



Research Article

Production of *yanggaeng* containing phenolic extract from *Spiraea salicifolia* with antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities

항산화 및 α -glucosidase 억제효과를 가진 꼬리조팝나무 유래 페놀성 추출물을 이용한 양갱의 제조

Min-Ji Kim¹, Jeong-Heon Kim¹, Dong-Ho Lee¹, Min-A Kim¹, Chae-Won Han¹, Hye-Jin Park^{1,2}, Byung-Oh Kim^{1,2}, Young-Je Cho^{1,2*}

김민지¹ · 김정현¹ · 이동호¹ · 김민아¹ · 한채원¹ · 박혜진^{1,2} · 김병오^{1,2} · 조영제^{1,2*}

¹School of Food Science & Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Research Institute of Tailored Food Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 특수식품연구소

Abstract The purpose of this study was to evaluate the biological activities of the water extract of *Spiraea salicifolia* (SSWE). The total phenolic content (TPC) of the SSWE was 12.73 mg/g. Among the extracted components, the phenolic compounds exhibited superior biological activities compared with the solid extract. The DPPH scavenging activity of phenolic extract was 83.90-83.96% at a TPC concentration of 100-200 μ g/mL. Similarly, the ABTS radical scavenging activity of the phenolic extract was 81.59-99.80% at the same concentration. The antioxidant protection factor (PF) ranged from 0.97 to 1.09 PF. The TBARS inhibition rate was 12.28-47.76% at 100-200 μ g/mL TPC concentration. The α -glucosidase inhibitory activity of the phenolic extract was 15.18-28.58% within the same concentration. Based on these results, *yanggaeng* supplemented with SSWE powder was prepared, and its physicochemical and sensory properties were evaluated. Regarding physicochemical properties, the addition of the SSWE powder resulted in decreased values of lightness, yellowness, and redness. Textural properties, such as hardness, springiness, cohesiveness, and chewiness, decreased with increasing SSWE concentration, whereas water activity increased. Sensory evaluation indicated that the optimal addition level was 3% SSWE powder. Based on these results, SSWE shows potential for application as a functional food ingredient.

Keywords antioxidant, biological activity, α -glucosidase, *Spiraea salicifolia*, *yanggaeng*



OPEN ACCESS

Citation: Kim MJ, Kim JH, Lee DH, Kim MA, Han CW, Park HJ, Kim BO, Cho YJ. Production of *yanggaeng* containing phenolic extract from *Spiraea salicifolia* with antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities. Food Sci. Preserv., 33(2), 303-313 (2026)

Received: April 29, 2025

Revised: October 28, 2025

Accepted: October 31, 2025

***Corresponding author**

Young-Je Cho

Tel: +82-53-950-7755

E-mail: yjcho@knu.ac.kr

Copyright © 2026 The Korean Society of Food Preservation. 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.

1. 서론

전 세계 전염병의 확산으로 인해 건강에 대한 사람들의 관심이 높아졌으며, 특히 코로나 19의 확산은 사람들의 식생활에 많은 변화를 주었다. 이러한 전염병을 이겨낼 수 있는 방법으로 기능성 식품에 대한 관심이 많아졌으며, 화장품, 식품 등의 원료로 사용된 합성 화합물의 부작용 사례의 증가로 인해 소비자들은 좀 더 안전하고 기능성 원료를 사용한 제품을 찾는 추세이다. 이로 인해, 산업에서는 천연물에 대한 연구와 제품 개발이 증가되고 있다(Tong, 2020). 특히 천연물 중 약용소재는 일반적으로 한약재 소재처럼 과거부터 사용되어 왔고, 관련 독성연구 선례가 축적되었기 때문에 안전성 검증 절차가 간략하고 신뢰도가 높아 이를 활용한 제품에 대한 연구가 늘어나고 있다(Zhao 등, 2024).

장미과에 속하는 낙엽관목인 꼬리조팝나무(*Spiraea salicifolia* L.)는 수선국, 진주화, 개피땀나무, 붉은조록싸리라는 이명으로도 불린다. 아시아와 유럽의 온대에서 아한대 지역에 분포하고 있으며

한국에서는 경상북도 이북의 산지, 그 중에서도 습한 곳에서 자란다. 주로 우리나라에서는 관상용과 약용으로 쓰이는데 여름의 장마와 무더위 속에서 피는 몇 안 되는 꽃나무 중의 하나로 분홍색 꽃의 화려함이 매력이다. 꽃에는 향기와 꿀이 있어 많은 곤충이 찾아 드는 밀원식물이기 때문에 주로 정원과 공원 등에 울타리용으로 심겨지고 있으며, 특히 공원의 습지나 하천변의 경관조성과 토양유실 방지를 위한 목적으로도 심고 있다. 잎에는 날카로운 톱니가 뒷면에는 잔털이 나며 6-7월에 분홍색 잔꽃이 줄기 끝에 옥수수 모양으로 피고 열매는 골돌과로 9월에 익으며 털이 난다(Crozier 등, 2011). 뿌리와 가지에는 Salicylic acid를 함유하여, 예로부터 민간에서 해열, 진통, 감기 등의 약제로 사용했으며 잎과 껍질은 류머티즘과 설사 치료약, 살충제로 사용하였다(Andarwulan 등, 1999). 또한, 꼬리조팝나무의 어린잎은 비타민 C가 풍부하여 나물로 무쳐 식용하기도 하였다(Lee, 1989; Tanaka와 Nakao, 1976). 꼬리조팝나무의 선행연구(Lee 등, 1986)로 잎에 플라보노이드 및 페놀성 화합물들이 분리되었다고 보고 하였으며, 특히 꼬리조팝나무의 잎에는 해열과 진통작용이 있는 것으로 알려진 p-methoxy cinnamic acid가 발견되었다고 보고하였다(Choi, 2012). 그리고 잎과 꽃의 성분에 관한 선행연구에서는 꽃이 잎보다 더 많은 플라보놀, 카테킨, 사포닌을 함유하고 있다고 밝혔다(Kostikova와 Shaldaeva, 2017).

따라서 본 연구에서는 꼬리조팝나무를 활용하여 생리활성 물질 탐색의 일환으로 항산화 효과와 항당뇨와 관련된 효소의 저해 효과를 검토한 후, 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가한 양갱을 제조하여, 이화학적 특성, 기계적 조직감, 관능적 특성을 평가할 예정이다. 이를 통해, 꼬리조팝나무에 대해 기능성 식품 원료로서의 가능성이 높은지 확인하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료 및 추출물의 제조

실험에 사용한 꼬리조팝나무 물 추출 분말은 시판제품인 *Spiraea salicifolia* extract 10:1 (Shaanxi Organi Biotechnology, Shaanxi, China)을 구입하여 -20°C에서 보관하며 사용하였다. 본 제품은 꼬리조팝나무 분말을 물(1:10, w/v)을 용매로 교반 추출한 후 건조하여 제조된 갈색 분말 형태의 시료이다. 생리활성 탐색을 위한 실험 시료중 하나인 고형분(solid)은 해당 분말을 필요한 농도(100, 200 µg solid/mL)로 증류수(DW)에 용해하여 조제하였다. 또한 페놀성 추출물(phenolic extract)은 해당 분말을 DW에 용해한 후, 필요한 농도에 따라 rotary vacuum evaporator (Eyela NE, Tokyo, Japan)를 사용해 농축하여 총페놀성 화합물 함량(total phenolic contents, TPC)을 조절하여 사용하였다(Kim 등, 2023).

2.2. 총페놀성 화합물 정량

총페놀성 화합물(TPC) 정량은 Folin과 Denis(1912)의 방법을 참조하여 측정하였다. 페놀성 추출물 1 mL에 100% ethanol 1 mL, DW 5 mL, 1 N Folin-Ciocalteu reagent (Junsei, Tokyo, Japan) 0.5 mL, Na₂CO₃ 1 mL를 넣어 1시간 동안 암실에서 반응시킨 후 흡광도 725 nm로 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 설정하여 같은 실험법으로 측정 후 표준곡선을 구하였다. 시료의 흡광도를 표준곡선에 대입하여 양을 환산해 gallic acid equivalent (mg GAE/g dry sample (DS))으로 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 TPC를 정량하였다.

2.3. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거능 측정

DPPH assay는 Blois (1958)의 방법을 참조하였다. 페놀성 추출물 1 mL에 60 µM DPPH (Sigma-Aldrich Co, Louis, MO, USA) 에탄올 용액 3 mL를 넣고 vortexing 한 후 15분간 암실에서 반응시킨 다음 517 nm에서 흡광도(OD값)를 측정하였다. Positive control으로 butylated hydroxytoluene (BHT)를 사용하였다. 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내었으며 DPPH radical 소거능(%)은 $(1 - \text{Absorbance of sample} / \text{absorbance of control}) \times 100$ 으로 계산하였다.

2.4. 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거능 측정

ABTS assay는 Pellegrini 등(1999)의 방법을 참조하였다. ABTS stock solution은 7 mM ABTS 50 mL와 140 mM K₂S₂O₈ 88 µL를 혼합하여 14-16시간 동안 암실에서 반응시켜 radical을 생성시켰다. 이를 50% ethanol과 1:88 비율로 섞어 734 nm에서 흡광도 값이 0.7±0.02가 되도록 조절하여 제조한 ABTS solution을 본 실험에 사용하였다. 200 µL의 페놀성 추출물과 4 mL의 ABTS solution을 혼합하여 vortexing 한 후 1.5분 정지하여 반응시키고 734 nm의 파장에서 흡광도 값을 측정하였다. 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균으로 계산한 값으로 나타내었으며 ABTS radical 소거능(%)은 $(1 - \text{Absorbance of sample} / \text{absorbance of control}) \times 100$ 으로 계산하였다.

2.5. Antioxidant protection factor (PF) 측정

PF 측정은 Andarwulan과 Shetty (1999)의 방법을 준수하였다. 10 mg의 β-carotene을 50 mL의 chloroform에 용해시킨 용액 5 mL를 둥근 농축수기에 넣은 후, 40°C로 설정된 농축기를 통해 chloroform을 증류시켰다. 증류되어 고체 덩어리가 된 상태에서 linoleic acid 100 µL, Tween 40 920 µL를 넣어 잘 용해시킨 다음 H₂O₂ 용액 250 mL를 첨가하여 emulsion 형태로 제

조하였다. 이렇게 만들어진 emulsion 5 mL에 페놀성 추출물 100 μ L를 혼합해 50°C에서 30분간 반응시킨 후 5분 동안 냉각시켜 반응을 중단시킨 후, 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 실험은 3회 반복하였으며, PF 값은 antioxidant protection factor (PF) = Absorbance of sample / Absorbance of control 으로 계산하였다.

2.6. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 저해능 측정

TBARS 저해능 측정은 Buege와 Aust (1978)의 방법을 참조하였다. 5% linoleic acid와 1% tween 40을 동량 섞어 만든 emulsion 용액 0.8 mL와 페놀성 추출물 0.2 mL를 혼합하였고 50°C의 water bath를 이용하여 14시간 동안 반응시켰다. 이후 TBA stock solution (15% trichloroacetic acid (TCA), 0.375% thiobarbituric acid (TBA), 0.25 M HCl 혼합액) 100 mL에 2% BHT 3 mL를 섞어서 제조한 TBA reagent 4 mL를 반응액 1 mL에 섞었다. 혼합액을 15분 동안 끓는 물을 이용해 중탕한 후, 원심분리기(Hanil Fleta 4, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Incheon, Korea)를 사용하여 10분간 냉각시키고 2,000 rpm(약 400 \times g)에서 20분 동안 원심분리하였다. 원심분리 후 실온에서 10분간 방치한 뒤 얻은 상등액의 흡광도를 532 nm의 파장에서 측정하였다. 실험은 모두 3회 반복 측정하였으며, TBARS 저해능(%)은 $(1 - \text{Absorbance of sample} / \text{absorbance of control}) \times 100$ 으로 계산하였다.

2.7. α -Glucosidase 저해능 측정

Tibbot과 Skadsen (1996)의 방법을 참조하여 α -glucosidase 저해능을 측정하였다. 50 mM sodium succinate buffer (pH 6.8)를 이용하여 5 mM p -nitrophenol- α -D-glucopyranoside (PNPG) 기질액을 만들었다. α -Glucosidase from *Saccharomyces cerevisiae* (SIGMA, G5003, 23U/mg)과 sodium succinate buffer (pH 6.8)을 이용하여 10 U/mL 효소액을 만들었다. 37°C water bath에 효소액 0.1 mL를 10분간 반응을 시킨 다음 반응구에는 페놀성 추출물 0.1 mL, 대조구에는 증류수 0.1 mL를

넣고 기질액 2 mL를 첨가하여 37°C water bath에서 20분 동안 재반응을 시킨 후, 5% Na₂CO₃ 3 mL를 첨가하여 반응을 종료시켰다. 이후, 흡광도는 470nm의 파장에서 측정하였으며, α -glucosidase 저해능(%)은 $(1 - \text{Absorbance of sample} / \text{absorbance of control}) \times 100$ 으로 계산하였다.

2.8. 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가한 양갱의 제조

양갱의 제조는 Kim 등(2014)의 방법을 참고하여 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 그대로 사용하였으며, 첨가 비율은 앙금 대비 3, 6, 12%로 결정하였다. 재료 배합 비율은 Table 1에 제시하였으며, 제조 과정은 다음과 같다. 한천 가루를 20분 동안 물에 불린 후 85°C에서 5분 동안 가열하여 용해하였다. 이어 소금과 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 넣고 완전히 녹인 후, 올리고당과 앙금을 첨가하여 약한 불에 5분 동안 잘 섞어준 뒤, 혼합물을 틀에 부어 실온에서 1시간 동안 굳히고, 4°C에서 15시간 냉각시켜 양갱을 제조하였다. 제조된 양갱을 실온에서 1시간 동안 방치시킨 뒤 일정한 크기(15 \times 15 \times 15 mm)로 절단하여 실험에 사용하였다.

2.9. 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가한 양갱의 품질 특성

2.9.1. 양갱의 색도 측정

꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가한 양갱의 color value는 색차계(JP/CR-300 series, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도(L*)와 적색도(a*), 황색도(b*)를 측정하였고, 각 처리군 당 6개의 시료를 사용하여 측정된 후, 평균값을 사용하였다. 색차 (ΔE)는 $[(L^* - L_n^*)^2 + (a^* - a_n^*)^2 + (b^* - b_n^*)^2]^{1/2}$ 로 계산하였다.

2.9.2. 양갱의 기계적 조직감 측정

양갱의 texture는 rheometer (Compac-100, Sun Science Co., Tokyo, Japan)를 활용하여 각 처리군 당 5개의 시료를 사용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 본 실험에서는 기기 사용 조

Table 1. Recipe of yanggaeng added with *Spiraea salicifolia* extract powder

Ingredients (g)	0% (Control)	3%	6%	12%
<i>Spiraea salicifolia</i> extract powder	0	3	6	12
Bean paste	100	97	94	88
Oligosaccharide	10	10	10	10
Agar powder	2	2	2	2
Salt	0.2	0.2	0.2	0.2
Water	70	70	70	70

건을 test type (texture), sample height (10 mm), sample width (15 mm), adaptor type (circle), diameter (5 mm), table speed (120 mm/min)으로 설정하여 측정하였다.

2.9.3. 양갱의 이화학적 특성 평가

양갱의 이화학적 특성으로는 pH, 당도, 수분활성도를 평가하였으며 양갱과 DW를 1:10으로 혼합하여 25분 동안 40°C에서 sonication (Powersonic 420, Hawsin, Gwangju, Korea)한 후에 3,000 rpm(약 900 ×g)에서 10분간 원심분리 하여 얻은 상층액을 이용하여 측정하였다. pH는 pH meter (Orion 3-star, Thermo, Beverly, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하였으며, 당도 또한 0-53% 범위의 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)로 3회 반복 측정하였다. 수분활성도는 Hygrometer (Rotronic A2 Hygromer, Rotronic Ag, Switzerland)를 통해 5회 반복하여 측정하였다. 모든 측정결과는 평균값을 계산하여 결과로 사용하였다.

2.10. 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가된 양갱의 관능평가

꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가된 양갱의 기호도 평가는 경북대학교 식품공학부 학부생 및 대학원생 20명을 대상으로 실시하였다. 평가 항목은 향미, 맛, 색, 외관, 조직감, 전체적인 기호도로 분류하였으며, 세부적으로 향(aroma), 이취(odor), 신맛(sourness), 쓴맛(bitterness), 단맛(sweetness), 후미(aftertaste), 색(color), 외관(appearance), 경도(hardness), 씹힘성(chewiness), 전체적인 기호도(overall acceptability)를 평가하였다. 평가 방법은 7점 척도법(1점, 매우 나쁘다; 2점, 나쁘다; 3점, 조금 나쁘다; 4점, 보통이다; 5점, 조금 좋다; 6점, 좋다; 7점, 매우 좋다)을 사용하였으며, 경북대학교 생명윤리심의위원회(IRB)의

심의를 통해 승인(IRB 승인번호: KNU-2024-0537)을 받은 후 진행하였다.

2.11. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 평균±표준편차(mean±SD)로 표시하였다. 꼬리조팝나무 추출물에 대한 항산화 및 효소 실험 결과의 통계처리는 Excel 프로그램을 이용하여 독립 집단 t-test를 실시하였고 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가하여 제조한 양갱의 실험 결과는 SPSS Statistics 29 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 처리하였으며, 그룹 간 평균의 유의성을 검증하기 위해 일원배치 분산분석(One-Way ANOVA)을 실시하였다. 시료 간의 유의차를 p<0.05, p<0.01 수준으로 비교분석 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 고형분과 페놀성 추출물의 생리활성 비교

꼬리조팝나무 물 추출 분말에서 기능성을 나타내는 물질이 무엇인지 확인하기 위해 동일한 함량의 고형분(solid)과 페놀성 추출물(phenolic extract) 간의 DPPH radical과 ABTS radical 저해 효능 결과를 비교하였다. Fig. 1A에서와 같이 동일한 100 µg/mL 농도에서 고형분의 DPPH radical 소거능은 12.86%를 나타냈고, 페놀성분에서는 83.90%로 매우 높은 수준의 효과를 보였다. 또한 Fig. 1B에서와 같이 100 µg/mL 농도에서 고형분의 ABTS의 radical 소거능은 7.89%의 효과를 나타냈고, 페놀성분에서는 81.59%로 더 높은 소거능을 보였다. 위의 결과에 근거하여 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 생리활성은 고형분보다는 페놀성분에 의해 효과가 좌우될 것으로 판단되었다. 따라

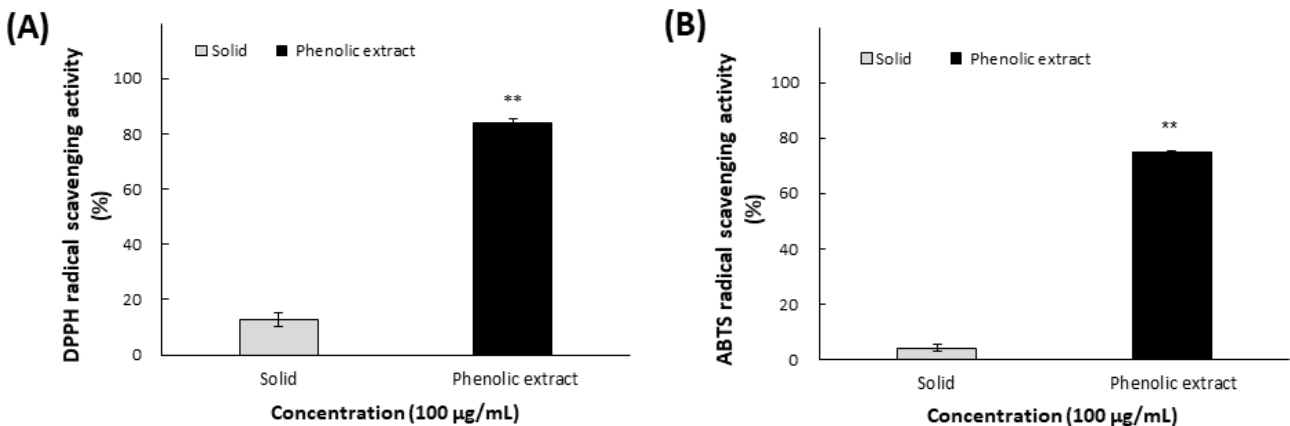


Fig. 1. Comparison of solid and phenolic extract with 100 µg/mL from *Spiraea salicifolia* water extract powder on DPPH (A) and ABTS (B) antioxidant activity. Solid refers to the crude water extract dissolved in distilled water (expressed as µg solid/mL), whereas Phenolics indicates the phenolic-enriched fraction prepared by concentration and adjusted based on total phenolic content (TPC). Values are mean±SD (n=3). Means with ** above the bars indicate significant differences between solid and phenolics groups by t-test (p<0.01).

서, 이후 실험에서는 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ TPC 농도로 조절하여 제조한 페놀성 추출물을 사용하여 생리활성 평가를 수행하였다.

3.2. 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 총페놀성 화합물 함량

식물은 생존에 필수적인 1차 대사산물과 기능적인 역할에 관여하지 않지만 외부로부터 병해충 침입 및 공격에 스스로 방어하기 위한 2차 대사산물을 가진다(Crozier 등, 2011). 2차 대사산물로 알칼로이드류, 플라보노이드류, 페놀성 화합물 등이 있으며 이들은 항산화 효과뿐만 아니라 항당뇨, 항염증 작용 등의 다양한 생리활성 기능을 가지고 있다고 밝혀졌다. 특히 총페놀성 화합물은 phenolic hydroxyl기가 있어 단백질 또는 효소 단백질, 기타 거대 분자 그리고 2가 금속이온과 결합하는 특성을 가지고 있어 뛰어난 항산화 효과를 가지고 있다. 또한, 당뇨병과 항산화 작용이 밀접한 관계가 있는 것으로 알려지면서 페놀성 화합물의 항당뇨 효과에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다(Jang과 Jeong, 2010; Kim과 Park, 2011).

본 연구에서는 꼬리조팝나무 물 추출 분말에서 다양한 생리활성 기능을 가지는 것으로 알려진 총페놀성 화합물의 함량을 측정하였고, 그 결과 1 g 분말 당 12.73 mg에 해당하는 페놀성 화합물이 존재하는 것으로 나타났다(Table 2). Lim 등(1961)은 긴병꽃풀 물 추출물에서 1 g당 12.99 mg의 총페놀성 화합물의 함량을 확인하였다. 이상을 결과와 비교해 보았을 때, 꼬리조팝나무 물 추출 분말에도 긴병꽃풀과 유사한 수준의 총페놀 화합물이 있는 것으로 판단할 수 있었다.

3.3. DPPH radical 소거능

항산화제는 radical을 제거해 세포손상을 예방하거나 지연시키는 대표적인 역할을 한다. 이는 항산화제가 각종 free radical이나 유지의 peroxy radical에서 수소 또는 전자를 공여하는 유도체로 작용하여 non-radical 화합물을 상쇄시켜 산패를 억제함으로써 작용한다(Crozier 등, 2011). 따라서 DPPH radical 소거능은 안정한 형태의 DPPH radical이 추출물에 함유되어 있는 페놀성 화합물의 수소 공여작용으로 인해 DPPH-H의 형태로 환원되어 고유의 색을 잃게 되는 정도를 활용한 항산화 효과 측정 방법이다(Jeong, 2010; Kim과 Park, 2011). 꼬리조팝나무 페놀성 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과 Fig. 2A에서와 같이 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ TPC 농도에서 각각

83.90%, 83.96%의 소거능을 나타내었으며, 이는 positive control로 사용된 BHT보다 높게 나타나 DPPH radical에 대한 항산화능이 매우 우수한 것으로 판단되었다.

3.4. ABTS radical 소거능

ABTS [2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)]는 potassium persulfate와 반응하여 청록색을 띠는 ABTS 양이온 radical ($\text{ABTS}^{\cdot+}$)을 형성하며, 이는 항산화제를 만나면 전자 전달에 의해 무색으로 환원된다. 생성된 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 는 수용성과 유기용매용해성을 모두 갖추고 있어, 친수성 및 소수성 시료를 포함한 다양한 항산화 물질의 활성 평가에 효과적으로 사용될 수 있다(Lim, 2017). 이러한 특성으로 인해 ABTS radical 소거 분석법은 항산화능 평가에서 널리 활용되는 대표적인 방법 중 하나이다. 꼬리조팝나무 추출물의 ABTS radical 소거능 측정 결과는 Fig. 2B에서와 같이 꼬리조팝나무 페놀성 추출물의 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ TPC 농도에서 각각 81.59%와 99.80%의 항산화력을 나타내어 소거능이 TPC 농도와 비례하여 유의적으로 증가하였음을 알 수 있었다. 또한 positive control인 BHT가 나타낸 57.6%, 80.46% 비해 월등히 높은 항산화력을 나타내었다. Choi (2012)는 *Corydalis turtschaninovii*, *Scutellaria barbata*, *Curcuma zedoaria* 추출물의 ABTS radical 소거능이 100 $\mu\text{g/mL}$ TPC 농도에서 각각 16.87%, 36.76%, 64.91%의 효과가 나타났다고 보고하였다. 본 연구 결과와 비교할 때 꼬리조팝나무 추출물의 ABTS radical 소거능이 더 우수함을 확인할 수 있었으며, 항산화제로써의 사용 잠재력이 뛰어난 것을 알 수 있었다.

3.5. PF 활성

Antioxidant protection factor는 항산화제가 β -carotene과 지질 산화 과정의 부산물인 과산화 radical과 반응하여 탈색되는 것을 저해하는 원리를 이용하여 지질 산화를 측정할 수 있다(Lim, 2017). 꼬리조팝나무 페놀성 추출물의 PF 활성을 측정한 결과 Fig. 2C에 보이듯, 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ TPC 농도에서 0.97-1.09 PF 활성을 나타내었으며, TPC 농도에 의존적으로 유의적인 항산화 활성이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 positive control인 BHT가 동일한 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 1.00-1.04 PF 활성을 나타낸 것과 비교하였을 때, 꼬리조팝나무 페놀성 추출물의 PF 효과가 항산화제인 BHT와 유사한 수준임을 확인할 수 있었다.

3.6. TBARS 저해능

TBARS는 Thiobarbituric acid-reactive substances의 약자로, 지방의 산패도를 가리키며, TBA 시약과 반응해 붉은색을 가지는 malondialdehyde의 생성량을 측정한다(Buege와 Aust, 1978).

Table 2. The phenolic contents in *Spiraea salicifolia* water extract powder

Sample	Total phenolic contents (mg/g)
<i>Spiraea salicifolia</i> water extract	12.730 \pm 0.26

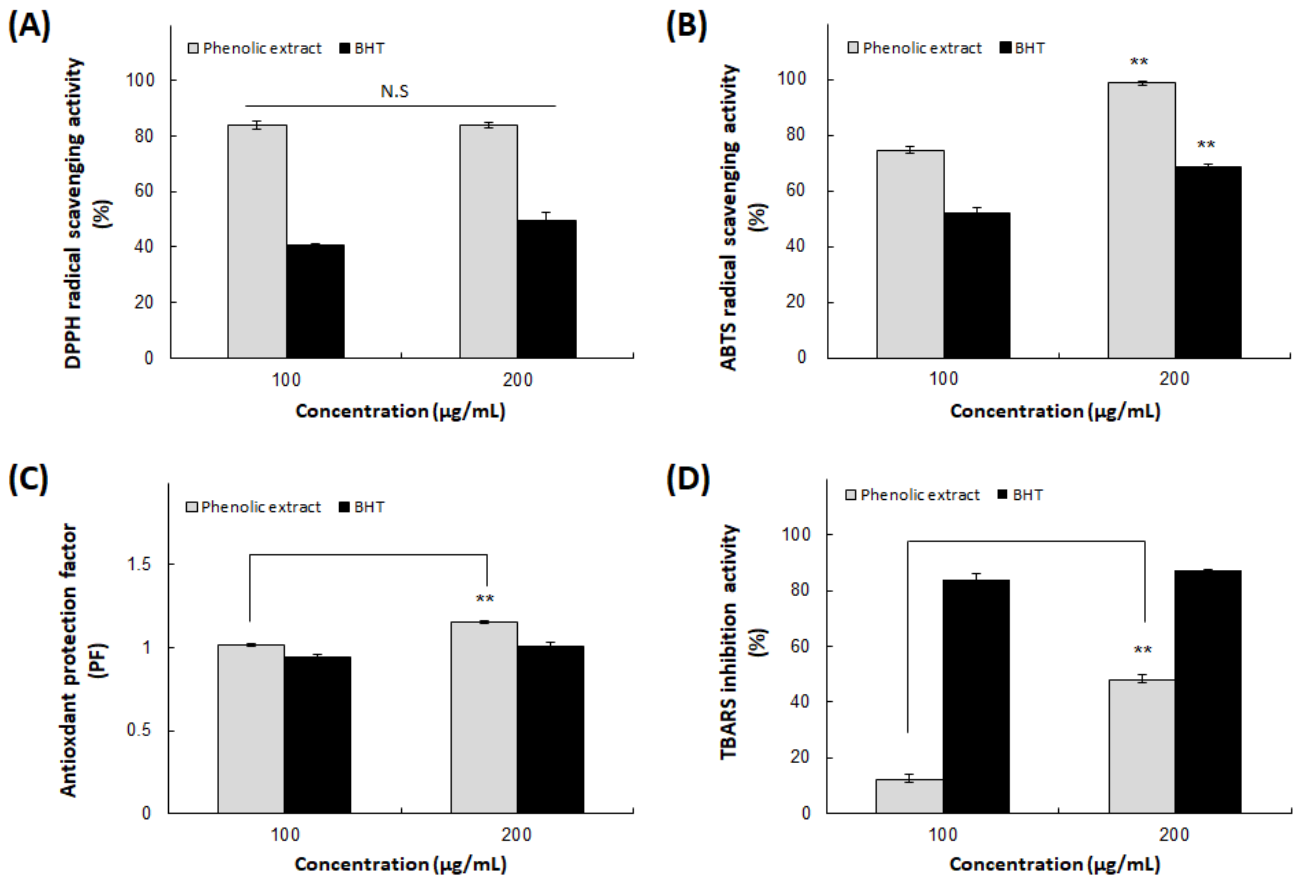


Fig. 2. Antioxidant activities of phenolic extract from *Spiraea salicifolia* water extract powder. (A), DPPH; (B), ABTS; (C), antioxidant protection factor; (D), TBARS inhibition. Values are mean±SD (n=3). Means with ** above the bars indicate significant differences between 100 and 200 µg/mL concentration groups by t-test (p<0.01). NS, not significant.

본 연구에서는 꼬리조팝나무 페놀성 추출물이 malondialdehyde의 생성을 얼마나 억제하는지 확인하는 실험을 실시하였으며, 시료의 TBARS 저해능 측정 결과는 Fig. 2D와 같다. 시료 추출물의 100 µg/mL TPC 농도에서는 12.28%의 낮은 저해능을 보였으나 200 µg/mL TPC 농도에서는 47.76%의 비교적 높은 저해율이 나타났다. Kim (2009)이 95% ethanol로 추출한 머위 엽병이 100 µg/mL 농도에서 43.37%의 저해율을 보였다는 것과 비교하였을 때, 꼬리조팝나무 페놀성 추출물도 머위와 비슷한 수준의 항산화능을 나타내며, 지용성 물질에 대한 항산화능을 보유하고 있음을 확인할 수 있었다.

3.7. α-Glucosidase 저해능

탄수화물 중 녹말이나 glycogen과 같이 α-결합을 하는 glucose를 가지는 다당류는 α-amylase에 의해 포도당이나 엿당으로 분해된다. 이렇게 분해된 당류는 다시 α-glucosidase에 의해 포도당으로 전환이 된다. 이 때 α-glucosidase의 저해는 당류들의 소화를 저해하고, 식후 혈당을 감소시키는데 효과적이다

(Xu 등, 2011). 꼬리조팝나무 추출물의 당 분해 효소에 대한 저해효과를 알아보기 위해 측정된 α-glucosidase 저해능 결과는 Fig. 3에서와 같이 각각 100, 200 µg/mL TPC 농도에서 15.18%, 28.58%의 효과를 나타내었으며, TPC의 농도가 증가할수록 유의적으로 저해능이 높아지는 것을 알 수 있었다. 또한 positive control로 사용한 epigallocatechin gallate (EGCG)가 100, 200 µg/mL 농도에서 각각 10.22%와 44.14%의 저해효과를 나타내어, 이를 바탕으로 볼 때 꼬리조팝나무 페놀성 추출물이 당 분해 효소 저해에 일정 부분 기여할 가능성이 있을 것으로 기대되었으며, 향후 혈당 조절과 관련된 효과에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3.8. 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가된 양갱의 품질 특성

3.8.1. 양갱의 색도

꼬리조팝나무 페놀성 추출물의 혈당 조절 기능과 항산화 효능을 확인한 결과를 바탕으로 하여, 꼬리조팝나무 물 추출 분말

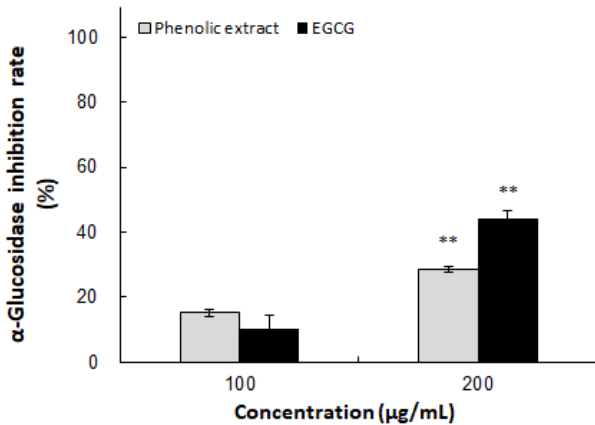


Fig. 3. α -Glucosidase inhibitory activity of phenolic extract from *Spiraea salicifolia* water extract powder. Epigallocatechin gallate (EGCG) was used as a positive control. Values are mean \pm SD. (n=3). Means with ** above the bars indicate significant differences between 100 and 200 μ g/mL concentration groups by t-test ($p < 0.01$).

을 첨가한 양갱을 제조하여 식품 소재로서 활용성을 평가하였다 (Fig. 4). 양갱의 색도 측정결과 Table 3과 같이, 명도를 나타내는 L^* 은 30.02로 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 넣지 않은 대조군이 가장 높았으며, 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 3-12%의 비

율로 첨가됨에 따라 28.83에서 25.56으로 대조군보다 낮은 값을 나타냈다. 따라서 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 첨가 농도가 증가할수록 L^* 은 감소하여 명도가 낮아지는 경향을 나타내어, 분말 첨가량 증가에 따른 유의적인 차이를 확인할 수 있었다.

적색도를 나타내는 a^* 은 대조군이 7.65로 가장 높았다. 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 첨가량이 증가함에 따라 5.88-4.75의 수치를 나타내어 양갱의 a^* 이 유의적으로 감소하는 결과를 보였다. 이는 적양금 베이스의 양갱이 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 지닌 고유 색에 의해 농도 의존적으로 감소하는 것으로 판단되었다.

황색도를 나타내는 b^* 은 대조군에서 7.37을 나타내었으며, 분말의 첨가 비율이 증가할수록 b^* 이 6.57-6.06으로 낮아지는 양상을 보였다. 이상의 결과를 종합하여 보면 꼬리조팝나무 물 추출 분말 고유의 색이 L^* , a^* , b^* 에 모두 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 양갱 제조 시 첨가되는 부재료의 농도가 색의 변화에 영향을 미칠 수 있을 것이라고 사료되었다.

3.8.2. 양갱의 기계적 조직감

꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가한 양갱의 기계적 조직감을 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 먼저, 경도(hardness)는 무첨가 대조군이 2628.47 g/cm^2 로 가장 높았고, 분말의 첨

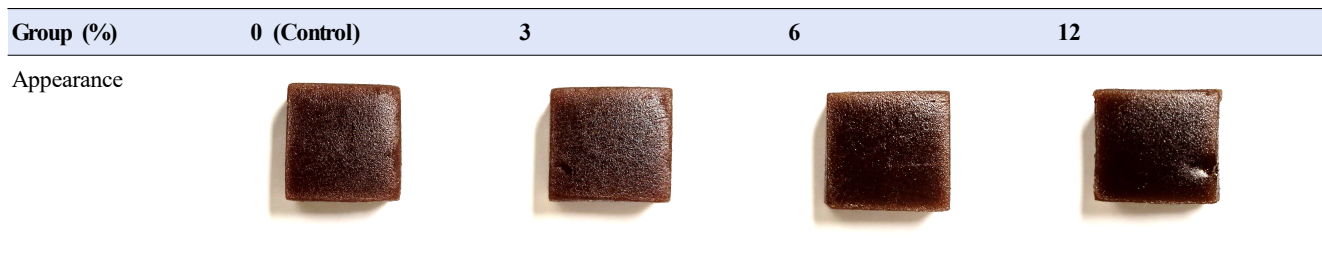


Fig. 4. Appearance of yanggaeng prepared with different concentrations (0, 3, 6, and 12%, w/w, based on bean paste) of *Spiraea salicifolia* water extract powder. All samples were prepared using the same formulation, consisting of bean paste, oligosaccharide, agar, salt, and water, with only the level of *S. salicifolia* extract powder varied among treatments.

Table 3. Color values of yanggaeng added with different contents of *Spiraea salicifolia* water extract powder

Group (%)	Color value ¹⁾			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
0 (Control)	30.02 \pm 0.62 ^{2)cd3)}	7.65 \pm 0.63 ^d	7.37 \pm 0.75 ^d	0
3	28.83 \pm 0.08 ^c	5.88 \pm 0.17 ^c	6.57 \pm 0.23 ^c	1.42
6	27.72 \pm 0.14 ^b	5.30 \pm 0.34 ^b	6.24 \pm 0.26 ^b	5.29
12	26.56 \pm 0.18 ^a	4.75 \pm 0.44 ^a	6.06 \pm 0.34 ^a	11.95

¹⁾ L^* , degree of lightness (+100=white, 0=black); a^* , degree of redness (+100=red, -80=green); b^* , degree of yellowness (+70=yellow, -70=blue); ΔE , overall color difference.

²⁾All values are mean \pm SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test ($d > c > b > a$).

Table 4. Textural properties of yanggaeng added with different contents of *Spiraea salicifolia* water extract powder

Group (%)	Texture			
	Hardness (g/cm ²)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Chewiness (g)
0 (Control)	2628.47±85.99 ^{1) b2)}	121.62±1.60 ^c	106.12±4.11 ^c	603.33±33.54 ^c
3	2507.31±83.81 ^a	105.67±1.70 ^b	72.04±2.13 ^b	569.40±11.82 ^b
6	2488.12±14.36 ^a	103.89±0.55 ^{ab}	69.83±0.75 ^b	548.68±9.77 ^{ab}
12	2445.49±67.22 ^a	101.58±1.97 ^a	52.08±3.35 ^a	520.72±25.52 ^a

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

²⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test (d>c>b>a).

가 비율(3-12%)이 증가할수록 2507.31-2445.49 g/cm²로 경도가 점차적으로 낮아지는 경향을 나타냈다. 이 결과는 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 첨가량의 증가에 의해 한천이 응고하는 힘이 감소하는 것으로 판단되었다. 탄력성(springiness)은 대조군이 121.62%로 가장 높았으며, 분말의 첨가에 따라 105.67-101.58%의 결과를 나타내어 농도 의존적으로 탄력성이 떨어지는 것을 확인하였다. 응집성(cohesiveness)은 대조군이 106.12%이었고, 분말의 첨가가 증가함에 따라 72.04-52.08%로 나타나 첨가량이 증가할수록 응집성도 낮아지는 결과를 보였다. 씹힘성(chewiness)은 대조군이 603.33 g으로 가장 높게 나타났으며 꼬리조팝나무 물 추출 분말 12% 첨가군이 520.72 g로 가장 낮게 나타났다. 이를 통해, 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 첨가량이 증가할수록 응집성도 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 바탕으로 하면 양갱 제조 시 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 첨가는 양갱의 물성에 많은 영향을 미치며, 물성이 크게 변하지 않는 범위 내에서 시료를 첨가하는 양을 결정하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

3.8.3. 양갱의 이화학적 특성

꼬리조팝나무 물 추출 분말(3-12%)을 첨가하여 제조한 양갱의 pH, 당도, 수분활성도의 측정결과는 Table 5를 통해 알 수 있다. 무첨가군인 대조군의 pH는 6.55로 나타났으며, 꼬리조팝

나무 물 추출 분말을 첨가함에 따라 6.43-6.07로 pH가 낮아지는 결과를 보였다. 본 실험에 사용된 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 pH는 4.86으로 확인되었으며, 이로 인해 분말의 첨가가 양갱의 pH를 감소시키는 것으로 추측할 수 있었다. Oh (2017) 등이 연구한 치아시드 분말 첨가 양갱에서 치아시드 분말의 첨가량이 높아질수록 pH가 감소하는 결과와 비교하였을 때 유사한 양상임을 확인할 수 있었다. 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 첨가하여 제조한 양갱의 당도는 대조군과 3% 첨가 양갱이 3.87 °Brix로 가장 높았으며, 분말의 첨가에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 수분활성도는 대조군이 1.02 Aw로 측정되었고, 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 증가함에 따라 1.04-1.06 Aw로 나타나 수분활성도도 같이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 Kwon 등(2021)이 검은 생강 분말 첨가량이 증가할수록 양갱의 수분함량이 높아진 연구 결과와 같은 양상을 보였으며, 본 연구에서는 부재료인 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 수분 보유력이 증가하여 양갱의 수분활성도에도 영향을 준 것으로 판단되었다.

3.9. 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가된 양갱의 관능적 특성

꼬리조팝나무 물 추출 분말(3-12%)이 첨가된 양갱의 관능적 기호도 평가는 Table 6과 같이 나타났다. 먼저, 양갱의 향(aroma)

Table 5. Physicochemical properties of yanggaeng with different contents of *Spiraea salicifolia* water extract powder

Group (%)	Properties		
	pH	Sugar content (°Brix)	Water activity (Aw)
0 (Control)	6.55±0.04 ^{1) d2)}	3.87±0.06 ^c	1.02±0.02 ^b
3	6.43±0.01 ^c	3.37±0.12 ^a	1.04±0.01 ^a
6	6.30±0.00 ^b	3.70±0.10 ^b	1.04±0.01 ^a
12	6.07±0.02 ^a	3.83±0.06 ^c	1.06±0.01 ^a

¹⁾All values are mean±SD (n=3).

²⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test (d>c>b>a).

Table 6. Sensory characteristics of *yanggaeng* added with different contents of *Spiraea salicifolia* water extract powder

Properties		Sensory evaluation score ¹⁾			
		0% (Control)	3%	6%	12%
Flavor	Aroma	4.75±1.55 ^{2) b3)}	4.70±1.35 ^b	3.55±1.36 ^a	3.50±1.40 ^a
	Odor	3.20±1.83 ^a	4.05±1.43 ^{ab}	4.50±1.43 ^b	4.25±1.61 ^{ab}
Taste	Sourness	2.60±1.80 ^a	2.75±1.89 ^a	2.45±1.53 ^a	2.55±1.53 ^a
	Sweetness	5.20±1.57 ^a	5.20±1.21 ^a	4.90±1.14 ^a	4.70±1.52 ^a
	Bitterness	2.40±1.69 ^a	2.75±1.89 ^a	2.70±1.62 ^a	3.10±1.79 ^a
	Aftertaste	4.65±1.88 ^a	4.30±1.82 ^a	3.95±1.66 ^a	3.75±1.89 ^a
Color		4.95±1.20 ^a	5.10±1.18 ^a	5.40±1.36 ^a	5.05±1.56 ^a
Appearance		5.20±1.17 ^a	5.40±1.20 ^a	5.55±1.12 ^a	5.35±1.19 ^a
Texture	Hardness	4.75±1.58 ^a	4.60±1.24 ^a	4.00±1.30 ^{ab}	3.30±1.38 ^b
	Chewiness	4.80±1.36 ^a	4.85±1.11 ^a	4.10±1.34 ^{ab}	3.65±1.31 ^b
Overall acceptability		5.50±1.53 ^a	5.60±1.07 ^a	4.40±1.24 ^b	4.00±1.34 ^b

¹⁾Sensory scores were evaluated using a 7-point scale (1=very bad, 7=very good).

²⁾All values are mean±SD (n=20).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test ($d > c > b > a$).

은 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가되지 않은 대조군이 4.75점으로 가장 높은 평가를 받았으며, 3% 첨가 양갱이 4.70점으로 두 번째로 높은 평가를 받았지만 둘 사이의 유의적 차이는 보이지 않았다. 6-12% 첨가 양갱이 각각 3.55-3.50점을 받았으며 이 둘 역시 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 식품으로부터 바람직하지 못한 품이라는 뜻의 이취(odor)는 평가를 실시하기 전에, 점수가 높을수록 이취가 심한 것으로 고지하였으며, 이취의 점수가 높은 양갱일수록 관능적인 특성이 떨어지는 것으로 평가하였다. 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 6% 첨가된 양갱이 4.50점으로 가장 이취가 심하다고 평가받았으며, 12% 첨가 양갱이 4.25점, 3% 첨가 양갱이 4.05점의 점수를 받았고 대조군이 3.2점으로 가장 이취가 적다고 평가받았다. 이는 꼬리조팝나무 물 추출 분말 고유의 향이 기호도에 영향을 준 것으로 사료되었다. 다음으로, 맛(taste) 평가에서, 신맛(sourness), 단맛(sweetness), 쓴맛(bitterness), 후미(aftertaste)는 4가지 군 모두 유의적인 차이를 보이지 않게 평가되었으며, 색(color)과 외관(appearance) 또한 4가지 군은 기호도 평가에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 점수가 높을수록 단단한 양갱임을 나타내는 경도(hardness)는 대조군이 4.75점으로 가장 높게 평가되었으며, 3% 첨가 양갱이 4.6점으로 그 다음으로 높은 점수를 받았으나 둘 사이의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 6% 첨가 양갱은 4.0점, 12% 첨가 양갱은 3.3점으로 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가될수록 기호도가 낮게 평가되었다. 이를 통해, 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 첨가량이 3%를 넘어가면 경도에 변화가 생겨 소비자의 기호도에 영향을 주는 것을 알 수 있었

다. 씹음성(chewiness)은 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 3% 첨가한 양갱이 4.85점으로 가장 높게 평가받았으며, 대조군이 4.8점으로 그 다음으로 높은 점수를 받았고 역시 둘 사이의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 6% 첨가 양갱이 4.1점, 12% 첨가 양갱이 3.65점으로 가장 낮은 점수를 받았으며, 이 역시 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 양이 많이 첨가될수록 소비자의 기호도에 부정적인 영향을 주는 것으로 사료되었다. 마지막으로 전체적인 기호도(overall acceptability)는 3% 첨가 양갱이 5.60점으로 가장 높은 점수를 받았으며, 대조군이 5.50점으로 그 다음으로 높은 평가를 받았고 이 둘 사이의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 6-12% 첨가 양갱이 각각 4.4-4.0점으로 낮은 점수를 받았으며, 이 둘 역시 유의적인 차이는 보이지 않았다.

이상의 결과를 정리하여 보면 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 3% 첨가된 양갱은 첨가하지 않은 대조군과 소비자의 기호도 측면에서 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 6-12% 첨가군에서는 큰 차이를 나타냈다. 이를 통해 양갱 제조 시 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 3% 이상이 첨가되면 소비자의 기호도에 부정적인 영향을 줄 것으로 사료되었고, 이러한 관능적인 특성을 고려하였을 때, 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 사용 농도는 3%가 적합할 것으로 판단되었다.

4. 요약

본 연구에서는 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 생리활성 능력을 확인하기 위해 페놀성 추출물을 제조하여 항산화, 항당뇨 효

과를 측정하였다. 꼬리조팝나무 물 추출 분말에 함유된 총페놀 함량은 분말 1g 당 12.73 mg으로 나타났다. 항산화력을 측정하기 위해 DPPH radical 소거능을 측정한 결과, 100, 200 µg/mL TPC 농도에서 모두 약 80% 이상의 높은 효과를 나타내었고, ABTS radical 소거능 또한 동일한 TPC 농도에서 각각 81.59%, 99.80%의 항산화 효과를 나타내어 positive control인 BHT보다 월등히 높은 항산화력을 가지는 것을 알 수 있었다. PF 활성은 100, 200 µg/mL TPC 농도에서 positive control인 BHT와 유사한 수준을 보였고, TBARS 저해능을 측정한 결과 200 µg/mL TPC 농도에서 47.76%의 높은 저해율을 나타내었다. 꼬리조팝나무 페놀성 추출물의 당 분해 효소 저해효과를 확인하기 위한 α-glucosidase 저해능 측정에서는 100, 200 µg/mL TPC 농도에서 각각 15.18%, 28.58%로 농도 의존적인 저해 효과를 나타내었다. 이렇게 항산화 활성과 항당뇨 효능이 우수한 꼬리조팝나무 물 추출 분말을 이용하여 이룰 3, 6, 12% 첨가한 양갱을 제조하여, 양갱의 색도, pH, 당도, 수분 활성도, 기계적 조직감, 관능평가를 실시하였다. 먼저, 양갱의 색도 측정 결과 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 첨가됨에 따라 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*) 모두 감소하였으며, pH와 당도 또한 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 반면에, 수분활성도는 꼬리조팝나무 물 추출 분말이 증가함에 따라 함께 증가하는 결과를 보였다. 기계적 조직감 측정 결과 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성 모두 꼬리조팝나무 물 추출 분말의 양이 첨가됨에 따라 감소하는 결과를 나타내었다. 마지막으로 관능적 특성 평가 중 대부분의 평가 항목에서 3% 첨가 양갱이 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않게 평가되었다. 따라서 꼬리조팝나무 물 추출 분말은 항산화, 당분해 효소 저해 효과가 우수한 것을 확인하였으며, 건강 기능성 식품 소재로의 활용 가능성을 기대할 수 있다.

Funding

None.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Lee DH, Park HJ, Cho YJ. Methodology: Kim MJ, Kim JH, Lee DH. Formal analysis: Kim MJ, Kim MA, Han CW. Validation: Kim MA, Han CW, Cho YJ. Writing - original draft: Kim MA, Park HJ, Cho YJ. Writing - review & editing: Han CW, Kim BO, Park HJ.

Ethics approval

This research was approved by IRB from the institute (approval no. KNU-2024-0537).

ORCID

Min-Ji Kim (First author)

<https://orcid.org/0009-0008-8656-9455>

Jeong-Heon Kim

<https://orcid.org/0009-0000-7916-0936>

Dong-Ho Lee

<https://orcid.org/0009-0005-7281-6820>

Min-A Kim

<https://orcid.org/0009-0005-8401-2707>

Chae-Won Han

<https://orcid.org/0000-0003-1899-9935>

Hye-Jin Park

<https://orcid.org/0000-0001-5682-6539>

Byung-Oh Kim

<https://orcid.org/0000-0003-3951-7245>

Young-Je Cho (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-2365-6294>

References

- Andarwulan N, Shetty K. Phenolic content in differentiated tissue cultures of untransformed and Agrobacterium-transformed roots of anise (*Pimpinella anisum* L.). *J Agric Food Chem*, 47, 1776-1780 (1999)
- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200 (1958)
- Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol*, 52, 302-310 (1978)
- Choi EJ. Antioxidant and antibacterial activity of medicinal plant extract. MS Thesis, Yeungnam University, Korea, p 30-32 (2012)
- Choi HJ. Inhibitory effect of *Gyrophora esculenta* on α-glucosidase. Ph D Thesis, Kyunghee University, Korea, p 1-2 (2000)
- Crozier A, Ashihara H, Tomás-Barbérán F. Teas, Cocoa and Coffee: Plant Secondary Metabolites and Health. Wiley-Blackwell, USA, p 383 (2011)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*, 12, 239-243 (1912)
- Jang YS, Jeong JM. Antioxidative effect and digestive enzyme inhibition of grape seed extract (GSE). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 783-788 (2010)
- Jeong MK. Monitoring the changes of 2,2-diphenyl-1-

- picrylhydrazyl (DPPH) absorbance and oxidation products in thermally oxidized linoleic acid. MS Thesis, Seoul National University, Korea, p 5-6 (2010)
- Kim JH, Lee KS, No JS, Lee SH, Yoo JC. Phenolic compounds from leaves of *Spiraea salicifolia*. Korean J Pharmacogn, 27, 345-349 (1996)
- Kim JI, Kim MJ, Jo HG, Jeong DE, Park HJ, Cho YJ. Anti-oxidation, anti-inflammation, anti-wrinkle, and pore-tightening effects of phenolic compounds from *Aeonium sedifolium* leaves. Korean J Food Preserv, 30, 347-357 (2023)
- Kim KH, Kim YS, Koh JH, Hong MS, Yook HS. Quality characteristics of yanggaeng added with tomato powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 43, 1042-1047 (2014)
- Kim MJ, Park E. Feature analysis of different *in vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 1053-1062 (2011)
- Kim MY. Isolation and identification of antioxidant substances from the stems of butterbur (*Petasites japonicus*). MS Thesis, Dong-A University, Korea, p 21 (2009)
- Kostikova VA, Shaldaeva TM. The antioxidant activity of the Russian Far East representatives of the *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) genus. Russ J Bioorg Chem, 43, 790-794 (2017)
- Kwon GH, Kim MH, Han YS. Quality characteristics and antioxidant activity of yanggaeng added with black ginger (*Kaempferia parviflora*). J Korean Soc Food Sci Nutr, 50, 715-724 (2021)
- Lee CB. Korean Plant Encyclopedia. Hyangmunsa, Korea, p 429 (1989)
- Lim KH. Theory of Medicinal Plant Science. Dongmyungsa, Korea, p 135-136 (1961)
- Lim SB, Park KT, Lee EH, Kim BO, Lee SH, Kang IK, Cho YJ. Quality characteristics and biological activity of Yanggaeng with *Glechoma hederacea* var. *longituba* Nakai powder. Korean J Food Preserv, 24, 206-214 (2017)
- Oh HB, Song KY, Zhang Y, Jung KY, Kim YS. Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds on quality properties of yanggaeng. Korean J Food Nutr, 30, 236-242 (2017)
- Park YH, Lim SH, Kim HY, Park MH, Lee KJ, Kim KH, Kim YG, Ahn YS. Biological activities of extracts from flowers of *Angelica gigas* Nakai. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 1079-1085 (2011)
- Pellegrini N, Re R, Yang M, Rice-Evans C. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. Methods Enzymol, 299, 379-389 (1999)
- Tanaka T, Nakao S. Tanaka's Cyclopedic of Edible Plants of the World. Keigaku Publishing, Japan (1976)
- Tibbot BK, Skadsen RW. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative alpha-glucosidase gene from barley. Plant Mol Biol, 30, 229-241 (1996)
- Tong Y. Natural products research in the modern age. Synth Syst Biotechnol, 5, 314-315 (2020)
- Xu ML, Wang L, Xu GF, Wang MH. Antidiabetic and angiotensin converting enzyme inhibitory activity of *Sonchus asper* (L.) Hill extract. Korean J Pharmacogn, 42, 61-67 (2011)
- Zhao X, Bai Z, Zhan X, Wang J, Cheng Y, Xiao X. Safety evaluation of traditional Chinese medicine: New era, new strategy. Acupunct Herb Med, 4, 171-175 (2024)