

직화구이와 급랭가공법을 이용한 고등어 제품의 성분 분석 및 관능적 특성 검토 - 연구노트 -

임호정¹ · 김미소¹ · 유학수² · 김재겸³ · 신의철¹

¹경남과학기술대학교 식품과학부

²영어조합법인 숨비소리

³미네소타대학교 식품영양학과

Analysis of Nutritional Components and Sensory Attributes of Grilled and Fast-Chilled Mackerels

Ho-Jeong Lim¹, Mi So Kim¹, Hak Soo Yoo², Jae-Kyeom Kim³, and Eui-Cheol Shin¹

¹Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology

²Soombi Fishery Association Corporation

³Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota

ABSTRACT Nutritional compositions, volatile compounds, and sensory attributes of grilled and fast-chilled mackerel (*Scomber japonicus*) were analyzed in order to examine its practical utilization as a food resource compared to commercial frozen mackerel. In the proximate analysis, lipid contents were $27.3 \pm 2.7\%$ in grilled and fast-chilled mackerel. Palmitic acid was the most predominant fatty acid (20.68% and 18.88%), and the percentages of polyunsaturated fatty acid were higher than 40% in both. No benzopyrene was found in the grilled mackerel, and even grilling was employed at 260°C. For chemical stabilities, para-anisidine value (8.56 vs. 9.26) and acid value (2.96 vs. 3.35) in grilled mackerel were improved compared to those of commercial mackerel. Moreover, color index of grilled mackerel, a physiological property, showed greater lightness than commercial mackerel. Lastly, analysis of volatile compounds by gas chromatographic analysis and sensory tests by trained panels demonstrated higher potential for grilled mackerel as a highly marketable product compared to commercial mackerel. Taken altogether, the above results provide important preliminary results for utilization of grilled and fast-chilled mackerel as a quality food.

Key words: mackerels, grilled and fast-chilled processing, stability indices, flavor, sensory evaluation

서 론

오랜 옛날부터 우리나라는 삼면이 바다라는 지리적 장점을 이용하여 수산식품에 대한 소비가 증가하고 있으며, 동물성 식품에 대한 비율과 견주어도 뒤떨어지지 않는 상황이다 (1). 또한 수산물이 단순한 식량의 보급을 떠나 바다 생물자원에서만 얻을 수 있는 건강 기능성 물질에 대한 보고가 증가하면서 수산자원에 관한 관심은 지속해서 증가하고 있다(2).

국내에서 포획되는 대표적인 적색 어류로써 고등어(*Scomber japonicus*, Mackerel)는 경골어류 농어목 고등어과에 속하며 일반적으로 등푸른 생선이라고 불리는 정어리, 전갱이, 꽁치와 함께 우리나라의 수산식품에서 큰 역할을 하고 있다. 고등어는 일반적으로 선어상태로 이용되거나 통조림 및 염장품으로 소비되고 있다. 고등어의 높은 지방 함량은

쉽게 변질하는 문제를 안고 있어 포획 후 상대적으로 높은 함량의 염장 처리가 이루어진 다음 소비자들에게 이용되고 있다. 특히 유통 및 저장과정 중 발생 가능한 histamine의 생성은 scombroid fish poisoning과 같은 알레르기성 식중독의 가능성도 높이는 실정이다(3,4). 하지만 과도한 염장품의 섭취는 소비자들의 나트륨 섭취 증가로 인한 건강상의 문제에 대해서 우려의 목소리가 높은 실정이다. 고등어를 포함한 적색 어류는 영양학적으로 양질의 아미노산 조성 및 성인병 효과가 있다고 보고되는 DHA(docosahexaenoic acid)와 EPA(eicosapentaenoic acid)를 다량 함유하고 있어, 고등어의 식품으로서의 보급과 소비자들의 섭취 의지는 매우 높다고 할 수 있다(5).

수산식품은 다양한 가공법이 사용되는데 끓이기, 굽기, 찌개, 찜 및 직화구이가 있으며, 가공방법에 따라 수산식품이 제공하는 맛과 향은 다양하게 변화된다. 또한 이러한 가공방법에 따른 소비자들의 기호도 역시 큰 폭으로 차이를 보여, 수산식품에 대한 적절한 방법의 선택이 중요한 요소로 알려졌다(6). 직화구이법의 경우 고기 표면의 수분 및 내부의 수분을 제거시키는 과정을 통해 미생물의 증식을 감소시

Received 28 October 2015; Accepted 2 December 2015

Corresponding author: Eui-Cheol Shin, Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, Gyeongnam 52725, Korea

E-mail: eshin@gntech.ac.kr, Phone: +82-55-751-3271

킬 수 있으며, 표면에 적절한 탄 맛을 형성하기 때문에 수산 식품 특유의 풍미를 전달할 수 있다. 그러나 지방 및 단백질 함유가 높은 식품의 직화는 가열 조리 과정에서 발암성 또는 돌연변이 유발성 물질을 형성할 수 있으므로 구이 과정에서 온도나 시간 조절을 통해 위해성의 저감화와 동시에 고유의 풍미를 유지할 수 있는 가공법의 연구가 필요한 시점이다 (7,8).

일반적으로 고등어를 포함한 수산물의 유통과정은 주로 냉동과정을 거치게 되는데, 냉동수산품의 경우 생균수의 증가 억제, 히스타민 함량의 증가 감소 및 지방질의 산패를 억제하는 데 효과가 있다고 알려졌으나, 냉동과정에서 유리 드립과 가압드립 현상의 증가로 인해 소비자의 기호도 감소라는 문제점을 안고 있다(9). 또한 고등어와 같이 수산식품의 구이를 할 때 발생하는 냄새는 실내에서의 조리 시 매우 큰 부담이 아닐 수 없다. 지질 함량이 높은 고등어와 같은 수산물의 경우 이러한 경우가 더욱 심할 수 있다. 국내의 수산식품 소비증대를 위한 노력으로 이러한 직접 조리에 대한 부담을 덜어주기 위한 노력이 필요하다. 본 연구에서는 수산물의 직화구이를 통해 가공처리를 거친 후 급속 냉각 방식으로 구이 고등어의 품질 저하를 최소한으로 줄이고 저온 상태로 유통 가능한 설비를 구축한 다음 가정에서 간편 조리(전자레인지 이용)를 통해 섭취 가능한 제품을 생산하여 이에 대한 영양 및 관능적 특성 지방질 성분을 중심으로 검토해 보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서 사용된 고등어는 2015년 제주도 연안에서 포획된 고등어를 즉시 가공처리 하여 실험에 사용하였다. 제품의 가공처리는 제주도에 있는 영어조합법인 숨비소리에서 고등어의 신선도를 유지한 상태에서 모든 가공처리가 진행되었다. 가공을 위해 고등어는 비늘, 내장 및 머리를 제거하여 수세를 거친 후 중량의 1% 전후로 하여 최소한의 비율로 염장처리를 1시간 처리하였다. 염장 후 직화를 위한 조건은 260°C에서 7분간 진행하였다. 직화 조건은 사전 실험을 통해 고등어 내부 온도가 95°C까지 도달하여 고등어 제품이 완전히 익도록 하였다. 직화를 마친 샘플은 내부 온도 4°C가 될 때까지 급랭식으로 냉각시켜 미생물 번식 가능성을 최소화하였다. 냉각처리 된 구이 고등어 제품은 진공포장을 실시하여 산소와의 접촉을 최소화하여 생산하였다. 가공처리가 완료된 고등어 제품은 냉장처리 상태(4°C)를 유지하면서 진주에 있는 경남과학기술대학교로 운반되어 실험에 사용되었다.

시약

본 연구에서 사용된 모든 시약과 지방산(C₄~C₂₄) 및 벤조피렌 표준품은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에

서 구입하였다. Hexane, methanol(CH₃OH), ethanol, chloroform(CHCl₃)은 HPLC-grade를 사용하였고, anhydrous sodium sulfate(Na₂SO₄), isooctane, diethyl ether, sodium chloride(NaCl)는 ACS-grade를 이용하였다.

고등어 지방질 추출

본 실험에 사용된 고등어 지방질은 Bligh-Dyer법(10)을 이용하였다. 약 100 g의 고등어를 막자와 막자사발을 이용하여 분쇄한 후 250-mL erlenmeyer flask에 넣고 100 mL의 물을 넣어 고등어 샘플을 수화시킨 다음, 150 mL의 메탄올을 넣고 150 mL의 클로로포름을 넣어 metal homogenizer(Pro Scientific Inc., Monroe, CT, USA)를 이용하여 5분간 충분히 균질화시켰다. 지방질 함량이 높은 구이 고등어 시료의 산화방지를 위해서 50 mg의 hydroquinone을 첨가한 후 실험을 진행하였다. 계속 100 mL의 클로로포름을 넣어 Whatman No. 1 filter paper(Whatman plc, Kent, UK)를 통과시켜 샘플을 여과시켰다. Filter-cake를 다시 수거하여 50 mL의 클로로포름을 가한 후 다시 homogenizer를 이용하여 5분간 균질화시켰다. 여과과정을 거친 slurry 상태의 샘플은 500 mL 분액깔때기에 넣은 후 2 g의 NaCl과 함께 1분간 충분히 흔들여 균질화시켰다. 하룻밤을 방치한 후 지질을 함유한 아래층(유기용매)을 분리하여 회전진공농축기(R-4, Büchi Corporation, New Castle, DE, USA)를 이용하여 유기용매를 건조한 후 남은 지질을 이용하여 지방산 실험에 사용하였다.

지방산 조성

본 연구에 추출된 고등어 지질의 지방산 조성을 알아보기 위해 Boron trifluoride(BF₃)-methanol을 이용한 유도체화를 실시하였다(11). 약 100 mg의 추출된 지방질을 10 mL 크기의 test tube에 옮긴 후 0.5 mL의 내부표준물질 heptadecanoic acid(C17:0)(1 mg/mL hexane)를 함께 test tube에 첨가하였다. 샘플은 2 mL의 0.5 N NaOH-methanol을 이용하여 100°C의 온도에서 Reacti-Therm III Heating/Stirring Module(Thermo Fisher Scientific Co., Rockford, IL, USA)을 이용하여 10분간 가열시켰다. 그 후 샘플은 실온에 방치하여 냉각시킨 후 4 mL의 BF₃-methanol을 첨가하여 혼합한 다음 100°C의 온도에서 40분간 가열시켰다. 가열 후 실온에 냉각시킨 혼합액에 2 mL의 hexane을 첨가하여 1분간 vortex 시킨 다음 hexane 층을 수집하였다. 2 mL의 hexane에 첨가과정을 3번 반복하여 hexane 층을 수집한 후 질소가스를 이용하여 hexane을 제거한 다음 샘플을 다시 1 mL의 hexane에 녹여 지방산 분석을 위한 실험에 사용하였다.

구이 고등어의 지방산 분석을 위한 gas chromatography는 Agilent Technologies 6890N 장치(Santa Clara, CA, USA)가 사용되었다. 분석 컬럼은 SP-2560 capillary column(100 m×0.25 mm i.d., 0.25-µm film thickness; Agil-

ent Technologies)이 사용되었고, carrier gas로 helium (2.7 mL/min)이 이용되었다. Injector와 detector 온도는 모두 250°C였으며, split ratio는 10:1이고 detector에서 불꽃이온을 위한 수소와 air는 검출기에서 분당 40 mL와 450 mL가 각각 사용되었다. Oven 온도 프로그램은 초기 130°C에서 5분간 머문 후 분당 4°C 증가시켜 240°C까지 상승시킨 다음 15분간 유지하였다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였다. 분석된 결과는 상업적인 지방산 표준품(Supelco 37 FAME, Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 각각의 retention time을 이용하여 동정하였다.

p -Anisidine value(p -AV) 측정

구이 고등어의 p -AV값을 측정하기 위해 AOCS법(12)을 이용하였다. 구이 고등어 지질 100 mg을 취한 후 isoctane 25 mL를 가하여 지질을 용해하고, 0.25%(w/v) *para*-anisidine/acetic acid 용액을 이용하여 350 nm에서 흡광도를 측정하여 산화 안정성을 비교하였다.

Acid value(AV) 측정

구이 고등어의 AV값은 AOCS법(13)을 이용하여 실험하였다. 구이 고등어 지질을 1 g을 취한 후 ethanol: ether를 1:1(v/v) 혼합한 용액 30 mL를 넣어 지질을 용해한 다음, 여기에 1% 페놀프탈레인(phenolphthalein) 용액 100 μ L를 가하여 잘 섞은 후 엷은 홍색이 될 때까지 0.1 N potassium hydroxide(KOH) in ethanol 용액으로 적정하여 적정값을 공시험과 비교하여 AV값을 나타내었다.

Peroxide value(POV) 측정

구이 고등어의 지질이 함유된 과산화물가의 함량을 측정하기 위해 AOCS법(14)을 이용하여 실험하였다. 고등어 지질 1 g을 25 mL의 acetic acid: chloroform=3:2(v/v)와 혼합한 후 포화요오드화 칼륨(potassium iodide, KI) 용액 1 mL를 넣고 1분간 흔들어진 다음 암소에 10분간 보관하였다. 10분 후 증류수 75 mL를 가하여 잘 섞은 다음, 1% 전분(soluble starch) 용액 1 mL를 가한 후 0.01 N sodium thiosulfate($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 용액으로 무색이 될 때까지 적정값을 공시험과 비교하여 생성된 과산화물 값을 나타내었다.

벤조피렌 함량

구이 고등어에서 추출한 지질을 이용하여 벤조피렌 함량

을 구하였다. 시료 10 g 정도 취하여 *n*-hexane 50 mL에 녹여 분액깔때기에 옮기고, DMF(*N,N*-dimethylformamide): H_2O (9:1, v/v) 25 mL를 가하여 흔들어 분리한 후 DMF: H_2O (9:1, v/v) 부분을 따로 분리하여 *n*-hexane 층에 다시 DMF: H_2O (9:1, v/v)를 25 mL씩 2회 가하여 분리해 합한 다음, 여기에 1% 황산나트륨 용액 50 mL를 넣고 *n*-hexane 50 mL를 더 가하여 흔들어 혼합 및 정지하여 *n*-hexane 층을 분리하였다. DMF: H_2O (9:1, v/v) 층에 *n*-hexane 20 mL씩을 넣고 위와 같이 2회 반복하여 *n*-hexane 층을 합한 후 H_2O 50 mL씩 3회 정도 가하여 혼합 분리하여 H_2O 층을 제거한 다음, *n*-hexane 층에 무수황산나트륨을 가하고 탈수 여과하여 40°C water bath에서 감압 농축하였다. 농축한 액에 *n*-hexane 10 mL와 *n*-hexane: dichloromethane(3:1, v/v) 5 mL를 가하여 용출시킨 후 다시 농축하고 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 GC/MS (Agilent 5973 Mass, Agilent Technologies)를 이용하여 분석하였다. 이때 사용한 장치와 분석조건은 Table 1과 같다(15).

Rancimat 측정

구이 고등어의 지질을 추출하여 일반 냉동 유통 고등어와의 산화 안정성을 비교해 보았다. 실험을 위해 Rancimat 장비(Metrohm CH series 892, Metrohm AG, Herisau, Switzerland)를 이용하였다(16). 추출된 지질 3 g을 튜브 구이 고등어의 지질을 이용하여 산화 안정성을 확인하였다. 강제산화를 위해 지질이 포함된 tube에 20 L/h의 조건으로 공기를 주입하여 120°C의 온도에서 실험을 진행하였다. 산화과정을 통해서 발생한 formic acid, ketones, aldehydes, carboxylic acids와 같은 산화생성물을 측정 sensor를 이용하여 산소유도 기간을 측정하였다.

점도 측정

구이를 통한 고등어 지질의 점도를 측정하고자 점도계(Brookfield DV2T Viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., New York, NY, USA)를 이용하였다. 측정을 위해 지질 50 g을 취한 후 점도계의 LV-3 spindle (spindle entry code No. 63)을 이용하여 30 rpm으로 1분씩 반복 측정할 다음 평균값으로 나타내었다. 점도 측정에 사용되는 샘플은 구이 고등어 지질과 시판되는 냉동 유통 고등어를 대조구로써 실험에 사용하였다. 측정에 적합한 추

Table 1. GC/MSD condition for the analysis of benzopyrene

Items conditions	Conditions
Instrument	Agilent 5973 mass
Column	HP-5 (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m)
Split rate	10:1
Oven temperature	Initial temperature: 100°C, increase rate: 10°C/min, final temperature: 300°C
Injector temperature	280°C
Sim ion	113, 126, 224, 252
Carrier gas	He (1 mL/min)

(spindle)를 설정하고 25°C에서 실시하였으며, 각 시료의 측정치는 5회 이상 반복 실험하여 평균값과 표준편차로 표시하였다.

색도 측정

색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 구이 고등어의 색도를 측정하였다. 사용되는 색도 수치는 명도(lightness, L-value), 적색도(red-ness, a-value) 및 황색도(yellowness, b-value)를 이용하였고, 각 샘플당 3회 이상 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다. 표준 백색판의 명도(L)는 76.3, 적색도(a)는 0.37, 황색도(b)는 1.03이었다.

휘발성 향기성분

구이 고등어 샘플의 휘발성 향기성분 포집은 Bianchi 등 (17)의 방법에 따라 solid-phase microextraction(SPME)을 이용하여 실험을 하였다. 흡착에 사용된 fiber는 100 µm poly dimethylsiloxane(PDMS)이며, 250°C에서 conditioning을 10분간 거친 후 실험에 사용하였다. 분쇄된 고등어 10 g에 증류수 10 mL를 가하여 혼합한 후 향기 포집병으로 옮긴 다음 내부표준물질로 100 µL의 n-pentadecane(0.1 mg/mL, Sigma-Aldrich Co.)을 첨가하여 60°C에서 가열하면서 fiber를 노출시켜 향기성분을 포집하고, 30분 동안 포집을 지속시켰다. 포집 후 향기성분이 흡착된 SPME fiber는 신속히 분석을 위해 mass detector가 장착된 gas chromatography에 주입하여 실험을 진행하였다.

휘발성 향기성분은 gas chromatography-mass spectrometry(GC/MSD; Agilent 7890A & 5975C, Agilent Technologies)로 분석하였다. 구이 고등어의 휘발성 성분의 분석은 HP-5MS 칼럼(30 m×0.25 mm i.d.×0.25 µm film thickness)을 사용하였고, oven 온도 설정은 40°C에서 5분 머무른 후 200°C까지 분당 5°C의 속도로 승온시켰으며, injector 온도는 220°C로 하였고 carrier gas인 helium의 유속은 1.0 mL/min, split ratio는 splitless였다. 구이 고등어 샘플의 total ionization chromatogram(TIC)에서 분리된 각 성분은 mass spectrum library(NIST 12)를 이용하여 동정하였으며, 각 시료의 향기 성분은 peak 면적을 각 휘발성 성분들에 대한 상대적인 함량으로 계산하였다.

Electronic-nose(E-nose) 분석

구이 고등어의 냄새성분에 대해서 E-nose(E-Nose Integral, E-Nose Instruments Co., Atsugi, Japan)를 이용하여 생 고등어에서 구이를 거친 후의 냄새성분을 분석하였다. 냄새의 흡입은 E-nose에 내장된 진공펌프를 사용하여 10분간 흡입하여 여과막을 통과시켜 고체성분을 제거하고 흡착된 냄새성분에서 fragrance, strength, NH₃, H₂S를 측정하였다.

관능검사

구이 고등어 소비자들의 기호도를 평가하기 위해 관능검사를 하였다. 구이 고등어와 기존의 pan-fried 고등어 제품(냉동 보관 제품)을 대조구로 하여 구이 고등어의 상대적인 식감을 비교하였다. 관능검사를 위한 패널은 경남과학기술대학교 재학생 15명을 이용하여 9-scale method(1~9점)를 적용하였고, 1점은 가장 약한 강도이며 9점은 가장 높은 강도로 나타내었다. 검사항목은 색도, 향(비린내), 짠맛, 쓴맛, 신맛 및 종합적 선호도를 조사하였다. 모든 실험은 공복시에 진행하고 매일 일정 시간(오전 11시)에 진행하여 검사의 신뢰도를 높였다.

통계처리

구이 고등어와 상업적인 냉동 유통 고등어의 영양 및 기능성 성분에 관한 결과는 3반복을 통해 평균값과 표준편차를 통해서 비교하였고, 각 실험값의 유의적 차이는 Tukey's multiple test($P < 0.05$)를 이용하였으며, SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Version 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 통해 나타내었다. 관능검사에 사용된 결과는 Microsoft Excel software(version 2010, Microsoft Corp., Redmond, WA, USA)를 이용하여 방사형 그래프를 통해 구이 고등어와 상업적인 냉동 유통 고등어의 관능적 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

지방산 조성

구이를 통한 고등어 지질의 지방산 변화를 비교하였고, 그에 대한 상대적인 조성은 Table 2에 각각 나타내었다. 용매 추출을 통한 구이 고등어와 상업적인 냉동 유통 고등어의 총지질 함량은 27.3±2.7%와 30.6±1.1%로 나타났다(데이

Table 2. Fatty acid profile in grilled and commercially frozen mackerels

Fatty acid	Composition (%weight)	
	Grilled	Commercial
Myristic acid	9.58±0.12	9.40±0.17
Palmitic acid	20.68±0.32	18.88±0.44
Stearic acid	0.33±0.02	0.35±0.03
Oleic acid (ω-9)	18.58±0.24	14.07±0.36
Linoleic acid (ω-6)	3.27±0.09	3.09±0.11
Arachidic acid	0.15±0.07	0.11±0.04
Linolenic acid (ω-3)	13.75±0.53	16.30±0.63
Gondic acid (ω-9)	1.96±0.06	2.72±0.08
Behenic acid	5.76±0.18	7.34±0.23
Lignoceric acid	1.47±0.10	1.61±0.17
Eicosadienoic acid (EPA)	9.50±0.43	10.51±0.58
Docosaheptaenoic acid (DHA)	14.96±0.73	15.62±0.69
%Saturated fatty acid	37.98±1.18	37.68±1.34
%Monounsaturated fatty acid	20.53±0.96	16.79±1.09
%Polyunsaturated fatty acid	41.49±1.36	45.53±1.44

Data represent the mean±SD in triplicate.

터 미제시). Park 등(18)에 의하면 가공 이전 국내산 생고등어의 지질 함량을 약 7.4~12.3%로 보고하였고, 수입산의 경우는 1.4~19.7%의 다양한 범위를 보고하였다. 이러한 지질 함량의 차이는 수온, 먹이 및 생식주기와 관련이 있다고 보고되고 있다. 산란기에는 낮은 지질 함량을 보이며, 성장에 따라 높은 지질 함량을 보이는 것으로 발표되고 있다. 구이 고등어와 상업적인 냉동 유통 가공 고등어에서 총지질 함량의 증가는 구이 과정에서 고등어의 수분 증발로 인한 상대적인 지질의 비율 증가로 판단된다. 구이 고등어 지질이 가지는 지방산에서는 palmitic acid가 $20.68 \pm 0.32\%$ 로 가장 주된 지방산으로 나타났고, oleic acid가 $18.58 \pm 0.24\%$, DHA가 $14.96 \pm 0.73\%$ 로 주요한 지방산으로 검출되었다. 전체적으로 구이 과정을 통해 냉동 유통과 비교할 때 EPA와 DHA에서는 차이가 적으므로 linolenic acid(C18:3, ω -3)의 함량이 다소 낮게 나타났다. 물론 ω -3계 지방산 함량은 구이 고등어와 상업적인 냉동 유통 고등어 모두 전체의 40% 가량의 높은 비율을 보였다. ω -3계 지방산의 대표적인 지방산인 DHA와 EPA는 인간의 건강과 질병에 중요한 역할을 미친다는 연구가 이루어져 왔다. 동맥경화, 혈전증, 고혈압, 심장질환과 같은 현대의 심각한 성인병 예방에 효과가 있다고 알려졌으며, 혈관 확장, 혈소판 응고억제, 혈압강하, 콜레스테롤 저하, 뇌 활동 촉진 및 치매 예방 등에도 효과가 있는 것으로 알려졌다. 고등어의 중량 100 g 중에는 DHA와 EPA가 2,990 mg으로 알려졌는데, 이는 인간의 하루 섭취 권장량 650 mg의 4배 이상을 포함하고 있는 것이다(19).

p-AV, AV, POV 측정

구이 고등어의 *p*-AV값의 비교를 측정하여 Table 3에 나타내었다. 구이 고등어와 상업적 냉동 유통 고등어를 보면 8.56 ± 1.53 과 9.26 ± 2.43 으로 구이 고등어의 *p*-AV값이 낮게 나타나 구이 고등어에서 산화에 안정된 결과를 볼 수 있었다. 하지만 그 차이가 통계적으로 유의적 차이를 보이지는 않았다($P > 0.05$). 수산물을 포함한 유지 식품이 산패가 진행되면 aldehyde 계열의 물질이 급격히 증가한다. Acetic acid 존재 시 *p*-anisidine은 aldehyde 계열의 물질과 반응하여 황색의 복합체를 형성하게 되는데, 이를 흡광도의 특정 파장(350 nm)에서 측정하여 anisidine의 함량을 계산할 수 있다. 이러한 anisidine의 함량은 산패의 진행 정도와 상관관계를 가진다. *p*-Anisidine과 결합하는 주된 aldehyde 계열

Table 3. Measurements of *p*-anisidine (*p*-AV), acid value (AV), and peroxide value (POV) in grilled and commercially frozen mackerels

Sample	<i>p</i> -AV	AV	POV
Grilled mackerel	$8.56 \pm 1.53^{a1)}$	2.96 ± 0.16^b	1.64 ± 0.53^a
Commercial mackerel	9.26 ± 2.43^a	3.35 ± 0.27^a	1.43 ± 0.38^a

Data represent the mean±standard deviation of triplicate analyses for each sample.

¹⁾Means with different letters in the same column are significantly different by Tukey's multiple range test ($P < 0.05$).

의 물질은 2-alkenal 혹은 2,4-alkadiene이 알려졌다(20).

구이 고등어와 상업적 냉동 유통 고등어의 AV값을 측정하여 비교하였다(Table 3). 구이 고등어와 상업적 냉동 유통 고등어를 보면 2.96 ± 0.16 과 3.35 ± 0.27 로 구이 고등어의 AV값이 유의적으로 낮게 나타났으며($P < 0.05$), 이는 *p*-AV와 같은 결과이다. 대부분의 식용유지는 트리글리세리드의 중성지방 형태를 구성되어 있지만, 유지의 저장과정에서의 품질 저하는 글리세롤과 유리지방산으로 분해가 생겨난다. 이러한 유리지방산의 생성 정도를 비교해 볼 때 구이 고등어의 유지 제품으로서의 안정성이 상업적인 냉동 유통 고등어보다 더욱 우수하다고 볼 수 있다(16,20).

구이 고등어와 상업적 냉동 유통 고등어의 과산화물의 함량을 측정하여 비교하였다(Table 3). 구이 고등어와 상업적 냉동 유통 고등어를 보면 1.64 ± 0.53 과 1.43 ± 0.38 로 구이 고등어의 POV값이 다소 높게 나타났으며, 유의적인 차이를 보이지는 않았다($P > 0.05$), 이는 *p*-AV와 AV와는 다른 결과를 보이나 POV는 1차적인 과산화물의 함량에 관한 결과이며, 산패가 더 진행되는 과정에서는 사용하지 못하는 실험값이다.

벤조피렌 함량

구이 과정에서 발생 가능한 발암물질인 벤조피렌의 유무를 판단하고자 구이 고등어의 유지에서 벤조피렌을 추출하여 그 함량을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 상업적으로 시판되는 벤조피렌 표준품(Fig. 1a)의 크로마토그램을 토대로 구이 고등어 유지(Fig. 1b)에서의 벤조피렌의 유무를 확인한 결과 벤조피렌은 검출되지 않았다. Method validation을 통한 limit of detection(LOD)과 limit of quantification(LOQ)은 각각 $0.01 \mu\text{g}/\text{kg}$ 과 $0.02 \mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났다. 일반적으로 벤조피렌은 유지를 다량 함유한 식품 소재의 구이 과정에서 발생 빈도가 높다고 알려졌으나 본 구이 조건(260°C 에서 7분간 가열)에서는 검출되지 않아 본 과정이 벤조피렌 생성 여부에 대해서 안정성이 있다고 판단된다.

Rancimat test

구이 고등어와 상업적인 시판 냉동 고등어의 산소유도 기간(induction period)을 비교하고자 Rancimat 검사를 하였고, Fig. 2에 나타내었다. 산소유도 기간의 측정은 지질 산화로 인해 생성된 휘발성 dicarboxylic acids의 형성으로 인한 전기적 전도도의 증가를 측정하여 지질의 항산화 활성 및 안정성을 평가하는 지표로 알려졌다. 구이 고등어에서 추출한 지질에서의 산소유도 기간은 5.48시간이며, 상업적인 냉동 유통 고등어에서는 이보다 조금 더 연장된 5.54시간을 나타내었다. 구이 과정에서 일어나는 고온으로 인해 산소유도 기간이 다소 짧게 나타나고 있으나, 구이 과정에서 발생하는 안정성 저하는 발생 가능한 요소로 판단된다.

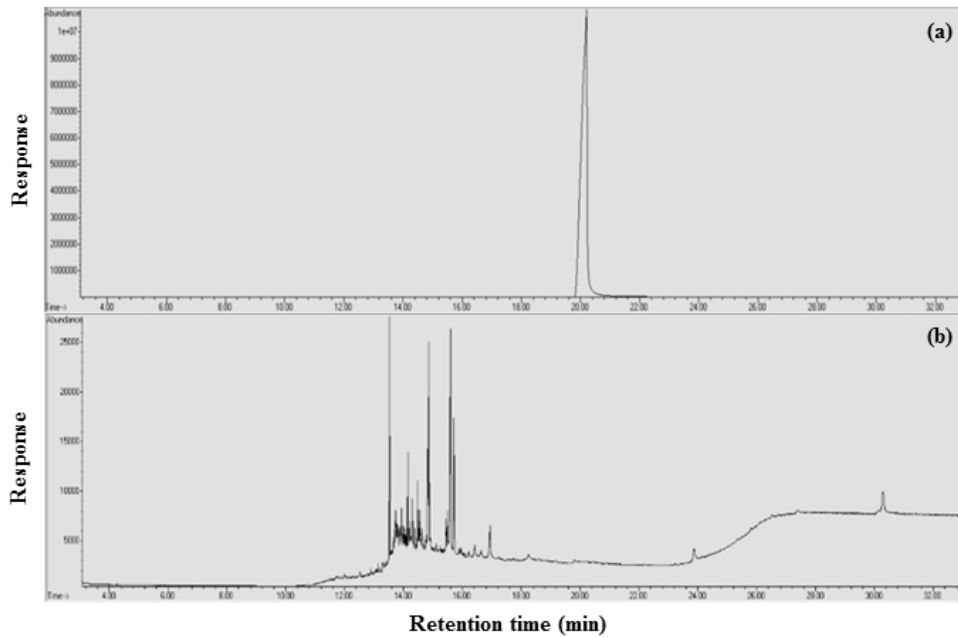


Fig. 1. Chromatograms of benzopyrene of (a) standard and (b) grilled mackerel.

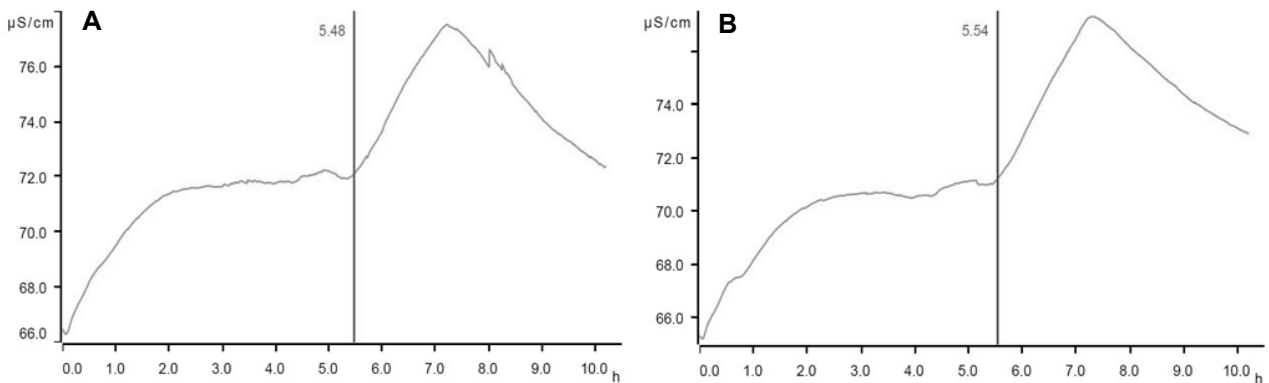


Fig. 2. Measurement of induction time (h) of extracted lipids in (A) grilled mackerel and (B) commercial frozen mackerel.

점도, 색도 측정

구이 고등어와 냉동 유통 고등어 지질의 점도를 측정 한 결과를 Table 4에 나타내었다. 구이 고등어의 점도가 냉동 유통 고등어의 점도보다 높게 나타났다. 점도에서 구이 고등어 유지가 높은 부분에 관한 결과는 물리적 특성에서 냉동 유통 고등어의 지질이 더욱 안정적인 부분으로 해석된다.

또 다른 물리적 특성인 색도는 색차계를 사용하여 Hunter color value를 통해 측정하였고 구이 고등어의 색도를 비교 해서 Table 4에 나타내었다. 명도(L)는 구이 고등어 유지가

유의적($P<0.05$)으로 더 높게 나타났으며, 적색도(a) 및 황색도(b)에서도 구이 고등어에서 추출한 유지가 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$).

휘발성 향기성분

GC/MS를 이용한 구이 고등어와 냉동 유통 고등어의 휘발성 향기성분을 측정 한 결과를 Table 5에 나타내었다. SPME를 이용한 두 샘플의 향기성분은 구이 고등어에서는 10가지 성분과 냉동 유통 고등어에서는 총 13가지 성분이

Table 4. Measurements of viscosity and color value in grilled and commercially frozen mackerels

Sample	Viscosity (cP)	Color		
		L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
Grilled mackerel	32.0±0.1 ^{a1)}	36.3±0.2 ^a	2.1±0.2 ^a	6.63±0.32 ^a
Commercial mackerel	28.0±0.2 ^b	27.8±0.3 ^b	1.8±0.2 ^b	4.86±0.28 ^b

Data represent the mean±standard deviation of triplicate analyses for each sample.

¹⁾Means with different letters in the same column are significantly different by Tukey's multiple range test ($P<0.05$).

Table 5. Volatile compounds in grilled and commercially frozen mackerels

No.	Time (min)	Compounds	Peak area ($\times 10^3$)	
			Grilled	Commercial
1	15.65	2,4-Dimethylhexane	65.6	384.12
2	15.89	2-Hexyl-1-decanol	67.1	93.1
3	16.26	Propanol oxime	99.3	117.5
4	16.91	2-Octyl-1-decanol	98.0	46.6
5	17.67	4,7-Dimethyl-undecane	76.3	31.2
6	18.26	5,7-Nonadien-1-ol	ND ¹⁾	104.6
7	18.52	Dimethyl-decyl-mercaptan	ND	61.9
8	21.76	1,1'-Oxybis-decane	62.0	159.7
9	23.61	Sulfuric acid	63.9	148.8
10	25.65	1-Chloro-hexadecane	55.2	76.6
11	27.44	2H-1-Benzopyran-2-one	ND	17.5
12	27.72	<i>n</i> -Hexacosane	207.1	201.3
13	33.81	2,6,11,15-Tetramethyl-hexadecane	45.3	34.5

¹⁾ND corresponds not detected.

흡착되었다. 구이 고등어는 *n*-hexacosane, propanol oxime, 2-octyl-1-decanol 등이 주요 성분이었으며, 냉동 유통 고등어는 2,4-dimethylhexane, *n*-hexacosane, 1,1'-oxybis-decane, sulfuric acid가 주된 성분으로 나타났다. 구이 과정에서 휘발성 향기성분이 다량 분포될 것이라 판단하였으나 260°C, 7분간의 구이 과정에서 향기성분이 대부분 소실되는 점과 구이 과정에서의 탈지현상이 향기성분의 함량을 낮추는 현상이 발생했으리라 판단된다.

E-nose 분석

구이 고등어의 냄새성분에 대해 E-nose를 이용하여 상업적인 냉동 유통 고등어와의 냄새성분을 분석한 결과를 Table 6에 나타내었다. 본 연구에서 나타내는 냄새성분은 무취 상태에서 샘플과의 상대적인 측정값(단위 없음)으로 무취상태를 0으로 설정 후 실험에 사용한 결과이다. 냉동 유통 고등어에서 구이 과정을 거친 후 냄새성분의 질적인 상승을 나타내는 fragrance는 휘발성 물질 중 공기보다 무거운 분자인 불쾌취에 대한 휘발성이 높고 공기보다 가벼운 상쾌취에 대한 비율을 나타내고 있어 높은 fragrance가 더욱 긍정적인 수치로 알려졌다. 냉동 유통 고등어의 fragrance는 55 ± 2 로 나타났으며, 구운 고등어는 59 ± 2 로 나타나 구이 과정에서 향의 질적인 부분이 상승하였음을 확인하였다. 또한

Table 6. Measurements of fragrance, strength, NH₃, and H₂S in grilled and commercially frozen mackerels

Sample	Fragrance	Strength	NH ₃	H ₂ S
Grilled mackerel	$59 \pm 2^{a1)}$	$3,729 \pm 98^a$	743 ± 36^a	$2,538 \pm 50^a$
Commercial mackerel	55 ± 2^b	$3,323 \pm 19^b$	514 ± 14^b	$2,485 \pm 44^b$

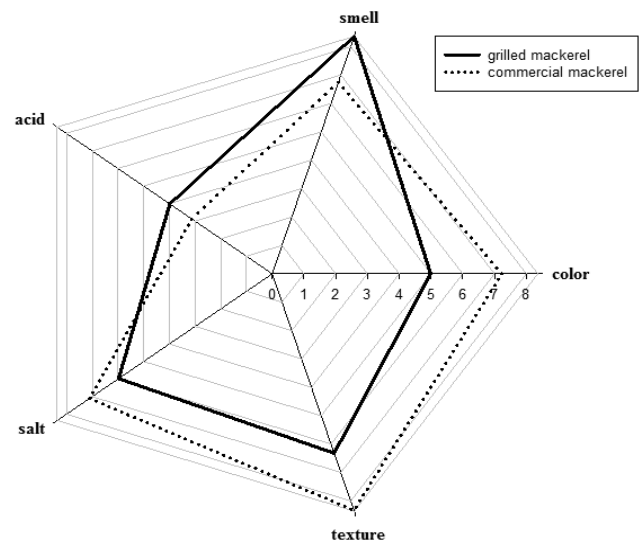
Data represent the mean±standard deviation of triplicate analyses for each sample.

¹⁾Means with different letters in the same column are significantly different by Tukey's multiple range test ($P < 0.05$).

향의 강도를 나타내는 strength를 비교해 볼 때 냉동 유통 고등어의 strength는 $3,323 \pm 19$ 로 나타났으며, 구운 고등어는 $3,729 \pm 98$ 로 나타나 구이 과정에서 향의 양적인 부분 역시 상승하였음을 확인하였다. NH₃의 수치는 구운 고등어에서 743 ± 36 , 냉동 유통 고등어에서 514 ± 14 로 나타났으며, H₂S의 함량은 구운 고등어에서 $2,538 \pm 50$, 냉동 유통 고등어에서 $2,485 \pm 44$ 로 나타나 NH₃와 H₂S의 함량 역시 구이 과정을 거친 후 상승하는 것으로 판단할 수 있었다. 이러한 결과는 E-nose에서 분석되는 향기성분에 대한 결과와 Table 5에서 설명된 개별적인 휘발성 향기성분의 함량이나 개수가 냉동 유통 고등어가 높다는 결과와는 다소 반비례하는 현상이었다.

관능검사

구이 고등어의 잠재력을 확인하기 위해 관능검사를 하였고, 구이 고등어 제품의 기호성을 비교하기 위해 냉동 유통 고등어 제품을 비교대상으로 실험을 실시하였다(Fig. 3). 관능적인 부분에서 수산물 제품의 특징적인 부분인 향기, 짠맛 및 씹는 느낌(texture)의 강도가 매우 중요한 부분으로 대두하였다. 5가지 항목을 비교해 볼 때 전체적인 선호도에서는 냉동 유통 고등어 제품보다는 구이 고등어 제품에 대한 선호도가 높게 나타났다. 냉동 유통 고등어와의 비교에서 구이 고등어의 냄새 정도는 구이 가공의 특성상 더 높게 나타났으며, 이는 비린내와 구이의 구이향의 복합적인 요소로 판단된다. 색도의 경우 구이 고등어가 더 밝은 색을 유지하고 있었고, 신맛의 경우는 구이 고등어가 다소 높게 나타났다. 구이 고등어를 통해 수분의 유출로 짠맛이 더욱 농축되는 효과로 강하게 느껴질 것으로 판단되었으나 오히려 냉동 유통 고등어에서 더 강한 짠맛을 낸다고 응답하였다. 이는 냉동과 해동의 과정에서 유출되는 드립(drip) 현상에 의한 것으로 판단된다. 또한 드립현상에 의한 것으로 판단되는 부분은 질감

**Fig. 3.** Sensory test of grilled mackerel and commercial frozen mackerel.

에서도 찾아볼 수 있었다. 씹는 강도는 냉동 유통 고등어에서 더 높게 나타났지만, 구이 과정에서 생성되는 풍미성분으로 인해 기호성이 떨어지는 질감이었다는 것이 응답자 다수의 의견이었다.

요 약

본 연구는 구이와 급랭 방식을 적용한 냉장 유통 고등어와 일반적인 냉동 유통 고등어의 성분 비교 및 관능적 특성을 비교해 보았다. 가공 과정에서의 영양성분 함량의 변화를 확인할 수 있었고, 이로 인한 향기성분을 포함한 관능적 특성에서도 분명한 차이가 있음을 발견하였다. 구이 과정이라는 고온 열처리 공정이 있었지만 급랭 방식을 통해 식품의 신선도 유지 기간을 연장하는 효과를 얻었고, 고등어 제품의 색도 역시 유지함으로써 소비자들의 선호도를 높이는 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구를 통해 구이 과정에서의 주요 인자인 구이 온도, 구이 시간 및 구이 과정에서 발생하는 열의 전달 방법에 관한 세부적인 연구가 진행되어 고등어 제품이 가지는 우수한 영양적 관능적 특성을 유지한 제품이 소비자들에게 전달되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성사업(과제번호 R0003439)으로 수행된 연구 결과입니다.

REFERENCES

1. Kang GS, Sung JH, Lim MH, Lim JK, Ha YS. 2002. *Foods and health*. Hyungsul Publisher, Seoul, Korea. p 169-177.
2. Kim HK, Lee HS. 2007. *Hopeful diet tables from the sea*. Jisung Publisher, Seoul, Korea. p 23-108.
3. Lim CY, Lee SJ, Lee IS, Kim JG, Sung NJ. 1997. The formation of N-nitrosamine during storage of salted mackerel, *Scomber japonicus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 45-53.
4. Carelli D, Centonze D, Palermo C, Quinto M, Rotunno T. 2007. An interference free amperometric biosensor for the detection of biogenic amines in food products. *Biosens Bioelectron* 23: 640-647.
5. Lee EH, Kim MC, Kim JS, Ahn CB, Joo DS, Kim SK. 1989. Studies on the processing of frozen seasoned mackerel meat: 1. Processing of frozen seasoned mackerel meat and changes in its taste compounds during storage. *J Korean Soc Food Nutr* 18: 355-362.
6. Nam HW, Lee MJ, Lee YM. 2002. Consumption and preference of seafood, and desires for the seafood utilization in school lunch program among middle and high school students in Korea. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 1-7.
7. Pariza MW, Ashoor SH, Chu FS. 1979. Mutagens in heat-processed meat, bakery and cereal products. *Food Cosmet Toxicol* 17: 429-430.
8. Weisburger JH, Jones RC. 1989. Nutritional toxicology on the mechanisms of inhibition of formation of potent carcinogens during cooking. *Prog Clin Biol Res* 304: 377-390.
9. Lee EH, Kim MC, Kim JS, Ahn CB, Kim BK, Koo JG. 1990. Studies on the processing of frozen seasoned mackerel meat: 2. Keeping quality of frozen seasoned mackerel meat during storage. *J Korean Soc Food Nutr* 19: 107-114.
10. Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917.
11. Prato E, Biandolino F. 2012. Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea. *Food Chem* 131: 1233-1239.
12. AOCS. 1990. *Official and tentative methods of the AOCS*. 4th ed. American Oil Chemists' Society Press, Champaign, IL, USA. Method Ti 1a-64.
13. AOCS. 1990. *AOCS official and tentative methods*. 10th ed. American Oil Chemists' Society, Chicago, IL, USA. AOCS Official Method Cd 30-63.
14. AOCS. 1990. *AOCS official and tentative methods*. 10th ed. American Oil Chemists' Society, Chicago, IL, USA. AOCS Official Method Cd 8-53.
15. KFDA. 2011. *Food Code*. Korea Food & Drug Administration, Chungbuk, Korea. Vol 2, p 10-7-48.
16. Nam HY, Lee KT. 2007. Analysis of characterization in commercial extra virgin olive oils. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 866-873.
17. Bianchi F, Careri M, Musci M, Mangia A. 2007. Fish and food safety: Determination of formaldehyde in 12 fish species by SPME extraction and GC-MS analysis. *Food Chem* 100: 1049-1053.
18. Park SJ, Kim KY, Yim SB, Park MJ, Kim BS, Yu YJ, Jeong YH. 2006. Fatty acid composition and mineral content of marketed mackerels. *J East Asian Soc Dietary Life* 16: 670-676.
19. Simopoulos AP. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 54: 438-463.
20. Choe E, Min DB. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *J Food Sci* 72: R77-R86.