



PENAMBAHAN BEKATUL SEBAGAI SUMBER SERAT DAN ANTIOKSIDAN PADA ROTI: KAJIAN PUSTAKA

[Review: Supplementation of Bran as Fibre and Antioxidant Sources in Bread]

Parceline Nathalie Sudigdo^{1*}, Franciscus Sinung Pranata¹, Yuliana Reni Swasti¹

¹Prodi Biologi, Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta

*Email: nparceline@gmail.com (Telp: +6281259662535)

Diterima tanggal 31 Desember 2020

Disetujui tanggal 3 Maret 2021

ABSTRACT

Bran is a by-product obtained by processing cereal grains such as rice, wheat, and barley. Despite the lower price, bran is high in fiber and antioxidant which gives more beneficial effects on the human body. The fiber in bran may lower cholesterol levels and increase stool transit time. The fiber content in rice bran is much higher than wheat and barley bran. Bread is a baked product made from a wheat flour mixture which the fiber content of its wheat flour is 1.35%. The recommended daily fiber intake is between 25-30 g. Moreover, antioxidants act as an anti-inflammatory, preventing coronary heart disease, and Alzheimer's. Hence, bran supplementation is needed to increase the nutritional value of baked products and to meet the daily fiber needs. On the other hand, bran supplementation could bring detrimental effects on products. A high concentration of bran supplemented into bread may harden its texture, decrease volume, and darken the color. In conclusion, it is highly important to find a precise amount of bran supplementation to minimize the detrimental effect. The acceptable amount of bran added to bread is within the range of 1-10%.

Keywords: bran, antioxidant, texture, bread.

ABSTRAK

Bekatul merupakan produk samping dari penggilingan biji sereal seperti beras, gandum, dan barley. Bekatul memiliki harga yang murah, namun tinggi akan serat dan kandungan antioksidan yang dapat memberikan efek kesehatan bagi tubuh. Serat pada bekatul dapat menurunkan kadar kolesterol serta dapat meningkatkan waktu transit feses. Kadar serat pada bekatul beras lebih tinggi dibandingkan dengan kadar serat pada bekatul gandum dan barley. Roti merupakan produk hasil pemanggangan yang terbuat dari campuran tepung gandum, dimana kadar serat tepung gandum sebesar 1,35%. Kebutuhan serat harian adalah 25-30 g. Selain itu, adanya kandungan antioksidan pada bekatul dapat berfungsi sebagai anti-inflamasi, menurunkan risiko penyakit jantung koroner, serta mencegah terjadinya penyakit Alzheimer. Penambahan bekatul perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan serat harian dan menaikkan nilai gizi pada produk. Namun, perlu diketahui bahwa penambahan bekatul dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan tekstur roti menjadi keras volume roti mengecil, serta warna roti menjadi lebih gelap. Oleh sebab itu, perlu diketahui konsentrasi penambahan bekatul pada roti agar dapat mengurangi efek merugikan yang ditimbulkan oleh bekatul. Konsentrasi penambahan bekatul yang ideal adalah 1-10%.

Kata kunci: bekatul, serat, antioksidan, tekstur, roti.

PENDAHULUAN

Bekatul merupakan produk sampingan dari penggilingan biji sereal dan termasuk ke dalam pangan fungsional yang memiliki kandungan seperti oligosakarida, tocols, karotenoid, γ -orizanol, β -glukan serta sterol (Patel, 2015). Pangan fungsional merupakan bahan pangan maupun produk makanan yang memiliki fungsi



kesehatan bagi tubuh jika dikonsumsi (Gul *et al.*, 2015). Serat larut yang ada pada bekatul dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Lahouar *et al.*, 2016). Serat tak larut yang ada pada bekatul dapat mempersingkat waktu transit feses dan meningkatkan massa feses, sehingga dapat mencegah konstipasi (Soliman, 2019). Antioksidan memiliki fungsi bagi kesehatan seperti pada kardiovaskuler, neurodegeneratif, serta dapat mencegah kanker (Hrelia & Angeloni, 2020).

Pada bekatul beras berpigmen, terdapat kandungan antosianin yang dapat berfungsi sebagai antioksidan (Ghasemzadeh *et al.*, 2018). Antioksidan merupakan substansi yang dalam konsentrasi kecil dapat mencegah terjadinya reaksi oksidatif (Wojtunik-Kulesza *et al.*, 2016). Kandungan antioksidan pada bekatul dapat berasal dari fenol maupun flavonoid (Smuda *et al.*, 2018).

Pemanfaatan bekatul di kehidupan sehari-hari umumnya hanya sebagai pakan ternak (Irakli *et al.*, 2015). Pemrosesan dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai dan fungsi dari bekatul, selain itu juga meningkatkan kualitas sensori serta nilai gizi pada produk (Luithui *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, bekatul dapat ditambahkan pada berbagai macam produk pangan seperti roti, kue, mie, pasta, serta es krim (Gul *et al.*, 2015).

Roti merupakan salah satu makanan pokok di beberapa negara. Roti umumnya terbuat dari campuran tepung gandum dan ragi serta melewati proses fermentasi (Rind & Miano, 2018). Berbagai jenis tepung dan bahan lainnya dapat digunakan dalam pembuatan roti (Kurek & Wyrwicz, 2015). Minimnya kadar serat yang terdapat pada produk roti dinilai tidak dapat memenuhi kadar serat harian yang telah dianjurkan oleh PERKI (Perhimpunan Kardiolog Indonesia) yaitu 25-30 g (Kusumastuti & Ayustaningwarno, 2013). Faktanya, kadar serat yang terdapat pada tepung gandum yang digunakan dalam pembuatan roti adalah 1,35% bk, pada roti gandum sebesar 2,45% bk (Irakli *et al.*, 2015).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan, industri roti mulai mencoba melakukan pengembangan dengan menciptakan roti yang diperkaya dengan protein, serat, mineral, vitamin, serta antioksidan. Penambahan bekatul pada roti dapat dilakukan sebagai alternatif untuk meningkatkan kadar serat maupun antioksidan pada produk roti. Namun, penambahan bekatul pada roti juga dapat menyebabkan perubahan pada tekstur, volume, serta warna (Irakli *et al.*, 2015). Oleh karena itu, konsentrasi bekatul yang hendak ditambahkan pada produk perlu diperhatikan. Jurnal review ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai dampak penambahan bekatul ke dalam roti terhadap kualitas roti dari segi fisik maupun kimia.

Bekatul Sebagai Pangan Fungsional

Bekatul dalam kehidupan sehari-hari, umumnya hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Irakli *et al.*, 2015). Bekatul tersusun atas 3 lapisan, yaitu perikarp, testa, dan aleuron (Parida *et al.*, 2018). Bekatul merupakan produk sampingan dari penggilingan biji sereal dan termasuk ke dalam pangan fungsional. Bekatul dapat berasal dari sereal seperti beras, gandum, oat, sorgum, millet, rye, barley dan jagung (Patel,



2015). Bekatul sereal memiliki komponen serat pangan larut dan tidak larut (seperti arabinoksilan, hemiselulosa, β -glukan) komponen asam lemak (asam lemak tidak jenuh tunggal (*monounsaturated fatty acid*), asam lemak tidak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acid*)), karbohidrat, protein serta komponen bioaktif (Skendi *et al.*, 2020).

Pangan fungsional merupakan bahan pangan atau produk makanan yang dapat memberikan efek kesehatan bagi tubuh apabila dikonsumsi (Gul *et al.*, 2015). Syarat suatu produk pangan disebut sebagai pangan fungsional adalah produk merupakan bahan pangan alami maupun yang sudah melalui pemrosesan, mengandung komponen bioaktif yang telah diketahui atau yang belum diketahui, produk tersebut dikonsumsi dalam jumlah tertentu, serta terbukti secara klinis dan efek kesehatannya tercatat (Martirosyan & Singh, 2015). Efek kesehatan yang diberikan oleh bekatul selain berasal dari kandungan serat (Lee *et al.*, 2020) juga dapat berasal dari kandungan antioksidan (Smuda *et al.*, 2018). Bekatul yang akan dikaji berasal dari beras putih, beras merah, beras hitam, gandum, serta barley. Komposisi kimia berbagai jenis bekatul dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Berbagai Jenis Bekatul (%)

Jenis Bekatul	Kadar air	Protein	Lemak	Abu	Serat pangan	Karbohidrat	Sumber
Beras putih	-	13,66 \pm 0,14	18,80 \pm 0,41	10,65 \pm 0,28	12,48 \pm 0,12	40,63 \pm 0,08	Moongngarm <i>et al.</i> , 2012
Beras merah	-	12,93 \pm 0,70	17,32 \pm 0,69	11,41 \pm 0,04	12,11 \pm 1,76	41,23 \pm 0,34	
Beras hitam	4,03 \pm 0,26-12,84 \pm 2,26	10,0 \pm 0,44-	20,6 \pm 0,92-	7,04 \pm 0,65-	5,20 \pm 0,60-7,3 \pm 1,31	41,55 \pm 1,25-54,78 \pm 1,11	Siswanti <i>et al.</i> , 2018
Gandum	9,2 \pm 0,11	8,49 \pm 0,10	3,82 \pm 0,09	14,59 \pm 0,15	15,16 \pm 0,11	57,94 \pm 1,22	
Barley	13,85 \pm 0,22	12,52 \pm 0,17	2,16 \pm 0,03	5,62 \pm 0,17	12,35 \pm 0,19	67,35 \pm 0,86	Hussein dan Ibrahim, 2019

Deskripsi dan Manfaat Serat Pangan

Serat pangan merupakan karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan. Berdasarkan kelarutannya dalam air, serat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu serat larut dan tidak larut. Serat larut merupakan serat yang dapat larut dalam air. Serat larut dapat membentuk substansi seperti gel yang dapat memperlambat pengosongan lambung. Kegunaan lainnya yaitu dapat menurunkan kolesterol (Soliman, 2019). Serat larut terdiri dari pektin, gum, β -glukan, oligosakarida (Capuano, 2017).

Serat tidak larut merupakan serat yang tidak larut dalam air. Serat tidak larut dapat meningkatkan waktu transit, serta meningkatkan massa feses (Soliman, 2019). Serat tidak larut dapat memberikan efek



laksatif dengan mengiritasi mukosa usus untuk menstimulasi sekresi air dan mukus (McRorie dan McKeown, 2017). Serat tidak larut terdiri dari hemiselulosa, selulosa, lignin, serta pati resisten (Capuano, 2017).

Berdasarkan kemampuan bakteri dalam menggunakan serat untuk fermentasi, serat pangan digolongkan menjadi 2, yaitu serat pangan yang sulit terfermentasi, yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, serta lignin dan serat pangan yang mudah terfermentasi seperti pektin, gum, dan musilage (Dhingra *et al.*, 2012). Serat pangan juga dibagi ke dalam serat pangan polisakarida yang didalamnya mencakup pati resisten serta polisakarida non pati. Pati resisten merupakan pati yang tahan terhadap enzim pencernaan di usus halus (Capuano, 2017).

Serat kasar merupakan bagian yang tahan terhadap hidrolisis asam dan basa. Serat kasar terdiri dari selulosa yang tidak mudah larut dalam asam dan basa, selain itu jumlah serat kasar lebih sedikit daripada serat pangan (Yang *et al.*, 2017). Istilah serat fungsional dibedakan dari serat pangan. Serat fungsional merupakan isolasi karbohidrat tak tercerna yang memiliki fungsi kesehatan bagi tubuh (McRorie dan McKeown, 2017).

Serat pada Bekatul Beras Putih, Beras Merah, dan Beras Hitam

Beras (*Oryza sativa*) merupakan makanan pokok di beberapa negara terutama di Asia. Beberapa jenis beras yang umum dikonsumsi yaitu beras merah, beras hitam, serta beras coklat. Beras yang umumnya dikonsumsi adalah beras yang sudah dipisahkan dari sekam dan bekatulnya (Ghasemzadeh *et al.*, 2018). Bekatul beras merupakan hasil samping dari penggilingan padi yang jumlahnya 10% dari total berat padi (Gul *et al.*, 2015). Pada bekatul beras, serat pangan yang dominan adalah selulosa dengan jumlah sebesar $33,60 \pm 1,68\%$ dan hemiselulosa $21,80 \pm 1,09\%$. Selulosa merupakan serat yang membentuk dinding sel tumbuhan selain hemiselulosa dan pektin (Ghodrat *et al.*, 2017). Rantai utamanya berupa β -1,4-D-glukosa (Capuano *et al.*, 2017).

Serat pada Bekatul Gandum

Gandum (*Triticum aestivum*) adalah tumbuhan yang penting karena merupakan bahan dalam pembuatan makanan pokok di berbagai negara. Umumnya gandum diolah menjadi tepung dengan cara menggiling endosperma yang telah dihilangkan lapisan luarnya (Hemdane *et al.*, 2016). Bekatul gandum merupakan hasil penggilingan gandum yang dapat dijadikan sebagai sumber serat, antioksidan, vitamin B, serta mineral (Hemdane *et al.*, 2015).

Serat tidak larut yang dominan pada gandum adalah arabinoksilan. Kadar arabinoksilan pada bekatul gandum adalah sebesar 201,5 mg/g bk (Rudjito *et al.*, 2019). Rantai utamanya berupa β -1,4-D-xilosa (Capuano, 2017). Arabinoksilan dapat menurunkan kadar LDL (*Low Density Lipoprotein*) dan total plasma kolesterol (Patel, 2015). Suplementasi arabinoksilan sebanyak 6% pada diet tinggi lemak selama 5 minggu dapat menurunkan kadar trigliserida pada 10 mencit jantan berusia 6 minggu (Chen *et al.*, 2017).



Selain itu, arabinoksilan dapat menstimulasi pertumbuhan bakteri yang menguntungkan bagi sistem pencernaan, memiliki kemampuan sebagai anti kanker dan antioksidan (Mendez-Encinas *et al.*, 2018). MGN-3/Biobran merupakan derivat arabinoksilan yang memiliki xilosa pada rantai utama dan polimer pada rantai sampingnya. Konsumsi MGN-3/Biobran selama 30 hari dapat meningkatkan aktivitas NK (*natural killer*) cell pada lansia (usia \geq 56 tahun). Efek yang diberikan adalah terjadinya peningkatan resistensi terhadap infeksi yang disebabkan oleh virus maupun kanker (Elsaid *et al.*, 2018).

Serat Bekatul Barley

Barley (*Hordeum vulgare* L.) merupakan sereal yang berasal dari famili Poaceae yang umumnya digunakan dalam pembuatan bir ataupun sebagai campuran dalam makanan. Barley juga tinggi akan serat pangan dan komponen bioaktif seperti tokotrienol, tokoferol, dan fenolik (Martinez *et al.*, 2018). Bekatul barley merupakan produk yang dihasilkan dari penggilingan barley (Hussein dan Ibrahim, 2019).

Serat pangan yang umumnya ditemui pada bekatul barley adalah β -glukan (Capuano, 2017). β -glukan merupakan serat larut yang terdapat dalam bekatul yang dapat meningkatkan kadar HDL (*High Density Lipoprotein*) (Patel, 2015). Rantai utama β -glukan adalah β -1,4-D-glukosa dan β -1,3-D-glukosa (Capuano, 2017). Jumlah β -glukan yang terdapat dalam bekatul barley yang diekstrak dengan pelarut NaOH adalah sebesar 84% dan dengan pelarut Na_2CO_3 sebesar 72% (Din *et al.*, 2018).

β -glukan dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, mekanismenya adalah dengan membentuk struktur seperti gel yang kemudian meningkatkan viskositas pada lapisan mukosa usus. Terbentuknya gel oleh β -glukan menyebabkan terhambatnya reabsorpsi garam empedu dan hati akan menyintesis garam empedu. Serat dapat mengikat garam empedu, serta kolesterol dan akan di eliminasi melalui feses. Akibatnya terjadi penurunan jumlah garam empedu yang menuju ke hati. Penurunan ini meningkatkan pengambilan kolesterol dari darah untuk disintesis kembali menjadi garam empedu, sehingga menyebabkan turunnya kadar kolesterol dalam darah (Sima *et al.*, 2018). Konsumsi 6,5-7 g β -glukan barley selama 4 minggu dapat menurunkan kadar kolesterol LDL dan non-HDL sebesar 7% pada penderita hiperkolesterolemia dan pada manusia lanjut usia (Ho *et al.*, 2016).

Deskripsi Radikal bebas dan Antioksidan

Radikal bebas merupakan atom atau molekul yang mengandung 1 atau lebih elektron tidak berpasangan dan dapat membentuk molekul radikal bebas lainnya. Saat elektron tidak berpasangan, sifat elektron menjadi tidak stabil dan memiliki tingkat keaktifan yang tinggi. Sebagai upaya untuk mempertahankan stabilitasnya, radikal bebas dapat mengambil elektron dari molekul lain. Molekul yang telah kehilangan elektron akan berubah menjadi radikal bebas yang dapat merusak sel (Phaniendra *et al.*, 2015).

Senyawa lain yang tidak bersifat radikal namun memiliki kemampuan oksidan seperti ozon, asam nitrat, dinitrogen trioksida, hidrogen peroksida serta lainnya termasuk dalam radikal bebas, hidrogen peroksida



serta ozon masuk ke dalam kelompok ROS (*Reactive Oxygen Species*), sedangkan asam nitrat, dinitrogen triksidan merupakan kelompok RNS (*Reactive Nitrogen Species*). Terbentuknya radikal bebas dapat disebabkan oleh diet yang kurang sehat, iritasi, obat-obatan, polusi, alkohol, rokok, serta stress. Terlepas dari efek buruk yang disebabkan oleh komponen reaktif, terdapat pula efek yang menguntungkan bagi tubuh seperti dapat mengontrol gula darah, memproduksi sel imun untuk membunuh virus, serta kemampuan untuk melawan sel kanker. Antioksidan merupakan substansi yang dalam konsentrasi kecil dapat mencegah terjadinya reaksi oksidatif. Stres oksidatif merupakan kondisi dimana produksi radikal bebas lebih banyak daripada antioksidan (Wojtunik-Kulesza *et al.*, 2016).

Antioksidan dapat mengatur auto-oksidasi dengan cara menghambat radikal bebas pada tahap propagasi atau dengan menghambat pembentukan radikal bebas. Komponen pada antioksidan dapat menangkal spesies yang menyebabkan peroksidasi, auto-oksidasi, dan mencegah pembentukan peroksida (Gaschler & Stockwell, 2017). Antioksidan yang paling efektif untuk menghambat reaksi pada radikal bebas yaitu yang memiliki komponen fenol atau cincin aromatik. Komponen fenol atau cincin aromatik pada antioksidan dapat menyumbangkan atom H pada radikal bebas yang terbentuk saat oksidasi (Wojtunik-Kulesza *et al.*, 2016).

Antioksidan alami merupakan antioksidan yang berasal dari tumbuhan yang memiliki fungsi kesehatan seperti pada kardiovaskuler, neurodegeneratif, serta dapat mencegah kanker. Antioksidan alami dapat berasal dari beras hitam, ubi ungu, maupun beri (Hrelia & Angeloni, 2020). Pada bekatul, adanya kandungan fenol dan flavonoid yang dapat berperan sebagai antioksidan (Smuda *et al.*, 2018).

Antioksidan pada Bekatul Beras Putih, Beras Merah, dan Beras Hitam

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan dengan metode DPPH yang telah dilakukan oleh Pang *et al.* (2018) pada bekatul beras putih adalah sebesar $0,66 \pm 0,04 - 1,24 \pm 0,01$ $\mu\text{mol TE/g}$, pada bekatul beras merah sebesar $1,51 \pm 0,04 - 6,81 \pm 0,23$ $\mu\text{mol TE/g}$, dan pada bekatul beras hitam sebesar $7,28 \pm 0,40 - 26,72 \pm 0,75$ $\mu\text{mol TE/g}$. Total fenolik pada bekatul beras putih sebesar $0,10 \pm 0,01 - 0,14 \pm 0,01$ mg GAE/g, pada bekatul beras merah sebesar $0,18 \pm 0,00 - 0,84 \pm 0,06$ mg GAE/g, dan pada bekatul beras hitam $1,16 \pm 0,02 - 3,32 \pm 0,09$ mg GAE/g. Aktivitas antioksidan akan meningkat jika pada struktur antosianin terdapat banyak gugus dari kelompok hidroksil (Han *et al.*, 2017). Pigmen berwarna pada beras terletak pada bagian perikarp (Ghasemzadeh *et al.*, 2018).

Antioksidan utama yang terdapat pada bekatul beras adalah γ -orizanol, tokoferol, serta tokotrienol (Moongngarm *et al.*, 2012). Pada bekatul beras, terdapat jumlah γ -orizanol sebesar 1,03-8,864 mg/g, α -tokoferol sebesar 7,34-107,7 $\mu\text{g/g}$ serta γ -tokotrienol sebesar 17,36-212,3 $\mu\text{g/g}$ (Goufo & Trindade, 2014). Pada bekatul beras merah, terdapat γ -orizanol sebesar $3,59 \pm 0,23 - 3,69 \pm 1,07$ mg/g, α -tokoferol sebesar



13,12±2,12-67,30±3,28 µg/g serta γ -tokotrienol sebesar 16,91±0,76-45,83±3,13 µg/g. Jumlah γ -orizanol, α -tokoferol, serta γ -tokotrienol pada bekatul beras hitam secara berturut-turut adalah 4,85±0,11-7,72±0,39 mg/g, 30,65±0,98-34,56±2,61 µg/g, dan 38,14±2,70-53,09±0,76 µg/g (Huang & Lai, 2016). Fungsi γ -orizanol adalah sebagai anti inflamasi (Rao *et al.*, 2016). Selain sebagai anti inflamasi, γ -orizanol berfungsi untuk menurunkan kolesterol pada hati dan adanya tokotrienol berfungsi untuk mencegah penyakit jantung koroner (Gul *et al.*, 2015).

Adanya kandungan proantosianidin yang cukup tinggi pada bekatul beras merah, dapat menstimulasi penggunaan glukosa pada sel adiposit 3T3-L1 dan *myotubes* L6E9, yang menjadikan bekatul beras merah memiliki kemampuan seperti insulin. Selain bekatul beras merah, bekatul beras berpigmen lainnya memiliki *insulin-independent effect*. *Insulin-independent effect* yang dihasilkan pada bekatul beras berpigmen adalah meningkatkan ekspresi gen GLUT1. Hal tersebut membuktikan bahwa bekatul beras berpigmen memiliki potensi sebagai anti diabetes dengan cara membuang glukosa darah ke adiposit dan menghambat konversi pati menjadi glukosa pada sistem pencernaan (Boue *et al.*, 2016).

Antioksidan pada Bekatul Gandum

Pengukuran aktivitas antioksidan pada bekatul gandum dengan metode DPPH menunjukkan hasil sebesar 37,5±1,7-50,9±1,1%RSA (%*Radical Scavenging Activity*) dan total fenolik sebesar 430,6±4,2-844,7±5,7 mg GAE/100 g bk (Smuda *et al.*, 2018). Arabinoksilan pada bekatul gandum dapat berfungsi sebagai antioksidan dengan memodulasi peroksidasi lipid, meningkatkan aktivitas antioksidan pada enzim, serta melindungi dari stress oksidatif (Mendez-Encinas *et al.*, 2018). Komponen fenolik utama yang dijumpai pada bekatul gandum berupa asam ferulat (Rudjito *et al.*, 2019). Asam ferulat yang terdapat pada bekatul gandum berjumlah 5,26 mg/g. Selain itu, terdapat pula asam sinapat dan asam p-kumarat yang masing-masing berjumlah sebesar 0,25 dan 0,09 mg/g (Laddomada *et al.*, 2015).

Antioksidan pada Bekatul Barley

Aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh bekatul barley adalah sebesar 67,91±0,55-72,06±0,62 %DPPH dan total fenoliknya sebesar 2,17±0,05-2,21±0,03 mg GAE/g bk (Simic *et al.*, 2019). Komponen fenolik yang paling utama pada bekatul barley adalah asam ferulat yang dapat berfungsi sebagai antioksidan (Martinez *et al.*, 2018). Selain itu, asam ferulat juga dapat mencegah terjadinya penyakit Alzheimer dengan cara mengurangi metabolisme amiloidgenik APP kemudian memodulasi β -sekretase, mengurangi neuroinflamasi, dan menstabilkan stress oksidatif (Sgarbossa *et al.*, 2015).

Kualitas Kimiawi dan Fisik Roti dengan Penambahan Bekatul

Bekatul yang ditambahkan ke dalam adonan roti adalah dalam bentuk tepung. Proses pembuatan tepung bekatul dapat diawali dengan stabilisasi bekatul, proses pendinginan, dan proses pengayakan untuk



menghasilkan partikel berukuran kecil (Hussein dan Ibrahim, 2019). Stabilisasi pada bekatul diperlukan untuk menginaktifkan enzim lipase dan lipoksigenase yang dapat menyebabkan ketengikan. Proses stabilisasi dapat dilakukan dengan kondisi panas kering menggunakan oven, radiasi infra merah (Irakli *et al.*, 2019), dan kondisi panas basah dengan autoklaf (Luithui, 2018).

Bahan dasar roti, yaitu tepung gandum memiliki total serat pangan sebesar 1,35 % (Irakli *et al.*, 2015). Pentingnya penambahan bekatul pada produk roti adalah untuk memperlancar sistem pencernaan, serta menurunkan kadar kolesterol dalam darah karena adanya kandungan serat (Kurek dan Wyrwicz, 2015). Selain itu, dengan penambahan bekatul pada produk roti, maka dapat memenuhi kebutuhan serat harian yang dianjurkan oleh PERKI (Perhimpunan Kardiolog Indonesia), yaitu sebanyak 25-30 g (Kusumastuti & Ayustaningwarno, 2013). Kadar serat roti yang ditambahkan berbagai bekatul dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Serat Roti dengan Penambahan Berbagai Bekatul (% bk)

Jenis bekatul		Serat larut	Serat tak larut	Total serat	Sumber
Beras putih	Kontrol	-	-	2,45	Irakli <i>et al.</i> , 2015
	Produk	-	-	4,11-6,42	
Beras merah	Kontrol	-	-	-	Basito, 2012
	Produk	3,88±0,26	8,55±0,26	12,43±0,45	
Beras hitam	Kontrol	-	-	-	Lee <i>et al.</i> , 2020
	Produk	4,84±0,21	8,01±0,24	12,85±0,16	
Gandum	Kontrol	-	-	1,80±0,19	Lee <i>et al.</i> , 2020
	Produk	-	-	2,42±0,47- 15,61±0,22	
Barley	Kontrol	-	-	3,7	Choi, 2005.
	Produk	-	-	4,8-6,5	

Kadar Serat

Penambahan bekatul dapat meningkatkan kadar serat pada produk roti yang ditambahkan berbagai bekatul. Hal ini karena bekatul merupakan bahan pangan yang kaya serat (Gul *et al.*, 2015). Selain itu, semakin banyak jumlah bekatul yang ditambahkan pada adonan roti, semakin tinggi pula kadar seratnya (Lee *et al.*, 2020). Fermentasi dan proses pemanggangan dalam pembuatan roti dapat mempengaruhi nilai gizi (Saa *et al.*, 2017). Proses pemanasan dapat merubah rasio serat larut dan tidak larut (Dhingra *et al.*, 2012).

Tekstur

Seiring dengan penambahan bekatul ke dalam adonan roti dalam jumlah yang banyak, roti dapat mengalami perubahan tekstur (Hemdane *et al.*, 2016). Penambahan bekatul dalam jumlah banyak dengan ukuran yang kecil dapat menjadikan tekstur bagian dalam (*crumb*) roti menjadi lebih keras (Lee *et al.*, 2020).

Tekstur keras teramati pada *cupcake* dan *sponge cake* yang ditambahkan bekatul. Pada *cupcake* yang ditambahkan bekatul beras, gandum, serta oat tekstur produk akan semakin keras ketika konsentrasi bekatul yang ditambahkan meningkat (Lebesi & Tzia, 2009). Pada *sponge cake* yang ditambahkan bekatul



beras, tingkat kekerasannya akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi bekatul beras yang ditambahkan ke dalam adonan sponge cake (Majzooobi *et al.*, 2013).

Pada produk yang ditambahkan bahan pangan dengan serat yang tinggi, tekstur yang dimiliki cenderung lebih keras. Kerasnya tekstur roti dapat disebabkan oleh struktur asli serat yang kaku selain itu karena adanya kompetisi antara serat yang memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi dengan komponen tepung. Serat pada bahan dengan kemampuan mengikat air yang tinggi akan mengikat air yang ada pada adonan, sehingga air yang diikat oleh tepung gandum menjadi sedikit dan tidak cukup untuk membentuk protein gluten (Chang *et al.*, 2015). Tekstur keras pada *crumb* juga dapat disebabkan oleh penurunan volume produk yang menyebabkan sel menjadi lebih padat (De la Hera *et al.*, 2014).

Volume

Penambahan bekatul pada roti, selain dapat menyebabkan perubahan tekstur, juga dapat menurunkan volume roti (Hemdane *et al.*, 2016). Pada proses pencampuran dalam pembuatan roti, bahan-bahan tercampur secara homogen dan terhidrasi yang menyebabkan terjadinya pembentukan jaringan gluten. Adonan yang terbentuk proses memiliki sifat viskoelastis karena adanya ikatan hidrogen dan ikatan silang disulfida pada protein (Yano, 2019).

Pembuatan adonan, diperlukan tepung gandum dalam pembuatan roti karena adanya glutenin dan gliadin yang ketika bergabung dengan air akan membentuk substansi yang disebut gluten. Gluten memberikan struktur elastis pada adonan, sehingga memungkinkan adonan untuk menahan udara yang dihasilkan saat proses pengadukan, serta gas yang dihasilkan saat proses fermentasi (Rind & Miano, 2018). Adanya komponen bioaktif seperti asam ferulat, dapat mempengaruhi pembentukan gluten (Hemdane *et al.*, 2016).

Apabila adonan yang terbentuk memiliki sifat kurang elastis, sel pada roti yang terbentuk tidak dapat menahan gas karbon dioksida yang dihasilkan, maka dapat menurunkan volume roti yang dihasilkan (Delcour *et al.*, 2012). Selain karena sifat adonan yang kurang elastis, menurunnya volume spesifik pada produk roti juga dapat disebabkan oleh enzim α -amilase dan endoxilanase yang ada pada bekatul yang dapat menyebabkan perubahan pada adonan dan struktur pada roti, serta ukuran partikel yang dihasilkan dari penggilingan dan komponen lemak khususnya lemak non polar yang menyebabkan volume roti menjadi lebih kecil (Hemdane *et al.*, 2015). Hal tersebut dapat terjadi karena saat ukuran partikel kecil, struktur adonan yang terbentuk menjadi kurang kokoh, sehingga tidak dapat menahan gas yang dilepaskan saat proses fermentasi dan menyebabkan penurunan volume. Selain itu, partikel berukuran kecil lebih mudah terhidrolisis oleh enzim (De la Hera *et al.*, 2014).

Enzim α -amilase dan endoxilanase yang terdapat pada bekatul dapat menyebabkan degradasi pati saat proses pencampuran adonan dan fermentasi yang dapat mengakibatkan adonan menjadi lengket



(Hemdane *et al.*, 2016). Perlakuan fermentasi spontan sourdough dengan penambahan ekstrak bunga hop pada adonan roti yang ditambahkan bekatul sebanyak 13,5 g, dapat meningkatkan volume produk dibanding kontrol (roti bekatul) dan tekstur yang dihasilkan lebih baik daripada kontrol (Irakli *et al.*, 2019). Hal ini sejalan dengan Hemdane *et al.* (2016), bahwa dengan penambahan asam pada adonan, dapat meningkatkan volume roti yang dihasilkan. Selain itu, dilakukannya pre-treatment pada bekatul, seperti perlakuan pemanasan dengan autoklaf, perlakuan perendaman pada air mendidih selama 15 menit dapat meningkatkan volume roti yang dihasilkan.

Warna

Pengukuran warna dapat dilakukan dengan colorimeter (Irakli *et al.*, 2015). Nilai L (*lightness*) menunjukkan tingkat kecerahan, sedangkan nilai a menunjukkan warna kemerahan (*redness*) dan b menunjukkan warna kekuningan (*yellowness*). Semakin tinggi nilai L, maka warna yang dihasilkan akan semakin putih (Lee *et al.*, 2020). Hasil pengukuran warna pada roti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Warna Crumb pada Roti yang ditambahkan Berbagai Bekatul

Jenis Bekatul		L	a	b	Sumber
Beras putih	Kontrol	77,9	-1,0	19,7	Irakli <i>et al.</i> , 2015
	Produk	54,5-69,0	2,0-5,7	21,0-23,6	
Beras merah	Kontrol	-	-	-	Basito, 2012
	Produk				
Beras Hitam	Kontrol	-	-	-	Lee <i>et al.</i> , 2020
	Produk				
Gandum	Kontrol	80,933±0,80	-0,64±0,11	14,49±0,14	Lee <i>et al.</i> , 2020
	Produk	65,92±0,66- 74,75±0,14	1,15±0,24- 5,85±0,24	18,22±0,73- 25,60±0,44	
Barley	Kontrol	80,5±0,1	-1,5±0,0	10,0±0,0	Choi, 2005
	Produk	73,2±0,1-79,4±0,1	-0,7±0,0- 1,9±0,0	- 11,3±0,0- 14,1±0,0	

Dapat dilihat pada Tabel 3, bahwa nilai L (*lightness*) *crumb* yang telah ditambahkan bekatul mengalami penurunan, sedangkan nilai a dan b meningkat. Penurunan nilai L membuat warna pada *crumb* yang dihasilkan menjadi lebih gelap (Irakli *et al.*, 2019). Hal tersebut dapat disebabkan oleh warna asli dari bahan yang ditambahkan ke dalam produk dan warna pada bagian luar (*crust*) menjadi kecokelatan karena adanya reaksi Maillard serta karamelisasi (Kurek & Wyrwysz, 2015).

Reaksi Maillard merupakan reaksi pencokelatan non-enzimatis yang dalam proses terjadinya terbagi ke dalam 3 tahap. Pada tahap pertama adalah reaksi bolak balik gula pereduksi dengan asam amino pada suhu tinggi akan menghasilkan basa Schiff, kemudian basa Schiff mengalami *rearrangement* membentuk senyawa Amadori. Pada tahap kedua, terjadi dehidrasi dan fragmentasi pada senyawa hasil pembentukan amadori membentuk piruvaldehid dan hidroksimetil furfural (HMF). Pada tahap ketiga, terjadi kondensasi aldol



pada aldehid, sehingga dihasilkan melanoidin yang berperan dalam memberikan aroma dan warna coklat pada produk (Tamanna & Mahmood, 2015).

Karamelisasi merupakan proses pencokelatan non-enzimatis yang terjadi karena adanya gula dan proses pemanasan. Karamelisasi dapat terjadi pada suhu di atas 120°C (Liang *et al.*, 2018). Pada saat karamelisasi, terjadi proses degradasi gula oleh panas, sehingga menghasilkan warna coklat serta terbentuknya komponen volatil (Jafary *et al.*, 2018).

Aktivitas Antioksidan Roti dengan Penambahan Bekatul

Pengujian aktivitas antioksidan pada produk roti dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti DPPH, FRAP, ORAC, serta ABTS. Prinsip uji antioksidan dengan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) adalah donor atom hidrogen pada radikal DPPH, sehingga DPPH menjadi bentuk non radikal yang dapat diamati pada hilangnya warna ungu. Pada pengujian antioksidan dengan metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), akan terjadi reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} oleh 2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazin, ditandai dengan terbentuknya warna biru, sedangkan prinsip pada uji antioksidan dengan metode ORAC (*Oxygen Radical Absorption Capacity*) adalah reaksi antioksidan dengan radikal peroksil yang diinduksi oleh AAPH (*2,2'-azobis-(2-amidino-propane) dihydrochloride*) yang ditandai dengan kehilangan kemampuan berpendar (Pisoschi *et al.*, 2016). Prinsip pengujian antioksidan metode ABTS adalah terbentuknya warna hijau-kebiruan akibat atom nitrogen ABTS (*2,2-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)*) kehilangan elektronnya (Ilyasov *et al.*, 2020). Hasil pengujian aktivitas antioksidan pada roti dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Aktivitas Antioksidan Roti dengan Penambahan Berbagai Bekatul

Jenis Bekatul	Metode	Aktivitas Antioksidan	Sumber	
Beras Putih	Kontrol	DPPH	100 mg TE/ 100 g	Irakli <i>et al.</i> , 2015
	Produk		200-380 mg TE/ 100 g	
Beras Putih	Kontrol	FRAP	86 mg TE/100 g	Hussein & Ibrahim, 2019
	Produk		180-400 mg TE/100 g	
Beras Merah	Kontrol	DPPH	18,3-35 %	Hussein & Ibrahim, 2019
	Produk		30-50%	
Beras Hitam	Kontrol	-	-	Basito, 2012
	Produk	DPPH	54±0,07 % DPPH g/bk	
Gandum	Kontrol	ORAC	4 µM TE/g	Lee <i>et al.</i> , 2020
	Produk		7-20 µM TE/g	
Gandum	Kontrol	ABTS	0,06 mM TE/g	Hussein & Ibrahim, 2019
	Produk		0,11-0,27 mM TE/g	
Barley	Kontrol	DPPH	18,3-35 %	Hussein & Ibrahim, 2019
	Produk		25-45 %	
Barley	Kontrol		18,3-35 %	Hussein & Ibrahim, 2019
	Produk		28,3-46,6 %	



Dapat diketahui pada Tabel 4, bahwa penambahan bekatul ke dalam adonan roti dapat meningkatkan aktivitas antioksidan pada roti. Meningkatnya aktivitas antioksidan dalam produk yang ditambahkan oleh bekatul oleh adanya senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan yang berasal dari golongan fenol, flavonoid, vitamin, maupun pigmen warna (Smuda *et al.*, 2018). Semakin tinggi jumlah tepung bekatul yang ditambahkan pada adonan roti, maka akan semakin tinggi pula aktivitas antioksidan yang dihasilkan (Lee *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa penambahan bekatul pada produk roti dapat meningkatkan kadar serat pangan serta antioksidan pada produk. Serat pangan dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, mencegah konstipasi, serta menjaga kesehatan jantung. Antioksidan berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan oksidatif pada sel. Penambahan bekatul sereal pada produk roti dalam jumlah yang tidak sesuai dapat menurunkan kualitas roti, seperti peningkatan kekerasan pada tekstur roti, penurunan volume, serta perubahan warna menjadi lebih gelap. Oleh sebab itu, untuk memperoleh roti atau produk pemanggangan dengan kualitas yang baik, persentase penambahan bekatul yang disarankan dari hasil penelitian Irakli *et al.* (2015) adalah 1-10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Avramenko NA, Tyler RT, Scanlon MG, Hucl P, Nickerson MT. 2018. The chemistry of bread making: The role of salt to ensure optimal functionality of its constituents. *Food Reviews International* 34(3):204-225. DOI: [10.1080/87559129.2016.1261296](https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1261296).
- Basito. 2012. Kajian substitusi bekatul beras merah dan beras hitam terhadap sifat sensoris dan fisikokimia pada pembuatan roti tawar. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 5(2):24-31.
- Belz MC, Ryan LAM, Arendt EK. 2012. The impact of salt reduction in bread: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52:514-52. DOI: [10.1080/10408398.2010.502265](https://doi.org/10.1080/10408398.2010.502265).
- Boue SM, Daigle KW, Chen MH, Cao H, Heiman ML. 2016. Antidiabetic potential of purple and red rice (*Oryza sativa* L.) bran extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64:5345-5353. DOI: [10.1021/acs.jafc.6b01909](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01909).
- Capuano E. 2017. The behaviour of dietary fiber in the gastrointestinal tract determine its effect. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(16):3543-3564. DOI: [10.1080/10408398.2016.1180501](https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1180501).
- Chang RC, Li CY, Shiau SY. 2015. Physico-chemical and sensory properties of bread enriched with lemon pomace. *Czech J. Food Science* 33(2):180-185. DOI: [10.17221/496/2014-CJFS](https://doi.org/10.17221/496/2014-CJFS).
- Chen H, Fu Y, Jiang X, Li D, Wen qin, Zhang Q, Lin D, Liu Y, Tan C, Huang Z, Liu Y, Chen D. 2017. Arabinoxylan activates lipid catabolism and alleviates liver damage in rats induced by high-fat diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(1):253-260. DOI: [10.1002/jsfa.8463](https://doi.org/10.1002/jsfa.8463).



- Choi UK. 2005. Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37(5):746-750.
- De la Hera E, Rosell CM, Gomez M. 2014. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry* 151:526-531. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.115](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.115).
- Delcour JA, Joye IJ, Pareyt B, Wilderjans E, Brijs K, Lagrain, B. 2012. Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products. *Annual Review of Food Science and Technology* 3:469-492. [DOI: 10.1146/annurev-food-022811-101303](https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101303).
- Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol* 49(3):255-266. [DOI: 10.1007/s13197-011-0365-5](https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5).
- Din A, Chunghai MFJ, Khan MRK, Shazad A, Khaliq A, Nasir MA. 2018. Nutritional and functional perspectives of barley β -glucan. *International Food Research Journal* 25(5):1773-1784.
- Elsaid AF, Shaheen M, Ghoneum M. 2018. Biobran/MGN-3, an arabinoxylan rice bran, enhances NK cell activity in geriatric subjects: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Experimental and Therapeutic Medicine* 15(3):2313-2320. [DOI: 10.3892/etm.2018.5713](https://doi.org/10.3892/etm.2018.5713).
- Gaschler MM, Stockwell BR. 2017. Lipid peroxidation in cell death. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 482(3):419-425. [DOI: 10.1016/j.bbrc.2016.10.086](https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.10.086).
- Ghasemzadeh A, Karbalaii MT, Jaafar HZE, Rahmat A. 2018. Phytochemical constituents, antioxidant activity, and antiproliferative properties of red, and brown rice. *Chemistry Central Journal* 12(1):1-13. [DOI: 10.1186/s13065-018-0382-9](https://doi.org/10.1186/s13065-018-0382-9).
- Ghodrat A, Yaghobfar A, Ebrahimnezhad Y, Shahryar HA, Ghorbani A. 2017. In vitro binding capacity of organic (wheat bran and rice bran) and inorganic (perlite) sources for Mn, Zn, Cu, and Fe. *Journal of Applied Animal Research* 45(1):80-84. [DOI: 10.1080/09712119.2015.1124338](https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1124338).
- Gul K, Yousuf B, Singh AK, Singh, P, Wani AA. 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](https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2015.06.002).
- Guofo P, Trindadem H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid. *Food Science Nutrition* 2(2):75-104. [DOI: 10.1002/fsn3.86](https://doi.org/10.1002/fsn3.86)
- Han F, Ju Y, Ruan X, Zhao X, Yue X, Zhuang X, Qin M, Fang Y. 2017. Color, anthocyanin, and antioxidant characteristics of young wine produced from spine grapes (*Vitis davidii* Foex) in China. *Food & Nutrition Research* 61(1):1-13. [DOI: 10.1080/16546628.2017.1339552](https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1339552).
- Hemdane S, Jacobs PJ, Dornez E, Verspreet J, Delcour JA, Courtin, C. M. 2016. Wheat (*Triticum aestivum* L.) bran in bread making : a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15:28-42. [DOI: 10.1111/1541-4337.12176](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12176).
- Hemdane S, Leys S, Jacobs PJ, Dornez E, Delcour JA, Courtin CM. 2015. Wheat milling by-products and their impact on bread making. *Food Chemistry* 187:280-289. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.048](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.048).
- Ho HVT, Sievenpiper JL, Zurbau A, Mejia SB, Jovanovski E, Au-Yeung F, Jenkins AL, Vuksan V. 2016. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of the effect of barley β -glucan on



- LDL-C, non-HDL-C, and apoB for cardiovascular disease risk reduction ^{i-iv}. *European Journal of Clinical Nutrition* 70(11):1239-1245. [DOI: 10.1038/ejcn.2016.89](https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.89).
- Hrelia S, Angeloni C. 2020. New mechanisms of action of natural antioxidants in health disease. *Antioxidants* 9(4):1-5. [DOI: 10.3390/antiox9040344](https://doi.org/10.3390/antiox9040344).
- Huang YP, Lai HM. 2016. Bioactive compounds and antioxidative activity of colored rice bran. *Journal of Food and Drug Analysis* 24(3):564-574. [DOI: 10.1016/j.jfda.2016.01.004](https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.01.004)
- Hussein AMS, Ibrahim GE. 2019. Effects of variants brans on quality and volatile compounds of bread. *Food and Raw Materials* 7(1):42-50. [DOI: 10.21603/2308-4057-2019-1-42-50](https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-42-50).
- Ilyasov IR, Beloborodov VL, Selivanova IA, Terekhov RP. 2020. ABTS/PP decolorization assay of antioxidant capacity reaction pathways. *International Journal of Molecular Sciences* 21(3):1131-1157. [DOI: 10.3390/ijms21031131](https://doi.org/10.3390/ijms21031131).
- Irakli M, Mygdalia A, Chatzopoulou P, Katsantonis, D. 2019. Impact of the combination of sourdough and hop extract addition in baking properties, antioxidant capacity and phenolics bioaccessibility of rice bran-enhanced bran. *Food Chemistry* 285:231-239. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.01.145](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.145).
- Irakli M, Katsantonis D, Kleisiaris, K. 2015. Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. *Journal of Cereal Science* 65:74-80. [DOI: 10.1016/j.jcs.2015.06.010](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.010).
- Jafary SUH, Ahmad RS, Hussain MB, Rehman TU., Majeed M, Khan MU, Shariati MA. 2018. Investigation of changes in antioxidant activities of caramelization products under various time regimes and pH ranges. *Carpathian Journal of Food Science and Technology* 10(4):116-128.
- Kurek M, Wyrwisz J. 2015. The application of dietary fiber in bread products. *Journal of Food Process Technology* 6(5): hal. 1-4. [DOI: 10.4172/2157-7110.1000447](https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000447).
- Kusumastuti K, Ayusaningwarno F. 2013. Penambahan bekatul beras merah terhadap kandungan gizi, aktivitas antioksidan dan kesukaan sosis tempe. *Journal of Nutrition College* 2(1):27-34.
- Laddomada B, Caretto S, Mita G. 2015. Wheat bran phenolics acids: bioavailability and stability in whole wheat-based foods. *Molecules* 20(9):15666-15685. [DOI: 10.3390/molecules200915666](https://doi.org/10.3390/molecules200915666).
- Lebesi DM, Tzia C. 2009. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology* 4:710-722(2011). [DOI: 10.1007/s11947-009-0181-3](https://doi.org/10.1007/s11947-009-0181-3).
- Lee D, Kim MJ, Kwak HS, Kim SS. 2020. Characteristics of bread made of various substitution ratios of bran pulverized by hammer mill or jet mill. *Foods* 9(1):48-58. [DOI: 10.3390/foods9010048](https://doi.org/10.3390/foods9010048).
- Liang N, Chen XM, Kitts DD. 2018. Sugar loss attributed to non-enzymatic corresponds to reduce calories recovered in low-molecular-weight fraction. *Journal of Nutrition & Food Sciences* 8(2): hal 1-6. [DOI: 10.4172/2155-9600.1000674](https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000674).
- Luthui Y, Nisha RB, Seera MS. 2018. Cereal by-products as an important functional ingredient: effect of processing. *J Food Sci Technol* 56(1):1-11. [DOI: 10.1007/s13197-018-3461-y](https://doi.org/10.1007/s13197-018-3461-y).
- Majzoobi M, Sharifi S, Imani B, Farahnaky A. 2013. The effect of particle size and level of rice bran on batter and sponge cake properties. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15(6):1175-1184.



- Martinez M, Motilva MJ, de la Hazas MCL, Romer, M. P., Vaculova, K., dan Ludwig, I. A. 2018. Phytochemical composition and β -glucan content of barley genotypes from two different geographic origins for human health food production. *Food Chemistry* 245:61-70. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.09.026](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.026).
- Martirosyan DM, Singh J. 2015. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?. *Functional Foods in Health and Disease* 5(6):209-223. [DOI: 10.31989/ffhd.v5i6.183](https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183).
- McRorie WJr., McKeown NM. 2017. Understanding the physics of functional fibers in the gastrointestinal tract: an evidence-based approach to resolving enduring misconceptions about insoluble and soluble fiber. *Journal of The Academy Nutrition and Dietetics* 117(2):251-264. [DOI: 10.1016/j.jand.2016.09.021](https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.09.021).
- Mendez-Encinas MA, Carvajal-Millan E, Rascon-Chu A, Astiazaran-Garcia HF, Valencia-Rivera DE. 2018. Ferulated arabinoxylans and their gels: functional properties and potential application as antioxidant and anticancer agent. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2018: 1-22. [DOI: 10.1155/2018/2314759](https://doi.org/10.1155/2018/2314759).
- Moongngarm A, Daomukda N, Khumpika S. 2012. Chemical compositions, phytochemicals, and antioxidant capacity of rice bran, rice bran layer, and rice germ. *APCBEE Procedia* 2:73-79. [DOI: 10.1016/j.apcbee.2012.06.014](https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.06.014).
- Pang Y, Ahmed S, Xu Y, Beta T, Zhu Z, Shao Y, Bao J. 2018. Bound phenolic compound and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red, and black rice. *Food Chemistry* 240:212-221. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.07.095](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.095).
- Patel, S. 2015. Cereal bran fortified-functional for obesity and diabetes management: triumphs, hurdles, and possibilities. *Journal of Functional Foods* 14:255-269. [DOI: 10.1016/j.jff.2015.02.010](https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.010).
- Phaniendra A, Jestadi DB, Periyasamy L. 2015. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Ind J Clin Biochem* 30(1):11-26. [DOI: 10.1007/s12291-014-0446-0](https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0).
- Pisoschi AM, Pop A, Cimpeanu C, Predoi G. 2016. Antioxidant capacity determination in plants and plant-derived products: a review. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2016(3):1-36. [DOI: 10.1155/2016/9130976](https://doi.org/10.1155/2016/9130976).
- Rao YPC, Sugasini D, Lokesh BR. 2016. Gamma oryzanol plays a significant role in the anti-inflammatory activity of rice bran oil by decreasing pro-inflammatory mediators secreted by peritoneal macrophages of rats. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 479(4):747-52. [DOI: 10.1016/j.bbrc.2016.09.140](https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.09.140).
- Rind A, Miano TF. 2018. Effect of shortening on sensory characteristics of wheat bread. *J Food Process Technol* 9(7): 7-10. [DOI: 10.4172/2157-7110.1000741](https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000741).
- Rudjito RC, Ruthes AC, Jimenez-Quero A, Vilaplana F. 2019. Ferulated arabinoxylans from wheat bran: optimization of extraction process and validation at pilot scale. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 7:13167-13177. [DOI: 10.1021/acssuschemeng.9b02329](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b02329).
- Saa DT, Silvestro RD, Dinelli G, Gianotti A. 2017. Effect of sourdough fermentation and baking process severity on dietary fibre and phenolic compounds of immature wheat flour bread. *LWT - Food Science and Technology* 83(2017):26-32. [DOI: 10.1016/j.lwt.2017.04.071](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.071).
- Sgarbossa A, Giacomazza D, di Carlo M. 2015. Ferulic acid: a hope for alzheimer's disease therapy from plants. *Nutrients* 7:5264-5782. [DOI: 10.3390/nu7075246](https://doi.org/10.3390/nu7075246).



- Sima P, Vannucci L, Vetvicka V. 2018. β -glucans and cholesterol (review). International Journal of Molecular Medicine 41(4):1799-1808. [DOI: 10.3892/ijmm.2018.3411](https://doi.org/10.3892/ijmm.2018.3411).
- Simic G, Horvat D, Lalic A, Komlenic DK, Abicic I, Zdunic Z. 2019. Distribution of β -glucan, phenolic acids, and proteins as functional phytonutrients of hull-less barley grain. Foods 8(12):680-675. [DOI: 10.3390/foods8120680](https://doi.org/10.3390/foods8120680).
- Siswanti, Nurhartadi E, Anandito RBA, Setyaningrum EA. 2018. Karakterisasi sifat fisik dan kimia bekatul beras hitam (*Oryza sativa* L.) kultivar melik dengan berbagai Teknik stabilisasi. Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis UNS ke-42 Tahun 2018 2(1):55-64.
- Skendi A, Zinoviadou KG, Papageorgiou M, Rocha JM. 2020. Advances on the valorisation and functionalization of by-products and wastes from cereal-based processing industry. Foods 9(9):1243-1271. [DOI: 10.3390/foods9091243](https://doi.org/10.3390/foods9091243).
- Smuda SS, Mohsen SM, Olsen K, Aly MH. 2018. Bioactive compounds and antioxidant activities of some cereal milling by-products. J Food Sci Technol 55(3):1134-1142. [DOI: 10.1007/s13197-017-3029-2](https://doi.org/10.1007/s13197-017-3029-2).
- Soliman GA. 2019. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. Nutrients 11(5):1155-1164. [DOI: 10.3390/nu11051155](https://doi.org/10.3390/nu11051155).
- Tamanna N, Mahmood N. 2015. Food processing and Maillard reaction products : effect on human health and nutrition (review article). International Journal of Food Science 2015: hal.1-6. [DOI: 10.1155/2015/526762](https://doi.org/10.1155/2015/526762).
- Wojtunik-Kulesza K.A, Oniszczyk A, Oniszczyk T, Waksmundzka-Hajnos M. 2016. The influence of common free radicals and antioxidants on developmnet of Alzheimer's Disease. Biomedicine & Pharmacotherapy 78:39-49. [DOI: 10.1016/j.biopha.2015.12.024](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2015.12.024).
- Yang YY, Ma S, Wang XX, Zhen XL. 2017. Modification and application of dietary fiber in foods. Journal of Chemistry. 1-8. [DOI: 10.1155/2017/9340427](https://doi.org/10.1155/2017/9340427).
- Yano H. 2019. Recent practical researches in the development of gluten-free breads. npj Science of Food 3:1-8. [DOI: 10.1038/s41538-019-0040-1](https://doi.org/10.1038/s41538-019-0040-1).