

냉장 저장 중 고등어(*Scomber japonicus*)의 선도 지표 개발을 위한 품질 특성 평가

박선희 · 김민주 · 김고은 · 최현덕¹ · 박소영 · 김민지 · 김꽃봉우리 · 김영민¹ · 남택정^{1,2}
홍창욱³ · 최재혁³ · 장명기³ · 이주운³ · 안동현*

부경대학교 식품공학과/식품연구소, ¹부경대학교 수산과학연구소, ²부경대학교 식품영양학과, ³주디바이스넷 연구소

Assessment of Quality Changes in Mackerel *Scomber japonicus* During Refrigerated Storage: Development of a Freshness Indicator

Sun-Hee Park, Min-Ju Kim, Go-Un Kim, Hyeun-Deok Choi¹, So-Yeong Park, Min-Ji Kim, Koth-Bong-Woo-Ri Kim, Young-Min Kim¹, Taek-Jeong Nam^{1,2}, Chang-Wook Hong³, Jae-Hyuk Choi³, Myung-Kee Jang³, Ju-Woon Lee³ and Dong-Hyun Ahn*

Department of Food Science and Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

³Devicenet Research Institute, Anyang 14056, Korea

No freshness indicator for fish has yet been established. Thus, we investigated changes over time in mackerel quality in an effort to development useful indicators. Fresh whole mackerel *Scomber japonicus* were stored at 4°C immediately after capture and quality changes were evaluated every 3 days for a total of 15 days. Whole fish were divided into ventral parts (VPs) and dorsal parts (DPs); we measured the trimethylamine (TMA) and volatile basic nitrogen (VBN) levels, pH values, and color values in/of these parts. The TMA and VBN levels tended to increase during storage and the TMA changes in VPs were higher than those in DPs. In particular, the VP TMA content attained a maximum of 3.68 mg/100 g at 6 days, and the VBN content attained a maximum of 20.88 mg/100 g at 9 days, suggestive of initial fish spoilage. The pH ranged from 5.99–6.17 over the first 3 days and from 6.17–6.38 from days 6–15. Surface color changes on VPs and DPs were explored. Significant decreases in both VP lightness and yellowness were evident after 3 days. The data suggest that both TMA level and lightness of the color are valuable indicators of freshness in the initial stage of mackerel retail.

Key words: Mackerel, Quality changes, Freshness indicator

서 론

고등어는 국내 소비량이 2005년을 기점으로 연간 소비량 155,617 M/T이었던 것이 2011년 211,755 M/T로 급격히 증가하였으며(Jang et al., 2015), 우리나라, 중국, 일본 등에서 매년 100만 톤 내외가 어획되어 중요한 유용 자원으로 자리매김하고 있다(FAO, 2014). 고등어는 지질과 단백질이 풍부하며, 특히, 고도불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)과 단백

질 가수분해물인 peptide 등을 풍부하게 함유하고 있다(Kim et al., 2002). 하지만 PUFA는 쉽게 산화분해 되어 유지의 산화변색, 저급 carbonyl 화합물의 생성으로 발생되는 불쾌치, 유리지방산의 생성으로 인한 단백질 변성 촉진 및 영양가 저하 등의 품질 저하의 문제점이 된다(Gwak and Eun, 2010; Lingnert and Eriksson, 1980). 이처럼 선도저하가 빠른 고등어는 바람직하지 못한 유통, 저장 중에 scombroid fish poisoning과 같은 알러지성 식중독을 일으킬 수 있다(Mackie et al., 1997).

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0731>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 49(6) 731-736, December 2016

Received 6 October 2016; Revised 26 October 2016; Accepted 10 November 2016

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5831 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: dhahn@pknu.ac.kr

현재 품질이 우수한 수산물을 공급하기 위해 산지에 수산물산지거점유통센터를 건립하여 현지에서 가공해 소비까지 콜드체인으로 유통할 수 있는 인프라를 구축함으로써 소비자에게 안전한 수산물을 공급하기 위한 기반을 조성해 나가고 있다. 하지만 농산물의 경우 물리적 규격과 다양한 포장규격을 제공하고 있으며, 품질 등급 판정을 위한 질적 품질 기준을 제공하여 제품 차별화가 가능한 실정이지만(NAQS, 2012), 수산물의 경우 선도저하가 급속히 이루어지기 때문에 품질 등급을 판정할 수 있는 시스템이 개발·구축되어 있지 않다. 또한 수산물에 대한 품질인증제도에서 품질 기준 규정은 어류의 경우, 횡감용, 가공식품 및 냉동수산물에 대해서만 품질 기준이 정해져 있으며, 어류의 형태, 색깔, 향미 등 주로 외관의 관능적 특성에 대한 것으로, 보다 객관적 기준 마련이 시급한 실정이다. 이전 연구에서, 고등어의 저장 조건에 따른 선도 저하의 품질 변화(Ha et al., 2007) 및 이를 개선할 수 있는 천연물(Kang et al., 2014; Kim et al., 2014)과 물리적 처리(Song et al., 2005)에 따른 품질 변화에 대해 연구가 이루어져 왔지만 이를 산지에서 신속한 품질 측정 시스템 개발을 위해 적용하기 위한 고등어 신선도 측정 지표 개발에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 산지에서 바로 적용할 수 있는 고등어의 선별 및 유통기준에 따른 품질 신속측정기술과 품질판정 시스템 개발을 하기 위한 첫 단계로, 바로 어획한 고등어를 냉장상태에서 저장하여 화학적 지표인 trimethylamine (TMA), volatile basic nitrogen (VBN), pH와 관능적 지표인 색도에 대한 변화를 측정하여 어류 신선도 신속측정장치와 품질판정시스템 개발에 필요한 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 고등어는 당일 어획한 것을 6마리씩 4°C 냉장 저장하여 15일동안 3일 간격으로 실험에 사용하였다. 어획된 고등어는 35-40 cm 체장의 500-750 g과 35 cm 미만의 체장의 500 g 미만인 중, 소 크기로 vision inspection system (D-VIS-01-P, Devicenet, Inc., Seoul, Korea)과 load cell (OBBL, Bongsin Loadcell Co., Ltd., Seongnamsi, Korea)이 장착된 선어규격 신속측정 시스템으로 분류되었으며, 각각 3마리씩 저장하여, 실험 당일에 내장, 머리, 꼬리, 뼈를 제거한 후, 육을 등과 배 부분으로 나누어 실험을 실시하였다.

pH

고등어를 등과 배 부분으로 나눈 후 등 부분의 육을 시료로 사용하였다. 잘게 다진 육 3 g에 증류수를 30 mL 가하여 균질기(Ace Homogenizer, AM-7, Nihonseiki)를 이용하여 10,000 rpm에서 2분간 균질화 한 후, 실온에서 pH meter (HM-30V, TOA, Kobe, Japan)를 이용하여 측정하였다.

Trimethylamine (TMA)

TMA 함량 측정은 AOAC법(2000)을 변형하여 측정하였다. 고등어는 육을 등과 배 부위로 나누어 각 시료를 10 g 측정하여 7.5% TCA 용액 20 mL를 첨가한 후, 균질기(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Japan)로 5,000 rpm에서 1분간 균질화 한 후, 교반기(MS-2026, Misung Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)로 30분간 교반 하였다. 여과지(Advantec 5A, Tokyo, Japan)를 사용하여 여과한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리기(Combi 514R, Hanil Science Industrial Co. Ltd., Kimpo, Korea) 원심분리 하였다. 여과액 4 mL를 분취하여 20% formaldehyde 1 mL, 무수 toluene 10 mL 및 포화 K₂CO₃ 3 mL를 순서대로 첨가 한 후, 1분간 vortexing 한 다음 5분간 정치하고, 분리된 toluene 상층액에 Na₂SO₄로 1분간 탈수 시켰다. 탈수된 상층액은 0.02% picric acid와 1:1 반응 시켜 410 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Volatile basic nitrogen (VBN)

본 실험에서는 식품공전상의 Conway 법을 이용하여 실시하였다(KFDA, 2002). 고등어 육을 등과 배로 나누어 세절한 후, 10 g을 칭량한 뒤 증류수 50 mL 첨가하여 10분 교반, 5분 정지를 3번 실시하였다. 총 30분간 침출된 용액은 3,000 rpm, 10분간 원심분리를 하여 맑은 상층액을 얻었다. 이후 상층액을 여과시킨 뒤 5% H₂SO₄를 이용하여 pH 4.0으로 보정하고 100 mL 정용하였다. Conway unit 내실에는 0.01 N H₂SO₄ 1 mL, 외실에는 sample과 포화 K₂CO₃를 1 mL씩 첨가하고 혼합하여 클립을 채워 25°C, 습도 30%의 조건에서 1시간 반응시켰다. 이후 내실에 brunswik 시약을 한 방울 첨가한 후 미량수평뷰렛을 이용하여 0.01 N NaOH로 적정하였다.

색도

고등어 표면에서 등 부위의 5번째, 12번째, 19번째 줄무늬를 기준으로 하여 등 측면의 어두운(남색) 부분과 줄무늬 사이 부분, 배 측면의 밝은 부분을 색차계(A80F-208, Konica Minolta, INC, Japan)로 측정하였다. 색도는 L* (lightness, 명도), a* (redness, 적색도), b* (yellowness, 황색도) 값을 이용하여 측정하였다.

통계처리

실험 결과의 통계처리는 SAS program (Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 평균값을 분산분석한 후, Duncan의 다중검정법으로 P<0.05 수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

TMA 함량 변화

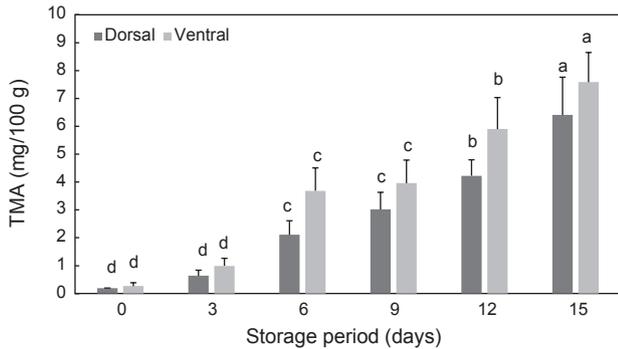


Fig. 1. Changes in trimethylamine (TMA) contents in mackerel *Scomber japonicus* for 15 days during storage at 4±1°C. ^{a-d}Means with superscripts above same color bars are significantly different ($P<0.05$).

어패류에 함유되어 있는 trimethylamine oxide (TMAO)는 사후에 세균 또는 어패류 중에 존재하는 효소 등에 의해 TMA로 환원되며 비린내를 유발하고 이를 통해 부패 정도를 측정하게 된다(Kim et al., 2009; Benjakul et al., 2004). 이번 실험에서는 고등어를 15일 동안 3일 간격으로 4°C에 보관하여 등과 배 부위별로 TMA 함량을 측정하였다. 그 결과, 0일차 TMA의 함량은 등 0.20 mg/100 g, 배 0.27 mg/100 g이었고, 15일차에는 등 6.41 mg/100 g, 배 7.58 mg/100 g으로 저장기간 동안 꾸준히 증가하였다(Fig. 1). 특히, 3일차에서 TMA 값이 등에서는 0.63 mg/100 g, 배에서는 0.99 mg/100 g이었고, 6일차에서는 등 2.11 mg/100 g, 배 3.68 mg/100 g으로 저장 6일차에서 급격하게 TMA 값이 증가하였다. 이를 통해 3일에서 6일차 사이에 효소 또는 세균의 활성이 증가하여 TMA 변화 폭이 크게 나타난 것으로 사료된다(Shin, 2008; Esparaz and Cajipe, 2007). 또한, 모든 저장기간 동안 TMA의 함량이 등 부위보다 배 부위에서 더 높은 것을 확인 할 수 있었다. 6일차에서 고등어의 배 부위의 경우 초기 부패 값인 3 mg/100 g을 초과하는 것을 확인할 수 있었고, 등 부위에서는 저장 9일차에서 TMA 값이 3.02 mg/100 g으로 초기 부패 값을 초과하였다. 이는 배 부위가 내장과 접하고 있기 때문에 조직이 연약하고, 수분함량이 높아 내장의 부패가 세균 또는 효소에 의해 TMAO에서 TMA로의 환원이 더 빨리 진행 됨으로 등 부위보다 배에서 TMA값이 더 높게 나타난 것 사료된다(Pyeun et al., 1996). 어종에 따라 TMA의 초기 부패 수준은 차이를 보이고 있으며, 고등어의 TMA 초기 부패수준은 3-4 mg/100 g으로 보고되고 있으나(Song et al., 2005), 이는 산지에서 어획 되어 바로 유통되는 단계인 완전 초기 단계에서 신선도 지표로서 사용하기에 적절한 수준은 아니다. 따라서, 고등어에 대한 신선도 지표로서 배 부위가 등 부위보다는 TMA 함량 증가가 크게 나타나, 배 부위에서 TMA 함량 수준이 1 mg/100 g 이하일 때 고등어의 신선도 지표로서 나타낼 수 있는 허용 수준일 것으로 사료된다.

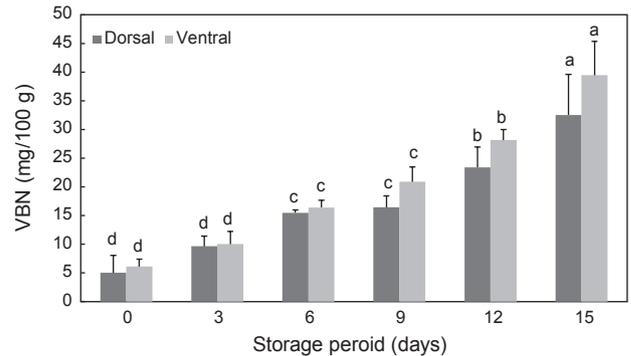


Fig. 2. Changes in volatile basic nitrogen (VBN) contents in mackerel *Scomber japonicus* for 15 days during storage at 4±1°C. ^{a-d}Means with superscripts above same color bars are significantly different ($P<0.05$).

VBN 함량 변화

신선한 고등어는 부패가 진행되면 육 내부에 미량으로 포함되어 있는 휘발성 염기질소의 함량이 증가하게 된다. VBN은 미생물에 의하여 단백질이 peptide, amino acid, peptone 등과 같은 저분자 물질로 분해하면서 그 함유량이 증가하기도 하며(Lee et al., 2013), 효소 및 미생물의 작용에 의해 TMAO가 환원되어 TMA 등과 같은 염기성 물질이 생성되어 VBN의 함량이 증가한다(Kang et al., 2014). VBN의 함량에 따라 어육의 선도 판정을 가늠할 수 있는데 신선한 어육에서는 5-10 mg/100 g, 보통 선도의 어육에서 15-25 mg/100 g, 부패 초기의 어육은 30-40 mg/100 g, 완전 부패의 경우 50 mg/100 g 이상의 수치를 나타내는 것으로 알려져 있다(Song et al., 2005). 또한, 수산 가공 원료의 선도 한계점으로는 20 mg/100 g을 제시하고 있다(Heu et al., 2008). 본 연구에서는 4°C 저온 저장 일차에 따른 고등어의 VBN 함량 변화를 측정하였다(Fig. 2). 그 결과, 0일차에는 배와 등 부분의 육이 각각 6.11 mg/100 g과 5.04 mg/100 g의 수치를 나타내어 신선한 육 상태를 보였으나 저장일차가 점점 길어짐에 따라 VBN의 함량은 점차적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 배 부분의 육이 등 부분의 육보다 선도저하에 따른 부패가 진행됨에 따라 VBN의 증가 폭이 더 큰 것을 확인할 수 있었다. 0일차부터 15일차에서 등 부분의 VBN 함량은 5.04 mg/100 g에서 32.53 mg/100 g으로 증가하였으며, 배 부분의 VBN 함량은 6.11 mg/100 g에서 39.46 mg/100 g을 나타내었고 이는 0일차 때와 비교했을 때 같은 고등어지만 부위에 따라 부패의 속도나 VBN 함량의 폭에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 등 부분은 12일차 23.40 mg/100 g의 수치에서 15일차 32.53 mg/100 g으로 배 부분은 12일차 28.16 mg/100 g의 수치에서 15일차 39.46 mg/100 g으로 급격한 VBN 함량의 증가 폭을 나타내었다. 이미 9일차부터는 배 부위의 육은 선도 한계점인 20 mg/100 g이상의 수치를 보였기 때문에 원료로써 이

용 될 수 없었으며, 4°C 저온 보관 시 등 부위는 15일차에 32.53 mg/100 g, 배 부위는 12일차에 28.16 mg/100 g으로 이미 초기 부패 수준인 30 mg/100 g에 근접하여 품질적으로 문제가 있음을 보였다. 또한 마지막 15일차에 배 부위는 39.46 mg/100 g으로 초기 부패 수준의 기준치를 넘기 직전으로 확인되었다. 저장일차에 따른 VBN 함량 증가는 미생물 또는 효소가 서서히 단백질을 분해시키면서 생성되는 암모니아나 질소 등에 의하여 VBN 함량이 증가하며 특히 배 부분의 육은 내장의 미생물 영향으로 급격한 선도 저하의 폭이 더 심한 것으로 사료된다. 결론적으로, 고등어를 저온 저장 시 원료로써 이용하기 위해서는 9일 이내로 저장하는 것이 바람직하며 본 실험에서 저장 12일 이후에 VBN의 함량이 초기 부패 수준에 도달하여 VBN은 고등어의 초기 선도 지표보다는 식용한계 지표로서 보다 더 적합한 것으로 사료된다(Özoğul and Özoğul, 2000).

pH 변화

사후 신선한 생선은 보통 pH 5.5-6.5 전후이며(Kim, 2004), 사후에 어육중의 해당반응이 진행되면서 젖산이 생성되어 pH가 낮아져 적색육 어류의 경우 pH 5.6-5.8에 이른다(Park et al., 1997). 하지만 시간이 경과함에 따라 생선의 여러 효소가 육 단백질을 분해하여 아미노태, 암모니아태질소가 증가하게 된다.

그리고 오염미생물에 의해 생선의 단백질이 분해되어 peptide와 amino acid, amine과 같은 양성전해질을 생성한다. 이렇게 생성된 아미노태, 암모니아태질소, peptide, amino acid, amine 등으로 인하여 pH가 상승하는 것으로 보고되고 있다(Shin et al., 2006). 보통 적색육 어류의 초기부패 pH는 6.2-6.4 정도이며 식용이 어려운 정도의 부패 pH는 6.5 이상으로 보고 있다(Park et al., 1997). 본 연구결과에서 고등어의 pH는(Fig. 3) 저

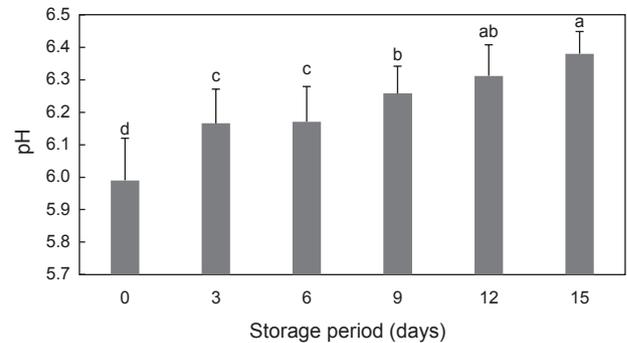


Fig. 3. Changes in pH in mackerel *Scomber japonicus* for 15 days during storage at 4±1°C. ^{a-d}Means with superscripts above bars are significantly different ($P < 0.05$).

Table 1. Changes in color value in mackerel *Scomber japonicus* surface for 15 days during storage at 4±1°C

Days	Color	Surface		
		Dorsal aspect		Ventral aspect
		Dark blue color of top	Between stripes	
0	Lightness	24.62±1.92 ^a	33.60±3.36 ^a	87.04±2.62 ^a
	Redness	-2.20±1.29 ^c	-3.44±0.62 ^c	-1.91±0.77 ^b
	Yellowness	-2.70±1.10 ^c	-3.79±1.63 ^{ab}	7.27±2.72 ^a
3	Lightness	21.59±1.65 ^d	33.49±4.32 ^a	79.11±4.61 ^b
	Redness	-1.36±0.72 ^b	-2.36±1.13 ^b	-1.26±1.83 ^a
	Yellowness	-1.77±1.15 ^a	-5.68±2.31 ^c	4.02±8.26 ^b
6	Lightness	22.39±1.69 ^{dc}	32.97±3.22 ^{ab}	76.44±1.82 ^c
	Redness	-0.93±0.38 ^{ab}	-1.45±0.46 ^a	-2.08±0.32 ^b
	Yellowness	-1.17±0.81 ^{ab}	-5.46±1.44 ^c	-2.67±1.91 ^d
9	Lightness	23.85±1.16 ^{ab}	31.97±1.07 ^{ab}	76.55±2.10 ^c
	Redness	-0.68±0.13 ^a	-1.21±0.27 ^a	-2.13±0.40 ^b
	Yellowness	-1.36±0.81 ^b	-4.56±1.12 ^{abc}	-0.61±3.13 ^{cd}
12	Lightness	22.78±1.37 ^{bc}	32.12±2.37 ^{ab}	76.39±2.48 ^c
	Redness	-0.76±0.24 ^a	-1.29±0.22 ^a	-1.97±0.38 ^b
	Yellowness	-1.67±0.57 ^{ab}	-4.75±1.04 ^{bc}	1.03±1.67 ^c
15	Lightness	22.25±1.69 ^{dc}	30.99±2.64 ^b	74.65±2.95 ^c
	Redness	-0.70±0.20 ^a	-1.32±0.53 ^a	-1.57±0.42 ^{ab}
	Yellowness	-1.07±0.77 ^{ab}	-3.55±1.65 ^a	3.85±2.30 ^b

^{a-d}Means with superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

장 0일차부터 15일차까지 5.99-6.38의 pH가 나타났으며, 3일 부터 pH 6.17로 초기 부패 수준에 도달하여 15일 저장기간 동안 유의적인 증가를 보였지만 완만한 증가를 보였다. 따라서, 고등어의 pH는 신선도 지표로서 사용하기에 pH 범위의 변화가 크지 않아 신선도 지표로서 사용하기에는 적합하지 않은 것으로 사료된다.

색도 변화

선도에 따른 고등어 표면의 색도에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 저장일차 별로 색도 측정을 실시하였다. 현재 우리나라에서 주로 어획되는 고등어는 *Scomber japonicus* 어종으로 등 부위는 짙은 남색과 검은색 물결무늬가 발달해 있으며, 배쪽은 무늬가 없으며 흰 체색을 가지는 특징을 가지고 있다. 따라서, 크게 등과 배부위로 나눈 뒤, 등 부위는 고등어 등 측면의 가장 어두운 짙은 남색 부분과 줄무늬 사이 부분으로 총 3곳으로 나누어 측정을 실시하였다(Table 1). 등 부분의 짙은 남색을 나타내는 부위의 색도 측정 결과, 명도는 0일차에서 24.62의 수치를 기록하였고 3-15일 저장기간 동안 21.59-23.85의 수치로 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도와 황색도에서는 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 줄무늬 사이의 색도 변화에서도 명도, 적색도, 황색도 모두 0일차와 비교 시 저장기간 동안 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 고등어 배 부분의 경우 명도는 0일차에 87.04이였으며, 3일차에 79.11, 6-15일 동안에는 76.44-74.65로 큰 변화는 없었다. 황색도는 0일차에는 7.27로 3일에서 15일 저장기간 동안 -2.67~4.02로 감소하는 것으로 나타났다. 반면 적색도는 저장기간 동안 큰 변화가 없었다. 색도 측정의 결과를 종합하여 보았을 때 고등어의 배 부분에서 색도의 뚜렷한 변화가 나타났으나, 황색도의 경우는 고등어 배 부분의 색깔이 약간의 황색이나, 흰색을 나타내는 경우도 있어 색의 분포가 일정하지가 않아 선도 지표로서 사용하기에는 적합하지 않으며, 명도의 경우는 배 부위에 있어 3일 이후부터 명도가 뚜렷한 감소를 나타내어 색도 중 명도는 선도 지표로서 사용하기에 적합한 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제명: 지능형 수산물 품질판정시스템 기술개발).

References

- AOAC. 2000. Official methods of analysis. In: Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Washington, DC, U.S.A., Chapter 35, 9.
- Benjakul S, Visessanguan W and Tanaka M. 2004. Induced formation of dimethylamine and formaldehyde by lizard fish (*Saurida micropectoralis*) kidney trimethylamine-N-oxide demethylase. Food Chem 84, 297-305. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00214-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00214-0).
- Esparaz G and Cajipe GJB. 2007. Trimethylamine formation in fillets of yellowfin tuna as an index of freshness: variation with storage time and temperature. Science Diliman 2, 66-80.
- FAO. 2014. The state of world fisheries and aquaculture 2014. 1-233.
- Gwak HJ and Eun JB. 2010. Chemical changes of low salt *Gulbi* (salted and dried yellow corvenia) during hot-air drying with different temperatures. Korean J Food Sci Technol 42, 147-154.
- Ha JH, Lee YS, Heo SK, Bae DH, Park SK, Hwang S and Ha SD. 2007. Combined effects of antibacterial film and storage temperature on shelf-life and microbiological safety of mackerel. J Fd Hyg Safe 22, 317-322.
- Heu MS, Kim HJ, Yoon MS, Park DY, Park KH and Kim JS. 2008. Food component characterization of muscle from salmon frame. J Korean Soc Food Sci Nutr 37, 1452-1456. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.11.1452>.
- Jang YS, Park KS and Lee JP. 2015. A study of fisheries distribution margin and performance ; focused on the case of mackerel. J Fish Bus Adm 46, 143-161. <http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.3.143>.
- Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Bark SW, Pak WM, Kim BR, Ahn NK, Choi YU, Byun MW and Ahn DH. 2014. Effects of immersion liquids containing *Citrus junos* and *Prunus mume* concentrate and high hydrostatic pressure on shelf-life and quality of *Scomber japonicus* during refrigerated storage. J Korean Soc Food Sci Nutr 43, 1555-1564. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.10.1555>.
- KFDA. 2002. Official book for food. Korean Food and Drug Administration, 221-222.
- Kim BR, Kim KBWR, Kim MJ, Kim DH, Jung SA, Kang BK, Bark SW, Pak WM, Park HM, Lim SM, Cho YJ and Ahn DH. 2014. The inhibitory effect of *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* ethanol extract on histamine in mackerel. Microbiol Biotechnol Lett 42, 93-98. <http://dx.doi.org/10.4014/kjmb.1310.10006>.
- Kim IS. 2004. Food and health. Shinkwang Press, Seoul, Korea, 338.
- Kim JS, Yeum DM, Kang HG, Kim IS, Kong CS, Lee TG and Heu TG. 2002. Fundamentals and applications for canned foods. Hyoil Publishing Co, Seoul, Korea, 32-36.
- Kim MK, Mah JH and Hwang HJ. 2009. Biogenic amine formation and bacterial contribution in fish, squid and shellfish. Food Chem 116, 87-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.010>.
- Lee KS, Kim JN and Jung IC. 2013. Physicochemical properties of ground pork with lotus leaf extract during refrigerated Storage. J East Asian Soc Dietary Life 23, 477-486.
- Lingnert H and Eriksson CE. 1980. Antioxidative maillard

- reaction products. I. products from sugars and free amino acids. *J Food Proc Preserv* 4, 161-172. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.1980.tb00602.x>.
- Mackie IM, Pirie L and Yamanaka H. 1997. Biogenic amine composition of the gonads of herring (*Clupea harengus*), mackerel (*Scomber scombrus*) and scallop (*Pecten maximus*). *Food Chem* 60, 57-59. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00309-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00309-3).
- NAQS. 2012. Annals of agricultural products quality management. national agricultural products quality management service. 1-273.
- Özoğul F and Özoğul Y. 2000. Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk J Zool* 24, 113-120.
- Park YH, Jang DS and Kim ST. 1997. Processing and using of fishery science. Hyungeol Press, Seoul, Korea, 73.
- Pyeun JH, Lee DS, Kim DS and Heu MS. 1996. Activity screening of the proteolytic enzymes responsible for post-mortem degradation of fish tissues. *J Korean Fish Soc* 29, 296-308.
- Shin SH. 2008. Effects of mud treatment on textural and sensory properties of mackerel. MS Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Shin SR, Hong JY, Nam HS, Huh SM and Kim KS. 2006. Chemical changes of salted mackerel by Korean herbal extracts treatment and storage methods. *Korean J Food Preserv* 13, 18-23.
- Song HN, Lee DG, Han SW, Yoon HK and Hwang IK. 2005. Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21, 662-668.