

Artikel Penelitian

Karakteristik Fungsional, Fisik dan Sensori Sereal Sarapan Jagung yang Disubstitusi Bekatul Fermentasi

Functional, Physical and Sensory Characteristics of Corn Breakfast Cereals Substituted by Fermented Rice Bran

Feri Kusnandar*, Suryani, Slamet Budijanto

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

*Korespondensi dengan penulis (fkusnandar@apps.ipb.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 5 April 2020 dan dinyatakan diterima tanggal 19 Juli 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

Bekatul dari hasil samping penggilingan padi memiliki komponen gizi dan non-gizi. Proses fermentasi pada bekatul diketahui dapat meningkatkan komponen fenolik dan aktivitas antioksidannya. Penelitian ini menggunakan bekatul yang difermentasi dengan kapang *Rhizopus oligosporus* selama 72 jam dan diformulasikan sebanyak 15, 20, dan 25% ke dalam sereal sarapan jagung. Bekatul tanpa fermentasi juga dibuat sebagai pembanding. Karakteristik fungsional yang berupa aktivitas antioksidan, kadar total fenol, serat pangan, mutu fisik yang berupa derajat pengembangan (DP), indeks penyerapan air (IPA), kelarutan air (IKA), kekerasan dan kerenyahan, serta mutu sensori sereal sarapan dianalisis dengan menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor dan diuji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bekatul fermentasi mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dan kadar total fenol, namun memberikan penerimaan sensori yang lebih rendah dibandingkan formula sereal sarapan yang lain. Kesimpulannya, substitusi dengan 25% bekatul tanpa fermentasi adalah yang paling disukai berdasarkan analisis warna, aroma, rasa, dan tekstur. Sereal sarapan dengan formulasi tersebut memberikan nilai DP, IPA, dan IKA yang spesifik dan memberikan tingkat kekerasan dan kerenyahan yang dapat diterima panelis, serta menunjukkan aktivitas antioksidan, kandungan total fenol dan serat pangan yang tergolong tinggi.

Kata kunci: bekatul fermentasi; sereal sarapan, fungsional, mutu fisik, mutu sensori

Abstract

*Rice bran as a by-product of rice mills contains a relatively high nutritious components, such as phenolic compounds. Fermentation process in rice bran may increase phenolic compounds and antioxidant activity. In this study, fermented rice bran using *Rhizopus oligosporus* for 72 hours were formulated into corn-based breakfast cereals at the concentration of 15, 20, and 20%. Non fermented rice brand was also used as a comparison. The functional characteristics that consisted of antioxidant activity, total phenol, and dietary fiber; physical quality, i.e. degree of expansion (DE), water absorption index (WAI), solubility index (SI), hardness and crispness; and sensory quality were analysed using a two-factor randomized experimental design followed by *Duncan Multiple Range Test*. As a result, fermented rice bran yielded less acceptable breakfast cereals than that of a non-fermented cereal, although the antioxidant activity and total phenol increased along the fermented rice brand. As a conclusion, substitution with 25% non-fermented rice bran was the most acceptable in terms of color, aroma, taste and texture compared to other formulations. The formulated breakfast cereal had specified DE, WAI and SI, hardness and crispness, as well as showed high values of antioxidant activity, total phenol, and dietary fiber.*

Keywords: rice bran, fermentation, breakfast cereal, functional, physical quality; sensory quality

Pendahuluan

Bekatul merupakan hasil samping dari penggilingan padi, yaitu serbuk halus coklat dari lapisan terluar dari beras pecah kulit (Sharif *et al.*, 2014). Hasil penggilingan padi dan penyosohan beras menghasilkan beras (70%), bekatul (8%) dan lembaga (2%) (Gul *et al.*, 2015). BPS (2018) melaporkan bahwa produksi padi Indonesia pada tahun 2018 mencapai 56,54 juta ton yang menyisakan bekatul sebesar 4,52 juta ton. Jumlah bekatul yang besar ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai ingridien pangan.

Bekatul disusun dari lapisan perikarp, testa dan aleuron yang mengandung komponen gizi makro yang bervariasi tinggi yang dipengaruhi oleh varietas berasnya, yaitu protein (11,8-13,0%), lemak (10,1-

12,4%), karbohidrat (51,1-55,0%), dan abu (5,2-7,3%) (Luh 1991). Bekatul juga mengandung serat pangan (11,77-12,68%), komponen fenolik (1,96-6,65%), γ -oryzanol (1,52-9,12 mg/g), α -tokoferol (41,36-43,57 μ g/g), γ -tokoferol (25,00-37,97 μ g/g) (Moongngarm *et al.*, 2012). Selain itu, bekatul juga mengandung vitamin, seperti asam pantotenat (7 mg/100 g), tiamin (3,0 mg/100 g), riboflavin (0,4 mg/100 g), niasin (43 mg/100 g) dan piridoksin (0,49 mg/100 g) (Rao, 2000). Komponen lain yang terdapat dalam bekatul adalah asam fenolik (0,89–1,22 mg GAE/mg ekstrak), flavonoid (0,66-1,93 mg GAE/100 g), antosianin (109,5–256,6 mg/100 g) (Muntana dan Prasong, 2010; Sompong *et al.*, 2011; Pengkumsri *et al.*, 2015; Henderson *et al.*, 2012). Di antara senyawa bioaktif yang terdapat dalam bekatul

tersebut berpotensi memiliki manfaat fungsional bagi kesehatan (Bazzano, 2008; Xu *et al.*, 2001; Ghatak and Panchal, 2012).

Walaupun bekatul mengandung zat gizi dan komponen bioaktif yang baik, namun pemanfaatannya sebagai ingredien pangan masih terbatas. Hal ini disebabkan oleh rasa dan tekstur bekatul yang kurang disukai, disamping juga mudah mengalami ketengikan (Tuarita *et al.*, 2017; Faizah *et al.*, 2020). Namun demikian, proses fermentasi dari bekatul oleh kapang dinilai dapat meningkatkan kandungan gizi dan memperbaiki sifat sensori dari bekatul (Ryan *et al.*, 2011; Rashid *et al.*, 2015). Schmidt and Furlong (2012) dan Novelli *et al.* (2016) melaporkan bahwa fermentasi kapang dapat meningkatkan ketersediaan (availabilitas) senyawa bioaktif pada bekatul melalui aktivitas kapang dalam memecah lignoselulosa dan polisakarida. Kapang ini juga dapat meningkatkan kapasitas antioksidan dan jenis senyawa fenolik (Sousa dan Courreira, 2012; Sivamaruthi *et al.*, 2018). Razak *et al.* (2015) melaporkan bahwa komponen total fenol mengalami peningkatan setelah difermentasi dengan *Rhizopus oligosporus*, yaitu dari 3,93 menjadi 7,54 mg EAG/g.

Dalam penelitian lain, Schimidt *et al.* (2014) dan Rashid *et al.* (2015) melaporkan bahwa bekatul yang difermentasi dengan kapang *Rhizopus oryzae* mengalami peningkatan senyawa fenolik (2,4-5,1 mg/g). Faizah *et al.* (2020) melaporkan bahwa bekatul yang difermentasi kapang selama 72 jam menunjukkan peningkatan aktivitas antioksidan tertinggi, dengan kadar total senyawa fenolik dan kadar γ -oryzanol yang meningkat masing-masing menjadi 3,6-3,9 mg EAG/g dan 10,74-12,93 mg/g. Dalam penelitian lain, Silveira dan Furlong (2009) menyatakan bahwa fermentasi kapang selama 72 jam dapat meningkatkan kandungan protein, dan memperbaiki daya ikat air dan protein terlarut dari bekatul. Di samping meningkatkan komponen bioaktif, proses fermentasi kapang *Rhizopus oligosporus* juga dapat memperbaiki tekstur akibat aktivitas pemecahan polisakarida (termasuk selulosa) oleh kapang menjadi serat pangan larut air, di samping juga memperbaiki flavornya (Vong *et al.*, 2018). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bekatul yang difermentasi kapang memiliki kadungan gizi dan komponen bioaktif yang lebih baik, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai ingredien fungsional, salah satunya adalah sebagai bahan pensubstitusi dalam produk sereal sarapan.

Sereal sarapan jagung merupakan salah satu alternatif makanan sarapan yang terus berkembang seiring dengan mobilitas masyarakat yang semakin tinggi yang memerlukan makanan yang praktis. Sereal sarapan berkontribusi pada pemenuhan zat gizi makro dan mikro (Thomas *et al.*, 2013). Sereal sarapan umumnya diproses secara komersial dengan menggunakan teknologi ekstrusi panas dan produk yang dihasilkan mengembang (*puffing*), memiliki kemampuan menyerap dan larut dalam air, tidak keras dan renyah (Oliveira *et al.*, 2018). Salah satu sereal sarapan yang banyak dikonsumsi adalah sarapan dari jagung. Sereal sarapan jagung mengacu pada SNI 01-2886-2000 (BSN,

2000) yang mengatur komposisi kandungan gizinya. Berdasarkan pada perkembangan yang pesat ini, maka perlu adanya penelitian inovatif yang memanfaatkan bekatul fermentasi sebagai komponen penyusun sereal sarapan. Penelitian semacam ini belum banyak dilakukan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bekatul sebagai penyusun sereal sarapan jagung, yang diharapkan dapat meningkatkan kandungan komponen bioaktif dalam sereal sarapan, dengan meminimalkan penurunan zat gizi dan mutu sensorinya. Penelitian diharapkan dapat membawa manfaat pada pengembangan sereal sarapan jagung dan penggunaan bahan lokal yang mudah dijumpai di Indonesia.

Materi dan Metode

Materi

Bahan yang digunakan adalah bekatul padi varietas *Indica* dalam bentuk gabah kering giling yang diperoleh dari petani di Jasinga Bogor dan tepung jagung yang diperoleh dari supplier lokal. Starter kapang yang digunakan untuk fermentasi adalah *Rhizopus oligosporus* yang diperoleh dari yang diperoleh dari *IPB Culture Collection*, Institut Pertanian Bogor. Media *Potato Dextrose Agar* atau PDA dan akuades digunakan untuk penumbuhan kultur untuk fermentasi. Bahan utama yang digunakan untuk analisis kimiawi, meliputi NaOH, asam borat, indikator bromcressol green, metil merah, HCl, heksan, termamyl, NaOH, protease, HCl, AMG (*amyloglucosidase*), etanol, aseton, DPPH, metanol, asam askorbat, asam galat, Folin-Ciocalteau, dan Na₂CO₃. Seluruh bahan kimia yang digunakan dalam analisis kimia adalah *analytical grade*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *huller* (Satake, Japan), ekstruder ulir ganda (model *puffing* 2256 Berto Company, UK), autoklaf (HL-343P Gemmy Industrial Corp, Taiwan), UV-Vis spektrofotometer (Evolution 220 Thermo Scientific™, USA), sentrifus (Legend XTR, Thermo Scientific, USA), timbangan analitik (ABS 220-4, Germany), soxhlet (Indolab Sam, Indonesia), oven, tanur, penyaring vakum, penangas bergoyang, ayakan 60 mesh, destilator, labu Kjeldahl dan peralatan gelas untuk analisis.

Persiapan bekatul

Prosedur persiapan bekatul diadopsi dari penelitian sebelumnya (Schmidt *et al.*, 2014 dan Razak *et al.*, 2015) Gabah kering giling dikupas kulitnya dengan mesin *huller* untuk memperoleh beras pecah kulit. Beras pecah kulit disosoh dengan *rice mill* (Satake, Japan) selama dua menit, sehingga diperoleh beras sosoh dan campuran bekatul dan dedak. Bekatul dipisahkan dari dedak dengan ayakan 20 mesh. Bekatul fermentasi disiapkan dengan cara menambahkan air ke dalam bekatul sebanyak 20% dari berat bekatul, kemudian campuran disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit untuk menginaktivasi enzim lipase yang terdapat dalam bekatul agar tidak mengkatalisis lemak sehingga bekatul tidak mudah tengik (Brunschiwiler *et al.*, 2013). Bekatul selanjutnya diinokulasi dengan *Rhizopus oligosporus* sebanyak 4x10⁶ spora/g bekatul dan

difermentasi selama 72 jam pada suhu 30 °C. Selama proses fermentasi, miselium tumbuh secara merata pada permukaan bekatul sehingga bekatul tampak berwarna putih kecoklatan dan memberikan aroma yang harum. Bekatul kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 4 jam, dan disimpan pada suhu -18 °C sebelum digunakan. Bekatul tanpa fermentasi disiapkan dengan cara yang sama, namun tanpa inokulasi kapang. Kedua sampel bekatul dianalisis komposisi kimiawi yang meliputi kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat dan serat pangan; serta aktivitas antioksidan dan kadar total fenol.

Pembuatan Sereal Sarapan

Sampel bekatul (dengan atau tanpa fermentasi) dicampur dengan tepung jagung tingkat substitusi yang berbeda, yaitu 15, 20, dan 25% berdasarkan pada prosedur penelian sebelumnya (Budijanto *et al.*, 2012). Campuran tersebut kemudian ditambahkan air 8 % (v/b) dari berat campuran tepung jagung dan bekatul. Adonan basah kemudian dimasukkan ke dalam ekstruder ulir ganda dengan suhu barrel 127 °C dan kecepatan ulir pemasukan bawah (*auger*) 172 rpm. Selama proses ekstrusi ini terjadi proses pencampuran, *shearing*, pencetakan melalui die sehingga terjadi *puffing*. Sampel sereal sarapan dianalisis aktivitas antioksidan, total senyawa fenolik, total serat pangan, dan sifat fisiknya (derajat pengembangan, indeks penyerapan air, indeks kelarutan air, kekerasan dan kerenyahan) dan penerimaan sensori. Produk dari formula terpilih kemudian dianalisis komposisi kimianya.

Analisis Proksimat dan Serat Pangan

Analisis kadar air dan kadar abu dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri, sedangkan kadar protein dilakukan dengan metode Kjeldahl, serta pengukuran kadar lemak dilakukan dengan menggunakan metode Soxhlet yang semua metode ini, mengacu pada AOAC (2005). Kadar karbohidrat dihitung sebagai *by difference*. Analisis serat pangan mengacu pada metode AOAC 991.43 (2005).

Analisis Aktivitas Antioksidan

Metode DPPH (*1,1 diphenil pikrihidrazil*) dipilih untuk mengukur aktivitas antioksidan dari bekatul dan sereal sarapan. Prosedur pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan berdasarkan pada penelitian sebelumnya (Purwanto *et al.* 2014). Mula-mula sampel diencerkan 200 kali dengan metanol, lalu disentrifugasi untuk dipisahkan bagian supernatannya. Sebanyak 4 ml bagian supernatan kemudian direaksikan dengan 1 ml larutan DPPH 0,5 mM dan diinkubasi dalam ruangan gelap selama 30 menit sehingga terbentuk warna ungu ke kuning. Larutan standar asam askorbat (0, 2, 4, 6, dan 8 mg/l) juga disiapkan. Absorbansi (A) dari sampel dan larutan standar dibaca pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam mg *ascorbic acid equivalent antioxidant capacity* (AEAC)/100 g basis kering. Persen penghambatan radikal DPPH atau *radical scavenging activity* (RSA) dinyatakan dalam persen

yang dihitung dari pengurangan angka 1 dari pembagian A sampel dan A kontrol dikalikan seratus.

Analisis Total Fenol

Prosedur analisis total fenol dilakukan berdasarkan pada penelitian sebelumnya (Andarwulan dan Shetty, 1999). Sebanyak 100 mg sampel ditambah dengan 5 ml 95% etanol. Campuran lalu divorteks dan disentrifugasi (3000 rpm, 10 menit). Bagian supernatan dipisahkan dan dipipet sebanyak 0,5 ml, lalu ditambahkan 0,5 ml etanol 95 %, 2,5 ml akuades dan 2,5 ml Folin-Ciocalteau 50%. Campuran didiamkan selama 5 menit, lalu ditambahkan 0,5 ml larutan Na₂CO₃ dengan konsentrasi 5%. Setelah dihomogenisasi dan diinkubasi selama 60 menit, larutan sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 725 nm. Larutan standar asam galat (0, 50, 100, 150, 200 dan 250 mg/l) disiapkan untuk pembuatan kurva standar. Total fenol dinyatakan dalam mg ekuivalen asam galat (EAG)/100 g basis kering.

Analisis Derajat Pengembangan

Sampel diambil secara acak, kemudian diukur diameternya dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran dilakukan 5 kali ulangan dan nilainya dirata-rata. Derajat pengembangan dinyatakan dalam persen antara diameter sampel (mm) terhadap diameter die ekstruder (mm) (Lingko *et al.*, 1981).

Indeks Penyerapan dan Kelarutan Air

Prosedur analisis penyerapan dan kelarutan air dilakukan dengan memodifikasi penelitian sebelumnya (Dlamini and Solomon, 2016). Sampel dihaluskan dan diayak dengan ayakan 60 mesh, kemudian ditimbang sebanyak 1,25 g yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi. Sebanyak 20 ml akuades lalu ditambahkan, divortex, dan diinkubasi dalam penangas air (25 °C selama 30 menit), kemudian dilanjutkan dengan sentrifugasi (2000 rpm selama 15 menit). Bagian supernatan dari hasil sentrifugasi ini kemudian dipindahkan ke wadah lain. Tabung sentrifugasi bersama residunya kemudian dipanaskan dalam posisi miring 25 derajat di dalam oven bersuhu 105°C sampai semua air menguap (± 3 jam). Tabung beserta residu tersebut kemudian ditimbang dan dikurangi dengan berat tabung. Indeks penyerapan air (IPA) ditentukan berdasarkan rasio antara bobot air yang hilang dari residu setelah dioven dan bobot awal sampel (ml/g). Bagian supernatan diambil sebanyak 2 ml, lalu ditimbang. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven (105 °C) sampai semua air menguap dan ditimbang bobotnya. Indeks kelarutan air (IKA) ditentukan berdasarkan rasio antara residu supernatan setelah dioven dan jumlah supernatan sebelum dioven (g/ml).

Analisis Tekstur

Kekerasan dan kerenyahan sampel diukur dengan *texture analyzer* (TAXT2i, UK) dengan mengacu pada prosedur di manual alat. Probe yang digunakan adalah probe berbentuk jarum. *Setting* instrumen saat pengukuran adalah *pre test speed* (1,5 mm/detik), *test speed* (2,0 mm/detik), *post test speed* (10 mm/detik),

rupture test distance (1,5 mm/detik), *distance* (10 mm force 100 g), dan *time* (5 detik). Kekerasan ditentukan dari nilai puncak tertinggi dari grafik, sedangkan kerenyahan dihitung dari penjumlahan seluruh nilai puncak dan dibagi dengan banyaknya jumlah puncak (dinyatakan dalam kgf).

Analisis Sensori

Uji sensori yang digunakan yaitu daya terima sampel (uji rating hedonik) terhadap aroma, warna, rasa, kekerasan, dan penerimaan keseluruhan yang dilakukan sesuai dengan standar prosedur pengukuran uji sensori (BSN, 2006). Penilaian dilakukan oleh 70 orang panelis tidak terlatih. Skala penilaian yang digunakan untuk semua atribut sensori berkisar dari 1 (sangat tidak disukai) hingga 7 (sangat disukai).

Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor, yaitu jenis bekatul (tanpa dan dengan fermentasi) sebagai faktor pertama, dan persen substitusi bekatul (15, 20, dan 25%) sebagai faktor kedua. Rentang persentase substitusi bekatul yang dipilih merujuk pada Budijanto *et al.* (2012). Analisis ragam dan uji lanjut Duncan pada taraf signifikansi 5% dilakukan dengan menggunakan program SPSS 20.0.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Bekatul

Komposisi kimia bekatul mengalami perubahan setelah proses fermentasi. Kadar lemak dan karbohidrat dinilai menurun, sedangkan kadar abu, protein, dan serat pangan dinilai meningkat (Tabel 1). Perubahan komposisi ini disebabkan oleh adanya pertumbuhan kapang yang membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhan dengan memanfaatkan zat gizi pada bekatul (Olanipekun *et al.*, 2009; Cempaka *et al.*, 2018). Perubahan komposisi kimia juga dapat disebabkan oleh pembentukan miselium kapang *Rhizopus oligosporus* yang memiliki protein dan serat yang tinggi (Olanipekun *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2010; Razak *et al.*, 2015). Bila dibandingkan dengan komposisi kimia tepung jagung yang digunakan dalam penelitian ini, maka bekatul tanpa dan dengan fermentasi memiliki kadar protein, kadar lemak dan serat pangan yang lebih tinggi, namun mengandung kadar air, abu dan karbohidrat yang lebih rendah (Tabel 1).

Sifat fungsional bekatul dievaluasi dari aktivitas antioksidan dan kadar total fenol. Bekatul tanpa fermentasi memiliki aktivitas antioksidan sebesar 66,28% yang setara dengan kemampuan mereduksi radikal bebas dari vitamin C (145,16 AEAC mg/100 g). Aktivitas antioksidan meningkat secara nyata ($p < 0,05$) setelah difermentasi, yaitu menjadi 87,29% atau setara dengan 191,80 AEAC mg/100 g (Tabel 2). Schmidt *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa aktivitas antioksidan bekatul yang difermentasi selama 120 jam mengalami peningkatan menjadi 213-250 mg/g. Peningkatan aktivitas antioksidan dapat diikuti oleh peningkatan komponen asam fenolat akibat pemecahan selulosa dan

hemiselulosa pada dinding sel yang mengakibatkan terbebasnya komponen fenolik, seperti asam ferulat, asam galat, antosianin dan oryzanol (Schmidt and Furlong, 2012; Schmidt *et al.*, 2014; Jun *et al.*, 2015). Razak *et al.* (2015) juga melaporkan bahwa senyawa fenolik bekatul yang difermentasi meningkat dari 3,93 menjadi 7,54 mg EAG/g (dengan *Rizhopus oligosporus*), 7,69 mg EAG/g (dengan *Monascus purpureus*) dan 8,13 mg EAG/g (dengan campuran *Rizhopus oligosporus* dan *Monascus purpureus*).

Total fenol bekatul yang difermentasi selama 72 jam mengalami peningkatan yang nyata (24,4%) dibandingkan tanpa fermentasi, yaitu dari 1125,01 menjadi 1400,06 mg EAG/100 g (Tabel 2) Peningkatan kandungan total fenol ini tidak setinggi yang dilaporkan oleh Schmidt *et al.* (2014), yaitu sebesar 110%. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan varietas padi dan waktu fermentasi. Peningkatan total fenol dapat disebabkan oleh kemampuan kapang dalam menghasilkan enzim pemecah lignin dan memiliki sistem oksidatif ligniolitik yang mendegradasi cincin fenil sehingga meningkatkan komponen fenol bebas (Martins *et al.*, 2011). Menurut Razak *et al.* (2015), komponen fenolik seperti asam ferulat (komponen fenolik utama pada bekatul) dapat bertindak sebagai *radical scavengers* terhadap DPPH dan NO (nitrogen oksida), sehingga meningkatkan aktivitas antioksidannya. Hal ini beresesuaian dengan nilai aktivitas antioksidan dari bekatul yang lebih tinggi pada kadar total fenol yang lebih tinggi.

Karakteristik Fisikokimia Sereal Sarapan

Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul tanpa fermentasi menunjukkan aktivitas antioksidan yang meningkat dengan semakin tingginya jumlah bekatul yang ditambahkan (Tabel 3). Sereal sarapan yang diformulasi dengan bekatul fermentasi pada tingkat substitusi yang sama dengan bekatul tanpa fermentasi memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi, baik dinyatakan sebagai AEAC maupun %RSA, walaupun lebih rendah dibandingkan dari bekatulnya. Hasil analisis ragam menunjukkan peningkatan yang nyata ($p < 0,05$) dari aktivitas antioksidan sereal sarapan yang ditambahkan bekatul fermentasi dibandingkan bekatul tanpa fermentasi.

Kandungan total fenol sereal sarapan menurun dibandingkan dengan kandungan total fenol pada bekatul (Tabel 3). Penurunan tersebut mencapai 41-59% dari total fenol bahan. Di samping karena sereal sarapan tidak dibuat 100% dari bekatul, penyebab lainnya yang mungkin terjadi adalah adanya senyawa fenol yang rusak oleh pemanasan selama proses ekstrusi. Menurut Chipurura *et al.* (2010), proses pemanasan dapat menurunkan kandungan senyawa fenolik pada bahan pangan.

Peningkatan aktivitas antioksidan juga linear dengan peningkatan kadar total fenol dari sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul, baik tanpa maupun dengan fermentasi (Tabel 3). Substitusi tepung jagung dengan bekatul tanpa fermentasi dan bekatul fermentasi berpengaruh terhadap kadar total fenol

sereal sarapan. Substitusi bekatul fermentasi sebesar 25% menunjukkan kandungan total fenol tertinggi (163,37 EAG/100 g), sedangkan sereal sarapan dengan substitusi 15% bekatul tanpa fermentasi menunjukkan kadar total fenol terendah (67,66 mg EAG/100 g). Hal ini dapat terjadi karena kandungan total fenol dari bekatul yang difermentasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bekatul tanpa fermentasi (Tabel 2). Sharma *et al.* (2016) melaporkan bahwa sereal sarapan dalam bentuk bubur yang disubstitusi dengan bekatul juga menunjukkan aktivitas antioksidan dan kadar total fenol yang lebih tinggi dibandingkan yang tidak ditambah bekatul. Namun dalam penelitian ini tidak dibandingkan antara bekatul dengan dan tanpa fermentasi.

Total serat pangan sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul tanpa dan dengan fermentasi berkisar antara 6,31-7,53 % (bk). Total serat pangan tertinggi ditunjukkan oleh sereal sarapan yang disubstitusi dengan 25% bekatul fermentasi (Tabel 3). Kamran *et al.* (2008) juga melaporkan hasil yang menyerupai, yaitu terjadinya peningkatan kadar serat pangan pada sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul gandum. Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi atau tanpa fermentasi memberikan kadar serat pangan lebih dari 6%, sehingga dapat dikelompokkan sebagai sereal sarapan dengan kandungan serat pangan tinggi (BPOM, 2016).

Mutu Fisik Sereal Sarapan

Sereal sarapan yang diproses dengan teknologi ekstrusi panas mengakibatkan *puffing* yang dapat diukur dengan derajat pengembangan (Zhang *et al.*, 2014). Penambahan bekatul mengakibatkan derajat pengembangan yang menurun pada persen substitusi yang semakin tinggi. Bekatul fermentasi pada persen substitusi yang sama secara nyata ($p < 0,05$) memberikan derajat pengembangan yang semakin rendah dibandingkan bekatul tanpa fermentasi (Figur 1). Derajat pengembangan tertinggi ditunjukkan oleh sereal sarapan yang disubstitusi dengan 15% bekatul tanpa fermentasi. Derajat pengembangan yang cenderung menurun dipengaruhi oleh adanya lemak, protein dan serat yang terkandung pada bekatul. Dari data komposisi kimia (Tabel 1), maka peningkatan substitusi bekatul ke dalam formula sereal sarapan memberikan kandungan protein, lemak dan serat pangan yang juga meningkat. Lemak dapat membentuk kompleks dengan pati dan protein yang menyebabkan air sulit untuk berpenetrasi ke dalam granula pati. Serat juga dapat menghalangi penetrasi air ke dalam granula pati (Harper, 1981; Santoso *et al.*, 2007).

Tabel 1. Komposisi kimia tepung jagung, serta bekatul tanpa dan dengan fermentasi

Komposisi	Tepung jagung	Bekatul tanpa fermentasi	Bekatul dengan fermentasi
Air (% bb)	11,84±0,01 ^c	7,35±0,02 ^a	8,05±0,40 ^b
Abu (% bk)	0,86±0,02 ^a	9,60±0,01 ^b	13,66±0,05 ^c
Protein (% bk)	7,62±0,02 ^a	14,17±0,01 ^b	18,18±0,06 ^c
Lemak (% bk)	2,63±0,02 ^a	18,23±0,01 ^c	14,24±0,07 ^b
Karbohidrat (%bk)	77,05±0,03 ^c	50,65±0,03 ^b	45,87±0,58 ^a
Serat pangan (%bk)	4,37±0,03 ^a	12,54±0,03 ^b	16,46±0,01 ^c

Keterangan: Huruf yang berbeda dalam baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$). Data merupakan rata-rata dari tiga kali ulangan

Tabel 2. Aktivitas antioksidan dan total fenol dari bekatul tanpa dan dengan fermentasi

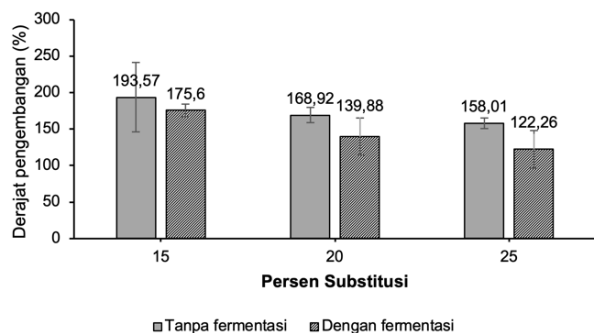
Jenis bekatul	AEAC (mg/100 g)	% RSA	Total fenol (mg EAG/100 g bk)
Tanpa fermentasi	145,16±48,16 ^a	66,28±1,04 ^a	1125,01±12,08 ^a
Dengan fermentasi	191,80±40,82 ^b	87,29±0,87 ^b	1400,06±8,74 ^b

Keterangan: Huruf yang berbeda dalam tiap kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$). Data merupakan rata-rata dari tiga kali ulangan

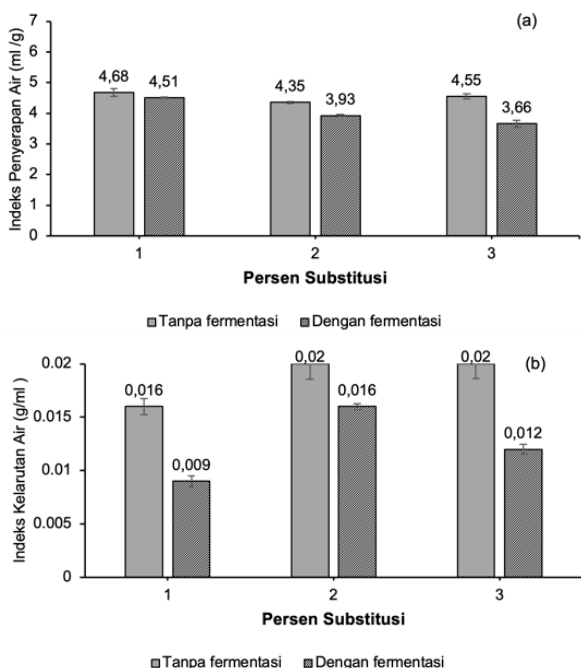
Tabel 3. Aktivitas antioksidan, kadar total fenol dan kadar serat pangan sereal sarapan jagung yang disubstitusi dengan bekatul tanpa dan dengan fermentasi

Jenis bekatul	Persen substitusi (%)	AEAC (mg/100 g bk)	%RSA	Total fenol (mg EAG/ 100 g bk)	Serat pangan (% bk)
Tanpa fermentasi	15	32,10±18,37 ^a	13,65±0,39 ^a	67,66±2,47 ^a	6,31±0,05a
	20	50,85± 1,89 ^c	22,5 ±0,04 ^c	130,59±0,88 ^c	6,72±0,02b
	25	98,75±22,32 ^e	45,46±0,50 ^e	144,64±5,75 ^e	6,91±0,05c
Dengan fermentasi	15	38,68±0,44 ^b	16,72±0,01 ^b	104,83±1,78 ^b	6,86±0,04c
	20	72,27±26,67 ^d	33,46±0,61 ^d	138,27±1,38 ^d	7,45±0,03d
	25	99,47±29,52 ^e	47,34±0,01 ^f	163,37±4,81 ^f	7,53±0,04e

Keterangan: Huruf yang berbeda dalam tiap kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$). Data merupakan rata-rata dari tiga kali ulangan



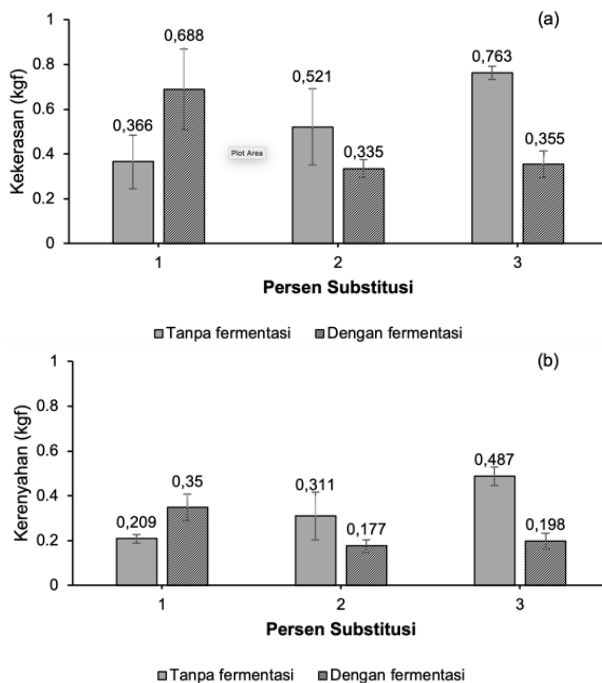
Figur 1. Derajat pengembangan sereal sarapan jagung yang disubstitusi dengan bekatul tanpa dan dengan fermentasi. Data merupakan rata-rata dari tiga kali ulangan



Figur 2. Indeks penyerapan air (a) dan indeks kelarutan air (b) sereal sarapan jagung yang disubstitusi dengan bekatul tanpa dan dengan fermentasi

Penyerapan air dan kelarutan dalam air merupakan parameter penting dari sereal sarapan, karena sereal sarapan umumnya dikonsumsi dalam media cair (seperti susu). Indeks penyerapan air (IPA) dan indeks kelarutan air (IKA) dari sereal sarapan berhubungan dengan tingkat gelatinisasi dan kadar air produk. IPA yang menunjukkan kemampuan dari sereal sarapan dalam menyerap air dipengaruhi oleh adanya grup hidrofilik dan jumlah pati yang tergelatinisasi. Semakin tinggi pati yang tergelatinisasi dan semakin tinggi kadar air, maka IPA semakin tinggi (Santoso *et al.*, 2007). Proses gelatinisasi juga mengakibatkan keluarnya amilosa dan amilopektin dari struktur granula yang menyebabkan peningkatan kelarutan. Peningkatan kelarutan ini dapat diukur dengan IKA yang menunjukkan kemampuan bahan dalam menyerap air. Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul secara umum memberikan IPA yang lebih tinggi dibandingkan sereal sarapan yang disubstitusi bekatul dengan fermentasi pada konsentrasi yang sama (Figur 2a). IPA sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi cenderung menurun pada persen substitusi

yang semakin tinggi. Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul tanpa fermentasi juga memiliki IKA yang lebih tinggi dibandingkan sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi (Figur 2b). Sereal sarapan dengan substitusi bekatul tanpa fermentasi sebesar 20 atau 25% memiliki IKA tertinggi, sedangkan yang disubstitusi dengan bekatul tanpa fermentasi sebesar 25% memiliki IKA terendah.



Figur 3. Kekerasan (a) dan kerenyahan (b) sereal sarapan jagung yang disubstitusi dengan bekatul tanpa dan dengan fermentasi

Sifat fisik penting lain dari sereal sarapan adalah kekerasan dan kerenyahan. Tekstur produk ekstrusi dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin bahan. Amilosa memiliki struktur yang linier sehingga lebih kompak ketika dikenai panas dan tekanan, sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang sehingga lebih bersifat mekar ketika dikenai panas dan tekanan (Zhang *et al.*, 2014). Kekerasan sereal sarapan juga dipengaruhi oleh kandungan protein dan lemak pada bahan. Protein dan lemak dapat membentuk matriks seperti serat sehingga produk cenderung keras (Harper 1981).

Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul tanpa fermentasi, cenderung lebih keras dengan semakin tinggi persen substitusi bekatul (Figur 3a). Namun pada bekatul fermentasi, sereal sarapan cenderung menurun kekerasannya dengan semakin tinggi persen substitusi. Semakin tinggi substitusi bekatul tanpa fermentasi, sereal sarapan menjadi kurang renyah. Namun sereal sarapan yang substitusi dengan bekatul fermentasi menunjukkan semakin renyah dengan semakin tinggi persen substitusi bekatul (Figur 3b). Kekerasan dan kerenyahan dapat disebabkan oleh perbedaan rasio amilosa dan amilopektin. Amilosa berperan dalam menghasilkan tekstur yang keras, sedangkan amilopektin berperan untuk memberikan tekstur yang renyah. Amilosa

memiliki struktur rantai lurus sehingga menjadi lebih kompak ketika dikenai tekanan dan suhu yang tinggi selama proses ekstrusi (Zhang *et al.*, 2014). Olanipekun *et al.* (2009) menyatakan bahwa amilosa pada tepung kedelai menurun setelah fermentasi oleh *Rhizopus oligosporus* selama 72 jam yang diduga digunakan untuk pertumbuhan kapang. Penurunan kandungan amilosa pada substitusi bekatul fermentasi diduga yang menyebabkan penurunan kekerasan dan peningkatan kerenyahan.

Mutu sensori sereal sarapan

Hasil uji kesukaan oleh panelis terhadap sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi dan tanpa fermentasi disajikan pada Tabel 4. Secara umum, penerimaan sensori sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul tanpa fermentasi lebih baik dibandingkan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi untuk parameter warna, rasa, aroma, kekerasan dan penerimaan keseluruhan pada rentang penerimaan netral hingga agak suka. Berdasarkan penerimaan keseluruhan, sereal sarapan yang disubstitusi dengan 25% bekatul tanpa fermentasi paling disukai. Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi memberikan *after taste* agak pahit sehingga kurang diterima, walaupun memberikan penerimaan tekstur (kekerasan dan kerenyahan) yang lebih disukai. Peningkatan senyawa fenolik pada bekatul

fermentasi diduga berkontribusi pada pembentukan rasa pahit tersebut.

Formulasi sereal sarapan terpilih

Sereal sarapan dengan substitusi bekatul dipilih berdasarkan karakteristik fungsional (aktivitas antioksidan, total fenol, kadar serat pangan), mutu fisik (derajat pengembangan, IPA, IKA, kekerasan, kerenyahan) dan sensori (warna, aroma, rasa, kekerasan dan penerimaan keseluruhan). Pemilihan formula dilakukan dengan cara memberikan nilai/skor 1 sampai 6 dari setiap parameter (parameter yang diinginkan meningkat diberikan skor yang lebih tinggi), lalu masing-masing skor untuk parameter yang sama dijumlahkan (Tabel 5). Parameter yang memiliki skor yang sama menunjukkan hasil analisis yang tidak berbeda nyata. Berdasarkan urutan total skor, maka sereal sarapan yang disubstitusi dengan 25% bekatul tanpa fermentasi memberikan total skor yang paling tinggi (52).

Sereal sarapan yang disubstitusi dengan 25% bekatul tanpa dan dengan fermentasi menunjukkan aktivitas antioksidan, total fenol dan serat kasar yang relatif tinggi (Tabel 3). Sereal sarapan yang disubstitusi dengan 25% bekatul tanpa fermentasi juga memiliki relatif mengembang, menyerap dan larut dalam air (Figur 1 dan 2). Sereal sarapan yang disubstitusi dengan bekatul fermentasi 20-25% mengandung komponen bioaktif yang relatif tinggi dibandingkan yang disubstitusi

Tabel 4. Kesukaan panelis terhadap sereal sarapan yang disubstitusi bekatul

Atribut	Bekatul Tanpa fermentasi			Bekatul dengan Fermentasi		
	15%	20%	25%	15%	20%	25%
Warna	4,7±0,15 ^{cd}	5,1±0,10 ^d	4,5 ^c	3,8±0,10 ^{ab}	3,9±0,05 ^b	4,5±0,10 ^c
Aroma	4,3±0,11 ^{abc}	4,5±0,07 ^c	4,5±0,10 ^{bc}	4,1±0,10 ^{ab}	4,0±0,12 ^a	4,1±0,08 ^{abc}
Rasa	4,7±0,05 ^c	4,7±0,10 ^c	4,8±0,11 ^c	4,2±0,15 ^b	3,8±0,10 ^{ab}	3,6±0,20 ^a
Kekerasan	5,0±0,20 ^b	4,4±0,15 ^a	5,1±0,16 ^b	4,4±0,20 ^a	4,7±0,12 ^{ab}	4,8±0,11 ^{ab}
Keseluruhan	4,9±0,07 ^d	4,8±0,10 ^{cd}	5,0±0,13 ^d	4,5±0,11 ^{bc}	4,2±0,08 ^{ab}	4,0±0,15 ^a

Keterangan: Huruf yang berbeda dalam tiap baris menunjukkan berbeda nyata (p<0,05).

Tabel 5. Skor masing-masing parameter sereal sarapan sebagai pertimbangan dalam memilih formulasi terbaik

Parameter	Bekatul Tanpa Fermentasi			Bekatul dengan Fermentasi		
	15%	20%	25%	15%	20%	25%
Parameter kimia						
AEAC	1	3	5	2	4	5
RSA	1	3	5	2	4	6
Total fenol	1	3	5	2	4	6
Serat pangan	1	2	3	3	4	5
Parameter fisik						
Derajat pengembangan	6	4	3	5	2	1
IPA	5	3	4	4	2	1
IKA	3	4	4	1	3	2
Kekerasan	4	3	1	2	5	4
Kerenyahan	4	3	1	2	6	5
Parameter sensori						
Warna	3	4	2	1	1	2
Aroma	3	4	4	2	1	2
Rasa	4	4	4	3	2	1
Kekerasan	4	5	6	1	3	3
Penerimaan keseluruhan	4	5	5	3	2	1
Total skor	44	50	52	33	43	44

bekatul tanpa fermentasi, namun dari penerimaan organoleptik lebih rendah. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka formulasi sereal sarapan yang dipilih adalah yang disubstitusi dengan 25% bekatul tanpa fermentasi. Persentase bekatul terpilih ini lebih tinggi dibandingkan yang dilaporkan oleh Budijanto *et al.* (2012), yaitu 20%. Hasil analisis proksimat menunjukkan sereal sarapan ini mengandung air (5,94%bb), abu (2,90%bb), protein (9,32%bb), lemak (2,68%bb), dan karbohidrat (79,16%bb), yang memenuhi kandungan yang dipersyaratkan dalam SNI 01-2886-2000 (BSN, 2000).

Kesimpulan

Proses fermentasi bekatul dengan kapang *Rhizopus oligosporus* selama 72 jam dapat meningkatkan kadar abu, protein, lemak, serat kasar, aktivitas antioksidan, dan total fenol. Sereal sarapan yang disubstitusi dengan 25% bekatul tanpa fermentasi adalah yang paling disukai dari segi warna, rasa, dan aroma. Sereal sarapan tersebut menunjukkan kemampuan aktivitas antioksidan, kadar total fenol dan serat pangan yang cukup tinggi, serta memiliki derajat pengembangan, kekerasan dan kerenyahan yang dapat diterima.

Daftar Pustaka

- Andarwulan, N., Shetty, K. 1999. Phenolic content in differentiated tissue and culture of transformed and agrobacterium-transformed roots of anise (*Pimpinella anisum* L). *Journal Agricultural and Food Chemistry* 47:1776-1780. DOI: 10.1021/jf981214r.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2005. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18th ed.
- BPOM-RI (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia). 2016. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia tentang Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan, Jakarta.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2018. Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia. <http://www.bps.go.id>. (Diakses tanggal 02 Januari 2019).
- Brunschwiler, C., Heine, D., Kappeler, S. Conde-Petit, B., Nyström, L. 2013. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. *Journal of Cereal Science* 58(2):272-277. DOI:10.1016/j.jcs.2013.06.007.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2000. SNI 01-2886-2000. Makanan Ringan Ekstrudat. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2006. SNI 01-2346-2006. Cara Uji Makanan Minuman. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Budijanto, S., Sitanggang, A.B., Wiaranti, H., Koesbiantoro, B. 2012. Pengembangan teknologi sereal sarapan bekatul dengan menggunakan *twin screw extruder*. *Jurnal Pascapanen* 9(2):63-69. DOI:10.21082/jpasca.v9n2.2012.63-69.
- Cempaka, L., Eliza, N., Ardiansyah, Handoko, D.D., Astuti, R.M. 2018. Proximate composition, total phenolic content, and sensory analysis of rice bran tempeh. *Makara Journal of Science* 22(2):89-94. DOI:10.7454/mss.v22i2.9616.
- Chipurura, B., Muchuweti, M., Manditseraa, F. 2010. Effects of thermal treatment on the phenolic content and antioxidant activity of some vegetables. *Asian Journal of Clinical Nutrition* 2(3):93-100. DOI:10.3923/ajcn.2010.93.100.
- Dlamini, N.S., Solomon, W.K. 2016. Effect of ingredients ratio on physicochemical and sensory properties of sorghum, maize and soya protein concentrate blend extrudates. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* 6(5):112-120. DOI:10.5923/j.food.20160605.02.
- Faizah, Kusnandar, F., Nurjanah, S. 2020. Senyawa fenolik, oryzanol, dan aktivitas antioksidan bekatul yang difermentasi dengan *Rhizopus oryzae*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 31(1):86-94. DOI:10.6066/jtip.2020.31.1.86.
- Ghatak, S.B., Panchal, S.J. 2012. Anti-hyperlipidemic activity of oryzanol, isolated from crude rice bran oil, on triton WR-1339-induced acute hyperlipidemia in rats. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 22(3):642-648. DOI:10.1590/S0102-695X2012005000023.
- Gul, K., Yousuf, B., Singh, A.K., Singh, P., Wani, A.A. 2015. Rice bran: nutritional values and its emerging potential for development of functional food: a review. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 6(1):24-30. DOI:10.1016/j.bcdf.2015.06.002.
- Harper, J.M. 1981. *Extrusion of Food*. Vol II. Boca Roton: CRS Press.
- Henderson, A.J., Ollila, C.A., Kumar, A., Borresen, E.C., Raina, K., Agarwal, R., Ryan, E.P. 2012. Chemopreventive properties of dietary rice bran: current status and futur prospects. *Advances in Nutrition* 3(5):643-653. DOI:10.3945/an.112.002303.
- Jun, H.I., Shin, J.W., Yang, G.S., Kim, Y.S. 2015. Isolation and identification of phenolic antioxidants in black rice bran. *Journal of Food Science* 80: 262-268. DOI:10.1111/1750-3841.12754.
- Kamran, M., Saleem, N., Umer, Z.N. 2008. Ready-to-eat (RRTE) wheat bran breakfast cereal as a high-fiber diet. *Journal of Food Processing and Preservation* 32(5):863-867. DOI:10.1111/j.1745-4549.2008.00218.x.
- Luh, S. 1991. *Rice Production and Utilization*. The Avi Publication, Westport, USA.
- Martins, S., Mussatto, S.I., Martinez, A.G., Montanez, S.J., Aguilar, C.N., Teixeira, J.A. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation: a review. *Biotechnology Advances* 29(3):365-373. DOI:10.1016/j.biotechadv.2011.01.008.
- Moongngarm, A., Daomukda, N., Khumpika, S. 2012. Chemical compositions, phytochemicals, and antioxidant capacity of rice bran, rice bran layer,

- and rice germ. *Asia-Pacific Chemical Biology Environmental Engineering Procedia* 2:73-79. DOI:10.1016/j.apcbee.2012.06.014.
- Muntana, N., 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.
- Novelli, P.K., Barros, M.M., Fleuri, L.F. 2016. Novel inexpensive fungi proteases : production by solid state fermentation and characterization. *Journal of Food Chemistry* 198:119-124. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.11.089.
- Olanipekun, B.F., Otunola, E.T., Odelakun, O.E., Oyelade, O.J. 2009. Effect of fermentation with *Rhizopus oligosporus* on some physicochemical properties of starch extracts from soybean flour. *Food and Chemical Toxicology* 47(7): 1401-1405. DOI:10.1016/j.fct.2009.02.023.
- Oliveira, M.S., Fedden, V., Kupski, L., Cipolatti, E.P., Furlong, E.B., Soares, L.S. 2010. Physicochemical characterization of fermented rice bran biomass. *CyTA-Journal of Food* 8:229-236. DOI:10.1080/19476330903450274.
- Oliveira, L.C., Alencar, N.M.M., Steel, C.J. 2018. Improvement of sensorial and technological characteristics of extruded breakfast cereals enriched with whole grain wheat flour and jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel. *LWT Food Science and Technology* 90:207-214. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.12.017.
- Purwanto, A., Astri, N.F., Dewi, W. 2014. Pengaruh jenis pelarut terhadap rendemen dan aktivitas antioksidan dalam ekstrak minyak bekatul padi (*rice bran oil*). *Ekuilibrium* 13(1):29-34.
- Pengkumsri, N., Chaiyasut, C., Saenjum, C., Sirilun, S., Peerajan, S., Suwannalert, P., Sirisattha, S., Sivamaruthi, B.S. 2015. Physicochemical and antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of Northern Thailand. *Food Science and Technology* 35(2):331–338. DOI:10.1590/1678-457X.6573.
- Rao, B.S.N. 2000. Nutritive Value of Rice Bran. *Nutrition Foundation of India*.
- Rashid, N.Y.A., Razak, D.L.A., Jamaluddin, A., Sharifuddin, S.A., Long, K. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran fermented with lactic acid bacteria. *Malaysian Journal of Microbiology* 11(2):156-162. DOI:10.21161/mjm.12714.
- Razak, D.L.A., Rashid, N.Y.A.R., Jamaluddin, A., Sharifudin, S.A., Long, K. 2015. Enhancement of phenolic acid content and antioxidant activity of rice bran fermented with *Rhizopus oligosporus* and *Monascus purpureus*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 4(1):33-38. DOI:10.1016/j.bcab.2014.11.003.
- Ryan, E.P., Heuberger, A.L., Weir, T.L., Barnett, B., Broeckling, C.D., Prenni, J.E. 2011. Rice bran fermented with *Saccharomyces boulardii* generates novel metabolite profile with bioactivity. *Journal Agriculture and Food Chemistry* 59(5):1862-1870. DOI:10.1021/jf1038103.
- Santoso, U., Triastati, M., Mudjisiyono, R. 2007. Produk ekstrusi berbasis ubi jalar. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 18(1):40-46.
- Schmidt, C.G., Furlong, E.B. 2012. Effect of particle size and ammonium sulfate concentration on rice bran fermentation with the fungus *Rhizopus oryzae*. *Bioresource Technology* 123:36–41. DOI:10.1016/j.biotech.2012.07.081.
- Schmidt, C.G., Goncalves, L.M., Prietto, L., Hackbart, H.S., Furlong, E.B. 2014. Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rhizopus oryzae*. *Food Chemistry* 124:132-140. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.101.
- Sharif, M.K., Butt, M.S., Anjum, F.M., Khan, S.H. 2014. Rice Bran: A Novel Functional Ingredient. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(6):807-816. DOI:10.1080/10408398.2011.608586.
- Sharma, S, Dar, B.N., Nayik, G.A., Kaum G. 2016. Total phenolic content and antioxidant activity of cereal bran enriched ready to eat breakfast cereal porridge. *Current Nutrition and Food Science* 12(2):142-149. DOI:10.2174/1573401312666160323000523.
- Silveira, C.M., Furlong, E.B. 2009. The effects of solid-state fermentation in the functional properties of defatted rice bran and wheat bran. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(6). DOI: 10.1590/S1516-89132009000600027.
- Sivamaruthi, B.S., Kesika, P., Chaiyasut, C. 2018. A comprehensive review on functional properties of fermented rice bran. *Pharmacognosy Reviews* 12(24): 218-224. DOI:10.4103/phrev.phrev_11_18.
- 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* 124:132–140. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.05.115.
- Sousa, B.A., Correia, R.T.P. 2012. Phenolic content, antioxidant activity and anti-amylolytic activity of extracts obtained from bioprocessed pineapple and guava wastes. *Journal of Chemical Engineering* 29(1):25-30. DOI:10.1590/S0104-66322012000100003.
- Thomas, R.G., Perhssona, P.R., Ahujaa, JKC, Smiejab, E., Millerc, K.B. 2013. Recent trends in ready-to-eat breakfast cereals in the U.S. *Procedia Food Science* 2:20-26. DOI:10.1016/j.profoo.2013.04.005.
- Tuarita, M.Z., Sadek, N.F., Sukarno, Yuliana, N.D., Budijanto, S. 2017. Pengembangan bekatul sebagai pangan fungsional: Peluang, hambatan, dan tantangan. *Jurnal Pangan* 26(2):167-176. DOI:10.33964/jp.v26i2.354.
- Vong, W.C., Hua, X.Y., Liu, S.Q. 2018. Solid-state fermentation with *Rhizopus oligosporus* and *Yarrowia lipolytica* improved nutritional and flavour

- properties of okara. *LWT Journal* 90:316-322. DOI:10.1016/j.lwt.2017.12.050.
- Xu, Z., Hua, N., Godber, J.S. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49(4):2077-81. DOI:10.1021/jf0012852.
- Zhang, C., Zhang, H., Wang, L., Qian, H. 2014. Physical, functional, and sensory characteristics of cereal extrudates. *International Journal of Food Properties* 17(9):1921-1933. DOI:10.1080/10942912.2013.767831.