

항산화 성분을 함유한 PE 필름이 반건오징어 저장 중 지질산화에 미치는 영향

† 김영명 · 박형우 · 변지영 · 김광호*

한국식품연구원, *창원전문대학 식품과학

Preparation of Antioxidative Polyethylene Film and Its Effects on the Lipid Oxidation of Semi-dried Squid during Storage

† Young-Myung Kim, Hyung-Woo Park, Jee-Young Byun and Kwang-Ho Kim*

Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam, 463-420, Korea

*Division of Food Sciences, Changwon College, Changwon, 641-7771, Korea

Abstract

Antioxidative polyethylene films for food packaging were experimentally prepared by fortification of TBHQ(tertiary butylhydroquinone) and dl- α -tocopherol at the weight ratio of 0.05, 0.2 and 0.5%, respectively and laminated with nylon.

TBHQ and tocopherol contents in the PE/nylon film were analyzed and the antioxidative effects of film were investigated on the lipid oxidation of semi-dried squid during storage at 5°C and 15°C. TBHQ contents of TAP 1(TBHQ 0.05%), TAP 2(TBHQ 0.2%) and TAP 3(0.5%) were 38, 146 and 365 mg/100g, respectively. Tocopherol contents of DAP 1(tocopherol 0.05%), DAP 2(tocopherol 0.2%) and DAP 3(tocopherol 0.5%) were 33, 139 and 356 mg/100g, respectively. TBA value and POV during storage of semi-dried squid were affected both by storage temperatures and packaging films. Lipid oxidation during storage was retarded by anti-oxidative films, as TBA value of TAP 3 and DAP 3 revealed about 50% of control after storage at 5°C for 20 days and similar effects in POV were also observed.

Key words : antioxidant, TBHQ, dl- α -tocopherol, functional film

서 론

지방질의 자동산화는 유지 또는 생체 내에서 불포화 지방산을 함유하고 있는 지방질에서 일어나며, free radical 반응에 의해서 과산화물이 생성되어 이것이 산화분해 및 종합반응을 일으키면서 각종 이취 및 유해 물질을 생성하여 식품으로서 가치를 상실할 뿐만

아니라 노화와 발암의 원인이 된다고 보고되어 있다^{1,2)}. 따라서 유지 함량이 높고 수분 함량이 어느 수준 이하인 식품의 경우 저장 수명은 유지의 산화 정도와 밀접한 관계가 있게 된다. 이러한 지질의 산화를 억제하고자 최근 기능성 포장(active packaging)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기능성 포장을 하므로서 식품의 초기 품질을 유지함과 동시에 안전성 및 향

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행된 연구 결과의 일부임.

† Corresponding author : Young-Myung Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam, 463-420, Korea.

Tel : +82-31-780-9009, Fax : +82-31-780-9099, E-mail : ymkim@kfri.re.kr

미 특성을 향상시킬 수 있다³⁾. 기능성 포장은 포장할 대상 식품과 포장재, 포장 내부 여백 공간과의 상호작용을 모두 고려한 개념으로 포장 내부의 산소, 수분 및 에틸렌의 제거와 항산화성의 부여 등을 목적으로 하는 기능을 최대한 발휘하도록 하기 위해 기능성 물질을 포장재 자체에 첨가하거나 작은 주머니(sack)에 넣어 부착하는 방식으로 구성되어 있다⁴⁾.

수산가공식품은 육상 식품에 비해 불포화 지방산 함량이 높아 지질 산폐가 용이하며 저장 유통중 색택과 향미가 불안정한 품질 특성을 갖고 있어 경제적, 산업적 손실을 초래하고 있는 실정이다. Gray 등⁵⁾은 전갱이류(blue fish) 등 4종 해산어의 CO₂에 의한 정균효과, Banks⁶⁾는 CO₂ 기체치환포장에 의한 지느러미 달린 어류(fin fish)의 유통기간 연장효과를 보고하였으며, Villemure 등⁷⁾은 대구 fillet를 CO₂ 25%+N₂ 75%의 혼합기체로 포장한 후 0±1°C에서 저장하였더니 20일 간 품질이 양호하다고 하였으며, Parkin 등⁸⁾은 쇠뱅이(rock fish) fillet를 CO₂ 80%+N₂ 20%의 혼합기체로써 포장하여 1.7°C에 저장하였더니 유통기간이 13일 이었다고 하였다. 수산가공품의 유통기간을 연장하기 위하여 대부분이 환경기체조절포장방법을 사용하였으며, 그 외에 항산화제 처리에 의한 마른 별치의 산폐 방지 효과⁹⁾, *k*-carrageenan을 첨가한 필름의 고등어육의 수분 손실 및 지방 산화억제효과¹⁰⁾와 셀로판 필름이 반염건고등어의 가공 및 저장중의 품질에 미치는 효과¹¹⁾에 관한 연구가 이루어지고 있으나, 포장재 자체에 항산화제를 처리한 기능성 포장재에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 수산가공식품의 품질향상과 위생적 안전성 확보 및 유통 중 품질 안정화를 위해서는 효율적인 포장재의 개발이 필요하며, 본 연구에서는 식품에 사용 가능한 항산화제로 dl-a-tocopherol 및 tertiary butylhydroquinone(TBHQ)을 polyethylene(PE) 적층 포장재 가공시 농도별로 첨가하여 항산화 기능성 필름을 제조하였으며, 수산가공식품 중 지질 산화로 인한 갈변이 쉽게 일어나는 반건오징어를 대상으로 하여 항산화 기능성 필름의 항산화 효과를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 항산화 기능성 소재인 TBHQ(tertiary butylhydroquinone) 및 dl-a-tocopherol은 대홍약품(서울)에서 구입하였으며, 반건조오징어(몸통길이 23~25 cm, 중량 215~217 g)는 보존제가 첨가되지 않

은 시료로 서울 가락동 농수산물 시장에서 구입하여 사용하였다.

2. 항산화 기능성 필름의 제조

항산화 기능성 필름의 제조공정은 저밀도 폴리에틸렌(low-density polyethylene, LDPE) 수지에 항산화 기능성 소재로 TBHQ 및 dl-a-tocopherol을 각각 20% (w/w)의 중량비로 배합한 후 고속 분체혼합기를 사용하여 상온에서 108×g에서 25분간 고속 교반 혼합한다음 폴리에틸렌 압출성형기를 이용하여 140±3°C 조건에서 압출하고 25°C의 냉수 중에서 압출물을 냉각한 후 절단하여 담갈색의 폴리에틸렌 마스터배치(2.5×5.0 mm)를 제조한 다음 저밀도 폴리에틸렌 수지와 혼합하여 TBHQ 및 dl-a-tocopherol의 농도를 각각 0.05, 0.2 및 0.5%(w/w)으로 조정하여 기능성 물질을 함유한 마스터배치 혼합물을 내충으로 하고 저밀도 폴리에틸렌층을 외충으로 하여 폴리에틸렌 압출성형기로 160°C에서 외충(0.01 mm)과 내충(0.02 mm)으로 구성된 2중의 폴리에틸렌 필름을 연속적으로 압출성형한 다음 압출성형된 기능성 필름의 외충 면에는 0.015 mm 두께의 nylon을 견식 접착하여 산소 및 수증기 투과성이 없으며, 내열성이 강한 0.05, 0.2 및 0.5% TBHQ 함유 기능성 필름 (TAP 1, TAP 2 및 TAP 3)과 0.05, 0.2 및 0.5% dl-a-tocopherol 함유 기능성 필름 (DAP 1, DAP 2 및 DAP 3)을 제조하였다.

3. 항산화 기능성 필름의 TBHQ 및 dl-a-Tocopherol 함유량 분석

항산화 기능성 필름 10 g을 Soxhlet 장치의 추출관에 넣고 methylene chloride로 10시간 동안 추출하여 얻어진 추출액에 4 volume의 methanol을 가하여 oligomer를 분리시킨 다음 0.2 μm의 syringe filter(Acrodisc 13, Gelman Sciences, USA)로 여과한 후 HPLC(Shimadzu LC 10A, Japan)에 주입하여 분석하였다. 함유된 물질은 표준물질인 TBHQ(Sigma, USA) 및 dl-a-tocopherol (Sigma, USA)과의 머무름 시간(retention time)을 비교하여 확인하였으며, TBHQ 및 dl-a-tocopherol 정량분석은 표준물질을 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 및 2 mg/mL 농도로 하여 calibration curve(Fig. 1)를 작성한 다음 기능성 필름 중에 함유되어 있는 TBHQ 및 dl-a-tocopherol을 정량분석하였다¹²⁾. 이때의 HPLC의 분석조건은 Table 1과 같다.

4. 항산화 기능성 필름을 이용한 반건오징어 저장실험

서울 가락동 농수산물 시장에 구입한 반건오징어는

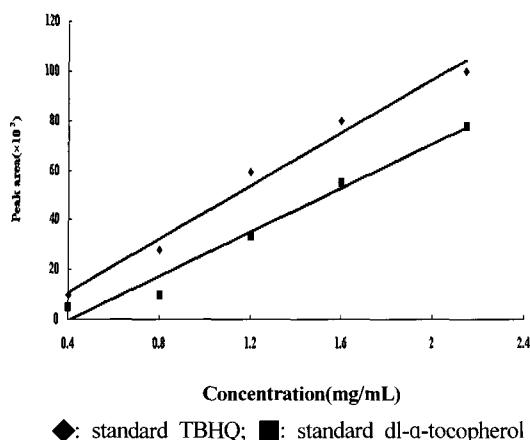


Fig. 1. Standard calibration curve of TBHQ and dl-a-tocopherol.

Table 1. HPLC conditions for analysis of anti-oxidants in polymer

Instrument	Shimadzu LC 10A system
Column	μ -Bondapak C18
Column oven temperature	40°C
Mobile phase	100% methanol
Flow rate	0.6 mL/min
Detector	UV
Wavelength	280 nm
Injection volume	10 μ L

0°C 내외의 아이스박스에 넣어 1시간 이내에 실험실로 운반하여 항산화 기능성 필름(20×35 cm)을 가지고 진공포장기(Leepack, Mark 6TM, Korea)를 사용하여 진공 및 향기 포장을 실시한 후 각각 5 및 15°C에서 20일간 저장하면서 TBA value, 과산화물가 및 pH 변화를 측정하였다. 대조구는 PE/Nylon 필름을 동일한 조건으로 하여 항산화 기능성 필름과 비교하였다.

5. 수분함량 및 pH 측정

수분함량은 A.O.A.C법에 따라 상압가열 건조법으로 분석하였다¹³⁾. pH는 시료 10 g을 증류수 90 mL에 혼탁하여 pH meter(Metrohm Ltd, CH-9101 Herisau., Switzerland)로 측정하였다.

6. 과산화물가(Peroxide Value)의 측정

시료 40 g에 diethyl ether(GR grade)를 가하여 3시간 방치시켜 추출하고, 40°C에서 감압·농축하여 diethyl ether를 완전히 제거한 다음 0.5~1.0 g을 정확히 측정하여 200 mL 공정플라스크에 넣고 acetic acid :

chlorofom (3:2, v/v) 혼합용액 25 mL를 가한 다음, 여기에 KI 포화용액 1 mL를 넣고 1분간 심하게 흔든 후 10분간 어두운 곳에 방치하고 물 75 mL를 가하여 마개를 한 다음 1% 전분용액을 지시약으로 하여 0.01 N Na₂S₂O₃ 용액으로 적정하였다¹³⁾.

7. Thiobarbituric Acid(TBA) Value

TBA value는 Salih 등¹⁴⁾의 방법을 다소 수정하여 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 3.86% percholic acid 90 mL 및 3% BHA(Butylated Hydroxyanisole) 용액 0.2 mL을 첨가하여 homogenizer로 7,741×g에서 10초간 균질화한 다음 증류수 2 mL을 첨가하여 여과지 (Whatman NO 1, England)로 여과시켰다. 여과한 상등액 2 mL와 0.01 N TBA 시약 2 mL을 혼합하여 100°C에서 30분간 가열하여 발색시킨 후 실온에서 방냉한 다음 531 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 흡광도에 K값 5.2를 곱하여 육 1,000 g 중의 malonaldehyde의 mg수로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 항산화 기능성 필름의 TBHQ 및 dl-a-Tocopherol 함유량 분석

항산화 기능성 필름에서 methylene chloride를 이용하여 추출한 추출액에 함유되어 있는 TBHQ 및 dl-a-tocopherol을 HPLC로 정량한 결과를 Table 2에 나타내었다. TBHQ 함유 기능성 필름인 TAP 1, TAP 2 및 TAP 3의 경우 TBHQ 함유량은 각각 38, 146 및 365 mg/100g

Table 2. Quantitative determination of functional additives contained in polyethylene films

Type	Film ¹⁾	Concentration	
		(mg/100g)	(μ g/cm ²)
TBHQ	TAP1	38	54
	TAP2	146	208
	TAP3	365	521
dl-a-tocopherol	DAP1	33	47
	DAP2	139	198
	DAP3	356	508

¹⁾ TAP1: Low-density polyethylene(LDPE)/nylon with 0.05 % tertiary butylhydroquinone(TBHQ).

TAP2: LDPE/nylon with 0.2% TBHQ.

TAP3: LDPE/nylon with 0.5% TBHQ.

DAP1: LDPE/nylon with 0.05% dl-a-tocopherol.

DAP2: LDPE/nylon with 0.2% dl-a-tocopherol.

DAP3: LDPE/nylon with 0.5% dl-a-tocopherol.

으로, dl- α -tocopherol 함유 기능성 필름인 DAP 1, DAP 2 및 DAP 3은 33, 139 및 356 mg/100g으로 나타났으며, 최초 첨가량에 비해 24~34% 가량이 감소하였다. 또한 단위 면적당 기능성 물질 함유량($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)은 TAP 1, TAP 2 및 TAP 3 경우 각각 54, 208 및 521 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었으며, DAP 1, DAP 2 및 DAP 3는 각각 47, 198 및 508 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었다. Lichtenthaler 및 Ranfelt⁽¹⁵⁾는 polyethylene film 중의 BHT, Irganox 1076, Irganox 1010, Santonox R, Ionox 330과 같은 폐饬계 항산화제가 제조 중 고온처리 또는 자외선에 의하여 산화되어 변형되고, 혼합·용융 과정에서 약 10% 정도가 기화 또는 손실된다고 보고하였으며, Haney 및 Dark⁽¹⁶⁾에 따르면 polyethylene film에 함유된 Irganox 1076은 최초 첨가량의

80% 만이 분석 당시 잔존하였다고 보고하였고, 본 실험의 결과에 있어서도 압출온도가 160°C 이상으로 압출 성형시 항산화 물질이 소실된 것으로 보인다.

2. 항산화 기능성 필름을 이용한 반건 오징어 저장실험

1) 수분함량 및 pH의 변화

반건오징어를 항산화 기능성 필름으로 각각 진공 및 험기포장하여 5 및 15°C에 저장하면서 저장 중 시료의 수분함량 및 pH의 변화를 Fig. 2~5에 나타내었다. Fig. 2 및 3에서 보는 바와 같이 5°C 저장시료의 수분함량은 전체 저장기간을 통하여 69.8~72.3%이었고, 15°C 저장시료의 경우 68.5~71.2%로써 포장방법에 따

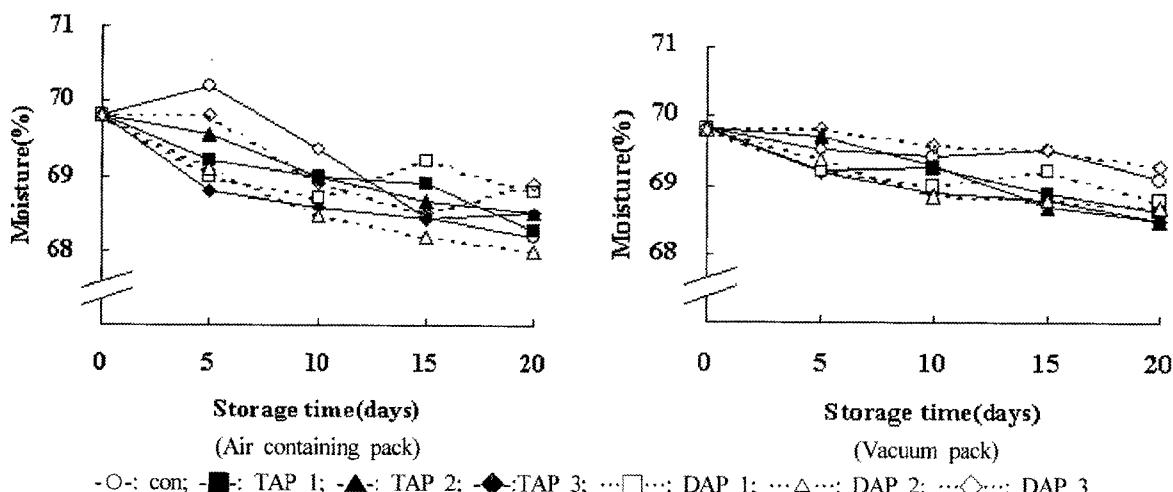


Fig. 2. Changes in moisture content of semi-dried squid packed with functional film during storage at 5°C.

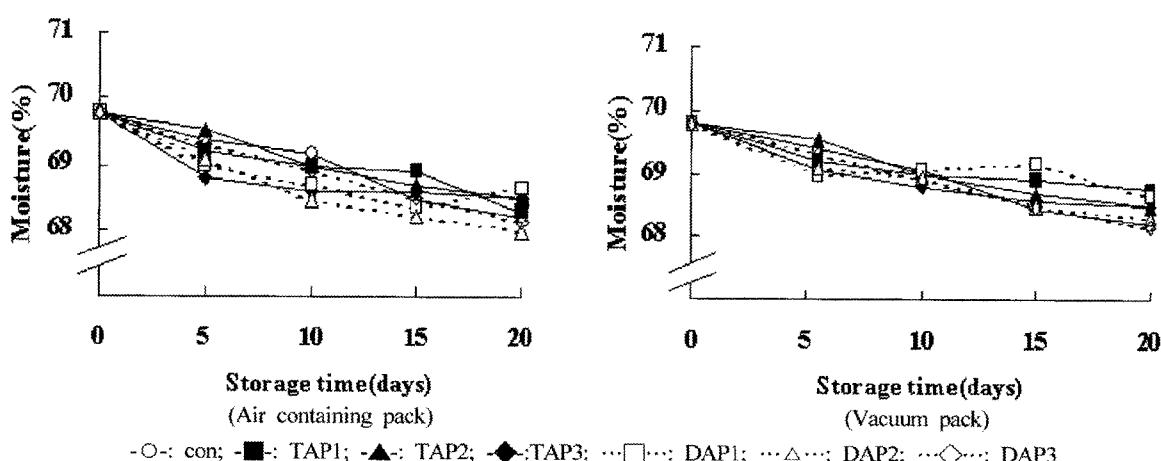


Fig. 3. Changes in moisture content of semi-dried squid packed with functional film during storage at 15°C.

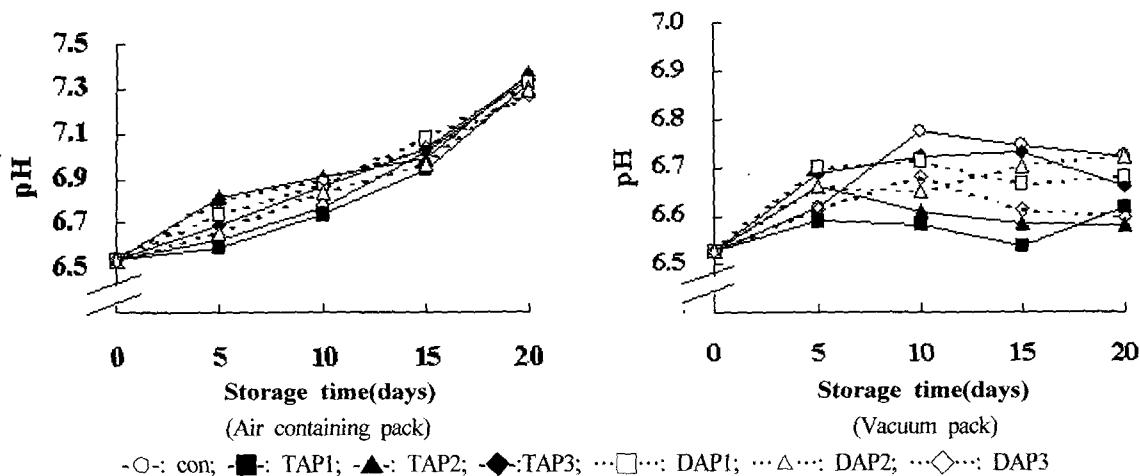


Fig. 4. Changes in pH of semi-dried squid packed with functional film during storage at 5°C.

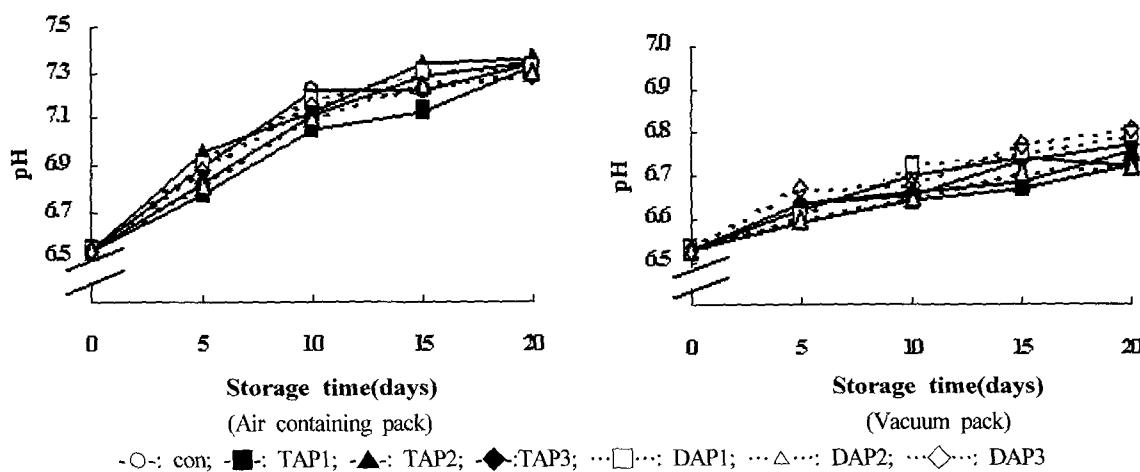


Fig. 5. Changes in pH of semi-dried squid packed with functional film during storage at 15°C.

른 차이는 나타나지 않았으며, 전체적으로 저장기간이 증가할수록 수분함량은 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 저장기간에 따른 pH는 진공포장(5°C)시 모든 실험구에서 6.5~6.8으로 저장기간 동안에 일정한 값을 유지하였으며, 험기포장(5°C)은 저장초기 6.5에서 저장기간 동안에 증가하여 7.2~7.3로 증가하였으며(Fig. 4), 15°C 저장시에도 저장기간의 경과에 따라 점차 증가하였으며, 증가폭은 저온저장보다 높았다(Fig. 5). Reddy 등¹⁷⁾은 신선한 틸라파야 fillet를 험기포장하고 4°C에 저장시 저장기간의 경과에 따라 pH가 6.2에서 점차 상승하여 저장 9일 이후에는 pH가 6.6 이상이었다고 하였으며, pH 상승원인으로 부패세균에 의해 암모니아와 같은 염기성 화합물이 생성되기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서도 험기포장시 pH가 급격하

게 상승한 것은 저장기간의 경과에 따라 호기성 미생물의 증식에 의한 염기성 육성분 분해산물의 축적에 기인한 것으로 보인다.

2) TBA Value의 변화

반건오징어를 항산화 기능성필름으로 진공 및 험기포장한 후 5 및 15°C에서 저장하면서 저장기간에 따른 TBA value의 변화를 Fig. 6 및 7에 나타내었다. 5°C 저장에서 TBA value(Fig. 6) 변화는 진공포장시 대조구는 저장 1일째 0.15에서 저장 7일째 0.18로 다소 완만하게 증가되었으나, 그 후 저장기간 동안에 증가하여 저장 15일째에는 0.59까지 증가하였으며, TAP 1, TAP 2, DAP 1 및 DAP 2는 저장기간 동안에 대조구와 유사한 TBA 값을 나타내었다. 반면에 TAP 3 및 DAP 3로 진

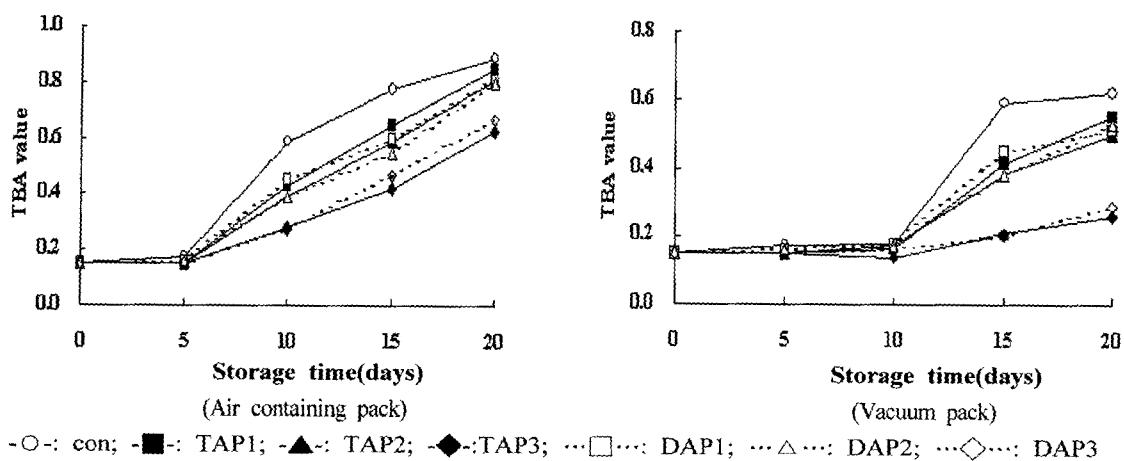


Fig. 6. Changes in TBA value of semi-dried squid packed with functional film during storage at 5°C.

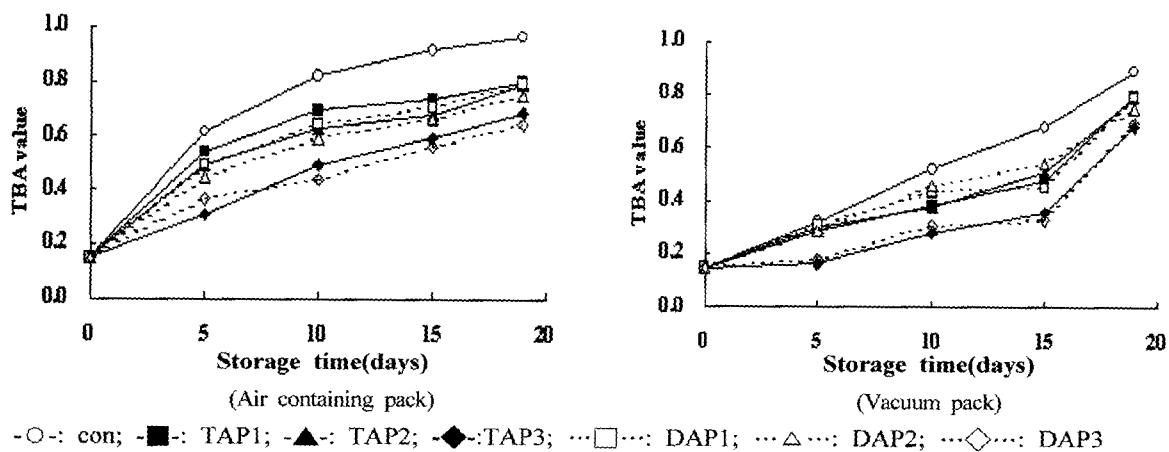


Fig. 7. Changes in TBA value of semi-dried squid packed with functional film during storage at 15°C.

공포장한 반건오징어의 TBA 값은 저장기간 동안에 다소 완만하게 증가하여 저장 20일째 0.26 및 0.29으로 증가하여 대조구에 비해 TBA 값은 50% 이상 억제되었다. 합기포장의 경우는 저장기간 동안에 지질의 산화속도가 증가하여 대조구, TAP 1, TAP 2, DAP 1 및 DAP 2는 저장 5일까지는 일정한 값을 유지하였다가 그 후 저장기간이 증가할수록 급격하게 증가하여 저장 20일째에 0.89, 0.85, 0.81, 0.86 및 0.80으로 증가하였으며, TAP 3 및 DAP 3는 저장 10일째까지는 0.16 및 0.18로 다소 완만하게 증가한 후 저장기간이 증가 할수록 급격하게 증가하여 저장 20일째에 0.69 및 0.65로 증가하였다. Turner 등¹⁸⁾은 TBA 값이 0.50 이상인 경우 산폐취가 감지되어 관능적 품질의 저하가 일어 난다고 하였으며, Brewer 등¹⁹⁾은 저장기간이 경과됨에 따라 TBA 값은 증가하며, 이러한 증가는 포장재의 산소 투과도와 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 또한

Dawson 및 Gartner²⁰⁾은 합기포장의 경우 지질의 산화를 증가시키지만 진공포장을 함으로써 지질의 산화를 크게 억제시킬 수 있다고 하였다. 본 실험의 결과 합기포장 보다는 진공포장시 TBA 값은 저장기간 동안에 일정한 값을 유지하였으며, 진공포장의 경우에도 TBHQ 및 토코페롤 함량이 높은 TAP 3 및 DAP 3 처리구의 TBA 값 안정화 효과가 상대적으로 우수하였다. 이는 항산화 가능성 필름으로 진공포장할 경우 일반적인 진공포장의 효과 외에도 가능성 필름 중의 항산화성분의 미량용출 및 반건오징어와의 접촉반응에 의한 지질산화 억제효과가 복합적으로 작용하였을 가능성이 기인한 것으로 추정되었다.

또한, 15°C 저장에서는 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 모든 실험구에서 TBA 값은 5°C 저장시 보다 급격하게 증가하였으며, TAP 3 및 DAP 3 진공포장시 저장 7일 째 0.28로 일정한 값을 유지하였다가 저장기간이 증가

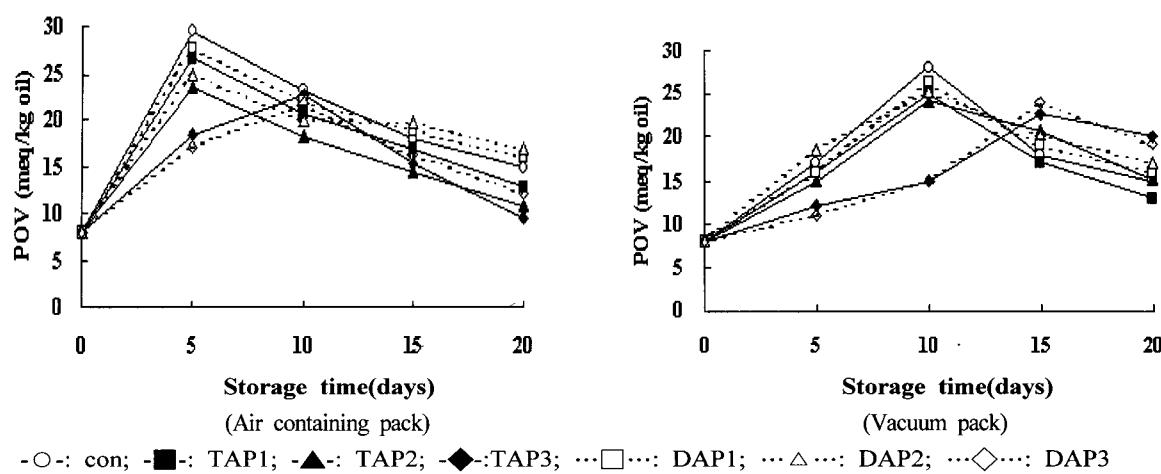


Fig. 8. Changes in POV value of semi-dried squid packed with functional film during storage at 5°C.

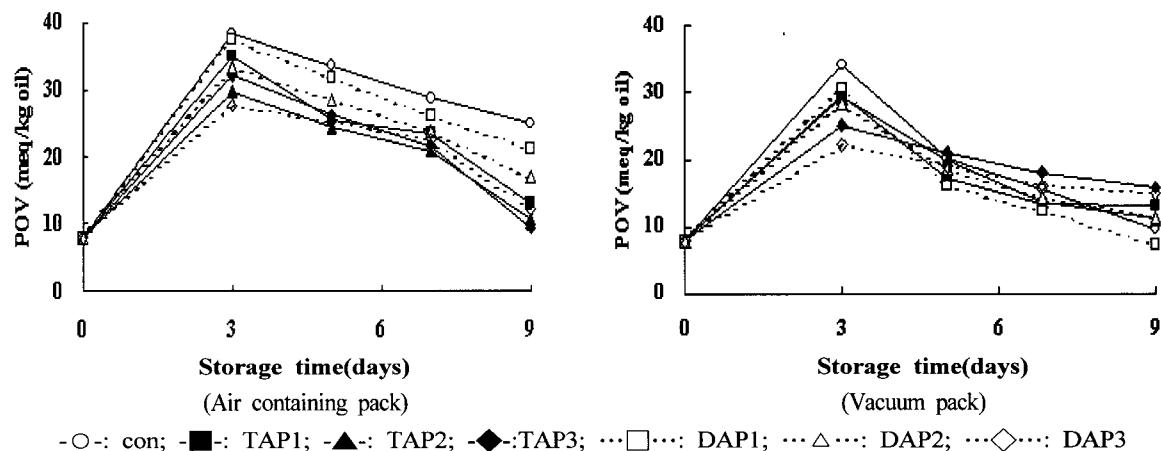


Fig. 9. Changes in POV value of semi-dried squid packed with functional film during storage at 15°C.

할수록 급격하게 증가하였다. Kim 등²¹⁾은 지질의 산화는 온도가 높을수록 빠르게 일어난다고 보고하였으며, 본 실험의 결과에서도 모든 실험구에서 저장온도가 증가함에 따라 TBA 값은 증가하는 경향을 나타내었다.

3) 과산화물기의 변화

항산화 기능성 필름으로 포장한 반건오징어의 과산화물기는 Fig. 8 및 9에 나타내었다. 5°C 저장의 경우 험기포장시 모든 실험구에서 저장 5일까지는 증가하였다가 그 후 감소하였으며, 진공포장시(5°C) 일반 적층 필름, TAP 1, TAP 2, DAP 1 및 DAP 2는 저장 10일 째까지, TAP 3 및 DAP 3는 저장 15일째까지 과산화물기는 증가하였다가 그 후 저장기간동안에 감소하였다. 15°C 저장에 있어서도 Fig. 9에서 보는 바와 같이 전반

적으로 저장 3일까지는 증가하였다가 그 후 감소하였다. 또한 5°C 진공포장의 경우 TAP 3 및 DAP 3는 대조구에 비해 최대 15일 정도 반건오징어의 지질산화를 억제시키는 것으로 나타났는데 이는 자숙오징어를 진공 및 질소치환포장한 다음 5°C에서 저장할 경우 11일 까지, 20°C에서 저장하였을 경우 3일까지 과산화물기는 증가하였다가 감소한다고 보고한 Yang²²⁾의 선행연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

결 론

식품 첨가용 항산화제인 dl- α -tocopherol 및 TBHQ를 PE film 가공시 농도별로 첨가하여 항산화 기능성 필름을 제조한 다음 반건오징어를 대상으로 저장실험을 행하여 항산화 효과를 조사한 결과는 다음과 같다.

TBHQ 함유 기능성 필름인 TAP 1, TAP 2 및 TAP 3의 경우 TBHQ 함유량은 각각 38, 146 및 365 mg/100g 으로, dl-a-tocopherol 함유 기능성 필름인 DAP 1, DAP 2 및 DAP 3은 33, 139 및 356 mg/100g으로 나타났다. 저장 중 반건오징어의 수분함량은 5°C 저장시 69.8~72.3%, 15°C 저장시 68.5~71.2%으로, pH는 진공포장 시 6.5~6.8, 햄기포장시 6.5~7.8 이었다. TBA 값에 있어서 TAP 3 및 DAP 3는 대조구, TAP 1, TAP 2, DAP 1 및 DAP 2에 비해 50% 이상의 지질 산화 억제효과를 나타내었으며, 과산화물가에 있어서는 초기 지질 산화를 최대 15일 정도 억제시켰다. 이상의 결과로 미루어 TBHQ 및 dl-a-tocopherol을 각각 0.5%으로 첨가한 TAP 3 및 DAP 3가 일반필름에 비해 항산화 효과가 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

- Yagi, K. Lipid peroxides and human disease. *Chem. Phys. Lipds.* 45:337-340. 1987
- Lee, YO and Cheigh, HS. Antioxidative effect of kimchi on the lipid oxidation of cooked meat. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24:1005-1009. 1995
- Quattara, B, Simard, RE, Piette, G, Begin, A and Holley, RA. Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *J. Food Sci.* 65:768-773. 2000
- Lee, JW, Hong, SI, Son, SM and Chang, YH. Characterization of antimicrobial polymeric films for food packaging applications. *Korean Journal of Food Preservation* 10:574-583. 2003
- Gray, RJH, Hoover, DG and Muir, AM. Attenuation of microbial growth on modified atmosphere package fish. *J. Food Prot.* 46:610-618. 1983
- Banks, HR. Shlf-life studies on carbon dioxide packaged finfish from the Gulf of Maxico. *J. Food Sci.* 45:157-162. 1980
- Villemure, G, Simard, RE and Picard, G. Bulk storage of cod fillets and gutted cod(*Gadus morhua*) under carbon dioxide atmosphere. *J. Food Sci.* 51:317-320.
- Parkin, KL, Wells, MJ and Brown, DW. Modified atmosphere storage of rockfish fillets. *J. Food Sci.* 47:181-184. 1981
- Lee, EH, Kim, JS, Ahn, CB, Park, HY, Jee, SK, Joo, DS, Lee, SW, Lim, CW and Kim, IH. The effect of Tapipet-F and bactokil on retarding lipid oxidation in boiled-dried anchovy. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 18:181-189. 1989
- Hwang, KT, Rhim, JH and Park, HJ. Effects of k-carrageenan-based film packaging on moisture loss and lipid oxidation of mackerel mince. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 29:390-393. 1997
- Lee, EH, Ahn, CB, Kim, BG, Lee, CH and Lee, HY. The effect of cellophane film packing on quality of semi-salted and dried-mackerel during processing and storage. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 20:139-148. 1991
- Lee, CS, Lee, KT and Lee, KH. Migration of additives from domestic plastic food contact materials and application of alternative fatty food simulant. *J. FD Hyg. Safety* 12:132-140. 1997
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 16th ed., Chapter 11. pp. 1-31. The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1998
- Salih, AM, Smith, DM, Price, JF and Dowson, LE. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci.* 66: 1483-1486 (1987)
- Lichtenehalet, RG and Ranfert, F. Determination of antioxidants and their transformation products in polyethylene by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography Sci.* 149:553-560. 1978
- Haney, MA and Dark, WA. A reversed-phase high pressure liquid chromatographic method for analysis of additives in polyolefine. *Journal of Chromatography Sci.* 18: 655-659. 1980
- Reddy, NE. Shelf-life of fresh tilapia fillets packaged in high barrier film with modified atmospheres. *J. Food Sci.* 59:260-264. 1994
- Turner, EW, Paynter, WD, Montie, EJ, Bessert, MW, Struck, GM and Olson, FC. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Tech.* 8:326-330. 1954
- Brewer, MS, Ikins, WG and Harbers, CAZ. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effect of packaging. *J. Food Sci.* 57:558-563. 1992
- Dawson, LE and Gartner, R. Lipid oxidation in mechanically deboned poultry. *Food Tech.* 7:112-116. 1983
- Kim, HK, Jo, HK, Kang, TS and Kim, YM. Effect

of packaging method on the storage stability of boiled-dried anchovy. *Korean J. Food Sci. Tec.* 19:195-200. 1987

22. Yang, ST. Shelf-life extension of cooked squid using modified atmosphere packaging. *Korean Journal of Life Science* 10:61-67. 2000

(2004년 12월 8일 접수; 2005년 2월 14일 채택)