

1
2

TITLE PAGE
- Food and Life-

ARTICLE INFORMATION	Fill in information in each box below
Article Type	Reserch
Article Title (English)	Antioxidant activities of <i>Tenebrio molitor</i> larvae and <i>Protaetia brevitarsis</i> larvae water extracts
Article Title (Korean)	갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물 추출물의 항산화 활성 평가
Running Title (English, within 10 words)	Antioxidant activities of insect water extracts
Author (English)	Hye Won Lee ¹ , Dong Bin Kim ¹ , Ho Gun Jang ¹ , Hyo Jin Lee ¹ , Jin Hong Park ¹ , Jong Hyuk Kim ² and Seung Yun Lee ^{1,*}
Affiliation (English)	¹ Division of Animal Science, Institute of Agriculture Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea ² Department of Animal Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea
Author (Korean)	이혜원 ¹ , 김동빈 ¹ , 장호건 ¹ , 이효진 ¹ , 박진홍 ¹ , 김종혁 ² , 이승연 ^{1,*}
Affiliation (Korean)	¹ 경상국립대학교 축산과학부 ² 충북대학교 축산학과
Special remarks –	-
ORCID and Position(All authors must have ORCID) (English) https://orcid.org	Hye Won Lee (Undergraduate, Gyeongsang National University) https://orcid.org/0009-0009-8564-3868 Dong Bin Kim (Undergraduate, Gyeongsang National University) https://orcid.org/0009-0006-9780-7821 Ho Gun Jang (Undergraduate, Gyeongsang National University) https://orcid.org/0009-0001-9717-0545 Hyo Jin Lee (Undergraduate, Gyeongsang National University) https://orcid.org/0009-0001-3387-7330 Jin Hong Park (Undergraduate, Gyeongsang National University) https://orcid.org/0009-0008-5605-0652 Jong Hyuk Kim (Professor, Chungbuk National University) https://orcid.org/0000-0003-0289-2949 Seung Yun Lee (Professor, Gyeongsang National University) https://orcid.org/0000-0002-8861-6517
Conflicts of interest (English)	The authors declare no potential conflict of interest.
Acknowledgements (English)	This work was supported by development fund foundation, Gyeongsang National University, 2024
Author contributions	Conceptualization: Lee SY Investigation: Lee HW, Kim DB, Jang HG, Lee HJ, Park JH, Lee SY Methodology: Lee HW Writing - original draft: Lee HW, Kim DB, Jang HG, Lee HJ, Park JH, Kim JH, Lee SY Writing - review & editing: Lee HW, Kim DB, Jang HG, Lee HJ, Park JH, Kim JH, Lee SY
Ethics approval (IRB/IACUC) (English)	This manuscript does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

3

4

5 **CORRESPONDING AUTHOR CONTACT INFORMATION**

For the corresponding author (responsible for correspondence, proofreading, and reprints)	Fill in information in each box below
First name, middle initial, last name	Seung Yun Lee
Email address – this is where your proofs will be sent	sylee57@gnu.ac.kr
Secondary Email address	
Postal address	Division of Animal Science, Institute of Agriculture Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea
Cell phone number	+82-10-5056-5530
Office phone number	+82-55-772-3288
Fax number	+82-55-772-3689

6

7

ACCEPTED

- 8 **Antioxidant activities of *Tenebrio molitor* larvae and *Protaetia brevitarsis***
- 9 **larvae water extracts**

ACCEPTED

10 **Abstract**

11 This study aimed to evaluate the antioxidant activities of *Tenebrio molitor* L. (TM)
12 and *Protaetia brevitarsis seulensis* L. (PB). Water extracts of TM and PB were prepared at
13 concentrations of 2, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, and 100 mg/mL. Cell viability assays were
14 performed to evaluate the cytoprotective effects of TM and PB water extracts. Antioxidant
15 activities were measured using ABTS and DPPH radical scavenging assays and the reducing
16 power. The cell viability of TM and PB water extracts significantly increased in a dose-
17 dependent manner, with TM exhibiting superior efficacy compared to PB. TM and PB water
18 extracts exhibited high ABTS and DPPH radical scavenging activities. The Reducing power
19 showed higher values in TM than that of PB. These findings suggest that TM and PB have
20 the potential to inhibit reactive oxygen species, supporting their use in developing
21 antioxidants derived from edible insects.

22 **Keywords:** Antioxidant, edible insects, *Protaetia brevitarsis* L., *Tenebrio molitor* L., water
23 extract

24 1. 서론

25 활성산소종 (reactive oxygen species, ROS)은 인체의 대사과정에서 자연스럽게 생성되
26 며 매우 불안정하고 반응성이 높아 DNA, 단백질, 지질 또는 탄수화물과 같은 생물학적으로
27 관련된 분자를 손상시키고 (Fotina et al., 2013), 산화 스트레스를 유발시켜 알츠하이머
28 병, 파킨슨병, 노화, 암 등 다양한 인간 질환을 초래한다 (Dröge, 2002). 이러한 활성산소를
29 억제하는 항산화제는 다른 화학물질의 산화를 방지하는 화학물질로, 세포 대사의 자연
30 부산물인 유해한 활성산소의 영향을 중화하여 핵심 세포 구성요소를 보호한다
31 (Berenbaum et al., 2010). 현재 사용되고 있는 항산화제는 대부분 합성 항산화제로 비타민
32 C, 비타민 E, butylated hydroxytoluene (BHT), butylated hydroxyanisole (BHA) 등이 잘 알
33 려져 있으며 천연 항산화제에 비해 항산화 활성이 높다는 장점이 있지만 장기 손상, 소화
34 문제 등의 안전성 문제도 같이 제기되면서 천연물 유래 항산화 소재의 개발이 필요한 실
35 정이다 (Park and Cho, 2022; Zeng et al., 2011).

36 식용 곤충은 전통적인 식육 생산 방식인 가축에 비해 생산 주기가 짧아 공급이 용이한
37 식량 자원이며, 경제적 비용 절감과 및 항생제의 미사용, 온실가스 배출 절감을 통해 환경
38 오염을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다 (Zhou et al., 2022). 식용 곤충은 단백질 함량이
39 높고, 불포화 지방산, 미량 무기질 등의 영양소들이 풍부하게 함유되어 있으며, 특히 곤충

40 외부 표피층에 존재하는 지질체에서 합성된 다가 페놀층의 폴리페놀은 항산화, 항암, 항
41 균 등의 다양한 생리적 활성을 나타내어 중요한 생물 자원으로 떠오르고 있다 (Rice-
42 Evans et al., 1997).

43 이러한 장점으로 식용곤충에 대한 활발한 연구가 진행되고있는데, 항산화 활성 연구에
44 서는 수벌번데기, 흰점박이꽃무지 유충, 누에나방 등이 사용되어 그 효과를 입증했으며
45 (Kim et al., 2020; Ganguly et al., 2020; Anuduang et al.,2020). 항염증 연구에서는 장수풍뎡
46 이, 메뚜기, 쌍별귀뚜라미 등이 활발히 연구되고 있다 (Lee et al., 2017b; Bahuguna et al.,
47 2022; Park et al., 2022). 또한 항암 연구도 진행되고 있는데, 쌍별귀뚜라미, 누에나방 등의
48 효과가 입증되고 있다 (Kim et al., 2022; Suk et al., 2016).

49 이처럼 식품의약품안전처에서 인정한 10종의 식용곤충을 활용한 실험이 활발하게 진
50 행되고 있고 (Wedamulla et al., 2024), 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충을 활용한 항산
51 화 활성 연구 또한 진행되고 있으나, 물추출물을 이용한 항산화 활성의 연구는 미흡하다
52 고 판단하였다. 따라서 본 연구는 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충을 활용하여 물 추
53 출물을 제조해 항산화 활성을 확인하여 항산화제로써 사용방안을 제시하기 위해 수행하
54 였으며, 이를 통해 식용곤충 유래 항산화제 개발에 도움을 주고자 하였다.

55 2. 재료 및 방법

56 **2.1. 재료 준비**

57 본 연구는 국내 식용곤충 농장에서 갈색거저리 유충 (㈜리프패럿, Busan, Republic of
58 Korea) 및 흰점박이꽃무지 유충 (굼벵이 브라더스, Incheon, Republic of Korea)을 구매하
59 여 사용하였다. 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt,
60 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)시약은 ThermoFisher SCIENTIFIC (Seoul, Republic
61 of Korea)에서 구입하여 사용하였다. Trichloroacetic acid, ferric chloride, sodium nitrite는
62 대정화금 (Siheung, Republic of Korea)에서 구입해 사용하였다. Methanol, n-hexane은
63 Samchun (Seoul, Republic of Korea)에서 구입해 사용하였다. Phosphoric acid는
64 Yakuri Pure Chemicals (Kyoto, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 10X dulbecco's
65 phosphate-buffered saline (10X DPBS), 10X trypsin-EDTA solution은 Welgene (Gyeongsan,
66 Republic of Korea)에서 구입하여 사용하였다. Dulbecco's modified Eagle's medium
67 (DMEM)은 Cytiva/Hyclone (Incheon, Republic of Korea)에서 구입하여 사용하였다. Cell
68 Counting Kit-8 (CCK-8)은 Do Gen bio (Seoul, Republic of Korea)에서 구입하여 사용하였
69 다. Cell scraper, cell culture dish는 SPL life science (Pocheon, Republic of Korea)에서 구입
70 하여 사용하였다. Sodium phosphate monobasic, Sodium phosphate dibasic, sodium
71 phosphate, potassium ferricyanide, sulfanilamide, naphthyl ethylenediamine dihydrochloride,

72 L-Ascorbic acid, Fetal bovine serum (FBS), penicillin/streptomycin (P/S), Filter paper (Grade
73 2)는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서, 실험용 체 (Φ 230(w/Handle 265)×h90mm)
74 는 Daihan Scientific (Wonju, Republic of Korea) 에서 구입하여 사용하였다. Shaking
75 incubator는 DAIHAN LabTech (Namyangju, Republic of Korea)에서, CO₂ incubator는
76 Panasonic (Osaka, Japan)에서, 원심분리기는 hanil (Gimpo, Republic of Korea)에서, 교반
77 기는 고려에이스과학 (Seoul, Republic of Korea)에서 구입하여 사용하였다.

78 2.2. 탈지 시료 제조

79 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충을 각각 믹서기로 분쇄한 후 실험용 체를 이용
80 하여 동일한 크기로 걸러주었다. 이후 곤충분말과 n-hexane을 1:3 (w/v) 비율로 섞어 12
81 시간동안 교반기를 이용하여 상온에서 600 rpm으로 진탕 후, 상층액을 제거하였으며 침
82 전물의 잔여 n-hexane을 제거하기 위해 후드에서 6시간 이상 건조하였다. 각각의 최종
83 탈지분은 동결건조 후 -20°C 동결고에 보관하며 사용하였다.

84 2.3. 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물 추출물 제조

85 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 탈지분말과 증류수를 1:10 (w:v) 비율로 혼합한 뒤
86 shaking incubator를 사용하여 60°C 에서 2시간동안 추출하였다. 이후 추출액은 filter

87 paper를 이용하여 추출액을 여과하여 실험에 사용하였다.

88 **2.4. RAW 264.7 세포 배양**

89 RAW 264.7 cell은 한국세포주은행 (Seoul, Republic of Korea)에서 분양 받아 사용하였
90 다. 10% FBS와 1% P/S를 DMEM에 첨가하여 세포배양배지로 사용했으며, 세포는 37°C,
91 5% CO₂ incubator에서 배양하였다.

92 **2.5. RAW 264.7 세포생존을 측정**

93 RAW 264.7 cell을 96well plate에 5×10^4 cell/well의 농도로 분주한 후 incubator (37°C,
94 5% CO₂)에서 24시간동안 배양한 뒤 양성 대조군(PC)에는 DMEM만, PC를 제외한 처리
95 군에는 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물을 20, 40, 60, 80 및 100 mg/mL 농
96 도로 100 μ L씩 처리하여 24시간동안 반응시켰다. PC를 제외한 처리군에 최종농도가 100
97 mM이 되도록 H₂O₂를 처리하고 incubator (37°C, 5% CO₂)에 4시간동안 반응시켰다. 이후
98 반응한 상층액을 모두 제거한 뒤, well에 DMEM과 혼합한 CCK-8 용액을 넣고 incubator
99 (37°C, 5% CO₂)에서 3시간 반응시킨 후 ELISA reader (INNO-S, Bio Mart, Daejeon,
100 Republic of Korea)를 사용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

101 **2.6. ABTS 라디칼 소거 활성 측정**

102 7 mM ABTS 시약 및 2.5 mM potassium persulfate를 같은 비율로 희석한 뒤 0.01 M
103 phosphate buffer (pH 7.4)를 혼합하여 734 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.02 으로 조정된
104 ABTS 용액을 제조 후 사용하였다. 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물을 농도
105 별로 20 μ L씩 처리한 뒤, 제조된 ABTS 용액 180 μ L를 혼합하여 실온의 암실에서 10분간
106 반응시키고, ELISA reader (INNO-S, Bio Mart, Daejeon, Republic of Korea)를 사용하여
107 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 아래의 식으로 라디칼 소거활성을 계산하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능 (\%)} = 1 - \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

108 위 식의 A는 시료 무첨가시 흡광도 값, B는 시료의 흡광도 값을 나타낸다.

109 2.7. DPPH 라디칼 소거 활성 측정

110 MeOH를 사용하여 0.2 mM DPPH solution을 제조하였다. 갈색거저리 및 흰점박이꽃무
111 지 유충 물추출물을 e-tube에 농도별로 100 μ L씩 처리한 뒤 DPPH solution을 300 μ L처리
112 하고 실온의 암실에서 30분 반응시켰다. 이후 원심분리기(Hanil, Gimpo, Republic of Korea)
113 를 사용하여 침전물을 제외한 상층액을 96 well plate에 도포하여 517 nm에서 ELISA
114 reader (INNO-S, Bio Mart, Daejeon, Republic of Korea)를 사용하여 흡광도를 측정하였으
115 며 다음과 같이 라디칼 소거활성을 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능 (\%)} = 1 - \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

116 위 식의 A는 시료 무첨가시 흡광도 값, B는 시료의 흡광도 값을 나타낸다.

117 2.8. 환원력 측정

118 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물을 농도별로 100 μL 씩 e-tube에 도포한
119 뒤 0.2 M phosphate buffer와 Potassium ferricyanide를 각각 100 μL 씩 처리하고 50°C의 암
120 실에서 20분간 반응시켰다. 이후 100 μL 의 trichloroacetic acid를 처리한 뒤 3,000 rpm에서
121 5분간 원심분리하여 얻어진 100 μL 의 상층액 및 DW를 각각 넣고, 20 μL 의 ferric chloride
122 를 처리하여 700 nm에서 ELISA reader를 사용하여 흡광도를 측정하였다.

123 2.9. 통계분석

124 모든 실험은 3회 반복하여 측정하였으며, 처리군간의 통계분석은 IBM SPSS Ver.27
125 (International Business Machines Corporation; IBM, NY, USA)를 사용하여 실시하였다.
126 일원배치분산 (ANOVA), Student-Newman-Keuls (SNK) 방법과 독립표본 T검정을 사용
127 하여 통계적 유의성을 확인하였다. 표본 간의 차이는 $p < 0.05$ 의 유의한 수준에서 평균 \pm
128 표준편차 (SD) 값으로 표시하였다.

129 3. 결과 및 고찰

130 **3.1. 세포 생존률**

131 H₂O₂와 같은 활성산소는 산화 스트레스를 유발하는 대표적인 물질로 (Ha et al., 2015),
132 RAW 264.7의 세포생존률을 측정하기 위해 산화스트레스제로 사용하였다. H₂O₂의 최적
133 농도는 가장 낮은 세포 생존률을 보인 100 mM로 선택하였으며, 100 mM H₂O₂의 처리는
134 세포 생존률을 PC 대비 40%까지 낮추어 ($p<0.05$) 세포 독성을 확인하였다. RAW 264.7 세
135 포에 적용되는 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물의 최종농도는 각각 10, 20,
136 30, 40, 50 mg/mL이며, 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물을 처리하였을 때의
137 세포활성도를 측정한 결과, 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물 모두 세포활성
138 저하를 억제시켜 세포를 산화스트레스 발생으로부터 보호해주는 것으로 판단된다 (Fig.
139 1). 또한, 갈색거저리 유충 물추출물에서 PC군과 비교하였을 때 75.24% 수준의 세포생존
140 율을 보였으며, 흰점박이꽃무지 유충 물추출물이 처리된 세포의 활성보다 높은 세포생존
141 율을 나타냈다. Baek (2017)등은 갈색거저리 유충, 흰점박이꽃무지 유충 및 장수풍뎅이
142 유충의 일반성분과 아미노산 및 지방산 조성 분석에서 갈색거저리 유충 및 흰점박이꽃무
143 지 유충을 비교하였을 때 갈색거저리 유충에서 류신, 라이신, 발린 등의 필수 아미노산 함
144 량이 흰점박이꽃무지 유충보다 높은 것을 확인하였다. 이중 류신과 발린은 BCAA
145 (Branched-chain Amino Acids, 분지아미노산)에 속해 단백질 합성을 촉진하고 세포대사와

146 성장에 중요한 역할을 하며, 특히 류신은 세포성장, 생존, 대사를 조절하는 신호 전달 경
147 로인 mTOR 경로를 활성화하여 세포 성장과 생존에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로
148 알려져있다 (Kang et al., 2024). 따라서 갈색거저리 유충 내의 필수 아미노산이 세포활성
149 증가에 영향을 미쳐 갈색거저리 유충 물추출물이 흰점박이꽃무지 유충 물추출물보다 세
150 포활성도가 높았을 가능성을 제시한다. 이로써 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충은 산
151 화스트레스로부터 RAW 264.7 cell을 보호할 수 있는 것으로 사료된다.

152 3.2. 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물의 항산화 활성

153 일반적으로 항산화 활성은 페놀 화합물의 함량과 양의 상관관계가 있으며 (Fraga et al.,
154 2019), 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충은 페놀화합물이 함유되어있다고 알려진 바
155 있다 (Choi et al., 2023). 본 실험은 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충의 항산화 능력을
156 확인하기 위해 2, 4, 6, 8 및 10 mg/mL 농도로 물추출물을 제조하여 ABTS, DPPH 라디칼
157 소거 활성 및 환원력을 측정하였다. ABTS 라디칼 소거 활성 측정법은 항산화 활성을 측
158 정하는 대표적인 방법으로, ABTS와 과황산칼륨의 반응을 통해 청록색의 ABTS 라디칼
159 양이온이 생성되면 라디칼을 항산화제가 소거하여 ABTS가 탈색되는 원리를 따른다 (Re
160 et al., 1999). 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 각
161 각 농도가 증가함에 따라 32.12%~59.60%, 39.59%~79.08%까지 유의적으로 증가하였으

162 며 모든 농도에서 갈색거저리 유충 물추출물보다 흰점박이꽃무지 유충 물추출물이 더 우
163 수한 ABTS 라디칼 소거능을 보였다 (Fig. 2). Yoon (2024) 등의 연구에 따르면 갈색거저리
164 유충 분말 함량을 달리하여 제조한 두유에서 갈색거저리 분말의 첨가량에 따라 ABTS 라
165 디칼 소거능이 TML0 (soymilk with 0% tenebrio)에 비해 39.03~77.75%까지 농도 의존적
166 으로 증가하여 갈색거저리 유충 분말의 함량이 증가할수록 항산화 활성이 향상되는 것을
167 확인하였다. Lee (2021) 등의 갈색거저리 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 양갱의 항산
168 화 활성 측정 연구에서 갈색거저리 분말 함량이 증가함에 따라 ABTS 라디칼 소거능은 용
169 량 의존적으로 63.22~81.56%까지 유의하게 증가하는 것을 확인하였다. Lee (2017a) 등은
170 흰점박이꽃무지 유충 단백질 가수분해물을 제조하여 항산화 활성을 평가한 결과 우수한
171 ABTS 라디칼 소거능을 확인하였다.

172 DPPH 라디칼 소거 활성 측정은 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl라는 안정된 자유라디칼
173 을 이용하여 항산화를 측정하는 방법으로, 항산화제가 DPPH와 반응하게 되면 수소원자
174 나 전자를 DPPH 라디칼에 공여하여 라디칼을 중성 분화로 환원시켜 DPPH 라디칼의 전
175 자 구조를 변형시키는데, 이때 보라색에서 노란 계열의 옅은 색으로 색이 변하는 원리를
176 따른다 (Marinova et al., 2011). 이와 같은 원리로 갈색거저리 유충 및 흰점박이꽃무지 유
177 충 물 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 두 물 추출물 모두 농도가 증가함에

178 따라 유의적으로 라디칼 소거 활성이 향상되었으며 모든 농도에서 갈색거저리 유충 물
179 추출물보다 흰점박이꽃무지 유충 물 추출물이 더 효과적으로 DPPH 라디칼을 소거하였
180 다 (Fig. 3). Ganguly (2020) 등은 흰점박이꽃무지에서 유래한 단백질 추출물의 항산화능을
181 평가하기 위해 DPPH 라디칼 소거능을 평가한 결과, 농도 의존적으로 효과적인 향상된
182 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였다. Kim (2020)은 갈색거저리 유충 유래 오일 (TMO)의
183 DPPH 라디칼 소거능을 평가하였는데, 그 결과 0.01%, 0.05%, 0.1% 및 0.2%의 TMO는 각
184 각 4.77%, 17.04%, 25.06% 및 36.87% 수준으로 농도 의존적으로 증가하였으며, 유의적인
185 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였다. Chong (2017) 등은 갈색거저리 분말이 0%, 10%,
186 20% 및 30% 함유된 쿠키를 제조하여 항산화 활성을 평가한 결과 아무것도 첨가하지 않
187 은 쿠키와 비교했을 때 갈색거저리 분말의 첨가량이 증가할수록 항산화 활성은 증가하여
188 30% 첨가군에서 가장 높은 항산화 활성이 나타나는 것을 확인하였다.

189 환원력은 산화제인 Potassium Ferricyanide가 항산화능을 가진 물질과 반응하면
190 Ferrocyanide로 환원되는 원리를 이용한 실험이다 (Estabrook, 1961). 갈색거저리 유충 및
191 흰점박이꽃무지 유충 물추출물에서 전체적인 환원력은 흰점박이꽃무지 유충 물추출물
192 에서 더 높게 나타났으며, 두 물추출물 모두 농도 의존적으로 유의적인 환원력을 나타냈
193 다 (Fig. 4). Kim (2024) 등의 연구에서 온도별 흰점박이꽃무지 유충 물추출물의 환원력을

194 알아보기 75, 25, 5°C에서 각각 추출한 추출물의 환원력을 측정한 결과, 모든 농도에서 농
195 도 의존적으로 환원력이 증가하였다. Park (2022)등은 흰점박이꽃무지 유충 추출물과 발
196 효흰점박이꽃무지 유충 추출물의 환원력을 비교한 결과, 흰점박이꽃무지 유충 추출물 및
197 발효흰점박이꽃무지 유충 추출물의 환원력은 농도의존적으로 증가하는 경향을 나타내
198 어 흰점박이꽃무지 유충의 항산화능을 확인하였다. 그러므로, 갈색거저리 및 흰점박이꽃
199 무지 유충 물 추출물은 우수한 항산화 소재로서 가능성이 있으며, 추가연구를 통해 항산
200 화 효능을 가진 유효성분을 분석할 필요가 있다고 사료된다.

201 4. 결론

202 본 연구는 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충 물추출물의 항산화 활성을 평가하기 위
203 해 수행되었다. 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충은 H₂O₂처리된 RAW 264.7 cell에서
204 농도의존적으로 높은 세포활성을 보였으며, 갈색거저리 유충 물 추출물에서 더 우수한
205 세포 활성을 나타냈다. 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지 유충은 모두 우수한 ABTS 및
206 DPPH 라디칼 소거능 및 환원력을 나타내 항산화 소재로서의 가능성을 확인하였다. 그러
207 므로, 갈색거저리 및 흰점박이꽃무지는 우수한 항산화제로서 활용이 가능하며, 분리 정
208 제 과정을 통해 이들의 항산화를 나타내는 유효성분 분석이 필요할 것이라 사료된다. 더
209 나아가 추가적인 생리활성 효능 검증 통해 다양한 기능성 식품소재로서의 가능성이 있음

210 을 시사한다.

211 **5. References**

- 212 Anuduang A, Loo YY, Jomduang S, Lim SJ, Wan Mustapha WA. 2020. Effect of thermal
213 processing on physico-chemical and antioxidant properties in mulberry silkworm
214 (*Bombyx mori* L.) powder. *Foods* 9:871.
- 215 Badarinath A, Rao K, Chetty C, Ramkanth S, Rajan T, Gnanaprakash K. 2010. A review on
216 *in-vitro* antioxidant methods: comparisons, correlations and considerations. *Int J*
217 *Pharmtech Res* 2:1276-1285.
- 218 Baek M, Hwang JS, Kim M, Kim SH, Goo TW, Yun EY. 2017. Comparative analysis of
219 nutritional components of edible insects registered as novel foods. *J Life Sci* 27:334-338.
- 220 Bahuguna A, Khaket TP, Bajpai VK, Shukla S, Park I, Na M, Kim M. 2022. N-
221 Acetyldopamine dimers from *Oxya chinensis sinuosa* attenuates lipopolysaccharides
222 induced inflammation and inhibits cathepsin C activity. *Comput Struct Biotechnol J*
223 20:1177-1188.
- 224 Bukkens SG. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecol Food Nutr* 36:287-319.
- 225 Choi JS, Kim GH, Kim HE, Kim MJ, Chin KB. 2023. Evaluation of protein digestibility and
226 antioxidant activity in an *in vitro* digestion model of proteins extracted from *Protaetia*
227 *brevitasis* larvae and *Tenebrio molitor* larvae. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 52:1125-1132.
- 228 Chong HS, Kim SY, Cho SR, Park HI, Baek JE, Kuk JS, Suh HJ. 2017. Characteristics of
229 quality and antioxidant activation of the cookies adding with mealworm (*Tenebrio*
230 *molitor*) and black bean powder. *J Food Hyg Saf* 32:521-530.

231 Dröge W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev*.

232 Estabrook, Ronald W. 1961. Studies of oxidative phosphorylation with potassium
233 ferricyanide as electron acceptor. *J Biol Chem* 236:3051-3057.

234 Fotina AA, Fisinin VI, Surai PF. 2013. Recent developments in usage of natural antioxidants
235 to improve chicken meat production and quality. *Bulg J Agric Sci* 19: 889-896.

236 Fraga CG, Croft KD, Kennedy DO, Tomás-Barberán FA. 2019. The effects of polyphenols
237 and other bioactives on human health. *Food Funct* 10:514-528.

238 Ganguly K, Jeong MS, Dutta SD, Patel DK, Cho SJ, Lim KT. 2020. *Protaetia brevitarsis*
239 *seulensis* derived protein isolate with enhanced osteomodulatory and antioxidative
240 property. *Molecules* 25:6056.

241 Ganguly K, Jeong MS, Dutta SD, Patel DK, Cho SJ, LimKT. 2020. *Protaetia brevitarsis*
242 *seulensis* derived protein isolate with enhanced osteomodulatory and antioxidative
243 property. *Molecules* 25:6056.

244 Ha JS, Park SK, Park CH, Seung TW, Guo TJ, Kang JY, Lee DS, Kim JM, Lee UK, Heo HJ.
245 2015. Neuronal cell protective effect of new green extract against H₂O₂-induced oxidative
246 stress and analysis of bioactive compounds. *Korean J Food Sci Technol* 47:673-679.

247 Kang YJ, Song WR, Lee SJ, Choi SA, Chae SH, Yoon BR, Kim HY, Lee HJ, Kim CW, Cho
248 JY, Kim HJ, Lee WW. 2024. Inhibition of BCAT1-mediated cytosolic leucine metabolism
249 regulates Th17 responses via the mTORC1-HIF1 α pathway. *Exp Mol Med* 56:1776-1790.

250 Kim HO. 2020. Anti-oxidant and moisturizing effects of oil extracted from *Tenebrio molitor*
251 Larvae. *Asian J Beauty Cosmetol* 18:273-281.

- 252 Kim HY, Woo SO, Kim SG, Choi HM, Moon HJ, Han SM. 2020. Antioxidant and
253 antihyperglycemic effects of honeybee drone pupae (*Apis mellifera* L.) extracts. *J Apic*
254 35:33-39.
- 255 Kim JY, Kim HS, Byun EH. 2024. Antioxidant and immunoactive effects of *Protaetia*
256 *brevitarsis seulensis* larvae low temperature water extracts on RAW 264.7 cells. *Korean J*
257 *Food Sci Technol* 56:31-37.
- 258 Kim K, Park EY, Baek DJ, Oh YS. 2022. *Gryllus bimaculatus* extract ameliorates high-fat
259 diet-induced hyperglycemia and hyperlipidemia by inhibiting hepatic lipogenesis through
260 AMPK activation. *Food Sci Biotechnol* 31:1289-1297.
- 261 Lee HJ, Seo M, Kim IW, Lee JH, Hwang JS, Kim M. 2017b. The anti-inflammatory and
262 antiallergic effects of *Allomyrina dichotoma* larva hot-water extract. *J Life Sci* 27:1130-
263 1136.
- 264 Lee HS, Kim WY, Yang JE, Park SH, Jhee OH, Ly SY. 2021. Quality and characteristics of
265 the yanggaeng made with mealworm powder. *Korean J Hum Ecol* 30:169-179.
- 266 Lee HS, Ryu HJ, Song HJ, Lee SO. 2017a. Enzymatic preparation and antioxidant activities
267 of protein hydrolysates from *protaetia brevitarsis* larvae. *J Korea Soc Food Sci Nutr*
268 46:1164-1170
- 269 Marinova G, Batchvarov V. 2011. Evaluation of the methods for determination of the free
270 radical scavenging activity by DPPH. *Bulgarian J Agric Sci* 17:11-24.
- 271 Park BM, Kim SY, Kim YN, Yang SD, Seo WG, Han SY, Yoo YC. 2022. Inhibitory effect of
272 hot-water extract of *Gryllus bimaculatus* on inflammatory responses and NLRP3
273 inflammasome activation in macrophages. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:115-124.

274 Park MJ, Cho SJ. 2022. Antioxidant activities of *Protaetia brevitarsis* larvae fermented by
275 *Lactobacillus acidophilus*. J Life Sci 32: 890-898.

276 Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant
277 activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol
278 Med 26:1231-1237.

279 Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic
280 compounds. Trends Plant Sci 2:152-159.

281 Schmidt HH, Warner TD, Nakane M, Förstermann U, Murad F. 1992. Regulation and
282 subcellular location of nitrogen oxide synthases in RAW264.7 macrophages. Mol
283 Pharmacol 41:615-624.

284 Suk WH, Kim JE, Kim DY, Lim HJ, Choue RW. 2016. Effect of wheat flour noodles with
285 *Bombyx mori* powder on glycemic response in healthy subjects. Prev Nutr Food Sci
286 21:165.

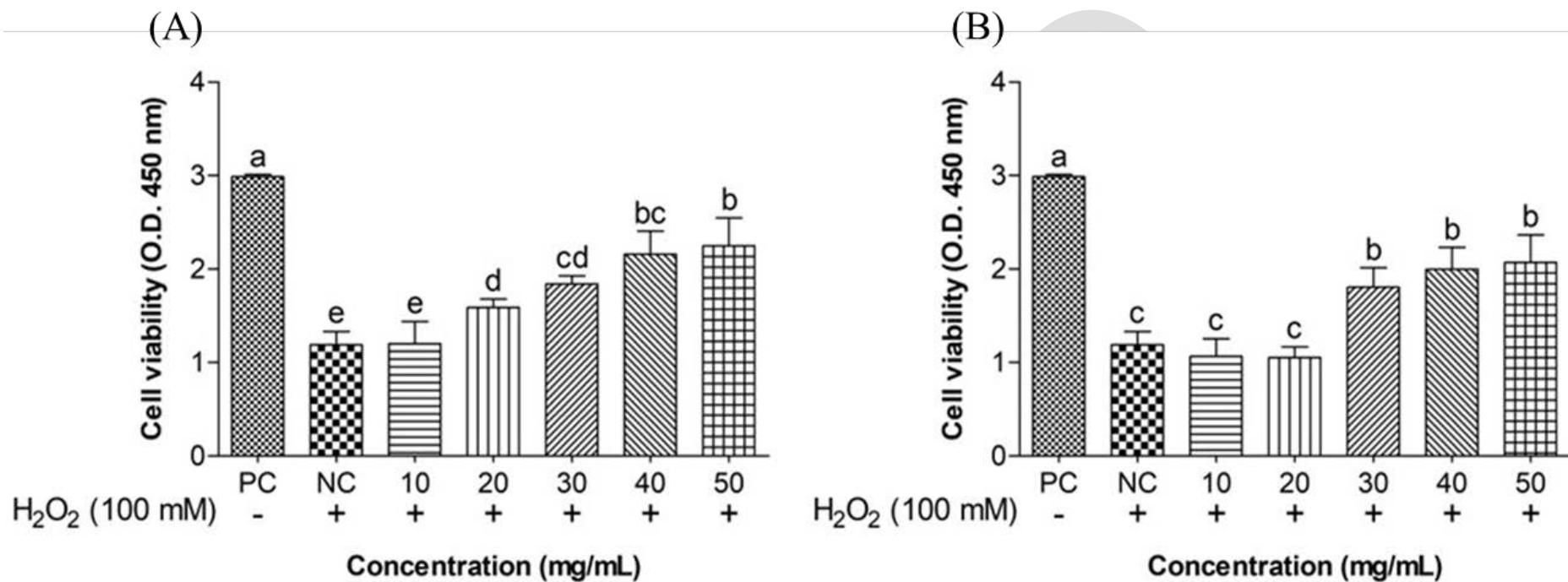
287 Wedamulla NE, Zhang Q, Kim SH, Choi YJ, Bae SM, Kim EK. 2024. Korean edible insects:
288 A promising sustainable resource of proteins and peptides for formulating future
289 functional foods. FSBH 4.

290 Yoon JK, Jin JW, Min YR, Jang HW. 2024. Quality characteristics and antioxidant activities
291 of soymilk prepared with *Tenebrio molitor* larvae powder. Korean J Food Sci Technol
292 56:616-621.

293 Zeng LB, Zhang ZR, Luo ZH, Zhu JX. 2011. Antioxidant activity and chemical constituents
294 of essential oil and extracts of Rhizoma *Homalomenae*. Food Chem 125:456-463.

295 Zhou Y, Wang D, Zhou S, Duan H, Guo J, Yan W. 2022. Nutritional composition, health
296 benefits, and application value of edible insects: a review. *Foods* 11:3961.

ACCEPTED

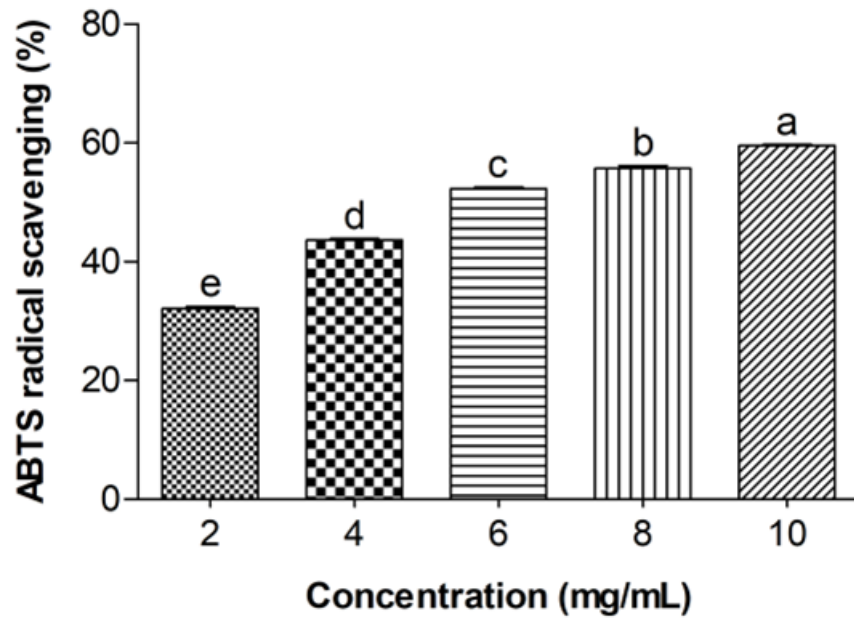


297

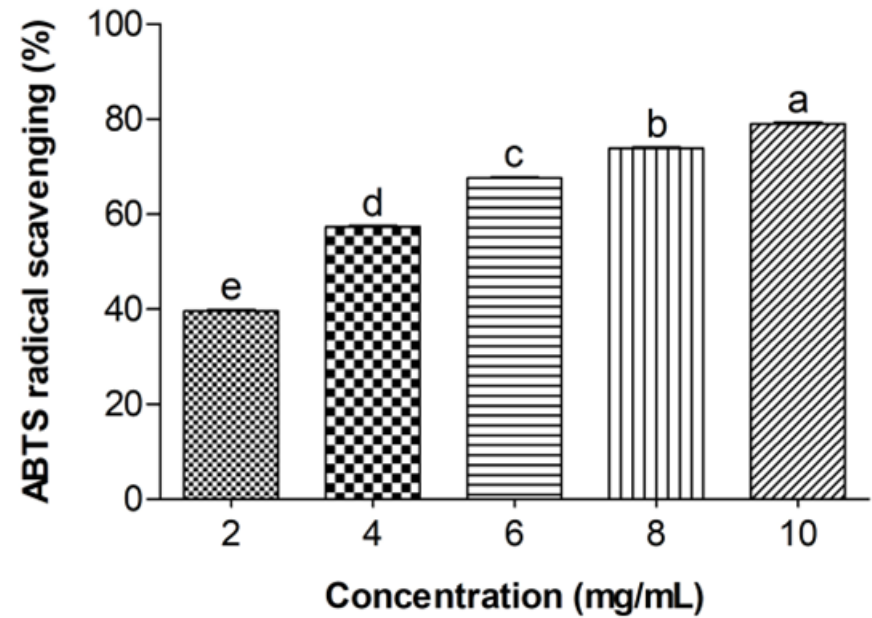
298 **Figure 1. Cell viability of the water extracts (A) *Tenebrio molitor* L. and (B) *Proteltaia brevitarsis seulensis* L. in H₂O₂ induced RAW 264.7 cells. PC,**

299 **control; NC, 100 mM H₂O₂. ^{a-e} Means with different superscripts in the concentration differ significantly ($p < 0.05$).**

(A)



(B)

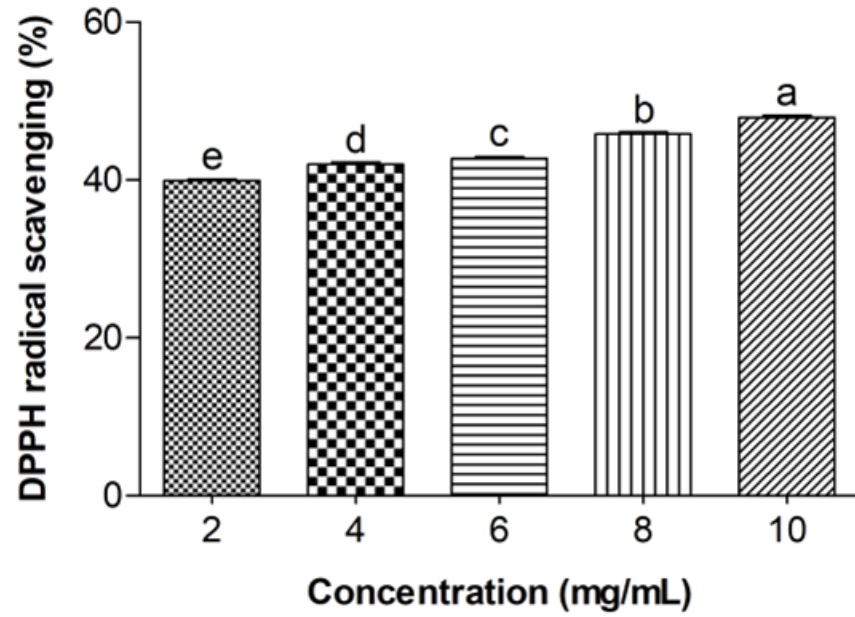


300

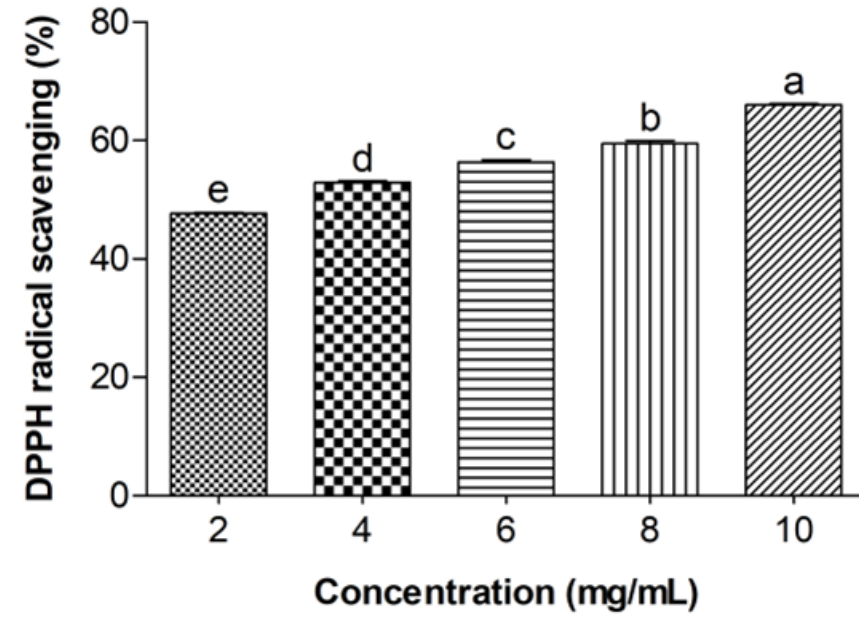
301 **Figure 2.** ABTS radical scavenging activities of the water extracts (A) *Tenebrio molitor* L. and (B) *Prottaetia brevitarsis seulensis* L.. ^{a-c} Means with

302 different superscripts in the concentration differ significantly ($p < 0.05$).

(A)



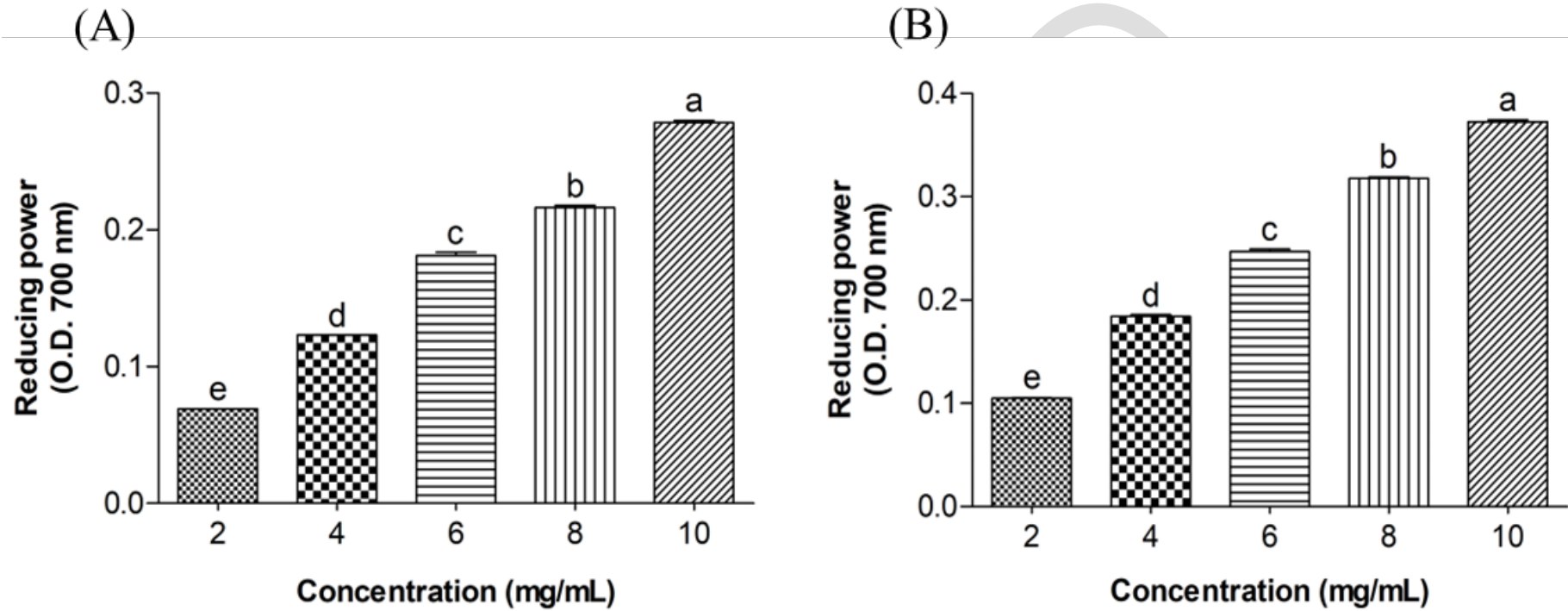
(B)



303

304 **Figure 3. DPPH radical scavenging activities of the water extracts (A) *Tenebrio molitor* L. and (B) *Protaetia brevitarsis seulensis* L..** ^{a-e} Means with

305 different superscripts in the concentration differ significantly ($p < 0.05$).



306

307 **Figure 4. Reducing power of the water extracts (A) *Tenebrio molitor* L. and (B) *Protaetia brevitarsis seulensis* L..** ^{a-e} Means with different superscripts in

308 the concentration differ significantly ($p < 0.05$).