

Pengembangan Sereal Sarapan Tersubstitusi Bekatul dan Tepung Pisang (Development of Breakfast Cereal Substituted with Rice Bran and Banana Flour)

Sukarno*, Dwyana Izza Augusta, Azis Boing Sitanggang, Afwa Nururrahmah Munawaroh, Slamet Budijanto

(Diterima Agustus 2021/Disetujui Januari 2022)

ABSTRAK

Bekatul dan tepung pisang mengandung zat gizi dan komponen bioaktif yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi pangan fungsional, seperti sereal sarapan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sereal sarapan fungsional dari tepung jagung (54%, 59%, 64%), bekatul (20%), dan tepung pisang (10%) (raja bandung dan kepok) dengan penambahan kristal kelapa (0%, 5%, 10%) menggunakan ekstruder ulir ganda. Formula terbaik ditentukan oleh uji sensori yang menghasilkan sereal dengan penambahan 0% gula kelapa kristal dan 10% tepung pisang raja bandung. Sereal sarapan memiliki kadar air $10,38 \pm 0,01\%$, kadar abu $3,36 \pm 0,00\%$, kadar protein $8,92 \pm 0,11\%$, kadar lemak $6,14 \pm 0,07\%$, kadar karbohidrat $81,58 \pm 0,18\%$, dan kadar serat pangan $13,22 \pm 0,46\%$ serta dapat diklaim sebagai pangan tinggi serat. Kandungan total fenol $74,13 \pm 0,87$ mg GAE/100 g, aktivitas antioksidan $40,67 \pm 1,71$ mg AEAC/100 g, dan IC₅₀ sebesar $84,48 \pm 0,9$ mg/mL. Asam lemak jenuh pada sereal sarapan didominasi oleh asam palmitat ($14,22 \pm 0,17\%$), sedangkan untuk asam lemak tidak jenuh didominasi oleh asam oleat ($30,76 \pm 0,04\%$) dan asam linoleat ($45,40 \pm 0,03\%$).

Kata kunci: bekatul, pangan fungsional, sereal sarapan, tepung pisang

ABSTRACT

Rice bran and banana flour contain nutrients and bioactive compounds that have potential to be used for the development of functional food, such as breakfast cereal. The study is aimed to develop functional breakfast cereal from corn flour (54%, 59%, 64%), rice bran (20%), and banana flour (10%) (raja bandung and kepok) with the addition of coconut sugar (0%, 5%, 10%) using twin-screw extruder. The best-accepted formula based on sensory test was cereal with the substitution of 0% coconut sugar and 10% raja bandung banana flour. The breakfast cereal has moisture content of $10.38 \pm 0.01\%$, ash content of $3.36 \pm 0.00\%$, protein content of $8.92 \pm 0.11\%$, fat content of $6.14 \pm 0.07\%$, carbohydrate content of $81.58 \pm 0.18\%$, and dietary fiber content of $13.22 \pm 0.46\%$ which can be claimed as high-fiber foods. It contained a total phenol content of 74.13 ± 0.87 mg GAE / 100 g, antioxidant activity of 40.67 ± 1.71 mg AEAC/ 100 g, and IC₅₀ of 84.48 ± 0.9 mg/mL. Saturated fatty acids in breakfast cereal were dominated by palmitic acid ($14.22 \pm 0.17\%$), while for unsaturated fatty acids were dominated by oleic acid ($30.76 \pm 0.04\%$) and linoleic acid ($45.40 \pm 0.03\%$).

Keywords: banana flour, breakfast cereal, functional food, rice bran

PENDAHULUAN

Tren gaya hidup *workaholic* menuntut kegiatan serba cepat dalam keseharian, termasuk dalam penyiapan makanan. Makanan cepat saji (*fast food*) menjadi pilihan paling umum dalam menyiapkan makanan di tingkat rumah tangga. Kesadaran akan pentingnya kesehatan serta pola makan yang terkontrol diperlukan dalam menjalani gaya hidup seperti ini untuk mencegah penyakit tidak menular (PTM). Konsumsi pangan sehat dan praktis dalam penyajian dapat memenuhi kebutuhan nutrisi harian

generasi *workaholic* yang sibuk. Produk sereal sarapan berpotensi menjadi pangan yang tidak hanya praktis, tetapi juga bergizi dan mengandung komponen fungsional.

Bekatul beras merupakan produk samping hasil penyosohan beras yang mengandung zat gizi, seperti lemak, protein, dan serat pangan, serta komponen bioaktif, seperti asam fenolik, flavonoid, antosianin, γ -oryzanol, tokoferol, asam fitat, dan lainnya (Sharif *et al.* 2014; Gul *et al.* 2015). Produksi padi di Indonesia pada tahun 2017 adalah sebesar 81 juta ton yang menghasilkan bekatul beras sebanyak 5,67 juta ton (BB-Pascapanen 2018). Sampai saat ini, bekatul beras paling banyak digunakan untuk pakan ternak dan pemanfaatannya sebagai produk pangan masih terbatas. Bekatul berpeluang ditambahkan ke dalam produk pangan untuk meningkatkan kandungan gizi dan komponen bioaktif.

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi: Email: dsukarno@apps.ipb.ac.id

Tepung pisang mengkal merupakan salah satu turunan olahan pisang yang belum matang yang mengandung pati resistan, serat pangan, serta komponen lainnya, seperti senyawa antioksidan polifenol, mineral, dan vitamin (Gouveia & Zandonadi 2013; Pragati *et al.* 2014). Pati resistan merupakan pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan sehingga dapat melewati usus halus dan selanjutnya difermentasi dalam usus besar (Pragati *et al.* 2014). Penambahan tepung pisang bertujuan untuk meningkatkan kandungan pati resistan, memberikan efek kenyang yang lebih lama, dan memberikan *flavour* yang khas.

Salah satu produk yang dapat dikembangkan dari tepung pisang dan bekatul beras dengan menggunakan teknologi ekstrusi adalah sereal sarapan. Ekstrusi merupakan teknologi pemrosesan dengan suhu tinggi dan dalam waktu singkat di mana bahan pangan dibuat elastis dan dimasak dengan kombinasi suhu dan gaya geser di bawah tekanan tertentu (Patil & Kaur 2018). Penambahan tepung pisang dan bekatul beras diharapkan dapat mendukung program diversifikasi pangan dan meningkatkan fungsionalitas produk sereal sarapan sehat yang mengandung zat gizi dan kandungan senyawa bioaktif. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan formula sereal sarapan fungsional dengan bahan baku tepung jagung, bekatul, dan tepung pisang dengan menggunakan teknologi ekstrusi ulir ganda.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *twin screw extruder* model *puffing 2256 Berto Company*, *rice huller*, *rice polisher*, *hammer mill*, *pin disc mill*, timbangan, *mixer*, *blender*, sentrifus, vorteks, spektrofotometer, oven, tanur, desikator, labu Kjeldahl, GC-FID, dan alat-alat gelas lainnya.

Bahan utama yang digunakan adalah gabah beras varietas IR 64 dan jagung kuning kering pipil yang diperoleh dari Kelompok Tani Bintang Raya Bara, Kampung Nanggung, Kabupaten Bogor. Selain itu, digunakan juga tepung pisang kepok dan tepung pisang raja bandung yang diperoleh dari Produsen Pisang Organik Gedhang. Bahan lainnya adalah air, garam, dan gula kelapa kristal.

Pembuatan Bekatul Beras dan Tepung Jagung

Bekatul didapatkan dari hasil samping penggilingan beras menggunakan *rice husker* sebanyak dua kali lalu dilanjutkan dengan penyosohan beras menggunakan *rice polisher*. Tepung jagung dibuat dari jagung kuning kering pipil yang dipecah menjadi *grits* menggunakan *hammer mill* (*Tabata Machinery Co., Tokyo, Japan*) lalu ditepungkan menggunakan *pin disc mill* yang telah dilengkapi saringan 40 *mesh*.

Pembuatan Sereal Sarapan

Proses produksi sereal sarapan dengan metode ekstrusi mengacu ke penelitian Budijanto *et al.* (2012). Tepung jagung, bekatul, tepung pisang, dan gula kelapa kristal dicampur menggunakan *mixer* berkecepatan sedang selama 5 menit. Garam terlebih dahulu dilarutkan dalam air, kemudian dicampurkan ke dalam adonan, dilanjutkan dengan pencampuran menggunakan *mixer* berkecepatan sedang selama 5 menit. Adonan kemudian diekstrusi dengan suhu yang diatur pada 125°C pada T₃ menggunakan ekstruder (*twin screw extruder* model *puffing 2256 Berto Company*) dengan kecepatan ulir 50 Hz pada *auger* (kecepatan pemasukan bahan), 50 Hz pada *screw* (kecepatan putar ulir), dan 50 Hz pada *cutter* (kecepatan putar pisau). Dalam barel ekstruder ada tiga blok, yakni T1, T2, dan T3, yang dalam hal ini T3 terletak di paling ujung dan dekat dengan *die*. Setelah keluar dari ekstruder, sereal didinginkan di ruang terbuka sampai kondisi suhu ambient atau lingkungan dan dikemas menggunakan plastik *polypropilene*.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Terdapat enam formula dalam penelitian yang disajikan pada Tabel 1.

Parameter Analisis

Sifat sensori sereal sarapan dianalisis menggunakan uji peringkat kesukaan (*hedonic rating test*) berdasarkan metode SNI 01-2346-2006 dan BSN (2006). Uji organoleptik melibatkan 30 panelis tidak terlatih yang menilai atribut aroma, warna, tekstur, rasa, dan secara keseluruhan (*overall*) dengan 5 tingkat kesukaan, yaitu (1) sangat tidak suka, (2) tidak suka, (3) netral, (4) suka, dan (5) sangat suka. Data yang diperoleh dari uji organoleptik diolah menggunakan analisis ragam (*univariate ANOVA*) dan

Tabel 1 Formulasi sereal sarapan tersubstitusi bekatul dan tepung pisang

Bahan baku	Formula					
	A1B1	A2B1	A3B1	A1B2	A2B2	A3B2
Tepung jagung (%)	64	59	54	64	59	54
Bekatul (%)	20	20	20	20	20	20
Tepung pisang kepok (%)	10	10	10	0	0	0
Tepung pisang raja bandung (%)	0	0	0	10	10	10
Gula kristal (%)	0	5	10	10	10	10
Garam (%)	1	1	1	1	1	1
Air (%)	5	5	5	5	5	5

Keterangan: A1 = Gula kelapa kristal 0%; A2 = Gula kelapa kristal 5%; A3 = Gula kelapa kristal 10%; B1 = Tepung pisang kepok; dan B2 = Tepung pisang raja bandung.

uji lanjut Duncan dengan taraf signifikansi 5%. Uji ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis pada sereal sarapan tersubstitusi tepung pisang dan bekatul serta untuk menentukan formula terbaik sereal sarapan.

Analisis kimia dilakukan pada formula terbaik berupa analisis proksimat (BSN 1992), ekstraksi senyawa fenolik (Wani dan Kumar 2015), total fenol (Singleton dan Rossi 1965 dengan modifikasi Qiu *et al.* 2010), aktivitas antioksidan metode DPPH (Brand-Williams *et al.* 1995 dengan modifikasi Munarko *et al.* 2020), ekstraksi lemak sampel (Folch *et al.* 1957), dan komposisi asam lemak (AOAC 2012 dengan modifikasi Taufik *et al.* 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

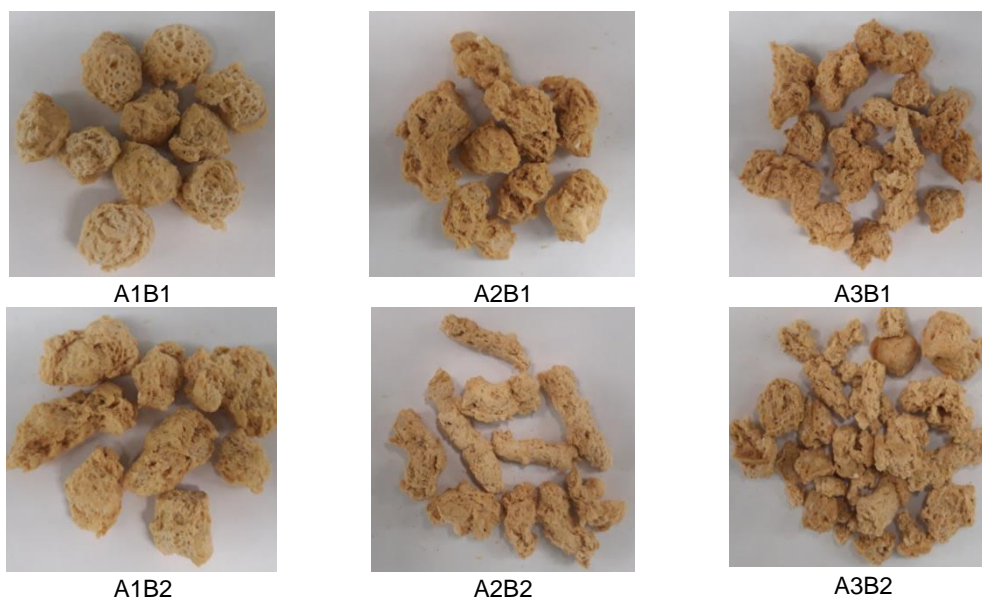
Penampakan Visual Sereal Sarapan

Penampakan visual sereal sarapan dari enam formula yang dibuat disajikan pada Gambar 1. Produk yang dihasilkan terlihat secara visual kurang mengembang dengan permukaan luar yang tidak rata dan disertai pori yang cukup besar. Produk yang kurang mengembang dapat disebabkan oleh substitusi bekatul beras yang mencapai 20% (b/b). Berdasarkan Zhao *et al.* (2018), bekatul beras mengandung total serat pangan 20–30%, di mana 90% dari kandungan tersebut adalah serat pangan tidak larut (*insoluble dietary fiber/IDF*). Guy dan Horne (1988) menyatakan bahwa IDF dapat merusak sel udara sebelum gelembung udara mengembang sesaat keluar *die* sehingga menghasilkan dinding sel yang tebal. Pada pengembangan ekstrudat tersubstitusi bekatul gandum juga menghasilkan permukaan luar yang tidak rata, hal tersebut disebabkan oleh sel udara yang runtuh dan

pecah pada ekstrudat (Robin *et al.* 2011; Yanniotis *et al.* 2007).

Penambahan gula kelapa kristal memengaruhi derajat pengembangan sereal sarapan. Semakin banyak penambahan gula kelapa kristal, semakin menurun pengembangan sereal. Berdasarkan Pitts *et al.* (2014), penambahan gula dengan konsentrasi garam 1% pada ekstrudat berbasis jagung dan gandum dapat menurunkan derajat pengembangan dan meningkatkan densitas kamba ekstrudat, seiring dengan peningkatan konsentrasi gula (5–10%). Beberapa penelitian juga menyatakan, penambahan sukrosa dapat menurunkan derajat pengembangan dan meningkatkan densitas kamba pada ekstrudat berbasis jagung (Mezreb *et al.* 2006). Tang *et al.* (2008) menjelaskan bahwa gugus hidroksil penyusun gula (sukrosa) akan menggantikan interaksi (ikatan hidrogen) antarmolekul pati, selanjutnya sukrosa akan membentuk interaksi secara intermolekuler dan intramolekuler dengan rantai polimer pati melalui ikatan hidrogen, sehingga memberikan elastisitas pada polimer pati. Oleh karena itu, sukrosa dapat bertindak sebagai *plasticizer* sehingga menurunkan temperatur transisi gelas (Fan *et al.* 1996). Penambahan gula dapat meningkatkan suhu gelatinisasi pati, yang berdampak juga pada penurunan viskositas adonan dalam ekstruder, pengembangan gelembung udara, dan tekanan sekitar *die*, sehingga dapat menurunkan derajat pengembangan (Piits *et al.* 2014; Fan *et al.* 1996). Sopade dan Le Grys (1991) menjelaskan, penambahan sukrosa pada ekstrudat pati jagung dapat menurunkan *diametral expansion*, namun dapat meningkatkan *longitudinal expansion*, seperti yang ditunjukkan pada formula A2B1 dan A2B2.

Rasio amilosa dan amilopektin juga dapat memengaruhi karakteristik ekstrudat. Sorgum dengan kadar amilopektin lebih tinggi (*waxy sorghum*) menghasilkan ekstrudat dengan dinding sel yang lebih tebal dan



Gambar 1 Penampakan visual sereal sarapan. A1 = Gula kelapa kristal 0%; A2 = Gula kelapa kristal 5%; A3 = Gula kelapa kristal 10%; B1 = Tepung pisang kapok; dan B2 = Tepung pisang raja bandung.

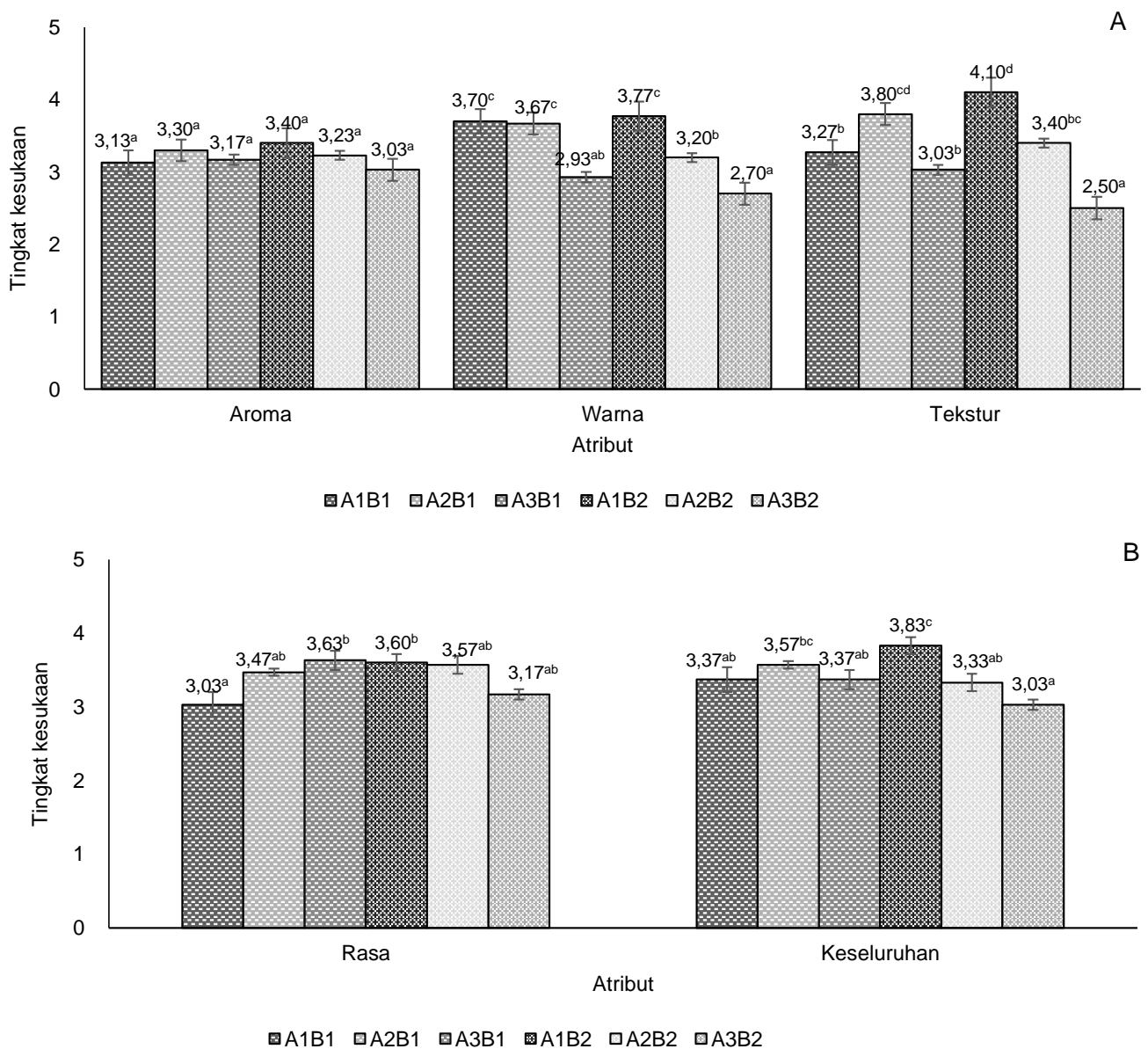
penampakan luar ekstrudat yang keriput dibandingkan dengan *non-waxy sorgum* (Gonzales 2005). Kandungan amilopektin yang lebih tinggi menghasilkan adonan lebih plastis di dalam ekstruder sehingga kurang mendukung pertumbuhan sel udara pada saat keluar *die*. Hal tersebut dikarenakan pati dengan kandungan amilopektin yang lebih tinggi (*waxy strach*) akan lebih mudah tergelatinisasi (karena suhu gelatinisasi yang lebih rendah) dan memiliki interaksi intramolekuler yang lemah (Barrett & Peleg 1992; Bhattacharya & Hanna 1987). Bentuk yang tidak beraturan dan pori yang besar pada formula A1B1 dan A1B2 dapat disebabkan oleh kandungan amilopektin pada tepung pisang yang lebih tinggi dibanding tepung jagung sehingga memiliki dinding sel yang lebih tebal akibat dari sel udara yang mengalami kerusakan pada saat ekstrudat keluar *die*. Kisaran kandungan amilosa

tepung jagung dan tepung pisang adalah sekitar 22,88% dan 17,59–17,75% (Ekafitri *et al.* 2011; Marsono 2002).

Karakteristik Sensori Sereal Sarapan

Hasil uji peringkat kesukaan sereal sarapan disajikan pada Gambar 2. Sereal sarapan berbagai formulasi tidak berbeda nyata ($p>0,05$) pada atribut aroma, tetapi berbeda nyata ($p\leq 0,05$) pada atribut aroma, warna, tekstur, rasa, dan secara keseluruhan (*overall*).

Sereal sarapan memiliki skor kesukaan atribut aroma berkisar antara 3,03–3,40 yang menunjukkan penerimaan panelis ke arah netral. Penambahan tepung pisang 10% diduga dapat menutupi bau langu pada sereal akibat substitusi bekatul mencapai 20%. Perbedaan tidak nyata antarperlakuan sampel dapat



Gambar 2 Hasil uji peringkat kesukaan (*hedonic rating test*) sereal sarapan tersubstitusi tepung pisang dan bekatul pada atribut aroma, warna, dan tekstur (A) dan pada atribut rasa dan keseluruhan (B). Angka yang diikuti huruf berbeda pada atribut yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 0,05.

disebabkan oleh penambahan tepung pisang dalam jumlah yang sama, yaitu 10% pada kedua jenis pisang. Tingkat penilaian tertinggi panelis pada atribut warna didapatkan oleh formula sereal A1B1, A2B1, dan A1B2 yang menunjukkan condong ke arah suka. Semakin besar penambahan gula, semakin rendah tingkat kesukaan panelis terhadap atribut warna sereal. Reaksi Maillard dan karamelisasi terjadi selama proses ekstrusi (Mesquita *et al.* 2013) menghasilkan warna cokelat yang memengaruhi tingkat kesukaan panelis.

Formula sereal A1B2 memiliki skor kesukaan paling tinggi pada atribut tekstur, yaitu sebesar 4,10 yang menunjukkan bahwa panelis suka pada produk. Sereal yang menggunakan tepung pisang raja bandung memiliki tekstur yang lebih diterima oleh panelis dibandingkan tepung pisang kepok. Penambahan gula kelapa kristal menurunkan tingkat kesukaan panelis akibat penurunan derajat pengembangan sereal sehingga tekstur sereal lebih keras. Pada atribut rasa, sereal A3B1, A1B2, dan A2B2 tidak berbeda nyata dan memiliki tingkat kesukaan panelis paling tinggi serta menunjukkan bahwa panelis mulai menyukai produk. Menurut Hapsari dan Lestari (2016), buah pisang raja bandung memiliki rasa yang lebih manis dibandingkan pisang kepok yang memiliki rasa ringan. Rasa manis menjadi rasa dominan pada sereal sarapan. Meskipun begitu, terdapat *aftertaste* sedikit pahit yang diduga karena kandungan asam amino hidrofobik yang cukup tinggi pada bekatul (Phongthai & Rawdkuen 2019). Hasil analisis menunjukkan tingkat kesukaan panelis pada sereal sarapan secara keseluruhan (*overall*) dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan formula. Berdasarkan uji lanjut Duncan, formula sereal A1B2 memiliki tingkat kesukaan panelis paling tinggi, yaitu sebesar 3,83. Hal tersebut menunjukkan bahwa formula dengan tepung pisang raja bandung dan gula 0% secara keseluruhan disukai oleh panelis.

Penentuan Sereal Sarapan Formula Terbaik

Berdasarkan uji peringkat kesukaan (*hedonic rating test*) sereal sarapan, formula A1B2 memiliki skor penilaian tertinggi terhadap atribut aroma, warna, tekstur, dan secara keseluruhan (*overall*) seperti yang disajikan pada Gambar 3. Formula A1B1 memiliki skor penilaian tertinggi atribut rasa, tetapi hasilnya tidak berbeda signifikan dibandingkan formula A1B2. Oleh karena itu, formula terbaik adalah formula A1B2 yang diberi perlakuan jenis tepung pisang raja bandung 10% dan gula kelapa kristal 0%.

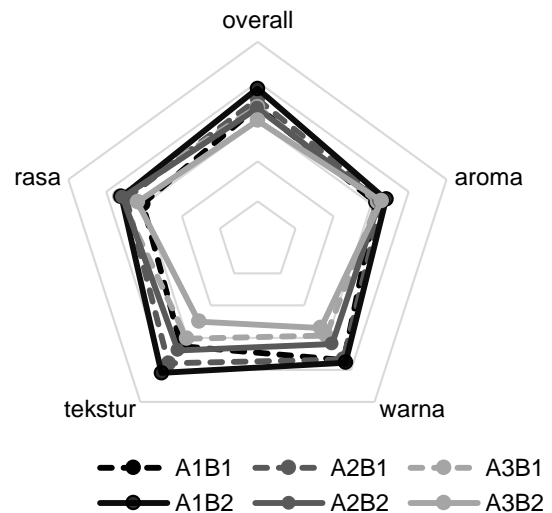
Karakteristik Kimia Sereal Sarapan Formula Terbaik

Hasil analisis proksimat dan serat pangan sereal sarapan formula terbaik (A1B2) disajikan pada Tabel 2. Kadar air sereal sarapan sebesar 10,38±0,01%, kadar abu sebesar 3,36±0,00%, kadar protein sebesar 8,92±0,11%, kadar lemak sebesar 6,14±0,07, kadar karbohidrat sebesar 81,58±0,18%, dan kadar serat pangan sebesar 13,22±0,46%. Substitusi bekatul sebanyak 20% dapat meningkatkan kadar serat

pangan total sereal sarapan karena kandungan serat pangan tidak larut bekatul varietas IR 64 mencapai 29,15±0,26 % (Hartati *et al.* 2015). Menurut Perka BPOM No. 13 Tahun 2016, suatu produk pangan dapat diklaim tinggi atau kaya serat pangan apabila kandungan serat pangan tidak kurang dari 6 g per 100 g. Hal tersebut menunjukkan bahwa sereal sarapan formula terbaik dapat diklaim sebagai sereal sarapan tinggi atau kaya serat.

Hasil Analisis Total Fenol dan Kapasitas Antioksidan

Kadar total fenol, kapasitas antioksidan, dan IC₅₀ ditunjukkan pada Tabel 3. Kadar total fenol sereal sarapan terpilih adalah sebesar 74,1 ± 0,87 mg GAE/100 g bk. Senyawa fenolik yang terdapat pada sereal sarapan diperkirakan berasal dari bekatul beras dan tepung jagung utuh. Hartati *et al.* (2015) menyatakan bahwa bekatul beras IR 64 memiliki kadar total fenol sebesar 228 mg GAE/100 g bekatul. de la Parra *et al.* (2007) menyatakan biji jagung kuning kering utuh memiliki kadar total fenol sebesar 285,8±14,0 mg GAE/100 g bk. Perikarp jagung kaya akan senyawa fenolik yang didominasi oleh asam fenolat dan asam *p-coumaric* (Das & Singh 2016; Gul *et al.* 2015). Nilai aktivitas antioksidan dan IC₅₀ pada sereal sarapan terpilih berturut-turut adalah 40,67 ± 1,71 mg AEAC/100 g dan 84,48 ± 0,99 mg/mL. IC₅₀ (*inhibition concentration*) merupakan konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk menghambat radikal



Gambar 3 Hasil uji peringkat kesukaan panelis.

Tabel 2 Komposisi kimia sereal sarapan formula terbaik

Parameter	Rata-rata hasil analisis
Kadar air (g/100 g)	10,38±0,01
Kadar abu (g/100 g bk)	3,36±0,00
Kadar protein (g/100 g bk)	8,92±0,11
Kadar lemak (g/100 g bk)	6,14±0,07
Kadar karbohidrat (g/100 g bk)	81,58±0,18
Serat pangan (g/100 g bk)	13,22±0,46

bebas DPPH sebesar 50% di mana nilai IC₅₀ terendah menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi (Sukrasno *et al.* 2017). Nilai IC₅₀ pada bekatul beras varietas IR 64 adalah 0,35 mg/mL (Sugiat *et al.* 2010).

Proses ekstrusi suhu tinggi 125°C dalam produksi sereal sarapan berpengaruh pada kadar total fenol dan aktivitas antioksidan ekstrudat. Berdasarkan Samyor *et al.* (2018), perubahan kadar total fenol akibat variabel *screw speed* dan *barrel temperature* berbanding lurus dengan perubahan aktivitas antioksidan dalam menangkal DPPH. Dengan peningkatan suhu dari 80–110°C, aktivitas antioksidan dalam menangkal DPPH semakin meningkat, selanjutnya pada suhu ekstrusi di atas 110°C terjadi penurunan kadar total fenol dan aktivitas antioksidan. Hal tersebut dikarenakan proses ekstrusi menyebabkan de-komposisi atau perubahan dalam struktur molekul senyawa fenolik sehingga mengurangi reaktivitas kimianya (Altan *et al.* 2009).

Hasil Analisis Komposisi Asam Lemak

Komposisi asam lemak (dalam bentuk metil ester) sereal sarapan formula terbaik ditunjukkan pada Tabel 4. Sereal sarapan formulasi terbaik memiliki kandungan asam lemak jenuh (*saturated fatty acid/SFA*) sebesar 20,82 ± 0,05% dan asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acid/USFA*) sebesar 79,18% ± 0,05%. Asam lemak jenuh pada sereal sarapan formula terbaik didominasi oleh asam palmitat (14,22 ± 0,17%), sedangkan asam lemak tak jenuh didominasi oleh asam oleat (30,76 ± 0,04%) dan asam linoleat

(45,40 ± 0,03%). Berdasarkan Goffman *et al.* (2003), asam lemak dominan yang terdapat pada bekatul adalah asam palmitat (13,9–22,1%), asam oleat (35,9–49,2%), dan asam linoleat (27,3–41,0%). Sereal sarapan formula terbaik memiliki kandungan asam lemak linoleat yang lebih tinggi dari bekatul. Tepung jagung diperkirakan berkontribusi dalam peningkatan asam linoleat pada sereal sarapan. Jagung memiliki kadar lemak 1,62–1,89% (Muhandri *et al.* 2012). Berdasarkan Jumina *et al.* (2019), asam lemak dominan pada minyak jagung adalah asam linoleat (57,74%), asam palmitat (19,88%), dan asam oleat (11,84%).

Meskipun sereal sarapan mengandung lemak yang cukup tinggi (6,14±0,07%), sereal sarapan tinggi akan asam lemak tak jenuh dan asam lemak esensial (omega-6 dan omega-3) yang dapat memberikan manfaat kesehatan bagi manusia. Secara umum, kandungan asam lemak tak jenuh dapat mengurangi risiko yang berhubungan dengan penyakit jantung dan pembuluh darah (*cardiovascular disease/CVD*). Kandungan MUFA dan γ -oryzanol pada minyak bekatul mampu memperbaiki profil lipid aterogenik dalam tubuh dan menurunkan risiko CVD pada pasien hiperlipidemik (Zavoshy *et al.* 2012).

KESIMPULAN

Sereal sarapan terbuat dari tepung jagung, bekatul, dan tepung pisang dapat diproduksi menggunakan teknologi ekstrusi ulir ganda. Formula terbaik sereal sarapan merupakan formulasi dengan penambahan gula kelapa kristal 0% dan substitusi tepung pisang raja bandung 10%. Sereal sarapan formula terbaik mengandung kadar air 10,38 ± 0,01%, kadar abu 3,36 ± 0,00%, kadar protein 8,92 ± 0,11%, kadar lemak 6,14 ± 0,07%, kadar karbohidrat 81,58 ± 0,18%, dan kadar

Tabel 3 Kadar total fenol, aktivitas antioksidan, dan IC₅₀ formula sereal sarapan formula terbaik

Parameter	Rata-rata hasil analisis
Total fenolik (mg GAE/100 g bk)	74,13 ± 0,87
Aktivitas antioksidan (mg AEAC/100 g bk)	40,67 ± 1,71
IC50 (mg/mL)	84,48 ± 0,99

Asam lemak	Nama umum	Proporsi asam lemak dalam sampel (%)
C8:0	Asam kaprilat	0,01 ± 0,00
C12:0	Asam laurat	0,03 ± 0,01
C13:0	Asam tridekanoat	3,64 ± 0,17
C14:0	Asam miristat	0,44 ± 0,00
C15:0	Asam pentadekanoat	0,02 ± 0,00
C16:0	Asam palmitat	14,22 ± 0,17
C16:1	Asam palmitoleat	0,19 ± 0,00
C18:0	Asam stearat	1,57 ± 0,04
C18:1 cis	Asam oleat	30,76 ± 0,04
C18:2	Asam linoleat	45,40 ± 0,03
C18:3	Asam linolenat	2,40 ± 0,00
C20:0	Asam arakidat	0,56 ± 0,01
C20:1	Asam cis-11-eikosanoat	0,39 ± 0,00
C22:0	Asam behenat	0,32 ± 0,00
C22:1	Asam erukat	0,05 ± 0,07
Total SFA		20,82 ± 0,05
Total USFA		79,18 ± 0,05
Total		100,00 ± 0,00

serat pangan $13,22 \pm 0,46\%$ sehingga dapat diklaim sebagai pangan tinggi serat. Selain itu, sereal sarapan formula terbaik memiliki kadar total fenol $74,13 \pm 0,87$ mg GAE/100 g, aktivitas antioksidan $40,67 \pm 1,71$ mg AEAC/100 g, dan IC_{50} sebesar $84,48 \pm 0,9$ mg/mL. Sereal sarapan mengandung lemak cukup tinggi yang didominasi oleh asam lemak tak jenuh dan mengandung asam lemak esensial yang tinggi. Asam lemak jenuh pada sereal sarapan formula terbaik didominasi oleh asam palmitat ($14,22 \pm 0,17\%$), sedangkan untuk asam lemak tidak jenuh didominasi oleh asam oleat ($30,76 \pm 0,04\%$) dan asam linoleat ($45,40 \pm 0,03\%$).

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. Ed ke-19. Maryland (US): AOAC International Press. Chapter 41, p 27–29 and Appendix K, p 8-10.
- Altan A, McCarthy KL, Maskan M. 2009. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and β -glucan content of extrudates developed from barley–fruit and vegetable by-products. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(1): 1263–1271. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01956.x>
- Barrett AH, Peleg M. 1992. Extrudate cell structure–texture relationships. *Journal of Food Science* 57(5): 1253–1257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb11311.x>
- [BB-Pascapanen] Balai Besar Pascapanen. 2018. BB Pascapanen Latih Wanita Tani Banyuasin Mengolah Bekatul. [Internet]. [diakses 2019 November 28]. Tersedia pada :<http://pascapanen.litbang.pertanian.go.id/actual.html?type=upsus&id=233>.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2016. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2016 tentang Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan. Jakarta (ID): BPOM.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1992. SNI 01-2891-1992 Cara Uji makanan dan Minuman. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. SNI 01-2346-2006 Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Budijanto S, Sitanggang AB, Wiaranti H, Koesbiantoro B. 2012. Pengembangan teknologi sereal sarapan bekatul dengan menggunakan twin screw extruder. *Jurnal Pascapanen*. 9(2): 63–69. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v9n2.2012.63-69>
- Bhattacharya M, Hanna MA. 1987. Textural properties of extrusion-cooked corn starch. *Food Science & Technology*. 20(1): 195–201.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 28(1): 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Das AK, Singh V. 2016. Antioxidative free and bound phenolic constituents in botanical fractions of Indian specialty maize (*Zea mays L.*). *Food Chemistry*. 201(1): 298–306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.099>
- De la Parra C, Serna SSO, Liu RH. 2007. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(10): 4177–4183. <https://doi.org/10.1021/jf063487p>
- Ekafitri R, Kumalasari R, Indrianti N. 2011. Karakterisasi Tepung Jagung dan Tapioka Serta Mie Instan Jagung yang Dihasilkan. Dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi IV Tanggal 29–30 November 2011. Bandar Lampung (ID)
- Fan J, Mitchell JR, Blanshard JMV. 1996. The effect of sugars on the extrusion of maize grits: II. Starch conversion. *International Journal of Food Science and Technology*. 31(1): 67–76. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.21-318.x>
- Folch J, Lees M, Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226(1): 497–509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)
- Gul K, Yousuf B, Singh AK, Singh P, Wani AB. 2015. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food-A review. *Journal of Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 6(1): 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2015.06.002>
- Guy RCE, Horne AW. 1988. Extrusion and co-extrusion of cereals. In: J.M.V. Blanshard and J.R. Mitchell (eds). Food Structure-Its Creation and Evaluation. London (UK): Butterworths. <https://doi.org/10.1533/9781845698348.331>
- Goffman FD, Pinson S, Bergman C. 2003. Genetic diversity for lipid content and fatty acid profile in rice bran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 80(5): 485–490. <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0725-x>
- Gonzales AJP. 2005. Specialty sorghums in direct-expansion extrusion [Thesis]. Texas (US): Texas A&M University.

- Gouveia PF, Zandonadi RP. 2013 Green banana: new alternative for gluten-free products. *AgroFood Industry*. 24(3): 49–52.
- Hapsari L, Lestari DA. 2016. Fruit characteristic and nutrient values of four Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) at different genomic groups. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. 38(3): 303–311. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v38i3.696>
- Hartati S, Marsono Y, Suparmo, Santoso U. 2015. Komposisi kimia serta aktivitas antioksidan ekstrak hidrofilik bekatul beberapa varietas padi. *Jurnal Agritech*. 35(1): 35–42. <https://doi.org/10.22146/agritech.9417>
- Jumina J, Lavendi W, Singgih T, Triono S, Steven KY, Koketsu M. 2019. Preparation of monoacylglycerol derivatives from Indonesian edible oil and their antimicrobial assay against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Scientific Reports*. 9(1): 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47373-4>
- Marsono Y. 2002. Pengaruh pengolahan terhadap Pati Resisten Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* fa. *typica*) dan Pisang Tanduk (*Musa paradisiaca* fa. *corniculata*). *Jurnal Agritech*. 22(2): 56–59
- Mesquita CB, Leonel M, Mischan MM. 2013. Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour. *Food Science and Technology*. 33(3): 404–410. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000073>
- Mezreb K, Goullieux A, Ralainirina R, Queneudec M. 2006. Effect of sucrose on the textural properties of corn and wheat extrudates. *Carbohydrate Polymers*. 64(1): 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.09.007>
- Muhandri T, Zulkhaiar H, Subarna, Nurtama B. 2012. Komposisi kimia tepung jagung varietas unggul lokal dan potensinya untuk pembuatan mi jagung menggunakan ekstruder pencetak. *Jurnal Sains Terapan*. 2(1): 11–18. <https://doi.org/10.29244/jstsv.2.1.11-18>
- Munarko H, Sitanggung AB, Kusnandar F, Budijanto S. 2020. Phytochemical, fatty acid and proximat composition of six selected Indonesian brown rice varieties. *CYTA-Journal of Food*. 18(1): 336–343. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1754295>
- Patil SS, Kaur C. 2018. Current trends in extrusion: development of functional foods and novel ingredients. *Food Science and Technology Research*. 24(1): 23–24. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.23>
- Phongthai S, Rawdkuen S. 2019. Fractionation and characterization of antioxidant peptides from rice bran protein hydrolysates stimulated by in vitro gastrointestinal digestion. *Cereal Chemistry*. 97(1): 316–325. <https://doi.org/10.1002/cche.10247>
- Pitts KF, Favaro J, Austin P, Day L. 2014. Co-effect of salt and sugar on extrusion processing, rheology, structure and fracture mechanical properties of wheat–corn blend. *Journal of Food Engineering*. 127(1): 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.026>
- Pragati S, Genitha I, Ravish KS. 2014. Comparative study of ripe and unripe banana flour during storage. *Journal of Food Processing & Technology*. 5(11): 1–6. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000384>
- Qiu Y, Liu Q, Beta T. 2010. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. *Food Chemistry*. 121(1): 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.021>
- Robin F, Dubois C, Pineau N, Schuchmann HP, Palzer S. 2011. Expansion mechanism of extruded foams supplemented with wheat bran. *Journal of Food Engineering*. 107(1): 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.041>
- Samyori D, Deka SC, Das AB. 2018. Effect of extrusion conditions on the physicochemical and phytochemical properties of red rice and passion fruit powder based extrudates. *Journal of Food Science and Technology*. 55(10). <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3439-9>
- Sharif MK, Butt MS, Anjum FM, Khan SH. 2014. Rice bran: A novel functional ingredient (Critical Review). *Food Science and Nutrition*. 54(6): 807–816. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.608586>
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16(1): 144–158.
- Sopade PA, Le Grys GA. 1991. Effect of added sucrose on extrusion cooking of maize starch. *Food Control*. 2(2): 103–109. [https://doi.org/10.1016/0956-7135\(91\)90146-N](https://doi.org/10.1016/0956-7135(91)90146-N)
- Sugiat D, Hanani E, Mun'im A. 2010. Aktivitas antioksidan dan penetapan kadar fenol total ekstrak metanol dedak beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.). *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 7(1): 24–33. <https://doi.org/10.7454/psr.v7i1.3448>
- Sukrasno S, Tuty S, Fidrianny I. 2017. Antioxidant evaluation and phytochemical content of various rice bran extracts of three varieties rice from Semarang-Central Java, Indonesia. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 10(6): 377. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i6.16565>
- Tang X, Alavi S, Herald TJ. 2008. Effects of plasticizers on the structure and properties of starch–clay nanocomposite films. *Carbohydrate Polymers*.

- 74(1): 552–558. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.04.022>
- Taufik M, Lioe HN, Yuliana ND. 2016. Evaluation of major fatty acids determination in palm oil by gas chromatography-flame ionization detection. *Jurnal Agritech*. 36(3): 308–31. <https://doi.org/10.22146/agritech.16603>
- Wani SA, Kumar P. 2018. Influence on the antioxidant, structural and pasting properties of snacks with fenugreek, oats and green pea. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 18(4): 389-395. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.01.001>
- Yanniotis S, Petraki A, Soumpasi E. 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. *Journal of Food Engineering*. 80(1): 594-599. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.018>
- Zavoshy R, Noroozi M, Jahanihashemi H. 2012. Effect of low calorie diet with rice bran oil on cardiovascular risk factors in hyperlipidemic patients. *Journal of Research in Medical Sciences*. 17(7): 626–631
- Zhao G, Huang F, Dong L, Zhang M, Zhang R, Tang X, Wei Z. 2018. Particle size of insoluble dietary fiber from rice bran affects its phenolic profile, bioaccessibility and functional properties. *LWT - Food Science and Technology*. 87(1): 450-456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.016>