

## 잣기름을 활용한 혼합유의 지방산 분석

권민희<sup>1+</sup>, 정상미<sup>2+</sup>, 정봉환<sup>3</sup>, 김송근<sup>4</sup>, 변상직<sup>5</sup>, 라문진<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup>(재)홍천메디칼허브연구소 연구원, <sup>2</sup>(재)홍천메디칼허브연구소 전임연구원, <sup>3</sup>(재)홍천메디칼허브연구소 연구소장, <sup>4</sup>홍천명품잣영농조합법인 이사, <sup>5</sup>홍천명품잣영농조합법인 대표, <sup>6</sup>(재)홍천메디칼허브연구소 실장

## Analysis of Fatty Acid Composition in Oil Blends using Pine Nut Oil

Min-Hee Kwon<sup>1+</sup>, Sang-Mi Jung<sup>2+</sup>, Bong-Hwan Chung<sup>3</sup>, Song-Geun Kim<sup>4</sup>, Sang-Jik Byun<sup>5</sup>, Moon-Jin Ra<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Hongcheon Institute of Medicinal Herb, Hongcheon 25142, Korea

<sup>2</sup>Associate Researcher, Hongcheon Institute of Medicinal Herb, Hongcheon 25142, Korea

<sup>3</sup>Chief Executive Officer, Hongcheon Institute of Medicinal Herb, Hongcheon 25142, Korea

<sup>4</sup>Director, Hongcheon Pine Nut INC, Hongcheon 25164, Korea

<sup>5</sup>President, Hongcheon Pine Nut INC, Hongcheon 25164, Korea

<sup>6</sup>Principal Investigator, Hongcheon Institute of Medicinal Herb, Hongcheon 25142, Korea

\*Corresponding author: Moon-Jin Ra (E-mail: ramj90@himh.re.kr)

†These authors contributed equally to this work.

### ABSTRACT

Received: 23 September 2021

Revised: 8 October 2021

Accepted: 12 October 2021

Among fatty acids, omega-3 and omega-6 fatty acids are called polyunsaturated fats because they have several double bonds. Both are biologically active and play an important role in immune system and metabolism processes in the body. The intake of omega-3 and omega-6 fatty acids in a ratio of 1:4 – 5, which is recommended by the World Health Organization for a balanced nutrition, can help prevent the onset of insulin resistance, depression, high blood pressure, stroke, and obesity. However, in modern diets, people consume too much omega-6 fatty acids. One reason is the consumption of mostly vegetable oils, which contain a high amount of omega-6 fatty acids. We hypothesized that a proper mix of oil extracted from pine nuts and general oils could provide the desirable functional benefits through ensuring a 1:4 – 5 ratio of omega-3 to omega-6 fatty acids. Therefore, this study investigated whether mixing pine nut oil with general oils could provide the ideal composition ratio of 1:4 – 5 of omega-3 to omega-6 fatty acids. Perilla, hazelnut, olive, avocado, and hemp seed oils were selected as the candidates for mixing with pine nut oil. The individual profiles of fatty acids and the omega-3:omega-6 fatty acids ratio in the mixtures were analyzed using a GC-FID system. Our results showed that the mixture of 85% pine nut oil and 15% perilla oil had an optimal omega-3 to omega-6 fatty acids ratio of 1:4 – 5. These findings suggest that the proportioned mixture of pine nut oil and perilla oil has the potential to develop oil blends with improved functionality.

**Keywords:** Blend oil, Fatty acids, Pine nut oil, *Pinus koraiensis*



## 서론

생체 내 대사 과정은 다양한 영양소 들을 필요로 하며 특히 지방의 경우에는 체내 세포, 조직, 기관과 다양한 대사에 서 참여하는 주요 에너지원으로 알려져 있다(Fetterman et al., 2009). 지방은 탄소 수와 이중결합의 유무와 위치에 따라 크게 포화지방산, 단일불포화지방산, 다불포화지방산으로 분류된다. 불포화지방산의 경우 구조적 차이로 나눌 수 있으며 오메가-3 및 오메가-6계 지방산으로 분류할 수 있다. 메틸기(-CH<sub>3</sub>)로부터 이중결합의 위치가 3번째(n-3), 6번째(n-6)에 따라  $\omega$ -3(오메가-3, n-3)와  $\omega$ -6(오메가-6, n-6)로 분류하게 된다(Behr, 1994; Flachs et al., 2009). 불포화 지방산은 체내에서 신경 전달 물질 시스템의 구성 요소로  $\omega$ -3와  $\omega$ -6는 체내 인지질 막 형성을 위한 대사에서 주요한 구성 성분이다(Hibbeln and Salem, 1995). 알파-리놀렌산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3,  $\omega$ -3)와 리놀레산(linoleic acid, C18:2,  $\omega$ -6)는  $\omega$ -3와  $\omega$ -6 계열 지방산 생성 대사 과정의 개시 물질로 알려져 있다. 하지만 이 개시 물질을 생성하는 불포화효소가 체내에는 존재하지 않으므로 음식 섭취를 통해서만 체내 공급이 가능하다.  $\omega$ -3는 생선과 호두, 아몬드 등의 견과류에서,  $\omega$ -6는 육류를 통한 공급이 가능하다. 하지만, 육류 위주의 식습관 변화에 따라  $\omega$ -3와  $\omega$ -6 섭취의 불균형을 초래하였고 상대적으로  $\omega$ -3 섭취량이 감소하게 되었다.  $\omega$ -3와  $\omega$ -6의 섭취 불균형은 체내 다양한 염증 반응에 영향을 줄 수 있다.  $\omega$ -6 계열 지방산인 아라키돈산(arachidonic acid, C20:4)는 대사과정을 통해 에이코사노이드(eicosanoids)를 생성한다. 이 대사 물질은 생체 내 활성도가 높은 물질로 혈관 내 혈전과 콜레스테롤 형성 반응에 영향을 줄 수 있다(Simopoulos, 2011). 따라서, 균형 잡힌  $\omega$ -3와  $\omega$ -6의 섭취가 중요하다. 다중불포화지방산, 단일불포화지방산과 포화지방산의(P/M/S, polyunsaturated/monounsaturated/saturated) 비율에 따른 국내의 영양 권장량에 따르면 1/1.0 - 1.5/1로, 다불포화지방산과 포화지방산의 섭취를 총 열량의 6% 내  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 비율은 1:4 - 1:10의 범위로 권장하고 있다(Lee et al., 2014). WHO의 경우에는, 불포화 지방산의 섭취를 총 열량의 6 - 10% 내  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 섭취 비율은 1:4 - 1:5(1 - 2%:5 - 8%)의 범위를 권장하고 있다(Nishida et al., 2004). 하지만, 섭취 비율 권장량을 음식만으로 섭취하기가 어렵다. 따라서, 섭취가 용이한  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 권장 비율을 가지는 간편한 식품 개발이 필요할 것으로 보인다.

잣의 일반 성분 비율은 지방 70%, 단백질 15%, 탄수화물 5%로 많은 지방을 함유하고 있다. 잣의 선행연구결과에 따르면 올레산(oleic acid, C18:1n-9, *cis*), 리놀레산(linoleic acid, C18:2), 에이코센산(eicosenoic acid, C20:1) 등의 많은 불포화 지방산을 함유한 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2014). 본 연구에서는 다양한 불포화지방산의 비율이 높은 잣기름을 이용하여  $\omega$ -3/ $\omega$ -6의 영양학적 섭취 1:4 - 1:5 비율의 혼합유 개발을 위해 잣기름과 타 식용유지 내 지방산 조성을 확인하고자 한다. 또한, 각 착유 방식에 따른 잣기름의 지방산 조성을 확인하였다. 잣기름과 타 식용유지는 국내외 헤이즐넛유 및 들기름을 포함한 7종류의 타 식용유지에 대하여 37종 지방산 분석을 진행하였다. 지방산 분석은 식품공전 내 지방산 분석법을 통해 각 식물성 유지 내 함유된 지방산을 메탄올성 수산화나트륨용액으로 처리하여 알칼리염을 만든 후 트리플루오르보란메탄올(boron trifluoride-methanol)용액을 가하여 가열을 통해 지방산 메틸에스테르화(fatty acid methyl ester, FAME)로 유도체화 시킨 후 GC-FID 장비를 이용하여 지방산 분석을 진행하였다. 각 식용유지 내 함유된 지방산 분석 결과  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 함유 비율과 잣기름과 타 식용유지 혼합 시 예상되는  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 이론적 예상 비율을 확인하였다. 본 실험 결과는 섭취가 용이한 영양학적 권장  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 비율(1:4 - 1:5)의 혼합유 개발을 위한 기초 자료로 활용 가능할 것이라 판단된다.

## 재료 및 방법

### 착유 방식에 따른 잣기름 확보와 타 식용유지 선정

잣기름은 강원도 홍천군 기업인 홍천명품잣영농조합법인으로부터 제공받았다. 식용 유지의 제조 과정은 일반적으로 볶음, 압착, 착유, 정제, 충전 순서로 진행된다. 국제적으로 분류하는 오일 추출의 방식은 저온 압착(cold pressed), 고온 압착(hot pressed) 및 용매 추출(solvent extracted)로 나눌 수 있으며 각 착유 방식에 따른 장/단점을 가진다. 제공 받은 잣기름은 저온 압착방식과 볶음 방식의 방법으로 저온 압착방식 잣기름 1종과 볶음 방식의 잣기름 1종을 제공받았다. 타 식용 유지는 헤이즐넛유, 들기름, 올리브유, 아보카도유, 햄프씨유로 선정하였다. 헤이즐넛유는 홍천군 관내 기업 생산 및 수입산 2종류의 헤이즐넛유를 확보하여 비교하였다.

### 식용 유지 내 함유된 지방산 추출

지방 추출은 메탄올(methanol), 클로로포름(chloroform)의 유기용매를 순차적으로 시료에 첨가한 뒤 물을 시료에 혼합하는 두 단계별 추출 방법인 블라이-다이어(Bligh-Dyer)법을 사용하였다. 블라이-다이어(Bligh-Dyer)법은 2종 이상의 액체 혼합 시 서로 용해하여 합쳐지는 성질인 혼화성 원리를 이용하는 단계별 추출법이다(Breil et al., 2017). 먼저 균질화 된 검체 약 50 mg을 칭량하여 시험관에 넣고 2.5 mL 메탄올(methanol)을 첨가한 후, 1.25 mL의 클로로포름(chloroform)을 첨가하여 혼합하였다. 상온에서 10분 방치 후 1.25 mL의 클로로포름(chloroform)을 첨가하여 진탕 추출을 진행하였다. 1-2% 염화포타슘(potassium chloride) 1.25 mL을 넣고 혼합하고 1811 × g에서 5분간 원심분리 하였다. 원심 분리 후 유리 튜브 하층(클로로포름)을 분액 후 질소농축기를 이용하여 농축하였다.

### 표준용액 및 시험용액의 유도체화

36종 지방산 메틸에스테르(fatty acid methyl ester, FAME)에 내부 표준 물질 에스테르(ester)가 포함된 표준 용액인 혼합 지방산 메틸에스테르(FAME mixture 37종)를 표준용액으로 하였다. 내부표준용액은 지방산 표준 용액의 감응도보다 높아야 하며, 지방산 메틸에스테르(undecanoic acid methyl ester)를 이소옥탄(iso-octane)에 녹여 내부표준용액으로 하였다. 지방 추출이 완료된 시험관의 분해물에 내부표준용액(시험 용액은 내부표준물 간섭 확인을 위해 내부표준용액 대신 클로로포름 1 mL를 첨가) 첨가 후 0.5 N 메탄올성 수산화나트륨용액 1.5 mL를 가하고 질소가스를 주입 후 뚜껑을 덮고 혼합하여 100°C heating block에서 5분간 가온 하였다. 냉각 후 14% 트리플루오로보란메탄올(boron trifluoride-methanol) 용액 2 mL를 가하고 다시 질소가스를 주입 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합하여 100°C에서 30분간 가온 하였다. 30-40°C로 냉각하여 이소옥탄(iso-octane)용액 1mL를 가하여 질소가스를 주입 후 뚜껑을 덮고 30초간 격렬히 진탕하였다. 포화 염화나트륨용액 5 mL를 가하고 질소가스를 주입 후 뚜껑을 덮고 다시 진탕하였다. 상온에서 냉각 후 수층으로부터 분리된 이소옥탄(iso-octane)층을 무수황산나트륨(sodium sulfate)으로 탈수하여 시험용액으로 사용하였다.

### 기체크로마토그래피(GC-FID) 조건

각 착유 방식에 따른 잣기름과 들기름 외 6종의 식용 유지 분석은 식품공전 내 지방산 분석법을 적용하였다. 지방 추출 후 메탄올성 수산화나트륨용액으로 알칼리염을 만든 후 트리플루오로보란메탄올(boron trifluoride-methanol) 용액을 가하여 가열을 통해 메틸에스테르화(fatty acid methyl ester, FAME)로 유도체화 시킨 후 이소옥탄(iso-octane)

에 녹여 SP-2560(100 m × 0.25 mm, 0.2 μm)가 장착된 GC-FID 장비를 이용하여 지방산 분석을 진행하였다. GC-FID 분석은 주입부 온도: 220°C, 검출기 온도: 285°C, 유량: 헬륨(He) 0.75 mL/min, 컬럼 온도: 100°C에서 4분간 유지 후 3°C/min의 비율로 240°C까지 온도를 상승시킨 뒤 15분 이상 유지, split ratio 200:1, 주입량 1 μL 로 하였다. GC-FID 분석결과는 각 지방산의 메틸에스테르(methyl ester)이므로 각 지방산 별 전환 계수를 이용하여 해당지방산으로 전환하였다. 트랜스(*trans*)형의 지방산의 경우 동일한 분자량을 갖는 시스(*cis*)형 지방산과 동일한 전환 계수를 이용하여 전환하였다.

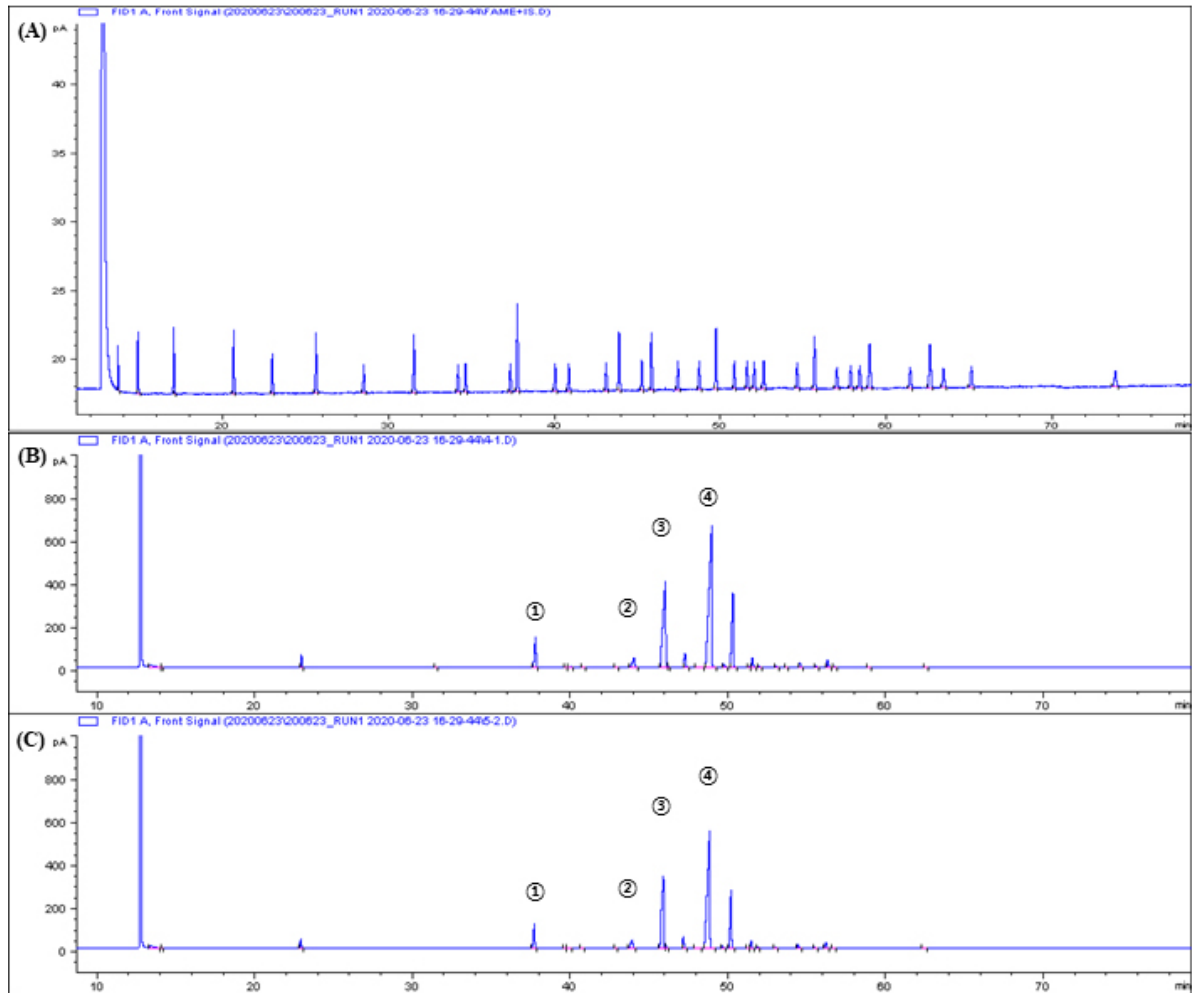
## 통계분석

실험의 결과는 3회 반복하여 얻은 결과로 평균 ± 표준편차로 표시하였다. SPSS statistics 27.01 버전을 이용하여 잣기름과 타 식용 유지 내 함유된 지방산 조성의 유의적인 차이를 확인하였다. 독립 표본 t 검정(Independent t-test) 및 일원분산분석(One-way ANOVA)을 이용하여  $p < 0.05$  수준으로 유의성을 확인하였다. 일원분산분석의 사후 검정으로는 Tukey HSD와 Games-Howell를 진행하였다.

## 결과 및 고찰

### 저온 압착과 볶음 방식 잣기름의 지방산 분석

유지의 주요 성분인 지방산은 불포화도에 따라 산화안정성을 결정 짓는 요소가 된다. 따라서 저온 압착 방식과 볶음 방식의 착유 방법에 따른 잣기름 지방산 조성을 확인하였다. 37종 지방산 표준 물질과 잣기름에 대한 GC 크로마토그램은 Fig 1과 같다. 표준 물질 크로마토그램에서 확인된 37종의 지방산 피크와 저온 압착과 볶음 방식의 크로마토그램에서 동일 머무름 시간대 팔미트산(palmitic acid, C16:0), 스테아르산(stearic acid, C18:0), 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*), 리놀레산(linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*) 이 주요 피크로 확인되었다. Table 1은 착유 방법에 따른 지방산 조성을 나타내며 불포화지방산은 팔미톨레산(palmitoleic acid, C16:1), 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*), 리놀레산(linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*), 에이코센산(eicosenic acid, C20:1), 알파-리놀렌산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3) 및 에이코사디에노인산(eicosadienic acid, C20:2)가 확인되었다. 포화지방산으로는 팔미트산(palmitic acid, C16:0), 헵타데칸산(heptadecanoic acid, C17:0), 스테아르산(stearic acid, C18:0), 아라키드산(arachidic acid, C20:0), 베헨산(behenic acid, C22:0) 및 리그노세르산(lignoceric acid, C24:0)가 확인되었다. 잣기름 착유 방식에 따른 잣기름의 지방산의 조성 비교 결과 저온 압착방식에서 확인된 불포화지방산 팔미톨레산(palmitoleic acid, C16:1)와 포화지방산 리그노세르산(lignoceric acid, C24:0)이 볶음 착유 방식에서는 확인되지 않았다. 저온 압착 방식 대비 볶음 방식의 잣기름에서 팔미트산(palmitic acid, C16:0), 스테아르산(stearic acid, C18:0) 및 베헨산(behenic acid, C22:0)가 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.0001$ ,  $p < 0.01$ ).  $\omega$ -6계 지방산인 리놀레산(linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*)은 잣기름의 주된 지방산으로 54% 이상의 조성을 나타냈으며 저온 압착 방식과 비교하였을 때 볶음 방식에서 유의적으로 높았고( $p < 0.01$ ), 31% 이상의 조성을 가지는  $\omega$ -9계 지방산인 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*)는 유의적으로 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ).  $\omega$ -3계 지방산인 알파-리놀렌산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3)은 볶음 방식에서 유의적으로 함유량이 높았다( $p < 0.0001$ ). 저온 압착 방식의 잣기름 및 볶음 방식의 잣기름의  $\omega$ -3와  $\omega$ -6의 비율은 1:200 이상으로 잣기름 내의  $\omega$ -6 지방산의 함량이 매우 높은 것을 확인하였다.



**Fig. 1.** Gas chromatogram of 37 standard fatty acids (A), and cold pressed (B), and toasted pine nut oils (C). Four major compounds are indicated as ①, palmitic acid (C16:0); ②, stearic acid (C18:0); ③, oleic acid (C18:1 n-9, *cis*); ④, linoleic acid (C18:2 n-6, *cis*).

### 잣기름과 타 식용유지 지방산 조성 비교분석

잣기름과 타 식용유지를 혼합하여  $\omega$ -3/ $\omega$ -6의 영양학적 조성을 가지는 혼합유 개발을 위해 국내외 헤이즐넛유를 포함한 6종의 타 식용 유지의 지방산을 분석하였다. 시험 용액 제조 및 분석법은 착유 방식에 따른 잣기름의 지방산 분석법과 동일하게 진행하였다. 잣기름과 6종의 타 식용 유지의 지방산 조성 결과는 Table 2와 같다. 잣기름의 조성 대비  $\omega$ -3계 지방산인 알파-리놀렌산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3)의 경우 국내산 헤이즐넛유는 0.21%의 조성으로 유의적으로 가장 낮았으며( $p < 0.001$ ), 수입산 헤이즐넛유(0.38%), 올리브유(0.59%), 아보카드유(5.03%), 햄프씨드유(19.88%) 및 들기름(61.25%)의 순으로 유의적으로 조성이 높음을 확인하였다( $p < 0.0001$ ). 알파-리놀렌산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3) 들기름에서 61.25%로 가장 높은 함유량을 확인하였다. 잣기름과 6종의 타 식용 유지에 함유된  $\omega$ -6계 지방산인 리놀레산( $\alpha$ -linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*)은 국내외 헤이즐넛유(11.44%, 11.78%), 올리브유(8.66%), 아보카드유(31.11%), 들기름(13.94%))에서 유의적으로 낮은 조성을( $p < 0.0001$ ) 확인하였고 햄프씨드유



는(54.97%) 유의적으로 높은 조성을( $p < 0.05$ ) 확인하였다.  $\omega$ -6계 지방산인 감마-리놀렌산( $\gamma$ -linolenic acid, C18:3 n-6), 아라키돈산(Arachidonic acid, C20:4 n-6)의 경우 잣기름에서는 확인되지 않았으며 아보카드유와 햄프씨드유에서 각각 확인되었다. 감마-리놀렌산( $\gamma$ -linoelic acid, C18:3 n-6)는 아보카드유(0.15%,  $p < 0.001$ ), 햄프씨드유(4.74%,  $p < 0.0001$ )에서 유의적인 차이를 나타냈다. 아라키돈산(Arachidonic acid, C20:4 n-6)은 햄프씨드유(0.01%)에서 확인된  $\omega$ -6계 지방산으로 유의적인 차이는 확인되지 않았다. 잣기름에서 31%의 조성을 가진  $\omega$ -9계 지방산인 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*)는 국내외 헤이즐넛(78.82%, 77.70%), 올리브유(76.27%), 아보카드유(47.28%)의 조성으로 유의적으로 높음을( $p < 0.0001$ ) 확인하였고 햄프씨드유(8.66%), 들기름(14.14%)은 잣기름 대비 유의적으로 낮게( $p < 0.0001$ ) 나타났다. 그 외의 불포화지방산인 팔미톨레산(palmitoleic acid, C16:1)의 경우 국내외 헤이즐넛(0.14%,  $p < 0.01$ , 0.19%,  $p < 0.001$ ), 올리브유(1.29%,  $p < 0.0001$ ), 아보카드유(1.18%,  $p < 0.0001$ ), 햄프씨드유(0.11%,  $p < 0.01$ )로 유의적으로 높은 조성을 나타냈고, 들기름(0.08%,  $p < 0.01$ )은 유의적으로 낮게 나타났다. 이외의 포화지방산인 팔미트산(palmitic acid, C16:0), 스테아르산(stearic acid, C18:0), 아라키드산(arachidic acid, C20:0) 등이 잣기름 대비 타 식용유지에서 유의적 차이를 가지는 것을 확인하였다. 국내외 헤이즐넛유를 포함한 6종의 타 식용유지와 잣기름의 전체  $\omega$ -3와  $\omega$ -6계 지방산의 비교 결과 잣기름이 햄프씨드유와 들기름에서 상대적 조성이 높았다.  $\omega$ -3/ $\omega$ -6계 지방산의 비율은 잣기름(1:242), 국내산 헤이즐넛유(1:54), 수입산 헤이즐넛유(1:31), 올리브유(1:15), 아보카드유(1:6), 햄프씨드유(1:3), 잣기름(1:02)의 비율로 나타났다.

**Table 1.** Composition of fatty acids in processed pine nut oil (unit: %)

Fatty acid (unsaturation)	Cold pressed	Toasting processed
Palmitic acid (C16:0)	5.85 ± 0.03	5.91 ± 0.03 <sup>****1,3)</sup>
Palmitoleic acid (C16:1)	0.10 ± 0.00	ND <sup>2)</sup>
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.06 ± 0.00	0.06 ± 0.00
Stearic acid (C18:0)	2.88 ± 0.00	2.90 ± 0.00 <sup>****</sup>
Oleic acid (C18:1 n-9, <i>cis</i> )	31.59 ± 0.01	31.56 ± 0.01 <sup>*</sup>
<b>Linoleic acid (C18:2 n-6, <i>cis</i>, <math>\omega</math>-6)</b>	54.74 ± 0.01	54.82 ± 0.01 <sup>**</sup>
Arachidic acid (C20:0)	0.62 ± 0.00	0.63 ± 0.00
Eicosenic acid (C20:1)	1.62 ± 0.00	1.61 ± 0.00 <sup>*</sup>
<b><math>\alpha</math>-Linolenic acid (C18:3 n-3, <math>\omega</math>-3)</b>	0.23 ± 0.00	0.25 ± 0.00 <sup>****</sup>
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.82 ± 0.00	0.82 ± 0.00 <sup>**</sup>
Behenic acid (C22:0)	0.13 ± 0.00	0.14 ± 0.00 <sup>**</sup>
Lignoceric acid (C24:0)	0.05 ± 0.00	ND
SF (Saturated fatty acids)	9.59 ± 0.00	9.63 ± 0.00
MuSF (Monounsaturated fatty acids)	33.31 ± 0.01	33.17 ± 0.00
PuSF (Polyunsaturated fatty acids)	55.79 ± 0.01	55.89 ± 0.02
$\omega$ -3	0.23	0.25
$\omega$ -6	54.74	54.82
$\omega$ -3/ $\omega$ -6	1:242	1:217

<sup>1)</sup>Each value is expressed as mean ±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Not detected.

<sup>3)</sup>Independent t-test comparison at <sup>\*</sup> $p < 0.05$ , <sup>\*\*</sup> $p < 0.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ , <sup>\*\*\*\*</sup> $p < 0.0001$  significance level.

**Table 2.** Composition of fatty acids in pine nut oil and other oils (unit: %)

Fatty acid (unsaturation)	Pine nut oil (local)	Hazelnut oil (local)	Hazelnut oil (foreign)	Olive oil (foreign)	Avocado oil (foreign)	Hempseed oil (foreign)	Perilla oil (local)
Lauric acid (C12:0)	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND	0.03 ± 0.00 <sup>**2,3)</sup>	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	ND	ND	0.03 ± 0.00 <sup>***</sup>	ND	0.07 ± 0.00 <sup>***</sup>	0.04 ± 0.00 <sup>*</sup>	ND
Palmitic acid (C16:0)	5.85 ± 0.00	4.18 ± 0.00 <sup>****</sup>	5.77 ± 0.00 <sup>****</sup>	8.95 ± 0.08 <sup>****</sup>	9.48 ± 0.01 <sup>****</sup>	6.42 ± 0.00 <sup>****</sup>	5.95 ± 0.01 <sup>****</sup>
Palmitoleic acid (C16:1)	0.10 ± 0.00	0.14 ± 0.00 <sup>**</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>***</sup>	1.29 ± 0.00 <sup>****</sup>	1.18 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.11 ± 0.00 <sup>**</sup>	0.08 ± 0.00 <sup>**</sup>
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.06 ± 0.00	0.04 ± 0.00 <sup>*</sup>	0.05 ± 0.00	0.09 ± 0.00 <sup>**</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>*</sup>	0.06 ± 0.00	0.03 ± 0.02
Stearic acid (C18:0)	2.88 ± 0.00	1.95 ± 0.00 <sup>****</sup>	2.58 ± 0.00 <sup>****</sup>	2.04 ± 0.03 <sup>**</sup>	3.24 ± 0.00 <sup>****</sup>	2.43 ± 0.00 <sup>****</sup>	1.98 ± 0.00 <sup>****</sup>
Oleic acid (C18:1 n-9, <i>cis</i> )	31.59 ± 0.01	78.82 ± 0.06 <sup>****</sup>	77.70 ± 0.05 <sup>****</sup>	76.27 ± 0.09 <sup>****</sup>	47.28 ± 0.02 <sup>****</sup>	8.66 ± 0.01 <sup>****</sup>	14.14 ± 0.01 <sup>****</sup>
<b>Linoleic acid (C18:2 n-6, <i>cis</i>, ω-6)</b>	54.74 ± 0.01	11.44 ± 0.02 <sup>****</sup>	11.78 ± 0.01 <sup>****</sup>	8.66 ± 0.01 <sup>****</sup>	31.11 ± 0.00 <sup>****</sup>	54.97 ± 0.05 <sup>*</sup>	13.94 ± 0.01 <sup>****</sup>
Arachidic acid (C20:0)	0.62 ± 0.00	0.13 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.14 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.30 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.91 ± 0.00 <sup>****</sup>	ND
<b>γ-Linolenic acid (C18:3 n-6, ω-6)</b>	ND	ND	ND	ND	0.15 ± 0.00 <sup>***</sup>	4.74 ± 0.01 <sup>****</sup>	ND
Eicosenic acid (C20:1)	1.62 ± 0.00	0.21 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>****</sup>	0.32 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.44 ± 0.00	ND	ND
<b>α-Linolenic acid (C18:3 n-3, ω-3)</b>	0.23 ± 0.00	0.21 ± 0.00 <sup>***</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.59 ± 0.00 <sup>****</sup>	5.03 ± 0.00 <sup>****</sup>	19.88 ± 0.02 <sup>****</sup>	61.25 ± 0.05 <sup>****</sup>
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.82 ± 0.00	ND	0.03 ± 0.00 <sup>****</sup>	ND	ND	0.08 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.02 ± 0.02
Behenic acid (C22:0)	0.13 ± 0.00	ND	0.04 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.12 ± 0.00	0.51 ± 0.00 <sup>****</sup>	0.39 ± 0.00 <sup>***</sup>	ND
Erucic acid (C22:1n-9)	ND	ND	ND	ND	ND	0.02 ± 0.00 <sup>***</sup>	ND
<b>Arachidonic acid (C20:4 n-6, ω-6)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0.01 ± 0.01</b>	<b>ND</b>
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND	ND	ND	0.01 ± 0.01	ND
Eicosatrienoic acid (C20:3 n-3)	ND	ND	ND	0.09 ± 0.01 <sup>*</sup>	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	0.05 ± 0.00	ND	ND	0.06 ± 0.00 <sup>*</sup>	ND	0.17 ± 0.00 <sup>***</sup>	ND
Docosahexaenoic acid (C22:6 n-3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.03 ± 0.02
SF	9.59 ± 0.00	6.31 ± 0.00	8.61 ± 0.00	11.65 ± 0.11	13.71 ± 0.01	10.43 ± 0.01	7.96 ± 0.02
MuSF	33.31 ± 0.01	79.17 ± 0.06	78.11 ± 0.05	77.88 ± 0.09	48.89 ± 0.02	8.80 ± 0.01	14.22 ± 0.01
PuSF	55.79 ± 0.01	11.65 ± 0.02	12.19 ± 0.01	9.34 ± 0.02	36.29 ± 0.01	79.68 ± 0.07	75.24 ± 0.07
ω-3	0.23	0.21	0.38	0.59	5.03	19.88	61.28
ω-6	54.74	11.44	11.78	8.66	31.25	59.72	13.94
ω-3/ω-6	1: 242	1: 54	1: 31	1: 15	1: 6	1: 3	1: 0.2

<sup>1)</sup>Not detected.

<sup>2)</sup>Each value is expressed as mean ±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Games-Howell and Tukey HSD comparison at \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , \*\*\*\* $p < 0.0001$  significance level.

### 잣기름과 타 식용유지 혼합에 따른 이론적 지방 조성 확인

본 연구에서는 WHO의  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 권장 비율의 잣기름을 포함한 혼합유를 개발하고자 하며, 이를 위해 잣기름과 타 식용 유지를 GC-FID 분석을 통해 지방산 조성을 확인 후, 이론적 지방산 조성 혼합비율을 계산하였다(Table 3).

### 잣기름과 혼합 비율에 따른 혼합유의 지방산 조성 변화 특성 확인

잣기름과 타 식용유지 혼합에 따른 이론적 지방 조성 확인을 통해 잣기름을 주성분으로 들기름을 혼합한 혼합유에 대한 실제 함유된 지방산 분석을 하였다. 잣기름의 경우  $\omega$ -6 계열의 지방산의 함유 비율이 매우 높고 상대적인  $\omega$ -3의 지방산의 함량이 낮다. 들기름의 지방산 분석의 선행 연구에 따르면  $\omega$ -3 지방산을 60% 이상 함유하고 있는 것으로 보고 되어있다. 본 연구에서도 들기름의  $\omega$ -3 지방산의 함유가 60% 이상의 조성으로 잣기름과 타 식용유지 대비 높은 조성을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 잣기름을 활용한  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 섭취 권장 비율을 가지는 혼합유 개발을 위해 상대적인  $\omega$ -6 계 지방산의 함유량이 높은 잣기름에  $\omega$ -3 계 지방산의 비율이 높은 들기름을 혼합하였다. 들기름의 혼합에 따른 지방산의 조성을 확인하기 위해 들기름 비율(v/v) 15, 50%가 되도록 혼합유를 제조하였으며 순수 잣기름 100%를 대조구로 사용하여 분석하였다. 각 혼합유 시료는 자석가열교반기를 이용해 600rpm으로 20분간 교반 후 혼합유 및 대조구의 지방산 조성 결과는 Table 4와 같다. 잣기름과 들기름의 주요지방산은 리놀레산(linoleic acid,

**Table 3.** Composition of fatty acids in oil blends

Blend oils (v/v)	Oils						Theoretical calculation		
	Perilla	Pine nut	Hazel nut	Olive	Avocado	Hemp seed	$\omega$ -3	$\omega$ -6	$\omega$ -3/ $\omega$ -6
Perilla 15%, Pine nut 85%	15	85	0	0	0	0	9.38	48.62	1:5
Perilla 20%, Pine nut 80%	20	80	0	0	0	0	12.44	46.58	1:4
Perilla 5%, Hazelnut 95%	5	0	95	0	0	0	3.27	11.56	1:4
Perilla 2%, Olive 98%	2	0	0	98	0	0	1.80	8.76	1:5
Perilla 2%, Avocado 98%	2	0	0	0	98	0	6.16	30.91	1:5
Perilla 5%, Avocado 95%	5	0	0	0	95	0	7.84	30.39	1:4
Pine nut 30%, Hempseed 70%	0	30	0	0	0	70	13.98	58.22	1:4
Pine nut 45%, Hempseed 55%	0	45	0	0	0	55	11.03	57.48	1:5
Perilla 15%, Pine nut 80%, Hempseed 5%	15	80	0	0	0	5	10.37	48.87	1:5
Pine nut 40%, Hazelnut 10%, Hempseed 50%	0	40	10	0	0	50	10.05	52.90	1:5



C18:2 n-6, *cis*), 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*), 팔미트산(palmitic acid, C16:0), 스테아르산(stearic acid, C18:0)이며 혼합 비율에 따른 지방산 조성의 변화를 확인하였다. 특히, 리놀레산(linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*), 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*), 알파-리놀레산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3) 조성의 변화가 가장 두드러지게 나타났다.  $\omega$ -6계 지방산 리놀레산(linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*)은 들기름의 혼합 비율 증가에 따라 조성이 유의적으로 낮았고( $p < 0.0001$ ),  $\omega$ -3계 지방산인 알파-리놀레산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3)은 조성이 매우 높게( $p < 0.0001$ ) 확인되었다.  $\omega$ -9계 지방산인 올레산(oleic acid, C18:1 n-9, *cis*)은 들기름의 조성 비율이 높아짐에 따라 유의적으로 낮게 나타났다( $p < 0.0001$ ). 불포화지방산의 산화 속도는 불포화도에 비례하며 산화 속도는 리놀레산(linolenic acid) > 리놀레산(linoleic acid) > 올레산(oleic acid) 순이다(Lee et al., 2012a). 이중결합의 수가 1개인 올레산(oleic acid, C18:1 n-9,

**Table 4.** Composition of fatty acids in blended oil prepared from pine nut and Perilla oils

Fatty acid (unsaturation)	Control	Blend oil	
	Pine nut 100%	Pine nut 85% Perilla 15%	Pine nut 50% Perilla 50%
Lauric acid (C12:0)	ND <sup>1)</sup>	ND	ND
Myristic acid (C14:0)	ND	ND	ND
Palmitic acid (C16:0)	5.85 ± 0.03 <sup>2)</sup>	5.74 ± 0.01 <sup>****3)</sup>	5.82 ± 0.00*
Palmitoleic acid (C16:1)	0.10 ± 0.00	0.06 ± 0.00****	0.07 ± 0.00****
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.06 ± 0.00	0.06 ± 0.00	0.05 ± 0.00***
Stearic acid (C18:0)	2.88 ± 0.00	2.62 ± 0.00****	2.35 ± 0.00****
Oleic acid (C18:1 n-9, <i>cis</i> )	31.59 ± 0.01	27.44 ± 0.05****	21.82 ± 0.03****
<b>Linoleic acid (C18:2 n-6, <i>cis</i>, <math>\omega</math>-6)</b>	54.74 ± 0.01	45.94 ± 0.02****	32.46 ± 0.05****
Arachidic acid (C20:0)	0.62 ± 0.00	0.41 ± 0.00****	0.33 ± 0.00****
$\gamma$ -Linolenic acid (C18:3 n-6, $\omega$ -3)	ND	ND	ND
Eicosenic acid (C20:1)	1.62 ± 0.00	1.31 ± 0.00****	0.84 ± 0.00****
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3 n-3, $\omega$ -6)	0.23 ± 0.00	12.49 ± 0.03****	32.81 ± 0.07****
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.82 ± 0.00	0.66 ± 0.00****	0.39 ± 0.00****
Behenic acid (C22:0)	0.13 ± 0.00	0.11 ± 0.00****	0.07 ± 0.00****
Erucic acid (C22:1 n-9)	ND	ND	ND
Eicosatrienoic acid (C20:3 n-3)	ND	ND	ND
<b>Arachidonic acid (C20:4 n-6, <math>\omega</math>-3)</b>	ND	ND	ND
Tricosanoic acid (C23:0)	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	0.05 ± 0.00	ND	ND
Docosahexaenoic acid (C22:6 n-3)	ND	ND	ND
SF	9.59 ± 0.00	8.93 ± 0.02	8.62 ± 0.01
MuSF	33.31 ± 0.01	28.81 ± 0.06	22.72 ± 0.03
PuSF	55.79 ± 0.01	59.09 ± 0.04	65.66 ± 0.04
$\omega$ -3	0.23	12.49	32.81
$\omega$ -6	54.74	45.94	32.46
$\omega$ -3/ $\omega$ -6	<b>1:242</b>	<b>1:4</b>	<b>1:1</b>

<sup>1)</sup>Not detected.

<sup>2)</sup>Each value is expressed as mean ±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Games-Howell and Tukey HSD comparison at \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , \*\*\*\* $p < 0.0001$  significance level.

*cis*)는 용점이 낮고, 불포화지방산 중 상대적인 산화안정성이 높으므로 저온에서도 액상의 상태로 유동성의 물리적 성질이 높은 것으로 보고 되어있다(Lee et al., 2012b). 분석결과를 바탕으로  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 권장 비율인 1:4 - 1:5를 가지는 혼합유의 비율은 잣기름 85%, 들기름 15%로 확인되었다. 들기름은 식용유지 중  $\omega$ -3의 함유량이 높지만 상온에서 빠르게 산패하는 낮은 산화안정성을 가진다.  $\omega$ -6의 함유량이 높은 잣기름과  $\omega$ -3의 조성이 높은 들기름 혼합유는 영양학적 권장  $\omega$ -3/ $\omega$ -6의 비율을 가질 뿐만 아니라 들기름의 산화안정성을 개선하여 효과적인  $\omega$ -3 섭취가 가능할 것으로 판단된다. 혼합유의 저장 조건에 따른 산화안정성의 확인에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 요약 및 결론

본 연구는 홍천군의 대표 특산물인 홍천 잣을 이용한  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 권장 비율을 가지는 혼합유 개발을 위한 잣기름과 타 식용 유지의 지방산 조성을 분석하였다. 그 결과 잣기름은  $\omega$ -6 계열의 지방산이 매우 높으므로 잣기름의 부족한  $\omega$ -3 계열의 지방산의 공급 가능한 타 식용 유지를 선정하고자 지방산의 조성을 비교분석 하였다. 타 식용 유지의 지방산 조성 확인 결과 들기름은  $\omega$ -3 계열의 지방산의 함유가 높음을 확인하였고 잣기름의 부족한  $\omega$ -3 지방산의 공급 역할이 가능할 것으로 판단되어  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 섭취 권장비율을 가지는 혼합유를 위해 잣기름과 들기름을 혼합유의 소재로 선정하였다. 선정된 두 식용 유지를 85:15 및 50:50(잣기름: 들기름)비율로 혼합 후 지방산 분석을 시행하였고  $\omega$ -3와  $\omega$ -6 계열을 포함한 지방산 조성을 확인하였다. 들기름의 혼합 비율 증가에 따라  $\omega$ -6계 지방산인 리놀레산(linoleic acid, C18:2 n-6, *cis*)은 유의적으로 낮게 확인되었고( $p < 0.001$ ),  $\omega$ -3계 지방산인 알파-리놀렌산( $\alpha$ -linolenic acid, C18:3 n-3)은 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 이론적 계산 결과를 바탕으로 진행한 들기름 혼합 비율에 따른  $\omega$ -3와  $\omega$ -6계 지방산의 유의적 차이를 확인하였다. 잣기름과 들기름의 혼합 비율 85:15 혼합유가 본 연구에서  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 권장 비율로 선정한 1:4 - 1:5의 범위 내의 비율로 나타났다. 들기름의 경우  $\omega$ -3의 함유량은 높지만 산화안정성이 낮기 때문에 잣기름과의 혼합을 통해 산화안정성이 개선될 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 섭취가 용이한  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 권장 비율을 가지는 혼합유 개발의 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 사사

본 연구는 강원도와 홍천군의 “2020년 바이오메디칼허브 공동연구개발사업” 사업의 지원을 받아 수행된 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

## 인용문헌(References)

- Breil, C., Abert Vian, M., Zemb, T., Kunz, W., Chemat, F. (2017) “Bligh and Dyer” and Folch methods for solid – liquid – liquid extraction of lipids from microorganisms. Comprehension of solvation mechanisms and towards substitution with alternative solvents. *Int J Mol Sci* 18:708.
- Behr, S. R. (1994) Effects of fish oil and vegetable oil formula on platelet aggregation and neutrophils. *Am J Clin Nutr* 5:717.
- Fetterman Jr, J. W., Zdanowicz, M. M. (2009) Therapeutic potential of n-3 polyunsaturated fatty acids in disease. *Am J Health Syst Pharm* 66:1169-1179.

- Flachs, P., Rossmeisl, M., Bryhn, M., Kopecky, J. (2009) Cellular and molecular effects of n – 3 polyunsaturated fatty acids on adipose tissue biology and metabolism. *Clin Sci* 116:1-16.
- Hibbeln, J. R., Salem, M. (1995) Dietary PUFAs and depression. *Am J Clin Nutr* 1:42.
- Kim, K. K., Kang, Y. H., Kim, D. J., Kim, T. W., Choe, M. (2014) Analysis of pine nut oil composition and its effects on obesity. *Korean J Food Sci Technol* 46:630-635.
- Lee, M. J., Cho, M. K., Oh, S. H., Oh, C. H., Choi, D. S., Woo, J. W., Park, K. H., Jung, M. Y. (2014) Fatty acid composition, contents of tocopherols and phytosterols, and oxidative stability of mixed edible oil of perilla seed and rice bran oil. *Korean J Food Nutr* 27:59-65.
- Lee, S., Kang, S. H., Kim, M. K., Song, S. R., Yoon, H. J., Lee, M. W., Kang, H. J., Hwang, I. K. (2012a) Degree of Rancidity Sensory Characteristics of Frying Oils with Reuse and Storage at Home. *Korean J Food Cookery Sci* 28:265-273.
- Lee, T. S., Lee, Y. H., Kim, K. S., Kim, W., Kim, K. S., Jang, Y. S., Park, K. G. (2012b) Characteristics of fatty acid composition and properties by blending of vegetable oils. *Korean J Plant Res* 25:624-632.
- Nishida, C., Uauy, R., Kumanyika, S., Shetty, P. (2004) The joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. *Public Health Nutr* 7:245-250.
- Simopoulos, A. P. (2011) Importance of the omega-6/omega-3 balance in health and disease: evolutionary aspects of diet. In *Health agriculture, healthy nutrition, healthy people*. Karger Publishers 102:10-21.