

KESAN PENAMBAHAN GAM BENDI (*Abelmoschus esculentus*) PADA EMULSI MINYAK DALAM AIR

AIN NADIAH SOFIAH AHMAD KHORAIRI¹, NOOR-SOFFALINA SOFIAN-SENG^{1*},
NURUL SHAHIRAH AZIZ¹, KHAIRUL FARIHAN KASIM² dan
NOORUL SYUHADA MOHD RAZALI¹

¹Pusat Bioteknologi dan Makanan Berfungsi, Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM BANGI, Selangor, Malaysia

²School of Bioprocess Engineering, Universiti Malaysia Perlis (UniMAP),
01000 Kangar, Perlis, Malaysia

*E-mail: soffalina@ukm.edu.my

Accepted 9 May 2019, Published online 31 May 2019

ABSTRAK

Kajian ini dilakukan untuk menentukan kesan penambahan gam bendi (*Abelmoschus esculentus*) ke atas emulsi minyak dalam air. Gam bendi diperolehi melalui pengekstrakan akueus dan dikering bekukan sebelum dilarutkan semula mengikut kepekatan yang dikehendaki. Minyak kelapa sawit (20%) digunakan bagi membentuk emulsi minyak dalam air dengan penambahan isolat protein wei (1%) sebagai pengemulsi. Sebanyak 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 dan 3.0% ditambah ke dalam formulasi emulsi yang dihasilkan. Analisis fizikokimia yang digunakan sebagai respons ialah ujian kelikatan, kadar pengkriman dan kadar penyingkiran protein permukaan. Emulsi kawalan yang distabilkan menggunakan protein wei (kawalan) adalah stabil sehingga hari ke-5 tanpa pengkriman secara signifikan ($p > 0.05$). Walau bagaimanapun, pengkriman berlaku pada hari ke 7 dan bertambah secara signifikan ($p < 0.05$) pada hari ke 10. Penambahan gam bendi pada kepekatan tinggi iaitu 2.0 dan 3.0% didapati membantu mengekalkan kestabilan emulsi minyak dalam air. Sampel kawalan mempunyai kelikatan yang paling rendah. Penambahan gam bendi dilihat menyebabkan kelikatan emulsi minyak dalam air yang dihasilkan juga bertambah mengikut kepekatan gam bendi yang digunakan. Terdapat peningkatan penyahjerapan protein daripada permukaan antara minyak dan air yang diakibatkan oleh penambahan gam bendi. Fenomena ini kelihatan lebih cenderung berlaku pada kepekatan gam bendi yang lebih rendah (0.5 dan 1.0%). Oleh yang demikian, gam bendi berpotensi digunakan di dalam produk berasaskan emulsi untuk meningkatkan kelikatan dan kestabilan terhadap pengkriman.

Kata kunci: Emulsi minyak dalam air, gam bendi, kadar pengkriman, protein permukaan

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of okra (*Abelmoschus esculentus*) gum addition on oil-in-water emulsion. Okra gum was obtained through aqueous extraction and freeze-dried before being reconstituted according to the desired concentration. Palm oil (20%) was used to form oil-in-water emulsion with the addition of whey protein isolate (1%) as an emulsifier. Okra gum was added at 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0% to the emulsion formulation. The physicochemical analyses evaluated were the viscosity, creaming rate and rate of surface protein removal. Control emulsion made with only whey protein isolate as emulsifier was stable until the 5th day without significant ($p > 0.05$) creaming observed. However, creaming happened on the 7th day and significantly increased ($p < 0.05$) up to the 10th day. Addition of okra gum at high concentration of 2.0 and 3.0% was found to help maintain the stability of the emulsions produced. The control sample had the lowest viscosity. Increase of okra gum concentration resulted in the increase of emulsion viscosity. There is an increase in the protein desorption from the interface caused by the addition of okra gum. This phenomenon appears to be more likely to occur at the lower concentration of okra gum (0.5 and 1.0%). In conclusion, okra gum can be potentially used in emulsion-based products to enhance the viscosity and stability towards creaming.

Key words: Okra gum; o/w emulsion; surface protein removal; viscosity

* To whom correspondence should be addressed.

PENGENALAN

Di dalam industri makanan, gam dan penstabil sering digunakan sebagai bahan tambah makanan yang memainkan peranan untuk memberikan pelbagai kesan terhadap ciri-ciri produk akhir sesuatu makanan. Gam di dalam industri makanan merujuk kepada gam tumbuhan yang kaya polisakarida larut air yang boleh menghasilkan larutan yang likat (Whistler, 2012).

Polisakarida larut air merupakan hidrokoloid yang penting dalam industri makanan dan boleh juga diaplikasikan di dalam industri bukan makanan. Antara hidrokoloid yang biasa digunakan sebagai bahan tambah makanan termasuk gam arab, xanthan dan karaya (Dogan & Kayacier, 2004; Kayacier & Dogan, 2006; Koocheki *et al.*, 2008). Selain pengemulsi seperti lesitin dan monogliserida, gam polisakarida juga selalu ditambah ke dalam makanan sebagai penstabil emulsi minyak dalam air (O/W) (Diftis *et al.*, 2005). Penambahan gam di dalam penyediaan emulsi adalah bukan sebagai pengemulsi yang sebenar. Hal ini adalah demikian kerana gam tidak bertindak sebagai pengemulsi disebabkan kekurangan ciri-ciri amfililik pada molekul polisakaridanya tetapi penambahannya hanya bertindak sebagai penstabil emulsi (Glicksman, 1969). Selain daripada itu, penambahan gam polisakarida ke dalam makanan boleh menghasilkan gel yang berbeza kekuatan dan kestabilan, serta dapat bertindak sebagai bahan penstabil, pemekat dan pengemulsi makanan yang baik (BeMiller & Whistler, 2012; Bender, 2009).

Bendi atau nama botaninya *Abelmoschus esculentus* L. merupakan sejenis sayuran yang mengandungi sejenis lendiran bergam yang likat (Rolland & Sherman, 2006; Whistler, 2012). Lendiran atau gam likat bendi adalah disebabkan oleh kandungan polisakaridanya yang boleh dieksploitasi untuk aplikasi makanan dan bukan makanan (Alba *et al.*, 2013; BeMiller & Whistler, 2012). Berdasarkan kajian daripada Kasetsart University, Bangkok, ekstrak bendi mempunyai kesan yang sama seperti penstabil komersial (Nosowitz, 2014) seperti gam arab, karagenan dan gam guar. Gam bendi juga dilaporkan dapat berfungsi sebagai agen penstabil makanan seperti dalam produk aiskrim (Potter & Hotchkiss, 2012), malah boleh menjadi pengganti lemak di dalam aiskrim (Aziz *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, gam bendi mempunyai potensi untuk digunakan sebagai penstabil di dalam produk berasaskan emulsi.

BAHAN DAN KAEDAH

Bahan untuk penghasilan emulsi minyak dalam air

Bahan-bahan utama yang digunakan untuk penghasilan emulsi minyak dalam air adalah minyak kelapa sawit cap Buruh dan bendi dengan indeks kematangan nombor 2 yang telah dibeli di pasaraya Econsave Kajang, Selangor, Malaysia. Indeks kematangan bendi diukur berdasarkan warna dan tekstur seperti yang dinyatakan oleh Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan (FAMA) (2008). Bendi dibeli pada hari yang berbeza ($n = 3$) untuk setiap replikasi. Isolat protein wei dibeli daripada LushProtein (PLT), Kuala Lumpur.

Pengekstrakan gam bendi

Pengekstrakan gam bendi dijalankan mengikut kaedah Aziz *et al.* (2018) menggunakan air pada nisbah 3:1 (air:bendi w/w). Bendi dibersihkan terlebih dahulu dan dipotong. Biji bendi diasingkan dengan menggunakan sebilah pisau. Bendi kemudiannya direndam pada suhu bilik di dalam bekas berisi air selama semalaman untuk melembutkan tekstur bendi sebelum dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam dan kemudiannya disejukkan ke suhu bilik. Campuran ditapis dan diperah dengan menggunakan kain muslin untuk memisahkan cecair lendiran bendi dan kulit bendi.

Gam bendi cecair yang diperolehi dikeringkan mengikut kaedah Ahmad Khorairi *et al.* (2018). Ekstrak gam bendi dibekukan pada suhu -18°C dan dikering beku pada -50°C, 0.033 mbar selama 24 jam (Hanil Freeze Dry CleanVac8). Gam bendi yang telah kering kemudiannya dikisar menjadi serbuk menggunakan mesin pengisar (Model MX-AC400, Panasonic, Malaysia) dan ditapis menggunakan penapis keluli tahan karat (No. 60–250 μm) sebelum disimpan pada suhu -20°C sehingga digunakan.

Penyediaan sampel emulsi minyak dalam air

Bagi penghasilan emulsi minyak dalam air, kaedah yang digunakan adalah berdasarkan Sun dan Gunasekaran (2007). Serbuk isolat protein wei (WPI) dilarutkan terlebih dahulu ke dalam air suling pada suhu bilik untuk membentuk larutan akhir berkepekatan 1% (w/v). Larutan WPI ini dikacau selama 1 jam menggunakan pengacau magnetik bagi menghasilkan larutan yang homogen. Seterusnya, minyak masak (20% kepekatan akhir) ditambah ke dalam larutan WPI dan campuran ini dihomogenkan (Ultra Turax, Ika T25, Jerman) selama 1 minit pada

10000 rpm untuk membentuk emulsi kasar dan kemudian dihomogenkan sekali lagi dengan menggunakan penghomogen bertekanan tinggi (Model Panda, No 2805, Itali). Gam bendi ditambah pada kepekatan yang berbeza iaitu 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 dan 3.0%. Sebanyak 0.02% natrium azida (NaN_3) telah ditambah sebagai agen antimikrob dan dikacau sebati bersama larutan emulsi. Komposisi sampel emulsi yang dihasilkan dalam kajian ini adalah seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 1. Jumlah air yang digunakan ditambah bagi melengkapkan peratusan komposisi emulsi kepada 100%.

Kadar pengkriman

Kadar pengkriman dikaji untuk menilai tahap kestabilan emulsi yang telah disediakan. Sampel emulsi disimpan di dalam bekas tertutup pada suhu bilik (25°C) selama sepuluh hari. Larutan emulsi menghasilkan dua lapisan iaitu lapisan atas krim dan lapisan serum (H_s) di bahagian bawah. Ketebalan lapisan atas, bawah dan keseluruhan (H_T) diukur setiap dua hari dan dianalisis pada hari pertama, kelima, ketujuh dan kesepuluh. Kadar penghasilan krim (CI) dikira mengikut formula daripada Gavligli *et al.* (2013):

$$CI = \frac{H_s}{H_T}$$

Analisis kelikatan

Kelikatan emulsi diukur pada suhu $25 \pm 0.1^\circ\text{C}$ menggunakan alat viskometer Brookfield. Gelendong yang digunakan bernombor 4 dengan diameter 26.1 mm dengan kelajuan gelendong 20, 50 dan 100 rpm.

Kadar penyingkiran protein permukaan

Kadar penyingkiran protein permukaan dijalankan menggunakan kaedah pengemparan emulsi bagi memisahkan emulsi kepada dua lapisan (Robert, 1994). Tujuan utama emparan dilakukan terlebih dahulu adalah untuk memastikan penghasilan mendakan dan lapisan atas yang jernih dan jelas. Lapisan bawah yang mengandungi serum diambil untuk diuji kandungan protein dengan menggunakan kaedah Kjeldahl (AOAC, 2000). Sebanyak 1 g sampel emulsi, 12-15 mL asid sulfurik (H_2SO_4) dan

7 g kalium sulfat (K_2SO_4) serta pemangkin kuprum dimasukkan ke dalam kelalang Kjeldahl. Kelalang kemudiannya dipanaskan pada suhu 400°C selama 60 minit. Sebanyak 50 mL air suling ternyahion panas ditambah ke dalam larutan selepas sampel disejukkan kepada suhu 20°C . Larutan natrium hidroksida (NaOH) ditambah untuk penukaran ion amonium kepada gas amonia. Asid borik (4%) dituang ke dalam kelalang Erlenmeyer dan ditambah 2-3 titik metil merah sebagai indikator protein. Larutan asid borik diletakkan di hujung tiub gelas penyuling untuk memastikan tiub gelas terendam di dalam larutan untuk memerangkap gas amonia yang dibebaskan semasa penyulingan. Kandungan protein dikira berdasarkan formula:

$$\% N = \frac{\text{Normaliti } \text{H}_2\text{SO}_4 \times (\text{mL asid untuk sampel emulsi ditambah gam bendi} - \text{mL asid untuk sampel emulsi tanpa penambahan gam bendi}) \times 14 \times 100}{\text{berat sampel} \times 1000}$$

$$\% \text{ Protein mentah} = \% N \times 6.00$$

*Faktor penukaran protein yang digunakan adalah berdasarkan gam makanan komersial: gam guar dan kacang lokus = 5.90 dan gam xanthan = 6.10.

Analisis data

Semua analisis fizikokimia telah dijalankan dalam tiga replikasi dan data dilaporkan sebagai min bagi setiap analisis. Analisis varians (ANOVA) dan Tukey (ujian post-hoc) dijalankan dengan menggunakan perisian Minitab versi 17.0. Keputusan dilaporkan mempunyai perbezaan signifikan apabila $p < 0.05$.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Kadar pengkriman

Kestabilan penyimpanan emulsi dengan penambahan gam bendi telah ditentukan selepas 1, 5, 7 dan 10 hari dengan mengukur kadar pengkriman emulsi (Jadual 2). Emulsi yang distabilkan menggunakan isolat protein wei (kawalan) adalah stabil sehingga hari kelima tanpa pengkriman secara signifikan ($p > 0.05$). Walau-

Jadual 1. Komposisi bahan-bahan di dalam formulasi minyak dalam air

Bahan-bahan (%)	Sampel				
	Kawalan	GB 0.5	GB 1	GB 2	GB 3
Gam bendi	0.00	0.50	1.00	2.00	3.00
Minyak kelapa sawit	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Isolat protein wei	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Natrium azida	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Air suling	78.98	78.48	77.98	76.98	75.98

Jadual 2. Indeks pengkriman emulsi minyak dalam air bagi 1, 5, 7 dan 10 hari penyimpanan pada 25°C

Hari penyimpanan	Sampel				
	Kawalan	GB 0.5	GB 1	GB 2	GB 3
1	0 ^e	0.11 ± 0.03 ^b	0 ^e	0 ^e	0 ^e
5	0 ^e	0.14 ± 0.04 ^{bc}	0.08 ± 0.03 ^b	0 ^e	0 ^e
7	0.10 ± 0.02 ^c	0.16 ± 0.01 ^b	0.11 ± 0.02 ^c	0.03 ± 0.02 ^d	0.05 ± 0.01 ^d
10	0.27 ± 0.03 ^a	0.29 ± 0.04 ^a	0.34 ± 0.06 ^a	0.09 ± 0.02 ^c	0.12 ± 0.04 ^{bc}

Nota: ^{a-e} Abjad superskrip yang berbeza menunjukkan perbezaan signifikan ($p < 0.05$) antara sampel.

bagaimanapun, pengkriman berlaku pada hari ketujuh dan bertambah secara signifikan ($p < 0.05$) pada hari kesepuluh. Penambahan gam bendi pada kepekatan tinggi iaitu 2.0 dan 3.0% didapati membantu mengekalkan kestabilan emulsi minyak dalam air. Ini dapat dibuktikan melalui indeks pengkriman yang dilihat lebih rendah ($p < 0.05$) berbanding sampel kawalan. Sampel GB 2 merekodkan indeks pengkriman yang terendah (0.09) pada hari kesepuluh penyimpanan. Hasil kajian ini mendapati penambahan gam bendi pada kepekatan rendah iaitu 0.5 dan 1.0% tidak membantu mengekalkan kestabilan emulsi. Hal ini dapat dilihat dengan peningkatan indeks pengkriman melebihi sampel kawalan pada hari pertama dan kelima penyimpanan.

Indeks pengkriman dikaji bagi mendapatkan gambaran kesan penambahan gam bendi ke atas kestabilan emulsi. Satu emulsi yang stabil adalah apabila titisan-titisan kecil kekal mengecil dan terpisah secara baik di mana pergerakan Brownian sendiri mengekalkan emulsi terserak secara sama sesama fasa berterusan. Pengkriman adalah pergerakan oleh titisan minyak di bawah graviti untuk membentuk satu lapisan krim yang pekat pada atas emulsi minyak dalam air (Philips & Williams 2009). Hidrokoloid sering digunakan sebagai agen pemekat dalam emulsi makanan untuk melambatkan kadar pengkriman disebabkan kebolehan hidrokoloid menambah kelikatan emulsi (Dickinson 2003).

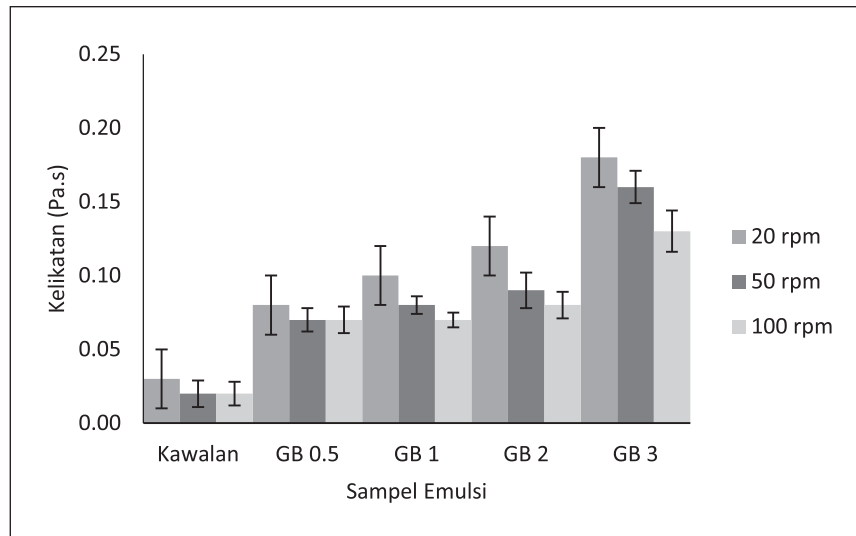
Secara umumnya, kesan penstabilan gam bendi dalam emulsi mungkin disebabkan peningkatan kelikatan fasa berterusan mengelilingi titisan minyak, sekaligus membataskan pergerakan titisan minyak emulsi (Gavligi *et al.*, 2013). Selain daripada kesan pemekatan, terdapat juga kesan pemisahan fasa disebabkan oleh ketidakserasian termodinamik polisakarida dan titisan emulsi. Pemisahan ini boleh menjadi lebih ketara apabila kepekatan emulsi bertambah dengan kehadiran polisakarida serta boleh terjadi dengan pantas bergantung kepada kepekatan fasa serum dan kebolehtelapan struktur penggumpalan titisan (Blijdenstein *et al.*, 2004).

Dapatan kajian ini menunjukkan gam bendi mempunyai kesan yang sama seperti dilaporkan dengan penggunaan gam guar, gam arab dan gam xanthan yang didapati mampu untuk melambatkan kadar pengkriman pada kepekatan yang tinggi, tetapi lebih cenderung untuk menyebabkan ketidakstabilan dalam emulsi pada kepekatan yang rendah. Hal ini adalah bercanggah dengan fenomena yang berlaku dalam emulsi yang distabilkan oleh protein dan juga surfaktan dengan berat molekul rendah (Singh *et al.*, 2003).

Walaupun polisakarida tidak menjerap mendorong pengurangan penggumpalan dalam emulsi pada semua kepekatan, tetapi kestabilan pengkriman emulsi sangat bergantung kepada kepekatan polisakarida. Polisakarida pada kepekatan yang tinggi dilihat mampu untuk menstabilkan emulsi dan pada kepekatan yang rendah didapati boleh menjejaskan kestabilan (Parker *et al.*, 1995). Kenyataan ini juga disokong oleh kajian yang dilakukan oleh Cao *et al.* (1990), apabila gam xanthan ditambah pada kepekatan yang rendah dalam emulsi dengan 1% kasinat telah menyebabkan penggumpalan titisan minyak yang mengakibatkan pengkriman dan pemisahan fasa berlaku dengan pantas.

Kelikatan

Kelikatan kesemua sampel emulsi minyak dalam air adalah seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1. Sampel kawalan mempunyai kelikatan yang paling rendah. Penambahan gam bendi dilihat menyebabkan kelikatan emulsi dalam minyak yang dihasilkan juga bertambah mengikut kepekatan gam bendi yang digunakan. Hal ini mungkin berkait dengan dapatan kajian yang menunjukkan kadar pengkriman yang rendah apabila gam bendi meningkat. Hal ini berlaku disebabkan immobilisasi titisan minyak yang tersebar dalam rangkaian gel yang lemah oleh gam yang digunakan (Dickinson, 2003). Penggunaan campuran protein dan polisakarida banyak berlaku dalam pelbagai produk makanan. Dalam emulsi makanan, protein digunakan secara umum untuk menstabilkan titisan minyak manakala polisakarida pula pada



Rajah 1. Kelikatan emulsi minyak dalam air pada ricihan 20, 50 dan 100 rpm.

kebiasaannya ditambah bagi meningkatkan kelikatan atau untuk mendapatkan produk seperti gel (Dickinson, 1995). Kajian Ahmad Khorairi *et al.* (2018) ke atas gam bendi mendapati peningkatan kelikatan hanya dapat dikesan secara signifikan jika gam bendi ditambah melebihi 1.0%. Di samping itu, gam bendi dilaporkan mempunyai ciri-ciri ricihan menipis, iaitu kelikatan yang berkurangan apabila kadar ricihan meningkat. Hal ini dapat diperhatikan dalam kajian ini seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1, iaitu pengurangan kelikatan apabila ricihan meningkat.

Kadar penyingkiran protein permukaan

Rajah 2 menunjukkan peratusan protein yang tersingkir daripada permukaan antara minyak dan air di dalam emulsi yang dihasilkan. Isolat protein wei (WPI) adalah pengemulsi berasaskan protein yang digunakan secara meluas. WPI mengandungi kedua-dua bahagian hidrofobik dan hidrofilik serta boleh menjerap dengan cepat antara permukaan minyak dan air dan memberikan sokongan struktur kepada titisan minyak melalui kombinasi interaksi antara elektrostatis dan sterik (Djordjevic *et al.*, 2004).

Sehingga kini kajian yang semakin meluas telah dilakukan untuk mengeksplorasi kelebihan gabungan protein dan hidrokoloid sebagai bahan berfungsi melalui pembangunan kompleks protein-polisakarida yang bertindak secara sinergi sebagai pengemulsi dan penstabil (Dickinson, 2008a, 2008b; Guzey & McClements, 2006). Gam okra merupakan polimer anionik yang terdiri daripada monomer galaktosa, ramnosa dan asid galakturonik. Oleh itu, kemungkinan kurang interaksi ikatan antara molekul berlaku dengan protein (Brar &

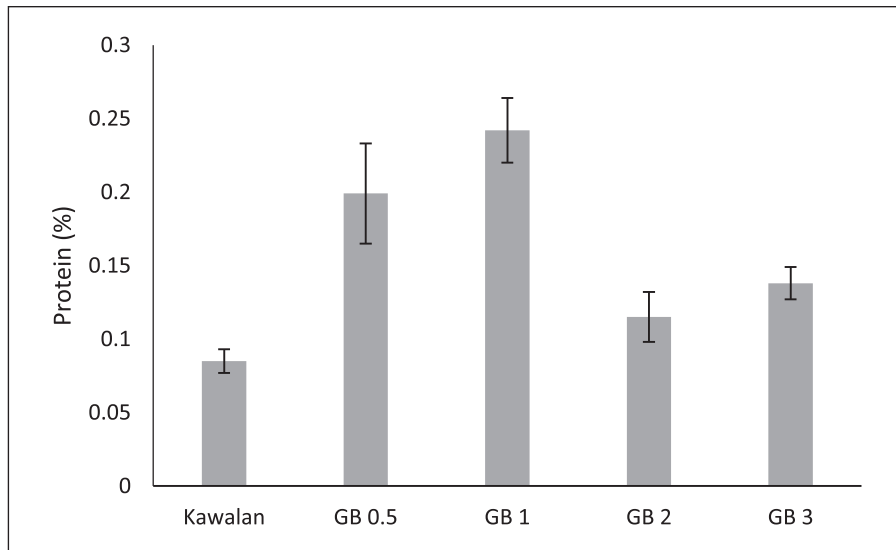
Kaur, 2018). Dalam kajian ini, peratusan protein yang dikesan pada emulsi kawalan dianggap sebagai protein lebihan yang tidak terjerap pada mana-mana titisan minyak semasa pembentukan emulsi (Rajah 2). Terdapat peningkatan penyahjerapan protein daripada permukaan antara minyak dan air yang diakibatkan oleh penambahan gam bendi. Fenomena ini kelihatan lebih cenderung berlaku pada kepekatan gam bendi yang lebih rendah (0.5 dan 1.0%).

KESIMPULAN

Penambahan gam bendi pada emulsi minyak dalam air yang distabilkan dengan WPI menunjukkan ketahanan terhadap pengkriman, peningkatan kelikatan dan penyahjerapan protein permukaan selaras dengan pertambahan gam bendi. Penggunaan gam bendi pada 2.0 dan 3.0% mempunyai kesan yang positif berbanding pada kepekatan 0.5 dan 1.0%. Oleh yang demikian, gam bendi berpotensi digunakan di dalam produk berasaskan emulsi untuk meningkatkan kelikatan dan kestabilan terhadap pengkriman.

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia yang menyediakan dana Penyelidikan GGPM-2017-065 serta Pusat Bioteknologi dan Makanan Berfungi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, di atas fasiliti yang disediakan bagi menjalankan penyelidikan ini.



Rajah 2. Kadar penyingkiran protein permukaan di dalam sampel emulsi minyak dalam air.

RUJUKAN

- Ahmad Khorairi, A.N.S., 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. *Malaysia Applied Biology Journal*, **47(5)**: 1-8.
- Alba, K., Ritzoulis, C., Georgiadis, N. & Kontogiorgos, V. 2013. Okra extracts as emulsifiers for acidic emulsions. *Food Research International*, **54(2)**: 1730-1737.
- AOAC 2000. Method 939.02 Protein (Milk) in Milk Chocolate Kjeldahl Method. Official Methods of Analysis. Ed. ke-17. Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International.
- Aziz, N.S., Sofian-Seng, N.S., Yusop, S.M., Kasim, K.F. & Mohd Razali, N.S. 2018. Functionality of okra gum as a novel carbohydrate-based fat replacer in ice cream. *Food Science and Technology Research*, **24(3)**: 519-530.
- Bemiller, J.N. & Whistler, R.L. 2012. *Industrial Gums: Polysaccharides and their derivatives*. Ed. ke-3. Academic Press, London.
- Bender, D.A. 2009. *A Dictionary of Food and Nutrition*. Ed. ke-3. Oxford University Press Inc., UK.
- Blijdenstein, T.B.J., Zoet, F.D., van Vliet, T., van der Linden, E. & van Aken, G.A. 2004. Dextran-induced depletion flocculation in oil-in-water emulsions in the presence of sucrose. *Food Hydrocolloids*, **18(5)**: 857-863.
- Cao, Y., Dickinson, E. & Wedlock, D.J. 1990. Creaming and flocculation in emulsion containing polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, **4(3)**: 185-195.
- Dickinson, E. & Golding, M. 1997a. Depletion flocculation of emulsions containing unadsorbed sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*, **11(1)**: 13-18.
- Dickinson, E. & Golding, M. 1997b. Rheology of sodium caseinate stabilized in oil in water emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, **191(1)**: 166-176.
- Dickinson, E. 1995. *Emulsion stabilization by polysaccharides and protein-polysaccharides complexes*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, **17(1)**: 25-39.
- Diftis, N.G., Biliaderis, C.G. & Kiosseoglou, V.D. 2005. Rheological properties and stability of model salad dressing emulsions prepared with a dry-heated soybean protein isolate-dextran mixture. *Food Hydrocolloids*, **19(6)**: 1025-1031.
- Djordjevic, D., McClements, D.J. & Decker, E.A. 2004. Oxidative stability of whey protein-stabilized oil-in-water emulsions at pH 3: potential ω 3 fatty acid delivery systems (part b). *Journal of Food Science*, **69(5)**: C356-C362.
- Dogan, M. & Kayacier, A. 2004. Rheological properties of reconstituted hot salep beverage. *International Journal of Food Properties*, **7(3)**: 683-691.
- Gavlighi, A.H., Meyer, A.S., Zaidel, D.N.A., Mohammadifar, M.A. & Mikkelsen, J.D. 2013. Stabilization of emulsions by gum tragacanth (*Astragalus* spp.) correlates to the galacturonic acid content and methoxylation degree of the gum. *Food Hydrocolloids*, **31**: 5-14.
- Glicksman, M. 1969. Terminology and classification of gums. In: *Gum Technology in the Food Industry*. Academic Press, New York.

- Guzey, D. & McClements, D.J. 2006. Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, **128**: 227-248.
- Kayacier, A. & Dogan, M. 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. *Journal of Food Engineering*, **72(3)**: 261-265.
- Koocheki, A., Ghandi, A., Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A. & Vasiljevic, T. 2008. Effect of different temperature and hydrocolloids on rheological properties of ketchup. *Proceedings of the 9th International Hydrocolloids Conference*, Singapore.
- Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan, FAMA. 2008. Siri panduan kualiti kacang bendi.
- Nosowitz, D. 2014. Bring on the okra stabilized ice cream. <http://modernfarmer.com/2014/08/bring-okra-stabilized-ice-cream/> [23 Mei 2016]
- Philips, G.O. & Williams, P.A. 2009. *Handbook of Hydrocolloids*, 2nd ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
- Potter, N.N. & Hotchkiss, J.H. 2012. *Food Science: Fifth Edition*. Springer Science & Business Media, New York.
- Robert, K.S. 1994. *Protein Purification: Principles and Practice*. 3rd ed. Springer New York, New York.
- Rolland, J.L. & Sherman, C. 2006. *The Food Encyclopedia*. Robert Rose Inc., Canada.
- Singh, H., Tamehana, M., Hemar, Y. & Munro, P.A. 2003. Interfacial compositions, microstructure and properties of oil-in-water emulsions formed with mixtures of milk proteins and k-carrageenan: 1. Sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*, **17(4)**: 539-48.
- Sun, C. & Gunasekaran, S. 2007. Effects of protein concentration and oil-phase volume fraction on the stability and rheology of menhaden oil-in-water emulsions stabilized by whey protein isolate with xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, **23(1)**: 165-174.
- Whistler, R. 2012. *Industrial gums: Polysaccharides and Their Derivatives*, 2nd Ed. Elsevier Science, London.

