



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

참고등어의 생산 시기별 주요 식품 성분
분석과 등급화를 위한 기준 설정



박 건 우

공 학 석 사 학 위 논 문

참고등어의 생산 시기별 주요 식품 성분
분석과 등급화를 위한 기준 설정

지도교수 김 영 목

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2023 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

식 품 공 학 과

박 건 우

박건우의 공학석사 학위논문을 인준함.

2023 년 2 월 17 일



위 원 장	농학박사	이 양 봉	(인)
위 원	공학박사	심 길 보	(인)
위 원	약학박사	김 영 목	(인)

목차

목차	i
표 목차.....	iii
그림 목차	iv
Abstract	v
I. 서론.....	1
II. 재료 및 방법	4
1. 실험재료 및 시약	4
2. 실험방법	5
2.1 시료 및 전처리.....	5
2.2 조지방 추출	8
2.3 지방산 정량	11
2.4 통계 분석.....	13

III. 결과 및 고찰	14
1. 참고등어의 생산시기별 조지방 함량	14
2. 참고등어의 생산시기별 지방산 함량	17
3. 참고등어의 생산시기별 중량과 주요 식품성분과의 상관관계 분석	21
3.1 생산시기별 중량과 조지방과의 상관관계	21
3.2 생산시기별 중량과 포화지방산과의 상관관계	25
3.3 생산시기별 중량과 단일불포화지방산과의 상관관계	29
3.4 생산시기별 중량과 다가불포화지방산과의 상관관계	33
IV. 요약	37
참고문헌	39

표 목차

Table 1. Average weight of monthly mackerel samples divided into 6 grades by weight	6
Table 2. Average length of monthly mackerel samples divided into 6 grades by weight	7
Table 3. Extraction conditions of crude lipids	10
Table 4. Gas chromatography analysis conditions for fatty acid analysis	12
Table 5. Crude lipid contents of mackerel according to the catching month and grades by weight	16
Table 6. Fatty acid contents of mackerel according to the catching month.	20

그림 목차

Fig. 1. Collection between weight and crude lipid contents in mackerel samples. (A) July 2021. (B) August 2021. (C) September 2021. (D) October 2021. (E) November 2021. (F) December 2021. (G) January 2022. (H) February 2022 24

Fig. 2. Collection between weight and saturated fatty acid contents in mackerel samples. (A) July 2021 (B) August 2021 (C) September 2021 (D) October 2021 (E) November 2021 (F) December 2021 (G) January 2022 (H) February 2022 28

Fig. 3. Collection between weight and monounsaturated fatty acid contents in mackerel samples. (A) July 2021. (B) August 2021. (C) September 2021. (D) October 2021. (E) November 2021. (F) December 2021. (G) January 2022. (H) February 2022 32

Fig. 4. Collection between weight and polyunsaturated fatty acid contents in mackerel samples. (A) July 2021. (B) August 2021. (C) September 2021. (D) October 2021. (E) November 2021. (F) December 2021. (G) January 2022. (H) February 2022 36

Development of a quality grade of mackerel (*Scomber japonicus*) based on analysis of seasonal major food nutrients

Geon-Woo Park

Department of Food Science and Technology, Graduate School,

Pukyong National University

Abstract

In seafood products, including fish and shellfish, no standard index of quality is particularly obvious comparing to the standardization of livestock products for quality grade. In addition, there is not enough information on major nutrient contents, an important value for the fish quality according to the catching season and weight, even though it has been known that the contents differ according to catching season and size. As a consequence, it was investigated the change of major nutrient contents according to the catching season and weight. Thus, the object of this study is to develop a quality index for Mackerel, *Scomber japonicus*, the most popular finfish in Korea. Mackerel samples were collected from a Busan cooperative fish market, the biggest market for mackerel distribution in Korea, and were divided into 6 grades based on weight that is usually applied for grading of mackerel in the fish market (Grade 1: 150 g-200 g; Grade 2: 200 g-300g; Grade 3: 300 g-400g; Grade 4: 400 g-500g; Grade 5: 500 g-600g; Grade 6: >600 g). In order to develop a quality index of mackerel, it was conducted the analysis of nutrient contents such as crude lipids, fatty acids, monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid since the nutrient will be a criterion for developing

a quality index. The analysis of crude lipid contents, well-known a food ingredient related with mackerel' taste, revealed 7.28%-13.19% content from August to October samples in case of Grade 4-6 of mackerel that is widely consumed by general consumer. The fatty acid analysis exhibited high content of polyunsaturated fatty acids among saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, and polyunsaturated fatty acids. In particular, DHA and EPA, which are the most representative unsaturated fatty, are about twice higher than that of other unsaturated fatty acids in mackerel. Based on the above results, a quality index was determined from the correlation between major nutrient content and fish weight or catching season. Among them, crude lipid contents only exhibited very strong correlation with body weight but not fatty acid contents. Furthermore, the crude lipid contents increase with increasing body weight. However, no significant relationship was observed between the catching season and the crude lipid contents. The results obtained in this study revealed a strong correlation between the crude lipid contents and the fish weight. Thus, this finding suggests that the crude lipid content in mackerel might be a potential nutritional indicator in predicting mackerel food quality.

I. 서론

전 세계 1인당 수산물 연간 소비량은 점차 증가하는 추세이며 우리나라 역시 65.9 kg 으로 전 세계 중 3 번째 국가에 해당하였다(FAO, 2018). 2030 년도까지 점진적으로 전 세계 1인당 수산물 연간 소비가 증가할 것으로 보이며, 이는 동물성 영양 성분을 섭취하는데 있어 수산물의 위치가 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다(OECD, 2018). 고등어 (*Scomber japonicus*)는 국내 주요 소비 수산물 중 하나인 다핵성 어종으로, 국내 어업 생산량에서 높은 비율 차지하며 경제적 가치가 높다. 또 한, 4 대 등푸른 생선 중 조지방의 함량이 높은 것으로 알려져 있으며 특히, eicosapentaenoic acid (EPA)나 docosahexaenoic acid (DHA)와 같은 다가 불포화 지방산이 풍부하다. DHA 와 EPA 의 경우 체내에서 합성이 가능한 것으로 보고되어 있지만, 전구체의 체내합성이 불가하며 전환을 측면에서 매우 낮은 비율을 가지기 때문에 자체적으로 높은 함유량을 가진 고등어를 섭취하는 것이 가장 효과적인 방법이라고 할 수 있으며(Kim et al., 2016), 등급설정 기준에서도 주요한 식품 성분으로 볼 수 있다. DHA 의 경우 황반 변성 및 암 발병률을 감소시켜주며(Zhang et al., 2013), 심혈관 질환을 예방하고(Innes et al., 2020), 파킨슨병과 알츠하이머 발병율을 감소시키는 것으로 보고되어 있다(Avallone et al., 2019). EPA 의 경우 암 발병률 감소(Yee et al., 2010), 심혈관

질환 예방(Mortensen et al., 2009), 당뇨병 예방 등 중요한 생리학적 기능을 가지고 있는 것으로 보고되어 있다(Sawada et al., 2010). 고등어의 조지방 함량은 생산 시기 및 중량, 체장에 영향을 받으며 중량과 체장이 큰 개체의 조지방이 대체로 높은 것으로 보고되어 있다(OH et al., 2016). 특히 산란기인 3~6 월이 지난 가을철에 비교적 먹이 활동이 높아져 함유량이 가장 풍부한 시기인 것으로 알려져 있다(Lee et al., 1986). 현재 고등어에 대한 조지방, 지방산 성분 분석은 적색육어류라는 명칭으로 묶여져 분석된 것으로 보고되어 있으며(Lee et al., 1986), 더 나아가 부위별 조성으로 분석되어 있다(Lee et al., 2001). 시기별 분석은 금어기를 제외한 5 월월부터 매년 2 월까지 3 개월 간격으로 분석된 연구가 보고되었으며(Jeong et al., 1999), 우리나라에서 시판되는 고등어의 지방산 조성을 연구한 내용이 있다(Park et al., 2006). 최근에 보고된 고등어의 영양성분 분석 연구 중 조지방과 지방산 분석이 연구된 바가 있으나, 자원 이용과 관리 방안에 중점을 둔 내용이다(Oh et al., 2016). 수산물 및 어류의 주요 식품 성분에 대한 연구는 다수 진행되어 왔으나, 국내산 참고등어의 시기 및 중량 별 성분 함량에 대한 연구가 미비하며, 이에 대한 객관적인 품질 및 등급 기준이 마련되지 않은 실정이다(Mok et al., 2007; Yoon et al., 2010; Moon et al., 2011; Moon et al., 2017). 우리나라에서 고등어가 가장 많이 위탁 판매되는 부산 공동 어시장의 경우, 참고등어 기준으로 고도리(200 g 미만), 갈고(200-300 g), 소갈고(300-400 g), 소소고(400-500 g), 소고(500-600 g), 중고(600 g 이상)와 같이 단순 중량으로만

등급화가 진행되고 있으며, 사람의 손으로 등급이 나누어지기 때문에 더욱 객관적이고 신뢰성이 기반 된 분석자료가 필요하다고 사료된다. 따라서, 본 연구에서는 포획 금지기간(4-6 월 기간 중 1 개월)을 제외한(Jung et al., 2021) 2021 년 7 월부터 2022 년 2 월까지의 생산 시기 및 중량 별 식품 성분의 변화와 중량에 대한 식품성분과의 상관성을 분석하여 국내산 참고등어의 품질등급 개발(안)을 제안하고, 이를 토대로 소비자의 신뢰도를 제고할 수 있을 것으로 사료된다.



II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 연구에 사용된 참고등어는 2021 년 7 월부터 2 월까지 대한민국 부산 공동 어시장에서 구입하였다. Extraction cup (195 mL), cellulose thimbles (33x80 mm)는 VELP (VELP scientifica srl, Hwaseong, Korea)에서 구입하였다. Petroleum ether 는 Duksan (Duksan Pure Chemical Co. Ltd, Ansan, Korea)에서 구입하였다. Sodium hydroxide, sodium chloride 는 Junsei (Junsei Chemical Co. Ltd, Tokyo, Japan)에서 구입하였다. BF_3 (Boron Trifluoride Methanol Complex Methanol Solution), hexane, heptadecanoic acid, methanol 은 Merck (Merck KGaA, Seoul, Korea)에서 구입하였다.

2. 실험 방법

2.1 시료 및 전처리

참고등어 시료는 측정된 중량 및 체장 값을 측정하여 등급화 후 5 마리를 선별하여 실험에 사용하였다. 선별된 고등어는 머리, 내장, 뼈, 꼬리를 제거한 후 수돗물로 세척하였다. 껍질을 포함한 육을 분쇄기로 파쇄하여 -80°C에서 동결 저장하여 실험에 사용하였다. 선별된 고등어의 중량 및 체장은 Table 1 과 Table 2 에 나타내었다. 등급은 1-6 등급으로 나누어졌으며, 중량을 중점으로 나누어졌다. 1 등급의 경우 150-200 g 초반, 2 등급 200-300 g, 3 등급 300-400 g, 4 등급 400-500 g, 5 등급 500-600 g, 6 등급은 600 g 이상의 참고등어가 해당된다.

Table 1. Average weight of monthly mackerel samples divided into 6 grades by weight

Collection month	Grade (g)					
	1	2	3	4	5	6
2021 Jul.	171.8 (149-216) ¹⁾	253.6 (230-301)	356.4 (318-412)	450.8 (422-488)	532.0 (493-589)	633.6 (594-691)
2021 Aug.	183.8 (151-211)	271.4 (236-315)	341.6 (305-386)	460.6 (425-490)	558.0 (516-579)	664.4 (629-722)
2021 Sep.	175.2 (139-198)	255.0 (219-286)	335.8 (306-374)	455.4 (403-492)	545.6 (514-585)	663.4 (635-689)
2021 Oct.	188.2 (171-210)	244.6 (222-267)	335.8 (303-401)	446.2 (397-482)	543.8 (496-572)	665.0 (619-717)
2021 Nov.	174.0 (143-193)	266.4 (228-295)	352.6 (333-387)	446.0 (421-476)	557.4 (537-591)	654.2 (611-679)
2021 Dec.	173.8 (157-197)	212.2 (184-267)	362.2 (320-390)	444.6 (408-488)	557.0 (510-578)	642.0 (607-664)
2022 Jan.	177.4 (150-200)	269.0 (242-294)	354.2 (311-382)	462.8 (437-497)	563.6 (550-585)	649.8 (612-712)
2022 Feb.	178.8 (157-210)	265.6 (238-283)	352.2 (310-380)	465.4 (415-494)	551.6 (497-591)	650.8 (635-666)

¹⁾Weight range of samples (g)

Table 2. Average length of monthly mackerel samples divided into 6 grades by weight

Collection month	Grade (g)					
	1	2	3	4	5	6
2021 Jul.	22.9 (22.0-24.5) ¹⁾	25.2 (24.5-26.3)	28.6 (27.0-30.2)	29.9 (24.5-26.3)	31.2 (30.0-32.7)	32.5 (30.9-35.0)
2021 Aug.	23.4 (22.4-24.8)	25.3 (24.2-27.1)	27.4 (26.7-28.2)	30.3 (29.8-31.3)	32.2 (31.5-33.8)	32.5 (32.3-33.1)
2021 Sep.	22.4 (20.2-23.2)	25.2 (24.0-27.0)	27.3 (26.5-28.3)	29.8 (28.5-30.7)	31.1 (30.6-31.3)	33.0 (32.5-33.8)
2021 Oct.	23.1 (22.2-23.7)	24.7 (23.4-25.4)	26.8 (26.0-28.7)	29.4 (28.1-30.5)	31.3 (30.4-32.5)	33.0 (32.3-34.0)
2021 Nov.	22.8 (21.0-23.9)	26.1 (24.4-26.8)	28.2 (27.5-28.6)	29.3 (29.0-30.2)	31.8 (30.6-32.6)	33.0 (32.2-33.5)
2021 Dec.	23.3 (22.8-24.2)	24.6 (23.5-26.1)	28.1 (27.3-28.7)	29.5 (29.1-30.2)	31.7 (31.1-32.8)	32.4 (31.5-33.0)
2022 Jan.	24.0 (22.8-25.2)	26.9 (26.0-27.6)	29.4 (28.1-30.0)	30.6 (29.8-31.1)	32.7 (31.7-33.5)	33.0 (32.2-34.9)
2022 Feb.	24.1 (23.1-25.0)	26.9 (26.4-27.6)	28.8 (27.5-29.6)	30.6 (29.8-31.6)	32.2 (31.1-33.5)	33.7 (33.0-34.3)

¹⁾Length range of samples (g)

2.2 조지방 추출

조지방 추출은 Randall 조지방 추출법을 따라 진행하였으며, solvent extraction (SER 158 series automatic solvent extraction, VELP, Italia)를 이용하여 추출하였다. solvent extraction 의 분석 조건으로 AOAC 948.15 (determination of total fat in fish and derived products)을 따라 진행하였으며, 분석조건은 Table 3 과 같다. -80°C에 동결 저장된 sample 을 해동한 후, 6.00 ± 0.05 g 취하여 cellulose thimble 에 넣었다. sample 이 담긴 cellulose thimble 은 미리 petroleum ether 100 mL 이 담긴 extraction cup 과 결합하여 solvent 와 sample 의 접촉 효율을 높여주는 immersion 을 진행하였다. Immersion 이 진행된 후, cellulose thimble 와 결합된 extraction cup 은 solvent extractor 와 결합하여 추출을 진행하는데 이 때 removing 이 진행되면서 solvent 를 증발시키고 회수하여 sample 이 solvent 에 잠기지 않는 과정이 진행된다. 이 후 washing 이 진행되면서 solvent extractor 상단의 condenser 에서 냉각된 solvent 가 sample 을 반복적으로 이동하면서 조지방을 녹여내는 과정이 진행된다. Washing 과정이 끝나면, recovery 단계에 진입하면서 solvent 를 모두 증발시키고 회수하는 과정이 진행된다. 마지막으로 cooling 단계에 접어들면서 extraction cup 을 냉각시켜준다. 실험은 3 회 반복하였다. 추출된 조지방의 중량은 105°C 조건의 dry oven 에서 항량된 extraction cup 의 무게를 미리 측정한 후 추출이 완료된 extraction cup 의 무게에 차감한 값으로 각 시기 및 등급별로의

조지방의 무게를 측정하였으며, 측정된 무게는 Table 5 와 같이 함유량으로
구하여 나타내었다. 조지방의 함유량은 100 g 기준으로 환산하여
나타내었다(Mok et al., 2007).



Table 3. Extraction conditions of crude lipids

AOAC 948.15 Methods	
Solvent	Petroleum ether 100 mL
Sample	6.00 ± 0.05 g
Immersion	50 min
Removing	10 min
Washing	45 min
Recovery	30 min
Cooling	3 min



2.3 지방산 정량 분석

추출된 조지방의 지방산 정량을 위해 Reacti-therm Heating & Stirring Modules (TS-18824, Thermo Fisher Scientific, USA)로 추출되었다. 지질 시료에 내부표준물질(heptadecanoic acid in hexane)과 0.5 N NaOH in methanol 을 가하여 100°C 끓는 물속에서 가열 및 교반을 진행한 후 실온에 식혀준 이후 BF_3 용액을 가하여 methyl ester 화 시킨 다음 hexane, sodium chloride (saturated solution) 가하여 지방산을 분획하였다. 지방산 분석은 gas chromatography (Agilent 7890A, Agilent Technologies, USA)로 분석하였다. STD 의 경우 Supelco 37 Component FAME Mix (CRM47885, MERCK, Germany)를 사용하였으며, column 은 SP[®]-2560 Capillary GC Column (23348-U, MERCK, Germany)을 사용하였다. Injector 와 detector 온도는 250°C로 설정하였으며 column oven 은 100°C에서 유지한 후 5°C/min 으로 250°C까지 승온 시켜 분석하였다. Carrier gas 는 hydrogen (50 cm/sec constant)을 사용하였고, split ratio 는 200:1 로 하였다. 분석은 3 회 반복하였다.

Table 4. Gas chromatography analysis conditions for fatty acid analysis

STD	CRM 47885 Supelco 37 Component FAME Mix
Column	SP [®] -2560 Capillary GC Column
Oven	100°C, 5°C/min to 250°C
Carrier Gas	hydrogen (50 cm/sec constant)
Injection	0.2 µL, 200:1 split
Inj. Temp.	250°C
Detector	FID, 250°C



2.4 통계 분석

고등어의 생산 시기 및 중량과 식품 성분에 대한 선형관계를 검정하고자 상관분석을 진행하였다. 지방산의 경우 포화, 단일불포화, 다가불포화로 나누어 분석이 진행되었다. 두 집단의 평균값 간의 차이의 통계적 상관성은 Pearson 상관분석을 실시하였으며 실험군 간의 차이를 $p < 0.05$, $p < 0.01$ 수준에서 상관성을 검정하였다. 모든 통계 분석은 SPSS statistical software (v.23.0, SPSS Inc., USA)을 이용하여 두 변수 간의 상관관계를 나타낸 그래프로 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

1. 참고등어의 생산시기별 조지방 함량

2021년 7월부터 2월까지 어획된 고등어의 조지방 함량은 Table 3 과 같다. 2021년 7월부터 2022년 2월까지 같은 등급 간의 개체들은 산란기와 월동 장소 이동 직전의 시기인 2021년 8월부터 10월을 제외하고 전체적으로 조지방의 함량의 차이가 크지 않았다. 그러나 2022년 2월의 경우 1-2 등급간의 차이가 4 배이상 차이가 나는 것을 확인할 수 있었는데, 1-2 등급과는 대조되는 결과로 2-4 등급간의 조지방 함량 차이가 다른 시기에 비해 크지 않은 것이 확인되었다. 이는 많은 시료 중 개체 간의 차이가 있는 것으로 사료되며, 그 원인과 연관된 인자로 성장시기, 먹이 상황 등 복잡한 것으로 보고되었다(Stansby et al., 1986). 산란기 직후인 7월에서 넘어가는 8월부터 월동기에 접어들기 직전의 10월까지 조지방 함량은 다른 시기의 개체들보다 높은 경향을 보였으며, 특히 가장 큰 개체들이 포함된 5-6 등급의 개체들은 각각 평균 약 10.9 - 12.4%의 높은 수치를 나타내었다. 이는 산란을 마치면 먹이를 닥치는 대로 먹기 시작하는 탐식성이 월동기 직전까지 유지되는 현상의 영향으로 확인되었으며(NFRDI, 2011),

2021 년 11 월부터 4 - 6 등급의 참고등어의 조지방함량이 급격하게 낮아지는 경향을 보였다. 앞선 내용과 같이 고등어의 탐식성이 월동 장소 이동 직전까지 유지되는 현상(NFRDI, 2011)으로 대조되는 결과가 나타난 것으로 사료된다. 이와 같은 조지방 함량의 결과는 Oh et al. (2016)의 연구와 유사한 경향을 보였으며, 생산 시기 8 월부터 10 월까지의 4-6 등급 개체들은 높은 등급으로 설정될 수 있을 것으로 사료된다.



Table 5. Crude lipid contents of mackerel according to the catching month and grades by weight

Samples		Grade					
		1	2	3	4	5	6
2021	Jul.	0.84 ¹⁾	1.43	3.76	7.18	4.89	9.88
2021	Aug.	2.21	2.62	4.34	8.00	8.64	12.15
2021	Sep.	2.53	3.23	4.08	7.28	11.46	11.86
2021	Oct.	3.31	4.40	3.07	7.97	12.47	13.19
2021	Nov.	2.62	2.78	4.95	4.34	3.64	8.57
2021	Dec.	0.20	0.17	2.30	5.97	4.64	6.85
2022	Jan.	0.47	0.48	4.59	3.77	4.02	8.46
2022	Feb.	0.56	2.26	2.51	2.82	5.73	8.16
Range		0.20-3.31	0.17-4.40	2.30-4.95	2.82-8.00	3.64-12.47	6.85-13.19

¹⁾Crude lipid (g/100g)

2. 참고등어의 생산시기별 지방산 함량

추출된 조지방의 지방산 분석은 Table 4에서와 같이 saturated fatty acid 에 C14:0, C18:0, C20:0, C22:0, monoenoic acid 에 C16:1, C20:1n9, C22:1n9, polyenoic acid 에 C18:2n6c, C18:3n6, C18:3n3, C20:3n6, C20:3n3, C20:4n6, C22:2, C20:5n3, C22:6n3 와 같이 분석된 지방산 중 유의한 수치를 나타낸 지방산들을 선정하여 나타내었다. 포화지방산은 평균 5.81%의 함유량을 나타내었으며, C22:0, C20:0, C14:0, C18:0 순으로 높은 경향을 나타내었다. 단일불포화지방산은 평균 3%의 함유량을 나타내었으며, C16:1, C22:1n9, C20:1n9 순으로 높은 경향을 나타내었다. 다가불포화지방산은 평균 12.5%의 함유량을 나타내었으며, C22:6n3, C20:5n3, C18:3n3, C20:3n3, C22:2, C20:4n6, C18:3n6, C20:3n6, C18:2n6c 순으로 높은 경향을 나타내었다. 지방산 조성비의 경우 본 연구에서 polyunsaturated fatty acid (12.5%) > saturated fatty acid (5.81%) > monounsaturated fatty acid (3%) 순으로 나타났으며, 이는 Bae et al. (2010)의 결과와 유사한 조성비를 보였다. 특히 다가불포화지방산의 경우 C22:6n3 (DHA), C20:5n3 (EPA)의 함량이 다른 다가불포화지방산에 비해 월등히 높은 수치를 나타내었다. 이는 고등어에 가장 높게 함유된 불포화지방산으로 밝혀진 DHA, EPA 에 대한 사실을 입증하는 결과임을 알 수 있다(Gunstone et al., 1976; Jeong et al., 1998; Jeong et al., 1999; Bae et al., 2010). 포화지방산의 경우 2021 년 10 월 8.04%로

가장 높았으며, 2022 년 2 월 3.86%로 가장 낮은 경향을 나타내었다. C14:0 의 경우 2021 년 7 월부터 8 월까지의 함량은 0.06 - 0.07% 였으나, 9 월부터 약 2%의 함유량을 나타내었다. 단일불포화지방산의 경우 2021 년 7 월 3.84%로 가장 높았으며, 2022 년 2 월 1.76%로 가장 낮은 경향을 나타내었다. C22:1n9 의 경우 2021 년 10, 11 월, 2022 년 1 월의 함량이 각각 0.26, 0.24, 0.29%로 다른 시기보다 월등히 높은 수치를 나타내었다. 다가불포화지방산의 경우 2021 년 7 월 16.17%로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 2022 년 1 월 9.68%로 가장 낮은 경향을 나타내었다. 이 중 DHA, EPA 은 각각 평균 8%, 3%의 함유량을 나타내며, 다른 다가불포화지방산들의 약 2 - 5 배 이상의 수치를 확인할 수 있었다(Lee et al., 1986; Rhee et al., 2001; Moon et al., 2009). 이와 같은 결과를 토대로 포화지방산은 2021 년 10 월에 가장 높은 조성비를 나타내었고, 단일불포화지방산은 대체적으로 유사하지만 2022 년 2 월에 가장 낮은 조성비를 나타내었다. 특히, 다가불포화지방산의 경우 2021 년 7 월부터 점점 낮아지는 경향을 보이다가 2021 년 10 월 이후의 시기에 대체적으로 고르지 못한 경향을 나타냈는데, 고등어의 조지방 함량이 높을수록 DHA 와 EPA 의 함량이 높아지는 정의 상관관계를 가진다는 Jeong et al. (1999), Moon et al. (2010)의 결과와 대조적으로 본 연구결과에선 2021 년 8 월부터 2021 년 10 월까지의 조지방 함량이 높았음에도 불구하고 음의 상관관계를 나타내는 경향을 보였다. 그러나 전체적인 지방산의 조성비는 Bae et al. (2010)의 결과와 유사한 것으로 보았을

때, 섭식 형태와 어획 시기(Leu et al., 1981; Cha et al., 2004)의 영향과 계절별 먹이생물의 중복도가 유의하지 않다는 점 (Seong et al., 2021)을 고려하여 개체 간의 차이가 있는 것으로 보인다. 따라서 본 연구결과를 바탕으로 지방산 분석의 경우 더 많은 시료를 통해 다회차 연구가 필요할 것으로 사료된다.



. Table 6. Fatty acid contents of mackerel according to the catching month

Fatty acid (g/100g)	Samples							
	2021 Jul.	2021 Aug.	2021 Sep.	2021 Oct.	2021 Nov.	2021 Dec.	2022 Jan.	2022 Feb.
C14:0	0.07	0.06	2.00	2.12	2.13	2.17	1.93	1.30
C18:0	0.26	0.30	0.28	0.28	0.27	0.34	0.29	0.22
C20:0	1.98	1.83	1.67	3.56	1.62	1.93	1.61	1.24
C22:0	2.93	2.47	2.25	2.08	2.19	2.10	1.90	1.10
Saturated	5.24	4.66	6.2	8.04	6.21	6.54	5.73	3.86
C16:1	3.54	3.02	2.76	2.82	2.98	2.95	2.34	1.70
C20:1n9	0.18	0.14	0.09	0.12	0.12	0.07	0.06	0.04
C22:1n9	0.12	0.05	0.07	0.26	0.24	0.04	0.29	0.02
Monoenoic	3.84	3.21	2.92	3.20	3.34	3.06	2.69	1.76
C18:2n6c	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	-	0.06
C18:3n6	0.14	0.13	0.11	0.10	0.11	0.12	0.11	0.09
C18:3n3	1.92	1.75	1.74	1.00	1.00	1.37	-	1.36
C20:3n6	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03
C20:3n3	1.00	1.28	1.56	0.13	0.06	0.22	0.22	0.98
C20:4n6	0.05	0.05	0.04	0.02	0.48	0.38	0.10	0.18
C22:2	0.33	0.31	0.30	0.24	0.31	0.27	0.27	0.18
C20:5n3	3.55	3.18	3.00	2.82	2.75	2.92	2.56	1.97
C22:6n3	9.10	8.00	6.72	6.25	6.93	7.36	6.38	6.10
Polyenoic	16.17	14.76	13.54	10.62	11.73	12.73	9.68	10.95

3. 참고등어의 생산시기별 중량과 주요 식품성분과의 상관관계 분석

3.1 생산시기별 중량과 조지방과의 상관관계

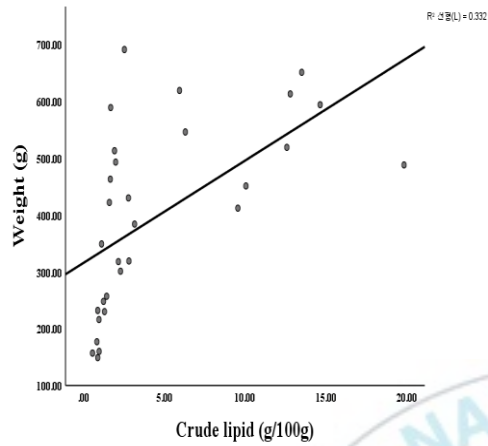
생산 시기 및 중량과 조지방, 지방산 함량의 상관성 분석을 다음과 같이 그래프 형태로 나타내었으며, 지방산의 경우 포화지방산, 단일불포화지방산, 다가불포화지방산 각각 모두 상관성 분석을 진행하였다. 2021 년 7 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.33$). 2021 년 8 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.45$). 2021 년 9 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.61$). 2021 년 10 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.52$). 2021 년 11 월의 조지방의 경우 $p < 0.05$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의

상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.22$). 2021 년 12 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.63$). 2022 년 1 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.69$). 2022 년 2 월의 조지방의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.74$). 이와 같은 연구 결과를 토대로 참고등어의 조지방과 생산시기 및 중량 간의 상관관계는 2021 년 8, 9, 10, 12 월과 2022 년 1, 2 월에 높은 상관성을 나타내었다. 그러나 2021 년 7, 11 월의 경우 R^2 이 각각 0.33, 0.22 값을 나타내며 생산 시기 중 가장 낮은 상관성을 나타내었는데, 2021 년 7 월의 경우 5 등급의 조지방 함량이 평균 4.89 g 으로 하위 등급인 4 등급 7.18 g 보다 낮은 함량이 원인으로 사료되며, 2021 년 11 월의 경우 3, 4 등급의 평균 조지방 함량이 각각 4.95, 4.34 g 을 나타낸 것에 비해 5 등급의 조지방 함량이 평균 3.64 g 을 나타내면서 상관관계에 영향을 미친 것으로 보인다. 이러한 일부 조지방 함량의 불균형은 앞서 생산시기 별 조지방 함량 분석에서 전술한 바와 같이 성장시기, 먹이 상황 및 산란기로 인한 월동기 직전까지 유지되는 탐식성이 원인으로 사료되며(Stansby et al., 1986; NFRDI, 2011), 모든 상관성이 정적 상관관계가 나타난 것을 고려하였을 때, 조지방과 중량의

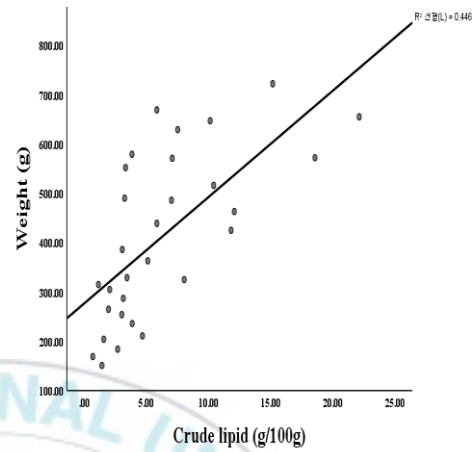
상관관계는 유의한 것으로 보이며 이를 바탕으로 품질 기준 및 등급설정에
기여할 수 있을 것으로 사료된다.



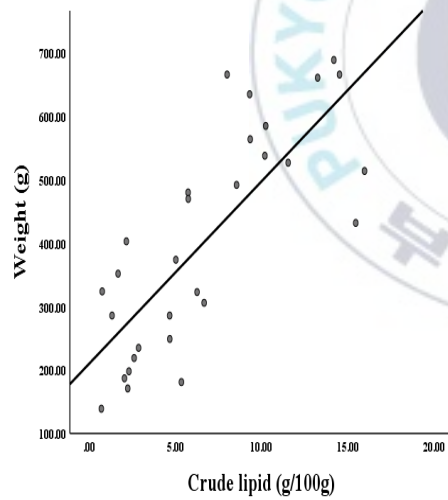
A)



B)



C)



D)

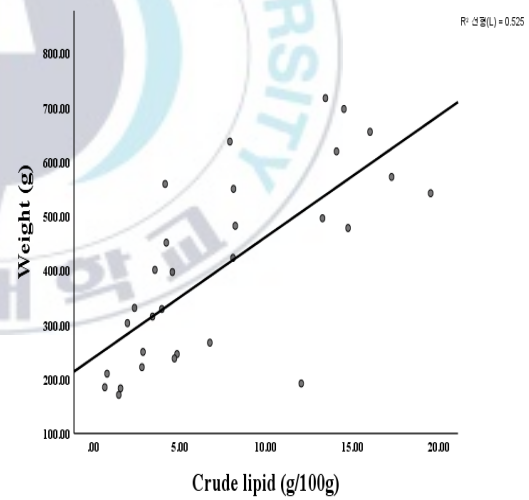
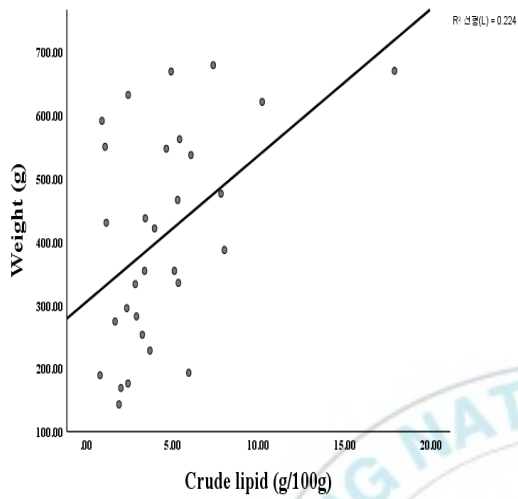
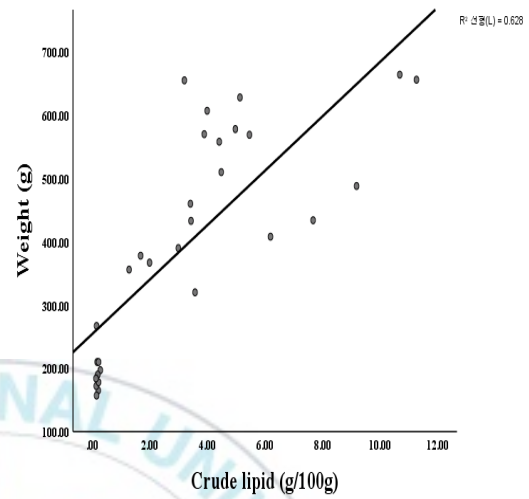


Fig. 1. Collection between weight and crude lipid contents in mackerel samples. (A) July 2021. (B) August 2021. (C) September 2021. (D) October 2021. (E) November 2021. (F) December 2021. (G) January 2022. (H) February 2022.

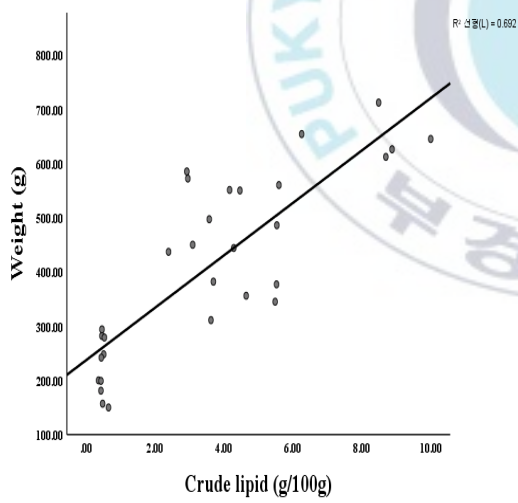
E)



F)



G)



H)

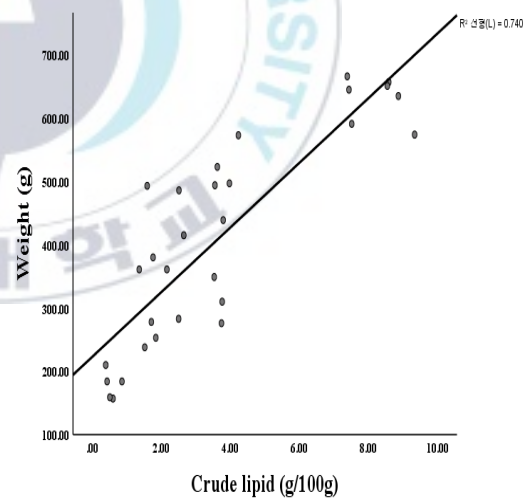


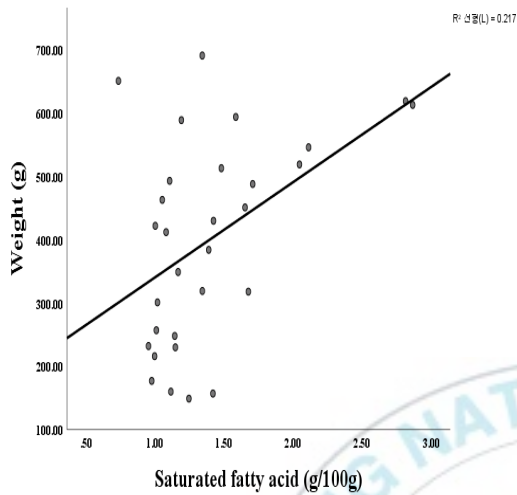
Fig. 1. Continued.

3.2 생산시기별 중량과 포화지방산의 상관관계

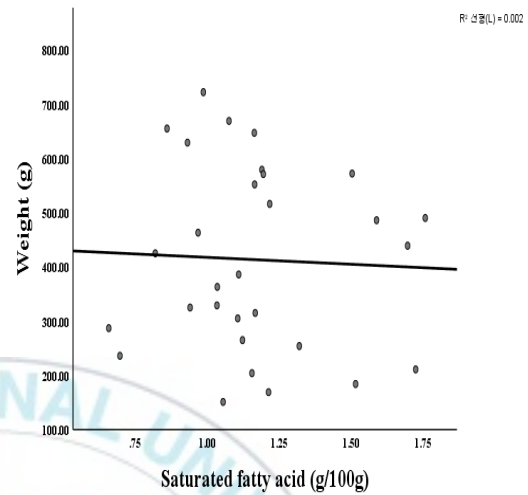
2021년 7월의 포화지방산의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.22$). 2021년 8월의 포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.002$). 2021년 9월의 포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.05$). 2021년 10월의 포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.12$). 2021년 11월의 포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.09$). 2021년 12월의 포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.02$). 2022년 1월의 포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 4.460E-5$). 2022년 2월의 포화지방산의 경우 $p < 0.05$ 에

유의한 상관관계를 나타내었으며, 우하향 선형의 음적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.16$). 포화지방산과 생산 시기 및 중량 별 참고등어의 상관 관계는 대체로 음적 상관관계의 경향을 나타냈으며, 일부를 제외하고 유의확률이 일치하지 않는 결과가 나타났다. 2021 년 7 월과 2022 년 2 월은 각각 정적, 음적 상관관계를 나타냈으나, 상관성이 높지 않고 포화지방산 중 C14:0 의 경우 2021 년 7, 8 월 각각 0.07, 0.06 g 을 나타냈으나, 이후 2021 년 9 월부터 2022 년 2 월까지 1.30-2.17 g 의 함유량을 나타내며 상관관계에 영향을 미쳤으며, C20:0 의 경우 2021 년 10 월에 3.56 g 을 나타냈으나, 이외 시기에 평균 1.5-2.0 g 사이의 함유량을 나타내면서 상관관계에 영향을 미친 것으로 사료된다. 생산 시기별 포화지방산 함량의 변화는 생산 시기별로 고등어의 조지방 함량이 차이가 난다는 본 연구 결과와도 일치하며 그 원인은 성장시기, 먹이 상황, 산란기 및 월동기 직전까지 유지되는 탐식성 등이 원인으로 사료된다(Stansby et al., 1986; NFRDI, 2011). 포화지방산의 경우 상관관계가 유의한 2021 년 7 월과 2022 년 2 월은 선형관계가 다르게 나타나고 이외에 시기에선 유의확률이 일치하지 않아 품질 기준 및 등급설정을 위한 연구 결과가 도출될 수 있도록 더 많은 시료들을 바탕으로 다회차 연구가 필요할 것으로 사료된다.

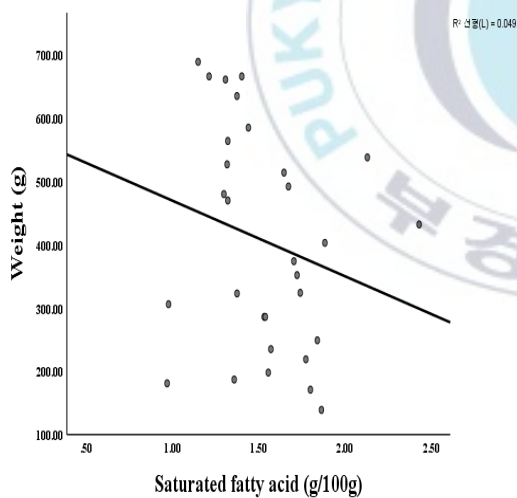
A)



B)



C)



D)

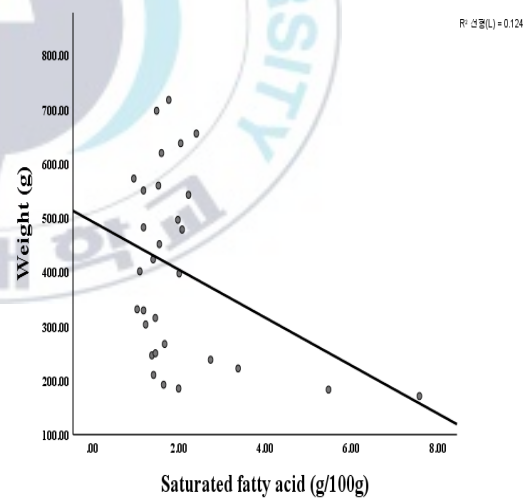
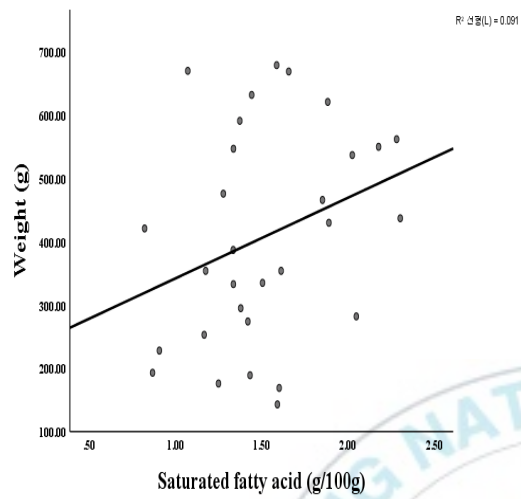
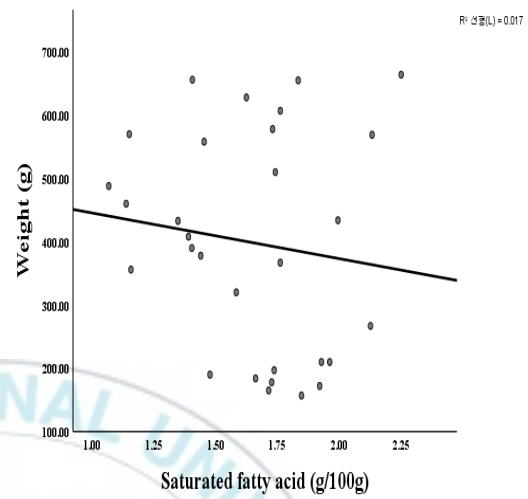


Fig. 2. Collection between weight and saturated fatty acid contents in mackerel samples. (A) July 2021 (B) August 2021 (C) September 2021 (D) October 2021 (E) November 2021 (F) December 2021 (G) January 2022 (H) February 2022.

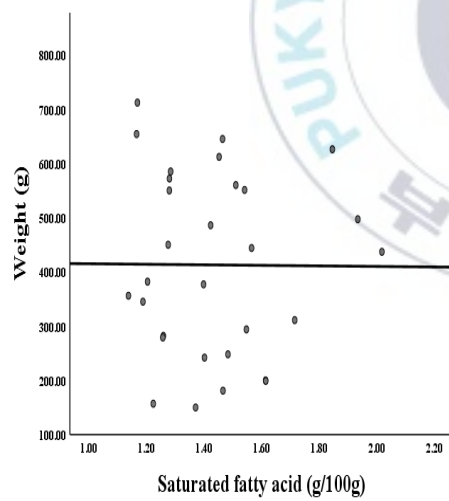
E)



F)



G)



H)

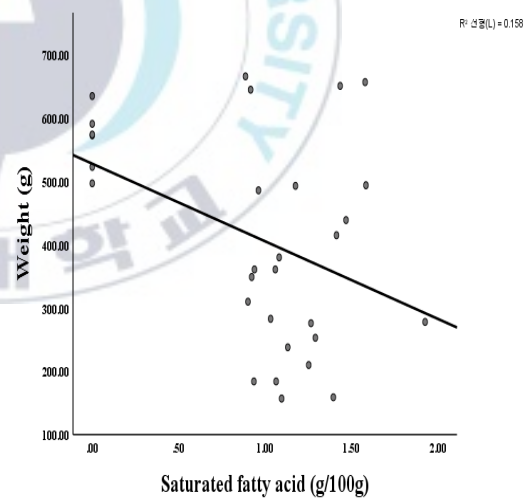


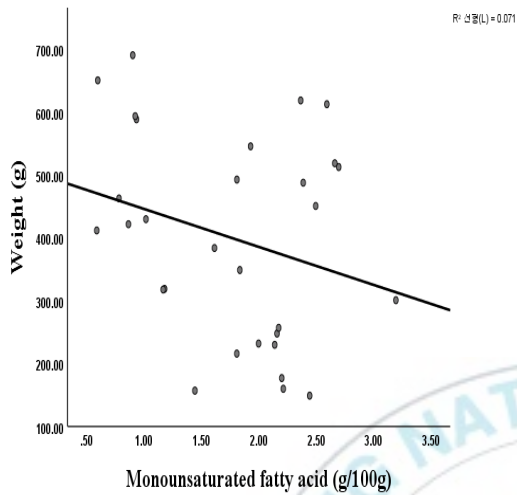
Fig. 2. Continued.

3.3 생산시기별 중량과 단일불포화지방산과의 상관관계

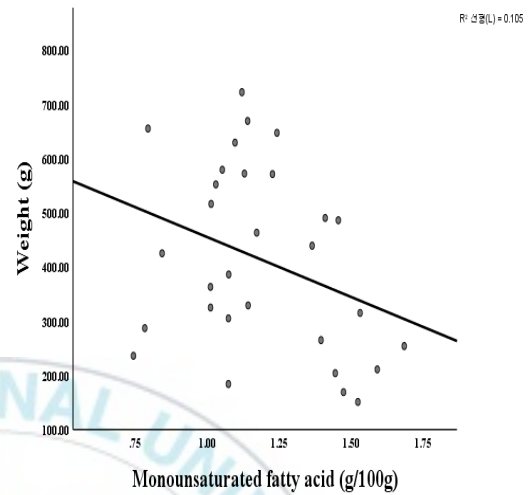
2021 년 7 월의 단일불포화지방산의 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.07$). 2021 년 8 월의 단일불포화지방산의 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.11$). 2021 년 9 월의 단일불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.05$). 2021 년 10 월의 단일불포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.17$). 2021 년 11 월의 단일불포화지방산의 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.01$). 2021 년 12 월의 단일불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.05$). 2022 년 1 월의 단일불포화지방산의 경우 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우상향 선형의 정적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한

것으로 보인다($R^2 = 0.66$). 2022 년 2 월의 단일불포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.03$). 단일불포화지방산과 생산 시기 및 중량 별 참고등어의 상관 관계는 2022 년 1 월에 상관 관계가 유의한 것으로 확인되었으나, 이외에 시기는 대체로 음적 상관관계를 나타내었고, 유의확률이 일치하지 않았다. 특히 C22:1n9 의 경우 2021 년 10, 11 월과 2022 년 1 월의 함유량이 다른 시기에 약 2-10 배 높은 것으로 나타나면서 상관성에 큰 영향을 미친 것으로 보이며, 섭식 형태와 어획 시기(Leu et al., 1981; Cha et al., 2004)의 영향이 원인으로 사료된다. 포화지방산의 연구결과와 마찬가지로 유의확률이 일치하지 않는 결과가 대부분인 것을 고려하여, 품질 기준 및 등급 설정을 위해선 많은 시료를 통한 다회차 분석이 필요할 것으로 사료된다.

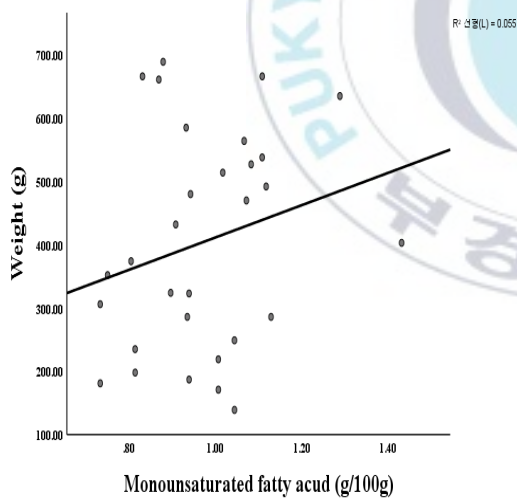
A)



B)



C)



D)

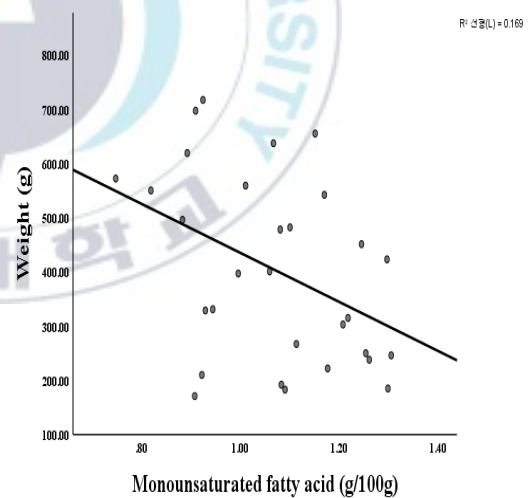
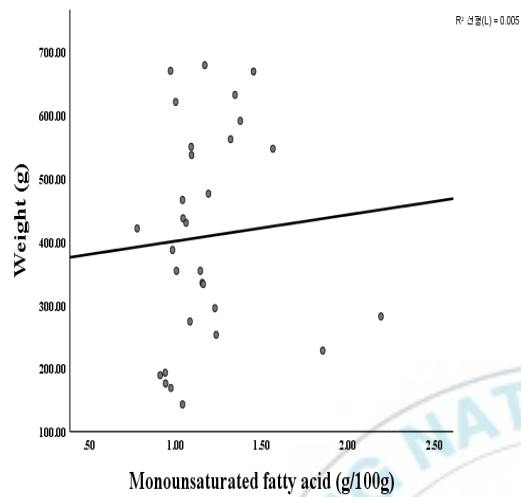
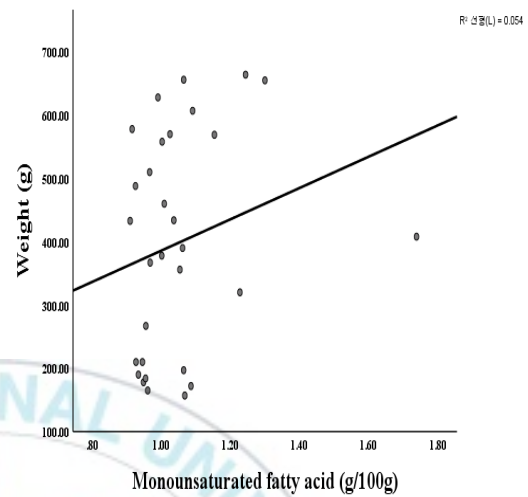


Fig. 3. Collection between weight and monounsaturated fatty acid contents in mackerel samples. (A) July 2021. (B) August 2021. (C) September 2021. (D) October 2021. (E) November 2021. (F) December 2021. (G) January 2022. (H) February 2022.

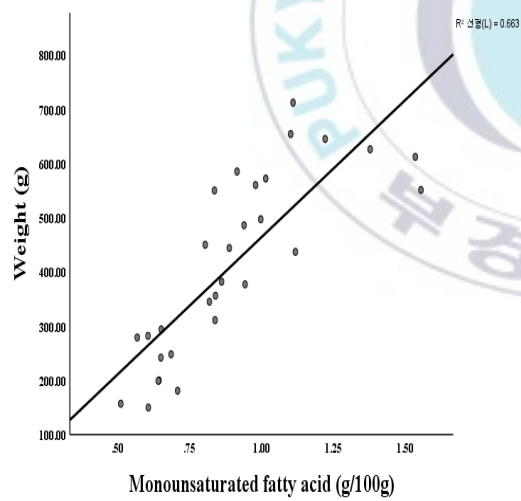
E)



F)



G)



H)

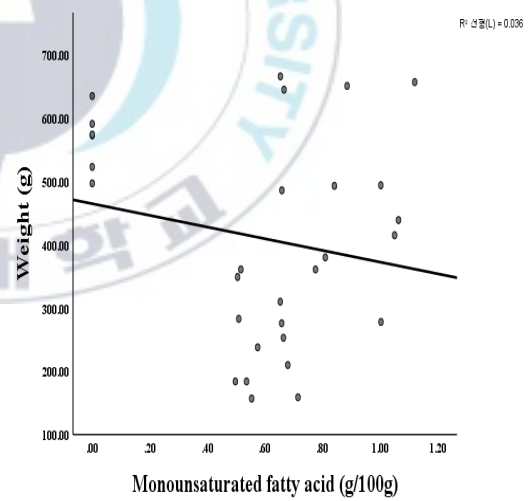


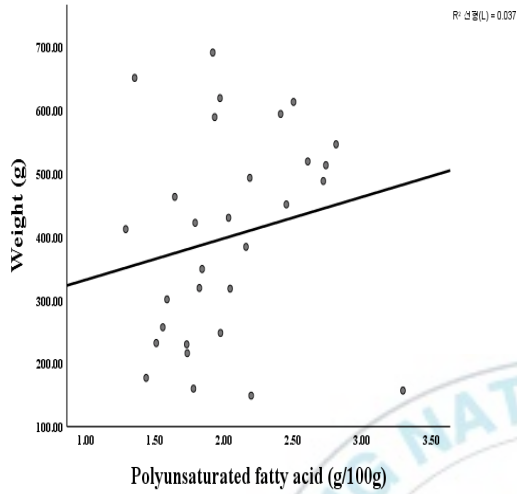
Fig. 3. Continued.

3.4 생산시기별 중량과 다가불포화지방산과의 상관관계

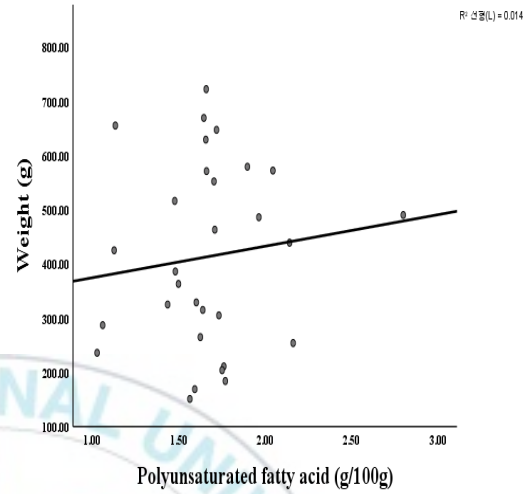
2021 년 7 월의 다가불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.04$). 2021 년 8 월의 다가불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.01$). 2021 년 9 월의 다가불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.12$). 2021 년 10 월의 다가불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.08$). 2021 년 11 월의 다가불포화지방산의 경우 우하향 선형의 음적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 미만으로 유의하지 않는 것으로 보인다($R^2 = 0.004$). 2021 년 12 월의 다가불포화지방산의 경우 $p < 0.05$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우하향 선형의 음적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.14$). 2022 년 1 월의 다가불포화지방산의 경우 우상향 선형의 정적 상관관계를 나타내지만, 두 양적 변수의 상관관계의 유의확률 값이 0 을 초과하므로 유의하지 않는 것으로

보인다($R^2 = 7.799E-4$). 2022 년 2 월의 다가불포화지방산의 경우 $p < 0.01$ 에 유의한 상관관계를 나타내었으며, 우하향 선형의 음적 상관관계를 가지므로 두 양적 변수의 상관관계는 유의한 것으로 보인다($R^2 = 0.28$). 다가불포화지방산과 생산 시기 및 중량 별 참고등어의 상관 관계는 2021 년 12 월과 2022 년 2 월은 상관 관계가 유의한 것으로 확인되었다. 다가불포화지방산의 경우 대체로 음적 상관관계를 나타냈으며, 유의확률이 일치하지 않는 결과로 나타났는데 이는 C20:3n3 과 C20:4n6 의 함유량이 큰 영향을 미친 것으로 사료된다. C20:3n3 의 경우 2021 년 7, 8, 9 월과 2022 년 2 월의 함량이 약 1-1.5 g 으로 나타났지만, 2021 년 10, 11 월에서 0.13, 0.06 g 을 나타내고 2021 년 12 월과 2022 년 1 월에서 각각 0.22 g 을 나타내면서 생산시기 별 지방산 함량의 불균형이 매우 높았다. C20:4n6 또한, 2021 년 7, 8, 9, 10 월과 2022 년 1, 2 월의 함유량은 약 0.05-0.2 g 을 나타낸 반면에 2021 년 11, 12 월이 각각 0.48, 0.38 g 을 나타내면서 약 2-8 배 이상의 차이가 상관성에 영향을 미친 것으로 보인다. 이는 계절별 먹이생물의 중복도가 유의하지 않다는 점 (Seong et al., 2021)이 큰 영향을 미친 것으로 사료된다. 다가불포화지방산 중에서 가장 중요한 C22:6n3 (DHA), C20:5n3 (EPA)의 함량의 차이는 다른 다가불포화지방산과의 함량이 대조적으로 높은 수치를 나타낸 것으로 인해 비교적 일정한 경향을 나타낸 점은 본 연구에서 가장 긍정적인 부분으로 사료된다,

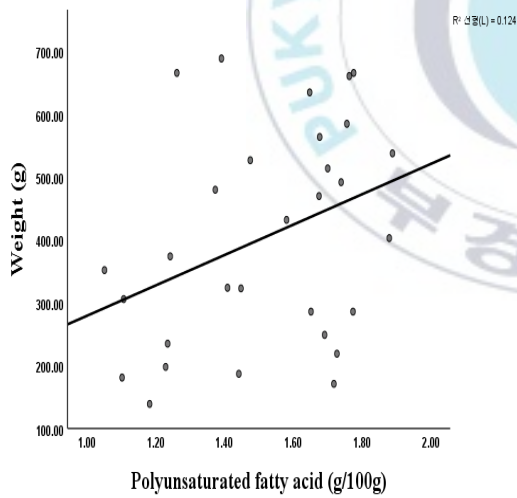
A)



B)



C)



D)

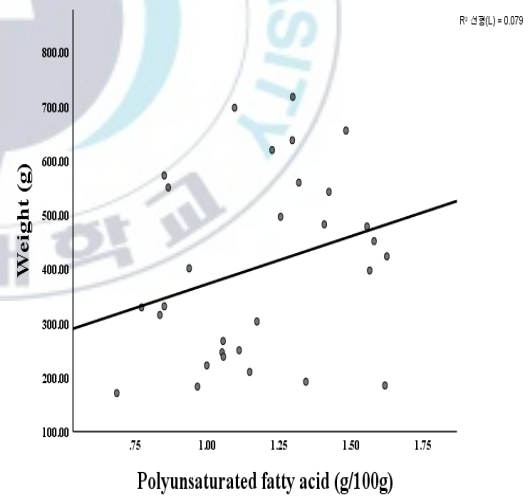
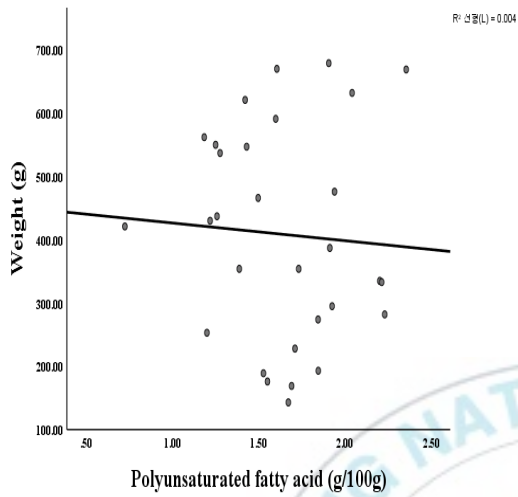
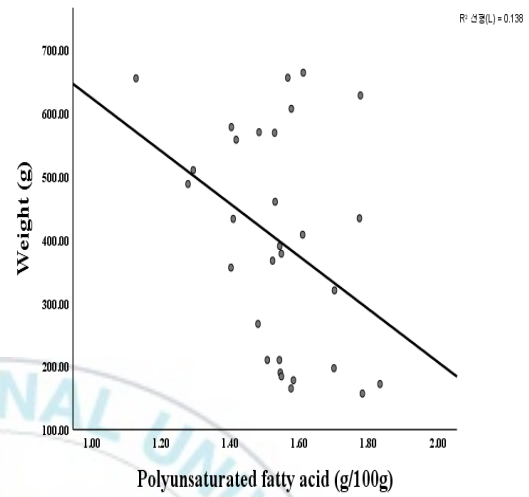


Fig. 4. Collection between weight and polyunsaturated fatty acid contents in mackerel samples. (A) July 2021. (B) August 2021. (C) September 2021. (D) October 2021. (E) November 2021. (F) December 2021. (G) January 2022. (H) February 2022.

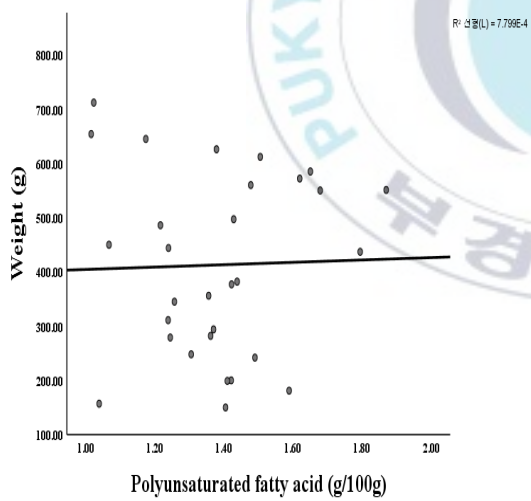
E)



F)



G)



H)

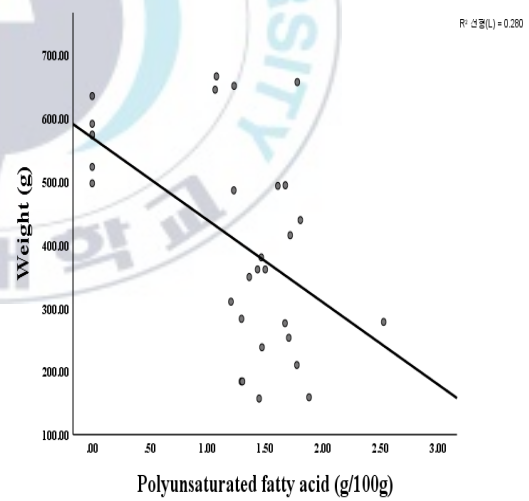


Fig. 4. Continued.

IV. 요약

본 연구에서는 우리나라 참고등어의 품질지표(안)을 제시하기 위해 생산시기별 주요 식품성분 분석을 진행하였다. 현재 우리나라에서 고등어가 가장 많이 유통되고 있는 부산 공동 어시장에서 시료를 채취하였으며, 1차적으로 중량 및 체장을 통해 선별을 진행한 후 총 6등급으로 나누었다. 모든 시료는 껍질을 포함한 육만을 취하여 파쇄 후 실험을 진행하였다. 조지방의 추출 결과, 주로 소비자에게 판매되는 4 - 6 등급의 참고등어는 8월부터 10월까지 7.28% - 13.19%의 함량이 나타나면서, 산란기가 지난 가을철 조지방함량이 높다는 내용이 입증되었다. 지방산 추출 결과, 포화지방산, 단일불포화지방산, 다가불포화지방산 중 다가불포화지방산의 함량이 비교적 높은 수치를 나타내었으며, 특히 고등어에서 가장 대표적인 불포화지방산 성분으로 알려진 DHA와 EPA는 다른 불포화지방산들에 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 또한, 객관적이고 품질개발(안)에 기반이 될 수 있는지에 대한 적합성을 판단하기 위하여 참고등어의 중량과 주요 식품성분들 간의 상관성분석을 실시하여 통계적으로 유의한지 확인하였다. 결과적으로, 조지방의 경우 2021년 7월부터 2022년 2월까지 상관성은 모두 우상향의 정적 상관관계를 나타내며 참고등어의 중량이 증가할수록 조지방의 함량은 높아지는 것으로 분석되었다. 지방산의 경우 좀 더 세밀하고 정확한 분석을

목적으로 포화지방산, 단일불포화지방산, 다가불포화지방산으로 나누어 분석을 진행하였다. 지방산의 실험 결과들은 일부 상관성이 있다는 분석이 나타나기도 하였으나, 전체적인 결과는 일관성이 고르지 못하였으며, 유의확률이 일치하지 않아 상관성을 나타내지 못한 결과가 나타났다. 이를 통해 지방산 분석의 경우 더 많은 시료와 반복 수를 통한 분석이 진행되어야 할 것으로 사료된다. 현재 우리나라에서 유통되는 참고등어의 경우 대부분 사람의 손을 거쳐 등급화가 나누어지고 있다. 국내 주요 소비 수산물 중인 하나인 고등어에 대한 소비자의 신뢰도를 제고할 수 있도록 하기 위해선 더욱더 객관적인 데이터가 필요할 것으로 사료되며, 본 연구의 결과를 이용하여 고등어의 등급화를 위한 품질 기준(안)을 확립하는 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Lim HJ, Kim MS, Hak SY, Kim JK, Shin EC (2016) Analysis of nutritional components and sensory attributes of grilled and fast-chilled mackerels. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 45, 452-459.
- Park SJ, Kim KY, Yim SB, Park MJ, Kim BS, Yu YJ, Jeong YH (2006) Fatty acid composition and mineral content of marketed mackerels. Journal of the East Asian Society of Dietary Life, 16, 670-676.
- Song HN, Lee DG, Han, SW, Yoon, HK, & Hwang, IK (2005). Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage. Korean Journal of Food and Cookery Science, 21, 662-668.
- Yoo MY, Kim KH, Lee JW, Yang JY (2003) Study on manufacture of enzyme biosensor for fishery freshness. Faculty of Food Science and Biotechnology/Institute of Seafood Science, 8, 28-33.
- Jeong WY, Hyeon JK, Da ES, Ko JY, Kim SH, Yang JY, Le BY (2019) Evaluation of largehead hairtail *Trichiurus lepturus* freshness using sensory and chemical analyses. Korean Journal of Fish Aquatic Science, 52, 735-739.
- Hardy R, Smith JG (1976) The storage of mackerel (*Scomber scombrus*). Development of histamine and rancidity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 27, 595-599.

- FAO, YearBook (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in action. Retrieved from <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en> on Oct 26, 2022.
- Lee EH, Kim MC, Kim JS, Ahn CB, Joo DS, Kim SK (1989) Studies on the processing of frozen seasoned mackerel meat. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 18, 355-362.
- Jeong BY, Moon SK, Choi BD, Lee JS (1999) Seasonal variation in lipid class and fatty acid composition of 12 species of Korean fish. Korean Journal of Fisheries Sciences, 32, 30-36.
- Kim SH, Shin JY, Kim HJ, Kim JH, Yang JY (2016) Purification and characterization of fish oil obtained from hydrolysates of mackerel (*Scomber japonicus*) by-products. Journal of Life Science, 26, 1049-1055.
- Oh TY, Shim GB, Seo YI, Kwon DH, Kang SK, Lim CW (2016) A study on resource utilization and management of chub mackerel, *Scomber japonicus* consider to proximate composition. The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology, 52, 130-140.
- Zhang G, Panigrahy D, Mahakian LM, Yang J, Liu JY, Lee KS, Wettersten HI, Ulu A, Hu X, Tam S (2013) Epoxy metabolites of docosahexaenoic acid (DHA) inhibit angiogenesis, tumor growth, and metastasis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110, 6530-6535.

- Innes JK, Calder PC (2020) Marine omega-3 (N-3) fatty acids for cardiovascular health: An update for 2020. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 1362.
- Avallone R, Vitale G, Bertolotti M (2019) Omega-3 fatty acids and neurodegenerative diseases: new evidence in clinical trials. *International Journal of Molecular Sciences*, 20, 4256.
- Yee LD, Lester JL, Cole RM (2019) Omega-3 fatty acid supplements in women at high risk of breast cancer have dose-dependent effects on breast adipose tissue fatty acid composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91, 1185-1194.
- Mortensen LS, Hartvigsen ML, Brader LJ (2009) Differential effects of protein quality on postprandial lipemia in response to a fat-rich meal in type 2 diabetes: comparison of whey, casein, gluten, and cod protein. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90, 41-48.
- Sawada T, Tsubata H, Hashimoto N (2016) Effects of 6-month eicosapentaenoic acid treatment on postprandial hyperglycemia, hyperlipidemia, insulin secretion ability, and concomitant endothelial dysfunction among newly-diagnosed impaired glucose metabolism patients with coronary artery disease. An open label, single blinded, prospective randomized controlled trial. *Cardiovascular Diabetology*, 15, 121.
- “National Institute of Fisheries Science” Fisheries Life Resources Information Center
Retrieved from https://www.nifs.go.kr/frcenter/sub/sub_view.html?taxonId=10487
on Oct 24, 2022.

- Mok JS, Lee DS, Yoon HD, Park HY, Kim YG, Wi JH (2007) Proximate Composition and nutritional evaluation of fisheries products from the Korean coast. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 259-268.
- Jeong BY, Choi BD, Moon SK, Lee JS (1998) Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 1, 129-146.
- Gunstone FD, McLaughlan J, Scrimgeour CM, Watson AP (1976) Improved procedures for the isolation of pure oleic, linoleic, and linolenic acids or their methyl esters from natural sources. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27, 675-680.
- Moon SK, Kim IS, Ko JC, Park HJ, Jeong BY (2017) Fatty acid composition of 20 subtropical fish species from Jeju Island. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 637-649.
- Moon SK, Kim IS, Hong SN and Jeong BY (2011) Food components of the muscle and liver of Patagonian toothfish *Dissostichus leopoldoides*. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44, 451-455.
- Yoon MS, Heu MS and Kim JS (2010) Fatty acid composition, total amino acid and mineral contents of commercial *Kwamegi*. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43, 100-108.
- Stansby ME (1986) Fatty acids in fish. *In health effects of polyunsaturated fatty acid in seafood*, Simopoulos et al. eds., Academic Press, London, pp. 389-401.

- Leu SS, Jhaveri SN, Karakoltsidis P, Constantindides SN (1981) Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*, L), seasonal variation in proximate composition and distribution of chemical nutrients. Journal of Food Science, 46, 1635-1638.
- Cha BY, Gong YG, Lee CH, Kim DH (2004) Feeding ecology of pacific mackerel, *Scomber japonicus*, in Korean waters. Journal of Korean Society of Fishery Resource, 6, 13-22.
- Seong GC, Kim DG, Jin S, Soh HY, Baeck GW (2021) Diet composition of the chub mackerel *Scomber japonicus* in the coastal waters of the South Sea of Korea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54, 73-79.
- Rhee SK, Cheon SS, Kim DS (2001) Lipid content of different section and fatty acid composition of mackerel, pacific saury and sardine. Journal of Korean Professional Engineers Association, 34, 82-88.