

FORMULASI DAN PEMBUATAN SUSU KENTAL MANIS DENGAN MINYAK INTI SAWIT DIPERKAYA ASAM LEMAK OMEGA-3 SEBAGAI PENGGANTI LEMAK SUSU

Donald Siahaan, Jenny Elisabeth, Tri Haryati, Yuniarti, dan Riska

ABSTRAK

Minyak inti sawit telah berhasil diperkaya dengan asam lemak omega-3 (n-3) dari minyak ikan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit dan berpeluang digunakan sebagai bahan baku substitusi impor untuk lemak susu dalam pembuatan susu kental manis. Mengingat peran asam lemak n-3 dan produk-produk susu bagi gizi dan kesehatan, penggunaan minyak inti sawit kaya n-3 dalam proses pembuatan produk-produk susu perlu dilakukan sebagai salah satu alternatif diversifikasi produk berbasis minyak sawit. Tujuan kegiatan penelitian ini adalah memformulasi bahan baku dan menetapkan kondisi optimum proses pembuatan susu kental manis (SKM) yang diperkaya asam lemak n-3 dengan menggunakan minyak inti sawit kaya n-3 sebagai sumber lemak. Formulasi produk SKM dilakukan dengan menggunakan tepung susu skim tanpa lemak sebagai sumber protein dan laktosa, gula pasir sebagai pemanis dan pengawet, dan minyak inti sawit kaya n-3 digunakan sebagai sumber lemak serta air. Komposisi susu skim, minyak kaya omega-3, gula dan air yang direkomendasikan berdasarkan hasil penelitian adalah 24:9:42:25 (dalam rasio berat), yang ditetapkan berdasarkan pertimbangan kedekatan dengan komposisi nutrisi SKM komersial. Proses produksi yang dikembangkan berbeda dengan proses komersial karena meniadakan proses rekonstitusi dan evaporasi, dengan tahapan sebagai berikut: pencampuran bahan baku, pasteurisasi pada 60°C dengan masa tahan selama 30 menit, homogenisasi pada kecepatan 15 ribu rpm selama 10 menit, serta kristalisasi lambat pada suhu ruang (28°C) selama 24 jam. Komposisi nutrisi produk akhir SKM yang dihasilkan dengan formulasi dan proses optimum adalah sebagai berikut: kadar lemak 8.2% dimana kadar asam lemak omega-3 sebesar 13.1% (terhadap bobot lemak), kadar protein 7.6%, kadar abu 1.3% kadar karbohidrat 54.2% dan kadar air 28.7%. Viskositas SKM berbasis minyak inti sawit diperkaya omega-3 ini adalah 165.2 cStoke (pada 60°C) yang berarti identik dengan SKM komersial yang digunakan sebagai pembanding.

Kata kunci: lemak omega, formulasi, homogenisasi, 3, minyak inti sawit, susu kental manis

PENDAHULUAN

Susu merupakan cairan hasil sekresi dari kelenjar *mammae* pada mamalia betina dan wanita dewasa yang merupakan makanan bagi bayi yang dilahirkannya. Konsumsi susu mamalia oleh manusia telah berlangsung sejak budaya berternak

dikembangkan. Kebiasaan mengonsumsi susu dan produk-produknya pun telah menjadi bagian kehidupan masyarakat modern, terutama bayi dan anak-anak. Konsep empat sehat, lima sempurna telah diterima umum dalam pendidikan gizi masyarakat Indonesia. Hal ini berkaitan dengan gizi susu yang dipandang meru-

pakan makanan yang hampir sempurna bagi manusia karena kelengkapan dan keseimbangan protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral yang dikandungnya (4).

Susu dan produk susu turunan komersial umumnya terbuat dari susu sapi. Indonesia bukanlah negara penghasil susu. Bahan baku pembuatan susu dan produk-produknya, terutama susu skim tanpa lemak dan lemak susu, sebagian besar diimpor dari negara yang memiliki basis peternakan yang kuat seperti Australia, Selandia Baru, dan Belanda. Indonesia telah mengimpor 395 ton susu skim tanpa lemak senilai 5,5 milyar dan 16 ribu ton lemak susu dengan nilai 65,5 milyar pada 1998. Ketergantungan impor ini dan penurunan nilai tukar rupiah mengakibatkan melemahnya kemampuan masyarakat Indonesia untuk membeli produk susu untuk memenuhi kebutuhan gizinya. Salah satu strategi mengatasi permasalahan di atas adalah memperkecil ketergantungan impor dengan penggunaan bahan lokal yang dapat mensubstitusi seluruh atau sebagian komponen impor produk susu.

Susu kental manis (SKM) sebagai salah satu produk susu telah dikonsumsi luas oleh masyarakat Indonesia. SKM komersial dibuat dengan rekonstitusi susu dan penambahan gula 40-45% sebagai pengawet serta penguapan. Padatan SKM komersial tersusun atas 9 bagian lemak dan 22 bagian padatan bukan lemak, dimana 8.5% dari total komponen SKM haruslah lemak dan lemak padat minimum 28%⁽⁵⁾. Produksi SKM Indonesia pada 1998 sebesar 900 ton atau senilai 21 milyar. Indonesia telah mengimpor 93 ton

SKM untuk memenuhi kekurangan produksi dengan nilai impor 1,6 milyar

Banyak hasil penelitian telah membuktikan bahwa lemak susu dapat disubstitusi secara langsung atau tidak langsung dengan minyak kelapa dalam pembuatan beragam produk susu, seperti susu rekonstitusi, keju, *yogurt*, susu terfermentasi, *coffee whitener*, *creamer*, es krim, dll^(3,4,7,11). Hal ini disebabkan adanya beberapa kemiripan sifat lemak susu dengan minyak kelapa.

Banzon (1998) telah mengembangkan SKM yang terbuat dari susu rekonsistensi dari bubuk susu tanpa lemak, santan kelapa dan minyak jagung serta gula pasir. Komposisi gizi SKM yang diperoleh adalah 21,58% air, 5,53% protein, 10,35% lemak, 1,68% mineral dan 60,86% karbohidrat.

Minyak inti sawit tersedia melimpah di Indonesia sebagai hasil ikutan dalam proses ekstraksi minyak sawit, dengan jumlah produksi sebesar 5596 ton PKS pada 1998 atau setara dengan Rp 3,8 milyar. Sebesar lebih dari 90% PKO digunakan sebagai bahan pangan dan selebihnya sebagai bahan baku farmasi dan oleokimia. Data statistik menunjukkan bahwa harga PKO relatif lebih murah dibanding lemak susu. Diduga, PKO layak digunakan sebagai bahan baku SKM baik dengan pertimbangan harga maupun kemampuannya menggantikan lemak susu mengingat PKO mempunyai kemiripan dengan minyak kelapa.

Asam lemak omega-3 (n-3) sangat diperlukan oleh bayi dan anak untuk tumbuh-kembang otak dan retina^(6,8), juga orang dewasa untuk pencegahan penyakit kardiovaskuler, inflamasi, kanker dan tumor serta meningkatkan kekebalan tubuh

(10, 14, 15). Mengingat pentingnya asam lemak tersebut bagi kesehatan, beberapa produk susu komersial telah disuplementasi n-3. PPKS telah menghasilkan teknologi pembuatan minyak inti sawit yang diperkaya n-3. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan susu kental manis dengan sumber lemak utama minyak inti sawit yang diperkaya PKO yang diperkaya n-3 sebagai pengganti lemak susu.

BAHAN DAN METODE

Bahan baku utama minyak yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak inti sawit (MIS) yang diperoleh dari PKS Pabatu, PT Perkebunan Nusantara IV. MIS tersebut diperkaya dengan asam lemak omega-3 yang berasal dari minyak ikan tuna (*Precooked tuna fish oil*). Bahan baku lainnya adalah susu tanpa lemak (*non fat skim milk*), lemak susu dan gula pasir yang diperoleh dari distributor lokal. Penelitian ini juga menggunakan susu kental manis (SKM) komersial yang tersedia di pasaran lokal sebagai pembandingan.

Bahan yang digunakan untuk keperluan analisis kimia dan fisik antaranya petroleum ether, tetrahydrofuran, sodium metilat, asam sulfat, K_2SO_4 , NaOH, dan HCl yang bersifat *analytical grade* dan diperoleh dari distributor lokal. Sedangkan alat penting yang digunakan di antaranya: kromatograf gas, mikroskop, viskometer *Oswald*, dan homogenizer Edmund Buhler 74000.

Penelitian dibagi atas dua tahap penelitian yaitu formulasi dan optimasi produksi. Studi formulasi bertujuan untuk

menyusun komposisi bahan baku yang sesuai dengan persyaratan komposisi nutrisi utama SKM. Pada tahap ini dilakukan analisis protein, lemak, air dan karbohidrat terhadap bahan baku (susu skim tanpa lemak, lemak susu, gula, dan minyak inti sawit yang diperkaya n-3) dan SKM komersial sesuai dengan standar analisis menurut AOAC⁽¹⁾. Formulasi dilakukan berdasarkan kedekatan sifat kimia dari bahan yang akan diformulasi dengan SKM komersial sebagai referensi.

Minyak inti sawit yang diperkaya dengan asam lemak omega-3 digunakan sebagai sumber lemak. Sumber utama asam lemak omega-3 yang digunakan adalah minyak ikan tuna (*Precooked tuna fish oil*). Asam lemak omega-3 diinkorporasikan ke dalam minyak inti sawit atau minyak inti terhidrogenasi dengan teknik asidolisis enzimatis (lipase dedak padi) sesuai dengan metode Elisabeth (1997)⁽¹³⁾.

Studi optimasi produksi dilakukan untuk menetapkan kondisi operasi optimum dalam tiap tahap proses pembuatan SKM kaya n-3 dengan sumber lemak dari minyak inti sawit kaya n-3. Parameter proses yang dipelajari untuk studi optimasi produksi adalah waktu dan kecepatan homogenisasi. Taraf perlakuan waktu homogenisasi adalah 5, 10, 15 dan 20 menit; sedangkan taraf perlakuan kecepatan homogenisasi adalah 5, 10, 15, dan 20 ribu rpm. Pengamatan dilakukan terhadap distribusi dan ukuran lemak serta viskositas menggunakan viskometer *Oswald* (1). Masing-masing percobaan dilakukan dengan ulangan 5 kali. Produk akhir dikarakterisasi viskositas dan komposisi asam lemak menggunakan metode GC⁽⁸⁾, selain analisis lengkap

komposisi air, protein, lemak, dan karbohidrat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi bahan

Pembuatan produk-produk susu dapat dilakukan dengan 3 pendekatan berdasarkan bahan dasarnya: a). penggunaan susu murni, b). penggunaan susu penuh yang merupakan campuran yang tepat antara susu skim dan lemak susu, dan c). penggunaan susu rekonstitusi yaitu pencampuran yang tepat antara susu skim dan lemak nabati. Penelitian ini bertujuan menggunakan minyak inti sawit kaya omega-3 sebagai sumber utama lemak susu kental manis yang dihasilkan. Karena itu, pendekatan ketiga (c) digunakan dalam penelitian ini.

Bahan dasar yang digunakan untuk formulasi susu kental manis dalam penelitian ini adalah tepung susu skim tanpa lemak, minyak inti sawit yang diperkaya omega-3 (MIS-3), gula tebu kristal (gula pasir). Komposisi nutrisi bahan-bahan dasar tersebut di atas ditunjukkan pada Tabel 1.

Formulasi bahan dilakukan dengan mengacu kepada komposisi nutrisi susu kental manis (SKM) komersial. Analisis nutrisi terhadap tiga SKM komersial ditunjukkan pada Tabel 1. Kisaran nilai nutrisi SKM komersial tersebut adalah kadar protein 4 - 8% (b/b), kadar lemak 8 - 9% (b/b), kadar mineral 1 - 2% (b/b), kadar karbohidrat 54 - 56% (b/b), dan kadar air 27-29% (b/b).

MIS-3 dapat dianggap sebagai sumber lemak satu-satunya dalam formulasi SKM ini. Berdasarkan kisaran

kadar lemak SKM komersial, MIS-3 yang diperlukan untuk formulasi SKM adalah 8-9% dari total bobot bahan dasar. MIS sejumlah 9 g per 100 g total bahan ditetapkan dalam formula ini.

Tepung susu skim menjadi sumber satu-satunya protein, mineral dan laktosa dalam penelitian ini. Tepung susu skim mengandung 33.05% protein, 6.29% mineral dan 53.12% karbohidrat. Tepung susu skim yang diperlukan dalam formulasi, dengan mengacu pada kisaran kandungan protein SKM komersial, berada pada kisaran 13 - 24 g per 100 g bahan. Sedangkan bila mengacu pada nilai kisaran kadar mineral SKM komersial, tepung susu skim yang diperlukan adalah 21 - 27 g per 100 g bahan.

Perbandingan antara lemak dengan padatan-susu-bukan-lemak (*non fat dairy milk solid*) pada susu kental manis biasanya diatur pada perbandingan bobot 9:22⁽¹²⁾. Bila digunakan 9 g MIS-3 dalam formulasi ini, perbandingan bobot 9:22 tersebut dicapai bila digunakan susu skim sebanyak 24 g per 100 g bahan. Padatan non lemak dalam susu skim adalah 33.05% protein, 6.29% mineral dan 53.12% karbohidrat atau 92.46% secara keseluruhan, yang setara dengan 22.18 g pada 24 g susu skim.

Gula pasir sebagai sumber karbohidrat tambahan diperlukan sebanyak 42-44 g per 100 g bahan untuk menyamai kisaran kadar karbohidrat SKM komersial. Air sebagai bahan pelengkap diperlukan sebanyak 23 - 25 g per 100 g bahan. Tiga formula dengan komposisi susu skim dan MIS-3 yang tetap yaitu 24:9 (b/b) dan komposisi gula dan air yang berbeda yaitu masing-masing 42:25, 43:24 dan 44:23 (b/b) diuji dengan menggunakan tahapan

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku dan susu kental manis komersial

Bahan Baku	Komponen kimia (dalam %b/b)				
	Air	Protein	Lemak	Mineral	Karbohidrat
SKM Komersial 1	26.73	8.02	8.06	1.67	55.52
SKM Komersial 2	29.14	4.43	9.11	1.28	56.17
SKM Komersial 3	27.76	7.97	8.69	1.54	54.04
Kisaran Nilai	26.7 – 29.1	4.4 – 8.0	8.1 – 9.1	1.3 – 1.7	54.0 – 56.2
Susu skim tanpa lemak	7.10	33.05	0.44	6.29	53.12
Gula pasir	0.01	0.04	0.02	0.04	99.89
Minyak inti sawit kaya n-3	0.02	0.01	99.84	0.03	0.00

proses pasteurisasi (masa tahan 15 menit pada 60°C) dan homogenisasi (dengan kecepatan 20 ribu rpm selama 15 menit).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbandingan gula dan air 42:25 sudah memadai untuk mencapai viskositas SKM (2.59 cstoke, pada suhu 60°C) yang setara dengan SKM komersial (3.23 cstoke pada suhu 60°C). Malahan, penggunaan air yang lebih sedikit menyebabkan viskositas SKM > 5.00 cstoke (60°C) dan sulit dituang. Berdasarkan hasil ini, diperoleh formula bahan pembuatan SKM yang tepat yaitu 24:9:42:25 (dalam berat) masing-masing untuk susu skim, MIS-3, gula pasir dan air.

Optimasi proses

Susu kental manis biasanya dihasilkan oleh penguapan hampa terhadap susu, baik susu keseluruhan (*whole milk*) maupun susu rekonstitusi (campuran antara susu skim dengan lemak nabati). Apapun bahan dasar yang digunakan, pembuatan susu kental manis umumnya dilakukan dengan tahapan pasteurisasi bahan baku susu, penambahan gula, penguapan susu, kristalisasi dengan cara pendinginan dan penambahan bibit laktosa

atau susu kental manis produksi sebelumnya⁽¹²⁾.

Penelitian ini menggunakan tahapan proses yang agar berbeda yaitu pencampuran bahan, pasteurisasi bahan, homogenisasi dan kristalisasi. Proses penguapan susu yang bersifat padat energi ditiadakan dalam proses pembuatan SKM dalam penelitian ini. Proses pasteurisasi bukan merupakan tahapan kritis dalam pembuatan SKM dan masa tahan 15 menit pada 60°C sudah terbukti sangat memadai untuk menjamin *shelf-life* produk SKM di atas 3 bulan, bila susu dikemas pada kaleng (1). Proses kristalisasi pun bukan tahapan kritis karena sudah umum diterapkan proses kristalisasi pada suhu moderat (30°C) selama sekitar 3 jam dan pembibitan dengan menambahkan latosa berbentuk halus dengan jumlah 0.6 g/L SKM. Tahapan kritis dalam proses produksi SKM ini adalah homogenisasi sehingga penelitian dipusatkan untuk mengoptimasi kondisi proses ini.

Pencampuran Bahan

Gula pasir komersial yang diduga sebagian besar berupa kristal sukrosa dicampurkan ke dalam air hangat sebelum

dicampurkan dengan bahan lain, agar diperoleh larutan sejati. Gula pasir, bersama bahan-bahan lain dipasteurisasi setelah pencampuran sehingga menjamin kelarutan kristal sukrosa. Pelarutan ini sangat diperlukan untuk menjamin tidak adanya kesan '*sandiness*' pada susu kental manis. Kepastian tidak adanya kristal sukrosa dalam larutan dikonfirmasi dengan pengamatan pada mikroskop pada pembesaran 10 x 40. Hal ini sangat jauh berbeda bila dibandingkan dengan perlakuan pemberian kristal gula setelah pasteurisasi. Perlakuan yang disebut terakhir memberikan tampilan kristal gula *amorf* yang intens pada pembesaran 10 x 10 di bawah mikroskop. Karenanya, perlakuan penambahan gula dilakukan bersama-sama dengan bahan lain sebelum pasteurisasi.

Pasteurisasi

Pasteurisasi dilakukan terutama untuk mencegah kerusakan oleh mikroorganisme. Pasteurisasi dilakukan terhadap campuran formula yang akan dibuat susu kental manis. Dari dua pilihan metode pasteurisasi, metode penahanan dan metode waktu singkat suhu tinggi (HTST), dipilih metode pertama karena alasan praktis. Metode penahanan yang paling umum adalah pada suhu 60°C dengan lama penahanan 30 menit. Pemilihan suhu tersebut dilakukan berdasarkan pemikiran bahwa protein susu mengalami denaturasi oleh panas pada suhu di atas 60°C. Denaturasi susu akan menyebabkan aroma susu masak⁽⁴⁾.

Kecukupan tingkat pasteurisasi dikonfirmasi dengan pengamatan stabilitas mutunya setelah penyimpanan selama

seminggu pada refrigerator yaitu keasaman yang sangat rendah (0.05% sebagai asam laktat) dan tidak adanya pertumbuhan jamur dan bakteri pada media *plate count agar*.

Homogenisasi

Optimasi proses homogenisasi telah dilakukan memvariasikan kecepatan dan waktu homogenisasi. Kriteria utama kondisi optimum adalah kesamaan mutu fisik SKM dengan waktu dan kecepatan homogenisasi minimal. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.

Viskositas SKM sangat bergantung kepada waktu homogenisasi, kecepatan homogenisasi dan kombinasi keduanya. Viskositas SKM semakin besar dengan meningkatnya waktu dan/atau kecepatan homogenisasi. Sedangkan ukuran globula lemak pada SKM semakin kecil dengan meningkatnya waktu dan/atau kecepatan homogenisasi dimana kecepatan homogenisasi menjadi faktor dominan. Berdasarkan parameter viskositas, distribusi serta ukuran globula lemak, kecepatan dan waktu homogenisasi terbaik adalah 15 ribu rpm selama 10 menit. Kecepatan homogenisasi yang lebih besar dari 15 ribu rpm, sekalipun dilakukan dalam interval percobaan untuk kecepatan homogenisasi sebesar 1000 rpm, menyebabkan pengentalan SKM yang tidak dapat diukur viskositasnya pada suhu 60°C.

Homogenisasi menggunakan homogenizer Edmund Buhler 74000 menyebabkan inkorporasi udara yang cukup intensif. Namun, gelembung udara tersebut dapat dihilangkan dengan pengadukan vakum pada rotovapor selama 1 jam pada suhu 60°C.

Karakteristik fisikokimia

Susu kental manis yang diproduksi dengan formulasi dan kondisi operasi yang optimum telah dikarakterisasi. Komposisi nutrisi produk sebagai berikut: kadar air 28.7%, kadar lemak 8.2%, kadar protein 7.6%, kadar abu 1.3%, dan kadar karbohidrat 54.2%. Sifat fisikokimia penting lainnya dari SKM yang dihasilkan di antaranya: viskositas 165.2 cstoke (pada 60°C) dan tidak berbeda nyata dengan susu kental manis komersial, kadar asam lemak

omega-3 sebesar 13.1% (terhadap bobot lemak).

KESIMPULAN

Studi formula susu kental manis dengan sumber lemak utama minyak inti sawit menunjukkan bahwa komposisi bahan yang paling sesuai berdasarkan sifat viskositas adalah 24:9:42:25 (dalam berat) masing-masing untuk susu skim, MIS-3, gula pasir dan air.

Tabel 2. Pengaruh waktu dan kecepatan homogenisasi terhadap viskositas SKM (satuan dalam cstoke)

Kecepatan Waktu	5000 rpm	7500 rpm	10000 rpm	12500 rpm	15000 rpm	17500 rpm
5 menit	27.6 a	47.4 c	66.0 g	104.4 i	150.6 k	tdt
10 menit	36.0 b	48.1 cd	65.4 g	103.2 i	177.6 l	tdt
15 menit	45.0 c	55.8 e	66.6 g	113.4 j	Tdt	tdt
20 menit	50.4 d	60.6 f	76.2 h	115.8 j	Tdt	tdt

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0.05

Viskositas rata-rata SKM komersial = 180 cstoke

tdt = tidak dapat dituang

Tabel 3. Pengaruh waktu dan kecepatan homogenisasi terhadap jumlah globula lemak pada SKM

Kecepatan Waktu	5000 rpm	7500 rpm	10000 rpm	12500 rpm	15000 rpm	17500 rpm
5 menit	383 h (331)	331 h (262)	40 d (31)	25 b (20)	26 b (12)	25 b (11)
10 menit	189 g (184)	138 f (135)	28 bc (13)	32 c (14)	27 b (20)	24 b (15)
15 menit	131 f (110)	61 e (41)	26 b (20)	18 ab (16)	16 a (11)	13 a (11)
20 menit	59 e (53)	20 ab (13)	23 ab (22)	23 ab (20)	16 a (14)	14 a (11)

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0.05:

Angka tanpa kurung adalah jumlah total globula lemak yang dapat terlihat di bawah mikroskop pembesaran 10 x 40, sedangkan angka di dalam kurung adalah jumlah globula lemak dengan ukuran < 50 mikron

Studi optimasi proses produksi menunjukkan bahwa urutan dan kondisi proses terbaik adalah sebagai berikut: pencampuran bahan, pasteurisasi pada suhu 60°C dengan waktu penahanan 30 menit, dan homogenisasi pada kecepatan 15 ribu rpm selama 10 menit.

DAFTAR PUSTAKA

1. AOAC, 1984. Official methods of analysis of the Association of official analytical chemists. Fourth edition. AOAC, Inc., Virginia, USA.
2. BIRO PUSAT STATISTIK. 1998. Statistik Industri Besar dan Sedang. Volume II, Jakarta, hal. 5,11,12,14.
3. Banzon, J. A. 1978. Reconstitution of milk using coconut milk and not fat dry milk. *Phil. J. Coco. Studies* 3(2):1-8.
4. Banzon, J., O. N. Gonzales, S. Y de Leon, P. C. Sanchez. 1990. Cococut as food. Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Philippines.
5. Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet, M. Woon. 1985. Food Science. UI-Press.
6. Connor, W.E., M. Neuringer and S. Reisbick. 1992. Essential fatty acid: the importance of n-3 fatty acid in retina and brain. *Nutr. Rev.* 50(4):21-29.
7. Davide, C., C. N. Peralta, and I. G. Sarmaga. 1985. Utilization of skim milk powder and water-extracted coconut milk in low-fat filled milk processing. *Phil. J. Coco. Studies* 10(1):48-59.
8. Nettleton, J. A. 1993. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development. *JAOCS* 93 (1):59-64.
9. Haryati, 1995. Penentuan Kandungan Minyak dengan cara GC. *Berita PPKS*, 2 (4): 253-262.
10. Hunter, J. E. 1987. PUFAs and eicosanoid research. *JAOCS* 4(8):1088-1092.
11. Paulicka, F. R. 1976. Specialty fats. *JAOCS* 62 (2):426-430.
12. Purnomo, H. dan Adiono. 1987. Ilmu Pangan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
13. Sembiring, H., 1999. Studi inkorporasi asam lemak omega-3 pada olein minyak sawit dan minyak inti sawit dengan metode asidolisis enzimatis. Skripsi. Universitas Katolik St. Thomas. Medan.
14. Simopoulos, A. P. 1989. Summary of the NATO advanced research workshop on dietary n-3 and n-6 fatty acids: biological effects and nutritional essentially. *Am. Inst. of Nutr.* 22:521-527.
15. Sinclair, A. J. 1993. The nutritional significance of omega-3 polyunsaturated fatty acids for human. *Asean Food Journal* 8(1):3-10.

Formulation and preparation of sweetened condensed milk with PKO omega-3 enriched PKO as milkfat substitute

Donald Siahaan, Jenny Elisabeth, Tri Haryati, Yuniarti, Riska

ABSTRAK

Palm oil enriched with omega-3 (PKO n-3) fatty acid of fish oil had been developed in Indonesian Oil Palm Research Institute and evaluated as milk fat substitute for synthesis of sweetened condensed milk (SCM). The aim of the current research was to formulate the constituents and to optimize conditions for synthesis of sweetened condensed milk. Ingredients of the SCM were non-fat skim milk as source of protein, lactose, mineral; sugarcane as sweetener and preservative, and palm kernel oil enriched with omega-3 fatty acids as source of fat. The recommended formula of the SCM is composed of 29:9:42:25 (part in weight ratios) of each nonfat skim milk, palm oil, sugarcane and water; in which the nutrition composition was comparable to commercial SCM. The recommended process steps and conditions for SCM-synthesis were mixing of the raw materials, pasteurization at 60°C for 30 minutes, homogenization at 15.000 rpm for 10 minutes, and crystallization at room temperature (28°C) for 24 hours. The nutritional composition of the SCM synthesis at those conditions was 8.2% fat in which 13.1% (by weight) was omega-3 fatty acids, 7.6% protein, 1.3% mineral, 54.2% carbohydrates, and 28.7% moisture. Viscosity of the PKO n-3 based SCM was 165.2 cStoke (at 60°C) and comparable to the commercial SCM.

Key words : Formulation, homogenization omega-3 fatty acid, , palm oil, sweetened condensed milk

Introduction

Milk considered as a secretion fluid obtained from mammary gland of female mammal and from women as food for their babies. The history of the use of mammal's milk for human consumption diet back to the invention of animal husbandry in human culture and become part of modern food culture of human community. Milk has been considered as completely nutritious human food due to its balance and complete fatty acid composition, fats, carbohydrates, vitamins and minerals.⁽⁴⁾

Commercial milk and its derivatives are mostly dairy milk. Indonesia is not a

dairy milk producer but importer. Commercial production of milk and its products in Indonesia requires nonfat skim milk and milk fat and mostly imported from Australia, New Zealand, and Netherlands. In 1998, Indonesia had imported 395 ton nonfat skim milk powder or equivalent to Rp 5,5 billion and 16 thousand ton milk fat or to Rp 65,5 billion.⁽²⁾ The substitution of these imported materials with local materials are suggested.

Sweetened condensed milk (SCM) is an important dairy product that consumed widely by Indonesian. SCM made of reconstituted milk added with 40-45% sugarcane as preservatives and then

evaporated. SCM composed of 9 parts of fat and 22 part by weight of nonfat solid, fat content should be 8,5% (minimum), and nonfat solid should be 28% (minimum).⁽⁵⁾ In 1998, SCM produced in Indonesia was 900 ton or Rp 21 billion in financial value. To supply the SCM domestic demand, Indonesia imported 93 ton SCM as value as Rp 1,6 billion.

Due to their similarity to some extent, milk fat might be substituted with coconut milk in various milk products preparation such as reconstituted milk, cheese, yogurt, fermented milk, coffee whitener, creamer, and ice cream.^(3,4,7,11) Banzon (1998) developed SCM made of reconstitution of nonfat skim milk powder, coconut milk and corn oil, added with sugarcane. Nutrition composition of the SCM was 21,58% moisture; 5,53% protein; 10,35% fat; 1,68% mineral and 60,86% carbohydrate.⁽²⁾

Indonesia is a major producer of palm kernel oil (PKO) with 5596 ton PKO production in 1998 or equivalent with Rp 3,8 billion.⁽²⁾ About 90% of the Indonesia PKO mostly processed as foods and the rest as raw material for pharmaceutical and oleochemical industries. Statistic data shows that the price of PKO relatively cheaper than milk fat. PKO might be considered as fat substitute in SCM production due to its similarity to coconut oil.

Babies and children essentially require omega-3 fatty acid (n-3) for their brain and retina development^(6,8), and adult requires the n-3 for prevention from cardiovascular diseases, inflammation, cancer, and tumor.^(10,14,15) Due to its significance in health, some commercial milk products are supplemented with n-3.

Indonesian Oil Palm Research Institute had developed a process technology for preparation of palm kernel oil rich in n-3 (PKO n-3). The objective of the current research was to study and develop formula and optimum process in preparation of sweetened condensed milk using PKO n-3 as milk fat substitute.

Materials and Methods

PKO was obtained from Pabatu Palm Kernel Oil Extraction Mill of PTP Nusantara IV. The PKO was enriched with omega-3 fatty acids obtained from Precooked tuna fish oil. The other raw materials (non fat skim milk, milk fat, sugarcane) were obtained from local distributor, as well as branded SCM as references. Analytical grade chemicals such as petroleum ether, tetra hydrofuran, sodium metylate, sulfuric acid, K₂SO₄, NaOH, and HCl were obtained from local distributor.

The research was divided in two major steps i.e. formulation and optimization. The formulation study aimed at formulating material composition to fulfill the nutrition requirement of SCM. Protein, fat, moisture and carbohydrate composition of the raw materials were analyzed according to AOAC⁽¹⁾, as well as branded SCM. Best formulation was determined by comparing to nutrition composition of branded SCM.

PKO enriched with omega-3 fatty acids was prepared by incorporating omega-3 fatty acid of precooked tuna fish oil into the PKO by enzymatic acidolysis (rice bran lipase as biocatalyst) according Elisabeth's procedure (1997).⁽¹³⁾

Optimization of homogenization process was conducted by varying the processing time and homogenization rate. The parameters evaluated were fat globule size and distribution and viscosity and the characteristics of the SCM were evaluated by analyzing their nutrition composition and fatty acid composition.

Results and Discussion

Formulation

Milk product may be prepared from fresh dairy milk, dairy fullcream milk, and reconstituted milk of skim milk and vegetable oil mixture. The latter approach was adopted in this research. The reconstituted milk made of non-fat skim milk powder and PKO enriched with omega-3 fatty acid (PKO n-3). In making SCM, the other material used was sugarcane. The nutrition composition of the materials, as well as branded sweetened condensed milks is showed in Table 1.

Nutrition composition of the references (branded SCM) suggested these range of values as reference values for SCM formulation i.e. 4 - 8%, 8 - 9%, 1 - 2%, 54 - 56% and 27-29% for protein, fat, mineral, carbohydrate and moisture contents, respectively. PKO n-3 considered as the only source of fat in this formulation. Then, the PKO n-3 should be 8-9% of the formula.

The skim milk considered as the only source of protein, mineral and lactose in the formula. Based on its protein content (33.05% protein), mineral content (6.29%) and carbohydrate content (53.12%), the skim milk required in this

formula should be 13 - 24% (regarding to its protein content) or 21 - 27% (regarding to mineral content).

Fat to non fat-dairy-milk-solid ratio of SCM should be 9:22.¹² If 9% of PKO n-3 used as a base for this formulation, the ratio 9:22 would be achieved if the skim milk used was about 24% or equivalent to 22.18% nonfat dairy milk solid (based on these values: 33.05% protein, 6.29% mineral and 53.12% carbohydrate or total 92.46% nonfat dairy milk solid).

Sugarcane, together with skim milk, was considered as carbohydrate source in this formula. In order to make the closest carbohydrate composition compare to branded SCM, the sugarcane required in this formula was in range of 42-44%. And the water required should be 23 - 25% for completion the formula. Three formula were determined to be tested in which the skim milk and PKO n-3 were kept constant (24:9) and sugarcane and water were varied in these ratios: 42:25, 43:24 and 44:23. The formulas were pasteurized for 15 minutes at 60°C then homogenized for 15 minutes at a rate of 20 thousand rpm.

The result showed that ratio a of 42:25 was suitable to reach a comparable viscosity to commercial ones (2.59 cstoke in 60°C versus 3.23 cstoke for branded SCM). The higher the sugar ratio, the higher the viscosity. If the ratio higher than 42:25, the viscosity were higher than > 5.00 cstoke (60°C) and the SCM were not pourable. So, the recommended formula for the preparation of PKO n-3 based SCM was 24:9:42:25 (by weight) of skim milk, PKO n-3, sugarcane and water, respectively.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku dan susu kental manis komersial

Materials	Nutrition component (dalam %w/w)				
	Water	Protein	Fat	Mineral	Carbohydrate
Branded SCM-1	26.73	8.02	8.06	1.67	55.52
Branded SCM-2	29.14	4.43	9.11	1.28	56.17
Branded SCM-3	27.76	7.97	8.69	1.54	54.04
Range of value for branded SCM	26.7 – 29.1	4.4 – 8.0	8.1 – 9.1	1.3 – 1.7	54.0 – 56.2
Nonfat Skim milk	7.10	33.05	0.44	6.29	53.12
Sugarcane	0.01	0.04	0.02	0.04	99.89
Palm kernel oil enriched with n-3 fatty acids	0.02	0.01	99.84	0.03	0.00

Note: Carbohydrate composition was calculated using 'by difference' technique

Process optimization

Sweetened condensed milk usually prepared by pasteurization of the material, sugarcane addition, vacuum evaporation of whole milk or reconstituted milk and crystallization at low temperature. ⁽¹²⁾ The current research eliminated the energy intensive process of vacuum evaporation. Instead, the research was focused on optimizing the homogenization process. Before homogenization, the reconstituted milk/formula was added with sugarcane before pasteurization to achieve complete melting of sugar crystal. This procedure was important in order to eliminate *sandiness* of the final product. The completeness of true solution of sugar was confirmed by 10x40 times microscopic observation. Addition of sugarcane after pasteurization produced intensive amorphous crystalline sugar observed under microscope (10x10). After addition of sugarcane, pasteurization was done at 60°C for 30 minutes. By this pasteurization conditions, the SCM very stable microbiologically by after one-week

which was storage as confirmed the acidity lower than 0.05% as citric acid and no yeast and mold growth in plate count agar media.

Homogenization was optimized by varying the time and the rate of homogenization. Major criteria for optimum condition were similar in physical properties of SCM in comparison to branded SCM and the minimum in time and rate of homogenization. The results are shown in Table 2 and 3.

Viscosity of the SCM was affected by length of time, rate of homogenization and their combinations; the longer the time and the greater the rate of homogenization, the higher the viscosity. In reverse, the smaller the fat globule size. Regarding the viscosity and fat globule characteristics, the recommended conditions for homogenization of the reconstituted milk for preparation of sweetened condensed milk using PKO n-3 as milk fat substitute were 15 thousand rpm for 10 minutes. Higher rate of homogenization than 15 thousand rpm

would produce undesired very viscous SCM. Intensive incorporated air problem regarding homogenization in homogenizer Edmund Buhler 74000 might be reduced with vacuum elimination of the incorporated air for one hour at 60°C.

Physico-chemical characteristics

The sweetened condensed milk produced with the recommended formula

and optimum conditions had been characterized. Nutrition composition of the SCM were 28.7%, 8.2%, 7.6%, 1.3%, and 54.2%, moisture, fat, protein, mineral, and for carbohydrate content, respectively. Other properties were viscosity 165.2 cstoke (in 60°C), comparable to commercial SCM, omega-3 fatty acid content of 13.1% (relative to fat content).

Table 2. Effect of length time and rate of homogenization to the viscosity of SCM (in cstoke)

Rate \ Time	5000 rpm	7500 rpm	10000 rpm	12500 rpm	15000 rpm	17500 rpm
5 min	27.6 a	47.4 c	66.0 g	104.4 i	150.6 k	tdt
10 min	36.0 b	48.1 cd	65.4 g	103.2 i	177.6 l	tdt
15 min	45.0 c	55.8 e	66.6 g	113.4 j	Tdt	tdt
20 min	50.4 d	60.6 f	76.2 h	115.8 j	Tdt	tdt

Note: Values followed by the same letter are not different ($P < 0.05$)
Average viscosity of branded SCM = 180 cstoke
Up = can not be poured (unpourable)

Table 3. Effect of length of time and rate of homogenization on number of fat globule in SCM

Rate \ Time	5000 rpm	7500 rpm	10000 rpm	12500 rpm	15000 rpm	17500 rpm
5 min	383 h (331)	331 h (262)	40 d (31)	25 b (20)	26 b (12)	25 b (11)
10 min	189 g (184)	138 f (135)	28 bc (13)	32 c (14)	27 b (20)	24 b (15)
15 min	131 f (110)	61 e (41)	26 b (20)	18 ab (16)	16 a (11)	13 a (11)
20 min	59 e (53)	20 ab (13)	23 ab (22)	23 ab (20)	16 a (14)	14 a (11)

Note: Values followed by same letter are not different ($P < 0.05$)
Values not in the bracket are total number of visible fat globule under microscope (10 x 40)
Values in the bracket are number of visible fat globule less than 50 micron

Conclusions

The study on formulation of sweetened condensed milk in which PKO n-3 as the only fat source (substitute to milk fat) showed that the best formula composed of 24:9:42:25 (by weight) of skim milk, PKN n-3, sugarcane and water, respectively.

The study of process optimization showed that the recommended and optimum process were: reconstitution of the component including sugarcane, pasteurization for 30 minutes at 65°C, and homogenization at 15 rpm for 10 minutes. Preparation of SCM in such formula and conditions showed that the SCM comparable with branded SCM such as 28.7%, 8.2%, 7.6%, 1.3%, and 54.2%, for moisture, fat, protein, mineral, and carbohydrate content, respectively, 165.2 cstoke in viscosity (at 60°C) and 13.1% of total omega-3.

References

1. AOAC, 1984. Official methods of analysis of the Association of official analytical chemists. Fourth edition. AOAC, Inc., Virginia, USA.
2. BIRO PUSAT STATISTIK. 1998. Statistik Industri Besar dan Sedang. Volume II, Jakarta, hal. 5,11,12,14.
3. Banzon, J. A. 1978. Reconstitution of milk using coconut milk and not fat dry milk. *Phil. J. Coco. Studies* 3(2):1-8.
4. Banzon, J., O. N. Gonzales, S. Y. De Leon, P. C. Sanchez. 1990. Cococut as food. Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Philippines.
5. Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet, M. Woon. 1985. Food Science. UI-Press.
6. Connor, W.E., M. Neuringer and S. Reisbick. 1992. Essential fatty acid: the importance of n-3 fatty acid in retina and brain. *Nutr. Rev.* 50(4):21-29.
7. Davide, C., C. N. Peralta, and I. G. Sarmaga. 1985. Utilization of skim milk powder and water-extracted coconut milk in low-fat filled milk processing. *Phil. J. Coco Studies* 10(1):48-59.
8. Nettleton, J. A. 1993. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development. *JAOCS* 93 (1):59-64.
9. Haryati, 1995. Penentuan Kandungan Minyak dengan cara GC. *Berita PPKS*, 2 (4): 253-262.
10. Hunter, J. E. 1987. PUFAs and eicosanoid research. *JAOCS* 4(8):1088-1092.
11. Paulicka, F. R. 1976. Specialty fats. *JAOCS* 62 (2):426-430.
12. Purnomo, H. dan Adiono. 1987. Ilmu Pangan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
13. Sembiring, H., 1999. Studi inkorporasi asam lemak omega-3 pada olein minyak sawit dan minyak inti sawit dengan metode asidolisis enzimatis. Skripsi. Universitas Katolik St. Thomas. Medan.
14. Simopoulos, A. P. 1989. Summary of the NATO advanced reseach workshop on dietary n-3 and n-6 fatty acids: biological effects and nutritional essentially. *Am. Inst. of Nutr.* 22:521-527.
15. Sinclair, A. J. 1993. The nutritional significance of omega-3 polyunsaturated fatty acids for human. *Asean Food Journal* 8(1):3-10.

ooOoo