

PEMBANGUNAN EMULSI MINYAK KELAPA DARA

CHOO YUET YEE

**LATIHAN ILMIAH INI DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SEBAHAGIAN SYARAT UNTUK
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
MAKANAN DENGAN KEPUJIAN
(TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)**

**SEKOLAH MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2012**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

TUDUL: PEMBANGUNAN EMULSI MINYAK KELAPA DARAIJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN
(TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)
SESI PENGAJIAN: 2008/2012Saya CHOO YUET YEE

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/ Sarjana/ Doktor Falsafah) ini di simpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. ** Sila tandakan (/)

☐

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

☐

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

☒

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Y Y
(TANDATANGAN PENULIS)

Penyelia
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: NO-4, JALAN BESAR,
KAMPUNG BARU SUBANG, 40150
SHAH ALAM, SELANGOR

Pn. FAN HUI YIN
Nama Penyelia

Tarikh: 10/7/12Tarikh: 10/7/12

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampiran surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

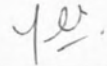


UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya mengakui bahawa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

26 JUN 2012



CHOO YUET YEE
(BN08110101)

PENGESAHAN

NAMA : CHOO YUET YEE
NO. MATRIK : BN08110101
TAJUK : PEMBANGUNAN EMULSI MINYAK KELAPA DARA
IJAZAH : IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)
TARIKH VIVA : 26 JUN 2012

DIPERAKUI OLEH

Tandatangan

1. Penyelia

Pn. Fan Hui Yin



2. Pemeriksa 1

En. Mansoor Abd Hamid



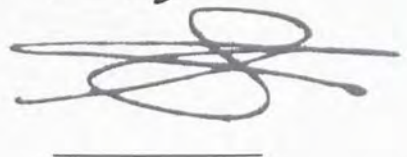
3. Pemeriksa 2

En. Mohd Nazri Bin Abdul Rahman



4. Dekan

Prof. Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani



PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih dirakamkan kepada Puan Fan Hui Yin atas segala nasihat, dorongan, bantuan dan keprihatinan semasa menyempurnakan tesis ini. Bimbingan, andangan dan tunjuk ajar yang dihulurkan oleh penyelia saya banyak membantu kepada kejayaan tesis ini. Saya amat menghargai kesabaran Puan Fan Hui Yin yang sedia berkongsi maklumat dan kepakaran semasa sesi penyeliaan sepanjang pengajian ini. Semangat kesabaran, pembacaan yang teliti serta maklumbalas daripada beliau yang menyakinkan amat membantu untuk menyempurnakan tesis ini.

Saya juga ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada pembantu-pembantu makmal di Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan yang menghulurkan bantuan kepada saya dalam penggunaan peralatan dan bahan kimia yang terlibat dalam kajian saya. Saya amat menghargai dan merakamkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan saya yang member dorongan dan tunjuk ajar semasa menganalisis data kajian.

Akhir sekali, ucapan jutaan terima kasih dirakamkan kepada kedua-dua ibubapa saya dan ahli keluarga yang telah memberi galakan, dorongan dan sokongan dari segi kewangan dalam menyempurnakan tesis ini.

Choo Yuet Yee

ABSTRAK

Pembangunan emulsi minyak kelapa dara telah dijalankan untuk menerokai penggunaan minyak kelapa dara dalam pelbagai bentuk produk. Dalam kajian ini, lapan formulasi (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 dan F8) direka dengan menggunakan peratusan minyak kelapa dara yang berlainan, antara 20% hingga 55% minyak kelapa dara. F4 dipilih sebagai formulasi terbaik melalui ujian sensori hedonik. F4 mengandungi 55.5% air, 35% minyak kelapa dara, 7% gula, 1% propilena glikol ester asid lemak, 0.5% kanji jagung terubahsuai, 0.5% gam guar, 0.4% vanillin dan 0.1% kalium sorbat. Kandungan nutrisi F4 yang dianalisiskan didapati mengandungi lembapan ($53.83 \pm 0.26\%$), lemak kasar ($25.7 \pm 0.38\%$), abu ($0.02 \pm 0.02\%$) dan karbohidrat ($20.44 \pm 0.17\%$). Penilaian mutu simpanan diadakan selama lapan minggu. Emulsi minyak kelapa dara F4 menunjukkan mengalami pemisahan lapisan air pada minggu ke-lapan. Kelikatan menunjukkan penurunan dari 23074.50 mPa ke 8507.83 mPa. Nilai peroksida mengalami peningkatan dari 2.42 ± 0.51 mEq/kg ke 4.83 ± 0.85 mEq/kg. Warna putih emulsi berkurangan dari nilai 75.91 ± 0.67 ke 67.69 ± 1.00 sepanjang tempoh penyimpanan. Emulsi minyak kelapa dara bertindakbalas secara songsang dengan tempoh penyimpanan. Ujian pengguna menunjukkan 60% pengguna berminat untuk membeli produk ini.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF VIRGIN COCONUT OIL EMULSION

The development of virgin coconut oil emulsion is to exploit the usage of virgin coconut oil in various product forms. There are eight formulas with different level and percentages of virgin coconut oil ranging from 20% to 55% are formed in this research. The fourth formula has been chosen as the best formula through hedonic test. The fourth formula comprises of 55.5% of water, 35% virgin coconut oil, 7% sugar, 1% propylene glycol ester of fatty acid, 0.5% guar gum, 0.5% modified corn starch, 0.4% vanilla powder and 0.1% potassium sorbate. The nutrient content showed that the fourth formulation of virgin coconut oil emulsion contains moisture content ($53.83 \pm 0.26\%$), crude fat content ($25.7 \pm 0.38\%$), ash ($0.02 \pm 0.02\%$) and carbohydrate content ($20.44 \pm 0.17\%$). Virgin coconut oil emulsion has gone through eight weeks of shelf life study. Separation of water phase and oil phase occur at the eighth week of storage. Peroxide value increases from 2.42 ± 0.51 mEq/kg to 4.83 ± 0.85 mEq/kg. The whiteness value of the emulsion changes from 75.91 ± 0.67 to 67.69 ± 1.00 . The shelf life study showed that the virgin coconut oil emulsion has changes reciprocally against storage time. Consumer test showed that 60% of consumer have interest in buying the virgin coconut oil emulsion.

ISI KANDUNGAN

	HALAMAN
TAJUK	i
PENGESAHAN	ii
PENGAKUAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
SENARAI ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv

BAB 1: PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	4

BAB 2: ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Emulsi	5
2.1.1 Jenis-jenis emulsi	6
2.1.2 Penyediaan emulsi	7
2.1.3 Homogenasi	7
2.1.4 Bahan emulsi	9
2.2 Minyak Kelapa	15
2.2.1 Sifat fizikokimia	15
2.2.2 Pengekstrakan minyak kelapa	16
2.2.3 Pemprosesan minyak kelapa	17
2.3 Minyak Kelapa Dara	18
2.3.1 Sifat fizikokimia	18
2.3.2 Pengekstrakan minyak kelapa dara	18
2.3.3 Pemprosesan minyak kelapa dara	20

2.4 Perbandingan antara Minyak Kelapa RBD (<i>Refined, Bleached, Deodorized</i>) antara Minyak Kelapa Dara	20
--	----

BAB 3: BAHAN DAN KAEDAH

3.1 Bahan-bahan	21
3.2 Formulasi	21
3.3 Penyediaan Emulsi Minyak Kelapa Dara	22
3.4 Ujian Sensori	23
3.4.1 Ujian Pemeringkatan	23
3.4.2 Ujian Hedonik	24
3.5 Ujian Fizikokimia	25
3.5.1 Ujian kelikatan	25
3.5.2 Ujian nilai peroksida	25
3.5.3 Ujian warna	26
3.6 Ujian Proksimat	26
3.6.1 Kandungan lembapan	26
3.6.2 Kandungan abu	27
3.6.3 Kandungan protein	27
3.6.4 Kandungan lemak kasar	28
3.6.5 Kandungan serat kasar	28
3.6.6 Kandungan jumlah karbohidrat	29
3.7 Ujian Mikrobiologi	29
3.7.1 Jumlah kiraan plat	29
3.7.2 Yis dan kulat	30
3.8 Ujian jangka hayat	30
3.8.1 Kestabilan emulsi	31
3.9 Ujian Pengguna	31

BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1 Ujian Sensori Pemeringkatan	32
4.2 Ujian Hedonik	33

4.2.1	Aroma	33
4.2.2	Tekstur	35
4.2.3	<i>Aftertaste</i>	36
4.2.4	Penerimaan keseluruhan	37
4.3	Pemilihan Formulasi Produk Akhir	37
4.4	Ujian Proksimat	38
4.5	Ujian Jangka Hayat	39
4.5.1	Ujian kestabilan	40
4.5.2	Kelikatan	41
4.5.3	Nilai peroksida	42
4.5.4	Warna	43
4.5.5	Mikrobiologi	45
4.6	Ujian Pengguna	45
4.6.1	Tahap kesukaan secara umum pengambilan emulsi	46
4.6.2	Tahap kesukaan aroma emulsi minyak kelapa dara	46
4.6.3	Tahap kesukaan tekstur emulsi minyak kelapa dara	47
4.6.4	Tahap kesukaan <i>aftertaste</i> emulsi minyak kelapa dara	48
4.6.5	Respon pengguna terhadap emulsi minyak kelapa dara	48
 BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN		
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Cadangan	51
 RUJUKAN		51
 LAMPIRAN		62

SENARAI JADUAL

	HALAMAN
Jadual 2.1 Kelas surfaktan molekul kecil yang digunakan dalam emulsi makanan	12
Jadual 2.2 Ciri-ciri fizikokimia minyak kelapa dara dan minyak kelapa RBD	20
Jadual 3.1 Formulasi emulsi minyak kelapa dara yang direka dan diubahsuaikan dengan merujuk kepada formula Troy (2005) dan Mathisen dan Mathisen (2009)	22
Jadual 3.2 Penyusunan sampel mengikut ujian pemeringkatan	23
Jadual 4.1 Keputusan skor min analisis varians dalam ujian sensori pemeringkatan untuk pemilihan formulasi terbaik	32
Jadual 4.2 Perbandingan skor min atribut-atribut antara F2, F3, F4 dan F5 untuk ujian hedonik	33
Jadual 4.3 Keputusan proksimat emulsi minyak kelapa dara F4	38
Jadual 4.4 Min ketinggian lapisan air terpisah daripada emulsi minyak kelapa dara F4	40
Jadual 4.5 Nilai peroksida emulsi minyak kelapa dara F4 sepanjang lapan minggu penyimpanan	42
Jadual 4.6 Keputusan warna bagi emulsi minyak kelapa dara F4 sepanjang lapan minggu penyimpanan	44
Jadual 4.7 Keputusan mikrobiologi emulsi minyak kelapa dara F4 sepanjang lapan minggu penyimpanan	45

SENARAI RAJAH

	HALAMAN
Rajah 4.1 Perubahan nilai min kelikatan emulsi minyak kelapa dara F4 sepanjang lapan minggu penyimpanan	41
Rajah 4.2 Tahap kesukaan secara umum pengambilan emulsi	46
Rajah 4.3 Tahap kesukaan aroma emulsi minyak kelapa dara F4	47
Rajah 4.4 Tahap kesukaan tekstur emulsi minyak kelapa dara F4	47
Rajah 4.5 Tahap kesukaan <i>aftertaste</i> emulsi minyak kelapa dara F4	48
Rajah 4.6 Gerak balas pengguna terhadap emulsi minyak kelapa dara F4	49

SENARAI SINGKATAN

LDL	<i>Low density lipoprotein</i>
HDL	<i>High density lipoprotein</i>
FDA	<i>Food Drug Administration</i>
AOAC	<i>American Official Analytical Chemist</i>
PCA	<i>Plate Count Agar</i>
PDA	<i>Potato Dextrose Agar</i>
F1	Formulasi 1
F2	Formulasi 2
F3	Formulasi 3
F4	Formulasi 4
F5	Formulasi 5
F6	Formulasi 6
F7	Formulasi 7
F8	Formulasi 8

SENARAI SIMBOL

ml	mililiter
°C	darjah celsius
g	gram
M	molar
cfu	<i>colony forming unit</i>
cm	sentimeter
mPa.s	<i>Milipascal second</i>
mEq	<i>Miliequivalents</i>

SENARAI LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Borang Ujian Pemeringkatan	63
Lampiran B Borang Ujian Hedonik	64
Lampiran C Borang Ujian Pengguna	67
Lampiran D Analisis ujian pemeringkatan ANOVA satu hala	68
Lampiran E Analisis ujian hedonik ANOVA satu hala	72
Lampiran F Gambar ujian kestabilan minyak kelapa dara dalam ujian jangka hayat	78
Lampiran G Keputusan min kelikatan	80
Lampiran H Analisis ujian nilai peroksida bagi ujian jangka hayat ANOVA satu hala	81
Lampiran I Analisis ujian warna bagi ujian jangka hayat ANOVA satu hala	84

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Minyak kelapa dara merupakan minyak sayuran daripada kelapa. Minyak kelapa mengandungi kandungan asid lemak tepu yang tinggi sebanyak 90% (Chakrabarty, 2009). Asid lemak tepu adalah tidak baik untuk kesihatan manusia. Akan tetapi, asid lemak dalam minyak kelapa dara adalah berantai sederhana (C8-C12) (Marina *et al.*, 2009a) dan asid lemak berantai sederhana merupakan asid lemak yang senang dicerna dan diresapi ke dalam badan manusia. Oleh itu, minyak kelapa dara merupakan minyak yang tidak mengandungi kolesterol dan membawa manfaat kepada manusia. Ia boleh membantu dalam pencegahan sakit jantung dan merendahkan kandungan kolesterol lipoprotein berketumpatan rendah (LDL) dalam badan manusia dan meningkatkan kolesterol lipoprotein berketumpatan tinggi (HDL) yang bermanfaat kepada kesihatan (Nevin dan Rajamohan, 2004).

Minyak kelapa dara adalah minyak yang tidak mengalami proses penulenan di mana suhu yang tinggi digunakan dalam proses pelunturan (90-120°C) dan penyahbauan (220-240°C). Pengekstrakan minyak kelapa dara dilakukan pada suhu yang rendah. Oleh itu, minyak kelapa dara mengandungi komponen semula jadi yang tidak dimusnahkan pada suhu yang tinggi. Komponen-komponen tersebut boleh membantu dalam pencegahan penyakit dan mempunyai fungsi antimikrobial. Minyak kelapa dara kaya dengan kandungan asid lemak laurik (C12:0). Asid lemak laurik akan ditukarkan kepada komponen yang baik iaitu monolaurin. Monolaurin merupakan monogliserida yang antiviral, antibakteria dan antiprotozoa. Ia boleh memusnahkan mikroorganisma yang membawa penyakit (Michael *et al.*, 2006).



Emulsi boleh dibahagikan kepada air dalam minyak (*water in oil*), dan minyak dalam air (*oil in water*). Emulsi terdiri daripada fasa minyak dan fasa air. Dalam fasa minyak, ia terdiri daripada campuran minyak sayuran, minyak perisa, vitamin larut dalam minyak, bahan bioaktif dan antioksidan. Manakala fasa air adalah terdiri daripada air, pelbagai jenis protein, gam, asid sitrik, bahan pengawet, pemanis dan garam (Smith, 2010). Emulsi boleh menukar struktur dan tekstur makanan serta rasa dalam mulut. Rasa dan tanggapan terhadap makanan merupakan faktor yang penting dalam pembangunan makanan pada zaman sekarang.

Dalam sistem makanan, lemak yang telah diemulsi memberi sumbangan kepada kualiti tekstur di dalam mulut, ia dapat menambahbaikan rasa kelembakan, kelicinan dan pengkriman makanan (George *et al.*, 2011). Masalah yang berlaku ke atas emulsi adalah tidak stabil dan mudah mengalami perpisahan kepada air dan minyak sepanjang penyimpanan. Oleh itu, protein dan hidrokoloid ditambahkan ke dalam sistem emulsi untuk penstabilan sistem. Hidrokoloid boleh meningkatkan kepekatan emulsi dan boleh melambatkan proses pemisahan air dan minyak (Arancibia *et al.*, 2011).

Kajian telah menunjukkan bahawa minyak kelapa dara boleh merendahkan kolesterol yang tidak baik iaitu lipoprotein berketumpatan rendah (LDL) dan meninggikan kandungan kolesterol lipoprotein berketumpatan tinggi (HDL) (Marina *et al.*, 2009a). Selain daripada itu, kajian juga menunjukkan pengambilan trigliserida yang berantai sederhana dapat membantu pengurusan berat badan. Minyak kelapa dara kaya dengan trigliserida yang berantai sederhana, maka pengambilan minyak kelapa juga boleh membantu dalam pengurusan berat badan. Kajian telah menunjukkan tikus yang mengambil trigliserida berantai sederhana dalam diet menunjukkan peningkatan berat yang rendah dan pengecilan saiz gedung lemak (*fat depot*) dalam badan (St-Onge dan Jones, 2002).

Minyak kelapa dara yang dijual di pasaran boleh dimakan secara langsung. Tujuan minyak kelapa dara dihasilkan dalam bentuk emulsi adalah untuk meninggikan kadar penyerapan asid lemak di dalam badan. Kajian menunjukkan minyak yang diemulsikan dapat merendahkan saiz titisan minyak dan memperbaiki sistem lipolisis dalam badan (Armand *et al.*, 1999). Emulsi dapat memperbaiki sistem pencernaan dan penyerapan. Minyak diemulsikan di dalam perut adalah langkah yang asas dalam pencernaan lemak dengan bantuan enzim lipase. Oleh itu, emulsi minyak dimakan akan melangkau langkah ini dan meningkatkan penyerapan (Raatz *et al.*, 2009).

1.2 Objektif

1. Membangunkan formulasi terbaik emulsi minyak kelapa dara melalui ujian sensori.
2. Mengkaji kandungan komposisi emulsi minyak kelapa dara formulasi terbaik melalui ujian proksimat.
3. Mengkaji jangka hayat emulsi minyak kelapa dara formulasi terbaik melalui ujian mikrobiologi dan ujian fizikokimia.
4. Mengkaji penerimaan pengguna terhadap emulsi minyak kelapa dara formulasi terbaik melalui ujian sensori.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Emulsi

Dalam sektor makanan, emulsi boleh dijumpai dalam bentuk pepejal, gas ataupun cecair. Contoh-contoh emulsi makanan adalah aiskrim, mayonis, dan adunan kek (Rousseau, 2000). Emulsi boleh ditakrifkan sebagai bahan yang mempunyai titisan kecil yang terjadi apabila suatu cecair dicampurkan dengan cecair yang berlainan dan saling tidak terlarut campur. Apabila air dan minyak digaul atau digoncang dengan kuat, emulsi air-dalam-minyak atau emulsi minyak-dalam-air akan terjadi dan ini bergantung kepada jumlah isipadu cecair yang digunakan (Brummer, 2006). Diameter titisan dalam emulsi adalah di antara 0.1 dan 100 μ m. Contoh makanan emulsi minyak-dalam-air ialah krim dan sos salad. Makanan emulsi air-dalam-minyak ialah mentega dan marjerin.

Ciri-ciri fizikokimia dan sensori bagi makanan dalam bentuk emulsi adalah dipengaruhi oleh bahan dan keadaan pemprosesan dalam pembentukan emulsi. Ciri-ciri fizikokimia dan sensori adalah penting bagi makanan kerana kualiti makanan seperti emulsi makanan adalah bergantung kepada rasa dan tekstur. Rasa dan tekstur makanan bergantung kepada komponen perisa, struktur yang dihasilkan oleh bahan makanan dan cara perisa dilepaskan dalam mulut (Dalglish, 2006).

Pemilihan jenis bahan mentah adalah penting dalam penghasilan emulsi makanan yang mempunyai atribut kualiti yang baik. Bahan-bahan mentah yang terlibat dalam penghasilan emulsi adalah seperti air, minyak, pengemulsi, agent pemekat, mineral, asid, alkali, vitamin, perisa, pewarna dan pengawet. Bahan-

bahan ini akan berinteraksi dan menghasilkan struktur makanan emulsi yang unik. Keadaah pemprosesan seperti pencampuran, homogenasi, pempasturan dan penyejukan juga merupakan langkah yang penting (McClements, 2005).

Dalam pemprosesan emulsi, minyak yang digunakan adalah penting. Ini adalah kerana minyak memainkan peranan yang penting dan merupakan bahan yang utama dalam emulsi. Keperluan untuk kualiti dan stabilasi produk mestilah diimbang dari segi ekonomi. Kandungan minyak dalam emulsi dikurangkan boleh mengurangkan perlaburan dalam produk akan tetapi ia juga akan menjejaskan kualiti emulsi yang dibuat. Pengurangan titisan minyak boleh melemahkan interaksi dan menjadi kurang stabil. Keadaan ini boleh diatasi dengan mengecilkan saiz titisan minyak dan ini akan memberikan emulsi kelihatan lebih berkrim (Smith dan Hui, 2004).

Proses emulsifikasi memberikan kebaikan kepada produk. Proses ini boleh mengelakkan minyak daripada pengoksidaan dan menjadi tengik. Ia dapat memanjangkan hayat minyak. Selain daripada itu, minyak kelapa dara diemulsikan lebih digemari dan diterima oleh pengguna (Piazza, 2011) dibandingkan dengan makan minyak tersebut secara langsung. Ia juga menjadikan minyak kelapa dara lebih mudah diserap dalam badan.

2.1.1 Jenis-Jenis Emulsi

Emulsi boleh dibahagikan kepada tiga kategori iaitu makro-emulsi, mini-emulsi dan mikro-emulsi. Makro-emulsi merupakan emulsi yang tidak stabil termodinamikanya dan julat saiz titisan adalah daripada $0.2\mu\text{m}$ hingga $50\mu\text{m}$. Mini-emulsi juga tidak stabil dari segi termodinamik tetapi ia lebih stabil daripada makro-emulsi. Saiz titisan adalah daripada $0.1\mu\text{m}$ hingga $0.4\mu\text{m}$. Mikro-emulsi merupakan emulsi yang paling stabil termodinamikanya dan saiz titisan adalah paling kecil iaitu 10nm hingga 100nm (Texter, 2001). Emulsi boleh dibahagikan kepada beberapa jenis iaitu

emulsi minyak-dalam-air, air-dalam-minyak dan pelbagai emulsi (*multiple emulsion*). Dalam emulsi minyak-dalam-air, titisan minyak berada pada fasa akues selanjara. Manakala emulsi air-dalam-minyak, minyak menjadi fasa selanjara (*continuous phase*) dan air menjadi '*dispersed phase*'.

2.1.2 Penyediaan Emulsi

Proses pengemulsian boleh dibahagikan kepada tiga langkah, iaitu pra-pengemulsian, pengemulsian halus dan penstabilan (Ariyaprakai, 2007). Pra-pengemulsian merupakan langkah pengabungan fasa air dan fasa minyak pada suhu yang tinggi. Emulsi yang mengandungi saiz titisan yang besar akan terhasil dalam langkah ini. Langkah seterusnya adalah pengemulsian halus, emulsi akan dipaksa dengan kuasa yang kuat sehingga saiz titisan menjadi kecil. Pencantuman dapat dielakkan kerana interfasa dilindungi oleh pengemulsi. Dalam penyediaan emulsi minyak-dalam-air, fasa selanjara adalah terdiri daripada air dan ia biasa mengandungi 60% hingga 95% air. Minyak dicampurkan ke dalam fasa air secara perlahan-lahan supaya titisan yang kecil dapat terjadi. Manakala emulsi air-dalam-minyak, minyak merupakan fasa selanjara. Pra-homogenasi dijalankan untuk menghasilkan emulsi kasar, kemudiannya emulsi kasar dihomogenkan oleh alat homogenasi.

2.1.3 Homogenasi

Homogenasi boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu homogenasi primer dan homogenasi sekunder. Homogenasi primer adalah untuk menjadikan dua cecair yang tidak terlarut campur kepada emulsi. Manakala homogenasi sekunder adalah untuk mengecilkan saiz titisan pada emulsi. Kebanyakan operasi pemprosesan makanan dan kajian makmal menyediakan emulsi dengan menggunakan dua prosedur ini. Alat homogenasi yang digunakan dalam kedua-dua prosedur ini adalah berlainan. Contoh alat homogenasi yang digunakan dalam penghasilan emulsi kasar ialah pengisar berkelajuan tinggi. Manakala contoh alat homogenasi

yang digunakan dalam homogenasi sekunder ialah alat homogenasi bertekanan tinggi (McClements, 2005).

Apabila emulsi mengalami proses homogenasi, titisan minyak menjadi kecil. Ini adalah disebabkan pemecahan titisan berlaku. Titisan yang bersaiz besar akan pecah menjadi titisan yang bersaiz kecil. Pemecahan titisan berlaku bergantung daya interfasa dan daya pemecahan. Daya interfasa adalah daya yang mengikat titisan dan daya ini adalah berkadar langsung dengan ketegangan interfasa. Daya pemecahan adalah dijanakan oleh alat homogenasi. Daya pemecahan bergantung kepada keadaan aliran semasa homogenasi dan jenis alat homogenasi yang digunakan (Walstra, 1993).

Daya luaran diperlukan untuk mengatasi daya interfasa yang besar dalam pemecahan titisan semasa homogenasi. Apabila ketiadaan daya luaran, titisan emulsi akan dalam bentuk sfera. Ini adalah kerana bentuk sfera dapat meminimumkan penyentuhan antara fasa minyak dan air. Daya pemecahan titisan mestilah melebihi daya interfasa. Jangka masa yang digunakan mestilah lebih lama daripada masa yang diperlukan untuk pemusnahan titisan, kerana titisan akan pecah apabila masa daya pemecahan adalah lebih lama daripada masa yang diperlukan untuk pemusnahan titisan (McClement, 2005).

Walstra (2003) melaporkan perlanggaran antara titisan kerap berlaku semasa proses homogenasi. Ini disebabkan oleh agitasi mekanikal yang kuat. Apabila titisan berlanggar antara sama lain, titisan mempunyai kecenderungan untuk bercantum. Fenomena ini dapat dielakkan dengan adanya pengemulsi. Pengemulsi akan menjadi lapisan untuk melindungi titisan daripada bercantum dengan titisan yang lain dan menjadi lebih stabil.

2.1.4 Bahan Emulsi

a) Lemak dan minyak

Lemak dan minyak juga dikenali sebagai lipid. Lipid merupakan kompaun yang larut dalam larutan organik dan tidak larut dalam air. Lipid termasuk trigliserida, sterol, monogliserida, digliserida, asid lemak bebas, lilin, vitamin larut dalam minyak dan sebagainya (Lawson, 1995). Sumber-sumber lemak dan minyak yang boleh dimakan adalah daripada tumbuh-tumbuhan, biji buah, kacang, haiwan dan ikan. Minyak dan lemak yang digunakan untuk menghasilkan emulsi makanan mestilah berkualiti dan bebas daripada bendasing. Minyak mesti bebas daripada fosfolipid, pigment, asid lemak bebas dan berbau tengik. Minyak yang biasa digunakan dalam industri makanan adalah minyak yang telah diproses iaitu telah melalui proses pelunturan dan penyahbauan (Akoh dan Min, 2002).

Lemak dan minyak mempengaruhi nutrisi, organoleptik dan sifat fizikokimia emulsi. Lipid membekalkan tenaga yang lebih tinggi (9 kcal/g) berbanding dengan protein (4 kcal/g) dan karbohidrat (4 kcal/g). Pengambilan lemak dan minyak yang berlebihan akan menjejaskan kesihatan. Oleh itu, kajian untuk menghasilkan emulsi yang rendah dengan kandungan lemak telah dijalankan. Ciri-ciri emulsi perlu difahami untuk menghasilkan emulsi yang rendah lemak supaya tidak menjejaskan tekstur dan organoleptik emulsi. van Aken *et al.*, (2011) melaporkan bahawa minyak boleh digantikan dengan agent pemekat untuk mendapat tekstur dan kelikatan yang baik.

Pembentukan kristal dalam lemak dan minyak berlaku pada suhu yang tertentu dan ini menjejaskan kestabilan emulsi. Darjah pengkristalan titisan minyak mempengaruhi kualiti emulsi. Titisan akan bercantum apabila globul lemak tidak stabil. Pengkristalan lemak akan memecahkan lapisan interfasa dan kristal akan menembusi lapisan tersebut. Ini akan melemahkan lapisan permukaan dan menjejaskan kestabilan emulsi (Dalglish, 2006). Selain daripada itu, fasa lipid mengalami perubahan disebabkan tindakbalas kimia. Perubahan kimia yang berlaku

RUJUKAN

- Akoh, C.C. dan Min, D.B. 2002. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. Marcel Dekker: New York.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis. 15th edition*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Applewhite, T.H. 1994. *Proceesings of the World Conference on Lauric Oils: Sources, Processing, and Applications*. USA: The American Oil Chemist Society.
- Arancibia, C., Jublot, L., Costell, E. dan Bayarri, S. 2011. Flavor release and sensory characteristics of o/w emulsions. Influence of composition, microstructure and rheological behavior. *Food Research International*. **44**: 1632-1641.
- Armand, M., Pasquier, B., Andre, M., Borel, P., Senft, M., Peyrot, J., Salducci, J., Portugal, H., Jaussan, V. dan Lairon, De. 1999. Digestion and absorption of 2 fat emulsion with different droplet sizes in th human digestive tract. *The Journal of Clinical Nutrition*. **70**: 1096-1106.
- Ariyaprakai, S. 2007. *Mechanism of Oil Transport by Micelles in Oil-in-Water Emulsions*. USA: ProQuest LLC.
- Asadi, M. 2007. *Beet-Sugar Handbook*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Babajide, J.M. dan Olatunde, O.O. 2010. Proximate Composition, Rheology and Sensory Qualities of Corn-Cocoyam Salad Cream. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. **5**(1):25-29.
- Barbosa, C.G.V. 2003. *Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas: Technical Manual*. Rome: Food & Agriculture Org.



- Bawalan, D.D. dan Chapman, K.R. 2006. *Virgin Coconut Oil: Production Manual for Micro- and Village-Scale Processing*. Bangkok: FAO.
- BeMiller, J.N. dan Whistler, R.L. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. USA: Academic Press.
- Bhosle, B.M. dan Subramanian, R. 2005. New approaches in deacidification of edible oils- a review. *Journal of Food Engineering*. **69**: 481-494.
- Boode, K., Walstra, P. dan Mostert, A.A. 1993. Partial coalescence in oil-in-water emulsions 2. Influence of the properties of fat. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. **81** : 139-151.
- Brown, A. 2010. *Understanding Food: Principles and Preparation*. USA: Cengage Learning.
- Brummer, R. 2006. *Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Campbell, B., Clapton, B. dan Catherine, T. 2002. *Food Technology*. UK: Heinemann.
- Chandan, R.C. 2006. *Manufacturing Yogurt And Fermented Milks*. USA: John Wiley & Sons.
- Chakrabarty, M.M. 2009. *Chemistry and Technology of Oils and Fats*. Mumbai: Allied Publishers.
- Che Man, Y.B., Suhardiyono, Asbi, A.B., Azudin, M.N. dan Wei, L.S. 1996. Aqueous enzymatic extraction of coconut oil. *Journal of the American oil Chemists Society*. **73**: 683-686.

- Che Man, Y.B., Abdul Karim, M.I.B. dan Teng, C.T. 1997. Extraction of coconut oil with *Lactobacillus plantarum* 1041 IAM. *Journal of the American Oil Chemists Society*. **74**:1115-1119.
- Chen, B.K. dan Diosady, L.L. 2003. Enzymatic aqueous processing of coconuts. *International Journal of Applied Science and Engineering*. **1**: 55-61.
- Christensen, F.M. 1991. Extraction by aqueous enzymatic processes. *Information*. **2**: 984-987.
- Cochran, W.G. dan Cox, G. M. 1957. *Experimental Designs. 2nd edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Dalgleish, D.G. 2006. Food emulsions – their structures and structure-forming properties. *Food Hydrocolloids*. **20**: 415-422.
- Day, L., Xu, M., Hoobin, P., Burgar, I. dan Augustin, M.A. 2007. Characterisation of fish oil emulsions stabilised by sodium caseinate. *Food Chemistry*. **105**: 469-479.
- Dayrit, F.M., Buenafe, O.E.M., Chainani, E.T., de Vera, I.M.S., Dimzon, I.K.D., Gonzales, E.G. dan Santos, J.E.R. 2007. Standards for essential composition and quality factors of commercial virgin coconut oil and its differentiation from RBD coconut oil and copra oil. *Philippine Journal of Science*. **136** (2): 119-129.
- de Wijk, R.A., van, G.L.J., Terpstra, M.E.J. dan Wilkinson, C.L. 2003. Texture of semi-solids; sensory and instrumental measurements on vanilla custard desserts. *Food Quality and Preference*. **14** (4): 305-317.
- de Wijk, R.A. dan Prinz, J.F. 2007. Fatty versus creamy sensations for custard desserts, white sauces, and mayonnaises. *Food Quality and Preference*. **18**(4): 641-650.

Dickinson, E. 1992. *Introduction to Food Colloids*. UK : Oxford University Press.

Dickinson, E. dan Davies, E. 1999. Influence of ionic calcium on stability of sodium caseinate emulsions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. **12**: 203.

Dickinson, E. dan McClements, D.J. 1995. *Advances in Food Colloids*. London: Chapman & Hall.

Dickinson, E. dan Stainsby, G. 1988. *Advances in Food Emulsions and Foams*. London: Elsevier.

Evans, D.F. dan Wennerstrom, H. 1994. *The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technology Meet*. New York: VCH Publishers.

Fennema, O.R. 1996. *Food Chemistry. 3rd edition*. New York: Marcel Dekker.

Fife, B. 2004. *The Coconut Oil Miracle*. New York: Penguin.

Flick, E.W. 1990. *Emulsifying Agents: An Industrial Guide*. USA: William Andrew.

Frost, M.B., Heymann, H., Bredie, W.L.P., Dijksterhuis, G.B. dan Martens, M. 2005. Sensory measurement of dynamic flavour intensity in ice cream with different fat levels and flavourings. *Food Quality and Preference*. **16**: 305-314.

George, A.A., Vingerhoeds, M.H. dan Rene, A.D. 2011. Textural perception of liquid emulsions: Role of oil content, oil viscosity and emulsion viscosity. *Food Hydrocolloids*. **25**: 789-796.

- Gharibzahedi, S.M.T., Mousavi, S.M., Hamed, M. dan Ghasemlou, M. 2012. Response surface modelling for optimization of formulation variables and physical stability assessment of walnut oil-in-water beverage emulsions. *Food Hydrocolloids*. **26**: 293-301.
- Guinard, J.X. dan Mazzucchelli, R. 1996. The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science & Technology*. **7**(7): 213-219.
- Gullapalli, R.P. dan Sheth, B.B. 1999. Influence of an optimized non-ionic emulsifier blend on properties of oil-in-water emulsions. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. **48**: 233-238.
- Guler, Z. dan Park, Y.W. 2009. Evaluation of chemical and color index characteristics of goat milk, its yoghurt and salted yoghurt. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. **11**: 37-39.
- Gunstone, F. 2009. *The Chemistry of Oils and Fats: Sources, Composition, Properties and Uses*. USA: John Wiley & Sons.
- Gunstone, F. 2011. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. USA: John Wiley & Sons.
- Hayati, I.B., Che Man, Y.B., Tan, C.P. dan Aini, I.N. 2009. Droplet characterization and stability of soybean oil/palm kernel olein O/W emulsions with the presence of selected polysaccharides. *Food Hydrocolloids*. **23**: 233-243.
- Handayani, R., Sulistyo, J. dan Rahayu, R.D. 2009. Extraction of Coconut Oil (*Cocos nucifera* L.) through Fermentation System. *Biodiveritas*. **10**(3): 151-157.
- Hasenhuettl, G.L. dan Hartel, R.W. 2008. *Food Emulsifiers and Their Applications*. USA: Springer.
- Hemat, R. 2003. *Principles of Orthomolecularism*. USA: Urotext.

Igoe, R.S. 2011. *Dictionary of Food Ingredients. 5th edition.* USA: Springer.

Iriart, C.H., Cerimedo, M.S.A., Candal, R.J. dan Herrera, M.L. 2011. Structures and stability of lipid emulsions formulated with sodium caseinate. *Current Opinion in Colloid & Interface Science.* **16**: 412-420.

Kasapis, S., Norton, I.T. dan Ubbink, J.B. 2009. *Modern Biopolymer Science: Bridging the Divide Between Fundamental Treatise and Industrial Application.* USA: Academic Press.

Krishna, G.A.G., Raj, G., Bhatnagar, A.S., Kumar, P.P.K. dan Chandrashekar, P. 2010. Coconut Oil: Chemistry, Production and Its Applications- A Review. *Indian Coconut Journal.* **73**(3): 15-27.

Kostyra, E. dan Pikielna, N.B. 2007. The effect of fat levels and guar addition in mayonnaise-type emulsions on the sensory perception of smoke-curing flavour and salty taste. *Food Quality and Preference.* **18**: 872-879.

Kulshreshtha, A.K., Singh, O.N. dan Wall, G.M. 2009. *Pharmaceutical Suspensions: From Formulation Development to Manufacturing.* USA: Springer.

Kurian, A. dan Peter, K.V. 2007. *Commercial Crops Technology: Vol.08. Horticulture Science Series.* New Delhi: New India Publishing.

Lakkis, J.M. 2007. *Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems.* USA: John Wiley & Sons.

Lawson, H. 1995. *Food Oils and Fats: Technology, Utilization, and Nutrition.* USA: Springer.

Mathisen, J.S. dan Mathisen, H. 2009. *Food supplement containing fish oil.* Patentdocs. <http://www.faqs.org/patents/app/20090074933>.

- Mathlouthi, M. dan Reiser, P. 1995. *Sucrose: Properties and Applications*. USA: Springer.
- Malone, M.E., Appelqvist, I.A.M. dan Nortan, I.T. 2003. Oral behaviour of food hydrocolloids and emulsions. Part 2. Taste and aroma release. *Food Hydrocolloids*. **17**: 775-784.
- Marie, S.A., Philippe, E., Rochard, S. dan Voilley, A. 2007. Kinetic study of the release of aroma compounds in different model food systems. *Food Research International*. **40**(4): 480-492.
- Martinez, A.J., Melendez, Vicario, I.M. dan Heredia, F.J. 2007. Rapid Assessment of Vitamin A Activity through Objective Color Measurements for the Quality Control of Orange Juices with Diverse Carotenoid Profiles. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **55**(8): 2808-2815.
- Marina, A.M., Che Man, Y.B. dan Amin, I. 2009a. Virgin coconut oil: emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*. **20**: 481-487.
- Marina, A.M., Che Man, Y.B., Nazimah, S.A.H. dan Amin, I. 2009b. Chemical properties of Virgin Coconut Oil. *Journal of American Chemists' Society*. **86**: 301-307.
- McClements, D.J. 1996. Principles of ultrasonic droplet size determination. *Langmuir*. **12**: 3454.
- McClements, D.J. 2005. *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques*. New York: CRC Press.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V. dan Carr, B.T. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. 4th edition. London : CRC Press.

- Mela, D.J., Langley, K.R. dan Martin, A. 1994. Sensory Assessment of Fat Content: Effect of Emulsion and Subject Characteristics. *Appetite*. **22**(1) : 67-81.
- Michael, T., Murray, Joseph, P. dan Lara, P. 2006. *The Condensed Encyclopedia of Healing Foods*. New York: Simon and Schuster.
- Mohos, F. 2010. *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications*. USA: John Wiley & Sons.
- Monganga, W.S. 2009. *Effect of Non Hydrogenated Cottenseed Oil on the Flavor Quality and Stability of High Oleic Low Linolenic Canola Oil During Potato Chip Processing*. USA: ProQuest.
- Murano, P. 2003. *Understanding Food Science and Technology*. USA: Wadsworth.
- Naczki, M. dan Shahidi, F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*. **1054**: 95-111.
- Nawar, W.W. 1996. *Food Chemistry. 3rd edition*. New York: Marcel Dekker.
- Nevin, K.G. dan Rajamohan, T. 2004. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and in vitro LDL oxidation. *Clinical Biochemistry*. **37**: 830-835.
- Nitisewojo, P. 1995. *Prinsip Analisis Makanan*. Selangor: UKM.
- Norde, W. 2003. *Colloids and Interphase in Life Sciences*. New York: Marcel Dekker.
- Ooi, C.K., Bhaskar, A., Yener, M.S., Tuan, D.Q., Hsu, J. dan Rizvi, S.S.H. 1996. Continuous supercritical carbon dioxide processing of palm oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. **37**: 233-237.

- Panda, H. 2004. *The Complete Technology Book On Natural Products (Forest Based)*. Delhi: National Institute of Industrial Re.
- Peter, K.V. 2004. *Handbook of Herbs and Spices, Vol. 2*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Pioch, D., Largueze, C., Graille, J., Ajana, H. dan Rouviere, J. 1998. Towards an efficient membrane based vegetable oils refining. *Industrial Crops and Products*. **7**: 83-89.
- Pradeepkumar, T. dan Kumar, P. 2008. *Management of Horticultural Crops: Vol.11 Horticulture Science Series: In 2 Parts*. India: New India Publishing.
- Raatz, S.K., Redmon, J.B., Wimmergren, N., Donadio, J.V. dan Bibus, D.M. 2009. Enhanced absorption of omega-3 fatty acids from emulsified compared with encapsulated fish oil. *Journal of American Diet Association*. **109**(6): 1076-1081.
- Reichman, D. 1992. *Characterization of hydrocolloids-surface activity and interactions with monomeric emulsifier at the interface*. Israel: The Hebrew University of Jerusalem.
- Rieger, M. 2006. *Introduction to Fruit Crops*. New York: Routledge.
- Rousseau, D. 2000. Fat crystal and emulsion stability - a review. *Food Research International*. **33**: 3-14.
- Ranken, M.D., Kill, R.C. dan Baker, C. 1997. *Food Industries Manual*. USA: Springer.
- Sengupta, R. dan Bhattacharyya, D.K. 1992. A comparative study between biofining combined with other processes and physical refining of high-acid mohua oil. *Journal of American Oil Chemists' Society*. **69**: 1146-1149.

- Shibamoto, T. dan Bjeldanes, L.F. 2009. *Introduction to Food Toxicology*. UK: Academic Press.
- Smith, J.S. dan Hui, Y.H. 2008. *Food Processing: Principles and Applications*. USA: John Wiley & Sons.
- Smith, J. 2010. *Functional Food Product Development*. New York: John Wiley & Sons.
- Smith, J. dan Shum, L.H. 2011. *Food Additive Data Book*. New York: John Wiley & Sons.
- Stauffer, C.E. 1999. *Emulsifiers*. Eagen Press Handbook. St. Paul: MN.
- St-Onge, M.P. dan Jones, P.J.H. 2002. Physiological Effects of Medium-Chain Triglycerides: Potential Agents in the Prevention of Obesity. *The Journal of Nutrition*. **132**: 329-332.
- Taherian, A.R., Fustier, P. dan Ramaswamy, H.S. 2006. Effect of added oil and modified starch on rheological properties, droplet size distribution, opacity and stability of beverage cloud emulsions. *Journal of Food Engineering*. **77**: 687-696.
- Texter, J. 2001. *Reactions and Synthesis in Surfactant Systems*. Boca Raton: CRC Press.
- Tipvarakankoon, T., Einhorn, S. dan Senge, B. 2010. Effect of modified Acacia gum (SUPER GUM™) on the stabilization of coconut o/w emulsions. *Food Hydrocolloids*. **24**: 595-601.
- Troy, D.B. 2005. *Remington: The Science and Practice of Pharmacy, 21th edition*. USA: Lippincott Williams & Wilkins.

- van Aken, G.A., Vingerhoeds, M.H. dan de Hooh, E. H.A. 2007. Food colloids under oral conditions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. **12**: 251-262.
- van Aken, G.A., Vingerhoeds, M.H. dan de Wijk, R.A. 2011. Textural perception of liquid emulsions: Role of oil content, oil viscosity and emulsion viscosity. *Food Hydrocolloids*. **25**: 789-796.
- Wan Rosli, W.I., Solihah, M.A. dan Mohsin, S.S.J. 2011. On the ability of oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) conferring changes in proximate composition and sensory evaluation of chicken patty. *International Food Research Journal*. **18**(4): 1463-1469.
- Warner, K. 1995. *Methods to Assess Quality and Stability of Oils and Fat-Containing Foods*. USA: The American Oil Chemists Society.
- Walstra, P. 1993. Principles of emulsion formation. *Chemical Engineering Science*. **48** :333.
- Walstra, P. 2003. *Physical Chemistry of Foods*. New York: Marcel Dekker.
- Williams, P.A. dan Phillips, G.O. 2003. *Texture in Foods. Vol. 1*. Boca Raton: CRC Press.
- Whitney, E., Whitney, E.N. dan Rolfes, S.R. 2010. *Understanding Nutrition*. USA: Cengage Learning.
- Xu, W., Nikolov, A. dan Wasan, D.T. 1998. The effect of many-body interaction on the sedimentation of monodisperse particle dispersion. *Journal of Colloid and Interface Science*. **197**: 160-169.