

팜기름의 특성 및 식품산업에의 이용

Characterization of palm oil and its utilization in food industry

윤석후
Suk Hoo Yoon

우석대학교 식품생명공학과
Department of Food Science and Biotechnology, Woosuk University

Abstract

Crude palm oil (CPO) is obtained from the fruit of oil palm tree, and is rich in palmitic acid, β -carotene and vitamin E. CPO containing a balanced range of saturated and unsaturated fatty acids is fractionated mainly into liquid palm olein and solid palm. Palm oil is highly stable during frying due to its fatty acid composition, and the synergistic antioxidant activity of β -carotene and tocotrienol. Blending and interesterification of palm oil and other oils are the main processes used to offer functional, nutritional, and technical advantages to produce oils suitable for margarine, shortening, vanaspati, and frying oils etc. The advantages of using palm oil products include cheap raw materials, good availability, and low cost of processing, since hydrogenation is not necessary. Future

research should lead to the production of oils with a higher oleic acid content and a higher content of vitamins E, carotenoids, and tocotrienols.

Keywords: palm oil, food industry, cooking/frying oil, margarine, shortening

서론

팜기름(팜유, 종려유, palm oil)은 기름종려나무(oil palm tree, *Elaeis guineensis*)의 숙성된 열매의 중과피(mesocarp)에서 추출한 기름이다. 기름종려 열매는 핵과로서 인도네시아, 말레이시아, 태국, 콜롬비아, 나이지리아 등이 주요 생산 국가이다(1,2). 이 나무는 서부아프리카가 원산지로서 1848년 인도네시아에 관상용식물로 유입되어 현재에는 팜기름 생산에 이용되고

*Corresponding author: Suk Hoo Yoon
Department of Food Science and Biotechnology
Woosuk University, Samnye 55338, Korea
Tel: +82-63-290-1514
Fax: +82-63-291-9312
Email: shooyoon@woosuk.ac.kr / sukhooyoon@gmail.com
Received July 31, 2017; revised August 16, 2017; accepted August 21, 2017

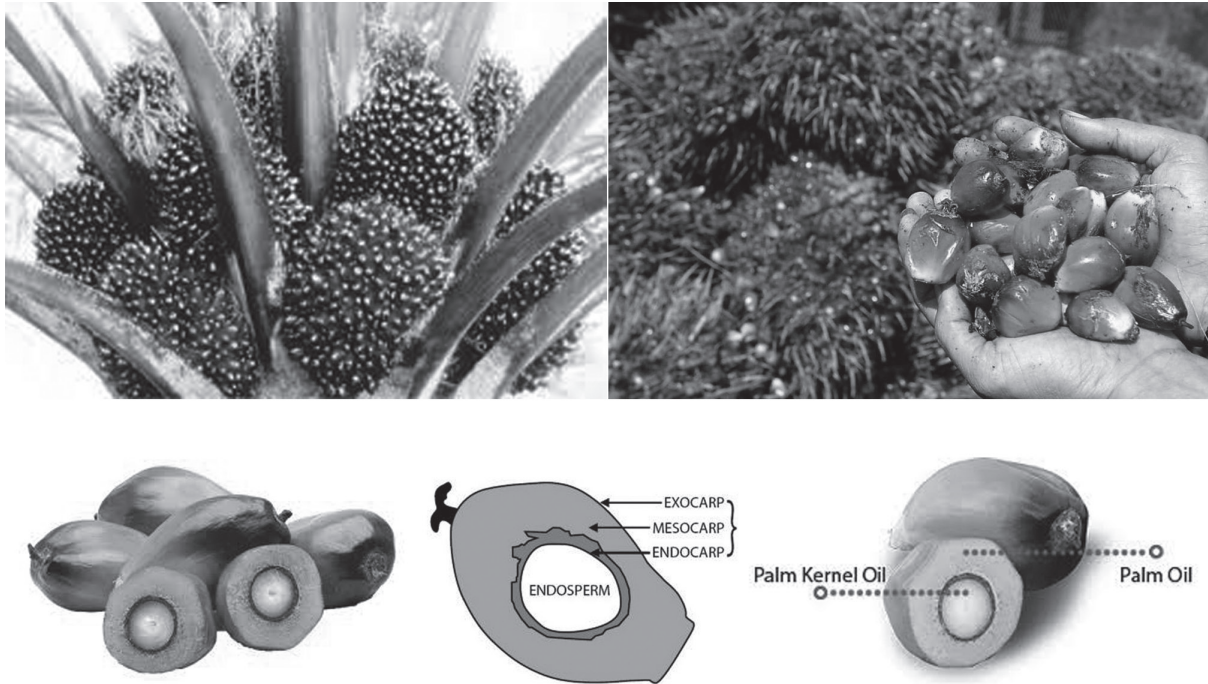


그림 1. 기름종려나무 열매

있다. 기름종려나무의 또 다른 종인 *Elaeis oleifera*는 중남미가 원산지인데, 이 나무 열매의 기름은 불포화도는 높으나 생산수율이 낮아 상업적 재배에는 적합하지 않다. 기름 생산용 교잡종 기름종려나무는 단위 재배면적당 가장 많은 기름을 생산하는데, 헥타르 당 연간 약 3.6-3.7톤의 팜기름과 약 0.42톤의 팜핵기름(palm kernel oil, PKO)을 생산하여 다른 주요 유량종자 작물보다 약 10배 정도 많은 양을 생산한다. 기름종려나무는 식재 후 2-3년째부터 수확할 수 있는 열매를 맺는데, 경제적 수명은 약 25-30년 정도이다. 팜기름은 기름종려나무 열매의 흔히 과육으로 불리는 중과피(mesocarp)로부터, PKO는 열매 내부의 씨앗(핵, kernel, endosperm)으로부터 얻는다(그림 1). 기름종려나무 열매는 일 년 내내 수확되며, 수확된 열매뭉치(fresh fruit bunch)는 팜기름 추출공장(palm mill)으로 옮겨져 원유와 팜 씨앗이 기계적, 물리적 추출 과정에 의해 분리된다. 최적 숙성 단계에 있는 열매를 수확하

고, 수송 중 손실 및 손상을 최소화하여 처리하며, 적절한 공정을 통하여 기름을 추출하면 높은 품질을 유지할 수 있다. 팜기름류는 세계 무역에서 중요한 위치를 차지하는데, 2015년 기준으로 세계 총 유지생산량 2억 269만 톤의 약 31%를 차지하고, 그 뒤를 콩기름, 유채기름, 해바라기씨기름 등이 따르고 있다(3) (그림 2). 팜기름원유(팜기름조유, crude palm oil, CPO)는 카로티

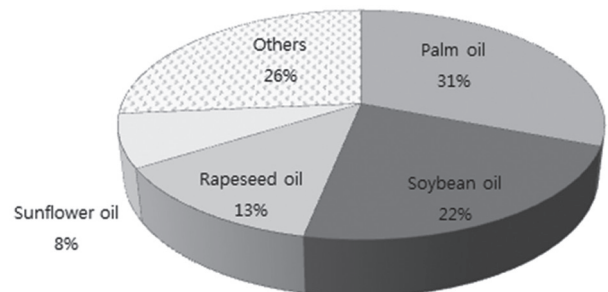


그림 2. 세계 식용유지 생산 비율 (2015년)

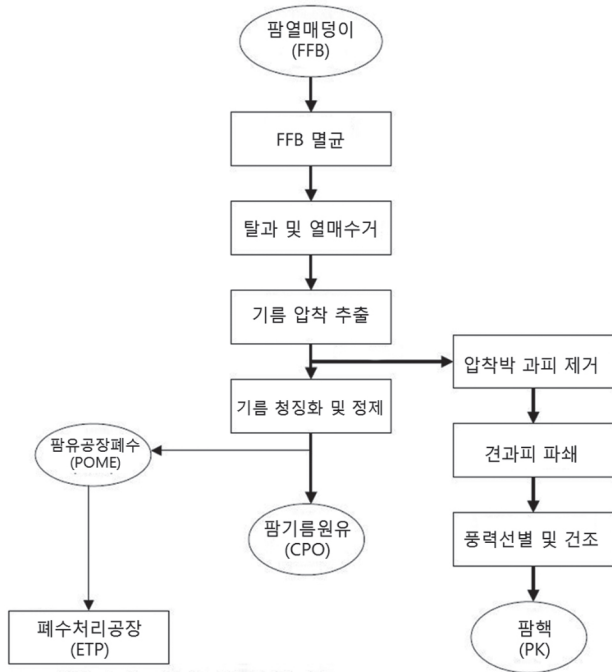


그림 3. 팜기름의 생산과정

노이드함량(500-700 ppm)이 높으며 바이타민E(600-1,000 ppm), 코엔자임 Q10(유비퀴논) (18-25 ppm), 스테롤(325-365 ppm)이 함유되어 있다(4). 팜기름의 약 90%는 식용 및 식품산업에 이용되며, 나머지 10%는 비누 및 유화학제품(oleochemical) 생산에 사용된다.

팜기름은 독특한 지방산조성과 트리아실글리세롤(triacylglycerols, TAG) 조성을 가지고 있어 여러 가지 식품의 용도에 적합하다(5). 팜기름은 포화지방산과 불포화 지방산의 비율이 약 1:1인 유일한 천연 식물성기름으로서, 요리, 튀김 및 지용성바이타민의 공급원으로 사용된다. 팜기름은 분획공정을 거쳐 액상분획인 팜올레인과 고상분획인 팜스테아린을 생산하는데, 두 획분은 물리적 특성과 화학적 특성이 달라, 팜기름과 팜올레인은 조리용 식용유, 튀김유, 마아가린, 제과용 유지, 수프 믹스, 유아식 조제 등에 사용되며, 팜스테아린은 쇼트닝, 아이스크림, 화장품, 양초, 윤활제, 치약 및 바이오 디젤 생산 등에 사용된다. 팜스테아린은 수소첨가공정을 거치지 않아도 고체지방 기능을 제공하므로 식생활에서 트랜스지방의 섭취를 감소시키는데 도움

이 된다. 본 총설에서는 팜기름의 특성과 식품에서의 이용을 중심으로 살펴보고자 한다.

팜기름의 정제 및 가공

기름팜나무 열매의 중과피가 완전히 숙성되면 약 56-70%의 유지를 함유하는데, 유지는 몇 가지 방법으로 추출할 수 있다(6,7). 추출방법은 처리량과 추출기계의 복잡성에 따라, 전통적인 방법, 소규모 기계장치, 중간 규모 밀(mill) 및 대형 산업용 밀과 같이 네 가지로 나눌 수 있다. 팜기름 추출의 기본 단위공정은 열매 멸균, 열매수거/스트리핑(stripping), 소화, 추출 및 정화공정 등이다(그림 3).

열매를 수확하여 가열처리를 하는 목적은 미생물 멸균과 중과엽에 존재하는 지방질가수분해효소(lipase)를 비활성화시키기 위함이다. 주요 추출방식은 기계적 압착추출과 용매추출이다. 기계식 스크루프레스의 경우 추출효율은 75-90% 정도이다. 기계식압축이나 용매에 의해 추출된 팜기름 원유에는 식용유의 특성에 맞는 바람직한 물질과 특성에 좋지 않아 바람직하지 않은 화합물이 존재한다. 바람직한 화합물로는 중성지방질인 TAG, 바이타민E(토코페롤, 토코트리엔놀), 카로티노이드 및 식물성스테롤(phytosterols)과 같이 건강에 유익한 화합물이 있는데 이들은 영양소, 산화방지제 및 건강에 유익한 생리활성물질로 작용한다. 바람직하지 않은 주요 화합물은 유리지방산(free fatty acids, FFA), 인지방질, 검(gum)물질, 지방질산화생성물 등인데 이러한 물질들은 관능적인 나쁜 영향을 끼치므로 정제공정을 거쳐 제거하게 된다.

팜기름은 일반적으로 ‘습식’이나 ‘건식’ 공정으로 추출되는데, 습식추출은 뜨거운 물이나 수증기를 사용하여 분쇄를 통하여 파괴된 지방세포로부터 기름을 추출하는 것이다. 열수 처리는 검물질, 수지, 전분을 가수분해하고 단백질을 응고시키는데, 검물질과 수지는 기름 정제과정 중에 거품을 형성하기 때문에 제거하여야 한다. 가수분해 및 응고된 물질들은 정제 공정 중에 제거되며 추출된 기름은 수분을 증발시킨 후 원유로 회수된

표 1. 팜기름 정제과정별 제거 대상물질

정제과정	제거 대상물질
탈검	인지지방질, 검 등 극성지방질
중화	유리지방산, 잔여 인지지방질, 금속
탈색	색소, 잔여 비누분, 인지지방질
탈취	휘발성 산화생성물, 기타 오염물질

다. 건식공정에는 유압프레스나 스크루프레스 또는 원심분리가 사용된다. 스크루프레스는 일반적으로 연속 추출시스템에 더 많이 사용되는 반면 유압프레스는 일반적으로 회분식(batch) 또는 반회분식(semi-batch) 추출시스템에 사용된다. 압착이 이루어지는 동안에 CPO는 섬유질로부터 흘러나오는데 압착 후에도 섬유질에는 약 5-6%의 기름이 잔류하게 된다. 압착하는 동안 팜핵(palm kernel)의 균열을 피하기 위하여 압력을 낮추는 대신 압착 시간을 10-12% 정도 증가시키기도 한다. 압착의 결과로 얻어진 액체에는 기름, 물, 기름, 흙, 열매 파편이 다양한 농도로 섞여 있는데, 기름수율을 최대화하고 CPO의 수분함량을 약 10% 이하로 감소시키기 위하여 추가 처리공정을 거치게 된다. 이 과정은 CPO의 품질에 중요한 영향을 주는 것 외에 기름 손실과 환경오염을 초래하기도 한다. 대부분의 기름이 회수된 후에는 팜기름공장폐수(palm oil mill effluent, POME)가 발생한다(8,9). 핵산이나 석유에테르와 같은 식품용 용매를 사용하여 POME로 기름을 추출하면 기름을 더 많이 회수 할 수 있다. CPO는 원심분리 및 건조공정에 의해 추가로 정제되는데, 진공건조는 기름의 품질, 특히 FFA함량의 추가 저하를 피하기 위해 사용된다. 건조된 기름은 냉각을 거쳐 저장탱크 또는 다른 적절한 용기로 이송되어 저장된다. 초임계이산화탄소 추출법도 CPO 추출에 사용될 수 있는데, 이 방법은 분쇄된 팜핵에서 PKO를 추출하는데 더 적합하다. 용매 추출공정도 대용량 PKO 추출공정에서 더 효과적으로 사용되는데, 전처리, 기름추출, 기름과 탈지박으로부터의 용매회수 등의 단위공정이 포함된다. 추출된 기름의 추출수율과 품질은 원래 기름 및 수분함량, 작동온도, 가열시간 및 적용압력에 따라 달라진다.

원유는 보통 수산화나트륨 또는 탄산나트륨 용액으로 세척하여 FFA함량을 줄이고 인지지방질 및 기타 극성지방질을 제거한다(10). 이러한 공정을 일반적으로 알칼리정제(alkali refining, 또는 chemical refining, neutralization)라고 하는데, 알칼리정제만으로는 존재하는 모든 불필요한 화합물을 제거할 수는 없다. 정제공정의 절차 및 각 공정의 제거목표 불순물은 표 1과 같다. 원유에 물 또는 인산수용액을 가하고 가열하면 검물질이 수화되는데 수화된 검물질은 원심분리하여 제거된다. 휘발성산화생성물은 고온, 감압 하에서 수증기증류(steam distillation)를 통해 제거되며, 색소는 활성백토(activated clay)나 활성탄(charcoal)으로 흡착 제거된다. 정제가 완료된 기름은 일반적으로 무색이며 장안정성이 우수하다. 알칼리정제의 단점은 중성지방질의 손실, 높은 에너지 사용량, 높은 장치설비 비용, 긴 운전시간, 환경을 오염시키는 다량의 유출물 생성 등이 있다. 이러한 이유로 인하여 대안으로써 물리적정제(physical refining) 방법이 사용되는데 물리적정제는 고온감압 하에서 휘발성이 높은 FFA를 비롯한 휘발성 화합물이 휘발되고 그 중 일부는 중성지방질의 유적이 흐르는 수증기에 딸려 나가게 된다. 이 공정에는 수증기정제, 불활성가스스트리핑, 분자증류, 막정제, 밀폐시스템 장치 등이 필요하다.

일반적으로 고품질의 CPO는 수분, FFA, 불순물의 함량이 낮고 우수한 표백지수(bleachability index)를 가져 식용에 사용되는 반면, 저 품질의 CPO는 바이오연료, 양초, 화장품, 비누 등의 비식용 용도로 사용된다. 좋은 품질의 팜기름은 중성지방질인 TAG를 95% 이상 함유하고 0.5% 이하의 FFA를 함유하고 있다. 대부분의 원유는 보통 1-3%의 FFA를 함유하나 정제 후에는 규격에 따라 FFA함량이 0.1% 이하가 된다. CPO의 FFA함량이 높을 경우에는 물리적 정제공정을 사용하는데, 12%의 FFA를 함유한 CPO는 0.8 kPa의 압력에서 물리적정제 방법으로 FFA를 220℃에서는 1.3%로, 230℃에서는 0.5%로 감소시킬 수 있다. 그러나 고온 공정에서는 카로틴이 파괴되기 때문에 영양성분의 유지를 위하여 낮은 온도에서의 공정이 권장되기도 한

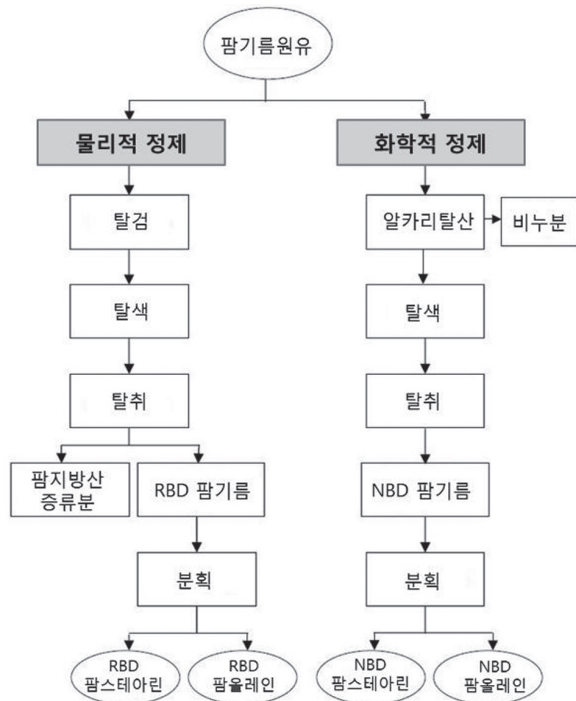


그림 4. 팜기름의 정제과정

다. CPO 정제에는 2단계(two-step) 공정도 사용되는데, PL 및 기타 검물질을 산성화공정으로 제거한 후 저온(180°C 및 200°C)에서 수증기스트리핑을 시행하여 기포도가 높은 기름을 생산하게 된다. 일반적으로 0.25-1.32 kPa의 진공과 240-270°C에서 수증기스트리핑이 사용된다. 팜기름의 붉은 색은 일반적으로 소비자들에게 긍정적으로 받아들여지는데, 팜기름의 붉은 색은 프로바이타민A와 카로틴의 함량이 높기 때문이다. 분자증류장치를 이용하면 카로틴과 토코페롤의 함량을 원래의 80% 이상으로 유지하면서 CPO의 FFA함량은 0.1% 이하로 낮출 수 있다(11).

CPO는 화학적 또는 물리적공정을 거쳐 정제되는데 두 공정의 차이는 탈산과정에서 유리지방산을 알칼리용액으로 중화(neutralization)하여 제거하느냐 아니면 물리적방법인 수증기증류방법으로 제거하느냐에 달려 있다(10) (그림 4). 중화 즉 화학적정제(chemical refining)는 낮은 온도에서 단시간에 수행되는 반면, 수증기증류 즉 물리적정제(physical refining)는 높은 온도

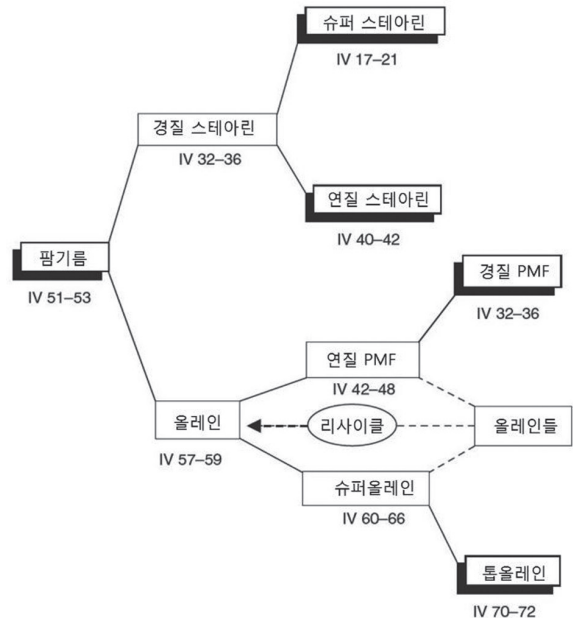


그림 5. 팜기름의 건식 분획과정

에서 진행되어 토코페롤과 토코트리엔놀 손실 및 산화적 손상이 화학적 공정보다 더 많이 발생하게 되며, 만일 공정 중에 공기누출(air leakage)이 발생하면 손실은 매우 크게 된다. 물리적으로 정제된 기름은 화학적으로 정제된 기름보다 저장안정성이 낮다. 물리적정제에서는 탈검단계에서 가능한 한 많은 인을 제거하여 인산의 슬립 스루(slip-through)를 방지하여야 하는데 이는 인산의 혼입이 계속되는 정제과정에서 FFA 증가와 가열탈색에 나쁜 영향을 미치기 때문이다.

자연 상태의 기름을 물리적 또는 화학적방법으로 변형시키면 기름의 용도를 다양하게 변화시킬 수 있다. 이러한 변형 방법의 하나가 분획(fractionation)이다 (12). 분획은 물리적이거나 가열기계적공정을 사용하여 액체와 고체의 혼합물인 기름을 개별적인 독특한 물리적, 화학적 특성을 갖는 두 개 이상의획분으로 나누는 가역적인 공정이다(그림 5). 기름을 선택적으로 결정화하여 여과하면 기름을 지방산사슬의 길이 및 아실그룹의 불포화도에 따라 분획할 수 있다. 재분배 분획 공정은 구성 성분의 고형화성, 용해도 또는 휘발성의 차이를 이용하는 것이다. CPO는 TAG의 결정화 특

표 2. 팜기름 정제과정 및 분획과정별 장단점

공정	장점	단점
정제과정		
화학적 탈산	높은 기능성, FFA 대폭 감소	중성지방질 TAG 손실, 고 에너지 소비, 고가의 공정 비용, 장 시간 소요, 환경오염 야기
물리적 탈산	저 에너지 소비, 저가의 공정, 적은 부산물 생성	carotene 파괴, 붉은 색상의 손실, 높은 산화적 손상, 바이타민E 손실, 낮은 저장 안정성
분획과정		
건식	단순, 저가, 화학물질 무사용, 무 폐기물, 무 첨가물, 기름 손실 무, 다단계 공정 가능	점도 문제, 결정화 제한
세제	수용액에 결정의 쉬운 용해	매우 고가 공정, 제품에의 오염 위험성, 추가 장치의 필요
용매	점도의 감소, 단시간 공정, 고효율 분리, 수율의 향상, 고품질 제품	높은 투자 비용, 높은 생산 비용, 화재의 위험, 독성 화학물질 폐수 생성

성의 차이로 인하여 분획되는데, 저용용액체분획(기름의 65-70%, 팜올레인)과 고용용고형분획(기름의 30-35%, 팜스테아린)으로 쉽게 분리되는데 두 획분은 각각 다른 요오드값을 갖는다. 분획방식에는 건식분획, 세제분획 및 용매분획의 세 가지 유형이 있는데 분획은 기름에 높은 부가가치를 부여하고 바람직하지 않은 부산물을 생성하지 않는 장점이 있다(13). 정제과정과 분획방법에 따른 장점과 단점은 표 2와 같다.

팜올레인과 팜스테아린도 탈산, 탈색, 탈취공정을 거치면 정제기름(refined, bleached and deodorized oil, RBD oil)이 되어 다양한 용도로 이용된다(14). RBD 팜올레인은 튀김, 조리, 쇼트닝 및 마가린 제조에 이용되며, RBD 팜스테아린은 주로 마가린, 쇼트닝, 바나스파티(vanaspati, 남아시아에서 버터를 대신하여 사용되는 경화 식물성기름)와 같이 고형지방분이 필요한 유지식품의 제조에 이용되고 있다. 팜중간획분(palm mid fraction, PMF)은 제과에서 코코아버터대용물(cocoa butter equivalent, CBE)로 사용되며, 이중분획팜올레인(double fractionated palm olein, 또는 슈퍼올레인, super olein)은 마요네즈와 샐러드드레싱의 제조에 이용된다. 올리브기름, 유채기름 및 카놀라기름에는 60% 이상의 시스(cis) 올레산이 함유되어 있는데 팜올레인에는 약 48%의 올레산이 함유되어 있다. 팜올레인은 풍부한 올레산 함량으로 인하여 건강한 정상 콜레스테롤혈증환

자에서 혈청지방질과 지단백질의 구성에 나쁜 영향을 끼치지 않으므로 팜올레인으로 올리브기름을 대체하여 사용할 수 있다고 보고되었다.

팜기름과 팜기름 획분의 특성

건조된 식품시료에서 총지방질함량을 측정하는 일반적인 분석방법은 속슬렛(S Soxhlet) 추출방법이다. 추출방식이 기기분석적 방법보다 간단하고 정확하므로 일반적으로 많이 이용되고 있다. 그러나 추출시간이 오래 걸리며 추출 후 시료가 파괴되고 많은 양의 실험 오해수와 오염물질을 발생시키므로 폐수 처리 문제를 동반하게 된다. 이에 비하여 기기분석적 방법은 비파괴분석이며, 측정시간이 짧으므로 실험실 및 식품공장 에서 온라인 품질측정에 유용하게 사용되고 있다. 그러나 총지방질 함량을 측정하는 대부분의 표준방법은 식물성기름의 화학적 특성으로 인하여 속슬렛법을 사용하고 있다. 근래에는 기름의 화학적 성질보다는 물리적 성질에 기반을 둔 크로마토그래피 및 분광분석 방법이 기름 분석에 많이 사용되고 있으며, 열중량분석(thermogravimetric analysis, TGA), 시차주사열량계(DSC), 푸리에변환적외선(FTIR) 및 푸리에변환근적외선(FTNIR) 분광법 등의 사용도 증가하고 있다(15). 지방질의 공인 분석법은 많은 기관에서 제공하고 있



표 3. 팜기름의 물리·화학적 특성

특 성	대표값	범 위
겉보기 밀도, 50℃ (g/ml)	-	0.892-0.899
AOM 안정성(h)	54.0	53.0-60.0
녹는 점(℃)	37.5	33.0-45.0
산화안정성 지수, 110℃ (h)	16.9	16.6-19.0
굴절율50℃	-	1.449-1.456
발연점(℃)	-	230.0-235.0
응고점(℃)	-	35.0-42.0
고형 지방질 함량(SFC)		
10℃	34.5	30.0-39.0
21.1℃	14.0	11.5-17.0
26.7℃	11.0	8.0-14.0
33.3℃	7.4	4.0-11.0
37.8℃	5.6	2.5-9.0
40.0℃	4.7	2.0-7.0
비중, at 50℃	-	0.888-0.889
점도(cP)	45.0	45.0-49.0
요오드가(g/100g)	53.0	46.0-56.0
유리지방산(% FFA as 팔미트산)	-	3.17-5.0
과산화물가(meq O ₂ /kg)	-	0.1-10.0
아니시딘가(mg KOH/g)	-	0.6-4.65
비누화값(mg KOH/g)	196.0	190.0-209.0
불검화물(%)	0.5	0.15-0.99
총 극성물질(%)	13.5	9.47-19.50
총 고분자물(%)	0.5	0.4-15.0
포화지방산(%)	-	49.9-54.7
단일불포화지방산(%)	-	37.1-39.2
다중불포화지방산(%)	-	8.1-10.5
결정구조	β'	-

는데, The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), The American Oil Chemists' Society (AOCS), The British Standards Institution (BSI), The International Organization for Standardization (ISO), The International Union of Pure and Applied Chemists (IUPAC), German

Society for Fat Research (DGF), American Society for Testing of Materials (ASTM), 및 Codex Alimentarius Commission for Oils and Fats 등과 같은 기관이 포함된다. 이들이 제공하는 분석방법은 그 원리는 비슷하지만 세부기술, 방법, 절차, 프로토콜에서는 차이를 보이는 경우가 많다. 분석을 진행함에 있어서 시료의 대표성은 항상 중요한 의미를 가지며 시료의 운송과 저장도 중요한 인자가 되며, 기름시료 분석의 신뢰성을 보장하기 위해서는 보관온도, 용기유형 및 산화방지제의 첨가 여부 등에도 주의를 기울여야한다.

팜기름의 물리·화학적 특성

팜기름 산업 초기에는 팜기름의 품질이 FFA, 수분 및 불순물의 함량으로 정의되었지만, 제2차 세계 대전 이후에는 보다 복잡한 품질등급시스템이 도입되었다. 5등급 시스템이 도입되면서 1등급 기름은 FFA함량이 1% 미만인 반면 5등급 기름은 36% 이상의 FFA를 함유하였으며, 2, 3, 4등급 기름의 FFA함량은 각각 9-18%, 18-27% 및 27-36%로 규정되었다. 이후 FFA함량이 4.5%인 '특급팜기름'도 나왔는데 나중에는 FFA함량 3.5% 짜리 제품도 생산되었다. 1965년까지 아프리카에서 수출된 CPO의 80% 이상은 '특급팜기름'이었으며, 1990년대 이래 말레이시아와 같은 국가는 CPO의 규격을 FFA함량은 5% 이하, 수분 및 불순물함량은 0.25% 이하로 제정하였다. 팜기름과 분획물의 물리·화학적 성질은 광범위하게 연구되었는데 CPO는 요오드가(iodine value, IV) 51-58 범위의 포화기름으로 분류되나 IV 46-63 범위의 팜기름도 생산되고 있다(5,14,16,17) (표 3).

팜기름은 실온(약 28℃ 부근)에서 반고체이며 용점 범위는 32-40℃이다. 일반적으로 미끄러짐용점(slip melting point)은 FFA 및 다이아실글리세롤(diacylglycerol, DAG) 함량의 영향을 받는데, CPO는 RBD 기름보다 미끄러짐용점이 약간 더 높다. 팜기름은 고형지방분함량에 따라 용도가 결정되는데 팜스테아린의 고형지방은 10-50℃ 범위에서 검출된다. 10℃에서 팜기름

표 4. 팜기름의 지방산 및 트리아실글리세롤 조성

구성성분	대표값	범 위
지방산 조성(%)		
라우르산(C12:0)	0.1	0.0-1.0
미리스트산(C:14:0)	1.1	0.5-2.0
팔미트산(C16:0)	44.0	40.0-48.0
팔미톨레산(C16:1)	0.1	0.0-0.6
스테아르산(C18:0)	4.5	3.5-6.5
올레산(C18:1)	39.2	36.0-44.0
리놀레산(C18:2)	10.1	6.5-12.0
리놀렌산(C18:3)	0.4	0.0-0.5
아라키드산(C20:0)	0.4	0.0-1.0
TAG 탄소수(%)		
C46	1.2	0.7-2.0
C48	8.1	4.7-9.7
C50	39.9	38.9-41.6
C52	38.8	37.1-41.1
C54	11.4	10.3-12.1
C56	0.6	0.5-0.8
TAG 불포화도(%)		
삼중포화(SSS)	9.8	0.8-10.0
이중포화(SUS)	48.8	38.5-44.4
단일포화(SUU)	36.5	31.8-44.4
삼중불포화(UUU)	4.8	4.8-9.8
DAG	4.9	3.0-7.6

의 고형지방분함량은 약 50%인데 20℃에서는 그 값이 절반으로 감소한다. 두 기름에서는 온도에 따라 지방산 및 TAG 조성뿐만 아니라 DAG 함량에서도 차이가 나는데, 팜기름에 10%의 DAG를 첨가하면 고형지방분 함량을 20% 정도 감소시킬 수 있다. 기름의 용융 및 결정화 특성은 DSC 기술로도 분석되는데, 용해 및 냉각 열변화(thermogram) 양상은 기름의 최고용점 및 최저용점을 갖는 획분의 흡열 및 발열현상을 보여준다. 이 온도 변화 양상을 보면 팜기름이 분획공정을 위한 우수한 기름이라는 것을 알 수 있는데, 적절한 냉각 공정

을 같이 처리하면 시장의 요구에 부응하는 다양한 조성의 올레인과 스테아린을 생산할 수 있기 때문이다(18).

CPO는 포화지방산과 불포화지방산이 거의 동일한 비율로 존재하고 있으므로 실온에서는 자연스럽게 반고체 형태가 된다. CPO는 약 44%의 팔미틴산과 올레산, 리놀레산 및 스테아르산을 각각 40%, 10% 및 5% 수준으로 함유하고 있다(표 4). 이외에 극소량의 리놀렌산이 존재하는데 낮은 리놀레산 수준과 리놀렌산의 사실상 부재로 인해 팜기름은 산화에 대하여 비교적 안정적이다. 남아메리카가 원산지인 *Elaeis oleifera* 팜기름은 55-64%의 올레산과 16-23%의 리놀레산을 함유하는 것으로 알려져 있다(19).

CPO나 그 획분인 팜올레인, 팜스테아린, 슈퍼올레인은 다른 식물성기름과 유사하게, 혼합 TAG 및 DAG와 모노아실글리세롤(monoacylglycerol, MAG)과 같은 부분아실글리세롤로 구성된다. DAG 및 MAG는 기름의 용점 및 결정화에 영향을 줄 수 있는 TAG의 가수분해 생성물인데 부분아실글리세롤은 온도가 20℃ 이하에서 10% 이상의 농도로 존재하면 혼탁이 일어난다. CPO는 TGA 94-98%, DAG 5-8%, MAG 0.21-0.34%, FFA 2-5%를 함유하는데 저장 및 취급 조건이 나쁘면 가수분해가 일어나서 TAG 이외의 값이 높아질 수 있다(33). 나머지 1%는 카로틴, 토코페롤 및 토코트리엔올, 스테롤 및 스칼렌 등의 미량성분으로 구성되어 있다.

TAG의 유형은 지방산 조성, TAG 분자내 지방산분포, 개별지방산 함량, 기름의 원산지, 기름의 공급원 및 공정 이력에 의하여 결정된다. TAG는 불포화도에 따라 삼중포화(trisaturated, SSS), 이중포화단일불포화(SSU), 단일포화이중불포화(SUU) 및 삼중불포화(UUU) TAG의 네 가지 종류로 나눌 수 있다. 팜기름에는 이러한 네 가지 TAG 그룹과 33개 이상의 TAG 분자종이 있는데, 주요 성분은 구조적으로 대칭인 POP, POO, PPO, PLO, PLP 등이다(P, palmitic acid; O, oleic acid; L, linoleic acid). 팜기름 TAG의 주요 지방산은 팔미트산인데 대부분은 글리세롤 분자의 바깥쪽 sn-1 및 sn-3 위치에 존재하며, 13-23%의 팔미트산이 sn-2 위치에 존재하는데 sn-2 위치의 주요 지방산은 올레산이다(20). 유아식



표 5. 팜기름 획분의 지방산 및 트리아실글리세롤 조성

구성성분	팜올레인 (IV<60)	슈퍼올레인 (IV>60)	툽올레인 (IV 70-72)	스테아린	연성 스테아린	팜중간 획분
지방산 조성(%)						
라우르산(C12:0)	0.2-0.4	0.2-0.4	-	0.1-0.6	0.1	0-0.3
미리스트산(C:14:0)	0.9-1.2	0.9-1.1	1.0	1.1-1.9	1.1	0.8-1.4
팔미트산(C16:0)	36.8-43.2	30.1-37.1	28.8	47.2-73.8	49.3	41.4-55.5
팔미톨레산(C16:1)	-	-	-	0.05-0.2	0.1	-
스테아르산(C18:0)	3.7-4.8	3.2-4.3	2.5	4.4-5.6	4.9	4.7-6.7
올레산(C18:1)	39.8-44.6	43.2-49.2	52.0	15.6-37.0	34.8	32.0-41.2
리놀레산(C18:2)	10.4-12.9	10.7-15.0	14.6	3.2-9.8	9.0	3.6-11.5
리놀렌산(C18:3)	0.1-0.6	0.2-0.6	0.4	0.1-0.6	0.2	0-0.2
아라키드산(C20:0)	0.3-0.5	0-0.4	0.2	0.1-0.6	0.4	0-0.6
TAG 탄소수(%)						
C44	0-0.5	ND	NA	-	-	-
C46	0.4-1.4	0.1-0.2	NA	0.5-3.3	1.2	0-1.6
C48	2.4-3.9	1.7-2.6	NA	12.2-55.8	15.3	1.4-11.3
C50	37.9-40.9	23.0-34.2	NA	33.6-49.8	42.7	45.5-73.9
C52	41.9-43.7	50.2-59.6	NA	5.1-37.3	33.4	19.4-42.0
C54	11.8-13.5	11.6-15.9	NA	tr-8.4	7.4	1.7-8.5
C56	0.5-1.1	0.1-0.4	NA	ND	ND	0-0.9
요오드가	55.6-61.9	60.1-67.5	70-72	21.6-49.4	46.7	34.5-54.8
미끄럼용점(°C)	19.2-23.6	12.9-16.6	NA	44.5-56.2	47.7	24.3-44.9

에서는 *sn*-2 위치에 팔미트산이 존재하는 것이 흡수 및 에너지 방출에 있어서 유리하다. *sn*-2 위치에 팔미트산이 강화된 식이 TAG는 건강한 성인에게도 인슐린 및 포도당반응에 어떠한 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. CPO의 지방산 조성은 라우르산(lauric acid)이 주성분인 포화지방산이 85%를 차지하는 PKO (palm kernel oil, PKO)의 지방산 조성과는 매우 다르다.

지방질의 다형성(polymorphic behavior)은 TAG 내 지방산에 의해서 많이 결정되는데 주로 단일사슬길이의 지방산으로 구성된 지방은 β형태에서 안정적이나 대부분의 TAG에 팔미트산과 스테아르산을 함유하고 있는 팜기름은 β'형태에서 매우 안정적이다. 이러한 이

유로 팜기름은 큰 결정이 쉽게 형성되므로 분획 및 여과공정이 용이하게 된다.

팜올레인의 물리·화학적 특성

상온에서 반고체인 팜기름을 25-30°C에서 분별결정하면 액체분획인 올레인(olein)과 고체분획인 스테아린(stearin)으로 분획할 수 있다. 팜올레인은 팜기름보다 많은 양의 올레산(39-45%)과 리놀레산(10-13%)을 함유한다(표 5). 팜올레인은 25°C에서 맑고 투명하게 유지되는데 팜올레인을 추가로 분획하면 슈퍼올레인이라 불리는 불포화분획을 생산할 수 있다. 이들의

표 6. 팜핵기름과 코코넛기름의 지방산 조성과 특성

구성성분	팜핵기름		코코넛기름	
	대표값	범 위	대표값	범 위
지방산 조성(%)				
카프로산(C6:0)	0.2	0-0.8	0.4	0-0.6
카프릴산(C:8:0)	3.3	2.1-6.2	7.3	4.6-9.4
카프르산(C10:0)	3.5	2.6-5.0	6.6	5.5-7.8
라우르산(C12:0)	47.8	43.6-55.0	47.8	45.1-50.3
미리스트산(C:14:0)	16.3	14.0-18.0	18.1	16.8-20.6
팔미트산(C16:0)	8.5	6.5-10.0	8.9	7.7-10.2
스테아르산(C18:0)	2.4	1.0-3.0	2.7	2.5-3.5
올레산(C18:1)	15.4	11.9-19.3	6.4	5.4-8.1
리놀레산(C18:2)	2.4	1.0-3.5	1.6	1.0-2.1
리놀렌산(C18:3)	-	-	-	0-0.2
아라키드산(C20:0)	-	-	0.1	0-0.2
곤도산(C20:1)	-	-	-	0-0.2
요오드가	17.5	14.1-21.0	8.5	6.3-10.6
미끄럼용점(℃)	26.4	24.0-28.3	24.1	23.0-25.0

올레산과 리놀레산 함량은 각각 43-49%와 10-15%로 높기 때문에 IV가 60-67 정도이며 혼탁점은 2-5℃ 정도가 된다(14,21). 이에 비하여 IV가 60 미만인 팜올레인의 혼탁점은 6-10℃이다. IV가 증가하면 혼탁점은 비선형적으로 감소한다. 혼탁점이 0℃ 이하인 희분은 IV 70 이상의 올레인으로만 얻을 수 있다. 팜올레인이 10℃ 이하에서도 투명하려면 팔미트산 함량이 35% 이하이어야 하는데 실제로는 31% 이하가 바람직하다. IV가 70 이상이고 혼탁점이 -4℃인 분획물을 '최상급 올레인(top olein)'이라고 하는데 이 기름은 0℃에서 5.5시간 후에도 맑아야 하는 샐러드기름의 냉각시험(cold test)을 통과할 수 있다. IV 60 이하인 올레인과 IV 60을 초과하는 올레인의 TAG 지방산 조성의 차이는 표 6에 나와 있는데, PLO (평균 11.8%와 13.6%), POO (26.8%와 30.2%), POP (26.6%와 19.1%)의 함량에서 차이를 보인다. 불포화도를 보면 SUU는 44.7%에서 51.4%로 상승하고 SUS는 42.0%에서 33.6%로 떨어

진다(S와 U는 포화 및 불포화 아실기를 나타냄). 또한 POP/POO의 비율은 결정화에도 영향을 미치는데 PPP, MPP 및 PPS와 같은 포화TAG는 결정화 핵으로 작용하며, DAG도 팜올레인의 저온안정성에 영향을 미친다(22). 다이팔미토일글리세롤은 올레인의 결정화를 촉진하지만, 팔미토일올레오일글리세롤(PO glycerol) 및 다이올레오일글리세롤(OO glycerol)은 저온 안정성에 유의한 영향을 미치지 않는다. 대부분의 팜올레인은 25℃에서 완전히 액상으로 존재하는데, 팜올레인의 고형지방분함량은 10℃에서 37%, 슈퍼올레인은 17% 정도이다. 슈퍼올레인은 IV가 61.5 미만인 경우 2.5℃에서 40-52%의 고형분을, 5℃에서는 31-42%의 고형분을 갖는 반면, IV가 61.5를 초과하는 올레인은 2.5℃에서 0.5-17%, 5℃에서 0-16%의 고형지방분을 함유한다. 높은 IV를 갖는 기름은 낮은 고형지방분과 높은 저온 안정성을 갖는다.

팜스테아린의 물리·화학적 특성

팜스테아린에는 포화지방산 및 포화 TAG가 다량 함유되어 있고 다양한 물리적 성질을 가지고 있다. IV는 21-49의 넓은 범위를 가지며 다양한 미끄럼용점(44-56°C)으로 나타난다. 스테아린의 팔미트산 함량은 47-74%, 올레산 함량은 15-37% 범위이다(14). 건식분획공정에 의하여 생산된 스테아린의 팔미트산 함량은 49-68%, 올레산 함량은 24-34% 정도이다. 1980년까지는 건조, 세제 및 솔벤트 분획공정이 사용되었지만, 1990년 이후에는 고비용으로 인하여 세제 및 솔벤트 분획공정은 더 이상 널리 사용되지 않고 일반적으로 건식분획공정만 사용되고 있다.

좀 더 단단한 스테아린은 79% 정도의 팔미트산을 함유하는데, 이 스테아린은 60%의 트라이팔미틸글리세롤(trimalmitoyl glycerol, PPP)을 함유하고 있어 연질마아가린 및 유아용 조제식에 이용되고 있다. 결정화장치, 냉각프로그램, 여과기술의 진보는 보다 다양한 스테아린의 생성을 가능하게 했다. 팜올레인을 이중분획할 때 얻어지는 고품분을 팜중간획분(palm mid fraction, PMF)이라 한다. 팜스테아린은 조성이 다양하여 다양한 식품 제조를 위한 재료로 사용되고 있다. 많은 제품은 특정 온도 범위에서 요구되는 고품성을 얻기 위해서 특정한 고품지방분을 필요로 하는데, 팜스테아린과 불포화식물성기름을 적당한 비율로 혼합하면 필요한 고품지방분을 제공할 수 있다(23).

팜스테아린의 결정화 및 용융현상은 구성성분의 조성에 따라 달라진다. 팜중간획분은 여러 피크로 겹치는 결정화 발열 현상을 보이는데, 용융은 흡열양상을 나타내며 31°C에서 녹는다. IV 35와 44를 갖는 두 스테아린은 서로 다른 용융 및 결정화양상을 보이지만 두 가지 모두 높은 불포화 TAG 함량을 나타낸다. 두 스테아린의 다형형상은 일반적으로 매우 유사한데 IV 35의 스테아린의 경우 55°C에서 용융 시 더 많은 용융분획이 관찰된다. 대조적으로, 경질스테아린(IV 12)은 결정화 및 용융과정에서 오직 하나의 발열 및 흡열양상을 보이는데 이는 분획공정에서 낮은 용점을 갖는 분획이

제거되었음을 의미한다 (24).

팜중간획분(palm mid-fraction, PMF)의 물리·화학적 특성

팜올레인의 두 번째 분획으로부터 생성된 PMF는 높은 C50 (POP) TAG가 포함되어 있으며 코코아버터대응물의 제조에 사용된다(25). PMF는 C50 / C48+C54의 비율이 4 이상, C52 TAG 함량이 43% 이하, IV가 32-55, 미끄럼용점이 23-40°C 범위인 것으로 알려져 있다. 이러한 범위의 IV와 미끄럼용점이 PMF의 특성을 대표하기는 하지만 범위가 넓어 좋은 물리적 특성을 갖지는 못 한다. 경질 PMF의 SUS (87%)와 SSS (4.2%) 함량은 연질 PMF의 함량(65.6-71.9% SUS, 1.4-1.6% SSS)보다 높다. PMF를 용매로 추가분획하면 POP 함량을 높일 수 있으며, 고품질의 PMF를 생산할 수 있는 건식분획공정도 사용되고 있다. 고압막여과를 사용하면 PMF의 품질을 향상시킬 수 있는데, 예전에는 용매분획공정을 통해서만 가능했던 IV 33-35의 제품은 근래에는 건식분획공정을 통해서도 생산할 수 있다.

팜핵기름의 물리·화학적 특성

팜핵기름(palm kernel oil, PKO)은 팜열매로부터 보통 용매추출에 의해 생산되는 라우르기름인데 PKO와 코코넛기름은 중요한 상업용 라우르기름이다(표 6). 팜열매를 압착하여 중과피로부터 CPO를 얻고 씨앗은 후속적으로 압축, 파쇄, 용매 추출을 거쳐 PKO(열매 중량의 약 45%)를 얻는데, CPO과 PKO는 약 8:1의 비율로 생산된다(26,27).

PKO는 경화나 분획공정을 거치거나 비라우르기름과의 에스테르교환반응을 거쳐 다양한 용도에 적합하도록 가공된다. PKO에는 약 10 ppm (0-260 ppm)의 토클이 존재하는데 주요 성분은 β-토코페롤이다. 스테롤은 약 1,000 ppm (Codex 허용 범위는 700-1,400 ppm) 정도가 존재하며 주요 성분은 β-시토스테롤(약 68%),

스티그마스테롤(약 14%), 캄피스테롤 (약 10%)이다. PKO의 IV는 14-21이며 수소첨가를 하면 IV가 2 이하가 되며 미끄럼용점이 34℃인 제품을 만들 수 있는데 이 제품은 비우유크리머 생산에 사용된다. PKO를 분획하면 팜핵올레인(IV 21-26, SMP 22-26℃)과 팜핵스테아린(IV 6-8, SMP 31-33℃)을 얻는데 이 분획들은 라우르산 및 올레산 수준이 매우 상이하며 모두 수소첨가가 가능하다. 팜핵스테아린은 초콜릿이나 제과용 대체유지로 사용된다. PKO와 코코넛기름 두 라우르기름은 사슬길이가 중요한 역할을 하는 표면활성제의 생산에도 이용되며, 마가린, 스프레드, 가정용 튀김, 코코아버터 대체품(CBS), 필링 크림(filling cream), 아이스크림, 비우유휘핑크림 제조에도 사용되고, 중쇄지방산TAG의 원천이기도하다(28).

PKO와 코코넛기름은 낮은 불포화도 때문에, 천연 산화방지제의 함량이 낮음에도 불구하고 높은 산화안정성을 갖는다. 그러나 두 기름은 가수분해성 산패에 취약하고 이로 인해 유리된 라우르산은 비누향을 내기도 한다. C12 라우르산이 산화 및 탈카복실화되어 undecan-2-on이 생성되면 케톤 산패취를 생성하게 된다. PKO와 코코넛기름은 주로 식용으로 사용되고(각각 약 83%와 61%), 나머지는 비식용으로 사용되고 있다.

레드팜기름(red palm oil, RPO)의 물리·화학적 특성

비타민A 결핍이 심해지면 실명을 초래하게 되는데 이를 예방하기 위하여는 과일과 야채와 같이 카로틴이 풍부한 식품을 섭취하여야 한다. RPO는 과실과 야채의 카로틴 함량과 비교하여 볼 때 1 g 당 500-700 µg의 많은 카로틴을 함유하고 있어 카로틴의 훌륭한 공급원이 될 수 있다. RPO의 카로틴은 다른 식물의 카로틴보다 체내 흡수가 더 잘 이루어지는데 이는 지용성인 카로틴이 기름 속에 녹아 있기 때문이다. 비타민A 결핍증을 치료하고 예방할 수 있는 식품으로서 β-카로틴이 풍부한 RPO에 관한 동물과 인간에 대한 연구로 인하여 프로비타민A의 원천인 RPO의 안전성, 수용성 및 영양적 가치가 폭 넓게 연구되고 있다(4,29).

표 7. 팜기름의 미량성분 함량

미량성분	함량(ppm)
카로티노이드	
α-카로틴	30.0-35.16
β-카로틴	50.0-56.02
라이코펜	1.0-1.3
총 카로티노이드	500-700
토코페롤	
α-토코페롤	129-215
β-토코페롤	22-37
γ-토코페롤	19-32
δ-토코페롤	10-16
총 토코페롤	500-600
토코트리에놀	
α-토코트리에놀	44-73
β-토코트리에놀	44-73
γ-토코트리에놀	262-437
δ-토코트리에놀	70-117
총 토코트리에놀	1000-1200
파이토스테롤	326-527
인지방질	5-130
스컬렌	200-500
유비퀴논	10-80
사슬형 알코홀	100-200
트리터핀 알코홀	40-80
메틸 스테롤	40-80
사슬형 탄화수소	50

RPO의 관능적 평가는 RBD 팜기름과 비슷한 결과를 보이는데 샐러드드레싱, 카레, 소스 및 기타 요리에 사용할 수 있으며 프렌치프라이에 매력적인 붉은 색상을 부여한다. 마가린 제품에 필요한 색과 프로비타민A의 수준을 조절하는데도 사용된다. RPO 카로틴의 대부분은 조리 후에도 식품에 남아 있는 특성이 있다. RPO에는 카로틴 이외에 비타민E, 유비퀴논 및 식물성 스테롤도 존재하고 있어 영양학적으로 우수한 면을 보인다.

팜기름의 미량성분

팜기름에는 영양과 건강상의 이점을 보여주는 다양한 미량성분이 존재하는데, 카로티노이드, 토코페롤, 토코트리에놀, 스테롤, 인지방질, 당지방질 및 스칼렌 등이 포함된다(표 7). 카로티노이드, 토코페롤 및 토코트리에놀은 팜유의 산화안정성과 품질을 기여하며 생물학적 산화방지제로도 작용하며, 토코페롤과 토코트리에놀은 항암제, 항염증제, 아테롬성 동맥 경화증, 콜레스테롤 저하제 역할을 한다. 최근에는 파이토스테롤, 토코페롤 및 토코트리에놀을 함유하는 기능성식품 또는 영양보조식품도 개발되었다(17,30,31).

카로티노이드는 다양한 천연 오렌지-적색 색상을 나타내면서 α -카로틴, β -카로틴 및 크립토산틴은 프로비타민A 활성을 보인다. β -카로틴은 가장 강력한 프로비타민A 카로틴인데 비타민A는 시력, 성장, 세포 분화 및 기타 생리적 기능에 필요하다. CPO는 500-700 ppm의 카로티노이드를 함유하고 있어서 카로티노이드의 풍부한 자원이 된다. CPO는 33%의 α -카로틴, 65%의 β -카로틴 및 2%의 기타 카로티노이드(γ -카로틴 및 라이코펜 등)를 함유하고 있다. 카로틴은 자유 라디칼을 포획(trap)하고, 티일(thiyl) 라디칼을 중화시키고, 퍼록시라디칼을 킬레이트 시키며, 지방질에서 일중항산소의 작용을 소거(quench)하여 산화방지제로서 작용한다. 카로티노이드는 지방질에 대한 산화가 시작되기 전에 자신이 먼저 산화되어 지방질의 산화를 방지하며, 식품 착색제로도 사용된다.

토코페롤과 토코트리에놀(tocochromanols)은 지용성으로 일반적으로 비타민E라고 불린다. 그들은 페놀고리와 헤테로사이클릭고리로 구성된 chromanol 머리와 phytyl 꼬리(tail)를 가지고 있다. 크로마놀핵에 붙은 메틸치환체의 수와 위치로 α -, β -, γ -, δ -토코페롤/토코트리에놀이 구분된다. 자연계에는 α -토코페롤이 가장 많이 존재하는데 토코페롤과 토코트리에놀의 구조의 차이는 phytyl 꼬리로 구분된다. 토코페롤은 포화된 꼬리 사슬을 가지며, 토코트리에놀은 3개의 분리된 이중결합을 갖는 불포화꼬리사슬을 갖는다. 토코페롤과

토코트리에놀은 식물성기름의 종류와 기원에 따라 다양한 농도로 존재한다. 팜기름은 자연에서 가장 풍부한 비타민E 공급원 중의 하나인데, 팜기름의 비타민E는 토코페롤과 토코트리에놀 성분으로 구성되어 있다. CPO는 600-1,200 ppm의 비타민E를 함유하는데 토코페롤 18-22%와 토코트리에놀 78-82%로 구성되어 있다. 토코트리에놀 중에서도 주요 성분은 α -, γ -, 및 δ -토코트리에놀이다. CPO 내 비타민E는 가공 및 정제 과정에서 일부가 손실되는데, 분획을 거치면 비타민E는 올레인분획에 더 많이 존재하게 된다. 정제된 식물성기름에 존재하는 토코페롤 및 토코트리에놀의 안정성은 지방산 조성 및 토코페롤 및 토코트리에놀 동족체 유형에 따라 달라진다. 슈퍼올레인의 γ -토코트리에놀은 튀김 중에 가장 불안정하여 다른 동족체 토코페롤의 기능을 보존하는데, 토코페롤 및 토코트리에놀은 자유라디칼을 소거하여 팜유의 산화안정성에 기여한다. 토코페롤은 유지산화의 사슬증식(chain propagation) 단계에서 과산화물 형성을 억제함으로써 지방질산화를 방지하거나 알데히드 형성을 억제하여 분해 과정을 중단시킬 수 있다. α -토코페롤은 일중항산소에 대한 활성이 매우 높아 유지의 광산화를 방지한다. 팜기름의 영양적 장점은 토코트리에놀과 지방산의 이성체위치(isometric position)에 따라 달라진다고 알려져 있다. 가열산화 중에는 카로틴은 라디칼로 변형되거나 토코트리에놀의 작용으로 다시 활성카로틴으로 변환된다.

팜기름의 다른 미량성분인 스테롤, 고급지방족 알코올 및 탄화수소 등은 비비누화 분획에서 발견된다(32). 다른 식물성 식용유와 마찬가지로 팜유의 콜레스테롤 함량도 무시할 수 있는 정도이다. 유지 정제과정은 파이토스테롤, 케톤, 왁스 및 메틸에스테르 등을 감소시킨다. 일반적으로 미량성분은 산화방지, 에너지 증폭, 면역체계강화, 관상동맥성 심장질환(CHD) 예방 및 치료 등의 이점을 제공한다. 팜기름의 페놀물질 함량은 100 mg/L 이하로 낮은데 페놀화합물은 튀김 중 팜기름의 색상을 짙게 하는 원인이 된다. 팜기름은 다른 모든 식물성 유지와 마찬가지로 β -시토스테롤, 캄프스테롤, 스티그마스테롤 및 아베나스테롤 등의 스

테를 혼합물을 함유한다. CPO의 파이토스테롤 함량은 210-220 ppm이다. 팜지방산증류분에는 평균 6,500 ppm (1,500-20,000 ppm)의 파이토스테롤이 들어 있는데, 토코트리엔올을 추출하는 공정의 정제 단계에서 식물성 스테롤 농축물을 얻을 수 있다. 아베나스테롤은 산화방지 기능이 있는데, 파이토스테롤은 튀김과 같은 식품 가공 공정 중에 유지의 자동산화로 인하여 산화분해되어 파이토스테롤 산화생성물(phytosterol oxidation products, POP)을 생성하며 POP는 튀김유와 튀김 제품에서 발견된다. 팜올레인을 이용하여 180°C에서 5시간 동안 프렌치프라이를 튀기면 POP는 초기의 1.9 mg/g에서 5.3 mg/g 수준으로 증가한다. 파이토스테롤의 분해는 기름의 종류와 다중불포화지방산 함량에 영향을 받는데, 리놀레산과 리놀렌산의 함량이 높은 기름에서 더 빨리 분해되는 것으로 나타났다. POP 형성 속도는 또한 파이토스테롤의 종류와 토코페롤 함량에 영향을 받는다.

CPO에는 C30 탄화수소인 스쿠알렌도 약 200-500 ppm 정도 존재하는데, 세스퀴터핀(C15)과 다이터핀(C20) 탄화수소도 미량 존재한다. 일부 CPO의 스쿠알렌 함량은 979 ppm, 정제 팜기름의 스쿠알렌 함량은 791 ppm이라고 보고되었는데, 이 수치는 일반적으로 올리브기름을 제외한 다른 식물성기름의 수준보다 높은 것이다. 팜지방산증류분(palm fatty acids distillate)의 스쿠알렌 함량은 5,000-8,000 ppm이며, CPO에는 10-80 ppm의 유비퀴논 10도 존재한다.

식품산업에서 팜기름의 이용

식품가공공정에서는 팜기름 및 그 분획물이 다양하게 사용되고 있다. 팜기름은 수소첨가공정 없이도 고형지방분함량을 조절할 수 있고, 높은 산화안정성을 가지며 고/저 용융TAG을 함유하여 넓은 플라스틱 범위를 가지며, 느린 결정화 특성, 구조경도, 재결정화공정이 가능함 등의 기술적 이유와 세계적으로 일정한 공급이 가능하고 가격 경쟁력이 있는 이유로 인하여 식품산업에서 폭 넓게 사용되고 있다(33).

튀김기름으로 이용

튀김은 BC 6세기경부터 시작된 오래된 요리 방법으로서 지방이나 기름으로 음식을 조리하는 것인데 튀김, 볶음, 냄비 튀김 및 소테잉(sautéing) 등의 방법이 있다. 튀김은 음식을 준비하는 가장 보편적인 방법 중의 하나로서 쉽고 빠르며, 상대적으로 저렴한 요리 방법으로 훌륭한 향과 아로마가 있는 맛있는 음식을 만들 수 있다. 튀김은 음식물을 튀김기름 내에서 가열하여 내부를 요리하면서, 음식 표면에는 바삭바삭한 식감을 더하는 것이 특징이다. 뜨거운 기름은 열전달 및 물질전달의 매체 역할을 한다. 튀김 중 일부 기름은 제품에 흡수되지만 수분은 수증기 형태로 제거되어 튀김은 조리(cooking)과 건조(drying)를 결합한 요리 과정이다. 튀김은 튀긴 음식의 색, 맛 및 질감을 향상시키는데, 물과 스투에서 요리하는 것보다 양분 손실이 적으며 수용성 비타민, 단백질 및 탄수화물도 잘 유지된다. 튀김은 일부 영양소의 소화율과 생체 이용률을 향상시키지만, 튀김 제품의 지방량을 증가시키고 열에 불안정하고 산화되기 쉬운 비타민의 손실을 동반한다. 튀김 시에는 화학적 및 물리적 변화가 일어나는데, 전분의 젤라틴화, 단백질의 변성, 수증기 발생 등이 발생한다. 튀김 음식의 품질은 튀김기름의 품질과 직접적인 관계에 있는데, 기름의 분해는 식품의 질감, 맛 및 전반적인 향미 인식에 영향을 미친다. 튀김은 150-190°C 사이에서 이루어지나 많은 경우는 180°C 이하에서 수행된다. 튀김 중에는 기름이 공기와 접촉하며 지방산의 산화, 중합 및 가수분해와 같은 수많은 화학 반응이 발생한다. 이러한 반응의 결과로 생성된 화학물질은 튀김식품의 질감, 맛, 전반적인 인식에 나쁜 영향을 주며 인체의 건강 및 영양에 대하여 잠재적인 위험요소가 될 수 있다(34,35). 그러므로 튀김기름을 선택할 때 기름의 산화 및 열 안정성은 매우 중요한 기준이 된다. 튀김식품의 지방산 조성은 튀김에 사용된 기름의 지방산 조성의 영향을 많이 받게 된다. 다중불포화지방산(polyunsaturated fatty acids, PUFA)의 함량이 높은 기름은 산화에 안정하지 못하므로 그러한 기름을 사용하여 튀긴 제품은 저장 안

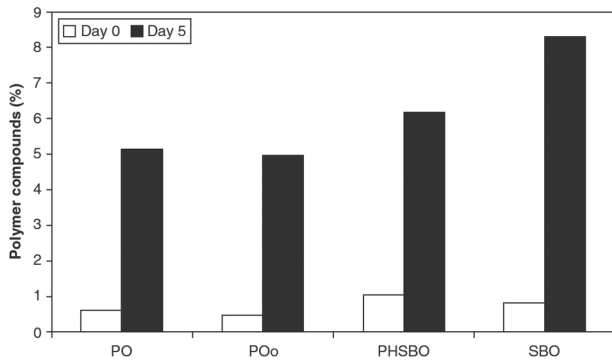


그림 6. 튀김기름의 polymer 함량 (PO, 팜기름; POo, 팜올레인; PHSBO, 부분경화공기름; SBO, 공기름)

정성은 짧아지게 된다.

모든 식물성기름과 모든 동물성지방, 동물성지방과 식물성기름의 혼합물, 또는 혼합 식물성기름은 튀김기름으로 이용될 수 있다. 튀김기름은 높은 산화안정성, 높은 발연점, 낮은 거품형성, 낮은 용점, 부드러운 맛, 좋은 영양성분을 갖는 것이 유리하다. 팜기름은 튀김기름으로서 최고의 기능을 가지고 있다고 평가되는데, 튀김에 적합한 고유한 지방산 조성(약 230°C의 높은 발연점을 가지고 있기 때문이다. 팜기름의 FFA는 0.1% 미만이고, 초기 과산화물(PV)은 1.0 meqO₂/kg 미만이며, 수분함량은 0.1% 미만으로 초기 사용 시 튀는 현상(spattering)이 나오지 않는다. 기름의 안정성은 Rancimat 안정성으로도 나타내는데 팜기름은 Rancimat으로 측정된 유도기간(induction period)은 100°C에서 51.7시간, 팜올레인은 44시간으로 나타나 팜스테아린의 55.8시간을 제외한 다른 어느 식물성기름이나 혼합 기름보다 가장 긴 유도기간, 즉 가장 높은 산화안정성을 가지고 있다. 튀김 중 기름의 빠른 중합반응을 피하기 위하여 대부분의 국가에서는 리놀렌산의 함량을 2% 이하로 제한하고 있는데 팜기름과 팜올레인은 적당량의 리놀렌산만을 함유하며, 리놀렌산과 트랜스 지방산은 함유하고 있지 않다. 이들 기름에는 많은 양의 천연 산화방지제인 토코트리엔올, 토코페롤, β-카로틴이 들어 있어 가정과 산업용 튀김에 폭넓게 사용되고 있다.

팜기름은 대규모 산업용 튀김 공정에서 오래 전부터 사용되어온 쇠고기기름(beef tallow)와 돼지기름(lard)을 대체하여, 인스턴트라면, 프렌치프라이, 프라이드 치킨, 스낵 식품, 치킨 필레와 같은 식품을 튀기는데 사용되고 있다(36). 많은 패스트푸드 레스토랑은 팜기름을 튀김에 사용하고 있다. 팜기름의 튀김 적성은 올레산 식물성기름이나 수소첨가 해바라기씨기름이나 수소첨가면화씨기름의 산화안정성 면에서 우수한데 이는 팜기름이 산화, 중합 및 거품형성을 잘 하지 않기 때문이다. 팜기름은 튀김 후에 튀김기에 끈적끈적한 중합체(polymer)가 주 성분인 잔유물을 잘 남기지 않는다(그림 6). 전 세계적으로 가장 널리 사용되는 기름은 팜올레인데 이는 팜기름(32-36°C)보다 낮은 용점(22-24°C)을 가지며 튀김식품에 왁스(waxy) 또는 기름기(greasy) 맛을 유발하지 않기 때문이다. 팜올레인은 고올레산저리놀렌산카놀라기름과 비슷한 수준의 튀김 성능을 가지고 있으며, 연속 튀김 시 12일 동안 유용하게 사용할 수 있다고 보고되었다. 튀김기름은 여과와 신선한 기름 보충 등으로 관리할 수 있다(37).

혼합유 원료기름과 조리유로서의 이용

튀김 산업에서는 튀김기름의 영양적 품질, 기능적 특성, 산화안정성 및 기술적 기능을 향상시키기 위해 변형된 튀김기름을 사용하기도 한다. 지방산사슬길이 불포화도가 다른 둘 이상의 기름을 혼합(blending)하면 새로운 특성을 갖는 튀김기름을 만들 수 있다.

블렌딩한 기름은 혼합 비율에 따라 장점과 단점을 공유하는데 상업적, 기술적, 기능적, 영양적 또는 특수 목적 등의 필요에 따라 비율을 조정한다. 블렌딩은 별도의 처리 비용이 들지 않아 널리 쓰이고 있는데, 고도포화기름과 고도불포화기름을 블렌딩하여 리놀렌산과 리놀렌산의 양을 낮추면 트랜스지방산 형성에 대한 걱정 없이 부분적 수소첨가와 유사한 결과를 얻을 수 있다. 경우에 따라서는 블렌딩한 기름을 에스테르교환반응(interesterification)을 시키는데, 기름이나 기름 혼합물에서 지방산을 재배열하여 TAG의 조성이 변경되

도록 하는 절차로서 원료 기름의 지방산 조성은 변하지 않고 유사한 화학적 조성을 가지므로 TAG와 반응하지 않는 원리를 이용한 것이다. 팜기름이나 팜올레인, 또는 그의 블렌딩 기름은 산업용 튀김기름뿐만 아니라 가정에서 조리용기름(cooking oil)로도 폭 넓게 사용되고 있다(38).

블렌딩기름의 산화안정성은 구성 개별 기름의 산화안정성에 따라 크게 좌우된다. 팜기름의 혼합기름의 산화안정성은 팜기름에 존재하는 천연 산화방지제, 특히 고농도 γ -트리에놀과 기름의 포화도에서 기인한다. 지방산 조성과 산화방지제 균형을 적절히 조정하면 튀김유의 기능성은 물론 튀김식품의 품질을 향상시키고 외관을 개선하고 제품의 유효기간을 연장시키며 기름의 가격을 낮추는데도 도움을 줄 수 있다.

마가린의 제조

규정에 의하면 마가린에 적어도 80%의 지방질이 함유되어 있어야 하는데, 많은 제품들의 지방함량은 이보다 낮은 경우가 있는데 이들은 마가린보다는 스프레드로 규정되고 있는데 이들은 종종 저지방마가린으로 불린다. 마가린은 지방질과 물, 바이타민, 기타 첨가물로 이루어진 혼합물이다. 초기에는 우유버터를 대체하기 위해 개발되었으며 현재에는 일반, whipped, soft-tub, 액체, 다이어트, 저칼로리, 제과용, 특수목적마가린 등 다양한 제품이 생산되어 기능적 특성뿐만 아니라 소비자의 영양적 특성까지 충족시켜 주고 있다. 마가린의 특성은 주요 성분인 기름의 특성에 달려 있는데, 상이한 온도에서 기름의 고형지방분함량이 최종 제품의 결정 특성에 중요한 영향을 미친다(39).

팜기름과 그 분획물은 마가린 생산에 적합하다. 팜기름/PKO와 다른 식물성기름으로 제조된 마가린은 다양한 고형지방질함량을 보유하여 tub, 패킷, 제빵용(베이커리 및 패스트리)마가린 제조에 사용된다. 열대지방에서는 팜기름/팜올레인이나 PKO와 다른 액상기름으로 마가린을 만든다. 테이블마가린의 경우 팜기름을 50%까지, 팜올레인은 60%까지 사용할 수 있다. 높은

PPP 함량을 지닌 팜스테아린은 액상기름으로 만든 마가린에 우수한 하드스톡(hard stock)으로 사용된다. 팜스테아린은 우수한 하드스톡을 제조하기 위하여 액상기름과 같이 에스테르교환 반응을 시키는데 안정된 공급, 낮은 가격, 수소첨가 공정의 불필요 등과 같은 여러 가지 이점이 있다(40).

수소첨가과정에서 생성되는 트랜스지방산의 부작용은 이미 잘 알려져 있다. 두 가지 혹은 세 가지 기름 혼합물을 에스테르교환 반응시키면 트랜스지방산이 없는 적합한 마가린을 만들 수 있다. 팜기름이나 그 분획물과 함께 특정 지역의 특화된 기름을 사용하면 마가린을 제조하면 특정 지역의 소비자의 요구를 충족시키는 제품을 만들 수 있다. 에스테르교환된 팜스테아린(60% 함량)이나 팜핵올레인(40% 함량)도 마가린 제조에 적합하다. 넓은 범위의 팜스테아린이 있기 때문에 스틱과 연성마가린 제조를 위한 다양한 조합을 만들 수 있으며, 따를 수 있는(pourable)마가린의 제조도 가능하고, 20°C에서 23%의 고형지방분을 갖는 산업용마가린도 만들 수 있다.

팜기름, 팜스테아린, 수소첨가기름은 마가린에서 부드러운 물성을 갖는 β' 형으로 안정화되려는 경향이 있다(41). 이러한 특성은 액상기름을 사용하여 마가린을 생산하는데 활용된다. 수소첨가 카놀라기름이나 해바라기씨기름을 팜기름과 같이 사용하여 부드러운(soft) 마가린을 만들면 β' 형태를 유지하면서도 액상기름의 비율을 높일 수 있다. 팜기름은 수소첨가카놀라기름과 혼합 시 β 결정화를 지연시킬 수 있다. β' 형태를 갖는 스틱마가린의 팔미트산 함량은 약 20% 정도이다. 팜스테아린이나 수소첨가팜기름을 10-20% 정도 액상기름에 첨가하면 β' 결정을 안정화시킬 수 있다. 기름의 고용용 분획 대부분의 TAG가 β' 형이면 전체 기름은 그 형태로 결정화되어, 따라서 소량의 팜기름, 특히 경질팜스테아린을 마가린이나 쇼트닝에 첨가하는 방법은 매우 유용하다. 현재는 선진국이나 개발도상국의 식량 공급에서 트랜스지방 생성 없이 마가린을 제조하는 방법으로 팜기름, 팜핵스테아린, 완전수소첨가된 액상기름과 다른 액상기름을 혼합하는 방법이 사용되고 있다.

쇼트닝의 제조

쇼트닝은 원래 라드 및 버터와 같은 자연적인 고형 지방으로 구운(baked) 식품과 같은 식감을 주는 기능을 설명하는 것이었으나, 현재는 일반적으로 유화작용, 윤향성, 구조, 폭기(aeration), 맛 및 열전달에 영향을 줄 수 있는 지방제품을 지칭한다(41). 실온에서 반고체 상태인 팜기름은 이러한 목적에 매우 적합하며 β' 결정체를 형성하여 β 형 결정체보다 더 나은 통기성을 제공한다. 쇼트닝은 마가린과 달리 100%의 지방질로 구성되며 소량의 유화제가 첨가 될 수 있다. 쇼트닝으로 용도에 따라 고형지방분함량이 다른데, 연질스테아린과 팜기름 혼합물은 쇼트닝에 필요한 고형 지방분을 제공한다.

연질쇼트닝은 팜기름, 수소첨가 팜기름, 팜스테아린, 무수유지방, 버터/저용점유지방 등으로 만들 수 있는데, 이 쇼트닝은 β' 형 결정 구조를 갖는다. 또한 yield value는 15일에서 60-1,120 g/cm², 60일에서 70-1,370 g/cm²가 된다. 수소첨가팜기름으로 만든 쇼트닝은 더 단단하지만, 무수유지방을 첨가하면 가소성 및 퍼짐성을 향상시킬 수 있다(40).

팜기름으로 만든 쇼트닝에서 볼 수 있는 사후경화 문제는 에스테르교환반응을 통하여 크림성을 향상시킴으로써 해결이 가능하다. 저지방 스프레드는 휘핑제품에는 20-25% 고형지방분이 있는데 이들이 거품생성을 결정하고 혼합물의 물방울을 안정화시키는데 도움이 되는데, 저지방스프레드에도 적용된다. 결정의 크기가 큰 β 형은 거칠고 과립상(grainy) 식감을 주기 때문에 바람직하지 않으며, 팜기름과 팜스테아린(20-40%) 혼합물은 파이, 타르트 및 카레퍼프에 적합한 좋은 페이스트리쇼트닝 제조에 사용되며, 제품에 팔미트산 함량이 높으면 지방과 설탕 혼합물의 폭기에도 좋은 것으로 나타났다(40).

바나스파티(Vanaspati)의 제조

바나스파티는 중동, 인도, 파키스탄 등에서 널리 사

용되고 있는 다용도 기름인데, 버터로 만든 기(ghee)의 대용품으로 사용되며 수소첨가기름이 바나스파티 제조에 적합한 것으로 알려져 있다. 제품의 선호도는 소비자마다 다른데 인도와 파키스탄에서는 입자가 많은(grainy) 것이 선호되는 반면 파키스탄 소비자들은 액상 기름에 입자가 많은 것을 더 선호한다. 인도에서는 건조하거나 부서지기 쉽지는 않으면서 입자가 많은 제품의 선호도가 높다. 바나스파티의 용점은 37-39℃으로 팜기름의 용점과 비슷하여 실온에서 반고체텍스처를 가지며, 에스테르교환반응과 수소첨가공정을 거치면 알갱이 모양의 점조도(granular consistency)을 얻을 수 있다(42).

트랜스지방산이 없는 바나스파티는 팜스테아린과 다른 기름으로 제조할 수 있는데 에스테르교환반응을 시키면 더 많은 팜스테아린을 넣을 수 있다. 또한 팜기름과 흰분 만으로도 만들 수 있는데, 팜기름/팜스테아린/팜올레인 또는 팜기름/팜스테아린/팜핵올레인의 삼중 블렌드으로도 만들 수 있고 수소첨가 바나스파티와 유사한 특성을 갖는다. 바나스파티는 소비자의 요구에 따라 배합을 달리 할 수 있는데 팜기름의 포함 정도에 따라 용점을 조절함으로써 가능하다.

코코아버터대응물(cocoa butter equivalents, CBE)의 제조

CBE는 모든 면에서 코코아버터와 같은 특성을 보이므로 코코아버터와 모든 비율로 혼합할 수 있는 대칭성포화TAG(SUS)가 풍부한 기름이다. CBE는 코코아버터와 같이 적당한 용점과 고형지방분함량을 제공하는 TAG(SUS)로 인하여 입안에서 급속히 녹으며 냉각 감각(cooling sensation)을 제공한다(43). POP 함량이 높은 PMF는 다른 SUS 유지와 함께 초콜릿 제조에 사용된다. PMF 70-80%와 20-30%의 시어(shea) 또는 살(sal) 스테아린, 또는 PMF 60-65%와 20-30%의 시어 또는 살스테아린, 그리고 15-20%의 일리페(illipe)로는 기본적인 초콜릿을 만들 수 있고 여기에 15%의 우유지방을 넣으면 우유초콜릿을 제조할 수 있다. 코코

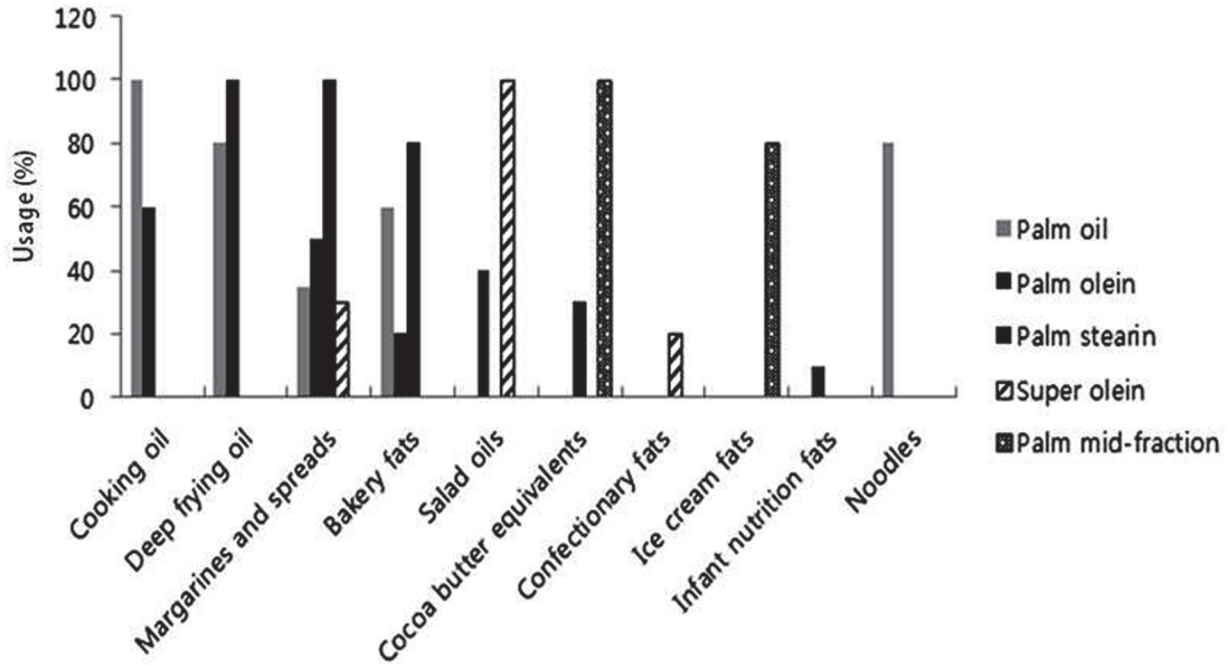


그림 7. 팜기름과 획분의 식품에서의 이용

아버터와 CBE의 상용성(compatibility)은 유지방과 그 분획물의 첨가에 따라 받는데, 무수유지방, CBE 및 코코아버터 간의 공유 상호작용(eutectic interaction)은 기름의 각각 다른 다형성으로 인해 주의할 필요가 있다.

코코아버터와 유사한 지방은 에스테르교환된 기름으로 제조할 수 있다. 비스킷버터크림충전물(butter-cream filling)은 팜스테아린(25%)과 팜핵올레인(75%) 또는 팜스테아린(25%), 팜핵올레(37.5%), PKO (37.5%)으로 제조할 수 있다(44).

기타 식용 및 비식용용도

팜기름과 그 분획물은 스낵, 비스킷, 아이스크림, 샐러드드레싱, 마요네즈 등에서 사용된다(그림 7). 지방질은 이러한 모든 식품에서 핵심적인 역할을 하며 팜기름 제품을 사용하면 전통적으로 사용되어온 일부 기름을 대체할 수 있다. 아이스크림에 적합한 지방은 5℃와 -5℃에서는 부분적으로 고체이어야 하고, 37℃에서는 완전한 액체이어야 좋은 '용융' 느낌을 줄 수 있다.

버터와 비슷한 고형지방분함량을 갖도록 제조한 팜기름은 아이스크림 제조에 적합한 특성을 가지며, PKO도 아이스크림 제조에 많이 사용된다.

샐러드기름, 드레싱 및 마요네즈는 채소, 고기 및 기타 재료를 혼합하는데 사용되는데 마요네즈에는 식물성기름, 산성화제 및 계란노른자가 들어 있다. 유화제품에서 기름의 안정성이 중요하다. 샐러드드레싱은 기름, 달걀노른자, 산성화제 및 기타 첨가물을 포함하는데 이 제품에 사용되는 기름은 일반적으로 고도불포화기름이다. 팜올레인과 고도불포화기름의 혼합물은 고도불포화기름만을 단독으로 사용할 때보다 우수한 산화안정성과 보존성을 제공할 수 있다. 레드팜올레인(red palm olein)은 높은 함량의 카로티노이드를 함유하고 있어 샐러드드레싱에 사용될 수 있지만 붉은 색상을 띤다. 팜기름은 유지방대체우유, 가공치즈, 유지방대체요거트, 제과, 수프믹스, 땅콩버터, 조리용소스 등의 제조에도 사용되고 있다(14).

팜기름의 비식용 용도는 유화학제품 제조가 주를 이루는데, 전통적으로 쇠기름과 코코넛기름의 가수분해

또는 알코올분해 방식에 의해서 C16-C18 및 C12-C14 사슬길이의 유화학제품을 제조하여 왔다(45). 1980년대 들어서면서부터는 팜기름과 그 분획물은 유화학 산업의 주요 원료가 되었는데 기본적인 유화학제품으로 지방산, 에스테르, 알코올, 질소화합물 및 글리세롤 등이 있다. 지방산은 향과 향료 산업에 사용되는 중쇄 TAG, 고무제품의 가공보조제 및 연화, 가소제, 양초, 화장품 제조(미리스탄, 팔미트산, 스테아린산), 중화공정을 통한 비누 생산, 비금속 또는 비나트륨비누 생산 등에 이용된다. 지방산에스테르는 지방산비누보다 품질이 우수한 순수비누 생산, 제품 세척 및 세정을 위한 활성성분인 알파솔폰메틸에스테르(음이온성 계면활성제) 제조, 차량 및 엔진용 디젤 연료의 대체 물질(biodiesel)로서 팜기름기반 메틸에스테르의 제조에 사용되고 있다. 지방산알코올은 지방산 알코올황산염(음이온성 계면활성제), 지방산알코올에테르황산염(음이온성 계면활성제) 등의 세척 및 세정 제품 제조에 사용된다. 지방산질소화합물은 표면활성을 가진 이미다졸린, 연화제 제조 등에 사용된다. 글리세롤, MAG, DAG는 의약품용 용매, 보습제, 화장품, 담배, 안정제, 윤활제, 부동액 등의 제조에 사용되고 있다.

근래 들어 주목을 받고 있는 바이오디젤 생산에는 팜기름이 원료로서 많이 사용되고 있는데, 이는 팜기름이 건강상의 이점과 동시에 바이오 디젤 생산을 위한 지속 가능한 공급 원료인 식용유라는 사실이 분명하기 때문이다. 적절한 관리와 전략을 통해 팜기름에서 바이오디젤을 생산하는 것은 향후 약 10년 동안 식용유지류의 세계 공급을 위협하지 않는 것으로 나타났다(46,47).

팜기름과 인체 영양

미국심장협회와 세계보건기구는 인체의 영양에 이상적인 유지류의 지방산 조성을 포화, 단일불포화, 고도불포화 지방산의 비율이 1:1:1이라고 발표하였다. 팜기름에는 포화지방산(주로 팔미트산)과 불포화지방산(주로 올레산)이 같은 비율로 들어 있어 간혹 포화지방

로 분류되는 경우가 있었다. 포화지방은 심장질환과 관련이 있기 때문에 팜기름과 팜기름 분획물은 오랜 기간 건강에 해로운 지방으로 여겨져 왔다. 그러나 역설적이게도 포화지방산은 인체세포막 인지지방지방산의 절반과 건강한 인체의 TAG 지방산 중의 3분의 1을 차지하고 있다. 많은 연구에도 불구하고 포화지방과 건강을 연결시키는 합리적인 메커니즘은 아직도 밝혀지지 않았고, 장기간의 포화지방 섭취가 비전통적 및 식이 위험요인에 맞춰 조정되었을 때 심장질환과의 유의적인 관련성도 보이지 않고 있다(48,49).

팜기름과 인체영양에 관한 많은 연구도 많이 이루어져 팜기름의 지방산과 미량성분이 영양 및 인체생리에 미치는 효과가 보고되었다(50-52). HDL수치를 최대화하기 위해서는 리놀레산과 팔미트산의 균형이 필요한데, PKO이나 야자기름(coconut oil)에서 유래한 라우르산과 미리스탄의 조합을 CPO나 팜올레인의 팔미트산으로 치환하면 혈장 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤이 감소하는 것으로 나타났다. 팜올레인과 돼지기름(lard)이 올리브기름과 비교하여 총 콜레스테롤을 증가시켰다는 보고도 있으나($p < 0.01$), 팜올레인이 올리브기름보다 혈장 TAG 농도를 더 낮춘다는 보고도 있다($p < 0.01$). 이 연구는 결론적으로 혈장HDL-콜레스테롤, 고감도C-반응성 단백질, 플라즈미노겐활성제-1, 인슐린 및 포도당농도에서 차이를 보이지 않는다고 보고하였다.

최근의 연구 결과에 따르면 관상동맥질환 발생의 위험은 총콜레스테롤과 HDL/LDL 콜레스테롤의 비율에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 포화지방이 풍부한 식이는 HDL 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤 모두를 증가시키는 것으로 나타났는데, 이는 포화지방산이 각각 50%와 40% 미만인 팜기름과 팜올레인이 인체 건강에 해를 끼치지 않는다는 것을 보여 준다. 많은 경우 팜기름은 다른 불포화기름과 혼합되어 사용된다. 지방의 전체적인 포화도가 심장질환에 영향을 미치는 유일한 요소는 아니고 포화지방산의 종류와 TAG 내 지방산의 위치가 중요하다는 연구 결과가 보고되었다(53,54). 동물연구에 따르면 식이 내 TAG의 특정지방

산의 입체특이적분포를 조절하면 아테롬죽종성경화잠재력(atherogenic potential)에 영향을 줄 수 있다고 보고되었다(55). 즉 *sn*-2 위치에서 팔미트산 수준이 증가할 때 관상동맥경화 증상이 증가한다는 것을 보여주었는데 *sn*-2 위치에 주로 올레산과 리놀레산등의 불포화지방산이 있는 팜기름과 팜올레인은 일반적으로 콜레스테롤 상승효과를 나타내지 않는 원인이 될 수 있다. 다른 식물성기름과 비교하여 볼 때 팜기름 TAG의 *sn*-2 위치의 팔미틴 함량은 콜레스테롤 상승을 유도하기에 충분해 보이지 않는다. 그러나 *sn*-2 위치의 팔미트산이 *sn*-1,3 위치에서 팔미트산을 함유한 식사보다 공복 시 총 콜레스테롤을 약간 낮추었다는 보고도 있다. 연구에 따르면 팜올레인 식이는 단일불포화지방산 함량이 높은 올리브기름 식이와 비교하여 비슷한 총 콜레스테롤 수치와 LDL 콜레스테롤 수치를 보였다. 이는 팜기름에는 지방산 조성으로 규명되는 이외의 다른 영양 및 건강증진 기능이 있는 미량성분이 있다는 점을 의미한다. 결론적으로 말하면 모든 천연기름을 골고루 사용하는 상식적인 식사방법이 이상적인 영양섭취 방법이라 할 수 있다(56,57).

팜기름의 3-MCPD와 글리시딜에스터

3-모노클로로프로판-1,2-다이올(3-monochloropropane-1,2-diol, 3-MCPD)은 지방질 또는 지방질 함유 식품에서 TAG, 인지지방질 또는 글리세롤 및 염산의 반응 생성물로서 열에 의해 형성된 식품 오염물질이다. 식품의 유형에 따라 지방산이 포함된 에스테르형태나 유리 형태로 생성될 수 있다. 글리시딜에스터(glycidyl esters, GE)는 일반적으로 식물성기름을 고온에서 정제할 때 형성되는 화합물로서 마가린과 식물성기름에서 발생할 수 있으나 빵, 비스킷 등 맥아에 사용한 식품에서는 함량이 낮다. 3-MCPD는 동물실험 결과 신장과 생식 기능을 떨어뜨리는 것으로 알려져 있으며 세계보건기구 산하 국제암연구소(IARC)는 3-MCPD를 2B군 발암물질(인체 발암가능성이 있는 물질)로 규정하고 있다(58,59).

유채기름, 콩기름, 해바라기씨기름, 옥수수배아기름 등의 3-MCPD 평균 함량은 0.5-2.8 mg/kg 정도로 알려져 있으나, 팜기름의 경우에는 평균 함량은 4.5 mg/kg으로 다른 식물성기름보다 높은 것으로 알려져 있다. 3-MCPD 에스테르는 정제과정, 특히 탈취과정 중에 많이 형성되며 탈취온도의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 이외에도 3-MCPD 에스테르의 형성에 기여할 수 있는 요소는 탈검산도, 탈색토의 종류, 염화물함량 등이 있다(60).

팜기름의 3-MCPD 함량을 낮추기 위해서는 탈취공정의 온도와 체류시간을 줄이는 외에 열매의 인지지방질 및 유리지방산을 줄이기 위하여 수확 즉시 멸균하여 탈검 및 탈취를 용이하게 할 수 있도록 하여야 하며, 탈색 과정에서 중성 또는 중성에 가까운 pH를 갖는 천연 및 산성 활성백토를 사용하며, 효과적인 탈검을 위하여 인산의 양을 충분히 넣되 탈색 전에는 산도를 낮춰야 효과를 볼 수 있다. 또한 양질의 원유를 사용하거나 화학적 탈산을 하면 3-MCPD 형성을 감소시킬 수 있다(61).

팜기름의 지속가능한 생산

팜기름은 식물성기름 세계 생산량의 약 30%를 차지하며 세계에서 가장 많이 생산되는 식물성기름이며, 단위면적당 기름 생산능력도 제일 높다. 팜기름을 지속가능한(sustainable) 자원으로 만들기 위하여 생물학적 방제를 통한 해충관리, 제로-폐기물 전략, 토양관리, 천연비료, 바이오제품 이용 등이 이루어지고 있고, 지구의 이산화탄소를 효과적으로 흡수하는 숲의 역할을 하고 있다. 사회경제적으로는 농민들에게 기름팜나무를 재배하게 하여 소득을 증가시키기도 하였다(16,62,63).

팜기름의 지속가능한 생산에 관한 문제는 팜기름 세계 1, 2위의 생산국인 말레이시아와 인도네시아에서 제기되어 RSPO (Round table on Sustainable Palm Oil)을 탄생시켰다. 현재 팜기름의 최대 수입국인 인도, 중국 및 유럽 등에서 지속적으로 높은 수요가 발생할 것으로 예상되고, 서 아프리카 및 라틴 아메리카에서는

새로운 농업자원으로서 팜기름이 대두될 것으로 예상되므로 지속 가능한 팜기름 생산 체제를 갖추는 것이 중요하고 필요한 조치라 사료된다. 이를 촉진하기 위해서는 필요한 지식과 기술을 개발하고 정보의 격차를 줄여야 하는데 이에 관한 학술 연구는 기술 및 정책관련 솔루션을 개발하는데 도움을 줄 것이다.

결론

팜기름은 포화 및 불포화지방산이 거의 같은 비율로 함유되어 있다. 팔미트산은 주요 포화지방산이며 올레산은 단일불포화지방산이다. 팜기름은 실온에서 반고체로서 카로틴, 라이코펜, 토코트리엔놀, 토코페롤이 다량 함유되어 있다. 팜기름은 액체인 팜올레인과 고체인 팜스테아린으로 분획되어 기름의 유용성이 다양화될 수 있다. 팜기름은 대부분의 다른 식물성기름보다 발연점이 높고, 지방산 조성과 천연 산화방지제의 함유로 인하여 산화안정성이 높아 수소첨가공정 없이 튀김용기름으로 널리 사용된다. 팜기름은 블렌딩이나 에스테르교환반응을 거쳐 마가린, 쇼트닝 등의 제조에 적합한 특성을 갖도록 가공되기도 한다. 팜기름은 지속가능한 식량자원, 낮은 생산비용과 가공비용, 높은 가용성 등의 이점을 가지고 있다.

참고문헌

- Hartley CWS. The oil palm. Longmans, Green and Co. Ltd., London, U.K. (1967)
- Sambanthamurthi R, Sundram K, Tan YA. Chemistry and biochemistry of palm oil. *Prog. Lipid Res.* 39: 507-558 (2000)
- Oil World. Oil World Annual 2016. ISTA Mielke GmbH, Hamburg, Germany (2016)
- Nagendran B, Unnithan UR, Choo YM, Sundram K. Characteristics of red palm oil, a carotene- and vitamin E-rich refined oil for food uses. *Food Nutri. Bull.* 21: 189-194 (2000)
- Mba OI, Dumont MJ, Ngadi M. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry-A review. *Food Biosci.* 10: 26-41 (2015)
- Owolarafe OK, Faborode MO, Ajibola OO. Comparative evaluation of the digester-screw press and a hand-operated hydraulic press for palm fruit processing. *J. Food Eng.* 52: 249-255 (2002)
- Tan CH, Ghazali HM, Kuntom A, Tan CP, Ariffin AA. Extraction and physicochemical properties of low free fatty acid crude palm oil. *Food Chem.* 113: 645-650 (2009)
- Ahmad AL, Ismail S, Bhatia S. Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology. *Desalination.* 157: 87-95 (2003)
- Rupani PF, Singh RP, Ibrahim MH, Esa N. Review of current palm oil mill effluent (POME) treatment methods: vermicomposting as a sustainable practice. *World App. Sci. J.* 11: 70-81 (2010)
- Gibon V, De Greyt W, Kellens M. Palm oil refining. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 315-335 (2007)
- Rossi M, Gianazza M, Alamprese C, Stanga F. The effect of bleaching and physical refining on color and minor components of palm oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 78: 1051-1055 (2001)
- Kellens M, Gibon V, Hendrix M, De Greyt W. Palm oil fractionation. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 336-349 (2007)
- Zaliha O, Chong CL, Cheow CS, Norizzah AR, Kellens MJ. Crystallization properties of palm oil by dry fractionation. *Food Chem.* 86: 245-250 (2004)
- Lin SW. Palm Oil. in *Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses*, pp.25-58, ed. Gunstone FD, Blackwell Publishing Ltd., West Sussex, UK (2011)
- Yang H, Yan R, Chin T, Liang DT, Chen H, Zheng C. Thermogravimetric analysis- Fourier transform infrared analysis of palm oil waste pyrolysis. *Energy Fuels.* 18: 1814-1821 (2004)
- Basiron Y. Palm oil. in *Bailey's industrial oil and fat products*. 6th ed., ed. Hui YH. vol. 2, John Wiley and Sons. New York, USA (2005)
- O'Brien RD. Fats and oils: Formulating and processing for applications. 3rd ed. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA (2010)
- Man YC, Haryati T, Ghazali HM, Asbi BA. Composition and thermal profile of crude palm oil and its products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76: 237-242 (1999)
- Hardon JJ, Rao V, Rajanaidu N. A review of oil-palm breeding. *Prog. Plant Breed.* 1: 139-163 (1985)
- Braipson-Danthine S, Gibon V. Comparative analysis of triacylglycerol composition, melting properties and polymorphic behavior of palm oil and fractions. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 359-372 (2007)
- Bansal G, Zhou W, Barlow PJ, Lo HL, Neo FL. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food Chem.* 121: 338-347 (2010)
- Cheong LZ, Tan CP, Long K, Yusoff MSA, Arifin N, Lo SK, Lai OM. Production of a diacylglycerol-enriched palm olein using lipase-catalyzed partial hydrolysis: Optimization using response surface methodology. *Food Chem.* 105: 1614-1622 (2007)
- Adhikari P, Shin JA, Lee JH, Hu JN, Zhu XM, Akoh CC, Lee KT. Production of trans-free margarine stock by enzymatic interesterification of rice bran oil, palm stearin and coconut oil. *J. Sci. Food Agricul.* 90: 703-711 (2010)

24. Sonoda T, Takata Y, Ueno S, Sato K. DSC and synchrotron-radiation X-ray diffraction studies on crystallization and polymorphic behavior of palm stearin in bulk and oil-in-water emulsion states. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81: 365-373 (2004)
25. Sonwai S, Kaphueakngam P, Flood A. Blending of mango kernel fat and palm oil mid-fraction to obtain cocoa butter equivalent. *J. Food Sci. Technol.* 51: 2357-2369 (2014)
26. Young FVK. Palm kernel and coconut oils: analytical characteristics, process technology and uses. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 60: 374-379 (1983)
27. Traitler H, Dieffenbacher A. Palm oil and palm kernel oil in food products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62: 417-421 (1985)
28. Zaidul ISM, Norulaini NN, Omar AM, Smith RL. Blending of supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) extracted palm kernel oil fractions and palm oil to obtain cocoa butter replacers. *J. Food Eng.* 78: 1397-1409 (2007)
29. Lietz G, Henry CJK. A modified method to minimise losses of carotenoids and tocopherols during HPLC analysis of red palm oil. *Food Chem.* 60: 109-117 (1997)
30. Goh SH, Choo YM, Ong SH. Minor constituents of palm oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62: 237-240 (1985)
31. Zou Y, Jiang Y, Yang T, Hu P, Xu X. Minor constituents of palm oil: Characterization, processing, and application. In *Palm oil: Production, processing, characterization and uses*. pp.471-524. eds. Lai OM, Tan CP, Akoh CC, AOCS Press. Urbana, Illinois, USA (2012)
32. Gee PT. Analytical characteristics of crude and refined palm oil and fractions. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 373-379 (2007)
33. Choe E, Min DB. Chemistry of deep-fat frying oils. *J. Food Sci.* 72: R77-R86 (2007)
34. Yoon SH, Kim SK, Shin MG, Kim KH. Comparative study of physical methods for lipid oxidation measurement in oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62: 1487-1489 (1985)
35. Esterbauer H. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. *Am. J. Ceinical. Nutri.* 57: 779S-785S (1993)
36. Matthäus B. Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 400-409 (2007)
37. Berger KG. The use of palm oil in frying. *Malaysian Palm Oil Promotion Council* (2005)
38. Yoon SH, Kim SK, Kim KH, Kwon TW, Teah YK. Evaluation of physicochemical changes in cooking oil during heating. *J. Am Oil Chem. Soc.* 64: 870-873 (1987)
39. Duns ML. Palm oil in margarines and shortenings. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62: 408-410 (1985)
40. Nor Aini I, Miskandar MS. Utilization of palm oil and palm products in shortenings and margarines. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 422-432 (2007)
41. Yap PH, De Man JM, De Man L. Polymorphism of palm oil and palm oil products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 66: 693-697 (1989)
42. Aini IN, Maimon CC, Hanirah H, Zawiah S, Man YC. Trans-free vanaspati containing ternary blends of palm oil-palm stearin-palm olein and palm oil-palm stearin-palm kernel olein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76: 643-648 (1999)
43. Abigor RD, Marmor WN, Foglia TA, Jones KC, DiCiccio RJ, Ashby R, Uadia PO. Production of cocoa butter-like fats by the lipase-catalyzed interesterification of palm oil and hydrogenated soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80: 1193-1196 (2003)
44. Undurraga D, Markovits A, Erazo S. Cocoa butter equivalent through enzymic interesterification of palm oil midfraction. *Process Biochem.* 36: 933-939 (2001)
45. Gunstone FD. Supplies of vegetable oils for non-food purposes. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 113: 3-7 (2011)
46. Rupilius W, Ahmad S. Palm oil and palm kernel oil as raw materials for basic oleochemicals and biodiesel. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 433-439 (2007)
47. Sumathi S, Chai SP, Mohamed AR. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 12: 2404-2421 (2008)
48. Kritchevsky D, Tepper S, Kuksis A, Wright S, Czarnecki S. Cholesterol vehicle in experimental atherosclerosis. 22. Refined, bleached, deodorized (RBD) palm oil, randomized palm oil and red palm oil. *Nutr. Res.* 20: 887-892 (2000)
49. Mukherjee S, Mitra A. Health effects of palm oil. *J. Hum. Ecol.* 26: 197-203 (2009)
50. Sundram K, Sambanthamurthi R, Tan YA. Palm fruit chemistry and nutrition. *Asia Pac. J. Clin. Nutri.* 12: 355-362 (2003)
51. McNamara DJ. Palm oil and health: a case of manipulated perception and misuse of science. *J. Am. Coll. Nutri.* 29(sup3): 240S-244S (2010)
52. Fattore E, Fanelli R. Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *Int. J. Food Sci. Nutri.* 64: 648-659 (2013)
53. Zock P, de Vries J, Katan M. Impact of myristic acid versus palmitic acid on serum lipid and lipoprotein levels in healthy women and men. *Arterios. Thrombo. Vasc. Biol.* 14: 567-575 (1994)
54. Mancini A, Imperlini E, Nigro E, Montagnese C, Daniele A, Orrù S, Buono P. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effects on health. *Molecules.* 20: 17339-17361 (2015)
55. Hunter J. Studies on effects of dietary fatty acids as related to their position on triglycerides. *Lipids*, 36: 655-668 (2001)
56. Sen C, Rink C, Khanna S. Palm oil-derived natural vitamin E α -tocotrienol in brain health and disease. *J. Am. Col. Nutr.* 29(sup3): 314S-323S (2010)
57. May CY, Nesaretnam K. Research advancements in palm oil nutrition. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 116: 1301-1315 (2014)
58. Wallace H, Jan A, Barregård L, Bignami M, Ceccatelli S, Cottrill B, Hoogenboom LR. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *EFSA J.* (2016)



59. Ramli, M. R., Lin SW, Ibrahim NA, Hussein R, Kuntom A, Razak RAA, Nesaretnam K. Effects of degumming and bleaching on 3-MCPD esters formation during physical refining. *J. Am Oil Chem. Soc.* 88: 1839-1844 (2011)
60. Matthäus B, Pudel F, Fehling P, Vosmann K, Freudenstein A. Strategies for the reduction of 3-MCPD esters and related compounds in vegetable oils. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 113: 380-386 (2011)
61. Zulkurnain M, Lai OM, Tan SC, Abdul Latip R, Tan CP. Optimization of palm oil physical refining process for reduction of 3-monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) ester formation. *J. Agri. Food Chem.* 61: 3341-3349 (2013)
62. Lam MK, Tan KT, Lee KT, Mohamed AR. Malaysian palm oil: Surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13: 1456-1464 (2009)
63. Basiron Y. Palm oil production through sustainable plantations. *Euro. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 289-295 (2007)