

Kesan Suhu Pengekstrakan Akueus terhadap Ciri Fizikokimia dan Antioksidan Gam Bendi (*Abelmoschus esculentus*)

(Effect of Aqueous Extraction Temperature on Physicochemical and Antioxidant Properties of Okra Gum (*Abelmoschus esculentus*))

ZATI HANANI RASHID RIDHA^{1,2}, NOOR-SOFFALINA SOFIAN-SENG^{1,2,*}, HAFEEDZA ABDUL RAHMAN^{1,2} & KHAIRUL FARIHAN KASIM³

¹*Department of Food Sciences, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

²*Innovation Centre for Confectionery Technology (MANIS), Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

³*School of Bioprocess Engineering, Universiti Malaysia Perlis, 01000 Kangar, Perlis Indera Kayangan, Malaysia*

Diserahkan: 24 Februari 2022/Diterima: 9 April 2022

ABSTRAK

Penyelidikan ini dijalankan untuk menilai ciri fizikokimia gam bendi yang diekstrak pada suhu 25, 40, 60 dan 80 °C. Ekstrak gam bendi kemudiannya dianalisis bagi penentuan pH, warna, kapasiti pengikat air, reologi dan kandungan fenol jumlah (TPC). Aktiviti antioksidan iaitu pemerangkapan radikal bebas 2,2-diferil-1-pikrihidrazil (DPPH) serta kuasa antioksidan penurunan ferik (FRAP) turut dijalankan. Hasil berat kering gam bendi menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($p > 0.05$) pada suhu pengekstrakan 25 °C dan 40 °C. pH ekstrak gam bendi adalah hampir neutral (pH 6.69-6.75) pada suhu pengekstrakan 25 °C hingga 80 °C, mempunyai warna yang cerah dan kuning kehijauan. Kapasiti pengikat air gam bendi yang diekstrak pada 25 °C dan 40 °C didapati lebih tinggi secara signifikan ($p < 0.05$) berbanding suhu pengekstrakan 60 °C dan 80 °C. Sementara itu, ekstrak gam bendi menunjukkan kandungan fenol jumlah (TPC) yang tinggi secara signifikan ($p < 0.05$) pada suhu 60 °C pada kepekatan 9000 µg/mL ekstrak akueus gam bendi berbanding pada suhu 25 °C, 40 °C dan 80 °C. DPPH dan FRAP menunjukkan korelasi positif ($r = 0.337$) dan ($r = 0.395$) tetapi tidak signifikan ($p > 0.05$). Kesimpulannya, peningkatan suhu pengekstrakan dapat meningkatkan hasil ekstrak tetapi memberi kesan pengurangan kapasiti pengikat air serta kelikatan ketara ekstrak gam yang terhasil. Oleh itu, adalah penting untuk mengenal pasti objektif akhir penggunaan gam bendi bagi membolehkannya diekstrak menggunakan suhu yang paling sesuai dengan potensi penggunaannya.

Kata kunci: Hidrokoloid; kapasiti pengikat air; musilaj; reologi

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the physicochemical properties of aqueous-extracted okra gum at 25, 40, 60 and 80 °C. The okra gum extracted was then analysed for pH, colour, water binding capacity, rheology, and total phenolic content (TPC). Antioxidant activities namely 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity as well as ferric-reducing antioxidant power (FRAP) were also carried out. The dry weight okra gum showed no significant difference ($p > 0.05$) at extraction temperatures of 25 °C and 40 °C. The pH of okra gum extracts was almost neutral (pH 6.69-6.75) for all extraction temperature employed, and had bright greenish yellow colour. The water-binding capacity of okra gum extracted at 25 °C and 40 °C was found to be significantly higher ($p < 0.05$) compared extracts at 60 °C and 80 °C. Okra gum extracted at 60 °C showed significantly higher total phenolic content (TPC) ($p < 0.05$) at concentration of 9000 µg/mL of aqueous okra extract compared to other extraction temperatures at the same concentration. DPPH and FRAP showed a positive correlation ($r = 0.337$) and ($r = 0.395$) with TPC but not significant ($p > 0.05$). In conclusion, the increase in the extraction temperature can increase the extract yield but reduces the water binding capacity as well as the apparent viscosity of the resulting gum extract. Therefore, it is important to identify the end application of the okra gum thus enabling it to be extracted using the temperature most suitable for its potential use.

Keywords: Hydrocolloid; mucilage; rheology; water holding capacity

PENGENALAN

Gam ialah polimer semula jadi yang diperolehi daripada tumbuhan hidrokoloid (Farooq et al. 2013). Antara contoh polimer semula jadi yang boleh didapati daripada tumbuhan termasuklah gam guar, gam karaya, gam bhara, gam kacang belanda dan gam bendi (Pawan et al. 2011). Krishna et al. (2011) menyatakan gam ialah lendir jernih yang dihasilkan daripada tumbuhan sebagai mekanisme perlindungan kecederaan tumbuhan itu sendiri.

Pokok bendi (*Abelmoschus esculentus*) adalah tanaman sayuran tropika dan sub-tropika yang terkenal dengan buah bendi yang mempunyai lendiran yang banyak. Lendiran atau gam bendi telah digunakan sebagai salah satu alternatif sumber polimer kerana bebas daripada bahan toksik, mudah terurai, mesra alam dan harga yang murah (Khorairi et al. 2019). Gam bendi mempunyai potensi yang besar dalam bidang makanan sebagai pemekat untuk makanan untuk memberikan kepekatan yang konsisten selepas memasak dan boleh ditambah kepada resipi yang berbeza seperti sup dan sos (Gemede et al. 2015). Gam polisakarida yang diekstrak daripada bendi juga boleh digunakan sebagai pengganti putih telur serta dijadikan sebagai pengganti lemak di dalam bar coklat dan pencuci mulut tenusu beku (Ali et al. 2020; Nurul Shahirah et al. 2018). Selain itu, gam bendi juga digunakan dalam produk farmaseutikal sebagai ubat dalam rawatan ulser gastrik. Manakala di dalam aplikasi perubatan pula, gam bendi membantu menambahkan jumlah darah dalam badan manusia (Gemede et al. 2015). Gam bendi didapati berpotensi sebagai bahan antioksidan kerana bendi kaya dengan sebatian fenol seperti flavanol, oligomer katekin dan terbitan hidrosikinamik. Bendi mempunyai beberapa kesan kesihatan yang baik serta mencegah beberapa penyakit manusia yang berbahaya seperti penyakit kardiovaskular, diabetes, masalah pencernaan dan beberapa jenis kanser. Gam bendi yang diekstrak berpotensi untuk menghasilkan polisakarida yang boleh dirumuskan dalam bidang farmaseutikal, makanan dan industri pemprosesan lain (Nagpal et al. 2017).

Gam boleh diekstrak menggunakan pelbagai kaedah antaranya kaedah pemanasan, pelarut dan pengekstrakan bantuan gelombang mikro. Di dalam kaedah pengekstrakan, bahagian tumbuhan yang mengandungi gam akan dipilih untuk diekstrak diikuti dengan proses pengeringan, pengisaran dan penapisan (Choundary & Pawar 2014). Suhu merupakan antara faktor yang boleh mempengaruhi kadar pengekstrakan gam tumbuhan kerana peningkatan suhu telah dilaporkan dapat meningkatkan kadar resapan pelarut/

air melalui dinding sel tumbuhan kepada pelarut, menyebabkan sel tumbuhan membengkak dan sekaligus meningkatkan hasil pengekstrakan gam tumbuhan (Safdar et al. 2020). Oleh itu, kajian pengekstrakan akueus pada suhu yang berbeza terhadap gam bendi dapat membantu untuk menentukan hasil ekstrak gam bendi di samping mengkaji lebih terperinci tentang kesan suhu pengekstrakan terhadap ciri fizikokimia ekstrak gam bendi yang mampu memberikan idea baru dalam aplikasi produk makanan dan ubat-ubatan.

BAHAN DAN KAEDAH

BAHAN

Bendi (*A. esculentus*) segar diperolehi daripada pembekal sayuran, di Bandar Baru Bangi, Bangi, Selangor. Bendi dipilih pada kematangan indeks 2 berdasarkan *Federal Agricultural Marketing Authority* (FAMA) (2001). Pada kematangan indeks 2, permukaan kulit bendi berwarna hijau muda dan sedikit berbulu. Bendi yang dipilih juga adalah segar dan tiada kerosakan bagi mengekalkan kualiti gam bendi yang diekstrak.

PENGEKSTRAKAN GAM BENDI

Pengekstrakan gam bendi dilakukan mengikut kaedah Nurul Shahirah et al. (2018) dengan beberapa pengubahsuaian. Sampel bendi dibersihkan dengan air untuk menyingkirkan sebarang kekotoran yang melekat. Kemudian, bendi dipotong kecil kepada 1 cm dan dibuang biji kerana biji bendi mengandungi minyak yang mungkin memberi kesan kepada pengekstrakan gam bendi. Bendi yang telah dipotong kecil direndam dalam air suling dengan nisbah air kepada bendi (4:1, w:w). Pengekstrakan dilakukan pada suhu 25 °C, 40 °C, 60 °C dan 80 °C selama 30 min dengan memanaskan campuran air dan bendi tersebut menggunakan plat pemanas yang mempunyai kawalan suhu. Campuran kemudian disejukkan ke bilik suhu dan ditapis menggunakan kain muslin dan melalui pengeringan sejuk beku (Hanil Freeze Dryer clean Vac8) pada -50 °C, 0.033 mbar selama 48 jam. Ekstrak kering dikisar (Panasonic, Model MX-AC400) dan disimpan di dalam botol kaca kedap udara sebelum analisis dijalankan. Peratus hasil ekstrak yang terhasil dihitung mengikut formula berikut:

$$\text{Peratus hasil ekstrak sampel (\%)} = \frac{\text{Berat ekstrak kering (g)}}{\text{Berat sampel basah (g)}} \times 100$$

Berat sampel basah (g)

PENCIRIAN FIZIKOKIMIA EKSTRAK GAM BENDI
PENENTUAN pH DAN WARNA

Meter pH (pHM210 std.) dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan penimbal pH 7.0 dan 4.0. Sebanyak 0.1 g ekstrak gam bendi dilarutkan ke dalam 10 mL air suling selama 2 min dan meter pH digunakan untuk menentukan pH gam bendi. Penentuan warna ekstrak gam bendi pula ditentukan menggunakan alat kromameter (Minolta CR300, Jepun). Alat kromameter dikalibrasi terlebih dahulu pada jubin putih. Bacaan penentuan warna direkodkan sebagai nilai kecerahan (L^*), kemerahan/keperangan (a^*) dan kekuningan (b^*). Analisis pH dan warna ekstrak gam bendi diambil secara triplikat.

KAPASITI PENGIKAT AIR

Penentuan kapasiti pengikat air dilakukan dengan menimbang sebanyak 0.2 g ekstrak gam bendi dan dilarutkan ke dalam 20 mL air suling. Larutan bendi divorteks selama 2 min dan sebatian diasingkan menggunakan mesin pengempar pada 3000 rpm selama 30 min (Noorlaila et al. 2015). Kapasiti pengikat air ditentukan menggunakan pengiraan berikut:

$$\text{Kapasiti pengikat air} = \frac{\text{Berat sampel basah (g)} - \text{Berat sampel kering (g)}}{\text{Berat sampel kering (g)}}$$

ANALISIS REOLOGI

Analisis reologi dijalankan mengikut kaedah Khorairi et al. (2018) menggunakan reometer (Physica MCR301, Anton Paar GmbH, Graz, Austria) dengan unit kawalan suhu. Konfigurasi plat dan kon digunakan untuk pengukuran reologi. Sebanyak 0.2 g ekstrak gam bendi dilarutkan ke dalam 40 mL air suling dan dikacau menggunakan pengacau magnetik selama 30 minit bagi memastikan penghidratan sepenuhnya serbuk gam bendi. Sebanyak 0.80 mL ekstrak gam bendi digunakan bagi pengukuran kelikatan ketara (Pa.s) pada kadar ricih 1 hingga 100 s^{-1} . Lengku aliran gam bendi diplotkan menggunakan data kelikatan ketara melawan kadar ricih.

JUMLAH KANDUNGAN FENOL (TPC)

Penentuan kandungan fenol jumlah (TPC) ditentukan menggunakan kaedah Folin-Kiokaltea (Wan Najiyah Hanun et al. 2021). Sebanyak 500 μ L ekstrak gam bendi ditambahkan dengan 2.5 mL 10% larutan Folin-kiokaltea serta 2 mL 7.5% natrium karbonat. Seterusnya, sampel dibiarkan selama dua jam dalam keadaan gelap. Nilai penyerapan diukur pada 765 nm menggunakan

spektrofotometer (Model Epoch, Biotech). Lengku piawai asid galik disediakan dengan menggunakan larutan piawai asid galik. Jumlah kandungan fenol (TPC) dinyatakan sebagai mg (GAE)/g ekstrak.

$$\text{Jumlah kandungan fenol (mg GAE/g)} = c \times \frac{V}{M}$$

dengan C ialah bacaan kepekatan (mg/mL); V ialah isi padu pelarut (mL); dan M ialah berat sampel (g).

AKTIVITI ANTIOKSIDAN EKSTRAK GAM BENDI
ASAI PEMERANGKAPAN RADIKAL BEBAS DPPH

Keupayaan gam bendi dalam pemerangkapan radikal bebas DPPH dilakukan mengikut Nurdiana et al. (2021) dengan beberapa pengubahsuaian. Larutan 0.01 mM DPPH dalam methanol. Sebanyak 1 mL larutan ekstrak gam bendi dicampur dengan 1 mL larutan 0.01 mM DPPH. Campuran kemudian disimpan selama 30 min di dalam keadaan gelap pada suhu bilik.

Larutan kawalan tanpa ekstrak gam bendi iaitu larutan asid askorbik disediakan dengan sebanyak 1 mL larutan asid askorbik ditambah dengan 1 mL larutan 0.01 mM DPPH. Nilai penyerapan diukur menggunakan spektrofotometer (Model Epoch, Biotech) pada jarak gelombang 517 nm. Aktiviti pemerangkapan radikal bebas (pemerangkapan %) ditentukan menggunakan pengiraan berikut:

$$\text{Aktiviti pemerangkapan radikal bebas DPPH (\%)} =$$

$$\frac{A(\text{kawalan}) - A(\text{Sampel})}{A(\text{Kawalan})} \times 100$$

ASAI KUASA ANTIOKSIDAN PENURUNAN FERIK (FRAP)
Kaedah kuasa antioksidan penurunan ferik (FRAP) dilakukan mengikut Ling et al. (2020). Reagen FRAP disediakan dengan penyediaan natrium asetat (CH_3COONa), pH 3.6 (0.31 g natrium asetat ditambah 1.6 mL asid glasial asetat dan ditambah air suling sehingga mencapai 100 mL), 10 mM 2,4,6-tri (2,2-piridil)-s-triazin (TPTZ) pula disediakan dengan mencampurkan 0.03 g serbuk TPTZ ke dalam 0.04 mM HCl dalam 100 mL kelalang volumetrik dan ferik klorida ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) disediakan dengan menimbang sebanyak 0.54 g serbuk $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ dan dicampurkan dengan air suling sehingga mencapai 100 mL. Larutan CH_3COONa , larutan TPTZ dan larutan $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ dicampur pada nisbah (10:1:1) untuk menghasilkan FRAP segar. Larutan FRAP dipanaskan pada suhu 37 °C selama 30 minit. Sebanyak

500 µL larutan ekstrak gam bendi ditambah dengan 2.5 mL larutan FRAP. Campuran dibiarkan selama 30 minit dalam keadaan gelap dan pada suhu bilik. Nilai penyerapan direkodkan menggunakan pembaca mikroplat spektrofotometer (Model Epoch, Biotech) pada jarak gelombang 595 nm. Lekungan piawai Trolox disediakan dengan menggunakan larutan Trolox. Hasil dinyatakan sebagai mg TE/g ekstrak sampel. Pengiraan penentuan kuasa penurunan ferik adalah:

$$\text{Penentuan kuasa penurunan Ferik } \left(\frac{\text{TE}}{\text{g}}\right) = C \times \frac{V}{M}$$

dengan C ialah bacaan kepekatan dari graf (mg/mL); V ialah isi padu pelarut (mL); dan M ialah jumlah sampel (g).

ANALISIS STATISTIK

Data uji kaji dianalisis menggunakan perisian *Minitab Statistical Software* versi 17. Perbezaan secara signifikan di antara sampel dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) dan diikuti dengan ujian *post-hoc* Tukey. Korelasi Pearson juga digunakan untuk menentukan korelasi di antara keputusan TPC dengan FRAP dan DPPH.

HASIL DAN PERBINCANGAN

KESAN SUHU PENGEKSTRAKAN AKUEUS KE ATAS BERAT KERING GAM BENDI

Jadual 1 menunjukkan kesan pengekstrakan gam bendi pada suhu 25, 40, 60 dan 80 °C ke atas berat kering

gam bendi. Berat kering gam bendi yang diekstrak pada suhu pengekstrakan 25 °C dan 40 °C menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan ($p > 0.05$). Walau bagaimanapun, peningkatan pada suhu 60 °C dan 80 °C menunjukkan peningkatan signifikan ($p < 0.05$) berat kering gam bendi. Pengekstrakan sampel tumbuhan memberi hasil ekstrak yang tinggi apabila meningkatnya suhu pengekstrakan. Hal ini kerana peningkatan suhu pengekstrakan menyebabkan peningkatan kebolehtelapan membran sel dan berlakunya pembebasan lendiran daripada sel tumbuhan. Di samping itu, hasil ekstrak yang tinggi juga disebabkan oleh penurunan kelikatan lendiran yang menjadikannya kurang melekat dan mudah dibebaskan (Vignesh & Nair 2018).

Menurut Nazir et al. (2017), peningkatan suhu pengekstrakan membolehkan penembusan pelarut yang lebih baik ke dalam matriks pepejal seterusnya melarutkan bahan sebatian yang terdapat di dalam tumbuhan. Hasilnya, bahan seperti hidrokoloid atau gam tumbuhan mudah dibebaskan. Hal ini dibuktikan melalui kajian pengoptimuman pengekstrakan gel biji selasih (*Ocimum basilicum* L.) pada suhu di antara 50 °C hingga 80 °C, yang menunjukkan peningkatan suhu menyebabkan larutan menjadi kurang likat dan gel dibebaskan keluar dari dinding sel tumbuhan sekaligus meningkatkan hasil ekstrak. Tchabo et al. (2018) turut menjelaskan bahawa melalui pemanasan akueus, tisu tumbuhan menjadi lembut dan melemahkan interaksi di antara polisakarida sehingga menyebabkan pemindahan jisim polisakarida kepada pelarut. Kadar pemindahan jisim juga dipercepatkan pada pengekstrakan pada suhu tinggi.

JADUAL 1. Kesan suhu pengekstrakan akueus ke atas berat kering gam bendi

Suhu pengekstrakan (°C)	Berat kering gam bendi (%)
25	0.256 ± 0.024 ^a
40	0.281 ± 0.040 ^a
60	0.412 ± 0.022 ^b
80	0.544 ± 0.031 ^a

^{a-c} abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$)

KESAN SUHU PENGEKSTRAKAN AKUEUS KE ATAS CIRI FIZIKOKIMIA EKSTRAK GAM BENDI pH, WARNA DAN KAPASITI PENGIKAT AIR EKSTRAK GAM BENDI

Kesan suhu pengekstrakan akueus pada suhu 25 °C, 40 °C, 60 °C dan 80 °C ke atas pH ekstrak gam bendi adalah

seperti yang ditunjukkan pada Jadual 2. Pencirian pH gam bendi yang diekstrak adalah parameter penting dalam menentukan kesesuaian dalam perumusan sesuatu produk kerana kebanyakan kestabilan dan fisiologi produk bergantung kepada pH. Berdasarkan Jadual 2, pH ekstrak gam bendi pada suhu pengekstrakan 25

°C dan 40 °C menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($p>0.05$). Begitu juga di antara suhu pengekstrakan 40 °C dan 60 °C serta pada suhu 60 °C dan 80 °C ($p>0.05$). Namun begitu, nilai pH ekstrak gam bendi pada suhu 25 °C menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p<0.05$) dengan suhu 80 °C. Di samping itu, kajian menunjukkan bahawa larutan ekstrak gam bendi menunjukkan pH hampir neutral yang tidak memberi kesan iritasi kepada

saluran pencernaan manusia (Nazni & Vigneshwar 2014). Pencirian pH ekstrak gam bendi adalah penting untuk menentukan keselamatan dalam penyediaan permintaan produk dari segi makanan mahupun farmaseutikal (Zaharuddin et al. 2014). Dalam kajian yang dilakukan oleh Emeja et al. (2011) dalam penentuan pH gam bendi bagi penyediaan kapsul, 1% larutan ekstrak gam bendi memberikan bacaan pH 6.4.

JADUAL 2. Kesan suhu pengekstrakan akueus ke atas pH dan warna ekstrak gam bendi

Suhu pengekstrakan (°C)	pH	Warna ekstrak gam bendi			Kapasiti pengikat air ekstrak gam bendi
		L*	a*	b*	
25	6.75 ± 0.02 ^a	71.293 ± 0.254 ^b	- 2.063 ± 0.012 ^b	20.857 ± 0.271 ^a	16.227 ± 0.803 ^a
40	6.74 ± 0.01 ^{ab}	73.967 ± 0.100 ^a	-1.693 ± 0.106 ^a	20.420 ± 0.507 ^a	15.154 ± 0.955 ^a
60	6.71 ± 0.01 ^{bc}	73.353 ± 0.220 ^a	-1.643 ± 0.850 ^a	20.790 ± 0.262 ^a	6.145 ± 0.387 ^b
80	6.69 ± 0.06 ^c	72.253 ± 0.682 ^b	- 1.823 ± 0.121 ^a	20.037 ± 0.512 ^a	4.460 ± 1.670 ^b

a-c abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p<0.05$)

Berdasarkan Jadual 2, kesan suhu pengekstrakan akueus ke atas nilai warna L* (kecerahan) pada suhu 25 °C dan 80 °C, serta 40 °C dan 60 °C menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($p>0.05$). Namun begitu, nilai warna L* pada suhu pengekstrakan 25 °C dan 80 °C menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p<0.05$) berbanding pada suhu 40 °C dan 60 °C. Nilai negatif bagi warna a* menunjukkan sampel ekstrak gam bendi lebih cenderung ke arah warna kehijauan. Kesan suhu pengekstrakan akueus pada nilai warna a* (kehijauan) menunjukkan perbezaan signifikan ($p<0.05$) pada suhu 25 °C, berbanding 40 °C, 60 °C dan 80 °C. Peningkatan suhu memberikan nilai warna kehijauan yang tinggi. Nilai positif bagi warna b* pula menunjukkan sampel ekstrak gam bendi lebih ke arah warna kekuningan. Warna b* (kekuningan) ekstrak gam bendi menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($p>0.05$) pada suhu 25 °C hingga 80 °C. Walau bagaimanapun, nilai bagi warna b* adalah rendah berbanding nilai warna L*.

Suhu pengekstrakan yang tinggi didapati mempengaruhi warna gam bendi yang diekstrak. Apabila tumbuhan hijau dipanaskan, kehilangan rantai sisi fitol dalam klorofilid serta kehilangan magnesium yang terdapat pada gam bendi yang diekstrak menghasilkan warna kuning kehijauan (Hong & Ibrahim 2012). Sementara itu, warna yang lebih cerah dan kuning

kehijauan yang lebih rendah menunjukkan bahawa ekstrak mempunyai kualiti yang baik dari segi warna dan mampu mencapai penerimaan baik daripada pengguna. Warna yang dirumuskan dalam sesuatu penyediaan produk oleh gam tumbuhan yang diekstrak mungkin disebabkan pemindahan pigmen atau bahan tanin daripada legumen ekstrak (El-aziz et al. 2016).

Kapasiti pengikat air gam bendi yang dihidratkan menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($p>0.05$) pada suhu pengekstrakan 25 °C dan 40 °C. Pengekstrakan gam bendi pada suhu 60 °C dan 80 °C juga menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($p>0.05$). Walau bagaimanapun, kapasiti pengikat air ekstrak gam bendi menurun secara signifikan ($p<0.05$) apabila suhu pengekstrakan gam bendi meningkat daripada suhu 25 °C kepada suhu 80 °C. Hong dan Ibrahim (2012) turut menyatakan bahawa keupayaan kapasiti pengikat air menurun apabila peningkatan suhu pengekstrakan dilakukan terhadap hidrokoloid tumbuhan. Keupayaan gam untuk memegang air bagi menghasilkan gel atau larutan kelikatan yang tinggi adalah diperlukan di dalam aplikasi industri. Gam membentuk hubungan rangkaian air, memerangkap air dan menghasilkan larutan berkelikatan yang tinggi. Pencirian kapasiti pengikat air yang tinggi boleh diaplikasikan di dalam aplikasi kosmetik, makanan dan perubatan kerana mudah dilarutkan, terserak dan

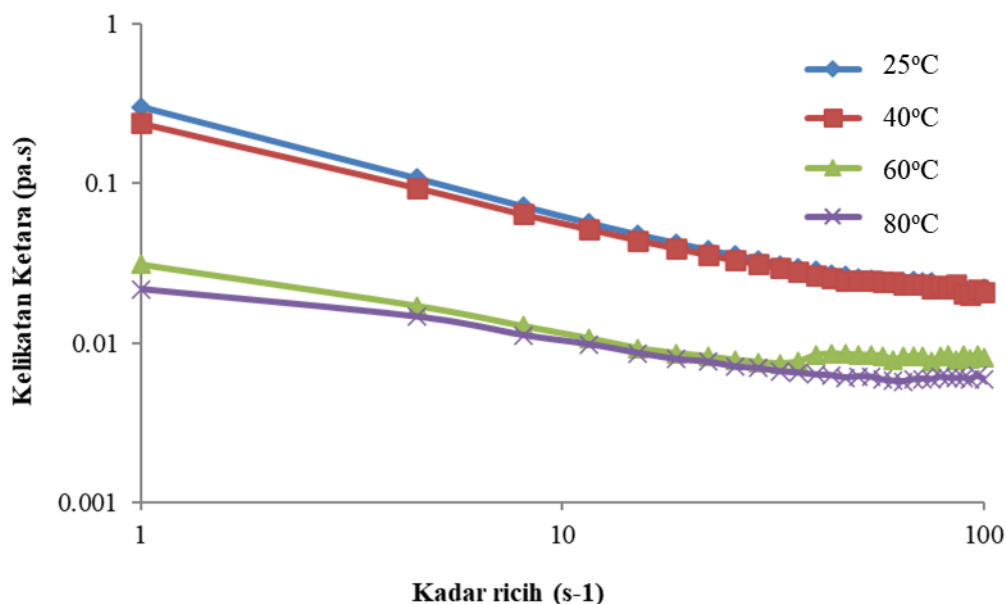
menghasilkan sifat koloid (Monrroy et al. 2017). Kapasiti pengikat air yang tinggi berkait dengan kandungan polisakarida di dalam ekstrak sampel tumbuhan yang terdiri daripada ramnosa, asid glukoronik, galaktosa dan glukosa (Noorlaila et al. 2015). Gam bendi mengandungi kelembapan terikat pada polimer. Tapak penyerapan polimer pada gam bendi mengikat molekul air kepada struktur polisakarida di dalam ekstrak sampel tumbuhan (Zaharuddin et al. 2013). Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa ekstrak gam bendi pada suhu pengekstrakan 25 °C dan 40 °C mengandungi kandungan polisakarida yang kurang terjejas akibat pemanasan serta berupaya untuk menampung jumlah air yang banyak berbanding kapasiti pengikat air ekstrak gam bendi pada suhu pengekstrakan 60 °C dan 80 °C.

LENGKUK ALIRAN DAN KELIKATAN EKSTRAK GAM BENDI

Rajah 1 menunjukkan kesan pengekstrakan akueus pada suhu 25 °C, 40 °C, 60 °C dan 80 °C ke atas lengkung aliran ekstrak gam bendi pada kadar ricih bermula dari 1 s⁻¹ sehingga 100 s⁻¹. Kelikatan ketara gam bendi didapati berkurangan dengan peningkatan kadar ricih, menunjukkan gam bendi mempunyai

sifat ricihan menipis (Khorairi et al. 2018). Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan gerakan makromolekul dan keterlarutan. Kebanyakan gam tumbuhan mempunyai polimer rantaian panjang dan apabila didedahkan pada suhu yang tinggi, polimer rantaian panjang berpecah disebabkan oleh pembahagian ikatan molekul yang mengakibatkan kelikatan yang lebih rendah (Norbrillinda et al. 2014). Ciri ricihan menipis disifatkan sebagai keadaan cecair kurang likat ketika mengalir dan bertindak balas terhadap daya yang dikenakan. Pencirian ciri ricihan menipis pada polisakarida membolehkan makanan cair dipam dengan mudah di dalam proses industri makanan (Chong et al. 2017). Kajian ke atas gam biji selasih turut melaporkan bahawa pada suhu pengekstrakan 25, 50, 75, 100 dan 121 °C menunjukkan kelikatan menurun apabila meningkatnya kadar ricih daripada 6.21 s⁻¹ hingga 245 s⁻¹ (Zameni et al. 2014).

Kelikatan ekstrak gam bendi pada kadar ricih 100 s⁻¹ (Jadual 3) menunjukkan pada suhu pengekstrakan 25 °C dan 40 °C menunjukkan perbezaan signifikan ($p < 0.05$) berbanding pada suhu pengekstrakan 60 °C dan 80 °C. Kadar ricih 100 s⁻¹ yang digunakan dalam analisis kelikatan adalah sesuai digunakan dalam pemerhatian proses pencairan makanan dan proses pengacauan (McClements 2005).



RAJAH 1. Kesan suhu pengekstrakan akueus ke atas kelikatan ekstrak gam bendi pada kadar ricih bermula dari 1 s⁻¹ sehingga 100 s⁻¹

JADUAL 3. Kesan suhu pengekstrakan ke atas kelikatan ekstrak gam bendi pada kadar ricih 100 s⁻¹

Suhu pengekstrakan (°C)	Kelikatan (Pa.s)
25	0.0220 ± 0.0010 ^a
40	0.0207 ± 0.0015 ^a
60	0.0080 ± 0.0001 ^b
80	0.0060 ± 0.0001 ^b

a-b abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$)

KANDUNGAN FENOL JUMLAH EKSTRAK GAM BENDI

Jadual 4 menunjukkan kandungan fenol jumlah ekstrak gam bendi pada suhu pengekstrakan 25 °C, 40 °C, 60 °C dan 80 °C pada kepekatan ekstrak akueus gam bendi pada 6000, 7000, 8000 dan 9000 µg/mL. Suhu pengekstrakan 60 °C dan 80 °C pada kepekatan 9000 µg/mL menunjukkan kandungan fenol jumlah ekstrak gam bendi tertinggi secara signifikan ($p < 0.05$) iaitu masing-masing 7.55 ± 0.02 mg GAE/g dan 7.38 ± 0.40 mg GAE/g. Manakala, kandungan fenol jumlah ekstrak gam bendi yang paling rendah secara signifikan ($p < 0.05$) adalah pada suhu pengekstrakan 80 °C, kepekatan 6000 µg/mL iaitu sebanyak 4.70 ± 0.20 mg GAE/g. Secara umumnya, kandungan fenol jumlah diperhatikan meningkat secara signifikan daripada suhu pengekstrakan 25 °C kepada suhu 40 °C dan diikuti pada 60 °C. Jumlah kandungan fenol menurun pada suhu pengekstrakan 80 °C.

Kajian yang dilakukan oleh Viera et al. (2019) ke atas *flaxseed gum* turut menunjukkan kandungan fenol jumlah meningkat secara signifikan ($p < 0.05$) pada suhu pengekstrakan 25 °C, 40 °C dan 60 °C. Mekanisme semasa pengekstrakan pada suhu tinggi akan menggalakkan pengekstrakan pelarut dengan meningkatkan pekali penyebaran dan kelarutan kandungan polifenol. Di samping itu, peningkatan suhu pengekstrakan akan menyumbang kepada pelepasan polifenol yang tinggi dengan pemecahan konstituen sel tumbuhan yang membawa kepada kebolehtelapan membran sel (Norra et al. 2017). Namun begitu, apabila pengekstrakan gam bendi mencapai pada suhu 80 °C, kandungan fenol yang rendah ditunjukkan berbanding dengan pengekstrakannya pada suhu 25 °C, 40 °C dan 60 °C. Hal ini menunjukkan bahawa apabila mencapai suhu pengekstrakan yang tertentu memberi kesan kepada kestabilan polifenol disebabkan oleh degradasi sebatian fenol yang menyebabkan pengurangan dalam kandungan fenol jumlah (Ojha et al. 2016).

JADUAL 4. Kesan suhu pengekstrakan akueus ke atas kandungan fenol jumlah (TPC) ekstrak akueus gam bendi

Kepekatan ekstrak akueus gam bendi (µg/mL)	Kandungan fenol jumlah (TPC) (mg GAE/g)			
	Suhu pengekstrakan (°C)			
	25	40	60	80
6000	5.82 ± 0.06^h	5.99 ± 0.11^{fgh}	6.13 ± 0.12^{efg}	4.70 ± 0.02^i
7000	5.94 ± 0.10^{gh}	6.29 ± 0.06^{de}	6.49 ± 0.09^{cd}	6.17 ± 0.02^{ef}
8000	6.09 ± 0.1^{efg}	6.41 ± 0.05^{cd}	6.75 ± 0.09^b	6.10 ± 0.07^{efg}
9000	6.16 ± 0.04^{ef}	6.57 ± 0.06^{bc}	7.55 ± 0.02^a	7.38 ± 0.40^a

a-i abjad yang berbeza menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$)

AKTIVITI PEMERANGKAPAN RADIKAL BEBAS (DPPH)

Jadual 5 menunjukkan peratusan pemerangkapan radikal bebas DPPH pada suhu pengekstrakan ekstrak gam bendi 25, 40, 60 dan 80 °C pada kepekatan ekstrak akueus sampel 6000, 7000, 8000 dan 9000 mg/mL. Pada suhu pengekstrakan 80 °C menunjukkan peratus pemerangkapan radikal bebas DPPH yang tinggi secara

signifikan ($p < 0.05$) pada kepekatan 6000 µg/mL hingga 9000 µg/mL berbanding pada suhu pengekstrakan 25 °C, 40 °C dan 60 °C. Manakala, peratus pemerangkapan radikal bebas DPPH ekstrak akueus gam bendi rendah secara signifikan ($p < 0.05$) adalah pada suhu pengekstrakan 25 °C iaitu sebanyak $(9.09 \pm 1.64\%)$ mg GAE/g ekstrak dan $(10.33 \pm 0.97\%)$ mg GAE/g ekstrak, masing-masing pada kepekatan 6000 µg/mL dan 7000 µg/mL.

JADUAL 5. Kesan suhu pengekstrakan akueus gam bendi ke atas peratusan pemerangkapan radikal bebas (DPPH) terhadap ekstrak gam bendi

Kepekatan ekstrak akueus gam bendi (µg/mL)	Peratusan pemerangkapan radikal bebas DPPH (%)			
	Suhu pengekstrakan (°C)			
	25	40	60	80
6000	9.09 ± 1.64^h	22.19 ± 1.80^e	31.84 ± 1.52^c	70.28 ± 0.86^a
7000	10.33 ± 0.97^h	29.24 ± 1.68^{ef}	40.22 ± 1.09^d	70.75 ± 0.68^a
8000	26.86 ± 1.26^f	40.76 ± 0.79^d	42.24 ± 0.92^{cd}	71.58 ± 0.1^a
9000	48.17 ± 0.32^b	47.57 ± 1.14^b	45.52 ± 0.77^{bc}	72.52 ± 0.32^a

a-g abjad yang berbeza menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$)

Kajian oleh Adetuyi dan Dada (2014) turut melaporkan peratusan pemerangkapan radikal bebas DPPH ke atas gam bendi didapati bahawa peratus pemerangkapan radikal bebas DPPH meningkat bersama peningkatan kepekatan ekstrak akueus gam bendi. Sementara itu, kajian yang dijalankan oleh Viera et al. (2019) ke atas *flaxseed gum* pada suhu pengekstrakan 25 °C, 40 °C dan 60 °C melaporkan bahawa pada suhu pengekstrakan 60 °C menunjukkan perbezaan signifikan yang tinggi ($p < 0.05$) pada pemerangkapan radikal bebas DPPH berbanding pada suhu 25 °C. Hal ini menunjukkan bahawa, pemerangkapan radikal bebas DPPH meningkat apabila suhu pengekstrakan ke atas sampel meningkat. Peningkatan suhu pengekstrakan menyumbang kepada pembebasan sebatian antioksidan yang terdapat dalam tumbuhan. Gam bendi juga mengandungi kandungan sebatian flavonoid dan sebatian fenol yang mempengaruhi keupayaan dalam aktiviti antioksidan (Cahyana et al. 2017).

KUASA ANTIOKSIDAN PENURUNAN FERIK (FRAP)

Jadual 6 menunjukkan hasil ujian kuasa antioksidan

penurunan ferik pada suhu pengekstrakan 25, 40, 60 dan 80 °C dan pada kepekatan 6000, 7000, 8000 dan 9000 µg/mL ekstrak akueus gam bendi. Suhu pengekstrakan 80 °C menunjukkan kuasa penurunan ferik (FRAP) adalah tinggi secara signifikan ($p < 0.05$) iaitu 4.23 ± 0.13 mg TE/g ekstrak dan 4.21 ± 0.44 mg TE/g ekstrak masing-masing pada kepekatan 8000 µg/mL dan 9000 µg/mL. Manakala, kuasa antioksidan penurunan ferik (FRAP) rendah secara signifikan ($p < 0.05$) adalah pada suhu pengekstrakan 25 °C, iaitu 0.12 ± 0.16 mg TE/g ekstrak pada kepekatan 6000 dan 0.23 ± 0.04 mg TE/g pada kepekatan 7000 µg/mL serta pada suhu pengekstrakan 40 °C iaitu 0.17 ± 0.04 mg TE/g ekstrak pada kepekatan 6000 µg/mL.

Kajian yang dijalankan oleh Nguimbou et al. (2014) bagi sampel lendiran keladi pari (*Cyrtosperma merkusii*) melaporkan kuasa penurunan ferik (FRAP) menaik bersama peningkatan kepekatan sampel ekstrak akueus. Sifat pengurangan ferik secara amnya dikaitkan dengan kehadiran reduktor. Tindakan asasnya adalah pada pemecahan rantaian radikal bebas dengan menderma ikatan hidrogen.

JADUAL 6. Kesan suhu pengekstrakan akueus gam bendi ke atas kuasa antioksidan penurunan ferik ekstrak gam bendi

Kepekatan ekstrak akueus gam bendi ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	Kuasa penurunan ferik (mg TE/g ekstrak)			
	Suhu pengekstrakan ($^{\circ}\text{C}$)			
	25	40	60	80
6000	0.12 ± 0.16^f	0.17 ± 0.04^f	1.02 ± 0.16^{de}	3.31 ± 0.4^b
7000	0.23 ± 0.04^f	0.70 ± 0.015^{ef}	1.28 ± 0.25^{cde}	3.34 ± 0.24^b
8000	0.77 ± 0.04^{ef}	1.27 ± 0.54^{cde}	1.61 ± 0.07^{cd}	4.21 ± 0.44^a
9000	1.41 ± 0.067^{cde}	1.50 ± 0.13^{cd}	1.75 ± 0.13^c	4.23 ± 0.13^a

a-g abjad yang berbeza menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$)

KORELASI KANDUNGAN FENOL JUMLAH (TPC),
AKTIVITI PEMERANGKAPAN RADIKAL DPPH DAN
KUASA ANTIOKSIDAN PENURUNAN FERIK (FRAP)

Analisis korelasi menggunakan korelasi Pearson dijalankan untuk melihat perkaitan di antara kandungan fenol jumlah dengan aktiviti antioksidan ekstrak gam bendi. Jadual 7 menunjukkan korelasi di antara kandungan fenol jumlah (TPC), aktiviti pemerangkapan

radikal DPPH dan kuasa antioksidan penurunan ferik (FRAP) yang telah dijalankan ke atas ekstrak gam bendi. Didapati bahawa hubungan korelasi di antara jumlah sebatian fenol TPC terhadap DPPH dan FRAP adalah berkorelasi positif iaitu ($r = 0.37$) dan ($r = 0.395$) tetapi tidak signifikan ($p > 0.05$). Hubungan korelasi ini mencadangkan keupayaan antioksidan gam bendi mungkin disumbangkan oleh sebatian bioaktif selain daripada sebatian fenol.

JADUAL 7. Korelasi Pearson (r) antara keputusan ujian antioksidan dan kandungan jumlah fenol

	Nilai korelasi (r)		
	TPC	DPPH	FRAP
TPC	-	0.337	0.395
DPPH	0.337	-	0.955*
FRAP	0.395	0.955*	-

* korelasi signifikan ($p < 0.05$)

Ini kerana, hubungan di antara sebatian antioksidan dan aktiviti antioksidan tidak bergantung pada jumlah fenol tetapi juga berdasarkan pada struktur dan interaksi di antara sebatian lain. Walaupun struktur sebatian fenol banyak dikaitkan sebagai penentu utama aktiviti pemerangkapan radikal, aktiviti antioksidan juga turut bergantung kepada bilangan dengan kedudukan kumpulan hidroksil berhubung dengan kumpulan karboksil berfungsi dan juga pada sebatian lain seperti karotenoid, vitamin dan mineral (Tan et al. 2011).

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian ini, peningkatan suhu pengekstrakan sehingga 60°C dapat meningkatkan hasil ekstrak. Walau bagaimanapun, peningkatan suhu pengekstrakan memberi kesan pengurangan kapasiti pengikat air serta kelikatan ketara ekstrak gam yang terhasil. Oleh itu, adalah penting untuk mengenal pasti objektif akhir penggunaan gam bendi bagi membolehkannya diekstrak menggunakan suhu yang paling sesuai dengan potensi penggunaannya.

PENGHARGAAN

Pengarang berterima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia yang menyediakan dana Penyelidikan GUP 2018 111, serta Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia untuk fasiliti yang disediakan bagi menjalankan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Adetuyi, F.O. & Dada, I.B.O. 2014. Nutritional, phytoconstituent and antioxidant potential of mucilage extract of okra (*Abelmoschus esculentus*) water leaf (*Talinum triangulare*) and Jews mallow (*Corchorus olerarius*). *International Food Research Journal* 21(6): 2345-2353.
- Ali Saleh, Mohamed, A.A., Alamri, M.S., Hussain, S., Qasem, A.A., Ibraheem, M.A. & Syed Ali Shahzad. 2020. Nonfat set yogurt: Effect of okra gum and various starches on the rheological, sensory, and storage qualities and wheying-off. *Journal of Chemistry* 2020: Artikel No. 5091970.
- Cahyana, A.H., Kam, N. & Elyn. 2017. Study on the stability of antioxidant and anti α -glucosidase activities using soaking treatment in okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage extraction. *Chemistry International Journal* 3(3): 202-211.
- Chong, Y., Li, Y., Miao, Q., Jiang, H. & Gao, X. 2017. Rheological properties of six plant-based seed gums. *American Journal of Analytical Chemistry* 8: 690-707.
- Choudhary, P.D. & Pawar, H.A. 2014. Recently investigated natural gums and mucilages as pharmaceutical excipients: An overview. *Journal of Pharmaceutics* 2014: Artikel ID. 204849.
- El-Aziz, M.A., Haggag, H.F., Kaluoubi, M.M., Hassan, L.K., El-sayed, M.M. & Sayed, A.F. 2016. Characterization of ethanol precipitated cress seed and flaxseed mucilage compared with commercial guar gum. *American Journal of Food Technology* 11(3): 84-91.
- FAMA. 2001. *Specification of Fresh Okra (Lady's Finger)*. Standard Federal Agricultural Marketing Authority.
- Farooq, U., Malviya, R. & Shrama, P.K. 2013. Extraction and characterization of okra mucilage as pharmaceutical excipient. *Academic Journal of Plant Science* 6(4): 168-172.
- Gemedede, H.F., Ratta, N., Haki, G.D., Woldegiogis, A.Z. & Beyene, F. 2015. Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Journal of Food and Technology* 6(6): 2-6.
- Hong, N.T. & Ibrahim, N.H. 2012. Extraction and characterization of mucilage from leaves of *Pereskia bleo* (Rose cactus). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 23(2): 210-216.
- Khorairi, A.N.S.A., Sofian-Seng, N.S., Aziz, N.S., Azali, N.A.N., Kasim, K.F. & Mohd Razali, N.S. 2018. Rheological properties of aqueous dispersions of okra (*Abelmoschus esculentus*) gum. *Malaysian Applied Biology* 47(5): 189-196.
- Khorairi, A.N.S.A., Sofian-Seng, N.S., Aziz, N.S., Kasim, K.F. & Razali, N.S.M. 2019. Kesan penambahan gam bendi (*Abelmoschus esculentus*) pada emulsi minyak dalam air. *Malaysian Applied Biology* 48(2): 47-53.
- Krishna, L.N.V., Kulkarni, P.K., Dixit, M., Lavanya, D. & Raavi, P.K. 2011. Brief of introduction of natural gums, mucilages and their application in novel drug delivery system. *International Journal of Drug Formulation and Research* 2(6): 54-71.
- Ling, Jin Wei Alvin, Lee Sin Chang, Rozida Mohd Khalid, Wan Aida Wan Mustapha, Noor-Soffalina Sofian-Seng, Noorul Syuhada Mohd Razali, Hafeedza Abdul Rahman, Nurul Aqilah Mohd Zaini & Seng Joe Lim. 2020. Sequential extraction of red button ginger (*Costus woodsonii*): Phytochemical screening and antioxidative activities. *Journal of Food Processing and Preservation* 44(10): e14776.
- McClement, D.J. 2005. *Food Emulsion, Principle and Practice*. CRS Series in Contemporary Food Science. Edisi ke-2. hlm. 356-364.
- Nurdiana Mokhtar, Lee Sin Chang, Yeanly Soon, Wan Aida Wan Mustapha, Noor-Soffalina Sofian-Seng, Hafeedza Abdul Rahman, Noorul Syuhada Mohd Razali, Shuwahida Shuib, Aidil Abdul Hamid & Seng Joe Lim. 2021. Harvesting *Aurantiochytrium* sp. SW1 using organic flocculants and characteristics of the extracted oil. *Algal Research* 54: 102211.
- Monroy, M., Garcia, E., Rios, K. & Garcia, J.R. 2017. Extraction and physicochemical characterization of mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) miller. *Journal of Chemistry*. 2017: Artikel ID. 4301901.
- Nagpal, M., Agarwal, G., Jain, U.K. & Madan, J. 2017. Extraction of gum from *Abelmoschus esculentus*: Physicochemical peculiarity antioxidant prepatent. *Asian Journal of Food and Nutritional Sciences* 3(1): 99-103.
- Wan Najiyah Hanun Wan Nasir, Nurul Najihah Ain Ibrahim, Woon Kuo Hao, Azliana Abu Bakar Sajak, Noor-Soffalina Sofian-Seng, Wan Aida Wan Mustapha & Hafeedza Abdul Rahman. 2021. Effects of different drying methods and solvents on biological activities of *Curcuma aeruginosa* leaves extract. *Sains Malaysiana* 50(8): 2207-2218.
- Nazir, S., Wani, I.E. & Masoodi, F.A. 2017. Extraction optimization of mucilage from Basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds using response surface methodology. *Journal of Advance Research* 8: 234-244.
- Nguimbou, R.M., Boudjeko, T., Njintang, N.Y., Himeda, M., Scher, J. & Mbofung, C.M.F. 2014. Mucilage chemical profile and antioxidant properties of giant swamp taro tubers. *Journal Food Science Technology* 51(12): 3559-3567.
- Noorlaila, A., SitiAziah, A., Asmeeda, R. & Norizzah, A.R. 2015. Emulsifying properties of extracted Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) mucilage at different maturity index and its application in coconut milk emulsion. *International Food Research Journal* 22(2): 782-787.

- Norbrillinda, M.T., Wan Anis, W.A., Aida Hamimi, I., Madzlan, K. & Shazlin, K. 2014. Effect of temperature and pH on rheology of pineapple gum. *Journal Tropical Agriculture and Food Science* 42(2): 143-148.
- Norra, I., Aminah, A., Suri, R. & Zaidi, A. 2017. Effect of drying temperature on the content of fucoxanthin, phenolic and antioxidant activity of Malaysian brown seaweed, *Sargassum* sp. *Journal Tropical Agricultural and Food Science* 45(1): 25-36.
- Nurul Shahirah Aziz, Noor-Soffalina Sofian-Seng, Salma Mohamad Yusop, Khairul Farihan Kasim & Noorul Syuhada Mohd Razali. 2018. Functionality of okra gum as a novel carbohydrate-based fat replacer in ice cream. *Food Science and Technology Research* 24(3): 519-530.
- Ojha, S., Raj, A., Roy, A., Sikdar, B. & Roy, S. 2016. Efficiency of aqueous and ethanolic extraction and phenolic and antioxidant activity of *Paederia foetida* L. and *Spermacoce stricta* L.f. *Journal of Plant Development Science* 8(3): 131-135.
- Pawan, P., Mayur, P. & Ashwin, S. 2011. Role of natural polymer in sustained release drug delivery system. *International Research Journal of Pharmacy* 2(9): 1-6.
- Safdar, B., Zhihua, P., Xinqi, L., Jatoi, M.A. & Rashid, M.T. 2020. Influence of different extraction techniques on recovery, purity, antioxidant activities, and microstructure of flaxseed gum. *Journal of Food Science* 85(10): 3168-3182.
- Tan, P.W., Tan, C.P. & Ho, C.W. 2011. Antioxidant properties: Effect of solid to solvent ratio on antioxidant compounds and capacities of pegaga (*Centella asiatica*). *International Food Research Journal* 18: 557-562.
- Tchabo, W., Ma, Y., Kwaw, E., Xiao, L., Wu, M. & Apaliya, M.T. 2018. Impact of extraction parameters and their optimization on the nutraceuticals and antioxidant properties of aqueous mulberry leaf. *International Journal of Food Properties* 21(1): 717-732.
- Vieira, J.M., Mantovani, R.A., Raposo, M.F.G., Coimbra, M.A., Vicenta, A.A. & Cunha, R.L. 2019. Effect of extraction temperature on rheological behaviour and antioxidant capacity of flaxseed gum. *Carbohydrate Polymers Journal* 213: 217-227.
- Vignesh, R.M. & Nair, B.R. 2018. Extraction and characterisation of mucilages from the leaves of *Hibiscus Rosa-sinensis* Linn. (*Malvaceae*). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 9(7): 2883-2890.
- Zaharuddin, N.D., Nordin, M.I. & Kadivar, A. 2014. The use of *Hibiscus esculentus* (okra) gum in sustaining the release of propranolol hydrochloride in a solid oral dosage form. *Biomedical Research International* 2014: 735891.
- Zameni, A., Kashaninejad, M., Aalami, M. & Salehi, F. 2014. Effect of thermal and freezing treatments on rheological, textural and color properties of basil seed gum. *Journal Food Science Technology* 52(9): 5914-5921.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: soffalina@ukm.edu.my