

KESAN KAEDAH PENSTERILAN YANG BERBEZA TERHADAP MINYAK YANG DIEKSTRAK DARIPADA BUAH KELAPA SAWIT

(Effect of Different Sterilization Methods on the Extracted Oil from Oil Palm Fruit)

Hasimah Kasmin^{1,2}, Roila Awang², Azwan Mat Lazim^{1*}

¹*Pusat Pengajian Sains Kimia & Teknologi Makanan, Fakulti Sains & Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

²*Lembaga Minyak Sawit Malaysia,
No.6, Persiaran Institusi, Bandar Baru Bangi, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia*

*Corresponding author: azwanlazim@ukm.edu.my

Abstrak

Pensterilan merupakan proses terpenting semasa pemprosesan buah sawit bagi mendapatkan minyak sawit mentah. Proses ini boleh dilakukan dengan menggunakan kaedah stim (konvensional), pemanasan kering atau pemanasan basah. Dalam kajian ini, keberkesanan pemanasan kering dan pemanasan basah bagi tujuan pensterilan dan pengekstrakan menggunakan pelarut telah dijalankan. Seterusnya, masa pensterilan bagi kedua-dua kaedah dipelbagaikan kepada 30, 60 dan 90 min bagi melihat kesannya ke atas peratus pengekstrakan minyak dan kualitinya. Keputusan menunjukkan pada 30 min pensterilan, pemanasan basah menghasilkan purata peratus minyak yang lebih tinggi berbanding pemanasan kering dan konvensional iaitu masing-masing 27.65%, 19.01% dan 20.21%. Kedua-dua kaedah pensterilan juga menunjukkan nilai asid lemak bebas (FFA) dan indeks pemerosotan terhadap pelunturan (DOBI) yang lebih baik daripada kaedah konvensional. Keputusan bagi kedua-dua kaedah pensterilan menunjukkan purata nilai FFA antara 0.37% hingga 0.93% manakala purata nilai DOBI antara 4.89 hingga 6.12. Purata kandungan karotena bagi kedua-dua kaedah pensterilan yang digunakan berada dalam julat yang diperolehi oleh kaedah konvensional iaitu antara 644.64 ppm hingga 764.80 ppm.

Kata kunci: Pensterilan, pemanasan kering, pemanasan basah, pengekstrakan minyak, kualiti minyak

Abstract

Sterilization is important process during the processing of oil palm fruits in order to produce crude palm oil (CPO). This process can be carried out using steam (conventional method), dry heating or wet heating method. In this study, the effectiveness of the dry heating and wet heating method for sterilization and solvent extraction were carried out. The sterilization time of these two methods were varied at 30, 60 and 90 min in order to determine their effectiveness on the oil extraction and their quality. Results showed that, at 30 min of sterilization, the wet heating produced a higher percentage of oil extraction compared to the conventional and dry heating, with average of 27.65%, 19.01% and 20.21% respectively. In comparison with the conventional method, both sterilization methods gave better FFA and DOBI results. This can be seen where the average of free fatty acid (FFA) content for proposed sterilization method was between 0.37% to 0.93% while, average deterioration of bleachability index (DOBI) was from 4.89 to 6.12. The average carotene content was in agreement with the conventional method at a range of 644.64 ppm to 764.80 ppm.

Keyword: Sterilization, dry heating, wet heating, oil extraction, oil quality

Pengenalan

Buah sawit merupakan buah yang unik kerana boleh menghasilkan dua jenis minyak iaitu minyak sawit yang menyamai minyak daripada lemak haiwan dan minyak isirung yang menyamai minyak kelapa [1]. Oleh itu, kaedah pemprosesan buah sawit adalah sangat penting bagi mendapatkan peratus minyak yang maksimum dan berkualiti tinggi. Pemprosesan buah sawit bermula dari proses pensterilan di mana proses ini dipengaruhi oleh masa, suhu pensterilan dan diikuti oleh kaedah pengekstrakan buah. Ohlson [2] menyatakan pemprosesan buah sawit memberi kesan terhadap kualiti minyak yang diekstrak. Oleh itu, pengawalan yang rapi pada faktor yang boleh merendahkan

kualiti minyak seperti masa pensterilan yang panjang, pendedahan pada cahaya dan kehadiran mangkin yang boleh menggalakkan proses pengoksidaan harus dielakkan bagi memperoleh kualiti minyak yang baik. Kajian menunjukkan lebih panjang masa yang diambil semasa pensterilan buah sawit, lebih rendah kualiti minyak yang diperolehi. Kajian juga menunjukkan suhu yang tinggi turut mempengaruhi kualiti minyak.

Minyak yang berkualiti tinggi diperolehi dari buah yang mempunyai kandungan asid lemak bebas (FFA) yang rendah iaitu antara 2-3% [3]. Kandungan FFA dalam buah kelapa sawit yang terdapat pada tandan adalah antara 0.2-0.7%. Selepas buah gugur, FFA akan meningkat dalam tempoh 24 jam. Oleh itu, kandungan FFA melebihi 5% menunjukkan kualiti minyak yang rendah dan akan menurunkan harga pasaran [4]. Kajian Ng dan Southworth [5] telah melaporkan bahawa peningkatan FFA disebabkan oleh kecederaan pada buah, buah yang terlebih masak dan kelewatan di antara tempoh penuaian dan pemprosesan. Selain itu, kaedah pemprosesan buah sawit juga boleh meningkatkan pembentukan FFA. Proses pensterilan yang masih diamalkan buat masa ini memerlukan buah diproses pada masa yang panjang antara 75 hingga 90 min dan melibatkan penggunaan suhu yang tinggi (141°C) pada tekanan 40 psi. Ia bertujuan bagi memusnahkan enzim lipase yang menyebabkan peningkatan penghasilan FFA. Selain itu ia turut memudahkan proses peleraian buah dari tandan, memudahkan buah sawit diproses bagi mendapatkan minyak yang optimum dan mengurangkan kadar isirung yang pecah semasa proses pemerahan minyak dan pemecahan biji [6].

Banyak kajian telah dijalankan untuk menambahbaik proses pensterilan konvensional yang diamalkan oleh industri di Malaysia. Sebagai contoh, kaedah pemanasan kering bagi menggantikan penggunaan wap air dalam kaedah konvensional telah dikaji oleh Chow dan Ma [7]. Hasil kajian mereka telah mendapati penggunaan mikrogelombang bagi membekalkan haba kering berjaya mencapai objektif pensterilan seperti kaedah konvensional. Dalam kajian lain yang dilakukan oleh Cheng et al. [8] telah mendapati sebanyak 21.24% minyak diperolehi daripada kaedah pemanasan kering diikuti oleh pengekstrakan minyak menggunakan pelarut. Kajian diteruskan oleh Nu'man et al. [9] dengan peratus pengekstrakan minyak sebanyak 38%. Penggunaan heksana sebagai pelarut semasa pengekstrakan telah digunakan bagi mengekstrak minyak dari kacang soya, kanola, biji matahari, jagung dan isirung sawit [10]. Pengekstrakan menggunakan pelarut didapati menghasilkan peratus minyak yang lebih tinggi berbanding penggunaan pemerah berskru yang menyebabkan kehilangan minyak dan menyumbang kepada peratus penghasilan minyak yang rendah.

Kajian ini dijalankan bagi mengkaji potensi kaedah pemanasan kering dan pemanasan basah sebagai alternatif kepada penggunaan wap air di dalam proses pensterilan konvensional. Kaedah pemanasan kering dan pemanasan basah diikuti pengekstrakan menggunakan pelarut heksana meningkatkan peratus minyak di samping menghasilkan minyak yang berkualiti tinggi.

Bahan dan Kaedah

Bahan

Buah kelapa sawit jenis Tenera diperolehi dari Pusat Teknologi Kilang Sawit (POMTEC), Labu, Negeri Sembilan. Semua pelarut (heksana, etanol dan isopropilalkohol) dan bahan kimia gred teknikal dan analitikal digunakan dalam kajian ini (Kofa Chemical Works (M) Sdn. Bhd, R&M Chemical, Essex, United Kingdom, J.T. Baker, New Jersey, USA).

Pemprosesan buah sawit

Masa pensterilan yang digunakan berdasarkan kajian yang telah dilaporkan oleh Owolarafe & Faborado [11]. Dua kaedah utama telah digunakan dalam kajian ini. Sebanyak 100 g buah sawit disteril dengan menggunakan pengeringan ketuhar (pemanasan kering) dan bekas rendaman air (pemanasan basah) pada suhu 100°C. Seterusnya, buah dikupas bagi mengasingkan mesokarp dari kernel. Kemudian mesokarp dimasukkan ke dalam bikar yang mengandungi 100 ml pelarut heksana selama 3, 12 dan 24 jam pada suhu bilik bagi tujuan pengekstrakan. Selepas selesai setiap tempoh pengekstrakan, mesokarp diasingkan dari pelarut heksana, diperah menggunakan pemerah skala makmal dan dimasukkan semula ke dalam pelarut heksana yang telah digunakan. Langkah ini diulang sebanyak 3 kali. Larutan minyak yang diekstrak kemudian dituras dengan kertas turas Whatman No.1. Pelarut heksana dari hasil turasan tersebut diasingkan menggunakan wap pemputar pada suhu 60 °C untuk menentukan

peratus minyak yang dihasilkan. Peratus minyak yang diekstrak dikira dengan menggunakan formula persamaan (1) berikut:

$$\% \text{ pengekstrakan minyak} = \frac{x}{y} \times 100 \quad (1)$$

di mana, x = jumlah berat minyak yang diekstrak (g), y = jumlah berat buah lerai (g)

Analisis kualiti minyak yang diekstrak

Asid lemak bebas (FFA) ditentukan mengikut kaedah ujikaji MPOB p2.5:2004 [12]. Sebanyak 5 g sampel ditimbang ke dalam kelalang kon. 50 ml pelarut isopropilalkohol dimasukkan ke dalam sampel. Kemudian beberapa titis larutan fenolftalein ditambahkan. Kelalang dipanaskan di atas plat pemanas pada 40 °C. Sampel digoncangkan semasa dititrat dengan larutan beralkali piawai sehingga warna merah jambu yang stabil selama 30 saat dicapai. Analisis dilakukan sebanyak 2 kali bagi mendapatkan purata nilai bacaan \pm sisihan piawai ($n = 2$).

Indeks pemerosotan terhadap pelunturan (DOBI) ditentukan mengikut kaedah ujikaji MPOB p2.9:2004 [12]. DOBI ialah nisbah bacaan serapan (abs) pada nilai panjang gelombang 446 nm dibahagikan dengan 269 nm. Sebanyak 0.1 g sampel ditimbang ke dalam 25 ml kelalang volumetrik. Kemudian, sampel dicairkan dengan pelarut heksana sehingga ke paras 25 ml. Nilai bacaan serapan diambil dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak (UV-Vis) pada nilai panjang gelombang 269 dan 446 nm. Analisis dilakukan sebanyak 2 kali bagi mendapatkan purata nilai bacaan \pm sisihan piawai ($n = 2$).

Kandungan karotena ditentukan mengikut kaedah ujikaji MPOB p2.6:2004 [12]. Sebanyak 0.1 g sampel ditimbang ke dalam 25 ml kelalang volumetrik. Kemudian, sampel dicairkan dengan pelarut heksana sehingga ke paras 25 ml. Nilai bacaan serapan (abs) diambil dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak (UV-Vis) pada nilai panjang gelombang 446 nm. Analisis dilakukan sebanyak 2 kali bagi mendapatkan purata nilai bacaan \pm sisihan piawai ($n = 2$). Kandungan karotena dinyatakan sebagai β -karotena, dalam ppm, dan dikira mengikut formula persamaan (2) berikut:

$$\beta\text{-karotena(ppm)} = 25 \times \frac{383}{100 W} (a_s - a_b) \quad (2)$$

di mana a_s = serapan sampel, a_b = ralat kuvet, W = berat sampel dalam g

Kandungan lembapan ditentukan menggunakan alat analisis lembapan (Mettler Toledo HX 204). Sebanyak 3 g sampel ditimbang ke dalam dulang sampel dan dipanaskan pada suhu 105 °C.

Analisis statistik

Ujian statistik ANOVA dilakukan ke atas data yang diperolehi menggunakan perisian SPSS versi 21. Ujian T-tak bersandar atau 'Student T-test' dijalankan pada aras kebarangkalian signifikan 95% ($p < 0.05$) bagi penentuan perbezaan signifikan di antara sampel.

Hasil dan Perbincangan

Peratus pengekstrakan minyak

Keputusan kajian bagi peratus minyak yang diekstrak bagi kedua-dua kaedah pensterilan adalah seperti dalam Jadual 1. Ia menunjukkan pengurangan peratus minyak dengan masa pensterilan dari 30 min hingga 90 min, manakala pertambahan peratus minyak dengan tempoh masa pengekstrakan dari 3 jam hingga 24 jam bagi kedua-dua kaedah pensterilan. Walaubagaimanapun, hanya masa pensterilan bagi kaedah pemanasan kering didapati memberikan perbezaan signifikan ($p < 0.05$) bagi peratus minyak yang diekstrak. Namun, tidak terdapat perbezaan signifikan ($p > 0.05$) pada tempoh pengekstrakan minyak bagi kedua-dua kaedah pensterilan.

Hasil kajian daripada kedua-dua kaedah pensterilan mendapati 30 min pensterilan adalah masa yang optimum bagi penghasilan peratus minyak yang tinggi. Pemanasan basah menghasilkan peratus minyak yang lebih tinggi ($p < 0.05$) secara signifikan iaitu purata sebanyak 27.65% berbanding pemanasan kering, 19.01%. Purata bagi peratus minyak

yang dihasilkan daripada kaedah konvensional menggunakan pemerah berskru ialah 20.21% [13]. Pemanasan kering menunjukkan tekstur mesokarp yang keras apabila masa pensterilan meningkat disebabkan kandungan lembapan yang semakin berkurang (Jadual 2). Oleh itu, proses pengekstrakan minyak menjadi sukar dan merendahkan peratusannya.

Jadual 1. Kesan kaedah pensterilan terhadap peratus pengekstrakan minyak (%)

Kaedah pensterilan	Masa pensterilan (min)	Hasil pengekstrakan (%)			
		Tempoh pengekstrakan (jam)			Purata
		3	12	24	
Pemanasan kering	30	18.31	18.60	20.12	19.01
	60	17.92	16.52	19.40	17.94
	90	11.17	13.20	16.50	13.62
Pemanasan basah	30	26.54	26.94	29.46	27.65
	60	29.01	24.86	28.77	27.54
	90	23.96	24.18	26.23	24.79
Konvensional					20.21*

*Peratus minyak bagi kaedah konvensional [13]

Jadual 2. Kesan kaedah pensterilan terhadap kandungan lembapan (%)

Kaedah pensterilan	Masa pensterilan (min)	Kandungan lembapan (%)			
		Tempoh pengekstrakan (jam)			Purata
		3	12	24	
Pemanasan kering	30	0.03	0.17	0.27	0.16
	60	0.10	0.10	0.10	0.10
	90	0.03	0.02	0.03	0.03
Pemanasan basah	30	0.07	0.13	0.33	0.18
	60	0.07	0.10	0.27	0.15
	90	0.03	0.03	0.07	0.04
Konvensional					0.15-3.00*

*Kandungan lembapan bagi kaedah konvensional [8]

Analisis asid lemak bebas (FFA)

Keputusan kajian bagi nilai FFA minyak yang diekstrak bagi kedua-dua kaedah pensterilan adalah seperti dalam Jadual 3. Ia menunjukkan pengurangan nilai FFA dengan masa pensterilan pada 30 dan 60 min bagi kedua-dua kaedah pensterilan yang digunakan. Namun hanya terdapat perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) pada masa pensterilan yang digunakan bagi kaedah pemanasan basah sahaja.

Pemanasan kering menunjukkan peningkatan nilai FFA dengan tempoh masa pengekstrakan dari 3 jam hingga 24 jam. Peningkatan nilai FFA menunjukkan pemanasan kering tidak berjaya menyahaktifkan tindakan enzim sepenuhnya. Oleh itu, pemanjangan tempoh pengekstrakan buah yang dijalankan pada suhu bilik dan peningkatan kandungan lembapan (disebabkan masa pensterilan yang singkat) meningkatkan tindak balas hidrolisis pada minyak yang diekstrak (Jadual 2). Tempoh pengekstrakan dari 3 jam hingga 24 jam tidak meningkatkan nilai FFA bagi kaedah pemanasan basah ($p>0.05$). Hal ini menunjukkan kaedah ini berjaya menyahaktifkan tindakan enzim lipase yang menyebabkan peningkatan FFA walaupun pada masa pensterilan yang singkat.

Nilai FFA yang diperoleh dalam kajian ini adalah antara purata 0.37% hingga 0.93% bagi kedua-dua kaedah pensterilan. Keputusan menunjukkan kaedah pemanasan basah mengandungi kandungan FFA yang lebih rendah secara signifikan ($p<0.05$) berbanding kaedah pemanasan kering. Walaubagaimanapun, kedua-dua kaedah pensterilan menunjukkan nilai FFA yang jauh lebih baik dari piawaian yang telah ditetapkan bagi kaedah konvensional iaitu tidak melebihi 5% [14].

Jadual 3. Kesan kaedah pensterilan terhadap nilai asid lemak bebas, FFA (%)

Kaedah pensterilan	Masa pensterilan (min)	Asid lemak bebas (%)			Purata
		Tempoh pengekstrakan (jam)			
		3	12	24	
Pemanasan kering	30	0.70 ± 0.00	0.80 ± 0.04	1.15 ± 0.00	0.88
	60	0.57 ± 0.00	0.63 ± 0.00	1.13 ± 0.00	0.78
	90	0.69 ± 0.09	1.31 ± 0.08	0.78 ± 0.04	0.93
Pemanasan basah	30	0.65 ± 0.05	0.63 ± 0.00	0.67 ± 0.04	0.65
	60	0.38 ± 0.00	0.37 ± 0.04	0.36 ± 0.06	0.37
	90	0.28 ± 0.04	0.63 ± 0.00	0.38 ± 0.00	0.43
Konvensional					2-5*

*FFA bagi kaedah konvensional [8]

Analisis indeks pemerosotan terhadap pelunturan, (DOBI)

Pemerosotan kualiti minyak berlaku kerana proses pengoksidaan semasa pemprosesan dan penyimpanan minyak. DOBI digunakan bagi mengelaskan minyak mengikut kualiti yang telah ditetapkan iaitu pada tahap tidak baik bagi nilai <1, 1-2 bagi kurang baik, 2-3 bagi memuaskan dan >3 bagi baik [15]. Dalam kajian ini, nilai DOBI bagi kedua-dua kaedah pensterilan adalah seperti dalam Jadual 4.

Purata nilai DOBI yang tinggi diperoleh bagi kedua-dua kaedah pensterilan iaitu antara 4.89 hingga 6.12. Keputusan yang diperoleh menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang signifikan ($p>0.05$) dalam nilai DOBI pada setiap masa pensterilan dan tempoh pengekstrakan bagi kedua-dua kaedah yang digunakan. Namun begitu, pada 90 min pensterilan, nilai DOBI yang lebih rendah dicatatkan bagi pemanasan kering berbanding pemanasan basah. Hal ini disokong dengan nilai FFA yang lebih tinggi diperoleh bagi pemanasan kering pada masa pensterilan yang sama berbanding pemanasan basah (Jadual 2).

Jadual 4. Kesan kaedah pensterilan terhadap nilai indeks pemerosotan terhadap pelunturan (DOBI)

Kaedah pensterilan	Masa pensterilan (min)	DOBI			Purata
		Tempoh pengekstrakan (jam)			
		3	12	24	
Pemanasan kering	30	6.63 ± 0.36	6.21 ± 0.09	5.51 ± 0.06	6.12
	60	4.82 ± 0.19	6.40 ± 0.06	5.91 ± 0.06	5.71
	90	5.01 ± 0.11	4.51 ± 0.05	5.15 ± 0.16	4.89
Pemanasan basah	30	5.48 ± 0.10	6.07 ± 0.16	5.37 ± 0.04	5.64
	60	4.49 ± 0.18	5.81 ± 0.12	5.71 ± 0.05	5.34
	90	5.29 ± 0.18	5.29 ± 0.00	5.69 ± 0.23	5.42
Konvensional					>2.3*

*DOBI bagi kaedah konvensional [16]

Jadual 5. Kesan kaedah pensterilan terhadap kandungan karotena (ppm)

Kaedah pensterilan	Masa pensterilan (min)	DOBI			Purata
		Tempoh pengekstrakan (jam)			
		3	12	24	
Pemanasan kering	30	664.34± 3.64	673.74±3.29	595.85± 8.64	644.64
	60	558.31± 47.93	917.19±25.67	813.94± 5.02	763.15
	90	817.97± 2.89	549.21± 0.62	736.78± 6.60	701.32
Pemanasan basah	30	723.63± 12.85	889.35±23.35	619.95± 0.67	744.31
	60	704.48± 1.65	635.73±2.86	693.22± 1.22	677.81
	90	647.25± 1.99	728.72± 0.00	918.44±12.13	764.80
Konvensional					500-700*

*Kandungan karotena bagi kaedah konvensional [8]

Analisis kandungan karotena

Keputusan kajian bagi kandungan karotena bagi kedua-dua kaedah pensterilan adalah seperti dalam Jadual 5. Ia menunjukkan kandungan karotena yang diperolehi adalah antara 549.21 ppm hingga 935.35 ppm bagi kedua-dua kaedah pensterilan. Kandungan karotena yang diperolehi menunjukkan kedua-dua kaedah tidak memusnahkan karotena yang merupakan bahan antioksidan penting yang dapat membantu mengekalkan kestabilan minyak sawit. Walaubagaimanapun, purata kandungan karotena yang diperolehi antara 644.64 ppm hingga 764.80 ppm iaitu dalam julat yang diperolehi oleh kaedah konvensional (500 ppm hingga 700 ppm) [8].

Kaedah pemanasan basah dari 60 hingga 90 min (Jadual 5) menunjukkan peningkatan kandungan karotena apabila tempoh pengekstrakan meningkat. Ini menunjukkan bahawa tempoh pengekstrakan yang panjang perlu untuk membenarkan pelarut mengekstrak sebanyak mungkin karotena yang terdapat pada serat. Selain itu, keadaan

mesokarp yang lembut turut memudahkan lagi proses pengekstrakan minyak seterusnya meningkatkan kandungan karotena.

Kesimpulan

Hasil kajian mendapati pemanasan basah diikuti pengekstrakan menggunakan pelarut menghasilkan peratus minyak paling tinggi dan kualiti minyak yang lebih baik daripada pemanasan kering dan konvensional. Walaubagaimanapun, kedua-dua kaedah pensterilan (pemanasan kering dan basah) menunjukkan perbezaan yang agak minimum bagi kandungan karotena manakala kualiti yang lebih baik ditunjukkan bagi FFA dan DOBI berbanding kaedah konvensional. Dalam kajian ini, masa pensterilan yang singkat didapati berjaya memusnahkan tindakan enzim dan memudahkan proses pengekstrakan minyak. Manakala tempoh pengekstrakan yang panjang hanya meningkatkan nilai FFA bagi pemanasan kering sahaja.

Penghargaan

Pengarang ingin mengucapkan terima kasih kepada MPOB kerana memberikan sokongan kewangan melalui geran penyelidikan GSAS dan MOE untuk geran ERGS/1/2012/STG05/UKM/0312. Ribuan terima kasih juga kepada semua kakitangan makmal Unit Pengilangan dan Pemprosesan MPOB dalam menjayakan projek ini.

Rujukan

1. Salmiah, A., Rubaah, M., Hazimah, A. H. & Razmah, G. (2004). Perusahaan Sawit di Malaysia - Satu Panduan, hlmn 268. Kajang. Malaysian Palm Oil Board.
2. Ohlson, J. S. R. (1976). Processing Effects on Oil Quality. *Journal of the American Oil's Chemist Society*. 53(6): 297-301.
3. Ariffin, A.A. (1991). Chemical change during sterilization process affecting strippability and oil quality. *Prosiding of Workshop on Quality in the Palm Oil Industry*. 16 – 17 Mei.
4. Desa, A., Hishamuddin, J. & Gan Leng, S. (1997). *Pertanika Journal Science & Technology*. 5(1): 95-104.
5. Ng, K. T. & Southworth, A. (1973). Optimum time of harvesting oil palm fruit. *In Advances in Oil Palm Cultivation*. Kuala Lumpur, Incorporated Society of Planters.
6. Sivasothy, K., Rohaya, M. H. & Yusof, B. (2005). A new system for continuous sterilization of oil palm fresh fruit bunches. *Journal of Oil Palm Research*. 17:145-151.
7. Chow, M. C. & Ma, A. N. (2007). Processing of fresh palm fruits using microwaves. *Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy*. 40 (3):165-173.
8. Cheng, S.F. Mohd Nor, L. & Chuah, C.H. (2011). Microwave pretreatment: A clean and dry method for palm oil production. *Journal of Industrial Crops and Products*. 34: 967-971.
9. Nu'man, A. H., Mei Han, N., Yuen May, C. & Ah Ngan, M. (2012). Dry heating of palm fruits: Effect on selected parameters. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*. 5(2): 128-131.
10. Stein, W. & Glaser, F. W. (1976). Continuous solvent extraction of sunflower, seed, groundnuts, palm kernels, rapeseed and copra. *Journal American Oil Chemist Society*. 53:283-285.
11. Owolarafe, O.K. & Faborode, M.O. (2007). Micro-structural characterisation of palm fruit at sterilisation and digestion stages in relation to oil expression. *Journal of Food Engineering*. 85: 598–605.
12. MPOB (2004). MPOB Test Methods. Malaysian Palm Oil Board, Ministry of Primary Industries, Malaysia.
13. MPOB (2010). Malaysian Oil Palm Statistic 2009. Kajang. Malaysia.
14. Noraini, S. & Siew, W. L. (1990). Quality control measures in palm oil industry. *Palm Oil Dev*.
15. Choon Hui, Tan., Hasanah, M. G, Ainie, K., Chin Ping, Tan. & Ariffin, A. A. (2009). Extraction and physicochemical properties of low free fatty acid crude palm oil. *Journal Food Chemistry*. 113: 645-650.
16. Pocketbook of Palm Oil Uses (2009). 6th Edition. Kajang. Malaysian Palm Oil Board.