

얼음물 전처리 방법이 넙치육의 품질특성에 미치는 영향

신승호 · 성기협¹ · 정장호*

세종대학교 조리의식경영학과, ¹대림대학교 호텔조리과

Physicochemical Changes in Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Muscle by Iced Water Pre-treatment

Seung-Ho Shin, Ki-Hyub Sung¹, and Chang-Ho Chung*

Department of Culinary Science and FoodService Management, Sejong University

¹Department of Hotel & Dining Culinary Art, Daelim University College

Abstract The purpose of this study was to monitor physicochemical changes of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) muscle by iced water pre-treatment. Moisture content, crude fat content, nucleotide content, texture (hardness and toughness), and rigor mortis were assessed. The sensory evaluation was performed with a nine-point hedonic test. K-values, a parameter of fish flesh freshness, were also calculated from the content of nucleotides and their corresponding decomposition products. Pre-treatment of flounder flesh with iced water was found to be fresher compared to the control, as determined by a difference in the K-values. Iced water pre-treatment hastened postmortem stiffness, as judged from the rigor index, and increased inosine monophosphate (IMP), which is known to be a savory taste compound, more quickly as adenosine triphosphate (ATP) degradation proceeded.

Keywords: flatfish, pre-treatment, K-value, texture, nine-point hedonic test

서 론

넙치는 가자미목 넙치과에 속하고 우리나라 연근해에 10여종이 분포해 있으며 수심 10-200 m의 모래펄에 서식하고 가자미보다 대형이며 야행성으로 저서성 어류 및 갑각류를 먹이로 한다(1). 몸의 길이가 30-60 cm 가량이고 입이 크며 몸의 색은 왼쪽은 백색, 오른쪽은 암갈색을 띠고 눈 있는 쪽의 비늘은 빛 비늘이며 없는 쪽은 등근 비늘을 가진다(2).

넙치의 양식은 일본에서는 1997년부터 시작되어 1980년대에 들어서 본격적으로 확대되었으며, 우리나라에서는 1997년부터 시작되어 1980년대에 들어 전국적으로 양식시설이 꾸준히 증가하였다(3). 우리나라의 횡감용 어종 양식량은 전체 어종 중 넙치 40,808 t (64.3%), 조피볼락 17,338 t (27.3%), 참돔 3,498 t (5.5%) 순으로 매년 10% 이상 증가하고 있으며, 그중 넙치가 가장 많이 양식되고 있다(4).

생선회의 맛에는 향(aroma), 맛(taste), 질감(texture) 등이 종합적으로 관여하고, glutamic acid와 nucleotide의 상호작용에 의한 맛이 수산물 지미(旨味)의 중심이 된다(2). 어육의 근육에 있는 nucleotide계 물질 중 90% 이상의 adenine nucleotide의 변화를 보면 adenosin triphosphate (ATP), adenosin diphosphate (ADP),

adenosin monophosphate (AMP), inosine monophosphate (IMP), inosine (HxR), hypoxanthine (Hx)의 분해경로를 취하며 근육에서는 시간이 지날수록 IMP가 축적되는 경향이 있다. 어육의 대표적인 지미성분인 IMP는 저장, 조리과정 중 효소에 의해 분해되며, IMP의 분해는 식미에 크게 영향을 미치므로 그 분해정도를 나타낸 K-value는 어육의 신선도 내지 품질의 지표가 된다(2,5,6). 또한, nucleotide의 분해와 사후경직은 어육의 저장온도가 낮을수록 저장초기부터 촉진되고, 반대로 저장 온도가 높을수록 늦어진다(2).

어육은 치사 직후에 호흡이 중지되어 근육 중에 산소의 공급이 차단되면 근육이 수축되어 단단해지는 사후경직 현상이 일어나며 사후 어육에서는 근소포체로부터 Ca⁺ 이온이 유리하여 ATP가 분해되어 경직이 시작되고 ATP의 소실과 더불어 경직은 최대가 된다(6). 또 사후경직과 nucleotide양, texture는 어중에 따라 그리고 어체의 생리조건, 치사조건, 치사직전의 운동량, 치사후의 전처리 방법, 저장온도와 조건에 따라 차이를 보이는 것으로 알려져 있다(7).

넙치육의 품질을 결정하는 요인은 신선도와 씹힘성(육질의 단단함)으로서 넙치육의 단단함(toughness)이 높을수록 양질의 횡감으로 선호되어 육질을 개선하기 위한 연구가 진행되고 있으며(8). 양식 넙치육의 육질을 개선하기 위해 양식 넙치에 건조 배합 사료로 사육하는 연구(9)와 식품첨가 사료를 이용하여 육질의 결합 조직의 함량을 향상시키는 연구(10), 넙치 치어의 체색변화 연구(11) 등으로 양식방법에 따라 넙치의 육질을 향상시키는 방법 등이 연구된 바 있다. 전처리 방법에 따른 육질을 향상시키는 연구는 저온 브라인 침지 연구와(12) 마취사의 의한 넙치육의 화학적변화(13), 전기자극을 이용한 전처리 연구(14) 등 생선의 육질을 향상시키는 연구는 활발히 이루어지고 있으나 일반 식당이나

*Corresponding author: Chang-Ho Chung, Department of Culinary Science and FoodService Management, Sejong University, Seoul 143-747, Korea
Tel: 82-2-3408-3222
Fax: 82-2-3408-4313
E-mail: cchung@sejong.ac.kr
Received August 6, 2013; revised September 24, 2013; accepted October 14, 2013

유통과정에 적용하는 한계가 있으며 일반적으로 넙치육의 전처리 방법으로 저온저장이 이용되고 있다(15). 넙치육의 전처리 방법 중 저온보관의 장점은 냉기가 활어의 신경자극을 유발하여 근육을 수축시킴과 동시에 단단해지며 이와 동시에 파괴강도와 ATP 함량은 역의 관계를 가진다(8).

이에 본 연구에서는 넙치육의 품질을 높이기 위하여 얼음물 전처리 방법을 이용하여 넙치육의 최적 처리시간을 구명하고자 하며 전처리 방법으로는 얼음물 전처리 방법(iced water pre-treatment)과 일반 전처리 방법을 비교하고, 즉살한 넙치를 저장 조건을 달리하여 넙치육의 nucleotide와 texture, 그리고 사후경직을 분석함으로써 활어생선회를 즐기는 우리나라의 횡감문화에 적용 가능한 전처리방법이 넙치육에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

넙치(Olive flounder, *Paralichthys olivaceous*)는 체중은 1,500.0±100.0 g, 전장은 42.0±2.0 cm, 체폭은 15.0±1.0 cm, 체고 2.0±0.5 cm, 양식 2년산으로 제주도 서귀포시의 한바다양식장에서 양식한 것을 경수산(Noryangjin, Seoul)을 통해 활어 상태로 실험실에 운반하여 13°C의 해수에서 약 6시간 정도 피로를 완전히 회복시킨 후 처사하였고, 소금은 시판되는 순도 100%의 정제염(Hanju Corp., Ulsan, Korea)을 사용하였다.

실험방법

넙치는 즉살 후 얼음물 전처리 방법을 사용하여 측정하였으며, 대조군은 일반적으로 업소에서 사용하는 치사 후 전처리 과정 없이 5장 뜨기를 하여 횡감으로 사용하는 일반 전처리 방법을 사용하여 측정하였다. 넙치는 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육과 일반 전처리 방법을 이용한 넙치육을 3°C와 15°C에서 저장하였으며 저장 시간은 0, 3, 6, 9, 12시간 동안 보관하며 측정하였다.

얼음물 전처리 방법은 넙치를 치사 한 후 얼음물에서 15분 침수한 뒤 5장 뜨기를 하여 탈피 하여 다시 얼음물에 15초 동안 헹굼 작업을 한 후 흡착지(meat paper)로 넙치 fillet에 있는 수분을 제거 한 뒤에 시료로 사용하였다. 일반 전처리 방법을 이용한 넙치육은 치사 후 15분 간 상온(18°C)에서 보관하고 5장 뜨기를 한 후 탈피를 한 뒤 바로 실험에 사용하였다(Fig. 1).

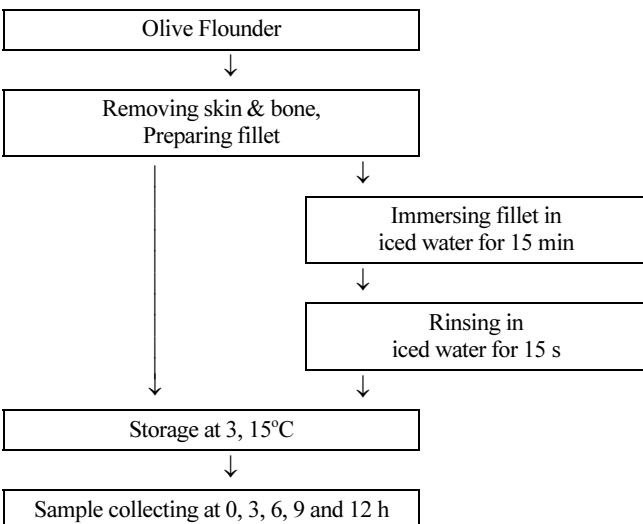


Fig. 1. Preparation of olive flounder fillet sample.

일반 성분 분석

시료의 수분, 조지방은 AOAC의 방법(16)에 의해 수분은 105°C 상압가열 건조법, 조지방은 Soxhlet추출법을 적용하여 분석하였다. 모든 분석은 3회 반복으로 실험하여 평균값으로 구하였다.

사후경직도(rigor index) 측정

Ando의 방법(17)에 따라서 넙치를 즉살(머리 부분의 급소를 강타) 후에 얼음물에 침지한 것과 하지 않은 것을 각각 체장의 절반을 수평대 위에 올려 고정시킨 후에 꼬리지느러미가 시작되는 부분까지의 길이, 거리의 변화를 아래 식과 같이 백분율로 환산하였다.

$$\text{Rigor index (\%)} = \frac{D_0 - D}{D_0} \times 100$$

D_0 : 즉살 직후의 거리

D : 사후 경직중일 때의 거리

핵산성분 분석

핵산관련 성분은 Lee 등(18)과 Jo 등(19)의 방법에 준하여 측정하였다. 마쇄한 어육 10 g에 10% 과염소산(perchloric acid, PCA) 용액 20 mL를 가하여 막자사발로 2분간 균질화 하였다. 균질화된 시료를 10분간 원심분리(3,000 rpm)하고, 상등액을 tube에 보관하고 남은 잔여물로 이 과정을 3번 반복한 후 그 상등액을 5 N-KOH로 pH 6.5에 맞추어 조정 후 증류수를 사용하여 100 mL 정용하였다. 정용한 것을 0.45 µm membrane filter로 여과해서 30 분간 0°C에서 방치한 후 -60°C 동결고에 동결보관 해 두었다. 핵산관련 성분을 분리하기 위하여 HPLC에 C_{18} column (3.9 mm×300 mm)을 장착하고 이동상으로 1% trimethylamine-phosphoric acid (pH 6.5)를 1 mL/min의 유속으로 흘리면서 HPLC에 시료를 20 µL 주입하여 UV detector 254 nm에서 검출하고, 표준용액의 retention time을 비교하여 핵산관련성분을 확인하였다. 확인된 핵산관련 성분은 검량선을 기준으로 각 시료용액의 peak 면적으로 환산하여 정량하였으며, HPLC 분석조건은 Table 1에 나타내었다.

신선도 지수 측정

일반 전 처리 방법을 이용한 넙치육과 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 저장 기간에 따른 신선도를 평가하기 위해 횡감생선의 수축관 저장기간에 따른 신선도를 평가하기 위해 K , K_i , G , P , H , Fr value를 계산하였다는 Hong(20)과 Hwang(21)의 방법에 준하여 정량한 ATP관련 물질을 기준으로 어육의 신선도의 지표인 K-value를 식으로 환산하였고, K-value는 ATP, ADP, AMP, IMP, HxR, Hx의 총 함량에 대한 HxR과 Hx의 비율이며 신선도를 평가하기 위해 신선도의 지표인 K-value는 다음 식으로 환산하였다.

Table 1. Condition for HPLC analysis of nucleotides and their related compounds

Parameters	Condition
Column	µ-Bondapak C_{18} 300×3.9 mm
Mobile phase	1% trimethylamine-phosphoric acid (pH 6.5)
Flow rate	1.0 mL/min
Detector	UV detector (254 nm)
Temperature	40°C

Table 2. Measurement condition for texture analyser

Measurement	Condition
Test speed	100 mm/min
Trigger	0.005 N
Sample height	20 mm
Sample width	10 mm
Sample compressed	50%
Calibrate Probe	P/10

$$\text{K-Value (\%)} = \frac{H_X R + H_X}{ATP + ADT + AMP + IMP + H_X R + H_X} \times 100$$

기계적 품질 특성

전처리 방법을 달리한 넙치육의 texture 특성을 알아보기 위하여 texture analyzer (CTA plus, LLOYD Co, England)를 이용하여 측정 하였다. 넙치육은 활어 상태에서 전처리 방법을 달리한 직후부터 어육을 15×15×9 mm²의 크기로 잘라 0, 3, 6, 9, 12시간 경과 후까지 경도(hardness), 씹힘성(chewiness)을 texture analyzer를 이용하여 실험의 오차를 줄이기 위한 방법으로 시료의 순서를 바꾸어 3회 반복 측정 하여 평균값을 계산하였다. 이때 texture analyzer의 측정 조건은 Table 2와 같다.

관능적 품질 특성

전처리 방법을 달리한 넙치육의 관능적 특성 평가는 대형마트

에서 근무하는 수산업관련 직원 중 생선회를 즐겨먹고, 기호도 검사 경험이 있는 남자 12명, 여자 8명 총 20명을 선정하여 본 실험 목적을 충분히 설명하고 관능검사 방법과 평가 특성을 교육시킨 후에 검사를 실시하였다. 관능적 특성 평가 채점법은 9점 기호척도(1: 극히 싫음, 5: 보통, 9: 아주 좋음)로 하였으며, 항목으로는 외관(appearance), 향(color), 감칠맛(umami), 질감(texture), 전체적인 기호도(overall acceptance)로 평가하였다.

통계처리

연구의 실험결과는 SAS (Statistical Analysis System, version 8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) program을 이용하여 통계처리 하였으며, 각 시료군 간의 차이는 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 이용하여 각 시료 간의 유의성을 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

일반 성분 분석

저장 온도와 전처리 방법을 달리한 넙치육의 수분함량의 변화와 조지방 함량의 변화를 Table 3, 4에 나타내었다. 넙치육의 일반성분 분석 결과 수분함량은 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 경우 73.33±0.58%, 일반 넙치육의 경우 71.84±0.06%로 나타났다. 조지방 함량은 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 경우 1.26±0.01%, 일반 넙치육의 경우 3.28±0.01%로 나타났으며 저장조건에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 조지방 감소는 천연 및 양식산 넙치의 지

Table 3. Changes in moisture contents (% w.b.) of olive flounder fillet at 3 and 15

Storage time (h)	Moisture			
	Control		Iced water pretreatment	
	3	15	3	15
0	71.84±0.06 ^{eb1)}	71.84±0.06 ^{eb}	73.33±0.58 ^{ca}	73.33±0.58 ^{ca}
3	72.49±0.16 ^{db}	73.06±0.07 ^{db}	73.07±0.58 ^{cb}	74.09±0.07 ^{ba}
6	73.54±0.30 ^{cb}	73.75±0.17 ^{cb}	74.21±0.21 ^{ba}	74.27±0.05 ^{ba}
9	74.52±0.32 ^{bb}	74.07±0.07 ^{bc}	75.14±0.09 ^{aa}	75.06±0.13 ^{aa}
12	74.96±0.14 ^{ab}	74.92±0.20 ^{ab}	75.48±0.14 ^{aa}	75.39±0.06 ^{aa}
F-value	108.28***	238.80**	22.94***	27.80***

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Table 4. Changes in crude lipid contents (% w.b.) of olive flounder fillet at 3 and 15 for 12 h

Storage time (h)	Crude fat			
	Control		Iced water pretreatment	
	3	15	3	15
0	3.28±0.01 ^{ab1)}	3.28±0.01 ^{ab}	1.26±0.01 ^{aA}	1.26±0.01 ^{aA}
3	3.25±0.01 ^{bb}	3.26±0.01 ^{aA}	1.22±0.01 ^{bD}	1.25±0.01 ^{abC}
6	3.22±0.01 ^{cb}	3.25±0.01 ^{ba}	1.20±0.01 ^{cD}	1.23±0.01 ^{bcC}
9	3.21±0.01 ^{cb}	3.23±0.01 ^{cA}	1.18±0.01 ^{dD}	1.22±0.01 ^{cC}
12	3.18±0.01 ^{db}	3.21±0.01 ^{dA}	1.16±0.01 ^{eD}	1.20±0.01 ^{dC}
F-value	61.00***	34.89***	112.80***	20.15***

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Table 5. Changes in rigor index of olive flounder muscle at 3 and 15 for 12 h

Storage time (h)	Rigor index (%)			
	Control		Iced water pretreatment	
	3	15	3	15
0	0	0	0	0
3	4.17±1.01 ^{bb}	1.23±0.51 ^{cc}	6.06±0.07 ^{aa}	1.59±0.44 ^{cc}
6	7.89±0.59 ^{cbB}	1.96±0.09 ^{dd}	9.06±0.20 ^{aA}	2.63±0.25 ^{cc}
9	12.06±0.62 ^{aa}	4.51±0.35 ^{cc}	11.25±0.28 ^{bb}	3.26±0.36 ^{dd}
12	14.11±0.38 ^{bb}	5.56±0.38 ^{cc}	15.13±0.55 ^{aA}	5.79±0.62 ^{cc}
F-value	42.09***	336.70***	341.73***	331.24***

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.
²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

방질 성분의 연구결과(22)와 유사한 경향을 보였으며 이는 넙치의 조리방 성분 중 에너지를 구성하는 단순지방질인 중성지방질의 지용성 성질로 인한 것으로 사료된다.

사후경직도

저장 온도와 전처리 방법을 달리한 넙치육의 사후경직도 측정을 Table 5에 나타내었다. 저장 온도와 전처리 방법을 달리한 넙치육은 얼음물 전처리 방법의 유무와 저장 온도에 따라 같은 시간에서 유의적인 차이를 나타내었으며 3°C에서 저장한 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 가장 높은 사후경직도를 나타내었으며 3°C 저장 대조군, 15°C 저장 얼음물 전처리 방법의 넙치육, 15°C 저장한 대조군 순서로 사후경직도를 나타내며 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과는 전기자극이 넙치육의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향에 관한 연구(23)와 저온저장에 따른 방어의 사후경직진행의 변화 연구결과(24)와 마찬가지로 어류의 사후경직은 저온에서 빠르게 진행되는 것으로 판단되었다.

핵산 화합물

저장 조건을 달리한 넙치육의 핵산관련 성분을 HPLC로 분석하여 Table 6, 7에 나타내었다. 즉살 후 넙치육의 ATP관련 물질의 총 함량은 7.41 µmol/g이었고, 대조군의 ATP함량은 5.25 µmol/g으로 어육 전체 핵산관련물질의 70.9%를 차지하였으며, ADP는

1.45 µmol/g, AMP는 0.36 µmol/g, IMP는 0.30 µmol/g, HxR은 0.02 µmol/g, Hx는 0.01 µmol/g이 검출되었다. 대조군 넙치육의 3°C 저장조건에서 12시간이 지난 ATP의 함량은 3.90 µmol/g으로 전체 핵산관련물질의 52.6%를 나타내었고 최초 0시간의 함량보다 18.3% 더 많이 분해되었다. 15°C에서 저장한 넙치육이 12시간을 경과한 ATP의 함량은 4.58 µmol/g을 나타내었고 이는 전체 핵산관련물질의 61.8%로 최초 0시간의 함량보다 9.1%가 분해되었다. 얼음물 전 처리 방법을 이용한 넙치육의 ATP 함량은 4.84 µmol/g으로 전체 핵산관련물질의 65.40%를 차지하였고, AMP는 1.60 µmol/g, ADP는 0.56 µmol/g, IMP는 0.40 µmol/g, HxR은 0.003 µmol/g, Hx는 0.001 µmol/g이 검출되었다. 얼음물 전처리 방법 넙치육의 3°C 저장 조건에서 12시간이 지난 ATP의 함량은 3.49 µmol/g으로 전체 핵산관련 물질의 47.10%를 나타내었고 이는 최초 0시간의 함량보다 18.40% 더 분해되었다. 15°C 저장조건에서 12시간이 지난 ATP 함량은 4.01 µmol/g으로 전체 핵산관련물질의 54.10%를 나타내었고, 이는 최초 0시간의 함량보다 11.30%가 분해되었다. 저장 중 ATP분해는 저장하는 동안 온도에 의존하는 경향을 나타내었으며 저장 중에 ATP의 분해 속도는 3°C에서 저장한 얼음물 전처리 방법 넙치육이 가장 높았으며, 3°C에서 저장한 대조군, 15°C에서 저장한 얼음물 전처리 넙치육, 15°C에서 저장한 대조군 순서로 나타났다. 근육중의 ATP 관련 물질들의 분해는 시간의 경과와 함께 각각의 관련 효소에 의하여 진

Table 6. ATP and sum of ADP and AMP contents (µmol/g) of olive flounder muscle samples

Sample	Temperature (°C)	Storage time (h)					
		0	3	6	9	12	
Control	ATP	3	5.24±0.08 ^{aa1)}	4.97±0.07 ^{ab}	4.61±0.19 ^{abc}	4.21±0.20 ^{bd}	3.85±0.07 ^{be}
		15	5.24±0.08 ^{aA}	4.97±0.12 ^{ab}	4.83±0.01 ^{abc}	4.76±0.07 ^{ac}	4.48±0.10 ^{bd}
	ADP+AMP	3	2.12±0.33 ^{ab}	2.36±0.23 ^{aAB}	2.54±0.29 ^{aAB}	2.58±0.25 ^{abAB}	2.68±0.28 ^{aA}
		15	2.12±0.33 ^{aA}	2.16±0.38 ^{aA}	2.24±0.23 ^{aA}	2.15±0.27 ^{ba}	2.08±0.24 ^{ba}
Iced water pre-treatment	ATP	3	5.03±0.20 ^{aA}	4.50±0.07 ^{cb}	4.25±0.24 ^{cb}	3.72±0.19 ^{cc}	3.37±0.12 ^{cd}
		15	5.03±0.20 ^{aA}	4.7±0.05 ^{bb}	4.48±0.09 ^{bcC}	4.26±0.09 ^{bd}	3.99±0.04 ^{be}
	ADP+AMP	3	2.26±0.09 ^{ab}	2.53±0.24 ^{aAB}	2.05±0.36 ^{aAB}	2.72±0.28 ^{aAB}	2.82±0.23 ^{aA}
		15	2.26±0.09 ^{aA}	2.50±0.26 ^{aA}	2.58±0.29 ^{aA}	2.65±0.28 ^{abA}	2.69±0.25 ^{aA}
F-value	ATP	1.91	23.68***	6.93*	24.75***	82.73***	
	ADP +AMP	0.36	1.05	0.83	2.75	5.24	

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.
²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

Table 7. IMP and sum of HxR and Hx contents ($\mu\text{mol/g}$) of olive flounder muscle samples

Sample	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Storage time (h)					
		0	3	6	9	12	
Control	IMP	3	0.32 \pm 0.02 ^{bd1)}	0.33 \pm 0.06 ^{bd}	0.46 \pm 0.10 ^{bc}	0.76 \pm 0.10 ^{bb}	0.95 \pm 0.07 ^{ba}
		15	0.32 \pm 0.02 ^{bc}	0.37 \pm 0.02 ^{bbc}	0.38 \pm 0.06 ^{bbc}	0.41 \pm 0.05 ^{cb}	0.51 \pm 0.06 ^{ca}
	HxR+Hx	3	0.03 \pm N.D ^{ad}	0.05 \pm 0.02 ^{bed}	0.1 \pm 0.02 ^{cc}	0.16 \pm 0.03 ^{bb}	0.22 \pm 0.01 ^{ca}
		15	0.03 \pm N.D ^{ad}	0.21 \pm 0.03 ^{abc}	0.27 \pm 0.02 ^{abc}	0.39 \pm 0.07 ^{ab}	0.63 \pm 0.05 ^{ba}
Iced water pre-treatment	IMP	3	0.40 \pm 0.01 ^{ae}	0.65 \pm 0.11 ^{ad}	0.92 \pm 0.08 ^{ac}	1.23 \pm 0.08 ^{ab}	1.45 \pm 0.14 ^{aa}
		15	0.40 \pm 0.01 ^{ac}	0.43 \pm 0.02 ^{bc}	0.47 \pm 0.01 ^{bb}	0.49 \pm 0.01 ^{cb}	0.53 \pm 0.02 ^{ca}
	HxR+Hx	3	N.D ^{be}	0.02 \pm N.D ^{cd}	0.03 \pm N.D ^{dc}	0.04 \pm N.D ^{cb}	0.05 \pm N.D ^{da}
		15	N.D ^{bc}	0.08 \pm 0.04 ^{bc}	0.18 \pm 0.02 ^{bb}	0.31 \pm 0.07 ^{ab}	0.50 \pm 0.03 ^{ba}
F-value	IMP		52.69***	17.35**	38.27***	80.12***	89.01***
	HxR+Hx		130.38***	30.89***	103.28***	25.90***	224.57***

¹⁾Each value represented mean \pm SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

행되며, 저장 온도가 높을수록 ATP 분해가 완만히 증가함을 나타내었고, 저장 온도가 낮을수록 ATP의 분해는 빠르게 분해되어서 보리새우를 얼음에서 저장했을 때의 품질변화(25)와 고등어를 저장하였을 때 관련물질변화(26)의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

K-value

K-value는 근육중의 ATP 관련 화합물을 지표로 하는 어패류의 신선도 판정의 척도로서, 선도 저하에 따라서 그 값이 증가한다. 다수의 생선 시료의 K-value를 측정된 결과, 평균값과 95% 신뢰구간은 즉살어에서 3.51 \pm 1.90%, 고급 참치와 초밥류에 사용되는 생선은 18.70 \pm 4.00%, 일반 식당에 생물 선어는 34.00 \pm 2.70%의 값을 얻었으며, 일반적으로 생선회의 K-value가 5% 이내인 경우는 활어로 취급되며 20%까지는 횡감으로, 50% 이상은 초기 부패로 알려져 있다. 또 생균수, VBN, 그리고 TMA가 생선의 초기 부패의 정도를 나타내는 지표로 사용되는 반면, K-value는 사후 초기의 신선도의 지표로 사용된다(6).

저장온도와 전처리방법을 달리한 대조군 넙치육과 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 신선도 지표인 K-value의 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 사후 경직 개시 시점과 각 저장 온도에서의 K값을 비교한 결과 대조군은 0시간에서 0.39%를 나타내었고 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하는 동안 대조군의 K-value는 0.41, 1.04, 1.63, 3.14%로 시간의 경과에 따라 증가하였다. 대조군을 15 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하는 동안에 K-value는 2.38, 3.37, 4.17, 7.76%로 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 대조군 보다 시간의 경과에 따라 높은 증가를 나타내었으며, 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육은 0시간에서 0.05%를 나타내었고 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하는 동안 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 K-value는 0.23, 0.35, 0.50, 0.68%로 시간의 경과에 따라 증가하였고, 15 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하는 동안에 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 K-value는 0.53, 2.05, 3.27, 6.27%로 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육보다 시간의 경과에 따라 높은 증가를 나타내었다. 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 0.05%, 대조군 넙치육이 0.39%로 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 대조군에 비해 K-value의 차이를 나타내어 신선한 것으로 나타났으며, 또한 K-value는 시간이 경과함에 따라서 온도의 의존성을 보여 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 넙치육 시료가 15 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 넙치육 시료보다 신선함을 오래 유지하는

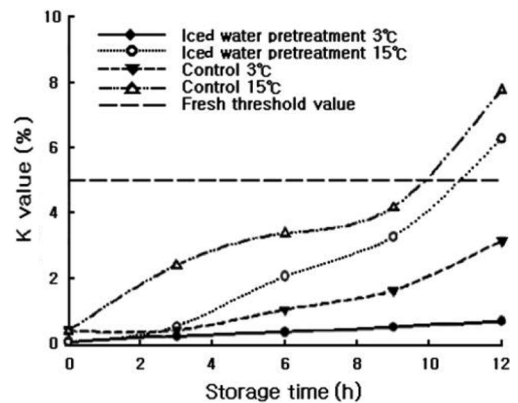


Fig 2. Changes in K-value of olive flounder muscle at 3 $^{\circ}\text{C}$ or 15 $^{\circ}\text{C}$ for 12 h.

것으로 나타났으며 이는 양식산과 자연산 넙치의 신선도 변화 연구(27)와 넙치육의 사후조기 변화의 연구 결과(28)와 유사한 경향을 나타내었다.

Texture

일반 전처리한 넙치육인 대조군과 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 texture를 Table 8, 9에 나타내었다. 대조군과 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육은 시간의 경과에 따라 씹힘성(chewiness)은 모든 시료에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며 1차와 2차 경직이후 감소하였고, 경도(hardness)를 제외한 나머지 시료에서 0시간의 texture를 제외하면 유의적인 차이는 보이지 않는 것을 알 수 있었다. 0시간에서 경도(hardness), 씹힘성(chewiness)은 대조군보다 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 높게 나타났고, 저장 온도가 15 $^{\circ}\text{C}$ 보다 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 시료에서는 경도(hardness), 씹힘성(chewiness)이 높은 경향을 나타내어서 저장 온도가 사후경직에 영향을 미치며 온도가 낮을수록 경직 속도가 빠르고 ATP의 분해속도와 비례한다고 판단되었고 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 대조군보다 높은 경도(hardness)를 나타낸 것은 양식어육에 조지방 함량이 높기 때문이라는 연구(29)와 같이 전처리 과정에서 저온 전처리와 조지방 함량을 줄인 것이 경도(hardness)에 영향을 준 것으로 판단되었다.

Table 8. Hardness (N/cm²) of olive flounder muscle samples

Sample	Temperature (°C)	Storage time (h)				
		0	3	6	9	12
Control	3	2281.77±171.53 ^{bB1)}	1523.23±86.85 ^{dC}	2148.89±44.19 ^{bC}	3792.85±164.42 ^{aB}	1867.36±97.60 ^{cC}
	15	2281.77±171.53 ^{aB}	1253.46±63.47 ^{dC}	1968.06±53.36 ^{bC}	1659.70±288.26 ^{dD}	1813.36±38.51 ^{bC}
Iced water pre-treatment	3	4350.04±181.18 ^{bA}	2700.67±265.07 ^{dA}	3354.69±197.87 ^{cA}	5542.65±185.37 ^{aA}	2532.39±132.92 ^{bB}
	15	4350.04±181.18 ^{aA}	2136.99±40.79 ^{dB}	2564.56±315.25 ^{cB}	2619.05±283.15 ^{cC}	3074.88±215.57 ^{aA}
F-value		137.44***	60.22***	31.83***	149.27***	57.30***

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.
²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

Table 9. Chewiness (N.m.) of olive flounder muscle samples

Sample	Temperature (°C)	Storage time (h)				
		0	3	6	9	12
Control	3	0.49±0.59 ^{aA1)}	0.49±0.15 ^{aA}	0.10±0.04 ^{aA}	0.20±0.13 ^{aA}	0.09±0.07 ^{aA}
	15	0.49±0.59 ^{aA}	0.38±0.07 ^{aA}	0.30±0.18 ^{aA}	0.11±0.10 ^{aA}	0.18±0.11 ^{aA}
Iced water pre-treatment	3	1.33±0.91 ^{aA}	0.30±0.21 ^{bA}	0.15±0.04 ^{bA}	0.25±0.17 ^{bA}	0.16±0.08 ^{bA}
	15	1.33±0.91 ^{aA}	0.42±0.27 ^{bA}	0.24±0.10 ^{bA}	0.06±0.05 ^{bA}	0.17±0.11 ^{bA}
F-value		1.23	0.52	2.08	1.55	0.52

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.
²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

관능적 품질특성

저장온도와 전처리방법을 달리한 대조군 넙치회와 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치회의 관능검사는 Table 10, 11, 12와 같다. 본 실험의 결과로 0시간에서 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 외관이 6.50, 향은 4.90, 감칠맛은 6.90, 씹힘성은 7.40, 전체적인 기호도는 6.60으로 대조군 넙치육보다 다소 높은 결과를 나타내었으며, 이는 0시간에서 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치회가 전처리 과정 중 얼음물 행균이 넙치회에 있는 불순물을 제거하여 비린 향과 비린 맛을 감소시키고, 지방의 함량을 줄여 씹힘성(texture)을 높게 하여 나타난 결과로 판단되며, 전체적인 기호도는 4가지 시료 모두 감칠맛과 씹힘성이 같은 저장 시간에서 가장 높은 값을 나타내어 넙치회에 대한 씹힘성과 감칠

맛이 외관과 향보다 전체적 기호도에 많은 영향을 미치는 결과를 알 수 있었다. 대조군 넙치회와 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치회의 전체적인 기호도는 12시간 이후에는 선호를 하지 않았고, 15°C에서 저장 한 대조군 넙치회와 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치회는 저장 시간이 경과할수록 선호하지 않는 것을 알 수 있었다. 전체적인 관능검사 결과 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치회가 대조군 넙치회 보다 사후 초기에 높은 결과를 나타내었으며 3°C에서 6시간 저장한 시료가 가장 높은 기호도를 나타내어서 대조군에 비해 우수한 것으로 판단되어 지며, 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치회를 3°C에서 6시간을 저장하였을 때 가장 기호도가 우수한 것으로 나타났다.

Table 10. Mean preference scores for appearance and odor list of control and iced water pretreated olive flounder muscle

Sample	Temperature (°C)	Storage time (h)					
		0	3	6	9	12	
control	Appearance	3	6.15±0.88 ^{aA1)}	6.50±1.32 ^{aA}	5.80±1.51 ^{aA}	6.10±1.33 ^{aA}	6.30±1.56 ^{aA}
		15	6.15±0.88 ^{aA}	6.40±1.60 ^{aA}	6.20±1.15 ^{aA}	6.10±1.29 ^{aA}	5.80±1.40 ^{aA}
	Odor	3	3.45±1.05 ^{cB}	4.90±1.55 ^{bAB}	6.20±1.51 ^{aA}	6.00±1.89 ^{aA}	6.30±1.42 ^{aA}
		15	3.45±1.05 ^{aB}	3.20±1.20 ^{abC}	3.00±1.38 ^{abC}	2.60±1.27 ^{abC}	2.40±1.10 ^{bC}
Iced water pre-treatment	Appearance	3	6.50±1.73 ^{aA}	6.20±1.32 ^{aA}	5.90±1.33 ^{aA}	6.00±1.12 ^{aA}	6.10±1.25 ^{aA}
		15	6.90±1.73 ^{aA}	6.60±1.47 ^{aA}	6.20±1.54 ^{aA}	6.30±1.34 ^{aA}	6.10±1.74 ^{aA}
	Odor	3	4.90±1.29 ^{cA}	5.80±1.58 ^{bA}	5.80±1.58 ^{bA}	6.90±1.41 ^{aA}	6.70±1.34 ^{aA}
		15	4.90±1.29 ^{aA}	4.60±1.39 ^{abB}	4.20±1.67 ^{abB}	3.90±1.45 ^{abB}	3.80±1.70 ^{bbB}
F-value		Appearance	1.22	0.286	0.44	0.19	0.38
		Odor	9.40***	11.26***	30.33***	33.00***	42.51***

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.
²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

Table 11. Mean preference scores for umami and texture list of control and iced water pretreated olive flounder muscle

Sample	Temperature (°C)	Storage time (h)					
		0	3	6	9	12	
Control	Umami	3	6.50±1.82 ^{abA1)}	5.90±1.94 ^{bA}	5.70±1.59 ^{bC}	7.00±1.30 ^{aA}	6.60±1.27 ^{abA}
		15	6.50±1.82 ^{aA}	6.30±1.66 ^{aA}	6.70±1.45 ^{aAB}	6.20±1.06 ^{aAB}	5.70±1.53 ^{aAB}
	Texture	3	6.90±1.52 ^{aA}	6.50±1.79 ^{aA}	6.10±1.52 ^{aB}	7.10±1.25 ^{aA}	6.80±1.15 ^{aA}
		15	6.90±1.52 ^{aA}	6.20±1.51 ^{abA}	7.00±1.12 ^{aA}	6.50±1.10 ^{abAB}	5.90±1.33 ^{bB}
Iced water pre-treatment	Umami	3	6.90±1.29 ^{abA}	6.50±1.43 ^{abA}	7.20±1.20 ^{aA}	6.80±1.47 ^{abA}	6.20±1.36 ^{bAB}
		15	6.90±1.29 ^{aA}	6.40±1.76 ^{abA}	6.00±1.08 ^{abBC}	5.50±1.64 ^{bB}	5.60±1.35 ^{bB}
	Texture	3	7.40±1.14 ^{aA}	6.20±1.47 ^{bA}	7.50±1.36 ^{aA}	7.20±1.47 ^{aA}	6.80±1.20 ^{abA}
		15	7.40±1.14 ^{aA}	7.20±1.24 ^{aA}	6.80±1.24 ^{abAB}	6.20±1.15 ^{bB}	6.30±1.53 ^{bAB}
F-value	Umami	0.49	0.47	5.08**	4.77**	2.26	
	Texture	1.08	1.94	3.88**	2.93**	2.22	

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.

²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

Table 12. Mean preference scores for overall-acceptability list of control and iced water pretreated olive flounder muscle

Sample	Temperature (°C)	Storage time (h)				
		0	3	6	9	12
Control	3	6.30±1.59 ^{abA1)}	6.60±1.60 ^{aA}	6.80±1.32 ^{ab}	7.20±1.15 ^{aA}	6.50±1.24 ^{aA}
Control	15	6.30±1.59 ^{abA}	6.50±1.40 ^{abA}	6.80±1.51 ^{ab}	5.80±1.51 ^{bcB}	5.20±1.32 ^{cB}
Iced water pre-treatment	3	6.60±1.39 ^{bcA}	7.40±1.10 ^{abA}	7.80±1.06 ^{aA}	7.10±1.2 ^{abcA}	6.50±1.47 ^{cA}
Iced water pre-treatment	15	6.60±1.39 ^{abA}	7.00±1.17 ^{aA}	6.50±1.15 ^{abB}	5.90±1.25 ^{bcB}	5.50±1.24 ^{cB}
F-value		1.061	1.910	3.988**	6.626***	5.241**

¹⁾Each value represented mean±SD; values sharing the same lowercase letters within a column are not significantly different at $p<0.05$; values sharing the same uppercase letters within a row are not significantly different at $p<0.05$.

²⁾* $p<0.05$ ** $p<0.01$ *** $p<0.001$

요 약

넙치육의 품질특성을 향상시키기 위해 얼음물 전처리 방법을 이용하였고, 얼음물 전처리 방법을 이용하여 넙치육의 품질 특성을 향상시키는 시점을 알아보기 위해 핵산성분 분석과 기계적 품질특성을 분석한 결과 사후경직도(rigor index)에서는 3°C와 15°C에서 저장한 대조군이 3시간에서 각각 4.17%, 1.23%로 측정되었고, 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육은 3°C와 15°C에서 저장한 3시간 저장했을 때 각각 6.06%, 1.59%를 나타내어 얼음물 전처리 방법이 사후경직도(rigor index)를 앞당기는 것으로 나타났다. ATP 분해가 진행 될수록 생선회의 정미성분인 IMP의 축적량은 증가하였고 저장온도와 저장 시간, 그리고 전처리 방법에 따른 3°C에서 저장한 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 12시간을 저장하였을 때 가장 많은 IMP축적량을 나타내었다. 넙치육의 신선도 지수 측정은 3°C에서 저장한 얼음물 전처리 넙치육이 0.05%를 나타내었고, 3°C에서 저장한 대조군은 0.39%로 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 더욱 신선하다는 것을 알 수 있었으며, 얼음물 전처리 조건 유무에 따라서 K-value의 변화와 K-value에 대한 시간이 경과함에 따라 온도의 의존성을 나타내었다. 즉살한 넙치육을 얼음물 전처리 방법을 이용하였을 경우 신선도의 지표값인 K-value의 증가를 현저히 억제하는 경향으로 나타났다.

각 시료의 관능적 특성을 살펴보면 대조군과 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육의 외관(appearance)과 향(odor)은 각 시료간의 저장온도와 전처리 방법, 저장 시간에 따른 유의적인 차이를 나

타내지 않았고, 씹힘성(chewiness)과 감칠맛(umami), 그리고 전체적인 기호도는 3°C에서 6시간 저장한 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 가장 높은 값을 나타내며 유의적($p<0.001$)인 차이를 나타내었다. 대조군에 비해 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 치사 후 12시간 동안 정미성분과 texture, 그리고 기호도 분석에서 대조군에 비해 높은 값을 나타내었으며 어육의 신선도 지표 값인 K-value가 낮게 측정되어 대조군에 비해 신선한 것으로 나타내어 활어회를 주로 먹는 우리나라에서 얼음물 전처리 방법을 이용한 넙치육이 신선함과 감칠맛을 향상시키며, 씹힘성을 높이는 넙치회 전처리 방법인 것으로 판단되었다.

References

- Jo YJ. Awareness Fish Sashimi. Hangul Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 32-45 (2006)
- Lee KH. Studies on the muscle quality of cultured and wild red sea bream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). PhD thesis, Pukyong National University, Busan, Korea (1999)
- National Statistical Office. Fisheries Production Statistics. NSO. Seoul, Korea. pp. 8-16 (2011)
- Ministry of Agriculture and Forestry. Statistical Yearbook of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea. pp. 8-19 (2010)
- Moon SK, Yoo SS. Changes in puffer fish quality induced by soak time in maturing water during maturation of puffer fish prepared via the cutting cranial nerve method (MKS method). Korean J. Food Cookery Sci. 26: 428-433 (2010)
- Lee KW. For sashimi halibut (*Paralichthys olivaceus*) physical

- and chemical properties of six on the effect of storage temperature. PhD thesis, Pukyong National University, Busan, Korea (1994)
7. Cho YJ, Lee HS, You DG, Kim TJ, Lee NG, Choi YJ. Effect of life or death condition before cooling on physicochemical properties of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle at the early period after death. J. Korean Fish. Soc. 31: 523-528 (1998)
 8. Sim KB, Lee GB, Kim TJ, Cho YJ. Improvement of sliced raw fish texture. 1. Effect of cold brine temperature on sliced raw fish texture. J. Kor. Fish. Soc. 36: 69-73 (2003)
 9. Jang MS, Kang YJ, Kim KW, Kim KD, Lee HM, Hu SB. Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellets. I. Comparison of fatty acid and amino acid contents. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 42-49 (2009)
 10. Jung YH, Kim DH, Kim HY, Shin TS, Oh MJ, Lee JH, Kim JH, Im SY, Kim EH. Effects of diets supplemented with yuzu *Citrus junos* Siebold ex Tanaka on disease resistance of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol. 23: 389-398 (2010)
 11. Ko KR, Park YS. Research on changes in body colors of young flatfish in accordance to the color of fish tanks at a fish farm for brand marketing-Focusing on brand marketing through flatfish farming utilizing body color changes. J. Brand Design Association Korea 24: 175-184 (2013)
 12. Sim KB, Lee GB, Kim TJ, Lee KW, Kim GB, Lee IS, Cho YJ. Effect of cold brine immersion time on sliced raw fish texture. Jour. Fish. Mar. Sci. Edu. 15: 57-66 (2003)
 13. Cho YJ, Cho MS, Kim SM, Choi YJ. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on physicochemical properties of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle at early period after death. J. Korean Fish. Soc. 30: 589-594 (1997)
 14. Kim JH, Lee NG, Kim YY, Lee KW, Cho YJ. Early changes after death of plaice *Paralichthys olivaceus* muscle.-3. Effect of killing methods on changes in content of ATP and its related compounds and lactate- Bull. Korean Fish. Soc. 26: 403-408 (1993)
 15. Park CS. Injury and recovery of pathogenic bacteria isolated from seafoods. Korean J. Food Sci. Technol. 11: 261-266 (1995)
 16. AOAC. Official methods of analysis. 16th ed. Method 963.15. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1995)
 17. Ando M, Banno A, Haitani M, Hirai H, Nakagawa T, Makinodan Y. Influence on post-mortem rigor of fish body and muscular ATP consumption by the destruction of spinal cord in several fishes. Fisheries Sci. 62: 796-799 (1996)
 18. Lee KH, Lee YS. Changes of nucleotides and their related compounds in cultured and wild red sea bream and flounder muscle. Korean J. Food Cookery Sci. 17: 517-522 (2001)
 19. Jo MR, Kim PH, Lee TS, Oh EG, Yu HS, Lee HJ. Simultaneous determination of amoxicillin and ampicillin in fish meat using high-performance liquid chromatography. J. Kor. Fish. Soc. 39: 454-459 (2006)
 20. Hong CH. Study on the changes of taste compounds of the raw fish in the foodservice industry. PhD thesis, Chosun University, Gwangju, Korea (2003)
 21. Hwang YS. Establishment of shelf- life in sliced raw fish by fish species. Ph D thesis, Pukyong National University, Busan, Korea (2003)
 22. Kang HW, Shim KB, Kang DY, Jo KC, Song KC, Lee JH, Song HI, Son SG, Cho YJ. Sitological quality evaluation of cultured and wild river puffer, *Takifugu obscurus* (Abe). J. Aquaculture 20: 147-153 (2007)
 23. Lee NG, Yang MH, Cho YJ. Effects of electrical stimulation on physicochemical and rheological properties of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle at early period after death. Bull. Korean Fish. Soc. 28: 23-30 (1995)
 24. Choi KH, Park CS. Changes in the Ca²⁺, Mg²⁺-dependent adenosine triphosphatase activity and ultrastructure of marine fishes by partial freezing. J. Korean Soc. Food Nutre. 18: 123-130 (1989)
 25. Lee YC, Um YS. Quality determination of shrimp (*Penaeus japonicus*) during iced and frozen storage. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 520-524 (1995)
 26. Woo KJ, Endo K. The effects of salt and temperature on changes of adenosine triphosphate related compounds and free amino acids in makerel muscle during storage. J. East Asian Soc. Dietary Life 6: 93-103 (1996)
 27. Park BH, Park SH, Jo JS. A study on the organoleptic characteristics and changes in freshness of cultivated and wild *Paralichthys olivaceus* during storage. Korean J. Food Cookery Sci. 19: 73-78 (2003)
 28. Cho YJ, Kim YY. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle 2. Temperature dependency on physicochemical and rheological properties. Bull. Korean Fish. Soc. 26: 1-7 (1993)
 29. Oh KS, Ro RH, Kim JG, Lee EH. Comparison of lipid components in wild and cultured bastard. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 878-882 (1988)