

Research Note

추출기법에 따른 흰점박이 꽃무지 유충의 유리아미노산 및 지방산 특성

김태은* · 조용진

한국식품연구원 가공공정연구단

Characteristics of Free Amino Acids and Fatty Acids from *Protaetia Brevitarsis Seulensis* Larvae by Different Extraction Techniques

Tae-Eun Kim* and Yong-Jin Cho

Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute

Abstract

In order to increase the industrial applicability of health functional materials using edible insects, effective extraction processes were explored to improve the quality characteristics of the free amino acids and fatty acids of *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (PBSL). After extracting PBSL under four conditions, water extraction at 50°C (MWE), water extraction at 95°C (HWE), ultrasonic extraction (USE), and high pressure extraction (HPE), the free amino acid content and fatty acid compositions of the extracts were evaluated. Essential free amino acid content as well as total free amino acid content were the highest in the HPE extract, followed by USE, HWE, and MWE extracts. In the HPE extract, the content of some essential amino acids increased dramatically, and the types of major amino acids had also changed. Additionally, the proportion of unsaturated fatty acids in PBSL was 69.9%, which was higher than the reported value in meat, the main protein source for Koreans. This level has also been further enhanced by USE (78.6%) and HPE (75%). These results show that HPE and USE can enhance the nutritive value of PBSL as a health functional material by improving the composition of free amino acids and fatty acids.

Key words: *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae, ultrasonic extraction, high pressure extraction, free amino acid content, fatty acid composition

서 론

국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations)는 인구증가 대비 2050년경 필요한 식량이 현재보다 두 배 이상이 될 것으로 예측하였고 이를 대비하기 위한 미래 식량자원으로서 곤충의 필요성을 강조하였다(Van Huis, 2013). 식용 곤충은 단기간 대량생산이 가능하고 육류에 비해 경제성이 크다는 장점이 있을 뿐만 아니라 영양적 측면에서도 단백질, 불포화 지방산 및 미네랄의 함량이 높아 신규 식품소재 및 상품을 개발할 가능성이 매우 큰 식품 원료이다(Nikkhah et al., 2021).

식용으로 지정된 곤충 중 하나인 흰점박이 꽃무지(학명: *Protaetia brevitarsis seulensis*) 유충은 아시아 국가에서 식약용 목적으로 많이 이용되어 왔다(Lee et al., 2018). 국내 식용 곤충의 영양성분 분석 결과에 따르면 흰점박이 꽃무

지 유충은 다른 곤충에 비해 단백질과 불포화지방산 함량이 특히 높은 것으로 나타났다(Chung et al., 2013). 최근에는 흰점박이 꽃무지 유충 추출물에 대한 효능 평가, 기능성 물질 발굴 및 안정성에 대한 연구가 활발히 진행되면서 건강기능성 소재로서의 가능성을 확인한 바 있다(Choi et al., 2021; Ganguly et al., 2020; Kim et al., 2021; Kwon et al., 2013; Lee et al., 2021). 그러나 여전히 곤충 자원에 대한 인식의 부재, 외형적 혐오감, 곤충 시장의 영세성 등의 문제점으로 인해 곤충을 이용한 다양한 용도 개발은 어려움을 겪고 있다(Choi et al., 2015; Yun & Hwang, 2016). 따라서 식약용 자원으로 흰점박이 꽃무지 유충을 활용하기 위해 소비자 선호도를 향상시키고 부가가치를 높이기 위한 가공공정기술의 적용이 고려될 수 있다.

식품가공 분야에서는 비열 처리 기술을 이용해 부가가치 높은 가공 제품을 생산하는데 상당한 관심을 모아왔다. 대표적인 비열 공정인 고압 처리 기술과 초음파 처리 기술은 물체를 진단 및 압축시켜 조직의 물리적 파괴 또는 화학반응 촉진 등을 유도하여 식품 내 유용성분을 추출하거나 기능성을 향상시키는데 널리 활용되고 있다(Chung et al., 2016; Kim et al., 2017a). 특히 고압처리기술은 400-700

*Corresponding author: Tae-Eun Kim, Korea Food Research Institute, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Korea
Tel: +82-63-219-9414; Fax: +82-63-219-9876
E-mail address: tekim@kfri.re.kr
Received August 17, 2021; revised October 1, 2021; accepted October 1, 2021

MPa 범위에서 주로 식품 중의 유해 미생물의 살균 목적으로 사용되어왔지만 50-300 MPa 범위의 중고압 영역에서는 단백질, 지질, 효소, 다당류 등과 같은 식품 내 거대 분자의 형태 및 구조를 변화시킬 수 있는 기술로서 활용 범위를 넓히고 있다(Ha et al., 2016; Lee et al., 2017).

따라서 본 연구에서는 흰점박이 꽃무지 유충의 품질 개선에 대한 고압 처리 및 초음파 처리 기술의 적용성을 검토하여 식약용 소재로서 흰점박이 꽃무지 유충의 이용 및 부가가치를 높이고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

본 연구에서 사용한 흰점박이 꽃무지 유충은 전북 진안에 위치한 마이산 홍병이 농장에서 분말 형태로 구입하였다. 흰점박이 꽃무지 유충은 온도 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60\pm 5\%$, 광주기 16L:8D 조건에서 사육하였고 사용 전 2일간 절식 시킨 뒤, 흐르는 물에 세척하여 100°C 에서 10초간 증자하여 55°C 에서 20시간 열풍 건조한 후 분쇄하였다. 분석 실험에 사용한 모든 분말 및 액상 시약은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

추출 처리

흰점박이 꽃무지 유충을 4가지 추출 공정을 통해 흰점박이 꽃무지 유충 추출물로 제조하였다. 원료 흰점박이 꽃무지 유충 분말 50 g에 10 mM sodium phosphate buffer를 기질 대비 4% (w/v)를 가한 후 50°C (온수 추출, MWE) 및 95°C (열수 추출, HWE)에서 4시간 동안 교반추출하였다. 원료 및 추출 용매를 동일하게 혼합한 후 초음파 처리기(5210R-DTH, Branson Ultrasonics Co., Danbury, CT, USA)를 사용하여 47 KH와 140 W의 조건에서 30분간 추출하였다(초음파 추출, USE). 고압처리장치(TFS-2L, Innaway Co., Bucheon, Korea)는 용기 용량은 2 L, 압력 범위는 최대 100 MPa, 온도 조절 범위는 상온 -79°C , 압력 처리 시간은 1분-99시간까지 조절 가능한 장치를 사용하였다. 원료 및 추출 용매를 동일하게 혼합하여 밀봉한 뒤 시료를 압력관에 넣고 처리 조건(압력 100 MPa, 온도 50°C , 시간 24 h)을 설정하였다. 압력 및 온도조절장치에 의해 압력관 내의 온도와 압력이 설정된 조건에 정확히 맞추어지면 설정 시간 동안 압력과 온도가 일정하게 유지되고 처리 시간이 끝나면 압력이 즉시 해제되었다(고압 추출, HPE). 각각의 추출물은 5,000 rpm에서 20분간 원심분리한 다음 whatman filter paper (No.4)로 감압여과하였다. 여과액을 확보하여 동결건조한 후 분석 시료로 사용하였다.

유리아미노산 함량 분석

유리아미노산 분석을 위하여 분말 시료 0.5 g과 5%

trichloroacetic acid (TCA) 용액 10 mL을 시험관에 넣고 1시간 동안 교반추출하였다. 시험 용액을 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상층액을 $0.2\ \mu\text{m}$ membrane filter (Life science, San Diego, CA, USA)를 사용하여 여과하였다. 여과한 시료는 L-8800 high-speed amino acid analyzer (Hitachi, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였다. 이동상은 PF1, PF2, PF3, PF4, PF-RG R-3, C-1, Ninhydrin solution, Buffer solution (Wako, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 분석 컬럼은 Ion exchange column #2622SC PF (Hitachi, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 유리아미노산 표준 물질은 Type ANII와 Type B (Wako, Tokyo, Japan)를 50:50(v/v)으로 혼합하여 사용하였다.

지방산 조성 분석

분말 시료 약 25 mg을 유리 튜브에 정밀히 취하고 0.5 N methanolic sodium hydroxide solution 2 mL를 가한 후 즉시 혼합하였다. 이어 100°C heating block에서 약 10분간 가온하였다. 이를 냉각한 후 14% trifluoroborane methanol solution 2 mL를 가하고 즉시 혼합하였으며 100°C 에서 10분간 가온하였다. $30-40^{\circ}\text{C}$ 로 냉각하여 isoctane 2 mL를 가한 후 30초간 격렬히 진탕하였다. 즉시 sodium chloride 포화용액 2 mL를 가하고 진탕하였다. 상온으로 냉각한 후 수층으로부터 분리된 isoctane층을 gas chromatography (GC)에 주입하였다.

분석 기기는 flame ionization detector (FID)가 장착된 Agilent 7890A GC system (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였고, 분석에 사용된 컬럼은 HP-FFAP (30 m \times 0.32 mm I.D., 0.52 μm film thickness)이었다. Injector 온도는 230°C 였으며 detector 온도는 250°C 로 유지하였다. Column 온도는 100°C 에서 2분간 유지 후 230°C 까지 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 비율로 상승시키고 20분 이상 유지시켰다. Carrier gas는 He이었고 flow rate는 1.5 mL/min이었다. 표준물질은 Supelco 37 Component FAME Mix (CRM47885, Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 수행하여 평균과 표준편차 (mean \pm SE)로 나타내었고, 통계분석에는 SAS 9.3 version (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)이 사용되었다. 시료 간의 유의성 차이 검증에는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, Duncan's multiple range test를 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

유리아미노산 함량 분석

유리아미노산의 총량 및 조성, 특히 체내에서 합성되지

않아 반드시 식이로 섭취해야하는 필수아미노산의 비율은 식품 단백질의 품질 특성을 결정한다(Mun et al., 1999). Table 1에서는 흰점박이 꽃무지 유충의 추출 공정에서 유리아미노산 함량을 비교하였다. 모든 추출물의 유리아미노산 총량과 필수아미노산 분포 비율이 원료에 비하여 유의적으로 높았다. 흰점박이 꽃무지 유충에서 비필수아미노산은 L-proline과 glycine이 비교적 많이 함유되어 있고, 필수아미노산은 L-arginine, L-valine, L-histidine 순으로 많이 함유되어 있었다. 한편 추출물에서는 비필수아미노산의 경

우 L-proline과 glycine뿐만 아니라 L-alanine과 L-glutamic acid의 함량이 증가하여 주요 아미노산으로 고려되었다. 특히 고압추출물에서는 L-glutamic acid의 함량이 원료에 비해 5.4배 증가하여 L-proline 다음으로 함량이 가장 높았다. 필수아미노산의 경우에는 고압추출물에서 일부 아미노산의 함량이 크게 증가하였다. L-Leucine, L-threonine, L-phenylalanine, L-methionine이 각각 48.5, 46.7, 46, 16.7배 증가하였다. 또한, 원료에서는 L-arginine이 주요 아미노산이었지만 고압추출물에서는 L-leucine과 L-valine이 주요

Table 1. Free amino acid content of the raw material and extracts of *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae (mg/100g) with different extraction methods

Free amino acid	Raw	Extraction method			
		MWE ¹⁾	HWE	USE	HPE
Non-essential amino acid					
2-Aminoethanol	0±0 ²⁾	4±0	4±0	8±0	24±1
DL-2-Aminobutyric acid	3±0	9±0	6±0	11±0	15±2
L-3-Methylhistidine	9±0	11±0	10±0	13±0	10±0
L-2-Aminoadipic acid	10±0	21±0	21±0	36±0	51±3
DL-3-Aminoisobutyric acid	12±0	28±0	30±0	23±0	0±0
DL-plus allo-δ-Hydroxylysine	12±0	19±0	16±0	12±0	11±0
Sarcosine	19±1	107±3	82±0	65±1	64±3
L-Cystathionine	24±0	74±1	58±1	61±1	91±7
L-1-Methylhistidine	24±0	59±0	53±0	85±0	60±4
L-Ornithine	29±1	78±0	66±0	123±0	130±10
L-Citrulline	47±0	170±1	71±0	134±1	415±32
O-Phosphoethanolamine	49±1	319±1	99±2	210±3	203±12
β-Alanine	66±1	177±3	168±0	170±2	144±9
L(-)-Cystine	73±0	224±1	26±0	117±1	69±5
4-Aminobutyric acid	105±0	280±1	257±0	86±0	81±6
O-phosphoserine	138±1	362±2	310±1	349±1	294±18
L-Serine	191±1	500±4	452±1	442±2	953±67
Urea	216±7	580±9	606±10	602±9	372±37
L-Tyrosine	228±1	561±4	512±3	347±4	791±56
L-Alanine	361±1	973±7	863±1	1125±4	1,413±102
L-Glutamic acid	375±4	1,174±8	844±3	1442±2	2,017±143
Glycine	1,113±4	2,770±11	2,564±1	1735±2	1,541±111
L(-)-Proline	2,951±15	7884±36	6930±3	8,744±20	6,330±452
Essential amino acid					
L-Threonine	12±0	41±0	30±0	211±1	560±40
L-Phenylalanine	12±0	37±1	30±2	76±0	552±37
L-Methionine	14±0	46±1	34±0	48±1	234±16
L-Leucine	20±0	65±1	52±1	157±1	969±71
L-Isoleucine	114±1	314±4	277±1	308±2	699±44
L-Lysine	165±1	419±2	378±0	292±1	785±56
L-Histidine	273±2	680±4	538±1	596±0	592±43
L-Valine	295±3	865±15	730±8	788±5	925±5
L-Arginine	456±4	1097±6	965±0	838±1	888±63
Total essential amino acid	1,363 ^{d3)} ±5	3,564 ^b ±2	3,034 ^c ±4	3,315 ^{bc} ±6	6,204 ^a ±366
Total amino acid	7,418 ^d ±37	19,948 ^b ±50	17,083 ^c ±11	19,255 ^b ±32	21,284 ^a ±1,447

¹⁾MWE: water extraction at 50°C, HWE: water extraction at 95°C, USE: ultrasonic extraction, HPE: high pressure extraction.

²⁾All values are mean±SD of three replicates.

³⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

아미노산으로 관찰되어 필수아미노산 조성에도 큰 변화가 있었다. Leucine과 Valine은 분지아미노산(branched-chain amino acids, BCAA)에 속하며 주로 골격근에서 산화되어 근육의 에너지원으로 이용되기 때문에 인간의 근육 활동에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다(Wagenmakers, 1992; Yang, 2007; Sowers, 2009). 또한, 고압추출물에서는 감칠맛을 내는 glutamic acid 함량이 5.4배 증가하여 관능적 특성도 향상되었을 가능성이 크다.

고압 하에서는 부피가 줄어드는 방향으로 화학반응이 촉진되고 소수성 결합이나 이온 결합의 파괴를 촉진하기 때문에 분자량이 작은 물질보다는 소수성 결합 등을 포함하는 거대 분자에 대해 선택적으로 작용한다(Kwon & Youn, 2015). 따라서 고압 처리 공정은 단백질의 구조 변화, 가수분해 등 단백질 대사의 변화를 일으켜, 세포막 변형으로 인한 유용성분의 용출률 및 용해성을 향상시키거나 효소 활성을 촉진 또는 저해하여 생화학 반응을 변화시킬 수 있다(Kim et al., 2015). Ueno 등(2010)은 침지콩의 아미노산 조성 변화에 대한 고압처리효과를 조사하였고, 고압 처리가 단백질 대사의 두 가지 유형의 변화를 유도하여, 단백질 가수분해 효소 활성의 증대는 특정 아미노산의 함량을 증가시키지만, 아미노산 대사의 변화는 몇몇 아미노산의 농도를 감소시킨다고 보고하였다. 이러한 결과는 Kim 등(2015)의 고압처리한 발아비에 대한 연구 결과와도 유사하였다. 김정콩의 단백질 특성에 미치는 고압 처리 효과에

대해 조사한 Kim 등(2017b)의 연구 결과에서는 고압 처리에 의해 아미노산 함량뿐만 아니라 단백질 추출 수율, 수용성 단백질 함량, 저분자 펩타이드 함량도 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 고압 처리에 의한 세포막의 구조적 변화가 세포내 유리아미노산의 추출 효율을 증가시키고 고압 처리 공정 동안 단백질 가수분해효소의 활성이 증대되어 일부 고분자 단백질이 저분자 아미노산으로 전환됨으로써 유리아미노산 함량이 증가되었을 수 있다.

따라서 본 연구에서 사용한 원료 흰점박이 꽃무지 유충은 필수 및 비필수 유리 아미노산이 풍부하게 함유되어 있고 추출 공정을 통해 다양한 기능성을 추가로 보유할 수 있으며 특히 고압처리공정에 의해 근육 단백질 강화 등의 기능성 효과를 고도로 확보하고 관능적 특성도 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

지방산 조성 분석

흰점박이 꽃무지 유충의 전체 지방산 함량 중 불포화지방산이 69.9%, 포화지방산은 29.2%로 불포화지방산의 비율이 매우 높은 것으로 확인되었다(Table 2). 이는 한국인이 섭취하는 주요 단백질 급원인 소고기의 불포화지방산(55.92%)과 포화지방산(42.78%) 비율과 비교하였을 때 불포화지방산 함량 면에서 더 우수하였다(Ha et al., 2014). 흰점박이 꽃무지 유충의 포화지방산은 palmitic acid (16:0, 24.1%), stearic acid (18:0, 3.9%), myristic acid (14:0,

Table 2. Fatty acid composition of the raw material and extracts of *Protactia brevitarsis seulensis* larvae (mg/100g) with different extraction methods

Fatty acid	Abbreviation	Raw	Extraction method			
			MWE ¹⁾	HWE	USE	HPE
Saturated fatty acid						
Lauric acid	C12:0	0.0±0.0 ²⁾	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.3±0.0
Myristic acid	C14:0	0.9±0.0	1.0±0.0	0.9±0.0	0.7±0.0	0.8±0.0
Palmitic acid	C16:0	24.1±0.1	24.8±0.0	24.1±0.0	16.9±0.0	20.7±0.0
Stearic acid	C18:0	3.9±0.0	4.2±0.1	3.9±0.1	3.2±0.0	2.6±0.0
Arachidic acid	C20:0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0
Total saturated fatty acid		29.2 ^{b3)} ±0.0	30.3 ^a ±0.0	29.2 ^b ±0.0	21.0 ^d ±0.0	24.6 ^c ±0.0
Unsaturated fatty acid						
Myristoleic acid	C14:1	0.1±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.0±0.0	0.1±0.0
Palmitoleic acid	C16:1	6.7±0.0	7.2±0.0	7.1±0.0	10.1±0.0	10.0±0.0
Oleic acid	C18:1(n9)	56.5±0.1	55.2±0.0	56.3±0.1	58.6±0.1	54.2±0.0
Linoleic acid	C18:2(n6)	6.0±0.0	5.9±0.0	5.8±0.0	8.8±0.0	9.3±0.0
α-Linolenic acid	C18:3(n3)	0.2±0.1	0.2±0.1	0.3±0.0	0.3±0.0	0.5±0.0
Gadoleic acid	C20:1	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0
Eicosadienoic acid	C20:2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.0	0.0±0.0
Eicosapentaenoic acid	C20:5	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.3±0.1	0.3±0.0
Total unsaturated fatty acid		69.9 ^a ±0.0	69.0 ^d ±0.0	69.9 ^a ±0.0	78.6 ^e ±0.0	75.0 ^b ±0.0
Unkown		0.9±0.0	0.7±0.0	1.0±0.1	0.4±0.0	0.5±0.0
Total fatty acid		100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0

¹⁾MWE: water extraction at 50°C, HWE: water extraction at 95°C, USE: ultrasonic extraction, HPE: high pressure extraction.

²⁾All values are mean±SD of three replicates.

³⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

0.9%), arachidic acid (20:0, 0.3%)의 순으로 구성되어 있었다. 불포화 지방산의 경우 oleic acid (18:1, 56.5%)가 가장 높게 측정되었으며, 다음으로 palmitoleic acid (16:1, 6.7%), linoleic acid (18:2, 6.0%), α -linolenic acid (18:3, 0.2%), gadoleic acid (20:1, 0.2%), myristoleic acid (14:1, 0.1%), eicosapentaenoic acid (20:5, 0.1%) 순으로 측정되었다. 이러한 지방산 조성 결과는 Chung 등(2013)과 Baek 등(2017)의 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 가장 많은 양을 차지하는 oleic acid는 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추어 심장질환, 뇌혈관질환 등 동맥경화성질환의 발병 위험을 감소시키는 기능을 가진다(Strom et al., 2012). 또한, 염증반응을 억제하여 면역 증진에 긍정적인 역할을 하는 것으로 밝혀졌다(Carluccio et al., 1999; Kang et al., 2017). 하지만 oleic acid와 같은 불포화 지방산은 체내에서 합성되지 않기 때문에 반드시 식이로 보충되어야 하고 이러한 점에서 흰점박이 꽃무지 유충이 유익한 식품소재로서 활용될 수 있다(Chung et al., 2013).

흰점박이 꽃무지 유충의 지방산 조성은 초음파 추출과 고압 추출에 의해 더욱 개선되었다. 특히 초음파 추출물에서는 불포화지방산의 비율이 78.6%까지 증가하여 지방산의 품질 특성이 가장 우수하였다. 초음파는 진동에 의한 공동현상(Cavitation)에 의해 매우 큰 에너지를 발생하게 되고 국부적 온도 상승으로 인하여 주위에 위치하는 반응물의 운동에너지를 증가시킴으로써 화학반응을 촉진한다. 이에 추출 공정에 초음파 에너지를 도입하면 유용성분의 추출 효율 및 속도 증대 등의 효과를 얻을 수 있다(Chung et al., 2016; Jo et al., 2017). 또한, 고압 처리 등과의 병행 처리를 통해 추출 수율의 상승효과를 유도한 연구가 보고된 바 있다(Ling et al., 2011). 한편, Kim 등(2015)에 의하면 고압 처리에 의해 발아버의 지방산 불포화도가 증가하였고 특히 필수지방산 중 하나인 linoleic acid의 비율이 증가한 것으로 나타났다. 이러한 연구결과로 미루어 볼 때, 본 연구결과 초음파 처리와 고압 처리에 의해 불포화 지방산의 비율이 증가한 것은 물리적 에너지의 충격 효과로 인한 불포화지방산의 추출을 증대에서 기인한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 원료인 흰점박이 꽃무지 유충의 불포화지방산 함량 및 조성의 우수성을 조사하고 초음파 추출과 고압 추출 공정을 통해 지방산 품질 특성이 더욱 향상되는 것을 확인한 바 흰점박이 꽃무지 유충 및 추출물을 불포화지방산 급원식품으로서 사용 가능할 것으로 판단된다.

요 약

흰점박이 꽃무지 유충은 식품원료로서 영양적 가치가 우수하지만 소비자의 기호도 개선을 위해 가공공정기술의

적용을 검토할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 흰점박이 꽃무지 유충을 다양한 추출 공정(온수, 열수, 초음파, 고압 추출)으로 처리하여 추출물을 제조하였고 유리아미노산 함량과 지방산 조성의 변화를 관찰하였다. 유리아미노산 함량 및 조성은 모든 추출물에서 향상되었다. 특히 고압추출물에서 유리아미노산 총량과 필수아미노산 분포 비율이 각각 2.9, 4.6배 증가하여 고압 처리가 흰점박이 꽃무지 유충의 유리아미노산 함량 증가 및 조성 개선에 가장 큰 효과가 있다는 것을 확인하였다. 한편 지방산 조성은 초음파 추출물과 고압 추출물에서 개선되었다. 원료에 비해 포화지방산 비율은 감소하고 불포화지방산 비율이 증가하여 기존의 주요 단백질급원인 육류에 비해 불포화지방산 섭취 측면에서 유리할 것으로 판단된다. 따라서 흰점박이 꽃무지 유충은 초음파 추출과 고압 추출에 의해 유리아미노산과 지방산의 품질 특성이 개선될 수 있으므로 해당 추출물은 식약용 소재로서의 활용 가능성이 매우 높을 것으로 판단된다. 또한, 추후 초음파 추출과 고압 추출 공정의 최적화 연구가 이루어진다면 흰점박이 꽃무지 유충의 활용가치는 더욱 높아질 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 과학기술정보통신부 재원으로 한국식품연구원의 지원(E0211100-01)을 받아 수행된 연구성과입니다.

References

- Baek M, Hwang JS, Kim M, Kim SH, Goo TW, Yun EY. 2017. Comparative analysis of nutritional components of edible insects registered as novel foods. *J. Life Sci.* 27: 334-338.
- Carluccio MA, Massaro M, Bonfrate C, Siculella C, Maffia M, Nicolardi G, Distante A, Storelli C, DeCaterina R. 1999. Oleic acid inhibits endothelial activation: a direct vascular antiatherogenic mechanism of a nutritional component in the mediterranean diet. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 9:220-228.
- Choi SU, Choi IH, Chung TH. 2021. Determination of 5-hydroxyoxindole by high performance liquid chromatography in *Protactia brevitarsis seulensis* extracts. *Entomol. Res.* 51: 282-286.
- Choi HS, Kim SA, Shin HJ. 2015. Present and perspective on insect biotechnology. *KSBB Journal* 30: 257-267.
- Chung HS, Cho JS, Kim HS, Kim DS, Lee YG, Seong JH, Moon KD. 2016. Quality characteristics of coffee beverage processed by ultrasound-assisted extraction. *Korean J. Food Preserv.* 23: 660-665.
- Chung MY, Gwon EY, Hwang JS, Goo TW, Yun EY. 2013. Analysis of general composition and harmful material of *Protactia brevitarsis*. *J. Life Sci.* 23: 664-668.
- Ganguly K, Jeong MS, Dutta SD, Patel DK, Cho SJ, Lim KT. 2020. *Protactia brevitarsis seulensis* derived protein isolate with enhanced osteomodulatory and antioxidative property. *Molecules*

- 25: 6056.
- Ha JJ, Kim BK, Yi JK, Oh DY, Kim SS, Kim TK, Park YS. 2014. Cortisol and fatty acid contents in Hanwoo meat produced by antibiotics-free rearing system. *Reprod. Dev. Biol.* 38: 129-136.
- Ha YJ, Kim AY, Yoo SK. 2016. Optimization of peptide production from leg meat of Yeonsan ogae by high hydrostatic pressure and protein hydrolytic enzyme and its characteristic analysis. *J. Korea Acad. Ind. Coop. Soc.* 17: 182-191.
- Jo J, Shin S, Jung H, Min B, Kim S, Kim J. 2017. Process development for production of antioxidants from lipid extracted microalgae using ultrasonic-assisted extraction. *Korean Chem. Eng. Res.* 55: 542-547.
- Kang MS, Kim MJ, Han JS, Kim AJ. 2017. Fatty acid composition and anti-inflammatory effects of the freeze dried *Tenebrio molitor* Larva. *Korean J. Food & Nutr.* 30: 251-256.
- Kim TE, Gil B, Kim CT, Cho YJ. 2017a. Enrichment of phenolics in harvested strawberries by high-pressure treatment. *Food Bioprocess Technol.* 10: 222-227.
- Kim MY, Jang GY, Oh NS, Baek SY, Lee SH, Kim KM, Kim TM, Lee J, Jeong HS. 2017b. Characteristics and in vitro anti-inflammatory activities of protein extracts from pre-germinated black soybean [*Glycine max* (L.)] treated with high hydrostatic pressure. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 43: 84-91.
- Kim MY, Lee SH, Jang GY, Park HJ, Yoon N, Lee YR, Lee J, Jeong HS. 2015. Effects of high hydrostatic pressure treatment on the chemical composition of germinated rough rice (*Oryza sativa* L.). *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 198-203.
- Kim TK, Yong HI, Kim YB, Jung S, Kim HW, Choi YS. 2021. Effects of organic solvent on functional properties of defatted proteins extracted from *Protaetia brevitarsis* larvae. *Food Chem.* 336: 127679.
- Kwon EY, Yoo J, Yoon YI, Hwang JS, Goo TW, Kim MA, Choi YC, Yun EY. 2013. Pre-treatment of the white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*) as an ingredient for novel foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 397-402.
- Kwon YR, Youn KS. 2015. Quality characteristics of *Hijikia fusiforme* extracts with different extraction method. *Korean J. Food Preserv.* 22: 70-77.
- Lee SB, Kim JW, Bae SM, Hwang YH, Lee HS, Lee BJ, Hong KP, Park CG. 2018. Evaluation of spent mushroom substrates as food for white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seoulensis* (Coleoptera: Cetoniidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 57: 97-104.
- Lee HS, Ryu HJ, Song HJ, Lee SO. 2017. Enzymatic preparation and antioxidant activities of protein hydrolysates from *Protaetia brevitarsis* larvae. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 1164-1170.
- Lee S, Seo YH, Song JH, Kim WJ, Lee JH, Moon BC, Ang MJ, Kim SH, Moo C, Lee J, Kim JS. 2021. Neuroprotective effect of *Protaetia brevitarsis seoulensis*' water extract on trimethyltin-induced seizures and hippocampal neurodegeneration. *Int. J. Mol. Sci.* 22: 679.
- Ling J, Ha JH, Choi YY, Seo YC, Kim JS, Kim YO, Cha SW, Kim JC, Lee HY. 2011. Enhancement of cosmeceutical activities of *Berberis koreana* bark by high pressure and ultrasonification extraction processes. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 19: 54-65.
- Mun SI, Lee SJ, Ryu HS, Suh JS. 1999. Protein qualities of loach as affected by cooking methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 145-152.
- Nikkhah A, Van Haute S, Jovanovic V, Jung H, Dewulf J, Velickovic TC, Ghnimi S. 2021. Life cycle assessment of edible insects (*Protaetia brevitarsis seoulensis* larvae) as a future protein and fat source. *Scient. Rep.* 11: 1-11.
- Sowers S. 2009. A Primer on Branched Chain Amino Acids. Huntington College of Health Sciences.
- Strom M, Halldorsson TI, Mortensen EL, Torp-Pedersen C, Olsen SF. 2012. Fish, n-3 fatty acids, and cardiovascular diseases in women of reproductive age: a prospective study in a large national cohort. *Hypertension* 59: 36-43.
- Ueno S, Shigematsu T, Watanabe T, Nakajima K, Murakami M, Hayashi M, Fujii T. 2010. Generation of free amino acids and aminobutyric acid in water-soaked soybean by high-hydrostatic pressure processing. *J. Agr. Food Chem.* 58: 1208-1213.
- Van Hui A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects future prospects for food and feed security (No. 171). FAO.
- Wagenmakers AJM. 1992. Amino acid metabolism, muscular fatigue and muscle wasting. *Int. J. Sport Med.* 13: S110-S113.
- Yang YK. 2007. The effect of leucine administration on blood fatigue factor and exercise performance. *Kor. J. Sports Sci.* 16: 781-790.
- Yun EY, Hwang JS. 2016. Status and prospect for development of insect foods. *Food Sci. Ind.* 49: 31-39.

Author information

김태은: Research Scientist, Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute

조용진: Principal Research Scientist, Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute