

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

UDUL: KAJIAN JENIS PELARUT DAN PENGAWALAN PEMBEKALAN HABA DALAM
PENGEKSTRAKAN OPTIMUM MINYAK MENTAH DEDAK PADI SABAH

JAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA

SESI PENGAJIAN: 2009 / 2010

Saya CHOOE TE LEIN

(HURUF BESAR)

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

1. Tesis adalah hak milik 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

JAMIUN MICHEAL

LIBRARIAN

STAFF

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: 30, TAMAN INDAH,

JALAN SELIMA 10,

70400 SEREMBAN, N.S.D.F.

Mdm CHOOE FAN HUI YIN

Nama Penyelia

Tarikh: 24.05.2010

Tarikh: 24.05.2010

PATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan 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).



**KAJIAN JENIS PELARUT DAN PENGAWALAN
PEMBEKALAN HABA DALAM PENGEKSTRAKAN
OPTIMUM MINYAK MENTAH DEDAK PADI
SABAH**

CHEOK EE LEIN

**LATIHAN ILMIAH DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
MAKANAN DENGAN KEPUJIAN DALAM BIDANG
SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2010**

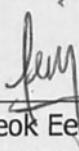


UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

16 April 2010



Cheok Ee Lein
HN 2006-3462

PENGESAHAN

NAMA : CHEOK EE LEIN
NO. MATRIK : HN2006-3462
TAJUK : KAJIAN JENIS PELARUT DAN PENGAWALAN PEMBEKALAN
HABA DALAM PENGEKSTRAKAN OPTIMUM MINYAK MENTAH
SABAH
PENGAJIAN : IJAZAH SARJANA MUDA
TARIKH VIVA : 13 MAY 2010

DIISYTIHARKAN OLEH

1. **PENYELIA**
Pn. Chloe Fan Hui Yin
2. **PEMERIKSA – 1**
Dr. Lee Jau Shya
3. **PEMERIKSA – 2**
Dr. Muhammad Iqbal Hashimi
4. **DEKAN**
Prof. Madya. Dr. Ismail Abdullah

Tandatangan



PENGHARGAAN

Secara ikhlasnya, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Pn. Chloe Fan Hui Yin kepada nasihat, bimbingan, penyeliaan, pertolongan, sokongan dan tunjuk ajaranya sepanjang tempoh penyelidikan dan projek akhir tahun saya di Universiti Malaysia Sabah (UMS). Pengawasan beliau dengan penuh kesempurnaan dan dedikasi berkenaan tesis saya sepanjang tempoh projek tahun akhir amat dihargai.

Selain itu, setinggi-tinggi terima kasih juga ingin diucapkan kepada semua pihak pengurusan dan kakitangan serta penolong makmal Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan (SSMP) seperti Pn. Zainab Aman, Pn. Marni Jasli dan Pn. Lucy Kimsui kerana menghulurkan pertolongan dan kerjasama untuk membolehkan saya berjaya menoktahi projek akhir tahun dengan lancar dan sempurna. Juga secara ikhlasnya, saya ingin meluahkan penghargaan kepada Pn. Nor Aemi Dawalih, penolong makmal Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat (SKTM) kerana beliau memberikan tunjuk ajar serta memberikan segala penerangan dan bantuan dalam tugas makmal saya di SKTM. Bantuan daripada semua penolong makmal telah menjadikan penyelidikan saya berilmu dan menggembirakan.

Ucapan ribuan terima kasih juga ingin saya tujui kepada ibu bapa dan ahli-ahli keluarga saya kerana saya dapat menempuh segala masalah yang dihadapi dengan lebih berkeyakinan dengan dorongan, galakan, sokongan dan cinta mereka. Penghargaan juga ingin saya lanjutkan kepada rakan-rakan kerana dengan sumbangan mereka, saya dapat mengatasi pelbagai masalah dan kesulitan yang dihadapi. Akhir sekali, saya ingin memohon ampun daripada semua pihak atas segala keterlanjuran perkataan, maaf atas pertuturan yang tidak terjaga dan kecuaian yang dilakukan dengan tidak sengaja sepanjang tempoh penyelidikan. Juga saya mengharapkan yang terbaik kepada semua pihak dan berdoa agar Tuhan memberkati semua. Sekian.

Cheok Ee Lein
16 April 2010

ABSTRAK

KAJIAN JENIS PELARUT DAN PENGAWALAN PEMBEKALAN HABA DALAM PENGEKSTRAKAN OPTIMUM MINYAK MENTAH DEDAK PADI SABAH

Kajian dijalankan untuk mengenalpasti skala pembekalan haba dan jenis pelarut yang sesuai bagi pengekstrakan minyak mentah dedak padi Sabah serta untuk mengkaji kesan gabungan skala pemanasan pengekstrakan optimum dan jenis pelarut yang berlainan ke atas kualiti minyak. Kaedah Soxhlet digunakan dalam pengekstrakan minyak mentah daripada dedak padi spesies MR159. Jumlah sebanyak 72 kali pengekstrakan minyak dilakukan bagi meliputi semua kombinasi parameter kajian. Kajian yang dijalankan adalah berasaskan empat jenis pelarut pengekstrakan iaitu etanol, isopropanol, heksana dan eter petroleum dengan skala pemanasan tiga, empat, lima, enam, dan tujuh serta penentuan kualiti minyak mentah asid-asid lemak bebas, nilai asid, nilai iodin dan nilai peroksida. Pengekstrakan minyak mentah dedak padi dengan pelarut etanol menunjukkan peratusan hasil yang paling tinggi (33.54 ± 2.70) pada skala pemanasan tujuh dengan kadar pengekstrakan enam titisan pelarut sesaat manakala peratusan hasil minyak mentah oleh pelarut isopropanol adalah paling tinggi (31.56 ± 5.08) pada skala pemanasan lima dengan kadar pengekstrakan lima titisan pelarut sesaat. Hasil minyak mentah bagi pengekstrakan menggunakan pelarut heksana menunjukkan peratusan yang paling tinggi (33.52 ± 3.15) pada skala pemanasan lima dengan kadar pengekstrakan enam titisan pelarut sesaat manakala bagi pengekstrakan menggunakan pelarut eter petroleum pula, hasil minyak mentah adalah paling tinggi (26.78 ± 1.13) pada skala pemanasan enam dengan kadar pengekstrakan lapan titisan pelarut sesaat. Keempat-empat jenis penentuan kualiti minyak mentah menyimpulkan bahawa heksana merupakan pelarut yang paling sesuai bagi pengekstrakan minyak mentah dedak padi Sabah dengan asid-asid lemak bebas ($10.04\pm0.03\%$), nilai keasidan (20.01 ± 0.32), nilai iodin (35.6 ± 0.4) dan nilai peroksida (0.6 ± 0.1) meq kg⁻¹.



ABSTRACT

Studied was carried out to identify suitable heat supply scale and type of solvent for Sabah rice bran crude oil extraction and to study the effect of optimum heat supply scale of extraction and different solvent on oil quality. Soxhlet technique is employed on the extraction of crude oil from rice bran species MR159. A total of 72 extractions were required to cover all possible combination of parameter. Studied was carried out with basis of four types of extraction solvents namely ethanol, isopropanol, hexane and petroleum ether with heating scale of three, four, five, six and seven and crude oil quality determination of free fatty acids, acid value, iodine value and peroxide value. Rice bran crude oil extraction with ethanol solvent showed highest revenue percentage (33.54 ± 2.70) in heating scale of seven with extraction rate of six drops of solvent per second while crude oil revenue percentage by isopropanol solvent were highest (31.56 ± 5.08) in heating scale of five with extraction rate of five drops of solvent per second. Extracted crude oil revenue with hexane showed the highest percentage (33.52 ± 3.15) in heating scale of five by six drops of solvent per second in extraction rate whereas for extraction using petroleum ether solvent, crude oil revenue were highest (26.78 ± 1.13) in heating scale six with rate of extraction with eight drops of solvents per second during the extraction. All four types of extracted crude oil quality determination concluded that hexane is the most suitable solvent for Sabah rice bran crude oil extraction with free fatty acids (10.04 ± 0.03), acidity value (20.01 ± 0.32), iodine value (35.6 ± 0.4) and peroxide value (0.6 ± 0.1) meq kg⁻¹.

SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI UNIT DAN SIMBOL	xi
SENARAI SINGKATAN	xii
SENARAI LAMPIRAN	xiii
 BAB 1: PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Kepentingan Kajian	4
1.3 Objektif Kajian	5
 BAB 2: ULASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Minyak Mentah Dedak Padi	6
2.2 Ketengikan Minyak Mentah Dedak Padi	8
2.2.1 Ketengikan Hidrolisis	10
2.2.2 Ketengikan Oksidatif	10
2.2.3 Penstabilan Dedak Padi	11
2.3 Penyimpanan Dedak Padi	13
2.4 Pengekstrakan Minyak Mentah Dedak Padi	14
2.4.1 Kaedah Pengekstrakan	15
2.4.2 Mekanisme pengekstrakan	16
2.4.3 Ciri-ciri Pelarut yang Unggul bagi Pengekstrakan	18
2.4.4 Sejarah Pelarut-pelarut yang Digunakan dalam Pengekstrakan	20
2.4.5 Pemalar Kimia dan Fizikal Pelarut	23
2.4.6 Pelarut Alternatif bagi Pengekstrakan	24
2.4.7 Pengaruh Pembekalan Haba ke atas Pengekstrakan	25
2.5 Penentuan Kuantiti Minyak Mentah Dedak Padi	26
2.6 Penentuan Kualiti Minyak Mentah Dedak Padi	26
2.6.1 Asid-asid Lemak Bebas	27
2.6.2 Nilai Keasidan	28
2.6.3 Nilai Iodin	28

2.6.4	Nilai Peroksida	29
BAB 3: METODOLOGI		30
3.1	Bahan-bahan Reagen dan Peralatan	30
3.2	Pensampelan Dedak Padi	30
3.2.1	Penstabilan Dedak Padi	31
3.2.2	Penyimpanan Dedak Padi telah Distabil	31
3.3	Pengekstrakan Minyak Mentah Dedak Padi	32
3.3.1	Parameter Pelarut dan Skala Pemanasan bagi Pengekstrakan Minyak Mentah	32
3.4	Penentuan Kuantiti Minyak Mentah	33
3.5	Penentuan Kualiti Minyak Mentah	33
3.4.1	Penentuan Nilai Asid-asid Lemak Bebas	33
3.4.3	Penentuan Nilai Asid	34
3.4.4	Penentuan Nilai Iodin	35
3.4.5	Penentuan Nilai Peroksida	36
3.5	Analisis SPSS	37
BAB 4: KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		38
4.1	Hasil Pengekstrakan Minyak Mentah Dedak Padi	38
4.1.1	Pengekstrakan Menggunakan Pelarut Etanol	39
4.1.2	Pengesektrakan Menggunakan Pelarut Isopropanol	40
4.1.3	Pengesektrakan Menggunakan Pelarut Heksana	42
4.1.4	Pengekstrakan Menggunakan Pelarut Eter Petroleum	44
4.2	Kualiti Minyak Mentah Dedak Padi	45
4.2.1	Asid-asid Lemak Bebas	47
4.2.2	Nilai Asid	49
4.2.3	Nilai Iodin	50
4.2.4	Nilai Peroksida	53
BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Cadangan	56
RUJUKAN		57
LAMPIRAN		67

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
4.1	Operasi mantel pengekstrakan sistem Soxhlet	38
4.2	Peratusan hasil minyak mentah dedak padi yang diekstrak menggunakan pelarut etanol pada skala pemanasan yang berbeza	39
4.3	Peratusan hasil minyak mentah dedak padi yang diekstrak menggunakan pelarut isopropanol pada skala pemanasan yang berbeza	41
4.4	Peratusan hasil minyak mentah dedak padi yang diekstrak menggunakan pelarut heksana pada skala pemanasan yang berbeza	43
4.5	Peratusan hasil minyak mentah dedak padi yang diekstrak menggunakan pelarut eter petroleum pada skala pemanasan yang berbeza	44
4.6	Peratusan asid-asid lemak bebas sebagai asid oleik, nilai asid, nilai iodin dan nilai peroksida bagi pengekstrakan minyak mentah dedak padi menggunakan pelarut etanol, heksana, isopropanol dan eter petroleum	46



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
4.1	Carta bar menunjukkan asid-asid lemak bebas minyak mentah dedak padi berlawanan pelarut pengekstrakan berbeza pada skala pemanasan optimum masing-masing	48
4.2	Carta bar menunjukkan nilai asid minyak mentah dedak padi berlawanan pelarut pengekstrakan berbeza pada skala pemanasan optimum masing-masing	50
4.3	Carta bar menunjukkan nilai iodin minyak mentah dedak padi berlawanan pelarut pengekstrakan berbeza pada skala pemanasan optimum masing-masing	51
4.4	Carta bar menunjukkan nilai peroksida minyak mentah dedak padi berlawanan pelarut pengekstrakan berbeza pada skala pemanasan optimum masing-masing	54



SENARAI UNIT DAN SIMBOL

α	Alpha
W	Berat
$^{\circ}\text{C}$	Darjah celcius
δ	Delta
γ	Gamma
g	Gram
Hz	Hertz
V	Isipadu
J	Jam
cal	Kalori
kg	Kilogram
\sim	Kira-kira
<	Kurang daripada
>	Lebih daripada
MHz	Megahertz
Hg	Merkuri
meq	Miliequivalent
ml	Milliliter
mm	Millimeter
5:1	Nisbah
N	Normaliti
%	Peratus
psi	Pound per Square Inch
s	Saat
\pm	Tambah tolak
W	Watt



SENARAI SINGKATAN

AV	Acid Value
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
ANOVA	Analisis of Variance
AOCS	American Oil Chemists' Society
FAO	Food and Agricultural Organization
FFA	Free Fatty Acid
Wijs	Iodine Monochloride
IV	Iodine Value
pH	Power of Hydrogen
PV	Peroxide Value
PORIM	Palm Oil Research In Malaysia
rpm	Revolutions per minute
Sdn Bhd	Sendirian Berhad
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
NaOH	Sodium Hydroxide
UK	United Kingdom
US	United States



SENARAI LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Carta alir proses pengekstrakan optimum minyak mentah dedak padi	67
B Data analisis statistik ANOVA satu hala bagi penentuan kuantiti minyak mentah dedak padi yang diekstrak dengan pelarut etanol	68
C Data analisis statistik ANOVA satu hala bagi penentuan kuantiti minyak mentah dedak padi yang diekstrak dengan pelarut isopropanol	71
D Data analisis statistik ANOVA satu hala bagi penentuan kuantiti minyak mentah dedak padi yang diekstrak dengan pelarut heksana	74
E Data analisis statistik ANOVA satu hala bagi penentuan kuantiti minyak mentah dedak padi yang diekstrak dengan pelarut eter petroleum	77
F Data analisis statistik ANOVA satu hala penentuan asid-asid lemak bebas bagi minyak mentah dedak padi diekstrak pada parameter optimum masing-masing	80
G Data analisis statistik ANOVA satu hala penentuan nilai keasidan bagi minyak mentah dedak padi diekstrak pada parameter optimum masing-masing	83
H Data analisis statistik ANOVA satu hala penentuan nilai iodin bagi minyak mentah dedak padi diekstrak pada parameter optimum masing-masing	86
I Data analisis statistik ANOVA satu hala penentuan nilai peroksidida bagi minyak mentah dedak padi diekstrak pada parameter optimum masing-masing	89



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Beras adalah tanaman makanan utama dalam dunia. Dedak pula merupakan lapisan luar bijian yang keras yang terdiri daripada gabungan lapisan aleuron dan perikarpa. Dengan itu, dedak padi (*Oryza sativa L.*) sering dianggap merupakan hasil sampingan utama berharga yang diperolehi daripada proses penggilapan industri perkilangan beras dalam menghasilkan beras putih (Shigeru Hata *et al.*, 2007). Dedak padi memiliki berat kira-kira 10.0% daripada jumlah bijian beras. Secara ringkas, dedak padi merupakan kutikel yang hadir di antara bahagian sekam padi dan bijian beras serta sering mewakili 8.0% dari beras kilang (Amarasinghe *et al.*, 2008; Sereewatthanawut *et al.*, 2008). Takrifan dedak padi yang disarankan oleh FAO adalah "satu keluaran sampingan beras perang penggilapan, yang mengandungi perikarpa, lapisan aleuron, embrio dan beberapa endosperma" (FAO, 1996). Dedak padi juga kadang-kadang dipanggil dedak kargo, dedak lembu, dedak gilap atau dedak putih (Houston, 1972). Secara umumnya, lebih keras beras yang dikisar, lebih banyak dedak padi digenerasikan.

Dedak padi mengandungi kandungan fitat dan polisakarida bukan kanji yang membawa banyak kebaikan terhadap kesihatan manusia. Selain itu, dedak padi juga merupakan sumber lipid yang paling baik kerana ia mengandungi 18.0-22.0% minyak, di mana yang terutamanya terdiri daripada asid-asid lemak tidak tepu. Minyak dedak padi juga didapati mempunyai kestabilan haba yang luar biasa (Tanaka *et al.*, 1973; Orthoefer, 1996; McCaskill and Zhang 1999; Amarasinghe *et al.*, 2008). Secara umumnya, minyak mentah dedak padi merupakan minyak yang diekstrak daripada bahagian germa dan sekam dalam beras. Titik asap minyak dedak padi yang sangat tinggi 490°F (254°C) dan rasa minyak dedak padi yang sederhana membuatnya sangat sesuai digunakan untuk kaedah-kaedah memasak pada suhu tinggi seperti untuk tujuan penggorengan. Minyak dedak padi mengandungi jumlah asid-asid lemak yang penting seperti asid linolenik dan asid

linoleik yang berkefungsian untuk mengekalkan kesihatan manusia pada keadaan optimum serta mempunyai ciri-ciri terapeutik luar biasa yang membawa manfaat nutraceutical yang amat luas kepada manusia. Kandungan orizanol yang hadir dalam dedak padi turut dilaporkan mempunyai fungsi-fungsi yang menyerupai vitamin E dalam meningkatkan kadar pertumbuhan, memudahkan pertumbuhan kapilari dalam kulit, dan meningkatkan peredaran darah dengan perangsangan rembesan hormon-hormon manusia (Luh *et al.*, 1991).

Dedak padi mengandungi kira-kira 10.0-26.0% minyak mentah. Kandungan minyaknya amat bergantung kepada prosedur perkilangan. Oleh itu biojisim ini mempunyai potensi yang tinggi kepada pembekalan minyak dunia (Prabhakar and Venkatesh, 1986). Julat kandungan minyak dalam dedak padi adalah di antara 12.0-25.0% bergantung kepada kualiti dedak dan kira-kira 95.0-98.0% minyak dapat diekstrak (Pillaiyar, 1980; Mehran *et al.*, 2007). Kini, ciri-ciri unik minyak dedak padi berjaya menarik perhatian syarikat-syarikat makanan dan farmaseutikal. Mereka percaya bahawa kandungan orizanol, campesterol dan β -sitosterol yang terdapat dalam dedak padi dapat dijadikan sebagai makanan berfungsi yang membawa kebaikan dalam pengekalan kesihatan kardiovaskular manusia. Tambahan pula, dedak padi mempunyai ketersediaan yang tinggi di Sabah. Variasi dedak padi yang terdapat di Sabah termasuklah variasi-variasi MR 159, IR 72, TR 7, TQR 2, dan MR 219. Peratusan variasi dedak padi yang banyak tanam di sawah padi Sabah pula merupakan variasi MR 159 dan TQR 2. Oleh itu, jumlah hasil dan ketersediaan dedak padi yang paling tinggi di Sabah adalah variasi TQR 2 diikuti dengan MR 159 (DOA Sabah, 2009). Dengan anggaran statistik dedak padi yang semakin meningkat, pasaran minyak dedak padi dijangkakan turut mengalami peningkatan pada masa hadapan untuk memenuhi permintaan dan keperluan negara (McCaskill and Zhang, 1999; Renuka and Arumughan, 2007).

Sehingga hari ini, penggunaan dedak padi masih terhad walaupun dedak padi boleh dijadikan sumber-sumber tambahan yang mempunyai fungsi sebagai agen pengganti bagi kebanyakan zat makanan. Ini adalah kerana dedak padi menjadi tidak stabil akibat daripada proses ketengikan hidrolisis dan pengoksidaan. Tindakan hidrolisis trigliserida, sejenis lipid primer kepada gliserol dan asid-asid

lemak bebas akan berlaku sebaik sahaja proses pengilangan beras dan ini menyebabkan tinggal hanya sebahagian kecil, iaitu kurang daripada 10.0% minyak dedak padi yang dapat diproses kepada minyak makan (Zullaikah *et al.*, 2005). Tindakan-tindakan hidrolisis ini disebabkan oleh kehadiran enzim lipase yang bertindak sebagai pemangkin (Ju and Vali, 2005; Zullaikah *et al.*, 2005). Peningkatan asid-asid lemak bebas akan meningkatkan sifat keasidan dedak dengan mengurangkan pH dedak padi. Ini menyebabkan sejenis rasa yang busuk dan berkesabunan dihasilkan dan ciri-ciri kefungsian dedak padi turut berubah. Dedak padi mengandungi beberapa jenis enzim lipase yang bertindak sebagai tapak khusus yang membelah tapak 1,3-triglicerol. Beberapa faktor-faktor utama yang menentukan kerosakan dedak padi untuk terus berlaku adalah kehadiran enzim lipase dalam dedak, keadaan penstoran dan kaedah pembungkusan dedak padi (Takano, 1993).

Dalam syarat-syarat pengilangan beras yang biasa, minyak yang terkandung dalam bahagian germa dan kehadiran enzim lipase pada permukaan dedak padi akan berhubung antara satu sama lain terutamanya dalam proses apabila beras perang dilegar kepada beras putih. Ini menyebabkan dedak padi menjadi tengik tidak lama kemudian selepas proses mengilang beras. Dedak padi yang tengik akan menghasilkan sejenis rasa yang teruk dan bau yang busuk. Oleh itu, pengekstrakan dan pemerahan minyak mentah dedak padi harus dilakukan secepat mungkin selepas proses pengilangan beras atau dengan perlakuan proses penstabilan dedak padi bagi mengurangkan proses hidrolisis ketengikan (Ju and Vali, 2005).

Pengeluaran minyak dari dedak padi dikenali sebagai pengekstrakan minyak dedak padi. Pelbagai kaedah telah didapati di negara-negara berlainan bagi mengekstrak minyak mentah dedak padi. Sebagai contoh, teknik pengekstrakan minyak mentah dedak padi daripada dedak padi menggunakan pelarut pepejal dan teknik-teknik pengekstrakan Soxhlet menggunakan pelarut cecair adalah beberapa kaedah pengekstrakan secara konvensional yang paling biasa. Proses pengekstrakan dan penekanan merupakan dua kaedah yang biasanya digunakan untuk memisahkan minyak dedak padi daripada dedak padi

(Proctor *et al.*, 1994; Proctor and Bowen, 1996). Pengekstrakan menggunakan pelbagai jenis pelarut turut diujikajikan. Pelarut-pelarut organik, air atau karbon dioksida superkritikal adalah pelarut-pelarut yang paling biasa digunakan dalam proses pengekstrakan minyak mentah dedak padi daripada dedak padi (Johnson and Lusas, 1983; Kuk and Doud, 1988; Hanmoungjai *et al.*, 2000).

Pelbagai faktor boleh mempengaruhi pengekstrakan minyak mentah dedak padi. Faktor-faktor ini termasuklah kaedah pengekstrakan minyak mentah, parameter-parameter optimum bagi setiap kaedah pengekstrakan serta pelarut-pelarut berbeza terhadap kaedah-kaedah pengekstrakan yang berbeza. Pelarut-pelarut berbeza mempunyai sifat-sifat kimia dan fizikal yang berlainan yang secara tidak langsung akan mempengaruhi hasil pengekstrakan minyak mentah. Pemilihan pelarut secara umumnya bergantung kepada hasil pengekstrakan yang diingini (Amarasinghe and Gangodavilage, 2001).

Secara umumnya, pengekstrakan minyak dedak padi akan mempengaruhi kuantiti dan kualiti minyak dedak padi secara tidak langsung. Kuantiti minyak dedak padi merupakan penentuan hasil minyak yang diekstrak. Pembezaan minyak dedak padi yang baik atau tidak selepas diekstrak ditentukan melalui penilaian kualitinya. Parameter pengekstrakan dedak padi yang berlainan akan mempengaruhi jumlah minyak mentah dedak padi yang dihasilkan (Amarasinghe and Gangodavilage, 2001). Kualiti minyak dedak padi perlu ditentukan bagi memenuhi piawai makanan yang dianggap sesuai dan selamat untuk dimakan oleh manusia. Penentuan-penentuan kualiti minyak dedak padi yang wajib dilakukan sebelum pemasarannya termasuklah penentuan nilai iodin, penentuan nilai asid-asid lemak bebas dan penentuan nilai peroksida. Pada kebiasaannya, nilai-nilai kualiti minyak yang ditentukan haruslah berada dalam lingkungan yang terhasrat (PORIM, 1995).

1.2 Kepentingan Kajian

Sehingga hari ini, dedak padi masih tidak digunakan dengan sepenuhnya dalam kebanyakan negara-negara di dunia ini termasuklah Malaysia walaupun ia merupakan sumber yang baik bagi vitamin-vitamin dan nutrien-nutrien yang lain.

Selain itu, kebanyakan hasil dedak padi tidak diaplikasikan secara meluas dalam perindustrian-perindustrian sebaliknya digunakan dalam pengeluaran baja-baja atau sebagai bahan-bahan api. Kebanyakan dedak padi digunakan oleh petani untuk memelihara ikan dan udang, mereka tidak mengetahui bahawa minyak dedak padi turut mempunyai potensi yang tinggi untuk pembekalan sumber minyak negara (Luh *et al.*, 1991). Tambahan pula, kajian-kajian mengenai pengekstrakan minyak dedak padi telah dilakukan ke atas spesies-spesies lain yang terdapat di luar negara tetapi masih belum ke atas spesies-spesies yang terdapat di Sabah (Amarasinghe *et al.*, 2008).

1.3 Objektif Kajian

Kajian ini dilakukan untuk mengenalpasti skala pembekalan haba yang sesuai bagi pelarut-pelarut berlainan dalam pengekstrakan optimum minyak mentah dedak padi Sabah. Selain itu, kajian ini juga mengkaji kesan gabungan skala pembekalan haba pengekstrakan optimum dan kualiti minyak mentah dalam penentuan pelarut yang paling sesuai dalam pengekstrakan minyak mentah dedak padi Sabah.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Minyak Mentah Dedak Padi

Sebanyak lima ratus million metrik ton beras dihasilkan secara global pada setiap tahun (Sayre *et al.*, 1990). Apabila beras dilegar untuk menghasilkan beras putih, lapisan luar beras kernel akan disingkirkan. Lapisan-lapisan ini termasuklah testa, perikarp, nusellus dan lapisan aleuron (Salunkhe *et al.*, 1992). Pada lazimnya, dedak padi terdiri daripada 8% beras padi dan kira-kira empat puluh million metrik ton dedak padi digenerasikan pada setiap tahun di seluruh dunia (McCaskill *et al.*, 1999). Komposisi dedak padi sering berubah-ubah dengan jenis beras, keadaan iklim dan kaedah-kaedah pemprosesan beras (Grist, 1985). Ini menyebabkan komposisi minyak dedak padi turut berubah-ubah bergantung kepada variasi beras, komposisi dedak dan kaedah digunakan untuk mengekstrak dedak padi (Fujino, 1978; Salunkhe *et al.*, 1992).

Operasi perkilangan biasa menghasilkan lebih kurang 86.0-90.0% zarah dedak padi yang pada lazimnya bersaiz kurang daripada 0.70 mm manakala 6.0-13.0% berada dalam lingkungan antara 0.70-0.85 mm (Juliano, 1985; Hu, 1995). Dedak padi adalah kaya dalam vitamin dan mineral termasuklah vitamin E, tiamin, niasin, aluminium, kalsium, klorin, ferum, magnesium, mangan, fosforus, kalium, silikon, natrium dan zink (Juliano, 1985; Saunders, 1990; Hu, 1995; Xu, 1998). Analisis proksimat menunjukkan dedak padi mengandungi 12.0-22.0% minyak, 11.0-17.0% protin, 6.0-14.0% kelembapan dan 8.0-17.0% abu (Saunders, 1990; Xu, 1998). Dedak padi turut tinggi dalam politidaktepu, monotidaktepu, pengantioksida semula jadi seperti tokoferol dan orizanol, serat pemakanan, vitamin-vitamin B-kompleks dan mempunyai keluarbiasaan terhadap kestabilan haba (Goenka, 1987; Moreau and Powell, 1999; Anderson and Guraya, 2001; Gopala *et al.*, 2005; Anil *et al.*, 2006; Kadam and Bhownick, 2006; Yu *et al.*, 2006). Tambahan pula, dedak padi merupakan sumber asid linoleik yang baik di mana ia diperlukan untuk manfaat kesihatan manusia (Ramezanzadeh *et al.*, 2000).

Namun demikian, kepentingan dedak padi sebagai produk pemprosesan banyak bergantung kepada kandungan lipidnya. Sehingga hari ini, minyak mentah dedak padi telah banyak digunakan sebagai minyak makan dalam beberapa negara seperti Japan, Korea, China, Taiwan, Thailand dan Pakistan (Ruknmani and Raghuram, 1991). Permintaan minyak dedak padi semakin meningkat disebabkan oleh kesedaran masyarakat terhadap kepelbagaiannya kebaikan-kebaikan nutrisi yang terkandung dalamnya terhadap kesihatan manusia (Orthoefer, 1996).

Minyak mentah dedak padi pada amnya dianggap sebagai salah satu jenis minyak sayuran berkualiti tinggi dari segi faktor-faktor kualiti masakannya, hayat simpanan dan komposisi asid-asid lemaknya (Sayre, 1990). Didapati kebanyakan minyak mentah dedak padi terkandung dalam bahagian dedak dan germa beras. Secara umumnya, minyak dedak padi mentah mengandungi 88.0-89.0% lipid neutral, 2.0-4.0% asid-asid lemak bebas, 3.0-4.0% lilin dan 4.2% tidak tersabun. Dalam komposisi minyak dedak padi, kandungan asid-asid lemak bebas politidaktepu meliputi 73.0-92.0% daripada berat keseluruhannya. Kandungan minyak dedak padi mengandungi 20.0% asid-asid lemak tepu serta amaun asid lemak oleik dan linoleik yang lebih kurang sama. Ketiga-tiga asid-asid lemak utama iaitu palmitik, oleik dan linoleik membentuk 90.0% daripada jumlah asid-asid lemak minyak dedak padi. Komposisi asid-asid lemak bebas minyak mentah dedak padi adalah setanding dengan minyak kacang kecuali bahagian tidak tersabun (Ramezanadeh *et al.*, 2000). Komponen-komponen tidak tersabun yang terkandung dalam minyak dedak padi berperanan dalam merendahkan tahap kolesterol dalam badan manusia (Orthoefer, 1996). Kandungan asid-asid lemak politidaktepu yang terdapat dalam minyak dedak padi pula berkesan dalam mengurangkan taraf lipid dan kolesterol dalam darah dan secara tidak langsung dapat mencegah penyakit-penyakit seperti arteriosklerosis dan miokardial infarksi yang berpunca daripada masalah peredaran darah (Ramezanadeh *et al.*, 2000).

Beberapa kajian turut melaporkan butiran-butiran dan komposisi-komposisi komponen penting yang terkandung dalam minyak mentah dedak padi. Orizanol merupakan campuran ferulat (asid 4-hidroksi-3-metoksicinamik) ester sterol (campesterol, stigmasterol dan β -stigmasterol) dan alkohol triterpene (sikloartenil

ferulate, 24-metilene sikloartanil ferulate dan kampesteril ferulate. γ -orizanol ialah 1.5-2.9% serbuk minyak dedak padi yang berwarna putih atau kuning-kekuningan yang tidak mempunyai sebarang rasa dengan sedikit atau tiada bau serta mempunyai takat lebur dari 137.5°C sehingga 138.5°C (Hu, 1995; Xu and Godber, 2000; Xu, 2001). Vitamin E pula merupakan campuran tokoferol dan tokotrienol yang berwarna kuning pudar, minyak berlikat dengan lingkungan takat didih 200°C-220°C pada 0.1 mm Hg (Hu, 1995). Tokoferol dan tokotrienol adalah berlainan dari segi nombor dan kedudukan kumpulan metil pada cincin kromonol dengan kehadiran atau ketiadaan tiga ikatan ganda dua dalam rantai sisi isoprenoid (Hua, 2000). Bentuk tokoferol yang paling banyak terdapat dalam minyak dedak padi adalah 5,7,8-trimetiltokol (α -tokoferol) dan 8-metiltokotrienol (α -tokotrienol), 8-dimetiltokotrienol (γ -tokotrienol) dan 8-metiltokotrienol (δ -tokotrienol) (Hu, 1995; Hua, 2000; Xu and Godber, 2000).

Pengaplikasian minyak mentah dedak padi telahpun digunakan secara meluas dalam industri-industri pembangunan produk. Sebagai contoh, minyak mentah dedak padi yang telah diekstrak digunakan dalam proses pengeluaran sabun, pengemulsian, asid lemak, pemplastikan, kosmetik dan tokoferol (vitamin E). Dalam perkembangan industri pemakanan minyak mentah dedak padi pula, penapisan minyak dedak padi harus dilakukan sebelum pengaplikasiannya kepada minyak makan. Pada kebiasaannya, minyak mentah dedak padi mentah mempunyai nilai asid yang rendah tetapi mempunyai banyak kandungan-kandungan lain seperti lilin, jirim tidak saponifikasi dan jirim pewarna yang sukar untuk dilunturkan. Dengan itu, penapisan minyak mentah dedak padi yang sewajarnya harus dilakukan. Secara umumnya, penapisan minyak mentah dedak padi terbahagi kepada proses penyahlilan, penyahgaman, peneutralan, penyahwarnaan dan penyahbauan (Hanmounghai *et al.*, 2001; Sharma *et al.*, 2001).

2.2 Ketengikan Minyak Mentah Dedak Padi

Setelah lapisan dedak dibuang daripada endosperma semasa proses perkilangan, gangguan sel-sel individu akan menyebabkan lipid dedak padi berhubung dengan enzim lipase yang sangat reaktif. Dedak padi segar yang baru dikilang hanya

mempunyai hayat simpanan yang pendek kerana penguraian lipid kepada asid-asid lemak bebas akibat proses ketengikan hidrolisis menyebabkannya tidak sesuai bagi kegunaan manusia dan dengan itu, pengekstrakan minyak mentah dedak padi yang boleh dimakan secara ekonomik diperlukan. Hidrolisis dipermangkinkan oleh aktiviti enzim endogenus iaitu enzim lipase dalam dedak padi dan dalam sesetengah kes, aktiviti enzim mikrob bertindak sebagai pemangkin sekiranya bahan-bahan tersebut merupakan bahan yang berkualiti rendah (Barnes and Galliard, 1991). Terdapat beberapa cara yang menunjukkan bahawa aktiviti hidrolisis telah berlaku secara ketara iaitu kehadiran bau busuk seperti rasa sabun-kesabunan, peningkatan keasidan, pengurangan pH, penukaran dalam ciri-ciri kefungsian dan peningkatan kerentanan asid-asid lemak kepada pengoksidaan. Asid-asid lemak bebas akan mengalami penguraian selanjutnya iaitu ketengikan oksidatif dan memberi kesan kepada radikal-radikal bebas dan juga rasa yang teruk diikuti dengan kehilangan nilai nutrisi.

Secara umumnya, jenis-jenis ketengikan minyak mentah dedak padi terbahagi kepada dua jenis iaitu pengoksidaan dan hidrolisis. Ketengikan pengoksidaan pula terbahagi kepada kegiatan berenzim dan tanpa enzim atau lebih dikenali sebagai autopengoksidaan (Barnes and Galliard, 1991). Asid-asid lemak yang dihasilkan oleh tindak balas hidrolisis adalah sebatian-sebatian merbahaya yang menyebabkan minyak dedak padi tidak sesuai untuk dijadikan sebagai sumber makanan (Westphal *et al.*, 2002; Goffman *et al.*, 2003). Pada umumnya, minyak dedak padi dengan peningkatan melebihi 10.0% asid-asid lemak bebas adalah tidak sesuai untuk kegunaan manusia (Enochian *et al.*, 1981; Tao *et al.*, 1993). Apabila kepekatan asid-asid lemak bebas melebihi 12.0%, dedak padi menjadi tidak sesuai sebagai makanan ternakan seperti makanan untuk lembu. Dengan ini, penggunaan ekonomi yang minima adalah untuk pengaplikasian kebanyakan hasil sampingan tanaman. Walau bagaimanapun, kebanyakan minyak dedak padi tidak digunakan sebagai kegunaan manusia kerana syarat-syarat pemprosesan yang lebih rendah dan kekurangan teknologi-teknologi dalam pengekstrakan minyak mentah dedak padi (Mehran *et al.*, 2007).

2.2.1 Ketengikan Hidrolisis

Minyak mentah dalam padi beras tanpa dikilang dan dalam beras perang adalah stabil kerana enzim lipolitik dalam beras utuh terletak dalam sel-sel silang kulit biji, atau lebih dikenali sebagai tegmen sedangkan kebanyakan minyak tersimpan dalam lapisan aleurone dan germa (Saunders, 1985). Semasa operasi perkilangan padi, kerosakan akan berlaku pada permukaan padi akibat daripada proses pengasingan fizikal serta menyebabkan pendedahan enzim lipase kepada lemak neutral. Perhubungan antara enzim lipase dengan lemak neutral ini akan menyebabkan penghidrolisasi lemak kepada asid-asid lemak bebas dan gliserol dalam dedak padi (Saunders, 1985).

2.2.2 Ketengikan Oksidatif

Reaksi oksigen dengan lipid tidak tepu melibatkan proses-proses permulaan, propagasi dan penamatan radikal bebas (Frankel, 1984). Proses permulaan berlaku dengan kehilangan satu radikal bebas hidrogen (H^+). Ini menyebabkan radikal-radikal bebas lipid yang tidak stabil (L^+) bertindak dengan oksigen untuk membentuk radikal-radikal peroksi (LOO^+). Penguraian lipid hidroperoksida adalah sangat kompleks tetapi mempunyai kesan biologikal dan akan menyebabkan kemerosotan rasa dalam makanan yang mengandungi lemak. Penguraian ini dilanjutkan dengan pembelahan homolitik $LO-OH$ untuk membentuk radikal-radikal alkaksi LO^\bullet . Radikal-radikal ini mengalami pembelahan karbon-karbon untuk membentuk pelbagai produk. Produk-produk ini termasuklah aldehid, ketone, alkohol, hidrokarbon, ester, furan dan laktona. Lipoksigenase berfungsi sebagai pemangkin dalam penambahan oksigen kepada reaksi-reaksi rantai untuk membentuk hidroperoksida. Seluruh proses pengoksidaan lipid terbahagi kepada empat bahagian iaitu pengaktifan enzim, laluan aerobik, laluan anaerobik dan laluan bukan enzimatik. Disebabkan oleh pengoksidaan lipid dapat berlaku dalam keadaan anaerobik, pembungkusan secara vakum menunjukkan peningkatan taraf asid-asid lemak bebas yang lebih berbanding dengan penyimpanan sampel dalam beg-beg berzip (Fatemeh *et al.*, 2000).

RUJUKAN

- Abdulkarim, S.M., Lai, O.M., Muhammad, S.K.S., Long, K. and Ghazali, H.M. 2006. Use of enzymes to enhance oil recovery during aqueous extraction of *Moringa oleifera* seed oil. *J Food Lipids.* **13**(2):113-130.
- Aizono, Y., M. Funatsu, K. Hayashi, M. Inamasu, and M. Yamaguchi. 1971. Biochemical studies of rice bran lipase. Part II. Chemical properties. *Agricultural Biological Chemistry.* **35**(12):1973-1979.
- Aizono, Y., Y. Fujiki and M. Funatsu. 1976. Purification of rice bran lipase and its multiple forms. *Protein, nucleic acid and enzyme. Kyoritsu Shuppan Co.* **76**(2):203.
- Amarasinghe B.M.W.P.K., Kumarasiri M.P.M., Gangodavilage N.C. 2008. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. *Journal of Food and Bioproducts Processing 2009.* **87**:108-114.
- Amarasinghe B.M.W.P.K. and Gangodavilage N.C. 2001. Effect of solvents on rice bran oil extraction. *SLAAS Symposium.*
- Amarasinghe B.M.W.P.K. and Gangodavilage N.C. 2004. Rice bran oil extraction in Sri Lanka, data for process equipment design. *Food and bioproducts processing.* **82**(C1): 54-59.
- Anderson, A.K. and Guraya, H.S. 2001. Extractability of protein in physically processed rice bran. *JAOCs.* **78**:969-972.
- Anon. 2005. Prices and people. *Chem. Mark. Rep.* **267**:24-26.
- AOCS. 1995. Official and tentative methods of AOCS international. (16th edition). *American Oil Chemist Society.* Gaithersburg.
- AOAC. 1990. Arlington:Official methods of analysis. *Association of Official Analytical Chemist.* 15.

- Anil Kumar, H.G., Khatoon, S., Prabhakar, D.S. and Gopala Krishna, A.G. 2006. Effect of Cooking of Rice Bran on The Quality of Extracted Oil. *Journal of Food Lipids*. **13**(4): 341-353.
- Azizah Abdul-Hamid, R.R. Raja Sulaiman, A. Osman, N. Saari. 2007. Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating. *Journal of Food Composition and Analysis*. **20**:627-637.
- Azrina, A., Maznah, I. and Azizah, A.H. 2008. Extraction and determination of oryzanol in rice bran of mixed herbarium UKMB; AZ 6807: MR 185, AZ 6808: MR 211, AZ 6809: MR 29. *ASEAN Food Journal*. **15**(1):89-96.
- Barnes, P. and T. Galliard. 1991. Rancidity in cereal products. *Lipid Technology*. **3**:23-28.
- Bhosle, B.M., Subramanian, R. 2005. New approaches in deacidification of edible oils: a review. *Journal of Food Engineering*. **69**:481-494.
- Boucher, R.E., and Skau E.L. 1974. Solubility charts for homologous long chain organic compounds-A comprehensive graphical correlation of literature data for 138 systems involving 11 homologous series and 17 solvents. USDA, ARS. **72**(1):159-163.
- Champagne, E.T. and R.J. Hron Sr. 1992. Stabilizing brown rice to lipolytic hydrolysis by ethanol vapors. *Cereal Chemistry*. **69**:152-156.
- Chao-Rui Chen, Ling-Ya Wang, Wai-Jane Ho, Chieh-Ming J. Chang. 2007. Supercritical carbon dioxide extraction of rice bran oil and column partition fractionation of γ -oryzanol. *Separation and Purification Technology*. **61**:358-365.
- Christianne E.C. Rodrigues, Marcia M. Onoyama, Antonio J.A. Meirelles. 2005. Optimization of the rice bran oil deacidification process by liquid-liquid extraction. *Journal of Food Engineering*. **73**:370-378.
- Darrell Sparks, Rafael Hernandez, Mark Zappi, Dean Blackwell, and Trey Fleming, 2006. Extraction of rice bran oil using supercritical carbon dioxide and propane. *JAOCS*. **83**(10):885-891.

Enochian, R.V., Saunders, R.M., Schultz, W.G., Beagle, E.C., Croeley, P.R. 1981. Stabilization of rice bran with extruder cookers and recovery of edible oil: a preliminary analysis of operational and financial feasibility. *Marketing Research Report, USDA No. 1120*.

FAO, 1996. Draft Definition and Classification of Commodities, W2979.

Fatemeh M. Ramezanzadeh, Ramu M. Rao, Marlene Windhauser, Witoon Prinyawiwatkul, and Wayne E. Marshall. 2006. Prevention of oxidative rancidity in rice bran during storage. *J. Agricultural Food Chemistry*. **47**:2997-3000.

Fatemeh Malekian, Ramu M. Rao, Witoon Prinyawiwatkul, Wayne E. Marshall, Marlene Windhauser, and Mohammer Ahmedna. 2000. Lipase and lipoxygenase activity, functionality and nutrient losses in rice bran during storage. *J. of Louisiana State University Agricultural Center Research and Extension*. Bulletin Number 870.

Frankel, E.N. 1984. Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance. *Journal of American Oil Chemists' Society*. **61**(12):1908-1916.

Gangodavilage, N.C. 2002. *Optimal operating conditions and equilibrium characteristics of rice bran oil extraction*. M.Sc. Thesis. University of Moratuwa, Sri Lanka.

Goenka, O.P. 1987. Nutritional Significance of Rice Bran Oil. Section IX. In Hand Book on Rice Bran-Processing and Utilization of Products. *Solvent Extractors Association of India*.

Goffman, F.D., Pinson, S., Bergman, C. 2003. Genetic diversity for lipid content and fatty acid profile in rice bran. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*. **80**:485-490.

Gopala Krishna, A.G., Khatoon, S. and Babylatha, R. 2005. Frying performance of processed rice bran oils. *Journal of Food Lipids*. **12**(1):1-11.

Grist, D.H. 1985. Rice. **5**. London, UK.

Hanmoungjai, P., Pyle, L. and Niranjan, K. 2000. Aqueous extraction of rice bran oil. *J. Chem Technol Biotechnol.* **75**:348-352.

Hanmoungjai, P., Pyle, L. and Niranjan, K. 2001. Enzymatic process for extracting oil and protein from rice bran. *JAOCs.* **78**:817-821.

Hoffpauir, C.L., D. Petty, and J.D. Guthrie. 1947. Germination and free fatty acids in individual cottonseeds. *Science* **106**:344-345.

Houston, D.F. 1972. Rice bran and polish. *Rice: Chemistry and Technology*. AACC Publications, Minnesota.

Hua, Na. 2000. *Fourier transform infrared spectroscopy determination of gamma-oryzanol and vitamin E in rice bran*. M.S. Thesis. Louisiana State University.

Hu, W., Wells, J.H., Shin, T.S., Godber, J.S. 1996. Comparison of isopropanol and hexane for extraction of vitamin E and oryzanols from stabilized rice bran. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*. **73**:1653-1656.

Hu, W. 1995. *Production of an enriched tocopherol, tocotrienol, oryzanol fraction from extrusion stabilized rice bran*. M.S. Thesis. Louisiana State University.

Hyung-Jin Kim, Seung-Bum Lee, Kyung-Ai Park, In-Kwon Hong. 1998. Characterization of extraction and separation of rice bran oil rich in EFA using SFE process. *Separation and purification technology*. **15**:1-8.

IUPAC. 1987. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. *Blackwell Scientific Publications*. 7.

Japanese Industrial Standards. *Testing methods for chemical products*. 1978.

Johnson, L.A. and Lusas, E.W. 1983. Comparison of alternative solvents for oil extraction. *JAOCs.* **60**(2):229-242.

Ju, Y. H., Vali, S.R. 2005. Rice bran oil as a potential resource for biodiesel: a review. *Journal of Scientific & Industrial Research*. **64**:866-882.

Juliano, B.O. 1985. Rice Chemistry and Technology. *American Association of Cereal Chemists*. St. Paul, Minnesota.

Kadam, M. and Bhowmick D.N. 2006. HPLC analysis of rice bran oil. *Journal of Food Lipids*. **13**(4):354-361.

Kamran Sharif, Masood Sadiq Butt and Nuzhat Huma. 2005. Oil extraction from rice industrial waste and its effect on physicochemical characteristics of cookies. *Nutrition and Food Science*. **35**(6):416-427.

Kiran, E., and W.Zhuang, 1997. Miscibility and phase separation of polymers in near- and supercritical fluids, in supercritical fluids: Extraction and pollution prevention. Washington, DC:2-36.

Kuk, M.S. and Doud, M.K. 1998. Supercritical CO₂ extraction of rice bran oil. *JACOS*. **75**:623-628.

Lau, H.L.N., Choo, Y.M., Ma, A.N. and Chuah, C.H. 2006. Characterization and supercritical carbon dioxide extraction of palm oil (*Elaeis guineensis*). *J Food Lipids*. **13**(2):210-221.

Liu, T.Y., S.C. Chang, and T.C. Lee. 1979. Pre-treatment of rice bran with extrusion cooking for oil extraction. *FSTA* **13** E167, 1981.

Luh, B.S., Barber, S. and Benedito de Barber, C. 1991. Rice bran: chemistry and technology, in Luh, B.S. (Ed.). Rice production and utilization. **2**:313.

Lusas, E.W., L.R. Watkins, S.S. Koseoglu, K.C. Rhee, E. Hernandez, M.N. Riaz, W.H. Johnson, and S.C. Doty. 1994. New isopropanol system shows promise inform. **5**:1245-1253.

Mamidipally, P.K., Liu, S.X. 2004. First approach on rice bran oil extraction using limonene. *European Journal of Lipid Science and Technology*. **106**:122-125.

Matthieu Virot, Valerie Tomao, Christian Ginies, Franco Visinoni, Farid Chemat. 2008. Green procedure with a green solvent for fats and oils' determination microwave-integrated Soxhlet using limonene followed by microwave Clevenger distillation. *J. of Chromatography A*:147-152.

Matthieu Virot, Valerie Tomao, Christian Ginies, Franco Visinoni, Farid Chemat.

2008. Microwave-integrated extraction of total fats and oils. *J. of Chromatography A*:57-64. McCaskill, D.R., Zhang, F. 1999. Use of rice bran oil in foods. *Food Technology*. **53**:50-53.

McCaskill, D.R., and Fan Zhang, 1999. Use of rice bran oil in food. *Food Technol.* 53:50-52.

Meat Technology Information Sheet. 2006. Crude Fat Determination-Soxhlet Method. Food Science Australia.

Mehran Jahani, M. Alizadeh, M. Pirozifard, A. Qudsevali. 2007. Optimization of enzymatic degumming process for rice bran oil using response surface methodology. *Swiss Society of Food Science and Technology*. **41**:1892-1898.

Moreau, R.A. and Powell, M.J. 1999. Quantitative Analysis of Triacylglycerols and Other Lipid Classes in Edible Oils and Fats via HPLC. American Chemical Society, NY, USA.

O'Brien, R.D. Fats and oils formulating and processing for applications. 2004. Boca Raton CRC. 616.

Omid Pourali, Feridoun Salak Asghari, Hiroyuki Yoshida. 2009. Simultaneous rice bran oil stabilization and extraction using sub-critical water medium. *J. of Food Engineering*.

Omid Pourali, Feridoun Salak Asghari, Hiroyuki Yoshida. 2008. Sub-critical water treatment of rice bran to produce valuable materials. *Food Chemistry*. **115**:1-7.

Orthoefer, F. 1996. Rice bran oil: Health lipid source. *Food Technology*. **50**:62-64.

Osburn J. O., and Katz D. L. 1944. Trans. Am. Inst. Chem. Eng. *Food Chemistry*. **40**:511.

Pavan K. Mamidipally, Sean X. Liu. 2003. First approach on rice bran oil extraction using limonene. *European Journal of Lipid Science and Technology*. **106**(2): 122-125.

- Peretti, G., Miniati, E., Montanari, L. and Fantozzi, P. 2003. Improving the value of rice by-products by supercritical fluids extraction. *J. Supercrit Fluids*. **26**:63-71.
- Pillaiyar, P. 1980. Deoiled bran paste for rice bran pelletization. *J. of oil technol association of India*. **7**(2):42-44.
- Prabhakar. J.V., Venkatesh, K.V.L. 1986. A simple chemical method for stabilization of rice bran. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*. **63**:644-646.
- Proctor, A. and Bowen, D.J. 1996, Ambient-temperature extraction of rice bran oil with hexane and isopropanol. *JAOCs*. **73**(6):811-813.
- Proctor, A., Jackson, V.M., Scott, M. and Clark, P.K. 1994. Rapid equilibrium extraction of rice bran oil. *JAOCs*. **71**(11):1295-1296.
- Ramezanzadeh, F.M., Rao, R.M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W.E. and Windhauser, M. 2000. Effects of microwave heat packaging and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *J. Agric. Food Chem.* **48**(2):464-467.
- Ramsay, M.E., J.T. Hsu, R.A. Novak, and W.J. Reightler. 1991. Processing rice bran by supercritical fluid extraction. *Food Technol.* **45**:98-104.
- Rao N. Lakkakula, Marybeth Lima, Terry Walker. 2003. Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. *Bioresource Technology*. **92**:157-161.
- Renuka Devi, R, Arumughan, C. 2007. Phytochemical characterization of defatted rice bran and optimization of a process for their extraction and enrichment. *Bioresource Technology*. **98**:3037-3043.
- Roman, M. 1989. The little waves that could. *Journal of Discovery*:54.
- Salunkhe, D.K., J.K. Chavan, R.N. Adsule, and S.S. Kadam. 1992. Rice, in World Oilseeds: Chemistry, Technology, and Utilization. Van Nostrand Reinhold, New York:424-448.

Saunders, R.M. 1985. Rice bran: composition and potential food sources. *Food Review International*. **1**(3):465-495.

Saunders, R.M. 1990. The properties of rice bran as a food stuff. *Cereal Foods World*. **35**(7):632-636.

Sayre, R.N and Saunders R.M. 1990. Rice bran and rice bran oil. *Lipid Technology*. **2**:72-76.

Sekine, T., and Hasegawa Y. 1977. Solvent extraction chemistry. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.

Sereewatthanawut, L., Prapintip. S., Watchiraruji, K., Goto, M., Sasaki, M., Shotipruk, A. 2008. Extraction of protein and amino acids from deoiled rice bran by subcritical water hydrolysis. *Bioresource Technology*. **99**:555-561.

Sharma, A., Khare, S.K. and Gupta, M.N. 2001. Enzyme-assisted aqueous extraction of rice bran oil. *JAOCs*. **78**:949-951.

Shigeru Hata, Jintana Wiboonsirikul, Atsushi Maeda, Yukitaka Kimura, Shuji Adachi. 2007. Extraction of defatted rice bran by subcritical water treatment. *J. Biochemical Engineering*. **40**:44-53.

Supathra Lilitchan, Cholticha Tangprawat, Kornkanok Aryusuk, Sumalee Krisnangkura, Salisa Chokmoh, Kanit Krisnangkura. 2007. Partial extraction method for the rapid analysis of total lipids and γ -oryzanol contents in rice bran. *Food Chemistry*. **106**:752-759.

Takano, K. 1993. Mechanism of lipid hydrolysis in rice bran. *Cereal Foods World*. **38** (9):695-698.

Tanaka, K., Yoshida, T., Asada, K., & Kasai, Z. 1973. Subcellular particles isolated from aleurone layer of rice seeds. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. **155**:136-143.

Tao, J. 1989. *Rice bran stabilization by improved internal and external heating methods*. Ph.D. Dissertation. Louisiana State University. Baton Rouge, LA.

Tao, J., Rao, R., Liuzzo.J. 1993. Microwave heating for rice bran stabilization. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. **28**:156-164.

Weiqi Zhao, Akihiro Shishikura, Kenshiro Fujimoto, Kunio Arai and Shozaburo Saito. 1987. Fractional extraction of rice bran oil with supercritical carbon dioxide. *Agri. Biol. Chem.* **51**(7):1773-1777.

Westphal, S., Gekeler, G.H., Dierkes, J., Wieland, H., Luley, C. 2002. A free fatty acid tolerance test identifies patients with coronary artery disease among individuals with a low conventional coronary risk profile. *Heart Vessels*. **16**:79-85.

Xu, Z., and Godber, J.S. 2000. Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting γ -oryzanol from rice bran. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* **77**(5).

Xu, Z., Hua, N., and Godber, J.S. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and γ -orizanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2-Azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride. *J. Agric. Food Chem.* **49**:2077-2081.

Young, K.B., G.L. Wailes, and G.L. Cramer. 1994. Economic analysis of rice bran processing and potential use in the United States. *Arkansas Agricultural Experiment Station Bulletin*. Fayetteville:15-20.

Yu, F., Kim, S.H., Kim, N.-S., Lee, J.-H. and Lee, K.-T. 2006. Composition of solvent fractionated rice bran oil. *Journal of Food Lipids*. **13**(3): 286-297.

Zadernowski R., Nowak-Polakowska H., Rashed, A.A. 1999. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. *Journal of Food Processing and Preservation*. **33**:177-191.

Zappe, R.J. 1997. Automated method and test kit for free fatty acids in cooking fats and oils. *US Patent 5620897*

Zigoneanu I.G., Williams L., Xu Z., Sabliov C.M. 2007. Determination of antioxidant components in rice bran oil extracted by microwave-assisted method. *Bioresource Technology*. **99**:4910-4918.

Zullaikah, S., Lai, C. C., Vali, S.R. Ju., Y. H. H. 2005. A two step acid catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil. *Bioresource Technology*. **96**:1889-1896