

## 다량조리 튀김식품 종류에 따른 대두유의 가열산화

최 은 수<sup>1</sup> · 길 복 임<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>명지대학교 기계공학과, <sup>2</sup>안양대학교 식품영양학과

### Effects of Thermooxidation of Soybean Oil in Association with Fried Foods on Quantity Food Production

Eunsoo Choi<sup>1</sup> and Bogim Gil<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Mechanical Engineering, Myong-ji University, Yongin 449-728, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food and Nutrition, Anyang University, Anyang 430-714, Korea

#### Abstract

Soybean oil used to fry French fries, chicken nuggets, and donuts was exposed to high temperature at 180°C for 72 h. The effects of frying foods on the thermooxidative stability of soybean oil were evaluated by determining the contents of free fatty acids, peroxides, total polar compounds, and conjugated dienoic acids, and by analyzing dielectric constant, refractive index, iodine value, smoke point, and fatty acid composition. The contents of free fatty acids, total polar compounds, conjugated dienoic acids, dielectric constant, and refractive index increased, whereas iodine value, smoke point, and U/S ratio of fatty acids composition decreased with frying time. All samples of frying oils after 72 h presented free fatty acid contents of below 2.0% and total polar compounds of below 25%, which were within the legal limits. However, peroxide values of frying oils were not directly correlated with frying time. The type of fried food affected the thermooxidative stability of the frying oils, with chicken nuggets being more stable in thermooxidation than French fries and donut. Among physiochemical indicators of frying oil quality, a rapid method including dielectric constant and refractive index can be used in quantity food production.

**Key words :** Frying, soybean oil, thermooxidative stability, U/S ratio.

#### 서 론

튀김은 다양한 음식을 준비할 수 있는 보편적인 요리법으로 현대인이 튀김식품을 선호하는 이유는 튀김 공정 중 탈수에 의해 생성된 표면 조직의 바삭바삭한 텍스처, 흡수된 지방의 부드러운 맛과 독특한 향, 그리고 패스트푸드의 급속한 발전에 기인한다(Smith *et al* 1985). 많은 양의 식용유지가 튀김용으로 사용되는데, 식용유지 중 식품에 흡수되는 유지를 제외하고는 폐유로 버려진다(Hunter & Applewhite 1993). 튀김유를 계속해서 사용할 수 없는 이유는, 튀김이 예외적으로 튀김유와 식품의 종류에 따라 영향을 받는 많은 요인들에 의해 좌우는 복잡한 메커니즘으로 진행되기 때문이다. 튀김과정 중 식용유가 고온에 계속 노출됨으로써 가수분해나 중합, 산화와 같은 여러 가지 화학반응이 일어나고, 이 때 생성된 산화생성물이나 중합체들이 튀김유의 변질을 더욱 가속시키고, 튀김유의 사용기한을 단축시킨다(Al-Kahtani HA 1991, Paul

& Mittal 1997). 이런 화학적 반응은 식용유지의 종류나 품질, 식품과 식용유지의 비, 조리되는 식품의 특성 등에 의해 영향을 받는다(Saguy & Dana 2003). 우리가 섭취하는 튀김식품은 튀김유를 흡수함으로써 직접적인 튀김유의 품질 저하 영향을 받는다(Blumenthal MM 1991). 흡수된 유지 분해산물은 튀김음식의 질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사람들의 건강에 해로운 영향을 줄 수 있다(Rade *et al* 1997). 따라서 튀김유의 품질 상태를 나타내고, 튀김유의 폐기 시점을 알려줄 수 있는 어떤 지표가 필요하다.

튀김유를 사용함에 따라 비극성의 triglycerides가 분해되어 그 함량이 감소하고 대신 극성 물질들의 함량이 증가하는데, 이는 직접적으로 유전함수의 증가를 가져온다(White PJ 1991). 튀김유는 가수분해되어 유리지방산과 monoglycerides, diglycerides을 생성하고, 동시에 산화되어 hydroperoxides, conjugated dienoic acids, epoxides, hydroxides, aldehydes 및 ketones 등을 생성한다. 이 물질들이 증가하면 튀김유의 유리지방산과 과산화물가를 높이고 triglycerides 이외의 물질의 총합인 total polar materials 함량도 증가한다(White PJ 1991). 또

\* Corresponding author : Bogim Gil, Tel : +82-31-467-0919, Fax : +82-31-463-1371, E-mail : gilbg@anyang.ac.kr

한 튀김유의 색도를 나타내는 L, a, b 값이나 공액이중산가를 나타내는 UV absorption spectrum 값도 튀김유 사용시간이 증가함에 따라 현저하게 증가한다(Tan *et al* 1985). 그러나 아직까지는 튀김유의 품질 및 폐기 시점을 빠르고 정확하게 나타낼 단일 방법이 없기 때문에 여러 가지 물리화학적 방법들을 조합하여 사용하고 있다(Paul & Mittal 1997).

지금까지는 튀김에 대한 연구는 몇 개의 변수들을 분리시켜 만든 모델 시스템을 사용하였다. 따라서 튀김의 물리화학적 메커니즘을 잘 이해하고 그 공정을 최적화 한다면 식용유지의 사용수명을 연장함으로써 경제적인 이익을 도모할 뿐만 아니라, 좀 더 좋은 품질의 튀김식품을 얻을 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 다량 조리에서 많이 이용되는 냉동 프렌치 프라이, 냉동 치킨너겟, 냉동 도넛을 이용하여 튀김식품의 종류에 따른 대두유의 가열 산화 변화를 여러 이화학적 품질지표들을 측정함으로써 살펴보고자 한다. 또한 가열 시간에 따른 튀김유의 품질을 가장 잘 나타낼 수 있는 품질지표를 도출하여 다량조리 튀김 공정 관리에 이용될 수 있었으면 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

대두유와 냉동 프렌치프라이, 냉동 치킨너겟, 냉동 도넛은 지역 슈퍼마켓에서 구입하여 사용하였다. 실험에 사용한 14% BF<sub>3</sub>-메탄올, 지방산 표준물질은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)의 제품이었으며, 그 외의 모든 시약은 일급시약이었다.

### 2. 튀김 실험

온도 조절기가 부착된 튀김기(Princess royal deep fryer, Korea)에 대두유 3 L를 넣고 180°C에서 30분 간격으로 시료 300 g씩을 3분간 튀겼으며, 모든 튀김은 2회 반복하였다. 시료로 냉동 프렌치프라이, 냉동 치킨너겟, 냉동 도넛을 실온에서 해동하여 사용하였고, 튀김은 하루 8시간씩 9일간 총 72시간 동안 진행하였다. 튀김유는 8시간마다 채취하여 갈색 병에 담고 질소 충전 후 -70°C에 보관하면서 분석에 이용하였다. 튀김과정 중 감소하는 튀김유는 보충하지 않았다.

### 3. 튀김유의 가열산화 변화 측정

튀김유의 유리지방산가는 AOCS(AOCS 1990) Cd 3a-63 방법으로, 과산화물가는 AOCS Cd 8-53 방법으로, 요오드가는 AOCS법 Cd 1-25 방법으로, 공액이중산가는 AOCS Ti 1a-64 방법으로, 발연점은 AOCS Cc 99-48 방법으로, 굴절률은 AOCS Cc 7-25 방법에 준하여 Automatic refractometer(GPR 06-89, Index instrument Ltd., England)로 26°C에서 측정하였다. 총 극성 화합물 함량은 AOCS 982.27법을 변형하여 Sep-Pak

Silica Cartridge를 이용하여 분석하였다. 유지 2.0±0.05 g을 헥산과 에테르를 9:1(v/v)로 혼합한 용액에 완전히 녹인 후 그 중 2 mL를 취하여 미리 50 mL의 혼합용매로 washing한 cartridge에 주입하고, 위의 혼합용매 200 mL를 흘려주면서 비극성 화합물을 용출하였고 메탄올 100 mL를 흘려주면서 극성 화합물을 용출하였다. 용출된 비극성 화합물과 극성 화합물은 회전진공증발기를 사용하여 40°C에서 용매를 증발시킨 후 그 함량을 측정하였다. 유전항수는 Foodoil Sensor(model NI-20, Northern Technologies Intl. Corp., Lino Lakes, MN)를 사용하여 test oil 0.0을 기준으로 하여 측정하였다. 튀김유의 지방산 조성은 튀김유를 에스테르화한 후 AOCS Ce-a-62 방법에 따라 가스크로마토그래피법으로 분석하였다.

## 4. 통계처리

실험 결과는 통계처리용 소프트웨어인 SAS 9.1을 사용하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 분석하였고 유의수준은 5%이었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 튀김유의 가열산화 생성물 함량

시료를 180°C 대두유에서 튀길 때 가열 시간에 따른 유리지방산가 변화는 Fig. 1과 같다. 유리지방산은 효소적 가수분해에 의해 생성되나, 고온에서는 비효소적 반응으로도 생성되고(Swern D 1982), 유지 시료 1 g 중에 함유된 유리지방산을 중화시키는데 필요한 KOH의 miligram으로 측정된다. 튀김동안 유지가 변질될수록 유리지방산가도 증가하는데(Naz

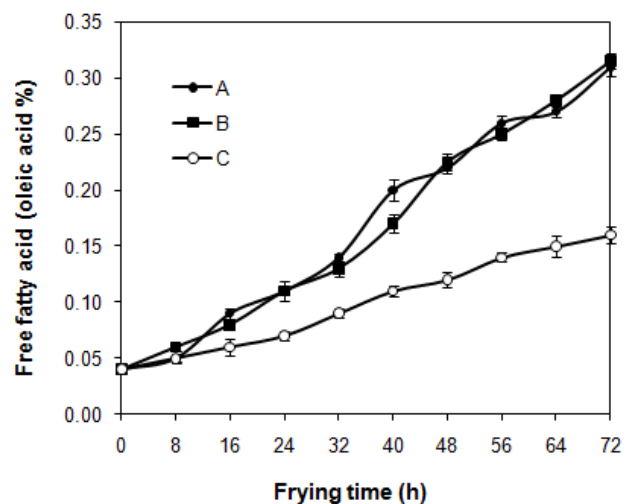


Fig. 1. Changes of free fatty acid of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

et al 2005), 이 값은 나라마다 한계치를 정해 관리하고 있다. 호주와 벨기에, 일본은 2.5% 이하, 네덜란드는 4.5% 이하로 규정하고 있으나, 미국은 1% 이하로 규정하고 있다(Paul & Mittal 1997, Firestone et al 1991). 이번 실험에서 가열 전 대두유의 유리지방산가는 0.04%이었으나, 대두유를 72 h 가열하는 동안 지속적으로 증가하였으며, 프렌치프라이와 치킨너겟 튀김유의 유리지방산가는 각각 0.31%, 0.32%로 도넛 튀김유의 0.16%보다 유의적으로 더 많이 증가하였다.

가열된 대두유의 과산화물가가 변화는 Fig. 2와 같다. 가열 전 대두유의 과산화물가는 7.2 meq/kg이었으나, 가열이 진행되는 동안 최대 23.2 meq/kg, 최소 10.9 meq/kg로 증가와 감소를 반복하였다. 이는 가열 초기에 hydroperoxide가 생성되었다가 가열이 진행됨에 따라 분해되고, 새로운 hydroperoxide가 생성되어지는 결과로 사료된다. 치킨너겟 튀김유의 과산화물가는 가열 시간 32 h까지 약간 증가하다 감소하였으나, 가열이 진행됨에 따라 프렌치프라이나 도넛 튀김유의 과산화물가와 비슷한 값을 보였다. 과산화물가는 신선한 식용유의 산화 상태를 측정할 수 있는 지표로 사용되나 가열산화반응에서는 생성과 분해를 반복하기 때문에, 유지의 산화를 직접적으로 나타내 주지는 않는다(Casal et al 2010).

대두유의 총극성화합물 함량은 Fig. 3과 같이 가열 전 2.12%이었으나, 가열 시간 동안 유의적으로 증가하여 72 h 가열 후 프렌치프라이, 치킨너겟 및 도넛 튀김유에서 각각 17.58%, 13.45%, 16.69% 함량을 보였다. 치킨너겟 튀김유의 총극성화합물 함량이 다른 두 종류의 튀김유보다 유의적으로 더 작은 값을 나타냈는데, 이는 '3. 튀김유의 지방산 조성 변화'에서 다시 언급될 것이다. 극성화합물은 가열에 의한 중합반응으로 생성된 중합체와 단량체의 산화물, 가수분해에 의해 생성

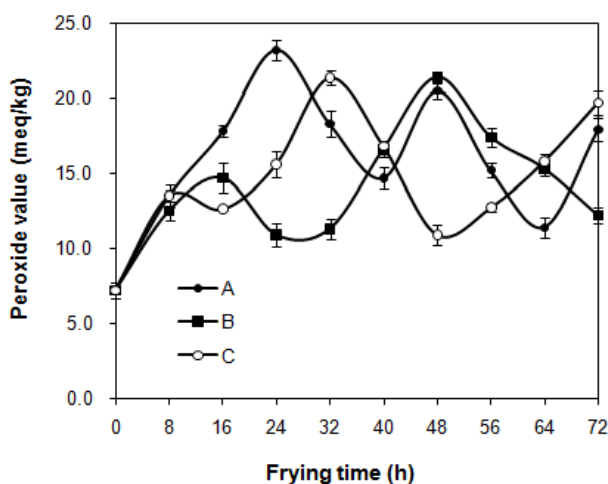


Fig. 2. Changes of peroxide value of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

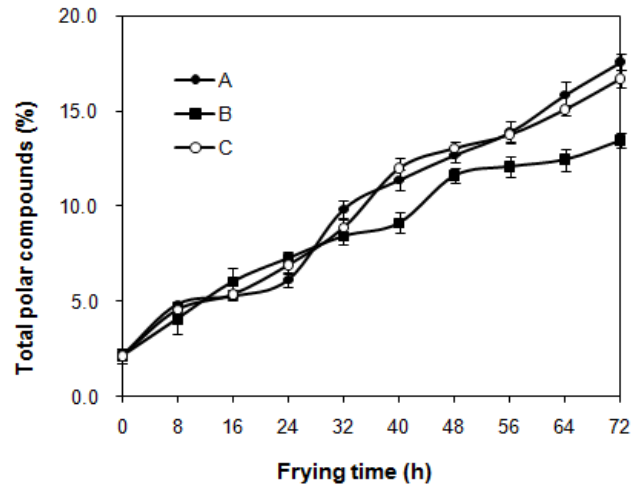


Fig. 3. Changes of total polar compound of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

된 모노글리세라이드나 다이글리세라이드, 유리지방산 등으로 구성되어 있다(Farhoosh & Tavassoli-Kafrani 2011). 총극성화합물 함량은 튀김유의 품질을 나타내는 가장 신뢰할만한 방법 중의 하나로 간주되어(Casal et al 2010) 프랑스, 벨기에, 이탈리아 등 많은 나라에서는 총극성화합물 함량 25%를 튀김유 폐기점으로 정해 관리하고 있다(Firestone D 1993). 이번 실험에서는 가열 72 h 후에도 총극성화합물의 함량이 최대 18%까지 증가하였는데, 이는 튀김유의 폐기점보다 낮은 상태로 30분마다 식품을 튀겨내는 방법으로는 72 h을 고온에 노출하여도 튀김유의 품질이 어느 정도 유지되고 있음을 말해준다.

불포화 지방산들의 산화를 나타내는 공액이중산가의 변화는 Fig. 4와 같다. 대두유를 180°C에서 48시간동안 가열하는 동안 공액이중산가는 계속적으로 증가하였으며, 48시간 이후의 가열 시간 동안에는 증가폭이 다소 감소하였다. 가열산화에 따른 공액이중산가의 이러한 변화는 해바라기유와도 동일했다(Farhoosh & Tavassoli-Kafrani 2011). 가열 24 h까지 튀김유 종류에 따른 공액이중산가의 유의적인 차이는 없었으나, 그 이후부터 프렌치프라이, 도넛, 치킨너겟 튀김유 순으로 유의적으로 증가하였다.

## 2. 튀김유의 특성 변화

대두유를 180°C에서 72 h 가열하면서 튀김을 반복하는 동안의 유전항수 변화는 Fig. 5와 같다. 가열 전 대두유의 유전항수는 2.15이었으나, 가열 시간에 비례하여 증가하여 72 h 후에는 3.76~4.11의 값을 보였다. 튀김유 종류별로 보면 극성화합물이나 공액이중산가 함량 변화와 유사하게 치킨너겟 튀김유의 유전항수가 다른 두 종류의 튀김유보다 유의적으

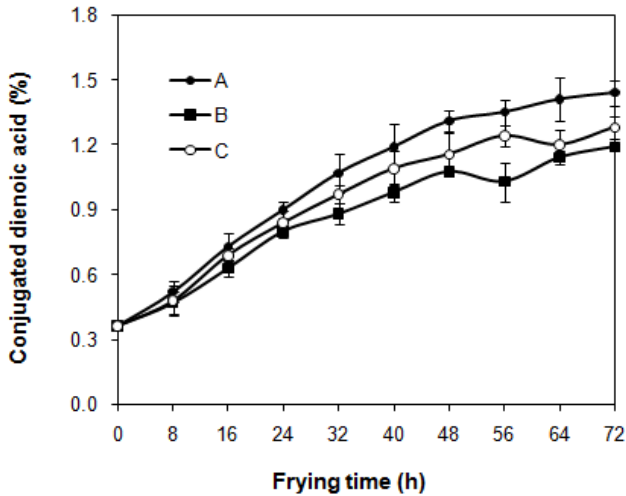


Fig. 4. Changes of conjugated dienoic acid of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

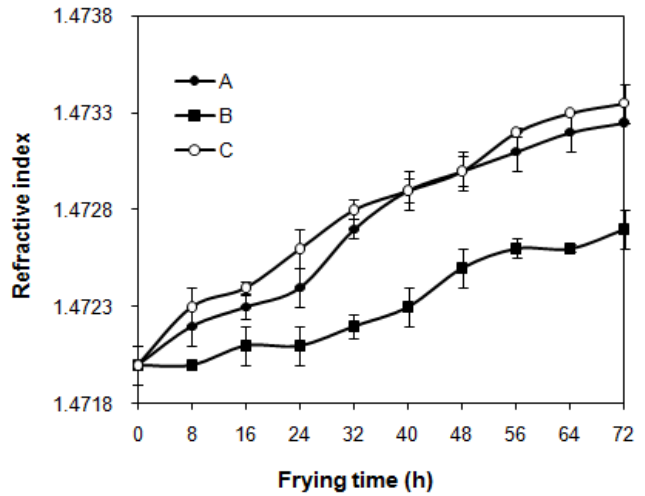


Fig. 6. Changes of refractive index of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

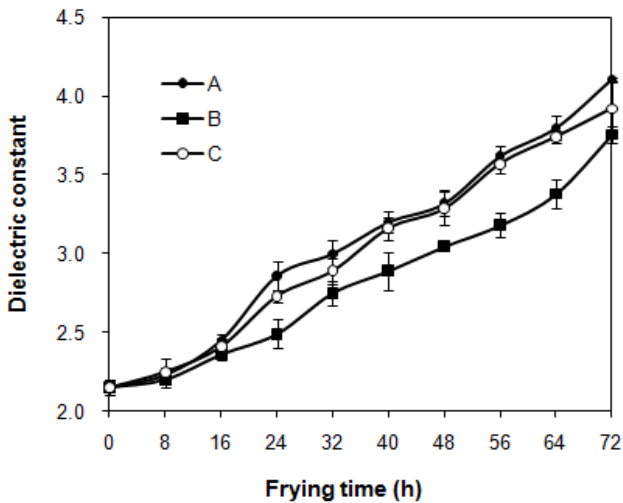


Fig. 5. Changes of dielectric constant of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

로 더 작은 값을 나타냈는데, 이는 유전항수의 증가는 총극성화합물의 증가에 기인한다는 보고(Fritsch *et al* 1979, Graziano VJ 1979)와 일치한다.

튀김유의 굴절률 변화는 Fig. 6과 같이 가열 시간에 비례하여 증가하였는데, 가열 전 신선한 대두유의 굴절률은 1.4720 이었으나 가열 72 h 후에는 도넛 튀김유의 경우 가장 많이 증가하여 1.4734 값을 보였다. 또한 치킨너겟 튀김유의 경우, 다른 두 튀김유에 비해 굴절률 증가 속도가 매우 낮았는데, 이는 극성화합물, 과산화물, 공액이중산가 함량 변화나 유전항수 결과와도 일치한다. Abe *et al*(2010)은 튀김 과정 동안 굴절률의 증가는 3단계로 구분되어진다고 하였다. 초기 과산화

물 생성이 낮을 때는 굴절률의 증가도 뚜렷하지 않지만, 비교적 많은 양의 과산화물이 생성되는 두 번째 단계에서는 굴절률이 빠른 속도로 증가하다 세 번째 단계에서는 다시 느리게 증가한다고 하였다. 본 논문의 실험 결과도 가열 16 h까지는 굴절률이 서서히 증가하고, 56 h까지는 빠른 속도로 증가하다 그 이후에는 다시 증가 속도가 느려지는 것이 관찰되었다.

튀김유의 요오드가는 Fig. 7에서와 같이 가열 전 170.7에서 가열이 진행될수록 감소하여 72 h 후에는 프렌치프라이 튀김유의 경우 153.3까지 감소하였다. 유지의 요오드가는 불포화도를 표시하는 척도로 불포화지방산을 많이 함유할수록 요오드가가 높다(Naz *et al* 2005). 따라서 튀김유의 요오드가

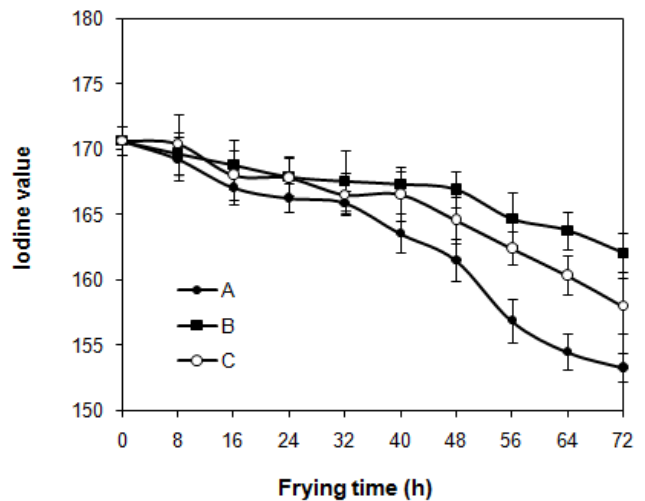


Fig. 7. Changes of iodine value of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

감소는 가열산화에 의해 불포화지방산의 이중결합이 파괴되어 대두유의 불포화도가 낮아짐을 의미한다. 가열 시간 32 h 까지는 튀김유 종류별로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 40 h 이후부터는 프렌치프라이, 도넛, 치킨너겟 튀김유 순으로 유의적인 감소를 보였다. 즉, 프렌치프라이 튀김유가 가열산화에 의해 불포화도가 가장 많이 감소한 것으로 나타났다.

대두유를 계속적으로 가열한 경우 발연점은 Fig. 8과 같이 가열 전 253°C에서 가열 시간에 비례하여 낮아져 72 h 이후에는 프렌치프라이 튀김유 220°C, 치킨너겟 튀김유 234°C, 도넛 튀김유 225°C로 감소하였다. 발연점의 감소는 유리지방산가의 증가와 관계가 있는 것으로 알려져 있는데(Osawa *et al* 2007), 유리지방산 함량이 높을수록, 가열 시간이 길수록, 그리고 튀김 횟수가 많을수록 발연점이 낮아진다. 가열 시간 40 h 까지는 유리지방산 함량이 낮은 도넛 튀김유의 발연점이 프렌치프라이나 치킨너겟 튀김유에 비해 유의적으로 높았으나, 그 이후엔 치킨너겟 튀김유의 발연점이 월등히 높은 것으로 보아 유리지방산 함량 이외에도 다른 가열산화 생성물들의 함량이 발연점 감소에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

### 3. 튀김유의 지방산 조성 변화

지방산은 유지의 주된 구성성분이고, 특히 지방산의 불포화도는 유지의 산화안정성을 결정하는 중요한 요인 중의 하나이다(Casal *et al* 2010). 튀김유의 가열산화에 따른 지방산 조성의 변화와 불포화 지방산과 포화 지방산의 비(U/S)의 변화는 Table 1과 Fig. 9에 제시하였다. 신선한 대두유에는 팔미트산(C<sub>16:0</sub>), 스테아르산(C<sub>18:0</sub>), 올레산(C<sub>18:1</sub>), 리놀레산(C<sub>18:2</sub>), 리놀렌산(C<sub>18:3</sub>)이 주된 지방산으로 각각 10.9%, 3.8%, 24.1%,

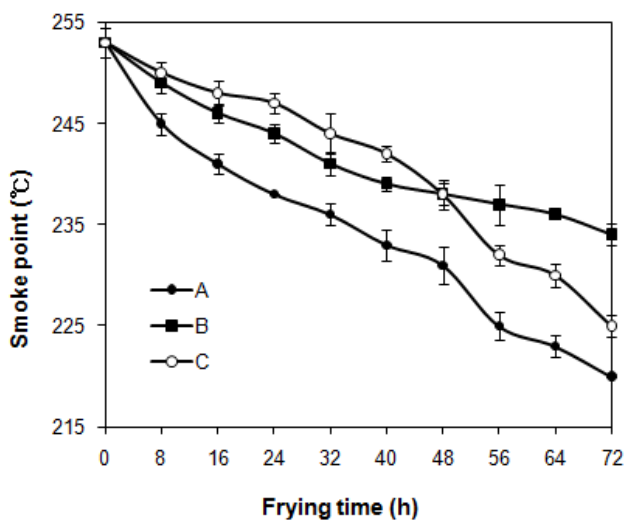


Fig. 8. Changes of smoke point of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

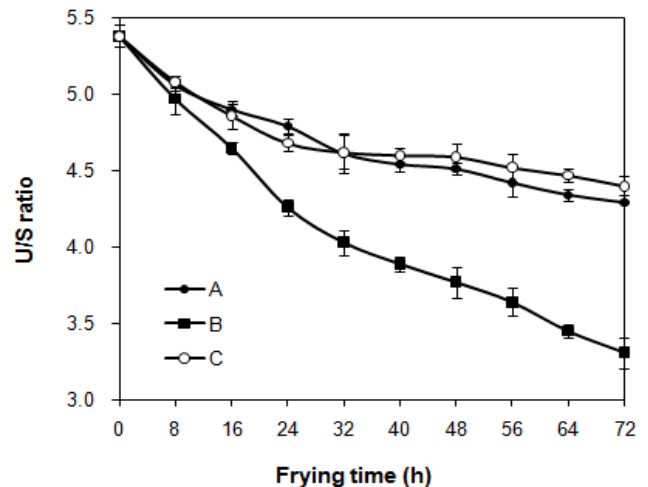


Fig. 9. Changes of U/S ratio of soybean oil during frying French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h.

54.1%, 5.9% 함유되어 있었다. 모든 튀김유에서 가열 시간이 증가할수록 리놀레산과 리놀렌산 등의 불포화지방산 함량은 감소하였고, 비교적 가열산화에 안정한 팔미트산과 스테아르산 등의 포화지방산 함량은 상대적으로 증가하였다. 올레산은 불포화 지방산임에도 불구하고 가열이 진행될수록 증가하였는데, 이는 리놀레산과 리놀렌산이 산화되는 속도가 올레산이 산화되는 속도보다 현저히 빨라 그 함량이 감소함으로써 상대적으로 올레산의 함량이 증가한 것으로 나타난 것이다. 특이한 것은 치킨너겟 튀김유의 경우 가열 시간이 증가할수록 다른 두 튀김유에 비해 팔미트산과 올레산의 함량이 유의적으로 증가하고 리놀레산의 함량은 유의적으로 감소하였다. 닭기름의 주요 지방산 조성을 살펴보면 팔미트산, 스테아르산, 올레산, 리놀레산, 리놀렌산이 각각 22.1%, 6.3%, 38.3%, 23.7%, 3.9% 함유되어 있다(Givens *et al* 2011). 따라서 치킨너겟을 튀길수록 닭기름에 많은 팔미트산과 올레산이 흘러나와 가열 72 h 후에는 치킨너겟 튀김유의 지방산 조성에서 팔미트산과 올레산 함량이 증가한 것이다. 불포화 지방산과 포화 지방산의 비율인 U/S는 신선한 대두유의 경우 5.38이었으나, 가열이 진행되는 동안 점차로 낮아져 가열 72 h 이후에는 프렌치프라이 튀김유 4.47, 치킨너겟 튀김유 3.32, 도넛 튀김유 4.40으로 감소하였다. 특히, 치킨너겟 튀김유의 경우 프렌치프라이 튀김유나 도넛 튀김유에 비해 U/S 비가 훨씬 더 많이 감소하였는데, 이는 지방산 조성에서 살펴본 것과 같이 튀김이 진행되는 동안 대두유보다 포화지방산 함량이 높은 닭기름이 튀김유 중으로 용출되어 지방산의 포화도를 높임으로써 전체적으로 지방산의 U/S 비를 감소시킨 것이다. 참고로 닭기름의 U/S 비는 2.0~2.5 범위이다(Givens *et al* 2011).

Table 1. Changes in fatty acid composition of soybean oil during frying of French fries (A), chicken nuggets (B) and donuts (C) at 180°C for 72 h

Frying oil	Frying time (h)	Fatty acid composition(%)											U/S <sup>2)</sup>
		C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>20:0</sub>	C <sub>20:1</sub>	C <sub>22:0</sub>	C <sub>24:0</sub>		
A	0	10.92±0.07 <sup>al)</sup>	0.10±0.05 <sup>a</sup>	3.78±0.04 <sup>a</sup>	24.10±0.04 <sup>a</sup>	54.11±0.05 <sup>f</sup>	5.87±0.06 <sup>g</sup>	0.36±0.05 <sup>h</sup>	0.14±0.07 <sup>a</sup>	0.46±0.07 <sup>ab</sup>	0.16±0.05 <sup>a</sup>	5.38	
	24	11.75±0.05 <sup>b</sup>	0.22±0.07 <sup>b</sup>	4.19±0.05 <sup>b</sup>	25.60±0.03 <sup>b</sup>	51.53±0.07 <sup>e</sup>	4.74±0.05 <sup>cd</sup>	0.80±0.06 <sup>d</sup>	0.63±0.03 <sup>d</sup>	0.34±0.06 <sup>g</sup>	0.20±0.06 <sup>g</sup>	4.79	
	48	11.92±0.04 <sup>c</sup>	0.26±0.06 <sup>b</sup>	4.30±0.05 <sup>b,c</sup>	26.11±0.05 <sup>c</sup>	50.63±0.04 <sup>d</sup>	4.10±0.06 <sup>e</sup>	1.09±0.07 <sup>e</sup>	0.74±0.05 <sup>e</sup>	0.62±0.05 <sup>e</sup>	0.23±0.07 <sup>a</sup>	4.51	
	72	12.66±0.01 <sup>d</sup>	0.10±0.03 <sup>a</sup>	4.57±0.05 <sup>d</sup>	27.11±0.06 <sup>d</sup>	49.86±0.06 <sup>e</sup>	3.58±0.04 <sup>a</sup>	0.83±0.06 <sup>d</sup>	0.46±0.05 <sup>e</sup>	0.47±0.04 <sup>ab</sup>	0.36±0.04 <sup>b</sup>	4.29	
B	0	10.92±0.07 <sup>a</sup>	0.10±0.05 <sup>a</sup>	3.78±0.04 <sup>a</sup>	24.10±0.04 <sup>a</sup>	54.11±0.05 <sup>f</sup>	5.87±0.06 <sup>g</sup>	0.36±0.05 <sup>h</sup>	0.14±0.07 <sup>a</sup>	0.46±0.06 <sup>ab</sup>	0.16±0.05 <sup>a</sup>	5.38	
	24	13.73±0.05 <sup>e</sup>	0.12±0.06 <sup>a</sup>	4.28±0.05 <sup>b</sup>	26.22±0.06 <sup>c</sup>	49.51±0.07 <sup>e</sup>	4.63±0.05 <sup>cd</sup>	0.45±0.05 <sup>b</sup>	0.50±0.05 <sup>c</sup>	0.40±0.07 <sup>a</sup>	0.16±0.05 <sup>a</sup>	4.26	
	48	15.45±0.04 <sup>f</sup>	0.10±0.03 <sup>a</sup>	4.41±0.07 <sup>c</sup>	27.18±0.05 <sup>d</sup>	47.12±0.04 <sup>b</sup>	4.13±0.04 <sup>b</sup>	0.46±0.06 <sup>b</sup>	0.50±0.07 <sup>c</sup>	0.49±0.04 <sup>ab</sup>	0.16±0.06 <sup>a</sup>	3.77	
	72	17.50±0.06 <sup>g</sup>	0.10±0.05 <sup>a</sup>	4.53±0.04 <sup>d</sup>	28.05±0.07 <sup>e</sup>	44.56±0.05 <sup>a</sup>	3.64±0.06 <sup>a</sup>	0.48±0.06 <sup>b</sup>	0.44±0.04 <sup>c</sup>	0.52±0.06 <sup>ab</sup>	0.18±0.03 <sup>a</sup>	3.31	
C	0	10.92±0.07 <sup>a</sup>	0.10±0.05 <sup>a</sup>	3.78±0.04 <sup>a</sup>	24.10±0.04 <sup>a</sup>	54.11±0.05 <sup>f</sup>	5.87±0.06 <sup>g</sup>	0.36±0.05 <sup>h</sup>	0.14±0.07 <sup>a</sup>	0.46±0.07 <sup>a</sup>	0.16±0.05 <sup>a</sup>	5.38	
	24	12.16±0.07 <sup>c</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	4.25±0.06 <sup>b</sup>	25.41±0.03 <sup>b</sup>	51.53±0.04 <sup>d</sup>	4.99±0.04 <sup>d</sup>	0.48±0.03 <sup>b</sup>	0.33±0.06 <sup>b</sup>	0.54±0.06 <sup>b</sup>	0.19±0.06 <sup>a</sup>	4.68	
	48	12.32±0.05 <sup>cd</sup>	0.14±0.04 <sup>a</sup>	4.27±0.03 <sup>b</sup>	26.00±0.05 <sup>c</sup>	51.09±0.05 <sup>de</sup>	4.57±0.05 <sup>c</sup>	0.52±0.07 <sup>e</sup>	0.32±0.05 <sup>b</sup>	0.56±0.04 <sup>b</sup>	0.21±0.05 <sup>a</sup>	4.59	
	72	12.79±0.03 <sup>d</sup>	0.10±0.07 <sup>a</sup>	4.54±0.05 <sup>d</sup>	26.49±0.08 <sup>cd</sup>	50.11±0.07 <sup>cd</sup>	4.28±0.06 <sup>b</sup>	0.47±0.06 <sup>b</sup>	0.49±0.04 <sup>c</sup>	0.57±0.05 <sup>b</sup>	0.16±0.04 <sup>a</sup>	4.40	

Values given are the means of three replicates±standard deviation.

<sup>1)</sup> Means with the same letter in the same column are not significantly different at  $\alpha=5\%$ .

<sup>2)</sup> U/S : Content ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids.

이상의 결과를 종합해 보면 튀김식품의 종류에 따라 대두유의 가열산화 정도가 다르게 진행됨을 알 수 있는데, 치킨너겟을 튀길 때 보다 프렌치프라이나 도넛을 튀길 때 튀김유의 품질 저하가 더 빨리 진행되었다. 튀김유의 품질을 나타내는 여러 이화학적 지표 중 총극성화합물 함량, 공액이중산가, 유전항수, 굴절률, 요오드가, 불포화지방산과 포화지방산의 비(U/S)가 비교적 일관성 있게 가열 시간에 따른 튀김유의 품질변화를 잘 나타내 주었다. 총극성화합물 함량, 공액이중산가, 요오드가, U/S비는 세계적으로 공인된 방법이지만, 측정하는데 많은 비용과 시간, 숙련된 실험자가 요구되므로 산업 현장에서 튀김공정 관리에 사용하는데 제약이 있다. 그러나 굴절률이나 유전항수는 이동식 소형 기계인 굴절계나 Food-oil sensor에 튀김유 한 방울을 떨어뜨려 측정하는 간편법으로 기존의 공인방법 대신 패스트푸드점이나 단체급식소, 식품제조공장 등의 현장에서도 유용하게 이용될 수 있는 방법이다. 따라서 향후에는 간편법과 공인방법과의 상관관계를 도출하고, 간편법을 이용한 튀김유의 품질관리 및 폐기시점을 판단할 수 있는 연구가 요구된다.

## 요 약

본 연구는 튀김식품의 종류에 따른 대두유의 가열산화변화를 여러 이화학적 품질지표들을 측정함으로써 장시간 가열처리에 따른 대두유의 산화안정성을 살펴보았다. 튀김유로 대두유를 사용하여 180℃에서 72시간 동안 프렌치프라이, 치킨너겟, 도넛을 튀겼다. 튀김유의 가열산화 변화를 알아보기 위해 유리지방산가, 과산화물가, 총극성화합물 함량, 공액이중산가를 측정하였고, 유전항수, 굴절률, 요오드가, 발연점, 지방산 조성 중 불포화지방산과 포화지방산의 비(U/S)를 분석하였다. 튀김 시간에 비례하여 유리지방산가, 총극성화합물 함량, 공액이중산가, 유전항수, 굴절률은 증가하고, 요오드가, 발연점, U/S 비는 감소하였다. 모든 튀김유 시료에서 법적 규제치인 산가는 2.0% 이하와 총극성화합물 함량 25% 이하를 나타냈다. 그러나 과산화물가는 튀김 시간과 무관하게 증가와 감소를 반복하였다. 치킨너겟 튀김유가 프렌치프라이나 도넛 튀김유에 비해 가열산화에 더 안정한 것으로 나타나, 튀김식품의 종류가 튀김유 변질 속도에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 튀김유의 품질을 나타내는 여러 이화학적 지표 중 굴절률이나 유전항수는 간편법으로 산업 현장에서 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

## 문 헌

Abe I, Oliveira J, Simoes E, Caldas P, Frazao O (2010) Monitoring the quality of frying oils using a nanolayer coated

- optical fiber refractometer. *Talanta* 83: 291-293.
- Al-Kahtani HA (1991) Survey of used frying oils from restaurants. *J Am Oil Chem Soc* 68: 857-862.
- AOCS (1990) *Official Methods and Recommended Practices* (4th ed.). American Oil Chemists' Society, Illinois, USA.
- Blumenthal MM (1991) A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technol* 45: 68-71.
- Casal S, Malheiro R, Sendas A, Oliveira BPP, Pereira JA (2010) Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food and Chemical Toxicology* 48: 2972-2979.
- Farhoosh R, Tavassoli-Kafrani MH (2011) Simultaneous monitoring of the conventional qualitative indicators during frying of sunflower oil. *Food Chemistry* 125: 209-213.
- Firestone D (1993) Worldwide regulation of frying fats and oils. *Inform* 4: 1366-1371.
- Firestone D, Stier RF, Blumenthal MM (1991) Regulation of frying fats and oils. *Food Technology* 45: 90-94.
- Fritsch CW, Egger DC, Magnuson JS (1979) Changes in dielectric constant as a measure of frying oil deterioration. *J Am Oil Chem Soc* 56: 746-750.
- Givens DI, Gibbs RA, Rymer C, Brown RH (2011) Effect of intensive vs. free range production on the fat and fatty acid composition of whole birds and edible portions of retail chickens in the UK. *Food Chemistry* 127: 1549-1554.
- Graziano VJ (1979) Portable instrument rapidly measures quality of frying fat in food service operations. *Food Technology* 33: 50-57.
- Hunter JE, Applewhite JH (1993) Correction of dietary fat availability estimates for wastage of food service deep-frying fats. *J Am Oil Chem Soc* 70: 613-617.
- Naz S, Siddiqi R, Sheikh H, Sayeed SA (2005) Deterioration of olive, corn and soybean oils due to air, light, heat and deep-frying. *Food Research International* 38: 127-134.
- Osawa CC, Goncalves LAG, Ragazzi S (2007) Correlation between free fatty acids of vegetable oils evaluated by rapid tests and by the official method. *J Food Composition and Analysis* 20: 523-528.
- Paul S, Mittal GS (1997) Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying. *Crit Rev Food Sci Nutr* 37: 636-662.
- Rade D, Mokrovcak Z, Strucelj D (1997) Deep fat frying of French fried potatoes in palm oil and vegetable oil. *Food Technol Biotechnol* 35: 119-124.
- Saguy IS, Dana D (2003) Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumers aspects. *J Food*

- Eng* 56: 143-152.
- Smith LM, Clifford AJ, Creveling RK, Hamblin CL (1985) Lipid content and fatty acids profiles of various deep fried foods. *J Am Oil Chem Soc* 62: 996-1001.
- Swern D (1982) Bailey's industrial oil & fat products. vol. 2. Wiley, New York. pp 325.
- Tan YA, Ong SH, Berger KG, Onn HH, Poh BL (1985) A study of the cause of rapid color development heated refined palm oil. *J Am Oil Chem Soc* 62: 999-1006.
- White PJ (1991) Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technology* 45:75-80.
- 

접 수: 2011년 9월 8일  
최종수정: 2011년 9월 28일  
채 택: 2011년 10월 18일