

## 식용 식물(녹차잎, 연잎, 솔잎) 추출물에 침지한 건조 고등어의 이화학적 특성 및 항산화 활성 비교

— 연구노트 —

김보섭 · 오병준 · 이해인  
(재)목포수산식품지원센터

### Comparison of Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Dried Mackerel Treated with Extracts of Edible Plants (Green Tea, Lotus Leaf, and Pine Needle)

Bo-Sub Kim, Boun-Jun Oh, and Hae-in Lee  
Mokpo Marine Food-Industry Research Center

**ABSTRACT** The physicochemical properties and antioxidant activity of dried mackerel treated with plant (green tea, lotus leaf, and pine needle) extracts were studied to develop a preparation method for high quality mackerel. The dried mackerel treated with lotus leaf extracts (LL) compared to green tea extracts (GT) and pine needle extracts (PN) had the highest inosine monophosphate value. In addition, the dried mackerel with LL compared to GT and PN showed the minimization of volatile basic nitrogen value and browning. The mackerel with GT and LL compared to PN showed higher total polyphenol contents and total flavonoid contents, as well as higher  $\alpha, \alpha'$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl radical scavenging activity and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activity than the control. Overall, these results suggest that LL rather than GT and PN provide good quality dried mackerel in terms of the physicochemical characteristics and antioxidant activity.

**Key words:** mackerel, antioxidant activity, green tea, lotus leaf, pine needle

## 서 론

고등어(*Scomber japonicus*)는 농어목 고등어과 고등어속에 속하는 난류성 회유어종으로 우리나라 제주도를 비롯한 남해, 서해 및 동해 남부해역과 동중국해와 일본 태평양측 연안까지 넓게 분포하는 어종이다(Park 등, 2016; NFRDI, 2004). 우리나라에 8속 17종, 세계에 15속 49종이 분포하고 있는 고등어는 한국, 중국, 일본 등에서 매년 100만 톤 내외가 어획되는 중요한 어류 자원이다(Nam 등, 2011). 고등어는 등푸른생선으로 타우린, 셀레늄 등이 많이 함유되어 있으며, 양질의 아미노산과 핵산(nucleic acid)이 함유되어 있어 건강 지향적인 식품으로 알려져 있다(Shin 등, 2006). 특히 고등어는 n-3계와 n-6 계열의 다가불포화 지방산(polyunsaturated fatty acid)인 eicosapentaenoic acid(EPA, 20:5)와 docosahexaenoic acid(DHA, 22:6)가 약 36.1%로 풍부하게 함유되어 있어 동맥경화 및 심근경색 예방, 뇌기능 활성화, 혈중 콜레스테롤 저하, 혈압 강하 등의 기능성이 보고되어 있다(de Alba 등, 2019).

고등어는 지질 함량이 매우 높고 근육에 비단백태 질소 성분이 많아 다른 고단백 식품에 비해 부패가 빠르게 진행되는 것으로 알려져 있다(Cropotova 등, 2019). 또한 고등어는 수분 함량이 높아 선도 저하가 빠르게 진행되어 주로 염장품 또는 가공식품으로 활용되고 있다. 고등어와 같은 적색육 어류의 경우 높은 지방 함량으로 인해 가공 중 지질 산패로 불쾌취를 유발하고 단백질 변성 촉진 및 영양가 저하 등 품질에 나쁜 영향을 주므로 이에 대한 안정성을 확보하는 것이 매우 중요하다(Gwak과 Eun, 2010). 식품의 지질 산화 억제 방법으로는 산소 및 열의 차단, 일중항-산소의 불활성화 등이 있으나 식품의 가공에 적용하기는 많은 제약이 있어, 상대적으로 쉽고 간단한 항산화제 첨가가 일반적으로 많이 활용되고 있다(Song 등, 2009). 항산화 작용 및 항균 활성을 가진 합성 식품첨가물은 많이 시판되어 있으나 소비자들의 식품 안전성 문제에 대한 관심이 높아짐에 따라 사용량이 감소하고 있는 추세이다(Shin과 Choi, 2018). 따라서 인체에 해가 적고 항산화력이 우수한 천연 유래 항산화제 연구가 활발히 이루어지고 있다. 따라서 맛도 좋고 영양가도 높은 고등어의 소비 촉진을 위해 천연 항산화 물질을 사용하여 지질 산화 억제 및 품질 향상을 위한 연구가 필요하다.

녹차는 catechin, tannin, caffeine, chlorophyll, vitamin

등 다양한 유용성분이 많이 함유되어 있을 뿐만 아니라 catechin류 중 epigallocatechin gallate(EGCG)의 함량이 높아 항산화력이 높다고 알려져 있다(Kang 등, 2007). EGCG는 비타민 C에 비해 20배 강한 항산화 효과가 있다고 보고된 바 있다(Shin과 Choi, 2018). 연잎 또한 tannin, roemerin, pronuciferin, liriodenine 등이 함유되어 있어 항산화 활성 및 항균 효과가 있다고 보고되어 있는 식물이며(Lee 등, 2006), 솔잎은  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene 등의 정유성분과 quercetin, kaempferol과 같은 플라보노이드 등이 함유되어 있어 지질 억제 및 항산화 효과가 있다고 보고되어 있다(Kim 등, 1991; Yoo 등, 2004).

본 연구에서는 천연 항산화 물질로 사용될 수 있는 식물 추출물에 침지, 염장하여 저온진공 건조한 고등어의 이화학적 특성 및 항산화 효과를 측정하였다. 더불어 천연 유래 항산화제 역할을 하는 식용 식물을 선발하여 고등어의 신선도를 최대한 유지할 수 있는 최적의 가공법을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

고등어는 전라남도 서남해안에서 2019년 9월에 어획된 것을 (주)목포씨푸드(Mokpo, Korea)에서 구입하였다. 고등어에서 내장과 두부, 지느러미, 중골을 제거하고 필렛만을 채취하였다. 이어 고등어 필렛의 이물질 제거를 위하여 가볍게 수세와 탈수하였다. 식용 식물 추출물인 녹차잎과 연잎, 솔잎은 서현생약 영농조합(Nonsan, Korea)에서 국내 재배한 제품을 구매하여 수세, 탈수 후 음건하여 균질기로 마쇄(콘밀)한 후 사용하였다. 추출물은 분말 시료 1 kg에 10배량의 물을 가한 후 80°C에서 4시간 동안 가열하여 추출물을 얻었다. 식용 식물 추출물에 염도가 5% 되도록 국내산 천일염을 가하여 완전히 용해시킨 후 추출물 염장액에 고등어를 4°C에서 3시간 동안 침지하였다. 침지가 끝난 고등어는 탈수 후 저온진공건조기(Korea Bio Solution Co., Busan, Korea)에서 6시간 동안 건조(-720 mmHg, 챔버온도 30~34°C)하였다. 대조군은 식용 식물 추출액이 포함되지 않은 염장액에 침지하였다.

### 색도 및 염도 분석

색도 분석은 색도계(Color Difference meter, Model CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 고등어 필렛의 안쪽 표면색을 3회 반복 측정하였다. 색도는 L\*값(lightness, 명도), a\*값(+redness, -greenness, 적녹색도) 및 b\*값(+yellowness, -blueness, 황청색도)으로 표시하여 색의 차이를 비교 분석하였다. 이때 사용된 표준 백색판의 L\*값은 97.94, a\*값은 -0.58 및 b\*값은 3.58이었다.

염도는 Mohr 방법(Shin 등, 1996)을 적용하여 측정하였으며, 측정에 사용한 시료 제조는 다음과 같다. 식용 식물

추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어의 껍질과 내장, 가시 부위를 제거한 측면 조직 10 g에 25°C의 증류수 100 mL를 넣은 후 브라운 핸드믹서(MR-5550MFP, Braun, Frankfurt, Germany)로 15초간 진탕하였다. 진탕액은 Whatman No. 541(GE Healthcare, Maidstone, England)에 걸러서 10분간 여과하였다. 여과된 용액은 삼각플라스크에 10 mL 취하고, 5% potassium chromate(Daejung, Siheung, Korea) 1 mL를 지시약으로 첨가한 후 표준용액 0.1 N AgNO<sub>3</sub>(Daejung)로 적정하여 용액이 약간의 적갈색을 띠는 부근을 종말점으로 하였다. 염도 계산법은 다음과 같다.

$$\text{염도}(\%) = 0.00585 \times 0.1 \text{ N AgNO}_3 \text{ 역가} \times (\text{시료 적정량} - \text{공실험 적정량}) \times \text{희석배수} / \text{시료 채취량(g)}$$

### 신선도 지수 측정

고등어 제품의 신선도를 비교하기 위해 휘발성 염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)와 trimethylamine(TMA)을 측정하였다. VBN 및 TMA는 Conway 미량확산법을 이용하여 실시하였다(Lee 등, 2008). 고등어 필렛 분쇄물 10 g에 증류수 10 mL와 10% trichloroacetic acid(TCA, Daejung) 20 mL를 넣고 소량의 해수를 가하여 마쇄 여과한 후 30분간 추출하였다. 추출액은 5% TCA를 첨가하여 50 mL로 정용하여 시료액을 제조하였다. 이후 Conway 수기를 사용하여 내실에는 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>(Daejung) 1 mL를 주입하고 외실에 시료액 1 mL와 포화 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Daejung) 1 mL를 첨가하여 37°C에서 1시간 반응시킨 다음 0.02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액(Daejung)으로 적정하여 측정하였다. 단 TMA의 경우 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Daejung)를 가하기 전에 10% formalin(Daejung)을 첨가했으며, 이후 VBN과 동일한 방법으로 측정하였다.

### 핵산 분석

어패육에 있어서 핵산은 정미성분 및 선도판정 지표물질이며, 그중에서도 IMP는 어류의 중요한 지미성분으로 알려져 있다(Jang 등, 2011). 마쇄한 어육 1 g에 3차 증류수를 사용하여 100 mL 정용한 후 충분히 교반하였다. 정용한 것은 0.45  $\mu$ m syringe filter(Advantek, Tokyo, Japan)로 여과해서 분석시료로 활용하였다. Inosine monophosphate(IMP) 및 guanosine monophosphate(GMP) 분석은 HPLC(Agilent 1260 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)에 ODS-C<sub>18</sub>(250×4.6 mm, 5  $\mu$ m, YMC, Kyoto, Japan)을 장착하고 이동상으로 TMA(pH 6.5)를 1 mL/min의 유속으로 흘리면서 HPLC(Agilent Technologies)에 시료를 20  $\mu$ L 주입하여 DAD 254 nm에서 분리하였다. 표준용액의 retention time을 비교하여 핵산 관련 성분을 확인하였다(Ryu 등, 2009).

### 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법에 따라 측정하

였다(Slinkard와 Singleton, 1977). 시료 0.5 mL에 10% Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 2.5 mL를 첨가하고 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Daejung) 2 mL를 가하여 30분간 실온에서 방치하였다. 반응물의 흡광도는 760 nm에서 spectrophotometer(Eon, BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 측정하였고, gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용한 표준곡선으로 양을 환산하였다. 총 플라보노이드 함량은 Moreno 등(2000)의 방법을 변형하여 시료 용액 0.04 mL에 10% aluminium nitrate(Daejung)와 1 M potassium acetate(Daejung), methanol(Daejung)을 혼합한 용액을 0.4 mL 가하여 암실에서 40분간 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 rutin(Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 표준곡선을 작성한 후 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

시료에서 α,α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 DPPH의 환원성을 이용하여 517 nm에서 spectrophotometer(Eon)로 측정하였다. 대조구로 사용한 ascorbic acid(Supelco, Bellefonte, PA, USA) 농도는 0.5 mg/mL가 되도록 조제하였으며, 시료 0.1 mL와 200 mM DPPH 용액(Sigma-Aldrich Co.) 0.1 mL를 혼합하고 이를 암실에서 30분간 반응시킨 후 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 ethanol(Daejung) 0.1 mL를 첨가하였으며, DPPH 라디칼 소거능을 대조구에 대한 흡광도의 감소 비율로 나타내었다(Hong 등, 2012).

### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성 측정

ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성은 Hong 등(2012)의 실험 방법을 변형하여 측정하였다. 70 mM 2,2'-azino-bis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma-Aldrich Co.) 0.5 mL와 24.5 mM potassium persulfate(Daejung) 0.5 mL, 증류수 4 mL를 혼합한 후 25°C의 암소에서 16시간 동안 반응시켰다. ABTS<sup>+</sup> 용액의 농도는 734 nm에서 흡광도가 0.700±0.01 정도가 되도록 조정하였다. 시료 0.05 mL와 ABTS<sup>+</sup> 용액 0.1 mL를 혼합한 후 20°C에서 10분간 암실에서 반응시킨 다음 734 nm에서 spectrophotometer(Eon)로 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 50% ethanol(Daejung) 0.1 mL를 첨가하였으며, ABTS<sup>+</sup> 라디칼

소거 활성을 대조구에 대한 흡광도의 감소 비율로 나타내었다.

### 통계처리

실험 결과는 SPSS(version 25.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 실험 결과 값은 평균±표준오차로 나타내었다. 평균치의 통계적 유의성 검정은  $P<0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 식용 식물 추출물이 저온진공 건조 고등어의 색도, 염도 및 IMP에 미치는 영향 비교

각 식용 식물(녹차잎, 연잎, 솔잎) 추출물에 침지한 고등어를 저온진공 건조한 후 색도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 고등어는 필렛 안쪽 부분의 색도를 측정하였다. 명도(L\*)는 대조군이 62.48±1.21로 가장 높았으며, 다음으로 높은 L\*값은 연잎 추출물에 침지한 고등어의 58.17±1.48이었다. 녹차잎과 솔잎 고등어의 L\*값은 이보다 낮은 각각 56.58±0.70과 52.92±0.47이었다. 녹차잎과 연잎 고등어의 적녹색도(a\*)는 각각 2.05±0.39와 2.60±0.17로 대조군 1.20±0.24에 비해 유의적으로 높았으며, 솔잎 고등어의 a\*값은 0.86±0.28이었다. 황청색도(b\*)는 대조군이 13.77±0.49로 가장 높았으며, 다음으로 높은 b\*값은 녹차잎 고등어의 13.09±0.60이었다. 연잎과 솔잎 고등어의 b\*값은 각각 11.64±0.24와 7.34±0.80이었다.

명도 L\*값은 높을수록 흰색을, 낮을수록 검은색을 나타내기 때문에 일반적으로 식품 가공 시 갈변을 표시하는 지표로 활용된다(Subhashree 등, 2017). 특히 어류는 소비자의 품질평가에 갈변 또는 색의 변화가 나쁜 영향을 미친다(Guo 등, 2018). 연잎 추출물에 침지한 고등어는 저온진공 건조 시 다른 식용 식물 추출물에 침지한 고등어에 비하여 높은 L\*값을 보여, 즉 갈변이 적어 소비자의 좋은 품질평가를 받을 것으로 사료된다.

식용 식물 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어의 염도는 2.504~2.807%의 함량을 보였으며, 각기 다른 식용 식물 추출물 침지에 의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 1).

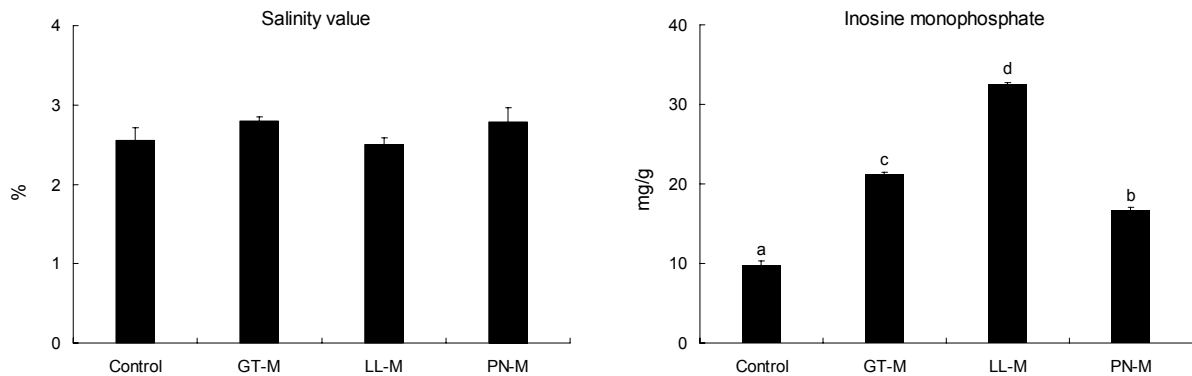
식용 식물 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어에서 확인된 주요 핵산 관련 성분은 IMP로 9.797~32.49 mg/g의 함량을 나타냈으며, GMP는 검출되지 않았다. 본 연구

**Table 1.** Color of the mackerel treated with green tea (GT), lotus leaf (LL), and pine needle (PN) extract

Color	Dried mackerel <sup>1)</sup>			
	Control	GT-M	LL-M	PN-M
L*	62.48±1.21 <sup>c2)</sup>	56.58±0.70 <sup>b</sup>	58.17±1.48 <sup>b</sup>	52.92±0.47 <sup>a</sup>
a*	1.20±0.24 <sup>a</sup>	2.05±0.39 <sup>b</sup>	2.60±0.17 <sup>b</sup>	0.86±0.28 <sup>a</sup>
b*	13.77±0.49 <sup>c</sup>	13.09±0.60 <sup>bc</sup>	11.64±0.24 <sup>b</sup>	7.34±0.80 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>GT-M: mackerel treated with green tea extracts, LL-M: mackerel treated with lotus leaf extracts, PN-M: mackerel treated with pine needle extracts.

<sup>2)</sup>Values are expressed as mean±SE. Values not sharing a common letter (a-c) are significantly different among groups ( $P<0.05$ ).



**Fig. 1.** Salinity and inosine monophosphate value in the dried mackerel treated with green tea (GT), lotus leaf (LL), and pine needle (PN) extract. Values are expressed as mean±SE. Values not sharing a common letter (a-d) are significantly different among groups ( $P<0.05$ ).

에서 IMP는 모든 군 간에 유의적인 차이를 보였는데, 연잎 추출물에 침지한 고등어의 IMP 함량은 32.49 mg/g으로 가장 높았으며, 녹차잎과 솔잎 고등어는 각각 21.15 mg/g과 16.59 mg/g이었다(Fig. 1).

핵산 관련 성분의 분해과정에서 생성되는 어류의 주요 정미성분인 IMP는 AMP가 AMP 탈아미노 효소의 작용에 의하여 생성된 성분으로 어류에 향미 강화기능을 한다(Ryu 등, 2009). 또한 IMP의 함량은 어류의 품질 및 신선도를 평가하는 지표로 활용되며, 유리아미노산과의 시너지를 통해 어류의 맛에 큰 역할을 한다(Fletcher와 Statham, 1988). 따라서 연잎 추출물에 침지하여 저온건공 건조한 고등어는 다른 식용 식물 추출물에 침지한 고등어보다 IMP 함량이 높아 향후 향미가 강화된 고등어 제품개발에 도움을 줄 것으로 사료된다.

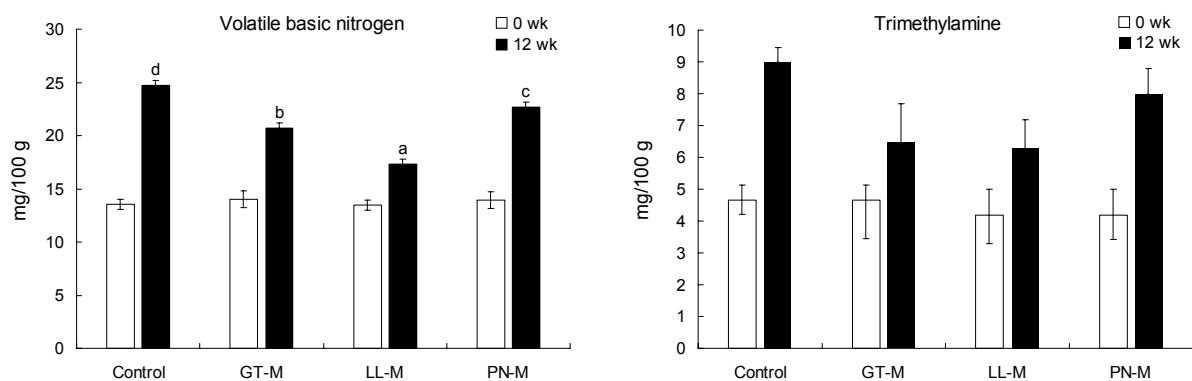
#### 식용 식물 추출물이 저온건공 건조 고등어의 신선도에 미치는 영향 비교

수산물에는 어획 후 선도가 저하되면 어육 내 지질 성분 산화 및 환원계 효소, 세균의 작용에 의해 TMAO(trimethyla-

mineoxide)가 TMA로 환원된다(Landfald 등, 2017). 또한 저급 염기성 물질의 생성, 세균의 증식 등으로 단백질이 분해되어 생성되는 암모니아 질소 등에 의해 VBN의 함량이 증가하게 된다(Song 등, 2009).

VBN 지표 범위는 일반적으로 5~25 mg/100 g이 보통 신선한 어육, 30~40 mg/100 g이 부패 초기 어육, 50 mg/100 g 이상은 부패한 어육으로 분류한다. 저장 초기 대조군을 포함한 모든 실험군에서 VBN 함량은 13.4~13.9 mg/100 g으로 신선한 상태였으나 12주간 4°C 저장 후 모든 실험군에서 유의적인 차이를 보이며 증가하였다(Fig. 2). 대조군의 VBN은 13.52 mg/100 g에서 24.71 mg/100 g으로 약 2배가량 증가하였다. 녹차잎, 연잎, 솔잎 추출물에 침지하여 저온건공 건조한 고등어의 VBN은 각각 14.00 mg/100 g에서 20.70 mg/100 g, 13.47 mg/100 g에서 17.33 mg/100 g, 13.94 mg/100 g에서 22.66 mg/100 g으로 증가하였다. 솔잎> 녹차> 연잎의 순으로 연잎 고등어의 VBN 증가율이 가장 낮았다.

TMA는 VBN처럼 저장기간 동안 생성이 증가하는 경향을 보였으며, 대조군 및 실험군 간에 유의적인 차이는 없었



**Fig. 2.** Change of volatile basic nitrogen and trimethylamine value in the dried mackerel treated with green tea (GT), lotus leaf (LL), and pine needle (PN) extract. Values are expressed as mean±SE. Values not sharing a common letter (a-d) are significantly different among groups ( $P<0.05$ ).

다(Fig. 2).

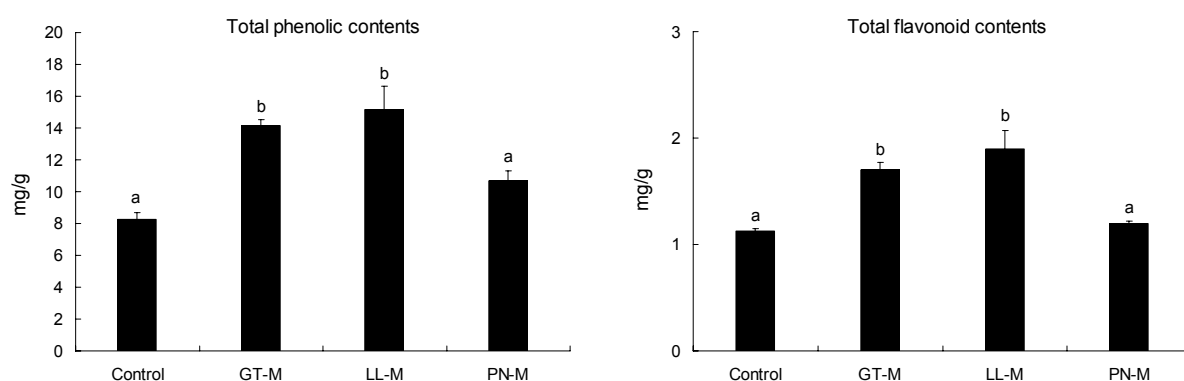
가공 고등어의 저장 중에 VBN 및 TMA의 함량 증가는 저장 중에 일어날 수 있는 변화이다. 본 연구에서 식용 식물 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어는 12주간 4°C에서 저장하였어도 최고 22.66 mg/100 g 이하의 VBN 값을 나타내어 신선한 어육인 것으로 사료된다. 식용 식물 추출물을 처리한 고등어에서 VBN의 생성을 억제하였으므로 품질 보존에 효과가 있을 것으로 사료된다. 특히 연잎 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어의 VBN 증가율이 가장 낮은 것으로 보아 향후 풍미가 높고 품질 보존 기간이 긴 고등어 제품 개발에 효과적일 것으로 사료된다.

### 식용 식물 추출물이 저온진공 건조 고등어의 항산화에 미치는 영향 비교

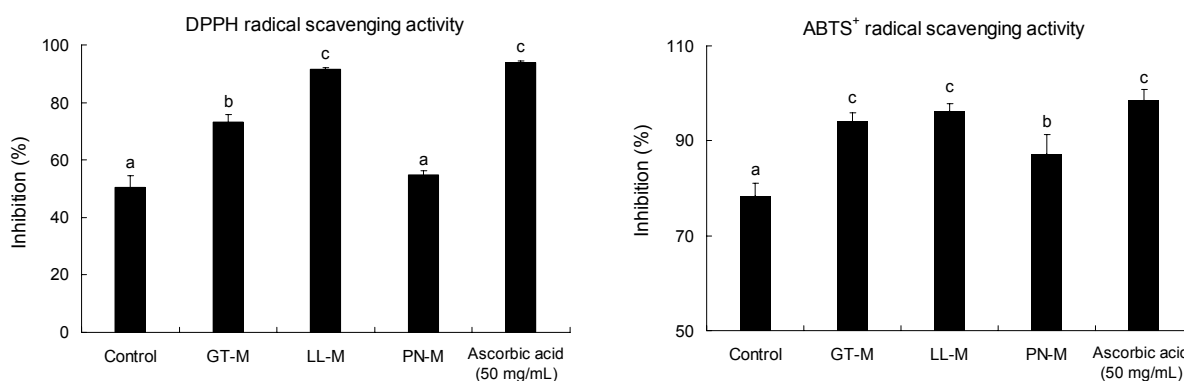
탄수화물, 지질, 단백질과 같은 여러 가지 생물학적 분자들에게 손상을 일으키는 free radical에 전자나 수소 원자를 공여하여 안정한 상태로 전환시키는 것을 항산화능이라 한다. 식품의 짭은맛 및 쓴맛과 같은 특유한 맛을 내는 페놀성 화합물은 활성산소를 제거하는 항산화 효과, 생리활성 등의

작용을 한다(Song과 Choi, 2017). 페놀성 물질 중 하나인 플라보노이드 또한 electrophiles 및 free radical을 소거하여 생체 내에서 활성산소 생성 억제 효과를 나타내었다(Song 등, 2015). 따라서 총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량의 측정은 free radical을 소거하는 항산화 활성도에 중요한 인자로 작용할 수 있다. 녹차, 연잎, 솔잎 추출물에 침지, 염장하여 저온진공 건조한 고등어의 총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량은 연잎과 녹차 추출물에 침지한 군이 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, 솔잎 추출물은 영향을 미치지 않았다.

식용 식물 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어의 전자공여능을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. DPPH 라디칼은 항산화 물질에서 수소이온이나 전자를 제공받아 안정화된 상태로 전환되면서 흡광도가 변화하는데, 이와 같은 원리를 이용하여 항산화 물질의 라디칼 소거 활성 측정에 널리 사용되고 있다(Lee 등, 2004). 연구 결과 양성대조군인 ascorbic acid(50 mg/mL)가 93.97%로 가장 높게 측정되었다. 솔잎 추출물 침지 고등어는 54.94%로 대조군과 차이를



**Fig. 3.** Total phenolic and flavonoid contents in the dried mackerel treated with green tea (GT), lotus leaf (LL), and pine needle (PN) extract. Values are expressed as mean±SE. Values not sharing a common letter (a,b) are significantly different among groups ( $P<0.05$ ).



**Fig. 4.** DPPH and ABTS<sup>+</sup> radical scavenging activities in the dried mackerel treated with green tea (GT), lotus leaf (LL), and pine needle (PN) extract. Values are expressed as mean±SE. Values not sharing a common letter (a-c) are significantly different among groups ( $P<0.05$ ).

보이지 않았으며, 녹차잎 및 연잎 고등어는 각각 73.09%와 91.55%를 나타내었다. 연잎 고등어의 경우에는 양성대조군 수준으로 라디칼 소거 활성을 보였다.

ABTS 라디칼 소거능 또한 DPPH 소거능 결과와 같은 경향을 보였다. ABTS 라디칼은 항산화 물질에 의하여 수소를 제공받아 안정적인 물질로 변하는 과정에서 푸른색이 제거되는 원리를 이용한 실험방법이다(Kim 등, 2019). 양성대조군인 ascorbic acid(50 mg/mL)의 ABTS 라디칼 소거능은 98.56%로 가장 높게 측정되었다. 연잎, 녹차잎, 솔잎 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어는 각각 96.26%, 94.11%, 87.28%를 나타내었다. 연잎 고등어는 ABTS 라디칼 소거능 또한 양성대조군인 ascorbic acid 활성과 동일한 수준을 보여 항산화 활성이 뛰어난 것을 검증하였다. 연잎 추출물은 DPPH 라디칼 소거능과 hydroxyl radical 소거능 등 항산화 활성이 뛰어나다고 알려져 있다(Jung과 You, 2010). 본 연구에서도 연잎 추출물은 DPPH 소거능과 ABTS 라디칼 소거능이 높은 것이 검증되어 천연 유래 항산화제로 사용이 가능할 것으로 사료된다. 더불어 연잎 추출물은 높은 항산화 활성이 있으므로 향후 고등어의 산화 억제 및 품질 향상, 신선도 유지 등에 매우 적합한 가공소재로 사료된다.

## 요 약

본 연구에서는 여러 식용 식물(녹차잎, 연잎, 솔잎) 추출물에 침지하여 저온진공 건조한 고등어의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 비교하고자 색도, 염도, 핵산 함량, 신선도 및 항산화 활성 등을 측정하였다. 식용 식물 추출물에 침지한 고등어의 색도의 명도(brightness) 순서는 연잎 > 녹차잎 > 솔잎 순이었으며, 더불어 어류의 주요 정미성분인 IMP 함량도 연잎 추출물에 침지한 고등어에서 가장 높았다. 신선도 지표인 VBN은 12주간 냉장보관하며 확인한 결과 연잎 추출물에 침지한 고등어에서 VBN 증가량이 가장 적었으며, 항산화 물질인 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 연잎과 녹차잎 추출물 침지 고등어에서 높았다. 특히 연잎 추출물 침지 고등어는 DPPH 소거능과 ABTS 소거능 측정 시 양성대조군인 ascorbic acid와 같은 수준의 항산화력을 보였다. 이는 연잎 추출물이 매우 효과적인 항산화 기능성을 가지며, 연잎이 천연 산화보존료로서 활용되어 고등어의 신선도를 최대한 유지할 수 있다고 사료된다.

## 감사의 글

본 논문은 목포시에서 주관한 연구사업 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

Cropotova J, Mozuraityte R, Standal IB, Rustad T. Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*)

- subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. *Food Control*. 2019. 104:1-8.
- de Alba M, Pérez-Andrés JM, Harrison SM, Brunton NP, Burgess CM, Tiwari BK. High pressure processing on microbial inactivation, quality parameters and nutritional quality indices of mackerel fillets. *Innovative Food Sci Emerging Technol*. 2019. 55:80-87.
- Fletcher GC, Statham JA. Shelf-life of sterile yellow-eyed mullet (*Aldrichetta forsteri*) at 4°C. *J Food Sci*. 1988. 53:1030-1035.
- Guo Q, Truonghuynh T, Jiang C, Wang L, Li B, Xing X. Quality differences of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) cultured in deep-water sea cages of two China regions. *J Aquac Res Development*. 2018. 9:1000547. doi: 10.4172/2155-9546.1000547.
- Gwak HJ, Eun JB. Chemical changes of low salt *Gulbi* (salted and dried yellow croaker) during hot-air drying with different temperatures. *Korean J Food Sci Technol*. 2010. 42:147-154.
- Hong SM, Moon HS, Lee JH, Lee HI, Jeong JH, Lee MK, et al. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2012. 41:927-935.
- Jang MS, Park HY, Kim KW, Kim KD, Son MH. Comparison of free amino acids and nucleotides content in the olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellet. *Korean J Food Preserv*. 2011. 18:746-754.
- Jung SY, You YO. Screening of antioxidative activities from *Nelumbinis Folium* for using of beauty materials. *J Cosmet Sci*. 2010. 6:357-362.
- Kang ST, Yoo UH, Nam KH, Kang JY, Oh KS. Antioxidative effects of green tea extract on the oxidation of anchovy oil. *J Agric Life Sci*. 2007. 41:47-53.
- Kim JD, Choi KJ, Park BH, Yoon TH, Im KJ, Ju JS, et al. Effect of dietary supplementation with pine leaf on lipid parameters in rats. *Kor J Gerontol*. 1991. 1:47-50.
- Kim JH, Cho HD, Won YS, Park WL, Min HJ, Han SH, et al. Antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibition activity of solvent fractions from *Prunus mume* ethanol extract. *J Life Sci*. 2019. 29:1111-1119.
- Landfald B, Valeur J, Berstad A, Raa J. Microbial trimethylamine-N-oxide as a disease marker: something fishy?. *Microb Ecol Health Dis*. 2017. 28:1327309.
- Lee JH, Na MS, Lee MY. Effects of ethanol extract of *Prunus mume* on the antioxidative system and lipid peroxidation on ethanol-induced hepatotoxicity in rat liver. *Korean J Food Preserv*. 2004. 11:71-78.
- Lee KD, Choi CR, Cho JY, Kim HL, Ham KS. Physicochemical and sensory properties of salt-fermented shrimp prepared with various salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2008. 37:53-59.
- Lee KS, Kim MG, Lee KY. Antioxidative activity of ethanol extract from lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2006. 35:182-186.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol*. 2000. 71: 109-114.
- Nam KH, Jang MS, Lee DS, Yoon HD, Park HY. Effect of green tea and lotus leaf boiled water extracts treatment on quality characteristics in salted mackerel during storage. *Korean J Food Preserv*. 2011. 18:643-650.
- NFRDI. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea. 2004. p 1-333.
- Park JH, Bae NY, Park SH, Kim MJ, Kim KBWR, Choi JS,

- et al. Effects of immersion liquid and high hydrostatic pressure on the physicochemical quality characteristics of *Scomber japonicus*. Microbiol Biotechnol Lett. 2016. 44:150-155.
- Ryu KY, Shim SL, Kim W, Jung MS, Hwang IM, Kim JH, et al. Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the conger eels (*Conger myriaster*). J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009. 38:1069-1075.
- Shin CM, Choi YJ. Effect of green tea extract on lipid oxidation of water/horse oil emulsion. J Korea Acad Industr Coop Soc. 2018. 19:407-414.
- Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim DK, Lim MS. Studies on the physicochemical characteristics of traditional *kochujang*. Korean J Food Sci Technol. 1996. 28:157-161.
- Shin SR, Hong JY, Nam HS, Huh SM, Kim KS. Chemical changes of salted mackerel by Korean herbal extracts treatment and storage methods. Korean J Food Preserv. 2006. 13: 18-23.
- Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. Am J Enol Vitic. 1977. 28:49-55.
- Song EJ, Kim JY, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, et al. Effect of roasted ground coffee residue extract on shelf-life and quality of salted mackerel. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009. 38:780-786.
- Song WY, Byeon SJ, Choi JH. Anti-oxidative and anti-inflammatory activities of *Sasa borealis* extracts. J Agric Life Sci. 2015. 49:145-154.
- Song WY, Choi JH. Total phenols, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Spirodela polyrhiza* extracts. J Life Sci. 2017. 27:180-186.
- Subhashree SN, Sunoj S, Xue J, Bora GC. Quantification of browning in apples using colour and textural features by image analysis. Food Qual Saf. 2017. 1:221-226.
- Yoo JH, Cha JY, Jeong YK, Chung KT, Cho YS. Antioxidative effects of pine (*Pinus densiflora*) needle extracts. J Life Sci. 2004. 14:863-867.