

Microwave 오븐 가열에 의한 유지의 지방산과 토코페롤의 안정성

김은미 · 주광지[†]

계명대학교 식생활학과

Oxidative Stability of Fatty Acids and Tocopherols in the Fats and Oils during Microwave Heating

Eun-Mee Kim and Kwang-Jee Joo[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, Keimyung University, Daegu 705-701, Korea

Abstract

Effect of microwave heating on the oxidative stability of the soybean oil, sesame oil, butter and margarine were investigated by measuring fatty acids amount and tocopherol losses. The index for chemical properties, free fatty acid, peroxide value, anisidine value, carbonyl value, conjugated diene and triene levels were also measured in the oil samples for 5, 10, 15 and 20min of heating in a microwave oven. No significant difference was observed on the fatty acids composition in the fats and oils before and after microwave heating. During microwave treatment, the oxidative degradation of the tocopherols in the samples became greater with increasing heating time. The amount of tocopherols in the solid fats, butter and margarine, dropped drastically after 5min of heating and reduced to 95% of their original levels after 20min heating. γ -tocopherol in butter showed the most unstable states and completely destroyed during microwave treatment for 20min. On the other hand, 80% of tocopherols in the liquid oils were still remained after 5min of heating except δ -tocopherol in sesame oil.

Key words : microwave heating, fatty acids, tocopherol

서 론

우리의 식생활은 새로운 식품재료, 도구 또는 외래식의 도입에 의해 고급화 및 다양화 되어가고 있으며, 또한 주부가 가사노동에 할애하는 시간이 줄어지면서 간편화를 추구하는 경향이 있다. 따라서, 편의 식품점이 증가하고 즉석식품이 널리 소비되면서 microwave 오븐의 사용이 증가되었다. Microwave(2450MHz)를 이용한 microwave 오븐 가열법은 피가열체 자체가 외부의 열원없이 발열하는 특색이 있으므로 식품의 품질을 손상시키지 않고 단시간에 가공 처리가 가능하다. 그리고 조작이 간단, 편리하고 가열속도가 빠르며 가열에 필요한 면적이 적게 소모되므로 종래의 전통적인 조리법에 비해 훨씬 효율적이다. 초기의 microwave 오븐은 전분이나 단백질의 팽창, 건조에 주로 사용되었고 그

이후에 육류의 조리 가공과 냉동식품의 해동 등에 다양하게 활용되고 있다¹⁾. 최근 microwave에 의한 식품의 화학적 반응에 대해 여러 보고가 발표되었다. 예를 들면 생물학적, 영양학적으로 중요한 vitamin E 역할을 하는 tocopherol은 가열시간이 길어짐에 따라 분해되며²⁾ 7.5%의 수분을 함유한 대두를 9분 가열하였을 때 인지질의 급격한 감소가 발생된다³⁾. 육류를 가공한 후 재가열 하였을 때 thiamine이 손실되며, 특히 뷔김식품 등은 먹기 전에 재가열하는 작업을 하는 동안 유지의 산화가 더 촉진된다⁴⁾. 그외에도 지방산 사슬의 변화, 식품의 향미, 색소의 변화 등이 초래된다^{5~7)}. 이런 결과들은 가정이나 식품취급 업소에서 microwave 오븐 사용이 증가되어 가고 있으므로 식품영양학적으로 더욱 중요한 의미를 부여해준다.

본 연구에서는 전통적인 가열조리법 보다 간편하면서 높은 온도에서 신속히 조리할 수 있는 microwave 오븐에서 유지의 산화 안정성을 알아보고자 대표적인

[†]To whom all correspondence should be addressed

유지 즉 대두유, 참기름, 버터, 마아가린 등의 4종류의 시료를 고온에서 시간별로 처리하여 이들의 지방산 조성변화와 tocopherol의 열안정성 등에 대하여 연구 검토하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본실험에 사용된 대두유, 참기름, 버터, 마아가린은 1993년 6~7월 사이 시중에서 구입하였다. 참기름은 재래식 압착법에 의해 추출된 기름이며, 대두유는 일반 수퍼마켓에서 1.8L용 플라스틱병으로 시판하는 것을, 그리고 버터는 450g, 마아가린은 400g으로 포장된 제품을 각각 구입하여 사용하였다. 각 시료의 유통기한은 1년이었으며 제조년월일은 '93년 1월에서 5월 까지였다.

Microwave 오븐 처리

각 시료를 80g씩 비이커(300ml)에 담아 뚜껑을 덮은 후 각각 5, 10, 15, 20분간 microwave 오븐(Household Microwave oven 403.002 : Litton Systems, INC. USA, 2450MHz)에서 가열 처리하였다. 오븐의 초기 온도를 동일하게 하기 위하여 오븐 내부의 온도를 25°C로 조절하였고, 가열이 끝난 후 각 시료의 내부 온도를 측정하였으며, 상온에서 방냉하여 갈색 시료병에 옮겨 질소 가스를 주입한 후 -27°C에서 보존하면서 분석용 시료로 사용하였다.

유지의 일반산패 측정

유리지방산가^{a-c)}, 과산화물가^{b-d)}, 아니시딘가^{e-g)}, 콩액 이중결합과 삼중결합^{b-d)}은 AOCS법에 의하여 수행되었고, 카아보닐가는 일본약학회법^{h)}에 의하여 측정하였다.

지방산 분석

지방산 분석을 위한 시료의 메틸에스터화는 AOAC 법ⁱ⁾과 AOCS법^{j)}을 사용하였다. 분석기기는 Hewlett Packard 5890A(HP, USA), 검출기는 FID이며, 칼럼은 Fused Silica Capillary Column(SE 30, 30m × 0.25mm × 0.25μm)을 사용하였다. 오븐 온도는 200°C에서 4분간 유지한 후 260°C 까지 분당 6°C로 승온한 다음 4분간 유지하고 주입구와 검출기 온도는 각각 250°C, 260°C로 하였다. 지방산 표준품은 Sigma(USA)사로 부터 구입하였고 시료와 같은 조건으로 GC에 주입하여 표준 품 peak의 머무름 시간으로 지방산을 확인하였다.

토코페롤 분석

시료의 tocopherol 함량은 HPLC로 분석하였다. 기기는 Waters사의 것으로 Model 204이며, 칼럼은 C18-Bondapak (Waters 3.9mm × 30mm × 10μm)이었으며, 검출기는 영인 UV M720으로써 292nm에서 측정하였다. 시료는 전처리 과정 중 발생할 수 있는 tocopherol의 손실을 최소화 하고자 각 시료 0.5g을 1.5% isopropyl alcohol/hexane용액 5ml에 용해하여 Milipore(0.45μm)로 여과하여 5μl를 주입하여 분석하였다. 용출 용매는 methanol/water(95:5, v/v)을 사용하였고, 분당 1ml로 15분간 유출시켜 측정하였다. Tocopherol 표준품은 α-, γ-, δ-tocopherol을 사용하였고, β-tocopherol은 구입하지 못하였다. 이를 표준품은 모두 Sigma(USA)사에서 구입하였다. Tocopherol의 확인은 표준품 peak의 머무름 시간과 비교하여 수행하였다. 정량분석은 Carpenter 와 Procter^{k)}가 제안한 표준검량선에 의하였다. 1.5% IPA/haxane용액으로 tocopherol 표준품을 용해시켜 전보^{l)}와 같은 방법으로 α-, γ-, δ-tocopherol의 검량선을 만들어서 tocopherol량을 산출하였다.

결과 및 고찰

Microwave 오븐 처리에 의한 변화

대두유, 참기름, 버터, 마아가린 등을 microwave 오븐에서 가열하였을 때 각 시료의 내부 온도는 가열시간이 길어짐에 따라서 점진적으로 상승되어졌다. 각 시료의 가열 전 초기 온도는 25°C로 조절하였으며 5분 동안 가열하였을 때 4가지 시료의 내부온도는 101~112°C, 10분 가열시에는 149~184°C, 15분 가열시 205~237°C, 20분 가열 후에는 233~260°C의 온도 분포를 나타내었다. 이를 온도는 일반 조리시의 온도 보다 비교적 높았으며, microwave 오븐에서 10분 가열한 온도가 튀김할 때의 온도(180°C)에 해당됨을 알 수 있었다.

버터와 마아가린은 10분 가열 후 연한 갈색으로 변하였고, 20분 가열 후에는 갈색이었으며 유지 표면에 기포가 발생하였다. 참기름과 대두유에서는 뚜렷한 변화가 없었다. 유지에 있어 색의 변화는 이화학적으로 산패의 지표로 사용되는 중요한 사항이므로 버터와 마아가린이 microwave 오븐에서 20분 가열한 후에 산패가 진행되었다는 사실을 관찰할 수 있었다.

유지의 일반적인 산패

각 시료를 0, 5, 10, 15, 20분 동안 가열하였을 때 형성된 유리지방산의 함량을 Fig. 1에 나타내었는데 가열하

기전 초기 유리지방산 함량은 각 시료간에 상당한 차이가 있었다. 특히 참기름은 가열하기 전 초기 유리지방산 함량이 0.36%로써 마야가린이나 대두유의 0.05% 이하 보다 대단히 높았다. 이것은 참기름을 재래식 압착법으로 추출한 후, 정제과정을 거치지 않았기 때문이라 생각되어진다.

과산화물가는 Fig. 2에 나타난 것과 같이 대두유는 가열시간이 길어짐에 따라 서서히 증가하는 반면 마야가린의 과산화물가는 가열 5분에 최고치에 달하였다가 10분 이후에 크게 감소하였고, 또한 참기름, 대두유, 버터에 비하여 산폐유도 기간이 짧게 나타났다. 유지에서 초기 산폐의 지표인 과산화물의 형성을 기준으로 하여 본다면 microwave 오븐가열에 있어서 마야가린이 가장 많이 그 다음이 대두유가 산화 안정성을 상실하는 것으로 나타났다.

아니시딘가(Fig. 3)와 카아보닐가(Fig. 4)도 가열 전보다 가열시간이 길어질수록 모든 유지에서 점차 증가되

었다. 과산화물은 열에 불안정하며 microwave 오븐 같은 높은 온도에서 쉽게 분해되어서 2차 산화생성물을 형성하므로 대두유에서 높게 나타난 과산화물이 결과적으로 높은 아니시딘가를 나타낸 것으로 생각되어진다.

공액이중결합(Fig. 5)은 불포화지방산의 과산화물 형성에 비례하는 관계가 있으나 뚜렷한 결과가 나타나지 않았다. 공액삼중결합은 Fig. 6에 나타내었으며 마야가린은 가열 전에 이미 다른 시료 유지 보다 삼중공액결합의 함량이 높게 나타났다.

Microwave 오븐에서 가열은 일반 조리시 가열 보다 더 높은 온도를 유지하나 비교적 짧은 시간과 가열이 끝난 후의 식품에 존재하는 여열의 영향이 크지 않기 때문에 유지 산폐의 결과는 높은 온도에도 불구하고 영향을 적게 미친 것으로 나타났다. 그러나 microwave 오븐 가열 10분에는 유리지방산, 과산화물, 아니시딘, 카아보닐, 공액이중삼중결합에 뚜렷한 변화가 발생하여 유지의 산폐에 영향을 미치고 있음을 관찰할 수 있었다.

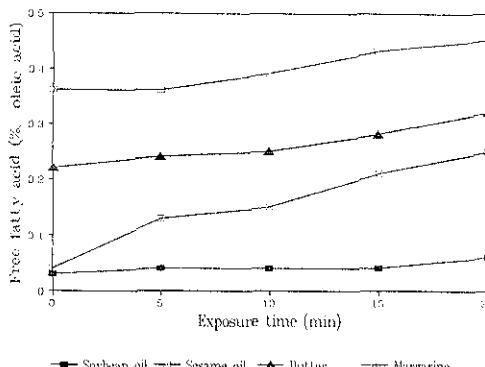


Fig. 1. Changes in free fatty acid contents of fats and oils before and after microwave heating.

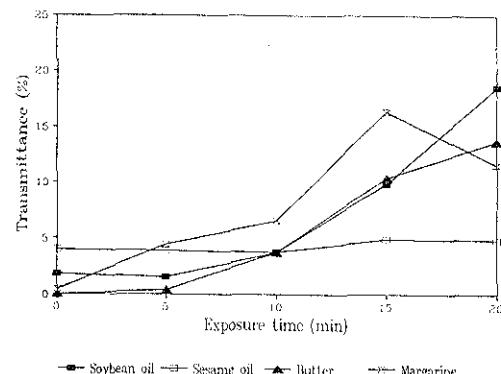


Fig. 3. Changes in anisidine values of fats and oils before and after microwave heating.

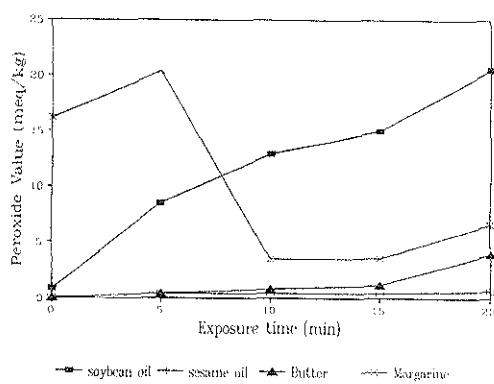


Fig. 2. Changes in peroxide values of fats and oils before and after microwave heating.

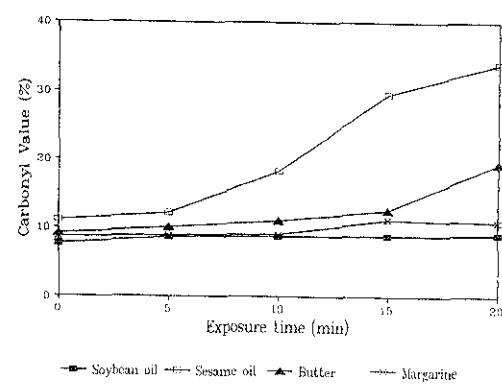


Fig. 4. Changes in carbonyl values of fats and oils before and after microwave heating.

지방산 조성

시료로 사용된 참기름, 대두유, 마야가린, 버터는 microwave 가열 전과 가열 후의 유지를 구성하고 있는 각 지방산 조성의 변화를 알아보고자 GC로 분석하여 각 유지의 지방산 분포를 Table 1에 나타내었다. 가열 전 포화지방산 조성비는 대두유가 15.37%, 참기름은 15.20%이며 버터는 59.83%, 마야가린은 38.88%였다. 즉 액체 유지인 참기름과 대두유의 불포화지방산 조성

비가 고체유지 보다 높았다. 그리고 20분 가열 후 각 시료의 지방산 조성에는 거의 변화가 없는 것으로 보아 microwave 오븐 20분 가열은 불포화와 포화지방산 비율의 조성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

대두유의 주요 구성 지방산은 linoleic acid, oleic acid, palmitic acid였으며, 그 조성비는 20분 가열 후에도 Table 1에서 나타난 바와 같이 변화가 미미하였다. Benjion^[4]과 Kummerou 등^[5]은 대두유, 미강유 등을 뿐만 아니라

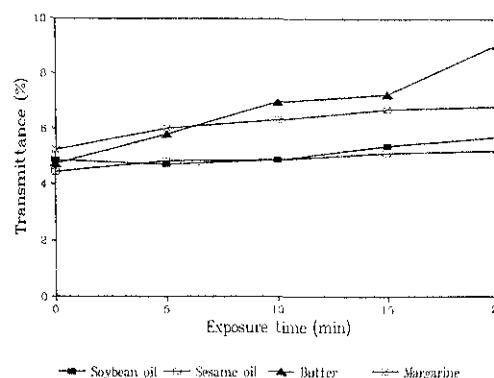


Fig. 5. Changes in conjugated dienoic acid value of fats and oils before and after microwave heating.

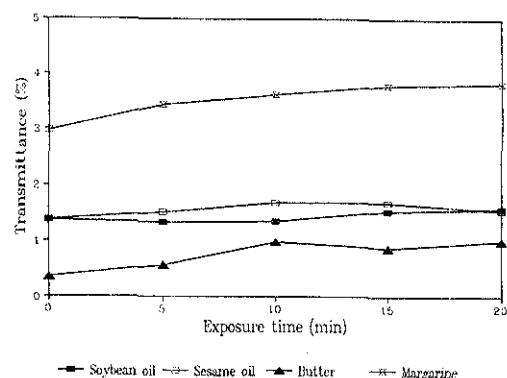


Fig. 6. Changes in conjugated trienoic acid value of fats and oils before and after microwave heating.

Table 1. Fatty acid composition of fats and oils before and after microwave heating

Fatty acid (area %)	Soybean oil		Sesame oil		Butter		Margarine	
	0	20	0	20	0	20	0	20
6 : 0	-	-	-	-	0.60	0.62	-	-
8 : 0	-	-	-	-	0.59	0.63	0.14	0.10
10 : 0	-	-	-	-	2.04	2.12	0.06	0.04
12 : 0	-	-	-	-	2.18	2.87	0.14	0.11
13 : 0	-	-	-	-	0.09	0.09	-	-
14 : 0	0.09	0.08	0.01	0.02	9.87	9.90	0.76	0.70
15 : 0	0.02	0.10	-	-	0.95	0.95	0.05	0.12
16 : 0	10.29	10.39	8.76	8.82	27.79	27.81	31.46	30.93
16 : 1	0.11	0.11	0.13	0.13	1.67	1.66	0.34	0.30
17 : 0	0.10	0.11	0.06	0.05	0.83	0.83	0.12	0.10
18 : 0	4.03	4.03	5.72	5.71	13.95	13.96	5.70	5.93
18 : 1	21.35	22.87	40.05	40.00	28.15	27.81	28.88	31.75
18 : 2	60.94	59.49	43.62	43.00	3.38	3.34	29.83	26.60
18 : 3	-	-	-	-	-	-	-	-
20 : 0	0.39	0.39	0.65	0.64	0.23	0.25	0.34	0.34
20 : 1	0.28	0.25	0.21	0.21	0.28	0.28	0.11	0.16
22 : 0	0.45	0.40	0.45	0.40	0.08	0.09	0.11	0.12
22 : 1	0.17	0.14	-	-	0.08	0.08	0.03	0.14
Total	98.22	98.56	99.21	99.07	93.39	93.29	98.07	98.44
SFA	15.37	15.50	15.20	15.24	59.83	60.12	38.88	39.49
MUFA	21.91	23.37	29.96	31.38	5.37	5.36	7.54	8.85
PUFA	60.94	59.49	54.05	52.45	28.19	27.81	51.65	50.10

사용하였을 때 가열시간이 증가할수록 linoleic acid의 함량이 감소한다고 하였다. 이와 비슷한 보고는 장 등¹⁶⁾이 대두유를 180°C에서 48시간 가열하였을 때 linoleic acid가 50% 손실되었다고 발표하였다. 그러나 본 실험에서는 단시간 고열에 대두유를 노출시켰으므로 장시간 가열한 유지의 결과와는 차이가 있었다.

참기름은 oleic acid 함량이 40.05%, linoleic acid가 43.62%였으나 20분 가열 후에 변화가 나타나지 않았다. 이미 언급한 지질의 일반적인 산체 측정 수준인 과산화물가 등의 값도 안정되어 245°C로 20분 가열한 microwave 오븐에서는 지방산의 변화에 영향을 미치지 못하였다. 한편, 참깨를 8분간 microwave 오븐에서 가열한 뒤 참기름을 제조하여 가열 전의 기름과 비교하였을 때에도 주요 지방산 조성에는 변화가 없었다고 한다¹⁷⁾.

버터의 지방산은 대두유나 참기름과는 달리 포화지방산인 palmitic acid(27.79%), stearic acid(13.95%) 그리고 저급포화지방산인 caproic acid(0.6%), caprylic acid(0.59%), capric acid(2.04%), lauric acid(2.81%)를 함유하여 폭넓은 지방산의 분포를 나타내었다. 버터도 가열 전과 가열 20분 후에 전체 지방산 조성에 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다. Lauric acid 등의 저급지방산이 뒤집 조리에서는 용이하게 가수분해된다고 하였으나¹⁸⁾ 본 실험은 유지인 버터만을 단시간 가열하였기 때문에 그 결과가 다소 다를 것이라고 생각되어진다. Kupranycz 등¹⁹⁾은 버터를 185°C에서 각각 8, 16시간씩 가열하였을 때 중합체가 형성되어 삼량체와 올리고체가 각각 4.93%, 9.12%씩 검출되었다고 보고하였다. 그러나 이와 같은 고분자 중합체의 존재는 GC로서는 검출되지 않을 뿐만 아니라 고열(260°C)에서 단시간 가열하는 microwave 오븐에서는 생성되지 않으리라 믿어진다.

마아가린의 가열 전 지방산 조성은 palmitic acid가 31.46%, oleic acid가 28.88%, linoleic acid가 29.83%였으나, 20분 가열 후 각각 30.93%, 31.75%, 26.60%로 감소 또는 증가하였다. 이런 결과는 이미 언급한 대두유, 참기름, 버터에 비하여 마아가린의 주요 구성 지방산 함량 변화의 폭이 더 커졌다는 것을 시사한다. 또한 과산화물가와 아니시딘가가 높았으며 공액삼중결합의 함량도 증가하여 다른 시료에 비하여 가장 많은 산체 현상을 나타내었다. Slover 등²⁰⁾이 미국에서 시판되고 있는 44개의 마아가린으로부터 지방산 조성을 조사한 결과에 의하면 전체 지방산 중 linoleic acid의 함량 범위가 6.06%에서 43.65%까지, oleic acid가 32.41%에서 52.09%까지 그 함량 분포의 폭이 대단히 커졌다. 이런

결과는 마아가린을 제조하는 시료, 방법이나 제조회사에 따라 각 제품의 주요 지방산 조성에 대단한 차이가 있음을 시사하고 가열에 의하여 발생될 수 있는 가능한 지방산 조성의 변화폭이 대단히 크다는 사실을 의미한다. 이미 언급한 각 시료를 microwave 오븐 속에서 각각 5, 10, 15분 가열한 후의 지방산 조성은 가열 전이나 가열 20분 후의 것과 비교하여 유사하므로 Table 1에 나타내지 않았다.

Tocopherol 함량

Tocopherol의 항산화력은 일부 폐놀계 합성 항산화제의 경우와 비교하면 그 작용이 대단히 약한 편이다. 그러나 이것은 동식물체에 널리 분포되어 있으며 유지 또는 지방산 식품에서 또는 생체조직에서 중요한 역할을 하는 불포화지방산의 산화를 방지하는데 기여한다. Daubert²¹⁾가 측정한 개별 tocopherol의 항산화 작용에 있어서 힘의 세기는 $\delta > \gamma > \beta > \alpha$ -tocopherol의 순서이다.

대두유의 주요 tocopherol은 γ 형이었으며 그 함량이 49.9(mg/100g oil)이고, δ -tocopherol은 22.5(mg/100g oil)였으며 α -tocopherol은 6.7(mg/100g oil)였다(Table 2). γ -tocopherol의 함량은 microwave 오븐에서 가열 시간이 5, 10, 15, 20분으로 길어짐에 따라 각각 43.8, 40.7, 35.6, 34.7로 감소되었다. 또한 γ -tocopherol도 20분 가열 뒤에 13.2로 감소하였고 α -tocopherol도 2.6으로 감소하였다. 참기름의 α -tocopherol 함량은 5.8이었고 γ -tocopherol은 46.9이며, δ -tocopherol은 8.1로써 역시 γ -tocopherol의 함량이 제일 많았다. 참기름도 대두유와 마찬가지로 가열시간이 증가함에 따라 개별 tocopherol의 함량이 감소되었다.

버터의 총 tocopherol 함량은 19.1(mg/100g oil)로서 이미 보고된²²⁾ 2~4mg%에 비하여 거의 5배나 높은 함량을 나타내었다. 그리고 다른 세가지 시료와는 달리 α , γ , δ -tocopherol이 각각 6.2, 6.1, 6.8(mg/100g oil)로 거의 같은 함량으로 존재하였다. 20분 가열 후에 γ -tocopherol은 완전히 분해하여 버렸고 α , δ -tocopherol도 급격히 감소하여 미량 존재하였다. Tocopherol의 안정성은 tocopherol 자체의 함량이 높을 때 즉, 정제 기름의 경우 200ppm정도가 함유되어 있어야 양호하다는 보고²³⁾가 있다. 버터의 총 tocopherol 함량은 모든 시료 중에서 가장 낮아서 쉽게 분해될 수 있음을 시사해 준다.

마아가린의 α , γ , δ -tocopherol의 함량은 각각 12.4, 8.8, 3.0(mg/100g oil)이었으며 총 tocopherol의 양은 24.2(mg/100g oil)이었다. 미국에서 시판되는 마아가

Table 2. Changes in content of tocopherols in fats and oils during microwave heating

Exposure time (min)	Tocopherol(mg/100g oil)			Total	Vitamine E activity	
	α	γ	δ			
Soybean oil	0	6.7	49.9	22.5	79.1	11.8
	5	5.2	43.8	21.3	70.3	9.7
	10	2.8	40.7	14.5	58.0	6.9
	15	2.6	35.6	13.2	51.4	6.2
	20	2.6	34.7	13.2	50.5	6.1
Sesame oil	0	5.8	46.9	8.1	60.8	10.4
	5	4.0	44.8	2.2	51.0	8.4
	10	3.1	42.8	2.0	47.9	7.3
	15	2.8	36.7	2.0	41.5	6.4
	20	1.8	32.3	1.5	35.6	5.0
Butter	0	6.2	6.1	6.8	19.1	6.8
	5	2.0	1.7	1.5	5.2	2.1
	10	1.8	1.0	0.8	3.6	1.9
	15	1.0	0.8	0.4	2.2	1.0
	20	1.0	0	0.4	1.4	1.0
Margarine	0	12.4	8.8	3.0	24.2	13.2
	5	5.2	5.0	1.5	11.7	5.7
	10	4.7	4.5	1.2	10.4	5.1
	15	4.0	2.4	0.7	7.1	4.2
	20	3.3	2.0	0.4	5.7	3.5

린의 총 tocopherol 함량을 보면 제품에 따라 7.4~74.9 (mg/100g oil)으로서 그 함량의 차이가 10배 이상으로 제품 종류에 따라 아주 컸다.²⁰ 마야가린의 총 tocopherol 함량은 5분 가열 후에 50% 이하로 감소하였으며 가열 시간이 증가함에 따라 그 잔존률이 감소하여 20%로 저하되었다. 마야가린의 유리지방산, 과산화물, 아니시딘가 등도 가열 5분 후부터 지속적으로 20분 까지 증가하였으며, 지방산 조성의 변화도 다른 시료에 비하여 상대적으로 컸다. 그러나 산화 진행과의 직접적인 상관관계는 관찰할 수 없었다.

Tocopherol량의 vit. E 활성 (vitamin E activity)을 Table 2에 나타내었으며 α -tocopherol 등량(α -tocopherol equivalent)으로 표시하였다.

4가지 시료를 20분 가열하는 동안 α , γ , δ -tocopherol의 개별 잔존량을 백분율로 표시하여 Fig. 7-9에 나타내었다. γ -tocopherol은 모든 시료의 주요 tocopherol 이었으며 대두유와 참기름은 20분 가열 후 그 잔존율이 69.5, 68.8%로 높게 나타난 반면 버터, 마야가린은 0, 44.3%로 낮은 비율을 나타내었다. α -tocopherol의 가열 20분 후 잔존률은 액체 식물성 기름인 대두유와 참기름에 있어서 버터나 마야가린 보다도 높았다.

액체 지질인 대두유와 참기름의 총 tocopherol 함량은 고체 지질인 버터, 마야가린에 비하여 상대적으로 안

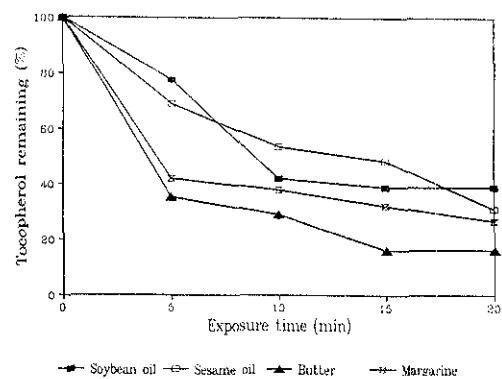


Fig. 7. Changes in α -tocopherol content during microwave heating.

정한 상태를 나타내었다. 이것은 대두유를 상품화할 때 첨가된 합성항산화제와 참기름에 자연적으로 존재하는 참기름 자체의 항산화제인 세사물 등이 중요한 요소가 되었다고 생각되어진다. Yoshida 등^{18,24}은 tocopherol이 짧은 탄소사를 지방산과 반응할 때 사슬이 긴 것 보다 빨리 파괴되어진다는 사실을 보고하였다. 이 결과에 의하면 버터와 마야가린은 참기름과 대두유에 거의 존재하지 않는 C₆~C₁₂의 저급 지방산이 존재하였으므로 tocopherol의 산화가 더 빨리 진행될 수 있는 원인의 일부라고 생각되어진다.

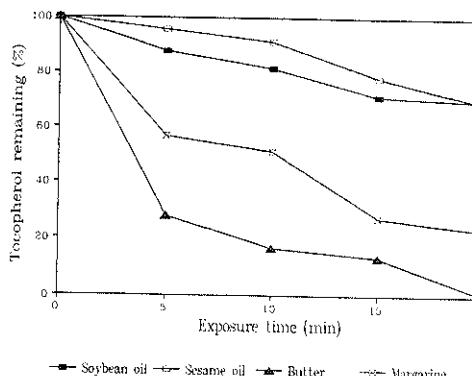


Fig. 8. Changes in γ -tocopherol content during microwave heating.

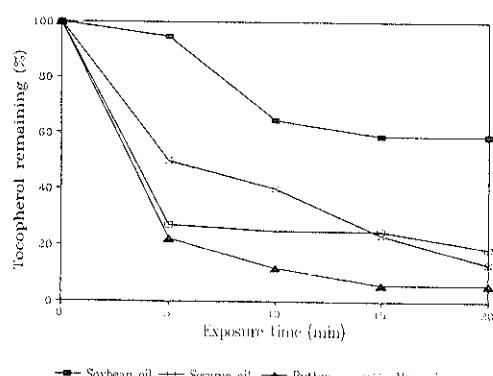


Fig. 9. Changes in δ -tocopherol content during microwave heating.

요 약

대두유, 참기름, 버터, 마아가린의 유지 시료를 microwave 오븐에 5, 10, 15, 그리고 20분으로 각각 가열하였다. 유지의 일반적인 산화 안정성을 나타내는 유리지방산, 과산화물가, 아니시딘가 등은 가열시간이 증가함에 따라 서서히 증가하여 유지의 산폐가 진행됨을 나타내었으나 시간과 온도에 비례하는 상관관계를 나타내지는 않았다. 다만, 마아가린이 비교적 뚜렷한 산폐 진행 과정의 변화를 나타내었다. 가열에 의한 지방산 조성의 변화는 액체 유지인 대두유와 참기름에서는 거의 나타나지 않았으나, 고체 유지인 버터, 마아가린에서 관찰되어졌다. 마아가린을 20분 가열하였을 때 palmitic acid는 31.46%에서 30.93%로 linoleic acid는 29.83에서 26.60으로 감소하였다. 시료 유지에 함유된 α -, γ -, δ -tocopherol을 20분 동안 가열하였을 때 가열시간이 증가함에 비례하여 개별 tocopherol 함량이 점진적으로 감소하였다. 총 tocopherol 함량은 대두유와 참기름에서는 가열 20분 후에도 그 잔존량이 약 70%에 달하였으나 버터와 마아가린은 가열 5분 후에 각각 25% 또는 50%로 감소하였으며 20분 가열 후에는 7% 또는 23%로 감소하였다.

문 헌

1. Tsuyki, H. : Utilization of high frequency and microwave heating in food industry. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **29**, 123 (1982)
2. Yoshida, H. and Kajimoto, G. : Effect of microwave energy on tocopherols of soybean seeds. *J. Food Sci.*, **53**, 1596 (1989)

3. Hafez, Y. S., Mohamed, A., Perera, P. A., Siugh, G. and Hussein, A. S. : Effect of microwave heating and gamma irradiation on phytate and phospholipids contents of soybean. *J. Food Sci.*, **54**, 958 (1989)
4. Yoshida, H., Hirooka, N. and Kajimoto, G. : Microwave energy effects on quality of some seed oils. *J. Food Sci.*, **55**, 1412 (1990)
5. Marcel, S., Liekenjie, F. and Cheung, Y. K. : The use of microwave oven chemical transformation of long chain fatty acid esters. *Lipids*, **23**, 367 (1988)
6. Marion, L. C. and Richman, D. K. : Sensory quality of turkey breasts and energy consumption of roasting in a convention oven and reheating in infrared, microwave and convention ovens. *J. Food Sci.*, **52**, 846 (1987)
7. Chen, B. H. and Chen, Y. Y. : Stability of chlorophyll and carotenoids in sweet potato leaves during microwave cooking. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1316 (1993)
8. A.O.C.S. : AOCS official methods and recommended practice method. 2nd ed., J. Am. Oil Chem. Soc. Chicago IL. (1964)
 - 8-a : AOCS official method Ca 5a-40
 - 8-b : AOCS official method Cd 8-53
 - 8-c : AOCS official method Cd 18-90
 - 8-d : AOCS official method Ti 1a-64
9. Pharmaceutical Society of Japan : Standard Methods of analysis for Hygienic Chemists. Kin Ken Co. Tokyo, Japan, p.188 (1980)
10. A.O.A.C. : Official Method of Analysis. 15th ed., Association of official analytical chemist. Washington, D. C., p.963 (1990)
11. A.O.C.S. : AOCS official methods and recommended practice method. 2nd ed., J. Am. Oil Chem. Soc. Chicago IL. (1964)
12. Carpenter, A. P. and Procter J. R. : Determination of tocopherol in vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 668 (1990)
13. 신묘란, 주광지 : 한국산 참깨기름과 중국산 참깨기름의 토코페롤을 산화안정성. 동아시아식생활학회지, **4**, 51 (1994)
14. Bennin, M. : Effect of batter ingredients on changes

- in fatty acid composition fats used for frying. *J. Food Tech.*, **21**, 1638 (1967)
15. Kummerou, F. A., Ramanathan, V. and Sakuragi, T. : Thermal oxidation of methyl esters of fatty acid. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **36**, 244 (1959)
 16. 장유경, 이정원, 김택제 : 시판 식용유의 가열시간에 따른 품질 변화에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **10**, 112 (1978)
 17. 최순남 : 가열조리에 따른 참깨와 들깨의 지방산 성분에 관한 연구. *삼육대학논문집*, **17**, 417 (1985)
 18. Yoshida, H., Tatsumi, M. and Kajimoto, G. : Influence of fatty acids on the tocopherol stability in vegetable oils during microwave heating. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69**, 119 (1992)
 19. Kupranycz, D. B., Amer, M. A. and Baker, B. E. : Effect of thermal oxidation on the constitution of butterfat, butterfat fractions and certain vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **63**, 332 (1986)
 20. Slove, H. T., Tompson, J. R., Davis, C. S. and Merola, G. V. : Lipids in margarines and margarine-like foods. *J. Am. Oil Chem. Sci.*, **62**, 775 (1985)
 21. Daubet, B. F. : Reversion problems in edible fats. *Advances in Food Research*, **4**, 185 (1953)
 22. Marvin, W. F., Jungermann, E., Norris, F. A. and Merola, G. V. : Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley and Sons INC., New York, p.72 (1979)
 23. Yoshida, H., Kajimoto, G. and Emura, S. : Antioxidant effect δ -tocopherols at different concentrations in oils during microwave heating. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **70**, 10 (1994)
 24. McLaughlin, P. J. and Weihrauch, J. L. : Vitamin E content of foods. *J. Am. Diet Assoc.*, **75**, 647 (1979)

(1994년 11월 26일 접수)