



고사리 분말을 첨가한 식물성 패티의 품질 특성 변화

최희연¹ · 박성훈^{2,3} · 조연지^{1,3,*}

¹강릉원주대학교 해양바이오식품학과, ²강릉원주대학교 식품영양학과, ³강릉원주대학교 해람제빵연구소

Quality characteristics of meat analogs with bracken powder

Heeyeon Choi¹, Sung Hoon Park^{2,3} and Yeon-Ji Jo^{1,3,*}

¹Department of Marine Bio Food Science, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

²Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

³Haeram Institute of Bakery Science, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

Abstract

This study explored the potential of bracken powder as a substitute for textured vegetable protein (TVP) in meat analogs during frozen storage (-18°C for 3 months). The color, texture, antioxidant properties, and sensory attributes of patties with varying bracken content were systematically investigated. Color and L*, a*, and b* values decreased with the addition of bracken. Hardness of the patties increased with higher bracken content and reduced TVP levels. After freezing for one week, patties had decreased texture attributes, particularly hardness and chewiness. In addition, the antioxidant effect of patties increased with increasing bracken content, and these effects were maintained after frozen storage. For the electric nose tests, patties containing 3% bracken exhibited a flavor similar to that of raw beef patties. These findings offer valuable insights for future endeavors to explore the utilization of bracken in plant-based meat analogs within the food industry.

Keywords: Bracken, Freezing storage, Meat analogs, Flavor, Texture

서론

식물성 단백질은 주목받고 있는 지속가능한 차세대 식량 자원 중 하나이다. 그 중에서도 대두 단백질은 주로 대체육 소재로써 제공되는데, 패티, 소시지, 베이컨 등 다양한 형태의 육제품으로 가공하는 것이 용이하다. 새롭게 개발된 식물성 대체육 제품들은 실제 육가공품과 비교하였을 때, 형태학적 특성에서 특별한 차이를 보이지 않는다. 따라서 대체육에 대한 소비자 선호도 또한 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며, 이는 식물성 단백질 시장에 상당한 성장 기회를 제공한다(Sim et al., 2022). 특히 육류 섭취로 인한 환경 오염 문제가 대두되고 채식주의자의 수가 증가함으로써 식물성 대체식품 시장이 꾸준히 확대되고 있다(Krintiras et al., 2016).

일반적으로 대체육을 제조하기 위해서는 대두 등의 단백질 원료를 압출성형한 식물조직단백(textured vegetable protein, TVP)이 주로 사용된다. TVP는 50% 이상의 단백질 농축물을 고온 및 고압으로 압출하여 조직화한 단백질로 육류와 유사한 품질특성을 가지고 있다(Lee et al., 2023). 하지만 TVP는 식감 구현을 우선하여 제조되고 있으며, 향미, 색깔 등에서는 여전히 육류와 차이가 있어 이를 보완하기 위한 부재료들에 대한 연구가 요구되고 있다(Hoek et al., 2013). 최근에는 육류와 관능적 특성이 유사한 TVP를 개발하고, 수입에 의존하고 있는 TVP를 국산화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(Kim et al., 2019; Cho & Ryu, 2022; Hwang et al., 2023). 따라서, 관능적 특성을 포함하는 TVP 개발에 대한 논의가 적극적으로 필요한 실정이다.

Received: Nov 06, 2024 / Revised: Nov 14, 2024 / Accepted: Nov 15, 2024

Corresponding author: Yeon-Ji Jo, Department of Marine Bio Food Science, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

E-mail: joyeonji@gwnu.ac.kr

Copyright © 2024 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.

Min et al. (2017)은 볶은 렌즈콩과 햄프씨드를 활용한 식물성 패티를 통해 풍미와 식감을 향상시켜 관능적 특성을 개선하였고, Moon (2019)은 우거지와 감자를 활용한 식물성 패티를 통해 풍부한 섬유질로 고기의 식감을 살려 관능적 특성을 개선하였다. 또한 Im & Jeon (2016)은 지방을 곤약으로, 고기를 콩으로 구현한 식물성 베이컨을 개발함으로써 물성학적 특성을 개선한 바 있다. 이처럼 육류의 다양한 특성을 구현하기 위하여 식품성 원료를 활용한 대체육 제품들이 지속적으로 개발되고 있다. 본 연구에서는 실제 육류를 모방하기 위한 부재료로써 고사리를 이용한 대체육류 개발을 목표로 하였다.

고사리는 대한민국 각지에 자생하는 다년생 양치류로, 양지나 음지를 가리지 않고 잘 생육한다는 특징을 가지고 있다(Lee et al., 2010). 주로 건조된 형태로 유통 및 판매되는데, 이 과정에서 표면의 색이 연갈색에서 짙은 고동색으로 변화한다. 고사리는 다량의 섬유소를 포함하고 있어 장운동을 촉진하고 부기를 제거하는 데에 효과적이다(Park et al., 2014). 고사리에는 chlorogenic acid, L-O-caffeoylthomoserine 및 dolicholes 등의 생리활성물질이 풍부하게 함유되어 있어 기능성 식물소재로 부각되고 있다(Shin & Lee, 2011). 대체육 시장에서의 고사리와 같은 국내 농산물의 활용은 국내 농가산업을 활성화시킬 수 있을 것으로 예측하며, 고사리의 고소한 향미와 쫄깃한 식감은 타 채소들과 비교했을 때 상대적으로 고기와 유사한 특징을 가질 수 있다. 또한 고사리는 짙은 고동색으로 익힌 쇠고기와 비교적 유사한 편이기 때문에 따로 색소를 첨가하지 않아도 쇠고기를 모방하는 것이 가능한 재료로 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 고사리의 색, 향, 질감 등의 특성을 활용하여 실제 육류와 유사한 물성을 구현한 식물성 패티를 제조하고, 물리화학적 특성을 분석하여 산업적 활용 가능성에 관해 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에서는 식물성 패티를 제조하기 위해 강원도 인제군에서

생산한 건고사리와 조직대두단백(Texture vegetable protein, TVP, SUPRO® MAX 5050, DuPont Korea, Seoul, Korea), 분리대두단백(Isolated soy protein, ISP, Avention, Incheon, Korea), 카놀라유(Canola oil, Haepyo, Seoul, Korea)를 사용하였다. 식물성 패티의 라디칼 소거 활성 측정을 위해 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)를 시그마알드리치코리아(Sigma-Aldrich, Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

실험 방법

고사리 전처리

건고사리를 중량 10배의 증류수에 24시간 동안 수화시킨 후 2회 수세하였다. 독성물질 제거를 위해 고사리를 중량 10배의 증류수에 30분간 가열한 후 3회 수세하였다. 분말 공정을 위해 고사리를 액화질소에 넣고 1분간 냉각하였다. 냉각시킨 고사리를 동결건조기(TFD 8501, ilShinBioBase, Yangju, Korea)에서 3~5일간 건조시킨 뒤 믹서기(7012S, Waring Laboratory Science, CT, USA)로 분쇄하여 고사리 분말을 준비하였다(Fig. 1A).

에멀전 제조

분리대두단백과 증류수를 5:95 비율로 혼합한 후 핫플레이트(MS-33M, JeioTech, Daejeon, Korea)에서 30분간 균질하여 5% 분리대두단백 분산액을 제조하였다. 제조한 5% 분리대두단백 분산액(연속상)과 카놀라유(분산상)를 6:4 비율로 혼합한 후 균질기(HG-15A, Daihan Scientific, Wonju, Korea)로 10분간 균질하여 수중유적형(O/W) 에멀전을 준비하였다(Fig. 1B).

식물성 패티 제조

식물성 패티의 배합비를 Table 1에 나타내었다. 주재료인 TVP를 중량 20배의 증류수에 4시간 동안 수화시킨 후 이를 탈수기(W-110,

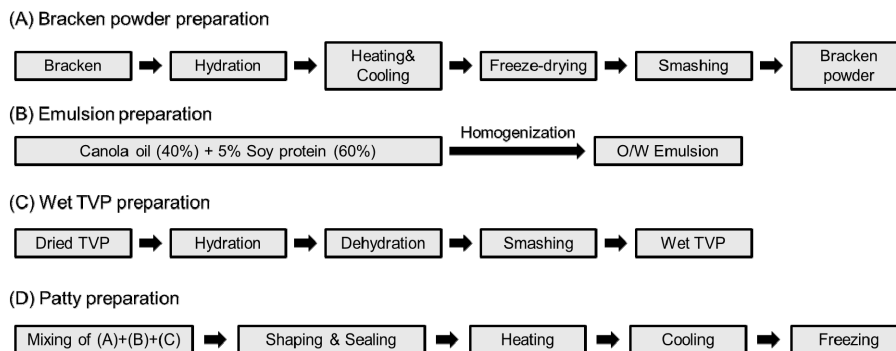


Fig. 1. Diagram of plant-based patties added bracken powder.

Hanil Electric, Seoul, Korea)에서 5분간 탈수시켰다. 반죽 제조를 위해 TVP를 믹서기(7012S, Waring Laboratory Science, CT, USA)로 분쇄(Fig. 1C)한 후 이를 에멀전과 혼합하였다. 제조된 식물성 패티 반죽 100 g에 고사리 분말을 각각 0, 1, 2, 3 g씩 첨가하여 1분간 혼합하였다. 혼합된 식물성 패티 반죽 30 g을 동그랗게 성형한 후 이를 80°C 수조(Maxurdy-30, Daihan Scientific, Wonju, Korea)에서 30분간 가열하였다(Fig. 1D). 조리된 식물성 패티는 4°C에서 12시간 이상 냉장보관한 후 상온에서 충분히 방랭하여 분석을 진행하였다. 냉동 분석의 경우 패티를 -18°C에서 1, 2, 3달간 냉동보관한 후 4°C에서 12시간 동안 해동하여 분석을 진행하였다.

외관 및 색도

외관은 검은색 아크릴판 위에 패티를 놓고 표면을 카메라로 촬영하여 측정하였다. 색도는 백색판(L*=88.13, a*=-1.35, b*=-1.62)으로 보정한 색차계(CR-400, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L값, 적색 및 녹색을 나타내는 a값, 황색 및 청색을 나타내는 b값을 측정하였다. 각 패티는 7회 반복 측정하여 평균값 및 표준편차를 도출하였다.

조리특성

조리특성은 Lucas-González et al. (2020)의 방법을 이용하여 조리 손실률, 직경 및 두께감소율을 측정하였다. 조리 손실률은 조리 전후 패티의 무게를 다음 식에 대입하여 계산하였다. 직경 및 두께감소율은 디지털 캘리퍼스(CD-20APX, Mitutoyo, Japan)로 측정된 조리 전후 패티의 직경 및 높이를 다음 식에 대입하여 계산하였다. 각 패티는 7회 반복 측정하여 평균값 및 표준편차를 도출하였다.

$$Cooking\ loss(\%) = \frac{(weight\ of\ before\ cooking\ patty(g) - weight\ of\ after\ cooking\ patty(g))}{(weight\ of\ after\ cooking\ patty(g))} \cdot 100$$

$$Reduction\ rate\ of\ diameter(\%) = \frac{(diameter\ of\ before\ cooking\ patty(mm) - diameter\ of\ after\ cooking\ patty(mm))}{(diameter\ of\ after\ cooking\ patty(mm))} \cdot 100$$

$$Reduction\ rate\ of\ thickness(\%) = \frac{(thickness\ of\ before\ cooking\ patty(mm) - thickness\ of\ after\ cooking\ patty(mm))}{(thickness\ of\ after\ cooking\ patty(mm))} \cdot 100$$

Texture profile analysis (TPA)

물성은 조리 후 방랭한 패티를 보다 작은 형태로 성형하여(지름 × 높이, 1.5×1.5 cm) 평판형 Probe(AACC36, 지름 36 mm)를 장착한 Texture analyze (CTX Texture Analyzer, AMETEK Brookfield, USA)를 사용하여 경도(hardness), 영률(Young’s modulus), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 분석조건은 deformation 40%, trigger load 10 g, test speed 2.5 mm/s으로 각 패티의 측정치는 3회 반복 측정하여 평균값 및 표준편차를 도출하였다.

전자코(electronic nose)

향미는 전자코(Heracles II E-Nose, Alpha-MOS, Toulouse, France)를 통해 0, 1, 2, 3% 패티와 생 쇠고기 안심과 익힌 쇠고기 안심을 비교하였다. 또한 0, 1, 2, 3달간 냉동한 패티를 비교하였다. 패티 5 g과 증류수 30 mL을 스토마커백에 넣은 뒤 약 3분간 스토마커(WS-400, Shanghai Zhisun Equipment Co., China)로 전처리한 액상 시료를 전자코로 측정하였다. 시료를 headspace vial에 넣고 50°C에서 5분간 교반하여 휘발성 향기 성분을 vial에 포화시켰다. 휘발성 향기 성분은 전자코 시스템에 부착된 자동시료 채취기를 통하여 포집되었고, 포집된 기체 2,000 μL의 휘발성 향기 성분을 전자코에 장착된 gas chromatography injection port에 주입하였다. 분석 컬럼은 MXT-5 컬럼(Alpha MOS)을 사용하였으며, 시료 가열 시간은 300초, 시료 가열 온도는 35°C, Detector 온도는 250°C, Injection 온도는 200°C, 교반 속도는 500 rpm으로 하였다. 오븐 온도는 50°C로 5초간 유지 후, 3°C/s의 속도로 270°C까지 승온 후 30초 동안 유지되었다. 각 시료는 3회 반복을 기본으로 하였다(Yoon et al., 2023).

Table 1. Composition of plant-based patties added bracken powder

Concentration (w/w, %)	Patty ingredients (g)					Total (g)
	TVP	ISP	Water	Canola oil	Bracken powder	
0	75	0.75	14.25	10	-	100
1	74	0.75	14.25	10	1	100
2	73	0.75	14.25	10	2	100
3	72	0.75	14.25	10	3	100

항산화 효과

패티 5 g과 증류수 30 mL을 스토마커백에 넣은 뒤 약 3분간 스토마커(WS-400, Shanghai Zhisun Equipment Co., China)로 전처리하여 액상 시료를 제조하였다. 시료 1 mL을 Micro tube에 넣은 뒤 8,000 rpm으로 10분간 원심분리기(Micro Centrifuges mini, Labo-gene, Denmark)로 원심분리한 액상의 소거활성을 측정하였다.

ABTS 라디칼 소거활성 측정

PBS (phosphate buffer solution) 버퍼 10 mL과 ABTS 81.2 mg를 혼합하여 14.8 mM ABTS 용액을 제조한다. Potassium persulfate (PP: K₂S₂O₈) 13 mg과 증류수 10 mL을 혼합하여 4.9 mM Potassium persulfate 용액을 제조한다. 14.8 mM ABTS 용액 1 mL과 4.9 mM K₂S₂O₈ 용액 1 mL을 혼합하여 ABTS/PP 용액을 제조한 뒤 이를 암소에서 24시간 반응시켜 ABTS 라디칼을 발생시켰다. ABTS/PP 용액 200 μL과 증류수 10 mL을 혼합하여 ABTS/PP 용액의 흡광도가 734 nm에서 0.7±0.02가 되도록 희석하였다. 96-well plate당 20 μL의 시료를 넣고 희석한 ABTS/PP 용액 180 μL를 가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$ABTS \text{ radical scavening activity}(\%) =$$

$$\left(1 - \frac{(A - B)}{(C - D)}\right) * 100$$

A: 시료군 흡광도, B: 시료군 흡광도(blank), C: 대조군 흡광도, D: 대조군 흡광도(blank)

DPPH 라디칼 소거활성 측정

DPPH 0.8 mg과 에탄올 1 mL을 혼합하여 2 mM DPPH 용액을 제조하였다. 96-well plate당 20 μL의 시료를 넣고 희석한 DPPH 용액 180 μL를 가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$DPPH \text{ radical scavening activity}(\%) = \frac{(A - B) - D}{C}$$

A: 시료군 흡광도, B: 시료군 흡광도(blank), C: 대조군 흡광도, D: 대조군 흡광도(blank)

통계분석

통계분석은 OriginPro program(OriginPro 8.5, OriginLab Corporation, USA)을 사용하였으며, 시료 간 유의적 차이를 검증하기 위해

일원배치분산분석 후, Duncan’s multiple range test에 따라 사후검증을 실시하여 p<0.05 유의수준에서 시료 간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

외관

고사리 분말 함량에 따른 식물성 패티의 외관을 Fig. 2에 나타내었다. 초기 고사리 분말의 첨가 비율은 1, 3, 5%였으나, 5% 시료는 높은 고사리 함량으로 인해 명도가 과도하게 낮아져 외관 상으로 적합하지 않았다. 따라서 최대 3%가 적정비율이라고 판단하였고 최종적인 고사리 분말의 첨가 비율은 1, 2, 3%로 결정하였다. 고사리 분말의 함량이 증가할수록 대조군과의 색상 차이가 뚜렷이 나타났으며, 조리 후 패티(a’~d’)의 직경이 감소하는 것을 확인하였다. 그러나 냉동 처리한 패티의 외관은 유의미한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3). 이는 이미 가열처리 이후 식물성 패티를 냉동하였기 때문이며, 가열처리된 식물성 패티는 장기간 냉동처리에도 우수한 외관 특성을 보임을 확인할 수 있었다.

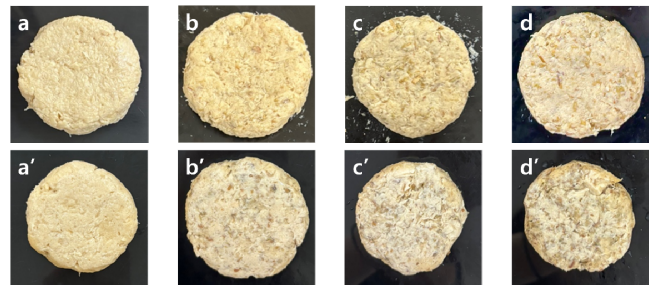


Fig. 2. Appearance of TVP patties added bracken powder with 0% (a, a'), 1% (b, b'), 2% (c, c') and 3% (d, d'); A, B, C, and D were samples before heating; A', B', C', and D' were samples after heating.

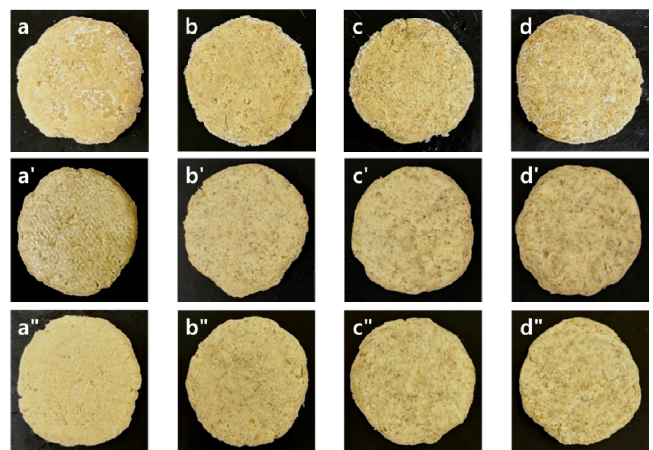


Fig. 3. Appearance of TVP patties added bracken powder with 0% (a, a'), 1% (b, b', b''), 2% (c, c', c'') and 3% (d, d', d'') at different freezing periods; a-d: 1 month, a'-d': 2 month, and a''-d'': 3 month.

색도

고사리 분말의 함량 및 가열유무에 따른 식물성 패티의 색도 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 고사리 분말의 함량에 따른 식물성 패티의 색도를 비교한 결과 고사리 분말의 함량이 증가할수록 L*값, a*값, b*값 모두 감소하는 경향을 보였다. 이는 식물성 패티의 명도가 낮아지고 녹색 및 푸른색을 띠게 되었다는 것을 의미한다. 녹색 및 붉은색을 띠는 가축나물 분말을 첨가한 돈육 패티 또한 분말 함량이 증가할수록 값이 모두 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 나타낸 바 있다(Wu et al., 2022). 따라서 이러한 결과는 고사리 고유의 낮은 명도와 고동색 및 녹색 등 본연의 색에 영향을 받은 결과인 것으로 사료된다. 가열 처리 후 식물성 패티의 색도를 비교한 결과 가열 후 L*값과 b*값이 감소하는 것으로 나타났다. a*값은 가열 전후 유의미한 차이를 보이지 않았다. L*값과 b*값이 감소하는 이유는 고사리 및 대두단백의 가열로 인한 화학적 변화의 영향인 것으로 판단된다.

조리특성

고사리 분말의 함량 및 가열유무에 따른 식물성 패티의 조리특성 변화를 Table 3에 나타내었다. 조리 손실률의 경우 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 직경감소율의 경우 고사리를 첨가할수록 급격히 감소하는 경향을 보였다. 두께감소율의 경우 고사리를 첨가할

Table 2. Color of TVP patties with bracken powder at 0%, 1%, 2% and 3%: (A) before cooking, (B) after cooking

(A) Concentration (wt%)	L*	a*	b*
0	66.37±1.54 ^a	5.14±0.21 ^a	14.32±0.36 ^a
1	60.76±1.94 ^b	3.59±0.27 ^b	12.26±0.59 ^b
2	51.62±2.91 ^c	3.04±0.43 ^c	12.20±0.9 ^b
3	48.17±2.24 ^c	3.11±0.41 ^{bc}	12.12±0.47 ^b

(B) Concentration (wt%)	L*	a*	b*
0	63.81±2.46 ^a	5.10±0.18 ^a	13.70±0.44 ^a
1	57.58±2.75 ^b	3.55±0.25 ^b	11.62±2.24 ^b
2	46.33±2.81 ^c	3.18±0.37 ^c	11.43±0.71 ^b
3	43.35±2.13 ^d	3.33±0.51 ^c	10.89±2.17 ^b

Table 3. Cooking characteristics of TVP patties added bracken powder with 0%, 1%, 2% and 3%

Concentration (w/w, %)	Cooking loss (%)	Reduction rate of diameter (%)	Reduction rate of thickness (%)
0	0.50±0.31 ^a	11.71±0.51 ^a	1.75±1.55 ^b
1	0.62±0.77 ^a	3.88±0.04 ^b	5.96±1.55 ^a
2	0.73±0.63 ^a	1.53±0.79 ^c	5.15±0.16 ^a
3	0.58±0.48 ^a	0.45±0.71 ^c	3.05±1.15 ^{ab}

수록 대체로 증가하는 경향을 보이다 3%부터 점차 감소하였다. 두께감소율의 증가는 고사리 분말 첨가 및 가열 처리 과정에 따른 반죽의 수분증발이 원인인 것으로 판단된다. 수분증발은 식품의 품질 및 관능적 특성을 현저히 감소시킨다. 따라서 이를 막기 위해서는 고사리 함량을 최대 2%로 조절하거나 수분을 확보할 수 있는 물질을 새롭게 첨가해야 한다. 히알루론산 등의 결합제를 사용하면 패티의 수분함량을 향상시키는 데에 더불어 두께감소율의 감소를 기대할 수 있을 것으로 사료된다(Im et al., 2023).

Texture profile analysis (TPA)

고사리 분말 함량에 따른 식물성 패티의 물성 변화를 확인하였고, 그 결과를 Fig. 4에 제시하였다. 대조구(control: 고사리분말 미첨가)와 비교했을 때 식물성 패티의 경도(hardness)와 영률(Young's modulus)은 고사리 분말을 첨가와 함께 그 값이 증가하는 경향을 보였다. 이는 조리특성의 직경감소율이 감소한 결과와 대비되며, 고사리 분말의 첨가가 단백질 결합능력을 증가시킴으로써 나타나는 현상인 것으로 사료된다. 두부 분말을 첨가한 패티(Choi & Kim, 2014)와 아로니아 분말을 첨가한 패티(Kim et al., 2015)에서도 분

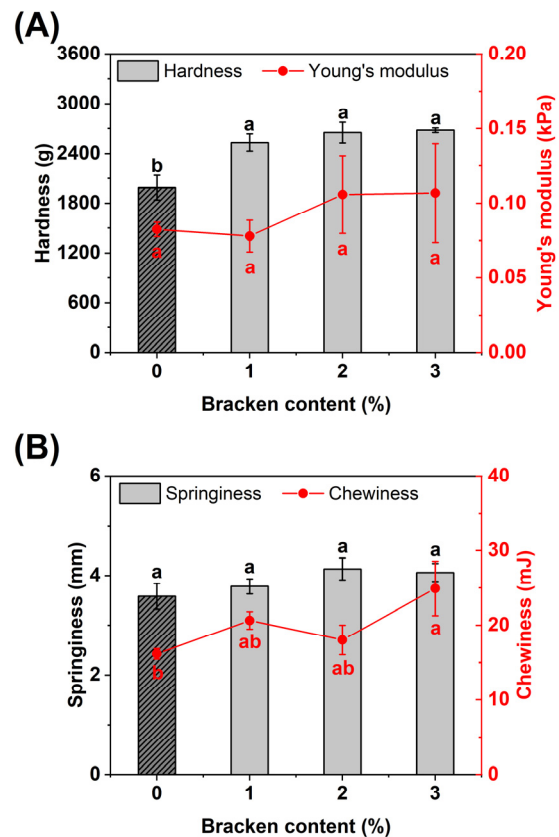


Fig. 4. Texture profile analysis of TVP patties added bracken powder with 0%, 1%, 2% and 3% at 0 day. All TVP patties were heated.

말 첨가에 따라 패티의 경도가 증가하는 것으로 보고되었다.

고사리 분말을 첨가한 패티의 탄력성(springiness)은 고사리 분말 함량에 유의적인 효과를 보이지 않았으나, 씹힘성(chewiness)은 3% 부터 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 고사리 분말의 함량이 과도해지면 오히려 패티의 씹힘성이 감소하는 것을 확인하였다. 따라서 부드러운 물성 및 씹힘성 등을 위해 고사리 분말의 함량을 적절히 증진시켜 사용할 필요가 있다.

냉동 처리한 식물성 패티의 경도 및 씹힘성 측정 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 냉동 분석 결과, 한달 후 냉동한 패티부터 경도와 씹힘성이 유의미하게 감소하였으며, 2, 3달간 냉동한 패티부터는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 냉동 처리에 따른 경도와 씹힘성의 감소는 해동 과정에서의 보수력 저하 문제인 것으로 나타난다.

전자코(electronic nose)

식물성 패티와 실제 육류의 향미 유사도를 비교한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 고사리 분말 함량에 따른 가열 후 패티와 가열 전후 쇠고기를 분석한(Fig. 6A) 그래프의 제1주성분 값의 기여율은

60.737%, 제2주성분 값의 기여율은 22.612%로 나타났다. 고사리 함량 및 가열 여부에 따라 향미패턴 구분이 뚜렷하게 나타났다. 제1주성분 값을 기준으로 0%, 1%, 2% 패티와 익힌 쇠고기는 -3,000과 0 사이에 위치하는 반면, 3% 패티와 생 쇠고기는 0과 2,000 사이에 위치하는 것으로 나타났다. 따라서 3% 패티가 상대적으로 생 쇠고기와 가장 유사한 향을 가진 것으로 나타났다. 그 외 시료군은 유의적인 유사함을 보이지 않았다. 냉동 기간에 따른 패티를 분석한 그래프의 제1주성분 값의 기여율은 73.97%, 제2주성분 값의 기여율은 13.921%로 나타났다. 함량에 따른 향의 차이는 나타났으나 냉동 유무 및 기간에 따른 차이는 유의미하게 나타나지 않았다(Fig. 6B). 이는 냉동 보관 이후에도 시료의 상태가 안정하다는 것으로 시사된다.

항산화 효과

고사리 분말의 함량에 따른 식물성 패티의 라디칼 소거활성 측정 결과를 Fig. 7에 나타내었다. ABTS와 DPPH 시험법은 색 반응을 이용하여 항산화 효과를 분석하는 방법으로 비교적 높은 정확도와 편의성을 갖추고 있다(Alam et al., 2013). ABTS는 양이온 라디

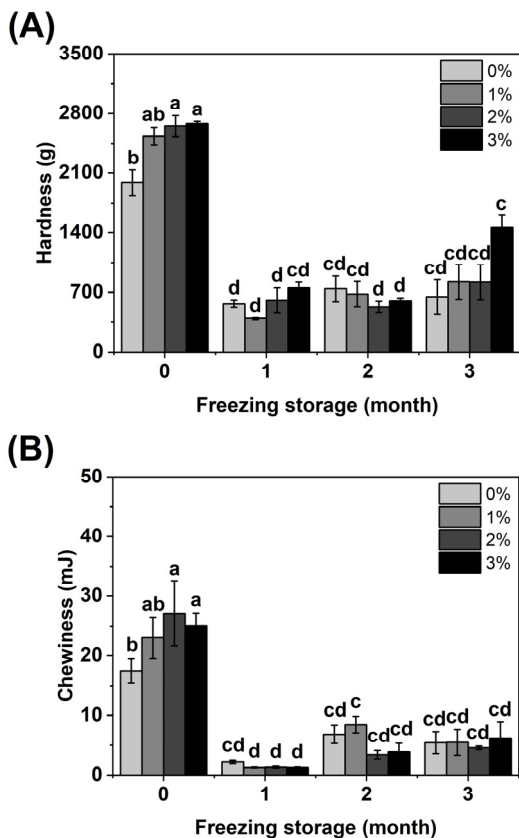


Fig. 5. Texture profile analysis of TVP patties added bracken powder with 0%, 1%, 2% and 3% during storage of 3 months. All TVP patties were heated.

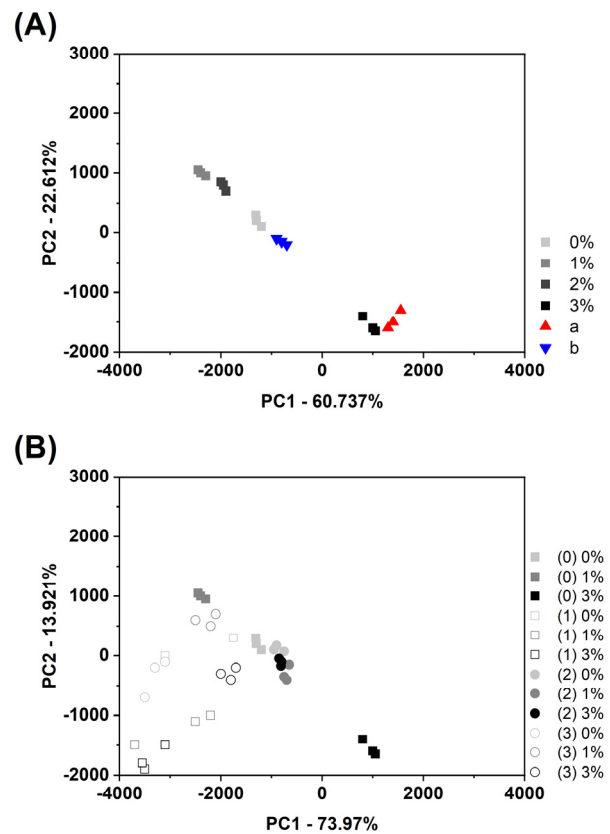


Fig. 6. Electronic tongue results of TVP patties added bracken powder with 0%, 1%, 2% and 3%; (0) 0 month, (1) 1 month, (2) 2 month, and (3) 3 month. Beef (a: non-cooked beef, b: cooked beef) was used as control.

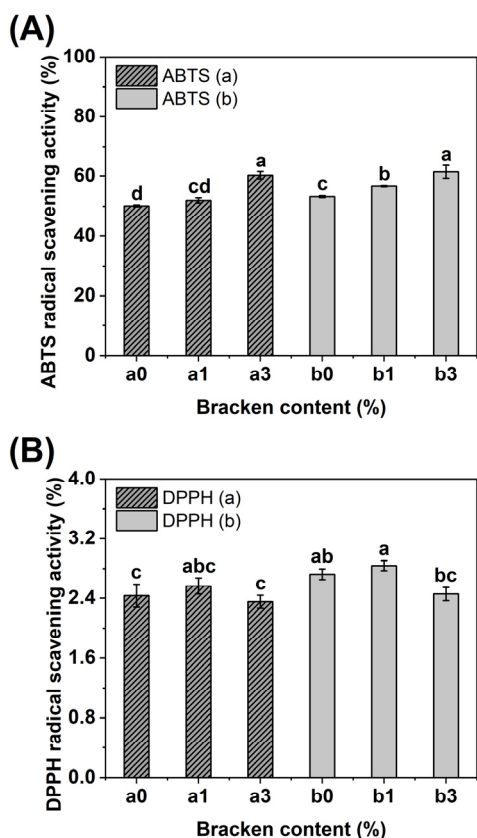


Fig. 7. Antioxidant effects (A: ABTS, B: DPPH radical scavenging activity) of TVP patties added bracken powder with 0% (a0, b0), 1% (a1, b1) and 3% (a3, b3): (a) before cooking, (b) after cooking.

칼, DPPH는 자유 라디칼의 일종이다. 따라서 항산화 물질의 종류에 따라 각각의 라디칼에 대한 결합 정도가 다르므로 보다 정확한 결과 측정을 위해 ABTS와 DPPH 시험법을 동시에 진행하였다 (Song et al., 2018). 따라서, 고사리 분말 첨가에 따라 환원력이 유의미하게 증가하는지를 확인함으로써 제조된 식물성 패티의 항산화 효과(DPPH, ABTS 라디칼 소거활성)를 확인하였다. ABTS 라디칼 소거활성 측정 결과, 3% 식물성 패티의 농도별 환원력이 가장 높은 것으로 나타났으며, DPPH 라디칼 소거활성 측정 결과는 고사리 함량에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. DPPH는 자유 라디칼을 이용하는 반면, ABTS는 양이온 라디칼의 소거능을 평가하고 라디칼에 따라 결합하는 페놀물질에 차이가 있기 때문에(Kim et al., 2014), ABTS와 DPPH의 결과에 차이가 나타나는 것으로 사료된다. ABTS 라디칼 소거활성 측정 결과, 조리 전과 비교했을 때 조리 후 패티의 환원력이 더 높은 것으로 나타났으며 DPPH 라디칼 소거활성 측정 결과, 조리 전과 비교했을 때 조리 후 시료의 환원력이 더 높은 것으로 나타났다. 조리 과정에서 폴리페놀 등의 환원성을 지닌 물질들이 파괴되어 환원력이 감소할 것이라는 예상과 달리 오히려 조리 후 패티의 환원력이 증가하는 것으로 나타났다.

요약

본 연구에서는 고사리 분말의 첨가가 식물성 패티의 이화학적 특성에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다. 색도의 경우 고사리 분말을 첨가할수록 L*, a*, b*값이 감소하였고, 조리 후 또한 L*, a*, b*값이 대체로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 고사리 분말을 첨가할수록 경도, 영률이 증가하는 것으로 나타났다. 탄력성, 씹힘성은 2%에서 가장 높은 것으로 나타났다. 향의 경우 3% 패티가 생 쇠고기와 유사한 향을 가진 것으로 나타났다. 또한, 고사리 패티의 조리 후 조리 전과 조리 후 시료의 항산화능이 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과들을 종합했을 때 고사리 분말을 3% 첨가하는 것이 가장 적합할 것이라는 결론을 내렸다. 따라서 본 연구는 고사리를 식물성 패티에 적용함으로써 기존 TVP의 물성학적 및 영양학적 특성을 보완할 방법을 제시하였고, 국산 농산물 사용을 통해 국내 농가산업 활성화에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단하였다.

ORCID

Heeyeon Choi <https://orcid.org/0009-0005-2277-1388>
 Sung Hoon Park <https://orcid.org/0000-0002-3032-5901>
 Yeon-Ji Jo <https://orcid.org/0000-0001-5226-3759>

Conflict of interests

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

Acknowledgements

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(IPET) through High Value-added Food Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)(RS-2024-00403612).

Data availability

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

Authorship contribution statement

Conceptualization: Jo YJ.
 Data curation: Choi H, Jo YJ.
 Formal analysis: Choi H, Park SH.
 Methodology: Choi H, Park SH.

Validation: Choi H, Jo YJ.

Investigation: Choi H, Jo YJ.

Writing - original draft: Choi H, Jo YJ.

Writing - review & editing: Choi H, Park SH, Jo YJ.

Ethics approval

Not applicable.

References

- Alam MN, Bristi NJ, Rafiquzzaman M. Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharm J.* 2013. 21: 143-152.
- Cho SY, Ryu GH. 2022. Quality characteristics of plant-based proteins used in meat analogs. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 51: 375-380.
- Choi SH, Kim DS. 2014. Quality characteristics of hamburger patties adding with Tofu powder. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 20: 28-40.
- Hoek AC, Elzerman JE, Hageman R, Kok FJ, Luning PA, Graaf C. 2013. Are meat substitutes liked better over time? A repeated in-home use test with meat substitutes or meat in meals. *Food Qual. Prefer.* 28: 253-263.
- Hwang NK, Gu BJ, Ryu GH. 2023. Physicochemical properties of low-moisture extruded meat analog by replacing isolated soy with mung bean protein. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 52: 836-843.
- Im SB, Moon TH, Im SG, You YL, Han JA. 2023. Development and characterization of plant-based patties with different binders. *Korean J. Food Sci. Technol.* 55: 229-236.
- Im SH, Jeon HJ. 2016. Vegetable bacon and vegetable bacon manufactured by the same. Korea patent NO. 10-2018-0057422.
- Kim DB, Shin GH, Lee JS, Lee OH. 2014. Antioxidant and nitrite scavenging activities of acanthopanax senticosus extract fermented with different mushroom mycelia. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 205-212.
- Kim HG, Bae JW, Wi GY, Kim HT, Cho YJ, Choi MJ. 2019. Physicochemical properties and sensory evaluation of meat analog mixed with different liquid materials as an animal fat substitute. *Food Eng. Prog.* 23: 62-68.
- Kim MH, Joo SY, Choi HY. 2015. The effect of aronia powder (*Aronia melanocarpa*) on antioxidant activity and quality characteristics of pork patties. *Korean J. Food Cook. Sci.* 31: 83-90.
- Krintiras GA, Diaz JG, Goot AJ, Stankiewicz AI, Stefanidis GD, 2016. On the use of the couette cell technology for large scale production of textured soy-based meat replacers. *J. Food Eng.* 169: 205-213.
- Lee KH, Lee CY, Jang HB, Choi YS, Jang HW. 2023. A study on the quality characteristics of plant-based patties with tremella fuciformis. *J. Korean Soc. Food Sci.* 52: 301-306.
- Lee SY, Park KY, Park YH. 2010. Nutrient contents of bracken (*Pteridium aquilinum* L.) and soil chemical properties of its habitat in the coastal area. *Korean J. Soil. Sci. Fert.* 43: 631-636.
- Lucas-González R, Roldán-Verdu A, Sayas-Barberá E, Fernández-López J, PérezÁlvarez JA, Viuda-Martos M. 2020. Assessment of emulsion gels formulated with Chestnut (*Castanea sativa* M.) flour and chia (*Salvia hispanica* L) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. *J. Sci. Food Agric.* 100: 1265-1273.
- Min HS, Won SY, Im HS, Yoon SY. A vegetable patty using lentil and hamp seed and a method manufacturing the same. Korea patent NO. 2017. 10-1992214.
- Moon SW. 2019. Process for preparing a vegetable patty using outer leaves of greens. Korea patent NO. 10-2027091.
- Park CH, Kim KH, Yook HS. 2014. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of bracken (*Pteridium Aquilinum Kuhn*) according to cooking methods. *Korean J. Food Nutr.* 27: 348-357.
- Shin SL, Lee CH. 2011. Antioxidant activities of ostrich fern by different extraction methods and solvents. *J. Life Sci.* 21: 56-61.
- Sim EM, Park KH, Lee DG, Shin SH. 2022. Effect of the consumption value of vegetable meat on positive attitudes and purchase intentions: focusing on the effect of controlling price sensitivity. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 28: 55-68.
- Song WY, Chun SS, Choi JH. 2018. Antioxidant activities of selenium-treated spinacia oleracea L. *J. Food Hyg. Saf.* 33: 510-515.
- Wu YJZ, Kim MH, Han YS. 2022. Antioxidant activity and quality characteristics of pork patties with the addition of cedrela sinensis powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 51: 141-149.
- Yoon SJ, Hong KB, Jeong HY, Hong SJ, Jo SM, Park HJ, Ban YL, Youn MY, Cheon GY, Kim JS, Lee YS, Park SS, Shin EC. 2023. Flavor and taste of red beet (*Beta vulgaris* L.) harvested in Jeju Island using the electronic nose, electronic tongue, and GC-MS. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 52: 907-916.