

## 친환경 황토 가공 신소재가 장어의 품질 특성에 미치는 영향

서유진<sup>1</sup> · 길범주<sup>2</sup> · 경진석<sup>2</sup> · 유병승<sup>2</sup> · 장윤혁<sup>3</sup> · 유성률<sup>4</sup> · 이영승<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>동국대학교 식품생명공학과  
<sup>3</sup>경희대학교 식품영양학과, <sup>4</sup>세명대학교 임상병리학과

### Effect of Environmentally-friendly Red Clay-Processed Materials on Quality Characteristics of Eel

Yoojin Seo<sup>1</sup>, Beomju Gil<sup>2</sup>, Jinsuk Kyoung<sup>2</sup>, Byoungseung Yoo<sup>2</sup>,  
Yoonhyuk Chang<sup>3</sup>, Sungyul Yu<sup>4</sup>, and Youngseung Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Gyeonggi 448-701, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Biotechnology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Clinical Laboratory Science, Semyung University, Chungbuk 390-711, Korea

**ABSTRACT** The objectives of this study were to examine the effects of red clay-processed nano-materials (RCPM) on the quality characteristics of eel (*Anguilla japonica*). Both eels treated with RCPM and control were farm-raised under identical environments and were commercially processed. General components, texture, nutrients, antioxidant activities, and sensory analysis were performed. RCPM-treated eels showed significantly higher DPPH radical scavenging activities and FRAP values than the of control, indicating higher antioxidant activities of eels raised by RCPM. The amounts of niacin and tocopherol in RCPM-treated eels were higher than those of the control. For analysis of freeze-thaw stability, RCPM-treated eels showed more stable texture over freeze-thaw three treatment cycles. Descriptive panelists perceived eels raised by RCPM to be less oily than the control. Overall, RCPM exhibited positive effects on the quality of farm-raised eels. Therefore, RCPM would be of benefit to produce high value-added eels of premium quality.

**Key words:** eel, red clay processed materials, antioxidant activity, texture, sensory evaluation

## 서 론

국내에 존재하는 황토는 SiO<sub>2</sub>(50~60%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(8~12%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2~4%) 및 FeO(0.8~1.1%) 등의 물질이 다량 함유되어 있다(1). 황토는 다공성 구조를 가진 물질로서 흡착, 탈취, 완충작용, 이온교환 및 원적외선 방사 등의 기능 때문에 농축수산분야, 건축소재, 화장품 첨가제 기타 건강증진 목적의 제품에 많이 응용되고 있다. 황토는 다양한 형태의 물리, 화학적 특성을 가지고 있으며, 단위용적당 계면이 대단히 큰 이질적, 다상적, 입자적, 분산적, 다공질적 특성을 가지고 있다. 특히 황토의 분산성과 그 결과로부터 생성되는 계면활성은 물과 화학물질의 흡착, 이온교환, 부착, 팽창과 수축, 분산과 응집 등의 작용으로 수중에 존재하는 중금속을 흡착 제거한다(2).

황토는 가격이 저렴하고 국내에서 손쉽게 구할 수 있는 재료로 생물에 대한 거부감이 없고 자연생태계의 물질 순환

이나 자연정화의 역할에 대하여 여러 연구가 보고되었으며, 황토의 콜로이드 입자는 해수중의 현탁물질을 응집, 흡착하는 성질이 있고 흡착물에 대한 선택성이 있다고 보고되고 있다(3).

황토의 주성분인 SiO<sub>2</sub>는 실질적으로 불용성으로 황토를 미세한 분말로 처리하더라도 토양이나 작물에 대한 효과는 제한적이다. 따라서 SiO<sub>2</sub>가 주성분인 황토에 일정량의 Na, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Mo, Co, Cu 등의 물질을 단독 또는 일정배합비율로 혼합한 후 고온에서 가열, 용융시키면 SiO<sub>2</sub>의 조적이 붕괴되어 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 형태의 이온으로 존재하게 되어 물과 접촉 시 용해될 수 있다. 이렇게 가공된 신소재는 다공성 구조를 가지고 있어서 강력한 흡착기능을 나타내며, 규산 및 미네랄 용출, pH 완충작용 등의 멀티기능성을 나타내고 인체에 무해하며, 탈취, 원적외선 방사, 수질개선 및 토양개량, 규산과 미네랄 제공, 미생물 성장촉진, 병충해 방제 등 신개념의 친환경 비료/농약 및 사료의 기능을 갖게 된다(4).

장어(*Anguilla japonica*)는 잉어 및 가물치와 함께 대표적인 담수어종으로 우리나라 전역에 분포하고 있으며, 특히 전라도 지역을 중심으로 양식되고 있는 어종이다(5,6). 장어

Received 24 September 2013; Accepted 1 October 2013

\*Corresponding author.

E-mail: youngslee@dankook.ac.kr, Phone: +82-31-8005-3171

는 단백질, 지방, 무기질, 비타민 등을 풍부하게 함유하고 있어 건강 증진을 위한 대표적인 보양식으로 인기가 높으며 건강보조식품으로도 많이 활용되고 있다. 국내의 장어 양식은 2010년 기준 양식장 약 500곳, 7,500 톤의 생산규모와 생산총액이 약 1,900억에 이르고 있으며, 배합사료의 시장 역시 약 900억 규모로 성장하고 있는 추세이다(7). 양식산 장어는 인위적인 사료공급을 통해 사육되므로 자연산과 다르게 영양적 특성을 통한 품질개선이 이루어질 수 있다(8).

그러나 장어 양식에 있어서 가장 큰 문제점은 배설물 등으로 인하여 수질의 pH가 매우 낮게 유지되는 데 있다. 현재 양식장에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 탄산칼슘과 같은 알칼리성 물질을 투입하고 있으나 이는 pH 완충능력이 없기 때문에 지속적인 투입(4시간 간격)을 통하여 pH 하락을 방지하고 있다. 탄산칼슘 과다 투여에 의해 장어의 폐사를 유발하는 경우가 종종 발생하고 있다.

황토를 활용한 해양 및 토양의 중금속오염 방지에 응용한 연구는 다수 있지만 황토로 처리한 해양 및 토양에서 사육된 어종 및 농·축산물에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 친환경 가공황토소재를 사용하여 양식한 장어의 품질을 규명하기 위해 가공황토소재로 양식된 장어의 성분, 물성, 영양소 및 기능적 특성에 대하여 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 황토가공소재의 슬러리형태 분쇄를 위하여 이온코리아(경북 진천소재)에 위탁 가공을 수행하였다. 황토 소재의 분쇄공정은 3 mm 이하로 분쇄한 후 볼밀로 10 µm 이하로 분쇄한 다음 평균 500 nm 사이즈로 습식분쇄하였으며, 양만장(전남 영광) 현장시험을 위하여 황토가공소재를 한 달에 400 kg 생산하여 슬러리형태로 약 1.5~2.0 톤씩 현장에 공급하였다. 사용된 황토 가공소재에 대한 위해 성분 및 중금속분석을 한국화학융합시험연구원에 의뢰해 분석하여 비교한 결과 위해성 및 중금속이 검출되지 않거나 기준 이하로 나타났다.

양만장의 300 m<sup>3</sup> 규모 6개 수조를 사용하여 3개 수조는 무처리구로 기존방식대로 탄산칼슘을 사용하여 pH를 조절하였고, 다른 3개 수조는 실험구로 황토가공소재 슬러리(고형분 25%, wt/wt)를 처리하였다. 양만장의 수조는 시멘트로 구성되어 있고 비닐하우스로 밀폐공간이며 장어의 생리상 암실을 유지하였다. 온도는 24~26°C를 유지하였고, 에어공급을 위해 paddle wheel aerators(60~75 m<sup>3</sup>/min)를 사용하였다. 사료로 치만을 하루 20 kg씩 2회, 황토가공소재는 하루 2 kg씩 2회 처리하였다. 수조당 장어 수는 약 30,000마리였고, 황토가공소재 슬러리는 10배 희석 후 사용하였다.

### 장어 가수분해물 제조

장어를 세척한 후 껍질과 어육을 분리한 후 어육은 냉동한 뒤 분쇄하였다. 분쇄한 어육 100배의 glycine-HCl buffer(pH 2.2)를 가하여 355 rpm으로 균질화 하였다(Wise-Mix Homogenizer HG-15D, DaihanScientific, Gangwon, Korea). 가수분해에 사용된 효소는 pepsin(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 기질 양의 1%로 가하여 4시간 가수분해한 뒤 1 N NaOH로 pH 6.5로 조정된 다음 trypsin(Sigma-Aldrich Co.)과 α-chymotrypsin(Sigma-Aldrich Co.)을 초기 기질 양의 1%로 가하여 4시간 동안 36.5°C에서 4시간 동안 가수분해 하였다(9). 가수분해가 끝난 뒤 95°C 항온수조에서 15분간 효소를 실활 한 뒤 4°C, 5,520 g의 조건 하에 20분간 원심분리 후 상등액을 채취하였다. 상등액은 동결건조 하여 분말화 하였다.

### 장어의 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법(10)에 준하여 실시하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였고 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접회화법으로 분석하였다.

### 장어의 무기성분 분석

시료 0.3±0.3 g에 질산 10 mL를 가하여 극초단파분해기(Multi wave 3000, Anton Paar, Graz, Australia)를 이용하여 시료를 분해하였다. 분해액을 50 mL 플라스크에 정용하여 시험용액으로 하였으며 표준용액(multi element calibration standard 21, 100 µg/mL, ICP grade, Perkin-Elmer, Shelton, CT, USA)과 함께 ICP-OES(Optima8300, PerkinElmer)를 이용하여 분석하였다. 유도결합질량분석기(plasma control gas flow)의 작동조건은 plasma 10 L/min, auxiliary 0.2 L/min로 하였고, RF power 1,450 watts, pum flow rate 1.5 mL/min이었으며, 각 무기성분의 검출파장은 칼륨 766.490, 칼슘 317.933, 철 238.204, 나트륨 589.592 nm였다. 인의 경우 몰리브덴청 비색법을 이용하여 분석하였으며 가시/자외선분광광도계(Optizen 2120 UV Plus, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 장어의 비타민 분석

비타민 함량은 식품공전(11)의 시험방법을 기준으로 하여 β-carotene, tocopherol, niacin, thiamin, riboflavin의 함량을 분석하였다. β-Carotene은 KOH를 이용한 가수분해에 의한 고성능액체크로마토그래피(HCLP 1260 Infinity, Agilent, Santa Clara, CA, USA) 분석을 하였으며 Nova-pak-Silica(3.9×150 mm, Waters, Milford, MA, USA) 칼럼을 사용하였다. Tocopherol은 고성능액체크로마토그래피(HPLC 1100 Series, Agilent)를 통하여 정량 분석하였다. 칼럼은 Novapak-Silica(3.9×150 mm, Waters)를 사용

하였고 분석 시 유속은 0.5 mL/min의 조건으로 분석하였다. Niacin, rhiamin, riboflavin은 Martins 등의 방법(12)으로 추출 후 고속액체크로마토그래피(Agilent 1200 Series, Agilent)를 통하여 분석하였다. 분석조건으로 칼럼은 Unison US-C18(2 mm×150 mm×5 µm, Imtakt, Ringoes, NJ, USA)을 사용하였으며 칼럼온도는 35°C, 반응액의 유속은 0.3 mL/min, 시료주입량은 0.5 µL로 하였다.

**DPPH 라디칼 소거능 측정**

DPPH 라디칼 소거능은 시료의 라디칼 소거 효과를 측정하는 Blios(13) 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.6 mL에 1.5×10<sup>-4</sup> M DPPH 0.4 mL(Wako Pure Chemical Industries, Tokyo, Japan)를 혼합하여 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도(Ultrospec 2100pro, Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 측정하였다(13). 시료의 농도구간은 0~20 mg/mL로 하였으며 ascorbic acid를 양성무처리구로 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능을 구한 뒤 검체농도에 따른 항산화 활성 변화곡선으로부터 산화를 50% 억제시키는 가수분해물 시료의 농도를 IC<sub>50</sub>값으로 나타내었다.

**FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정**

FRAP assay는 Pulido의 방법을 사용하였다(14). 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 10 mM 2,4,6-tripyridyls-triazine(Tokyo Chemical Industry Co., Tokyo, Japan)과 20 mM FeCl<sub>3</sub>(Sigma-Aldrich Co.)를 10:1:1 비율로 혼합하여 37°C에 15분간 방치 후 사용하였다. 반응시약과 시료를 혼합하여 상온에서 30분간 방치한 뒤 593 nm에서 흡광도(Ultrospec 2100pro, Biochrom Ltd.)를 측정하였다. 표준시료로 FeSO<sub>4</sub>(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였으며 이를 이용하여 만든 표준곡선에 대입하여 시료의 환원력을 환산하였다.

**장어의 조직감 측정**

어류의 경우 조직감 평가를 위하여 신선한 상태뿐만 아니라 냉동 후 조직감 분석이 매우 중요하다. 따라서 본 실험에서는 장어 시료를 냉동(-18°C)과 해동(4°C)을 반복하면서 냉동-해동 cycle에 따른 장어의 조직감 및 안정성을 분석하였다. 시료는 내장, 뼈, 껍질을 완전히 제거한 후 Steamer (Power steamer, DaiShin stainless, Seoul, Korea)를 사용하여 steam 처리한 후 장어의 두께를 측정하고 굽은 살 부분은 제거하였으며 16 mm×16 mm×8 mm 크기로 절단하여 물성측정기(TA-CT3, Brookfield, Middleboro, MA, USA)로 압착시험(compression test)과 절단시험(cutting test)에 의해 장어의 견고성(hardness), 탄력성(elasticity)을 측정하였다.

장어시료의 견고성과 탄력성은 조직감 분석법(TPA: Texture Profile Analysis)에 의해 분석되었고 압착강도와 탄력성은 직경 37 mm의 원통형 probe를 이용하여 1 mm/

sec의 속도로 장어 두께의 80% 깊이(mm)까지 압착하여 연속으로 두 번 측정되었다. 냉·해동 안정성 실험을 위해 장어 시료는 5일 동안 냉동(-18°C)하고 1일 동안 냉장온도(4°C)에서 해동하는 것을 1 cycle로 하여 3 cycle 동안 냉·해동을 반복하면서 냉동 저장에 따른 조직감 안정성(freeze-thaw stability)을 관찰하였다.

**장어의 묘사분석**

장어의 묘사분석은 5개월 이상 기본맛과 조직감 구별 훈련을 받은 6명의 묘사분석 패널에 의해 실시되었다. 장어의 관능특성 도출 및 평가 방법을 설정하기 위하여 패널들에게 본 테스트 전 1시간 동안 오리엔테이션을 실시하였다. 시료의 준비는 내장 및 뼈를 제거한 장어를 세척한 후 이등분하여 그릴(ECGH-100S, Eco grill, Gyeonggido, Korea)에서 15분 동안 구운 뒤 가로 35 mm, 세로 10 mm로 자른 후 5분 동안 구운 다음 알루미늄접시에 3-digit code로 표기하여 바로 제공되었다. 시료와 함께 나무젓가락과 상온의 물을 함께 제공하였다. 시료는 패널들에게 랜덤하게 제공되었고, 평가항목은 단맛, 짠맛, 감칠맛, 고소함맛, 비린향, 기름진 정도, 탄력성, 경도, 응집성, 씹힘성이었으며 15점 척도법으로 평가하였다(15).

**통계처리**

실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며 각 그룹간의 유의성은 Minitab version 16(Minitab Inc., State College, PA, USA)을 사용하여 2표본 t-test를 통해 각 군간의 유의성 검증을 행한 후 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 5% 수준에서 유의성을 검정하였다. 모든 실험은 3반복 수행하였다.

**결과 및 고찰**

**장어의 일반성분 분석**

황토 처리여부에 따른 장어시료의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 각 시료에 대하여 수분함량, 조단백질함량, 조지방함량, 조회분함량은 유의적인 차이는 보이지 않았다 (*P*>0.05). 장어시료는 수분이 가장 많은 함량을 차지하였고 다음으로 단백질, 지방, 회분 순이었다. 장어에 대한 가공황토 처리 여부는 일반성분에 대해서는 큰 영향을 주지 않는

**Table 1.** General component of eel

|                         | Eel                          |            |
|-------------------------|------------------------------|------------|
|                         | Control                      | Treatment  |
| Total moisture (%)      | 65.94±0.94 <sup>NS1)2)</sup> | 62.92±2.24 |
| Total crude protein (%) | 15.93±5.00 <sup>NS</sup>     | 19.16±1.81 |
| Total crude fat (%)     | 12.57±1.48 <sup>NS</sup>     | 11.52±1.32 |
| Total crude ash (%)     | 1.01±0.07 <sup>NS</sup>      | 1.07±0.02  |

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>NS: not significant.

**Table 2.** Selected vitamin component of eel

|                         | Eel                             |                             |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                         | Control                         | Treatment                   |
| β-Carotene (μgRE/100 g) | 1,498.79±55.70 <sup>a1)2)</sup> | 1,680.12±50.10 <sup>a</sup> |
| Niacin (mg/100 g)       | 8.06±0.08 <sup>b</sup>          | 8.96±0.06 <sup>a</sup>      |
| Thiamin (mg/100 g)      | 0.44±0.01 <sup>a</sup>          | 0.40±0.03 <sup>a</sup>      |
| Riboflavin (mg/100 g)   | 0.14±0.002 <sup>a</sup>         | 0.11±0.06 <sup>b</sup>      |
| Tocopherol (mg/100 g)   | 3.16±0.09 <sup>b</sup>          | 10.37±0.41 <sup>a</sup>     |

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Different superscripts in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

것으로 사료된다.

### 장어의 무기성분 및 비타민 분석

황토 처리여부에 따른 장어시료의 무기성분 및 비타민 분석 결과는 Table 2와 같으며 niacin은 가공황토소재로 처리된 장어(실험구)의 함량은 8.96±0.04 mg/100 g, 무처리구에서의 함량은 8.06±0.06 mg/100 g으로 실험구에서 유의적으로 더 높은 함량을 지닌 것으로 측정되었다. Niacin은 체내에서 에너지 대사와 관련된 20여 가지 이상의 대사과정의 조효소로 작용한다. 조효소의 형태로 세포 내 호흡, 탄수화물 대사, 지방산 대사, 알코올 대사 등에 관여하고 있으며 또한 지방산 합성 및 스테로이드 합성, 5탄당 인산화 등에 관여한다(16). 따라서 가공황토소재를 적용한 장어의 niacin 함량이 높은 것은 가공황토소재 처리가 장어의 niacin 함량을 증가시킬 수 있는 간접적 지표라고 할 수 있다.

Tocopherol은 실험구에서 10.37±0.29 mg/100 g, 무처리구에서 3.16±0.06 mg/100 g으로 가공황토소재로 양식한 장어에서 약 3배 이상의 tocopherol 함량이 측정되었다. Tocopherol은 천연 항산화제로 인체에 유용한 물질로 알려져 있다(17). 또한 지용성 항산화제로서 세포막과 혈액, 몸 전체에 존재하는 불포화지방의 산화를 막아주는 역할을 한다. 활성산소와의 결합이 다른 물질보다 빨라 활성산소를 제거하여 노화, 암, 심장질환 등을 예방할 수 있다(16). 실험구에서 토코페롤 함량이 높게 나타난 이유는 수용성이 높은 가공황토소재의 처리로 인하여 수질이 개선되고 용존 산소량도 높아짐에 따라서 장어 내 항산화 특성들이 강화된 것으로 추측된다.

따라서 무처리구에 비해 가공황토소재 처리를 한 장어시료에서 더 높은 항산화력이 나타날 것으로 예상되며, 이러한 결과는 가공황토소재로 양식한 장어가 친환경적이고 기능성이 향상된 고부가가치 제품으로 개발이 가능함을 말해주며 국내 장어시장의 한 단계 업그레이드를 통하여 고품질, 건강 기능성 장어의 생산이 가능하다고 할 수 있다.

가공황토소재로 처리된 장어의 riboflavin 함량은 0.11±0.006 mg/100 g이었으며 무처리 장어는 0.14±0.002 mg/100 g으로 무처리구에 비해 실험구의 riboflavin 함량이 낮게 나타났다. Riboflavin은 포도당과 지방산, 아미노산으로부터 에너지를 생성할 때 필요한 조효소로서 산화, 환원반응

의 촉매역할을 한다(16). 장어시료의 무기성분은 모든 항목에 대하여 두 시료 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

Free radical은 생물학적 손상에 있어 주요 원인으로 잘 알려져 있는 물질이다. DPPH는 주로 천연에 존재하는 항산화제의 free radical 소거능을 측정하는데 많이 쓰인다(17).

DPPH 라디칼 소거 활성은 산화를 50% 억제시키는 농도인 IC<sub>50</sub>값을 검체농도에 따른 항산화 활성 변화곡선으로부터 측정하여 나타내며 실험구와 무처리구의 가수분해물 시료의 DPPH 라디칼 측정값은 Table 3에 나타내었다. 측정 결과 무처리구의 IC<sub>50</sub>값이 7.56±0.15 mg/mL로 실험구의 측정값(6.56±0.22 mg/mL)에 비해 높은 것으로 나타났다. 따라서 실험구의 항산화 활성이 무처리구 대비 유의적으로 더 높은 것으로 판단할 수 있으며 이는 상기 비타민 중 토코페롤의 함량이 실험구가 무처리구 대비 약 3배가량 높게 나타난 것과 상관관계가 있는 것으로 사료된다.

### FRAP 측정

FRAP value의 측정은 최근에 개발된 항산화능을 측정하는 방법(18)으로 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyltriazine 복합체가 연한 주황색에서 파란색의 ferrous tripyridyltriazine으로 환원되는 원리를 이용한 것이다(19). FRAP value는 표준시료인 FeSO<sub>4</sub>의 표준곡선으로부터 환원력을 환산하여 Table 3에 나타내었다. 측정 결과 무처리구는 0.88±0.001 MFeSO<sub>4</sub>/g, 실험구는 0.97±0.002 MFeSO<sub>4</sub>/g으로 실험구에서 더 높은 FRAP value를 나타냈다. FRAP value의 측정 결과는 DPPH radical 소거능 및 토코페롤의 함량과 유사한 경향을 나타냈다. FRAP value와 DPPH 라디칼 소거능은 식품의 천연 항산화능을 분석하는 방법으로 이 두 가지 방법에 의하여 항산화능이 검증되는 경우 높은 신뢰성이 있다고 예측할 수 있다. 본 실험에서 FRAP value와 DPPH 라디칼 소거능 두 가지 방법이 서로 높은 상관관계를 나타내었고 Moon 등(19)도 유사한 결과를 보고하였다. 황토가공소재로 처리한 장어의 항산화 활성이 높게 나타난 이유는 상기에서 언급하였듯이 체내에 존재하는 활성산소를 제거하는 토코페롤 함량이 높았기 때문으로 사료된다.

**Table 3.** DPPH radical scavenging activity and FRAP value of hydrolysate of eel

|           | DPPH radical scavenging activity <sup>1)</sup> (mg/mL) | FRAP value (MFeSO <sub>4</sub> /g) |
|-----------|--|------------------------------------|
| Control   | 7.56±0.20 <sup>a2)3)</sup>                             | 0.88±0.002 <sup>b</sup>            |
| Treatment | 6.56±0.22 <sup>b</sup>                                 | 0.97±0.002 <sup>a</sup>            |

<sup>1)</sup>Amount required for 50% reduction of hydrogen donating activity.

<sup>2)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>3)</sup>Different superscripts in the same column are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 4.** Hardness of Eel according to freeze-thaw cycle

(unit: g)

|           | Freeze-thaw cycle               |                              |                             |                             |
|-----------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|           | 0 cycle                         | 1 cycle                      | 2 cycle                     | 3 cycle                     |
| Control   | 1,867.0±494.4 <sup>1)Aa2)</sup> | 1,695.3±554.8 <sup>Aab</sup> | 1,142.5±211.6 <sup>Ab</sup> | 1,815.5±509.2 <sup>Aa</sup> |
| Treatment | 2,284.3±929.9 <sup>Aa</sup>     | 2,375.7±472.2 <sup>Aa</sup>  | 2,275.2±423.3 <sup>Aa</sup> | 1,624.2±238.2 <sup>Aa</sup> |

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts (A) in the same column for each cycle are significantly different ( $P<0.05$ ). Means with different superscripts (a,b) in the same row for each sample are significantly different ( $P<0.05$ ).

**장어의 조직감 측정**

장어의 조직감 평가를 위하여 시료를 냉·해동 반복을 인위적으로 설계하여 견고성(hardness)과 탄력성(elasticity)을 평가하였다. 어류에 있어서 조직감은 맛과 함께 품질을 결정하는 가장 중요한 품질 인자로서 견고성과 탄력성은 어류의 품질 그레이드를 결정하는 중요한 품질 지표이다.

장어의 견고성은 장어의 조직감 분석법(TPA)에서 첫 번째 압착에서 얻는 최초 곡선의 높이로 나타낸다. Table 4는 압착실험에 의한 장어의 냉·해동 안정성 분석을 통해 견고성의 변화를 보여주고 있다. 시료를 실험구와 무처리구로 구분하여 냉·해동 사이클에 대하여 각각 비교하였다. 무처리구의 경우 냉·해동 사이클이 진행되는 동안 견고성이 저하되는 경향이 나타났다. 마지막 3 사이클에서 견고성이 높게 나타난 이유는 시료가 냉동과 해동을 반복하면서 수분이 거의 다 소진되어 높은 견고성을 나타낸 것으로 사료된다. 실험구의 경우는 마지막 3 사이클까지 견고성이 일정하게 유지되었다. 이는 황토가공소재로 처리한 장어의 경우 냉·해동 저장 시 무처리구 대비보다 안정된 조직감을 나타낸다고 할 수 있다. 수산물의 경우 용이한 보관 및 운반을 위하여 많은 경우 냉동저장을 하는데 보관 및 운반 시 온도 조절이 실패하여 시료가 해동되는 경우가 발생할 수 있다. 황토가공소재로 처리한 장어의 경우 이러한 극한 상황에서도 품질 유지에 장점이 있다고 할 수 있다.

동일한 방법을 통해 탄력성을 측정하여 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 탄력성은 실험구와 무처리 간 차이가 존재하지 않았으며 저장기간에 따른 차이도 나타나지 않았다.

**장어의 묘사분석**

장어시료의 정량적 묘사분석 결과는 Table 6에 나타내었다. 장어에 대한 10개의 lexicon; 단맛(sweet), 짠맛(salty),

**Table 5.** Elasticity of eel according to freeze-thaw cycle

(unit: mm)

|           | Storage period            |                       |                       |                       |
|-----------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|           | 0 cycle                   | 1 cycle               | 2 cycle               | 3 cycle               |
| Control   | 4.2±0.6 <sup>Aa1)2)</sup> | 3.9±0.2 <sup>Aa</sup> | 4.6±1.2 <sup>Aa</sup> | 3.8±0.3 <sup>Aa</sup> |
| Treatment | 4.0±0.5 <sup>Aa</sup>     | 4.0±0.2 <sup>Aa</sup> | 4.7±2.6 <sup>Aa</sup> | 3.9±0.3 <sup>Aa</sup> |

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts (A) in the same column for each sample are significantly different ( $P<0.05$ ). Means with different superscripts (a) in the same row for each sample are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 6.** Mean of sensory attribute intensity of eel by descriptive analysis

|              | Control             | Treatment         |
|--------------|---------------------|-------------------|
| Sweet        | 3.58 <sup>a1)</sup> | 3.25 <sup>a</sup> |
| Salty        | 4.08 <sup>a</sup>   | 3.92 <sup>a</sup> |
| Umami        | 4.50 <sup>a</sup>   | 4.33 <sup>a</sup> |
| Nutty        | 6.50 <sup>a</sup>   | 6.42 <sup>a</sup> |
| Fishy        | 5.92 <sup>a</sup>   | 5.83 <sup>a</sup> |
| Oily         | 7.67 <sup>a</sup>   | 6.67 <sup>b</sup> |
| Elastic      | 7.00 <sup>a</sup>   | 7.42 <sup>a</sup> |
| Hard         | 4.58 <sup>a</sup>   | 4.75 <sup>a</sup> |
| Chewiness    | 7.50 <sup>a</sup>   | 8.00 <sup>a</sup> |
| Cohesiveness | 6.92 <sup>a</sup>   | 6.91 <sup>a</sup> |

<sup>1)</sup>Different superscripts in the same row are significant different ( $P<0.05$ ).

감칠맛(umami), 고소한맛(nutty), 비린맛(fishy), 기름진 정도(oily), 탄력성(elasticity), 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness) 중 ‘기름진 정도’에서만 차이를 보이고 나머지 항목에서는 비슷한 경향을 보였다. ‘기름진 정도’의 항목에서 무처리구는 7.67±1.87로 실험구의 6.67±1.32보다 유의적으로 높게 평가되었다( $P<0.05$ ). 장어가 건강 기능성 음식으로 잘 알려져 있음에도 불구하고 일부 소비자들의 경우 기름기가 많아 섭취를 꺼려하는 경향이 있다. 따라서 본 결과에 기초하여 황토가공소재로 양식한 장어의 경우 무처리구 장어 대비 기름진 정도가 낮아 보다 담백하고 쫄깃한 품질의 장어 생산이 가능하리라 판단된다. 일반성분 중 조지방 함량의 결과를 보면 실험구가 무처리구 대비 약간 낮은 경향은 보였으나 유의적 차이가 발견되지 않았으므로 향후 보다 많은 시료를 대상으로 재검증 할 필요가 있다고 판단된다.

**요 약**

본 연구는 가공황토 처리여부에 따른 장어시료의 품질 특성을 비교하고자 장어를 양식장에서 동일한 조건으로 사육하여 일반성분, 물성, 영양소, 기능적 특성 및 관능적 특성을 분석하였다. 그 결과 일반성분 분석에 대해서는 두 군 간의 차이가 없었으며 niacin은 실험구가 무처리 대비 더 높은 함량을 나타냈다. Tocopherol은 가공황토소재로 양식한 시료에서 무처리구 대비 약 3배 이상의 tocopherol 함량이 측정되었다( $P<0.05$ ). 냉·해동 저장기간 동안 실험구가 무처리구 대비보다 안정된 조직감을 나타냈다. DPPH 라디칼

소거능과 FRAP value 분석 결과, 실험구의 항산화 활성이 유의적으로 높은 것을 확인할 수 있었다. 묘사분석 결과 ‘기름진 정도’가 무처리구에 비하여 실험구에서 낮게 평가되었으며, 이는 보다 담백하면서 기능성이 강화된 장어의 생산이 가능함을 나타낸다고 할 수 있다. 따라서 친환경 가공황토소재로 양식한 장어의 경우 기능성이 강화되고 맛이 향상된 고부가가치 제품으로 생산이 가능하여 국내 장어 시장을 한 단계 업그레이드할 수 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 기술사업화지원사업(관리번호 812001-3) 지원에 의해 수행된 연구결과입니다.

### REFERENCES

1. Park JS. 1996. *1996 South Coast of the red tide red tide occurrence and control measures by spraying loess*. Fisheries Science Institute, College of Fisheries Science, Yeosu, Korea. p 39-61.
2. Daniel H. 1980. *Fundamental of soil physics*. Academic Press, San Diego, CA, USA. p 449-468.
3. Lim YP. 1996. *Medical environmental geochemistry*. Chun Kwang, Ansan, Korea. p 30-32.
4. Park JG, Yoon MY. 2010. Methods of preparing red clay processed material and alkali ionized water. *Korean Patent* 10-2012-7020981.
5. Kang EJ, Kim KW, Park SR, Shon SG. 2000. Species identification of Japanese, American, and European eel elvers and changes in morphometric characters according to growth. *Kor J Ichthyol* 12: 244-249.
6. Hong SP, Kim SY, Jeong DY, Jeong PH, Shin DH. 2005. Mineral contents and fatty acid composition in bone and flesh of cultured eel. *J Fd Hyg Safety* 20: 98-102.
7. Ministry of Martine Affairs and Fisheries. 2013. *Statistical year book of maritime affairs and fisheries*. Cree Pr Printing Co., Seoul, Korea. p154-156.
8. Hwang JH, Lee SW, Rha SJ, Jeong DH, Han KH, Shin TS. 2010. Nutritional characteristics of eel (*Anguilla japonica*) fed a diet of Yuza (*Ditrus junos* Sieb ex Tanaka). *J Fish Aquat Sci* 43: 573-580.
9. Himaya SWA, Ngo DH, Ryu BM, Kim SK. 2012. An active peptide from gastrointestinal enzyme hydrolysate of Pacific cod skin gelatin attenuates angiotensin-1 converting enzyme (ACE) activity and cellular oxidative stress. *J Food Chem* 132: 1872-1882.
10. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
11. Korea Food and Drug Administration. 2004. *Food Standards Codex*. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea.
12. Martins J, Helio A, Wang AY, Alabourda J, Pires MAF, Vega OB, Lebre DT. 2008. A validated method to quantify folic acid in wheat flour samples using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Braz Chem Soc* 19: 971-977.
13. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1198-1200.
14. Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
15. Ju HW. 2011. Sensory test and physiochemical property of marinade mackerel with herb salt solution. *Korean J Culinary Res* 17: 221-235.
16. Kim SH, Kim SH, Lee SS, Jung YE, Kang MH, Kim HY, Kim WK, Lee DH. 2011. *Dietetics for healthy life*. Publishing Company of Shinkwang, Seoul, Korea. p 188-199.
17. Yanishlieva NV, Marinova E. 2001. Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *Eur J Lipid Sci Technol* 103: 752-797.
18. Kang DY, Shin MO, Shon JH, Bae SJ. 2009. The antioxidative and antimicrobial effects of *Celastrus orbiculatus*. *J Life Sci* 19: 52-57.
19. Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and antioxidant activities of Buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Korean J Food Sci Technol* 35: 493-498.