

Peningkatan Potensi Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Pangan Pencegah Hiperkolesterolemia

(Increasing the Potential of Moringa Seeds as Food to Prevent Hypercholesterolemia)

Annisa Nazifa Salman, Endang Prangdimurti*, Dase Hunaefi

(Diterima April 2022/Disetujui Agustus 2023)

ABSTRAK

Biji kelor (*Moringa oleifera*) mengandung zat kandungan gizi yang baik serta beberapa komponen yang berpotensi menurunkan kadar kolesterol, di antaranya ialah asam oleat, fitosterol, dan serat pangan. Namun, rasanya pahit sehingga perlu diberi perlakuan agar rasa pahitnya hilang tetapi tidak banyak memengaruhi kandungan yang dapat menurunkan kolesterol. Penelitian ini bertujuan mendapatkan biji kelor yang tidak pahit dan berpotensi mencegah hiperkolesterolemia. Perlakuan perendaman biji kelor kupas baik dalam air maupun garam NaCl 3,5% diikuti dengan perebusan 80 menit menghasilkan tepung kelor dengan rasa pahit yang sangat rendah. Kandungan asam oleat tepung biji kelor hasil perlakuan perendaman dengan air maupun garam dengan perebusan selama 40 maupun 80 menit masih tetap tinggi dengan kisaran 69–72%. Asam oleat diketahui mampu memperbaiki profil kolesterol darah. Kandungan fitosterol, salah satu inhibitor penyerapan kolesterol, dari tepung kelor perlakuan 27–29 mg/100 g bk jauh lebih tinggi dibandingkan tepung kontrol (15 mg/100 g bk). Kandungan serat pangan biji kelor (serat pangan total, serat pangan larut, serat pangan taklarut) secara umum tidak berubah setelah perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman biji kelor dalam air selama 24 jam diikuti dengan perebusan selama 80 menit menghasilkan tepung kelor yang dapat digunakan dalam pengembangan pangan pencegah hiperkolesterolemia.

Kata kunci: biji kelor, fitosterol, kolesterol, oleat, rasa pahit

ABSTRACT

Moringa (Moringa oleifera) seeds contain good nutritional constituents and several components that can potentially reduce cholesterol levels, namely oleic acid, phytosterols, and dietary fiber. However, it tastes bitter, so it needs to be treated so that the bitter taste disappears but does not affect much of the content that can lower cholesterol. This study aims to get moringa seeds that are not bitter and have the potential to prevent hypercholesterolemia. The soaking treatment of peeled moringa seeds in either water or 3.5% NaCl salt, followed by 80 minutes of boiling, resulted in moringa flour with a very low bitter taste. The oleic acid content of the seed flour from soaking treatment with water or salt by boiling for 40 or 80 minutes is still high, in the range of 69–72%. Oleic acid is known to improve blood cholesterol profiles. The content of phytosterols, one of the cholesterol absorption inhibitors, from moringa flour treatment of 27–29 mg/100 g dw, is much higher than control flour (15 mg/100 g dw). The dietary fiber content of moringa seeds (total dietary fiber, soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber) generally does not change after treatment. The results showed that soaking moringa seeds in water for 24 hours, followed by boiling for 80 minutes, produced moringa flour that can be used to develop hypercholesterolemia prevention foods.

Keywords: bitter taste, cholesterol, moringa seeds, oleic, phytosterol

PENDAHULUAN

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tumbuhan yang tersebar di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia. Bijinya mengandung protein, lemak, vitamin B, vitamin C, serta mineral seperti kalsium dan fosforus. Lemak merupakan komponen nutrisi tertinggi pada biji kelor, yaitu 36,7% (Leone *et al.* 2016). Biji kelor memiliki komposisi asam lemak yang hampir sama dengan minyak zaitun, yang ditunjukkan oleh

komposisi asam lemak dominan berupa asam oleat (Mohammed *et al.* 2003). Rahman *et al.* (2014) menyebutkan bahwa konsentrasi asam oleat pada minyak biji kelor lebih tinggi daripada minyak zaitun. Diet yang kaya akan asam oleat berpotensi menurunkan kadar kolesterol serum sehingga dapat mencegah penyakit kardiovaskular dengan menurunkan kolesterol LDL dan meningkatkan HDL (Sartika 2008). Minyak yang kaya dengan asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) bermanfaat bagi kesehatan dan memiliki stabilitas oksidatif yang lebih baik (Nadeem dan Imran 2016). Selain asam lemak, minyak biji kelor juga diketahui mengandung fitosterol (Abdulkarim *et al.* 2005). Fitosterol terlibat dalam metabolisme kolesterol, menurunkan tingkat sirkulasi kolesterol LDL sehingga juga berpotensi mencegah penyakit kardiovaskular

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

* Penulis Korespondensi:

Email: prangdimurti@apps.ipb.ac.id

(Cabral dan Klein 2017). Biji kelor juga mengandung beberapa senyawa fitokimia yang dapat menurunkan kadar kolesterol, yakni alkaloid, saponin, tanin, senyawa fenolik, flavonoid, serta terpenoid (Ijarotimi *et al.* 2013), selain serat pangan larut 6,5% yang menjadikannya sumber serat pangan yang potensial (Anudeep *et al.* 2018). Keberadaan serat pangan larut pada saluran cerna akan mengikat asam empedu sehingga penggunaan kolesterol darah meningkat dan kadar kolesterol dapat menurun (Gunness & Gidley 2010).

Dibalik manfaatnya, biji kelor memiliki rasa pahit sehingga perlu diolah untuk mengurangi rasa pahit tersebut. Rasa pahit dan sepat pada biji kelor diduga berasal dari saponin, alkaloid, sianogenat glukosida, dan glukosinolat (Foidl *et al.* 2001). Beberapa cara untuk menurunkan intensitas rasa pahit pada produk pangan telah dilakukan. Ogunsina *et al.* (2011) menjelaskan bahwa perebusan menggunakan air mendidih selama 35 menit mampu menurunkan rasa pahit pada roti serta kukis yang disubstitusi menggunakan tepung biji kelor. Penelitian ini bertujuan memperoleh prosedur minimal penghilangan rasa pahit serta menganalisis kapasitas pengikatan kolesterol dan komponen yang berperan dalam menurunkan kolesterol, yaitu asam oleat, fitosterol, dan serat pangan pada tepung biji kelor pahit, yang masih dapat diterima dibandingkan tepung kontrol (tanpa perlakuan).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku berupa biji kelor tua yang sudah kering, diperoleh dari UD Agro Sejahtera, Kediri, Jawa Timur. Bahan kimia yang digunakan merupakan bahan *analytical grade* dari Merck (Jerman) kecuali standar fitosterol (β -sitosterol), dari ChemFaces (Hubei, China).

Penurunan Rasa Pahit Biji Kelor

Biji dipilah terlebih dahulu, lalu dikupas menggunakan *grain testing mill* (Satake NA 55 J444). Biji dicuci dengan air lalu direndam dalam dua jenis larutan (air atau NaCl 3,5% b/v; nisbah 1:30 b/v, selama 24 jam). Biji kemudian ditiriskan, dicuci, lalu direbus dalam air (1:30 b/v) selama 20, 40, dan 80 menit. Biji dari setiap kelompok perlakuan dikeringkan dalam oven pengering pada 50°C selama 24 jam. Biji kering digiling menjadi tepung menggunakan *pin disc mill* (KE 846), lalu dikemas rapat dan disimpan pada refrigerator suhu 4°C sebelum dianalisis. Tepung biji kontrol dibuat dari biji yang tidak direndam atau direbus, lalu dikeringkan dan ditepungkan.

Analisis Sensori Penentuan Intensitas Rasa Pahit Tepung

Analisis sensori dilakukan dalam 3 tahap, yaitu seleksi panelis, pelatihan panelis terpilih, dan penilaian

kuantitatif rasa pahit tepung oleh panelis terlatih. Panelis diseleksi dan dilatih berdasarkan aturan ISO 8586 dan Meilgaard *et al.* (2007). Sebanyak 60 orang calon panelis yang kompeten, melakukan tahap seleksi berupa *pre-screening*, *acuity test*, dan *ranking test*. Sebagai hasil dari seleksi panelis, 15 calon panelis terpilih mengikuti pelatihan uji *quantitative descriptive analysis* (QDA) selama sekitar 2 bulan menggunakan *rating test* skala garis untuk memastikan penilaian intensitas yang diberikan sudah konsisten. Selanjutnya, panelis menilai rasa pahit tepung biji secara kuantitatif. Tepung disajikan dalam bentuk agar-agar dengan nisbah 1:10 b/v. Panelis diminta menentukan nilai kuantitatif rasa pahit dengan menandai garis skala 15 cm dengan bantuan larutan kafein dalam konsentrasi 0,05; 0,07; dan 0,175 b/v sebagai referensi pada skala 3, 5, dan 15. Tepung dengan intensitas rasa pahit yang paling rendah kemudian digunakan untuk tahap analisis selanjutnya.

Analisis Kadar Lemak dan Komposisi Asam Lemak Tepung

Kadar lemak (metode soxhlet) tepung dianalisis berdasar metode AOAC 2012. Untuk analisis komposisi asam lemak, 25 g tepung diekstraksi dengan 250 mL heksana, diaduk 3 jam menggunakan pengaduk magnetik dan dimaserasi 21 jam. Ekstrak kemudian disaring dengan menggunakan penyaringan vakum filter lalu pelarut dikeringkan dari filtrat menggunakan penguap putar dengan suhu 50°C sehingga dihasilkan minyak biji kelor. Analisis dilakukan dengan mengikuti metode AOAC 991.39. Sejumlah 100 mg minyak biji kelor ditimbang ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 1 mL standar internal (SI) berisi asam lemak margarar di dalam heksana dengan konsentrasi 1 mg/mL. Setelah itu ditambahkan 1,5 mL NaOH metanolik 0,5 N, diembuskan nitrogen selama 15 detik, lalu dipanaskan di penangas suhu 80–100°C selama 5 menit, dan didinginkan dengan air mengalir. Sebanyak 2 mL BF₃ metanol (14% b/v) kemudian ditambahkan ke dalam sampel, diembuskan nitrogen selama 15 detik, lalu dipanaskan di penangas suhu 80–100°C selama 5 menit, dan didinginkan dengan air mengalir. Sebanyak 1 mL heksana ditambahkan ke dalam sampel lalu divorteks dan ditambahkan 3 mL NaCl jenuh; lapisan atas dipipet dan dipindahkan ke dalam vial. Setelah itu, ke dalam vial ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat. Lapisan atas dipipet kembali dan dipindahkan ke dalam vial baru dan disimpan pada lemari pembeku suhu –20°C sebelum dianalisis.

Sampel diinjeksikan ke instrumen kromatografi gas-deteksi ionisasi nyala (GC-FID) dengan suhu injektor 270°C, serta suhu detektor 280°C. Suhu kolom kapiler DB-23 (60 m × 0,25 mm i.d. × 0,25 μ m) diatur secara gradien dengan suhu awal 130°C dipertahankan 2 menit, naik 6,5°C/menit hingga 170°C, dipertahankan 5 menit, naik 2,75°C hingga 215°C, dipertahankan 12 menit, dan naik 30°C hingga 230°C, dipertahankan 30 menit. Suhu kolom kemudian diturunkan kembali hingga 130°C lalu sampel diinjeksikan. Fase gerak

yang digunakan ialah gas helium kecepatan 11,07 mL/menit dan nitrogen kecepatan 31,24 mL/menit sebagai pendorong fase gerak. Asam lemak diidentifikasi dengan membandingkan waktu retensi sampel dengan standar eksternal (Sigma-Aldrich). Konsentrasi asam lemak dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Alx = \frac{Aalx}{ASI} \times \frac{BSI}{BS} \times RF \times 1000$$

Keterangan:

Alx = Konsentrasi asam lemak tertentu dalam sampel (mg/g)

Aalx = Luas puncak asam lemak tertentu pada kromatogram sampel

ASI = Luas puncak standar internal pada kromatogram sampel

BSI = Bobot SI yang ditambahkan dalam penyiapan sampel (mg)

BS = Bobot sampel minyak yang dimetilasi

RF = Respons faktor dari setiap asam lemak

Analisis Kandungan Fitosterol Tepung

Kandungan fitosterol dianalisis mengikuti metode Saptarini *et al.* 2018. Sebanyak 3 g minyak dari tepung yang diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut heksana disaponifikasi dengan KOH 26,73 M lalu direfluks selama satu jam. Setelah itu, fitosterol yang merupakan bagian yang tidak-terSabunkan dipisahkan dengan heksana. Heksana diuapkan dengan penguap putar (suhu 50°C) dan diperoleh ekstrak sterol kasar, yang selanjutnya dilarutkan dalam 25 mL kloroform. Ke dalam sampel (1 mL) ditambahkan 2 mL kloroform dan 2 mL pereaksi Liebermann-Burchard (LB), didiamkan 5 menit dan dianalisis dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar fitosterol dibuat menggunakan standar fitosterol dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L.

Analisis Kandungan Serat Pangan Tepung

Kadar total serat pangan dianalisis dengan metode AOAC 985.29 2012, analisis serat pangan taklarut dengan metode AOAC 991.42 2012, dan analisis serat pangan larut dengan metode AOAC 993.19 2012.

Analisis Pengikatan Kolesterol secara *In Vitro*

Metode analisis mengacu pada Adu *et al.* (2019) yang dimodifikasi pada bagian penyiapan sampel sebelum ditambahkan pereaksi LB. Sebanyak 10 mg tepung ditambahkan ke dalam tabung yang berisi 10 mL larutan kolesterol baku dalam pelarut kloroform dengan konsentrasi 40 mg/L. Sampel divorteks selama 5 menit lalu disaring menggunakan kertas saring. Volume filtrat kemudian ditepatkan menjadi 10 mL. Ke dalam 1 mL filtrat ditambahkan 2 mL pereaksi LB lalu didiamkan selama 30 menit. Kontrol negatif dibuat dari 10 mg tepung yang ditambahkan 10 mL larutan kloroform (tanpa kolesterol) lalu divorteks selama 5 menit dan disaring. Volume filtrat kemudian ditepatkan menjadi 10 mL. Sebanyak 1 mL filtrat kemudian

ditambahkan 2 mL pereaksi LB lalu didiamkan 30 menit. Sampel diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm. Deret konsentrasi standar kolesterol yang digunakan adalah 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L. Pereaksi LB disiapkan dengan mendiamkan 50 mL asetat anhidrida dalam penangas es selama 30 menit lalu ditambahkan 5 mL H₂SO₄ pekat. Pengikatan kolesterol kemudian dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Pengikatan kolesterol (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = konsentrasi kolesterol baku (mg/L)

B = konsentrasi kolesterol setelah perlakuan (mg/L)

Analisis Statistika

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan acak lengkap faktorial dengan 2 faktor percobaan, yaitu jenis larutan perendam (air; NaCl) dan lama perebusan (20, 40, dan 80 menit). Sampel disiapkan dengan dua ulangan, dengan tiap ulangan dianalisis dua kali (duplo). Data penelitian diolah menggunakan Microsoft Excel dan SPSS 22 pada uji ANOVA dengan uji lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Rasa Pahit Tepung

Berdasarkan hasil analisis sensori QDA, proses penurunan rasa pahit terbukti dapat menurunkan intensitas rasa pahit pada biji kelor secara nyata ($p < 0,05$) hingga menyisakan sedikit rasa pahit yang masih terdeteksi oleh panelis terlatih. Menurut hasil diskusi panelis terlatih, rasa pahit dapat diterima pada skor nilai skala 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa perendaman dalam air selama 24 jam diikuti perebusan selama 80 menit (Air-80), dan perlakuan perendaman dalam NaCl 3,5% selama 24 jam diikuti perebusan 40 menit (NaCl-40) dan 80 menit (NaCl-80) menurunkan rasa pahit terbesar di antara sampel lainnya (Tabel 1). Ketiga sampel tersebut digunakan untuk tahap analisis selanjutnya.

Rasa pahit pada biji kelor disebabkan oleh beberapa senyawa seperti alkaloid, saponin, sianoglikosida, dan glukosinolat (Foidl *et al.* 2001). Perendaman selama 9–16 jam yang dilanjutkan dengan perebusan 5–25 menit, dan direndam lagi selama 4 hari dapat menurunkan rasa pahit biji lupin (Yamani *et al.* 1998). Perendaman dengan larutan NaCl dapat menurunkan rasa pahit pada *Momordica charantia* dan *Lupinus albus* (Ertas dan Bilgicli 2014; Rashima *et al.* 2017).

Perendaman dan perebusan menyebabkan alkaloid dan saponin terlindikan (*leaching*) dan larut (Abeshu & Kafale 2017; Ertas & Bilgicli 2014). Beberapa saponin lebih larut dalam air karena komposisi struktur rantai gulanya mengakibatkan hilangnya saponin dalam biji selama perendaman (Gurfinkel & Rao 2003; Shi *et al.* 2004). Waktu perendaman yang lebih lama dan volume

Tabel 1 Skor atribut rasa pahit pada tepung biji kelor

Jenis perlakuan	Pahit	Skor penurunan rasa pahit
Kontrol	8,25 ^a	
Air-20	6,57 ^{a,b}	1,68
Air-40	6,00 ^b	2,25
Air-80	4,09 ^c	4,16
NaCl-20	5,39 ^{b,c}	2,86
NaCl-40	4,34 ^c	3,91
NaCl-80	4,04 ^c	4,21

Keterangan: Rasa pahit ditunjukkan dari skala 0 (tidak pahit) sampai dengan 15 (sangat pahit). Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa hasil berbeda nyata ($p < 0,05$). Kontrol = tanpa perlakuan; Air-20 = perendaman dalam air dan perebusan 20 menit; Air-40 = perendaman dalam air dan perebusan 40 menit; Air-80 = perendaman dalam air dan perebusan 80 menit; NaCl-20 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 20 menit; NaCl-40 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 40 menit; NaCl-80 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 80 menit.

air yang lebih banyak juga memungkinkan lebih banyak gula untuk larut sehingga meningkatkan permeabilitas membran sel dan kulit biji untuk memaksimalkan jumlah saponin yang berpindah dari jaringan ke dalam media perendaman. Penelitian Shi *et al.* (2009) menunjukkan bahwa terjadi efek sinergis dari waktu perendaman dan nisbah sampel terhadap air terhadap hilangnya kandungan saponin selama perendaman. Kombinasi perendaman dan perebusan menyebabkan tingginya penurunan kadar saponin. Perlakuan pemanasan memiliki efek yang lebih besar pada degradasi saponin karena senyawa ini memiliki rantai gula yang terkait dengan posisi C-3 dari aglikonnya (sapogenol B) dengan atom hidrogen pada posisi C-21 (Heng *et al.* 2006). Ikatan penghubung antara rantai gula dan sapogenol B akan terputus, dan aglikon juga dapat terurai ketika energi tinggi seperti pemanasan pada suhu yang lebih tinggi diterapkan. Oleh karena itu, saponin terdegradasi selama perebusan (Shi *et al.* 2004; Heng *et al.* 2006). Energi panas meningkatkan degradasi saponin dalam biji. Media perebusan juga membawa lebih banyak saponin keluar dari matriks biji selama proses perebusan, terutama ketika biji direndam terlebih dahulu sehingga jaringan melunak, yang memungkinkan panas lebih mudah menembus ke dalam matriks benih untuk mendegradasi saponin (Shi *et al.* 2009).

Perendaman dan perebusan juga diketahui dapat menurunkan kadar sianoglikosida. Perebusan singkong segar selama 90 menit dapat mengurangi kadar HCN sebanyak 93,2% (Ezeigbo *et al.* 2015). Perendaman dengan NaCl 3% dan 5% b/v selama tiga hari diketahui dapat menurunkan kadar sianida gadung hingga 90,28% dan 99,70%. Hal ini dapat terjadi karena NaCl mengikat HCN dan membentuk NaCN yang kemudian larut di dalam air (Kresnadipayana dan Waty 2019). Tambahan garam diyakini dapat meningkatkan tekanan osmotik intraseluler dan memungkinkan komponen alkaloid dan polifenol yang larut dalam air untuk berpindah ke media perendaman saat terjadi kondisi kesetimbangan (Yadav & Singh 2014).

Glukosinolat diketahui terdapat pada semua bagian tanaman kelor dengan konsentrasi tertinggi ditemukan pada bijinya. Biji kelor diketahui memiliki kadar glukosinolat 89–264 mg/g bk biji dalam bentuk 4-(α -L-ramnopiranosiloksi)-benzilglukosinolat atau

glukomoringin (Bennett *et al.* 2003). Pematangan, perebusan, pembekuan, dan fermentasi dapat menghidrolisis glukosinolat secara enzimatik maupun nonenzimatik. Secara enzimatik, dengan adanya air, enzim β -thioglukosidase (mirosinase) mengubah glukosinolat menjadi isotiosianat (Halkier dan Gershenzon 2006). Selain itu, pelindian juga merupakan penyebab utama hilangnya glukosinolat selama pemrosesan. Baenas *et al.* (2019) menyatakan bahwa perebusan terbukti dapat menurunkan kadar glukosinolat dan isotiosianat secara nyata pada sayur brokoli dan kale. Perendaman dan perebusan-bertekanan juga diketahui dapat menurunkan intensitas rasa pahit tepung biji kelor yang digunakan sebagai substitusi tepung pada pembuatan kukis (Gunawan *et al.* 2020).

Kadar Lemak dan Komposisi Asam Lemak Tepung

Biji kelor mengandung lemak yang cukup tinggi, yaitu lebih dari 40%, dan kaya akan asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) (Leone *et al.* 2016). Hasil analisis menunjukkan bahwa tepung terpilih memiliki kadar lemak yang lebih tinggi dibandingkan tepung biji kelor kontrol, yakni 36,63–47,25% (Tabel 3). Kisaran kadar lemak tepung kontrol tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Gunawan (2020), yaitu 34,04%. Nilai kadar lemak tepung dengan perlakuan lebih tinggi karena perebusan menyebabkan lemak lebih mudah terekstraksi. Pemanasan biji kelor pada suhu 100, 130, dan 150°C selama 30 menit meningkatkan kadar minyak, dari 28,9% berturut-turut menjadi 33,7%, 32,2%, dan 30,9% (Adejumo *et al.* 2013). Perebusan selama 40 menit juga diketahui telah meningkatkan kadar lemak biji *safflower* dari 34% menjadi lebih dari 36% (Mariod *et al.* 2012).

Meskipun biji kelor mengandung lemak yang tinggi, asam lemak dominan yang terkandung di dalamnya merupakan asam oleat. Asam oleat adalah MUFA yang baik untuk menurunkan kadar kolesterol atau memperbaiki profil lipid darah (Sartika 2008). Komposisi asam lemak dianalisis untuk mengevaluasi perbedaan komposisi asam lemak sebelum dan sesudah perlakuan penurunan rasa pahit. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga tepung terpilih memiliki asam lemak jenuh (SFA) 23,56–25,91% (Tabel 2) dengan dominasi asam stearat (C18:0), diikuti asam palmitat

Tabel 2 Komposisi asam lemak pada ekstrak lemak biji kelor

Jenis asam lemak	Jenis perlakuan (%)			
	Kontrol	Air-80	NaCl-40	NaCl-80
C16:0	5,74 ± 0,17	5,66 ± 0,04	5,74 ± 0,09	5,72 ± 0,19
C16:1	1,61 ± 0,08	1,62 ± 0,01	1,57 ± 0,11	1,61 ± 0,08
C18:0	6,80 ± 0,02	6,84 ± 0,23	7,28 ± 0,52	6,91 ± 0,16
C18:1 cis	71,98 ± 0,49 ^a	71,55 ± 0,07 ^a	69,39 ± 2,99 ^a	70,99 ± 1,87 ^a
C18:2	0,92 ± 0,05	0,94 ± 0,05	0,93 ± 0,01	0,92 ± 0,05
C18:3	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,22 ± 0,00
C20:0	3,91 ± 0,00	4,09 ± 0,17	4,63 ± 0,62	4,17 ± 0,36
C20:1	2,01 ± 0,00	2,02 ± 0,01	1,90 ± 0,07	1,96 ± 0,10
C22:0	4,72 ± 0,01	5,09 ± 0,22	6,06 ± 1,11	5,24 ± 0,71
C22:1	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,02
SFA	23,17 ± 0,51	23,56 ± 0,15	25,91 ± 3,16	24,20 ± 1,97
MUFA	75,68 ± 0,57	75,27 ± 0,09	72,94 ± 3,14	74,66 ± 2,02
PUFA	1,15 ± 0,06	1,17 ± 0,05	1,15 ± 0,02	1,14 ± 0,05

Keterangan: Kontrol = tanpa perlakuan; Air-80 = lemak pada sampel perendaman dalam air dan perebusan 80 menit; NaCl-40 = lemak pada sampel perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 40 menit; NaCl-80 = lemak pada sampel perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 80 menit. SFA = asam lemak jenuh; MUFA = asam lemak takjenuh tunggal; PUFA = asam lemak takjenuh. Data merupakan nilai rata-rata ± SD. Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa hasil berbeda nyata ($p < 0,05$).

(C16:0), behenat (C22:0), dan arakidat (C20:0). Ketiga tepung terpilih memiliki MUFA tinggi, 72,94–75,27%. Asam oleat (C18:1) merupakan asam lemak dominan dengan kisaran 69,39–71,55% dengan komposisi asam oleat pada ketiga tepung terpilih tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol ($p < 0,05$). Hal ini sesuai dengan pernyataan Pirman dan Stibilj (2003) bahwa pemasakan memengaruhi komposisi asam lemak pada kacang-kacangan. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa komposisi asam lemak kacang-kacangan yang dimasak tidak berubah. Ketiga tepung terpilih mengandung asam lemak oleat yang hampir sama dengan minyak biji kelor berdasarkan telaah Saa *et al.* (2019), yang merangkum bahwa asam lemak oleat biji kelor pada penelitian sebelumnya adalah 42,43–76,00%. Kandungan PUFA ketiga tepung terpilih sangat rendah, yakni 1,14–1,17% (Tabel 2).

Pengujian komposisi asam lemak menunjukkan bahwa ketiga tepung terpilih termasuk dalam kategori mengandung asam oleat serta nisbah MUFA/SFA yang tinggi. Nisbah MUFA/SFA adalah ciri yang dikaitkan dengan penurunan risiko kematian, kematian akibat penyakit kardiovaskular, kejadian kardiovaskular, dan stroke (Schwingshagl *et al.* 2014). Selain MUFA, PUFA juga dapat menurunkan kolesterol akan tetapi nilainya sangat rendah di dalam minyak biji kelor. Secara umum, MUFA berpengaruh menguntungkan pada kadar kolesterol dalam darah, terutama bila digunakan sebagai pengganti SFA. Penelitian pada tikus albino yang diinduksi diet tinggi-lemak menunjukkan bahwa minyak biji kelor dapat menurunkan kadar total kolesterol dan trigliserida pada jantung tikus sehingga memiliki efek hipolipidemik (Ogunbiyi *et al.* 2018).

Ikatan rangkap pada asam lemak mudah mengalami oksidasi. Semakin banyak ikatan rangkap, semakin mudah asam lemak teroksidasi. Asam oleat dengan satu ikatan rangkap-dua lebih tahan teroksidasi dibandingkan PUFA (Saa *et al.* 2019). Oleh karena itu, berbeda dengan minyak kedelai, minyak

bunga matahari, minyak kanola, minyak jagung, dan minyak biji kapas, minyak biji kelor sangat tahan terhadap auto-oksidasi. Minyak biji kelor sangat berpotensi menjadi sumber minyak nabati komersial. Fraksi oleat tinggi dari minyak ini dapat dijadikan sebagai pangan fungsional (Nadeem & Imran 2016).

Kandungan Fitosterol Tepung

Hasil analisis ketiga tepung terpilih menunjukkan bahwa proses penurunan rasa pahit dapat meningkatkan kadar fitosterol (Tabel 3). Kadar fitosterol ketiga tepung terpilih ialah 27,36–28,68 mg/100 g bk, lebih tinggi dibandingkan kontrol yang nilainya 14,64 mg/100 g bk. Hal ini terjadi karena pemasakan akan meningkatkan nilai fitosterol bebas pada sampel (Kaloustian *et al.* 2007). Pemasakan berupa perebusan, pengukusan, penumisan, penggorengan, pemanggangan, dan pemanasan dengan *microwave* secara umum diketahui meningkatkan kadar fitosterol pada paprika, kohlrabi, rebung, dan tomat ceri (Jung-Ah *et al.* 2016). Perebusan beberapa sayuran dan kacang dapat meningkatkan fitosterol. Beberapa sayuran menunjukkan peningkatan total fitosterol yang nyata untuk kubis, zucchini, seledri, bawang bombay dan cabai merah setelah direbus. Sebaliknya, pada beberapa sayuran kembang kol dan kacang kara nilai total fitosterol menurun setelah perebusan (Kaloustian *et al.* 2007).

Talreja dan Goswami (2016) mengamati total fitosterol pada beberapa bagian tanaman kelor dengan total fitosterol pada biji kelor, yaitu 11,80 mg/ 100 g bk. Fraksi sterol pada minyak biji kelor dominan terdiri atas β -sitosterol, stigmasterol, kampesterol, dan D⁵-avenasterol, yang menyumbang 92% dari total sterol. Beberapa faktor seperti varietas tanaman dan kondisi agroklimat budi daya, dapat memengaruhi komposisi sterol minyak. Fraksi sterol dari biji kelor diduga terlibat dalam metabolisme kolesterol dengan menurunkan tingkat sirkulasi kolesterol LDL (Leone *et al.* 2016).

Tabel 3 Kadar lemak, fitosterol, TDF, SDF, dan IDF tepung biji kelor

Jenis perlakuan	Kontrol	Air-80	NaCl-40	NaCl-80
Kadar lemak (% bk)	36,63 ± 2,36 ^a	45,60 ± 0,57 ^{b,c}	44,80 ± 0,61 ^b	47,25 ± 0,41 ^c
Kadar fitosterol (mg/100 g bk)	14,64 ± 1,60 ^a	28,68 ± 1,70 ^b	27,36 ± 1,14 ^b	27,47 ± 1,86 ^b
TDF (% bk)	17,74 ± 2,28 ^a	21,80 ± 1,48 ^a	21,32 ± 1,11 ^a	21,93 ± 0,15 ^a
SDF (% bk)	4,76 ± 0,35 ^a	4,55 ± 0,45 ^a	3,39 ± 0,16 ^a	4,71 ± 1,75 ^a
IDF (% bk)	13,01 ± 1,32 ^a	16,98 ± 1,63 ^{a,b}	17,74 ± 1,44 ^b	16,68 ± 1,78 ^{a,b}

Keterangan: Kontrol = tanpa perlakuan; Air-80 = perendaman dalam air dan perebusan 80 menit; NaCl-40 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 40 menit; NaCl-80 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 80 menit. TDF = serat pangan total; SDF = serat pangan larut; IDF = serat pangan taklarut. Data merupakan nilai rata-rata ± SD. Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan bahwa hasil berbeda nyata ($p < 0,05$).

Fitosterol adalah senyawa alami yang secara struktural terkait dengan kolesterol dengan konfigurasi rantai samping yang berbeda. Sampai saat ini, banyak penelitian telah menunjukkan bahwa asupan fitosterol baik dalam bentuk bebas atau sebagai ester asam lemak efektif dalam menurunkan total kolesterol plasma dan kolesterol LDL. Mekanisme utama yang bertanggung jawab atas efek penurunan kolesterol dari sterol bebas dan teresterifikasi adalah penghambatan penyerapan kolesterol usus. Mekanisme lainnya seperti kompetisi dengan kolesterol dalam pembentukan misel campuran makanan, dan gangguan pada proses hidrolisis oleh lipase dan kolesterol esterase, diyakini berkontribusi pada penurunan konsentrasi kolesterol serum oleh fitosterol. Ada juga bukti yang muncul bahwa fitosterol mengganggu proses penyerapan kolesterol yang dimediasi transporter. Hal di atas menyebabkan penyerapan kolesterol usus berkurang sehingga terjadi peningkatan jumlah kolesterol yang diekskresikan ke dalam feses (Trautwein *et al.* 2003).

Kandungan Serat Pangan Tepung

Hasil analisis serat pangan menunjukkan bahwa secara umum perlakuan penurunan rasa pahit tidak memengaruhi kadar serat pangan pada ketiga tepung terpilih. Kadar serat pangan total (TDF) ketiga tepung terpilih adalah 21,32–21,93%bk (Tabel 3). Nilai ini meningkat dibandingkan kontrol (17,74% bk) meskipun tidak berbeda nyata ($p < 0,05$). Kadar serat pangan larut (SDF) pada ketiga tepung terpilih adalah 3,39–4,71% bk (Tabel 3) dan tidak berbeda nyata ($p < 0,05$). Meskipun tidak nyata, penurunan SDF dapat disebabkan oleh larutnya SDF ke dalam media perebusan yang dipercepat oleh terjadinya lisis dan rusaknya sel, yang menyebabkan serat lebih cepat larut ke dalam media perebusan (Pangastuti *et al.* 2013). Senyawa pektin dapat mengalami de-esterifikasi disertai degradasi eliminasi- β yang dipercepat oleh perebusan dengan kondisi netral (Yuanita 2006).

Nilai IDF pada ketiga tepung terpilih ialah 16,68–17,74% bk, lebih besar daripada nilai kontrol, yaitu 13,01% bk (Tabel 3). Perebusan menyebabkan terbukanya dinding sel yang mengakibatkan pembebasan pati dan lipid yang membentuk senyawa kompleks seperti pati resisten. Pembentukan pati resisten ini terukur sebagai IDF sehingga kadar IDF sampel cenderung meningkat (Yuanita 2006). Pada umumnya, kacang-kacangan memiliki kadar IDF yang lebih tinggi daripada SDF (Khan *et al.* 2007). Zhou *et al.* (2012) melaporkan bahwa pemanasan dapat mengubah nisbah SDF dan IDF.

al. (2012) melaporkan bahwa pemanasan dapat mengubah nisbah SDF dan IDF.

Penurunan kolesterol oleh serat pangan dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, di antaranya adalah pengikatan asam empedu di dalam usus halus sehingga meningkatkan ekskresi asam empedu fekal, menurunnya laju absorpsi karbohidrat yang menyebabkan menurunnya kadar insulin serum, sehingga menurunkan rangsangan sintesis kolesterol, dan penghambatan sintesis kolesterol oleh asam lemak rantai pendek (SCFA) yang dihasilkan dari fermentasi serat larut di dalam kolon (Gunnness & Gidley 2010).

Penelitian Mallillin *et al.* (2014) menunjukkan bahwa serat pangan dalam biji kelor dapat difermentasi menghasilkan SCFA dengan propionat sebagai SCFA tertinggi yang dihasilkan. Hal ini memiliki beberapa implikasi penting dalam peran propionat untuk menghambat enzim untuk sintesis kolesterol. Astawan *et al.* (2005) menunjukkan bahwa tambahan tepung rumput laut berserat tinggi ke dalam ransum tikus hiperkolesterolemia dapat menurunkan kolesterol total, LDL, trigliserida, dan indeks aterogenik.

Kemampuan Pengikatan Kolesterol secara *In Vitro*

Pengikatan kolesterol dianalisis untuk menentukan kemampuan tepung biji kelor dalam mengikat kolesterol secara *in vitro*. Banyaknya kolesterol yang tidak diikat oleh senyawa fitokimia kemudian dianalisis menggunakan pereaksi LB. Berhubung tepung kelor mengandung sejumlah fitosterol yang juga bereaksi dengan LB, maka tepung yang digunakan adalah tepung bebas lemak agar tidak terjadi kesalahan pengukuran. Hasil analisis menunjukkan ketiga tepung terpilih mampu mengikat kolesterol *in vitro* yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Ketiga tepung terpilih dapat mengikat kolesterol 7,62–25,54% (Tabel 4). Kapasitas pengikatan kolesterol terbaik terdapat pada tepung yang direbus dalam air selama 80 menit (Air-80), yaitu 25,54%, yang nilainya tidak berbeda nyata dengan kapasitas pengikatan kontrol sebesar 28,59%.

Pengikatan kolesterol terjadi karena sejumlah senyawa fitokimia bereaksi dengan kolesterol sehingga menyebabkan perubahan struktur kimiawi. Biji kelor diketahui memiliki beberapa senyawa fitokimia seperti glukosinolat, saponin, alkaloid, dan flavonoid (Bennett *et al.* 2003). Senyawa saponin diketahui dapat membentuk kompleks misel yang besar dengan kolesterol sehingga akan mengendap (Matsui *et al.* 2009). Pengaruh lovastatin dan biji kelor

Tabel 4 Kapasitas pengikatan kolesterol tepung biji kelor

Jenis perlakuan ^a	Kolesterol baku (A) (mg/L)	Kolesterol setelah perlakuan (B) (mg/L)	Kolesterol terikat (A-B) (mg/L)	Kapasitas pengikatan kolesterol (%) (= 100*(A-B)/A)
Kontrol	40	28,57	11,43	28,59 ± 2,10 ^a
Air-80	40	29,79	10,21	25,54 ± 3,55 ^a
NaCl-40	40	33,18	6,82	17,06 ± 5,52 ^b
NaCl-80	40	36,95	3,05	7,62 ± 2,82 ^c

Keterangan: ^a pada tepung bebas lemak. Kontrol = tanpa perlakuan; Air-80 = perendaman dalam air dan perebusan 80 menit; NaCl-40 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 40 menit; NaCl-80 = perendaman dalam larutan NaCl dan perebusan 80 menit. Data merupakan nilai rata-rata ± SD. Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa hasil berbeda nyata ($p < 0,05$).

dibandingkan dan diuji coba dengan menambahkan lovastatin 6 mg/kg/hari atau biji kelor 200 mg/kg/hari pada kelinci dengan diet standar dan diet hiperkolesterolemia. Setelah periode percobaan 120 hari, percobaan dengan biji kelor maupun lovastatin menurunkan kolesterol serum, fosfolipid, trigliserida, VLDL dan kolesterol LDL. Kelinci yang diberi diet tambahan lovastatin maupun biji kelor menunjukkan lebih sedikit lemak di hati, jantung, dan aorta. Biji kelor juga ditemukan dapat meningkatkan ekskresi kolesterol feses. Dengan demikian, penelitian menunjukkan bahwa biji kelor memiliki efek hipolipidemik (Mehta *et al.* 2003).

KESIMPULAN

Perlakuan perendaman biji kelor kupas dalam air maupun garam NaCl 3,5% selama 24 jam diikuti dengan perebusan terbukti dapat menurunkan intensitas rasa pahit pada biji kelor secara nyata, hingga menyisakan sedikit rasa pahit yang masih terdeteksi oleh panelis terlatih. Perlakuan ini meningkatkan kadar total lemak dengan komposisi asam lemak oleat masih tetap tinggi, yaitu 71%. Kandungan fitosterol, salah satu inhibitor penyerapan kolesterol, dari tepung biji kelor dengan perlakuan adalah 27–29 mg/100 g bk, lebih tinggi dibandingkan tepung kontrol (15 mg/100 g bk). Kandungan serat pangan biji kelor (TDF, IDF, SDF) secara umum tidak berbeda setelah perlakuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perendaman biji kelor dalam air selama 24 jam diikuti dengan perebusan selama 80 menit menghasilkan tepung biji kelor yang dapat digunakan dalam pengembangan pangan pencegah hiperkolesterolemia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Riset dan Inovasi (Kemenristek/BRIN), yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Tesis Magister (PTM) tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemist. Arlington (US): The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- [ISO] International Organization for Standardization 8586-1. 2012. Sensory Analysis General Guidelines for the Selection, Training, and Monitoring of Selected Assessors and Expert Sensory Assessor: ISO.
- Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. 2005. Some physico-chemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chemistry*. 93: 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.023>
- Abeshu Y, Kefale B. 2017. Effect of some traditional processing methods on nutritional composition ad alkaloid content of lupin bean. *International Journal of Bioorganic Chemistry* 2: 174–179.
- Adejumo BA, Alakowe AT, Obi DE, 2013. Effect of heat treatment on the characteristics and oil yield of moringa oleifera seeds. *The International Journal of Engineering and Science* 2: 232–239.
- Adu JK, Amengor CDK, Kabiri N, Orman E, Fatamia SAG, Okrah BK. 2019. Validation of a simple and robust liebermann-burchard colorimetric method for the assay of cholesterol in selected milk products in Ghana. *International Journal of Food Science*: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/9045938>
- Anudeep S, Prasanna VK, Adya S, Radha C. 2018. Carbohydrates of *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Research and Analytical Reviews*. 5: 103–108.
- Astawan M, Wresdiyati T, Hartanta AB. 2005. Pemanfaatan rumput laut sebagai sumber serat pangan untuk menurunkan kolesterol darah tikus. *Hayati* 12(1): 23–27. [https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30319-9](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30319-9)
- Baenas N, Marhuenda J, Viguera CG, Zafrilla P, Moreno DA. 2019. Influence of cooking methods on glucosinolates and isothiocyanates content in novel

- cruciferous foods. *Foods* 8: 1–9. <https://doi.org/10.3390/foods8070257>
- Bennett RN, Mellon FA, Foidl N, Pratt JH, Dupont MS, Perkins L, Kroon PA. 2003. Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (Horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 3546–3553. <https://doi.org/10.1021/jf0211480>
- Cabral CE, Klein MRST. 2017. Phytosterols in the treatment of hypercholesterolemia and prevention of cardiovascular diseases. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 109(5): 475–482. <https://doi.org/10.5935/abc.20170158>.
- Ertas N dan Bilgili N. 2014. Effect of different debittering processes on mineral and phytic acid content of lupin (*Lupinus albus* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*. 51(11): 3348–3354. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0837-2>
- Ezeigbo OR, Ekaikol MU, Ibegbulem O. 2015. Effect of Cooking Time on Starch and Cyanide Contents of Freshly Harvested Cassava Tubers Used for Tapioca Production. *British Biotechnology Journal* 8(4): 1–6.
- Foidl N, Makkar HPS, Bekker K. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *Moringa Review Dar Es Salaam*. Tanzania.
- Gunawan MIF, Prangdimurti E, Muhandri T. 2020. Upaya penghilangan rasa pahit tepung biji kelor (*Moringa oleifera*) dan aplikasinya untuk pangan fungsional. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 25(4): 636–643. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.4.636>
- Gunness P, Gidley MJ. 2010. Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides. *Food Function*. 1(2): 149–155.
- Gurfinkel DM, Rao AV. 2003. Soyasaponins: the relationship between chemical structure and colon anticarcinogenic activity. *Nutrition and Cancer*. 47(1): 24–33. https://doi.org/10.1207/s15327914nc4701_3
- Halkier BA, Gershenzon J. 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annual Review of Plant Biology*. 57: 303–333. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105228>
- Heng L, Vincken JP, Hoppe K, Koningsveld GA van, DeCroos K, Gruppen H, Boekel MAJS van, Voragen AGJ. 2006. Stability of pea DDMP saponin and the mechanism of its decomposition. *Food Chemistry*. 99(2): 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.045>
- Ijarotimi OS, Adeoti OA, Ariyo O. 2013. Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristic of raw, germinated and fermented *Moringa oleifera* seed flour. *Food Science and Nutrition*. 1(6): 452–463. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70>.
- Jung-ah S, Jong Min P, Ki-teak L. 2016. Effect of cooking methods on the phytosterol content in nine selected vegetables. *Agricultural Science Research* 43(1): 87–99. <https://doi.org/10.7744/KJOAS.20160011>
- Kaloustian J, Alhanout K, Amiot-Carlin M, Lairon D, Portugal H, Nicolay A. 2007. Effect of water cooking on free phytosterol levels in beans and vegetables. *Food Chemistry*. 107: 1379–1386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.061>
- Khan AR, Alam S, Ali S, Bibi S, Khalil IA. 2007. Dietary fiber profile of food legumes. *Sarhad Journal of Agriculture*. 23(3): 763–766.
- Kresnadipayana D, Waty HI. The concentration of NaCl soaking to decreasing cyanide levels in Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst). *Jurnal Teknologi Laboratorium*. 8: 36–40.
- Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S. 2016. *Moringa oleifera* seeds and oil: characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Science*. 17: 2141–2155. <https://doi.org/10.3390/ijms17122141>
- Mallillin AC, Trinidad TP, Sagum RS, de Leon MP, Borlagdan MP, Baquiran AFP, Alcantara JS, Aviles TF. 2014. Mineral availability and dietary fiber characteristics of *Moringa oleifera*. *Food and Public Health*. 4(5): 242–246.
- Mariod AA, Ahmed SY, Abdelwahab SI, Cheng SF, Eltom AM, Yagoub SO, Gouk SW. 2012. Effects of roasting and boiling on the chemical composition, amino acids and oil stability of safflower seeds. *International Journal of Food Science and Technology*. 47: 1737–1743. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03028.x>
- Matsui Y, Kobayashi K, Musada H, Kigoshi H, Akao M, Sakurai H. 2009. Quantitative analysis of saponins in a tea-leaf extract and their antihypercholesterolemic activity. *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*. 73: 1513–1519. <https://doi.org/10.1271/bbb.90003>
- Mehta K, Balaraman R, Amin AH, Bafna PA, Gulati OD. 2003. Effect of fruits of *Moringa oleifera* on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. *Journal of Ethnopharmacology* 86(2–3): 191–195. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(03\)00075-8](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(03)00075-8).
- Meilgaard M, Gail VC, Thomas B Carr. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. Florida (FL): CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16452>
- Mohammed AS, Lai OM, Muhammad SKS, Long K, Ghazali HM. 2003. *Moringa oleifera*, potentially a new source of oleic acid-type oil malaysia. *Investing in Innovation*. 3: 137–140.

- Nadeem M, Imran M. 2016. Promising features of Moringa oleifera oil: recent updates and perspectives. *Lipids Health and Disease*. 15(212): 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0379-0>
- Ogunbiyi OJ, Olatosin TM, Mustafa AM, Apata JT. 2018. Hypolipidemic effect of *Moringa oleifera* seed oil on high fat-diet induced hyperlipidemia in liver and heart of albino rats. *Mintage Journal of Pharmaceutical & Medical Sciences*. 7(1): 1–5.
- Ogunsina BS, Radha C, Indrani D. 2011. Quality characteristics of bread and cookies enriched with debittered Moringa oleifera seed flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 62: 185–194. <https://doi.org/10.3109/09637486.2010.526928>
- Pirman T, Stibilj V. 2003. An influence of cooking on fatty acid composition in three varieties of common beans and in lentil. *European Food Research and Technology* 217(6): 498–503. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0784-2>
- Pangastuti HA, Affandi DR, Ishartanti D. 2013. Karakterisasi sifat fisik dan kimia tepung kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan beberapa perlakuan pendahuluan. *Jurnal Teknosains Pangan* 2(1): 20–29.
- Rahman F, Nadeem M, Azeem MW, Zahoor Y. 2014. Comparison of the chemical characteristics of high oleic fraction of Moringa oleifera oil with some vegetable oils. *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*. 15: 80–83. <https://doi.org/10.21743/PJAE.V15I1.208>
- Rashima SR, Kang WM, Fazilah A, Tan LX. 2017. Influence of sodium chloride treatment and polysaccharides as debittering agent on the physicochemical properties, antioxidant capacity and sensory characteristics of bitter gourd (*Momordica charantia*) juice. *Journal of Food Science and Technology*. 54: 228–235. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2454-y>
- Saa RW, Fombang EN, Ndjantou EB, Njintang NY. 2019. Treatments and uses of *Moringa oleifera* seeds in human nutrition: a review. *Food Science & Nutrition* 7: 1911–1919. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1057>
- Saptarini NM, Herawati IE. 2018. Total phytosterol content in red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and peas (*Pisum sativum* L.) from Bandung, Indonesia. *Drug Invention Today*. 10: 1505–1507.
- Sartika RAD. 2008. Pengaruh asam lemak jenuh, tidak jenuh dan asam lemak trans terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 2(4): 154–160. <https://doi.org/10.21109/kesmas.v2i4.258>
- Schwingshagl L, Missbach B, Dias S, Konig J, Hoffman G. 2014. Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: a systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia*. 57(9): 1789–1797. <https://doi.org/10.1007/s00125-014-3303-z>
- Shi J, Arunasalam K, Yeung D, Kakuda Y, Mittal G, Jiang Y. 2004. Saponins from edible legumes: chemistry, processing, and health benefits. *Journal of Medicinal Food*. 7(1): 67–78. <https://doi.org/10.1089/109662004322984734>
- Shi J, Xue SJ, Ma Y, Li D, Kakuda Y, Lan Y. 2009. Kinetic study of saponins B stability in navy beans under different processing conditions. *Journal of Food Engineering*. 93(1): 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.035>
- Talreja T, Goswami A. 2016. Phytosterols production in *Moringa oleifera* in vitro cultures. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*. 4: 66–69.
- Trautwein EA, Duchateau GSMJE, Lin Y, Mel'nikov SM, Molhuizen HOF, Ntanios FY. Proposed mechanisms of cholesterol-lowering action of plant sterols. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 105(3–4): 171–185. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200390033>
- Yadav AK dan Singh SV. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 51(9): 1654–1673. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0659-2>
- Yamani MI, Tayeh SJ, Salhab AS. 1998. Aspects of microbiological and chemical quality of turmus, lupin seeds debittered by soaking in water. *Journal of Food Protection*. 61: 1480–1483. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0837-2>
- Yuanita L. 2006. The effect of pectic substances, hemicellulose, lignin and cellulose content to the percentage of bound iron by dietary fiber macromolecules: acidity and length boiling time variation. *Indonesian Journal of Chemistry*. 6(3): 332–337.
- Zhou X, Qian Y, Zhou Y, Zhang R. 2012. Effect of enzymatic extraction treatment on physicochemical properties, microstructure and nutrient composition of tartary buckwheat bran: a new source of antioxidant dietary fiber. *Advance Material Research*. 396–398: 2052–2059. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.396-398.2052>