

행정간행물등록번호
71-6410578-000013-01

식용유지의 시간변화와 가열에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

Quantitative Analysis of Total fat and Trans Fatty Acid with
Heat Treatment and Time Variation of Vegetable Oils and Fats

2007

연구총괄 : 고환욱 보건연구부장

연구주관 : 김영숙 보건연구팀장

연구책임 : 김명길

경기도보건환경연구원

발 간 사



올바른 먹거리는 건강의 기본요소로서 이에 대한 국민의 관심이 증폭되고 웰빙이라는 새로운 문화가 대두되기 시작하였습니다. 우리 연구원은 안전하고 올바른 먹거리를 제공하고자 식품 중 트랜스지방산에 대한 연구를 수행하였습니다.

그 동안 소비자들은 건강에 해롭다는 동물성기름을 피하기 위해 동물성 버터 대신 식물성 마가린을 사용하는 경우가 많았습니다. 하지만 부분 경화유인 마가린과 쇼트닝에서 자연계에 거의 존재하지 않는 제3 | 지방산인 트랜스지방산이 발견되면서 식물성 기름은 무해하다는 고정관념은 무참히 깨어지고 트랜스지방산은 ‘
, ’는 별명이 붙을 정도로 무서운 후유증을 낳고 있습니다.

현재 외국에서는 트랜스지방산과의 전쟁을 선포한 상태입니다. 미국의 경우 뉴욕시는 트랜스지방산의 사용을 전면 금지하여 식당은 올 7월 1
2008 7월 1

미국, 유럽 등 선진외국에 비해서는 다소 늦은 감이 있지만 우리나라에서도 현재 유통되는 식품의 지방 함유량 중 트랜스지방산의 권장규격을 설정하여 제한하도록 권고하고 2007 12 , , 음료 등 가공식품에 트랜스지방산 및 콜레스테롤 함유량 표시를 의무화하기로 했습니다.

본 연구는 식용유지에 대한 지방산과 트랜스지방산의 함량과 시간과 온도에 의한 영향 등을 조사 연구하였습니다. 본 연구가 먹거리에서 트랜스지방산의 섭취를 줄이려는 소비자의 욕구에 맞춰 식용유지류에 대한 올바른 보관 및 가열조리방법을 알리고 조리 용도에 맞는 유지를 선정하는데 도움을 주어 소비자의 건강과 안전을 지키기 위한 유용한 자료로 제공되어질 것을 기대합니다.

끝으로 땀과 정성이 가득한 연구를 위해 노력하여 주신 보건연구팀 직원여러분께 깊은 격려를 보냅니다.

2007 3 1

경기도보건환경연구원장 김 종 찬

<제 목 차 례>

식용유지의 시간변화와 가열에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가	21
제 1 장. 서 론	23
제 2 장. 용어설명	26
2.1. 지방산	26
2.2. 포화지방산	27
2.3. 불포화지방산	28
2.4. n-계열 지방산	29
2.5. 트랜스지방산	31
2.5.1. 트랜스지방산의 정의	31
2.5.2. 트랜스지방산의 생성	33
2.5.3. 트랜스지방산의 영향	34
2.5.4. 트랜스지방산의 규제	35
2.6. 산화에 의한 산패	37
2.6.1. 자동산화에 의한 산패	38
2.6.2. 일중항 산소에 의한 산패	38

2.6.3. 가열에 의한 산화	39
2.6.3.1. 유리지방산의 생성	39
2.6.3.2. Carbonyl 화합물의 형성	40
2.6.3.3. 중합반응	40
2.7. 식용유지	42
제 3 장 실험방법	43
3.1. 재료	43
3.1.1. 식용유지류에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	43
3.1.2. 개봉 후 방치시간 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가	43
3.1.3. 가열 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가	43
3.2. 조사 기간	44
3.3. 검사항목	44
3.4. 시약	44
3.4.1. 지방산표준물질	44
3.4.2. 표준용액제조	45

3.4.3. 유기용매	45
3.4.4. 기타시약	45
3.4.5. 유기용매조제	45
3.5. 기구 및 장치	45
3.6. 시험방법	46
3.6.1. 지방의 가수분해	46
3.6.2. 지방산의 유도체화	47
3.7. 기기분석 조건	47
제 4 장 결 과	50
4.1. 식용유지류에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	50
4.1.1. 대두유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	56
4.1.2. 옥수수유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	58
4.1.3 압착올리브유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	59
4.1.4 혼합올리브유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	61
4.1.5. 포도씨유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	63
4.1.6. 마가린에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석	65

4.2. 개봉 후 방치시간 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가	68
4.2.1. 식용유지의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스 지방산의 함량 변화	68
4.2.2. 대두유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스 지방산의 함량 변화	70
4.2.3. 옥수수유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스 지방산의 함량 변화	75
4.2.4. 혼합올리브유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화	79
4.2.5. 포도씨유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스 지방산의 함량 변화	84
4.3. 가열 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가	89
4.3.1. 가열횟수에 따른 트랜스지방산의 함량 변화	89
4.3.2. 대두유의 가열 후 방치시간에 따른 트랜스지방산의 변화량	90
4.3.3. 옥수수유의 가열 후 방치시간에 따른 트랜스지방산의 변화량	96
제 5 장 결론 및 고찰	103
참 고 문 헌	107

<그림 차례>

Fig. 1. Diagram of the molecular structure of saturated fatty acid and unsaturated fatty acids.	27
Fig. 2. Diagram of the molecular structure of different fatty acids.	31
Fig. 3. Flow chart of trans fatty acids analysis.	48
Fig. 4. GC/FID analysis of 37-component fatty acids standards.	50
Fig. 5. GC/FID analysis of C18:2 isomers.	51
Fig. 6. GC/FID analysis of C18:3 isomers.	51
Fig. 7. Chromatogram of trans fatty acids from soy bean oil.	56
Fig. 8. Chromatogram of trans fatty acids from corn oil.	58
Fig. 9. Chromatogram of trans fatty acids from extra virgin olive oil.	60
Fig. 10. Chromatogram of trans fatty acids from pure olive oil.	61
Fig. 11. Chromatogram of trans fatty acids from grape seed oil.	63
Fig. 12. Chromatogram of trans fatty acids from margarine.	66

Fig. 13. Changes of trans fatty acids of vegetable oils and fats with time variation.	69
Fig. 14. Changes of trans fatty acids of soy bean oils with time variation.	71
Fig. 15. Changes of trans fatty acid of corn oil with time variation.	76
Fig. 16. Changes of trans fatty acids of pure olive oils with time variation.	80
Fig. 17. Changes of trans fatty acids of grape seed oils with time variation.	85
Fig. 18. Changes of trans fatty acids of soy bean oils at light after heat treatment.	91
Fig. 19. Changes of trans fatty acids of soy bean oils at dark after heat treatment.	92
Fig. 20. Changes of trans fatty acids of corn oils at light after heat treatment.	97
Fig. 21. Changes of trans fatty acids of corn oils at dark after heat treatment.	98

<표 차례>

Table 1. 주요 국가별 가공식품 트랜스지방산의 규제비교	37
Table 2. Operating conditions for fatty acids and trans fatty acids by GC/FID	49
Table 3. Content of fatty acids and trans fatty acids in oils and fats	52
Table 4. Changes of trans fatty acids of vegetable oils and fats with time variation	69
Table 5. Changes of trans fatty acids of soy bean oils with time variation	71
Table 6. Content of fatty acids of soy bean oils with time variation	72
Table 7. Changes of trans fatty acid of corn oil with time variation	75
Table 8. Content of fatty acids of corn oil with time variation	76
Table 9. Changes of trans fatty acids of pure olive oils with time variation	79

Table 10. Content of fatty acids of pure olive oils with time variation	81
Table 11. Changes of trans fatty acids of grape seed oils with time variation	84
Table 12. Content of fatty acids of grape seed oils with time variation	86
Table 13. Changes of trans fatty acids of Soy bean oils and Corn oils with reusing times	89
Table 14. Changes of trans fatty acids of soy bean oils at light after heat treatment	91
Table 15. Changes of trans fatty acids of soy bean oils at dark after heat treatment	92
Table 16. Effect of fatty acids of soy bean oils after heat treatment	93
Table 17. Changes of trans fatty acids of corn oils at light after heat treatment	96
Table 18. Changes of trans fatty acids of corn oils at dark after heat treatment	98
Table 19. Effect of fatty acids of corn oils after heat treatment	99

연구결과 요약

식용유지의 시간변화와 가열에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

1. 식용유지류(식물성 유지류, 마가린)에 대한 지방산과 트랜스 지방산의 정량분석

○ 본 연구에서는 식물성 유지류(대두유, 옥수수유, 압착올리브유, 혼합올리브유, 포도씨유)와 마가린에 대한 트랜스지방산의 함량을 분석한 결과, 식물성 유지류의 트랜스지방산 함량은 0.8 ± 0.5 g/100g, 마가린은 9.5 ± 6.0 g/100g를 나타냈다.

○ 대두유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

대두유(Soybean oil)의 P/M/S(Polyunsaturated fatty acid/Monounsaturated fatty acid/Saturated fatty acid) 비는 4.1/1.4/1로 다가불포화지방산이 다른 지방산보다 많았다.

대두유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.05 ± 0.01 g/100g, C18:2t는 0.62 ± 0.37 g/100g, C18:3t는 0.97 ± 0.50 g/100g로 C18:3t가 가장 많이 검출되었다.

○ 옥수수유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

옥수수유(Corn oil)의 P/M/S 비는 4.0/1.9/1로 다가불포화지방산이 다른 지방산보다 많이 들어있었고 대두유에 비해 단일불포화지방산의 함량이 많았다.

옥수수유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.06 ± 0.02 g/100, C18:2t는 0.46 ± 0.28 g/100, C18:3t는 0.14 ± 0.04 g/100으로 C18:2t가 가장 많이 검출되었다.

○ 압착올리브유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

압착올리브유(Extra virgin olive oil)의 P/M/S 비는 0.7/4.8/1로 단일불포화지

방산이 가장 많았는데 이는 대두유나 옥수수유에 비해 2~3배 이상 높은 수치이다.

압착올리브유의 트랜스지방산 이성체(C18:1t, C18:2t, C18:3t)는 확인되지 않았다.

○ 혼합올리브유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

혼합올리브유(Pure olive oil)의 P/M/S 비는 0.7/4.5/1로 압착올리브유에 비해 단일불포화지방산의 함량이 다소 적었다.

혼합올리브유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.01 ± 0.02 g/100g, C18:2t는 0.09 ± 0.05 g/100g, C18:3t는 0.06 ± 0.03 g/100g로 C18:2t가 가장 많이 검출되었다.

○ 포도씨유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

포도씨유(Grape seed oil)의 P/M/S 비는 7.7/1.6/1로 대두유와 옥수수유에 비해 다가불포화지방산의 함량은 많았고 혼합올리브유와 비교하면 다가불포화지방산의 함량은 많고 단일불포화지방산의 함량은 적었다.

포도씨유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.03 ± 0.01 g/100g, C18:2t가 0.64 ± 0.17 g/100g, C18:3t는 0.04 ± 0.01 g/100g로 C18:2t가 가장 많이 검출되었다.

○ 마가린에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

마가린(Margarine)의 포화지방산은 다른 식물성 유지류보다 많았고 P/M/S 비는 1.0/1.3/1로 다가불포화지방산과 단일불포화지방산 및 포화지방산이 비슷한 비율로 함유되어 있었다.

마가린의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 8.77 ± 6.06 g/100g, C18:2t는 0.57 ± 0.12 g/100g, C18:3t는 0.14 ± 0.04 g/100g로 C18:1t가 가장 많이 검출되었으며 식용유지류 중에서 트랜스지방산 함유량이 가장 높게 나타났다.

2. 개봉 후 방치시간 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

○ 식용유지의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

식용 유지를 상온에 방치하여 시간 변화에 따른 트랜스지방산의 함량변화를 살펴본 결과, 대두유는 1.058 g/100g, 옥수수유는 0.171 g/100g, 혼합올리브유는 0.191 g/100g, 포도씨유는 0.242 g/100g의 증가를 나타냈다.

○ 대두유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

150일 동안 보관 장소를 달리한 대두유의 트랜스지방산 함량변화를 측정한 결과, 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우는 1.058 g/100g, 밀봉한 상태로 보관한 경우는 1.011 g/100g이었으며 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우는 0.981 g/100g, 밀봉한 상태로 보관한 경우는 0.976 g/100g의 증가를 나타내 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우에서 트랜스 지방산의 생성이 가장 큰 것을 알 수 있었다.

○ 옥수수유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

150일 동안 보관 장소를 달리한 옥수수유의 트랜스지방산 함량변화를 측정한 결과, 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우는 0.171 g/100g, 밀봉한 상태로 보관한 경우는 0.162 g/100g이었으며 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우는 0.140 g/100g, 밀봉한 상태로 보관한 경우는 0.130 g/100g의 증가를 나타내 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우에서 트랜스지방산의 생성이 가장 큰 것을 알 수 있었다.

○ 혼합올리브유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함

량 변화

150일 동안 보관 장소를 달리한 혼합올리브유의 트랜스지방산 함량변화를 측정된 결과, 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우 > 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 > 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우 > 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 순으로 트랜스 지방산이 생성된 것을 알 수 있었다.

○ 포도씨유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

150일 동안 보관 장소를 달리한 포도씨유의 트랜스지방산 함량변화를 측정된 결과, 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우 > 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 > 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우 > 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 순으로 트랜스 지방산이 생성된 것을 알 수 있었다.

3. 가열 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

냉동감자를 식용유지에 가열횟수를 달리하여 반복 조리한 후 트랜스지방산의 함량을 분석하고 가열 전과 반복 가열조리한 후의 식용 유지를 대상으로 150일 동안 상온에 방치하여 가열처리에 의한 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량변화를 살펴보았다.

○ 가열횟수에 따른 트랜스지방산의 함량 변화

가열횟수에 따른 식용유지의 트랜스지방산의 함량변화를 살펴보면, 대두유와 옥수수유는 가열조리 횟수를 증가시킴에 따라 초기에 가파른 증가를 보이다가 9회 이후 둔화된 증가를 보였다.

○ 대두유의 가열 후 방치시간에 따른 트랜스지방산의 변화량

가열조리 횟수를 달리한 대두유는 가열횟수가 증가할수록 트랜스지방산의 생성량이 증가하였다.

가열조리 횟수에 따른 빛의 영향을 알아보기 위하여 150일 동안 보관 장소를 달리하여 보관한 후 트랜스지방산의 함량을 측정한 결과, 1회 가열조리한 대두유는 빛이 있는 장소와 없는 장소에 보관한 경우의 트랜스지방산의 함량 차가 0.057 g/100g이었고 15회 가열조리한 대두유는 0.056 g/100g로 가열횟수에 따른 빛의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

가열횟수를 달리한 대두유를 보관한 후 트랜스지방산의 함량 변화를 세분화하여 살펴보면, 대두유는 가열횟수가 증가할수록 C18:1t는 증가하고 C18:2t는 감소하였다.

○ 옥수수유의 가열 후 방치시간에 따른 트랜스지방산의 변화량

가열조리 횟수를 달리한 옥수수유는 대두유와 마찬가지로 빛의 유무와 상관없이 가열횟수가 증가할수록 트랜스지방산의 생성량이 증가하였다.

가열조리 횟수에 따른 빛의 영향을 알아보기 위하여 150일 동안 보관 장소를 달리하여 보관한 후 트랜스지방산의 함량을 측정한 결과, 1회 가열조리한 옥수수유는 빛이 있는 장소와 없는 장소에 보관한 경우의 트랜스지방산의 함량 차가 0.025 g/100g이었고 15회 가열조리한 옥수수유는 0.224 g/100g로 가열횟수를 증가시킴에 따라 현격한 차이를 보여 가열조리횟수가 증가함에 따라 빛에 의한 산화가 더 많이 일어났다.

가열횟수를 달리한 옥수수유를 보관한 후 트랜스지방산의 함량 변화를 세분화하여 살펴보면, 옥수수유를 가열횟수가 증가할수록 C18:1t는 증가했으나 C18:2t, C18:3t에서는 변화가 거의 없었다.

식용유지의 시간변화와 가열에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

제 1 장 서 론

제 2 장 용어설명

제 3 장 실험방법

제 4 장 결과

제 5 장 결론 및 고찰

제 6 장 참고문헌

제 1 장. 서 론

2006년 12월 뉴욕시가 미국 최초로 관할구역의 모든 식당과 제과점 등에서 단계적으로 트랜스지방산의 사용을 전면 금지하는 규정을 만장일치로 통과시킨 이후 트랜스지방산이 세계적으로 화제가 되고 있다. 이는 트랜스지방산이 미국인 사망원인 1위를 차지하는 심장마비와 뇌졸중 등 심혈관계 질환의 발병 가능성을 크게 높이는 것 이외에도 우리 몸에 좋은 영향을 주지 않는다는 의학계의 지적을 받아들인 조치이다.

우리는 탄수화물, 단백질과 함께 지방으로부터 필요한 에너지를 공급받는다. 특히 지방은 체내의 정상적인 생리작용에도 꼭 필요할 뿐만 아니라 탄수화물이나 단백질보다 2배의 열량을 내는 훌륭한 영양소이다. 뇌를 구성하는 성분의 60%가 지방이며 세포막과 신경전달 물질, 각종 효소 및 몸의 주요 부위도 상당 부분 지방으로 구성되어 있으나 인간은 스스로 지방을 만들지 못하고 식물이나 다른 동물로부터 지방을 얻어야만 한다. 과거에는 지방이 풍부한 살코기, 견과류, 유제품 등은 구하기 어렵고 값비싼 귀한 식품이었다. 더욱이 지방은 쉽게 변질되는 단점이 있는데 특히 이중결합이 많은 불포화 지방산의 경우는 공기 중의 산소에 의해 산화되어 고약한 냄새를 풍기는 물질을 만들기 쉽다. 귀한 지방이 그렇게 변질되는 일은 식품보존에 심각한 문제였는데 불포화도가 높은 식물성 기름의 보존 문제를 해결한 것이 바로 화학적인 “수소경화”기술이었다. 독일의 화학자 노르만은 액체 상태의 식용 기름을 반고체 상태로 만드는 기술을 개발해서 1902년에 특허를 받았는데 이는 프랑스의 화학자 사바티에가 금속 촉매를 이용해서 불포화 지방산에 수소를 첨가하는 방법을 이용한 것이었고 사바티에는 그런 기술을 개발한 공로로 1912년에 노벨 화학상을 받았다. 즉, 불포화지방산은 상온에서 액체 상태이므로 대량생산해서 가공식품의 원료로 사용하기에는 많은 불편함이 있어 보관과 운반이 편리하도록 불포화지방산을 고온·고압 조건에서 중금속 촉매를 사용해 수소가스를 불어넣어 고체 상태로 만들었던 것이 쇼트닝과 마가린이었다. 이렇게 만들어진 기름을 통칭해 “경화유”라고 부른다.

쇼트닝과 마가린은 버터나 라드 등 비싼 동물성 기름에 비해 훨씬 저렴하

면서도 가소성이나 맛이 좋아 일반 가정뿐만 아니라 식품업체나 식당 등에서도 선호도가 높아지고 소비가 늘어나면서 불포화 지방산의 수소경화 과정에서 만들어진 “트랜스지방산”이 문제로 대두되었다. 과자, 팝콘, 도넛, 패스트리 등 바삭바삭한 간식들이나 쇼트닝을 사용한 각종 튀김류에 트랜스지방산이 많이 포함되어 있고 인공적으로 가공한 쇼트닝과 마가린만이 아니라 우유와 버터에도 소량이 들어있다. 최근의 연구 결과에 따르면, 쇼트닝과 마가린을 많이 소비하는 사람들에게 동맥경화와 고혈압, 심근경색증 등 심혈관계의 질환이 크게 늘어나고 있는데 이는 곧은 막대 모양의 지방산이 혈관의 벽에 쉽게 달라붙는 것이 원인으로 밝혀졌다. 이외에도 트랜스지방산은 불필요한 체중을 늘리고 기억력을 떨어뜨리며 집중력을 방해하고 두통과 건강증을 일으키는 원인이 된다. 뒤늦게 이러한 유해성이 확인됐지만 식품가공 업체들은 최근까지 이를 무시했고 이미 마가린은 대중의 입맛을 사로잡은 뒤였다.

2007년부터는 패스트푸드에 들어있는 트랜스지방산 함량이 정기적으로 조사되어 그 결과가 일반에 공개되며 12월부터는 트랜스지방산을 포함하여 칼로리, 나트륨 등의 함유량이 영양성분에 표시되고 TV 등 대중매체를 통한 패스트푸드 광고도 제한될 전망이다.

식품의약품안전청은 ‘어린이 먹거리 건강·안전 중기 로드맵’을 발표하여 “아동 비만의 주범으로 지목받고 있는 패스트푸드에 대한 관리를 대폭 강화하여 2010년까지 단계적으로 추진해 나갈 방침”이라고 밝혔다. 이 로드맵에 따르면 초등학교 인근지역을 대상으로 어린이 식품안전보호구역(Green food zone)이 도입 추진된다. 이 제도가 실시되면 보호구역 내에 위치한 식품업체들은 정기적으로 식품위생과 식품의 트랜스지방산 함유량에 대한 점검을 받게 되어 어린이 먹거리의 안전 수준을 향상시키기 위한 제도적 장치도 마련된다고 할 수 있다.

동맥경화와 고혈압, 심근경색증 등 심혈관계의 질환을 일으키는 트랜스지방산의 위해성이 심각하게 대두되면서 먹거리에서 트랜스지방산의 섭취를 줄이려는 소비자들의 노력이 차츰 증대되고 있다. 또한 국제적으로도 트랜스지방산에 대한 함유량표시 의무화 및 규제가 강화되고 있다. 이에 본 연구는 트랜스지방산의 섭취원인 마가린 등 부분경화유와 대두유 등 정제가공 유지를 대상으로 트랜스지방산의 함량을 분석하여 2007년 12월부터 실시되는 영

양성분 표시 의무화의 기초 자료로 제공하고자 하였다. 또한 가정에서 식용유지의 개봉 후 보관하는 방법상의 차이로 인한 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보고 튀김류 등에 사용하는 식용유지의 반복적인 사용과 사용한 유지의 보관방법에 따른 트랜스지방산의 함량변화를 비교함으로써 소비자들에게 식용유지의 올바른 보관법 및 조리방법을 권장하고 용도에 맞는 유지류를 선정하여 국민보건 향상에 기여하고자 한다.

제 2 장. 용어설명

2.1. 지방산

지방산은 식용유지의 트리글리세리드를 구성하는 주요 성분인데, 하나의 트리글리세리드에는 3개의 지방산이 포함되어 있다. 지방산은 기본적으로 다양한 길이의 탄소사슬로 구성되어 있으며 탄소사슬의 양쪽에는 수소를 결합하고 있는 형태로 되어있다.

탄소와 탄소 사이의 결합에 따라 크게 포화지방산과 불포화지방산으로 나뉘어진다. 포화지방산이란 지방산의 기본 골격을 구성하는 탄소들이 결합 가능한 모든 자리에 수소를 갖고 있는 것이고 만일 탄소 중 일부가 수소를 다 갖고 있지 못하면 탄소 사이에 이중결합이 생기게 되고 이렇게 하여 이중결합을 갖고 있는 지방산을 불포화 지방산이라고 한다. 일반적으로 우리 몸에 불포화지방산이 좋다고 하는 이유는 불포화지방산의 탄소가 수소를 잡고 남은 빈손이 있으니 이걸로 몸에 나쁜 물질들을 떼어내기도 하고 잡아채기도 하기 때문이다.

지방산은 결합한 탄소의 수 및 탄소사이의 결합의 종류 및 이중결합의 수에 따라서 그 분류와 이름, 생리적인 중요성 등이 달라지는데 예를 들면, 탄소가 18개인 지방산으로서 이중결합이 없는 포화지방산은 스테아르산이라고 하고 불포화 지방산은 이중결합이 하나인 올레산, 두개인 리놀레산, 세 개인 리놀렌산이라고 하는데 이중 리놀레산과 리놀렌산은 각기 사람이 몸 안에서 만들지 못하고 식품을 통해서 먹어야만 하는 필수지방산이다.

유지에는 다양한 종류의 지방산이 포함되어 있는데 이 지방산의 종류에 따라 유지의 물리적 성질과 건강에 미치는 영향이 다르고 사슬길이가 길고 포화도가 높을수록, 즉 이중결합이 적을수록 녹는 온도가 높아져 상온에서 고체화되기 쉽다. 상온에서 고체형태인 지방에는 포화지방산이 많이 들어 있는데 대부분이 동물성 유지로 대표적인 기름인 쇠기름은 포화지방산이 많으므로 상온에선 딱딱하게 굳어 고체가 되고 유지방으로 만들어진 버터도 상온에선 고체상태를 유지한다. 반면에 콩기름과 같은 식물성유지와 어유에는

불포화지방산이 많이 들어 있어 액체 상태를 유지하는데 팜유나 코코넛유는 식물성이면서도 포화지방산의 함량이 매우 높아 고체상태를 유지한다.

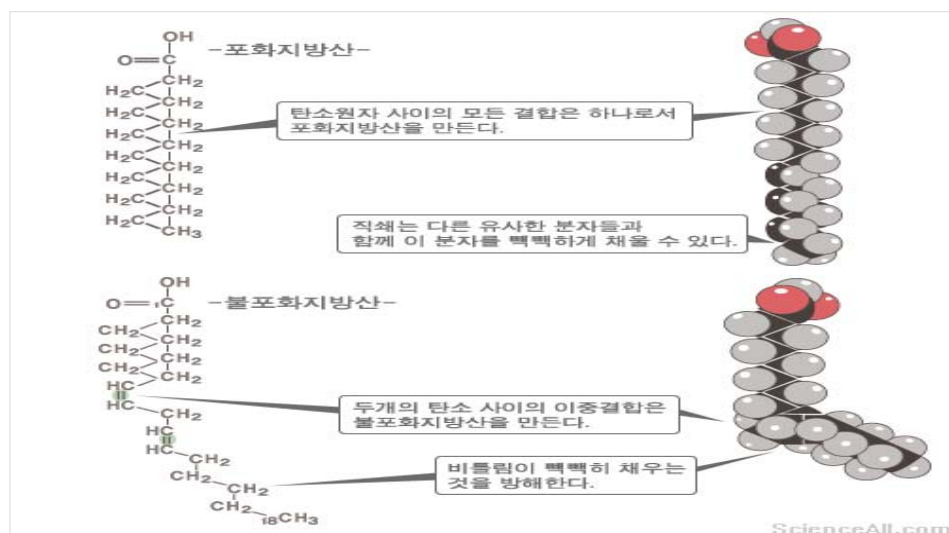


Fig. 1. Diagram of the molecular structure of saturated fatty acid and unsaturated fatty acids.

2.2. 포화지방산

포화지방산(Saturated fatty acid)은 분자 구조상에 ‘이중 결합이 없는 지방산’을 말하며 일반식 $C_nH_{2n}O_2$ 또는 $C_nH_{2n+1}COOH$ 로 표시되는 지방산으로서 알킬 사슬이 이중 결합을 전혀 갖지 않고 최대 가능 수소원자와 결합되어 있다. 탄소수가 적은 저급지방산은 휘발성이며 탄소수가 증가하는 고급지방산은 물에 녹기 어렵고 융점은 상승하여 상온에서 고체로 된다. 포화 지방산의 계열 중에서 천연 유지에 가장 많이 존재하는 것은 팔미트산(Palmitic acid, C16)과 스테아르산(Stearic acid, C18)이다.

일반적인 지방의 위해성은 주로 포화지방산에 기인하며 특히 탄소가 12~14개인 포화지방산의 위험성이 높다. 포화지방산은 콜레스테롤의 나쁜 형태인 LDL 콜레스테롤과 혈전을 증가시켜 심혈관계질환의 위험을 높이며 암 발생의 위험을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 한국영양학회는 총

에너지 중 지방산으로 얻는 에너지를 15~25% 수준으로 보고 있으며 이중 포화지방산으로 1/3정도 섭취할 것을 권장하고 있으며 미국의 식사지침은 포화지방산의 경우 에너지의 10% 이내로만 섭취할 것을 권고하고 이미 십여 년 전부터 식품의 영양표시에 총 지방산 및 포화지방산의 함량을 필수적으로 표시하도록 하고 있다.

2.3. 불포화지방산

불포화지방산(Unsaturated fatty acids)은 분자 구조상에 이중 결합을 갖고 있는 지방산을 말하며 이중 결합의 수에 의하여 단일불포화지방산과 다가불포화지방산 등으로 구분한다. 일반적으로 불포화지방산은 상온에서 액체이며 이중 결합을 많이 가지고 있는 것은 중합을 잘 일으킨다. 불포화지방산은 이중 결합이 붙어 있는 탄화수소 사슬(R)의 공간 배치에 따라서 *cis*형과 *trans*형의 기하 이성체가 존재하는데 천연 유지 중에 존재하는 불포화지방산은 대부분이 불안정한 *cis*형을 취하고 있다. 따라서 천연의 불포화지방산은 이중 결합이 많아짐에 따라서 크게 구부러진 구조를 취하며 직선형의 포화지방산이나 *trans*형의 불포화지방산과는 형태가 크게 다르다. 일반적으로 그 분자 구조에 의해 액체 상태로 존재하고 식물유가 대부분 이에 속한다. 또한 불포화지방산은 혈관을 청소하는 좋은 콜레스테롤(HDL) 수치를 높이는 것으로 알려져 있다.

안명수(2004)등은 지방산의 종류 중 다가불포화지방산의 경우는 불포화 도수가 높을수록 단일불포화지방산에 비해 산화속도가 빠르고 단일불포화지방산인 올레산(Oleic acid, C18:1)에 비해 다가불포화지방산인 리놀레산(Linoleic, C18:2)은 16배, 리놀렌산(Linolenic acid, C18:3)은 10.34배 정도 산패속도가 빠르다고 보고하고 있다.

2.4. n-계열 지방산

불포화지방산은 메틸기에서 가장 가까운 첫 번째 이중결합의 위치가 생체 내 대사과정에서 변하지 않음에 근거하며 n-3, n-6, n-7, n-9 지방산 계열로

분류되는데 n-7와 n-9계열 지방산은 내인성으로 생체 내에서 합성이 가능한데 반해 n-6와 n-3계열 지방산은 외인성으로서 식품에서 섭취되거나 전구체에서 생합성되어야 하며 이들을 필수 지방산(Essential fatty acids)이라고 부른다. 따라서 필수 지방산은 인체의 정상적인 성장, 활동과 신체기능 유지를 위해 외부로부터 공급되어야 한다.

n-3계열 지방산은 리놀렌산(C18:3), EPA(C20:5), DHA(C22:6)가 대표적이며 들기름, 아마인유 및 어유에 다량 함유되어 있으며 Eicosanoid대사 중 혈소판 응고인자인 Prostaglandin 형성을 주도하여 혈전증이나 심근경색증의 감소에 생리적 활성이 있고 또한 간에서의 중성지방합성을 억제하여 혈중 콜레스테롤 수준을 저하시킨다고 알려져 있다. n-6계열 지방산은 리놀레산(C18:2), γ -리놀렌산(γ -C18:3), 아라키돈산(C20:4) 등이 있는데 옥수수유, 대두유, 홍화유 등의 식물성 기름에 많이 들어있다. n-9계열 지방산은 올레산(C18:1)으로 올리브유가 80% 이상 가지고 있는 지방산이며 돼지기름, 미강유, 팜유, 참기름 등에도 함유되어있는데 이는 단일불포화지방산으로 다가불포화지방산의 이중결합에 대한 산화과정에 따른 효과를 억제할 수 있는 지방산으로 알려져 있다.

n-6계열 지방산/n-3계열 지방산의 비(이하 n-6/n-3 비로 함)는 n-3계열 지방산의 생체내 기능의 중요성을 감안하여 4:1~10:1의 범위로 설정한 나라도 있고 캐나다에서는 1:6으로, WHO/FAD(1994)에서는 1:5 ~1:10으로 권장하고 있다. 그러나 포화 지방산의 대치식품이 아닌 과량의 섭취는 과산화물 스트레스에 따른 항산화계 조절 불능을 초래할 수 있어서 바람직하지 않고 신경조직의 발달이 왕성한 영유아와 미숙아에 있어서 n-3계열 지방산 섭취가 부족되지 않도록 하여야 한다.

주로 식물성유에 다량 함유된 리놀레산과 α -리놀렌산 및 올레산은 혈청 콜레스테롤 수준을 낮추고 혈중 LDL을 줄이는 반면 HDL은 증가시킨다. 그러나 포화지방산 특히 동물성 지방에 다량 함유된 스테아르산은 불포화되어 올레산으로 전환되므로 혈청 콜레스테롤을 낮추거나 아무런 영향도 주지 않으나 혈전은 증가시키는데 반해 팔미트산은 혈청 콜레스테롤 수준을 증가시킴으로 섭취를 제한한다. 한편 다가불포화지방산에 의한 혈청 콜레스테롤 저하 효과가 알려지면서 리놀레산이 다량 함유된 식물성유의 섭취가 급격히 증가됨에 따라 조직의 n-6/n-3 비가 상승하면서 이의 부작용에 대한 우려가 높아

지고 있다. n-6계열 지방산인 리놀레산은 아라키돈산을 생성하여 혈소판의 응집능력을 높여 혈관 내 혈전 생성을 초래하고 혈관을 수축시킨다. 그 외에도 백혈구, 단핵세포, 대식구세포에 의해 생성되는 류코트리엔(Leukotriene)의 생성에도 영향을 미치므로 염증, 면역기능 장애, 암 등의 만성 질환과도 관련이 있다. n-3계열 지방산인 리놀렌산, EPA, DHA는 혈청 콜레스테롤을 낮추고 혈중 LDL과 중성지방을 현저히 낮춘다. 또한 이들 n-3계열 지방산을 섭취 시 근육세포막의 지방산 조성에 변화를 가져와 세포막을 통한 포도당 이동이 개선되어 인슐린 저항성이 감소되며, 적혈구 세포막의 유동성이 증가되어 적혈구 변형 능력이 생겨 모세혈관과 같은 좁은 혈관도 쉽게 통과하여 혈류가 원활해진다. 한편 n-3계열 지방산 섭취가 지나치게 증가하면 n-6계열 지방산에 대해 경쟁을 하므로, n-6계열 지방산이 독특한 기능을 수행하지 못하여 결핍증상이 악화되고 산화적 스트레스도 증가해 항산화 영양소가 감소된다. 따라서 n-6계열과 n-3계열 지방산의 섭취가 적절하게 균형을 이루어야 한다.

2.5. 트랜스지방산

2.5.1. 트랜스지방산의 정의

지방산을 구성하는 탄소와 탄소는 단일결합일 때와 이중결합일 때가 모양이 다르다. 단일결합에서는 탄소와 탄소가 지그재그 식으로 반복되어 결합하여 상당히 긴 모양을 하고 있다. 탄소와 탄소 사이에 이중결합이 있으면 그 다음 탄소들이 결합을 할 때 두 가지 모양이 가능한데 이중 이중결합을 한 탄소와 다음 탄소들이 서로 같은 방향으로 결합할 때 시스(*cis*) 구조라고 하며 서로 반대 방향으로 결합할 때 트랜스(*trans*) 구조라고 한다. 자연에 존재하는 불포화지방산은 시스(*cis*) 구조를 가지므로 전체적으로 볼 때 분자구조가 꺾인 모양을 하게 된다.

Saturated fat	<i>Cis-unsaturated fatty acid</i>	<i>Trans-unsaturated fatty acid</i>
---------------	-----------------------------------	-------------------------------------

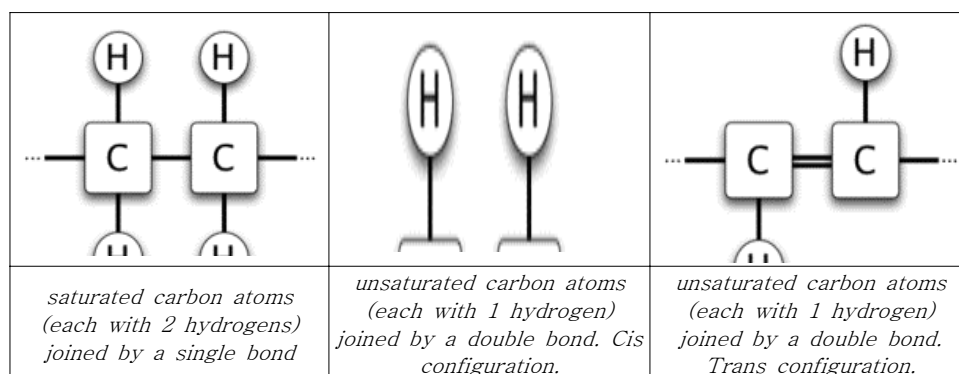


Fig. 2. Diagram of the molecular structure of different fatty acids.

따라서 같은 사슬 길이의 포화지방산에 비하여 이중결합이 한 개이면 사슬이 한 번 꺾이고 이중결합이 두개이면 사슬이 두 번 꺾이므로 이중결합은 지방산의 모양에 많은 변화를 준다. 불포화지방산이 고온에서 가열되거나 외부 충격을 받으면 수소의 위치가 엇갈려 탄소와 탄소 사이의 이중결합을 사이에 두고 다음 탄소들이 서로 다른 방향으로 결합한 트랜스(*trans*) 구조를 갖는 것이 생길 수 있는데 이를 트랜스지방산이라고 하며 영양표시에서는 트랜스 구조를 1개 이상 가지고 있는 비공액형의 불포화지방산을 트랜스지방산이라고 한다. 이들은 이중결합을 갖고 있으나 전체적인 모양이 포화지방산과 유사하다. Fig. 2는 포화지방산과 불포화지방산의 구조식에 대한 다이어그램이다.

트랜스지방산은 경화유의 제조과정에서 만들어지는 지방산으로 자연적으로는 초식동물의 반추위에서 미생물에 의한 가수소화에 의해 생성되는 소량 이외에는 거의 형성되지 않는다. 즉 지방산 분자 중 *cis-position* 대신 *trans-position*에서 불포화지방산의 이중결합에 수소원자를 첨가함으로써 액체 식물성유지를 고체화시키는 수소 첨가 공정에서 생성된다. 수소 첨가 공정은 유지의 융점을 높여 빵을 굽는데 사용되는 쇼트닝, 쇼러드 오일, 마가린의 가공과 생산, 튀김 공정시의 유지사용을 개선시켰으며 Fats와 Oils의 열에 대한 안정성을 증가시키고 식품의 유용율을 높이기 위해 액체상 유지를 반고체의 형태로 전환시키기 위해 발전되었다. 미국에서는 쇼트닝 제조에 대두유를 약 65~84% 사용하며 수소 첨가 공정과정으로부터 생산되는 주요 지방산은 엘라이드산(Elaidic acid, C18:1t)이며 대두유의 부분 선택적 수소첨가는 리놀레산(Linoleic acid)의 농도를 높게 하는 반면 유지 중 리놀렌산(Linolenic

acid) 함량을 감소시킨다.

마가린이나 쇼트닝 같은 경화유는 값이 싼 데다 음식을 만들 때 모양을 잡아주어 보기 좋게 해주며 바삭바삭한 맛을 내는 효과가 있어 과자나 빵, 팝콘, 피자, 도넛 등 가공식품제조에 많이 사용하고 있고 특히 이는 액체기름이 경화되는 과정에서 지방구가 잘게 부서져 특유의 고소한 맛과 향을 가지게 되는데 이 향을 경화취라고 하며 업체들에서는 고소한 경화취를 소비자들이 선호하기 때문에 대체 유지선정에 많은 어려움이 겪고 있는 실정이다.

2.5.2. 트랜스지방산의 생성

트랜스지방산의 생성은 다음의 세 가지 경우에 의해서 만들어진다. 첫째, 우유 및 반추 동물에서 얻어진 지방에서도 소량의 트랜스지방산이 존재하는데 이는 초식동물의 장관(반추위) 내에서 미생물에 의한 불포화지방산의 가수소화에 의해 일부 생성되어지고 소, 양, 염소 등의 유즙, 육류 및 트랜스지방산이 포함된 사료를 먹은 닭고기 등에서도 일부 존재하는데 총 섭취량에 대한 기여는 높지 않다. 둘째, 마가린, 쇼트닝등 부분경화유에는 그 반응 조건과 시간에 따라 상당량의 트랜스지방산에 포함되어 있다. 일반적으로 식물성기름의 부분경화(수소경화)공정에서 반응온도가 높을수록, 수소압력이 적을수록, 촉매량이 많을수록, 교반속도가 적을수록 많은 양의 트랜스지방산이 생성되고 이를 사용한 과자, 빵, 스낵류 등에도 많은 양의 트랜스지방산이 존재한다. 부분경화유는 총섭취량에서 절대적이고 상대적인 기여도가 매우 높아서 트랜스지방산의 섭취에서 가장 문제가 되는 급원이다. 셋째, 식용유를 정제하는 공정의 마지막 단계인 탈취공정은 230℃ 이상의 고온에서 이루어지는데 이때 이성화 반응에 의해 소량의 트랜스지방산이 생성되지만 그 양은 워낙 적어서 식이에 거의 문제가 되지 않는다. 정제유의 탈취공정에서는 트랜스지방산 중 C18:2t와 C18:3t 이성체가 주로 생성된다.

트랜스지방산은 유지(마가린, 쇼트닝 등), 양념(마요네즈, 소스 등), 빵(햄버거, 도넛, 피자, 케이크 등), 과자(파이, 쿠키, 팝콘 등), 인스턴트식품(수프 등), 튀김, 유제품, 어육제품 등에 들어있고 각종 빵, 쿠키, 케이크, 과자 등에는 사용된 마가린과 쇼트닝에 들어있는 트랜스지방산 함량에 따라 최종 제

품에도 들어있게 된다. 튀기는 음식들은 많은 경우 경화유를 사용하므로 패스트푸드점에서 파는 각종 튀김류에도 트랜스지방산이 많이 들어 있는 것으로 알려져 있으나 실제 함량은 사용된 제품의 종류와 조리시간, 온도, 기름의 선도 등에 따라 차이가 있을 수 있다. 고열의 조리과정 중에는 어떤 종류의 불포화 지방산도 트랜스지방산을 일부 형성할 수 있고 일반적인 식사에서 소량의 트랜스지방산 섭취는 불가피하다.

트랜스지방산 섭취량은 정확히 계산하기 어렵지만 미국의 경우 대체로 1일 평균 4~8g, 하루 열량의 2~3% 정도 되는 것으로 추정된다. 우리나라에서는 섭취 실태에 대한 자료가 거의 없으나 최근 부산지역 중학생을 대상으로 조사한 결과에 따르면 1일 평균 섭취수준이 1.68 ± 0.04 g정도로 섭취하는 에너지의 0.8% 수준이었다. 여학생들의 섭취수준이 남학생들에 비해 좀 높았는데, 간식이나 외식 시 선호하는 식품의 차이에 의한 것으로 보인다. 우리나라 성인의 트랜스지방산 섭취량에 대한 자료는 발표된 것이 없으나 식습관으로 미루어볼 때, 중학생보다는 낮을 것으로 생각된다. 세계보건기구(WHO)에서는 트랜스지방산을 하루 섭취하는 에너지의 1% 이내로 섭취할 것을 권고하고 있는데 우리나라 사람들의 일반적인 식생활은 이 범위에 속할 것으로 생각된다.

2.5.3. 트랜스지방산의 영향

자연계에 존재하는 불포화지방산은 트랜스와는 달리 같은 쪽을 뜻하는 시스형태로 되어있으며 필수지방산을 비롯한 유익한 지방산들도 모두 시스형태로 결합되어있다. 시스형태의 결합은 고온에서 가열되거나 외부 충격을 받으면 수소의 위치가 엇갈려 트랜스 형태의 결합이 되는데 이런 화학반응으로 만들어진 물질은 배설되지 않는데 이는 대사를 돕는 우리 몸의 효소가 이런 물질에는 제대로 작용하지 못하기 때문이다. 더 큰 문제는 이들이 필수지방산의 자리를 빼앗아버린다는 것이고 또 뇌를 비롯한 몸 전체의 세포막과 호르몬, 각종 효소 등 생체기능 조절물질의 구조를 왜곡시킨다는 것이다.

트랜스지방산의 동물 실험과 임상 연구에 의하면 트랜스지방산은 포화지방산과 분자구조 등 비슷한 물리적 특성을 갖고 있어 물리적인 성질, 체내대사, 건강에 미치는 영향 등도 포화지방산과 유사하여 필수지방산의 대사를

방해하고 태반을 지나면서 모유에 함유되며 어머니의 높은 트랜스지방산 섭취는 태아를 자궁 내에서 트랜스지방산에 노출시켜 성장을 지연시킨다. 또한, 트랜스지방산은 체중을 늘게 하고 나쁜 콜레스테롤인 저밀도지질 단백질(LDL)을 증가시켜 관상동맥질환(협심증), 심장병, 동맥경화를 유발하거나 촉진시킨다. 영국의 의학학회지 <랜싯>은 트랜스지방산 섭취를 2% 늘리면 심장병 발생 위험이 28% 증가한다는 역학조사 결과를 발표했고 미국 하버드 의대 보건대학원 프랭크후 박사는 14년간 8만4천여 명의 여성을 대상으로 역학조사를 한 결과, 트랜스지방산 섭취를 2% 늘리면 당뇨병 발생률이 39% 증가한다고 밝혔다. 이외에도 트랜스지방산이 간암, 유방암, 위암, 대장암, 전립선암 및 당뇨병의 발생과 관련이 있다는 연구결과도 미국 하버드대 보건대학원 등에서 나오고 있다.

미국 식품의약청(FDA)은 식품제조업체가 마가린에서 트랜스지방산을 제거하고 구운 식품의 트랜스지방산 함량을 3% 이하로 낮추면 매년 미국에서 5천 명을 살릴 수 있다고 주장하며 이를 근거로 모든 식품 라벨에 트랜스지방산 함량 표시를 의무화해야 한다고 목소리를 높이고 있고 미국의 식품제조회사들은 가공 공정을 바꿔 이미 트랜스 지방산 함량을 낮추는 방향으로 가고 있다.

2.5.4. 트랜스지방산의 규제

트랜스지방산의 유해성을 가장 먼저 일깨운 나라는 낙농업이 발달한 덴마크이다. 트랜스지방산이 유일하게 자연적으로 만들어지는 곳은 동물의 장관(반추위) 내인데 그런 이유로 자연산 우유에서는 0.1%가 안 되는 극소량이 검출된다. 덴마크는 2004년부터 모든 가공식품에 대하여 트랜스지방산 함량을 2% 이내로 제한하는 식품안전법을 시행하여 트랜스지방산이 2% 이상 들어 있는 식품과 유지류는 아예 유통을 금지하고 있고 이를 어길 경우 2년 이하의 징역에 처하도록 했다. 그러나 처벌보다 중요한 것은 소비자의 선택이었고 법이 시행되기 전부터 트랜스지방산을 많이 쓰거나 미심쩍은 기업은 시장에서 자동 퇴출되어 그 결과 법 시행 2년 동안 적발 건수는 10건도 안되

었다.

미국과 유럽 등에서는 트랜스지방산을 줄이기 위해 “트랜스지방”, “경화유” 등의 표시를 의무화하거나 트랜스지방산 규격을 설정하는 등 식품 규제를 강화하는 추세이다. 미국은 미국 의학원이 트랜스지방산의 위험을 경고한 뒤 2006년 1월부터 모든 가공식품에 트랜스지방산 함유량을 의무적으로 표기하도록 하고 있으며 캐나다도 2005년 12월부터 시행하고 있다. 영국과 EU은 가공식품에 경화유를 사용했을 때는 반드시 “경유화”를 기재하도록 하고 있으나 일본은 아직까지 서구처럼 트랜스지방산이 국민들의 건강에 커다란 위험을 초래한다고는 판단하지 않아 특별한 규제를 하고 있지 않다. 2003년 세계보건기구(WHO)는 트랜스지방산 섭취를 성인 한 명당 하루 섭취 칼로리의 1% 이내로 제한했는데 이는 성인의 하루 섭취 칼로리를 2천 cal로 하면 대략 20 cal로 약 2.2 g를 넘지 않도록 권고하고 있는 것이다. 우리나라에서는 2007년 12월부터 소비자의 알권리를 강화하고 균형 잡힌 식생활 습관을 유도하는 차원에서 영양성분 표시 의무를 확대하는 내용의 “식품 등 표시기준” 개정안을 마련 트랜스지방산등에 대한 표시를 의무화하고 각종 식용유지에 트랜스지방산에 대한 권장 가이드라인(5%이하)을 만들어 지도 감독하며 어린이 먹거리 건강·안전 정책의 일환으로 패스트푸드에 사용된 원료유지에 트랜스지방산 권장규격을 5%이하로 적용한다. 또한 2008년부터 초등학교 인근 지역을 대상으로 “어린이 식품안전보호구역(Green Food Zone)”을 설정하도록 추진하여 보호구역 내에 위치한 식품업소들은 정기적으로 식품위생과 식품의 트랜스지방산 함유량에 대한 점검을 하게 된다.

Table 1. 주요 국가별 가공식품 트랜스지방산의 규제비교

	규제 또는 권고사항	적용시기
덴마크	가공식품의 지방 중 2%이하로 규제	04.01
미국	식품의 표지에 함량표시	03 → 06.01
	뉴욕시에서 전면사용금지	06.12 → 07.07
캐나다	식품의 표지에 함량표시	04.01 → 05.12
한국	원료유지의 권장규격(5%)설정	06.09
	식품의 표지에 함량표시	06.09 → 07.12

일본	아직까지 별도 규제없음
유럽	원재료명에 부분경화유 표시
코덱스	트랜스지방의 정의, 표시방안 등 논의
WHO	하루섭취열량 중 트랜스지방에 기인되는 열량이 1%넘지 않도록 권고 (2.2g/2,000Cal)

2.6. 산화에 의한 산패

유지의 산화에 의한 산패가 일어나는 과정은 다음의 세 가지 형태로 나눌 수 있다. 첫째는 유지가 가열됨이 없이 자연발생적으로 공기 중의 산소를 흡수함으로써 야기되는 반응으로 활성 라디칼의 연쇄반응으로 특징지어지는 소위 자동산화과정(Autooxidation process)에 의한 산패이고 둘째는 광선에 의하여 활성화된 감광체(Photosensitizer)가 공기 중의 산소 분자를 활성이 강한 일중항 산소 분자(Singlet oxygen)로 만들어 이 일중항 산소 분자에 의한 산화 또는 감광체에 의한 산화(Photosensitized oxidation)에 기인한 산패이고 셋째는 유지를 높은 온도(140~200℃)에서 가열하였을 때 일어나는 가열산화과정(Thermal oxidation process)에 의한 산패이다. 그런데 식용유지나 지방질 식품은 실온 또는 그보다 낮은 온도에서 장기간 저장되는 것이 일반적이기 때문에 자동산화과정이 특히 문제가 되고 튀김기름이나 튀김식품들은 고온에서 유지를 가열하기 때문에 가열산화과정이 문제가 된다.

2.6.1. 자동산화에 의한 산패

유지는 공기와 접촉하는 경우 자연발생적으로 산소를 흡수하고 흡수된 산소는 유지를 산화시켜 산화 생성물을 형성하므로 산패가 야기되는 것이다. 유지가 산소를 흡수하는 속도는 반응 초기단계에서는 거의 일정하게 유지되지만 일정기간이 지나면 매우 급격하게 증가된다. 이와 같이 유지의 산소 흡수속도가 매우 낮은 기간을 산패의 유도기간(Induction period)이라고 하는데 이 유도기간이 지나면 유지의 산소 흡수속도가 급증하므로 산화 생성물의

함량도 급격히 증가하게 되고 유지에 여러 가지 화학적·물리적 변화가 초래되어 산패가 일어나게 된다. 따라서 이 유도기간을 유지가 산패될 때까지의 기간이라고도 할 수 있다. 일반적으로 산소 흡수속도는 유지의 불포화도에 가장 큰 영향을 주기 때문에 불포화도가 클수록 그 산화속도가 크다.

2.6.2. 일중항 산소에 의한 산패

불포화지방산의 산화에서는 자유라디칼이 생성되어 연쇄반응이 시작된다고 생각하고 있지만 최초의 자유라디칼은 안정한 형태로 존재하는 삼중항 산소(Triplet oxygen: $3O_2$)에 의하여 연쇄반응이 개시되는데 일중항 산소는 삼중항 산소보다 약 1,500배가량 빠르게 탄소와 탄소의 이중결합과 반응하고 이 반응에서 생성된 Hydroperoxide가 분해되면서 생성된 자유라디칼과 함께 연쇄반응이 시작되는데 일중항 산소는 적당한 감광체(Photosensitizer)와 햇빛의 존재하에서 공기 중의 삼중항 산소로부터 생성되는 것이므로 삼중항 산소에 의하여 연쇄반응이 개시된다고 말할 수 있고 적당한 감광체는 유지식품 중에 널리 존재하며 일중항 산소를 생성하는 감광체로는 Chlorophyll, Pheophytin, Hematoporphyrin, Hemoglobin과 Myoglobin의 색소 부위, 합성색소인 Erythrosin 등이 있다. 일중항 산소에 의한 Hydroperoxide의 생성 메커니즘은 자동산화에 의한 메커니즘과는 다르게 산소 분자가 이중결합 말단에 직접 결합하여 이중결합의 이동이 수반되고 *trans*형으로 전환되면서 Hydroperoxide가 생성된다.

2.6.3. 가열에 의한 산화

유지의 가열 산화는 공기 존재 하에서 유지를 고온으로 가열 할 때 일어나는 산화과정이다. 식용유지의 가열 산화는 $140\sim 200^{\circ}\text{C}$ 에서의 튀김 과정(Deep fat frying)이 가장 중요하다고 볼 수 있다. 고온에서 유지를 가열하였을 때는 식용유지의 향미(Flavor), 외관, 영양가 및 독성 등 수많은 반응과 복잡한 변화가 일어난다. 유지를 튀김 온도 범위로 가열 하였을 때 일어나는 중요한 반응들은 다음과 같다.

2.6.3.1. 유리지방산의 생성

수분이 없는 상태에서 가열하였을 때 트리아실글리세롤은 디아실글리세롤, 모노아실글리세롤, 글리세롤의 순서대로 단계적으로 분해되어 유리지방산을 형성한다. 무수상태에서 트리아실글리세롤내에 존재하는 에스테르 결합의 분해는 탄소수가 적은 저급 지방산이나 불포화지방산의 함량이 많은 유지일수록 잘 일어난다.

2.6.3.2. Carbonyl 화합물의 형성

포화지방산과 그의 에스테르는 불포화지방산과 그의 에스테르보다 안정하나, 150℃ 이상의 온도로 가열하면 산화되어 복잡한 분해산물을 형성한다. 주된 산화물은 Carboxylic acid, 2-Alkanone, n-Alkanal 등의 Carbonyl 화합물과 n-Alkane, 1-Alkene 등의 탄화수소 및 Lactone 등이다. 일반적으로 포화지방산이 가열 산화되면 지방산의 모든 Methylene기에서 산소의 공격을 받는 일반적인 산화 메커니즘과 같은 양상으로 Hydroperoxide가 형성된 후 분해되는데 산소의 공격을 받는 지방산의 탄소 위치에 따라 생성물이 달라진다. 예를 들면 지방산의 β 탄소 위치에서 산화적 공격을 받으면 원래의 지방산보다 탄소수가 하나 더 적은 Cn-1 Methyl ketone이 생성되고, α와 β 탄소 사이가 분열되어 Cn-2 Alkanal과 Cn-3 Alkane이 생성된다. 또한 지방산의 γ 탄소 위치에서 산소의 공격을 받게 되면 Cn-4 Alkane, Cn-3 Alkanal, Cn-2 Methyl ketone이 형성된다. 지방산의 α 탄소 위치에서 산소의 공격을 받게 되면 Cn-1 지방산(α-Keto acid를 경유하여), Cn-1 Alkanal, Cn-2 Alkane 등이 형성된다. 튀김과정 중 불포화지방산은 포화지방산보다 빨리 산화되고 Hydroperoxide의 분해와 그 산화물의 분해가 빨리 진행되며 생성물은 포화지방산 때와 거의 같다.

2.6.3.3. 중합반응

유지의 가열에 의한 변화 중 가장 중요한 것은 중합반응(Polymerization)에 의한 이합체(Dimer), 삼합체(Trimer), 중합체(Polymer)의 형성이다. 이와 같은 중합반응은 유지를 가열하였을 경우에만 일어나는 것이 아니고 자동산화과정의 후반부에서도 일어난다. 따라서 자동산화에 의하여 과도하게 산패된 유지에서도 중합체가 형성되고, 높은 온도에서 가열하면 중합체의 형성은 더 급속하게 진행된다.

중합반응은 가열산화 또는 자동산화과정에서 형성된 자유라디칼들의 재결합에 의하여 일어날 수도 있으나, 주로 Diels-Alder 반응에 의하여 일어난다. Diels-Alder첨가반응은 유지의 가열산화 또는 자동산화과정에서 형성된 공액 이중결합을 가진 유지 분자들이 이중결합을 가진 다른 유지 분자들과 첨가 반응을 하는 것이다. 이와 같이 첨가반응은 이중결합을 가진 유지 분자들과 공액 이중결합을 가진 유지 분자들 사이에 계속 일어날 수 있으므로 이합체 뿐만 아니라 삼합체, 사합체도 계속 형성될 수 있다. 고온에서 가열된 유지는 이상과 같이 중합체가 형성되므로 점도(Viscosity)가 급속히 증가한다.

한편, 가열산화에 의하여 생성된 중합체는 요소(Urea)와 첨가반응물, 즉 내포화합물(Inclusion compound)을 형성하지 않는 것으로 알려지고 있다. 요소는 단독으로는 정사면체(Tetragonal)의 결정을 형성하나, 탄소수가 비교적 많은 직선상의 탄화수소화합물(알코올, 지방산 등)이 함께 존재할 때의 요소는 여섯 개의 분자들이 한 단위(a unit cell)가 되는 육방정주의 프리즘(Hexagonal prism)을 형성한다. 즉 요소는 지방산과 같은 직선상의 탄화수소들과 매우 특이한 첨가화합물을 형성한다. 그러나 중합반응에 의하여 형성된 중합체는 요소와 내포화합물을 형성하지 못한다. 따라서 가열중합 내지 가열 산화된 지방산 및 유지 중의 요소와 내포화합물을 형성하지 않는 지방산(Non-urea adduct forming fatty acid)의 전체 지방산 함량에 대한 비율은 가열 산화된 식용유지의 물리·화학적 및 영양학적 변화와 품질 변화의 중요한 척도로 사용된다. 또한, 요소와 내포화합물을 형성하지 않는 중합체는 실험동물에 대하여 성장 억제작용을 나타낼 뿐만 아니라 독성도 나타내는 것으로 알려져 있다.

2.7. 식용유지

식품공전에 의하면 식용유지는 유지를 함유한 식물 또는 동물로부터 얻은 원유를 제조·가공한 것으로 식용유는 크게 동물유와 식물유로 나누는데 상온에서 액체상태를 유지하는 제품은 유(油)로, 상온에서 고체상태를 유지하는 제품은 지(脂)로 분리되며 대두유, 옥수수유, 채종유, 현미유, 참기름, 들기름, 홍화유, 해바라기유, 목화씨유, 올리브유, 채종유, 팜유, 야자유, 우지, 돈지, 정제가공유지, 쇼트닝, 마가린류, 고추씨기름, 카포크유 등을 말한다.

자연계의 식품으로부터 얻은 지방(원유)을 원료로 하여 제조 가공한 식용유의 성분은 대부분 중성지방(TG)이고 중성지방은 한 분자의 글리세롤과 세 분자의 지방산으로 구성되어 있으므로 사람이 식용유를 통해 섭취하는 지방 성분은 대부분 다양한 지방산이다. 중성지방 구조 중 글리세롤부분은 식용유의 종류가 무엇이냐에 상관없이 모두 동일하지만 식용유의 종류에 따라 지방산의 종류는 서로 달라지며 이에 따라 식용유의 물리적 특성 및 영양적 효과도 달라진다.

가정에서 사용하는 식물성 식용유는 지방산 종류에 따라 포화지방산함량이 높은 코코넛유와 팜유, 다가불포화지방산 함량이 높은 콩기름, 옥수수유, 홍화유, 해바라기유, 단일 불포화지방산 함량이 높은 올리브유 등이 있다.

제 3 장 실험방법

3.1. 재료

3.1.1. 식용유지류에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

경기도 관내 5개 시군의 대형마트에서 수거한 식용유지 83건(대두유 24건, 옥수수유 21건, 압착올리브유 9건, 혼합올리브유 11건, 포도씨유 11건, 마가린7건)에 대한 지방산과 트랜스지방산의 함량을 분석하였다.

3.1.2. 개봉 후 방치시간 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

대두유, 옥수수유, 혼합올리브유, 포도씨유 등 4종의 식용유지를 대상으로 2006년 4월18일부터 150일 동안 상온(빛이 있는 장소, 빛이 없는 장소, 개봉, 밀봉)에 방치하여 30일 단위로 검체를 취하여 개봉 후 방치시간 변화에 따른 지방산과 트랜스지방산의 조성과 함량변화를 살펴보았다.

3.1.3. 가열 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

튀김 등 식용유지의 가열처리에 의한 지방산과 트랜스지방산의 조성과 함량변화를 살펴보기 위하여 냉동감자(미국산) 400g를 취하여 175℃에서 5분간 가열조리한 후 건져내고 그 식용유지를 10ml를 취하여 1차 시료(대두유, 옥수수유)로 하고 10분 후 다시 냉동감자 400 g를 넣고 가열조리한 후 10ml를 취하여 이를 2차 시료로 하는 방법으로 15회까지 반복 시행하여 채취하였다. 가열 전 식용유지(대두유, 옥수수유)와 채취한 검체 중 1회, 3회, 6회, 9회, 12회, 15회에 해당하는 검체를 2006년 5월16일부터 상온(빛이 있는 장소, 빛이 없는 장소, 개봉, 밀봉)에 방치하여 30일 단위로 150일 동안 검체를 취하여 분석하였다.

3.2. 조사 기간

2006년 1월 ~ 2006년 11월

3.3. 검사항목

지방산 37종 및 트랜스지방산(C18:1t, C18:2tt+ct+tc, C18:3ttt+ttc+ttct+ttc+cct+ctc+tcc)

3.4. 시약

3.4.1. 지방산표준물질

- 37 Component Fame mix (Supelco, U.S.A)
- Linoleic acid methyl ester, cis/trans isomer mix, 10mg/ml (Supelco, U.S.A.)
- Linolenic acid methyl ester, cis/trans isomer mix, 10mg/ml (Supelco, U.S.A.)

3.4.2. 표준용액제조

- 37 Component fame mix, Linoleic acid methyl ester, cis/trans isomer mix 및 Linolenic acid methyl ester isomer mix를 GC auto sampler용 2 ml 바이알에 옮겨 사용하였다.

3.4.3. 유기용매

- Borontrifluoride methanol solution, 14%(Sigma, U.S.A.)
- Methanol (J.T. Baker, U.S.A.)
- Water (J.T. Baker, U.S.A.)
- *Iso*-Octane(同仁化學研究所, 日本)

3.4.4. 기타시약

- Sodium chloride (Merck, Germany)
- Sodium sulfate, anhydrous (Tedia, U.S.A)

3.4.5. 유기용매조제

- 메탄올성 수산화나트륨 용액(0.5N)은 수산화나트륨 2g를 메탄올 100ml에 녹여 사용하였다.

3.5. 기구 및 장치

- Vortex mixer (Thermolyne Type 37600 Maxi Mix Vortex Mixer, U.S.A.)
- Dry oven (Heraeus Type UP-6200, U.S.A.)
- Dry bath (EYELA(TOKYO RIKAKIKAI) MG-2300 Aluminum Block Dry Thermo Bath, Japanese)
- 전자저울 (OHAUS CT1200, OHAUS EXPLORER PRO EPG214C U.S.A.)
- 냉동고 (삼성전자, SFRA180LW)
- Rotary vacuum Evaporator (EYELA N-1001V-W, TOKYO RIKAKIKAI)
- 초음파세척기 (Branson 850, U.S.A)
- 가스크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID)
GC (Agilent 6890 GC, U.S.A.)

SP-2560 (100m(Length) × 0.25mm(I.D.) × 0.25 μ m(Film thickness),

Supelco, U.S.A.)

FID (Flame Ionization Detector)

Automatic Sampler (Agilent 7683, U.S.A.)

3.6. 시험방법

3.6.1. 지방의 가수분해

식용유지는 에스터 결합으로 하고 있는 형태이므로 가수분해하는 과정이 선행되어야 한다. 지방의 가수분해 과정은 다음과 같이 수행하였다.

- ① 식용유지의 검체를 25~40mg을 유리 튜브에 취한다.
- ② 0.5N 메탄올성수산화나트륨용액 1.5ml를 가하고 질소를 불어넣은 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합한다.
- ③ 100℃ Heating block에서 약 5분간 가온한다.
- ④ 30~40℃ 로 냉각한다.

3.6.2. 지방산의 유도체화

가수분해 시킨 시료에서 지방산을 메틸 에스터로 유도체화 시키는 방법은 다음과 같다.

- ① 14% 트리플루오르보란메탄올용액 2ml를 가하고 다시 질소를 불어 넣은 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합한다.
- ② 100℃에서 30분간 가온한다.
- ③ 30~40℃로 냉각하여 이소옥탄용액 1ml를 가하여 질소를 불어 넣은 후 뚜껑을 덮고 이 온도에서 30초간 격렬히 교반한다.
- ④ 포화 염화나트륨용액 5ml를 가하고 질소를 불어넣은 다음 뚜껑을 덮고 격렬히 교반한다.
- ⑤ 상이 분리되도록 상온에서 방치한다.
- ⑥ 상층인 이소옥탄층을 무수황산나트륨이 있는 새 유리 튜브에 넣

고 질소를 불어 넣은 후 즉시 뚜껑을 덮는다.

⑦ 이소옥탄층을 취하여 Auto sampler용 바이알에 옮긴 후 GC/FID로 분석한다.

Fig. 3은 식용유지류의 트랜스지방산의 분석방법에 대한 흐름도를 나타낸 것이다.

3.7. 기기분석 조건

본 연구에 사용한 분석기기는 Table 2에서 보는 바와 같이 Agilent 7683 자동주입기(Automatic Sampler)를 장착한 Agilent 6890 가스크로마토그래피(Gas chromatograph) 시스템과 불꽃 이온화 검출기(Flame ionization detector, FID)로 구성된다. GC System의 Inlet은 Split/Splitless inlet로 Liner는 Split liner를 사용하였고 컬럼은 SP-2560(100m(Length) × 0.25mm(I.D.) × 0.25 μ m(Film))를 사용하였다. GC-FID의 주입부 온도는 250 $^{\circ}$ C로, 오븐온도는 초기에 160 $^{\circ}$ C에서 1분간 유지시킨 다음 180 $^{\circ}$ C까지 5 $^{\circ}$ C/min으로 승온시킨 후 40분간 유지시켰다. 그 후 210 $^{\circ}$ C까지 7 $^{\circ}$ C/min씩 승온시키고 다시 3 $^{\circ}$ C/min씩 승온하여 230 $^{\circ}$ C까지 올린 후 5분간 유지시켰다. 검출기온도는 280 $^{\circ}$ C를 유지시켰다. 주입량은 1 μ l로 하였으며 Carrier gas는 질소(Nitrogen)를, 유량은 1.0ml/min 되도록 하고 Split ratio는 1/70으로 설정하였다. Detector gases는 Hydrogen: 40ml/min, Air: 450ml/min, Nitrogen make-up gas: 30ml/min을 사용하였다.

Sa 25~40 mg

← 0.5N 메탄올성 수산화나트륨 용액 1.5ml

질소충진, 혼화, 100 $^{\circ}$ C, 5min 가온 → 냉각

← 14% 트리플루오르보란 메탄올 용액 2ml

질소충진, 혼화, 100 $^{\circ}$ C, 30min 가온 → 30~40 $^{\circ}$ C 냉각

← iso-Octane 1ml

질소충진, 30sec 혼화

← 포화염화나트륨용액 5ml

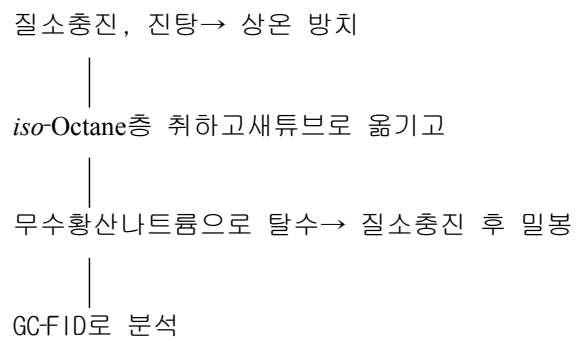


Fig. 3. Flow chart of trans fatty acids analysis.

Table 2. Operating conditions for fatty acids and trans fatty acids by GC/FID

Type	Operating conditions
GC System	Agilent 6890 GC
Inlet	Split/Splitless inlet
Detector	FID
Automatic Sampler	Agilent 7683
Liner	Split liner
Column	SP-2560 (100m(Length) × 0.25mm(I.D.) × 0.25 μ m(Film))
Experimental Conditions	
GC-FID	
Inlet temperature(°C)	250
Injection volume	1 μ l
Split ratio	1/70
Carrier gas	Nitrogen (1.0ml/min)
Oven temperature(°C)	160°C(1min), 5°C/min to 180°C(40min), 7°C/min to 210 °C, 3°C/min to 230°C(13min)
Detector temperature(°C)	280
Detector gases	Hydrogen: 40ml/min, Air: 450ml/min, Nitrogen make-up gas: 30ml/min

제 4 장 결 과

4.1. 식용유지류에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

경기도 관내 5개 시군의 대형마트에서 수거한 식용유지 83건(대두유 24건, 옥수수유 21건, 정제올리브유 9건, 혼합올리브유 11건, 포도씨유 11건, 마가린7건)에 대한 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량은 Table 3에 나타났다. Fig. 4는 37종 지방산표준물질의 크로마토그램을 나타낸 것이고 Fig. 5는 C18:2의 시스/트랜스 표준물질(Linoleic acid methyl ester, cis/trans isomer mix)의 크로마토그램, Fig. 6은 C18:3의 시스/트랜스 표준물질(Linolenic acid methyl ester, cis/trans isomer mix)의 크로마토그램을 나타낸 것이다.

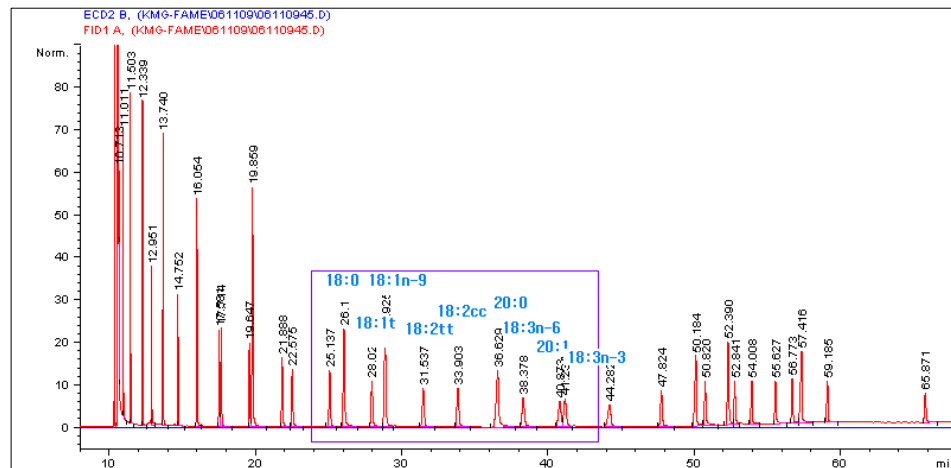


Fig. 4. GC/FID analysis of 37-component fatty acids standard.

Fig. 5. GC/FID analysis of C18:2 isomers.

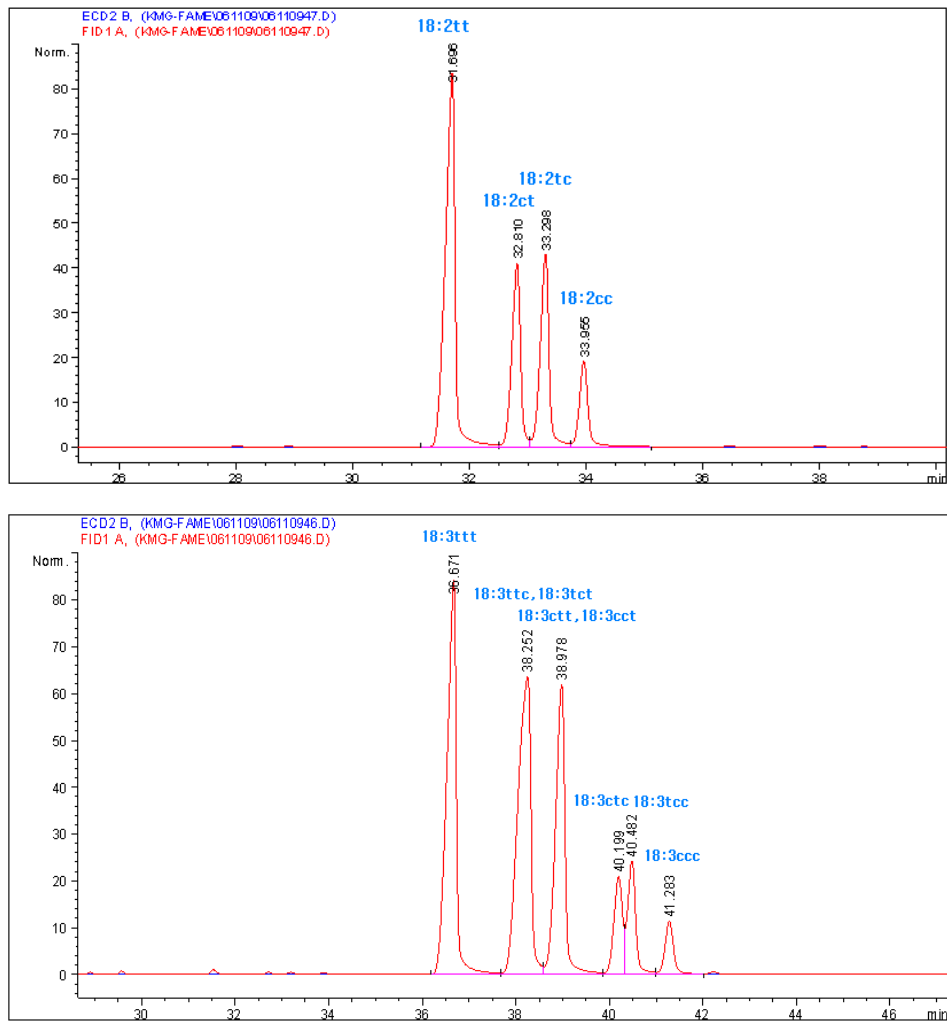


Fig. 6. GC/FID analysis of C18:3 isomers.

Table 3. Content of fatty acids and trans fatty acids in oils and fats

(g/100g)

Fatty acid	S	C	O	PO	GR	MA
P	63.38±1.40	57.64±1.48	10.18±3.12	12.02±1.17	74.90±1.73	30.32±4.41
M	21.04±1.77	27.88±1.11	74.24±3.28	71.80±2.05	15.34±1.34	38.81±4.16
S	15.58±0.46	14.48±0.48	15.58±0.63	16.18±1.55	9.77±0.47	30.87±5.86
P/M/S	4.1/1.4/1	4.0/1.9/1	0.7/4.8/1	0.7/4.4/1	7.7/1.6/1	1.0/1.3/1
n-6	55.94±0.94	56.40±1.56	9.44±3.12	11.30±1.17	74.54±1.81	29.15±4.74
n-3	6.91±0.99	1.13±0.39	0.74±0.04	0.68±0.10	0.32±0.16	1.10±0.36
n-6/n-3	8.28	56.57	12.78	16.97	267.26	30.11
C16:0	10.24±0.27	11.54±0.39	11.38±0.84	12.22±1.52	5.90±0.26	20.28±6.96
C18:0	4.11±0.56	2.03±0.11	3.50±0.42	3.22±0.20	3.49±0.09	8.12±1.67
C18:1	20.74±1.75	27.49±1.10	73.06±3.36	70.59±2.06	15.09±1.32	38.53±4.17
C18:2	55.43±0.81	56.31±1.58	9.42±3.11	11.25±1.17	74.50±1.82	29.06±4.76
C18:3	7.88±0.87	1.27±0.40	0.74±0.04	0.74±0.08	0.35±0.16	1.24±0.39
C18:1t	0.05±0.01	0.06±0.02	-	0.01±0.02	0.03±0.01	8.77±6.06
C18:1c	20.69±1.75	27.43±1.10	73.06±3.36	70.58±2.06	15.05±1.32	29.76±1.90
C18:2tt	0.03±0.12	0.02±0.07	-	-	0.02±0.01	0.03±0.04
C18:2ct	0.31±0.14	0.24±0.13	-	0.05±0.03	0.34±0.09	0.34±0.12
C18:2tc	0.27±0.16	0.19±0.12	-	0.04±0.03	0.29±0.08	0.20±0.03
C18:2cc	54.81±0.80	55.85±1.61	9.42±3.11	11.16±1.15	73.87±1.92	28.49±4.64
C18:3ttt	-	-	-	-	-	-
C18:3ttc, C18:3tct	0.04±0.05	-	-	-	-	-
C18:3ctt, C18:3cct	0.43±0.24	0.06±0.03	-	0.03±0.02	0.01±0.01	0.07±0.03
C18:3ctc	0.01±0.04	-	-	-	-	-
C18:3tcc	0.49±0.27	0.08±0.02	-	0.03±0.01	0.03±0.01	0.07±0.02
C18:3ccc	6.91±0.99	1.13±0.39	0.74±0.04	0.68±0.10	0.32±0.16	1.10±0.36
C18:1t	0.05±0.01	0.06±0.02	-	0.01±0.02	0.03±0.01	8.77±6.06
C18:2t	0.62±0.37	0.46±0.28	-	0.09±0.05	0.64±0.17	0.57±0.12
C18:3t	0.97±0.50	0.14±0.04	-	0.06±0.03	0.04±0.01	0.14±0.04
tFAs/sample	1.63±0.82	0.65±0.31	-	0.15±0.09	0.71±0.18	9.47±6.01
Serving size(g)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0
tFAs(g)	0.08	0.03	0.00	0.01	0.04	0.57
/Serving size						

*S: Soy bean oil, C: Corn oil, O: Extra virgin olive oil, PO: Pure olive oil, GR: Grape seed oil, MA: Margarine, P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs: Total trans fatty acid, C18:1: oleic acid, C18:2: linoleic acid, C18:3: linolenic acid, t: *trans*.

다가불포화지방산은 포도씨유(74.90 ± 1.73 g/100g)에 가장 많이 들어있었고 그 다음으로 대두유(63.38 ± 1.40 g/100g), 옥수수유(57.64 ± 1.48 g/100g)에도 비교적 많이 들어있었다. 압착올리브유(10.18 ± 3.12 g/100g)와 혼합올리브유(12.02 ± 1.17 g/100g)는 적은 양의 다가 불포화지방산을 함유하고 있었다.

단일불포화지방산은 압착올리브유(74.24 ± 3.28 g/100g)와 혼합올리브유(71.8 ± 2.05 g/100g)에 다른 식물성 유지보다 3배정도 많이 포함되어있었다. 포도씨유는 식용유지 중 가장 적은 양(15.34 ± 1.34 g/100g)의 단일불포화지방산을 함유하고 있었다. 마가린은 다른 식용유지류에 비해 2~3배의 많은 포화지방산(30.87 ± 5.86 g/100g)을 함유하고 있었으며 다가불포화지방산, 단일불포화지방산, 포화지방산의 비(P/M/S)는 1.0/1.3/1로 3개의 지방산이 비교적 비슷하게 들어있었다. 다른 식용유지의 다가불포화지방산, 단일불포화지방산, 포화지방산의 비(P/M/S)를 살펴보면, 대두유는 4.1/1.4/1이고 옥수수유는 4.0/1.9/1로 다가불포화지방산이 가장 많이 들어있음을 알 수 있었고 압착올리브유(0.7/4.8/1)와 혼합올리브유(0.7/4.4/1)는 단일불포화지방산이 가장 많이 들어있었고 혼합올리브유보다는 압착올리브유에 더 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 포도씨유(7.7/1.6/1)는 다른 식용유지에 비해 다가불포화지방산의 비가 가장 큰 것을 알 수 있었다. 이상의 결과에서 보듯이 올리브유와 포도씨유는 불포화지방산이 많이 들어 있어서 몸에 좋다고 알려지면서 웰빙 열풍을 타고 선호도가 증가하여 소비량이 점차 증가하는 추세에 있다.

n-6계열 지방산은 포도씨유에 74.54 ± 1.81 g/100g로 가장 많이 들어있었고 옥수수유(56.40 ± 1.56 g/100g)에도 비교적 많이 들어있었다. n-3계열 지방산은 대두유에 6.91 ± 0.99 g/100g로 가장 많이 들어있었고 포도씨유에는 0.32 ± 0.16 g/100g로 아주 적은 양이 함유되어 있었다.

n-6/n-3 비는 n-3계열 지방산의 생체 내 기능의 중요성을 감안하여 우리나라(2000년)와 FAO/WHO(1994년)를 비롯한 몇몇 나라에서는 n-6지방산/n-3지방산 비를 4:1~10:1의 범위로 설정하고 있으며, 신경조직의 발달이 왕성한 영유아와 미숙아에 있어서 n-3계열 지방산 섭취가 부족 되지 않도록 하여야 한다는 주장도 있어 앞으로의 권장량 설정을 위한 다양한 연구가 필요한 실정이다. 식용유지류의 n-6/n-3 비를 살펴보면, 대두유는 8.28로 가장 적당한 균형을 가지고 있었고, 압착올리브유는 12.78, 혼합올리브유는 16.97이었으며 옥수수유는 56.57, 마가린은 30.11로 높은 수치를 나타내었고 포도씨유는

267.26으로 식용유지류 중 가장 높은 수치를 나타내 n-6/n-3 비가 불균형을 이루고 있음을 알 수 있었다.

식용유지의 트랜스지방산의 함량을 살펴보면, 대두유는 1.63 ± 0.82 g/100g, 옥수수유는 0.65 ± 0.31 g/100g, 압착올리브유는 검출되지 않았으며, 혼합올리브유는 0.15 ± 0.09 g/100g, 포도씨유는 0.71 ± 0.18 g/100g, 마가린은 9.47 ± 6.01 g/100g이었으며 이중 경화유인 마가린의 함량이 가장 높게 나타났다. 마가린을 제외한 모든 식용유지의 트랜스지방산의 함량은 0.79 ± 0.53 g/100g 으로 식품의약품안전청(2005)에서 발표한 내용(1.0 ± 0.5 g/100g)보다 적게 나타났고 마가린의 경우도 식품의약품안전청의 마가린 중 트랜스지방산에 대한 함량(14.4 ± 10.2 g/100g)보다 낮은 결과(9.47 ± 6.01 g/100g)를 나타냈다. 식품의약품안전청에서는 2007년부터 어린이 먹거리 건강·안전 정책의 일환으로 패스트푸드의 트랜스지방산 함유 실태를 정기적으로 조사하여 그 결과를 공개할 계획이며, 패스트푸드에 사용된 원료유지에 권장규격을 5%이하로 적용할 계획인데 본 연구의 결과 권장규격을 초과하는 식물성유지는 없었다.

김종희 등(2004)에 의하면 지방 100g당 트랜스지방산의 함량은 마가린 2.11~33.83% (평균 14.66%), 식물성 식용유지 0.18~3.82% (평균 1.54%)이었고 이들 시료 중 트랜스지방산 이성질체는 대부분이 C18:1t와 C18:2t이었다. 1회 분량 당 트랜스지방산의 평균 함량은 마가린 0.74 g, 쇼트닝 0.71 g, 식물성 식용유지 0.08 g로 본 연구 결과(마가린 0.57 g, 식물성유지 0~0.08 g)와 비교해보면 높은 수준이 검출된 것을 알 수 있었다.

우리나라에서는 식물성 기름 중에서는 콩기름의 섭취량(3.7 g/day)이 가장 높으나, 참기름과 옥수수기름의 섭취량(2.1 g/day)을 합한 값도 상당히 높으며 라면을 통한 지방섭취량도 2.4 g/day로서 많은 편이다. 국내 소비량이 많은 대두유와 옥수수유의 불포화지방산 중 탄소(C) 18개를 가진 지방산의 조성을 비교해보면, 대두유는 C18:3의 함량(7.88 ± 0.87 g/100g)이 옥수수유(1.27 ± 0.40 g/100g)에 비해 많았고 C18:1의 함량은 대두유(20.74 ± 1.7 g/100g)가 옥수수유(27.49 ± 1.10 g/100g)에 비해 적었다. 트랜스지방산의 함량을 살펴보면, 대두유는 C18:3t(0.97 ± 0.50 g/100g)가 가장 많이 검출되고 그 다음으로 C18:2t(0.62 ± 0.37 g/100g)와 C18:1t(0.05 ± 0.01 g/100g)가 검출되었고 옥수수유는 C18:2t(0.46 ± 0.28

g/100g)가 가장 많이 검출되고 C18:3t(0.14 ± 0.04 g/100g)와 C18:1t(0.06 ± 0.02 g/100g) 순으로 검출되었다.

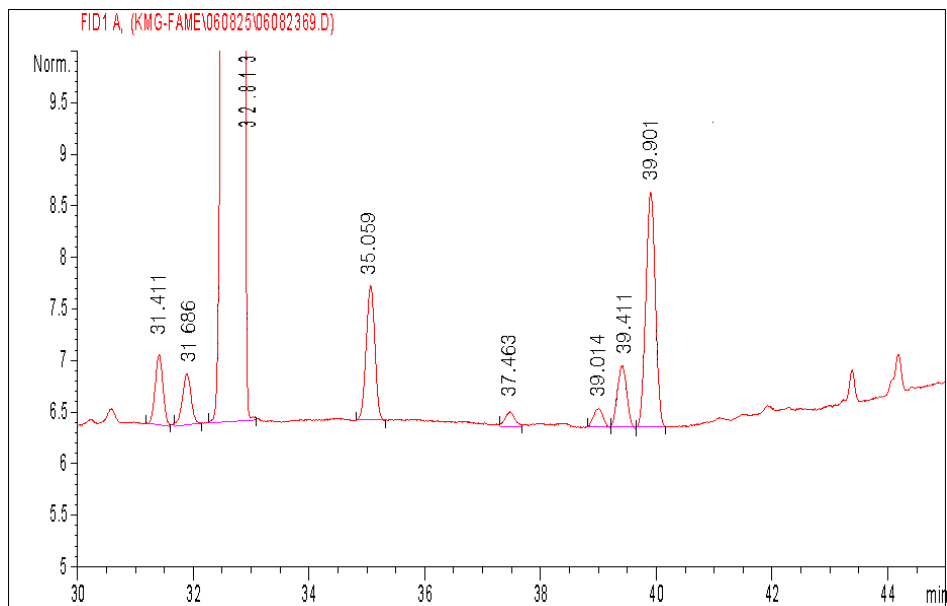
부분경화유인 마가린의 불포화지방산 중 탄소(C) 18개를 가진 지방산의 조성을 살펴보면, C18:1(38.53 ± 4.17 g/100g)의 함량이 가장 많았고 그 다음으로 C18:2(29.06 ± 4.76 g/100g)가 검출되었고 C18:3(1.24 ± 0.39 g/100g)은 적은 양이 검출되었다. 트랜스지방산은 C18:1t(8.77 ± 6.06 g/100g)가 가장 많이 검출되고 그 다음으로 C18:2t(0.57 ± 0.12 g/100g)와 C18:3t (0.14 ± 0.04 g/100g)가 검출되었다. 마가린에서 트랜스지방산 중 C18:1t가 가장 많이 검출된 것은 유지의 부분경화(수소경화) 공정 중 생성된 것으로 추정할 수 있다.

올리브유와 포도씨유의 불포화지방산 중 탄소(C) 18개를 가진 지방산의 조성을 비교해보면, 압착올리브유와 혼합올리브유는 단일불포화지방산인 C18:1을 73.06 ± 3.36 g/100g, 70.59 ± 2.06 g/100g 함유하고 있는 반면에 포도씨유는 다가불포화지방산인 C18:2를 74.50 ± 1.82 g/100g 함유하고 있었다. 트랜스지방산은 압착올리브유에서는 검출되지 않았으며 혼합올리브유에서는 C18:2t(0.09 ± 0.05 g/100g)가 가장 많이 검출되었고 그 다음으로 C18:3t(0.06 ± 0.03 g/100g)와 C18:1t(0.01 ± 0.02 g/100g)가 검출되었다. 또한 포도씨유에서는 C18:2t(0.64 ± 0.17 g/100g)가 가장 많이 검출되고 그 다음으로 C18:3t(0.04 ± 0.01 g/100g)와 C18:1t(0.03 ± 0.01 g/100g)가 검출되었다. 정제가공유지에서 C18:2t와 C18:3t의 트랜스지방산의 검출이 높은 이유는 250°C 이상의 고온에서 이루어지는 식용유지의 탈취공정 중 C18:2t와 C18:3t 이성체가 생성되어진 결과로 볼 수 있다.

4.1.1. 대두유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

Fig. 7. Chromatogram of trans fatty acids from soy bean oil.

Fig. 7은 대두유의 트랜스지방산에 대한 크로마토그램이고 대두유의 지방산과 트랜스지방산에 대한 조성과 함량은 Table 3에 나타냈다. 대두유(Soybean oil)의 주요지방산인 C16:0은 10.24 ± 0.27 g/100g, C18:0은 4.11 ± 0.56 g/100g이었고 포화지방산(SFA: Saturated fatty acid)은 15.58 ± 0.46 g/100g를 나



타냈다. 불포화 지방산(UFA: Unsaturated fatty acid)은 C18:1c가 20.69 ± 1.75 g/100g이었고 C18:2cc는 54.81 ± 0.80 g/100g로 다른 지방산에 비해 높은 수준을 나타냈고 C18:3ccc는 6.91 ± 0.99 g/100g를 나타냈다. 단일불포화지방산(MUFA: Monounsaturated fatty acid)은 21.04 ± 1.77 g/100g, 다가불포화지방산(PUFA: Polyunsaturated fatty acid)은 63.38 ± 1.40 g/100g를 나타내 대두유 중 불포화지방산은 약 84.42 g/100g를 나타냈다. P/M/S 비는 4.1/1.4/1로 최영선(1995)의 식이지방급원으로서의 대두유의 영양적 평가에서 제시한 대두유의 P/M/S 비 4.3/1.5/1 과 유사한 경향을 보였다.

대두유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.05 ± 0.01 g/100g, C18:2tt가 0.03 ± 0.12 g/100g, C18:2ct가 0.31 ± 0.14 g/100g, C18:2tc는 0.27 ± 0.16 g/100g가 검출되었다. C18:3ttt는 검출되지 않았으며 C18:3ttc, C18:3tct가 0.04 ± 0.05 g/100g, C18:3ctt, C18:3cct가 0.43 ± 0.24 g/100g, C18:3ctc가 0.01 ± 0.04 g/100g, C18:3tcc는 0.49 ± 0.27 g/100g가 검출되었다. 즉, 대두유의 C18:1t가 0.05 ± 0.01 g/100g, C18:2t 0.62 ± 0.37 g/100g, C18:3t는 0.97 ± 0.50 g/100g가 검출되어 대두유중 트랜스지방산 이성체는 C18:3t > C18:2t > C18:1t 순으로 검출되었다. 노경희 등(2003)은 유지류의 트랜스지방산 함량은 지방 100g당 5.40~16.558의 범위였으며 대두유에서는 C18:1t가 0.95%로 가장 높게 나타났으나 본 연구에서는 C18:3t가 가장 높은 수준으로 검출되었다.

한국영양학회에서 2000년10월22일 발행한 한국인의 영양권장량(제7차 개정판)에 의하면, 식물성기름의 1회 분량(Serving size, 1회에 섭취해야하는 양)은 1작은 술(5 g)을 정하고 있다. 이를 적용하여 대두유의 1회 섭취하는 트랜스 지방산의 양(tFAs(g)/Serving size)은 약 0.08 g로 많지 않은 것으로 판단된다.

n-6계열 지방산은 55.94 ± 0.94 g/100g를 n-3계열 지방산은 6.91 ± 0.99 g/100g로 n-6/n-3 비는 약 8.3을 나타냈다. 이는 최영선(1995)의 식이지방급원으로서의 대두유의 영양적 평가에서 제시한 대두유의 n-6/n-3 비는 8.2와 유사한 경향을 보였다.

4.1.2. 옥수수수에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

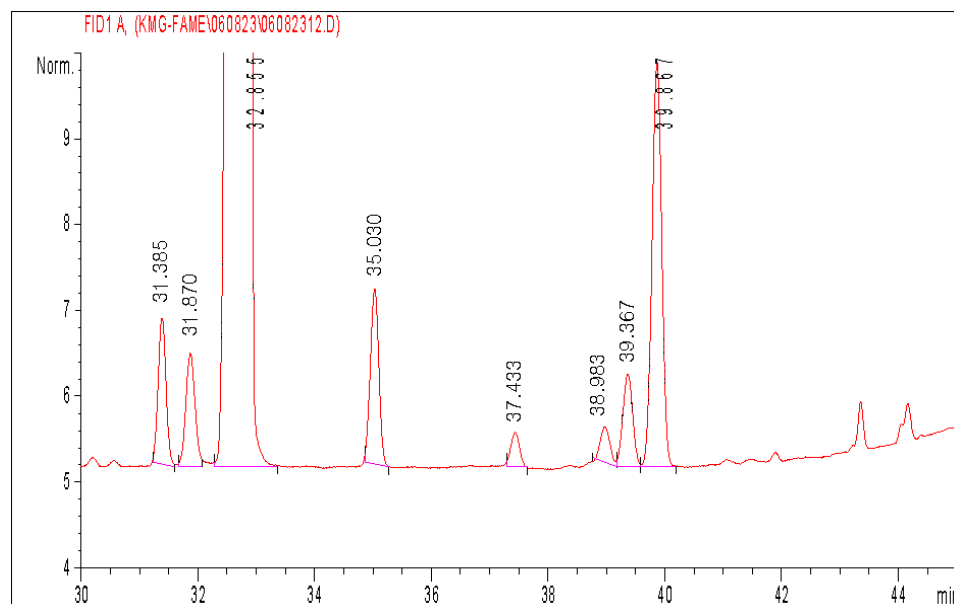


Fig. 8. Chromatogram of trans fatty acids from corn oil.

Fig. 8은 옥수수수의 트랜스지방산에 대한 크로마토그램이고 옥수수수의 지방산과 트랜스지방산에 대한 조성과 함량은 Table 3에 나타났다. 옥수수수 (Corn oil)의 주요지방산인 C16:0은 11.54 ± 0.39 g/100g, C18:0은 2.03 ± 0.11 g/100g이었고 포화지방산(SFA)은 14.48 ± 0.48 g/100g를 나타냈다. 불포화 지방산(UFA) 중 C18:1c는 27.43 ± 1.10 g/100g이었고 C18:2cc는 55.85 ± 1.61 g/100g로

다른 지방산에 비해 높은 수준을 나타내었으며 C18:3ccc는 1.13 ± 0.39 g/100g를 나타냈다. 단일불포화지방산(MUFA)은 27.88 ± 1.11 g/100g, 다가불포화지방산(PUFA)은 57.64 ± 1.48 g/100g를 나타내 옥수수유 중 불포화지방산은 약 85.52 g/100g를 나타냈다.

P/M/S 비는 4.0/1.9/1로 최영선(1995)의 식이지방급원으로서의 옥수수유의 영양적 평가에서 제시한 옥수수유의 P/M/S 비 4.6/2.1/1에 비해 다가불포화지방산이 적게 검출된 양상을 보였다.

옥수수유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.06 ± 0.02 g/100g, C18:2tt가 0.02 ± 0.07 g/100g, C18:2ct가 0.24 ± 0.13 g/100g, C18:2tc는 0.19 ± 0.12 g/100g 검출되었다. C18:3ttt, C18:3ttc, C18:3tct, C18:3ctc는 검출되지 않았으며 C18:3ctt, C18:3cct가 0.06 ± 0.03 g/100g, C18:3tcc는 0.08 ± 0.02 g/100g 검출되었다. 즉, 옥수수유의 C18:1t가 0.06 ± 0.02 g/100g, C18:2t 0.46 ± 0.28 g/100g, C18:3t는 0.14 ± 0.04 g/100g 검출되어 옥수수유 중 트랜스지방산 이성체의 함량은 C18:2t > C18:3t > C18:1t순으로 C18:2t가 가장 높은 수준으로 검출되었다.

식품으로 섭취하는 옥수수유의 1회 분량(Serving size)을 5 g로 계산한 1회 섭취하는 총 트랜스지방산의 양(tFAs(g)/Serving size)은 약 0.03 g로 많지 않았다.

n-6계열 지방산은 56.40 ± 1.56 g/100g, n-3계열 지방산은 1.13 ± 0.39 g/100g로 n-6/n-3 비는 약 56.6을 나타내 최영선(1995)의 식이지방급원으로서의 옥수수유의 영양적 평가에서 제시한 옥수수유의 n-6/n-3 비는 138.9보다 적게 나타났다.

4.1.3 압착올리브유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

Fig. 9는 압착올리브유의 트랜스지방산에 대한 크로마토그램이고 압착올리브유의 지방산과 트랜스지방산에 대한 조성과 함량은 Table 3에 나타났다. 압착올리브유(Extra virgin olive oil)의 주요지방산인 C16:0은 11.38 ± 0.84 g/100g, C18:0은 3.50 ± 0.42 g/100g이었으며 포화지방산(SFA)은 15.58 ± 0.63 g/100g를 나타냈다. 불포화지방산(UFA)중 C18:1c는 73.06 ± 3.36 g/100g로 대두유의 C18:1c(20.69 ± 1.75 g/100g)보다 무려 3.53배나 높은 수치를 나타냈고 옥수수유의 C18:1c(27.43 ± 1.10

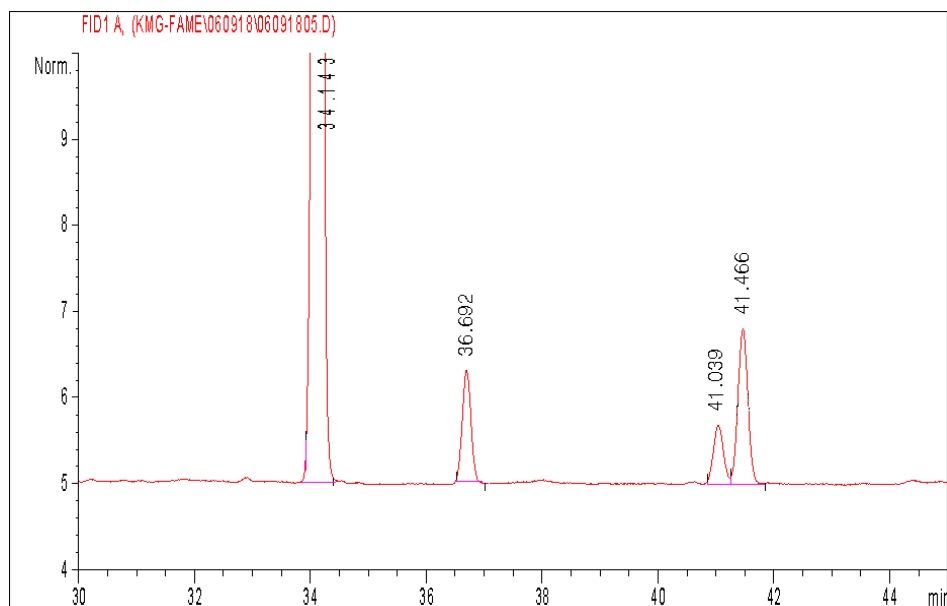


Fig. 9. Chromatogram of trans fatty acids from extra virgin olive oil.

g/100g)보다 2.67배나 높은 수치를 나타냈다. C18:2cc는 9.42 ± 3.11 g/100g를 나타냈고 C18:3ccc는 0.74 ± 0.04 g/100g를 나타냈다.

단일불포화지방산(MUFA)은 74.24 ± 3.28 g/100g를 나타내 대두유(21.04 ± 1.77 g/100g)보다 3.53배, 옥수수유(27.88 ± 1.11 g/100g)보다 2.66배 높은 수치를 나타냈고 다가불포화지방산(PUFA)은 10.18 ± 3.12 g/100g를 나타내어 압착올리브유 중 불포화지방산은 약 84.42 g/100g를 나타냈다.

P/M/S 비는 0.7/4.8/1로 최영선(1995)의 식이지방급원으로서의 압착올리브유의 영양적 평가에서 제시한 압착올리브유의 P/M/S 비 0.85/ 5.79/1에 비해 단일불포화지방산이 적게 검출되었다.

압착올리브유의 트랜스지방산 이성체인 C18:1t, C18:2t, C18:3t는 검출되지 않았다.

식품으로 섭취하는 압착올리브유의 1회 분량(Serving size)을 5 g로 계산한 1회 섭취하는 총 트랜스지방산의 양(tFAs(g)/Serving size)은 없었다.

n-6계열 지방산은 9.44 ± 3.12 g/100g, n-3계열 지방산은 0.74 ± 0.04 g/100g, n-6/n-3 비는 약 12.8을 나타내 최영선(1995)의 식이지방급원으로서의 압착올리브유에 대한 영양적 평가에서 제시한 압착올리브유의 n-6/n-3 비 13.0과 유

사하였다.

4.1.4 혼합올리브유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

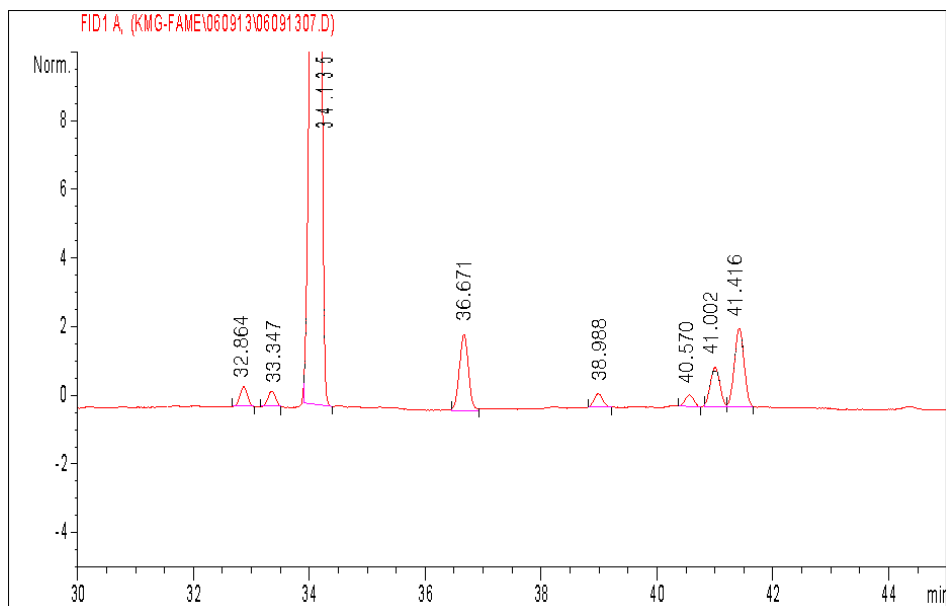


Fig. 10. Chromatogram of trans fatty acids from pure olive oil.

Fig. 10은 혼합올리브유의 트랜스지방산에 대한 크로마토그램이고 혼합올리브유의 지방산과 트랜스지방산에 대한 조성과 함량은 Table 3에 나타났다. 혼합올리브유(Pure olive oil)의 주요지방산인 C16:0은 12.22 ± 1.52 g/100g, C18:0은 3.22 ± 0.20 g/100g이었으며 포화지방산(SFA)은 16.18 ± 1.55 g/100g를 나타났다. 불포화지방산(UFA) 중 C18:1c가 70.58 ± 2.06 g/100g로 압착올리브유(73.06 ± 3.36 g/100g)보다 적게 나타났고 대두유와 옥수수유보다 3.41배, 2.57배의 높은 수치를 나타냈다. C18:2cc는 11.16 ± 1.15 g/100g를 나타내 압착올리브유(9.42 ± 3.11 g/100g)보다 높게 나타났고 C18:3ccc는 0.68 ± 0.10 g/100g를 나타냈다.

단일불포화지방산(MUFA)은 71.80 ± 2.05 g/100g로 압착올리브(74.24 ± 3.28 g/100g)보다 적게 나타났고 대두유(21.04 ± 1.77 g/100g)보다 3.42배, 옥수수유(27.88 g/100g)보다 2.58배 높은 수치를 보였다. 다가불포화지방산은 (PUFA)은

12.02±1.17 g/100g를 나타내 압착올리브유(10.18±3.12 g/100g)보다 적게 나타났고 혼합올리브유중 불포화지방산은 약 83.82 g/100g로 압착올리브유(약 84.42 g/100g)와 거의 비슷하게 나타났다.

P/M/S 비는 0.7/4.5/1로 압착올리브유의 0.7/4.8/1보다 단일불포화지방산(MUFA)이 적게 함유하고 있는 것이 확인되었다.

혼합올리브유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.01±0.02 g/100g가 검출되었고 C18:2tt는 검출되지 않았으며 C18:2ct가 0.05±0.03 g/100g, C18:2tc는 0.04±0.03 g/100g 검출되었다. C18:3ttt, C18:3ttc, C18:3tct, C18:3ctc는 검출되지 않았으며 C18:3ctt, C18:3cct가 0.03 ± 0.02 g/100g, C18:3tcc는 0.03±0.01 g/100g 검출되었다. 즉, 혼합올리브유에서는 C18:1t가 0.01±0.02 g/100g, C18:2t가 0.09±0.05 g/100g, C18:3t는 0.06±0.03 g/100g가 검출되어 혼합올리브유중 트랜스지방산 이성체의 함량은 C18:2t > C18:3t > C18:1t순으로 C18:2t가 가장 높은 수준으로 검출되었다.

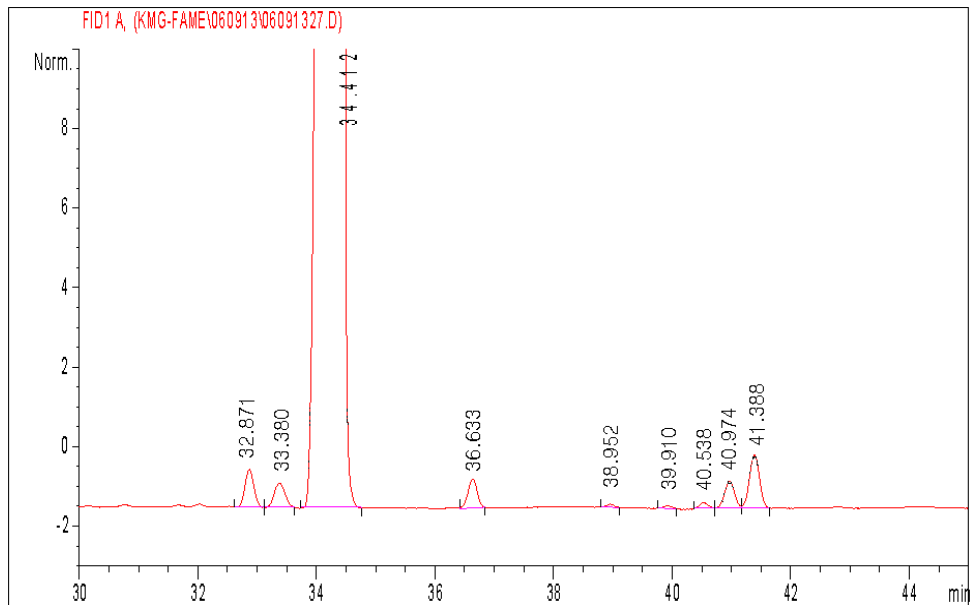
식품으로 섭취하는 혼합올리브유의 1회 분량(Serving size)을 5 g로 계산한 1회 섭취하는 총 트랜스지방산의 양(tFAs(g)/Serving size)은 약 0.01 g로 대두유와 옥수수유에 비해 적었다.

n-6계열 지방산은 11.30±1.17 g/100g, n-3계열 지방산은 0.68±0.10 g/100g, n-6/n-3 비는 약 17.0으로 압착올리브유의 12.8보다 조금 높은 수치를 나타냈고 대두유의 약 8.3 보다는 약 2배가량 높은 수치를 보였고 옥수수유의 약 56.6 보다는 낮은 수치를 나타냈다.

4.1.5. 포도씨유에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

Fig. 11. Chromatogram of trans fatty acids from grape seed oil.

Fig. 11은 포도씨유의 트랜스지방산에 대한 크로마토그램이고 포도씨유의 지방산과 트랜스지방산에 대한 조성과 함량은 Table 3에 나타났다. 포도씨유(Grape seed oil)의 주요지방산인 C16:0은 5.90±0.26 g/100g, C18:0은 3.49±0.09 g/100g였으며 포화지방산(SFA)은 9.77±0.47 g/100g이었으며 대두유(15.58±0.46



g/100g), 옥수수유(14.48 ± 0.48 g/100g) 및 혼합올리브유 (16.18 ± 1.55 g/100g)보다 낮게 나타났다. 불포화 지방산(UFA) 중 C18:1c는 15.05 ± 1.32 g/100g로 대두유(20.69 ± 1.75 g/100g), 옥수수유(27.43 ± 1.10 g/100g)보다 낮고 혼합올리브유의 15.05 ± 1.32 g/100g로 유사한 수준을 나타냈으며 C18:2cc는 73.87 ± 1.92 g/100g로 대두유(54.81 ± 0.80 g/100g), 옥수수유(55.85 ± 1.61 g/100g)보다 높고 혼합올리브유(11.16 ± 1.15 g/100g)보다 6.62배 높은 수준을 나타냈으며 C18:3ccc는 0.32 ± 0.16 g/100g로 대두유(6.91 ± 0.99 g/100g)보다는 아주 적은 양이 검출되었고 옥수수유(1.13 ± 0.39 g/100g)와 혼합올리브유(0.68 ± 0.10 g/100g)보다도 적은 수준이 확인되었다. 단일불포화지방산(MUFA)은 15.34 ± 1.34 g/100g로 대두유(21.04 ± 1.77 g/100g)와 옥수수유(27.88 ± 1.11 g/100g)보다 낮은 수준이 검출되었고 혼합올리브유(71.80 ± 2.05 g/100g)보다는 4.68배 낮은 수준을 보였고 다가불포화지방산(PUFA)은 74.90 ± 1.73 g/100g로 대두유(63.38 ± 1.40 g/100g), 옥수수유(57.64 ± 1.48 g/100g)보다 높은 수준을 나타냈고 혼합올리브유(12.02 ± 1.17 g/100g)보다는 6.23배 높은 수준을 나타냈다. 포도씨유 중 불포화지방산은 약 90.23 g/100g로 대두유(84.42 g/100g)와 옥수수유(85.52 g/100g) 및 혼합올리브유(83.82 g/100g)보다 높은 수준을 나타냈다. P/M/S 비는 7.7/1.6/1로 대두유(4.1/1.4/1)와 옥수수유(4.0/1.9/1)에 비해 다가불포화지방산(PUFA)이 많이 들어있고 혼합올리브유(0.7/4.4/1)에 비해 다가불포화지방산(PUFA)은 많이 들어있

고 단일불포화지방산(MUFA)은 적게 들어 있었다.

포도씨유의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 0.03 ± 0.01 g/100g이 검출되었고 C18:2tt가 0.02 ± 0.01 g/100g, C18:2ct가 0.34 ± 0.09 g/100g, C18:2tc는 0.29 ± 0.08 g/100g 검출되었다. C18:3ttt, C18:3ttc, C18:3tct, C18:3ctc는 검출되지 않았고 C18:3ctt, C18:3cct가 0.01 ± 0.01 g/100g, C18:3tcc는 0.03 ± 0.01 g/100g 검출되었다. 즉, 포도씨유에서 C18:1t가 0.03 ± 0.01 g/100g, C18:2t가 0.64 ± 0.17 g/100g, C18:3t는 0.04 ± 0.01 g/100g 검출되었다. C18:2t의 함량은 대두유(0.62 ± 0.37 g/100g)와 유사한 수준이 나타났고 옥수수유(0.46 ± 0.28 g/100g)와 혼합올리브유(0.09 ± 0.05 g/100g)보다는 높은 수준이 나타났으며 C18:3t의 함량은 대두유(0.97 ± 0.50 g/100g)와 옥수수유(0.14 ± 0.04 g/100g)보다 낮은 수준이 나타났고 혼합올리브유(0.06 ± 0.03 g/100g)와는 비슷한 수준이 나타났다. 포도씨유 중 트랜스지방산 이성체는 C18:2t > C18:3t > C18:1t순으로 C18:2t가 가장 높은 수준으로 검출되었다.

식품으로 섭취하는 포도씨유의 1회 분량(Serving size)을 5 g로 계산한 1회 섭취하는 총 트랜스지방산의 양(tFAs(g)/Serving size)은 약 0.04 g로 대두유의 약 0.08 g보다는 낮은 수준을 나타냈고 옥수수유의 0.03 g와 비슷한 수준을 나타냈으며 혼합올리브유의 0.01 g보다 높은 수준을 보였다.

n-6계열 지방산은 74.54 ± 1.81 g/100g로 대두유(55.94 ± 0.94 g/100g), 옥수수유(56.40 ± 1.56 g/100g)와 비교하면 높은 수준이었고 혼합올리브유(11.30 ± 1.17 g/100g)와 비교하면 6.60배나 높은 수준이다. n-3계열 지방산은 0.32 ± 0.16 g/100g로 대두유(6.91 ± 0.99 g/100g)와 비교하면 아주 적은 양이 확인됨을 알 수 있고 옥수수유(1.13 ± 0.39 g/100g), 혼합올리브유(0.68 ± 0.10 g/100g)와 비교해도 낮은 수준을 보였다. n-6/n-3 비는 약 267.26으로 대두유(8.28)보다 32.28배, 혼합올리브유(16.97)보다 15.75배, 옥수수유(56.57)보다 4.7배의 아주 높은 수준을 나타냈다.

4.1.6. 마가린에 대한 지방산과 트랜스지방산의 정량분석

Fig. 12는 마가린의 트랜스지방산에 대한 크로마토그램이고 마가린의 지방산과 트랜스지방산에 대한 조성과 함량은 Table 3에 나타났다. 마가린(Margarine)의 주요지방산인 C16:0은 20.28 ± 6.96 g/100g, C18:0은 8.12 ± 1.67

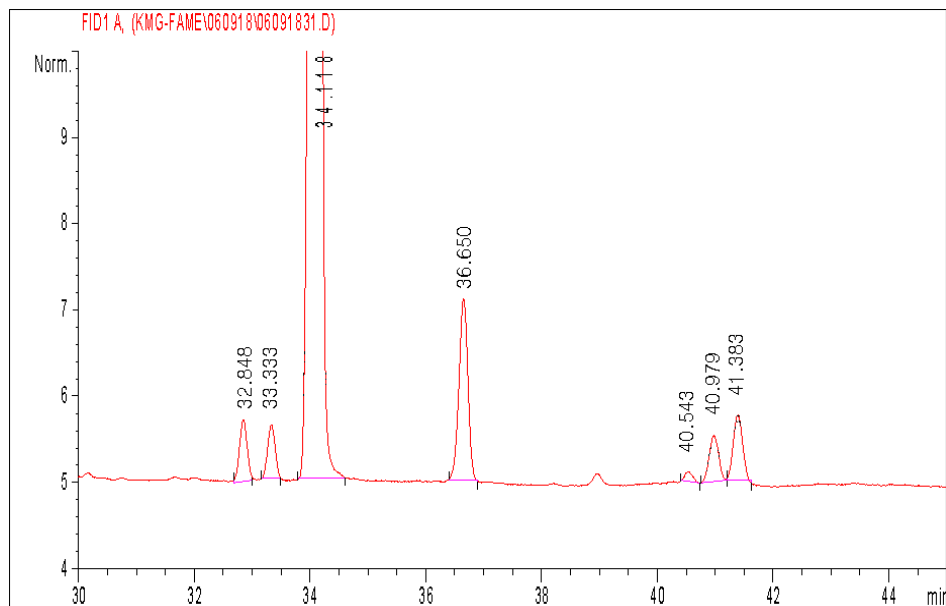
g/100g이었고 포화지방산(SFA)은 30.87 ± 5.86 g/100g를 나타냈다. 불포화지방산(UFA) 중 C18:1c는 29.76 ± 1.90 g/100g이었고 C18:2cc는 28.49 ± 4.64 g/100g를 나타냈으며 C18:3ccc는 1.10 ± 0.36 g/100g를 나타냈다.

단일불포화지방산(MUFA)은 38.81 ± 4.16 g/100g, 다가불포화지방산 (PUFA)은 30.32 ± 4.41 g/100g를 나타내어 마가린 중 불포화지방산은 약 69.13 g/100g를 나타냈다.

P/M/S 비는 1.0/1.3/1로 다가불포화지방산과 단일불포화지방산 및 포화지방산이 비슷한 비율로 확인되었다.

마가린의 트랜스지방산 이성체로는 C18:1t가 8.77 ± 6.06 g/100g, C18:2tt

Fig. 12. Chromatogram of trans fatty acids from margarine.



가 0.03 ± 0.04 g/100g, C18:2ct가 0.34 ± 0.12 g/100g, C18:2tc는 0.20 ± 0.03 g/100g 검출되었고 C18:3ttt, C18:3ttc, C18:3tct, C18:3ctc는 검출되지 않았으며 C18:3ctt, C18:3cct가 0.07 ± 0.03 g/100g, C18:3tcc는 0.07 ± 0.02 g/100g 검출되었다. 즉, 마가린의 C18:1t가 8.77 ± 6.06 g/100g, C18:2t가 0.57 ± 0.12 g/100g, C18:3t는 0.14 ± 0.04 g/100g가 검출되어 마가린 중 트랜스지방산 이성체의 함량은 C18:1t > C18:2t > C18:3t순으로 C18:1t가 가장 높은 수준으로 검출되었다. 노경희 등(2003)의 보고에 의하면, 마가린류의 트랜스지방산 함량은 지방 100g 당 4.75~25.21 g로 다양한 수준을 보였으며 마가린의 주요 트랜스지방산 이

성체는 C18:1t로 모든 마가린에서 검출되었으며 1.10~14.53%의 범위였다. C18:2t의 총 함량은 2.02~7.91%의 범위로 다양하였으며, C18:3t는 0.33~1.39%의 수준이었는데 이는 본 연구결과보다 조금 높은 수준을 보였다.

한국영양학회에서 2000년10월22일 발행한 한국인의 영양권장량(제7차 개정판)에 의하면, 마가린의 1회 분량(Serving size)으로 1작은 술(6 g)을 적용하고 있다. 이를 적용하면 식품으로 섭취하는 마가린의 1회 섭취하는 총 트랜스지방산의 양(tFAs(g)/Serving size)은 약 0.57 g로 다른 유지보다 비교적 많은 것을 알 수 있었다.

n-6계열 지방산은 29.15 ± 4.74 g/100g를 n-3계열 지방산은 1.10 ± 0.36 g/ 100g로 n-6/n-3 비는 약 30.11을 나타냈다.

조영자(1985)등은 국산 마가린 제품 중에 *Trans-Octadecenoic acid*가 6.2~35.8%(평균 18%) 존재하며, C18:2t는 검출되지 않았고 트랜스지방산은 C18:2 함량이 증가할수록 감소하였다고 보고하였고 안승요(1986)는 마가린의 전체 지방에 대한 트랜스지방산의 함량은 6.5~33.7%로 평균 17.2%를 차지하며 100g의 마가린에는 평균 13.4g의 트랜스지방산이 들어 있었다고 하였다.

한국식품연구원이 최근 발표한 ‘국내식품의 트랜스지방산 함량 및 위해평가’결과에 의하면 쇼트닝은 100 g당 트랜스지방산이 최고 6.56 g이나 들어 있고 마가린은 무려 16.94 g로 단일 식품으로 따지면 마가린의 트랜스지방산 함유량이 가장 높았다. 이상의 결과에서 보면 경화기술의 발달과 쇼트닝 대신 대두유나 올리브유를 사용한 제품이 개발되면서 마가린의 트랜스지방산의 함량에 많이 차이를 보였다.

4.2. 개봉 후 방치시간 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

4.2.1. 식용유지의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

대두유, 옥수수유, 혼합올리브유, 포도씨유 등 4종의 식용유지를 대상으로 2006년 4월 18일부터 상온(빛이 있는 장소, 빛이 없는 장소, 개봉, 밀봉)에 방치하여 30일 단위로 150일까지 검체를 취하여 이를 개봉 후 방치시간 변화에 따른 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량변화를 살펴본 결과는 Table 4와 Fig. 13과 같았다.

개봉 후 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉하여 방치한 식용유지의 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 대두유는 0.736 g/100g에서 1.794 g/100g로 원료유지보다 2.44배, 옥수수유는 0.401 g/100g에서 0.572 g/100g로 1.43배, 혼합올리브유는 0.273 g/100g에서 0.464 g/100g로 1.70배, 포도씨유는 0.831 g/100g에서 1.073 g/100g로 1.29배의 증가를 보였다.

30일 동안의 트랜스지방산의 증가량을 살펴보면, 대두유는 전체 트랜스지방산의 증가량 1.058 g/100g 중 0.653 g/100g로 61.72%, 옥수수유는 0.171 g/100g 중 0.106 g/100g로 61.99%, 혼합올리브유는 0.191 g/100g 중 0.122 g/100g로 63.87%, 포도씨유는 0.242 g/100g 중 0.080 g/100g로 33.06%의 증가를 보여 포도씨유를 제외한 모든 식물성 유지에서 전체 증가분의 약 60%가 개봉 후 방치 30일 이내에 생성됨을 알 수 있었다.

지방산 중 다가불포화지방산(리놀레산, 리놀렌산)의 경우는 불포화 도수가 높을수록 단일불포화지방산(올레인산)에 비해 산화속도가 빠르며 단일불포화지방산인 올레인산에 비해 다가불포화지방산인 리놀레산은 16배, 리놀렌산은 10.34배 정도 산화속도가 빠르다고 알려져 있고

Table 4. Changes of trans fatty acids of vegetable oils and fats with time variation

	tFAs/sample(g/100g)			
	S-L-1	C-L-1	PO-L-1	GR-L-1
0 day	0.736	0.401	0.273	0.831

30 days	1.389	0.507	0.395	0.911
60 days	1.548	0.539	0.415	0.930
90 days	1.711	0.556	0.433	1.004
120 days	1.744	0.568	0.460	1.029
150 days	1.794	0.572	0.464	1.073

S: Soy bean oil, C: Corn oil, PO: Pure olive oil, GR: Grape seed oil, L: Light, 1: Opening.

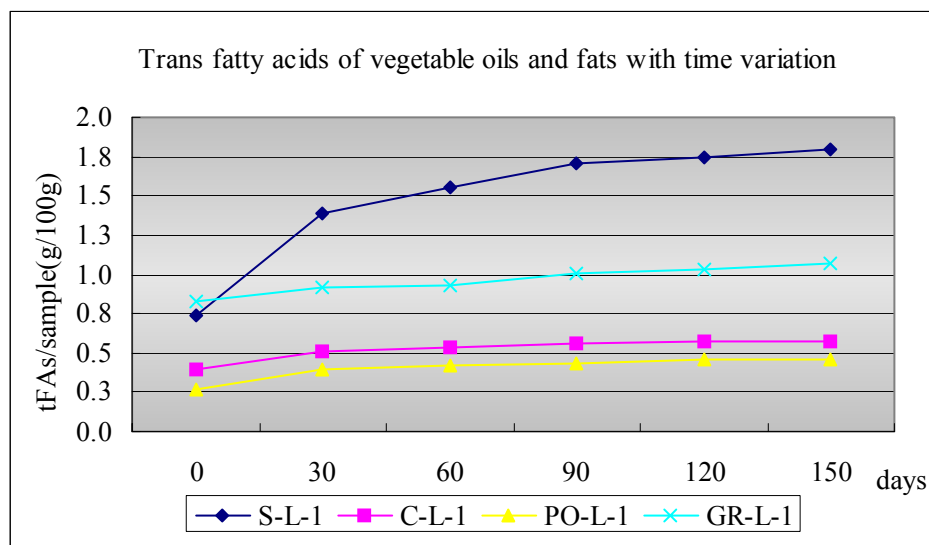


Fig. 13. Changes of trans fatty acids of vegetable oils and fats with time variation.

올리브유는 산화안정성 시간이 다가불포화지방산에 비해 훨씬 긴 단일불포화지방산이 많이 포함되어 있어 다른 식용유에 비하여 산화안정성이 높다는 보고가 있다. 본 연구에서 식용유지의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴본 결과, 대두유에서 큰 폭의 증가를 보였는데 이는 불포화지방산 중 리놀렌산(C18:3)의 함량이 다른 식용유지보다 높아서 자연산화가 빠르게 진행되었기 때문으로 판단된다.

4.2.2. 대두유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스

지방산의 함량 변화

대두유를 대상으로 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일까지 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화를 측정한 결과는 Table 5, Fig. 14에 나타났다. 대두유의 개봉 직후의 트랜스지방산 함량은 0.736 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(S-L-1)는 1.794 g/100g로 2.44배, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(S-L-2)는 1.747 g/100g로 2.37배, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(S-D-1)는 1.717 g/100g로 2.33배, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(S-D-2)는 1.712 g/100g로 2.33배 증가를 나타내 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(S-L-1) > 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(S-L-2) > 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(S-D-1) > 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(S-D-2) 순으로 트랜스지방산이 생성된 것을 알 수 있었다. 대두유의 자연산화에는 빛(광선)에 의하여 활성화된 감광체가 공기 중의 산소 분자를 활성이 강한 일중항 산소 분자로 만들어 이 일중항 산소 분자에 의한 산화 또는 감광체에 의한 산화에 기인한 산패가 큰 영향을 하는 것으로 보인다.

대두유를 대상으로 원료유지와 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150동안 방치한 시료를 가지고 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량을 살펴본 결과는 Table 6에 나타났다.

원료유지의 1인 1회 분량(tFAs(g)/Serving size)은 0.037 g이었는데

Table 5. Changes of trans fatty acids of soy bean oils with time variation
tFAs/sample(g/100g)

	S-L-1	S-L-2	S-D-1	S-D-2
0 day	0.736	0.736	0.736	0.736
30 days	1.389	1.306	1.259	1.200
60 days	1.548	1.349	1.318	1.244
90 days	1.711	1.566	1.519	1.476
120 days	1.744	1.719	1.697	1.683
150 days	1.794	1.747	1.717	1.712

S: Soy bean oil, L: Light, D: dark, 1: Opening, 2: Sealing.

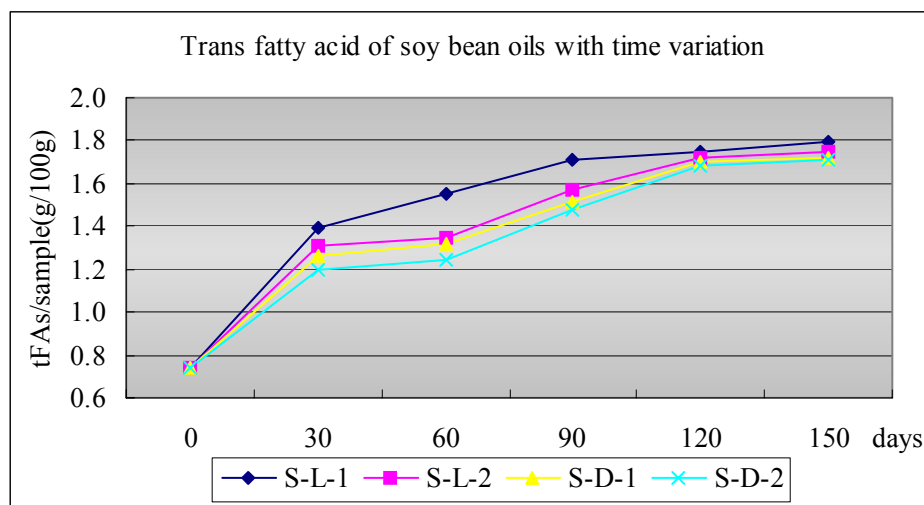


Fig. 14. Changes of trans fatty acids of soy bean oils with time variation.

빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)는 0.088 g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-2)는 0.087 g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-1)와 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-S-D-2)는 0.086 g로 시간이 경과함에 따라 트랜스지방산의 섭취가 늘어나고 빛이 있는 장소와 빛이 없는 장소에서 보관한 시료에서 별다른 차이를 보이지 않음을 알 수 있었다.

Table 6. Content of fatty acids of soy bean oils with time variation

	0-S	150-S-L-1	150-S-L-2	150-S-D-1	150-S-D-2
tFAs/sample	0.736	1.794	1.747	1.717	1.712
Serving size(g)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
tFAs(g)/Serving size	0.037	0.088	0.087	0.086	0.086
P	62.28	60.16	62.77	63.01	62.89
M	23.19	22.88	21.31	21.17	21.40
S	14.53	16.97	15.92	15.81	15.71
P/M/S	4.29/1.60/1	3.55/1.35/1	3.94/1.34/1	3.99/1.34/1	4.00/1.36/1
n-6	54.10	54.94	56.78	56.90	56.88
n-3	7.62	4.76	5.48	5.59	5.51
n-6/n-3	7.10	11.54	10.37	10.18	10.33
C18:1	22.25	22.54	21.02	20.83	21.06

C18:2	54.06	54.41	56.19	56.32	56.34
C18:3	7.67	5.63	6.46	6.58	6.47
C18:1t	0.03	0.12	0.06	0.05	0.05
C18:2t	0.66	0.80	0.71	0.68	0.69
C18:3t	0.04	0.88	0.99	0.99	0.96

P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs : Total trans fatty acid, S : Soy bean oil, L : Light, D : Dark, t: trans.

원료유지의 P/M/S 비는 4.29/1.60/1이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)의 P/M/S 비는 3.55/ 1.35/1, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-2)가 3.94/1.34/1, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-1)가 3.99/1.34/1, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-2)는 4.00/1.36/1로 지방산의 함량 변화를 살펴보면, 다가불포화지방산과 단일불포화지방산의 함량은 줄고 포화 지방산의 함량이 증가하는 것을 알 수 있었고 그 중 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)에서 다가불포화지방산의 감소와 포화 지방산의 증가가 크게 일어났다.

원료유지의 n-6/n-3 비는 7.10이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)는 11.54, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-2)는 10.37, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-1)는 10.18, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-S-D-2)는 10.33으로 n-6계열 지방산의 함량은 증가하고 n-3계열 지방산의 함량은 감소하는 경향을 나타냈고 그 중 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)에 가장 크게 증가하였다.

개봉 후 150일 동안 방치한 후 탄소 18개를 가지고 있는 지방산 중 이중 결합을 1개 이상가지고 있는 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3의 자연 산화에 의한 함량 변화를 살펴보면, 개봉직후에는 C18:1이 22.25 g/100g, C18:2가 54.06 g/100g, C18:3은 7.67 g/100g 함유되어 있었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)는 C18:1이 22.54 g/100g, C18:2가 54.41 g/100g, C18:3은 5.63 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-S-L-2)는 C18:1이 21.02 g/100g, C18:2가 56.19 g/100g, C18:3은 6.46 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-1)는 C18:1이 20.83 g/100g, C18:2가 56.32 g/100g, C18:3은 6.58 g/100g, 빛이 없는 장소에서

밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-S-D-2)는 C18:1이 21.06 g/100g, C18:2가 56.34 g/100g, C18:3은 6.47 g/100g로 C18:2는 증가하고 C18:3은 감소하는 경향을 나타냈다. 일반적으로 지방산이 산화됨에 따라 탄소 18개를 가진 불포화지방산인 C18:3, C18:2, C18:1은 포화지방산인 C18:0으로 변화되어 가는데 개봉직후 대두유에서 탄소 18개를 가진 불포화지방산의 함량이 83.98 g/100g 이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)가 82.58 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-2)가 83.67 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-1)가 83.73 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-2)는 83.87 g/100g를 나타냈다. 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우 (150-S-L-1)는 다른 경우보다 불포화지방산의 함량이 감소하고 포화지방산이 증가하여 불포화지방산이 산화에 의해 포화지방산으로 변화됨을 알 수 있었다. 즉, 빛이 있는 장소에서 보관한 시료에서 빛이 없는 장소에서 보관한 시료보다 산화가 더 진행되고 개봉한 상태에서 보관한 시료가 밀봉한 상태로 보관한 시료보다 산화가 더 진행됨을 알 수 있었다.

트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지는 C18:1t가 0.03 g/100g, C18:2t가 0.66 g/100g, C18:3t는 0.04 g/100g 함유되어 있었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-1)는 C18:1t가 0.12 g/100g, C18:2t가 0.80 g/100g, C18:3t는 0.88 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-L-2)는 C18:1t가 0.06 g/100g, C18:2t가 0.71 g/100g, C18:3t는 0.99 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-1)는 C18:1t가 0.05 g/100g, C18:2t가 0.68 g/100g, C18:3t는 0.99 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-S-D-2)는 C18:1t가 0.05 g/100g, C18:2t가 0.69 g/100g, C18:3t는 0.96 g/100g로 C18:1t, C18:2t, C18:3t가 증가하는 경향을 나타냈다. 그 중 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우 (150-S-L -1)는 C18:3t가 다른 장소에 보관한 경우보다 적게 나타났고 C18:2t, C18:1t가 많이 나타났는데 이는 자연발생적으로 공기 중의 산소를 흡수함으로써 야기되는 반응으로 활성 라디칼의 연쇄반응으로 특징지어지는 소위 자동산화와 광선에 의하여 활성화된 감광체가 공기 중의 산소 분자를 활성이 강한 일중항 산소 분자로 만들어 이 일중항 산소 분자에 의한 산화 또는 감광체에 의한 산화에 기인한 것으로 빛과 산소에 의한 영향으로 산화가 빨리

진행되어 나타난 것으로 판단된다. 김덕숙(1990)등은 35일 항온 저장 시 대두유 트랜스지방산의 함량은 0.4%증가로 1.0%를 나타냈고 트랜스지방산의 종류는 C18:1t, C18:2tc, C18:2tt, C18:3tcc, C18:3cct로 C18:1t가 크게 증가되었고 C18:2tt 미량 검출되기 시작되었다고 보고하였다. 본 연구에서 150일 동안 상온 저장한 대두유에 대한 트랜스지방산의 함량은 0.736 g/100g에서 1.794 g/100g로 1.058 g/100g를 증가하였는데 이는 항온조건과 저장기간의 차이로 판단된다.

4.2.3. 옥수수유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

옥수수유를 대상으로 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일 동안 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화를 측정한 결과는 Table 7, Fig. 15에 나타났다. 옥수수유의 개봉 직후의 트랜스지방산 함량은 0.401 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(C-L-1)는 0.572 g/100g로 1.43배, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(C-L-2)는 0.563 g/100g로 1.40배, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(C-D-1)는 0.541 g/100g로 1.35배, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(C-D-2)는 0.531 g/100g로 1.32배 증가를 나타내 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(C-L-1) > 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(C-L-2) > 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(C-D-1) > 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(C-D-2) 순으로 트랜스지방산이 생성된 것을 알 수 있었다. 옥수수유의 자연산화에는 빛의 유무가 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 7. Changes of trans fatty acid of corn oil with time variation

	tFAs/sample(g/100g)			
	C-L-1	C-L-2	C-D-1	C-D-2
0 day	0.401	0.401	0.401	0.401
30 days	0.507	0.502	0.459	0.439
60 days	0.539	0.518	0.503	0.476
90 days	0.556	0.546	0.509	0.506

120 days	0.568	0.550	0.517	0.513
150 days	0.572	0.563	0.541	0.531

C: Corn oil, L: Light, D: Dark, 1: Opening, 2: Sealing.

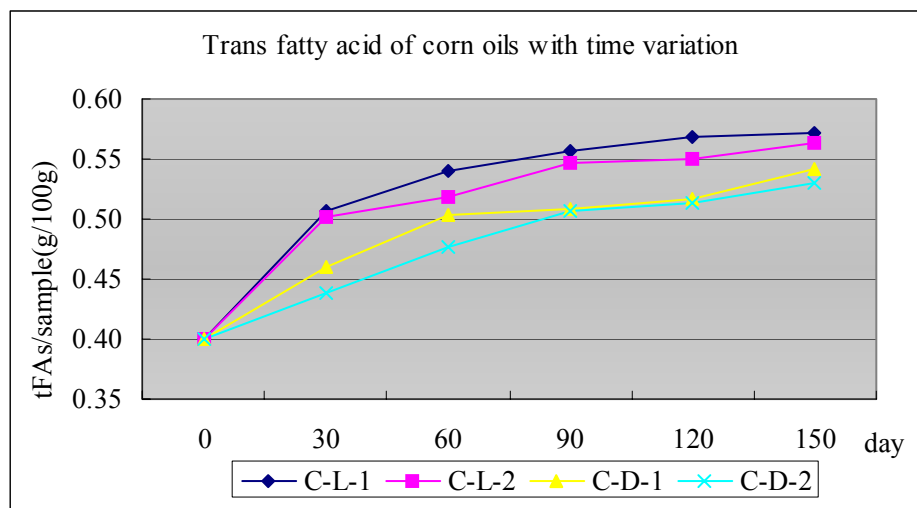


Fig. 15. Changes of trans fatty acid of corn oil with time variation.

Table 8. Content of fatty acids of corn oil with time variation

	0-C	150-C-L-1	150-C-L-2	150-C-D-1	150-C-D-2
tFAs/sample	0.401	0.572	0.564	0.541	0.531
Serving size(g)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
tFAs(g)/Serving size	0.020	0.029	0.028	0.027	0.027
P	57.38	58.52	57.72	58.82	58.79
M	28.52	26.53	26.94	26.35	26.37
S	14.10	14.96	15.34	14.83	14.84
P/M/S	4.07/2.02/1	3.91/1.77/1	3.76/1.76/1	3.97/1.78/1	3.96/1.78/1
n-6	55.89	57.43	56.68	57.76	57.71
n-3	1.33	0.94	0.95	0.95	0.94
n-6/n-3	41.98	60.95	59.61	60.67	61.17
C18:1	27.98	26.11	26.58	25.91	25.97
C18:2	55.89	57.35	56.63	57.69	57.68
C18:3	1.33	1.04	1.05	1.07	1.03
C18:1t	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09

C18:2t	0.31	0.37	0.36	0.35	0.35
C18:3t	0.00	0.10	0.10	0.12	0.09

P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs : Total trans fatty acid, C : Corn oil, L : Light, D : Dark, t: trans.

옥수수유를 대상으로 원료유지와 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일까지 방치한 후 채취한 시료를 가지고 지방산과 트랜스지방산의 조성과 함량을 살펴본 결과는 Table 8에 나타냈다. 원료유지의 1인 1회 분량(tFAs(g)/Serving size)은 0.020 g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-1)는 0.029 g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-2)는 0.028 g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-1)와 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-2)는 0.027 g로 시간이 경과함에 따라 트랜스지방산의 섭취량이 증가하는 것을 알 수 있었다.

옥수수유에서 P/M/S 비는 원료유지의 4.07/2.02/1이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-1)는 3.91/1.77/1, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-2)는 3.76/1.76/1, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-1)는 3.97/1.78/1, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-2)는 3.96/1.78/1로 지방산의 함량 변화를 살펴보면, 다가불포화지방산의 함량은 거의 변화가 없는 반면에 단일 불포화지방산의 함량은 줄고 포화지방산의 함량이 증가하는 것을 알 수 있었다.

원료유지의 n-6/n-3 비는 41.98이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-1)는 60.95, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-2)는 59.61, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-1)는 60.67, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-2)는 61.17로 n-6계열 지방산의 함량은 증가하고 n-3계열 지방산의 함량은 감소하였다.

개봉 후 150일 동안 방치한 후 탄소 18개를 가지고 있는 지방산 중 이중 결합을 1개 이상 가지고 있는 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3의 자연 산화에 의한 함량 변화를 살펴보면, 개봉 직후에는 C18:1이 27.98 g/100g, C18:2가 55.89 g/100g, C18:3은 1.33 g/100g 함유되어 있었는데 빛이 있는 장소에서

개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-1)는 C18:1이 26.11 g/100g, C18:2가 57.35 g/100g, C18:3은 1.04 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-2)는 C18:1이 26.58 g/100g, C18:2가 56.63 g/100g, C18:3은 1.05 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-1)는 C18:1이 25.91 g/100g, C18:2가 57.69 g/100g, C18:3은 1.07 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-2)는 C18:1이 25.97 g/100g, C18:2가 57.68 g/100g, C18:3은 1.03 g/100g로 C18:2는 증가하고 C18:1, C18:3은 감소하는 경향을 나타냈다.

개봉직후 옥수수유에서 탄소 18개를 가진 불포화지방산의 함량이 85.20 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-1)는 84.50 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-2)는 84.26 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-1)는 84.67 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-2)는 84.68 g/100g를 나타냈다. 즉, 150일 방치하여 보관한 모든 검체에서 불포화지방산의 함량이 감소하고 포화지방산이 증가하여 불포화지방산이 산화에 의해 포화지방산으로 변화됨을 알 수 있었고 보관방법상의 빛의 유무와 산소의 유무에 의한 차이는 거의 없었다.

트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지에 C18:1t가 0.09 g/100g, C18:2t가 0.31 g/100g이었고 C18:3t는 검출되지 않았는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-1)는 C18:1t가 0.10 g/100g, C18:2t가 0.37 g/100g, C18:3t는 0.10 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-L-2)는 C18:1t가 0.10g/100g, C18:2t가 0.36 g/100g, C18:3t는 0.10 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-1)는 C18:1t가 0.08 g/100g, C18:2t가 0.35 g/100g, C18:3t는 0.12 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-C-D-2)는 C18:1t가 0.09 g/100g, C18:2t가 0.35 g/100g, C18:3t는 0.09 g/100g로 C18:1t는 거의 변화가 없는 반면에, C18:2t, C18:3t는 소폭의 증가를 나타냈다. 본 연구에서는 옥수수유는 보관 시 빛의 영향과 산소의 유무에 의한 섭취의 차이는 보이지 않았고 보관시간에 의한 영향만 조금 나타났다. 이는 옥수수유가 대두유보다 산소 흡수속도가 매우 낮은 기간, 즉 산패의 유도기간이 길어서 나타난 것으로 옥수수유의 불포화도가 대두유보다 작기 때문에 자연산화가 늦게 일어나서 생긴 결과라

고 판단된다. 김덕숙 등(1990)에 의하면 35일 항온 저장 시 옥수수유의 트랜스지방산 함량은 0.5% 증가로 1.0%를 나타냈고 트랜스지방산의 종류별로 보면 C18:1t는 0.3% 증가하였고 C18:2tc는 0.1% 증가하였으며 C18:2tt는 초기에는 검출되지 않았으나 0.1%의 증가를 나타내기 시작하였다고 보고했다. 본 연구에서 150일 동안 상온 저장한 옥수수유의 트랜스지방산 함량은 0.401 g/100g에서 0.572 g/100g로 0.171 g/100g 증가하였는데 김덕숙 등의 논문과 비교하면 높은 수치인데 이는 항온조건에 의한 온도 차이로 판단된다.

4.2.4. 혼합올리브유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

Table 9. Changes of trans fatty acids of pure olive oils with time variation

	tFAs/sample(g/100g)			
	PO-L-1	PO-L-2	PO-D-1	PO-D-2
0 day	0.273	0.273	0.273	0.273
30 day	0.395	0.396	0.377	0.367
60 day	0.415	0.398	0.394	0.371
90 day	0.433	0.419	0.417	0.404
120 day	0.460	0.438	0.424	0.421
150 day	0.464	0.440	0.436	0.422

PO: Pure olive oil, L: Light, 1: Opening, 2: Sealing.

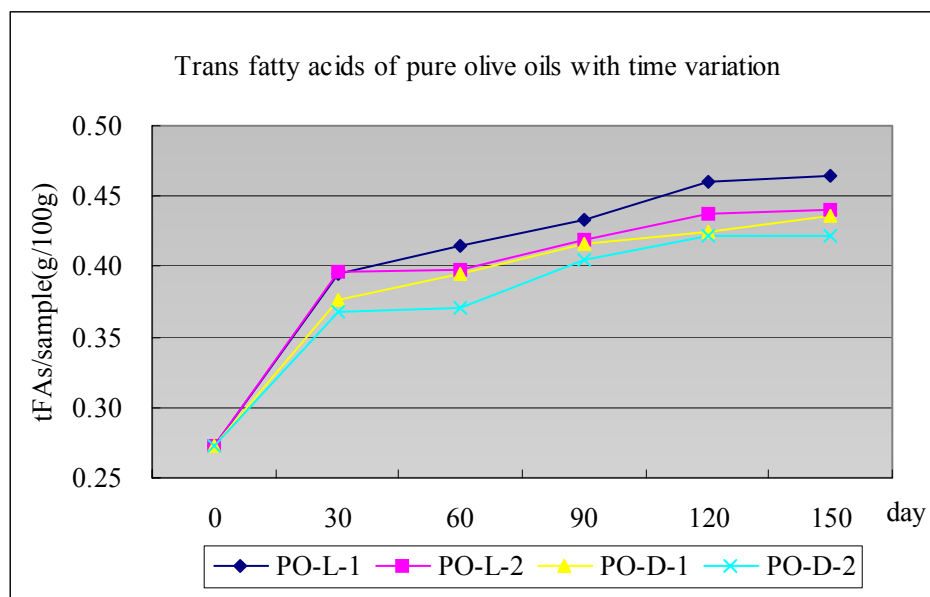


Fig. 16. Changes of trans fatty acids of pure olive oils with time variation.

혼합올리브유를 대상으로 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일까지 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화는 Table 9, Fig. 16에 나타났다. 혼합올리브유의 개봉 직후의 트랜스지방산 함량은 0.273 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(PO-L-1)는 0.464 g/100g로 1.70배, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(PO-L-2)는 0.440 g/100g로 1.61배, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(PO-D-1)는 0.436 g/100g로 1.60배, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(PO-D-2)는 0.422 g/100g로 1.55배 증가를 나타내 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(PO-L-1) > 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(PO-L-2) > 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(PO-D-1) > 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(PO-D-2)순으로 트랜스지방산이 생성된 것을 알 수 있었다. 혼합올리브유의 자연산화에는 빛의 유무가 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

혼합올리브유를 대상으로 원료유지와 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일까지 방치한 후 채취한 시료를 가지고 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량을 살펴본 결과는 Table 10에 나타났다.

Table 10. Content of fatty acids of pure olive oils with time variation

	(g/100g)				
	0-PO	150-PO-L-1	150-PO-L-2	150-PO-D-1	150-PO-D-2
tFAs/sample	0.273	0.464	0.440	0.436	0.422
Serving size(g)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
tFAs(g)/Serving size	0.014	0.023	0.022	0.022	0.021
P	10.90	10.94	11.42	11.37	11.40
M	73.30	71.52	71.11	71.24	71.19
S	15.79	17.54	17.46	17.39	17.41
P/M/S	0.69/4.64/1	0.62/4.08/1	0.65/4.07/1	0.65/4.10/1	0.66/4.09/1
n-6	9.89	10.24	10.66	10.62	10.66
n-3	0.93	0.60	0.62	0.61	0.65
n-6/n-3	10.61	17.00	17.11	17.27	16.42
C18:1	71.70	69.89	69.51	69.64	69.61
C18:2	9.89	10.16	10.57	10.54	10.59
C18:3	0.90	0.75	0.78	0.77	0.78
C18:1t	0.10	0.13	0.10	0.11	0.12
C18:2t	0.17	0.19	0.18	0.17	0.17
C18:3t	0.00	0.15	0.16	0.15	0.13

P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs: Total trans fatty acid, PO: Pure olive oil, L : Light, D: Dark, t: trans, 1: Opening, 2: Sealing.

원료유지의 1인 1회 분량(tFAs(g)/Serving size)은 0.014 g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는 0.023 g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-2)와 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-1)는 0.022 g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-PO-D-2)는 0.021 g로 시간이 경과함에 따라 트랜스 지방산의 섭취가 늘어나고 빛의 유무와 개봉 여부는 트랜스지방산의 섭취에 큰 영향을 미치지 않았다.

원료유지의 P/M/S 비는 0.69/4.64/1이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는 0.62/4.08/1, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-2)는 0.65/4.07/1, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-1)는 0.65/4.10/1, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-PO-D-2)는 0.66/4.09/1로 지방산의 함량변화를 살펴보면, 다가불포화지방산과 단일불포화지방산의 함량은 감소하였고 그 중

빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)에서 단일불포화 지방산의 감소가 크게 나타났다.

원료유지의 n-6/n-3 비는 10.62이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는 17.00, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-2)는 17.11, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-1)는 17.27, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-2)는 16.42로 n-6계열 지방산의 함량은 증가하고 n-3계열 지방산의 함량은 감소하였다.

개봉 후 150일 동안 방치한 후 탄소 18개를 가지고 있는 지방산 중 이중 결합을 1개 이상가지고 있는 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3의 자연산화에 의한 함량 변화를 살펴보면, 개봉직후에는 C18:1이 71.70 g/100g, C18:2가 9.90 g/100g, C18:3은 0.90 g/100g가 함유되어 있었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는 C18:1이 69.89 g/100g, C18:2가 10.16 g/100g, C18:3은 0.75 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-2)는 C18:1이 69.51 g/100g, C18:2가 10.57 g/100g, C18:3은 0.78 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-1)는 C18:1이 69.64 g/100g, C18:2가 10.54 g/100g, C18:3은 0.77 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-2)는 C18:1이 69.61 g/100g, C18:2가 10.59 g/100g, C18:3은 0.78 g/100g로, C18:2는 증가하고 C18:1, C18:3은 감소하였다.

개봉직후의 혼합올리브유에서 탄소 18개를 가진 불포화지방산의 함량이 82.50 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는 80.81 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-2)는 80.86 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-1)는 80.94 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-2)는 80.98 g/100g를 나타냈다. 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는 다른 경우보다 불포화지방산의 함량이 감소하고 포화지방산이 증가하여 불포화지방산이 산화에 의해 포화지방산으로 변화됨을 알 수 있었다.

자연 산화에 의한 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지에 C18:1t가 0.10 g/100g, C18:2t가 0.17 g/100g 함유되어 있었고 C18:3t는 검출되지 않았는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-1)는

C18:1t가 0.13 g/100g, C18:2t가 0.19 g/100g, C18:3t는 0.15 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-L-2)는 C18:1t가 0.10 g/100g, C18:2t가 0.18 g/100g, C18:3t는 0.16 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-PO-D-1)는 C18:1t가 0.11 g/100g, C18:2t가 0.17 g/100g, C18:3t는 0.15 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (150-PO-D-2)는 C18:1t가 0.12 g/100g, C18:2t가 0.17 g/100g, C18:3t는 0.13 g/100g로, C18:1t, C18:2t의 함량은 거의 유사하고 C18:3t는 소폭의 증가하는 경향을 나타냈다. 본 연구에서는 혼합올리브유는 빛이 있는 장소에서 보관한 시료가 빛이 없는 장소에서 보관한 시료보다 산화가 더 빨리 진행되고 개봉한 상태에서 보관한 시료가 밀봉한 상태로 보관한 시료보다 산화가 더 빨리 진행된 것을 알 수 있었다. 이는 공기 중의 산소를 흡수함으로써 야기되는 활성 라디칼의 연쇄반응인 자동산화와 빛(광선)에 의하여 활성화된 감광체에 의한 일종항 산소 분자의 산화 및 감광체에 의한 산화에 기인한 산패에 의한 것으로 판단된다.

4.2.5. 포도씨유의 개봉 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 함량 변화

포도씨유를 대상으로 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일 까지 방치한 후 트랜스지방산의 함량을 측정한 결과는 Table 11, Fig. 17에 나타났다. 포도씨유의 개봉 직후의 트랜스지방산 함량은 0.831 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(GR-L-1)는 1.073 g/100g로 1.29배, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(GR-L-2)는 0.980 g/100g로 1.18배, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(GR-D-1)는 0.939 g/100g로 1.13배, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우 (GR-D-2)는 0.925 g/100g로 1.11배 증가를 나타내 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(GR-L-1) > 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(GR-L-2) > 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(GR-D-1) > 빛이

없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(GR-D-2)순으로 트랜스지방산이 생성된 것을 알 수 있었다. 포도씨유의 자연산화에는 빛의 유무가 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 11. Changes of trans fatty acids of grape seed oils with time variation

	tFAs/sample(g/100g)			
	GR-L-1	GR-L-2	GR-D-1	GR-D-2
0 day	0.831	0.831	0.831	0.831
30 day	0.911	0.899	0.888	0.873
60 day	0.930	0.910	0.894	0.890
90 day	1.004	0.934	0.911	0.895
120 day	1.029	0.945	0.913	0.904
150 day	1.073	0.980	0.939	0.925

GR: Grape seed oil, L: Light, 1: Opening, 2: Sealing.

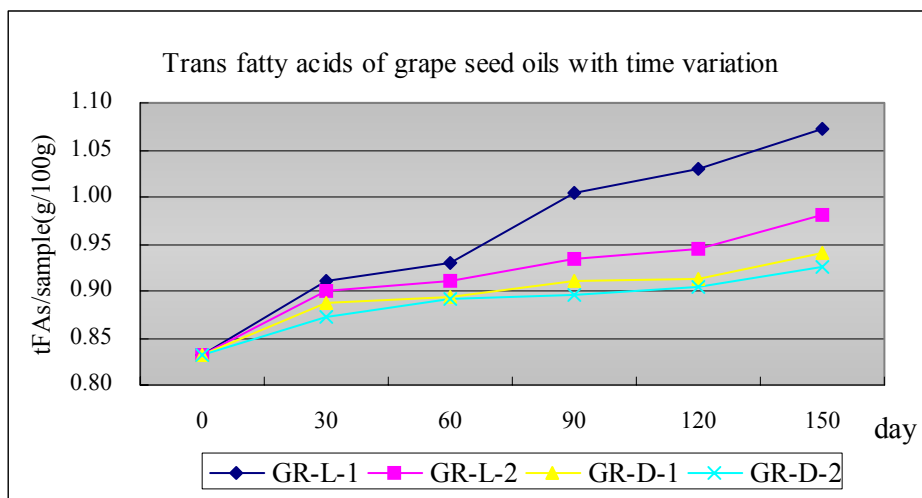


Fig. 17. Changes of trans fatty acids of grape seed oils with time variation.

포도씨유를 대상으로 원료유지와 빛의 유무와 개봉, 밀봉 등의 조건을 달리하여 150일 동안 방치한 후 채취한 시료를 가지고 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량을 살펴본 결과는 Table 12에 나타냈다. 원료유지의 1인 1회

분량(tFAs(g)/Serving size)은 0.042 g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 0.054 g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-2)는 0.049 g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-1)는 0.047 g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-2)는 0.046 g로 시간이 경과함에 따라 트랜스지방산의 섭취가 늘어나고 빛이 있는 장소에서 개봉하여 보관한 경우에서 조금 더 많이 섭취하게 되는 것을 알 수 있었다.

원료유지의 P/M/S 비는 7.10/1.67/1이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)가 6.38/1.51/1, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-2)가 6.98/1.49/1, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-1)가 7.01/1.50/1, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-2)는

Table 12. Content of fatty acids of grape seed oils with time variation

	(g/100g)				
	0-GR	150-GR-L-1	150-GR-L-2	150-GR-D-1	150-GR-D-2
tFAs/sample	0.831	1.073	0.980	0.939	0.925
Serving size(g)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
tFAs(g)/Serving size	0.042	0.054	0.049	0.047	0.046
P	72.68	71.73	73.66	73.68	73.70
M	17.09	17.03	15.78	15.81	15.77
S	10.24	11.24	10.56	10.51	10.53
P/M/S	7.10/1.67/1	6.38/1.51/1	6.98/1.49/1	7.01/1.50/1	7.00/1.50/1
n-6	72.17	71.39	73.27	73.28	73.34
n-3	0.45	0.26	0.31	0.33	0.32
n-6/n-3	162.14	271.69	232.88	224.00	232.03
C18:1	16.68	16.34	15.43	15.45	15.44
C18:2	72.17	71.35	73.20	73.23	73.28
C18:3	0.44	0.35	0.39	0.39	0.38
C18:1t	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05
C18:2t	0.79	0.90	0.85	0.82	0.81
C18:3t	0.00	0.08	0.07	0.07	0.06

P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs : Total trans fatty acid, GR: Grape seed oil, L: Light, D: Dark, t: trans, 1: Opening, 2: Sealing.

7.00/1.50/1로 지방산의 함량변화를 살펴보면, 다가불포화지방산과 단일불포화지방산의 함량은 줄고 포화지방산의 함량이 증가하는 것을 알 수 있었고

그 중 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 다가불포화지방산의 감소와 포화지방산의 증가가 나타났다.

원료유지의 $n-6/n-3$ 비는 162.14이었는데 150일 동안 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 271.69, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-2)는 232.88, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-1)는 224.00, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-2)는 232.03으로, $n-6$ 계열 지방산의 함량은 증가하고 $n-3$ 계열 지방산의 함량은 감소하는 경향을 나타냈고 $n-6/n-3$ 비는 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)에서 가장 크게 증가하였다.

개봉 후 150일 동안 방치한 후 탄소 18개를 가지고 있는 지방산 중 이중결합을 1개 이상가지고 있는 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3의 자연 산화에 의한 함량 변화를 살펴보면, 개봉직후에는 C18:1이 16.68 g/100g, C18:2가 72.17 g/100g, C18:3은 0.44 g/100g 함유되어 있었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 C18:1이 16.34 g/100g, C18:2가 71.35 g/100g, C18:3은 0.35 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-2)는 C18:1이 15.43 g/100g, C18:2가 73.20 g/100g, C18:3은 0.39 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-1)는 C18:1이 15.45 g/100g, C18:2가 73.23 g/100g, C18:3은 0.39 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-2)는 C18:1이 15.44 g/100g, C18:2가 73.28 g/100g, C18:3은 0.38 g/100g로 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 C18:1, C18:2, C18:3 모두 감소하였고 포도씨유는 방치시간이 경과함에 따라 C18:1과 C18:3은 감소하는 경향을 나타냈다.

개봉 직후 포도씨유에서 탄소 18개를 가진 불포화지방산의 함량은 89.29 g/100g이었는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 88.03 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-2)는 89.02 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-1)는 89.07 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-2)는 89.10 g/100g를 나타냈다. 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)가 다른 경우보다 불포화지방산의 함량은 감소하고 포화지방산의 함량은 증가를 나타내 불포화지방산이 산화에 의해 포화

지방산으로 변화됨을 알 수 있었다. 즉, 빛이 있는 장소에서 보관한 시료에서 빛이 없는 장소에서 보관한 시료보다 산화가 더 빨리 진행되고 개봉한 상태에서 보관한 시료가 밀봉한 상태로 보관한 시료보다 산화가 더 빨리 진행된 것이다.

트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지는 C18:1t가 0.04 g/100g, C18:2t가 0.79 g/100g이고 C18:3t는 검출되지 않았는데 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)는 C18:1t가 0.09 g/100g, C18:2t가 0.90 g/100g, C18:3t는 0.08 g/100g, 빛이 있는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-2)는 C18:1t가 0.05 g/100g, C18:2t가 0.85 g/100g, C18:3t는 0.07 g/100g, 빛이 없는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-1)는 C18:1t가 0.05 g/100g, C18:2t가 0.82 g/100g, C18:3t는 0.07 g/100g, 빛이 없는 장소에서 밀봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-D-2)는 C18:1t가 0.05 g/100g, C18:2t가 0.81 g/100g, C18:3t는 0.06 g/100g로 C18:1t, C18:2t 및 C18:3t 모두 증가하는 경향을 나타냈다. 그 중 빛이 있는 장소에서 개봉한 상태로 보관한 경우(150-GR-L-1)에서 가장 많은 트랜스지방산이 생성됐는데 이는 빛과 산소에 의한 영향으로 산화가 빨리 진행되고 공기 중의 산소를 흡수함으로써 야기되는 활성 라디칼의 연쇄반응인 자동산화와 빛(광선)에 의하여 활성화된 감광체에 의한 일중항 산소 분자의 산화에 의한 것으로 판단된다.

4.3. 가열 후 방치시간에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

튀김 등 식용유지의 가열처리에 의한 지방산과 트랜스지방산의 조성 및 함량변화를 살펴보기 위하여 식용유지(대두유, 옥수수유)에 냉동감자 400g을 175℃에서 5분간 튀겨낸 후 10mℓ를 취하고 이를 1차 시료로 하고 10분 후 다시 냉동감자 400g을 넣고 튀겨낸 후 10mℓ를 취하여 2차 시료로 하는 방법으로 15회까지 반복 시행하여 시료를 채취하였다. 가열 전 식용유지(대두유, 옥수수유)와 샘플링 한 검체 중 1회, 3회, 6회, 9회, 12회, 15회에 해당하는 검체를 150일 동안 상온(빛이 있는 장소, 빛이 없는 장소, 개봉, 밀봉)에 방치하여 30일 단위로 검체를 취하여 분석하였다.

4.3.1. 가열횟수에 따른 트랜스지방산의 함량 변화

Table 13은 대두유와 옥수수유를 가열조리횟수를 달리하여 가열 조리한 후 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴본 결과이다. 대두유는 1회 0.239 g/100g, 3회 0.520 g/100g, 6회 0.616 g/100g, 9회 0.612 g/100g로 횟수를 증가시킴에 따라 가파른 증가를 보이다가 12회 0.267 g/100g, 15회에는 0.180 g/100g로 증가 폭이 감소하였다. 옥수수유는 0.236 g/100g,

Table 13. Changes of *tFAs of Soy bean oils and Corn oils with reusing times

Reusing times	tFAs/sample(g/100g)	
	Soy bean oil	Corn oil
0	1.219	0.292
1	1.458	0.528
3	1.978	0.949
6	2.594	1.709
9	3.206	2.074
12	3.473	2.453
15	3.653	2.585

*tFAs : trans fatty acids.

3회 0.421 g/100g, 6회 0.760 g/100g로 큰 폭의 증가를 보이다가 9회 0.365 g/100g, 12회 0.379 g/100g, 15회 0.132 g/100g의 둔화된 증가를 보였다. 대두유와 옥수수유의 가열 조리횟수에 따른 트랜스지방산의 생성량을 살펴본 결

과, 가열조리를 3회에서 6회로 했을 때 가장 많은 증가폭을 보이는 것을 알 수 있었다.

4.3.2. 대두유의 가열 후 방치시간에 따른 트랜스지방산의 변화량

가열 조리 횟수를 달리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 150일까지 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화를 살펴본 결과는 Table 14, Fig. 18에 나타났다. 1회 가열 조리한 경우는 1.458 g/100g에서 2.013 g/100g로 0.555 g/100g의 증가량을 보였고 3회는 1.978 g/100g에서 2.470 g/100g로 0.492 g/100g, 6회는 2.594 g/100g에서 3.061 g/100g로 0.467 g/100g, 9회는 3.206 g/100g에서 3.822 g/100g로 0.616 g/100g, 12회는 3.473 g/100g에서 4.446 g/100g로 0.973 g/100g, 15회는 3.653 g/100g에서 4.638 g/100g로 0.985 g/100g의 증가를 나타냈다. 가열횟수가 증가할수록 트랜스지방산의 생성량이 증가하는 것으로 나타났다.

가열 조리한 횟수를 달리한 대두유를 빛이 없는 장소에서 150일까지 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화를 살펴본 결과는 Table 15, Fig.19에 나타났다. 1회 가열 조리한 경우는 1.458 g/100g에서 1.956 g/100g로 0.498 g/100g의 증가량을 보였고 3회는 1.978 g/100g에서 2.438 g/100g로 0.460 g/100g, 6회는 2.594 g/100g에서 3.054 g/100g로 0.460 g/100g, 9회는 3.206 g/100g에서 3.716 g/100g로 0.510 g/100g, 12회는 3.473 g/100g에서 4.350 g/100g로 0.877 g/100g, 15회는 3.653 g/100g에서 4.582 g/100g로 0.929 g/100g의 증가를 나타냈다. 가열횟수가 증가할수록 트랜스지방산의 생성되는 양이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 14. Changes of *tFAs of soy bean oils at light after heat treatment

		tFAs/sample(g/100g)					
day(s)	Reusing times	1	3	6	9	12	15
0		1.458	1.978	2.594	3.206	3.473	3.653
30		1.854	2.421	2.948	3.628	4.283	4.367
60		1.909	2.439	3.026	3.690	4.297	4.385
90		1.951	2.444	3.030	3.698	4.320	4.522

120	2.002	2.460	3.034	3.705	4.380	4.543
150	2.013	2.470	3.061	3.822	4.446	4.638

*tFAs : trans Fatty Acids.

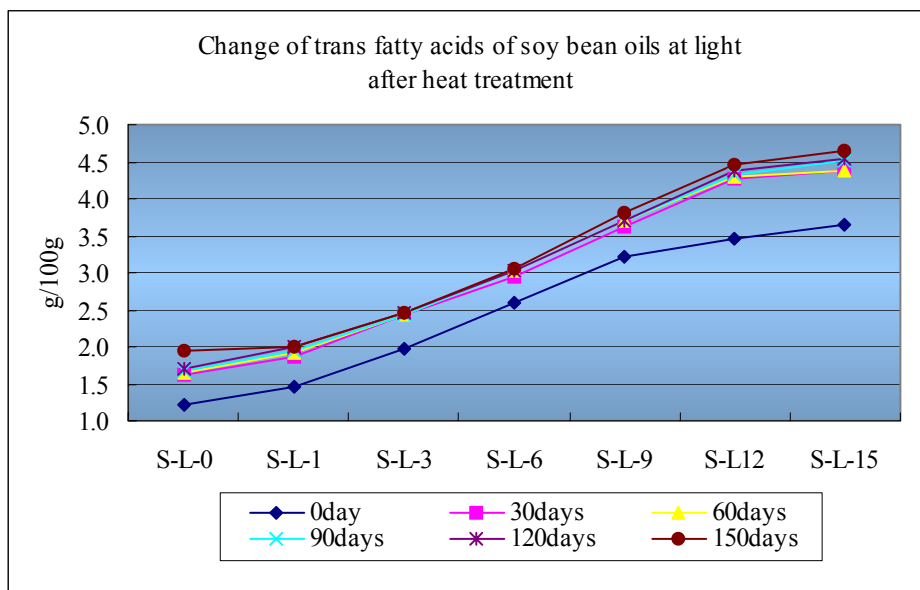


Fig. 18. Changes of trans fatty acids of soy bean oils at light after heat treatment.

Table 15. Changes of *tFAs of soy bean oils at dark after heat treatment

		tFAs/sample(g/100g)					
day(s)	Reusing times	1	3	6	9	12	15
0		1.458	1.978	2.594	3.206	3.473	3.653
30		1.830	2.354	2.915	3.624	4.150	4.334
60		1.884	2.379	2.959	3.637	4.263	4.347
90		1.900	2.458	2.994	3.658	4.316	4.354
120		1.936	2.407	3.031	3.701	4.321	4.356

150	1.956	2.438	3.054	3.716	4.350	4.582
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

*tFAs : trans Fatty Acids.

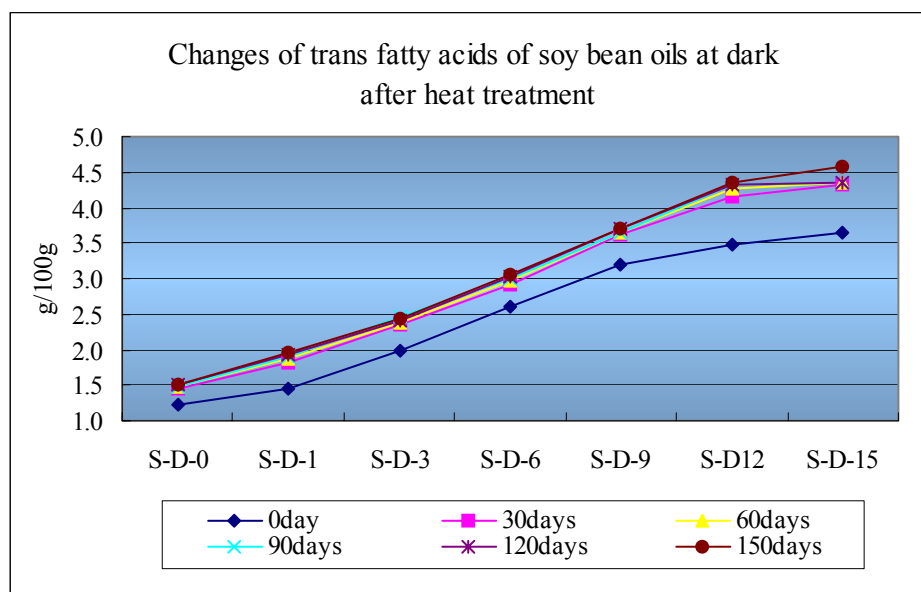


Fig. 19. Changes of trans fatty acids of soy bean oils at dark after heat treatment.

Table 16. Effect of fatty acids of soy bean oils after heat treatment

	(g/100g)				
	0-S-L-0	150-S-L-1	150-S-D-1	150-S-L-15	150-S-D-15
tFAs/sample	1.219	2.013	1.956	4.638	4.582
Serving size(g)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
tFAs(g)/Serving size	0.061	0.101	0.098	0.232	0.229
P	56.34	55.78	56.28	51.68	52.58
M	23.87	24.10	23.89	27.89	27.33
S	19.78	20.12	19.83	20.43	20.24

P/M/S	2.85/1.21/1	2.77/1.20/1	2.84/1.20/1	2.53/1.36/1	2.60/1.35/1
n-6	51.11	50.37	50.71	46.66	47.30
n-3	5.16	5.01	5.16	4.61	4.79
n-6/n-3	9.91	10.05	9.84	10.13	9.87
C18:1	22.72	23.74	23.47	27.53	26.96
C18:2	50.59	49.78	50.11	46.20	46.67
C18:3	5.62	5.87	6.04	5.39	5.78
C18:1t	0.04	0.58	0.52	3.30	3.01
C18:2t	0.71	0.58	0.56	0.55	0.58
C18:3t	0.46	0.86	0.88	0.79	0.99

P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs :trans Fatty Acids, S: Soy bean oil, L: Light, D: Dark, H: Heat, t: trans.

원료유지의 트랜스지방산은 1.219 g/100g가 함유되어있었는데 가열조리한 대두유를 150일 동안 보관한 후 트랜스지방산의 함량변화를 살펴보면, 1회 가열 조리한 유지를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-1)는 2.013 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-1)는 1.956 g/100g이었으며 15회 가열 조리한 유지를 빛이 있는 장소에 보관한 경우(150-S-L-15)는 4.638 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-15)는 4.582 g/100g를 나타냈다. 즉 빛의 유무에 의한 트랜스지방산의 함량 차이는 1회 가열 조리한 대두유에서 0.057 g/100g, 15회 가열 조리한 대두유에서는 0.056 g/100g로 별다른 차이를 보이지 않았다.

원료유지의 트랜스지방산의 1인 1회 분량(tFAs(g)/Serving size)은 0.061 g이었는데 가열 조리한 횟수를 달리한 대두유를 150일 동안 보관한 후 변화를 살펴보면, 1회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-1)는 0.101 g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-1)에서는 0.098 g의 섭취량을 나타냈고 15회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-15)는 0.232 g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-15)는 0.229 g로 섭취량이 증가하였으며 가열 조리한 횟수의 증가에 따라 더 많은 트랜스지방산을 섭취하게 되는 것을 알 수 있었다.

원료유지의 P/M/S 비는 2.85/1.21/1이었는데 가열 조리한 횟수를 달리한 대두유를 150일 동안 보관한 후, 1회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-1)는 2.77/1.20/1, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-1)는 2.84/1.20/1이었고 15회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소

에서 보관한 경우(150-S-L-15)는 2.53/1.36/1, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-15)는 2.60/1.35/1로 나타났다. 지방산의 함량변화를 살펴보면, 빛이 있는 장소에 보관한 경우 가열 조리한 횡수를 증가시킴에 따라 다가불포화 지방산(PUFA)은 감소하고 단일불포화지방산(MUFA)과 포화지방산(SFA)은 증가하였는데 이는 가열과 빛에 의한 산화가 진행됨에 따라 불포화지방산이 포화지방산으로 변화되고 있음을 보여주는 것이다.

원료유지의 n-6/n-3 비는 9.91이었는데 1회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-1)는 10.05, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-1)는 9.84를 나타냈고 15회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-15)는 10.13으로 가열 조리한 횡수의 증가에 따라 증가되었고 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-15)는 9.85로 가열 조리한 횡수와 상관성이 없었다. 이는 n-6계열 지방산과 n-3계열 지방산의 조성변화에는 가열 조리한 횡수의 증가에 따른 영향보다 빛에 의한 영향이 더 크다는 것을 알 수 있었다.

가열 조리한 횡수를 달리한 대두유를 150일 동안 보관한 후 탄소 18개를 가지고 있는 지방산 중 이중결합을 1개 이상가지고 있는 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지는 C18:1이 22.27 g/100g, C18:2가 50.59 g/100g, C18:3은 5.62 g/100g가 함유되어 있었는데 1회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-1)는 C18:1이 23.74 g/100g, C18:2가 49.78 g/100g, C18:3은 5.87 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-1)는 C18:1이 23.47 g/100g, C18:2가 50.11 g/100g, C18:3은 6.04 g/100g 이었고 15회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-15)는 C18:1이 27.53 g/100g, C18:2가 46.20 g/100g, C18:3은 5.39 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-D-15)는 C18:1이 26.96 g/100g, C18:2가 46.62 g/100g, C18:3은 5.68 g/100g로 나타났다. 가열 조리한 횡수가 증가할수록 C18:1은 증가하고 C18:2는 감소하는 경향을 나타냈다.

가열 조리한 횡수를 달리하여 가열조리한 대두유를 150일 동안 보관한 후 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지에 C18:1t가 0.04 g/100g, C18:2t가 0.71 g/100g, C18:3t는 0.46 g/100g 함유되어 있었는데 1회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-1)는 C18:1t가 0.58 g/100g, C18:2t가 0.58 g/100g, C18:3t는 0.86 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관

한 경우(150-S-D-1)는 C18:1t가 0.52 g/100g, C18:2t가 0.56 g/100g, C18:3t는 0.88 g/100g 이었고 15회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-15)는 C18:1t가 3.30 g/100g, C18:2t가 0.55 g/100g, C18:3t는 0.79 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-S-L-15)는 C18:1t가 3.01 g/100g, C18:2t가 0.53 g/100g, C18:3t는 0.89 g/100g를 나타냈다. 대두유를 가열하면 C18:3t와 C18:1t는 증가하는데 그 중 C18:1t는 가열횟수가 증가할수록 큰 폭으로 증가하고 C18:2t는 감소하였다. 또한 가열 조리한 횟수의 증가와 더불어 빛의 공급이 산화를 더 빨리 진행되게 하는 것을 알 수 있었다. 김덕숙(1990)등은 대두유를 $185\pm2^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 가열 후 트랜스지방산의 조성 변화를 살펴보았는데 그 결과 C18:1t가 크게 증가하였는데 이는 C18:1이 C18:2, C18:3보다 이성화정도가 크고 입체구조, 사슬길이, 이중결합의 수 등이 차이에 의한 영향으로 보고하고 있다.

4.3.3. 옥수수유의 가열 후 방치시간에 따른 트랜스지방산의 변화량

가열 조리한 횟수를 달리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 150일 동안 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화를 살펴본 결과는 Table 17, Fig. 20에 나타났다. 1회 가열 조리한 경우는 0.528 g/100g에서 0.754 g/100g로 0.226 g/100g의 증가를 보였고 3회는 0.949 g/100g에서 1.585 g/100g로 0.636 g/100g, 6회는 1.709 g/100g에서 2.505 g/100g로 0.796 g/100g, 9회는 2.074 g/100g에서 2.858 g/100g로 0.784 g/100g, 12회는 2.453 g/100g에서 3.298 g/100g로 0.845 g/100g, 15회는 2.585 g/100g에서 3.683 g/100g로 1.098 g/100g의 증가를 나타냈다. 가열횟수가 증가할수록 트랜스지방산의 생성되는 양이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 17. Changes of *tFAs of corn oils at light after heat treatment

		tFAs/sample(g/100g)					
day(s)	Reusing times	1	3	6	9	12	15
0		0.528	0.949	1.709	2.074	2.453	2.585
30		0.667	1.158	2.077	2.640	3.081	3.204
60		0.710	1.206	2.140	2.728	3.195	3.207

90	0.722	1.231	2.178	2.760	3.219	3.284
120	0.736	1.275	2.188	2.849	3.264	3.318
150	0.754	1.585	2.505	2.858	3.298	3.683

*tFAs: trans Fatty Acids.

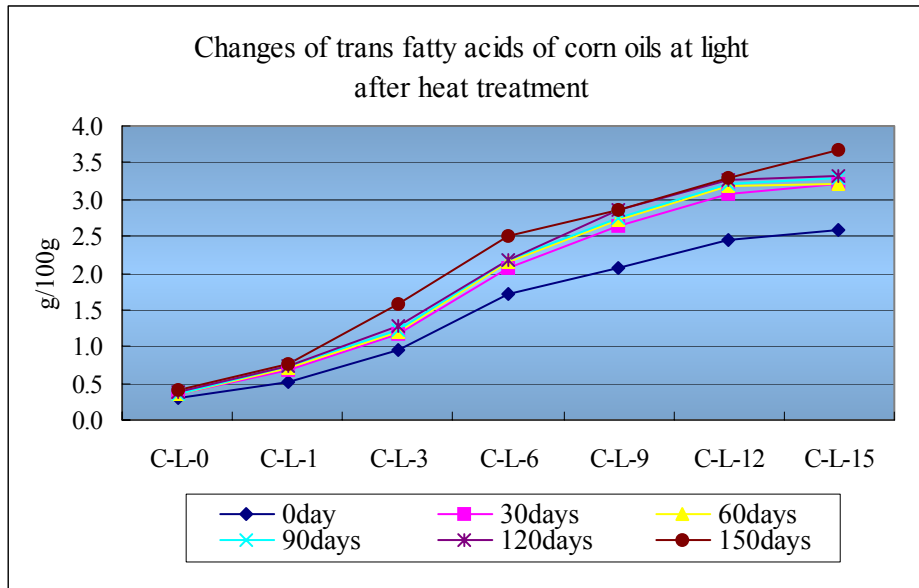


Fig. 20. Changes of trans fatty acids of corn oils at light after heat treatment.

1회와 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 150일까지 방치한 후 트랜스지방산의 함량변화를 살펴본 결과는 Table 18, Fig. 21에 나타났다. 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 150일 동안 방치한 후 트랜스지방산의 변화량을 살펴보면, 1회 가열 조리한 경우는 0.528 g/100g에서 0.729 g/100g로 0.201 g/100g의 증가를 보였고 3회는 0.949 g/100g에서 1.196 g/100g로 0.247 g/100g, 6회는 1.709 g/100g에서 2.220 g/100g로 0.511 g/100g, 9회는 2.074 g/100g에서 2.803 g/100g로 0.729 g/100g, 12회는 2.453 g/100g에서 3.256 g/100g로 0.803 g/100g, 15회는 2.585 g/100g에서 3.459 g/100g로 0.874 g/100g의 증가를 나타냈다. 가열횟수가 증가할수록 트랜스지방산의 생성되는 양이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 18. Changes of *tFAs of corn oils at dark after heat treatment

Reusing times day(s)	tFAs/sample(g/100g)					
	1	3	6	9	12	15
0	0.528	0.949	1.709	2.074	2.453	2.585
30	0.608	1.084	1.986	2.546	2.914	3.190
60	0.642	1.145	2.080	2.673	3.174	3.198
90	0.674	1.173	2.097	2.675	3.215	3.217
120	0.726	1.178	2.143	2.799	3.237	3.258
150	0.729	1.196	2.220	2.803	3.256	3.459

*tFAs : trans Fatty Acids.

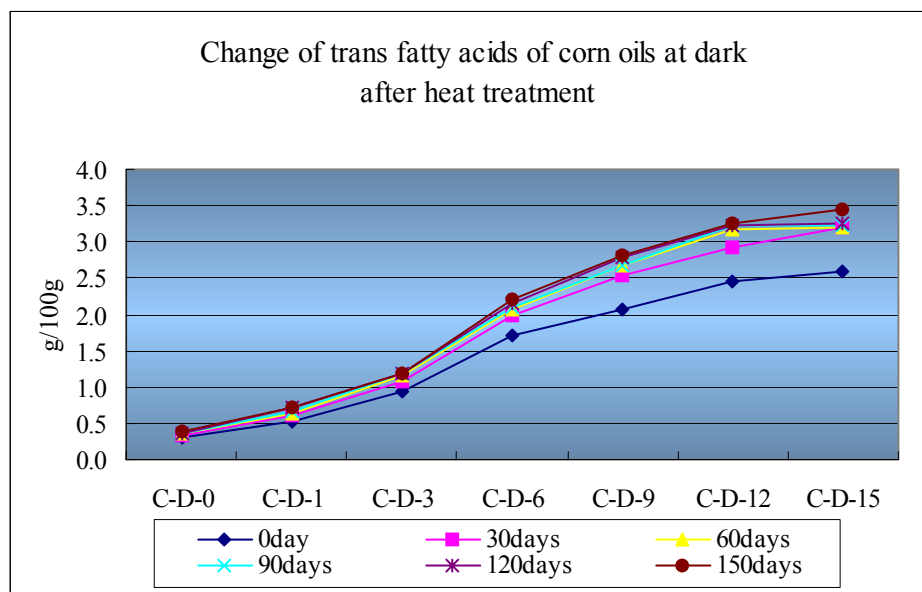


Fig. 21. Changes of trans fatty acids of corn oils at dark after heat treatment.

Table 19. Effect of fatty acids of corn oils after heat treatment

	(g/100g)				
	0-C-L-0	150-C-L-1	150-C-D-1	150-C-L-15	150-C-D-15
tFAs/sample	0.292	0.754	0.729	3.683	3.459
Serving size(g)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
tFAs(g)/Serving size	0.01	0.04	0.04	0.18	0.17
P	51.15	49.95	50.72	46.86	47.28
M	31.60	32.33	32.02	35.30	34.78
S	17.25	17.72	17.26	17.85	17.95
P/M/S	2.97/1.83/1	2.82/1.82/1	2.94/1.85/1	2.63/1.98/1	2.63/1.94/1
n-6	50.20	49.06	49.82	45.91	46.29
n-3	0.89	0.82	0.83	0.88	0.91
n-6/n-3	56.47	60.20	59.74	52.25	50.86
C18:1	31.08	31.91	31.60	34.92	34.38
C18:2	50.13	49.00	49.75	45.87	46.21
C18:3	0.96	0.88	0.90	0.95	1.01
C18:1t	0.03	0.48	0.46	3.30	3.12
C18:2t	0.20	0.21	0.20	0.32	0.24
C18:3t	0.07	0.07	0.06	0.07	0.10

P: Polyunsaturated fatty acid, M: Monounsaturated fatty acid, S: Saturated fatty acid, tFAs : trans fatty acids, C : Corn oil, L : Light, D : Dark, H: Heat, t: *trans*.

가열 조리한 횃수를 달리하여 가열 조리한 옥수수유를 150일 동안 보관한 후 트랜스지방산의 함량을 측정한 결과, 원료유지에는 0.292 g /100g 함유되어 있었는데 1회 가열 조리한 유지를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)는 0.754 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)는 0.729 g/100g이었고 15회 가열 조리한 유지를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)는 3.683 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)는 3.459 g/100g를 나타냈다. 즉 1회 가열 조리한 옥수수유에서는 빛이 있는 장소와 없는 장소에 보관한 경우의 트랜스지방산의 함량 차이는 0.025 g/100g이었는데 15회 가열 조리한 옥수수유에서는 0.224 g/100g의 현격한 차이를 보여 가열조리횃수의 증가함에 따라 빛에 의한 산화가 더 많이 일어남을 알 수 있었다.

원료유지의 트랜스지방산 1인 1회 분량(tFAs(g)/Serving size)은 0.01 g이었으나 가열 조리한 횃수를 달리한 옥수수유를 150일 동안 보관한 후, 1회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)나 빛이

없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)는 0.04 g를 섭취하게 되고 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)는 0.18 g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)는 0.17 g를 섭취하게 되어 가열 조리횟수의 증가로 더 많은 트랜스지방산을 섭취하게 되는 것이 확인되었다.

원료유지의 P/M/S 비는 2.97/1.83/1이었는데 가열 조리한 횟수를 달리한 옥수수유를 150일 동안 보관한 후, 1회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)는 2.82/1.82/1, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)는 2.94/1.85/1이었고 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)는 2.63/1.98/1, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)는 2.63/1.94/1로 나타났다. 지방산의 함량변화를 살펴보면, 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)에서는 다가불포화지방산(PUFA)이 큰 폭으로 감소하고 단일불포화지방산(MUFA)과 포화지방산(SFA)은 증가했다. 즉, 빛이 있는 장소에 보관한 경우 가열 조리한 횟수가 증가시킴에 따라 다가불포화지방산(PUFA)은 감소하고 단일불포화지방산(MUFA)과 포화지방산(SFA)은 증가하는데 이는 가열과 빛에 의한 산화가 진행됨에 따라 불포화지방산이 포화지방산으로 변화되고 있음을 보여주는 것이다.

원료유지의 n-6/n-3 비는 56.47이었는데 1회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)는 60.20, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)는 59.74였고 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)는 52.25, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)는 50.86으로 가열 조리한 횟수가 증가함에 따라 감소하는 것을 확인할 수 있었는데 이는 n-3계열 지방산의 함량은 거의 비슷한 반면, n-6계열 지방산의 함량이 감소되어 나타난 결과이다. 이는 n-6계열 지방산과 n-3계열 지방산의 조성변화에는 가열 조리한 횟수에 증가에 의한 영향이 빛에 의한 영향보다 더 크기 때문이다.

가열 조리한 횟수를 달리한 옥수수유를 150일 동안 보관한 후 탄소 18개를 가지고 있는 지방산 중 이중결합을 1개 이상가지고 있는 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지에 C18:1이 31.08 g/100g, C18:2가 50.13 g/100g, C18:3이 0.96 g/100g 함유되어 있었는데 1회 가

열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)는 C18:1이 31.91 g/100g, C18:2가 49.00 g/100g, C18:3은 0.88 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)에서 C18:1이 31.60 g/100g, C18:2가 49.75 g/100g, C18:3은 0.90 g/100g, 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)는 C18:1이 34.92 g/100g, C18:2가 45.87 g/100g, C18:3은 0.95 g/100g가 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)는 C18:1이 34.38 g/100g, C18:2가 46.21 g/100g, C18:3은 1.01 g/100g를 나타냈다. 가열 조리 횟수가 증가할수록 C18:1은 증가하고 C18:2는 감소하는 경향을 나타냈다.

가열 조리한 횟수를 달리한 옥수수유를 150일 동안 보관한 후 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보면, 원료유지에 C18:1t가 0.03 g/100g, C18:2t가 0.20 g/100g, C18:3t는 0.07 g/100g 함유되어 있었는데 1회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)는 C18:1t가 0.48 g/100g, C18:2t가 0.21 g/100g, C18:3t는 0.07 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)에서 C18:1t가 0.46 g/100g, C18:2t가 0.20 g/100g, C18:3t는 0.06 g/100g가 함유되어 있고 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)는 C18:1t가 3.30 g/100g, C18:2t가 0.32 g/100g, C18:3t는 0.07 g/100g, 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)는 C18:1t가 3.12 g/100g, C18:2t가 0.24 g/100g, C18:3t는 0.10 g/100g가 나타났다.

1회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-1)와 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-1)에서는 별다른 차이를 보이지 않고 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에서 보관한 경우(150-C-L-15)와 빛이 없는 장소에서 보관한 경우(150-C-D-15)에서는 가열 조리한 횟수의 증가와 더불어 빛의 공급이 산화를 더 빨리 진행되게 하는 것을 알 수 있었다. 옥수수유를 가열하면 C18:1t는 가열횟수가 증가할수록 큰 폭으로 증가하고 C18:2t, C18:3t는 큰 변화가 없었다. 김덕숙(1990)등은 185±2℃에서 24시간 가열 후 옥수수유 트랜스지방산은 C18:1t가 크게 증가하였다고 보고하고 있다.

여 백

제 5 장 결론 및 고찰

트랜스지방산은 상온에서 액체상태인 식물성 지방에 수소를 첨가하여 상하지 않고 운반하기 쉬우며 저장하기 편한 고체상태의 기름으로 만드는 경화유제조 과정에서 만들어 지는 지방산이다. 화학적으로는 불포화지방산의 일종이나 구조적인 특성으로 인해 물리적 성질이나 체내대사, 건강에 미치는 영향 등은 포화지방산과 유사한 성질을 가지고 있어 혈중 LDL을 증가시켜 동맥경화 등 성인병의 원인물질로 작용하는 것으로 알려져 그 위해성이 크게 대두되고 있다.

본 연구에서는 식용유지의 시간과 가열에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향을 평가하기 위하여 3가지 방법으로 실험을 진행하였다. 첫째, 경기도 관내 5개 시군의 대형마트에서 수거한 식용유지 83건에 대해 트랜스지방산의 함량을 조사하였고

둘째, 가정에서는 식용유지를 한번 사서 개봉하면 오랜 시간 동안 사용하게 되는데 이와 유사한 조건을 만들기 위해 4종의 유지를 150일 동안 방치하여 30일 단위로 채취한 후 시료로 사용하여 트랜스지방산의 함량 변화를 살펴보았으며

셋째, 가정에서 튀김요리를 한 후 버리기 아까워서 식용유지를 여러 번 재사용하는 경우가 있는데 이때 생기는 트랜스지방산의 함량변화를 보고자 횡수를 달리하여 150일까지 방치한 후 채취하여 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 다가불포화지방산은 포도씨유에 가장 많이 들어있었고 단일불포화지방산은 압착올리브유와 혼합올리브유에 다른 유지들의 3배 정도 많이 들어있었다. 부분 경화유인 마가린은 포화지방산을 다른 식용유지류보다 2~3배 많이 함유하고 있었으며 다가불포화지방산, 단일불포화지방산, 포화지방산의 비(P/M/S)는 1.0/1.3/1로 3가지 지방산이 일정한 비율로 들어있었다.

2. 식물성 유지와 마가린에 대한 트랜스지방산의 함량을 살펴보면, 식물

성 유지류의 평균 트랜스지방산의 함량은 0.79 ± 0.53 g/100g이었으며 마가린은 9.47 ± 6.01 g/100g가 검출되었으며 이중 경화유인 마가린이 가장 높게 나타났다.

3. 국내 소비량이 많은 대두유와 옥수수유의 불포화지방산 중 지방산 탄소(C) 18개를 가진 지방산의 조성을 비교해보면, 대두유는 C18:3의 함량이 옥수수유에 비해 많았고 C18:1의 함량은 옥수수유에 비해 적었다. 트랜스지방산은 대두유는 C18:3t가 가장 많이 검출되고 그 다음으로 C18:2와 C18:1t가 검출되었다. 옥수수유는 C18:2t가 가장 많이 검출되고 C18:3t와 C18:1t순으로 검출되었다.

4. 부분경화유인 마가린의 불포화지방산 중 탄소(C) 18개를 가진 지방산의 조성을 비교해보면, C18:1의 함량이 가장 많았고 그 다음으로 C18:2, C18:3의 순으로 검출되었고 트랜스지방산은 C18:1t가 가장 많이 검출되고 그 다음으로 C18:2t와 C18:3t가 검출되었다. 트랜스지방산 중 C18:1t가 가장 많이 검출된 것은 마가린의 부분경화(수소경화) 공정 중 생성된 것으로 판단된다.

5. 올리브유와 포도씨유의 불포화지방산 중 탄소(C) 18개를 가진 지방산의 조성을 비교해보면, 압착올리브유와 혼합올리브유는 C18:1의 함량이 많은데 비해 포도씨유는 C18:2의 함량이 많았다. 트랜스지방산은 압착올리브유에서는 검출되지 않았고 혼합올리브유에서는 C18:2t가 가장 많이 검출되었고 그 다음으로 C18:3t와 C18:1t가 검출되었다. 또한, 포도씨유는 C18:2t가 가장 많이 검출되고 그 다음으로 C18:3t와 C18:1t가 검출되었다.

정제가공유지에서 C18:2t와 C18:3t의 트랜스지방산의 검출이 높은 이유는 230°C 이상의 고온에서 이루어지는 식용유지의 탈취공정 중 C18:2t와 C18:3t 이성체가 생성되어지면서 나타난 결과로 볼 수 있다.

6. 식물성 유지류에 대하여 개봉 후 방치시간(150일 동안) 변화에 따른 트랜스지방산의 함량변화를 살펴본 결과, 식품 100g당 0.17 ~ 1.06g의 증가를 보였다. 그 중 C18:3의 함량이 많은 대두유에서 조금 많은 증가를 보였는데 이는 대두유가 다른 유지류보다 자연산화가 빨리 일어나기 때문이다.

7. 가열 조리 횟수를 달리하여 대두유의 트랜스지방산의 변화량을 살펴본 결과, 원료유지보다 15회 가열조리 시 2.434 g/100g의 증가를 보였고 15회 가열 조리한 대두유를 빛이 있는 장소에 150일 방치한 결과 0.985 g/100g의 증가를 나타냈다.

8. 가열 조리 횟수를 달리하여 옥수수유의 트랜스지방산의 변화량을 살펴본 결과, 원료유지보다 15회 가열조리 시 2.293 g/100g의 증가를 보였고 15회 가열 조리한 옥수수유를 빛이 있는 장소에 150일 방치한 결과 0.848 g/100g의 증가를 나타냈다.

9. 대두유와 옥수수유를 비교해보면, 다가불포화지방산이 많은 대두유는 자연산화가 빨리 일어나고 옥수수는 가열에 의한 산화가 빨리 일어났다.

일상 식생활에서 트랜스지방산의 섭취를 줄이기 위한 실천방안으로 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 개봉한 식용유지는 빛이 없는 장소에서 차광용기에 뚜껑을 덮어 저온보관하고

둘째, 튀김음식을 만들 때에는 반복 사용하지 말고,

셋째, 기름은 가열되는 시간이 길어질수록, 분해도 더욱 빨리 진행되므로 필요 이상으로 기름을 예열하는 것을 피하는 것이 좋고

넷째, 빵이나 과자, 케이크를 구입할 때는 원 재료명에 쇼트닝, 마가린, 정제가공유지 등 경화유가 사용됐다고 표기된 식품은 되도록 피하는 것이 좋다.

다섯째, 꼭 사야 할 경우에는 최대한 함량이 적은 것을 선택하고

여섯째, 가정에서는 조리 시 마가린과 같은 고체 형태의 기름 대신 식물성유지를 사용하도록 하는 것이 바람직하다.

여 백

제 6 장 참 고 문 헌

김대곤 외 (2000). 최신식품학, 삼광출판사.

김덕숙, 구본순, 안명수 (1990). 유지의 가열 및 저장에 따른 트랜스지방산 생성에 관한연구 - 제2보: Trans 지방산 함량 및 조성 변화를 중심으로. *KOREAN J. SOC. FOOD SCI.* 6(3), pp. 25-32.

김덕숙, 구본순, 안명수 (1990). 유지의 가열 및 저장에 따른 Trans 지방산 생성에 관한 연구(I) -일부 이화학적 특성 및 Trans지방산 함량변화를 중심으로 -. 한국조리과학회지, 6(2), pp. 37-50.

김소희, 노경희, 문정원, 송영선 (2001). Trans 지방산이 인체에 미치는 영향. 식품산업과 영양, 6(2), pp. 45-52.

김종희, 신호선, 장경원 (2004). 한국인의 식품 중 트랜스지방산의 함량과 섭취량 추정. 한국식품과학회지, 32(5), pp. 1002-1008.

노경희, 김소희, 송영선 (2004). Soxhlet 추출법에 의한 가공 식품의 Trans 지방산 정량. 한국식품영양과학회지, 33(9), pp. 1529-1536.

노경희, 송영선, 문정원 (2000). 식품섭취빈도조사법에 의한 부산지역 여자고등학생의 trans 지방산 섭취 수준. 한국식품영양과학회지, 29(5), pp. 957-964.

노경희, 원미숙, 송영선 (2003). 한국인 상용 가공식품의 trans 지방산 이성체. 한국식품영양과학회지, 32(3), pp. 325-337.

박철수, 윤광로 (1998). 대두유의 탈취과정에서 생성되는 trans 지방산의 정량. 한국식품과학회지, 30(1), pp. 6-12.

서울신문, 2006년 06월 05일자.

송영선, 노경희, 이교연, 문정원, 이미옥 (1999). 한국인 상용 가공 식품의 trans 지방산 함량. 한국식품영양과학회지, 28(6), pp. 1191-1200.

신민자 외 (2002). 식품조리원리, 광문각 출판사.

심찬환 외 (2000). 최신식품학, 효일출판사.

안명수 (2004). 식품화학(식품영양학, 조리학 전공자를 위한), 신광출판사.

안미영, 안명수 (1989). 통조림에 주입된 유지중 Trans 지방산 함량에 관한 연구. 한국조리과학회지, 5(1), pp. 69-74.

안승요 (1986). 시판마가린의 트랜스지방산의 조성. 서울대학교, 42.

원종숙 (1990). 대학 기숙사 식당의 식품 중 Trans 지방산의 함량 및 섭취량에 관한 연구. 한국영양학회지, 23(1), pp. 19-24.

이근보, 한명규, 이미숙 (1998). 탈취온도가 옥수수기름의 이화학적 특성에 미치는 영향 제3보. 탈취온도가 옥수수기름의 Trans 지방산 생성에 미치는 영향, 한국식품영양학회지, 11(1), pp. 26-30.

이서래, 신호선 (1997). 최신식품화학, 신광출판사.

이성우 (1992). 식품화학, 수학사.

조영자, 관야도광 (1985). 국산 마가린중의 트랜스산 함량. 한국식품과학회지, 17(3), pp. 219-222.

채수규 (1996). 식품화학. 효일문화사.

최영선 (1995). 식이지방급원으로서의 대두유의 영양학적 평가. 한국영양학회 특별 심포지움 초록집.

한겨레 21, ‘트랜스지방산’ 계속 드실래요? 2005년09월13일 제577호.

한국인의 영양권장량 제7차 개정판. 2000년10월22일. 사단법인 한국영양학회.

한국일보. 2006년 12월 06일자.

Almendingen, K., Jordal, O., Kierulf, P., et al. (1995). Effects of Partially Hydrogenated Fish Oil, Partially Hydrogenated Soybean Oil and Butter on Serum Lipoproteins and Lp(a) in Men. *J. Lipid Res.* 36, pp. 1370-1384.

American Heart Association (1997). Trans Fatty Acids, Plasma Lipid Levels, and Risk of Developing Cardiovascular Disease. *Circulation* 95, pp. 2588-2590.

Aitchison J, Dunkley W, Canolty N, Smith L. (1977). Influence of diet on trans fatty acids in human milk. *Am. J. Clin. Nutr.* 30, pp. 2006-2015.

Allison, D., Egan, K., Barra, L., Caughman, C., Infante, M., Heimbach, J. (1999). Estimated intakes of trans fatty and other fatty acids in the US population. *J. Am. Diet. Assoc.* 99, pp. 166-174.

Almendingen, K., Jordal, O., Kierulf, P., Sandstad, B., Pedersen, J.I. (1995). Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil, and butter on serum lipoproteins and Lp[a] in men. *J. Lipid Res.*, 36, pp. 1370-1384.

Almendingen, K., Seljeflot, I., Sandstad, B., Pedersen J.I. (1996). Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil, and butter on hemostatic variables in men. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 16, pp. 375-380.

Anderson, J.T., Grande, F., Keys, A. (1961). Hydrogenated fats in the diet and lipids in the serum of man. *J. Nutr.*, 75, pp. 388-394.

Aro A, Kardinaal, A.F., Salminen, I. et al. (1995). Adipose tissue isomeric *trans* fatty acids and risk of myocardial infarction in nine countries: the EURAMIC study. *Lancet.*, 345, pp. 273-278.

Aro, A., Jauhiainen, M. Partanen R., et al. (1997). Stearic Acid, transfatty acids, and dairy fat: effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, lipoprotein(a), and lipid transfer proteins in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 65, pp. 1419-1426.

Aro, A., Kardinaal, A.F.M., Salminen, I. et al. (1995). Adipose Tissue Isomeric Trans Fatty Acids and the Risk of Myocardial Infarction in Nine Countries: the EURAMIC study. *Lancet.*, 345, pp. 273-278.

Ascherio, A. and Willett, W.C. (1997). Health effects of trans fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 66, pp. 1006-1010.

Ascherio, A., Hennekens, C., Buring, J., Master, C., Stampfer, M., Willett, W. (1994). Trans-fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation*, 89, pp. 94-101.

Ascherio, A., Hennekens, C.H. Burling, J.E. et al. (1994). Trans-FattyAcid Intake and Risk of Myocardial Infarction. *Circulation*, 89, pp. 94-101.

Ascherio, A., Hennekens, C.H., Buring, J.E., Master, C., Stampfer, M.J., Willett, W.C. (1994). *Trans* fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation*, 89, pp. 94-101.

Ascherio, A., Rimm, E.B., Giovannucci, E.L., Spiegelman, D., Stampfer, M.J.,

Willett, W.C. (1996). Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: cohort follow up study in the United States. *BMJ*, 313, pp. 84-90.

ASCN/AIN (1996). Task Force on Trans Fatty Acids. Position paper on trans fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 63, pp. 663-670.

Ayagari, A., Peebles, J.M. and Carlson, S.E. (1996). Relationship of Isomeric Fatty Acids in Human Cord Blood to N3 and N6 Status. *Ped. Res.*, 39, 304A.

Berdeaux, O. Sébédio, J.L., Chardigny, J.M., et al. (1996). Effects of trans n-6 fatty acids on the fatty acid profile of tissues and microsomal metabolism in the rat. *Grass. Aceit.*, 47, pp. 86-99.

Brown, S.A. Morrisett, J.D., Boerwinkle, E., et al. (1993). The relation of lipoprotein(a) concentrations and apolipoprotein(a) phenotypes with asymptomatic atherosclerosis in subjects of the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Arterioscler. Thromb.*, 13, pp. 1558-1566.

Bethesda, M.D. (1994). US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics.

Black, A., Prentice, A., Goldberg, G., Jebb, S., Bingham, S., Livingstone, M., Coward, W. (1993). Measurements of total energy expenditure provide insights into the validity of dietary measurements of energy intake. *J. Am. Diet. Assoc.*, 93, pp. 572-579.

Blond, J.P., Chardigny, J.M., Sébédio, J.L. and Grangirard, A. (1995). Effects of dietary 18:3(n-3) trans isomers on the Δ^6 desaturation of α -linolenic acid. *J. Food Lipids*, 2, pp. 99-106.

Bolton-Smith, C., Woodward, M., Fenton, S., Brown, C.A. (1996). Does dietary *trans* fatty acid intake relate to the prevalence of coronary heart disease in Scotland? *Eur. Heart J.*, 17, 837-845.

Booyens, J., Louwrens, C.C., Katzeff, I.E.. (1988). The role of unnatural dietary *trans* and *cis* unsaturated fattyacids in the epidemiology of coronary artery disease. *Med. Hypotheses*, 25, 175-182.

Chen, Z.Y., Pelletier, G., Hollywood, R., and Ratnayake, W.M.N. (1995). Trans Fatty Acid Isomers in Canadian Human Milk. *Lipids*, 30, pp. 15-21.

Chen, Z.Y., Ratnayake, W.M.N., Fortier, L., Ross, R. and Cunnane, S.C. (1995). Similar Distribution of Trans Fatty Acid Isomers in Partially Hydrogenated Vegetable Oils and Adipose Tissue of Canadians. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 73, pp. 718-723.

Chardigny, J.M., Sébédio, J.L., Juaneda, P., Vatele, J.M., Grandgirard, A. (1995). Effects of *trans* N-3 polyunsaturated fatty acids on human platelet aggregation. *Nutr. Res.*, 15, pp. 1463-1471.

Clevidence, B.A., Judd, J.T., Schaefer, E.J. et al. (1997). Plasma lipoprotein (a) levels in men and women consuming diets enriched in saturated, *Cis*-, or *Trans*-monounsaturated fatty acids. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 17, pp. 1657-1661.

Cuadrado, C., Carbajal, A., Núñez, C. et al. (1998). Spanish contribution to the creation of a European analytical database of trans-fatty acids, *Nutr. Hosp.*, 13(1), pp. 21-27.

Cuchel, M., Schwab, U.S., Jones, P.J. et al. (1996). Impact of hydrogenated fat consumption on endogenous cholesterol synthesis and susceptibility of low-density

lipoprotein to oxidation in moderately hypercholesterolemic individuals. *Metabolism*, 45, pp. 241-247.

Decsi, T., and Koletzko, B. (1995). Do TransFatty Acids Impair Linoleic Acid Metabolism in Children? *Ann. Nutr. Metab.*, 39, pp. 36-41.

De Greyt, W., Radanyi, O., Kellens, M., Huyghebaert, A. (1995). Contribution of trans fatty acids from vegetable oils and margarines to the Belgian diet. *Eur. J. Med. Res.*, Nov 17, 1(2), pp. 105-108.

Emken, E.A. (1995). Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease Risk; Physiochemical Properties, Intake, and Metabolism., *Am. J. Clin. Nutr.*, 62, pp. 659S-669S.

Enig, M.G., Atal, S., Keeney, M., Sampugna, J. (1990). Isomeric trans fatty acids in the U.S. diet. *J. Am. Coll. Nutr.*, 9, pp. 471-486.

Expert Panel on *Trans* Fatty Acids and Coronary Heart Disease. (1995). *Trans* fatty acids and coronary heart disease risk. *Am. J. Clin. Nutr.*, 62, pp. 655S-708S.

Feskanich, D., Sielaff, B., Chong, K., Bartsch, G. (1989). Computerized collection and analysis of dietary intake information. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 30, pp. 47-57.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1994). Fats and Oils in Human Nutrition, Report of a Joint Expert Consultation, FAO Food and Nutrition Paper, 57.

Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. Codex Alimentarius Commission. Report of the Twentieth Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses.

(1996). *Alinorm.*, 97/26.

Gillman, M.W., Cupples, L.A., Gagnon, D., Millen, B.E., Ellison, R.C., Castelli, W.P. (1997). Margarine intake and subsequent coronary heart disease in men. *Epidemiology*, 8, pp. 144-149.

Greenland, S. (1980). The effect of misclassification in the presence of covariates. *Am. J. Epidemiol.*, 112, pp. 564-569.

Henninger, M. and Ulberth, F. (1997). trans-fatty acids in convenience food. *Z. Ernahrungswiss.*, 36, pp. 161-168.

Henninger, M. and Ulberth, F. (1996). Trans-. fatty acids in margarine and shortenings marketed. in Austria. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 203, pp. 210-215.

Hodgson, J.M., Wahlqvist, M.L., Boxall, J.A., Balazs, N.D. (1996). Platelet *trans* fatty acids in relation to angiographically assessed coronary artery disease. *Atherosclerosis*, 120, pp. 147-154.

Houterman, S., Verschuren, W., Oomen, C., Boersma-Cobbaert, C., Kromhout, D. (2001). Trends in total and high density lipoprotein cholesterol and their determinants in the Netherlands between 1993 and 1997. *Int. J. Epidemiol.* 30, pp. 1063-1070.

Houwelingen, A.C.V. and Hornstra, G. (1994). Trans Fatty Acids in Early Human Development. *World Rev. Nutr. Diet.*, 75, pp. 175-178.

Hu, F., Stampfer, M., Manson, J., Grodstein, F., Colditz, G., Speizer, F., Willett, W. (2000). Trends in the incidence of coronary heart disease and changes in diet and lifestyle in women. *N. Engl. J. Med.* 343, pp. 530-537.

Hudgins, L., Hirsch, J., Emken, E. (1991). Correlation of isomeric fattyacids in

human adipose tissue with clinical risk factors for cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53, pp. 474-482.

Hudgins, L.C., Hirsh, J. and Emken, E.A. (1991). Correlation of isomeric fatty acids in human adipose tissue with clinical risk factors for cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53, pp. 474-482.

Hu, F.B., Stampfer, M.J., Manson, J.E. et al. (1997). Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med.*, 337, pp. 1491-1499.

Hunter, D.J., Rimm, E.B., Sacks, F.M. et al. (1992). Comparison of measures of fatty acid intake by subcutaneous fat aspirate, food frequency questionnaire, and diet records in a free-living population of US men. *Am. J. Epidemiol.*, 135, pp. 418-427.

Hunter, E., Applewhite, T. (1991). Reassessment of trans fatty acid availability in the US diet. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54, 363-369.

Hunter, J., Applewhite, T. (1986). Isomeric fatty acids in the US diet: Levels and health perspectives. *Am. J. Clin. Nutr.*, 44, pp. 707-717.

Hunter, J.E., Applewhite, T.H. (1991). Reassessment of *trans* fatty acid availability in the U.S. diet. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54, pp. 363-369.

Innis, S. (1991). Essential fatty acids in growth and development. *Prog. Lipid Res.*, 30, pp. 39-103.

Innis, S.M and King, D.J. (1999). trans Fatty acids in human milk are inversely associated with concentrations of essential *all-cis* n-6 and n-3 fatty acids and determine *trans*, but not n-6 and n-3, fatty acids in plasma lipids of breast-fed infants". *Am. J. Clin. Nutr.*, 70(3), pp. 383-390.

Institute of Medicine. (2002). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Prepublication copy. Washington, DC, National Academies Press.

Judd, J., Baer, D., Clevidence, B. et al. (1998). Blood lipid and lipoprotein modifying effects of *trans* monounsaturated fatty acids compared to carbohydrate, oleic acid, stearic acid, and C 12:0-16:0 saturated fatty acids in men fed controlled diets. *FASEB J.*, 12, pp. 1339.

Judd, J.T., Clevidence, B.A., Muesing, R.A., Wittes, J., Sunkin, M.E., Podczasy, J.J. (1994). Dietary *trans* fatty acids: effects of plasma lipids and lipoproteins on healthy men and women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59, pp. 861-868.

Katan, M.B., Mensink, R.P., Zock, P.L. (1995). *Trans* fatty acids and their effect on lipoproteins in humans. *Annu. Rev. Nutr.*, 15, pp. 473-493.

Katan, M.B. (1995). Exit *trans* fatty acids (Invited Commentary). *Lancet*, 346, pp. 1245-1246.

Kromhout, D., Menotti, A. Bloemberg, B., et al. (1995). Dietary Saturated and TransFatty Acids and Cholesterol and 25-year Mortality from Coronary Heart Disease: the Seven Countries Study. *Prev. Med.*, 24, pp. 308-315.

Lagrost L.L. (1992). Differential effects of cis and trans fatty acid isomers, oleic and elaidic acids, on the cholesteryl ester transfer protein activity. *Biochim. Biophys. Act.*, 1124, pp. 159-162.

Lemaitre R, King I, Raghunathan T, Pearce R, Weinmann S, Knopp R, Copass M, Cobb L, Siscovick D. (2002). Cell membrane trans-fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *Circulation.*, 105, pp. 697-701.

Lichtenstein, A.H., Ausman, L.M., Carrasco, W., Jenner, J.L., Ordovas, J.M., Schaefer, E.J. (1993). Hydrogenation impairs the hypolipidemic effect of corn oil in humans. Hydrogenation, *trans* fatty acids, and plasma lipids. *Atheroscler. Thromb.*, 13, pp. 154-161.

Lichtenstein, A.H., Ausman, L.M., Jalbert, S.M., Schaefer, E.J. (1999). Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels in moderately hypercholesterolemic female and male subjects. *N. Engl. J. Med.*, 340, pp.1933-40.

Litin, L., Sacks, F. (1993). *Trans* fatty acid content of common foods. *N. Engl. J. Med.*, 329, pp. 1969-1970.

London, S., Sacks, F., Caesar, J., Stampfer, M., Siguel, E., Willett, W. (1991). Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue and diet in post-menopausal US women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54, pp. 340-345.

Luepker, R., Jacobs, D., Folsom, A., Gillum, R., Frantz, I., Gomez, O., Blackburn, H. (1988). Cardiovascular risk factor change—1973-74 to 1980-1982: The Minnesota Heart Survey. *J. Clin. Epidemiol.*, 41, pp. 825-833.

Luepker, R., Jacobs, D., Gillum, R., Folsom, A., Prineas, R., Blackburn, H. (1985). Population risk of cardiovascular disease: The Minnesota Heart Survey. *J. Chronic. Dis.*, 38, pp. 671-682.

Mensick, R.P., Katan, M.B. (1990). Effect of *Trans* Fatty Acids on High Density and Low Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Health Subjects, *N. Eng. J. Med.*, 323, pp. 439-445.

Mensink, R., Katan, M. (1990). Effect of dietary *trans* fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Eng. J. Med.*, 323, pp. 439-445.

Mensink, R., Zock, P., Katan, M., Hornstra, G. (1992). Effect of dietary cis and trans fatty acids on serum lipoprotein[a] levels in humans. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 1493-1501.

Mensink, R.P., Katan, M.B. (1992). Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins: a meta-analysis of 27 trials. *Arterioscler. d Thromb.*, 12, pp. 911-919.

Mensink, R.P. and Katan, M.B. (1990). Effect of Dietary Trans Fatty Acids on High-Density and Low-Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Healthy Subjects. *N. Eng. J. Med.*, 323, pp. 439-445.

Mensink, R.P., Zock, P.L. Katan, M.B. and Hornstra, G. (1992). Effect of Dietary Cis and Trans Fatty Acids on Serum Lipoproteins Levels in Humans. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 1493-1501.

Minister of Supply and Services Canada. (1980). Report of the Ad Hoc committee on the Composition of Special Margarines. *Ottawa*.

Mutanen, M. and Aro, A. (1997). Coagulation and fibrinolysis factors in healthy subjects consuming high stearic or *trans* fatty acid diets. *Thromb. Haemost.*, 77, pp. 99-104.

National Association of Margarine Manufacturers. (1994). Retail Market Share of Margarine and Spread Products. Washington DC, National Association of Margarine Manufacturers.

Nestel, P., Noakes, M., Belling, B. et al. (1992). Plasma Lipoprotein Lipid and Lp(a) Changes with Substitution of Elaidic Acid for Oleic Acid in the Diet. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 1029-1036.

Nestel, P., Noakes, M., Belling, B., McArther, R., Clifton, P., Janus, E., Abbey, M. (1992). Plasma lipoprotein lipid and Lp[a] changes with substitution of elaidic acid for oleic acid in the diet. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 1029-1036.

Oomen, C., Ocke, M., Feskens, E., van Erp-Baart, M., Kok, F., Kromhout, D. (2001). Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study: A prospective population-based study. *Lancet.*, 357, pp. 746-751.

Ostlund- Lindqvist, A.M., Albanus, L., Croon, L.B. (1985). Effect of dietary trans fatty acids on microsomal enzymes and membranes. *Lipids.*, 20(6b), pp. 620-624.

Pietinen, P., Ascherio, A., Korhonen, P. et al. (1997). Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men: The ATBC Study. *Am. J. Epidemiol.*, 145, pp. 876-887.

Pietinen, P., Hartman, A.M., Haapa, E. et al. (1988). Reproducibility and validity of dietary assessment instruments II. A qualitative food-frequency questionnaire. *Am. J. Epidemiol.*, 128, pp. 667-676.

Putnam, J., and Allshouse, J. (1997). Food Consumption, Prices, and Expenditures 1970-95. USDA Economic Research Service, Washington, D.C., *Stat. Bull.*, No. 939.

Ratnayake, W.M.N. and Chen, Z.Y. (1995). Trans Fatty Acids in Canadian Breast Milk and Diet, in Development and Processing of Vegetable Oils for Human Nutrition, edited by R. Przybylski and B.E. McDonald, AOCS Press, Champaign, IL, pp. 20-35.

Ratnayake, W.M.N., Hollywood, E. O'Grady and Pelletier, G.R. (1993). Fatty

Acids in Some Common Food Items in Canada. *J. Am. Coll. Nutr.*, 12, pp. 651-660,

Ratnayake, W.M.N., Pelletier, G.R., Hollywood, R., Bacler, S. and Leyte, D. (1998). Trans Fatty Acids in Canadian Margarines: Recent trends, submitted for publication in *J. Am. Oil Chem. Soc.*

Report of the Expert Panel on Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease. Trans fatty acids and coronary heart disease risk. (1995). Introduction. *Am. J. Clin. Nutr.*, 62, pp. S657-S658.

Roberts, T.L., Wood, D.A., Riemersma, R.A. et al. (1995). *Trans* Isomers of Oleic and Linoleic Acids in Adipose Tissue and Sudden Cardiac Death. *Lancet.*, 345, pp. 278-282.

Roberts, T.L., Wood, D.A., Riemersma, R.A., Gallagher, P.J. and Lampe, F.C. (1995). Trans Isomers of Oleic and Linoleic Acids in Adipose Tissue and Sudden Cardiac Death. *Lancet.*, 345, pp. 278-282.

Salmeron J., Frank, H., Walter, W., (June 2001). Department of Nutrition, Harvard School of Public Health. American Journal of Clinical Nutrition Dietary Fat intake and the risk of Type Two diabetes, pp. 1019-1026.

Siguel, E.N. and Lerman. R.H. (1993). Trans-Fatty Acid Patterns with Angiographically Documented Coronary Artery Disease. *Am. J. Cardiol.*, 71, pp. 916-920.

Slattery M., Joan, B. (2001). Health Research Centre, Department of family and Preventive Medicine, University of Utah. Trans Fatty Acids and colon cancer. *Nutr. Cancer*, 39-2, pp. 170-175.

Stender, S., Dyerberg J. Klinisk biokemisk afdeling. (2001). The importance of trans fatty acids for Health. Review. *Ugeskr Laeger*, April 23, 163(17), pp. 2349-53.

Stender, S., Dyerberg, J. Holmer, G., Ovesen, L. and Sandstrom, B. (1995). The Influence of Trans Fatty Acids on Health: A Report from the Danish Nutrition Research Council, *Clin. Sci.*, 88, pp. 375-392.

Schakel, S., Harnack, L., Wold, C., Van Heel, N, Himes, J. (1999). Incorporation of trans fatty acids into a comprehensive nutrient database. *J. Food Comp. Anal.*, 12, pp. 323-331.

Shapiro, S. (1997). Do *trans* fatty acids increase the risk of coronary heart disease? A critique of the epidemiologic evidence. *Am. J. Clin Nutr.*, 66(suppl), pp. 1011S-1017S.

Siguel, E., Lerman, R. (1993). Trans fatty acid patterns in patients with angiographically documented coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.*, 71, pp. 916-920.

Singh, R., Niaz, M., Ghosh, S., Beegom, R., Rastogi, V., Sharma, J., Dube, G. (1996). Association of trans fatty acids (vegetable ghee) and clarified butter (Indian ghee) intake with higher risk of coronary artery disease in rural and urban populations with low fat consumption. *Int. J. Cardiol.*, 56, pp. 289-298.

Stampfer, M.J., Sacks, F.M., Salvini, S., Willett, W.C., Hennekens, C.H. (1991). A prospective study of cholesterol, apolipoproteins, and the risk of myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.*, 325, pp. 373-81.

Sundram, K., Ismail A., Hayes, K., Jeyamalar, R., Pathmanathan, R. (1997). Trans(elaide) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to

specific saturated fatty acids in humans. *J. Nutr.*, 127, pp. 514S-520S.

Troisi, R., Willett, W., Weiss, S. (1992). Trans-fatty acid intake in relation to serum lipid concentrations in adult men. *Am. J. Clin Nutr.*, 56, pp. 1019-1024.

Tzonou, A., Kalandidi, A., Trichopoulou, A. et al. (1993). Diet and coronary heart disease: A case-control study in Athens, Greece. *Epidemiology.*, 4, pp. 511-516.

Uauy, R., Peirano, P., Hoffman, D. et al.: Role of essential fatty acids in the function of the developing nervous system. *Lipids.*, 31, s167-176, (1996).

United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Beltsville Human Nutrition Research Center, Nutrient Data Laboratory. (1995). Fat and Fatty Acid Content of Selected Foods Containing Trans-Fatty Acids. Riverdale, MD, United States Department of Agriculture.

Van de Vijver L.P.L., van Poppel G., van Houwelingen A., Kruyssen D.A.C., Hornstra G. (1996). Trans unsaturated fatty acids in plasma phospholipids and coronary heart disease: a case-control study. *Atherosclerosis*, 126, pp. 155-161.

Van den Reek, M.M., Craig-Schmidt, M.C. (1986). Weete. JD., Gark. AJ.: Fat in the diets of adolescent girls. with emphasis on isomeric fatty acids. *Am. J. Clin Nutr.*, 43, 34, pp. 530-537.

Vanden Reek, M., Craig-Schmidt, M., Clark, A. (1986). Use of published analyses of food items to determine dietary trans octadecenoic acid. *J. Am. Diet Assoc.*, 86, pp. 1391-1394.

Watts, G.F., Jackson, P., Burke, V., Lewis, B. (1996). Dietary fatty acids and progression of coronary artery disease in men. *Am. J. Clin Nutr.*, 64, pp.

202-209.

Willett W.C. and Ascherio A. (1994). *Trans* fatty acids: Are the effects only marginal? *Am. J. Public Health.*, 84, pp. 722-724.

Willett, W., Stampfer, M., Manson, J., Colditz, G., Speizer, F., Rosner, B., Sampson, L., Hennekens, C. (1993). Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet.*, 341, pp. 581-585.

Willett, W.C., Stampfer, M.J., Manson, J.E. et al. (1993). Intake of *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet.*, 341, pp. 581-585.

Wood, R., Jubena, K., O'Brien, B., Tseng, S., Martin, G. (1993). Effect of butter, mono- and polyunsaturated fatty acid-enriched butter, trans fatty acid margarine, and zero trans fatty acid margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *J. Lipid Res.*, 34, pp. 1-11.

Zock, P.L. and M.B. Katan (1992). Hydrogenation Alternative: Effects of Trans Fatty Acids and Stearic Acid Versus Linoleic Acid on Serum Lipids and Lipoproteins in Humans. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 399-410.

Zock, P.L., Katan, M.B. and Mensink, R.P. (1995). Dietary trans fatty acids and lipoprotein cholesterol (Letter). *Am. J. Clin. Nutr.*, 61, pp. 617.

Zock, P., Katan, M. (1992). Hydrogenation alternatives: Effects of transfattyacids on stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 399-410.

Zock, P.L., Katan, M.B. (1997). Butter, margarine and serum lipoproteins. *Atherosclerosis*, 131, pp. 7-16.

Zock, P.L., Katan, M.B. (1992). Hydrogenation alternatives: effects of *trans* fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *J. Lipid Res.*, 33, pp. 399-410.

http://www.sungshin.ac.kr/~mlee/lecture/apo_2.htm.

<http://www.dietnet.or.kr/nutrients/nutrients3.asp>.

http://www.sungshin.ac.kr/~mlee/lecture/apo_2.htm.

http://thinkfood.co.kr/main/php/search_view.php?idx=13347.

http://thinkfood.co.kr/main/php/search_view.php?idx=14756.

http://chemistry.sogang.ac.kr/~duckhwan/essay/digitaltimes/Times_99.htm

<http://news.stoo.com/news/html/000/629/016.html>

<http://www.dietnet.or.kr/nutrients/nutrients3.asp>.

<http://www.scienceall.com>.

http://www.sungshin.ac.kr/~mlee/lecture/apo_2.htm.

식용유지의 시간변화와 가열에 따른 지방산과 트랜스지방산의 영향평가

행정간행물	71-6410578-000013-01
등록번호	
인쇄	2007 3 1
발행	2007 3 1
발행인	김종찬
발행처	경기도보건환경연구원 경기도 수원시 장안구 파장동 324-1 http://www.kihe.re.kr TEL : (031) 250-2524/7 FAX : (031) 250-2630
