



갯기름나물 뿌리 추출물의 첨가가 두부의 품질특성 및 항산화 활성에 미치는 영향

박유진 · 오희정 · 임승용*

국립군산대학교 해양바이오특성화대학 식품생명공학과

Effects of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract addition on quality characteristics and antioxidant activity of tofu

Yu-Jin Park, Hee-Jeong Oh and Seung-Yong Lim*

Department of Food Science and Biotechnology, College of Ocean and Bioscience, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

Abstract

This study investigated potential application of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract as a functional food ingredient by evaluating the quality characteristics and antioxidant activity of tofu containing different extract concentrations. No significant differences were observed in the pH, acidity, moisture content, or color between the control and root extract-treated groups. Textural analysis showed that hardness, cohesiveness, chewiness, springiness, and gumminess decreased, whereas adhesiveness increased with increasing root extract concentrations. Compared with the control, antioxidant activity revealed that 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activity, total polyphenol content, and total flavonoid content increased in parallel with the increase in root extract concentrations; however, no significant differences were detected beyond root extract concentration of 7.5%. Sensory evaluation showed that higher root extract concentration resulted in higher bitterness, aftertaste, and texture scores but lower brightness and savory scores. While no preferential decrease was observed with root extract concentration of 7.5% compared with the control, preferential decrease was observed with root extract concentration of 10%. These results suggest that incorporation of *P. japonicum* root extract does not significantly affect tofu quality characteristics. Therefore, *P. japonicum* root has a potential to be used as a natural bioactive food ingredient owing to its high consumer acceptability and improved antioxidant activity.

Keywords: *Peucedanum japonicum* Thunberg, Tofu, Antioxidant activity, Root extract, Sensory evaluation

서론

갯기름나물(*Peucedanum japonicum* Thunb.)은 미나리과에 속하는 다년생 초본식물로 해안가나 갯벌에서 자생하며 해풍에 강한 것이 특징이다(Cha & Lee, 2016). 잎은 주로 식용으로 이용되며, 뿌리는 한약재로 사용되며 한의학에서는 주로 감기 치료를 비롯하여, 중풍, 가래, 기침 등 여러 질병의 치료에 활용되어 왔다(Kim et al., 2013). 뿌리에 있는 peucedanol 성분은 갯기름나물의 주요 약리 효능과 밀접한 관련이 있어 천연 식물 자원으로서의 높은 활용 가치가 기대된

다(Son et al., 2013). 최근 갯기름나물의 연구는 주로 잎을 기능성 소재로 하여 스펀지케이크, 모닝빵 등 다양한 식품 개발 연구가 활발히 진행되고 있다(Jung, 2020; Yun & An, 2024). 하지만 갯기름나물 뿌리 추출물은 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있으며(Kim et al., 2009), HepG2 세포 내에서의 활성산소종 억제 및 항산화 활성(Lim et al., 2019a), 아토피 피부염 염증 완화 효과(Gil et al., 2022), 마우스 모델에서의 천식 면역반응 감소(Kang et al., 2013), 혈관성 치매 예방 효과(Kim et al., 2013) 등 뛰어난 가능성을 지니고 있는 것으로 보고되고 있다. 그럼에도 불구하고, 잎과 비교했을 때 뿌리 추출물이

Received: Dec 11, 2025 / Revised: Dec 30, 2025 / Accepted: Jan 2, 2026 / Published: Feb 5, 2026

Corresponding author: Seung-Yong Lim, Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, 558 Daehak-ro, Gunsan 54150, Korea
E-mail: syonglim@kunsan.ac.kr

Copyright © 2026 Korean Society for Food Engineering.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

식품 소재로서의 적용 가능성에 대한 연구는 여전히 제한적인 실정이다. 한편 두부는 콩을 주원료로 하여 제조된 식물성 단백질 식품으로(Chung, 2006), 필수아미노산인 라이신(lysine)의 함량이 높아 부족할 수 있는 영양소를 보완하고, 신진대사 및 성장발육에 도움을 주는 가공 식품으로 알려져 있다(Woo et al., 2009). 두부의 주원료인 대두(*Glycine max* L. Merrill)는 단백질과 지방 함량이 높으며, 특히 지방의 약 80%가 불포화지방산으로 이루어져 있어(Seo et al., 2010) 중성지방 저하 및 혈소판 응집 억제 등 심혈관계 질환 예방에 긍정적으로 기여한다(Lee & Hwang, 1997). 대두에 함유된 이소플라본은 항암효과가 있어 암세포의 증식 및 전이를 억제하며(Kim et al., 2008), 사포닌은 대장암 억제 및 면역 증진에 도움을 주는 것으로 보고되어져 있다(Park et al., 2009) 이 외에도 콩에는 페놀산, 피트산, 토코페롤 등과 같은 다양한 생리활성 물질이 풍부하여 우수한 기능성 식품의 원료로 알려져 있다(Kim et al., 2009). 이와 같이 두부는 기능성 성분을 함유하고 있어 서구화된 식습관을 지닌 현대인들에게 건강한 단백질 공급원으로 적합하다고 할 수 있다. 현재까지 두부에 다양한 기능성 소재를 활용한 연구들이 이어지고 있으며 쓰가루 사과즙, 홍삼 흑미늘 추출물, 감 분말 등을 첨가하였을 때 품질 및 저장성 향상과 기능성 강화에 기여할 수 있는 효과를 가져왔다는 연구 결과가 보고되었다(Lee et al., 2008, 2011; Sim et al., 2014; Kim et al., 2016a). 이러한 선행 연구를 고려할 때 기능성을 강화한 두부를 개발하기 위해서는 표준화된 제조 공정 확립과 갯기름나물 뿌리 추출물의 최적 배합비 선정이 선행되어야 하며, 이는 향후 관련 식품 개발을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다(Son et al., 2015). 따라서 본 연구에서는 항산화 활성이 높은 갯기름나물 뿌리의 열수 추출물을 활용하여 제조한 두부의 품질특성과 관능 평가를 통해 천연 생리활성 소재로서 식품 적용 가능성을 탐색하고 활용 가치를 확대하고자 한다.

재료 및 방법

재료

두부 제조에 사용된 대두(Jungang, Deokjin, Korea)는 국내산을 구입하여 냉장 조건(4±1℃)에서 보관하였다. 응고제로 사용한 천일염(Hearang, Imsil, Korea)과 양조 식초(Cheonyeon food, Yeongcheon, Korea)는 시중에서 구입하였다. 갯기름나물 뿌리는 경상북도 안동산으로 입춘허브(Yipchoon Herb, Pohang, Korea)에서 구입하였으며, 시료 대비 7배의 물을 가해 30분 이상 가열 후 분쇄압착한 추출물의 고형분 함량은 8% 이상이였다. 항산화 활성 측정에 사용된 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS+), Folin-Ciocalte's phenol reagent, quercetin,

gallic acid는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고 기타 시약은 모두 특급(analytical grade)을 사용하였다.

두부의 제조

본 연구에 사용된 두부의 제조 공정은 Table 1의 배합비에 따라 대두 500 g을 용기에 넣고 25℃에서 6시간 동안 침지한 후 흐르는 물에 3회 세척하고 물기를 제거한 대두의 중량 대비 2배의 물을 첨가하여 원액기(SJ-200B, Hurom, Gimhae, Korea)를 사용하여 마쇄한 후 면포로 여과하였다. 여과한 두유액을 증발로 가열하여 기포가 올라오면 응고제를 3회에 나누어 첨가하고 완전히 끓어오른 후에는 약불로 줄여 3분간 저어 응고시켰다. 응고물을 성형틀에 넣고 5 kg의 압력으로 30분간 압착하여 완성된 두부를 용기에 담아 수침 상태로 보관하였다. 두부 제조 시 간수(천일염 8 g, 양조 식초 9.1 g, 물 112.9 g 혼합)를 응고제로 사용하였으며, 갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가하지 않은 대조구(control)와 두유액에 각각 5, 7.5, 10%로 첨가한 실험군(RT5, RT7.5, RT10)으로 구분하여 총 4종류의 두부를 제조하여 실험에 사용하였다.

pH, 산도, 수분함량, 색도

두부의 pH는 일정한 크기로 절단한 시료를 pH meter (S20 Seven-Easy™ pH meter, Mettler Toledo Inc., USA)로 측정하였다. 적정산도 분석을 위해 두부 10 g에 증류수 90 mL를 첨가한 후 균질화하여 사용하였다. 균질화한 시료에 지시약(1% phenolphthalein)을 첨가하고 0.1 N NaOH로 적절한 mL수를 아래 식을 이용하여 젖산(lactic acid, w/w)으로 환산하여 적정산도를 산출하였으며, 수분함량은 105℃에서 상압가열건조법을 적용하여 측정하였다.

$$\text{Titratable acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{Factor} \times \text{Dilution rate} \times 0.009}{\text{Weight of sample (mL)}} \times 100$$

Table 1. Formulation of tofu containing *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract

Ingredients (%)	Control ¹⁾	RT5 ²⁾	RT7.5 ³⁾	RT10 ⁴⁾
Soybean milk	93.5	88.5	86	83.5
Coagulant	6.5	6.5	6.5	6.5
RE ⁵⁾	0	5	7.5	10
Total (%)	100			

¹⁾Control: Tofu added with *P. japonicum* Thunberg root extract 0%.
²⁾RT5: Tofu added with *P. japonicum* Thunberg root extract 5%.
³⁾RT7.5: Tofu added with *P. japonicum* Thunberg root extract 7.5%.
⁴⁾RT10: Tofu added with *P. japonicum* Thunberg root extract 10%.
⁵⁾RE: *P. japonicum* Thunberg root extract.

색도는 색차계(CM-2600d, Konica Minolta, USA)를 사용하여 측정하였으며, L (명도, lightness), a (적색도, redness), b (황색도, yellowness)값으로 나타내었다. 이때 표준 백색판의 L, a, b값은 99.36, -0.08, -0.05로 측정되었으며, 대조구(L₁, a₁, b₁)와 실험군(L₂, a₂, b₂) 색도 값의 차이를 나타내는 ΔE 값은 다음 계산식을 이용하여 산출하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

조직감(texture)

두부의 조직감 측정을 위해 제조된 두부를 일정한 크기(2×2×2 cm)로 절단한 후 Texture analyzer (CT3 10K, Brookfield Ametek, USA)를 사용하여 pre-test speed 2.0 mm/s, post-test speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, trigger force 5 g, deformation 50%로 설정하여 측정하였다. Texture profile analysis (TPA) mode에서 경도(hardness), 탄력성(springiness), 겹성(gumminess), 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness)과 씹힘성(chewiness)의 6가지를 분석하였다.

항산화 활성 분석

두부 10 g에 70% ethanol 90 mL를 첨가하여 균질화한 후 원심분리(3,000 rpm, 10 min)하여 얻은 상층액을 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 항산화 활성 분석을 위한 시료로 사용하였다. ABTS radical assay는 농도별 희석한 시료 100 μL에 ABTS radical cation 용액 900 μL를 가한 후 암실에서 20분간 반응시켰다. 반응 종료 후 745 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로 L-ascorbic acid를 사용하였다. 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 환산하여 ABTS radical scavenging activity (%)로 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton et al., 1999)을 변형하여 측정하였다. 시료 50 μL에 증류수 450 μL를 가하고 Folin-Ciocalteu’s phenol reagent 200 μL를 혼합하여 6분간 방치한 후 10% Na₂CO₃ 용액 450 μL를 첨가하고 90분간 반응시킨 뒤 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 사용하였으며 검량선을 작성하여 총 폴리페놀 함량을 산출하였다. 총 플라보노이드의 함량 측정은 시료 125 μL에 70% ethanol 375 μL, 10% Al(NO₃)₃ 25 μL, 1 M CH₃COOK 및 증류수 700 μL를 가하고 40분 동안 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 quercetin을 사용하여 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

관능평가

성인 남녀 50명(남: 33명, 여: 17명)을 일반 소비자 패널을 대상

으로 관능평가를 실시하였다. 각 시료를 일정한 크기(2×1.5×1.5 cm)로 절단하여 원형 플라스틱 용기에 담고, 시료의 편견을 없애기 위해 3자리 난수표에 따라 구분된 총 4개의 시료(control, 5, 7, 10%)를 일반 소비자 패널에게 제공하였다. 평가 도중 다른 시료에 영향을 미치지 않도록 각 시료 평가 후 제공된 생수로 입안을 헹구도록 하였다. 관능 평가의 측정 항목으로는 강도에서는 명도, 쓴맛, 고소한 맛, 후미, 조직감을 포함하였고 기호도 평가에서는 색, 향, 담백한 맛, 조직감 및 전반적인 기호도로 구성하였으며, 모든 평가는 9점 척도법을 사용하여 수행하였다. 관능평가 실시 전 소비자 패널에게 실험 목적, 주의사항 및 평가 방법을 상세히 설명하였고, 강도 평가는 1점이 ‘매우 약함’, 9점이 ‘매우 강함’을 의미하도록, 기호도 평가는 1점이 ‘매우 싫음’, 9점이 ‘매우 좋음’을 의미하도록 안내하였다. 본 관능평가는 군산대학교 생명윤리위원회(Kunsan National University Institutional Review Board)의 승인을 받아 수행되었다(IRB No.: 1040117-202510-HR-028-02).

통계처리

본 연구의 실험 결과는 3회 반복 측정을 통해 얻은 값을 평균±표준편차(Mean±SD)로 나타내었다. 평균 간의 유의성 검정은 SPSS program (ver. 30.0, IBM-SPSS, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)으로 수행하였으며 추가적인 사후 검정은 Duncan의 다중 범위 검정(Duncan’s multiple range test)을 적용하였다.

결과 및 고찰

pH, 산도, 수분함량, 색도

갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가하여 제조한 두부의 pH, 산도 및 수분함량을 측정된 결과는 Table 2에 제시하였다. 두부의 pH는 실험군이 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 뿌리 추출물의 첨가로 두부의 pH 변화에

Table 2. Changes in pH, acidity and moisture of tofu with the addition of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract

Sample ¹⁾	pH	Acidity (%)	Moisture (%)
Control	5.95±0.08 ^{2a)}	0.19±0.02 ^{a)}	72.30±2.09 ^{a)}
RT5	5.96±0.05 ^{a)}	0.22±0.04 ^{ab)}	71.94±1.30 ^{a)}
RT7.5	6.00±0.13 ^{a)}	0.24±0.06 ^{b)}	74.56±2.74 ^{b)}
RT10	6.02±0.18 ^{a)}	0.20±0.06 ^{ab)}	74.07±3.46 ^{ab)}

¹⁾Refer to Table 1 for abbreviations.

²⁾Data are expressed as the mean±SD.

^{a,b)}Means with different letters within a same column are significantly different (p<0.05).

는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 반면에 알팔파 추출물(Kim et al., 2012)이나 토마토 및 딸기즙(Kim & Park, 2015)을 첨가한 두부의 경우, 첨가량이 증가할수록 pH가 감소한다는 연구 결과가 보고된 바 있다. 이는 두부의 pH가 단백질의 등전점 이하로 낮아질 경우 단백질이 산과 반응하여 단백질-산 염 복합체 형태의 불용성 응고물을 형성하고 침전되면서 일시적으로 pH가 상승할 수 있으나 단백질과 산의 상호작용이 종료된 이후에는 잔존하는 유기산에 의해 전체적인 pH가 감소하기 때문에 보여진다(Setyono, 1994). 산도의 경우, 갯기름나물 뿌리 추출물 첨가 두부는 RT7.5에서 가장 높은 값을 보였으며, 대조구에 비하여 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 뿌리 추출물에 함유된 유기산이 두부에 영향을 미쳐 첨가량이 증가할수록 다소 상승하는 경향을 나타낸 것으로 판단된다. 또한 산도는 저장 중 미생물 증식에 따라 변화를 일으킬 수 있어 부패 정도와 밀접한 관련성을 갖는다(Yoo et al., 2013). 이와 관련하여, 살구즙(Lee et al., 2006), 쓰가루 사과즙(Kim et al., 2016b), 파래 분말(Chung, 2010)을 첨가한 두부의 연구 결과로는 0.3% 이상의 값을 나타내었으나 갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부에서는 약 0.2% 수준의 상대적으로 낮은 값을 유지하여 저장성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

수분함량은 대조구에 비해 RT7.5에서 다소 증가하는 경향이 보였으나 RT10에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 뿌리 추출물에 함유된 무기성분이 두부의 단백질 결합력에 영향을 미쳐 보수력이 상대적으로 감소함으로써 수분함량이 약간 증가한 것으로 해석된다(Kim et al., 2010). 이에 따라 두부 제조 시 7.5%의 뿌리 추출물 첨가 수준까지는 일부 영향을 미치지만 그 이상의 첨가 수준에서는 변화가 거의 없는 것으로 사료된다. Table 3은 갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가하여 제조한 두부의 색도 측정 결과로 명도를 나타내는 L값이 높을수록 밝음을, 낮을수록 어두움을 의미하는 지표이다. 대조구와 RT5 간에는 유의적인 차이가 나

타나지 않았으나 RT7.5부터는 명도가 감소하여 추출물 첨가량이 높아질수록 어두워지는 경향을 보였다. 적색도(a)는 양수일 경우에는 적색, 음수는 녹색을 의미하며 첨가량이 증가함에 따라 a값이 유의적으로 증가하여 대조구에 비해 적색도가 높게 나타났다. 황색도(b)는 양의 값이 황색, 음의 값이 청색을 의미하는데 뿌리 추출물 첨가 두부는 대조구에 비해 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 색차(ΔE)값은 뿌리 추출물의 첨가량이 높아질수록 증가하는 경향을 보이며 대조구와의 수치적인 차이를 나타내었다. 따라서 전반적으로 갯기름나물 뿌리 추출물이 두부의 색도에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다. 식품에서 색은 신선도와 품질을 평가하는 중요한 시각적 요인으로 작용하며(Hwang et al., 2011a), 갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부가 소비자들에게 시각적 거부감 없이 수용될 가능성을 시사한다.

조직감(texture)

갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부의 조직감 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 일반적으로 두부는 경도(hardness)가 높을수록 기호도가 저하되고 낮을수록 부드러운 조직감을 형성하여 선호도가 향상되는 것으로 보고되었다(Shin et al., 2018). 본 연구에서도 대조구와 비교하였을 때 뿌리 추출물의 첨가량이 높아질수록 경도가 감소하는 경향을 나타내었는데 이러한 결과는 갯기름나물 뿌리 추출물의 첨가가 두부의 조직감을 개선하고 소비자 기호도와 관련된 관능적 특성에 긍정적으로 작용할 수 있음을 시사한다. 두부의 단백질 함량, 응고제 첨가량 및 단백질의 겔 형성 정도에 따라 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness)에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kim & Cho, 2009; Kim et al., 2014). 본 연구 결과 뿌리 추출물 첨가군이 대조구에 비해 낮아지기는 하였으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 따라서 갯기름 나물 뿌리 추출물은 두부

Table 3. Changes in color values of tofu with the addition of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract

Sample ¹⁾	Color			ΔE
	L*	a*	b*	
Control	81.68±0.29 ^{2c}	0.43±0.06 ^a	10.72±0.51 ^b	
RT5	81.58±0.16 ^c	0.67±0.01 ^b	9.92±0.27 ^a	0.84
RT7.5	80.35±0.53 ^b	1.05±0.08 ^c	10.75±0.16 ^b	1.47
RT10	79.58±0.62 ^a	1.11±0.07 ^c	10.28±0.38 ^a	2.26

L*: lightness, a*: redness, b*: yellowness.
¹⁾Refer to Table 1 for abbreviations.
²⁾Data are expressed as the mean±SD.
^{a-c)}Means with different letters within a same column are significantly different (α 0.05).

Table 4. Texture profile analysis of tofu with the addition of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract

Sample ¹⁾	Control	RT5	RT7.5	RT10
Hardness (N)	29.08±4.04 ^{2b}	26.45±8.51 ^{ab}	20.67±3.32 ^a	26.05±7.08 ^{ab}
Springiness (mm)	11.22±0.68 ^a	11.33±0.57 ^a	10.80±0.58 ^a	10.88±0.46 ^a
Cohesiveness	0.41±0.08 ^a	0.38±0.07 ^a	0.39±0.06 ^a	0.38±0.05 ^a
Gumminess (N)	18.03±2.08 ^b	11.23±1.81 ^a	9.13±1.56 ^a	10.03±3.48 ^a
Chewiness (mJ)	162.81±40.23 ^b	156.02±49.74 ^b	99.56±20.01 ^a	109.60±38.48 ^a
Adhesiveness (mJ)	0.29±0.09 ^a	0.36±0.16 ^{ab}	0.43±0.07 ^b	0.42±0.11 ^b

¹⁾Refer to Table 1 for abbreviations.
²⁾Data are expressed as the mean±SD.
^{a,b)}Means with different letters within a same row are significantly different (α 0.05).

단백질 구조의 안정성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 추측된다. 검성(gumminess)은 두부와 같은 반고체 식품 섭취 시 삼킬 수 있는 정도를 측정하는 지표로 값이 낮을수록 부드러운 조직감을 나타내며 주로 경도와 응집성에 의해 영향을 받는다(Hwang et al., 2012). 갯기름 나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부는 대조구에 비해 경도와 응집성이 낮아지는 경향을 보였으며 검성 또한 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 뿌리 추출물을 첨가한 두부가 상대적으로 부드러운 조직감을 형성하는 것을 의미하며, 소비자들의 기호도에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 씹힘성(chewiness)은 검성과 달리 고체 식품을 삼키기 전까지 씹는 데 필요한 에너지를 의미하며 검성과 탄력성에 의해 영향을 받는다(Kim & Rho, 2012). 앞서 언급한 바와 같이 검성과 탄력성이 모두 감소하는 경향을 보임에 따라 갯기름나물 뿌리 추출물의 첨가량이 증가할수록 대조구보다 감소하였으며 RT7.5에서 가장 낮은 값으로 나타나 섭취 시 비교적 부드러운 물성을 나타낼 것으로 예상된다. 반면에 부착성(adhesiveness)은 다른 조직감 지표들과 달리 뿌리 추출물 첨가량이 늘어날수록 증가하는 결과가 나타났다. 수치적으로 RT10보다 RT7.5에서 상대적으로 높은 값을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Kim et al. (1996)의 연구에 따르면 부착성이 높은 두부가 상대적으로 소비자들에게 높은 선호도를 나타낸다고 보고된 바 있어, 갯기름나물 뿌리 추출물의 첨가가 두부의 조직감 개선과 기호도 향상에 긍정적인 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

항산화 활성 분석

갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부의 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정할 결과를 Fig. 1에 제시하였다. 동일한 농도로 처리한 시료를 비교한 결과, 추출물 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해

ABTS 라디칼 소거 활성이 천천히 증가하는 경향을 보였으며, RT5까지는 유의적인 차이가 없었으나 RT7.5 이상에서는 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 뿌리 추출물이 7.5% 이상 첨가될 경우에 두부 내에서 ABTS 라디칼 소거 활성이 뚜렷하게 발현되는 것을 시사한다. 한편 갯기름나물 뿌리 추출물 자체(RE)의 ABTS 라디칼 소거 활성은 약 74%로 확인되었으며 뿌리 추출물을 첨가한 두부에서 대조구에 비해 항산화 활성이 향상되는 것으로 나타나 갯기름나물 뿌리 추출물은 두부의 기능성 증진에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 항산화 활성을 향상시킬 수 있는 천연 소재로서 식품 산업에서의 실용적인 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정 결과는 Fig. 2와 Fig. 3에 각각 나타내었다. 뿌리 추출물 자체(RE)의 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 각각 50.12 µg GAE/mL, 6.24 µg QE/mL로 측정되었는데, Lim et al. (2019b)의 연구에서도 갯기름나물 뿌리 추출물의 물, 에탄올 추출물에서 폴리페놀 함량이 상대적으로 높았던 결과와 일치한다. 전반적으로 대조구에 비해 추출물 첨가량이 증가함에 따라 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 증가하는 경향을 보였으며 RT10과 RT7.5에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 청양고추즙(Hwang et al., 2011b) 및 초석잠 분말을 첨가한 두부(Lee et al., 2014)에서도 모두 항산화 활성이 대조구에 비해 증가하는 유사한 결과가 보고되었다. 따라서 본 연구에서 사용한 갯기름나물 뿌리 추출물의 항산화 성분이 두부 내로 효과적으로 이행되었음을 시사한다. 두부의 주원료인 대두에는 다량의 페놀계 화합물이 함유되어 있는 것으로 보고된 바 있다(Park et al., 2007). 본 연구의 결과에서도 대조구 두부의 폴리페놀 함량은 29.13 µg GAE/mL, 플라보노이드는 8.25 µg QE/mL로 측정되었으며 이를 통해 대조구 두부에도 일정 수준의 항산화 성분이 포함되어 있음을

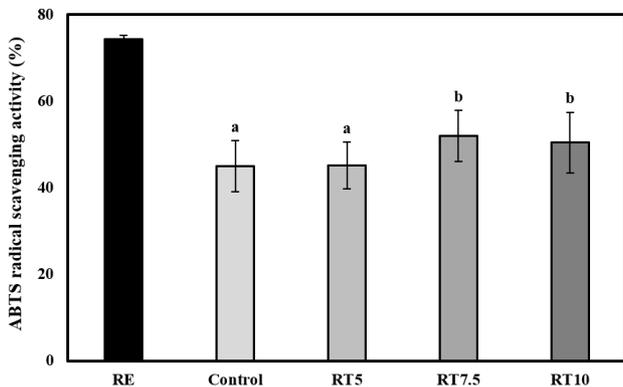


Fig. 1. Changes in ABTS radical scavenging activity of tofu with the addition of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract (refer to Table 1 for abbreviations). ^{a,b}Means with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$).

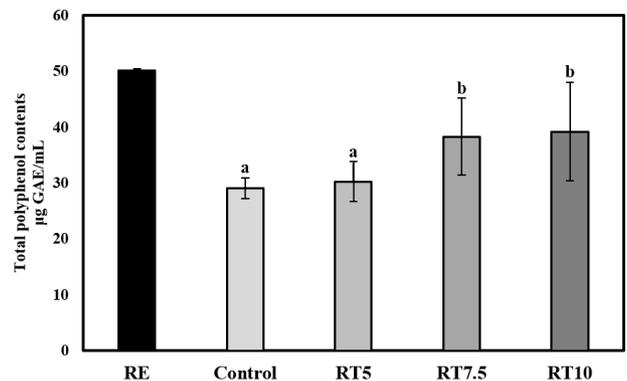


Fig. 2. Changes in total polyphenol contents of tofu with the addition of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extracts (refer to Table 1 for abbreviations). ^{a,b}Means with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$).

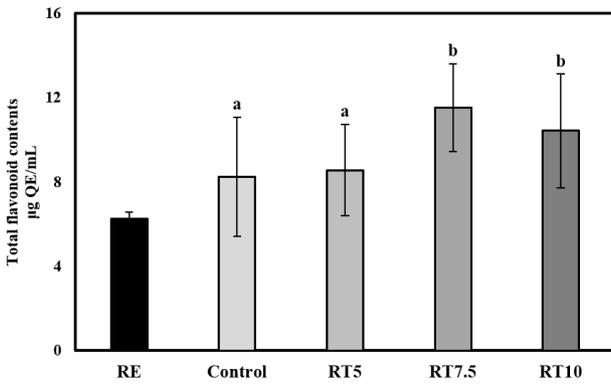


Fig. 3. Changes in total flavonoid contents of tofu with the addition of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extracts (refer to Table 1 for abbreviations). ^{a,b}Means with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$).

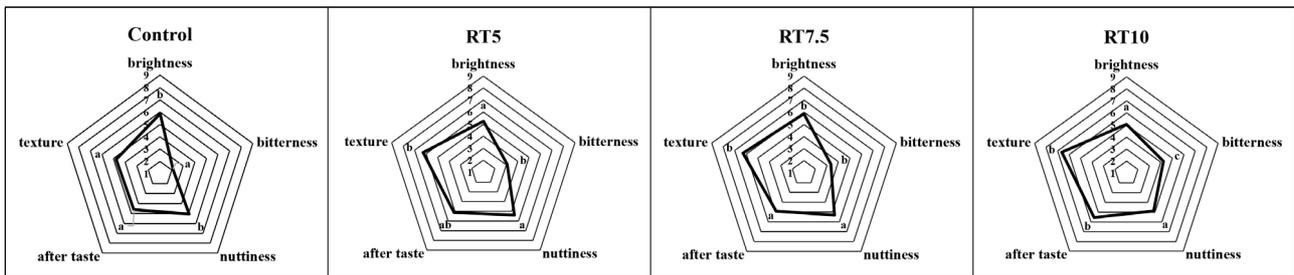
확인하였다. 따라서 갯기름나물 뿌리 추출물 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 증가하는 경향은 기능성 식품 소재로서의 발전 가능성과 항산화 천연물 소재 개발에 활용할 수 있는 잠재력을 높일 것으로 기대된다.

관능평가

갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부의 강도와 기호도를 평가한 관능평가 결과를 Fig. 4에 제시하였다. 강도 평가에서 뿌리 추출물 첨가량이 증가할수록 명도가 낮아지는 경향이 나타났는데 뿌리

추출물 고유의 색상에 따른 영향인 것으로 추정된다. 이러한 경향은 앞서 수행된 색도 측정 결과에서 뿌리 추출물의 첨가량이 증가하게 되면 밝기를 나타내는 L값이 감소한 결과와 일치하여, 두 지표 간에 유사한 상관성을 확인할 수 있었다. 한편, 뿌리 추출물의 특유의 향과 맛으로 인해 첨가량이 증가함에 따라 쓴맛과 후미의 강도가 높아지고 고소한 맛이 감소하는 경향을 나타냈다. 조직감에 대한 평가는 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 단단하게 인지되는 경향을 보였으나 texture analyzer로 측정된 결과에서 경도(hardness)는 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 양상을 나타내어 기계적 특성과 관능평가 결과 간에 차이가 나타났다. 기호도 평가에서는 색상의 경우에 뿌리 추출물 7.5% 첨가구(6.60)에서 대조구(6.56)에 비해 높은 점수를 얻었지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 선행연구에 따르면 청각을 첨가한 두부에서도 대조구보다 색상이 어두워졌으며, 특히 20% 첨가하였을 때 가장 높은 선호도를 받은 것으로 보고되었다 (Choi et al., 2020). 이러한 결과를 고려할 때, 일정 농도의 추출물 첨가는 시각적 특성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 향과 담백한 맛에 대한 점수는 감소하는 경향을 보였으나 7.5% 첨가군까지는 대조구와 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 흑삼농축액을 첨가한 두부에 관한 선행 연구에서도 2% 첨가한 두부가 가장 높은 선호도를 나타내어 흑삼농축액 2% 첨가가 소비자들에게 가장 적합한 수준으로 보고된 바 있다(Kim et al., 2012). 본 연구에서는 뿌리 추출물 첨가량이 7.5%까지는 맛, 향 및 조직감에서 대조구와 유의적인 기호도 차이를 보이지 않아 소비자들에게 수용될 수 있을 것

a. Intensities



b. Preference

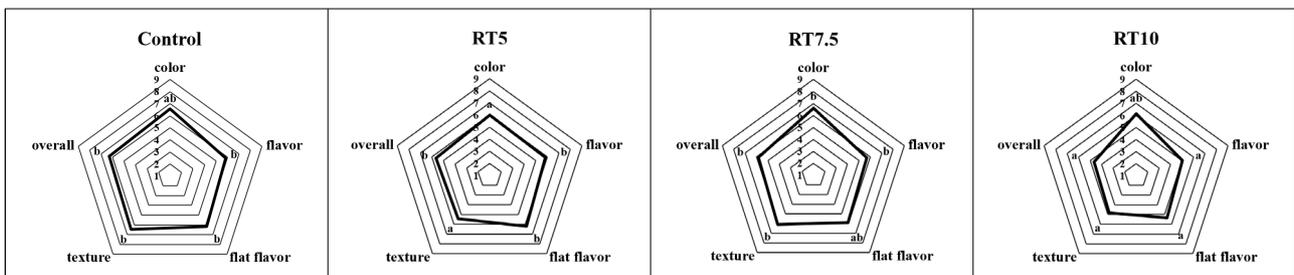


Fig. 4. Consumer sensory evaluation of tofu containing *Peucedanum japonicum* Thunberg root extract (refer to Table 1 for abbreviations). ^{a,c}Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

로 판단된다. 전반적으로 강도와 기호도의 다양한 측정 항목에서 RT7.5까지는 대조구와 비교하여 긍정적인 평가를 받았으며 전반적인 기호도에서도 유사한 경향을 나타내었다. 뽕잎 추출물의 최적 첨가량을 평가한 선행연구에서도 일정량의 첨가가 대조구보다 전반적으로 높은 기호도를 나타낸 보고가 있었다(Han et al., 2005). 따라서 본 연구의 관능평가 결과에 근거한 갯기름나물 뿌리 추출물의 최적 첨가량은 7.5%가 가장 적합할 것으로 판단된다.

요약

갯기름나물 뿌리 추출물의 첨가가 두부의 품질특성과 항산화 활성에 미치는 영향을 평가하고자 대조구 두부와 뿌리 추출물을 각각 5, 7.5, 10% 첨가한 두부의 품질특성 및 항산화 활성을 분석하였다. 두부의 품질 특성 분석 결과, pH, 산도 및 수분함량은 대조구에 비해 갯기름나물 뿌리 추출물의 첨가 비율이 증가할수록 상승하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 색도 측정 결과, L값과 뿌리 추출물 첨가량이 증가함에 따라 RT7.5 이상에서 유의적으로 감소하여 명도가 낮아지는 경향을 보였으며 a값은 유의적으로 증가하여 적색도가 높아지는 양상을 나타냈다. 조직감 특성에서는 경도(hardness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness) 및 탄력성(springiness)은 뿌리 추출물의 첨가량이 증가할수록 전반적으로 감소하는 경향이 나타났으며 특히 RT7.5에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면 부착성(adhesiveness)은 다른 조직감 지표들과 다르게 값이 증가하는 경향을 보였다. 항산화 활성 분석 결과, ABTS 라디칼 소거능, 총 플라보노이드 및 총 폴리페놀 함량이 뿌리 추출물의 첨가량이 높아질수록 대조구에 비해 증가하는 경향을 나타냈으나 RT7.5 이상에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 관능평가에서 뿌리 추출물의 첨가량이 증가하면 강도에서 대조구에 비해 쓴맛, 후미 및 조직감은 증가한 반면, 명도와 고소한 맛은 감소하는 경향이 나타났다. 기호도 평가(색, 향미, 담백한 맛, 조직감, 전반적인 기호도)에서 RT10은 대조구에 비해 가장 낮은 값을 보였으나, RT7.5까지는 대조구와 유의적으로 유사한 수준으로 나타나 갯기름나물 뿌리 추출물의 적정 첨가 비율은 7.5% 수준이 적합할 것으로 판단된다. 따라서 갯기름나물 뿌리 추출물을 첨가한 두부는 품질특성에서 대조구와 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 관능평가 결과에서도 추출물을 7.5% 첨가한 두부에서 긍정적인 평가를 받았다. 반면 항산화 활성에서는 추출물의 첨가량이 높아질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보여 갯기름나물 뿌리 추출물은 두부의 기본적인 품질특성에는 유의한 영향을 미치지 않으면서도 항산화 기능을 개선하여 천연 생리활성 물질로서 식품 산업 분야에 적용 가능한 적합한 소재로 기대된다.

ORCID

Seung-Yong Lim

<https://orcid.org/0000-0003-0523-7288>

Conflict of interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

Not applicable.

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Park YJ, Lim SY.

Data curation: Park YJ, Lim SY.

Formal analysis: Park YJ, Lim SY.

Methodology: Lim SY.

Validation: Park YJ, Oh HJ, Lim SY.

Investigation: Park YJ, Oh HJ.

Writing - original draft: Park YJ.

Writing - review & editing: Park YJ, Oh HJ, Lim SY.

Ethics approval

The study was conducted with the approval of the Kunsan National University Institutional Review Board (IRB No.: 1040117-202510-HR-028-02).

References

- Cha SS, Lee JJ. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *Peucedanum japonicum* Thunb. powder. Korean J. Human Ecol. 25: 595-606.
- Choi MS, Jeon EB, Kim JY, Park SY. 2020. Quality and antioxidant activity of soybean curd supplemented with *Codium fragile*. J. Korean Soc. Fish Sci. 53: 816-822.
- Chung DO. 2010. Characteristics of tofu (soybean curd) quality mixed with *Enteromorpha intestinalis* powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 745-749.
- Chung HJ. 2006. A study to investigate ways to improve tofu

- menu developments and tofu menu image in relation to purchasing promotion. *J. Korean Soc. Food Cult.* 21: 187-192.
- Gil TY, Jin BR, An HJ. 2022. *Peucedanum japonicum* Thunberg alleviates atopic dermatitis-like inflammation via STAT/MAPK signaling pathways *in vivo* and *in vitro*. *Mol. Immunol.* 144: 106-116.
- Hwang IG, Hwang Y, Kim HY, Lee J, Jeong HS, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of tofu (soybean curd) added with Cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 999-1005.
- Hwang J, Kim DK, Bae JH, Kang SH, Seo KM, Kim BK, Lee SY. 2012. The effect of rheological properties of foods on bolus characteristics after mastication. *Ann. Rehabil. Med.* 36: 776-784.
- Jung HN. 2020. Quality characteristics and retrogradation analysis of sponge cake added with freeze-dried *Peucedanum japonicum* powder. *Food Sci. Preserv.* 27: 178-187.
- Kang SY, Oh TW, Kim JW, Park YK. 2013. Effect of the water extract of *Peucedani Japonici Radix* on ovalbumin-induced allergic asthma in mice. *Korea J. Herbology* 28: 1-7.
- Kim AJ, Rho JO. 2012. The quality characteristics of milk tofu with added black garlic concentrate. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 22: 386-391.
- Kim DH, Han CS, Kim GE, Kim JH, Kim SG, Kim HK, Oh OJ, Whang WK. 2009. Biological activities of isolated compounds from *Peucedani Radix*. *Yakhak Hoeji* 53: 130-137.
- Kim DH, Hong KN, Lim YK, Cha SH, Ryu JE, Cho JH, Kim DI, Yoo DI, Jang KI. 2016. Quality and antioxidant properties of tofu coagulated with 'Tsugaru' apple (*Malus domestica* Borkh.) juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1130-1137.
- Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 249-254.
- Kim IS, Lee SJ, Lee HJ, Oh SJ, Chung JI, Sung NJ. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of tofu made from lipoxygenase-free genotypes. *Food Sci. Preserv.* 21: 215-223.
- Kim JI, Jin CY, Seo MJ, Lim HS, Lee YC, Joo WH, Choi BT, Jeong YK, Choi YH. 2008. Genistein-induced growth inhibition was associated with inhibition of cyclooxygenase-2 and telomerase activity in human cancer cells. *J. Life Sci.* 18: 884-890.
- Kim KC, Hwang IG, Kim HY, Song HL, Kim HS, Jang KI, Lee J, Jeong HS. 2010. Quality characteristics and mineral, oxalate and phytate contents of tofu manufactured by recommended soybean cultivars in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 986-991.
- Kim KN, Choi MJ, Lee YH, Cho SH. 2013. The protective and recovery effects of *Peucedanum japonicum* Thunberg for vascular dementia. *J. Korean Oriental Neuropsychiatry* 24: 123-130.
- Kim KY, Lee EJ, Hwang WK. 2013. Screening of whitening and anti-wrinkle efficacy of *Peucedani Japonici Radix*. *J. Korean Soc. Cosm.* 19: 925-930.
- Kim MJ, Park GS. 2015. Quality characteristics of tofu prepared with tomatoes and strawberries. *J. East Asian Soc. Diet. Life.* 31: 185-192.
- Kim MJ, Song YJ, Kim HR, Lee SR, Sok DE, Kim S, Kim MR. 2009. Polyphenol and phytate contents and their relationship to antioxidative activity in soybeans. *J. East Asian Soc. Diet. Life.* 19: 975-980.
- Kim SE, Lee SW, Yeum DM, Lee MJ. 2012. Quality characteristics of tofu with added alfalfa (*Medicago sativa* L.) extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 123-128.
- Kim SJ, Kim AJ, Shin JH. 2012. Preparation and characterization of black ginseng tofu. *J. East Asian Soc. Diet. Life.* 22: 68-74.
- Kim YJ, Han MR, Lee SJ, Chung KS, Kim AJ. 2005. Optimization for manufacturing soybean curd adding mulberry leaf powder and extract. *Food Eng. Prog.* 9: 276-282.
- Kim YS, Cho HS. 2009. Quality characteristics of tofu prepared with various concentrations of skate (*Raja kenoi*) powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 19: 231-237.
- Lee JS, Kim GN, Jang HD. 2008. Effect of red ginseng extract on storage and antioxidant activity of tofu. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 1497-1506.
- Lee SJ, Chung ES, Park GS. 2006. Quality characteristics of tofu coagulated by apricot juice. *Korean J. Food Cook. Sci.* 22: 825-831.
- Lee SM, Hwang IK. 1997. Texture characteristics of soybean-curds prepared with different coagulants and compositions of soybean-curd whey. *Korean J. Food Cook. Sci.* 13: 78-85.
- Lee YR, Chung HS, Seong JH, Moon KD. 2011. Quality characteristics of *tofu* with added astringent persimmon powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 329-333.
- Lim H, Kim I, Jeong Y. 2019. Antioxidant activities of *Peucedanum japonicum* Thunberg root extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 32-39.
- Park JW, Lee YJ, Yoon S. 2007. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. *J. Korean Soc. Food Cult.* 22: 353-358.

- Park KU, Kim JY, Seo KI. 2009. Antioxidative and cytotoxicity activities against human colon cancer cells exhibited by edible crude saponins from soybean cake. *Food Sci. Preserv.* 16: 754-758.
- Seo YJ, Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2010. Physicochemical characteristics of soybeans cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. *Korean J. Food Cook. Sci.* 26: 441-449.
- Setyono A. 1994. Effect of phytic acid on the texture of tofu and the precipitation reaction in tofu making. *Indones Food Nutr. Prog.* 1: 28-33.
- Shin SY, Oh HB, Kim YS, Youeng JK. 2018. Quality and texture characteristics of pumpkin seed tofu made with soybean (*Glycine max* L. Merrill) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) seed. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 31: 62-69.
- Sim HJ, Hwang CR, Kang MJ, Kim KM, Shin JH. 2014. The quality and sensory characteristics of tofu with various levels of black garlic extract. *Food Sci. Preserv.* 21: 688-693.
- Son BG, Kim HE, Lee JH. 2015. Physicochemical and consumer preference characteristics of tofu incorporated with pine needle powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 296-301.
- Son HK, Kang ST, Jung HO, Lee JJ. 2013. Changes in physicochemical properties of *Peucedanum japonicum* Thunb. after blanching. *Food Sci. Preserv.* 20: 628-635.
- Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1746-1752.
- Yoo JY, Cho HS, Park BH. 2013. Quality characteristics of tofu prepared with *Lagocephalus lunaris* powder. *Food Sci. Preserv.* 20: 495-501.
- Yun SH, An SH. 2024. Quality characteristics and antioxidant activity of morning bread added with freeze-dried *Glehnia littoralis* powder. *Culin. Sci. Hosp. Res.* 30: 1-11.