J Korean Soc Food Sci Nutr
37(6), 752~760(2008)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2008.37.6.752

Conjugated Linoleic Acid(CLA)를 함유한 기능성 저트랜스 유지의 효소적 합성 및 이화학적 특성 연구

남하영 · 이기택†
충남대학교 식품공학과

Enzymatic Synthesis of Low-*trans* Fats Containing Conjugated Linoleic Acids and Their Physicochemical Characteristics

Ha-Young Nam and Ki-Teak Lee†
Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

Scale-up production of low-*trans* fat containing conjugated linoleic acid (CLA-TFO) was performed through lipase-catalyzed synthesis. Blend of fully hydrogenated soybean oil, olive oil containing conjugated linoleic acid and palm oil with 1:2:7 ratio was interesterified through Lipozyme RM IM in the 1 L-batch type reactor at 65°C for 12 hrs, and the physicochemical and melting properties of CLA-TFO were compared with conventional (high *trans* fat) or commercial low-*trans* fat shortening. The *trans* fatty acids content in the conventional shortening (48.8 area%) was much higher than that of low-*trans* shortening (0.4 area%) and CLA-TFO (0.3 area%+CLA; 7.6 area%). Acid, saponification and iodine values of CLA-TFO were 0.4, 173.9 and 59.0, respectively. Their α-, γ-tocopherol contents showed 4.7, 1.0 mg/100 g. Differences were observed in the solid fat contents (SFC), melting point of the conventional or low-*trans* fat and CLA-TFO. Each SFC of conventional, low-*trans* fat and CLA-TFO was 32.0, 29.3 and 30.4% with melting point of 38.5, 43.0 and 39.5°C at 35°C, respectively. In texture profile analysis, hardness of conventional, low-*trans* fat and CLA-TFO was 111.7, 75.2 and 63.8 g.

Key words: *trans*-free, interesterification, conjugated linoleic acid, extra virgin olive oil, shortening, solid fat contents

서 론

최근 국민소득 향상과 건강에 대한 관심이 커짐에 따라 가공식품류의 소비가 크게 증가하고 있다. 대부분의 가공식품에 지방원으로 사용되는 가공유지(쇼트닝)는 상당량의 포화지방산과 트랜스지방산을 포함하고 있다. 트랜스형 지방산은 천연에 존재하는 시스형 불포화지방산 함량이 높은 식물성 기름을 니켈 등 금속 촉매제의 존재 하에 고온에서 수소를 첨가시켜 시스형태의 탄소원자간 이중 결합의 구조가 트랜스형으로 재배열되어 생성된다(1). 주로 액상기름이 반고체 상태로 경화될 때 만들어지고, 이와 같은 경화유는 식물성 유지로 만들어졌기 때문에 포화지방산 함량이 높은 동물성 지방보다 인체에 유익하다고 생각되어져 왔다(2,3). 특히 유지를 함유하는 식품일 경우 이와 같은 수소경화유가 융점 · 질감과 같은 식품 특성의 변화를 주며 식품의 안정성과 유통 기한을 연장시킬 수 있음으로 인해 가공식품에 널리 이용되고 있다(2).

그러나 근래의 연구결과들에서 트랜스지방산과 포화지방산의 과잉 섭취는 관상동맥 질병이나 동맥경화 등의 질환을 악화시킬 수 있고, 심장병 발병 위험률을 높인다는 사실이 밝혀졌다(3-5). 트랜스지방산이 건강에 위협을 가져올 수 있다는 인식하에 식품의약품안전청(KFDA)에서는 2008월 1월부터 모든 가공식품에 대하여 트랜스지방산의 함량을 표시토록 의무화함에 따라 많은 식품 제조업체들이 저트랜스 식품의 개발과 출시를 하고 있는 실정이다. 저트랜스지방에 대한 연구 개발 방법은 주로 포화지방산의 함량이 높은 유지들간의 blending 또는 유지분자간의 Interesterification을 이용한 재구성지질(structured lipid; SL)로의 합성 방법을 이용하고 있으며(6-8), 반면에 국내에서는 이와 관련한 연구가 미흡한 실정이다. 재구성 지질이란 글리세롤 분자 내에서 화학적 또는 효소적 반응을 통해 triacylglycerol(TAG) 분자 안에서 지방산의 조성, 위치를 변화시켜 합성된 지질을 뜻한다(9,10).

한편, 기능성 지질소재로써 각광받고 있는 conjugated linoleic acid(CLA)는 체지방 감소효과, 혈중 콜레스테롤 감소, 항암작용 등의 여러 생리적 효능이 있으며(11-13), lino-

†Corresponding author. E-mail: ktlee@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6729, Fax: 82-42-822-6729

leic acid로부터 합성된 CLA에는 8개의 이성체 중 cis-9, trans-11 CLA와 trans-10,cis-12 CLA 이성체가 생리활성이 높은 것으로 보고되었다(11,14). 비록 CLA의 일부 이성체들은 트랜스지방산의 일종이지만 위와 같은 건강증진효과가 알려져 있어 일반적인 트랜스지방산들과는 구별되고 있다(15). 따라서 CLA는 재구성지질 합성에 있어 기능성 지방산 원으로 사용 가능할 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 CLA가 함유된 올리브유(SL-olive+CLA), 대두극도경화유(fully hydrogenated soybean oil; FHSO), 팜유(palm oil; PO)를 기질로 사용하여 1 L 용량의 stirred-batch type reactor에서 TAG분자의 *sn*-1,3 위치에 특이적으로 작용하는 고정화효소(Lipozyme RM IM)를 이용한 interesterification 반응을 통해 고체유지인 마아가린과 쇼트닝의 물리적 특성(melting characteristics)이 비슷한 CLA함유 저트랜스 기능성 고체유지(CLA-TFO)를 합성한 후 이의 이화학적 특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 올리브유(C사)는 대전시 유성구 대형할인점(E사)에서 구입하여 사용하였고, 팜유(palm oil; PO)는 S사(Incheon, Korea)로부터 제공받았으며 conjugated linoleic acid(CLA)는 cis 9, *trans* 11-CLA(CLA1), *trans* 10, cis 12-CLA(CLA2), cis 9, cis 11-; *trans* 11, *trans* 13-CLA (CLA3) 및 그 외 *trans* 8, *trans* 10-; *trans* 9, *trans* 11-; *trans* 10, *trans* 12-CLA(CLA4)로 구성되었고, (주)라이브맥스(경기도 성남)로부터 제공받았다. 트랜스지방산을 함유한 일반 고체지(high *trans* shortening; HT)는 Heinz사(Pittsburgh, USA)의 쇼트닝을 사용하였고, 저트랜스 고체지(low *trans* shortening; LT)는 Loders croklaan사의 SANSTRANS42(Rotterdam, Netherlands) 쇼트닝을 구입하여 비교군으로 사용하였다. CLA함유 저트랜스 고체지(CLA-TFO) 합성의 효소 촉매로 *Rhizomucor miehei*로부터 유래된 Lipozyme RM IM(IM60)을 Novodisk Biochem. North American Inc.(Franklinton, NC, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 분석 시 HPLC grade 용매를 사용하였다.

재구성 지질의 합성

Stirred tank batch reactor(Mtops MS-3060D, Korea)는 stirrer motor와 1 L 용량의 내경 10.5 cm, 높이 15 cm인 원통형의 반응기로 구성되어 있으며 효소와 기질의 반응성을 증대시키기 위하여 길이 9 cm, 폭 3 cm인 반달 모양의 임펠러를 사용하였다. 임펠러는 반응기의 바닥으로부터 1 cm 떨어져 위치해 있으며 일정한 반응온도를 유지시키기 위해 항온수조를 사용하였다. 예비실험 결과에 준하여 반응기에 65 g의 대두극도경화유와 130 g의 CLA함유 올리브유(16), 455 g의 팜유를 1:2:7의 부피 비율로 혼합 후 반응 촉매인 Lipozyme RM IM 65 g(total volume의 10%)을 다시 혼합하여 stirrer motor를 사용하여 280 rpm의 반응속도를 유지시키고 65°C 항온수조를 사용하여 반응온도를 유지시켰다. 그 후 12시간 동안 반응시켜 CLA함유 기능성 저트랜스 고체지(CLA-TFO)를 합성하였고, 합성된 기능성 저트랜스 고체지에 효소를 정치시킨 후, 유기용매의 첨가 없이 고체지만을 sodium sulfate로 걸러 수분 및 불순물을 제거하였다. 그 후 100 mL의 n-hexane을 첨가하고 진공상태에서 거름종이를 이용하여 효소를 거른 후 filtrate를 진공 감압 농축기(EYELA, N-1000, Japan)와 N_2를 이용하여 n-hexane을 제거 후 기능성 저트랜스 고체지를 획득하였고, 이를 탈산 및 정제과정을 거쳐 분석에 사용하였다.

지방산 조성 분석

합성된 기능성 고체지 및 비교군, 반응기질을 각각 100 mg씩 취하여 25 mL 시험관에 넣고 hexane(3 mL, HPLC grade)과 메탄올에 용해시킨 2 N KOH(1 mL)용액과 혼합한 후, 혼합물에 내부표준물질인 heptadecanoic acid(1 mg/mL in hexane, 50 μL)를 가하고 1분간 충분히 진탕하여 15분 동안 상온에서 방치하였다. Methylation 반응이 완료된 혼합물의 상층(hexane)만 취하여 sodium sulfate anhydrous column(Junsei Chemical Co., Ltd., Japan)을 이용하여 수분과 불순물을 제거하였다. 전처리 후 얻어진 시료를 GC (Hewlett-Packard 6890 series, Avondale, PA, USA)를 통해 지방산 조성 분석을 실시하였다. 분석은 flame ionized detector(FID) 검출기와 supelcowax™-10(100 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, Bellefonte, PA, USA) column을 사용한 승온 분석(150°C: 1 min→4°C/min→220°C: 30 min)을 통하여 총 65분 동안 분석하였다. Carrier gas는 N_2를 사용하였고, injector 온도는 250°C로 유지시켰으며 1 μL를 주입하여 지방산 분석을 실시하였다. Constant flow와 split(50:1) mode로 사용하였다.

Pancreatic lipase analysis

반응기질인 대두극도경화유, CLA함유 올리브유, 팜유와 비교군인 일반 및 저트랜스 쇼트닝, 합성된 기능성 저트랜스 고체지의 sn-2와 sn-1,3 위치의 지방산 조성 분석을 위하여 pancreatic lipase에 의한 가수분해를 실시하였다. 시료 7 mg을 취하여 25 mL 시험관에 넣고 7 mL의 1 M Tris-HCl buffer(pH 7.6), 0.05% 담즙산염 용액 1.75 mL, 2.2% $CaCl_2$ 용액 0.7 mL 및 pancreatic lipase 7 mg을 첨가 후 37°C 항온수조에서 3분 가온 진탕 1분을 3~4회 반복하였다. 그 후 diethyl ether 2 mL 첨가, 진탕하고 위층만 분리하여 sodium sulfate anhydrous column을 이용하여 수분 및 불순물을 제거한 후 n-hexane, diethyl ether, acetic acid의 50:50:1 부피비 전개용매를 사용하여 TLC(10×10 cm, Merck, Germany) 방법으로 전개하여 2-monoacylglycerol(MAG) band를 분리하였고(17), 각각의 시료는 2회 반복 분석하였다. 분석조

건은 지방산 조성 분석과 동일한 방법으로 수행하였다. 한편 sn-1,3 조성 계산은 Fomuso와 Akoh(18)의 계산식을 따랐으며 sn-1,3 위치 지방산 조성 계산식은 아래와 같다.

Sn-1,3 (%)=(3TAG-sn-2)/2

RP-HPLC 분석

효소적 합성에 의해 생성된 재구성지질 내 새로운 TAG 형태를 반응기질과의 비교를 통한 분리를 위하여 유지들의 reversed-phase(RP) HPLC 분석을 실시하였다. 25 mL vial에 유지 10 μL을 auto pipet으로 정확히 취하여 acetonitrile 7 mL과 dichloromethane 3 mL에 희석한 후 PTFE syringe filter를 이용하여 여과하였다. 분석은 SP930D dual pump가 장착된 Yonglin HPLC와 Sedex 75 evaporative light scattering detector(Sedere, Alfortvill, France), ODS 4 μm (Nova-Pak C18, 150×3.9 mm i.d., Waters, Milford, MA) column, autosampler가 장착되어 이루어졌다. ELSD의 온도와 압력은 각각 40°C, 2.2 bar로 설정하여 N_2 가스로 분무가 이루어졌고, 유속은 0.5 mL/min, 이동상은 기울기 용리로 acetonitrile : dichloromethane(70:30, v/v)의 비율로 처음 시작하여 25분까지 acetonitrile : dichloromethane(49:51, v/v)의 비율이 되도록 linear하게 흘려주었으며 다시 1분 동안 acetonitrile : dichloromethane(30:70, v/v)으로 변화시킨 후 1분간 유지시키고, 다시 20분 동안 acetonitrile : dichloromethane(70:30, v/v)으로 변화시켜 초기상태를 유지하였다. 외부 standard로 tributyrin, tricaprylin, trilaurin, trimyristin, tripalmitin, triolein, trilinolein(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 사용하였으며, retention time(RT)와 partition number(PN) 사이의 관계식을 통해 반응생성물 내 새로운 TAG형태를 분석하였다(19).

Partition number (PN)=total number of carbons (CN) −2×total number of double bonds (ND)

PN은 위의 계산식에 준하여 구하였으며, CN은 TG의 전체 탄소수를 나타내며, ND는 총 이중결합의 수를 나타낸다(10,20).

Tocopherol 함량 분석

25 mL vial에 1 g의 시료와 에탄올에 용해시킨 6% pyrogallol 5 mL를 가하고 vortex한 후 증류수에 용해시킨 60% KOH 1.25 mL를 가하여 비누화 시켰다. 산화되는 것을 방지하기 위해 N_2 gas를 1분간 주입하고 70°C shaker water bath에서 30분 동안 반응시킨 후 다시 ice bath에서 cooling 하였다. 5 mL 2% NaCl 용액을 가해 vortex한 후 0.05% BHT를 첨가한 hexane : ethyl acetate=85:15를 2.5 mL 첨가, 3번 반복 추출하였다. N_2 gas 주입 후 다시 5 mL hexane을 가해 추출하고 PTFE syringe filter(25 mm, 0.45 μm, Whatman, USA)를 이용하여 여과시킨 후 Younglin SP930D dual pump가 장착된 HPLC(Younglin, Acme, Korea)를 이용, α, γ 및 δ-tocopherol 함량을 분석하였다. UV detector (UV 730D, Younglin Acme, Anyang, Korea)의 파장은 295 nm로 설정하였으며, column은 LiChrosorb DIOL(5 μm×3×100 mm, Varian, USA)을 사용하였다. 시료를 20 μL 주입하였으며, 1 mL/min 유속 조건에서 n-hexane : acetic acid, 1000:1 비율의 이동상을 등용리로 하여 30분간 분석하였다. 각 시료의 tocopherol 함량은 α-, γ-, δ-tocopherol 표준물질(Sigma, St. Louis, MO, USA)로 얻은 외부표준곡선을 작성하여 정량하였고, total tocopherol 함량의 평균값을 통계분석을 통한 유의성 검정을 실시하여 결과에 제시하였다(21).

산가, 비누화가, 요오드가 측정

합성된 기능성 저트랜스 고체지와 반응기질, 일반 및 저트랜스 쇼트닝의 화학적 성질을 알아보기 위해 산가, 비누화가 및 요오드가를 2회 측정하였으며 각각의 실험 방법은 AOCS에 제시된 방법(22-24)에 의하여 분석하였다. 각 시료간의 유의성은 SAS program(statistical analysis system, version 9.1)의 Duncan's multiple range test(DMRT)을 실시하여 $p<0.05$ 수준에서 검정하였다(21).

Differential Scanning Calorimetry(DSC) 분석

반응기질과 일반 및 저트랜스 쇼트닝, 합성된 기능성 고체지의 융점과 결정화점, 고체지 함량을 DSC 2010 differental scanning calorimeter(TA Instruments, New Castle, USA)를 사용하여 분석하였다. 각각의 시료를 6~8 mg 취하여 분석하였으며 cell은 aluminum pan을 사용하였고 reference는 공시료를 사용하였다. Thermogram을 얻기 위한 분석온도 프로그램은 개시 온도 80°C로 10분간 유지시킨 후 -65°C까지 10°C/min의 비율로 냉각한 다음 -65°C에서 10분간 유지하여 다시 80°C로 5°C/min의 비율로 승온하였다.

Melting point의 측정

반응기질과 일반 및 저트랜스 쇼트닝, 합성된 기능성 고체지의 녹는점의 측정은 AOCS Official Method Cc 3-25(25)에 제시된 방법에 따라 수행하였다. 각각의 반응물을 위아래가 열린 capillary tube에 1 cm가량 넣은 후 4°C에서 약 16시간 냉장보관 하였다. 항온조 안의 온도를 0.5°C/min으로 조정하고 시험관 안의 고체유가 완전히 녹을 때까지의 온도를 측정하였다.

Texture analyzer에 의한 hardness 측정

Texture analyzer(TA-XTⅡ, Stable Micro system Ltd., London, UK)를 사용하여 CLA함유 기능성 저트랜스 고체지와 일반 쇼트닝 및 저트랜스 쇼트닝의 견고성(hardness)을 비교하였다. 각각의 시료를 30 g씩 100 mL 비커에 담아 상온(약 20°C)에서 5일간 굳힌 후 측정하였고, 기기 분석조건은 pre speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post speed 1.0 mm/s로 설정하였으며, deformation은 75%, probe는

cylinder probe를 사용하였다. 5회 측정하고 최고치와 최저치를 제외한 나머지의 평균값과 표준편차를 구하였으며, 측정 후 얻어진 force-distance curve로부터 견고성을 분석하였다(26).

결과 및 고찰

기질 지방산 조성

연구에 사용된 CLA함유 올리브유와 팜유 및 대두극도경화유의 지방산 조성을 살펴보았다(Table 1). 반응기질인 CLA함유 올리브유의 지방산 조성 분석 결과, cis 9,trans 11-CLA(CLA1), trans 10,cis 12-CLA(CLA2)의 함량은 각각 15.6, 23.9 area%이었으며 총 CLA함량은 40.9 area%이었고, oleic acid(18:0), linoleic(18:2), palmitic(16:0), stearic acid(18:0)가 각각 47.0, 4.9, 4.7 및 1.5 area%의 순으로 나타났다. 팜유의 지방산 조성을 분석한 결과, palmitic(44.5 area%), oleic acid(38.8 area%)가 주요 지방산인 것으로 나타났고, 포화지방산(SFA)과 불포화지방산(USFA)이 각각 50.6, 49.3 area%로 비슷하게 나타났다. Pancreatic lipase를 이용한 가수분해를 통해 sn-2 위치의 지방산 조성 분석 결과, 팜유의 sn-2 위치 지방산 조성은 oleic, palmitic 및 linoleic acid가 각각 66.8, 15.8 및 15.1 area%로 분석되었으며, 총 불포화지방산이 82.0 area%였다. sn-1,3 위치의 지방산 조성은 포화지방산인 palmitic acid가 58.7 area%를 보였고, 불포화지방산인 oleic acid가 24.8, linoleic acid가 7.6 area%로 존재하였다. 한편, 대두극도경화유의 경우 포화지방산인 stearic, palmitic acid가 각각 88.1, 11.0 area%를 보이며 대부분이 포화지방산(99.9 area%)으로 조사되었다.

일반 및 저트랜스 고체지, 재구성지질의 지방산 조성

비교군으로 사용된 일반 고체지(쇼트닝)와 저트랜스 고체지 및 CLA함유 기능성 고체지의 지방산 조성은 Table 2에 나타내었다. Hunter(27)에 의하면 부분 수소 경화법으로 만들어진 쇼트닝의 총 트랜스(CLA제외)지방산 함량은 약 30%라고 보고하였는데, 본 연구에서 사용된 일반 쇼트닝의 C18:1t는 47.4, C18:2t(CLA제외)는 1.0, C18:3t는 0.5 area%로 나타났고, 총 트랜스지방산 함량은 48.8 area%로 다소 높았다. 분석된 트랜스지방산들 중에서는 동맥경화를 유발하는 주요 트랜스지방산으로 알려진 elaidic acid(18:1t)가 주로 존재하였고, 이는 sn-2 position에도 40.1 area%로 분석되었다. 저트랜스 쇼트닝의 지방산 조성 분석 결과, oleic, palmitic, linoleic, stearic acid의 순으로 각각 42.1, 40.8, 10.6, 4.4 area%를 나타내었으며 CLA를 제외한 트랜스지방산은 C18:1t(0.2 area%), C18:2t(0.2 area%)로 분석되었고, C18:3t는 검출되지 않았다. 총 트랜스지방산의 함량(CLA제외)은 1% 미만으로 사용된 일반 쇼트닝보다 총 트랜스지방산 함량이 48.4%나 낮았으며(Table 2), 총 포화지방산과 총 불포화지방산은 각각 46.3, 53.3%로 약 1:1.2의 비율로 나타났다. 한편, 합성된 CLA함유 기능성 고체지의 지방산 조성 분석 결과, oleic acid(38.1 area%), palmitic acid(33.1 area%)가

Table 1. Fatty acid composition (area%) of fully hydrogenated soybean oil (FHSO) and SL-olive+CLA and olive oil

Fatty acid	FHSO	Palm oil			SL-Olive+CLA[1)]			Olive oil		
	TAG	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3
12:0	-[2)]	0.2±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	-	-	-	-	-	-
14:0	0.1±0.1	1.0±0.1	0.5±0.1	1.3±0.1	-	-	-	-	-	-
16:0	11.0±0.1	44.5±0.1	15.8±0.5	58.7±0.3	4.7±0.1	8.0±0.2	3.1±0.1	12.1±0.1	1.4±0.1	17.5±0.1
16:1	-	0.2±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.5±0.1	0.7±0.1	0.4±0.1	0.9±0.1	0.8±0.1	1.0±0.1
18:0	88.1±0.1	4.6±0.1	1.5±0.1	6.2±0.1	1.5±0.1	2.5±0.1	1.0±0.1	3.2±0.1	0.7±0.1	4.5±0.1
18:1	0.1±0.1	38.8±0.1	66.8±0.4	24.8±0.2	47.0±0.1	66.5±0.3	37.3±0.1	77.6±0.1	88.9±0.5	72.0±0.5
18:2	-	10.1±0.1	15.1±0.2	7.6±0.1	4.9±0.1	6.4±0.1	4.3±0.1	5.4±0.1	7.4±0.2	4.4±0.2
18:3	-	0.3±0.2	-	0.4±0.1	0.4±0.1	0.7±0.2	0.3±0.1	0.9±0.1	1.0±0.1	0.8±0.1
20:0	0.7±0.1	0.4±0.1	-	0.6±0.1	-	-	-	-	-	-
20:1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:1T[3)]	0.1±0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:2T	-	0.1±0.1	-	0.2±0.1	-	-	-	-	-	-
18:3T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑*Trans* fat[4)]	0.1±0.1	0.1±0.1	-	0.2±0.1	-	-	-	-	-	-
CLA1[5)]	-	-	-	-	15.6±0.1	5.6±0.4	20.7±0.3	-	-	-
CLA2[6)]	-	-	-	-	23.9±0.1	8.5±0.6	31.7±0.4	-	-	-
Total CLA	-	-	-	-	40.9±0.1	15.4±0.8	53.8±0.2	-	-	-
∑SFA[7)]	99.9±0.1	50.6±0.1	18.0±0.4	66.9±0.2	6.2±0.1	10.4±0.3	4.1±0.1	15.3±0.1	2.1±0.3	21.9±0.1
∑USFA[8)]	0.1±0.1	49.3±0.1	82.0±0.4	33.0±0.2	52.9±0.1	74.2±0.6	42.3±0.3	84.7±0.1	97.9±0.3	78.1±0.1

[1)]Structured lipid was synthesized from olive oil with conjugated linoleic acid (16).
[2)]-: nd. [3)]T: *trans* fatty acid. [4)]The sum of total *trans* fatty acids except conjugated linoleic acid.
[5)]*cis* 9, *trans* 11-CLA. [6)]*trans* 10, *cis* 12-CLA.
[7)]The sum of total saturated fatty acids. [8)]The sum of total unsaturated fatty acids.

Table 2. Fatty acid composition (area%) of commercial shortenings (HT and LT shortening) and interesterified fat (CLA-TFO)

Fatty acid	HT shortening[1)]			LT shortening[2)]			CLA-TFO[3)]		
	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3	TAG	sn-2	sn-1,3
12:0	–[4)]	–	–	–	–	–	0.1±0.0	0.2±0.1	0.1±0.1
14:0	0.1±0.0	–	0.2±0.0	1.1±0.0	2.7±3.1	1.4±0.0	0.7±0.0	0.6±0.1	0.8±0.0
16:0	11.9±0.0	1.5±0.1	17.1±0.0	40.8±0.1	14.4±0.2	53.8±0.1	33.1±0.1	26.1±0.7	36.6±0.2
16:1	0.1±0.0	–	0.2±0.1	0.2±0.0	–	0.3±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0
18:0	11.8±0.1	7.9±0.2	13.7±0.1	4.4±0.0	2.0±0.1	5.6±0.1	12.2±0.3	12.7±0.2	11.8±0.5
18:1	25.8±0.2	45.7±0.4	15.9±0.0	42.1±0.1	63.4±2.1	30.8±0.1	38.1±0.3	46.0±0.3	34.2±0.3
18:2	0.8±0.0	1.8±0.2	0.3±0.1	10.6±0.0	17.5±0.8	7.0±0.1	7.3±0.1	9.6±0.2	6.2±0.1
18:3	–	–	–	0.3±0.0	–	0.5±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0
20:0	0.4±0.0	–	0.6±0.0	–	–	–	0.4±0.0	0.3±0.0	0.5±0.0
20:1	0.2±0.0	–	0.3±0.0	0.0±0.0	–	–	–	–	–
18:1T[5)]	47.4±0.3	40.1±0.4	51.0±0.1	0.2±0.0	–	0.4±0.1	–	–	–
18:2T	1.0±0.1	3.0±0.1	–	0.2±0.0	–	0.2±0.0	0.1±0.1	–	0.2±0.0
18:3T	0.5±0.0	–	0.8±0.0	–	–	–	–	–	–
Σ*Trans* fat[6)]	48.8±0.5	43.4±0.5	51.8±0.1	0.4±0.1	–	0.5±0.1	0.1±0.1	–	0.2±0.0
CLA1[7)]	–	–	–	–	–	–	3.0±0.0	1.6±0.1	3.8±0.1
CLA2[8)]	–	–	–	–	–	–	4.5±0.0	2.6±0.1	5.5±0.0
Total CLA	–	–	–	–	–	–	7.6±0.0	4.2±0.1	9.4±0.2
ΣSFA[9)]	24.2±0.1	9.4±0.1	31.6±0.1	46.3±0.1	17.3±0.4	60.8±0.2	46.5±0.4	39.9±0.6	49.8±0.2
ΣUSFA[10)]	26.9±0.4	47.5±0.6	16.7±0.1	53.3±0.1	82.7±0.3	38.5±0.1	45.8±0.4	56.1±0.5	40.7±0.4

[1)]HT: High *trans.* [2)]LT: Low *trans.*
[3)]Interesterified fat blend (fully hydrogenated soybean oil : SL-olive+CLA : palm oil) catalyzed with Lipozyme RM IM at 65°C and 180 rpm.
[4)]–: nd. [5)]T: *trans* fatty acids. [6)]The sum of total *trans* fatty acids except conjugated linoleic acid.
[7)]*cis* 9, *trans* 11-CLA. [8)]*trans* 10, *cis* 12-CLA.
[9)]The sum of total saturated fatty acids. [10)]The sum of total unsaturated fatty acids.

주요지방산인 것으로 나타났고, 총 트랜스지방산 함량은 분석한계 미만으로 검출되었다. 특히, 합성된 기능성 고체지 내 결합된 CLA의 함량은 cis 9, trans 11-CLA, trans 10, cis 12-CLA 및 그 외의 CLA가 3.0, 4.5 및 0.1 area%로 나타났고, 총 CLA함량은 7.6 area%로 조사되었다. Sn-2 position에는 oleic acid가 46.0 area%로 가장 많이 차지하였고, 기능성 지방산인 CLA는 sn-1,3 position에 주로 분포하여 RM IM lipase가 sn-1,3 specific 반응특이성을 갖는 것을 확인할 수 있었으나, 기능성 고체지의 sn-2 position 지방산 조성에서도 일부 CLA가 분석되었는데 이는 반응 도중 반응시간, 반응온도 등의 특정 반응 조건에 일어날 수 있는 acyl migration에 의한 것으로 사료된다(28).

RP-HPLC에 의한 지질분석

Fig. 1은 탈산 공정을 거쳐 유리지방산이 제거된 TAG 형태의 재구성지질을 reversed-phase(RP) HPLC로 partition number(PN)를 분석한 결과이다. CLA함유 올리브유의 반응하지 않은 TAG의 PN값은 각각 46~50 사이에 존재하였으며, TAG의 93.9 area%가 PN=48 범위에 분포하였다. 팜유는 TAG의 83.95 area%가 PN=48에 위치하고 10.92 area%가 PN=46, 2.68 area%가 PN=50, 그리고 0.25 area%가 PN=44 범위에서 분리되는 것으로 나타났다. 저트랜스 고체지의 경우, PN=48은 TAG의 84.47 area%를 나타내었고,

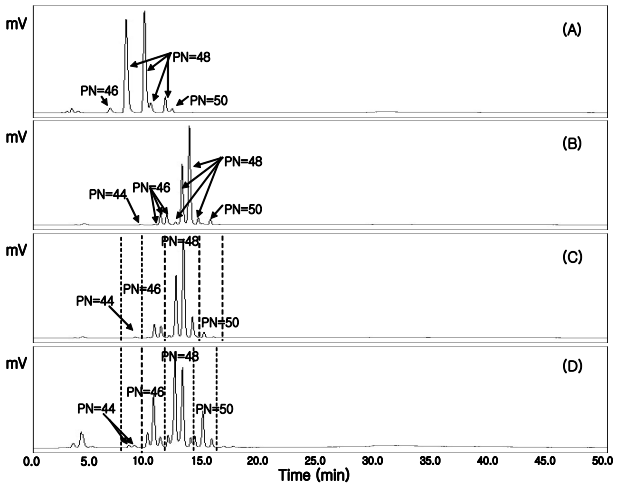

Fig. 1. Chromatograms from the reversed-phase HPLC separation of (A) SL-olive+CLA[1)], (B) palm oil, (C) LT shortening[2)] and (D) structured lipid (CLA-TFO)[3)].
[1)]Structured lipid was synthesized from olive oil with conjugated linoleic acid. [2)]LT: Low *trans.* [3)]Interesterified fat blend (fully hydrogenated soybean oil : SL-olive+CLA : palm oil) catalyzed with Lipozyme RM IM at 65°C and 180 rpm.

PN=46(10.92 area%), PN=50(2.68 area%), PN=44(0.25 area%) 범위에서 분리되는 경향을 나타내었다. 한편, 재구성지질(TAG형태)은 PN=44(1.52 area%), PN=46(21.79 area%), PN=48(53.71 area%), PN=50(11.1 area%) 범위로

Table 3. Tocopherol of the substrates (palm oil, SL-olive+CLA[1)], olive oil, commercial shortenings (HT[2)], LT[3)]) and interesterified fat blend (CLA-TFO)[4)] (Unit: mg/100 g)

	α-tocopherol	γ-tocopherol	δ-tocopherol	Total tocopherol
Palm oil	7.3±0.1	-	-	7.3[cd5)]
SL-olive+CLA	7.9±0.1	1.8±0.3	-	9.6[cd]
Olive oil	8.9±0.2	1.9±0.0	-	10.9[c]
HT shortening	6.6±0.2	41.9±0.4	17.7±0.9	66.2[a]
LT shortening	19.0±3.7	-	-	19.0[b]
CLA-TFO	4.7±0.5	1.0±0.1	-	5.6[d]

1)Structured lipid was synthesized from olive oil with conjugated linoleic acid.
2)HT: High *trans*.
3)LT: Low *trans*.
4)Structured lipid synthesized by enzymatic interesterification of SL-olive+CLA, palm oil and fully hydrogenated soybean oil in a stirred-batch type reactor.
5)Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

나타내었다(Fig. 1). 이러한 결과는 TAG분자 내 acyl group 간의 교환에 의한 효소적 interesterification이 이루어졌음을 알 수 있고, 따라서 재구성지질의 이화학적 특성이 위의 peaks와 같은 재구성된 지질형태의 영향을 받을 것으로 사료된다(29).

재구성 지질의 토코페롤 함량 분석

합성 기질로 사용된 팜유 및 CLA 함유 올리브유의 총 토코페롤 함량을 분석한 결과(Table 3), 각각 7.3, 9.6 mg/100 g으로 분석되었고, 서로 유사한 경향성을 보였다 ($p<0.05$). 일반 쇼트닝의 경우, α(6.6 mg/100 g), γ(41.9 mg/100 g) 및 δ-토코페롤(17.7 mg/100 g)로 분석되었으며 총 토코페롤 함량은 66.2 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 저트랜스 쇼트닝은 α-토코페롤만 19.0 mg/100 g으로 분석되었고, 합성된 CLA함유 저트랜스 고체지에서는 α, γ-토코페롤이 각각 4.7, 1.0 mg/100 g으로 조사되었다. CLA함유 저트랜스 고체지 합성과정 중 토코페롤의 감소량을 살펴보면 기질인 팜유와 비교하여 총 토코페롤이 23.3% 감소하였고, SL-olive+CLA와 비교하여 α, γ-토코페롤이 40.5, 44.4% 감소하여 총 토코페롤 함량이 41.7% 감소하였다. 이에 효소적 반응을 이용한 CLA 함유 기능성 저트랜스 고체지의 합성과정 중 토코페롤 함량이 감소되었음을 볼 수 있었고, 이는 합성 중에 고온을 가하는 반응과정에 의한 것으로 사료된다(30).

산가, 비누화가, 요오드가 분석

기질로 사용된 유지와 합성된 기능성 고체지의 이화학적 특징을 살펴보기 위하여 산가, 비누화가 및 요오드가를 측정하였으며 그 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 기능성 고체지의 산가는 반응기질인 팜유(0.4)와 같은 0.4 이하를 나타내어 합성과정 중 생성된 유리지방산의 제거를 위한 탈산 공정

Table 4. Acid, saponification and iodine value of the produced functional fats from stirred-tank batch type reactor

	Acid value	Saponification value	Iodine value
FHSO[1)]	<1.1[a6)]	168.3[e]	0.2[f]
Palm oil	<0.4[c]	204.9[b]	46.5[d]
SL-olive+CLA[2)]	<0.6[b]	185.0[c]	98.0[a]
Olive oil	<0.6[b]	182.2[c]	76.8[b]
HT[3)] shortening	<0.3[c]	182.9[c]	48.1[d]
LT[4)] shortening	<0.3[c]	210.6[a]	50.5[d]
CLA-TFO[5)]	<0.4[c]	173.9[d]	59.1[c]

1)FHSO: Fully hydrogenated soybean oil.
2)Structured lipid was synthesized from olive oil with conjugated linoleic acid.
3)HT: High *trans*.
4)LT: Low *trans*.
5)Structured lipid synthesized by enzymatic interesterification of SL-olive+CLA, palm oil and fully hydrogenated soybean oil in a stirred-batch type reactor.
6)Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

이 효과적으로 이루어진 것으로 사료되며 이로 인해 합성된 기능성 고체지가 상업적으로 이용이 가능한 것으로 확인되었다. 대두극도경화유(1.1)를 제외한 각 유지 시료들의 산가는 0.6 이하를 나타내었고, 일반 및 저트랜스 쇼트닝과 합성된 기능성 고체지는 각각 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p<0.05$). 분자량을 설명하는 기능성 고체지의 비누화가는 팜유(204.9)보다 약 15.1% 감소, SL-olive+CLA(185.0)보다 약 5.9% 낮아진 173.9로 분석되었고 지질의 불포화도의 척도인 요오드가는 59.0을 나타내었다. 저트랜스 쇼트닝의 요오드가는 50.5로 조사되었으며 이는 일반 쇼트닝(48.1)과 팜유(46.5)의 요오드가와 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p<0.05$).

융점, 결정화점의 변화

일반 및 저트랜스 쇼트닝과 합성된 기능성 고체지의 녹는 온도와 결정화 온도를 살펴보았다(Fig. 2). 반응 기질인 팜유의 융점은 네 개의 피크를 보였고 각각의 융점은 3.8, 8.3, 24.7 및 39.6°C로 나타났으며, 이는 합성된 기능성 고체지에서도 유사한 온도 범위를 보였으나, 주된 peak가 8.7, 25.3 및 40.9°C로 이동하였다. 반면 일반쇼트닝의 융점은 31.0°C를 보였고, 저트랜스 쇼트닝의 융점은 3.3, 8.8, 27.2 및 42.6°C를 나타내어 합성된 기능성 고체지보다 높은 온도 쪽으로 이동되었다. 한편, 팜유의 결정화점을 살펴본 결과 -3.4, 14.5°C에서 결정화점을 보였으며 저트랜스 쇼트닝의 결정화점은 -3.1, 19.4°C를 보였다. 합성된 기능성 고체지의 결정화점은 두 개의 피크를 보였고 각각 0.7, 18.2°C로 분석되었다.

Solid fat index(SFI) 함량 분석 및 녹는점 분석

반응기질, 일반 및 저트랜스 쇼트닝과 합성된 기능성 고체지의 고체지 함량과 녹는점을 분석한 결과를 Table 5에 나타내었다. 반응기질인 대두극도경화유는 70°C 이상에서 고체

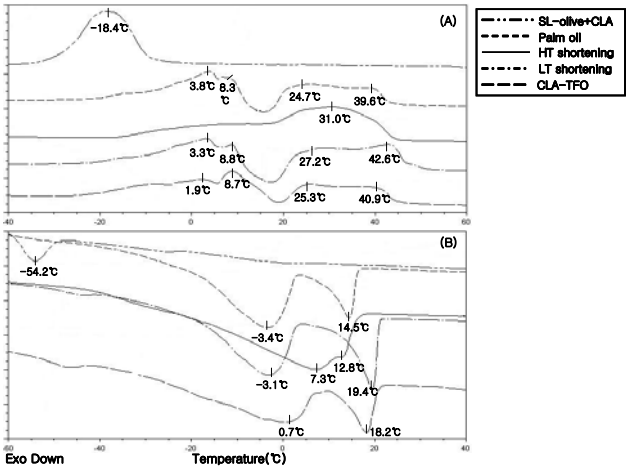

Fig. 2. DSC heating curves (A) and cooling curves (B) for palm oil, SL-olive+CLA[1], HT[2] and LT[3] shortening, CLA-TFO[4].

[1]Structured lipid was synthesized from olive oil with conjugated linoleic acid. [2]HT: High *trans*. [3]LT: Low *trans*. [4]Structured lipid synthesized by enzymatic interesterification of SL-olive+CLA, palm oil and fully hydrogenated soybean oil in a stirred-batch type reactor.

지 함량이 거의 감소되었고 녹는점은 68°C를 나타내었다. 25, 30 및 35°C에서 팜유의 고체지 함량은 각각 31.0, 20.5 및 11.7%로 분석되었고 녹는점은 37.3°C이었다. 처음 5°C에서 일반 쇼트닝과 저트랜스 쇼트닝 및 합성된 기능성 고체지는 각각 83.0, 60.5 및 62.3%를 나타내었고, 25°C에서는 각각 47.5, 38.5 및 31.8%로 분석되었으며 45°C에서는 0.1(HT shortening), 3.6(LT shortening), 0.5%(CLA-TFO)로 고체지 함량이 감소됨을 보였다. 일반 쇼트닝의 고체지 함량은 온도에 따라 완만한 경향을 나타냈으며 25~35°C 부근에서 합성된 기능성 고체지의 고체지 함량은 저트랜스 쇼트닝의 고체지 함량보다 약 7%정도 감소된 수치를 보였고 반응기질인 팜유의 고체지 함량보다 약간 높게 나타났는데 이는 interesterification에 의해 융점이 높은 대두극도경화유의 영향을 받은 것으로 사료된다. SFC는 마가린, 쇼트닝과 같은 고체지에서 중요한 특성 중의 하나로써 물리적인 외관이나 spreadability, 특히 33~38°C 사이에서는 "mouth feel"에 영향을 주며 제빵제품의 품질을 평가하는데 사용되고 있다(7). 한편, Karabulut와 Turan(31)은 터키의 지역상점에서 10종의 쇼트닝을 수거하여 녹는점을 분석한 결과 보통 35.2~43.0°C의 범위로 조사되었고, 본 연구에서의 일반 쇼트닝, 저트랜스 쇼트닝 및 합성된 기능성 고체지의 녹는점은 39.5, 43.5 및 39.8°C로 분석되었다.

Texture analyzer에 의한 경도 분석

각 시료들의 Texture analyzer를 이용한 경도 측정 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 상온 20~25°C에서 고체지방의 함량이 가장 많은 일반 쇼트닝의 경도가 111.7 g으로 가장 높은 수치를 보였으며 다음으로 저트랜스 쇼트닝(75.2 g), 합성된 기능성 고체지(63.8 g)의 순으로 hardness value가 나타났다. 이를 통해 특정 온도에서의 고체지 함량에 따라 경도가 비례적으로 영향을 받음을 알 수 있었다.

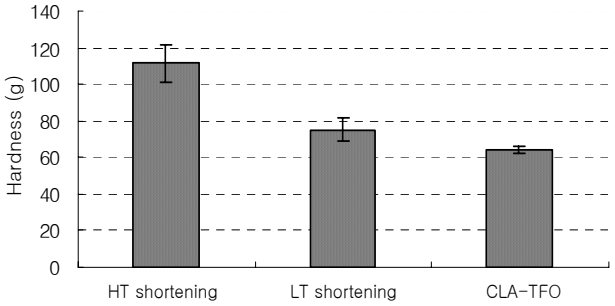

Fig. 3. Hardness of commercial shortenings (HT[1], LT[2] shortening) and interesterified fat (CLA-TFO[3]) stored at 20°C.

[1]HT: High *trans*. [2]LT: Low *trans*. [3]Structured lipid synthesized by enzymatic interesterification of SL-olive+CLA, palm oil and fully hydrogenated soybean oil in a stirred-batch type reactor.

Table 5. Solid fat index (%) and melting point (°C) of the palm oil, FHSO[1], HT[2] and LT[3] shortening and interesterified fat

Temp (°C)	Palm oil	HT shortening	LT shortening	CLA-TFO[4]	Temp (°C)	FHSO
5	58.8	83.0	60.5	62.3	30	-
10	46.5	75.9	50.4	49.5	35	-
15	43.2	68.6	46.5	39.4	40	-
20	40.6	60.4	45.6	37.6	45	-
25	31.0	47.5	38.5	31.8	50	98.8
30	20.5	32.0	29.3	22.3	55	89.9
35	11.7	16.5	20.6	13.9	60	86.0
40	3.7	4.4	12.3	5.4	70	6.3
45	0.4	0.1	3.6	0.5	75	-
Melting point (°C)	37.3[d]	39.5[c]	43.5[b]	39.8[c]	Melting point (°C)	68.0[a]

[1]FHSO: Fully hydrogenated soybean oil. [2]HT: High *trans*. [3]LT: Low *trans*.
[4]Structured lipid synthesized by enzymatic interesterification of SL-olive+CLA, palm oil and fully hydrogenated soybean oil in a stirred-batch type reactor.

요 약

One liter stirred-tank batch reactor에서 기질들의 부피 비율을 1:2:7(fully hydrogenated soybean oil : SL-olive+CLA : palm oil)하고 RM IM lipase를 사용하여 CLA를 함유한 재구성 지질을 합성하였다. 합성된 재구성지질은 총 CLA를 7.6 area% 함유하였고, 주요 지방산 조성은 oleic acid (38.1 area%), palmitic acid(33.1 area%), stearic acid(12.2 area%) 및 linoleic acid(7.3 area%)로 분석되었으며 트랜스 지방산은 분석한계 미만(0.1 area%)으로 검출되었다. Reversed-phase(RP) HPLC 분석 결과, 재구성 지질의 TAG 형태는 PN=44(1.52 area%), PN=46(21.79 area%), PN=48 (53.71 area%) 및 PN=50(11.1 area%)의 범위로 나타내었다. 합성된 지질의 토코페롤 함량을 분석한 결과는 α, γ-토코페롤이 각각 4.7, 1.0 mg/100 g로 반응기질보다 감소하였고, 이의 산가, 비누화가, 요오드가의 측정 결과는 각각 0.4, 173.9, 59.0이었다. 재구성 지질의 융점은 세 개의 피크를 보이며 각각 8.7, 25.3 및 40.9°C으로 나타났고 결정화점은 각각 0.7, 18.2°C로 분석되었다. 또한 고체지 함량은 31.8%(25°C), 22.3%(30°C), 13.9%(35°C)를 나타내어 상업적인 쇼트닝과 유사한 물성을 보였다. 재구성 지질의 녹는점은 39.8°C로 측정되었고, hardness value는 63.8 g로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 현장협력기술개발사업(20070401080019)의 지원에 의하여 수행된 연구 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Noh KH, Song YS. 2003. *Trans* fatty acid isomers of processed foods commonly consumed in Korean. *Korean J Food Nutr* 32: 365-374.
2. Bethesda MD. 1996. Position paper on *trans* fatty acids. *Am J Clin Nutr* 63: 663-670.
3. Shapiro S. 1997. Do *trans* fatty acids increase the risk of coronary artery disease? A critique of the epidemiologic evidence. *Am J Clin Nutr* 66: 1011-1017.
4. Kim CH, Won MS, Song YS. 2002. Effect of trans fatty acid containing fats on cholesterol metabolism and hepatic membrane fluidity in rats. *Korean J Life Sci* 12: 769-779.
5. Lichtenstein AH. 1998. Trans fatty acid and blood lipid levels, Lp(a), parameters of cholesterol metabolism and hemostatic factors. *J Nutr Biochem* 9: 244-248.
6. Petrauskaite V, De Greyt W, Kellens M, Huyghebaert A. 1998. Physical and chemical properties of *trans*-free fats produced by chemical interesterification of vegetable oil blends. *J Am Oil Chem Soc* 75: 489-493.
7. Criado M, Hernandez-Martin E, Lopez-Hernandez A, Otero C. 2007. Enzymatic interesterification of extra virgin olive oil with a fully hydrogenated fat: characterization of the reaction and its products. *J Am Oil Chem Soc* 84: 717-726.
8. Kok LL, Fehr WR, Hammond EG, White PJ. 1999. *Trans*-free margarine from highly saturated soybean oil. *J Am Oil Chem Soc* 76: 1175-1181.
9. Lee KT, Akoh CC. 1998. Structured lipids: synthesis and application. *Food Rev Int* 14: 17-34.
10. Lee KT, Foglia TA. 2000. Synthesis, purification and characterization of structured lipids produced from chicken fat. *J Am Oil Chem Soc* 77: 1027-1034.
11. Chin SF, Liu E, Storkson JM, Ha YL, Pariza MW. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Comp Anal* 5: 185-197.
12. Cho EJ, Lee KT. 2003. Synthesis of structured lipids from corn oil and conjugated linoleic acid with immobilized lipase-catalyzed reaction. *Korean J Food Sci Technol* 35: 797-802.
13. Park Y, Albright KJ, Liu W, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipid* 32: 853-858.
14. Ha YL, Grimm NK, Pariza MW. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 8: 1881-1887.
15. Glew RH, Herbein JH, Ma I, Obadofin M, Wark WA, VanderJagt DJ. 2006. The *trans* fatty acid and conjugated linoleic acid content of Fulani butter oil in Nigeria. *J Food Comp Anal* 19: 704-710.
16. Lee JH, Kim MR, Kim IH, Kim H, Shin JA, Lee KT. 2004. Physicochemical and volatile characterization of structured lipids from olive oil produced in a stirred-tank batch reactor. *J Food Sci* 69: 89-95.
17. Lee KT, Akoh CC. 1996. Immobilized lipase-catalyzed production of structured lipids with eicosapentaenoic acid at specific positions. *J Am Oil Chem Soc* 73: 611-615.
18. Fomuso LB, Akoh CC. 2002. Lipase-catalyzed acidolysis of olive oil and caprylic acid in a bench-scale packed bed bioreactor. *Food Res Int* 35: 15-21.
19. Cho EJ, Lee JH, Lee KT. 2004. Optimization of enzymatic synthesis condition of structured lipids by response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 36: 531-536.
20. Lee KT, Jones KC, Foglia TA. 2002. Separation of structured lipids by high performance liquid chromatography. *Chromatographia* 55: 197-201.
21. SAS Institute, Inc. 2002. SAS/STAT User's Guide Release 9.01. Statistical analysis system institute, Cary, NC, USA.
22. AOCS. 1990. *Official Methods and Recommended Practices.* 4th ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA. Cd 3a-63.
23. AOCS. 1990. *Official Methods and Recommended Practices.* 4th ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA. Cd 3-25.
24. AOCS. 1990. *Official Methods and Recommended Practices.* 4th ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA. Cd 1-25.
25. AOCS. 1990. *Official Methods and Recommended Practices.* 4th ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA. Cc 3-25.
26. Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol* 33: 62-66.
27. Hunter JE. 2005. Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use. *Nutr Res* 25: 499-513.
28. Xu X. 2000. Enzymatic production of structured lipids; process reactions and acyl migration. *Inform* 11: 1121-1129.
29. Lee JH, Jones KC, Lee KT, Kim MR, Foglia TA. 2003. High-performance liquid chromatographic separation of

structured lipids produced by interesterification of macadamia oil with tributyrin and tricaprylin. *Chromatographia* 58: 653-658.
30. Lee IB, Choi KJ, Yu KK, Chang KW. 1992. Tocopherols and fatty acids in plant seeds from Korea. *J Kor Agric Chem Soc* 35: 1-5.
31. Karabulut I, Turan S. 2006. Some properties of margarines and shortenings marketed in Turkey. *J Food Comp Anal* 19: 55-58.

(2008년 3월 18일 접수; 2008년 6월 2일 채택)