

감자튀김 횟수에 따른 식용유지의 산화 안정성 및 지방산 조성 변화

이진원¹ · 박장우^{2*}

¹한경대학교 식품생물공학과

²한경대학교 식품생물공학과 및 식품생물산업연구소

Changes of Fatty Acid Composition and Oxidation Stability of Edible Oils with Frying Number of French Fried Potatoes

Jin-Won Lee¹ and Jang-Woo Park^{2*}

¹Dept. of Food & Biotechnology and ²Dept. of Food & Biotechnology, and Food and Bio-Industrial Research Center, Hankyong National University, Gyeonggi 456-749, Korea

Abstract

Sunflower oil (SO), canola oil (CO) and frying oil (FO) were used as edible oils in this study. According to the frying number, the extracted oils from French fried potatoes were used as experimental samples. To investigate the relationship between the change of fatty acid composition and the stability of the lipid oxidation during frying, the changes of fatty acid composition and the degree of the lipid oxidation of samples were examined. Acid values and peroxide values were evaluated as the degree of lipid oxidation. The acid values of CO and FO were increased with the frying times. The increased acid values of CO and FO were 0.20 and 0.17 on the basis of initial value at 30 times, respectively, but the acid value of SO was lower than those of CO and FO. The peroxide values of the samples were not increased uniformly with the frying number. As the number of frying times was increased, the fatty acid composition of SO and FO were changed. Namely, the oleic acid composition was decreased, whereas the linoleic acid composition was increased with the number of frying times. The benzo(a)pyrene contents of the extracted oils from French fried potatoes did not change regularly as the frying times was increased.

Key words: sunflower, canola, frying, oxidation, benzo(a)pyrene

서 론

근래 식습관의 변화 및 식생활의 다양화로 인하여 간편하고 쉽게 섭취할 수 있는 형태인 인스턴트식품의 이용이 꾸준히 증가하고 있다. 특히 간단하게 가열만 해도 먹을 수 있는 인스턴트식품 및 패스트푸드 중 튀김 식품에 대한 이용빈도가 증가하고 소비자들의 기호를 충족시키기 위한 종류가 다양해지고 있다(1). 일반적으로 식용유지를 비롯한 지방질은 탄수화물, 단백질과 함께 식품을 구성하는 중요한 에너지원인 동시에 생리작용에 필요한 필수지방산을 공급함으로써 영양학적으로 매우 중요하게 평가되고 있다(2). 또한, 조리 시 식용유지는 각종 식품에 유지 특유의 풍부한 풍미 및 조식감을 부여함으로써 관능적으로도 중요하다(3). 그러나 식용유지를 이용하는 튀김 식품은 고온의 열을 이용하는 음식으로 품질을 유지하기에 어려움을 갖고 있다. 대부분의 식용유지는 불포화지방산 함량이 높기 때문에 가열에 의해 쉽게 산패되는 특성을 갖고 있으며, 이러한 산패과정 중 형성되는 peroxides 및 free radicals는 필수지방산 자체 파괴

와 영양가 손실에 영향을 미치므로 품질 저하 현상을 나타내는 요인이 된다(1,3). 또한, 고온에서 장시간 가열할 경우 열에 의한 분해, 중합 및 가수분해 등을 일으켜 튀김유의 풍미와 안정성을 저하시키는 결과를 초래하며, 튀김 조리 시 재료에 함유되어 있는 전분이나 단백질 성분 등이 튀김유의 산패를 가속시키는 요인으로 작용하게 되기 때문에 식용유지에 대한 선택에 있어서는 열에 대한 안정성을 고려해야 한다(4). 한편, 일반적으로 튀김 조리 시 대부분 튀김유의 반복적인 사용 즉, 튀김 후 남은 튀김유에 대한 재사용 횟수에 따라 산화 안정성에 영향을 미칠 수 있다는 점이다. 따라서 식용유지를 튀김 조리에 이용할 경우 가열 산화에 대한 안정성과 반복적인 재사용에 대한 화학적 변화 및 사용한계 시기 설정에 대한 검토가 필요하다(5). 최근 튀김용 식용유지로는 올리브, 면실, 낙화생, 대두와 더불어 유지 함량이 많은 해바라기와 유채꽃에서 얻은 유지 및 가열 시 산화 안정성을 고려하여 만든 일반 튀김유를 상업적으로 많이 이용하고 있다. 해바라기유는 트랜스지방이 없으며, linolenic acid, linoleic acid 및 oleic acid 등과 같은 불포화지방산 및

*Corresponding author. E-mail: jangwoo_park@hknu.ac.kr
Phone: 82-31-670-5157, Fax: 82-31-677-0990

비타민 A, D가 함유되어 영양학적으로 효과를 나타내는 것뿐만 아니라, Kim과 Choe(6)가 조사한 결과를 보면 일반적으로 해바라기유에는 유지의 산화 속도를 연장시키는 물질인 토코페롤이 0.05% 이상 함유되어 있으므로 해바라기유에 대한 산화 안정성에 영향을 미치는 것으로 나타내고 있다. 또한, Kim과 Lee(7)의 보고에 따르면 해바라기유를 추출하는 해바라기씨에는 기름 성분과 함께 10% 내외의 향기 성분이 잔류하고 있으므로 식용유지로 사용하고 있는 해바라기유의 경우 고유의 향으로 식품에 풍미를 증가시킨다는 결과를 보고한 바 있다(8,9). 이와 같은 결과에서처럼 해바라기유를 튀김 조리 시 이용할 경우 튀김 식품에 향미를 부여하는 등 튀김용 식용유지로서의 가능성을 예측할 수 있다.

카놀라유라고 현재 사용하고 있는 오일은 유채꽃씨에서 추출한 식용유지로 Park 등(10)의 보고에 따르면 인체에 대해서는 확실하지 않으나, 동물실험에서는 심장질환을 일으킬 수 있는 장쇄 불포화지방산인 erucic acid의 함량을 감소시키고 독성을 나타낼 수 있는 glucosinolate의 함량을 낮춘 종자를 개량 후 추출한 유지를 사용하고 있는 것이라고 보고하였다(11,12). 또한, 이와 같이 종자개량 된 유채꽃씨에서 추출한 카놀라유는 erucic acid 함량이 낮아지는 대신 oleic acid 및 linoleic acid와 같은 불포화지방산 함량이 각각 5~18%씩 증가되면서 체내 섭취 시 기타 식용유지에 비하여 소장 벽을 두껍게 하는 특성을 갖고 있으므로 체내 흡수 속도가 느리게 나타나 지방질로서 축적되는 양이 적은 것으로 보고되고 있다. 더불어 Hyun(1)이 보고한 연구 결과를 살펴보면 카놀라유는 이미, 이취가 없고 담백한 풍미를 갖고 있기 때문에 샐러드유로 이용되며, 특히 낮은 온도에서 잘 응결되지 않고, 빛에 잘 영향을 받지 않으므로 빛에 대한 산화 안정성이 다른 식용유지에 비하여 우수하다고 하였다.

일반 튀김유는 콩에서 취한 반 건성 유지로 조제 콩 오일을 제조한 후, 다시 정제하여 식용유지로 사용한 것을 말한다. 그러므로 일반 튀김유가 나타내고 있는 화학적인 특성은 대부분 대두유와 같은 특성으로 주요 지방산으로는 palmitic acid, stearic acid, oleic acid 및 linoleic acid가 함유되어 있다. 또한, Song과 Jang(13)이 보고한 바에 따르면 일반 튀김유는 정제한 오일로 담황색이며 냄새가 없고, 맛도 구수하여 식용유지로서 가장 다량으로 소비되고 불포화지방산을 많이 함유하고 있으므로 정제 콩 오일, 샐러드유 외에 마가린, 쇼트닝 등으로도 이용되고 있다고 한다(13-15).

그러나 식용유지 특히 해바라기유, 카놀라유 및 일반 튀김유를 튀김 조리 시 열 매체로 이용하여 튀김 식품을 조리한 후 그 식품에서 추출한 유지에 대한 산화 안정성 및 지방산의 변화 및 화학적인 변화에 대하여 측정된 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 해바라기유, 카놀라유 및 일반 튀김유를 반복하여 튀김 조리에 이용한 경우 화학적인 변화를 측정하고자 한다. 즉, 감자튀김 조리 시 해바라기유, 카놀라유 및 일반 튀김유를 각각 반복적으로 이용한

경우 튀김유로서의 품질저하 정도를 알아보기 위하여 튀김 감자(French-fried potato)에서 추출한 유지의 튀김 횟수에 따른 지방산 조성 및 함량의 변화와 산가 및 과산화물가의 변화에 대한 관계를 알아보려고 한다.

재료 및 방법

재료

튀김용 감자는 시중에 판매되고 있는 냉동감자(Payette Farms 1/4" Shoestring, Doosan Co., Ltd., Los Angeles, CA, USA)를 이용하였고, 튀김 시 이용할 오일은 해바라기유(Dongnamfood, Ankara, Turkey), 카놀라유(Ottogi Co., Ltd., Seoul, Korea) 및 일반 튀김유(Dongsuh Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하였다.

시료 제조

해바라기유(sunflower oil, SO), 카놀라유(canola oil, CO) 및 일반 튀김유(frying oil, FO)를 이용하여 온도 조절이 가능한 전기튀김기(DHF-520, DONGHWA SYSTEM, Suwon, Korea)로 $180 \pm 5^\circ\text{C}$ 에서 3분 동안 일정량의 냉동감자를 지속적으로 반복하여 튀김 조리하였으며, 5, 10, 15, 20, 25 및 30회째 튀김감자를 채취하여 그것에서 추출한 유지를 시료로 사용하였다. 1회분의 튀김 재료는 각각의 유지 4 kg의 5%에 해당하는 200 g으로 조절하였으며, Son 등(2)의 실험방법 및 현재 패스트푸드점에서 이용하고 있는 방법을 인용하여 튀김과정 중에 튀김 재료 즉 냉동감자에 흡수된 기름량은 매회 새로운 튀김물을 넣을 때마다 신선한 기름을 보충하여 일정량을 유지시켰다. 그리고 각각의 식용유지(SO, CO, FO)를 이용하여 위에서 언급한 횟수(5, 10, 15, 20, 25 및 30회)별로 채취한 감자튀김에서 반복 튀김 과정 중에 흡수된 기름을 추출하기 위하여 튀김 횟수마다 채취한 감자튀김을 동결건조기(FD-8518/5070R, IShin Lab Co., Yangju, Korea)를 이용하여 건조를 하여 마쇄한 후 *n*-hexane을 이용하여 추출하였다.

산가(acid value) 측정

튀김 횟수(5, 10, 15, 20, 25 및 30회)마다 채취한 튀김감자에서 추출한 각각의 기름(SO, CO 및 FO)을 시료로 이용하여 산가 측정 시료로 이용하였다. 산가는 AOCS의 Cd 3a-63법(16)에 의하여 시료 1~3 g에 100 mL의 용매(diethyl ether : ethanol=1:1, v/v)를 가한 후 혼합하여 0.1 N KOH(potassium hydroxide)로 적정하였다.

과산화물가(peroxide value) 측정

튀김 횟수(5, 10, 15, 20, 25 및 30회)마다 채취한 튀김감자에서 추출한 각각의 기름(SO, CO 및 FO)을 이용하여 과산화물가 측정 시료로 이용하였다. 과산화물가는 AOCS의 Cd 8-53법(17)에 의하여 시료 3 g을 삼각플라스크에 취한 후, 30 mL의 acetic acid : chloroform(3:2, v/v)을 가하여 유지를

충분하게 용해시킨 다음 0.5 mL의 KI 포화용액을 가하여 1분 동안 흔들면서 혼합한 후 5분간 암소에서 방치시켰다. 반응 후 증류수 30 mL를 가하여 0.01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 용액으로 적정하였다.

지방산(fatty acid) 측정

지방산 분석은 Parcerisa 등(18)의 방법을 사용하여 튀김 횡수(5, 10, 15, 20, 25 및 30회)마다 채취한 튀김감자에서 추출한 각각의 기름(SO, CO 및 FO)을 지방산 분석용 시료로 사용하였다. 즉, 시료 0.2 g을 환류냉각기가 달린 실린더에 넣고 1 N methanolic sodium methoxide 3 mL를 가한 후, 100°C에서 30분 동안 흔들어주며 반응시킨 후 완전하게 냉각시킨 다음 분액깔대기에 옮겨서 6 N HCl을 가하여 위아래로 격렬히 흔들어 주었다. 그 다음 5 mL의 *n*-hexane를 가하여 혼합 및 방치하여 분리시킨 후, H_2O 를 가하여 중성화시키고 용액 중 수분을 제거하기 위해서 건조시킨 sodium sulfate를 이용하여 여과한 다음 40°C 수조에서 감압 농축하고 남아있는 용매를 질소로 제거하였다. 그 다음 14% methanolic boron trifluoride를 3 mL 가하여 다시 80°C에서 5분 동안 가열하였다. 가열이 끝나면 냉각시켜 NaCl 포화용액 3 mL과 *n*-hexane 3 mL을 가하여 혼합 및 분리하여 상층액을 sodium sulfate가 들어있는 시험관에 옮겨 일정량을 취하여 GC 분석용 샘플 바이알에 담아서 GC 분석용 시료로 이용하였다. Gas chromatography(Agilent 6890 GC, FID, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 3회 반복 분석하였다. 이때 사용한 장치와 분석조건은 Table 1과 같다.

벤조피렌(benzo(a)pyrene) 측정

튀김 횡수(5, 10, 15, 20, 25 및 30회)마다 채취한 튀김감자에서 추출한 각각의 기름(SO, CO 및 FO)을 벤조피렌 측정용 시료로 이용하였다. 즉, 시료 3 g 정도를 취하여 내부표준 물질인 benzo(a)pyrene(Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 농도로 제조하여 0.5 mL을 첨가하고 *n*-hexane 50 mL에 녹여 분액깔대기에 옮기고, DMF(*N,N*-dimethylformamid) : H_2O (9:1, v/v) 25 mL을 가하여 흔들어 분리시킨

Table 1. Conditions for fatty acid analysis by GC-FID

Items	Conditions
Instrument	Agilent GC-6890 series
Column	HP-INNOWax polyethylene glycol (30 m×0.25 mm×0.25 μm)
Detector	FID detector
Oven temperature	Initial temperature: 130°C, initial time: 0 min increase rate: 4°C/min, final temperature: 255°C final time: 10 min
Injector temperature	230°C
Detector temperature	250°C
Carrier gas	N_2 gas (99.999%)

후 DMF : H_2O (9:1, v/v) 부분을 따로 분리하여 *n*-hexane 층에 다시 DMF : H_2O (9:1, v/v)를 25 mL씩 2회 가하여 분리시켜 합한 후, 여기에 1% 황산나트륨 용액 50 mL을 넣고 *n*-hexane 50 mL을 더 가하여 흔들어 혼합 및 정지하여 *n*-hexane 층을 분리하였다. DMF : H_2O (9:1, v/v)층에 *n*-hexane 20 mL씩을 넣고 위와 같이 2회 반복하여 *n*-hexane 층을 합한 후, H_2O 50 mL씩 3회 정도 가하여 혼합 분리하여 H_2O 층을 제거한 다음 *n*-hexane층에 무수황산나트륨을 가하여 탈수 여과하여 40°C water bath에서 감압 농축하였다. 농축한 액에 *n*-hexane 10 mL과 *n*-hexane : dichloromethane (3:1, v/v) 5 mL을 가하여 용출시킨 후 다시 농축 후 0.45 μm membrane filter로 여과하여 GC-MS(Agilent 6890 GC, 5973 Mass, Agilent Technologies)를 이용하여 3회 반복 분석하였다. 이때 사용한 장치와 분석조건은 Table 2와 같다.

통계적 분석

SAS(Statistical Analysis System) 통계 Package(19)를 사용하여 각각의 분석 데이터를 통계분석 하였으며, Duncan 다범위 검증(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

결과 및 고찰

산가 측정

식용유지 세 종류(SO, CO, FO)에 따라서 튀김 횡수별로 채취한 감자튀김에서 추출한 기름을 시료로 산가를 측정한다. 결과 Fig. 1과 같다. 우선, SO인 경우 초기 산가가 0.05에서 10회 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 경우 0.18로 급격히 증가하다가 30회 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 산가 경우 0.20 수준을 유지하였다. 반면, CO 및 FO인 식용유지를 이용하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 산가는 15회 정도까지는 큰 변화 없이 일정 수준의 산가를 나타내었으나, 20회 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 산가는

Table 2. Conditions for benzo(a)pyrene analysis by GC-MS

Items	Conditions
Instrument	Agilent GC-6890 series, 5973 mass
Column	Fused silica wall coated open tubular column coated by 5% phenyl-methyl-silicone (HP-5, 60 m×0.25 mm×0.25 μm)
Split rate	10:1
Oven temperature	Initial temperature: 100°C, initial time: 0 min increase rate: 10°C/min, final temperature: 300°C final time: 10 min
Injector temperature	280°C
AUX temperature	280°C
Sim ion	113, 126, 224, 252
Carrier gas	He (1 mL/min)

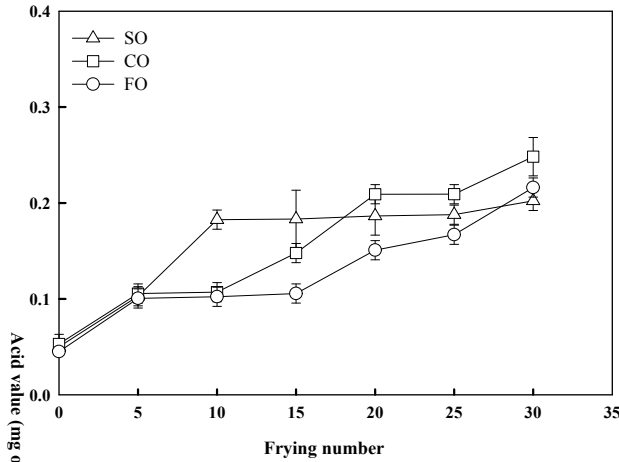


Fig 1. Changes of the acid values of the extracted oils from French fried potatoes. SO: sunflower oil, CO: canola oil, FO: frying oil.

각각 0.21 및 0.15를 나타내면서 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 이러한 결과는 Son 등(2) 및 Park 등(10)이 감자와 닭을 반복하여 튀긴 결과 튀김 횟수가 증가할수록 산가가 초기보다 지속적으로 증가하였다는 결과와 유사한 결과를 나타내었으며, 이는 반복하여 튀김조리를 할 경우 자연적으로 부산물이 생성되고 탄수화물이나 단백질이 많은 식품들을 120°C 이상 고온에서 조리하게 되면 산가를 증가시킬 수 있는 요인으로 작용한다는 보고와 일치하였다. 또한, CO 및 FO를 이용하여 30회 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 산가는 초기 0.05에서 각각 0.25 및 0.22를 나타내면서 SO인 식용유지를 이용한 경우보다 다소 높게 나타났다. 이와 같은 결과 튀김 조리 방법과 같이 고온을 이용하여 조리할 경우 세 종류 식용유지(SO, CO, FO) 중에서 SO가 가장 안정함을 알 수 있었다. 물론 SO, CO 및 FO 세 종류 식용유지에 대한 산가 측정 결과 모두 식품공전상 튀김 식품 규격인 5.0 이하에 크게 미치지 않는 결과를 나타내었다. 그러나 이러한 실험적인 산가 측정 결과 고온에서 반복하여 조리할 경우 튀김에 이용하는 식용유지의 산가가 지속적으로 증가하는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었으며, 이러한 결과로 고온에서 반복적인 식용유지의 사용은 산화 안정에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

과산화물가 측정

식용유지 종류에 따라서 튀김 횟수별로 채취한 감자튀김에서 추출한 기름을 시료로 과산화물가를 측정하는 결과는 Fig. 2와 같다. 즉, 세 종류의 식용유지(SO, CO, FO)를 이용하여 감자를 5회 반복하여 튀긴 후 추출한 기름에서부터 모두 과산화물가가 지속적으로 증가하였으나, 큰 유의차는 나타나지 않았다. 우선, SO인 경우 5, 10회 및 15회까지 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 과산화물가가 증가하는 경향을 나타내었으나, 그 증가 폭은 각각 1.8, 1.9 meq/kg 및 2.1 meq/kg로 크지 않았다. 그러나 20회 반복하여 튀긴 감자

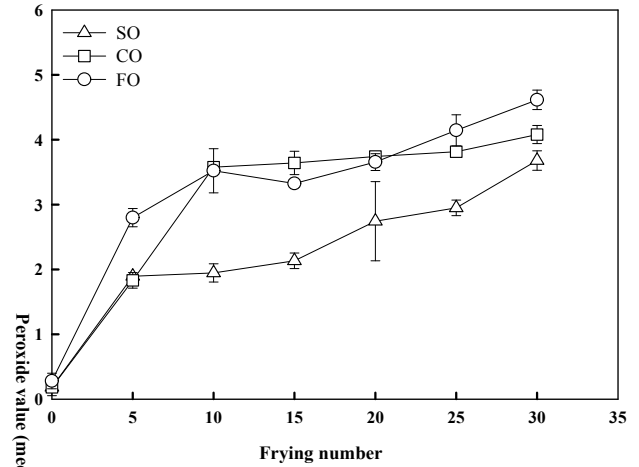


Fig 2. Changes of the peroxide values of the extracted oils from French fried potatoes. SO: sunflower oil, CO: canola oil, FO: frying oil.

에서 추출한 기름의 경우 과산화물가가 2.7 meq/kg로 초기보다 증가하였으며, 그 이후 계속 반복하여 감자를 30회 튀긴 후 추출한 기름의 과산화물가의 경우 3.7 meq/kg이었다. 반면, CO 및 FO인 식용유지를 이용하여 10회 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 과산화물가가 각각 3.7 meq/kg과 3.8 meq/kg의 결과를 나타내면서 SO를 이용한 경우보다 과산화물이 빠르게 형성됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는 CO 및 FO가 가열에 대하여 빠르게 반응하여 유도기간이 단축된다는 Sims(14)의 보고와 유사하였다. 또한, 그 이후 계속 반복하여 감자를 튀긴 후 추출한 기름의 과산화물가를 측정하는 결과 점점 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 튀김 횟수가 증가함에 따라서 감자튀김의 과산화물가가 급격하지는 않지만 지속적으로 증가한다는 Son 등(2)의 보고와 일치하는 결과였다. 또한, 최종 튀김 횟수인 30회를 반복하여 감자를 튀긴 후 추출한 기름의 과산화물가를 측정하는 결과 각각 4.1 meq/kg 및 4.6 meq/kg으로 SO 식용유지를 이용하여 감자를 튀긴 경우보다 과산화물가가 높게 나타났다. 이와 같은 결과 튀김처럼 고온을 이용하여 조리하는 과정에 이용되는 세 종류 식용유지(SO, CO, FO)의 경우 SO가 가장 안정함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 물론 위에서 언급한 것과 같이 SO, CO 및 FO 세 종류 식용유지에 대한 과산화물가 측정 결과 모두 식품공전상 튀김 식품 규격인 60 meq/kg 이하에 크게 미치지 않는 결과를 나타내었다. 또한, Fig. 2에서 나타난 것처럼 반복하여 튀김조리를 한 경우 실험적인 결과로 소비자들이 튀김 식품을 구입할 경우 과산화물 증가에 따른 이상 제품을 구별하기는 쉽지 않을 것이다. 그러나 일반적으로 산가 및 과산화물가가 증가하게 되면 냄새, 색깔 등의 외관상 변화를 알 수 있으므로 튀김 조리 식품에 대한 구입 경우 주의를 기울일 필요가 있다(11,15).

지방산 측정

식용유지 종류에 따라서 튀김 횟수별로 채취한 감자튀김

에서 추출한 기름을 시료로 지방산 조성 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 실험에 사용한 세 종류의 식용유지(SO, CO, FO)를 이루고 있는 주요 지방산 조성은 stearic acid, oleic acid, linoleic acid 및 linolenic acid이다. 그중에서도 oleic acid와 linoleic acid가 많이 함유되어 있었으며, 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름의 경우 이 두 가지 종류의 지방산 조성의 변화가 가장 크게 나타났으나 시료간의 큰 유의차는 나타나지 않았다. 우선 SO의 경우 oleic acid는 튀김 초기 42.5%에서 30회 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름인 경우 31.7%로 감소한 반면 linoleic acid는 50.3%에서 5회째 최대 56.2%로 증가하였으며, FO의 경우도 oleic acid는 36.0%에서 26.4%로 감소하였으며, linoleic acid는 53.8%에서 57.2%로 증가하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 불포화지방산인 경우 가열에 대하여 불안정하기 때문에 지방산 조성에 대한 변화를 나타내며, 과산화물 생성에 따른 산화에 의해서도 지방산 조성의 변화가 나타날 수 있다(20-25). 이러한 결과는 Song과 Jang(13)이 보고한 것과 같이 식용유지 식품을 반복적으로 고온에서 가열할 경우 지방산 조성 변화에 영향을 미친다는 결과와 일치하였다. 또한, SO와 FO 식용유지를 이용하여 감자를 반복하여 튀긴 후 추출한 기름의 경우 튀김 횟수가 증가할수록 oleic acid (C18:1) 함량은 감소하고 linoleic acid(C18:2)의 함량이 증가하면서 지방산 조성 변화에 영향을 미침을 알 수 있었으며, FO의 경우 그 변화가 SO에 비하여 더 크게 나타났다. 반면 반복하여 튀긴 감자에서 추출한 기름인 경우 CO는 oleic

acid 함량이 38.7%에서 45.0%로 증가하고 linoleic acid는 58.6%에서 38.0%로 감소하는 경향을 나타내었다. 즉, SO 및 CO에 비하여 FO의 경우 oleic acid, linoleic acid 및 linolenic acid와 같은 지방산 변화가 나타나면서 산화 안정성에도 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, FO를 이용하여 감자를 반복해서 튀긴 후 추출한 기름의 경우 튀김 횟수가 증가할수록 oleic acid의 함량이 약 10% 정도 감소되고 linoleic acid 함량은 5% 이상 증가하면서 특히, 이중결합이 존재하는 지방산 조성에 대한 변화에 영향을 미침을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Fasina 등(26)의 보고에서처럼 식용유지를 이용하여 고온에서 반복하여 조리하는 경우 가열 산화가 진행됨에 따라서 불포화지방산은 우선적으로 영향을 받아서 불포화지방산이 중합하거나 이중결합이 작은 분자로 분열됨에 따라서 지방산 조성 변화를 나타내므로 산화 안정성을 나타내는 산가 및 과산화물가 변화에도 영향을 미치는 요소가 될 수 있으며, 또한 Son 등(2)의 연구에서도 나타난 바와 같이 대두유를 이용하여 감자를 반복하여 튀긴 경우 지방산 조성이 초기보다 포화지방산 함량은 2~3% 정도 감소하는 반면 불포화지방산 조성은 3% 이상 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 튀김 조리 시 지방산 조성 변화는 튀김 조리 시 사용하는 식용유지의 산화 안정성에 영향을 미칠 수 있다는 결과를 알 수 있었으며, 이러한 결과는 산가와 과산화물가 등 기름의 산화 정도를 측정된 결과와 관계를 갖고 있음을 알 수 있었다(27-29).

Table 3. Changes of the major fatty acid composition of the extracted oils from French fried potatoes

Sample ¹⁾	Frying number	Fatty acids (%)			
		Stearic acid (18:0)	Oleic acid (18:1)	Linoleic acid (18:2)	Linolenic acid (18:3)
SO	0	4.850±0.052 ^{Me2)}	42.500±0.101 ^{Bb}	50.293±0.050 ^{Ja}	2.720±0.011 ^{Md}
	5	6.390±0.031 ^{Jc}	36.233±0.380 ^{Db}	56.156±0.041 ^{CDa}	2.486±0.010 ^{NOd}
	10	6.396±0.031 ^{Jc}	35.466±0.042 ^{Db}	55.750±0.031 ^{DEa}	2.496±0.021 Nd
	15	8.763±0.031 ^{Fc}	36.786±0.191 ^{Db}	52.350±0.050 ^{Ha}	2.313±0.031 ^{PQd}
	20	8.470±0.050 ^{Gc}	36.193±0.030 ^{Db}	52.956±0.021 ^{GHa}	2.440±0.010 ^{Od}
	25	8.383±0.030 ^{Gc}	35.026±0.150 ^{Db}	54.446±0.121 ^{EFa}	2.350±0.020 ^{Pd}
	30	11.153±0.061 ^{Ac}	31.746±0.032 ^{Eb}	54.826±0.282 ^{EFa}	2.290±0.070 ^{Qd}
CO	0	2.546±0.090 ^{Pd}	38.686±0.140 ^{Cb}	58.570±0.031 ^{Aa}	18.903±0.020 ^{Ac}
	5	2.576±0.020 ^{Pd}	39.186±0.042 ^{Cb}	47.303±0.051 ^{Ja}	10.986±0.031 ^{Dc}
	10	3.763±0.041 ^{Od}	40.550±0.031 ^{BCb}	46.096±0.060 ^{Ja}	9.600±0.021 ^{Gc}
	15	4.023±0.040 Nd	40.526±0.021 ^{BCb}	44.743±0.030 ^{Ka}	10.753±0.021 ^{Ec}
	20	5.283±0.031 ^{Kc}	41.547±0.110 ^{Ba}	41.367±0.040 ^{La}	10.537±0.012 ^{Fb}
	25	5.000±0.021 ^{Ld}	42.500±0.020 ^{Ba}	40.766±0.050 ^{Lb}	11.733±0.052 ^{Cc}
	30	5.226±0.031 ^{Kd}	44.953±0.030 ^{Aa}	37.986±0.030 ^{Mb}	12.646±0.041 ^{Bc}
FO	0	6.917±0.031 ^{Ic}	36.017±0.071 ^{Db}	53.800±3.491 ^{FGa}	5.377±0.020 ^{Jc}
	5	7.300±0.051 ^{Hc}	35.296±0.021 ^{Db}	52.093±0.021 ^{Ha}	5.386±0.030 ^{Jd}
	10	8.810±0.030 ^{Fc}	31.876±0.113 ^{Eb}	54.726±0.112 ^{EFa}	4.750±0.021 ^{Ld}
	15	9.430±0.070 ^{Dc}	31.406±0.040 ^{Eb}	53.993±0.090 ^{FGa}	5.250±0.051 ^{Kd}
	20	9.563±0.030 ^{Cc}	27.746±0.031 ^{Fb}	56.596±0.020 ^{BCDa}	6.206±0.042 ^{Hd}
	25	9.270±0.030 ^{Ec}	27.370±0.041 ^{Fb}	57.570±0.040 ^{ABa}	5.790±0.040 ^{Id}
	30	10.266±0.251 ^{Bc}	26.456±0.043 ^{Fb}	57.196±0.060 ^{BCa}	6.176±0.050 ^{Hd}

¹⁾SO: sunflower oil. CO: canola oil. FO: frying oil.

²⁾Means±standard deviation (n=3). Superscript letters in a column (A-Q) and a row (a-d) indicate significance at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.

Table 4. Benzo(a)pyrene contents of the extracted oils from French fried potatoes

Frying number	Benzo(a)pyrene ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
	SO ¹⁾	CO ²⁾	FO ³⁾
0	0.017 \pm 0.002 ^{Ea4)}	0.018 \pm 0.006 ^{Ba}	0.018 \pm 0.005 ^{Da}
5	0.018 \pm 0.002 ^{CDa}	0.018 \pm 0.005 ^{Ba}	0.018 \pm 0.008 ^{Da}
10	0.018 \pm 0.008 ^{CDb}	0.018 \pm 0.010 ^{Bab}	0.020 \pm 0.005 ^{Ca}
15	0.019 \pm 0.009 ^{Ba}	0.018 \pm 0.003 ^{Bb}	0.020 \pm 0.008 ^{Ca}
20	0.018 \pm 0.005 ^{DEb}	0.019 \pm 0.007 ^{Bab}	0.021 \pm 0.009 ^{BCa}
25	0.021 \pm 0.002 ^{Ab}	0.019 \pm 0.002 ^{Bc}	0.022 \pm 0.007 ^{ABa}
30	0.019 \pm 0.010 ^{BCc}	0.021 \pm 0.005 ^{Ab}	0.023 \pm 0.005 ^{Aa}

¹⁾SO: sunflower oil. ²⁾CO: canola oil. ³⁾FO: frying oil.

⁴⁾Means \pm standard deviation (n=3). Superscript letters in a column (A-E) and a row (a-c) indicate significance at $p<0.05$ by Duncan's multiple comparison.

벤조피렌 측정

식용유지 종류에 따라서 튀김 횟수별로 채취한 감자튀김에서 추출한 기름을 시료로 벤조피렌 생성 유무에 대하여 살펴본 결과 Table 4와 같다. 즉, SO, CO 및 FO에서 튀김 초기와 반복 횟수에 따른 벤조피렌 생성에 대한 큰 변화는 나타나지 않았다. 튀김 반복 횟수가 증가할수록 튀김감자에서 추출한 기름의 벤조피렌 함량이 0.018 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에서 0.023 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 변화하였으나 아주 낮은 수준을 나타내었으며, 또한 SO 및 FO인 경우 벤조피렌 생성에 대한 속도가 유사하였다. CO인 경우 튀김 횟수가 증가할수록 벤조피렌 생성 속도가 SO 및 FO에 비하여 빠르게 증가하는 경향을 나타내었지만 그 수준이 현저히 낮기 때문에 벤조피렌 생성에 대한 문제는 나타나지 않았다. 그러나 튀김 조리가 반복될수록 조금이라도 그 함량이 변화하였으므로 지속적으로 반복하여 튀김 조리 시 이용할 경우 주의해야 할 것으로 판단되었다. 또한, 튀김과 같이 고온에서 지속적으로 식품을 조리할 경우 튀김 조리 시 부수적으로 생성되는 튀김 재료에 대한 영향을 받아서 화학적 변화가 나타나고 그로 인하여 산화 안정성을 감소시킬 수 있으며, 벤조피렌과 같은 발암 물질을 생성시킬 수 있으므로 고온 가열 조리 시 고려해야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 감자튀김 횟수에 따른 각종 식용유지의 화학적 특성 변화를 측정하였다. 식용유지로서는 sunflower oil(SO), canola oil(CO) 및 frying oil(FO)을 사용하였으며, 튀긴 감자에서 추출한 기름의 지방산 조성 변화와 산화 안정성에 대하여 실험하였다. 튀긴 감자에서 추출한 기름의 산화 정도는 산가와 과산화물가를 측정하였다. CO 및 FO를 사용하여 튀긴 감자에서 추출한 기름에 대한 산가는 튀김 횟수가 30회의 경우 초기보다 각각 0.20, 0.17 증가한 결과를 나타내었다. SO의 산가는 CO와 FO에 비하여 그 값이 낮게 나타났다. 과산화물가 측정 결과는 일률적으로 증가하지는 않았다. 지방산 조성 변화에 대하여 측정된 결과 SO 및 FO를 사용하

여 감자를 튀긴 경우 튀김 반복횟수가 증가할수록 oleic acid 함량은 감소하고 linoleic acid 함량은 증가하였다. 벤조피렌 생성 유무 측정 결과는 SO, CO 및 FO에서 튀김 초기와 반복 횟수에 따라서 큰 변화는 나타나지 않았다. 이러한 결과 튀김에 사용한 식용유지 종류 및 튀김 반복 횟수에 따라서 지방산 조성에 변화가 나타나며 그로 인하여 유지의 산화 안정성에 영향을 미침을 알 수 있었다.

문 헌

- Hyun YH. 2002. The study on the thermal oxidation of mixed rapeseed oil with coconut and palm oil. *Korean J Food & Nutr* 15: 342-349.
- Son JY, Chung MS, Ahn MS. 1998. The changes of physico-chemical properties of the frying oils during potato and chicken frying. *Korean J Soc Food Sci* 14: 177-181.
- Beak NJ, Kim SH, Han KL, Lee KH. 1997. The inhibitory effect of oils residue in dome eatable seeds on the rancidity of lard. *J Sci Edu* 22: 7-15.
- Kim YE, Kim IH, Lee YC, Jung SY, Jo JS. 1996. Changes in oxidative stability of the extracted from perilla seed roasted at different roasting conditions. *Agric Chem Biotechnol* 39: 374-378.
- Thomas HJ, Beveridge BG, Thoumas K, John GD. 2005. Yield and composition of grape seed oils extracted by supercritical carbon dioxide and petroleum ether: varietal effects. *J Agric Food Chem* 53: 1799-1804.
- Kim KH, Choe EO. 2008. Effects of phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine from egg yolk on thermal oxidation of canola oil. *Korean J Food Sci Technol* 40: 611-620.
- Kim DS, Lee KB. 2009. Changes in benzo(a)pyrene content during processing of corn oil. *Korean J Food Preserv* 16: 75-81.
- Hwang JH, Yoon HS. 1981. Change in the lipid components of edible oil sunflower seed oil under storage conditions. *J Korean Soc Food Nutr* 10: 17-25.
- Lee YC, Oh SW, Chang JH, Kim IH. 2004. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. *Food Chem* 84: 1-6.
- Park GY, Jung BK, Kim AK, Park KA, Cho SJ, Kwak JE, Chang MS, Bae CH, Chough NJ. 2004. Evaluation of the safety of fried-food in fast food store. *J Food Hyg Safety* 19: 55-59.
- Jouss F, Agterof W, Jongen T, Koolschijn M, Visser A, Vreeker R. 2002. Flavor release from cooking oil during heating. *J Food Sci* 67: 2987-2996.
- Jose B, Antonio M, Velasco J, Carmen DM. 2002. Ultrasonic assessment of oil quality during frying. *J Agric Food Chem* 50: 4531-4236.
- Song YS, Jang MS. 2002. Physicochemical properties of used frying oil in foodservice establishments. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 340-348.
- Sims RPH. 1962. Oxidative polymerization. In *Autoxidation and Autoxidants*. Lundberg WO, ed. Interscience, New York, USA. Vol II, p 632.
- Sulaeman A, Keeler L, Giraud DW, Taylor SL, Wheling RL, Driskell JA. 2001. Carotenoid content and physicochemical and sensory characteristics of carrot chips deep-fried in different oils at several temperatures. *J Food Sci* 66: 1257-1264.
- AOCS. 1990. *AOCS Official and Tentative Methods*. 10th

- AOCS Official Method Cd 3a-63. Am Oil Chem Soc, Chicago, USA.
17. AOCS. 1990. *AOCS Official and Tentative Methods*. 10th AOCS Official Method Cd 8-53. Am Oil Chem Soc, Chicago, USA.
 18. Parcerisa J, Richardson DG, Refecas M, Codony R, Boatella J. 1988. Fatty acid, tocopherol and sterol content of some hazelnut varieties (*Corylus acellana* L.) harvested in Oregon (USA). *J Chromatogr A* 805: 259-268.
 19. SAS Institute. 1988. SAS/STAT User Guide, release 6.30 edition. Washington, D.C, USA.
 20. Ricard B, Rafael C, Maria DB, Francesc G. 2005. Effect of heated sunflower oil and dietary supplements on the composition, oxidative stability, and sensory quality of dark chicken meat. *J Agric Food Chem* 53: 7792-7801.
 21. Coni E, Podesta E, Catone T. 2004. Oxidizability of different vegetables oils evaluated by thermogravimetric analysis. *Thermochimica Acta* 418: 11-15.
 22. Mok CK, Hettiarachchy NS. 1991. Heats of moisture adsorption for sunflower nutmeat products. *Korean J Food Sci Technol* 23: 656-660.
 23. Barutcu L, Sahin S, Sumnu G. 2009. Acrylamide formation in different batter formulations during microwave frying. *LWT-Food Sci Technol* 42: 17-22.
 24. Romero A, Bastida S, Sánchez-Muniz FJ. 2006. Cyclic fatty acid monomer formation in domestic frying of drozen foods in sunflower oil and high oleic acid sunflower oil without oil replenishment. *Food Chem Toxicol* 44: 1674-1681.
 25. Randel G, Balzer M, Grupe S, Drusch S, Kaina B, Platt KL, Schwarz K. 2007. Degradation of heterocyclic aromatic amines in oil under storage and frying conditions and reduction of their mutagenic potential. *Food Chem Toxicol* 45: 2245-2253.
 26. Fasina OO, Craig-Schmidt M, Colley Z, Hallman H. 2008. Predicting melting characteristics of vegetable oils from fatty acid composition. *LWT-Food Sci Technol* 41: 1501-1505.
 27. Kim HY, Choe EO. 2008. Effects of egg yolk powder addition to the flour dough on the lipid oxidation development during frying. *LWT-Food Sci Technol* 41: 845-853.
 28. Lin JS, Chuang KT, Huang MS, Wei KM. 2007. Emission of ethylene oxide during frying of foods in soybean oil. *Food Chem Toxicol* 45: 568-574.
 29. Maiké TH, Xuebing SN, Charlotte J. 2003. Oxidative stability of structured lipids produced from sunflower oil and caprylic acid. *Eur J Lipid Sci Technol* 105: 436-448.

(2010년 3월 19일 접수; 2010년 6월 24일 채택)