1,75±0,35 sampai 5,25±0,35 mPa.s, masih dalam batas maksimal menurut Terhaag *et al.* (2013), yang menyampaikan bahwa viskositas maksimal suatu produk minuman adalah 3.160 mPa.s.

Analisis Indeks Pencoklatan

Pada pelarut air, perlakuan suhu pengeringan dan maltodekstrin menghasilkan nilai indeks pencoklatan yang tidak berbeda secara signifikan. Sementara itu, peningkatan konsentrasi maltodekstrin dengan suhu pengeringan 200°C pada serbuk antosianin dari sampel yang diekstraksi dengan pelarut air + asam sitrat

menghasilkan indeks pencoklatan yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya. Adapun nilai indeks pencoklatan sampel kontrol sebesar 0,75±0,13 (Tabel 6). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks pencoklatan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan suhu pengeringan semprot. Hasil ini sesuai dengan penelitian Fazaeli *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu inlet pengeringan semprot pada jus mulberry hitam menyebabkan peningkatan indeks browning yang dimungkinkan terjadi akibat reaksi browning karena adanya kandungan gula pada antosianin.

Analisis Warna

Hasil analisis warna pada larutan serbuk antosianin (Tabel 7), menunjukkan bahwa kecerahan (L*) serbuk antosianin meningkat seiring dengan adanya peningkatan konsentrasi maltodekstrin. Perlakuan peningkatan konsentrasi maltodekstrin berpengaruh terhadap penurunan nilai a* (makin hijau), namun tidak berpengaruh terhadap nilai b* (biru-kuning). Peningkatan nilai b* (makin kuning) dapat tampak seiring dengan peningkatan suhu pengeringan serbuk antosianin.

Semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin, maka tingkat kecerahannya (L*) menampakkan hasil yang semakin tinggi, namun nilai a* mengalami penurunan. Menurut Utomo (2013), hal ini disebabkan oleh ekstrak antosianin yang berwarna merah (cenderung gelap), ketika dilakukan peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang berwarna putih, maka dapat menghasilkan serbuk berwarna merah muda hingga putih (cenderung cerah). Peningkatan suhu pengeringan dan penambahan maltodekstrin dinilai berpengaruh secara signifikan terhadap nilai b*. Menurut Tonon *et al.* (2010), peningkatan nilai b* serbuk disebabkan oleh suhu pengeringan semprot yang terlalu tinggi, sehingga merusak pigmen antosianin yang bersifat sensitif terhadap panas. Menurutnya, degradasi antosianin pada suhu tinggi dapat menyebabkan reaksi Maillard, sehingga menghasilkan warna kuning kecoklatan. Muzaffar *et al.* (2016) melaporkan bahwa senyawa antosianin bersifat tidak stabil pada suhu lebih dari 60°C sehingga mudah terdegradasi terkait adanya gugus gula dan protein yang dapat menyebabkan terjadinya rekasi Maillard. Pada proses tersebut, hidroksimetilfurfural yang

berwarna coklat juga dihasilkan dan ikut mengembun bersama serbuk antosianin, sehingga hasil akhir serbuk berwarna kecoklatan. Menurut Kha *et al.* (2010), nilai a^* dan b^* dapat menurun seiring dengan peningkatan suhu pengeringan apabila waktu pengeringan sampelnya dipercepat yang dapat berakibat pada menurunnya oksidasi pigmen pada ekstrak beras hitam dan reaksi Maillard.

Penggunaan pelarut yang berbeda pada proses ekstraksi juga turut memberikan kontribusi terhadap warna ekstrak (Figur 1) yang kemudian berpengaruh pula setelah proses pengeringan (Figur 2). Serbuk hasil ekstraksi menggunakan etanol + air secara visual memberikan warna yang paling merah dibandingkan dengan kedua pelarut lainnya pada kondisi suhu pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin yang sama. Sementara itu, serbuk yang paling pucat (mendekati putih) adalah yang diekstrak menggunakan air. Hal ini sesuai dengan nilai L^* yang didapatkan bahwa serbuk hasil ekstraksi dengan air memiliki nilai L^* yang lebih tinggi dan nilai a^* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua sampel yang lain.

Kesimpulan

Ekstraksi antosianin beras hitam dengan menggunakan pelarut air + asam sitrat selama 24 jam dan dilanjutkan pengeringan semprot pada suhu 200°C dan menggunakan maltodekstrin 10% merupakan kondisi ekstraksi dan pengeringan yang paling optimum untuk menghasilkan serbuk dengan kandungan antosianin total yang tertinggi dan sifat fisik yang menyerupai minuman serbuk komersial. Dengan demikian, serbuk tersebut berpotensi untuk diaplikasikan sebagai *ingredient* untuk formulasi minuman serbuk fungsional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana penelitian kepada Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya melalui Hibah Fakultas Teknobiologi.

Daftar Pustaka

- Abbasi, E., Azizpour, M. 2016. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT-Food Science and Technology* 68(1):105-110. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.004.
- Aguilera, Y., Mojica, L., Hernanz, M.R., Berhow, M., Mejia, E.G. 2016. Black bean coats: new source of anthocyanins stabilized by β -cyclodextrin copigmentation in a sport beverage. *Food Chemistry* 212(1):561-570. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.06.022.
- Alzeer, J., Hadeed, K.A. 2016. Ethanol and its halal status in food industries: Review. *Trends in Food Science & Technology* 58:14-20. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.10.018.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of AOAC international. Ed ke-17. Association of Official Analytical Chemists, Mayland (US).
- Bae, I.Y., An, J.S., Oh, I.K., Lee, H.G. 2017. Optimized preparation of anthocyanin-rich extract from black rice and its effects on in vitro digestibility. *Food Sciend and Biotechnology* 26(5):1415-1422. DOI: 10.1007/s10068-017-0188-x.
- Ballesteros, L.F., Ramirez, M.J., Orrego, C.E., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. 2017. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry* 237:623-631. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.142.
- Basito. 2011. Efektivitas penambahan etanol 95% dengan variasi asam dalam proses ekstraksi pigmen antosianin kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 4(2):84-93. DOI: 10.20961/jthp.v0i0.13570.
- Bednarska, MA., Janiszewska-Turak, E. 2020. The influence of spray drying parameters and carrier material on the physico-chemical properties and quality of chokeberry juice powder. *Journal of Food Science & Technology* 57(2):564-577. DOI: 10.1007/s13197-019-04088-8.
- Bendary, E., Francis, R.R., Ali, H.M.G., Sarwat, M.I., E.I. Hady, S. 2013. Antioxidant and structure-activity relationships (SARs) of some phenolic and anilines compounds. *Annals of Agricultural Science* 58(2):173-181. DOI: 10.1016/j.aos.2013.07.002.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1996. Standar nasional Indonesia: serbuk minuman tradisional [internet]. Diakses pada tanggal 1 Juni 2019 dari: https://kupdf.net/download/sni-01-4320-1996-serbuk-minuman-trandisional_5af6f1bae2bf5471fd5035e_pdf.
- Butsat, S., Siriamornpun, S. 2010. Phenolic acids and antioxidant activities in husk of different thai rice varieties. *Food Science and Technology International* 16(4):329-336. DOI: 10.1177/1082013210366966.
- Cai, Z., Qu, Z., Lan, Y., Zhao, S., Ma, X., Wan, Q., Jing, P., Li, P. 2016. Conventional, ultra-sound assisted, and accelerated-solvent extractions of anthocyanins from purple sweet potatoes. *Food Chemistry* 197:266-272. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.10.110.
- Caliskan, G., Dirim SN. 2013. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. *Food and Bioproducts Processing* 9(1):539-548. DOI: 10.1016/j.fbp.2013.06.004.
- Çopur, Ö.U., İncedayı, B., Karabacak, A. Ö. 2019. Technology and Nutritional Value of Powdered Drinks. Chapter 2. In *Production and Management of Beverages Volume 1: The Science of Beverages*. Woodhead Publishing, United Kingdom. DOI: 10.1016/B978-0-12-815260-7.00002-X.

- Estupiñan, D.C., Schwartz, S.J., Garzón, G.A. 2011. Antioxidant activity, total phenolics content, anthocyanin, and color stability of isotonic model beverages colored with andes berry (*Rubus glaucus* Benth) anthocyanin powder. *Journal of Food Science* 76(1):1-21. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01935.x.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi-Ashtari, A., Omid, M. 2012. Effect of process conditions and carrier concentration for improving drying yield and other quality attributes of spray dried black mulberry (*Morus nigra*) juice. *International Journal of Food Engineering* 8(1):1-20. DOI: 10.1515/1556-3758.2023.
- Franco, T.S., Perussello, C.A., Ellendersen, L.N., Masson, M.L. 2016. Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. *LWT-Food Science and Technology* 66: 503-513. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.009>.
- 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. DOI: 10.15414/jmbfs.2018.8.2.765-769.
- Hiemori, M., Koh, E., Mitchell, A.E. 2009. Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L. *japonica* var. SBR). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(1):1908-1914. DOI: 10.1021/jf803153z.
- Hosseini, S., Gharachorloo, M., Ghiassi-Tarzi, B., Ghavami, M. 2016. Evaluation of the organic acids ability for extraction of anthocyanins and phenolic compounds from different sources and their degradation kinetics during cold storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 66(4):261-269. DOI: 10.1515/pjfn-2015-0057.
- Idham, Z., Muhamad, I.I., Sarmidi, M.R. 2012. Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Food Process Engineering* 35:522-542. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2010.00605.x
- Jafari, SM., Ghalenoei, MG., Dehnad, D. 2017. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. *Powder Technology* 31:59-65. DOI: 10.1016/j.powtec.2017.01.070.
- Kalusevic, A., Levic, S., Calija, B., Pantic, M., Belovic, M., Pavlovic, V., Burgarski, B., Milic, J., Zilic, S., Nedovic, V. 2017. Microencapsulation of anthocyanin-rich black soybean coat extract by spray drying using maltodextrin, gum Arabic and skimmed milk powder. *Journal of Microencapsulation* 34(5):475-487. DOI: 10.1080/02652048.2017.1354939.
- Kha, T.C., Nguyen, M.H., Roach, P.D. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering* 98(1):385-392. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.01.016.
- 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. DOI: 10.3390/pr7070468.
- Loypimai, P., Moongngarm, A., Chottanom, P. 2016. Thermal and pH degradation kinetics of anthocyanins in natural food colorant prepared from black rice bran. *Journal of Food Science and Technology* 53(1):461-470. DOI: 10.1007/s13197-015-2002-1.
- Ma, L., Zhang, G., Smidt, P.G., Mantripragada, V., Ezeoke, I., Doyle, M.P. 2009. Thermal inactivation of *Salmonella* in peanut butter. *Journal of Food Protection* 72(8):1596-1601. DOI: 10.4315/0362-028X-72.8.1596.
- Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Assadpoor, E., Ghorbani, M. 2016. Storage stability of encapsulated barberry's anthocyanin and its application in jelly formulation. *Journal of Food Engineering* 181:59-66. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.03.003.
- Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Ghorbani, M., Assadpoor, E. 2014. Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. *Drying Technology* 32(5):509-518. DOI: 10.1080/07373937.2013.839562.
- 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.
- Maulida, R., Guntarti, A. 2015. Pengaruh ukuran partikel beras hitam (*Oryza sativa* L.) terhadap rendemen ekstrak dan kandungan total antosianin. *Pharmaciana* 5(1):9-16. DOI: 10.12928/pharmaciana.v5i1.2281.
- Muntana, M., Prasong, S. 2010. Study on total phenolic contents and their antioxidant activities of thai white, red, and black rice bran extracts. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 13(4):170-174. DOI: 10.3923/pjbs.2010.170.174.
- Muzaffar, K., Dinkarrao, B.V., Kumar, P. 2016. Optimization of spray drying conditions for production of quality pomegranate juice powder. *Cogent Food & Agriculture* 2(1):1-9. DOI: 10.1080/23311932.2015.1127583.
- 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* 1(1):1-9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.02.045.
- Phetpornpaisan, P., Tippayawat, P., Jay, M., Sutthanut, K. 2014. Thai cultivar glutinous black rice bran: a source of functional compounds in immunomodulation, cell viability and collagen synthesis, and matrix metalloproteinase-2 and 9

- inhibition. *Journal of Functional Foods* 7(1):650-661. DOI: 10.1016/j.jff.2013.12.020.
- Ponnappan, S., Thangavel, A., Sahu, O. 2017. Anthocyanin, lutein, polyphenol contents and antioxidant activity of black, red and white pigmented rice varieties. *Food Science and Nutrition Studies* 1(1):43-48. DOI: 10.22158/fsns.v1n1p43.
- Prabavathy, N., Shalini, S., Balasundaraprabhu, R., Velauthapillai, D., Prasanna, S., Walke, P., Muthukumarasamy, N. 2017. Effect of solvents in the extraction and stability of anthocyanin from the petals of *Caesalpinia pulcherrima* for natural dye sensitized solar cell applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 28:9882-9892. DOI: 10.1007/s10854-017-6743-7.
- Rezende, Y.R.R.S., Nogueira, J.P., Narain, N. 2018. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. *Food Chemistry* 254:281-291. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.026.
- Sanchez-Reinoso, Z., Osorio, C., Herrera, A. 2017. Effect of microencapsulation by spray drying on cocoa aroma compounds and physicochemical characterization of microencapsulates. *Powder Technology* 318:110-119. DOI: 10.1016/j.powtec.2017.05.040.
- Sui, X., Dong, X., Zhou, W. 2014. Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food Chemistry* 163:163-170. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.04.075.
- Surh, J., Koh, E. 2014. Effects of four different cooking methods on anthocyanins, total phenolics and antioxidant activity of black rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94 (1):3296-3304. DOI: 10.1002/jsfa.6690.
- Tananuwong, K., Tewaruth, W. 2010. Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. *Journal of Food Science and Technology* 43:476-481. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.09.014.
- Terhaag, M.M., Almeida, M.B, Benassi, M.D.T. 2013. Soymilk plain beverages: correlation between acceptability and physical and chemical characteristics. *Food Science Technology* (Campinas) 33(2):387-394. DOI:10.1590/S0101-20612013005000052.
- Tonon, R.V., Brabet, C., Hubinger, M.D. 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International* 43(3):907-914. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.12.013.
- Tran, T.T.A., Nguyen, H.V.H. 2018. Effects of spray-drying temperatures and carriers on physical and antioxidant properties of lemongrass leaf extract powder. *Beverage* 4(4),84:1-14. DOI: 10.3390/beverages4040084.
- Utomo, D. 2013. Pembuatan serbuk effervescent murbei (*Morus alba* L.) dengan kajian konsentrasi maltodekstrin dan suhu pengering. *Jurnal Teknologi Pangan* 5(1):1-21. DOI: 10.35891/tp.v5i1.498.
- Vichapong, J., Sookserm, M., Srijesdaruk, V., Swatsitang, P., Srijaranai, S. 2010. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. *LWT-Food Science & Technology* 43(1):1325-1330. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.05.007.
- Widyawati, P.S., Budianta, T.D.W., Kusuma, F.A., Wijaya, E.L.W. 2014. Difference of solvent polarity to phytochemical content and antioxidant activity of *Pluchea indicia* less leaves extracts. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 6(4): 850-855.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.04.004>.
- Zhang, C., Quek, .SY., Fu, N., Liu, B., Kilmartin, P.A., Chen, X.D. 2019. A study on the structure formation and properties of noni juice microencapsulated with maltodextrin and gum acacia using single droplet drying. *Food Hydrocolloids* 88:199-209. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.10.002.
- Zhang, H., Shao, S., Bao, J., Beta, T. 2015. Phenolic compounds and antioxidant properties of breeding lines between the white and black rice. *Food Chemistry* 172(1):60-639. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.09.118.