

AGRITECH

JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN

VOLUME 30, NO. 2, MEI 2010

- **Fraksinasi Dan Identifikasi Senyawa Volatil Pada Asap Cair Tempurung Kelapa Hibrida** 57
(Fractionation And Identification Of Volatile Compounds In Liquid Smoke From Hybrid Coconut Shell)
Syahraeni Kadir, Purnama Darmadji, Chusnul Hidayat, Supriyadi
- **Aktivitas Antioksidan Dan Kadar Senyawa Fenolik Pada Kunir Putih (*Curcuma Mangga Val.*) Segar Dan Setelah *Blanching*** 68
*The Antioxidant Activity and Phenolic Content of Fresh and Blanched White Saffron (*Curcuma mangga Val.*)*
Dwiwati Pujimulyani, Sri Raharjo, Y. Marsono dan Umar Santoso
- **Perubahan KANDUNGAN B-KAROTEN, ASAM LEMAK BEBAS DAN BILANGAN PEROKSIDA Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan** 75
Changes On B-Carotene, Free Fatty Acid And Peroxide Values Of Red Palm Olein Oil During Heating
Budiyanto, Devi Silsia, Zulman Efendi, Rasie Janika
- **Rancang Bangun Dan Uji Kelayakan Finansial Alat Pengering Mekanis Untuk Pemenuhan Pasokan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Bahan Baku Kerajinan** 80
*(Design and Finance Feasibility Test of Mechanical Dryer for Fulfilling the Supply of Dry Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) for Handicraft Raw Materials)*
Kunto Purbono, Makhmudun Ainuri, Suryandono
- **Perbaikan Kinerja *Supply Chain* Perusahaan Keripik Singkong Berdasarkan Analisis *Product Availability*** 90
Improvement of Supply Chain Performance for Cassava Chips Company Based on Product Availability Analysis
Parama Tirta Wulandari Wening Kusuma, Kuncoro Harto Widodo, Didik Purwadi
- **Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Tanah Halus Dalam Air Berdasarkan Intensitas Cahaya** 96
Design of concentration smooth soil instrument in water based on light intensity
Imam Sofi'i
- **Sistem Informasi Teknologi Inovasi Untuk Mendukung Pengembangan Agroindustri Di Kawasan Lahan Pantai** 101
The Inovation Technology Information System for Supporting Development of Agroindustrial System in Coastal Area
Lilik Sutiarso, Sigit Supadmo Arif, P. Tamtomo, Riki Andika

AGRITECH

JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN

PENERBIT

Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada

KETUA REDAKSI

Muhammad Nur Cahyanto

DEWAN REDAKSI

Kuncoro Harto Widodo
Makhmudun Ainuri
Nursigit Bintoro
Rudiati Evi Masithoh
Yudi Pranoto

PRODUKSI DAN DISTRIBUSI

Sekar Tri Rahimah

ALAMAT REDAKSI

Kantor Redaksi Agritech
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada
Jalan Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 6491327; Fax. (0274) 589797
E-mail: agritech@ugm.ac.id

PERCETAKAN

Kanisius, Yogyakarta

Isi di luar tanggungjawab percetakan

Harga langganan per tahun (4 nomor) Rp. 100.000,00 (Perorangan), Rp 150.000,00 (Instansi). Pembayaran dilakukan melalui transfer ke Tabungan Mandiri Cab. UGM No. Rekening 1370005025776 atas nama Muhammad Nur Cahyanto. Konfirmasi transfer dapat dilakukan dengan mengirimkan bukti transfer ke alamat redaksi atau melalui email ke agritech@ugm.ac.id. Pembelian per nomor harap menghubungi Bagian Produksi dan Distribusi

PERUBAHAN KANDUNGAN β -KAROTEN, ASAM LEMAK BEBAS DAN BILANGAN PEROKSIDA MINYAK SAWIT MERAH SELAMA PEMANASAN

Changes On β -Carotene, Free Fatty Acid And Peroxide Values Of Red Palm Olein Oil During Heating

Budiyanto, Devi Silsia, Zulman Efendi, Rasie Janika

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman, Bengkulu,
email:budi_budiyanto@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pola penurunan kandungan β -karoten, menentukan pola perubahan kandungan asam lemak bebas (FFA), dan menentukan pola perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah selama pemanasan. Minyak sawit merah dipanaskan pada empat suhu pemanasan yang berbeda (150°C, 160°C, 170°C, dan 180°C) selama 10 jam. Sampel minyak diambil setiap 30 menit dari setiap minyak yang dipanaskan. Kandungan β -karoten, FFA, dan bilangan peroksida pada setiap sampel dievaluasi. Data yang diperoleh dituangkan secara grafis untuk analisa lebih lanjut. Hasil Penelitian menunjukkan kandungan β -karoten minyak sawit merah mengalami penurunan tajam selama tiga jam pertama pemanasan, khususnya pada minyak yang dipanaskan pada suhu 180°C. Selain itu, lama pemanasan selama 10 jam mengakibatkan terhadap turunnya kadar FFA serta penurunan bilangan peroksida, khususnya pada minyak yang mengalami pemanasan lebih dari 150°C.

Kata kunci: Minyak sawit merah, β -karoten, asam lemak bebas, bilangan peroksida

ABSTRACT

The objectives of the study were to evaluate decreasing pattern of β -carotene, determine the changes of free fatty acid content and to determine peroxide value of red palm olein oil during heating. Red palm olein oil samples were heated at four different temperatures (150°C, 160°C, 170°C, and 180°C) for ten hours. Heated samples were taken every 30 minutes for each heating treatment. The β -carotene, FFA, and peroxide value in each sample were evaluated. The data were plotted into its curve for further evaluation. The finding indicated that β -carotene content in red palm olein oil decreased sharply in the first three hours of heating, especially for the oil heated at 180°C. In addition, heating for 10 hours resulted in decreasing of FFA and peroxide values, especially for red palm oil samples heated above 150°C.

Keywords: Red palm olein oil, heating, β -carotene, FFA, peroxide value

PENDAHULUAN

Minyak sawit merah (RPO) merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari pengolahan minyak sawit mentah yang masih mengandung karoten dan vitamin E yang cukup tinggi (Ooi dkk., 1994). Beberapa jenis senyawa karoten sebagai minor konstituen minyak kelapa sawit antara lain, karoten, β -karoten, tokoferol dan α -tokoferol (Goh dkk., 1985). Kandungan α -tokoferol, karoten total dan β -karoten pada minyak sawit merah sangat tinggi yaitu masing-masing 427

ppm, 732 ppm dan 568 ppm (Jatmika dan Guritno, 1997). Beberapa peneliti yang lain melaporkan bahwa kandungan β -karoten minyak sawit merah berkisar antara 440 sampai dengan 613 ppm (Darnoko dkk., 2002; Jatmika dan Siahaan, 1997; Nagendan dkk., 2000). β -karoten pada RPO merupakan provitamin A yang berada pada kondisi larut dalam minyak dan memiliki bioavailabilitas yang lebih baik daripada β -karoten dalam bentuk kristal atau ikatan protein kompleks,

seperti β -karoten yang terdapat pada bayam dan wortel (Parker, 1996). Selain itu, karoten tersebut dalam bentuk trans isomer sehingga lebih mudah dikonversikan menjadi vitamin A dibandingkan dengan jenis karoten yang berbentuk cis isomer (Johnson dkk., 1996).

Degradasi senyawa karotenoid, termasuk β -karoten, pada minyak sawit merah dapat terjadi akibat pemanasan (Allyas dkk., 2006 ; Okiy dan Oke, 1981). Degradasi β -karoten oleh panas menghasilkan 6 jenis senyawa mudah menguap yang utama, yaitu 2-metil heksana, 3-metil heksana, heptana, siklo-oktanona, toluena dan (orto, meta atau para) xilena (Sahidin dkk., 2000). Pada studi mengoreng menggunakan minyak sawit merah semua provitamin A yang ada dalam minyak sawit akan hilang, setelah 4 kali berturut-turut digunakan untuk menggoreng (Nestel and Nalubola 2003). Berkurangnya kandungan β -karoten pada minyak sawit merah selama pemanasan, pada dasarnya akan menurunkan kualitas minyak sawit merah.

Selama pemanasan atau penggorengan, minyak mengalami kerusakan atau penurunan kualitas yang ditandai dengan terbentuknya asam lemak bebas dan senyawa peroksida sebagai akibat reaksi oksidasi dan hidrolisis trigliserida (Budiyanto, 1996 ; Melton dkk., 1994; Perkins, 1992). Pada proses penggorengan (*deep frying*) minyak lebih cepat mengalami kerusakan karena kandungan air dan komponen lain pada bahan akan mempercepat proses hidrolisis sebagian lemak menjadi asam lemak bebas Melton dkk. (1994) dan White (1991).

Sifat antioksidan β -karoten pada minyak sawit merah mempunyai potensi memperlambat kerusakan minyak atau memperlambat pembentukan asam lemak bebas dan peroksida selama pemanasan. Dilain pihak terjadi penurunan kualitas minyak sawit merah karena berkurangnya kandungan β -karoten selama pemanasan. Dengan demikian, selain kandungan asam lemak bebas dan bilangan peroksida, perubahan β -karoten dapat digunakan sebagai pertimbangan sebagai parameter kualitas minyak sawit merah atau red palm oil (RPO) dan pedoman untuk mengoptimalkan utilisasi RPO sebagai alternatif sumber provitamin A atau sebagai minyak goreng. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pola perubahan β -karoten minyak sawit merah selama pemanasan dan untuk mengkaji keterkaitan antara perubahan kandungan β -karoten dan perubahan kadungan asam lemak bebas (ALB) dan bilangan peroksida selama perlakuan pemanasan RPO.

METODE PENELITIAN

β -karoten yang ada pada minyak sawit merah (RPO) diperoleh dari pengolahan CPO yang dilakukan berdasarkan modifikasi metode Ooi dkk. (1996). Kandungan β -karoten

yang ada pada RPO akan diukur sebelum minyak dipanaskan untuk dijadikan titik awal pengukuran kandungan β -karoten sebelum terjadinya pemanasan minyak.

Pemanasan minyak dilakukan di laboratorium Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. RPO dipanaskan dalam empat buah *deep fryer* yang masing-masing dilengkapi dengan alat pengukur suhu minyak. Setiap *deep fryer* dipanaskan pada empat suhu yang berbeda, masing-masing (150° C, 160° C, 170° C, dan 180°C) selama lima jam setiap hari, dalam dua hari berturut-turut. Untuk mengetahui perubahan kandungan karoten selama pemanasan, sampel minyak diambil setiap tiga puluh menit setelah minyak dipanaskan pada suhu sesuai perlakuan pemanasan. Sampel minyak didinginkan sampai suhu ruang dan disimpan dalam *freezer* untuk dianalisa lebih lanjut. Dengan demikian, pada setiap perlakuan pemanasan akan dilakukan dua puluh kali pengambilan sampel, dan satu kali pengukuran sampel sebelum pemanasan. Pada studi ini, keseluruhan kegiatan pemanasan dan pengukuran pengujian sampel dilakukan dengan tiga kali ulangan.

Pengukuran kandungan β -karoten dilakukan dengan metode spektrofotometrik menggunakan pelarut isooktan dan mengamati absorbansi sinar dengan panjang gelombang 450 nm (Gardjito dan Agung, 2003). Pengukuran kandungan asam lemak bebas dilakukan berdasarkan metode Ca 5a-40-/93(AOCS, 1989). Selain itu, pengukuran bilangan peroksida dilakukan berdasarkan metoda Cd 8-53 (AOCS, 1989).

Data yang diperoleh dari pengukuran kualitas minyak sawit selanjutnya diamati, khususnya korelasi hasil pengukuran kualitas minyak dari kedua metode tersebut. Berdasarkan korelasi yang ada dan pengukuran *frying life* minyak goreng yang diukur berdasarkan penentuan bilangan asam, besaran konduktivitas yang menunjukkan batas kualitas (*frying life*) minyak sawit dapat diketahui. Selanjutnya data hasil pengukuran β -karoten dituangkan dalam bentuk grafik berfungsi waktu untuk mengetahui kecenderungan perubahannya kandungan β -karoten selama proses pemanasan. Selain itu dilakukan pula pengukuran perubahan kandungan asam lemak bebas pada setiap sampel minyak yang diamati.

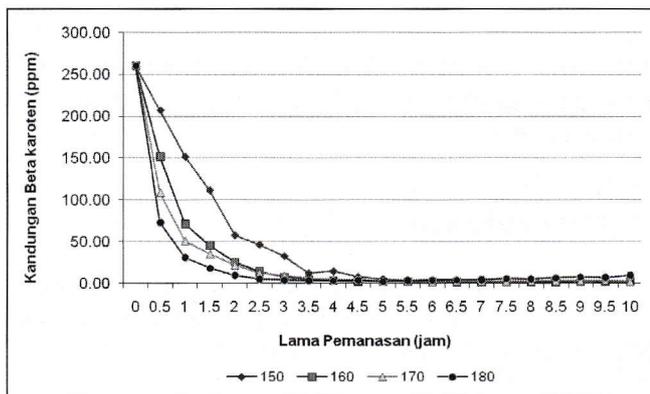
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Kandungan β -karoten

Pola perubahan β -karoten RPO selama pemanasan pada berbagai suhu pemanasan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah. Secara umum, kandungan β -karoten mengalami penurunan selama pemanasan. Pemanasan pada suhu yang lebih tinggi mempercepat penurunan kandungan β -karoten pada minyak sawit merah, terutama pada awal pemanasan selama tiga jam. Penurunan kandungan β -karoten

terjadi cukup tajam terjadi pada pemanasan satu jam pertama, khususnya pada RPO yang dipanaskan pada suhu 180°C.

Kurva perubahan kandungan β -karoten tersebut diatas menunjukkan bahwa pemanasan minyak sawit merah pada suhu 150° C mampu mempertahankan retensi kandungan β -karoten lebih baik daripada pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi. Lama pemanasan juga berpengaruh terhadap perubahan kandungan β -karoten. Data yang ada juga menunjukkan bahwa minyak sawit merah yang dipanaskan selama dua jam pada semua perlakuan pemanasan mengalami penurunan kandungan β -karoten yang cukup signifikan, tetapi kandungan β -karoten pada minyak yang dipanaskan 150° setelah pemanasan dua jam masih lebih tinggi daripada kandungan β -karoten pada minyak sawit yang dipanaskan pada suhu 180° C dengan lama pemanasan yang sama.



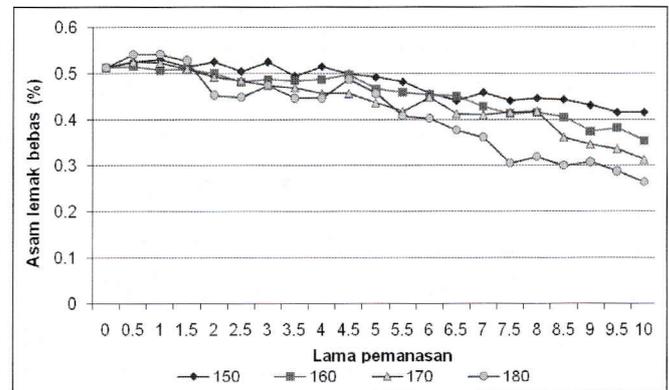
Gambar 1. Perubahan kandungan β -karotene minyak sawit merah pada berbagai kondisi pemanasan

Berkurangnya Kandungan β -karoten selama pemanasan dilaporkan pula oleh beberapa peneliti lain. Berkurangnya kandungan β -karoten tidak signifikan pada pemanasan minyak sawit merah pada temperatur < 100° C selama 120 menit tetapi kandungan β -karoten pada minyak sawit merah berkurang 59% pada pemanasan 200°C (Alyas dkk., 2006). Hasil yang serupa dilaporkan pada studi yang mengamati perubahan kandungan β -karoten pada peningkatan suhu penyimpanan minyak sawit merah (Chen dkk., 1996) Berkurangnya kandungan β -karoten pada minyak sawit merah mengindikasikan terjadinya degradasi/kerusakan senyawa β -karoten pada minyak, sehingga terjadi penurunan kandungan β -karoten yang cukup signifikan. Degradasi β -karoten oleh panas menghasilkan 6 jenis senyawa mudah menguap yang utama, yaitu 2-metil heksana, 3-metil heksana, heptana, siklo-oktana, toluena dan (orto, meta atau para) xilena (Sahidin dkk., 2000).

Perubahan Kandungan Asam Lemak Bebas

Kandungan asam lemak bebas minyak sawit merah yang dipanaskan pada berbagai suhu pemanasan dan lama pemanasan

mengalami penurunan. Secara umum, pemanasan minyak sawit merah selama satu jam pertama menaikkan kandungan asam lemak bebas. Akan tetapi setelah pemanasan selama satu jam, penambahan waktu/lama pemanasan sampai 10 jam, pada berbagai suhu pemanasan, mendorong terjadinya penurunan kandungan asam lemak bebas pada minyak sawit merah, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan kandungan asam lemak bebas minyak sawit merah pada berbagai kondisi pemanasan

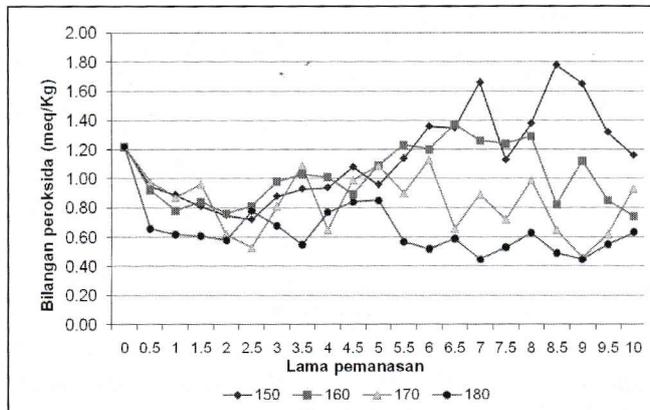
Pada berbagai studi penggorengan, peningkatan asam lemak sangat dipengaruhi oleh kadar air, jenis dan kandungan minyak, serta komponen lain pada bahan yang dapat bereaksi dengan asam lemak bebas yang ada pada minyak goreng (Gerde dkk., 2007). Pada studi pemanasan minyak sawit merah ini, tidak adanya bahan yang ditambahkan dalam minyak. Hasil serupa yaitu penurunan kandungan asam lemak bebas selama pemanasan dilaporkan pada studi deodorisasi minyak sawit merah (Budiyanto dkk., 2007).

Penurunan kandungan asam lemak bebas selama pemanasan lanjut hanya terjadi bila kecepatan pembentukan asam lemak bebas lebih lambat daripada peruraian atau perubahan asam lemak bebas menjadi senyawa yang mudah menguap (Budiyanto dkk., 2007). Kemungkinan yang lain adalah keberadaan β -karoten yang berfungsi sebagai antioksidan mampu memperlambat pembentukan asam lemak bebas selama pemanasan. Ikatan rangkap yang ada pada struktur β -karoten membuat senyawa tersebut tidak stabil dan mudah bereaksi dengan asam lemak bebas yang ada (Henon dkk., 1997).

Hasil dekomposisi senyawa karotenoid pada minyak sawit merah dapat berupa senyawa volatil dan produk dekomposisi yang larut dalam minyak (Jatmika dan Guritno, 1997; Okiy dan Oke, 1986; Sahidin dkk., 2000). Terbentuknya senyawa volatil hasil dekomposisi β -karoten dan hasil dekomposisi lain yang berada dalam minyak, serta pemanasan minyak diduga turut mempercepat penguraian asam lemak bebas atau menghasilkan senyawa yang tidak dapat diidentifikasi sebagai asam lemak bebas.

Perubahan Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida minyak sawit merah yang dipanaskan pada berbagai suhu pemanasan selama sepuluh jam berfluktuasi. Minyak sawit merah yang dipanaskan pada suhu yang lebih tinggi cenderung menghasilkan bilangan peroksida yang lebih rendah setelah sampel minyak dipanaskan selama sepuluh jam dibandingkan dengan minyak sawit merah yang dipanaskan pada suhu yang lebih rendah (Gambar 3).



Gambar 3. Perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah pada berbagai Kondisi pemanasan

Bilangan peroksida minyak sawit merah yang dipanaskan pada berbagai suhu pemanasan selama sepuluh jam berfluktuasi. Bfluktuasinya bilangan peroksida minyak sawit merah selama pemanasan mengindikasikan terjadinya pembentukan dan perubahan senyawa peroksida menjadi senyawa lain selama pemanasan. Bilangan peroksida yang lebih rendah pada minyak yang dipanaskan dengan suhu yang lebih tinggi dapat terjadi karena reaksi perubahan senyawa peroksida menjadi senyawa lain yang lebih cepat pada suhu pemanasan yang lebih tinggi (Berger, 1985). Kecenderungan turunnya bilangan peroksida pada minyak yang dipanaskan pada suhu 180° C, 170° C, dan 160° C seiring dengan bertambahnya suhu pemanasan minyak dilaporkan pula oleh Okiy and Oke (1981). Senyawa peroksida yang terbentuk pada minyak yang dipanaskan merupakan senyawa antara yang dapat berubah menjadi senyawa lain (Melton dkk., 2004). Kecenderungan turunnya bilangan peroksida dengan bertambahnya lama pemanasan mengindikasikan bahwa selama pemanasan minyak sawit merah, pembentukan senyawa peroksida terjadi lebih lambat daripada perubahan senyawa peroksida peroksida menjadi senyawa lain. Hal ini dimungkinkan dengan masih tingginya kandungan β-karoten yang berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menghambat reaksi pembentukan senyawa peroksida selama empat jam pemanasan (Gambar 1 dan Gambar 3). Selain itu, senyawa antoksidan lain yang ada pada minyak sawit merah, selain β-karoten, diduga turut

berperan dalam menekan pertambahan kandungan senyawa peroksida selama pemanasan. Pada minyak yang dipanaskan pada suhu 180° C reaksi pembentukan senyawa peroksida dari minyak sawit merah secara cepat diikuti dengan berubahnya senyawa peroksida menjadi senyawa lain, sehingga menyebabkan bilangan peroksida yang terukur menjadi lebih rendah daripada kondisi minyak yang dipanaskan pada suhu yang lebih rendah.

KESIMPULAN

Kandungan β-karoten minyak sawit merah mengalami penurunan tajam selama tiga jam pertama pemanasan, khususnya pada minyak yang dipanaskan pada suhu 180°C. Selain itu, pemanasan selama 10 jam mengakibatkan turunnya kandungan FFA serta penurunan bilangan peroksida, khususnya pada minyak yang mengalami pemanasan lebih dari 150°C. Minyak sawit merah tidak banyak mengalami perubahan bila digunakan pada suhu kurang dari 150°C dengan pemanasan singkat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ditjen Dikti, yang telah membantu untuk terlaksananya penelitian ini melalui program penelitian Fundamental 2007.

DAFTAR PUSTAKA

Alyas, S.A., Aminah, A., dan Nor Aini, I. (2006). Change of β-carotene content during heating of red palm olein. *Journal of Oil Palm Research*. **18**: 99-102.

American Oil Chemist Society (AOCS), (1989). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (4th ed.). Champaign Illinois, USA.

Berger, K.G. (1985). *The Use Of Palm Oil In Frying*. Malaysian Palm Oil Promotion Council, Selangor, Malaysia. p. 15.

Blumenthal, M. M. (1991). A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*. **45**: 68-71.

Budiyanto, (1996). *Soybean and Palm Olein oils: Frying Performance and Characteristics of Fried Prawn Crackers*. Dissertasi, The University of Tennessee, Knoxville, USA.

Budiyanto, Syafnil, dan Meliah, (2007). Pengaruh suhu dan waktu deodorisasi terhadap kandungan asam lemak bebas dan tingkat kesukaan pada bau minyak sawit merah (red palm oil). *Prosiding pada Seminar Nasional BKS-*

- PTN wilayah Indonesia Barat, Fakultas Pertanian, Pekanbaru Baru, 23-26 Juli 2007, Riau.
- Darnoko, D, Siahaan, D., Nuryanto, E., Elisabeth, J., Erning-praja, L., Tobing, P.L., Naibaho, P.M. dan Haryati, T. (2002). *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit dan Produk Turunannya*. Pusat Penelitian Kelapa sawit. Medan.
- Gardjito, M dan Agung, S.W. (2003). *Hortikultura Teknik Analisis Pascapanen*. Transmedia Global Wacana, Yogyakarta.
- Gerde, J., Hardy, C., Fehr, W., dan White, P.J. (2007) Frying performance of no-trans, low-linolenic acid soybean oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Original paper. 10.1007/s11746-007-1066-0
- Goh, S.H., Choo, Y.M. dan Ong, S.H. (1985). Minor constituent of palm oil. *JAOCS*. **62**: 237-240.
- Henon, G., Kemeny, Z., Resceg, K., Zwobada, F. dan Kovari, K. (1997). Degradation of linolenic acid during heating. *JAOCS* **74**: 1615-1617.
- Jatmika, A. dan Siahaan, D. (1997). Sifat Nutrisional Karotenoid Minyak Sawit Merah. *Warta PPKS Medan* **5**: 21 – 27.
- Jatmika, A. dan Guritno, P. (1997). Evaluasi penerimaan konsumen terhadap produk pangan yang digoreng dengan minyak sawit merah. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* **5**: 41 – 53.
- Jonsson, E.J., Krinsky, N.I. dan Russel, R.M. (1996). Serum response of all trans and 9-cis isomers of B-carotene in humans. *Journal of American College Nutrition* **15**: 620-624.
- Melton, S.L., Jafar, S. Sykes, D., dan Trigiano, M.K. (1994). Review of stability measurements for frying oils and fried food flavor. *JAOCS*, **71**: 1301-1308.
- Nagendan B., Unnithan U.R., Choo, Y.M. dan Sundram, K. (2000). Characteristic of red palm oil, a-carotene-vitamin E-rich refined oil for food uses. *Food Nutrition Bulletin*. **21**: 189-194.
- Nestel, P. dan Nalubola, R. (2003). Red Palm Oil is a Feasible and Effective Alternative Source of Dietary Vitamin A. <http://IISI.org>. 31 Januari 2004.
- Okiy, D.A. dan Oke, O L (1981). Chemical changes in palm oil at the early stages Of heating. *Journal of Nigerian Institute for Oil Palm Research* **21**: 101-113.
- Okiy, D.A. dan Oke, O.L. (1986). Some chemical changes in heated palm oil. *Food Chemistry* **21**: 161-166.
- Ooi, C.K., Choo, Y.M., Yap, S.C. dan Ma, A.N. (1996). Refining of red palm oil. *Elaeis* **8**: 20-28.
- Ooi, C.K., Choo, Y.M., Yap, S.C.; Basiron, Y. dan Ong, A.S. H. (1994). Recovery of carotenoids from palm oil. *Journal of American Oil Chemical Society*. **71**: 423-42
- Parker, R.S. (1996). Absorption, metabolism and transport of carotenoids. *FASEB Journal* **10**: 542– 551.
- Perkins, E.G. (1992). Effect of lipid oxidation on oil and food quality in deep frying. Dalam: St Angelo, A.J. (ed). *Lipid Oxidation in Foods.*, hal 310-319. American Chemical Society, Washington, D.C., USA.
- Ping B.T.Y., Choo, Y.M., Gwendoline, E.E.C.L. dan Goh, S.H. (2002). Geometrical isomers of the major provitamin A palm carotene, α and β -carotene in the mesocarp oil of fresh and sterilized palm fruits, crude palm oil and palm carotene based products : Red palm olein and carotene concentrates. *Journal of Oil Palm Research* **13**: 23-32.
- Sahidin, Matsjeh, S. dan Nuryanto, E. (2000). Degradasi β -karoten dari minyak sawit mentah oleh panas. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* **8**: 39-50.
- Van der Merwe, G.H., Plessis, L.M. dan Taylor, J.R.N. (2003). Changes in chemical quality indices during long-term storage of palm-olein oil under heated storage and transport-type conditions. *Journal of Science Food and Agriculture* **84**:52–58.
- White, P. J. (1991). Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technology* **45**: 75-80.