

Ciri-ciri fizikokimia dan emulsifikasi serbuk protein wei tahu

(Physicochemical and emulsification properties of tofu whey protein powder)

Madzlan Kasran

Pengenalan

Tauhu merupakan salah satu produk utama yang dihasilkan daripada protein soya yang sangat terkenal terutamanya di negara-negara Asia Timur dan Asia Tenggara. Kini ia telah mula menjadi popular di Eropah dan Amerika kerana ia adalah produk yang bernutrisi dan memberi faedah kesihatan kepada manusia. Tauhu tidak mengandungi kolesterol, rendah lemak dan mempunyai kandungan protein yang tinggi.

Penghasilan tauhu melibatkan proses pendidihan susu soya dan diikuti dengan proses pembekuan oleh bahan pembeku. Bahan pembeku yang paling banyak digunakan ialah sama ada kalsium sulfat atau glucono-delta-lactone (GDL). Dua proses yang terlibat dalam proses pembekuan ialah denaturasi protein dan disertai dengan pembekuan secara hidrofobik. Semasa proses pemanasan susu soya, ikatan hidrogen terputus dan menyebabkan protein hidrofobik yang berada di dalam struktur protein telah terkeluar daripada struktur tersebut. Oleh kerana protein yang terdenaturasi mempunyai cas yang negatif, penambahan kalsium sulfat atau GDL yang bercas positif telah meneutralkan cas tersebut dan berlaku proses agregasi dan terbentuknya tauhu.

Air yang terhasil daripada proses pembekuan tauhu dipanggil wei tahu. Ia merupakan sumber karbohidrat, protein dan magnesium yang baik. Wei ini mudah terurai kerana kandungan airnya yang tinggi dan mengandungi bahan-bahan bernutrisi bagi pertumbuhan bakteria. Pembuangannya tanpa dirawat boleh menimbulkan masalah alam sekitar dan industri. Oleh kerana wei tahu ini adalah sumber protein daripada sumber yang murah kerana nilai pasaran yang rendah, protein tersebut boleh diekstrak semula dan dijadikan sebagai ramuan makanan untuk diaplikasikan dalam produk-produk tertentu termasuk sebagai bahan pengemulsi. Pengekstrakan semula protein bukan sahaja dapat mengatasi masalah pencemaran alam sekitar dan pembuangan sisa industri malah boleh dijadikan sebagai sumber ramuan makanan yang memberi faedah kepada industri tersebut.

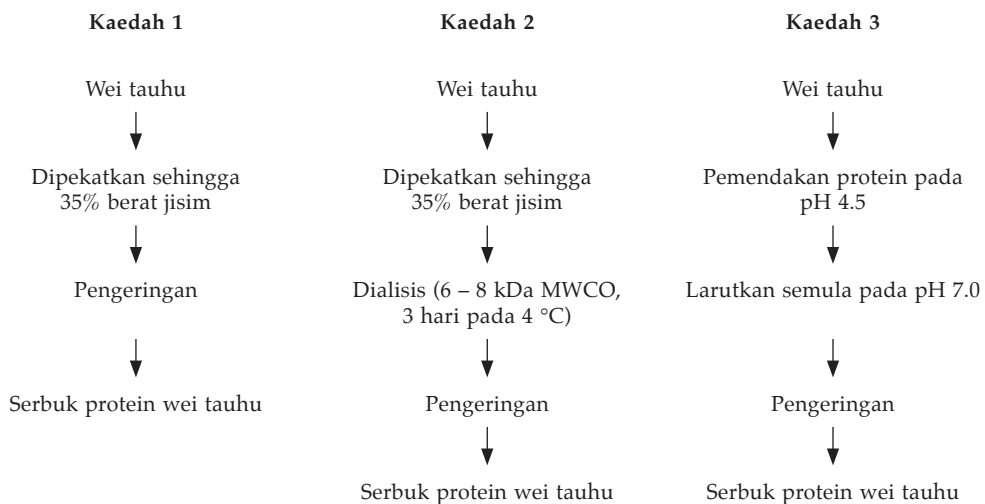
Ciri-ciri fizikokimia dan emulsifikasi tiga serbuk protein wei yang terhasil ditentukan. Ciri-ciri fizikokimia termasuk analisis proksimat, analisis asid amino, 'Fourier Transform Infrared' (FTIR) dan 'High Performance Size Exclusion Chromatography' (HPSEC). Ciri-ciri emulsifikasi diuji terhadap kestabilan 10% minyak kanola pada pH 7.0 dalam sistem emulsi dan disimpan selama 14 hari pada suhu 25 °C.

Penghasilan serbuk protein wei daripada larutan wei tahu

Larutan wei tahu diperoleh daripada kilang pemprosesan tahu. Dalam kajian ini, serbuk protein wei daripada pemprosesan tahu telah dihasilkan melalui tiga kaedah yang berlainan iaitu melalui pengeringan terus larutan wei selepas proses penghasilan tahu, proses dialisis sebelum pengeringan dan pemendakan protein melalui pengubahsuaian pH larutan wei pada pH 4.5 sebelum dikeringkan. Sifat fizikokimia dan emulsifikasi diuji bagi mendapatkan kaedah terbaik untuk menghasilkan serbuk protein wei yang mampu menstabilkan sistem emulsi yang paling berkesan. Kaedah pertama adalah pengeringan terus larutan wei kepada serbuk menggunakan kaedah pengeringan sembur kering. Kaedah kedua adalah dengan memekatkan larutan protein diikuti dengan proses dialisis dalam tiub dialisis dengan membran bersaiz berat molekul 6 – 8 kDa. Kaedah ketiga adalah memendekkan protein dengan mengubah pH larutan wei kepada pH 4.5. Selepas termendak protein dilarutkan semula pada pH 7 dan dikeringkan menggunakan pengering sejuk kering. Proses penghasilan serbuk protein wei tahu ditunjukkan seperti dalam *Rajah 1*.

Berat serbuk protein wei tahu yang diperoleh daripada ketiga-tiga kaedah tersebut ialah 59.27 ± 1.84 g atau 11.9% (kaedah 1), 17.60 ± 0.85 g atau 3.5% (kaedah 2) dan 5.87 ± 0.25 g atau 1.2% (kaedah 3). Pencirian sifat fiziko-kimia serbuk protein wei tahu dianalisis meliputi analisis kandungan proksimat, analisis asid amino, FTIR dan HPSEC.

Analisis kandungan proksimat ditunjukkan dalam *Jadual 1*. Analisis proksimat serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui pemendakan pada pH 4.5 (kaedah 3) menunjukkan kandungan protein yang tertinggi, diikuti oleh kaedah secara dialisis sebelum pengeringan (kaedah 2). Pengeringan secara terus larutan wei tahu menjadi serbuk (kaedah 1) menunjukkan kandungan protein yang paling rendah. Sebaliknya, kandungan



Rajah 1. Kaedah berbeza bagi proses penghasilan serbuk protein wei tahu

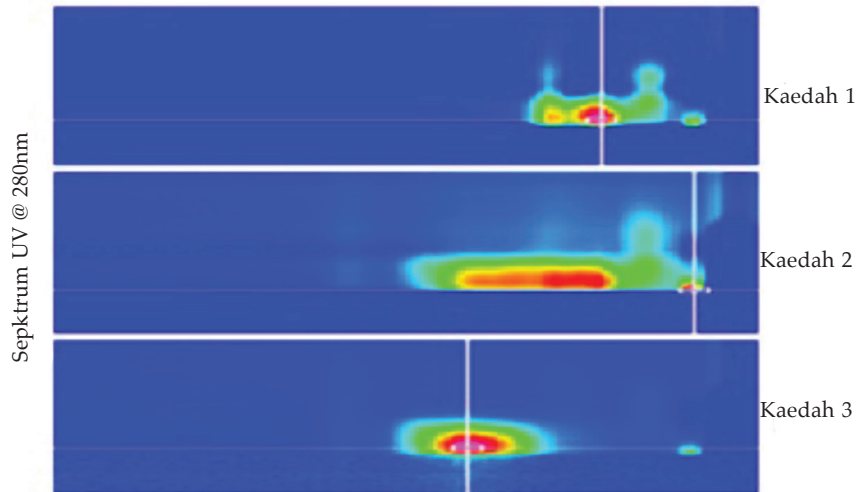
Jadual 1. Nilai pemakanan serbuk protein wei tauhu yang diekstrak melalui kaedah berbeza^a

	Protein (%)	Kelembapan (%)	Lemak (%)	Abu (%)	Kandungan gula (%)
Kaedah 1	17.88 ± 0.73	4.87 ± 0.21	0.08 ± 0.02	23.66 ± 0.09	32.01 ± 2.03
Kaedah 2	66.52 ± 0.35	7.15 ± 0.35	1.38 ± 0.03	3.33 ± 0.53	18.65 ± 1.32
Kaedah 3	79.68 ± 1.25	5.84 ± 0.24	1.15 ± 0.08	2.85 ± 0.25	6.04 ± 0.19

^aData adalah purata daripada tiga replikasi

jumlah gula dan abu dalam serbuk yang dihasilkan melalui pengeringan secara terus larutan wei tauhu adalah tertinggi berbanding dengan kaedah lain. Kandungan jumlah gula dan abu dalam serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui pemendakan pada pH 4.5 adalah terendah. Kandungan protein yang rendah dalam serbuk protein wei yang dihasilkan dalam kaedah 1 adalah kerana protein telah terkoagulasi semasa pembentukan tauhu sementara sebahagian gula terlarut di dalam larutan wei tauhu yang menyebabkan kandungan gula dalam serbuk protein wei tersebut adalah tinggi. Proses dialisis telah menapis keluar sebahagian besar kandungan gula di dalam air tapisan pemprosesan tauhu. Ini termasuklah komponen-komponen bersaiz kecil yang lain seperti asid amino bebas, peptida, asid organik dan mineral. Ini menjadikan kandungan gula dan abu berkurangan sementara kandungan protein meningkat. Walau bagaimanapun, saiz berat molekul 6 – 8 kDa belum mencukupi untuk mengeluarkan semua gula yang ada dalam larutan wei tauhu. Tiub dialisis dengan saiz berat molekul yang lebih besar diperlukan untuk menapis keluar gula yang ada dalam larutan wei tauhu. Pemendakan protein pada pH 4.5 adalah berdasarkan kepada jumlah cas positif dan negatif protein adalah kosong. Ini dikenali sebagai titik isoelektrik protein. Larutan protein akan bercas negatif apabila nilai pH adalah di atas titik isoelektrik dan bercas positif apabila nilai pH di bawah titik isoelektrik. Pada titik isoelektrik, apabila jumlah cas adalah kosong maka protein akan termendak. Oleh kerana kebanyakan protein termendak pada titik isoelektrik maka kandungan protein adalah tinggi.

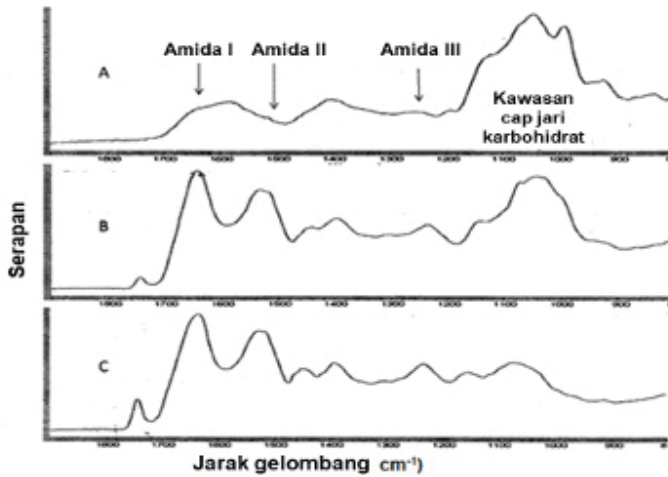
Analisis menggunakan HPSEC dijalankan untuk mengesahkan kehadiran protein dalam serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui pengesanan dalam spektrum ultraviolet. *Gambar 1* menunjukkan spektrum ultraviolet bagi serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui kaedah yang berbeza. Spektrum ultraviolet menunjukkan serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan pada kaedah berbeza mempunyai berat molekul yang berbeza. Kaedah 1 menghasilkan protein dengan berat molekul yang rendah sementara kaedah 3 menghasilkan protein dengan berat molekul yang tinggi. Protein dengan berat molekul campuran rendah dan tinggi pula terdapat dalam serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan dengan kaedah 2.



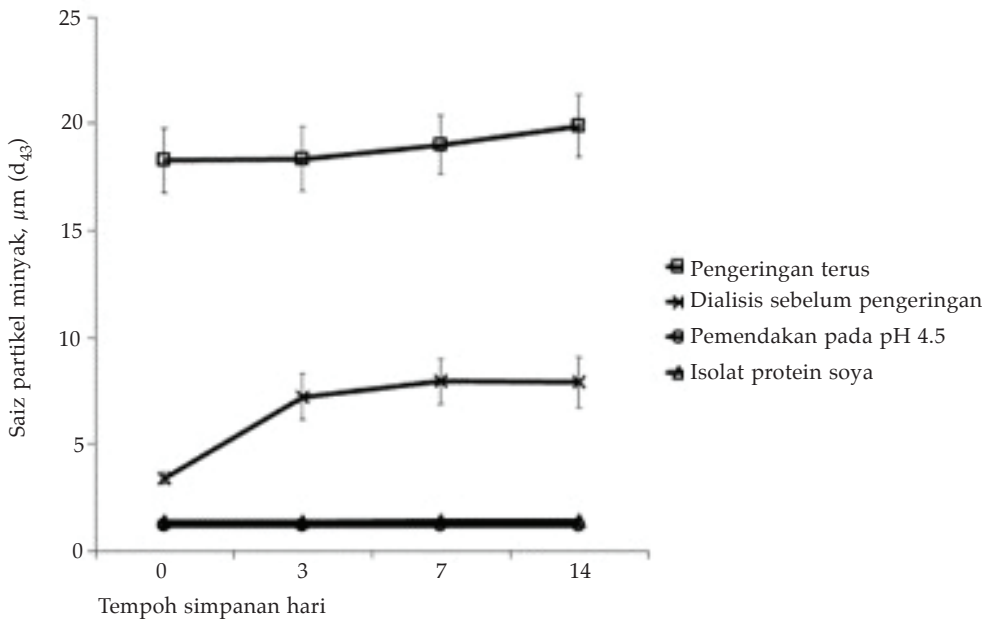
Gambar 1. Spektrum UV dalam analisis HPSEC bagi serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui tiga kaedah berbeza

Analisis FTIR ditunjukkan seperti dalam *Rajah 3*. Jalur amida yang timbul daripada getaran kumpulan peptida memberikan maklumat mengenai struktur sekunder polipeptida dan protein. Unit polipeptida dan ulangan protein menghasilkan sembilan ciri penyerapan dalam gelombang infra merah iaitu, amida A, B dan I-VII. Jalur amida I ($1,700 - 1,600 \text{ cm}^{-1}$), yang merupakan kawasan spektrum paling sensitif terhadap komponen struktur sekunder protein merupakan getaran regangan kumpulan karbonil ($\text{C} = \text{O}$) dalam kumpulan peptida. Jalur amida II ($1,480 - 1,575 \text{ cm}^{-1}$) adalah lenturan ikatan $\text{N} - \text{H}$ dan getaran regangan ikatan $\text{C} - \text{N}$. Jalur amida III ($1,229 - 1,301 \text{ cm}^{-1}$) juga berasal daripada lenturan ikatan $\text{N} - \text{H}$ dan getaran regangan ikatan $\text{C} - \text{N}$. Penyerapan amida III biasanya sangat lemah pada jarak gelombang infra merah.

Rajah 2 menunjukkan jalur Amida I, II dan III tidak begitu jelas kelihatan dalam serbuk protein wei tauhu yang diekstrak melalui kaedah 1. Ini mungkin disebabkan oleh kepekatan protein yang kurang dalam serbuk protein wei tauhu tersebut. Jalur amida I, II dan III lebih ketara dalam serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui kaedah 2 dan kaedah 3. Ia disebabkan oleh kepekatan protein yang lebih tinggi dalam serbuk protein wei tauhu tersebut yang menyumbang kepada jalur amida yang lebih kuat. Jarak gelombang antara $1,000$ dan $1,200 \text{ cm}^{-1}$ merupakan awasan cap jari karbohidrat. Oleh kerana kandungan gula dalam serbuk protein wei yang dihasilkan melalui kaedah 1 dan 2 adalah tinggi, awasany jalur karbohidrat di kawasan cap jari karbohidrat adalah tinggi. Ia selaras dengan analisis proksimat di mana kedua-dua serbuk wei tauhu ini mengandungi jumlah gula yang lebih tinggi. Jalur karbohidrat dengan keamatan yang rendah dapat diperhatikan pada awasan cap jari karbohidrat pada



Rajah 2. Spektrum FTIR bagi serbuk protein wei tauhu (A) Kaedah 1, (B) Kaedah 2 dan (C) Kaedah 3



Rajah 3. Purata saiz partikel (d_{43}) minyak kanola (10%) yang distabilkan oleh 0.8% serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan daripada kaedah berbeza dan disimpan selama 14 hari pada suhu 25 °C

serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui kaedah 3. Ini menunjukkan kewujudan molekul gula atau oligosakarida yang rendah seperti dibuktikan dalam analisis proksimat.

Komposisi asid amino (g/100 g protein) serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan melalui kaedah yang berbeza ditunjukkan seperti dalam *Jadual 2* dan dibandingkan dengan asid amino yang terdapat dalam isolat protein soya. Semua serbuk protein wei tauhu yang dihasilkan daripada kaedah yang berbeza kaya

Jadual 2. Komposisi asid amino serbuk wei tahu pada pengekstrakan yang berbeza dan dibandingkan dengan asid amino isolat protein soya daripada jumlah protein^a

Asid Amino	Kaedah 1 (%)	Kaedah 2 (%)	Kaedah 3 (%)	Isolat protein soya (%) ^b
Asid aspartik	10.40	10.75	9.49	10.20
Asid glutamik	17.71	16.9	18.09	17.45
Serina	4.52	4.81	4.41	4.59
Histidina *	2.00	2.28	2.05	2.30
Glisina □	4.24	3.7	3.21	3.60
Treonina *	3.41	3.8	2.75	3.14
Arginina	5.76	5.23	5.99	6.67
Alanina □	4.06	3.82	3.01	3.59
Tirosina	2.41	2.42	2.03	3.22
Sistina	1.12	1.65	1.14	1.05
Valina *□	2.65	2.48	3.09	4.10
Metionina *□	0.71	1.32	0.66	1.13
Fenilalanina *□	2.65	2.19	3.61	4.59
Isoleusina *□	2.52	2.50	3.16	4.25
Leusina *□	4.82	4.09	5.38	6.78
Lisina *	5.94	7.07	5.56	5.33
Prolina □	3.83	3.86	5.48	4.96
Triptofan *□	ND	ND	ND	1.12
Jumlah asid amino perlu	24.7	25.73	26.26	32.74
Jumlah asid amino hidrofobik	22.83	23.96	24.44	34.12
Jumlah asid amino	78.76	78.87	79.11	88.07

^aData adalah purata daripada tiga replikasi

^bUSDA National Nutrient Database for Standard Reference, SR24

*Asid amino perlu tidak termasuk triptofan

□Asid amino hidrofobik tidak termasuk triptofan

ND – tidak dianalisis

dengan asid glutamik. Ini diikuti dengan asid aspartik, serina, arginina, prolina, lisina dan leusina. Sebagai perbandingan, jumlah asid amino dalam semua serbuk protein wei tahu adalah lebih rendah berbanding dengan jumlah asid amino di dalam isolat protein soya. Begitu juga dengan asid amino perlu dan asid amino hidrofobik. Jumlah kandungan asid amino yang lebih tinggi dalam isolat protein soya selaras dengan kandungan proteinnnya yang lebih tinggi berbanding dengan serbuk protein wei tahu.

Keupayaan serbuk protein wei tahu sebagai agen pengemulsi
Keupayaan serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui kaedah berbeza dalam menstabilkan sistem emulsi minyak di dalam air seperti dalam *Rajah 4*. Sebanyak 10% minyak kanola dibaurkan dalam sistem emulsi yang mengandungi 0.8% serbuk protein wei tahu. Prapenghomogenan dilakukan dengan menghomogenkan larutan yang mengandungi air, minyak dan

serbuk protein wei tahu menggunakan alat penghomonogen selama lima minit pada suhu bilik. Selepas prapenghomonogenan, larutan emulsi dihomogenkan dengan penghomonogen bertekanan tinggi dengan operasi tekanan sebanyak 35 MPa. Tujuan menghomogenkan sistem emulsi dengan penghomonogen bertekanan tinggi adalah untuk menghasilkan emulsi dengan saiz partikel minyak yang lebih kecil dengan ukuran diameter partikel minyak bersaiz antara nanometer sehingga beberapa mikrometer. Saiz yang lebih kecil ini menjadikan sistem emulsi stabil untuk tempoh yang lebih lama.

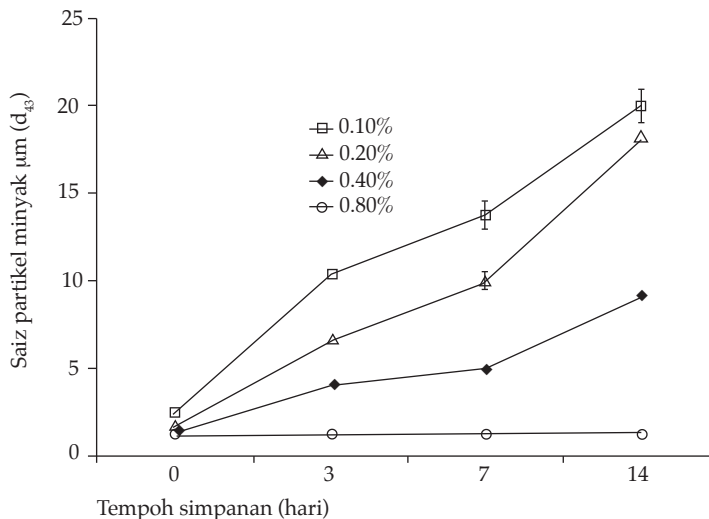
Rajah 3 menunjukkan purata saiz partikel minyak dalam sistem emulsi yang distabilkan oleh serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui kaedah berbeza. Perubahan saiz partikel minyak dipantau selama 14 hari pada suhu 25 °C. Data menunjukkan purata saiz partikel (d_{43}) minyak kanola yang dibaurkan dalam sistem emulsi mempunyai kestabilan yang berbeza bergantung kepada serbuk protein wei tahu yang digunakan sebagai bahan pengemulsi. Purata saiz partikel minyak kanola dalam sistem emulsi yang distabilkan oleh serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui pengeringan terus larutan wei (kaedah 1) menunjukkan saiz partikel yang terbesar berbanding dengan serbuk protein wei yang dihasilkan melalui kaedah lain. Data ini menunjukkan serbuk protein wei ini adalah bahan pengemulsi yang lemah.

Sistem emulsi yang distabilkan oleh serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui proses dialisis sebelum dikeringkan (kaedah 2) menunjukkan purata saiz partikel minyak yang lebih kecil berbanding dengan emulsi yang distabilkan oleh serbuk protein wei melalui kaedah 1. Serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui pemendakan protein larutan wei tahu pada pH 4.5 sebelum pengeringan (kaedah 3) menunjukkan sifat bahan pengemulsi yang terbaik. Purata saiz partikel minyak dalam sistem emulsi adalah terkecil dan purata saiz partikel minyak tersebut kekal stabil sepanjang penyimpanan selama 14 hari pada suhu bilik. Keupayaan serbuk protein wei tahu ini dalam menstabilkan emulsi adalah setara dengan emulsi yang distabilkan oleh isolat protein soya. Keupayaan serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui pemendakan protein larutan wei tahu pada pH 4.5 dalam menstabilkan emulsi adalah kerana kandungan proteinnya yang tinggi di samping rendahnya kandungan bendasing seperti gula yang terdapat dalam serbuk tersebut. Kehadiran bendasing dalam sistem emulsi mengganggu proses penyerapan protein terhadap minyak. Ini menyebabkan protein tidak dapat menstabilkan larutan emulsi dan akhirnya purata saiz partikel minyak menjadi besar dan sistem emulsi menjadi tidak stabil pada tempoh penyimpanan yang lebih lama.

Oleh kerana serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui pemendakan protein larutan wei tahu pada pH 4.5 dapat menstabilkan emulsi dengan lebih baik berbanding dengan serbuk protein wei tahu yang dihasilkan dengan kaedah lain, kajian

seterusnya dijalankan hanya dengan menggunakan serbuk ini. Kajian seterusnya yang dijalankan adalah untuk mendapatkan peratus kepekatan serbuk protein wei tauhu yang paling optimum bagi menstabilkan sistem emulsi untuk tempoh masa yang lebih lama.

Kajian yang dijalankan adalah dengan menyediakan empat tahap kepekatan serbuk protein wei iaitu 0.1, 0.2, 0.4 dan 0.8% dan dimasukkan ke dalam larutan emulsi yang mengandungi 10% minyak kanola. Selepas prapenghomogenan, larutan emulsi dihomogenkan dengan penghomogen bertekanan tinggi dengan operasi tekanan sebanyak 35 MPa. Perubahan purata saiz partikel minyak dipantau selama 14 hari pada suhu bilik. *Rajah 4* menunjukkan perubahan purata saiz partikel minyak larutan emulsi yang distabilkan oleh serbuk protein wei tauhu pada kepekatan yang berbeza. Larutan emulsi yang distabilkan oleh 0.1, 0.2 dan 0.4% serbuk protein wei tauhu menunjukkan peningkatan purata saiz partikel minyak dalam tempoh penyimpanan selama 14 hari pada suhu bilik. Semakin rendah kepekatan serbuk protein wei tauhu semakin besar purata saiz partikel minyak. Kepekatan serbuk protein wei tauhu sebanyak 0.8% berupaya menstabilkan larutan emulsi sepanjang tempoh penyimpanan selama 14 hari dengan purata saiz partikel minyak kekal tidak berubah sepanjang tempoh penyimpanan tersebut dengan saiz partikel (d_{43}) minyak kanola ialah sekitar 1.21 μm . Oleh itu, kepekatan serbuk protein wei tauhu sebanyak 0.8% adalah memadai untuk menstabilkan larutan emulsi dengan 10% kepekatan minyak kanola.



Rajah 4. Purata saiz partikel (d_{43}) minyak kanola (10%) yang distabilkan oleh serbuk protein wei tauhu (dimendakkan pada pH 4.5) pada kepekatan 0.1%, 0.2%, 0.4% dan 0.8% pada pH 7.0 dan disimpan selama 14 hari pada suhu 25 °C. Data diambil daripada tiga replikasi

Kesimpulan

Serbuk protein wei tahu telah dihasilkan daripada air tapisan pemprosesan tahu melalui 3 kaedah iaitu pengeringan larutan wei secara terus (kaedah 1), melalui proses dialisis sebelum dikeringkan (kaedah 2) dan pemendakan protein larutan wei tahu pada pH 4.5 yang kemudian dilarutkan semula pada pH 7 dan dikeringkan semula (kaedah 3). Serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui kaedah 3 mempunyai kandungan protein tertinggi berbanding dengan kaedah 1 dan 2. Sebaliknya kandungan gulanya adalah yang terendah. Serbuk-serbuk protein wei ini dengan kepekatan 0.8% diaplikasikan dalam sistem emulsi yang mengandungi 10% minyak kanola sebagai bahan pengemulsi. Kajian menunjukkan bahawa serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui kaedah 3 adalah serbuk protein wei yang terbaik sebagai bahan pengemulsi untuk menstabilkan sistem emulsi yang mengandungi 10% minyak kanola dan kepekatan 0.8% adalah kepekatan yang optimum.

Penghargaan

Setinggi-tinggi penghargaan ditujukan kepada Profesor Steve W. Cui daripada Guelph Food Research Centre, Kanada dan Profesor H. Douglas Goff daripada Universiti Guelph, Kanada atas khidmat nasihat dalam menjayakan projek ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Cathy Wang daripada Guelph Food Research Centre, Kanada dan En. Ahmad Haniff Jaafar juga daripada Universiti Guelph, Kanada kerana membantu menjayakan projek ini.

Bibliografi

- Cai, T.D. dan Chang, K.C. (1998). Characteristic of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. *Food Res. Int.* 31(4): 289 – 295
- Chove, B.E., Grandison, A.S. dan Lewis, M.J. (2001). Emulsifying properties of soy whey protein isolate fractions obtained by isoelectric precipitation. *J. Sci. Food Agric.* 81: 759 – 763
- Damodaran, S. (2005). Protein stabilization of emulsions and foams. *J. Food Sci.* 70: 54 – 66
- Dickinson, E. dan Stainsby, G. (1982). *Colloids in food*. London: Applied Science Publisher
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. dan Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350 – 356
- Haris, P.I. dan Severcan, F. (1999). FTIR spectroscopic characterization of protein structure in aqueous and non-aqueous media. *J. Molecular Catalysis B: Enzymatic* 7: 207 – 221
- Khajehpour, M., Dashnau, J.L. dan Vanderkooi, J.M. (2006). Infrared spectroscopy used to evaluate glycosylation of proteins. *Anal. Chem.* 348: 40 – 48
- Kohyama, K. dan Nishinari, K. (1992). The effect of glucono- δ -lactone on the gelation of soybean 11S protein: concentration dependence. *Food Hydrocolloids* 6: 263 – 274
- Krimm, S. dan Bandekar, J. (1986). Vibrational spectroscopy and conformation of peptides, polypeptides, and proteins. *Adv. Protein Chem.* 38: 181 – 364

- Matsudomi, N., Mori, H., Kato, A. dan Kobayashi, K. (1985). Emulsifying and foaming properties of heat-denatured soybean 11s globulins in relation to their surface hydrophobicity. *Agric Biol. Chem.* 49: 915 – 919
- McClements, D.J. (2005). *Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques*. Boca Raton: CRC Press
- Nguyen, T.L., Champagne, C.P., Lee, B.H. dan Goulet, J. (2003). Growth of *Lactobacillus paracasei* ssp. *Paracasei* on tofu whey. *Int. J. Food Microb.* 89: 67 – 75
- Surewicz, W.K. dan Mantsch, H.H. (1988). New insight into protein secondary structure from resolution-enhanced infrared spectra. *Biochim. Biophys. Acta* 952: 115 – 130
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release SR24. (2011). Soy protein isolate. NDB No: 16122
- Walstra, P. dan Smulder, P.E.A. (1998). Emulsion formation. Dalam: *Modern Aspects of Emulsion Science* (Binks, B.P.), m.s 59 – 99. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry
- Watanabe, T. dan Nakayama, O. (1962). Study of water-extracted protein of soybean. *J. Agric. Chem. Soc.* 36: 890 – 895

Ringkasan

Penghasilan tahu melibatkan proses pendidihan susu soya dan diikuti dengan proses pembekuan tahu. Bahan pembeku yang paling banyak digunakan ialah kalsium sulfat dan glucono-delta-lactone (GDL). Dua proses yang terlibat dalam proses pembekuan ialah denaturasi protein dan proses pembekuan secara hidrofobik. Air yang terhasil daripada proses pembekuan tahu dipanggil larutan wei tahu. Protein yang diekstrak semula boleh dijadikan sebagai bahan pengemulsi. Serbuk protein wei daripada pemprosesan tahu telah dihasilkan melalui tiga kaedah iaitu pengeringan terus larutan wei, proses dialisis sebelum pengeringan dan pemendakan protein pada pH 4.5 sebelum dikeringkan. Ciri-ciri fizikokimia dan emulsifikasi telah dijalankan iaitu analisis proksimat, analisis asid amino, 'Fourier Transform Infrared' (FTIR) dan 'High Performance Size Exclusion Chromatography' (HPSEC). Ciri-ciri emulsifikasi diuji terhadap kestabilan 10% minyak kanola dalam sistem emulsi dan kestabilan emulsi dipantau selama 14 hari pada suhu 25 °C. Serbuk protein wei daripada pemprosesan tahu yang dihasilkan melalui pemendakan protein larutan wei tahu pada pH 4.5 mempunyai kandungan protein tertinggi. Sebaliknya kandungan gulanya adalah yang terendah. Serbuk-serbuk wei protein ini kemudiannya diaplikasikan dalam sistem emulsi sebagai bahan pengemulsi. Kajian menunjukkan bahawa serbuk protein wei tahu yang dihasilkan melalui pemendakan protein larutan wei tahu pada pH 4.5 adalah serbuk wei protein yang terbaik sebagai bahan pengemulsi.

Summary

Tofu production involves boiling of soy milk followed by coagulation of tofu. The most commonly used coagulant are calcium sulfate and glucose-delta-lactone (GDL). Two processes involved in coagulation of tofu are denaturation of proteins and hydrophobic coagulation. The by-products resulting from the coagulation process is called tofu whey. The proteins extracted from tofu whey can serve as emulsifiers. The whey powder from tofu whey was produced by three methods i.e continuous drying of tofu whey, dialysis of tofu whey before drying and protein precipitation at pH 4.5 before drying. Physico-chemical and emulsification properties have been carried out which includes proximate analysis, amino acid analysis, FTIR and HPSEC. The emulsification properties were tested on 10% canola oil in the emulsion system and the stability of emulsion was monitored for 14 days at 25 °C. The whey protein powder produced from precipitation of tofu whey at pH 4.5 exhibited the highest protein content. However, the sugar content is the lowest. The protein powders extracted from three methods were then applied to the emulsion system as an emulsifier. Studies show that the whey protein powder produced by precipitation of tofu whey at pH 4.5 is the best whey protein powder as an emulsifier.

Pengarang

Madzlan Kasran (Dr.)

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: madzlan@mardi.gov.my