

AOM 시험에 의한 팜유와 우지에 대한 몇가지 산화방지제 효과의 비교

양주홍 · 장영상* · 신효선

동국대학교 식품공학과, *(주) 농심 기술개발연구소

Relative Effectiveness of Some Antioxidants on Palm Oil and Beef Tallow by AOM Tests

Joo-Hong Yang, Young-Sang Chang* and Hyo-Sun Shin

Department of Food Technology, Dongguk University, Seoul

* Nhong Shim Co., Ltd., Anyang

Abstract

Relative effectiveness of antioxidants with their synergists was investigated by measuring AOM stability of palm oil and beef tallow during heating. TBHQ added at a concentration of 0.02% gave the highest AOM stability to palm oil among the antioxidants tested at the equivalent concentration. Beef tallow with added TBHQ showed a higher AOM stability than those with α -tocopherol(α -toc) and a mixture of BHA and BHT, but showed a lower AOM stability than those with δ -rich tocopherol(δ -toc) and mixed tocopherol(m-toc). Addition of α -toc to palm oil and beef tallow increased the AOM stability less than a mixture of BHA and BHT. Palm oil and beef tallow with added δ -toc and m-toc showed higher AOM stabilities than that with α -toc, and there was no significant difference in AOM stability noted between δ -toc and m-toc. The synergistic effects of citric acid to α -toc and δ -toc and of ascorbyl palmitate to δ -toc was noted higher in beef tallow than in palm oil, while that of ascorbyl palmitate to α -toc was higher in palm oil than in beef tallow.

Key words: antioxidants, synergists, AOM stability

서 론

각종 식용유지 및 유지함유 식품의 산패를 억제 또는 지연시키기 위하여 이들 제품의 제조, 포장 및 저장에는 BHA(butylated hydroxyanisole), BHT(butylated hydroxytoluene), TBHQ(tertiarybutylhydroquinone), PG(propyl gallate)와 같은 페놀계 산화방지제와 tocopherol이 primary antioxidant로서 가장 많이 사용된다. 이것들은 유지의 자동산화 과정에서 연쇄반응을 억제하는 자유라디칼 저해제(free radical inhibitor)로 작용한다. 한편, EDTA, citric acid, ascorbic acid 등과 같은 화합물은 금속에 의한 산화 촉진작용을 불활성화하는 금속 불활성화제(metal inactivator) 또는

페놀계 산화방지제와 함께 사용할 때 상승제(synergist)의 작용을 나타낸다⁽¹⁾. 따라서 primary antioxidant와 상승제를 함께 병용할 경우 산화방지 효과가 증가됨은 일반적으로 잘 알려진 사실이다.

그러나 산화방지제의 효과는 기질(유지)의 종류, 식용유지 및 유지식품 중에 이미 존재하거나 가공중에 생성되는 산화촉진제 및 항산화제의 종류와 그 함량, 항산화제의 이화학적 성질(휘발성, 이행성등) 등에 의하여 크게 영향을 받는다⁽²⁾. 천연 항산화제인 tocopherol은 동물성 유지에는 매우 효과적이거나 식물성 유지에 첨가하였을 때는 그 효과가 항상 낮으며, 또한 tocopherol은 linoleic acid 보다는 oleic acid에서 보다 효과적인 것으로 알려져 있다⁽³⁾. 즉, tocopherol의 항산화 효과는 유지 중 불포화 지방산의 종류와 유지중에 천연적으로 존재하는 항산화제의 함량 등에 따라 변한다. 따라서 항산화제와 상승제의 올바른 선택과 첨가량은 유지의 종류에 따라

Corresponding author: Hyo-Sun Shin, Department of Food Technology, Dongguk University, Pil-dong 3 ga, Jung-gu, Seoul 100-715

주의깊게 선택하여 사용되어져야 할 것이다.

본 연구의 목적은 우리나라에서 라면 제조용 튀김 기름으로 가장 많이 사용되는 팜유와 우지에 대하여 몇가지 산화방지제와 상승제를 첨가 하였을 때의 효과를 AOM (active oxygen method) 시험에 의하여 비교하여 가장 효과적인 산화방지제 및 상승제의 종류와 그 첨가량을 밝히고자 함에 있다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 팜유와 우지는 산화방지제가 첨가되지 않은 정제유를 구입하여 사용하였고, 이들 유지의 이화학적 항수 및 지방산 조성은 Table 1과 같다.

사용한 산화방지제중 BHA, BHT, TBHQ, DL- α -tocopherol(DL- α -T), ascorbyl palmitate(AP), citric acid(CA)는 Sigma 회사 제(St. Louis, USA)의 특급 시약을, δ -rich tocopherol(δ -T)과 mixed tocopherol(MT)은 일본 理研비타민 회사제의 천연 tocopherol을 각각 사용하였다.

Table 1. Physicochemical characteristics and fatty acid composition of fresh oils and fats used in this experiment

| Characteristics | Palm oil | Beef tallow |
|---------------------------|----------|-------------|
| Specific gravity(25/25°C) | 0.884 | 0.896 |
| Refractive index(25°C) | 1.4580 | 1.4586 |
| Iodine value(Wijs) | 52.3 | 46.7 |
| Saponification value | 196.0 | 190.4 |
| Acid value | 0.07 | 0.06 |
| Peroxide(meq/Kg) | 0.32 | 1.48 |
| Fatty acids* | | |
| 12:0 | 0.2 | 0.7 |
| 14:0 | 1.2 | 2.5 |
| 16:0 | 45.2 | 26.2 |
| 16:1 | - | 4.3 |
| 18:0 | 4.6 | 18.9 |
| 18:1 | 40.1 | 42.4 |
| 18:2 | 8.7 | 4.2 |
| 18:3 | - | 0.7 |

All values are means of triplicate determinations.

* Fatty acids are expressed as number of carbons: number of double bonds.

이화학적 항수 측정

유지의 각종 이화학적 항수들은 AOCS법⁽⁴⁾에 따라 측정하였다. 즉, 비중은 Cc 10a-25, 굴절율은 Cc 7-25, 요오드 값은 Cd 1-25, 비누화 값은 Cd 3-25, 산값은 Cd 3a-63, 과산화물값은 Cd 8-53에 의하였다.

유지의 지방산 조성은 GLC(Hewlett-Packard 5790 A, USA)로 분리 정량하였다. 이때 지방산의 메틸에스테르는 12.5% BF₃-MeOH를 사용하여 Morrison과 Smith의 순서⁽⁵⁾에 따라 만들었다. 분석조건은 FID를 사용하여 유리칼럼(6ft×2mm)에 10% DEGS를 입힌 100-200메쉬 Chromosorb WHP를 충전하고 관의 온도는 190°C에서 질소를 운반기체로 하여 매분당 40ml 속도로 용출하였고, 도표지에 나타난 각 봉오리는 표준 지방산의 메틸에스테르의 머무름 시간과 비교하여 확인하였으며, 그 면적은 기기에 연결된 적분계에 의하여 구한 다음 총 지방산에 대한 백분율로 나타냈다.

유지의 가열방법

AOM 시험을 위한 유지의 가열은 폐놀계 산화방지제(BHA, BHT, TBHQ) 및 tocopherol류(DL- α -T, δ -T, MT)와 상승제(CA, AP)를 팜유와 우지에 각각 일정량씩 첨가한 유지 2kg를 Valentine batch fryer로 180±5°C에서 8시간 가열한 것을 AOM 측정용 시료로 하였다.

산화방지제의 잔존량 측정을 위한 유지의 가열은 위의 산화방지제를 0.02%씩 팜유와 우지에 각각 첨가한 것을 위와 같은 조건에서 5, 10, 15, 20시간 가열한 것을 일정량씩 취하여 산화방지제의 잔존량 측정용 시료로 하였다. 이때 가열한 유지를 일정량 취한 후 신유는 첨가하지 않았다.

AOM 시험

AOM 시험은 Metrohm Rancimat(model 617, Switzerland)에 의하여 측정하였다⁽⁶⁾. 즉, 위와 같이 가열 처리한 유지 2.5g을 reaction vessel에 취하여 130°C의 oil bath 상에서 시간당 20l의 공기를 주입하면서 산화시켰을 때 생산되는 산화 생성물을 증류수에 흡수시켜 이의 conductivity를 자동 기록한 곡선으로 부터 유도기간을 계산하여 표시하였다.

산화방지제의 잔존량 측정

폐놀계 산화방지제인 BHA, BHT, TBHQ의 정량은 HPLC에 의하였다⁽⁷⁾. 즉, 유지 5ml에 CH₃CN 10

ml를 가하여 30분간 shaking 한 후 원심분리(1,500 rpm, 10min)하고 CH₃CN 8ml을 가하여 증발 건조시킨 다음 MeOH 5ml을 가하여 membrane filter로 여과한 것을 HPLC에 주입하였다. 이때 column은 μ -Bondapak C₁₈(4mm, I.D. \times 30cm)을, 용매는 CH₃-OH/10% CH₃COOH in H₂O(68, 5 : 31, 5)을 사용하여 유속은 1ml/min으로 하였고, 280nm에서 detection 하였다.

총 tocopherol의 함량은 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline으로 발색하여 spectrophotometer로 측정하는 Emmerie-Engel 법⁽⁸⁾에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

산화방지제의 첨가효과

산화방지제를 농도별로 첨가한 팜유와 우지를 180°C에서 8시간 가열한 것을 AOM 시험으로 유도기간을 측정하여 산화 안정성을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

팜유와 우지에 대하여 DL- α -T, δ -T, MT의 가장 효과적인 산화방지 효과를 나타내는 농도를 알아보기 위하여 이들 tocopherol을 우리나라에서 식용 유지에 가장 많이 사용하는 BHA와 BHT의 법적 허용량인 0.02%를 첨가하였을 때의 효과와 비교하였다.

산화방지제를 첨가하지 않았을 경우에는 팜유가 우지보다 약 4배 정도로 AOM 안정성이 우수하였다. 이것은 팜유에 tocopherol과 tocotrienol과 같은 천연 항산화 물질이 다량 함유되어 있기 때문일 것이다⁽⁹⁾. BHA와 BHT의 혼합제를 첨가하였을 경우 우지에서는 대조군에 비하여 AOM 안정성이 매우 향상되었으나 팜유에서는 대조군에 비하여 다소 증가 되었으나 우지보다는 크지 않았다. 한편, 우리나라에서는 법적으로 사용이 허용되고 있지 않으나 미국등 외국에서 산화방지제로 사용이 허가되고 있는 TBHQ를 첨가하였을 경우에는 BHA와 BHT 혼합제 첨가때 보다 우지와 팜유에서 다같이 AOM 안정성이 향상되었고, 특히 팜유에서는 그 효과가 매우 큰 것은 주목할 만한 현상이다. 동·식물성 유지에서 TBHQ가 BHA, BHT, PG보다 산화방지 효과가 우수함은 Sherwin과 Thompson⁽¹⁰⁾의 연구에서 이미 밝혀진 바다.

DL- α -T을 첨가하였을 경우 우지에서는 대조군 보다 AOM 안정성이 매우 향상되었고 또 그 첨가 농도를 증가시키에 따라 안정성이 증가하는 경향이였다. 그러나 팜유에서는 대조군과 비슷하여 그의 첨가효과가 크지 않

Table 2. Comparative effects of some antioxidants at different concentration on palm oil and beef tallow¹⁾ by the AOM test²⁾

| Antioxidant added (%) | Induction period(min.) | |
|------------------------------------|------------------------|-------------|
| | Palm oil | Beef tallow |
| Control (no addition) | 368 | 92 |
| 0.02 BHA+BHT (each 0.01) | 412 | 376 |
| 0.02 TBHQ | 660 | 390 |
| 0.01 DL- α -T ³⁾ | 376 | 240 |
| 0.02 DL- α -T | 371 | 302 |
| 0.03 DL- α -T | 372 | 206 |
| 0.04 DL- α -T | 369 | 328 |
| 0.01 δ -T ⁴⁾ | 441 | 284 |
| 0.02 δ -T | 462 | 431 |
| 0.03 δ -T | 501 | 501 |
| 0.04 δ -T | 516 | 608 |
| 0.01 MT ⁵⁾ | 420 | 280 |
| 0.02 MT | 453 | 430 |
| 0.03 MT | 497 | 491 |
| 0.04 MT | 508 | 594 |

¹⁾ Oils 2kg containing various antioxidants were heated in batch freyer at 180 \pm 5°C for 8hr.

²⁾ AOM test were performed with a Metrohm Rancimat (model 617, Switzerland). Rancimat test conditions were: 2.5g samples, 130°C, and air flow rate of 20l/hr.

³⁾ DL- α -tocopherol.

⁴⁾ Natural tocopherol concentrate containing δ -form more than 96.0%.

⁵⁾ Mixed tocopherol concentrate of natural tocopherol containing total tocopherols more than 70.0%.

았으며, 또 그 첨가 농도를 증가하였을 때도 안정성이 증가하지 않았다. 이와 같은 현상은 tocopherol은 식물성 유지에서 보다는 동물성 유지에서 산화방지 효과가 보다 우수하다는 Cord의 연구^(11,12)와 일치하는 결과이다.

δ -T을 첨가하였을 경우는 DL- α -T를 첨가하였을 경우보다 팜유와 우지에서 다같이 유도기간이 연장되었고 또 그 농도를 증가시키에 따라 안정성이 증가 하였다. δ -tocopherol이 α -tocopherol 보다 산화방지 효과가 우수하다는 사실은 Lea와 Ward의 연구⁽¹²⁾에서 밝혀진 후 부터 잘 알려진 일반적인 사실이다.

MT을 첨가하였을 경우도 δ -T을 첨가하였을 경우와 같은 경향을 나타냈으며, δ -T을 첨가하였을 때 보다 약간 유도기간이 짧았으나 큰 차이는 없었다.

이상의 결과로 팜유와 우지에 BHA와 BHT 혼합제

0.02%를 첨가한 것과 대등하거나 그보다 더 좋은 AOM 안정성의 효과를 얻는데 필요한 tocopherol의 첨가량은 경제성 등을 고려하여 DL- α -T는 우지에 0.04%, 팜유에 0.01%, δ -T와 MT는 우지에 각 0.02%, 팜유에 각 0.01%씩 각각 첨가하는 것이 적당할 것으로 생각된다.

상승제의 첨가효과

앞의 결과에서 팜유와 우지의 AOM 안정성에 가장 효과적인 tocopherol의 농도가 밝혀졌으므로 이의 농도에서 상승효과를 가장 잘 나타내는 상승제의 종류와 농도를 결정하기 위한 시험을 실시하였다.

Table 3은 팜유와 우지에 대하여 AOM 안정성이 효과적인 tocopherol의 첨가량에 구연산의 첨가 농도를 달리 하였을 때의 유도기간을 비교한 것이다.

0.02% DL- α -T에 구연산의 첨가 농도를 증가시키기에 따라 팜유와 우지에서 다같이 유도기간이 연장되었으며, DL- α -T에 대한 구연산의 synergism은 팜유보다 우지에서 더욱 좋았다.

0.01% δ -T에 구연산의 첨가 농도를 증가시키기에 따라 우지에서는 유도기간이 연장되었으나 팜유에서는 그의 첨가 농도를 증가시키기에 따라 유도 기간이 약간 증가될 뿐 큰 효과가 없었다. 그리고 δ -T에 대한 구연산의

synergism도 팜유보다 우지에서 더 좋았다. 0.01% MT에 구연산의 첨가 농도를 증가시키기에 따라 팜유와 우지에서 다같이 유도기간이 연장되었으며, MT에 대한 구연산의 synergism은 팜유보다는 우지에서 역시 더 좋았다.

Table 4는 팜유와 우지에 대하여 AOM 안정성이 가장 효과적인 tocopherol의 첨가량에 ascorbyl palmitate(AP)의 첨가 농도를 달리 하였을 때의 유도기간을 비교한 것이다.

0.02% DL- α -T에 AP의 첨가 농도를 증가시키기에 따라 팜유와 우지에서 다같이 유도기간이 연장되었으며, 이에 대한 AP의 synergism은 구연산 때와는 반대로 우지보다 팜유에서 더욱 좋았다. 그리고 팜유에서는 DL- α -T에 대한 구연산의 synergism보다 AP의 synergism이 더욱 효과적이었고, 우지에서는 반대로 AP보다 구연산이 DL- α -T에 대하여 synergism이 더욱 효과적이었다. 0.01% δ -T에 AP의 첨가 농도를 증가시키기에 따라 팜유와 우지에서 다같이 유도기간이 연장되었으며, δ -T에 대한 AP의 synergism은 팜유보다 우지에서 더 좋았다. 그리고 팜유에서는 δ -T에 대한 구연산과 AP의 synergism이 서로 비슷하였다. 우지에서는 δ -T에 대한 구연산의 synergism보다 AP의 synergism이 더욱 효과적이었다.

Table 3. Synergism between tocopherols and citric acid (CA) at different concentration on palm oil and beef tallow by the AOM test*

| Antioxidant added (%) | Induction period (min.) | | | |
|-------------------------------|-------------------------|---------------|--------|---------------|
| | Palm | Synergism (%) | Tallow | Synergism (%) |
| 0.02 DL- α -T | 371 | | 302 | |
| 0.02 DL- α -T+0.001 CA | 390 | 4.9 | 366 | 17.5 |
| 0.02 DL- α -T+0.003 CA | 393 | 6.0 | 372 | 18.8 |
| 0.02 DL- α -T+0.005 CA | 396 | 6.3 | 378 | 20.1 |
| 0.01 δ -T | 441 | | 284 | |
| 0.01 δ -T+0.001 CA | 455 | 3.1 | 301 | 4.3 |
| 0.01 δ -T+0.003 CA | 450 | 2.0 | 323 | 10.8 |
| 0.01 δ -T+0.005 CA | 456 | 3.3 | 337 | 14.5 |
| 0.01 MT | 420 | | 280 | |
| 0.01 MT+0.001 CA | 434 | 3.2 | 298 | 6.0 |
| 0.01 MT+0.003 CA | 453 | 5.2 | 307 | 8.8 |
| 0.01 MT+0.005 CA | 464 | 7.5 | 319 | 12.2 |

* See footnote in Table 2.

Table 4. Synergism between tocopherols and ascorbyl palmitate(AP) at different concentration on palm oil and beef tallow by the AOM test*

| Antioxidant added (%) | Induction period (min.) | | | |
|------------------------------|-------------------------|---------------|--------|---------------|
| | Palm | Synergism (%) | Tallow | Synergism (%) |
| 0.02 DL- α -T | 371 | | 302 | |
| 0.02 DL- α -T+0.01 AP | 411 | 9.7 | 306 | 1.3 |
| 0.02 DL- α -T+0.02 AP | 414 | 10.4 | 321 | 6.3 |
| 0.02 DL- α -T+0.03 AP | 420 | 11.7 | 329 | 8.2 |
| 0.01 δ -T | 441 | | 284 | |
| 0.01 δ -T+0.01 AP | 444 | 0.7 | 359 | 20.9 |
| 0.01 δ -T+0.02 AP | 453 | 2.6 | 370 | 23.2 |
| 0.01 δ -T+0.03 AP | 463 | 4.5 | 376 | 24.5 |
| 0.01 MT | 420 | | 280 | |
| 0.01 MT+0.01 AP | 427 | 1.6 | 289 | 3.1 |
| 0.01 MT+0.02 AP | 431 | 2.6 | 293 | 4.4 |
| 0.01 MT+0.03 AP | 434 | 3.2 | 295 | 5.1 |

* See footnote in Table 2.

0.01% MT에 AP의 첨가농도를 증가시키에 따라 팜유와 우지에서 다같이 유도기간이 연장되었으며, MT에 대한 AP의 synergism은 팜유보다 우지에서 다소 좋았다. 그리고 팜유와 우지에서 다같이 MT에 대한 AP의 synergism보다 구연산의 synergism이 다소 좋았다.

Tocopherol은 citric acid, ascorbic acid, ascorbyl palmitate, 인산과 같은 산성물질에 의하여 항산화력이 상승되나 유지의 종류에 따라 상승효과에 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 즉, monoglyceride의 구연산 및 사과산의 ester와 DL- α -T, MT와의 병용 효과는 돈지 및 팜유에서 상승효과가 나타나지 않았으나⁽¹²⁾, L-ascorbic acid와 MT와의 병용시험에서는 상승효과가 나타나는 것으로⁽¹³⁾ 보고되었다.

또 Cort⁽⁹⁾에 의하면 DL- α -T, DL- γ -T과 AP간에는 돈지, 우지에서 상승효과가 있었으며, Tappel 등⁽¹⁴⁾에 의하면 linoleic acid emulsion에서 tocopherol과 구연산은 거의 상승효과를 나타내지 않았으나 ascorbic acid와는 대단히 큰 상승효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다. 따라서 팜유와 우지에서 tocopherol과 구연산 및 AP와 같은 상승제에 의한 상승효과는 본 실험결과에서 나타난 바와 같이 차이가 있으므로 그의 선택에 유의할 필요가 있을 것이다. 또한 팜유와 우지에서 tocopherol, 구연산, AP의 혼합에 의한 상승효과에 대하여는 더 깊은 연구가 앞으로 필요하리라 생각된다.

유지의 가열중 산화방지제의 잔존량 변화

팜유와 유지에 BHA, BHT, TBHQ, DL- α -T, δ -T, MT을 0.02%씩 각각 첨가하여 180 \pm 5 $^{\circ}$ C에서 일정 시간 가열하였을 때 가열시간의 경과에 따라 유지중에 잔존하는 이들 산화방지제의 잔존량 변화를 측정한 결과는 Fig 1 및 2와 같다.

BHA와 BHT는 팜유와 우지에서 다같이 가열시간의 경과에 따라 급속히 손실되어 180 $^{\circ}$ C에서 30시간 가열하였을 때는 약 5%만이 잔존하였으며, TBHQ는 BHA와 BHT보다 그 손실량이 매우 완만하였고, 가열 30시간 후에도 약 28% 잔존하였다. Tocopherol류는 페놀성 산화방지제 보다 팜유와 우지에서 다같이 그 손실량이 매우 적었으며, tocopherol류가 손실되는 정도의 크기는 DL- α -T > MT > δ -T의 순이었다.

그러나 팜유에서보다 우지에서 tocopherol류의 손실이 다소 빨라 기질의 종류에 따라 tocopherol류의 잔존량은 상이하였다.

이상과 같은 결과는 tocopherol의 손실은 기질에 따

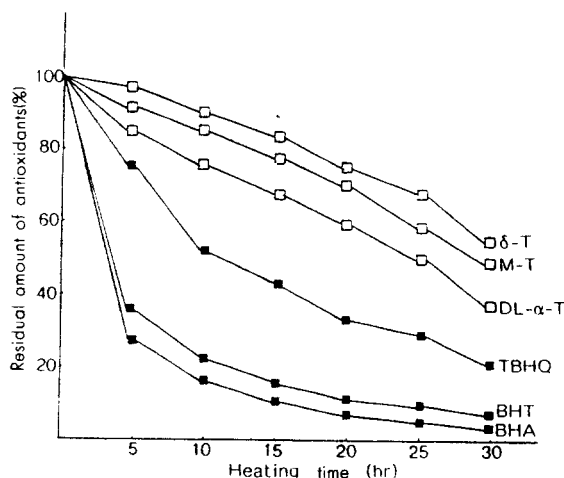


Fig. 1. Changes of residual amounts of antioxidants in palm oil during the heating at 180 \pm 5 $^{\circ}$ C. Antioxidants added 0.02%, respectively.

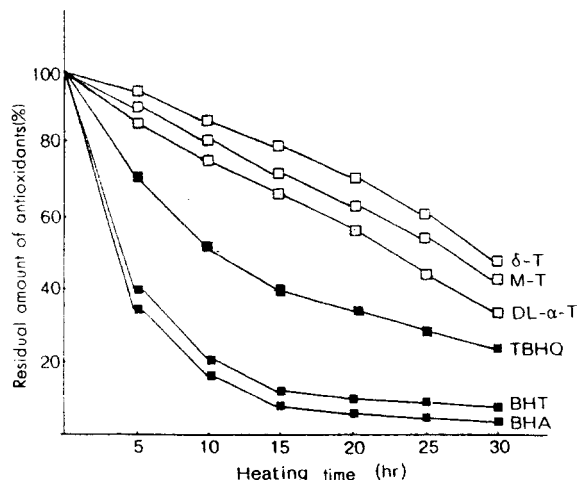


Fig. 2. Changes of residual amounts of antioxidants in beef tallow during the heating at 180 \pm 5 $^{\circ}$ C. Antioxidants added 0.02%, respectively.

라 달라 팜유보다 돈지에서 빨리 손실되고 그 손실의 크기는 α > γ > δ 의 순이었다는 兼松 등의 연구⁽¹³⁾와 대두유에서도 같은 결과를 보고한 梶本 등의 연구⁽¹⁵⁾와 일치되는 현상이다. 또한 梶本⁽¹⁶⁾은 각종 산화방지제의 내열성을 시험한 결과 propyl gallate와 isoamyl gallate는 열에 대하여 매우 불안정하고 다음이 BHA, BHT가 약하고 tocopherol이 가장 강한 안정성을 나타내었다고 보

고하였다. 이상의 결과로 보아 가열 유지중 산화방지제의 잔존량은 그의 종류, 유지(기질)의 종류, 첨가농도와 가열온도^(13,15) 등에 따라 다르므로 유의할 필요가 있다.

요 약

몇가지 산화방지제와 상승제를 첨가하여 가열한 팜유와 우지에 대한 산화방지 효과를 AOM 시험에 의하여 비교 연구하였다. 팜유에 0.02% TBHQ를 첨가 하였을 때 같은 농도의 다른 산화방지제를 첨가하였을 때 보다 AOM 안정성이 가장 우수하였다. 우지에 0.02% TBHQ를 첨가하였을 때는 같은 농도의 BHA와 BHT 혼합제와 DL- α -T를 첨가한 것 보다 AOM 안정성이 증가하였으나 같은 농도의 δ -T와 MT를 첨가한 것 보다 증가하지 않았다. 팜유와 우지에 DL- α -T를 첨가하였을 때는 BHA와 BHT 혼합제를 첨가한 것 보다 AOM 안정성이 증가하지 않았다. 그러나 팜유와 우지에 δ -T와 MT를 첨가하였을 때는 DL- α -T를 첨가하였을 때 보다 AOM 안정성이 증가되었고 δ -T와 MT 간에는 큰 차이가 없었다. DL- α -T 및 δ -T에 대한 구연산의 상승효과는 팜유보다 우지에서, DL- α -T에 대한 AP의 상승효과는 우지보다 팜유에서, δ -T에 대한 AP의 상승효과는 팜유보다 우지에서 각각 더 효과적이었다. 가열중 tocopherol 류의 손실량은 우지보다 팜유에서 더 적었다.

문 헌

1. Labuza, T.P. : Kinetics of lipid oxidation in foods. *Crit. Rev. Food Technol.*, **2**, 355(1971)
2. Uri, N. : Mechanism of autoxidation. *In autoxidation and antioxidants*, Lundberg, W.O.(ed), Interscience, New York, pp.133-169(1961)
3. Cort, W.M. : Antioxidant activity of tocopherols, ascorbyl palmitate, and ascorbic acid and their mode of action. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **51**(6), 321(1974)
4. A.O.C.S : *Official and Tentative Methods*, 3rd ed., American Oil Chemists Society, Chicago(1973)
5. Morrison, W.R. and Smith, L.M. : Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.*, **5**(6), 600(1964)
6. Laubli, M.W. and Bruttel, P.A. : Determination of the oxidative stability of fats and oils: Comparison between the active oxygen method(AOCS Cd 12-57) and the Rancimat method. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **63**(6), 792(1986)
7. Waters Association Bulletin : Method and date supplied by Dr. J. Thean, Florida, Department of Agriculture and consumer services, Tallahassee, Florida(1976)
8. Tsen, C.C. : An improved spectrophotometric method for the determination of tocopherols using 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline. *Anal. Chem.*, **33**(7), 849(1961)
9. Goh, S.H., Choo, Y.M. and Ong, S.H. : Minor constituents of palm oil. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **62**(2), 237(1985)
10. Sherwin, E.R. and Thompson, J.W. : Antioxidants for vegetable oils. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **53**(6), 430(1976)
11. Cort, W.M. : Hemoglobin peroxidation test screens antioxidants. *Food Technol.*, **28**(2), 60(1974)
12. Lea, C.M. and Ward, R.J. : Relative antioxidant activity of the seven tocopherols. *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 537(1959)
13. 兼松弘·青山稔·丸山武紀·新谷勲·松本太郎 : トコフェロール同族體の酸化防止カと基質との關係, *油化學*, **33**(4), 241(1984)
14. Tappel, A. L., Brown, W.D., Zalkin, H., and Maier, V.P. : Unsaturated lipid peroxidation catalyzed by hematin compounds and its inhibition by vitamin. *E. J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **38**(1), 5(1961)
15. 梶本五郎·吉前弘美·芝原章 : 各種の油脂安定性試験法條件下で分解した植物油中のトコフェロールの割合, *營養と食糧*, **34**(4), 349(1981)
16. 梶本五郎 : 各種抗酸化劑の抗酸化カと耐熱性試験, *日本食品工業學會誌*, **14**(2), 72(1967)

(1988년 4월 22일 접수)