

SORBITOL-OLEAT POLIESTER: PRODUKSI, SIFAT FISIKOKIMIA, DAN PERUBAHANNYA SELAMA PENGGORENGAN

Sorbitol-Oleat Polyester: Production, Physicochemical Properties and their Changes during Frying

Agnes Murdiati¹, Hastari Wuryastuti², Y. Marsono¹, Eni Harmayani¹

ABSTRAK

Asupan lemak yang berlebih mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan. Untuk mengurangi asupan lemak dibuat senyawa pengganti lemak (*fat replacer*) sorbitol-oleat poliester (SOPE). Dalam penelitian ini SOPE diproduksi secara kimia dari sorbitol dan asam oleat melalui reaksi esterifikasi antara metil oleat dengan sorbitol pada suhu 150 °C selama 8 jam, di dalam suatu reaktor logam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa SOPE yang dihasilkan berwarna kuning kecoklatan ($k=5$ $m=0,9$ $b=0,3$ skala Lovibond), viskositas 4 cP, indeks refraksi pada 25 °C sebesar 1,4307, angka hidrosil 16,53 mg KOH/g SOPE, angka asam 2,22 mg KOH/g SOPE, dan yield 77,5 %. Selama penggorengan, SOPE mengalami peningkatan intensitas warna coklat, peningkatan angka asam dengan konstanta kecepatan 0,39 mg KOH/gSOPE/hari, peningkatan angka hidrosil dengan konstanta kecepatan 1,26 mg KOH/gSOPE/hari, kenaikan angka peroksida pada awal pemanasan yang selanjutnya mengalami penurunan kembali, penurunan sedikit titik asap, dan tidak terjadi perubahan viskositas.

Kata kunci: Sorbitol-oleat poliester (SOPE), produksi, fisikokimia, penggorengan.

ABSTRACT

Excess intake of fat and oil resulted in various problem of health disorder. In order to reduce the intake of fat, fat replacer sorbitol-oleic polyester (SOPE) was developed, by method of esterification methyl oleic and sorbitol at 150 °C for 8 hours. The objectives of this research were to evaluate the characteristics of SOPE produced and the characteristics change in frying. The result showed that SOPE had the color of yellowish brown ($y=5$ $r=0.9$ $b=0.3$ of Lovibond scale), viscosity of 4 cP, refractive index at 25 °C of 1.4307, hydroxyl value of 16.53 mg KOH/g, smoke point of 115 °C, acid value of 2.22 mg KOH/g, and yield of 77.5 %. During frying, the appearance of SOPE became darker, acid value and hydroxyl value was increased by constant rate of 0.37 mg KOH/g/day and 1.38 mg KOH/g/day respectively, and peroxide value increased in the early period and then decreased again, small decreased in smoked point while viscosity of SOPE did not change significantly.

Keywords: Sorbitol-oleic polyester (SOPE), production, physicochemical, deep-frying.

PENDAHULUAN

Lemak/minyak mempunyai peran yang sangat penting di bidang pengolahan pangan maupun di dalam tubuh. Di bidang pengolahan pangan, lemak/minyak berperan sebagai pembawa cita rasa dan zat warna produk pangan, pembentuk tekstur, pengemulsi, penstabil buih, dan sebagai media penggorengan

(Anonim, 2001^a). Di dalam tubuh, lemak/minyak berperan utama sebagai sumber energi dan pemberi rasa kenyang dan nyaman di lambung. Akan tetapi asupan lemak yang berlebihan mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan seperti kelebihan berat badan, hipertensi, hiperkolesterol, arterosklerosis, penyakit jantung koroner (*coronary heart*

¹ Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jalan Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281.

² Bagian Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada, Jalan Fauna No. 2. Kompleks Karangmalang, Yogyakarta 55281.

diseases = CHD), diabetes mellitus, dan penyakit kanker tertentu (kanker payudara, kolon dan prostat), (Anonim, 2001^a; Saguy dan Pintus, 1995; Agnes-Murdiati, 1992). Oleh karena itu, untuk menjaga kesehatan secara umum dianjurkan mengatur asupan lemak sampai kurang dari 30 % total kalori dengan asupan asam lemak jenuh kurang dari 10% kalori total harian (Anonim, 1998).

Pengurangan konsumsi minyak sangat sulit dilakukan mengingat peran minyak yang sangat penting terutama di bidang pengolahan bahan makanan, oleh karena itu perlu dicari alternatif senyawa pengganti minyak (*fat replacer*) agar diperoleh produk dengan sifat fisika yang tidak berbeda dengan produk makanan berlemak. *Fat replacer* atau *fat substitute* merupakan senyawa yang mempunyai sifat fungsional dan sensoris seperti lemak tetapi mengandung energi lebih rendah dan secara kimia tidak diklasifikasikan sebagai lemak (Anonim, 1998). Senyawa tersebut sebenarnya telah banyak digunakan (Roller dan Jones, 1996; Anonim, 2001^a), tetapi yang digunakan sebagai minyak goreng masih sangat terbatas (Roller dan Jones, 1996). Sedangkan di Indonesia, konsumsi minyak terutama digunakan sebagai media pemanas atau penggorengan. Olestra atau sukrosa poliester merupakan senyawa pengganti lemak yang dapat digunakan sebagai minyak goreng yang penggunaannya sebagai bahan tambahan pangan telah disetujui FDA tanggal 24 Januari 1996 (Giese, 1996), tetapi ketersediaannya masih sangat terbatas. Sintesis poliester dari gula alkohol (sorbitol, xilitol dan maltitol) dan destilat asam lemak minyak sawit (DALMS) telah dilakukan oleh Suhardi dkk. (2001) menggunakan peralatan gelas.

Selama penggorengan, minyak berada pada kondisi suhu tinggi dan kontak dengan oksigen, sehingga mengakibatkan terjadinya degradasi dan perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh autooksidasi, polimerisasi thermal dan oksidasi thermal (Perkin, 1960). Menurut Skrökki (1995) pengujian yang paling baik untuk menentukan kualitas minyak goreng adalah angka asam, titik asap, warna dan bau. Pada penelitian ini dibuat *fat replacer* sorbitol oleat poliester (SOPE), melalui esterifikasi metil oleat dengan sorbitol dalam reaktor logam, untuk mendapatkan informasi tentang sifat fisik dan kimia SOPE serta kelayakannya untuk digunakan sebagai pengganti minyak goreng.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama penelitian adalah sorbitol, diperoleh dari PT. Sorini Towa Berlian Corporation, Pasuruan, Jawa Timur, dan asam oleat dari MARKS & NCS Jakarta. Bahan kimia untuk analisis sebagian besar dibeli dari Sigma Chem. Co. USA dengan spesifikasi *pure analysis*.

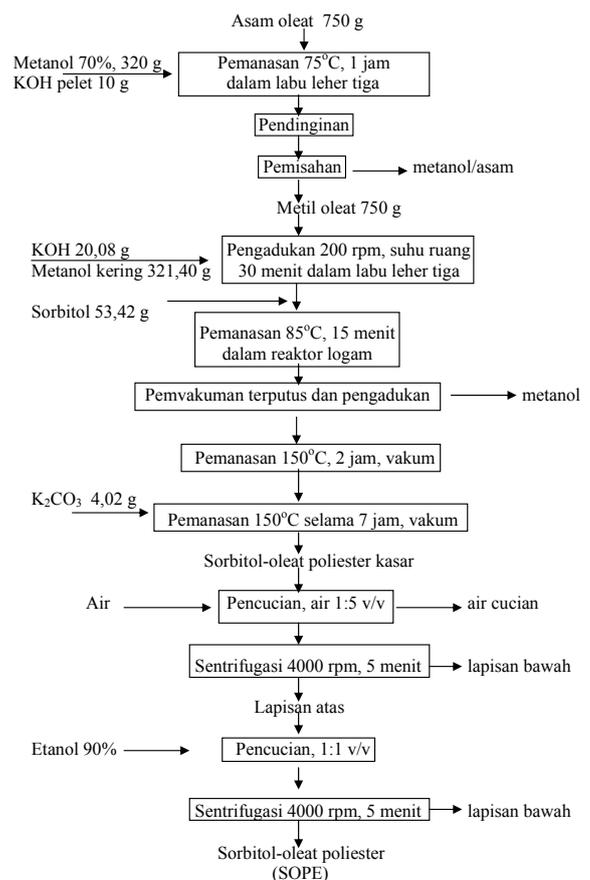
Alat yang digunakan adalah reaktor yang terbuat dari logam, dengan kapasitas 5 liter.

Produksi Sorbitol-Oleat Poliester (SOPE) dan Analisis Sifat Fisikokimianya

Produksi SOPE dilakukan berdasar metode Shieh dkk. (1996), melalui tahap reaksi metilasi untuk memperoleh metil oleat, dan dilanjutkan dengan esterifikasi metil oleat dengan sorbitol pada suhu 150°C selama 8 jam. SOPE yang diperoleh selanjutnya dianalisis beberapa sifat fisika dan kimia yang berkaitan dengan penggunaan SOPE sebagai media pemanasan. meliputi: warna (Lovibond tintometer), viskositas (Viscosimeter Brookfield), titik asap (AOAC, 1995), bilangan hidroksil (AOAC, 1995), bilangan asam (AOAC, 1995), dan bilangan peroksida (Hills dan Thiel, 1946 yang dimodifikasi Adnan, 1980). Diagram alir proses produksi SOPE disajikan pada Gambar 1.

Aplikasi SOPE sebagai Pengganti Minyak dalam Penggorengan

Penggorengan mengacu pada DeFouw dkk. (1981). SOPE digunakan untuk menggoreng secara *deep frying* dan terputus (*intermittent*). Penggorengan dilakukan 4 kali sehari



Gambar 1. Diagram alir pembuatan sorbitol-oleat poliester

selama 5 hari terhadap tahu ukuran 1,5 x 1,5 x 1,5 cm³ dengan perbandingan berat tahu:SOPE = 1:10 dan lama waktu penggorengan tertentu sampai tahu berwarna coklat merata. Sampel diambil setiap hari dan dianalisis, sesuai dengan analisis yang dilakukan pada produksi SOPE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sorbitol-Oleat Poliester (SOPE) dan Sifat Fisikokimianya

Pembuatan SOPE dalam penelitian ini dimaksudkan untuk menyediakan senyawa pengganti minyak yang dapat digunakan untuk menggoreng, karena konsumsi minyak di Indonesia terutama sebagai minyak goreng cukup tinggi. Produksi SOPE dilakukan pada kondisi proses terpilih yang diperoleh dari penelitian sebelumnya (*non published data*) yaitu suhu 150 °C dan waktu 8 jam. SOPE yang dihasilkan memberikan ketampakan seperti minyak, baik warna maupun jejak yang tertinggal pada tangan saat dipegang, dengan sifat-sifat seperti dicantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat SOPE hasil sintesis pada suhu 150°C dan waktu 8 jam

Sifat-sifat SOPE	Nilai
Warna (dalam skala Lovibond)	merah 0,9; kuning 5; biru 0,3
Indeks Refraksi (pada 25°C)	1,4307
Viskositas (cP)	4,0
Angka Asam (mg KOH/g SOPE)	2,22
Angka Hidroksil (mg KOH/g SOPE)	16,53
Konversi Produk (%)	74,71
Rendemen (berat/berat)	77,5

Warna SOPE kuning kecoklatan (Skala Lovibond: merah 0,9; kuning 5; biru 0,3), lebih gelap dibanding warna minyak goreng komersial pada umumnya, karena SOPE yang diperoleh tidak dimurnikan, sedangkan minyak goreng komersial sudah mengalami pemurnian beberapa tingkat yaitu netralisasi, pemucatan dan deodorisasi. Minyak kacang berwarna kuning muda (skala Lovibond: merah 2,0 dan kuning 16-25) (Hui, 1996). Warna minyak sangat bervariasi tergantung pada jenis minyak dan perlakuan yang diberikan pada minyak. Standard Nasional Indonesia, SNI 01-3741-1995, tidak memberikan batasan standard untuk warna minyak.

Viskositas SOPE yang dihasilkan pada 25 °C sebesar 4 cP, sedikit lebih kental dari pada air (viskositas air 1 cP). Viskositas ini sangat rendah dibanding viskositas minyak yang lain misalnya minyak kedelai sebesar 50.9 cP, minyak biji kapas 35,88 cP pada 37,8 °C, minyak jagung 30,80 pada 40 °C (Hui, 1996).

Indeks refraksi SOPE pada 25 °C adalah 1,4307. Indeks refraksi merupakan sifat untuk identifikasi minyak, sehingga berbeda untuk setiap jenis minyak. Sebagai contoh indeks refraksi minyak kelapa sawit pada 50 °C adalah 1,455-1,456, minyak kelapa pada 40 °C (*Refined Bleached Deodorized Oil*) sebesar 1,448-1,450, minyak kedelai pada 25 °C sebesar 1,4728 (Hui, 1996).

Angka asam SOPE 2,22 mg KOH/g SOPE. Menurut Hui (1996) angka asam minyak kacang virgin adalah 4 mg KOH/g minyak, sedangkan angka asam minyak kacang maksimal 0,30 mg KOH/g minyak. Standard Nasional Indonesia, SNI 01-3741-1995, memberikan batasan untuk asam lemak bebas minyak goreng, bukan angka asam, dihitung sebagai asam laurat maksimal sebesar 0,30 % berat/berat.

Angka hidroksil SOPE sebesar 16,53 mg KOH/g SOPE. Dengan membandingkan besarnya angka hidroksil SOPE dan sorbitol dapat diperhitungkan besarnya substitusi asam oleat terhadap gugus hidroksil. Angka hidroksil sorbitol dan sorbitan tri oleat (standard) berturut-turut 65,35 mg KOH/g dan 24,45 mg KOH/g, berarti SOPE yang diperoleh diduga merupakan sorbitol yang mengikat 4 ester asam oleat. Pembuatan SOPE dimaksudkan untuk menyediakan senyawa pengganti lemak yang rendah kalori. Banyaknya asam oleat yang teresterifikasi pada sorbitol sangat menentukan pencernaan SOPE, yang lebih lanjut menentukan kemampuan SOPE untuk menghasilkan kalori. Menurut Gunstone dan Padley (1997), struktur akhir dari sorbestrin (sorbitol poliester) harus mempunyai lebih dari 4 asam lemak yang teresterifikasi agar diperoleh rintangan sterik yang diperlukan untuk menghambat kerja enzim pencernaan. Poliester dengan jumlah ester asam lemak kurang dari 4 kurang sesuai digunakan sebagai pengganti lemak, tetapi dapat berfungsi sangat baik bila digunakan sebagai emulsifier. Penggunaan sorbitol poliester sebagai pengganti lemak ditentukan oleh komposisi ester asam lemak yang teresterifikasi pada gula alkohol *backbone*-nya.

Konversi SOPE adalah sebesar 74,41 %. Konversi SOPE diperhitungkan berdasarkan perbandingan antara selisih angka hidroksil sorbitol dengan SOPE terhadap angka hidroksil sorbitol dikalikan 100 %, yang merupakan besarnya derajat substitusi. Makin kecil angka hidroksil SOPE berarti makin besar konversi produk, atau makin banyak asam oleat yang teresterifikasi pada sorbitol. SOPE yang diproduksi mempunyai rendemen yang cukup baik yaitu sebesar 77,5 % berat/berat.

Aplikasi SOPE sebagai Pengganti Minyak dalam Penggorengan

SOPE digunakan untuk menggoreng tahu seperti halnya minyak goreng komersial. Penggorengan di mulai saat SOPE ataupun minyak sudah panas, ditandai dengan mulai terlihatnya sedikit asap. Berdasarkan pengamatan, suhu penggorengan menggunakan SOPE lebih rendah (125-147 °C) dibanding minyak goreng komersial (140-156 °C), namun memberikan hasil penggorengan dengan warna dan ketampakan yang sangat serupa. Jadi SOPE dapat digunakan untuk menggoreng dengan suhu lebih rendah dibandingkan minyak goreng komersial, sehingga dapat mengurangi energi untuk penggorengan.

Selama penggorengan atmosferik, minyak dikenakan pada suhu tinggi dengan keberadaan oksigen dan air dari bahan

yang digoreng (Perkins, 1960). Kondisi ini akan mempercepat reaksi hidrolisis, autoksidasi dan oksidasi thermal serta polimerisasi, yang mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisika dan kimia minyak meliputi warna, viskositas, titik asap, angka asam, angka hidroksil dan angka peroksida.

Warna SOPE

Selama digunakan untuk penggorengan, warna SOPE dan minyak goreng komersial mengalami perubahan ketampakan ke arah lebih gelap (Tabel 2). Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya senyawa-senyawa dari tahu yang digoreng seperti senyawa karbonil tidak jenuh ataupun senyawa non polar dari bahan makanan yang terlarut dalam minyak, sesuai dengan yang dikemukakan oleh Varela dkk. (1988).

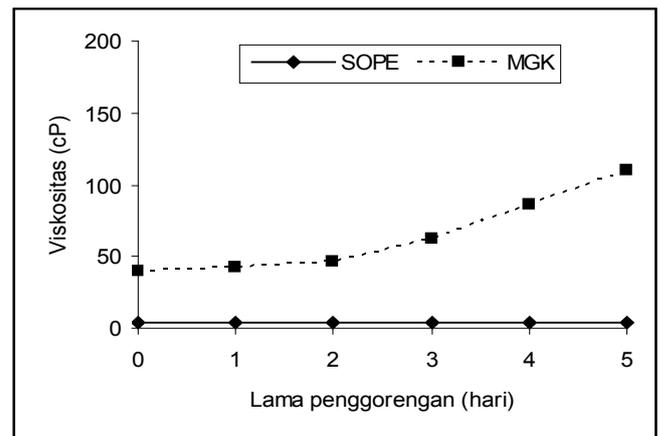
Tabel 2. Perubahan warna SOPE dan minyak goreng selama penggorengan

Hari ke-	SOPE		Minyak goreng	
	Lovibond tintometer	Visual	(Lovibond tintometer)	Visual
0	m=0.9 k=5 b=0.3	Kuning +3 coklat +2	m=0 k=1 b=0	Kuning +2
1	m=2 k=6 b=0	Kuning +3 coklat +3	m=0 k=1 b=0	Kuning +2
2	m=1 k=7 b=0	Kuning +3 coklat +4	m=0.2 k=2 b=0.1	Kuning +2
3	m=1 k=6 b=0	Kuning +3 coklat +4	m=0.1 k=2 b=0.1	Kuning +2 coklat +1
4	m=2 k=7 b=0.1	Kuning +3 coklat +5	m=0.3 k=3 b=0.1	Kuning +2 coklat +2
5	m=2 k=6 b=0	Kuning +3 coklat +4	m=0.4 k=4 b=0.1	Kuning +2 coklat +3

m = merah; k = kuning; b = biru

Viskositas SOPE

Viskositas SOPE tidak mengalami kenaikan selama penggorengan, akan tetapi minyak goreng komersial mengalami kenaikan viskositas yang lambat pada awal pemanasan dan kemudian meningkat dengan cepat, mengikuti persamaan kurva kuadratik $y = 3,37 x^2 - 2,68 x + 40,21$ dan $R^2 = 99,7 \%$, dengan $x =$ lama penggorengan dalam hari dan $y =$ viskositas minyak dalam cP (Gambar 2). Kenaikan viskositas minyak selama penggorengan berkaitan erat dengan timbulnya material polimer. Material polimer ini merupakan hasil reaksi polimerisasi lebih lanjut dari oksidasi thermal pada asam lemak dalam minyak atau SOPE (Varela dkk., 1988). Pada penelitian ini SOPE digunakan untuk menggoreng pada suhu lebih rendah (125–147 °C) dibandingkan minyak goreng komersial (140–156 °C), diduga belum terjadi perubahan kandungan senyawa polimer dalam SOPE, sehingga belum terjadi perubahan viskositas SOPE. Selain itu, minyak goreng komersial tersusun oleh campuran asam lemak yang memungkinkan terjadinya reaksi polimerisasi, karena menurut Varela *et al.* (1988) kecepatan reaksi polimerisasi dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak dan derajat ketidakjenuhan asam lemak selain oleh tingginya suhu dan lama waktu pemanasan serta keberadaan oksigen.



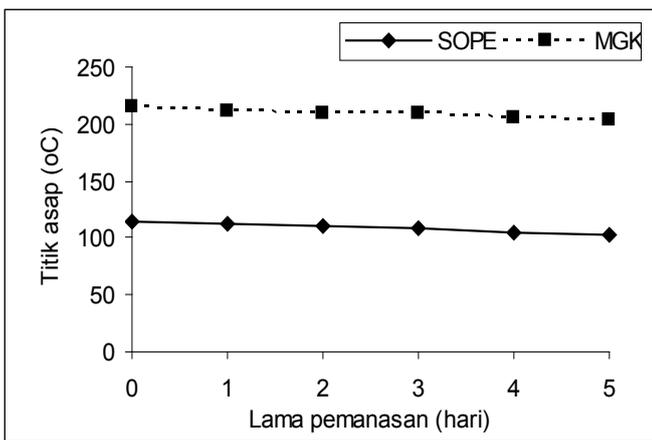
Gambar 2. Perubahan viskositas SOPE dan minyak goreng selama penggorengan

Titik Asap

Pada penelitian ini SOPE mempunyai titik asap 115 °C, lebih rendah dari pada minyak goreng komersial (215 °C). SOPE yang digunakan tidak melalui tahap pemurnian. Menurut Jones dan King (Hui, 1996) titik asap sangat dipengaruhi oleh jenis minyak, sebagai contoh minyak jagung, minyak kedelai dan minyak olive mempunyai titik asap berturut-turut 204,5 °C,

233,9 °C dan 137,8 °C. Tingginya titik asap juga dipengaruhi oleh tingkat pemurnian minyak. Minyak biji kapas kasar hasil ekstraksi menggunakan penekanan hidraulik mempunyai titik asap 154,5 °C, akan tetapi setelah dimurnikan dengan alkali, pemucatan dan deodorisasi mengalami kenaikan titik asap berturut-turut menjadi 218,4 °C, 218,4 °C dan 220 °C.

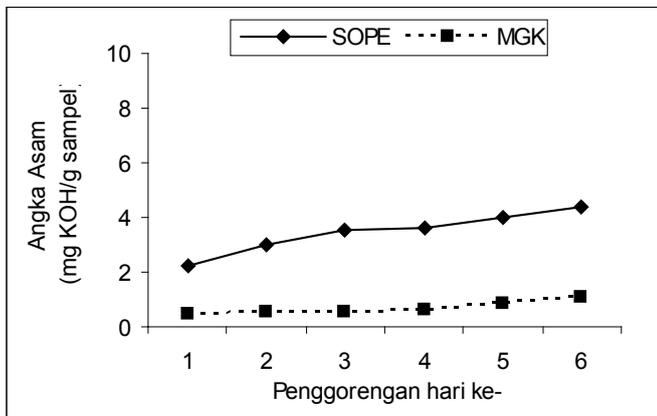
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa titik asap SOPE dan minyak goreng komersial selama penggorengan cenderung mengalami sedikit penurunan. Menurut Skrökki (1995), penurunan titik asap selama penggorengan terjadi karena terbentuknya senyawa-senyawa yang memiliki berat molekul lebih rendah dari berat molekul semula yang tercampur dalam minyak.



Gambar 3. Perubahan titik asap SOPE dan minyak goreng komersial selama penggorengan.

Angka Asam

Angka asam merupakan indikator penurunan kualitas minyak oleh terjadinya proses hidrolisis, yang dipercepat oleh adanya pemanasan. Selama digunakan sebagai media penggorengan SOPE mengalami kenaikan angka asam dengan konstanta kecepatan kenaikan sebesar 0,39 mengikuti



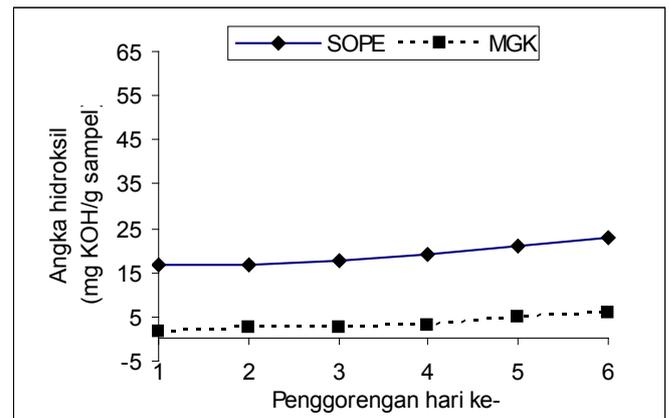
Gambar 4. Perubahan angka asam SOPE dan minyak goreng komersial selama penggorengan.

persamaan garis $y = 0,39x + 2,47$ dan koefisien korelasi 96,65 % dengan $x =$ lama penggorengan dalam hari dan $y =$ angka asam dalam mg KOH/g sampel (Gambar 4).

Kenaikan angka asam menunjukkan terjadinya hidrolisis SOPE selama digunakan sebagai media penggorengan. Sebagian ikatan ester antara sorbitol dan asam oleat terhidrolisis melepaskan asam oleat dan meninggalkan gugus OH pada SOPE. Hal ini didukung oleh data kenaikan angka hidroksil SOPE selama penggorengan.

Angka Hidroksil

Perubahan angka hidroksil dapat digunakan untuk memastikan terjadinya proses degradasi pada ikatan ester selama pemanasan. Kenaikan angka hidroksil SOPE terjadi secara linier dengan konstanta kecepatan kenaikan sebesar 1,26 mengikuti persamaan $y = 1,26x + 15,86$ dan $R^2 = 97,8\%$ dengan $x =$ lama penggorengan dalam hari dan $y =$ angka hidroksil dalam mg KOH/g sampel (Gambar 5). Selama penggorengan terjadi reaksi hidrolisis dengan adanya air dari bahan yang digoreng dan panas, yang mengakibatkan asam oleat terlepas. Makin lama pemanasan, makin banyak asam oleat dilepaskan, sehingga makin banyak gugus hidroksil yang terdapat pada SOPE.



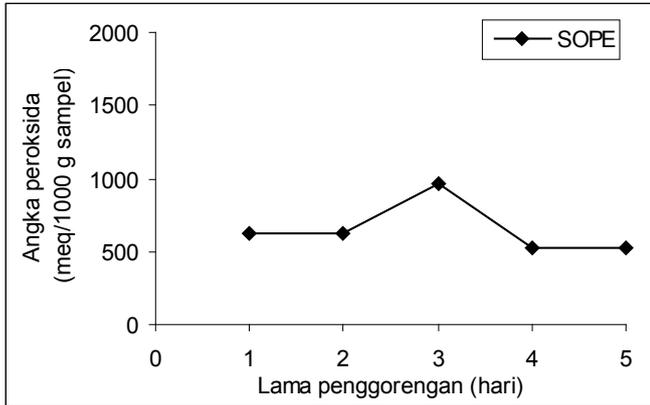
Gambar 5. Kenaikan angka hidroksil SOPE dan minyak goreng komersial selama penggorengan.

Angka Peroksida

Peroksida merupakan senyawa antara pada proses oksidasi minyak, yang akan mengalami proses degradasi lebih lanjut menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Selama penggorengan terjadi perubahan angka peroksida SOPE (Gambar 6).

Pada awal pemanasan peningkatan angka peroksida terjadi sangat lambat, tetapi kemudian meningkat sangat cepat dan selanjutnya kembali mengalami penurunan. Peningkatan angka peroksida terjadi karena pembentukan peroksida lebih banyak dari pada degradasinya, akan tetapi dengan makin

lamanya pemanasan degradasi peroksida makin besar sehingga lebih besar dari pada kecepatan pembentukannya.



Gambar 6. Perubahan angka peroksida SOPE selama penggorengan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa sorbitol-oleat poliester (SOPE) yang diproduksi pada suhu 150 °C dan waktu proses 8 jam berwarna kuning kecoklatan, dengan indeks refraksi pada 25 °C sebesar 1,4307, angka asam 2,22 mg KOH/g, angka hidroksil 16,53 mgKOH/g, konversi 74,41 %, viskositas 4,0 cP dan *yield* 77,5 %. SOPE tersebut dapat digunakan sebagai pengganti minyak goreng. Selama penggorengan, terjadi perubahan warna SOPE menjadi lebih gelap, penurunan titik asap dan peningkatan angka asam dengan konstanta kecepatan 0,39 mg KOH/g SOPE/hari, serta peningkatan angka hidroksil dengan konstanta kecepatan 1,26 mg KOH/g SOPE/hari, dan tidak terjadi peningkatan viskositas. Perlu juga dilakukan penelitian tentang aspek gizi dan peran fisiologis SOPE di dalam model hewan percobaan agar dapat memberikan jaminan keamanan penggunaan SOPE sebagai pengganti minyak goreng.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional melalui proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, yang telah mendukung pembiayaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan, M. (1980). *Lipid Properties and Stability of Partially Defatted Peanuts*. Doctor Thesis, Department of Food Science, University of Illinois, Urbana-Champaign.

Agnes-Murdiati (1992). *Pangan dan Gizi untuk Kehidupan*. Buku Monograf. PAU Pangan dan Gizi UGM Yogyakarta.

Anonim (1995). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analysis Chemist's (AOAC)*. Sidney W. (ed.) The AOAC Inc., Virginia USA.

Anonim (1998). Fat Replacers – ADA position. *Journal American Diet Association* 98: 463-468. <http://www.eatright.org/adap0498html> [11 Maret 2002].

Anonim (2001^a). Olestra and Other Fat Substitutes. <File:///AI/olestra.1.html> [28 Agustus 2001].

Anonim (2001^b). A Brief History of Olestra. (The FACTS About Olestra) CSPI Home Page. <File:///AI/historyolestra.html> [28 Agustus 2001].

Christophe, A.B. (1998). *Structural Modified Food Fats: Synthesis, Biochemistry, and Use*. AOCS Press, Champaign, Illinois.

DeFouw, C.L., Zabik, M.E. dan Gray, J.I. (1981). Fractionated edible beef tallow as a deep-frying medium for French fries. *Journal of Food Science* 46: 452-456.

Frankel, E.N. (1998). *Lipid Oxidation*. The Oily Press, Dundee.

Giesse, J. (1996). Olestra: Properties, regulatory concerns and applications. *Food Technology* 50: 130-131.

Gunstone, F.D. dan Padley, F.B. (1997). *Lipid Technology and Applications*. Marcel Dekker, Inc. New York.

Hui, Y.H. (1996). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Fifth edition*. Volume 2. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Malton, S.L., Jafar, S., Sykes, D. dan Trigiano, M.K. (1994). Review of stability measurements for frying oil and fried food flavor. *Journal of American Oil Chemist Society* 71: 1301-1308.

Perkin, E.G. (1960). Nutritional and chemical changes occurring in heated fats: A review. *Food Technology*, Oktober: 508-514.

Roller, S. dan Jones, S.A. (1996). *Handbook of Fat Replacers*. CRC Press, Boca Raton-New York.

Saguy, U.I.S. dan Pinthus, E.J. (1995). Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism. *Food Technology*, April: 142-145.

Shieh, C.J., Akoh, C.C. dan Kochler, P.E. (1996). Formulation and optimization of sucrose polyester physical properties by mixture response surface methodology. *Journal of American Oil Chemist Society* 73: 455-460.

- Shieh, C.J., Akoh, C.C. dan Kochler, P.E. (1996). Optimization of sucrose polyester synthesis using response surface methodology. *Journal of Food Science* **61**: 97-100.
- Skrökki, A. (1995). Quality of frying oils in grill restaurants and catering establishments. *Fat Science Technology* **7**: 299-301.
- Skrökki, A. (1995). Test used for examining the quality of frying oils. *Fat Science Technology* **7**: 384-386.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi (1984). *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Badan Penerbitan, Bagian Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Suardi, Tranggono dan Supranto (2001). *Pembuatan Gula Alkohol Poliester Dengan Menggunakan Destilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS) Sebagai Sumber Asam Lemaknya*. Laporan Riset Unggulan Terpadu VI (1998-2000). Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi, Proyek Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPITEK).
- Thin-Sue-Tang (2001). Analysis of oleochemicals. *Dalam: Gunstone, F. dan Hamilton R.J. (eds). Oleochemical Manufacture and Applications*. Sheffield Academic Press, England.
- Varela, G., Bender, A.E. dan Morton, I.D. (1988). *Frying of Food, Principles, Changes, New Approaches*. Ellis Horwood Ktd., Chichester, England.