

Ekstrak Lemak Sisa Biji Mangga (*Mangifera indica* L.) menggunakan Pengekstrakan Bendalir Lampau-genting dan Perbandingan Fizikokimianya dengan Lemak Koko (*Theobroma cacao* L.)

(Supercritical Fluid Extraction of Lipid from Mango (*Mangifera indica* L.) Seed Waste and Comparison of its Physicochemical Characteristics with Cocoa Butter (*Theobroma cacao* L.))

NORHELALIAH ISA, NOOR-SOFFALINA SOFIAN-SENG & WAN AIDA WAN MUSTAPHA*

ABSTRAK

Buah mangga boleh dimakan segar atau diproses menjadi jus dan jeruk tetapi hanya isi digunakan dan bijinya dibuang. Kajian terdahulu mendapati bahawa biji mangga mempunyai lemak seperti lemak koko. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan komposisi pemakanan dalam sisa biji jeruk mangga (SBJr) dan sisa biji jus mangga (SBJs); jumlah lemak antara SBJr dan SBJs melalui pengekstrakan bendalir lampau-genting (SFE); serta komposisi asid lemak dan takat lebur gelincir (SMP) terhadap lemak koko komersil (LK). Analisis proksimat menunjukkan bahawa SBJr dan SBJs mengandungi karbohidrat, lemak, protein, abu dan kelembapan. Pengekstrakan lemak SBJr dan SBJs menggunakan SFE (suhu 72 °C; tekanan 42.4 Mpa; 60 min; 4 mLmin⁻¹ CO₂) menunjukkan lemak SBJr lebih tinggi ($p < 0.05$) (6.4%) berbanding SBJs (3.37%). Lima jenis asid lemak ditemui dalam SBJr, SBJs dan LK iaitu asid palmitik, stearik, oleik, linoleik dan linolenik dengan kandungan (%) yang berbeza ($p < 0.05$) bagi semua sampel. SMP bagi lemak SBJr (34.2 °C) lebih tinggi ($p < 0.5$) diikuti oleh SBJs (32.17 °C) dan LK (30.27 °C). Walaupun ciri-ciri kimia lemak SBJr dan SBJs berbeza dengan LK, tetapi kedua-duanya berpotensi sebagai pengganti LK yang lebih baik kerana mengandungi asid lemak tak tepu yang lebih tinggi ($p < 0.05$) dan asid lemak tepu yang lebih rendah ($p < 0.05$) daripada LK. Penggunaan SBJr lebih praktikal kerana kandungan lemaknya tinggi dan SMP lemak ini sesuai dengan keadaan cuaca tropika.

Kata kunci: Lemak koko; lemak mangga; pengekstrakan bendalir lampau-genting; sisa biji mangga

ABSTRACT

Mango can be eaten fresh or processed into juice, and pickle but only the flesh is used and the seed discarded as waste. Some previous studies showed that the seed contained similar lipid as cocoa butter. The objective of this study was to determine the nutrients composition in mango pickle seed waste (SBJr) and mango juice seed waste (SBJs); total lipid between SBJr and SBJs by using supercritical fluid extraction (SFE); fatty acid composition and slip melting point (SMP) comparison with commercial cocoa butter (LK). Proximate analysis showed that SBJr and SBJr contained carbohydrate, fat, protein, ash, and moisture. Extraction of lipid from SBJr and SBJs by SFE (72 °C; 42.4 Mpa; 60 min; CO₂ (4 mLmin⁻¹)) showed that lipid in SBJr was higher ($p < 0.05$) (6.4%) as compared to SBJs (3.37%). Five types of fatty acids were found in SBJr, SBJs, and LK which were palmitic, stearic, oleic, linoleic, and linolenic acid with different ($p < 0.05$) percentage of each fatty acid for all samples. SMP of SBJr (34.2 °C) was the highest ($p < 0.5$) followed by SBJs (32.17 °C), and LK (30.27 °C). Although SBJr and SBJs showed different chemical characteristics with LK, however, both lipids have the potential to be a better LK replacer because they contained higher ($p < 0.05$) unsaturated fatty acids and lower ($p < 0.05$) saturated fatty acid than LK. The use of SBJr is more practical as it contains high lipids and the SMP is more tolerant of the tropical climate condition.

Keywords: Cocoa butter; mango fat; mango seed waste; supercritical fluid extraction

PENGENALAN

Buah mangga (*Mangifera indica* L.) merupakan buah tropika yang banyak ditanam di Malaysia. Mangga merupakan tanaman buah-buahan ke-lapan tertinggi dengan nilai keluasan 6,048.29 ha dan dijangka akan terus meningkat dengan peningkatan industri pemprosesan (Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia 2017). Industri pemprosesan buah mangga seperti jeruk dan jus dapat membangunkan ekonomi setempat. Namun, buah mangga menghasilkan sisa hasil pertanian yang tinggi. Sisa lebihan buah-buahan boleh menimbulkan masalah dalam komuniti kerana menghasilkan bau yang kurang menyenangkan (Kong et al. 2018). Biji buah mangga merupakan sisa pemprosesan yang terbesar daripada keseluruhan buah mangga iaitu hampir 40-50% daripada berat basah mengikut varieti (Fowomola 2010). Kajian telah menunjukkan bahawa biji buah mangga mempunyai potensi dalam pembangunan produk makanan. Biji buah mangga mengandungi sumber nutrien yang tinggi dengan karbohidrat diikuti oleh lemak, protein, vitamin, serta sebahagian unsur mineral dan juga antioksidan (Ashoush & Gadallah 2011). Naik dan Kumar (2014) pula mendapati bahawa lemak dalam biji buah mangga mempunyai ciri-ciri kimia yang hampir sama dengan lemak koko.

Lemak koko adalah sejenis lemak sayuran yang diperolehi daripada biji buah koko (*Theobroma cacao* L.). Biji buah koko pula mengandungi peratus kandungan lemak sayuran yang paling tinggi berbanding lemak sayuran yang lain iaitu sekitar 50-55% daripada keseluruhan biji koko (Rodriguez et al. 2014). Lemak ini merupakan bahan utama yang sangat penting dalam industri penghasilan coklat (Menezes 2016). Coklat pula mendapat harga yang tinggi di pasaran kerana mempunyai aroma yang menyelerakan, tekstur yang licin dan halus, rasa yang enak dan boleh mencair sepenuhnya di dalam mulut (Perez 2015). Menurut Guttierrez et al. (2013), lemak koko merupakan lipid yang terdiri daripada 98% trigliserida, 1% asid lemak bebas, 0.3-0.5% digliserida, 0.1% monogliserida, 0.2% sterol, 0.05-0.13% fosfolipid dan 15-350 ppm tokoferols. Asid lemaknya terdiri asid palmitik (24.4-26.7%), asid stearik (34.3-35.4%), asid oleik (37.7-38.1%) dan asid linolenik (1-2%). Komposisi kandungan asid lemak ini memberikan takat lebur gelincir sekitar 27-33 °C (Perez 2015). Walaupun biji koko mengandungi lemak yang tinggi, tetapi lemak koko merupakan lemak sayuran yang paling mahal di dunia (Kaphueakngam et al. 2009). Sehubungan itu, pelbagai alternatif telah dilakukan untuk mencari pengganti lemak koko. Selain daripada lemak biji mangga, lemak shea, lemak illipe, lemak sal, lemak kokum dan lemak sawit juga mempunyai potensi. Walau bagaimanapun, penghasilan lemak biji

mangga adalah paling murah kerana sumber bahan mentah boleh diperolehi daripada sisa industri pemprosesan. Di dalam biji buah mangga tersebut terdapat isirung yang mengandungi 13-15% lemak (Kittiphoom & Sutasinee 2013).

Lemak boleh diekstrak dengan pelbagai kaedah antaranya penggunaan alat tekanan (press), penggunaan pelarut organik dan penggunaan pengekstrakan bendalir lampau-genting (SFE) dengan gas karbon dioksida sebagai pelarut. Pelarut sangat penting dalam pengekstrakan kerana pelarut boleh mengeluarkan bahan organik dan sebatian bioaktif daripada sampel (Aziz et al. 2018). Bagi sampel yang rendah kandungan lemak (kurang 15%) seperti isirung mangga, penggunaan pelarut cecair organik dan penggunaan alat pengekstrakan bendalir lampau-genting adalah lebih sesuai. Penggunaan alat pengekstrakan bendalir lampau-genting adalah lebih mudah dan selamat, malah kuantiti minyak yang diperolehi daripada alat ini juga lebih tinggi dan rendah asid lemak bebas yang boleh mengurangkan pengoksidaan (Bernado-Gil et al. 2002).

Penyelidikan terhadap sisa biji mangga ini dapat mengurangkan pencemaran dan meningkatkan ekonomi bersumberkan sisa hasil pertanian (Fahimdanesh & Bahrami 2013). Sehingga kini, tiada kajian yang dijalankan terhadap lemak biji mangga, hasil daripada sisa industri jeruk. Di Malaysia, jeruk mangga merupakan makanan sampingan dan menjadi hidangan ketika hari perayaan. Dianggarkan bahawa ribuan tan sisa biji mangga diperolehi daripada industri pemprosesan jeruk pada setiap tahun. Sehubungan itu, kajian terhadap sisa biji jeruk mangga (SBJr) dijalankan bagi menentukan kandungan pemakanan di dalamnya melalui analisis proksimat. Sisa biji jus mangga (SBJs) pula dipilih sebagai perbandingan. Seterusnya, pengekstrakan lemak melalui pengekstrakan bendalir lampau-genting dijalankan bagi membandingkan jumlah lemak antara kedua-dua jenis sampel. Ekstrak lemak kemudiannya digunakan untuk analisis komposisi asid-asid lemak dan takat lebur gelincir dan dibandingkan dengan lemak koko komersil (LK) bagi menilai potensinya sebagai pengganti lemak koko.

BAHAN DAN KAEDAH

SAMPEL

Sisa biji buah mangga hasil daripada pemprosesan jeruk diperolehi daripada Syarikat Pak Ali Food Industries Sdn. Bhd. di kawasan perindustrian IKS Perda Tasik, Pulau Pinang, Mac, 2019. Proses penghasilan jeruk mangga di syarikat ini melibatkan pemeraman keseluruhan buah (termasuk kulit dan biji) di dalam air dengan ramuan

tertentu selama beberapa hari. Sisa biji mangga jeruk ini adalah daripada buah *Mangifera indica* L. varieti *Sala* yang hijau-matang. Sisa biji mangga jus pula diperoleh daripada Pusat Kecemerlangan Pertanian Bukit Bintang, Jabatan Pertanian Perlis, Mac 2019. Sisa biji mangga tersebut adalah daripada buah *Mangifera indica* L. varieti *Harumanis* yang masak ranum. Lemak koko diperoleh daripada Lembaga Koko Malaysia (LKM), Nilai, Negeri Sembilan, Mei 2019. Lemak koko ini digunakan untuk perbandingan komposisi asid lemak dan takat lebur gelincir.

PENYEDIAAN SAMPEL

Sisa biji mangga dibawa ke makmal dan dibasuh dengan bersih untuk memastikan tiada lagi sisa isi buah mangga yang melekat. Pembersihan ini penting supaya biji mangga tidak melekit apabila dipegang dan dapat dibuka dengan mudah. Pisau yang tajam digunakan untuk menghiris bahagian sisi bahu ventral biji mangga supaya tempurung biji mangga tersebut boleh dibuka dengan kedua-dua belah tangan bagi mengeluarkan isi di dalamnya. Isirung ini berwarna putih dan mempunyai lapisan seperti kertas berwarna coklat. Lapisan ini dibuang dan isirung dibasuh dengan bersih, dipotong tipis dan kecil bersaiz dadu, kemudiannya dikeringkan di dalam relau (Mammert Incubator Oven INB200) selama semalaman pada suhu sekitar 50-60 °C. Kepingan kecil isirung yang telah kering, dikisar sehingga menjadi serbuk dengan menggunakan alat pengisar kering (Waring 7010HG blender). Sampel yang telah menjadi serbuk disimpan di dalam bekas plastik kedap udara pada suhu kurang daripada 5 °C.

PENENTUAN PROKSIMAT KANDUNGAN KELEMBAPAN

Kandungan air ditentukan dengan kaedah pengeringan menggunakan relau mengikut AOAC (2002) dan Xiren dan Aminah (2017). Bekas aluminium dikeringkan selama satu jam di dalam relau pada suhu 105 °C dan kemudian disejukkan di dalam balang pengering. Sebanyak 5.0 g sampel ditimbang dalam bekas aluminium dan berat sampel dan bekas aluminium dicatatkan sebagai m2. Bekas aluminium berisi sampel kemudian dimasukkan ke dalam relau dan dikeringkan semalaman pada suhu 105 °C. Bekas aluminium disejukkan kemudian ditimbang dan dicatat sebagai m3.

Peratus kandungan kelembapan (%) = $(m2-m3) / mL \times 100\%$

KANDUNGAN ABU

Penentuan kandungan abu ditentukan dengan kaedah pengabuan menggunakan relau pembakar mengikut AOAC (2002). Mangkuk pijar silika dikeringkan di dalam relau pada suhu 105 °C selama satu jam. Kemudian mangkuk pijar tersebut disejukkan dalam balang pengering sebelum ditimbang. Sebanyak 5 g sampel ditimbang dalam mangkuk pijar silika. Berat mangkuk pijar silika dan sampel dicatatkan sebagai m2. Mangkuk pijar berisi sampel dibakar di atas pemanas elektrik di dalam kebuk wasap. Pembakaran dihentikan sehingga tiada lagi asap dihasilkan oleh sampel. Mangkuk pijar tersebut kemudian dimasukkan ke dalam relau pembakar. Pengabuan dilakukan pada suhu 550 °C selama semalaman. Hasil akhir adalah abu yang berwarna putih di dalam mangkuk pijar. Mangkuk pijar kemudiannya disejukkan di dalam balang pengering dan ditimbang. Berat abu beserta mangkuk pijar dicatatkan sebagai m3.

Kandungan abu (berat basah) (%) = $(m2-m3) / mL \times 100\%$

KANDUNGAN PROTEIN

Kandungan protein dalam setiap sampel ditentukan melalui kaedah Kjeldahl dengan menggunakan alat Kjeltac Sistem mengikut kaedah AOAC (2002). Ia penting dalam penentuan jumlah nitrogen yang terkandung dalam sampel. Penentuan protein kasar melibatkan tiga peringkat iaitu pencernaan, penyulingan dan penitratan.

% Protein (berat basah) = % N \times 6.25

KANDUNGAN LEMAK

Kandungan lemak ditentukan menggunakan kaedah soxhlet dengan pelarut n-heksana. Analisis dijalankan menggunakan alat Tecator Soxhlet System Model 1046 (Foss 2001). Sebanyak 1.0-2.0 g sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam kertas turas. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam kelongsong kertas dan dipasangkan ke dalam unit ekstraksi. Bekas ekstraksi dikeringkan dalam relau pada suhu 130 °C, disejukkan dalam kelalang pengering, ditimbang dan dicatatkan sebagai m2. Sebanyak 50 mL n-heksana dimasukkan ke dalam bekas ekstraksi dan suhu ditetapkan pada 140 °C. Paip air dibuka dan pemegang kelongsong dimasukkan ke dalam unit ekstraksi. Kelongsong diturunkan ke posisi didih dan dibiarkan selama 30 min. Kemudian kelongsong dinaikkan ke arah posisi pembilasan dan dibiarkan selama 45 min sebelum injap pengewapan dibuka selama 10 min. Setelah selesai, bekas ekstraksi dipindahkan, sisa pelarut

dibuang dan paip air ditutup. Bekas ekstraksi dikeringkan pada suhu 105 °C selama 30 min dan dibiarkan sejuk di dalam kelalang pengering. Bekas ekstraksi ditimbang dan dicatatkan sebagai m₃.

$$\text{Peratus kandungan lemak (\%)} = (m_3 - m_2) / \text{mL} \times 100$$

KANDUNGAN KARBOHIDRAT

Jumlah peratus kandungan karbohidrat ditentukan melalui kaedah perbezaan seperti yang dilaporkan oleh Onyeike et al. (1995). Kaedah ini melibatkan penambahan jumlah kandungan protein, lemak, kelembapan dan abu sampel dan ditolak dari 100%.

$$\text{Kandungan karbohidrat (\%)} = 100 - (\% \text{ kelembapan} + \% \text{ protein} + \% \text{ lemak} + \% \text{ abu})$$

PENGEKSTRAKAN LEMAK MENGGUNAKAN PENGEKSTRAKAN BENDALIR LAMPAU-GENTING

Proses pengekstrakan lemak isirung mangga dijalankan di *Supercritical Fluid Centre* (SFC), Fakulti Sains dan Teknologi Makanan, Universiti Putra Malaysia dengan menggunakan alat pengekstrakan bendalir lampau-genting (SCFE-lab scale plant-deven supercriticals Pvt. Ltd., India). Sebanyak 30 g sampel dimasukkan ke dalam vesel yang diperbuat daripada keluli tahan karat dan ditutup rapat. Vesel tersebut kemudiannya disambungkan kepada saluran gas karbon dioksida yang berbentuk kapilari kolum. Skru penyambung vesel dan saluran gas diputar dengan kemas dan ketat sebelum pintu pengekstrakan cecair superkritikal ditutup rapat. Aliran gas karbon dioksida dibuka dan diselaraskan pada kadar 4 mLmin⁻¹. Seterusnya suhu ditetapkan pada 72 °C, tekanan pada 42.4 Mpa/6121 psi dan tempoh masa selama 60 min (Jahurul et al. 2014) dengan sedikit pengubahsuaian. Botol kaca yang telah diambil bacaan berat, disambungkan pada saluran hasil ekstrak yang terdapat pada sisi luar alat tersebut. Setelah suhu dan tekanan yang diperlukan tertera pada skrin, suis operasi ditekan untuk proses pengekstrakan. Pengiraan peratus hasil ekstrak adalah berdasarkan Abadi et al. (2014) seperti berikut:

$$\text{Hasil ekstrak} = (\text{berat botol kaca berisi ekstrak} - \text{berat botol kaca kosong})$$

$$\% \text{ kandungan hasil ekstrak} = \text{hasil ekstrak} / \text{berat sampel} \times 100$$

PENENTUAN KOMPOSISI ASID LEMAK

Komposisi asid lemak ditentukan menggunakan kromatografi gas jisim spektrofotometri (GC-MS) dengan kolum kapilari silica polar HP-5 (0.32 mm i.d. × 30 panjang, 0.25 mm filem ketebalan) berdasarkan kaedah PORIM (1995) dengan sedikit pengubahsuaian daripada Japir et al. (2017). Sampel lemak diubah ke dalam bentuk asid lemak metil ester (FAME). FAME disediakan dengan memasukkan 0.1 g sampel lemak ke dalam vial dan dilarutkan dengan 1.0 mL pelarut heksana, diikuti dengan larutan 1.0 mL sodium metoksida. Sampel digoncang kuat dengan vorteks selama lebih kurang 10 s dan dibiarkan selama 10 min sehingga dua lapisan terbentuk. Lapisan bawah adalah gliserol dan komponen asid lemak yang tidak mengalami metilasi manakala lapisan atas adalah lapisan FAME. FAME dapat dikeluarkan dengan menggunakan mikropipet secara berhati-hati supaya tidak bercampur dengan lapisan bawah. FAME kemudiannya disuntik ke dalam alat GC-MS sebanyak 0.05 mg dan akan melalui sistem pengesan pengionan nyala (FID) serta alat intergrasi (C-R6A. Chromatopac). Suhu bagi relau ditetapkan pada 40 °C selama 5 min pada permulaan, kemudian dipertingkatkan pada kadar 20 °C per min sehingga suhu mencapai 220 °C dan dikekalkan selama 20 min. Suhu bagi penyuntik dan pengesan adalah 250 dan 270 °C. Profil asid lemak ditentukan melalui puncak asid lemak terbitan metil ester dengan masa penahanan berbeza.

PENENTUAN TAKAT LEBUR GELINCIR

Takat lebur gelincir ditentukan menggunakan kaedah PORIM (1995). Sampel disediakan melalui tiub kapilari yang telah dimasukkan minyak setinggi 10 mm. Seterusnya, sampel tersebut disejukkan dengan memegang hujung akhir tiub dan memutar tiub tersebut melalui ais sehingga sampel lemak tersebut menjadi pepejal. Tiub tersebut disejukkan di dalam kukus air pada suhu 10 + 1 °C selama 1 jam. Selepas itu, tiub akan dipanaskan dalam kukus air dengan kadar 1 °C per min dan menurun kepada 0.5 °C per minit apabila takat lebur gelincir hampir tercapai. Suhu pada kukus air dimulakan pada 8-10 °C iaitu lebih rendah daripada jangkaan takat lebur gelincir bagi sampel. Pemanasan diteruskan sehingga kolum lemak mula menaik. Suhu kolum menaik dicatatkan dan ini merupakan takat lebur gelincir.

ANALISIS STATISTIK

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 15.0. Perbandingan min parameter yang dikaji

dilakukan dengan menggunakan analisis varian satu hala (ANOVA) dengan nilai $p < 0.05$ dianggap signifikan. Nilai yang signifikan diuji dengan T-test atau Duncan Multiple Range Test (DMRT).

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

ANALISIS PROKSIMAT

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahawa sampel serbuk SBJr dan SBJs mengandungi unsur karbohidrat, lemak, protein, kelembapan dan abu (Jadual 1). Unsur karbohidrat mendominasi kedua-dua sampel dengan nilai 70-78.85%. Ini menunjukkan bahawa isirung sisa biji mangga mempunyai kandungan sumber tenaga yang tinggi. Nilai karbohidrat ini selari dengan penemuan Orijajogun et al. (2014), Mutua et al. (2017) dan Gumte et al. (2018) dengan nilai masing-masing 76.14, 74.18 dan 70.69%. Walau bagaimanapun, kandungan karbohidrat, protein dan kelembapan tidak menunjukkan perbezaan bererti ($p < 0.05$) antara SBJr dan SBJs. Kandungan kelembapan SBJr dan SBJs (12.03-12.86%) agak tinggi berbanding kelembapan varieti Egypt iaitu 6.05% (Sahar 2018) tetapi agak selari dengan kandungan kelembapan dari varieti Indo-China (Okpala & Gibson-Umeh 2013) dengan nilai 10.36%. Kelembapan yang tinggi boleh mengundang pertumbuhan mikrob dan mempercepatkan kerosakan produk (Gunawan 2013). Walau bagaimanapun, terdapat kajian menunjukkan bahawa kelembapan yang tinggi pada produk lemak boleh merendahkan kandungan lemak dalam coklat (Norton et al. 2009).

Terdapat perbezaan bererti ($p < 0.05$) bagi lemak antara sampel SBJr dan SBJs. Kandungan lemak dalam sampel SBJr (6.97%) adalah lebih tinggi berbanding sampel SBJs (4.15%). Peratus lemak ini agak rendah berbanding kajian terdahulu iaitu 13.6% (Odunsi 2005), 13.3% (Nzikou et al. 2010) dan 8.15% (Ashoush & Gadallah 2011). Walau bagaimanapun, peratus lemak yang diperoleh dalam kajian ini menghampiri dengan penemuan Dhingra dan Kapoor (1985) dan Changso (2008) dengan nilai masing-masing 6.98 dan 4.92%. Perbezaan kandungan lemak ini boleh disebabkan oleh banyak faktor seperti perbezaan varieti, indeks kematangan, masa penuaian, keadaan cuaca penanaman, kaedah pengekstrakan dan tempoh pengekstrakan.

Kandungan abu di dalam sesuatu sampel menunjukkan jumlah kandungan mineral yang terdapat dalam sesuatu bahan (Gumte et al. 2018; Olagunju 2013). Kandungan abu dalam sampel SBJr (10%) adalah lebih tinggi secara signifikan ($p < 0.05$) berbanding SBJs (2.98%). Ini menunjukkan bahawa SBJr kaya dengan sumber

mineral. Unsur mineral yang paling banyak ditemui dalam biji mangga adalah kalium, diikuti oleh magnesium, kalsium, ferum, kuprum, zink dan natrium (Yatnatti et al. 2014). Unsur mineral adalah perlu bagi memastikan organ-organ dan sistem dalam badan dapat berfungsi dengan baik (Made & Andreas 2010).

EKSTRAK LEMAK MENGGUNAKAN ALAT PENGEKSTRAKAN BENDALIR LAMPAU-GENTING

CIRI-CIRI FIZIKAL HASIL EKSTRAK

Hasil ekstrak yang diperoleh daripada kedua-dua serbuk sampel SBJr dan SBJs adalah dalam bentuk cecair. Cecair ini bertekstur licin dan sedikit melekit. Hasil ekstrak berbentuk cecair kerana suhu pengekstrakan ditetapkan pada 72 °C. Menurut Chemat (2017), lemak akan cair menjadi minyak pada suhu tinggi dan akan membeku semula pada suhu bilik (24-25 °C). Minyak yang terhasil ini berbau lembut seperti bau kekacang, berwarna kuning cair/pucat dan kelihatan jernih seperti minyak kanola, minyak bunga matahari atau minyak jagung seperti yang terdapat di pasaran. Ciri-ciri fizikal semula jadi ini tidak memerlukan sebarang proses penulenan yang melibatkan kos untuk tujuan pemasaran; seperti minyak kelapa sawit yang asalnya berwarna merah dan berbau kuat serta perlu melalui beberapa proses penulenan (pengasingan komponen yang tidak diperlukan, pelunturan warna dan penyahbauan) (Nadeem et al. 2016). Cecair yang diperoleh ini kemudiannya beransur-ansur menjadi pekat dan menjadi pepejal apabila dibiarkan pada suhu bilik. Pepejal yang bertekstur licin dan lembut ini dipanggil lemak dan berwarna kuning pucat, sama seperti warna lemak koko. Ciri-ciri fizikal lemak SBJr dan SBJs yang boleh kekal dalam bentuk pepejal secara semula jadi pada suhu bilik ini, menunjukkan bahawa lemak ini boleh dijadikan produk pejal seperti marjerin atau mentega tanpa perlu melalui proses penghidrogenan.

ANALISIS HASIL EKSTRAK

Jadual 2 menunjukkan hasil ekstrak lemak daripada SBJr dan SBJs. Terdapat perbezaan yang bererti ($p < 0.05$) antara kuantiti hasil ekstrak lemak SBJr dan SBJs iaitu SBJr mempunyai hasil lemak yang lebih tinggi (1.92 g atau 6.4%) berbanding SBJs (1.01 g atau 3.37%). Lemak SBJr hampir dua kali ganda lebih tinggi daripada SBJs. Walau bagaimanapun, lemak SBJs didapati lebih rendah berbanding lemak sisa biji harumanis yang diperoleh oleh Jahurul et al. (2014) iaitu 8.1%. Walaupun menggunakan tekanan dan suhu yang sama (42.2 Mpa

dan 72 °C), tetapi hasil yang lebih tinggi ini mungkin disebabkan oleh kadar pengekstrakan yang lebih lama (300 min) berbanding kajian ini (60 min). SBJr merupakan sisa biji daripada buah muda yang matang manakala SBJs merupakan sisa biji daripada buah yang masak ranum. SBJr mengalami proses penjerukan sebelum dibuang manakala SBJs tidak mengalami sebarang proses. Kedua-dua sisa biji mangga ini juga daripada varieti buah yang berbeza. Perbezaan keadaan sisa biji dan jenis varieti mangga ini mungkin mempengaruhi perbezaan terhadap jumlah kandungan lemak.

ANALISIS KOMPOSISI ASID LEMAK

Jenis-jenis asid lemak dan peratus kandungannya dapat dilihat dalam Jadual 3. Terdapat dua kategori asid lemak yang ditemui dalam lemak SBJr, SBJs dan LK iaitu asid lemak tepu (tiada ikatan ganda dua) dan asid lemak tak tepu (mempunyai satu atau lebih ikatan ganda dua). Asid lemak tepu yang ditemui dalam semua sampel lemak adalah asid palmitik (C16:0) dan asid stearik (C18:0) manakala asid lemak tak tepu yang ditemui adalah asid oleik (C18:1), asid linoleik (C18:2) dan asid linolenik (C18:3). Jadual tersebut juga menunjukkan bahawa semua kandungan asid adalah berbeza secara bererti ($p < 0.05$).

Berdasarkan analisis kromatografi, keputusan menunjukkan bahawa jenis-jenis asid lemak yang ditemui dalam SBJr dan SBJs, turut ditemui dalam LK tetapi pada kadar peratus yang berbeza ($p < 0.05$). Bagi kandungan asid lemak tepu, didapati LK mempunyai kandungan asid palmitik (C16:0) yang tertinggi (25.82%) diikuti oleh SBJs (7.68%) dan SBJr (6.29%). Kandungan asid stearik (C18:0) pula didapati paling tinggi dalam SBJr (43.97%) diikuti oleh SBJs (38.69%) dan LK (39.3%). Kandungan asid lemak tepu yang tinggi di dalam sesuatu produk boleh meningkatkan kolesterol dalam badan, tetapi asid lemak tepu berantai karbon sederhana (C6-C10) dan asid stearik (C18:0) adalah terkecuali kerana asid ini memberi kesan neutral terhadap lipid darah dan lipoprotein (O'Brien 2008). Ini menunjukkan bahawa kandungan lemak tepu dalam SBJr dan SBJs tidak memberikan kesan negatif kepada tubuh, berbanding kandungan asid lemak tepu (asid palmitik) yang tinggi dalam LK.

Bagi kandungan asid lemak tak tepu, asid oleik (C18:1); asid linoleik (C18:2) dan asid linolenik (C18:3) didapati paling tinggi dalam SBJs dengan nilai masing-masing (43.65%; 8.19%; 2.23%) diikuti oleh SBJr (39.22%; 7.07%; 1.15%) dan LK (30.12%; 3.16%; 0.20%). Asid oleik merupakan asid lemak monotaktepu

(mempunyai satu ikatan ganda dua) manakala asid linoleik dan linolenik adalah asid lemak politaktepu (mempunyai lebih daripada satu ikatan ganda dua).

Kandungan asid oleik yang tinggi dalam sesuatu lemak menunjukkan bahawa lemak tersebut adalah sangat stabil, kerana asid oleik merupakan asid lemak monotaktepu yang tidak mudah teroksidasi berbanding asid lemak politaktepu dan asid lemak tepu (Mas'ud et al. 2018). Pengoksidaan boleh menjejaskan kandungan nutrisi sesuatu produk, memberikan rasa yang tidak enak dan bau yang tengik (Torres-Leon et al. 2016).

Asid linoleik (C18:2) dan asid linolenik (C18:3) pula masing-masing dikenali sebagai Omega-6 ($n-6$) dan Omega-3 ($n-3$) (Deckere et al. 1998; Grumecescu & Holban 2017). Kedua-duanya sangat penting dan perlu diambil daripada diet pemakanan harian kerana asid-asid lemak tersebut tidak dapat disintesis sendiri oleh tubuh (Jahurul et al. 2013). Omega-3 telah dikenal pasti sebagai bahan nutrisi yang mempunyai potensi untuk merencat keadaan yang berkaitan dengan proses penuaan (Rosney et al. 2018). Asid-asid yang tidak dapat disintesis oleh tubuh ini juga dikenali sebagai asid lemak perlu (EFA). Kehadiran asid linoleik (C18:2) dan linolenik (C18:3) yang tinggi dalam lemak SBJr dan SBJs ini menunjukkan bahawa lemak SBJr dan SBJs dapat memberi lebih manfaat kepada sistem tubuh berbanding LK. Asid linoleik (C18:2) juga penting dalam kestabilan sesuatu lemak atau minyak berdasarkan kepada kebolehan reaksi kimia yang berlaku pada ikatan ganda duanya. Asid ini juga penting dalam proses penghidrogenan minyak untuk memastikan sesuatu lemak kekal berada dalam bentuk pepejal pada suhu bilik (Kittiphoom & Sutasinee 2013).

Penemuan jenis asid-asid lemak dalam lemak SBJr dan SBJs yang terdapat dalam Jadual 3 ini selari dengan penemuan Abdalla et al. (2007) dan Solís-Fuentes dan Durán-de-Bazúa (2011) dalam kajian profil lemak terhadap beberapa varieti mangga. Walau bagaimanapun, Mas'ud et al. (2018) mendapati banyak lagi jenis-jenis asid lemak lain yang dapat dikesan dalam biji *Mangifera indica* L. varieti Harumanis. Asid lemak tersebut adalah asid valerik (C5:0), asid laurik (C12:0), asid palmitoleik (C16:1), asid margarik/heptadekanoik (C17:0), asid arakidik (C20:0), asid behenik (C22:0) dan asid trikosanoik (C23:0). Selain daripada asid-asid lemak tersebut, Jahurul et al. (2014) pula menemui asid pentadekanoik (C15:0) dan asid 11-eikosanoik (C20:1) dalam biji *Mangifera indica* L. varieti Harumanis, Epal, Sala, Lili Air, Chok Anan dan Gajah tetapi tidak menemui asid valerik (C5:0) dan asid laurik (C12:0) seperti yang

ditemui oleh Mas'ud et al. (2018). Perbezaan penemuan jenis-jenis asid lemak yang lain ini mungkin disebabkan oleh perbezaan varieti mangga, jenis tanah dan faktor cuaca.

Jadual 3 juga menunjukkan julat peratusan asid lemak yang ditemui oleh Gunstone (2011) dalam lemak koko. Didapati semua nilai peratus kandungan asid-asid lemak yang terdapat dalam lemak koko komersil adalah berada dalam julat peratus yang ditemui oleh Gunstone (2011) kecuali asid linoleik (C18:0). Walau bagaimanapun, didapati semua peratus asid lemak yang ditemui dalam lemak SBJr dan SBJs tidak berada pada julat tersebut kecuali asid stearik (C18:0) dalam lemak SBJs. Ini menunjukkan bahawa lemak SBJs mempunyai persamaan dengan lemak koko dari segi kandungan asid stearik (C18:0).

ANALISIS TAKAT LEBUR GELINCIR

Analisis takat lebur gelincir (SMP) menunjukkan pada suhu berapakah sesuatu lemak itu mula mencair sepenuhnya. Takat lebur gelincir merupakan ciri fizikokimia yang sangat penting bagi mengetahui lemak yang manakah paling sesuai untuk dijadikan sebagai pengganti lemak koko kerana lemak koko boleh terus mencair di dalam mulut. Jadual 4 menunjukkan bahawa takat lebur gelincir bagi ketiga-tiga jenis lemak (SBJr, SBJs dan LK)

adalah berbeza pada $p < 0.05$. Suhu takat lebur gelincir lemak SBJr adalah paling tinggi (34.2 °C) diikuti oleh SBJs (32.17 °C) dan LK (30.27 °C). Menurut Perez (2015), takat lebur gelincir bagi lemak koko adalah pada julat 27-33 °C. Ini menunjukkan bahawa takat lebur gelincir bagi lemak SBJs (32.17 °C) adalah paling hampir dengan takat lebur gelincir LK (30.27 °C) kerana suhu ini berada dalam julat suhu kajian terdahulu.

Suhu takat lebur gelincir SBJs ini bertepatan dengan kajian Mas'ud et al. (2018) yang mendapati bahawa suhu takat lebur gelincir sisa biji mangga Harumanis adalah pada 32 °C. Takat lebur gelincir yang tinggi pada SBJr (34.2 °C) dan tidak berada pada julat takat lebur gelincir LK ini, boleh disebabkan oleh kehadiran asid lemak tepu berantai panjang (Fauzi et al. 2013). Ini dapat dibuktikan dengan jumlah peratus asid lemak tepu berantai panjang (C16:0 dan C18:0) bagi lemak SBJr adalah lebih tinggi (50.26%) berbanding SBJs (46.37%) seperti yang terdapat pada Jadual 3 sebelum ini. Takat lebur gelincir juga menentukan suhu penyimpanan (Akhter et al. 2016). Semakin rendah suhu takat lebur gelincir, semakin rendah suhu penyimpanan yang diperlukan. Suhu penyimpanan sangat penting kerana cuaca di zon tropika dan subtropika yang mempunyai suhu antara 30-38 °C; boleh menyebabkan coklat daripada lemak koko tulen, cair sebelum penggunaan (Stortz & Marangoni 2011).

JADUAL 1. Perbandingan komposisi proksimat antara lemak sisa biji jeruk mangga (SBJr) dan lemak sisa biji jeruk mangga (SBJs)

Parameter (%)	SBJr	SBJs
Karbohidrat	70.00 ± 0.168 ^a	78.85 ± 0.289 ^a
Lemak	6.97 ± 0.333 ^a	4.15 ± 0.068 ^b
Protein	1.00 ± 0.013 ^a	1.16 ± 0.142 ^a
Kelembapan	12.03 ± 0.063 ^a	12.86 ± 0.043 ^a
Abu	10.00 ± 0.115 ^a	2.98 ± 0.341 ^b

^{a&b} abjad yang berbeza pada baris yang sama menunjukkan ada perbezaan secara bererti ($p < 0.05$)

JADUAL 2. Jumlah lemak (g) dan kandungan lemak (%) bagi sisa biji jeruk mangga (SBJr) dan sisa biji jus mangga (SBJs)

Jenis sisa biji mangga	Jumlah lemak (g)	Peratus kandungan lemak (%)
SBJr	1.92 ± 0.006 ^a	6.4
SBJs	1.01 ± 0.003 ^b	3.37

^{a,b} abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan ada perbezaan secara bererti ($p < 0.05$)

JADUAL 3. Perbandingan komposisi lemak antara lemak sisa biji jeruk mangga (SBJr) dan lemak sisa biji jus mangga (SBJs) dan lemak koko (LK)

Jenis asid lemak (%)	SBJr	SBJs	LK (komersil)	LK (Gunstone 2011)
Asid lemak tepu				
Palmitik (C16:0)	6.29 ± 0.04 ^c	7.68 ± 0.18 ^b	25.82 ± 0.29 ^a	24.5-33.7
Stearik (C18:0)	43.97 ± 0.12 ^a	38.69 ± 0.39 ^b	39.30 ± 0.28 ^c	33.7-40.2
Asid lemak tak tepu				
Oleik (C18:1)	39.22 ± 0.20 ^b	43.65 ± 0.43 ^a	30.12 ± 0.14 ^c	26.3-35.0
Linoleik (C18:2)	7.07 ± 0.07 ^b	8.19 ± 0.20 ^a	3.16 ± 0.22 ^c	1.7-3.0
Linolenik (C18:3)	1.15 ± 0.06 ^b	2.23 ± 0.28 ^a	0.201 ± 0.02 ^c	0.0-1.0
Lain-lain	1.88 ± 0.04 ^b	1.70 ± 0.14 ^a	0.28 ± 0.01 ^c	1.60

^{a, b & c} abjad yang berbeza pada baris yang sama menunjukkan ada perbezaan secara bererti ($p < 0.05$)

JADUAL 4. Perbandingan takat lebur gelincir antara lemak sisa biji jeruk mangga (SBJr), sisa biji jus mangga (SBJs) dan lemak koko (LK)

Sampel lemak	Takat lebur (T_m ; °C)
SBJr	34.2 ± 0.058 ^a
SBJs	32.17 ± 0.067 ^b
LK	30.27 ± 0.233 ^c

Nilai purata diukur dalam tiga bacaan (n=3)

^{a, b & c} abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan ada perbezaan secara bererti (p<0.05)

KESIMPULAN

Kedua-dua jenis sisa biji mangga (SBJr dan SBJs) mempunyai potensi sebagai pengganti lemak koko kerana mempunyai ciri fizikal (bentuk yang sama) dengan lemak koko. Walaupun banyak ciri-ciri kimia dalam lemak SBJr dan SBJs yang tidak sama dengan lemak koko, tetapi lemak SBJr dan SBJs berpotensi untuk menjadi pengganti lemak koko yang lebih baik kerana kedua-dua lemak ini mengandungi banyak asid lemak tidak tepu yang penting dalam tubuh dan rendah kandungan asid lemak tepu yang boleh membahayakan kesihatan, berbanding lemak koko. Oleh kerana sumber SBJr lebih mudah diperolehi daripada industri pembuatan jeruk malah dapat menghasilkan ekstrak lemak yang tinggi, maka penggunaan SBJr dalam penghasilan lemak biji mangga adalah lebih praktikal. Suhu takat lebur gelincirnya yang lebih tinggi pula sesuai dengan keadaan cuaca tropika yang panas, kerana ia tidak mudah cair. Walau bagaimanapun, penggunaan lemak SBJr dalam formulasi pembuatan coklat perlu dijalankan bagi mengetahui ciri-ciri fizikokimia dalam coklat dan penerimaan pengguna.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Ketua Pengarah Jabatan Pertanian Malaysia kerana memberi peluang kepada penulis untuk melanjutkan pelajaran. Terima kasih juga kepada semua warga kerja dan rakan-rakan pelajar di Jabatan Sains Makanan, Fakulti Sains & Teknologi, UKM, kerana memberi fasiliti

dan tunjuk ajar dalam menjayakan kajian ini. Tidak lupa juga kepada Jabatan Pertanian Negeri Perlis dan Syarikat Jeruk Madu Pak Ali, Pulau Pinang, yang sudi membekalkan sampel kajian.

RUJUKAN

- Abadi, F.Z.K., Abolhasan, A. & Amir, H. 2014. Evaluation and estimation of mass transfer parameters influencing salmon liver oil extraction. *Indian Journal Natural Science* 5(2): 2083-2089.
- Abdalla, A.E.M., Darwish, S.M., Ayad, E.H.E. & El-Hamahmy, R.M. 2007. Egyptian mango by-product 1: Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry* 103(4): 1134-1140.
- Akhter, S., McDonald, M.A. & Marriott, R. 2016. *Mangifera sylvatica* (wild mango): A new cocoa butter alternative. *Scientific Reports* 6(1): 1-9.
- AOAC. 2002. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemist.
- Ashoush, A. & Gadallah, A. 2011. Utilization of mango peels and seed kernels powder as sources of phytochemicals in biscuits. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 6(1): 35-42.
- Aziz, N.S., Noor-Soffalina, S.S. & Wan Aida, W.M. 2018. Functional properties of oleoresin extracted from white pepper (*Piper nigrum* L.) retting water. *Sains Malaysiana* 47(9): 2009-2015.
- Bernado-Gill, M.G., Grenha, J., Santos, J. & Cardoso, P. 2002. Supercritical fluid extraction and characterizations of oil from hazelnut. *European Journal of Lipid Science and Technology* 104(7): 402-409.

- Changso, C. 2008. Study of extraction process, chemical and physical properties of mango seed almond fat cv. Keaw. Msc Thesis. Silpakorn University (Unpublished).
- Chemat, S. 2017. *Edible Oils: Extraction, Processing and Applications*. New York: CRC Press.
- Deckere, E., Korver, O., Verschuren, P.M. & Katen, M.B. 1998. Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and animal origin. *European Journal Clinical Nutrition* 52: 749-753.
- Dhingra, S. & Kapoor, A.C. 1985. Nutritive value of mango seed kernel. *Journal of Science of Food & Agriculture* 36(8): 752-756.
- Fahimdanesh, M. & Bahrami, M.E. 2013. Evaluation of physicochemical properties of Iranian mango seed kernel oil. In *2nd International Conference on Nutritional and Food Sciences*. IACSIT Press.
- Fauzi, S.H.M., Rashid, N.A. & Omar, Z. 2013. Effects of enzymatic interesterification on the physicochemical, polymorphism and textural properties of palm stearin, palm kernel oil and soy bean oil blends. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics* 3(4): 398-403.
- Foss. 2001. *Soxtec1047 System Hydrolyzing Unit User Manual*. 10003315/Rev.2.2:6-10. Höganäs.
- Fowomola, M.A. 2010. Some nutrients and antinutrient contents of mango (*Mangifera indica* L.) seed. *African Journal of Food Science* 4(8): 472-476.
- Grumeczeszu, A.M. & Holban, A.M. 2017. *Food Biosynthesis. Vol. 1. Handbook of Food Bioengineering*. United Kingdom: Academic Press.
- Gumte, S.V., Taur, A.T., Sawate, A.R. & Thorat, P.P. 2018. Effect of processing on proximate and phytochemical content of mango (*Mangifera indica*) kernel. *International Journal of Chemical Studies* 6(2): 3728-3733.
- Gunawan, S., Darmwan, R., Nanda, M., Setiawan, A.D. & Fansuri, H. 2013. Proximate composition of xylocarpus moluccensis seeds and their oils. *Industrial Crops and Products* 41(2013): 107-112.
- Gunstone, F.D. 2011. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. 2nd edition. Boca Raton, FL: Academic Press.
- Gutierrez, R.H., Lares, M., Perez, E.E. & Alvarez, C. 2013. Effect of roasting on the fatty acid profile of cocoa butter that was extracted by two methods, from barlovento, Venezuela. *Acta Horticulturae* 1016: 119-123.
- Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia 2017. *Laporan Perangkaan, Pengeluaran Tanaman Buah-buahan di Malaysia*.
- Jahurul, M.H.A., Norulaini, N., Sahena, N., Jaffri, F. & Mohd Omar, A.K. 2014. Supercritical carbon dioxide extraction and studies of mango seed kernel for cocoa butter analogy fats. *CyTa-Journal of Food* 12(1): 97-103.
- Jahurul, M.H.A., Norulaini, N., Zaidul, I.S.M., Jinap, S., Sahena, N. & Mohd Omar, A.K. 2013. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition and characteristics. *Journal Food Engineering* 117(4): 467-476.
- Japir, A.A.W., Salimon, J., Derawi, D., Bahadi, M., Al-Shuja'a, S. & Yusop, M.R. 2017. Physicochemical characteristics of high free fatty acid crude palm oil. *Ocl* 24(5): D506.
- Kaphueakngam, P., Flood, A. & Sonwai, S. 2009. Production of cocoa butter equivalent from mango seed almond fat and palm oil mid-fraction. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 2(04): 441-447.
- Kittiphoom, S. & Sutasinee, S. 2013. Mango seed kernel oil and its physicochemical properties. *Food Research Journals* 20(3): 1145-1149.
- Kong, F.C., Noranizan, M.A., Roselina, K., Yaya, R. & Hasanah, M.G. 2018. Selected physicochemical properties of registered clones and wild types rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruits and their potentials in food products. *Sains Malaysiana* 47(7): 1483-1490.
- Made, A. & Andreas, L.K. 2010. *Khasiat Makanan Segar*. Selangor: Synergy Media.
- Mas'ud, F., Mahendradatta, M., Laga, A. & Zainal, Z. 2018. Physicochemical properties and fatty acid composition of mango seed kernel oil. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 7(1): 361-369.
- Menezes, A.G.T., Batista, N.N., Ramos, C.L., e Silva, A.R.D.A., Efraim, P., Pinheiro, A.C.M. & Schwan, R.F. 2016. Investigation of chocolate produced from four different Brazilian varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) inoculated with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Research International* 81: 83-90.
- Mutua, J.K., Imathiu, S. & Owino, W. 2017. Evaluation of the proximate composition, antioxidant potential and antimicrobial activity of mango seed kernel extracts. *Food Science & Nutrition* 5(2): 349-357.
- Nadeem, M., Imran, M. & Khaliq, A. 2016. Promising features of mango (*Mangifera indica* L.) kernel oil: A review. *Journal of Food Science Technology* 53(5): 2185-2195.
- Naik, B. & Kumar, V. 2014. Cocoa butter and its alternatives: A review. *Journal of Bioresource Engineering and Technology* 2(1): 1-11.
- Norton, J.E., Fryer, P.J., Parkinson, J. & Cox, P.W. 2009. Development and characterization of tempered cocoa butter emulsions containing up to 60% water. *Journal of Food Engineering* 95(1): 172-178.
- Nzikou, J.M., Kimbonguila, A., Matos, L., Loumouamou, B., Pambou-Tobi, N.P.G., Ndangui, C.B., Abena, A.A., Silou, T.S.J. & Desobry, S. 2010. Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica*). *Research Journal of Environment and Earth Sciences* 2(1): 31-35.
- O'Brien, R.D. 2008. *Fats and Oil: Formulating and Processing for Application*. Edisi ke tiga. Boca Raton: CRC Press.
- Odunsi, A.A. 2005. Response of laying hens and growing broilers to the dietary inclusion of mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel meal. *Tropical Animal Health and Production* 37(2): 139-150.

- Okpala, L.C. & Gibson-Umeh, G.I. 2013. Physicochemical properties of mango seed flour. *Nigerian Food Journal* 31(1): 23-27.
- Olagunju, E.O. 2013. Extraction and characterization of vegetable oil from mango seed, *Mangifera indica*. *IOSR Journal of Applied Chemistry* 5(3): 6-8.
- Onyeike, E.N., Olungwe, T. & Uwakwe, A.A. 1995. Effect of heat treatment and defatting on the proximate composition of some Nigerian local soup thickeners. *Food Chemistry* 53(2): 173-175.
- Orijajogun, O.J., Batari, M.L. & Aguzu, C.O. 2014. Chemical composition and phytochemical properties of mango (*Mangifera indica*) seed kernel. *International Journal of Advanced Chemistry* 2(2): 185-187.
- PORIM. 1995. *PORIM Test Methods. Methods of Test for Palm Oil and Palm Oil Products*. Bangi: Palm Oil Research Institute of Malaysia.
- Perez, E.S. 2015. *Chocolate. Cocoa Byproducts Technology, Rheology, Styling and Nutrition*. New York: Nova Publishers.
- Rodriguez, O., Ortuno, C., Simal, S., Benedito, J., Femenia, A. & Rosello, C. 2014. Acoustically assisted supercritical carbon dioxide extraction of cocoa butter: Effects of kinetics and quality. *Journal Supercritical Fluid* 94: 30-37.
- Rosney, N., Haron, H., Salleh, M. & Shahar, S. 2018. Comparison of fatty acid profiles between successful and usual aging elderly. *Sains Malaysiana* 47(8): 1819-1826.
- Sahar, A.A. 2018. Physico chemical characteristics of mango kernel oil and meal. *Middle East Journal of Applied Sciences* 8(1): 1-6.
- Solís-Fuentes, J.A. & del Carmen Durán-de-Bazúa, M. 2011. Mango (*Mangifera indica* L.) seed and its fats. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, edited by Preedy, V.R., Watson, R.R. & Patel, V.B. Chapter 88. San Diego: Academic Press. pp. 741-748.
- Stortz, T.A. & Marangoni, A.G. 2011. Heat resistant chocolate. *Trends in Food Science Technology* 22(5): 201-214.
- Torres-Leon, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J.C., Serna-Cock, L., Belmeares-Cerda, R.E. & Aguilar, C.N. 2016. Mango Seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology* 55: 109-117.
- Xiren, G.K. & Aminah, A. 2017. Proximate composition and total amino acid composition of *Kappaphycus alvarezii* found in the waters of Langkawi and Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal* 24(3): 1255-1260.
- Yatnatti, S., Vijayalakshmi, D. & Chandru, R. 2014. Processing and nutritive value of mango seed kernel flour. *Current Research in Nutrition and Food Science* 2(3): 170-175.
- Norhelaliah Isa
Jabatan Pertanian
Wisma Tani, Blok 4G2, Presint 4
Kompleks Pentadbiran Kerajaan Persekutuan
62624 Putrajaya, Wilayah Persekutuan
Malaysia
- Noor Soffalina Sofian-Seng & Wan Aida Wan Mustapha*
Jabatan Sains Makanan
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan
Malaysia
- *Pengarang untuk surat-menyurat; email: wanaidawm@ukm.edu.my
- Diserahkan: 6 Mac 2020
Diterima: 9 November 2020