

# 유산균 발효에 의한 흰점박이꽃무지 염장소스 제조 및 특성

조현솔, 김태하, 홍선미\*  
환동해산업연구원

## Characterization of Lactic Acid Bacteria-Inoculated Salt-Fermented *Protaetia brevitarsis* Sauce

Hyun Sol Jo, Tae Ha Kim, Sun Mee Hong\*  
Marine Industry Research institute for East sea rim (MIRE)

**요약** 본 연구는 식용곤충 기반의 소스 개발을 위해, 흰점박이꽃무지(꽃뱅이; *Protaetia brevitarsis*, Pb)를 40 % 천일염(solar salt; ss)과 정제염(refined salt; rs)으로 염장하여 간장 형태의 조미료를 제조하였다. 또한, 항균력을 지닌 유산균 *L. plantarum*(Lp)과 *W. paramesenteroides*(Wp) 접종에 의한 유해 미생물 발생 억제와 3개월 숙성발효에 따른 그 기능을 제시하였다. 40 % 농도의 천일염과 정제염으로 염장하고 3개월간 숙성된 흰점박이꽃무지 염장소스(Pb sauce; ssPB\_Lp/Wp, rsPB\_Lp/Wp; 꽃뱅이장) 내의 미생물을 16s DNA로 분석한 결과, 두 종류 소스에서 투여된 Lp만 확인되었고 기타 미생물은 확인되지 않았다. Lp와 같이 투여된 Wp는 기타 미생물 발생 억제 기능 후 고염 생존이 어려웠다. 두 종류 꽃뱅이장의 평균 pH, 당도, 염도는 pH 6.1, 32 brix, 27.8 %로 시판 제품과 비교한 결과, 유사 범위에 속하였으며 유산균 숙성에 따라 GABA 성분이 증가하고 유리아미노산 형태인 프롤린(491.02 mg/100 g), 글리신(198.86 mg/100 g), 알라닌(140.67 mg/100 g), 글루탐산(71.87 mg/100 g) 외의 14종 아미노산이 확인되었다. 또한, 타르색소와 안식향, 팔라옥시안식향산, 소브산 등의 식품첨가물도 불검출 또는 기준 수치 이하로 검출되었다. 다음으로 효능분석에서 항산화 능력 검정(DPPH) 결과, 천일염 꽃뱅이장(ssPB\_Lp/Wp)이 69.4 %로 높은 항산화 효과를 나타내었으며, 3T3-L1 세포 독성평가 안전성 및 지방축적 감소 효과가 있음도 확인되었다. 본 연구 결과는 흰점박이꽃무지 외의 식용곤충을 활용한 천연 식용곤충 소스류 개발에 대한 가능성과 유효 제품 개발에 도움이 될 것으로 사료된다.

**Abstract** The purpose of this study was to develop an insect-based sauce fermented by lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum* [Lp] and *Weissella paramesenteroides* [Wp]). This study suggested salting as an accelerated method for fermenting the edible insect *Protaetia brevitarsis* (Pb). Brine containing Pb and 40 % solar or refined salt was inoculated with Lp and Wp to inhibit harmful bacterial growth and facilitate fermentation (ssPb\_Lp/Wp and rsPb\_Lp/Wp). Three months after inoculation, 16s rDNA sequencing identified Lp as the only microbe in the Pb sauce regardless of the salt used. Although Wp withstood the growth-inhibiting effects of other microbes, it did not survive in brine. The ssPb\_ and rsPb\_Lp/Wp characteristics (average pH 6.1, sugar content 32 Brix, and salinity 27.8 %) resembled those of commercial fish sauce products. It contained proline (491.02 mg/100 g), and 17 other amino acids. Preservative (e.g., benzoin, 4-hydroxybenzoic acid, sorbic acid, and tar pigment) levels complied with the Korean Food Standards Codex. The Lp/Wp inoculation increased gamma-aminobutyric acid levels and reduced adipose accumulation. The antioxidant activity was highest (69.4 %) in ssPb\_Lp/Wp. Our study demonstrated the potential of Pb- and/or other insect-based sauces and the validity of applying our method to the development of such products.

**Keywords** : Edible Insect, Lactic Acid Bacteria, Sauce, Fermentation, *Protaetia Brevitarsis*

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 미래형혁신식품기술개발사업 연구과제(119027-3)와 농생명기술개발사업(118034-2)의 지원을 받아 연구된 것임.

\*Corresponding Author : Sun-Mee Hong(Marine Industry Research institute for East sea-rim, MIRE)  
email: hongsunmee@mire.re.kr

Received May 26, 2021

Revised June 30, 2021

Accepted September 3, 2021

Published September 30, 2021

## 1. 서론

곤충은 단백질 함량이 높고 필수아미노산 조성이 뛰어나 육류와 어류를 대체할 미래 식품으로 주목받고 있다[1]. 또한, 곤충에 함유된 지방은 육류보다 불포화지방산 함량이 상당히 높고, 곤충 표피의 키틴질로부터 유래하는 식이성 섬유, 칼슘, 철과 같은 무기질 함량과 비타민이 풍부하여 그 가치가 높게 평가된다[2]. 현재 국내 식품공전에 등재된 식용 곤충은 5종(갈색거저리 유충, 누에 번데기, 백강잠, 벼메뚜기, 쌍별귀뚜라미)이며, 한식적 식품 원료로는 흰점박이꽃무지 유충과 장수풍뎡이 유충 2종이다[3]. 곤충 식품화가 확산되면서 곤충 식품에 대한 기피 현상을 해결하기 위해서는 소비자들이 식용 곤충 식품을 친숙한 식품으로 받아들일 수 있도록 인식 전환을 위한 제품 개발이 필요하다. 이를 위해서는 곤충 식품의 가격, 맛, 유용성과 같이 반복 구매에 영향을 주거나 일상 요리에 쉽게 사용할 수 있어야 할 것이다.

식용 곤충 중 흰점박이꽃무지(꽃뽕이, Pb) 유충은 한의학에서 군뽕이로 불리며 파상병, 간장병, 이뇨작용 등의 약리효과를 인정받았다[4]. 또한, 흰점박이꽃무지는 국내 식용 곤충 중에서 주요 아미노산 성분인 글루탐산, 프롤린, 세린, 글리신이 함량이 높은 것으로 보고되었다[3]. 단백질과 아미노산이 풍부한 흰점박이꽃무지를 포함한 식용 곤충 식품의 소비 경향은 분말화하여 된장, 국수, 비스킷, 빵 등의 혼합 활용으로 그 사용이 한정됨에 따라 기타 가공 소재로의 활용이 필요한 실정이다. 흰점박이꽃무지에 풍부한 글루탐산(Glutamic acid)은 미생물 발효 공정과정 중 탈탄산 효소(GAD; glutamate decarboxylase)를 이용하여 가바(GABA;  $\gamma$ -aminobutyric acid, 이하 GABA)로 전환되어 공정과정에 따라 GABA 함량이 증가된다[5-7]. GABA는 4개의 탄소로 구성된 비단백질성 아미노산으로 혈압 강화[8], 혈당 강화[9], 항암 효과[10], 신경 안정[11] 등의 기능이 있는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 체내에서는 GABA 요구량을 모두 생산하지만, 노화에 따라 저단백 식단, 비타민 B6 부족 등은 GABA 생성을 억제하기 때문에 보충제로 섭취해야 한다[12]. 발효 공정의 스타터 미생물 중 하나인 유산균은 식품 산업에 일반적으로 사용되며 이들은 GABA의 대량생산에 유효한 것으로 알려져 있다[13,14].

국내의 전통 발효식품인 간장, 어간장, 액젓 등은 감칠맛이 나는 요리를 만드는 데 사용되고 있다. 간장은 약 12 % 이상의 소금을 대두에 첨가하여 발효한 식품첨가

물이며, 어간장과 액젓은 어패류에 약 25 % 이상의 식염을 첨가하여 1~3년간 자연 발효 여과한 요리 감미료이다. 전통 발효식품은 발효 과정 중 미생물에 의한 유해물질이 생산될 확률이 높으므로 고온 발효(Thermophilic fermentation) 또는 고염(High salt Fermentation)법을 통해 신속하게 발효를 진행해야 한다[15]. 최근에는 발효식품 생산에 항균 효과가 있는 유산균을 이용하여 부패 산물과 미생물 억제 및 단기 숙성을 유도하고 있다[16]. 또한 식용 곤충의 일반 식품화의 시도로는 갈색거저리, 쌍별귀뚜라미, 누에를 황국균(*Aspergillus oryzae*)과 바실러스(*Bacillus subtilis*) 균주를 발효하여 된장 발효방식의 페이스트형 조미료에 대한 보고가 있다[17].

따라서 본 연구에서는 해수에서 분리한 항균 기능의 유산균 *Lactobacillus plantarum*(KCCM12299P), *Weissella paramesenteroides*(KCCM12300P, KCCM12301P) 3 균주를 이용하여 유해 미생물 발생을 억제하고 단기 발효를 유도한 흰점박이꽃무지 염장소스(꽃뽕이장)를 제조하여 GABA 생산, 항산화 기능, 지방억제 기능을 분석하였다. 유산균을 이용한 흰점박이꽃무지 염장소스의 성분, 기능을 분석하여 국내 식용 곤충을 이용한 천연 식품 감미료로써 활용 가능성을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 실험재료

흰점박이꽃무지는 경상북도 영천시에 소재하는 (주)동의보감에서 3령 유충을 구입하여 3일 또는 5일간 절식 후 사용하였고, 소금은 99 % 국산 천일염과 정제염(한주소금)을 사용하여 2018년 5월부터 2019년 10월 동안 실험을 진행하였다.

### 2.1 스타터 유산균주 배양

가바 함유 발효물을 제조하기 위해 해수 유래의 유산균주인 락토바실러스 플란타럼(*Lactobacillus plantarum* KCCM12299P, 이하 Lp)과 웨이셀라 파라메센테로이드(*Weissella paramesenteroides* KCCM 12300P, 이하 Wp)를 사용하였다. 이들 균주는 리스테리아(*Listeria monocytogenes*), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 대장균(*Escherichia coli*), 바실러스(*Bacillus megaterium*), 비브리오(*Vibrio parahaemolyticus*) 5종에 대해 항균 효과를 나타내었다.(data not shown).

발효 스타터는 3령 흰점박이꽃무지 열수추출물 1L(5 %, w/v)에 2 % (w/v) 텍스트로스(Sigma, USA)를 처리하여 배양용 배지를 제조하였다. 제조한 배지에  $1 \times 10^8$  cfu/mL 농도로 Lp와 Wp 2종을 공접종하고 30 °C에서 24시간 배양하여 흰점박이꽃무지 유산균 스타터를 준비하였다.

### 2.3 흰점박이꽃무지 염장 발효물 제조

흰점박이꽃무지 10 kg을 해양심층수 또는 0.75 % 식염수로 세척하고 가볍게 탈수한 후, 염량이 30와 40 %가 되게 천일염과 정제염을 각각 첨가하여 1주일 후 스타터 유산균주인 Lp와 Wp 100 ml를 혼합하여 최종 농도 1 % (w/v)가 되도록 제조하였다. 유산균 첨가 후 28 내지 30 °C 온도로 1, 3, 5개월간 발효, 여과하여 흰점박이꽃무지 염장소스를 제조하였다(Fig 1).

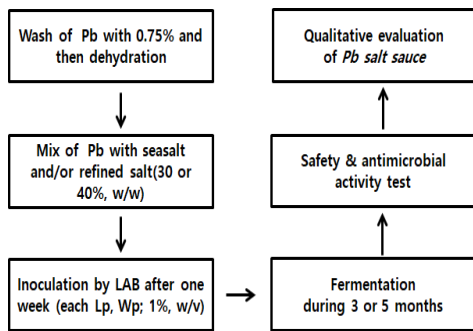


Fig. 1. Process flow chart for *Protactia brevitarsis*'s salt sauce (Pb salt sauce) fermented by LAB (Lp and Wp).

### 2.4 흰점박이꽃무지 염장소스의 미생물 분석

발효 경과에 따라 1, 3, 5개월의 샘플을 0.01 g/mL의 농도로 물에 희석하여 1 % (w/v) 균질용액 시료를 제조하였다. 균질용액 시료 100  $\mu$ L를 LB 배지에 접종하고 30 °C에서 24시간 배양한 후 30개 콜로니를 무작위로 채취하여 27F 5'-AGAGTTTG ATCCTGGCTCAG-3'와 1492R 5'-TACGGYTACCTTG TTACGACTT-3' 프라이머를 이용하여 PCR을 수행하여 16s rDNA 유전자를 증폭하였다(Solgent, Korea). PCR 조건은 95 °C 5분으로 DNA를 변성시키고, 95 °C 30초, 55 °C 30초, 72 °C 1분 30초로 하여 31회 반응한 후, 72 °C에서 5분 정도 연장반응 후 산물을 얻었다. 합성된 16s rDNA 유전자 증폭 산물은 PCR Purification kit(MN, Germanu)를 사용하여 정제한 후 마크로젠(한국) 염기

서열 분석업체에 의뢰하여 서열을 확인하고 NCBI Blast 분석을 통해 균종을 판정하였다.

### 2.5 흰점박이꽃무지 염장소스의 성분분석

제조한 염장소스 내의 pH와 염도는 흰점박이꽃무지 염장 발효물 및 대조군 액질을 10배로 희석한 다음, pH meter(Pettler Tolendo, USA) 및 염도 측정기 (PTAGO salt meter, USA)를 이용하여 측정하였다. 당도는 희석 과정 없이 원액을 당도계(ATAGO Refractometer, USA)로 측정하였다.

유리아미노산 분석을 위해 염장 시료 2 mL에 3차 증류수 50 mL를 첨가하여 초음파(Daehan Science, Korea) 20분 처리 후 3,000 rpm 10분간 원심 분리하여 2 mL 상청액을 취하였다. 상청액에 5 % trichloroacetic acid (TCA) 2 mL를 넣고, 10,000 rpm에서 10분간 원심 분리 후 0.02N HCl로 희석하여 여과한 후 아미노산 자동분석기(Agilent, USA)로 분석하였다.

GABA 성분을 확인하기 위해 얇은 막 크로마토그래피 (Thin layer chromatography, TLC) 분석을 수행하였다. 발효 상청액, 1 % GABA(w/v), 0.5 % MSG(w/v)를 Merck TLC silica gel(USA)에 각 3  $\mu$ L씩 점적하였다. 전개 용매로 n-부탄올: 아세트산: 물을 5:2:2 (v/v/v) 비율로 혼합하여 사용하였으며, 2시간 동안 전개하여 건조시킨 후 0.2 % ninhydrin 용액으로 발색시켜 발효물의 GABA spot을 확인하였다.

### 2.6 항산화 분석

흰점박이꽃무지 염장 발효물의 숙성 시간에 따라 상청액을 0.01 %로 희석하여 메탄올 1 mM (100 mM Tris-HCl, pH 7.4)에 2,2-디페닐-1-피크릴히드라질 (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH)를 용해하여 제조하였으며, 분석은 DPPH 용액을 100  $\mu$ M 농도로 희석하여 사용하였다. 96 웰 플레이트에 상기 0.1 % (v/v) 농도의 각 시료 용액을 10  $\mu$ L씩 분주하고, 100  $\mu$ M의 DPPH 용액을 100  $\mu$ L씩 첨가하여 차광하였다. 이어서, 실온에서 30분 반응시킨 후 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 항산화 분석을 수행하였다.

### 2.7 마우스 비만세포주에서의 독성 실험

흰점박이꽃무지 염장 발효물의 안전성을 확인하기 위해 마우스 세포주인 3T3-L1(ATCC CRL-3242)을 이용하였으며, 독성 시험은 Cell counting kit-8(CCK-8,

Dojindo)을 이용하여 측정하였다. 실험에 이용할 3T3-L1 세포주는 10 % (v/v) 우태아혈청(fetal bovine serum, FBS), 1 % (w/v) 페니실린-스트렙토마이신 (Penicillin-streptomycin)이 첨가된 DMEM 배지에서 37 °C, 5 % CO<sub>2</sub> 조건에서 배양하였다. 실험군으로 발효 3개월의 염장 발효물과 대조군으로 시판(청정원, CJ제일 제당) 멸치액젓 2종, 까나리액젓 2종 및 참치액 2종을 사용하였다. 세포 생존율(Cell viability, % of control)은 실질적으로 동일한 방법으로 측정하였다. 시료는 염도가 높아 0.1 %로 희석하여 분석하였다.

## 2.8 중성지방 저감 효과 분석

마우스 비만세포(3T3-L1) 5X10<sup>5</sup> cells/well의 밀도로 6-well plate에 세포를 분주하여 90 % 정도 배양하였다. 그 다음, 세포 분화를 유도하기 위하여 DMEM에 10 % (v/v) FBS와 23 mg/ml IBMS (sigma USA), 5 mg/ml insulin(Sigma, USA), 1 Mm dexamethasone(Sigma, USA)을 첨가하여 48시간 동안 세포 분화를 유도한 후, 2일마다 10 % (v/v) FBS와 5 mg/ml 인슐린(insulin)이 첨가된 배지로 교체하였다. 양성 대조군으로는 5 mg/ml 인슐린을 포함하는 10 % (v/v) FBS DMEM 배지를 첨가하였다.

각 시료를 최종 농도 0.1 % (v/v)가 되도록 멸균증류수로 희석하고, 각 희석된 시료를 분화 유도 배지의 첨가 시점부터 함께 3T3-L1 세포주에 처리하였다. 9일 동안 분화 과정을 거친 3T3-L1 세포주에서 배지를 제거하고, PBS로 세척한 후 10 % (v/v) 포르말데히드(formaldehyde) 용액으로 10분간 고정하고, PBS로 세척한 후 Oil Red-O 용액을 처리하여 실온에서 20분간 염색하였다. 염색 과정을 마친 후 Oil Red-O 용액을 제거하고 증류수로 3회 세척한 다음, 염색된 세포를 100 % 이소프로판올(isopropanol)을 이용하여 지방을 추출하였다. 추출된 지방을 함유하는 이소프로판올 용액을 510 nm 파장에서 흡광도를 측정 후 상대적 지방 축적률과 비교하여 각 세포 내 지방 함량을 확인하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 흰점박이꽃무지 염장소스의 미생물 분포

흰점박이꽃무지에 30 %와 40 %의 천일염과 정제염 염장물에 유산균을 첨가한 후 1, 3, 5개월 후 유산균과

기타 미생물 분포를 조사하였다.

흰점박이꽃무지 30 % (w/w) 및 40 % (w/w) 천일염과 정제염 발효물 내 유산균 생균수는 숙성 기간이 3개월인 때에 가장 많았으며 특히, 40 % (w/w)의 천일염과 정제염에서 각각 1.0x10<sup>8</sup> cfu/ml(1.0E+08)와 8.0x10<sup>7</sup> cfu/ml(8.0E+07)로 높은 생균수를 가졌다. 따라서 흰점박이꽃무지의 염장 발효물은 40 % (w/w) 소금 농도에서 흰점박이꽃무지를 염장하고, 유산균을 접종하여 3개월 동안 발효시키는 경우가 최적의 공정 조건이다(Fig. 2).

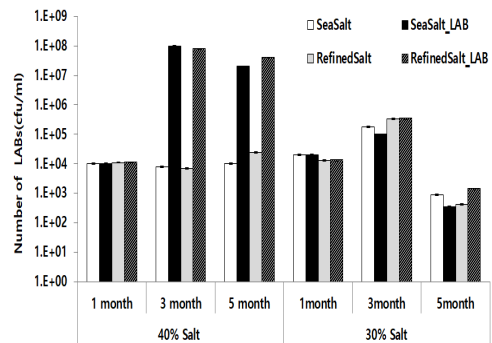


Fig. 2. Change in viable cell count according to salt type (sea salt and refined salt) and inoculation of LAB (Lp and Wp).

천일염과 정제염을 각 20 %와 30 % 농도별로 첨가하여 발효한 후 기타 미생물을 16s rDNA로 분석한 결과, *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., *Listeria* sp., *Enterococcus* sp. 및 기타 소수 미생물이 확인되었고 유산균은 30 % 염장물에서 확인되었다(data not shown). 40 %의 농도의 천일염과 정제염에 유산균 Lp(KCCM 12299P)와 Wp(KCCM 12301P)를 첨가하여 발효를 수행한 경우에는 1, 3개월째에는 *L. plantarum* 100 %, 5개월 발효를 마친 이후에는 *L. plantarum*이 87.5 %, 기타 미생물이 12.5 %의 비율로 검출되었다(Fig 2). *Weissella* sp.는 확인되지 않았으며 이는 유해 미생물의 성장 억제 등에 활용되고 염에 약하여 생존하지 못하는 것으로 판단된다. 40 % 천일염의 유산균 무접종의 경우에는 *L. plantarum*이 1개월 25 %, 3개월 14.3 %이며 5개월에 관찰되지 않았으며 3개월에는 *L. plantarum*, *Staphylococcus* sp.와 *Enterococcus* 속과 기타 균주가 하고 5개월에는 *Enterococcus* 속 85 %, 기타 균주가 25 % 확인되었다. 정제염의 유산균 무접종 경우는 *L. plantarum*이 1개월 87.5 %, 3, 5개월에

관찰되지 않았으며, *Staphylococcus*와 *Enterococcus* 속 균주가 증가하고 5개월에는 기타 균주가 12.5 %로 확인되었다(Fig 3). 결과적으로 40 % 천일염과 정제염 흰점박이꽃무지 염장물에 1주일 후 Lp/Wp 투여는 유해 미생물의 성장 억제가 가능하며 유효 미생물인 *L. plantarum*의 성장이 3개월에 안정적인 것을 확인하여 이 발효물에 대한 성분과 효능을 분석하였다. 본 연구에 사용한 Lp(KCCM 12299P)는 해양심층수에서 분리한 균으로 고염에 적응력이 높은 것으로 판단된다.

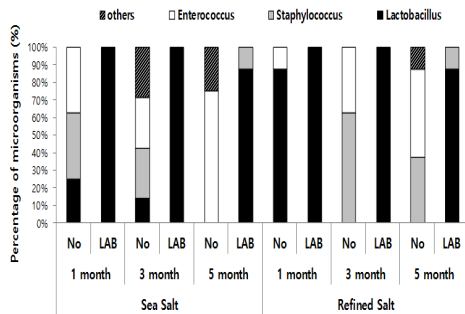


Fig. 3. Distribution of microorganisms in 40 % sea salt and refined salt Pb sauce fermented Lp/Wp during 3 months.

### 3.2 흰점박이꽃무지 염장소스 성분분석

먼저 흰점박이꽃무지에 40 %의 천일염과 정제염 염장물 유산균 3개월 발효물에 대한 당도, 염도, 및 pH를 시판되고 있는 액젓을 대조군으로 비교 분석하였다. 천일염과 정제염 흰점박이꽃무지 염장소스의 pH는 각각 6.03과 6.27로, 이는 시판되는 멸치액젓, 까나리액젓, 참치액과 비슷하거나 높았다. 당도는 32 정도이며 이는 시판제품보다 1.0~4.0 정도 낮고, 염도는 27.2와 28.4로 참치액의 23보다는 높으나 멸치액젓과 까나리액젓과는 비슷하였다(Table 1). 또한, 유리 아미노산 분석에 있어서는 프롤린이 491.02 mg/100 g으로 가장 많으며 다음으로 글리신, 알라닌, 글루탐산이 198.86 mg, 140.67 mg과 71.87 mg 순이었다(data not shown). 프롤린은 유산균의 생존에 도움을 주는 아미노산으로 알려져 있어 유산균 발효 꽃뱅이장의 보존, 유통 또는 섭취에 유효할 것으로 판단된다[18]. 또한 타르삭소와 팔라옥시안식향산, 소브산 등의 보존료 검출되지 않았고 안식향산이 0.02 g/kg으로 검출되었으나 식품공전의 간장의 기준인 0.6 g/kg에 미치지 않았다(data not shown).

Table 1. Comparison analysis of pH, brix, and salt concentration for Pb salt sauce fermented by Lp/Wp and commercial product, salted anchovy, sandeel and tuna sauce

| Sauce               | pH   | Brix(%) | Salt(%) |
|---------------------|------|---------|---------|
| SeaSalt Pb          | 6.03 | 32.3    | 27.2    |
| Refined Pb          | 6.27 | 32.0    | 28.4    |
| Salted anchovy(CJO) | 5.21 | 34.3    | 27.5    |
| Salted anchovy(*J)  | 5.98 | 36.3    | 28.0    |
| Salted sandeel(CJO) | 5.41 | 36.3    | 28.0    |
| Salted sandeel(*J)  | 5.53 | 34.8    | 27.5    |
| Salted tuna(CJO)    | 5.13 | 33.1    | 24.0    |
| Salted tuna(*J)     | 4.2  | 31.2    | 23.0    |

다음으로 40 % 천일염과 정제염 흰점박이꽃무지 염장 유산균 3개월 발효물의 GABA 성분을 TLC로 분석한 결과, 두 샘플에서 모두 GABA가 확인되었으며 이는 흰점박이꽃무지 추출물 대조군에서도 확인되었다. 천일염의 경우가 GABA 성분이 조금 더 많이 생성된 것으로 확인되었다(Fig 4). 이는 천일염에 존재하는 *Lactobacillus* sp.와 첨가된 Lp(KCCM 12299P)가 glutamic acid를 GABA로 전환한 것으로 생각된다.

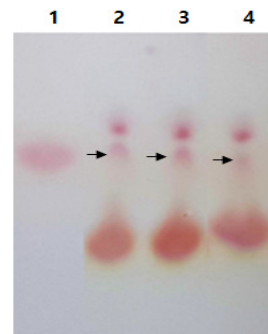


Fig. 4. Production of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in 40 % sea salt and refined salt Pb sauce fermented Lp/Wp during 3 months. 1, GABA; 2, refined salt Pb sauce; 3, sea salt Pb sauce; 4, Pb extracted in hot water.

### 3.3 흰점박이꽃무지 염장소스 효능분석

먼저 40%의 천일염과 정제염 흰점박이꽃무지에 염장 유산균 1, 3, 5개월 발효물에 대한 항산화 효과를 DPPH 분석한 결과, 천일염의 3개월 발효 소스는 69.4 %, 정제염 3개월은 45.8 %로 항산화 효능이 있음이 확인되었다. 이는 대조군인 비타민 C보다는 낮지만 흰점박이꽃무지

염장물의 유산균 숙성 3개월에 가장 높은 항산화 효과가 있음을 확인하였다(Fig 5). 일반적으로 소금은 산화작용을 촉진하나 천일염은 정제염보다 과산화물 생성을 억제하는 것으로 보고된 바, 본 연구에서 사용한 천일염에서도 정제염 사용보다 항산화 효능이 있는 것으로 판단된다[19].

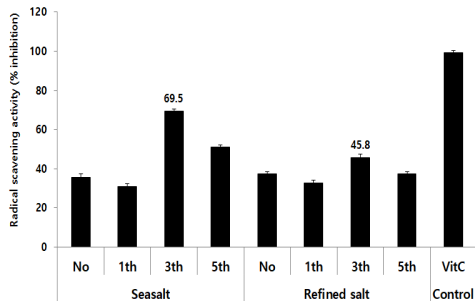


Fig. 5. Changes in DPPH radical scavenging activity of 40 % seasalt and refined salt Pb sauce fermented Lp/Wp at 1, 3, and 5 month. No, No LAB; 1, 3, 5 month after inoculation of Lp/Wp.

흰점박이꽃무지의 염장소스의 안전성 분석을 위해 마우스의 Raw 264.7과 3T3-L1 세포 내의 농도별 독성 분석 결과, 1,000 ppm(0.1 %)까지 독성이 없는 것으로 확인되었다(data not shown). 다음으로 40 %의 천일염과 정제염 흰점박이꽃무지에 염장 유산균 3개월 발효물에 대한 중성지방 저감 효과를 확인하기 위해 마우스의

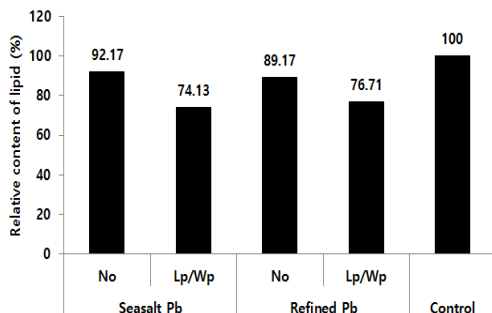


Fig. 6. Effect of 40 % seasalt and refined salt Pb sauce fermented by Lp/Wp on lipid accumulation in 3T3-L1 adipocytes by Oil Red, compared to the control, different cells. Values are expressed as mean $\pm$ SE (n=3). p<0.05.

지방세포 유래의 3T3-L1 세포에 유산균으로 3개월 발효된 40 % 천일염과 정제염의 흰점박이꽃무지 소스를 1,000 ppm 처리한 결과, 각 74.13 %와 76.71 % 지방이 대조군에 비해 감소하는 것을 확인하였다. 따라서 흰점박이꽃무지 염장발효물은 지방세포 내에서 지방 축적을 억제하는 효과가 있는 것으로 확인되었다(Fig 6). 유산균의 지방분해 효과에 대한 이전 연구 결과[20]를 통해 흰점박이꽃무지는 유산균 발효로 지방 축적 억제 효과가 더 높아지는 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구는 해양에서 분리한 항균성 유산균을 이용하여 식용 곤충 중 하나인 흰점박이꽃무지의 발효 시 발생하는 유해 미생물 발생을 억제하고 단기 숙성 제조 공정을 제시하였다. 또한, 유산균을 포함하는 흰점박이꽃무지 염장 소스의 유효성분인 GABA, 유리 아미노산(프롤린)을 확인하고, 또한 항산화 기능과 체내 지방 축적을 저해할 수 있음을 밝혀 인체에 적합하고 안전성을 가져 감미료로서의 제품 개발이 용이할 것으로 판단된다. 일반적인 콩류와 생선류의 장류에 비교하여 경쟁력 있는 소재로 생각되며, 흰점박이꽃무지 외의 식용 곤충을 활용한 장류 개발에 도움이 될 것으로 사료된다.

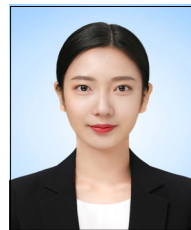
## References

- [1] P. Alexander, C. Brown, A. Arneith, C. Dias, J. Finnigan, D. Moran, M. D. A. Rounsevell "Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?", *Global Food Security*, Vol.15, pp.22-32, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- [2] A. V. Huis, J. Van, P. Vantomme, Edible insects: Future prospects for food and feed security, p230, United Nations Food and Agriculture Organization Rome, 2013, pp69-71 <https://edepot.wur.nl/258042>
- [3] M. H. Baek, J. S. Hwang, M. A. Kim, T. W. Goo, E. Y. Yun, "Comparative Analysis of Nutritional Components of Edible Insects Registered as Novel Food", *Journal of Life Science*, Vol.27, No.3, pp.334-338, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2017.27.3.334>
- [4] J. W. Chon, H. Y. Kweon, Y. Y. Jo, J. H. Yeo, H. S. Lee, "Protective Effects of Extracts of *Protaetia brevitarsis* on Carbon tetrachloride-induced

- Hepatotoxicity in the Mice”, *Journal of Sericultural and Entomological Science*, Vol.50, No.2, pp.93-100, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7852/jses.2012.50.2.93>
- [5] Q. Lin, “Submerged fermentation of *Lactobacillus rhamnosus* YS9 for  $\gamma$ -Aminobutyric Acid (GABA) production”, *Brazilian Journal of Microbiology*, Vol.44, No.1, pp.183-187, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000100028>
- [6] E. J Kim, J. H. Lee, “Effects and Optimization of Gamma-Amino Butyric Acid (GABA) Production Process using Glutamate Decarboxylase (GAD)”, *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, Vol.29, No.6, pp.426-431, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.7841/ksbbi.2014.29.6.426>
- [7] S. J. Lee, H. S. Lee, D. W. Lee, “Production of  $\gamma$ -Aminobutyric Acid Using Immobilized Glutamate Decarboxylase from *Lactobacillus plantarum*”, *Microbiology and Biotechnology Letters*, Vol.43, No.3, pp.300-305, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.4014/mbl.1509.09003>
- [8] H. Aoki, Y. Furuya, Y. Endo, K. Fujimoto “Effect of Gamma-Aminobutyric Acid-enriched Tempeh-like Fermented Soybean (GABA-Tempeh) on the Blood Pressure of Spontaneously Hypertensive Rats”, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Vol.67, pp.1806-1808, 2003.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.67.1806>
- [9] T. Nakagawa, T. Yokozawa, H. J. Kim, N. Shibahara, “Protective Effects of Gamma- Aminobutyric Acid in Rats with Streptozotocin -Induced Diabetes”, *J. Nutr. Sci Vitaminol*, Vol.51, pp.278-282, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3177/jnsv.51.278>
- [10] H. Watanabe, A. Suzuki, M. Goto, D. Lubahn, T. Iguchi, “Tissue-specific estrogenic and non-estrogenic effects of a xenoestrogen, nonylphenol”, *J. Mol. Endocrinol*, Vol.33, pp.243-252, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1677/jme.0.0330243>
- [11] R. Dhakal, V. Bajpai, K. Baek, “Production of GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid) by microorganisms: a review”, *Brazilian J Microbiol*, Vol.43, No.4, pp.1230-1241, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822012000400001>
- [12] H. H. Lee, G. H. Kim, “Changes in the Levels of  $\gamma$ -Aminobutyric Acid and Free Amino Acids during Kimchi Fermentation”, *Korean J. Food Cookery Sci*, Vol.29, No.6, pp.671-677, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9724/kfcs.2013.29.6.671>
- [13] J. H. Jeong, D. K. An, D. K. Kim, K. Y. Kim, “Development of Cereal Product Containing  $\gamma$ -Aminobutyric Acid Producing Lactic Acid Bacteria Using Electrostatic Spray Technology”, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, Vol.46, No.8, pp.979-985, 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2017.46.8.979>
- [14] N. K Lee, H. D. Paik “Bioconversion Using Lactic Acid Bacteria: Ginsenosides, GABA, and Phenolic Compounds”, *J. Microbiol. Biotechnol*, Vol.27, No.5, pp.869-877, 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.4014/jmb.1612.12005>
- [15] Ki Ho Nam, M. S. Jang, H. Y. Park, W. J. Kwak, “Physiochemical Characteristics of Rapidly Processed Salt-fermented Sandfish *Arctoscopus japonicus* Sauce with Thermophilic bacillus”, *Korean J. Fish Aquat Sci*, Vol.48, No.5, pp.674-680, 2015.  
DOI: <http://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0674>
- [16] Y. R. Seo, S. H. Kim, H. S. Song, “Change in the Quality of Doenjang with Added *Saccharina japonica* Powder Fermented by Lactic Acid Bacteria”, *Korean J Fish Aquat Sci*, Vol.51, No.5, pp.477-490, 2018.  
DOI: <http://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0477>
- [17] H. Zhao, Z. H. Cho, C. H. Chung, “Characteristics of seasoning pastes fermented by *Aspergillus oryzae* and *Bacillus subtilis* using edible insects”, *Korean J. Food Sci Technol*, Vol.50, No.3, pp.297-307, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.9721/KJFST.2018.50.3.297>
- [18] X. Tiam, Y. H. Wang, J. Chu, Y. P. Zhuang, S. Zhang, “Enhanced L-lactic acid production in *Lactobacillus paracasei* by exogenous proline addition based on comparative metabolite profiling analysis”, *Applied microbial and cell physiology*, Vol.11, pp.2301-2310, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-015-7136-6>
- [19] H. H. Yoon, I. C. Kim, H. C. Chang, “Growth inhibitory Effects of *Doenjang*, Prepared with Various Solar Salts on Cancer Cells”, *Korean J. Food Sci Technol*, Vol.19, pp.278-289, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2012.19.2.278>
- [20] N. Takemura, T. Okubo, K. Sonoyama “*Lactobacillus plantarum* strain No. 14 reduces adipocyte size in mice fed high-fat diet”, *Experimental Biology and Medicine* Vol.235, No.7, pp.849-856, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.1258/ebm.2010.009377>

조 현 솔(Hyun Sol Jo)

[정회원]



- 2020년 2월 : 영남대학교 영남대학원 미생물생명공학과 (이학석사)
- 2020년 10월 ~ 현재 : 환동해산업연구원 원급연구원

&lt;관심분야&gt;

미생물생명공학, 포스트바이오틱스

김 태 하(Tae Ha Kim)

[정회원]



- 2018년 2월 : 강릉원주대학교 해양분자생명과학과 (이학석사)
- 2018년 2월 ~ 2019년 7월 : 환동해산업연구원 연구원
- 2019년 7월 ~ 현재 : 환동해산업연구원 원급연구원
- 2020년 3월 ~ 현재 : 강릉원주대학교 해양분자생명과학과 박사과정

〈관심분야〉

해양생물, 분자내분비학

---

홍 선 미(Sun Mee Hong)

[정회원]



- 1999년 2월 : 경북대학교 농업생명과학대학 (농학석사)
- 2005년 2월 : 경북대학교 농업생명과학대학 (농학박사)
- 2002년 3월 ~ 2005년 2월 : 농촌진흥청 국립농업과학원 연구원
- 2005년 3월 ~ 2006년 11월 : 농촌진흥청 국립농업과학원 PostDoc
- 2006년 12월 ~ 2009년 12월 : 일본 큐슈대학교 농생명과학대학원 PostDoc
- 2010년 1월 ~ 현재 : 환동해산업연구원 책임연구원

〈관심분야〉

재조합단백질, 포스트게놈, 해양유산균, 사료(곤충)