

STABILITAS FOTOOKSIDASI MINYAK GORENG SAWIT YANG DIFORTIFIKASI DENGAN MINYAK SAWIT MERAH

[Photooxidation Stability of Palm Oil Fortified by Red Palm Oil]

Nuri Andarwulan^{1,2)*}, Gema Noor Muhammad¹⁾, Afifah Z. Agista¹⁾, Satrya Dharmawan¹⁾, Dwi Fitriani¹⁾, Ayu C. Wulan¹⁾, Desty G. Pratiwi²⁾, Winiati P. Rahayu^{1,2)}, Drajat Martianto³⁾, dan Purwiyatno Hariyadi^{1,2)}

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²⁾ South East Asian Food and Agricultural Science and Technology Center, Institut Pertanian Bogor, Bogor

³⁾ Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Diterima 14 Februari 2016 / Disetujui 14 Juni 2016

ABSTRACT

Deterioration of palm oil fortified with vitamin A and provitamin A could be caused by the presence of oxygen and light exposure. The purpose of this study was to determine the effect of the initial peroxide value (PV) in palm oil (1.99, 3.98, and 9.95 meq O₂/kg oil) and light intensity (15000, 10000, and 5000 lux) on the rate of oxidation and the shelf life of palm oil fortified with Red Palm Oil (RPO) equal to 45 IU vitamin A. The RPO contained β -carotene as provitamin A in the amount of 504.67 ppm. The PV and free fatty acid (FFA) content were observed as the parameters of oil deterioration during storage. The results showed that the rate of PV was influenced by light intensity, while the rate of FFA formation were more influenced by the amount of initial PV in the oil. Based on the palm oil standard quality for PV (SNI 7709: 2012), the shelf life of palm oil with the lowest initial PV at ambient temperature was 9.5 days, while that with the highest PV was 1.32 hours. The deterioration rate of RPO fortified palm oil due to light exposure was also compared with its deterioration rate due to heat and the deterioration rate of palm oil fortified with vitamin A. The shelf life of vitamin A fortified palm oil stored in the dark was 90.67 days, while RPO fortified palm oil was 68.12 days. This shelf life results showed that RPO had a potency as provitamin A fortificant for palm oil as long as it is stored in a closed container in the dark.

Keywords: palm oil, peroxide value, photooxidation, red palm oil

ABSTRAK

Kerusakan minyak goreng sawit yang difortifikasi vitamin A atau provitamin A salah satunya disebabkan oleh adanya oksigen dan paparan cahaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bilangan peroksida awal minyak goreng sawit (1,99; 3,98; dan 9,95 meq O₂/kg minyak) serta intensitas cahaya (15000, 10000, dan 5000 lux) terhadap laju kerusakan oksidasi dan umur simpan minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan Minyak Sawit Merah (MSM). MSM mengandung β -karoten sebesar 504,67 ppm. Parameter kerusakan yang diamati adalah bilangan peroksida dan kandungan asam lemak bebas dari minyak. Laju pembentukan peroksida dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya, sementara laju pembentukan asam lemak bebas lebih dipengaruhi oleh kandungan peroksida yang telah dikandung dalam minyak pada awal penelitian. Berdasarkan nilai bilangan peroksida sesuai syarat SNI 7709:2012, minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida awal terendah memiliki umur simpan 9,5 hari, sedangkan minyak dengan bilangan peroksida awal tertinggi hanya memiliki umur simpan 1,32 jam. Laju kerusakan minyak goreng yang difortifikasi oleh MSM dan terkena paparan cahaya ini juga dibandingkan dengan laju kerusakan yang dipengaruhi oleh suhu serta laju kerusakan minyak yang difortifikasi vitamin A sintesis dan dipengaruhi cahaya dan suhu. Umur simpan minyak goreng sawit yang difortifikasi vitamin A dan disimpan dalam kondisi gelap adalah 90,67 hari, sedangkan yang difortifikasi MSM adalah 68,12 hari. Berdasarkan umur simpan ini, MSM mempunyai potensi sebagai fortifikan minyak goreng sawit yang dikemas dan disimpan dalam kondisi gelap.

Kata kunci: bilangan peroksida, fotooksidasi, minyak goreng sawit, minyak sawit merah

*Penulis Korespondensi:
E-mail: nuri@seafast.org

PENDAHULUAN

Proses pemurnian CPO menjadi minyak goreng sawit komersial memerlukan suhu tinggi dan tekanan vakum. Suhu tinggi dan tekanan vakum yang digunakan berfungsi untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat-zat yang tidak diinginkan seperti asam lemak bebas serta produk-produk oksidasi dan dekomposisi. Sayangnya penggunaan suhu tinggi ini berimbas pada hilangnya karotenoid dalam minyak sawit (Othman *et al.*, 2010). Di sisi lain, SNI 7709: 2012 mensyaratkan bahwa minyak goreng sawit harus mengandung vitamin A sebesar 45 IU (BSN, 2012). Agar persyaratan ini dapat terpenuhi, perlu dilakukan fortifikasi vitamin A ke dalam minyak goreng.

Fortifikan yang digunakan adalah vitamin A sintetik dan masih impor. Solusi untuk menangani masalah tersebut adalah mengganti fortifikan sintetik dengan fortifikan alami yaitu minyak sawit merah (MSM) (Marliyati *et al.*, 2010). Minyak sawit merah merupakan minyak sawit yang diperoleh dari hasil pengolahan CPO tanpa melalui proses pemucatan dengan tujuan mempertahankan kandungan karotenoidnya (Ayustaningworo, 2012). Selain memiliki fungsi sebagai penangkap radikal bebas, beberapa karotenoid juga diketahui memiliki aktivitas vitamin A, antara lain α -karoten, β -karoten, γ -karoten, dan β -kriptoxanthin (Bohn, 2008). Minyak sawit merah mengandung 500 ppm karotenoid yang terdiri atas 37% α -karoten, 47% β -karoten, 1,5% likopen, serta 6,9% *cis* α -karoten (Van Rooyen *et al.*, 2008). Kandungan provitamin A yang tinggi membuat MSM cocok untuk menggantikan vitamin A sintetik sebagai fortifikan. Di lain pihak, kondisi distribusi dan penjualan minyak goreng di Indonesia masih kurang terkontrol terutama di pasar-pasar tradisional. Minyak goreng ditampung dalam drum-drum dengan kondisi terbuka dan dikemas dalam plastik transparan. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya kerusakan pada minyak akibat oksidasi oleh panas maupun cahaya. Maduelosi *et al.* (2012) menyatakan bahwa proses oksidasi yang dipengaruhi oleh cahaya disebut fotooksidasi. Fotooksidasi menghasilkan produk sekunder yang menurunkan mutu flavor dan zat gizi minyak goreng.

Mengingat kondisi distribusi minyak goreng sawit saat ini, kajian mengenai stabilitas fotooksidasi minyak goreng sawit dengan penambahan minyak sawit merah untuk mengetahui kinetika oksidasinya selama penyimpanan perlu dilakukan. Parameter yang digunakan adalah asam lemak bebas, serta bilangan peroksida yang merupakan produk yang paling banyak terbentuk akibat fotooksidasi (Maduelosi *et al.*, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bilangan peroksida awal pada minyak goreng sawit serta intensitas cahaya selama penyimpanan terhadap stabilitas

oksidasi minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan minyak sawit merah. Selain itu, penelitian ini juga untuk menduga umur simpan minyak goreng sawit yang difortifikasi minyak sawit merah. Data hasil penelitian yang diperoleh dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu tentang stabilitas oksidasi minyak goreng sawit yang difortifikasi MSM yang dipengaruhi oleh panas dan minyak goreng sawit yang difortifikasi vitamin A yang dipengaruhi oleh panas dan intensitas cahaya penyimpanan. Hasil penelitian ini bermanfaat untuk memberikan rekomendasi kepada pengguna terhadap potensi MSM sebagai fortifikan alami untuk minyak goreng sawit.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah CPO atau minyak sawit mentah (PT. Salim Ivomas Pratama, Indonesia), minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida 0 meq O_2 /kg minyak (PT. Multimas Nabati Asahan, Indonesia), serta minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida 2,00 meq O_2 /kg minyak dari Pasar Cibeureum Bogor.

Produksi dan karakterisasi minyak sawit merah (MSM)

Produksi MSM dilakukan melalui tahap *degumming*, netralisasi, deodorisasi, dan fraksinasi. Proses *degumming* dan netralisasi dilakukan dalam tangki reaktor *degumming* (Neutralizer Unit Type: SM100-Ne, SMS Mandiri, Indonesia). Tahap *degumming* dimulai dengan memanaskan CPO hingga suhu 80°C, kemudian ditambahkan larutan asam fosfat (Merck, Germany) 85% sebanyak 0,15% dari berat CPO sambil diaduk dengan kecepatan 56 rpm selama 15 menit. Deasidifikasi kemudian dilakukan pada suhu 61±2°C selama 26 menit dengan penambahan NaOH (Merck, Germany) konsentrasi 16°Be. Pada akhir tahap ini diperoleh *Neutralized Red Palm Oil* (NRPO). NRPO dideodorisasi dengan diaduk dalam tangki *deodorizer* (Neutralizer Unit Type: SM100-De, SMS Mandiri, Indonesia) selama 10 menit pada suhu 46±2°C, dipanaskan dalam kondisi vakum hingga suhu 140°C selama 1 jam dan laju alir N_2 (CV. Krakatau Raya, Indonesia) dijaga konstan pada 20 L/jam, kemudian didinginkan hingga suhu 60°C pada kondisi vakum. Setelah deodorisasi, didapatkanlah *Neutralized and Deodorized Red Palm Oil* (NDRPO) (Ayustaningworo, 2012).

Neutralized and Deodorized Red Palm Oil yang dihasilkan kemudian difraksinasi dengan *filtration tank*. *Filtration tank* yang digunakan memiliki diameter 45 cm, tinggi 70 cm, *double steam jacket*, dan dilengkapi dengan agitator (alat dirancang dan dibuat oleh Badan Pengkajian dan Penerapan

Teknologi untuk SEAFast IPB, Indonesia). Fraksinasi dilakukan dengan melakukan pemanasan hingga 75°C selama 30 menit dengan kecepatan agitasi 30 rpm, *holding* pada 75°C selama 15 menit dengan kecepatan agitasi 30 rpm, pendinginan hingga 35°C selama 3 jam dengan kecepatan agitasi 8 rpm, *holding* 35°C selama 3 jam dengan kecepatan agitasi 8 rpm, pendinginan hingga 15°C selama 3 jam dengan kecepatan agitasi 8 rpm, *holding* pada 15°C selama 6 jam dengan kecepatan agitasi 8 rpm, dan separasi menggunakan *membrane filter press* dengan luasan *plate* 30 cm x 30 cm (dirancang dan dibuat oleh BPPT untuk SEAFast IPB, Indonesia). Minyak sawit merah yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi sifat-sifat kimianya melalui analisis kadar β -karoten, uji bilangan peroksida, dan analisis kadar asam lemak bebas.

Persiapan dan karakterisasi sampel minyak goreng sawit

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida 3,77 dan 7,99 meq O_2 /kg minyak. Minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida 3,77 meq O_2 /kg minyak diperoleh dengan menyimpan minyak goreng sawit pada suhu 30-40°C selama 60 jam. Sementara itu minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida 7,99 meq O_2 /kg minyak diperoleh dengan menyimpan minyak goreng sawit pada suhu 30-43°C selama 120 jam. Ketiga sampel kemudian dikarakterisasi sifat kimianya melalui analisis kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida dan β -karoten.

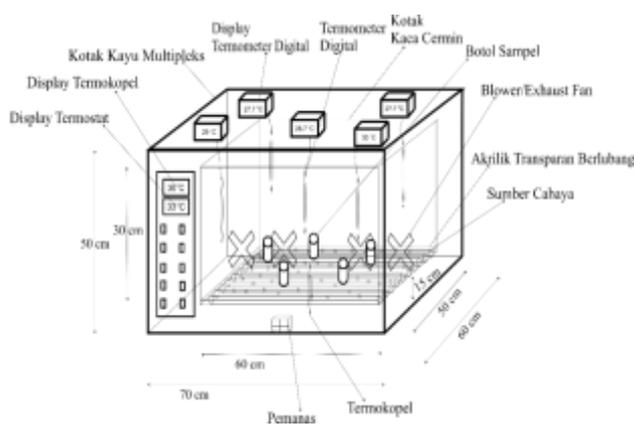
Fortifikasi MSM ke dalam minyak goreng sawit dan karakterisasi awal minyak goreng sawit yang telah difortifikasi

Fortifikasi dilakukan dengan menambahkan MSM ke dalam sampel minyak goreng sawit. Campuran kemudian diaduk menggunakan agitator (IKA RW 20 Digital, China) dengan kecepatan 180-210 rpm selama satu jam. Setelah itu sampel minyak goreng sawit yang telah difortifikasi diuji homogenitasnya. Uji homogenitas dilakukan dengan mengambil lima titik sampling pada lima bagian yang berbeda yaitu kanan atas, kiri atas, tengah, kanan bawah, dan kiri bawah. Uji ini dilakukan untuk memastikan apakah campuran fortifikan dan minyak goreng sawit sudah merata dan memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI yaitu mengandung vitamin A sebanyak 45 IU/gram minyak. Jumlah MSM yang harus ditambahkan ke dalam minyak goreng sawit tergantung pada hasil pengukuran kadar β -karoten minyak goreng sawit sebelum difortifikasi dan MSM yang diproduksi. Minyak goreng sawit yang mengandung vitamin A sebanyak 45 IU/gram minyak setara dengan minyak goreng sawit yang mengandung β -karoten sebanyak 0,027

mg β -karoten/gram minyak. Proses ini dilakukan pada suhu ruang (30°C) dalam wadah yang kedap cahaya dan tertutup rapat. Sampel yang telah difortifikasi lalu dikarakterisasi sifat kimianya melalui analisis bilangan peroksida, kadar asam lemak bebas, dan kadar β -karoten.

Perlakuan fotooksidasi, sampling dan analisis sampel

Ketiga sampel minyak goreng sawit curah yang telah difortifikasi kemudian dikemas ke dalam botol amber 150 mL tanpa tutup sebanyak 80 mL. Sampel disimpan di dalam kotak penyimpanan dengan cahaya yang terdiri atas dua buah kotak. Kotak pertama terbuat dari kaca berukuran 60 x 30 x 50 cm dan berfungsi untuk menyimpan sampel. Kotak kedua terbuat dari kayu berukuran 70 x 50 x 60 cm dan dibangun melingkupi kotak pertama. Kotak kedua ini dilengkapi dengan lampu dan pemanas pada bagian bawah kotak, serta dua buah *exhaust fan* (Yetella dan Min, 2010). Ilustrasi kotak penyimpanan disajikan pada Gambar 1. Penyimpanan sampel menggunakan kotak ini dilakukan untuk perlakuan dengan intensitas cahaya 5000, 10000, dan 15000 lux. Sedangkan untuk perlakuan dengan intensitas cahaya 0 lux, sampel disimpan di dalam kotak lemari yang gelap dan tertutup. Suhu penyimpanan diatur pada $30 \pm 3^\circ\text{C}$. Selama penyimpanan, sampel diambil sebanyak tujuh kali dalam jangka waktu yang berbeda-beda untuk setiap perlakuan. Kemudian sampel yang telah diambil dikarakterisasi sifat kimianya melalui analisis bilangan peroksida dan kadar asam lemak bebas.



Gambar 1. Ilustrasi kotak penyimpanan sampel dengan cahaya

Analisis bilangan peroksida metode titrimetri asam asetat-kloroform (AOCS, 2003)

Sampel minyak (5 gram) di dalam tabung erlenmeyer ditambah dengan 30 mL asam asetat kloroform (3:2) (Merck, Germany). Campuran digoyang hingga larut, kemudian ditambahkan 0,5 mL KI jenuh (Merck, Germany) dan digoyangkan

selama 2 menit. Aquades ditambahkan, dan sebelum titrasi digunakan 2 mL indikator pati. Selanjutnya campuran dititrasi dengan Na₂S₂O₃ (Merck, Germany) 0,05 N hingga warna birunya hilang. Selain itu dilakukan titrasi terhadap larutan tanpa sampel (blanko).

Analisis bilangan asam dan asam lemak bebas (AOCS, 1997)

Sampel minyak (10 gram) ditambahkan 50 ml etanol 95% netral (Mallinckrodt Chemical, USA). Dua mL *phenolphthalin* (Merck, Germany) digunakan sebagai indikator dalam titrasi. Titrasi dilakukan dengan NaOH (Merck, Germany) 0,01 N hingga larutan berwarna merah muda.

Analisis kadar β-karoten metode spektrofotometri (Mustapa *et al.*, 2011)

Sebanyak 0,1 gram sampel minyak dilarutkan dengan heksana (Merck, Germany) dalam labu ukur 25 mL. Serapan dari campuran tersebut kemudian diukur dengan spektrofotometer (Spectrophotometer UV-VIS 2450, Shimadzu Corporation, Japan) pada panjang gelombang 446 nm.

Penentuan umur simpan minyak goreng terfortifikasi

Data-data perubahan parameter oksidasi dipetakan terhadap waktu (lamanya paparan terhadap variabel yang mempengaruhi kerusakan minyak seperti suhu dan intensitas cahaya). Pemetaan dan penyesuaian terhadap pola kerusakan yang terjadi dilakukan menggunakan *Microsoft Excel 2013*. Hasil pemetaan ini kemudian digunakan untuk membentuk persamaan garis lurus dari konsentrasi parameter kerusakan terhadap waktu paparan. Koefisien determinasi dari persamaan garis lurus ini kemudian digunakan untuk menentukan parameter kerusakan yang digunakan sebagai parameter mutu dalam penentuan umur simpan (Faridah *et al.*, 2013) Koefisien determinasi juga diperlukan untuk menetapkan ordo laju reaksi kerusakan minyak akibat oksidasi. Kinetika penurunan mutu dapat dirangkum dalam persamaan yang menggambarkan kecepatan hilangnya atau dibentuknya suatu parameter mutu sebagai berikut:

$$dQ/dt = k[Q]^n$$

Keterangan: Q: parameter mutu, k: konstanta, n: ordo reaksi dan t: waktu (Piedrahita *et al.*, 2015)

Penelitian ini, digunakan tiga tingkat intensitas cahaya sebagai variabel kerusakan mutu minyak fortifikasi, yaitu 5000; 10000, dan 15000 lux. Sementara itu, umur simpan minyak goreng fortifikasi ditentukan dalam kondisi yang menyerupai kondisi sebenarnya, yaitu 500 lux (ditentukan berdasarkan pengukuran intensitas cahaya di retailer). Oleh karena itu perlu ditentukan konstanta laju reaksi pembentukan peroksida dalam kondisi terexpos cahaya sebesar 500 lux. Penentuan tersebut dilakukan dengan cara memetakan log dari konstanta laju reaksi yang didapatkan sebelumnya terhadap variabel kerusakan (intensitas cahaya). Grafik dari pemetaan log konstanta laju reaksi dan intensitas cahaya disajikan pada Gambar 8. Dari pemetaan ini akan didapatkan tiga persamaan garis lurus sebagai berikut:

$$y = mx + c$$

Keterangan: y = log konstanta laju reaksi (/jam), x = intensitas cahaya yang digunakan (lux), dan m = kemiringan, dan c: intersep

Nilai konstanta laju reaksi dan pendugaan umur simpan yang diperoleh tersebut kemudian dibandingkan terhadap nilai konstanta laju kerusakan minyak terhadap variabel lainnya, seperti suhu. Selain itu, dilakukan pula perbandingan antara konstanta laju reaksi dari minyak yang difortifikasi dengan MSM dan minyak yang difortifikasi dengan vitamin A (data laju reaksi oksidasi tidak disajikan, namun hasil perhitungan umur simpan disajikan sebagai perbandingan data hasil penelitian ini).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kimia awal bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah CPO yang diolah untuk menghasilkan minyak sawit merah (MSM), dan minyak goreng sawit yang diperoleh dari produsen dan retailer. Karakteristik kimia awal bahan baku penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Minyak goreng sawit curah dari produsen, minyak goreng sawit perlakuan oksidasi I, dan minyak goreng sawit perlakuan oksidasi II kemudian digunakan sebagai sampel minyak goreng sawit curah yang akan difortifikasi dengan MSM. Proses fortifikasi menyebabkan perubahan karakteristik kimia awal dari ketiga sampel minyak. Karakteristik kimia awal dari ketiga sampel yang telah difortifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik kimia awal bahan baku penelitian

Parameter	CPO	MSM	Minyak Goreng Sawit			
			Produsen	Retailer	Perlakuan Oksidasi I	Perlakuan Oksidasi II
PV (meq O ₂ /kg minyak)	1,72*	3,24	0,00	2,00	3,77	8,99
FFA (%)	4,09*	0,21	0,06	0,18	0,23	0,23
Kadar β-karoten (ppm)	550,00*	504,67	2,74	2,35	2,18	2,18

Keterangan: PV: Bilangan peroksida, FFA: kadar asam lemak bebas *Certificate of Analysis dari produsen

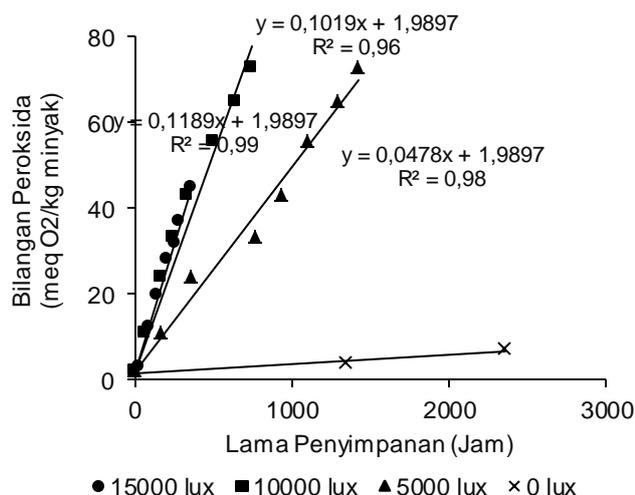
Tabel 2. Karakteristik kimia awal sampel yang telah difortifikasi MSM

Parameter	Minyak Goreng Sawit Produsen	Minyak Goreng Sawit Perlakuan Oksidasi I	Minyak Goreng Sawit Perlakuan Oksidasi II
	PV (meq O ₂ /kg minyak)	1,990 ± 0,000	3,980 ± 001
FFA (%)	0,092 ± 0,000	0,231 ± 000	0,242 ± 001
Kadar β-karoten (ppm); (IU/g)	27,111 ± 0,213; 45,185 ± 0,355	27,639 ± 0,073; 46,065 ± 0,122	27,639 ± 009; 46,065 ± 0,015

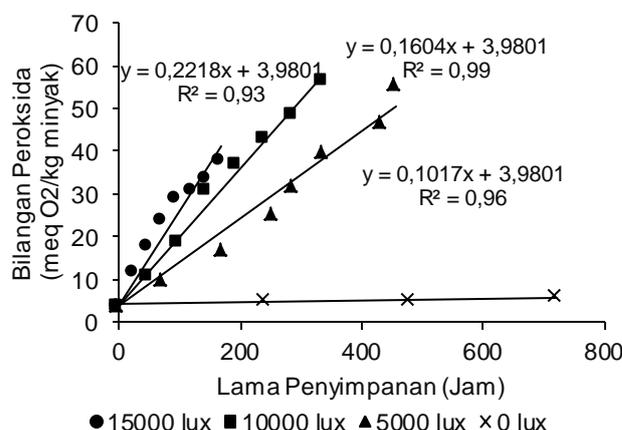
Keterangan: PV: bilangan peroksida, FFA: Kadar asam lemak bebas

Model perubahan bilangan peroksida minyak goreng sawit dengan fortifikasi MSM Selama oksidasi

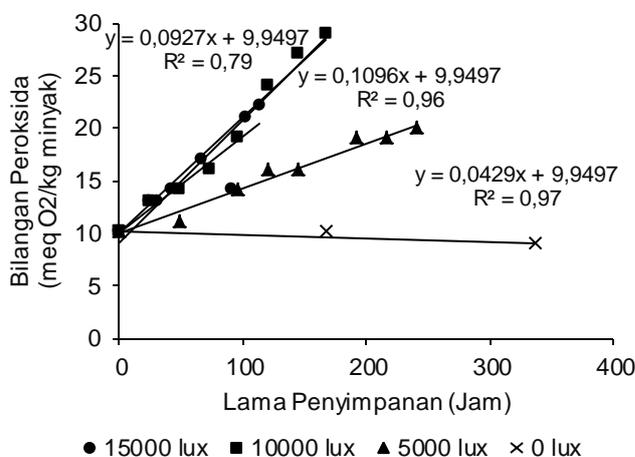
Model perubahan bilangan peroksida ketiga sampel minyak goreng sawit curah dapat dilihat pada Gambar 2-4. Sun *et al.* (2015) menyebutkan bahwa laju pembentukan peroksida dari minyak yang mengalami fotooksidasi termasuk dalam kinetika reaksi ordo nol. Hal ini sesuai dengan hasil yang tersaji pada Gambar 2-4.



Gambar 2. Model perubahan bilangan peroksida minyak goreng sawit bilangan peroksida awal 1,99 meq O₂/kg minyak pada penyimpanan 15000, 10000, 5000, dan 0 lux



Gambar 3. Model perubahan bilangan peroksida minyak goreng sawit bilangan peroksida awal 3,98 meq O₂/kg minyak pada penyimpanan 15000, 10000, 5000, dan 0 lux



Gambar 4. Model perubahan bilangan peroksida minyak goreng sawit bilangan peroksida awal 9,95 meq O₂/kg minyak pada penyimpanan 15000, 10000, 5000, dan 0 lux

Dapat dilihat bahwa nilai bilangan peroksida akan meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan. Gambar 2-4 juga mengilustrasikan pengaruh intensitas cahaya terhadap laju perubahan bilangan peroksida. Semakin besar intensitas cahaya yang diberikan terhadap sampel minyak goreng sawit, maka laju perubahan bilangan peroksida akan semakin cepat.

Fekaruhobo *et al.* (2009) menyebutkan bahwa fotooksidasi juga terjadi pada *palm oil*, *soybean oil*, *groundnut oil*, dan *palm kernel oil* yang terpapar cahaya matahari. Nilai bilangan peroksida masing-masing minyak meningkat menjadi 125,39 meq O₂/kg minyak untuk *soybean oil*, 101,82 meq O₂/kg minyak untuk *groundnut oil*, 59,99 meq O₂/kg minyak untuk *palm oil* dan 48,22 meq O₂/kg minyak untuk *palm kernel oil*. Selain itu, peningkatan bilangan peroksida terjadi juga pada *sunflower oil* yang terkena paparan cahaya. *Sunflower oil* dengan bilangan peroksida awal 4,55 meq O₂/kg minyak, setelah disimpan selama tujuh minggu dibawah sinar matahari nilai bilangan peroksida nya meningkat menjadi 17,3 meq O₂/kg minyak (Raza *et al.*, 2009).

Berdasarkan data pada Tabel 3, diketahui bahwa minyak goreng sawit curah dengan bilangan peroksida awal yang lebih rendah memiliki umur simpan yang lebih lama. Hal tersebut dikarenakan nilai bilangan peroksida awal yang masih jauh dari batas maksimum bilangan peroksida sesuai dengan SNI 7709:2012, yaitu 10 meq O₂/kg minyak. Lebih lanjut, penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al.* (2007) menunjukkan bahwa peroksida merupakan prooksidan yang akan mempercepat proses oksidasi pada minyak. Peroksida sendiri akan mengalami dekomposisi lebih lanjut menjadi komponen-komponen volatil berupa aldehid, keton, alkohol, hidrokarbon, dan furan. Komponen-komponen volatil ini pada akhirnya akan menyebabkan bau tengik (*rancidity*) pada minyak. Beberapa produk hasil penguraian peroksida juga dapat bersifat toksik pada konsentrasi yang relatif rendah. Oleh karena itu, minyak goreng sawit yang baik adalah minyak goreng sawit yang memiliki bilangan peroksida awal serendah mungkin. Pada penelitian ini, minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida awal 1,99 meq O₂/kg minyak adalah minyak yang terbaik untuk difortifikasi karena memiliki umur simpan yang paling lama.

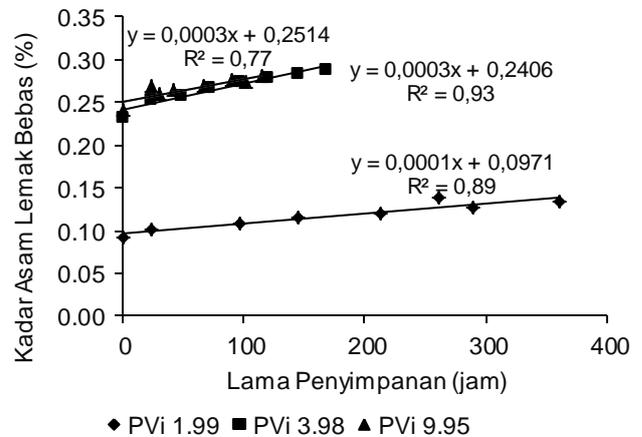
Tabel 3. Umur simpan minyak goreng sawit curah berbilangan peroksida awal 1,99; 3,98 dan 9,95 meq O₂/kg minyak pada kondisi penyimpanan 500 lux

Bilangan Peroksida Awal (meq O ₂ /kg minyak)	Ke-miringan Kurva (/jam)	Nilai k pada Inten-sitas 500 lux (/jam)	Umur Sim-pan (jam)	Umur Sim-pan (hari)
1,99	0,00004	$3,51 \times 10^{-2}$	228,26	9,51
3,98	0,00003	$7,29 \times 10^{-2}$	82,62	3,44
9,95	0,00003	$3,63 \times 10^{-2}$	1,38	-

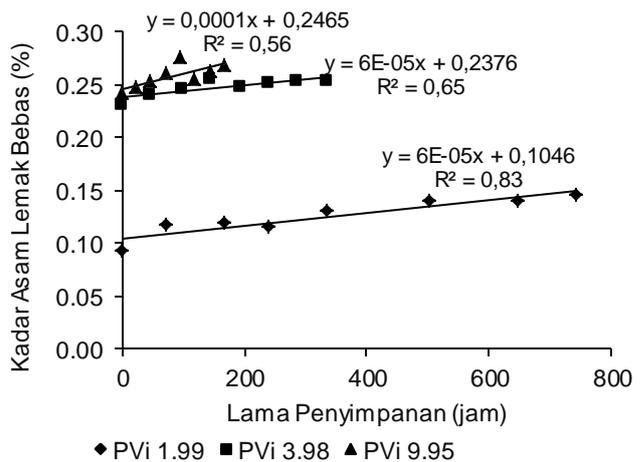
Model perubahan kadar asam lemak bebas minyak goreng sawit curah yang difortifikasi msm selama oksidasi

Asam lemak bebas dan gliserol terbentuk akibat hidrolisis lemak (Serri *et al.*, 2008). Model

perubahan kadar asam lemak bebas dapat dilihat pada Gambar 5-7.



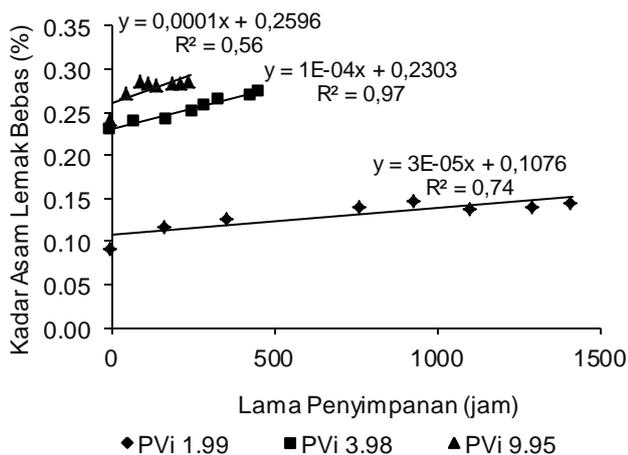
Gambar 5. Model perubahan kadar asam lemak bebas minyak goreng sawit (bilangan peroksida awal 1,99; 3,98; dan 9,95 meq O₂/kg minyak) pada penyimpanan dengan intensitas cahaya 15000 lux



Gambar 6. Model perubahan kadar asam lemak bebas minyak goreng sawit (bilangan peroksida awal 1,99; 3,98; dan 9,95 meq O₂/kg minyak) pada penyimpanan dengan intensitas cahaya 10000 lux

Kurva yang ditunjukkan pada setiap intensitas penyimpanan cenderung landai jika dibandingkan dengan kurva model perubahan bilangan peroksida. Peningkatan kadar asam lemak bebas tidak sebesar dan secepat peningkatan bilangan peroksida. Jika melihat pada kurva yang dihasilkan, pembentukan kadar asam lemak bebas lebih dipengaruhi oleh bilangan peroksida awal minyak goreng sawit dan lamanya waktu penyimpanan. Fenomena ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Fekaruhobo *et al.* (2009), yang menunjukkan bahwa kurva perubahan kadar asam lemak bebas yang dihasilkan

lebih landai jika dibandingkan dengan kurva perubahan bilangan peroksida. Pada penelitian itu, sampel yang digunakan adalah *palm oil*, *palm kernel oil*, *groundnut oil*, dan *soybean oil*. Raza *et al.* (2009) mendapati bahwa *sunflower oil* yang terpapar sinar matahari selama tujuh minggu memiliki kadar asam lemak bebas sebesar 0,37% dengan kadar asam lemak bebas awal sebesar 0,09%. Kurva yang lebih landai dibandingkan dengan kurva perubahan bilangan peroksida berarti nilai k nya pun cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai k perubahan bilangan peroksida. Dengan kata lain, pembentukan asam lemak bebas terjadi lebih lambat dibandingkan dengan pembentukan senyawa peroksida. Oleh karena itu, parameter kadar asam lemak bebas tidak dapat dijadikan sebagai parameter mutu dalam penentuan umur simpan. Dalam penentuan umur simpan, parameter mutu yang digunakan adalah parameter yang paling cepat mengalami perubahan selama penyimpanan sehingga memberikan dugaan umur simpan paling pendek. Parameter ini biasanya dapat ditentukan berdasarkan nilai k dan R^2 yang paling besar (Faridah *et al.*, 2013).



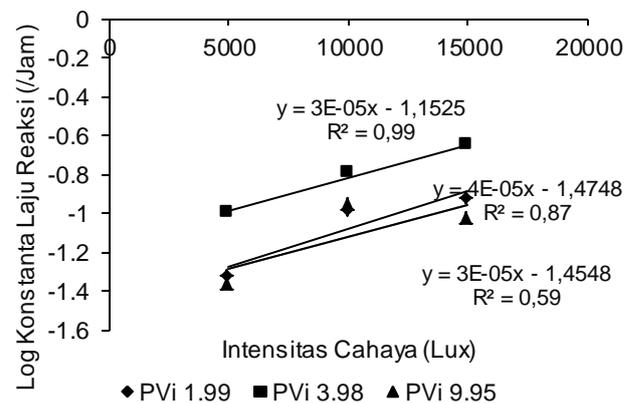
Gambar 7. Model perubahan kadar asam lemak bebas minyak goreng sawit (bilangan peroksida awal 1,99; 3,98; dan 9,95 meq O_2/kg minyak) pada penyimpanan dengan intensitas cahaya 5000 lux

Perbandingan umur simpan dan laju pembentukan bilangan peroksida karena pengaruh termal dan fotooksidasi pada minyak goreng sawit yang difortifikasi oleh vitamin A dan MSM

Mengingat bahwa parameter yang cocok digunakan sebagai parameter mutu dalam penentuan umur simpan minyak goreng sawit adalah bilangan peroksida, maka kinetika laju kerusakan minyak goreng termasuk dalam kinetika laju reaksi ordo nol. Oleh karena itu perkiraan umur simpan dilakukan dengan mengganti nilai Q_t , k , dan Q_0 pada

persamaan $Q_t = Q_0 - kt$. Nilai Q_t digantikan dengan bilangan peroksida yang ditentukan dalam batas SNI 7970:2012 yaitu 10 meq O_2/kg minyak (BSN, 2012). Nilai Q_0 digantikan dengan nilai bilangan peroksida awal, dan nilai k digantikan dengan nilai konstanta laju reaksi pada paparan cahaya sebesar 500 lux. Perubahan konstanta laju reaksi perubahan bilangan peroksida dapat dilihat pada Gambar 8. Setelah diketahui nilai konstanta laju reaksi untuk masing-masing jenis minyak, umur simpan dapat ditentukan (Tabel 3).

Hasil dari pendugaan umur simpan untuk masing-masing minyak dapat dilihat pada Tabel 4. Pada Tabel 4 juga disajikan perkiraan umur simpan dan nilai k dari minyak sawit yang difortifikasi oleh vitamin A sintetis dan disimpan dengan paparan cahaya 500 lux, serta perkiraan umur simpan dan konstanta dari minyak goreng yang difortifikasi dengan vitamin A dan minyak goreng yang difortifikasi dengan MSM serta dikenai paparan suhu $30^\circ C$ (data tidak ditampilkan).



Gambar 8. Perubahan konstanta laju reaksi minyak goreng sawit bilangan peroksida awal 1,99; 3,98; dan 9,95 meq O_2/kg minyak pada penyimpanan intensitas 5000, 10000, dan 15000 lux

Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa minyak goreng sawit yang terpapar cahaya selama penyimpanan memiliki laju reaksi oksidasi yang lebih cepat dibandingkan dengan minyak goreng sawit yang dipengaruhi suhu selama penyimpanan. Hal tersebut ditandai dengan lebih besarnya nilai konstanta laju reaksi oksidasi karena pengaruh cahaya dibandingkan dengan pengaruh suhu. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Zeb *et al.* (2008). Penelitian ini menyatakan bahwa *white light* (cahaya polikromatik) mempengaruhi laju oksidasi minyak dengan paling efektif, disusul dengan pemanasan menggunakan oven.

Data pada Tabel 4 juga memperlihatkan bahwa perbedaan bilangan peroksida awal dari minyak

goreng sawit mempengaruhi nilai umur simpan. Oleh karena itu, jika ingin melihat pengaruh fortifikan maupun inisiator yang digunakan terhadap umur simpan minyak maka harus dilihat dari minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida awal yang mendekati. Minyak goreng sawit berbilangan peroksida awal 3,98 meq O₂/kg minyak dapat digunakan sebagai contoh perbandingan dari pengaruh fortifikan dan inisiator yang digunakan terhadap laju kerusakan minyak goreng sawit berdasarkan parameter bilangan peroksida (Tabel 5).

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai k tertinggi dimiliki oleh minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan vitamin A dan dipengaruhi oleh inisiator cahaya. Sementara itu nilai k terendah dimiliki oleh minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan MSM dan dipengaruhi oleh inisiator suhu. Jika dilihat dari fortifikan yang sama maka inisiator cahaya memiliki nilai k lebih tinggi dibandingkan dengan inisiator suhu, sehingga umur simpannya menjadi lebih singkat. Namun, jika dilihat dari inisiator yang sama maka nilai k lebih tinggi dimiliki oleh minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan vitamin A dibandingkan dengan minyak goreng sawit yang difortifikasi MSM. Hal tersebut berarti bahwa laju reaksi oksidasi pada minyak yang difortifikasi oleh vitamin A terjadi lebih cepat dibandingkan dengan minyak yang difortifikasi oleh MSM. Laju reaksi oksidasi pada minyak yang difortifikasi MSM terjadi lebih lambat disebabkan karena adanya

karotenoid yang berasal dari MSM itu sendiri. Karotenoid dikenal juga sebagai antioksidan yang dapat menghambat reaksi oksidasi. Dalam menghambat oksidasi pada minyak, karotenoid akan mengorbankan dirinya sehingga ia akan teroksidasi terlebih dahulu (Ogan *et al.*, 2015). Van Rooyen *et al.* (2008) juga mencantumkan bahwa MSM mengandung 800 ppm vitamin E (70% tokotrienol dan 30% tokoferol) yang dapat bersinergi dengan karotenoid sebagai antioksidan. Komponen minor lain dalam MSM yang juga memiliki aktivitas antioksidan adalah ubiquinon (dalam bentuk koenzim Q₁₀) dan fitosterol. Dengan kandungan komponen-komponen ini, MSM memiliki potensi sebagai antioksidan yang sangat ampuh.

KESIMPULAN

Pembentukan peroksida selama penyimpanan dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya yang diberikan. Pada ketiga sampel, semakin besar intensitas cahaya yang diberikan (15000 > 10000 > 5000 lux) maka laju pembentukan peroksidanya akan semakin cepat. Sementara itu pembentukan asam lemak bebas tampaknya lebih dipengaruhi oleh bilangan peroksida awal minyak goreng sawit curah dan waktu penyimpanan. Oleh karena itu bilangan peroksida digunakan sebagai parameter mutu dalam penentuan umur simpan.

Tabel 4. Pendugaan umur simpan dan nilai k minyak goreng sawit curah yang difortifikasi oleh vitamin A dan MSM karena pengaruh oksidasi termal dan fotooksidasi berdasarkan parameter mutu bilangan peroksida sesuai dengan SNI

Fortifikan	Inisiator	Bilangan Peroksida Awal (meq O ₂ /kg minyak)	Nilai k (/jam)	Umur Simpan (jam)	Umur Simpan (hari)
Vitamin A	Suhu (30°C)	0,00	0,46x10 ⁻²	2176,51	90,69
		3,99	1,22x10 ⁻²	492,34	20,51
		8,99	1,51x10 ⁻²	67,23	2,80
	Cahaya (500 lux)	0,00	0,88x10 ⁻¹	113,50	4,73
		3,99	1,29x10 ⁻¹	46,44	1,94
		8,99	0,58x10 ⁻¹	17,43	-
MSM	Suhu (30°C)	1,99	4,90x10 ⁻³	1634,79	68,12
		3,99	5,31x10 ⁻³	1129,22	47,05
		9,99	4,50x10 ⁻³	2,22	-
	Cahaya (500 lux)	1,99	3,51x10 ⁻²	228,26	9,51
		3,98	7,29x10 ⁻²	82,62	3,44
		9,95	3,63x10 ⁻²	1,38	-

Tabel 5. Perbandingan pengaruh fortifikan dan inisiator yang digunakan terhadap umur simpan minyak goreng sawit terfortifikasi

Fortifikan	Inisiator	Bilangan Peroksida Awal (meq O ₂ /kg minyak)	Nilai k (/jam)	Umur Simpan (jam)	Umur Simpan (hari)
Vitamin A	Suhu	3,99	1,22x10 ⁻²	492,34	20,51
	Cahaya	3,99	1,29x10 ⁻¹	46,44	1,94
MSM	Suhu	3,99	5,31x10 ⁻³	1129,22	47,05
	Cahaya	3,98	7,29x10 ⁻²	82,62	3,44

Minyak goreng sawit yang memiliki umur simpan paling lama hingga yang paling singkat berturut-turut adalah minyak goreng sawit dengan bilangan peroksida awal 1,99; 3,98 dan 9,95 meq O₂/kg minyak. Jika dibandingkan dengan minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan vitamin A sintesis, tampak bahwa minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan MSM memiliki umur simpan yang lebih panjang. Namun jika dibandingkan dengan minyak goreng yang terekspos suhu 30°C, minyak goreng terfortifikasi yang terekspos cahaya (500 lux) lebih cepat mengalami kerusakan. Oleh karena itu, sebaiknya minyak goreng sawit terfortifikasi dikemas dengan kemasan gelap atau kedap cahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOCS] American Oil Chemist Society. 2003. AOCS Official Method: Peroxide Value Acetic Acid-Chloroform Method. Cd 8-53. Urbana, USA.
- [AOCS] American Oil Chemist Society. 1997. AOCS Official Method: Free Fatty Acids. Ca 5a-40.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional (ID). 2012. Minyak Goreng Sawit. (SNI 7709-2012). Jakarta.
- Ayustaningworo F. 2012. Proses pengolahan dan aplikasi minyak sawit merah pada industri pangan. *Vitasphere* 2: 1-11.
- Bohn T. 2008. Bioavailability of non-provitamin A carotenoids. *Curr Nutr Food Sci* 4: 240-258. DOI: 10.2174/157340108786263685.
- Faridah DN, Yasni S, Suswantinah A, Aryani GW. 2013. Pendugaan umur mutu simpan dengan metode accelerated shelf life testing pada produk bandrek instan dan sirup buah pala (*Myristica fragrans*). *J Ilmu Pertanian Indonesia* 18: 144-153.
- Fekarurhobo GK, Obomanu FG, Maduelosi J. 2009. Effects of short-term exposure to sunlight on the quality of some edible vegetable oils. *Res J Appl Sci* 4: 152-156.
- Kim HJ, Hahm TS, Min DB. 2007. Hydroperoxide as a prooxidant in the oxidative stability of soybean oil. *J Am Oil Chem Soc* 84: 349-355. DOI 10.1007/s11746-007-1044-6.
- Maduelosi NJ, Obomanu FG, Fekarurhobo GK. 2012. Dye-Sensitized photo-oxidation of some vegetable oils. *J Em Trends Eng Appl Sci* 3: 740-742.
- Marliyati SA, Hardinsyah, Rucita N. 2010. Pemanfaatan RPO (*red palm oil*) sebagai sumber provitamin A alami pada produk mi instan untuk anak balita. *J Gizi Pangan* 1: 31-38.
- Mustapa AN, Manan ZA, Azizi CYM, Setianto WB, Omar AKM. 2011. Extraction of β -carotenes from palm oil mesocarp using sub critical R134a. *Food Chem* 125: 262-267. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.08.042.
- Ogan IM, Marie JD, Michael N. 2015. Palm oil: processing, characterization and utilization in the food industry – A Review. *Food Biosci* 10: 26-41. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.01.003.
- Othman N, Manan ZA, Wan Alwi SR, Sarmidi MR. 2010. A review of extraction technology for carotenoids and vitamin E recovery from palm oil. *J Appl Sci* 10: 1187-1191. DOI: 10.3923/jas.2010.1187.1191.
- Piedrahita AM, Peñaloza J, Cogollo Á, Rojano BA. 2015. Kinetic study of the oxidative degradation of choibá oil (*Dipteryx oleifera* Benth.) with addition of rosemary extract (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Nutr Sci* 6: 466-479. DOI: 10.4236/fns.2015.65048.
- Raza SA, Rashid A, Qureshi FA, Asim MF, William J. 2009. Analytical investigation of oxidative deterioration of sunflower oil stored under different conditions. *Bih Biol* 3: 93-97.
- Serri NA, Kamarudin AH, Rahaman SNA. 2008. Preliminary studies for production of fatty acids from hydrolysis of cooking palm oil using *C. rugosa* lipase. *J Physical Sci* 19: 79-88.
- Sun H, Lu L, Ge C, Tang Y. 2015. Effect of packaging films on the quality of canola oil under photooxidation conditions. *Math Probl Eng* (2015): 1-6. DOI: 10.1155/2015/764516.
- Van Rooyen J, Esterhuyse AJ, Engelbrecht AM, Du Toit EF. 2008. Health benefit of a natural carotenoid rich oil: a proposed mechanism of protection against ischaemia/reperfusion injury. *Asia Pac J Clin Nutr Asia pacific* 17: 316-319.
- Yetella RR, Min DB. 2010. Effects of trolox and ascorbic acid on the riboflavin photosensitized oxidation of aromatic amino acids. *Food Chem* 118: 35-41. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.04.022.
- Zeb A, Khan S, Khan I, Imran M. 2008. Effect of temperature, UV, sub, white lights on the stability of olive oil. *J Chem Soc Pak* 30: 790-794.