

적치커리 추출물의 항산화 및 당대사 관련 효소 활성

최문희 · 김명현 · 한영실*
숙명여자대학교 식품영양학과

Antioxidant and Glucose-Regulating Enzyme Activities of Red Chicory (*Cichorium intybus* L.) Extract

Mun Hee Choi, Myung Hyun Kim, and Young Sil Han*

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

The study investigated the chemical components, antioxidant activities, and glucose-regulating enzyme activities of red chicory (*Cichorium intybus* L.). On a dry weight the contents of moisture, crude protein, crude fat, crude ash, crude fiber, and carbohydrate were 7.36, 28.0, 4.33, 19.63, 10.84 and 40.52%. The contents of mineral were Na (772.39 mg/100 g), K (5,686.03 mg/100 g), Mg (307.48 mg/100 g), Ca (804.94 mg/100 g), Fe (8.61 mg/100 g), and P (1,145.24 mg/100 g). Chlorophyll a, Chlorophyll b, total chlorophyll (793.80, 363.06, 1,156.86 mg/100 g), total carotenoid (171.82 mg/100 g), and anthocyanin (79.49 mg/100 g) contents were measured. Antioxidant activities were analyzed for water and 70% ethanol extract. The polyphenol contents 23.67, 32.58 GAE mg/g, and flavonoid contents were 18.15, 28.76 RE mg/g, respectively. The DPPH scavenging activity IC_{50} was 694.48, 76.12, $\mu\text{g/mL}$, and the ABTS scavenging activity IC_{50} 1,154.90, 566.00 $\mu\text{g/mL}$, respectively. In reducing power, the 70% ethanol extract showed a higher reducing power. In α -glucosidase and α -amylase inhibition activity IC_{50} , the 70% ethanol extract (5.87, 17.91 mg/mL, respectively) showed a higher than water extract (8.87, 100 < mg/mL, respectively). This study is expected to provide basic data for developing functional food ingredients for red chicory.

Keywords: red chicory, *Cichorium intybus* L., chemical components, antioxidant activities, glucose-regulating enzyme activities

서론

최근 건강한 삶에 대한 욕구가 증가함에 따라 식품의 웰빙화, 건강 기능성 식품의 소비 증가와 같은 식생활 문화가 변화하고 있어 기능성 식품산업에 대한 수요와 시장이 확대되고 있다(Woo et al., 2017). 또한, 현대인들이 건강 및 자가면역에 대한 관심이 증가하면서 인체독성을 가지고 있는 합성물질보다 식물성 식품에서 유래된 천연 색소물질, 폴리페놀류, 미네랄 등 건강관리 식품에 대한 수요 또한 높아지고 있다(Han et al., 2004; Rho et al., 2013; Kim et al., 2020).

치커리(*Cichorium intybus* L.)는 국화과에 속하며 전세계에서 재배되고 있다(Perovića et al., 2021). 고대 이집트에서는 치커리는 약재나 커피대체제 등으로 재배되었

고, 우리나라에서는 치커리 잎은 쌈채소, 뿌리는 차로 섭취해왔다(Hong et al., 1998; Wang & Jian, 2011). 치커리에는 쓴맛을 내는 인티빈이 혈관을 강화해주고 소화를 촉진해준다고 알려져 있으며, 치커리 잎에는 비타민 A와 C, 칼륨, 칼슘, 인 등이 함유되어 있어 비타민과 무기질의 좋은 공급원으로 보고되었다(Khalaf et al., 2018; Choi et al., 2020). 치커리에는 항염증, 항고지혈증, 항당뇨, 항암, 항균, 면역증진 효과 등이 있다고 보고되어 의학적으로 중요성이 크다고 알려져 있다(Bahmani et al., 2015; Al-snafi, 2016). 또한, 치커리는 강장작용이 있으며 구토 증상 등에 효과가 있다고 알려져 있어 다양한 약리작용으로 활용되고 있다(Hong et al., 1998).

항산화활성의 주요 요인인 활성산소종(reactive oxygen species: ROS)은 주로 호기성 대사의 결과로 생성되고 약물, 스트레스 혹은 오염물질이나 바이러스 등과 같은 요인으로 생성된다. ROS는 화학적 활성이 매우 높고 불안정한데, 세포막을 이루는 지질이나 단백질 등 생체분자를 공격하여 정상적인 기능을 상실하면 노화로 인한 질환을 유발할 수 있다(Ahn et al., 2022; Kwon et al.,

*Corresponding author: Young-Sil Han, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea.
Tel: +82-2-710-9471; Fax: +82-2-710-9479
E-mail: ygknh5@nate.com
Received July 18, 2022; revised August 12, 2022; accepted August 18, 2022

2022). 따라서, 생체 내 ROS를 효율적으로 조절하고 산화적 스트레스를 경감시킬 수 있는 부작용이 없고 항산화 활성이 뛰어난 천연 항산화제의 개발이 필요하다 (Nam et al., 2015).

당뇨병의 주요 증상은 비정상적으로 높은 혈당치인 대사성 질환으로 환자 수는 전세계적으로 급증하고 있는 추세이다(Yoon & Pyo, 2020). 당뇨병은 기전에 따라 1형과 2형으로 나뉘는데 제1형 당뇨병은 췌장 베타세포 파괴로 인슐린 생성 자체에 문제가 생겨 발생하고 주로 사춘기나 유년기에 발생되어 소아 당뇨병이라고도 부른다. 제2형 당뇨병은 노화나 비만 등의 이유로 인슐린 분비가 부족해지거나 그 기능이 떨어져 발생하며 우리나라 당뇨병의 대부분을 차지한다. 당뇨병은 심각한 만성 합병증을 초래하는데 주로 혈관 손상과 관련되어 망막병증, 심근경색증, 족부 궤양 등 신체 어느 곳에서 합병증을 발생시킬 수 있는 병이다(Ahn & Nutrition, 2016). 당의 효율적인 관리 중 하나는 소화기관에서 탄수화물 분해와 관련된 효소 중 α -glucosidase 및 α -amylase를 억제하여 포도당의 흡수를 지연시켜 식후 혈당 상승을 억제하고, 인슐린 분비반응을 감소시키는 것이다(Ji et al., 2020a). 당뇨병의 치료 방법은 식이요법, 운동요법, 인슐린 투여 방법 등이 있는데 metformin, acarbose, miglitol 등과 같은 경구용 혈당강하제를 사용하기도 한다. 이 약물들은 복부팽만, 설사 등 부작용을 동반하여 사용을 제한하기 때문에 천연 소재를 대상으로한 억제제 개발이 요구되고 있다(Kim et al., 1996; Ji et al., 2020a; Yoon & Pyo, 2020).

치커리 항산화, phytochemical, 항균활성, 페놀산, 일반 성분 연구(Abbas et al., 2015; Khalaf et al., 2018; Zeb et al., 2018), 치커리 뿌리의 기능성연구(Hong et al., 1998) 등의 선행연구에서 다양한 기능성과 생리활성이 보고되었다. 따라서, 적치커리에도 우수한 생리활성 물질을 함유하고 있을 것으로 예상되나 적치커리의 항산화 및 당대사 관련 효소 활성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 동결건조 된 적치커리 분말의 일반 성분 및 phytochemical을 측정하고 추출용매를 달리하여 항산화 및 당대사 관련 효소 활성을 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 적치커리는 2022년 2월 경기도 이천에서 수확한 것으로 구입하여 사용하였다. 적치커리는 세척한 후, 동결 건조(MCFD 8508, Ilshin Bio Base, Yangju, Korea)하였다. 건조된 적치커리는 분쇄기(EV-GB 8000 model, Everhome, Seoul, Korea)로 분쇄하고 30 mesh로 체를 친 후 -40°C 이하 deep freezer (New Brunswick

Scientific Co., Edison, NJ, USA)에서 보관하고 사용하였다.

일반성분 분석

적치커리 분말의 일반성분 분석은 식약처 고시법에 준하여 측정하였다. 동결건조 된 적치커리 가루의 수분함량은 상압가열건조법(MB45 Moisture Analyzer, Ohaus Co., Zurich, Switzerland)으로 측정하였다. 조단백질은 마이크로킬달법 질소정량법을 이용하여 자동증류 및 분석장치(Kjeltec 8400, Foss Co., Slangerupgade, Hillerod, Denmark)로 측정하였고, 조지방은 조지방 추출장치를(Soxtec 8000, Foss Co., Slangerupgade, Hillerod, Denmark) 이용한 에테르(소트렛) 추출법으로 분석하였다. 조회분은 회회분석법을 통해 분석하였고, 조섬유는 조섬유 추출기(Fiber 2000 Ankom technology, Macedon, NY, USA)로 측정하였다. 탄수화물 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 함량을 제외하는 차감법을 이용하여 구하였다.

무기질 함량 분석

적치커리 분말의 무기질 함량은 건강기능식품공전 및 AOAC (1990)에 따라 측정하였다. 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 철, 인 및 칼슘의 함량은 건식분해법으로 실험하였다. 동결건조된 시료 0.7 g을 정량하여 500°C에서 회화한 후, 회분에 염산과 증류수로 희석한 희석액 10 mL를 더하여 6시간 상온 분해하였다. 여과지로 여과한 다음 증류수로 50 mL까지 mass up 하여 시험용액으로 사용하였고, 공시험도 같은 방법으로 처리하였다. 시험 용액에 ICP (Inductively Coupled Plasma, 유도결합플라즈마)법으로 분석하였고, 원소별 분석 파장은 나트륨 589.592 nm, 칼륨 766.490 nm, 마그네슘 285.213 nm, 철 238.204 nm, 인 213.617 nm, 칼슘 317.933 nm로 하여 방출분광분석기(Perkin Elmer, Optima 8300, Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

적치커리 분말의 클로로필 및 총 카로티노이드 함량 측정

적치커리 분말의 클로로필 및 총 카로티노이드 함량은 Chappelle et al. (1992)의 방법을 이용하여 측정하였다. 적치커리 분말 1 g에 DMSO (dimethyl sulfoxide) 20 mL를 가하여 30°C의 압조건에서 24시간 동안 색소를 추출한 후, 10분 간 원심분리(Hanil, Combi-514R, Gimpo, Korea)를 하여 사용하였다. 각 664, 648, 471 nm에서 흡광도(T60UV, PG Instruments, Wibtotf, England)를 측정하였고, 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{g/mL}) = 12.25 \times A_{664} \text{ nm} - 2.79 \times A_{648} \text{ nm}$$

$$\text{Chlorophyll b } (\mu\text{g/mL}) = 21.50 \times A_{648} \text{ nm} - 5.10 \times A_{664} \text{ nm}$$

Total chlorophyll ($\mu\text{g/mL}$) = Chlorophyll a + Chlorophyll b

Total carotenoid = $[1,000 \times A_{470 \text{ nm}} - 1.82 \times (\text{Chlorophyll a}) - 85.02 \times (\text{Chlorophyll b})] / 198$

적치커리 분말의 안토시아닌 함량 측정

적치커리 분말의 안토시아닌 함량은 Hosseinian et al. (2008)의 방법을 이용하여 측정하였다. 분말 1 g에 70% 에탄올 20 mL를 가하여 24시간 색소를 추출한 후, 10분간 원심분리(Hanil, Combi-514R, Gimpo, Korea)를 하여 사용하였다. 각 추출물 0.5 mL에 pH 1.0의 0.025 M potassium chloride 완충액과, pH 4.5의 0.4 M sodium acetate 완충액을 더하여 최종부피를 1 mL로 하였다. 흡광도는 510 nm 및 700 nm에서 각각 측정하였다. 총 안토시아닌의 함량은 cyanidin-3-glucoside의 몰 흡광계수($\epsilon = 26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용해 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

Total anthocyanin content (mg/kg)

= $A \times MW \times D \times 1,000 \div \epsilon \times V$

A (absorbance value) = $(A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})$ at pH 1.0 - $(A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})$ at pH 4.5 MW (molecular weight of cyanidin-3-glucoside) = 449.2

D (dilution factor) = dilution ratio of sample

E (cyanidin-3-glucoside molar absorbance) = $26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

V = final volume of sample

적치커리 추출물의 항산화활성

추출 및 농축

적치커리 분말 10 g에 증량 20배의 증류수와 70%에탄올 용매를 각각 가하여 초음파(KUS-650, KBT Co., Seoungnam, Korea)로 25°C, 300 W에서 20분간 3회 반복 추출하여 여과지로 여과하여 사용하였다. 추출물을 갑압 농축(N-1200A, EyELA Co., Shanghai, China)하여 dry extracts을 제조하여 각 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(Swain & Hillis, 1959)을 이용하여 측정하였다. 추출물 150 μL 을 증류수 2,400 μL 와 2 N Folin-Ciocalteu용액 50 μL 를 넣어 교반한 뒤 3분간 반응시켰다. 이 용액에 1 N sodium carbonate (Na_2CO_3) 300 μL 를 가하여 2시간 동안 암소에 방치한 후 725 nm에서 흡광도(T60UV, PG instruments, Wibtoft, England)를 측정하였다. Total polyphenol 함량은 gallic acid (Sigma, USA)를 표준물질로 사용하여 검량선을 작성한 후 계산하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Davis법(Chang et al., 2002)을 응용하여 측정하였다. 추출물 100 μL 에 99% diethyleneglycol 1 mL와 1 N NaOH 100 μL 를 넣어 교반하고 37°C water bath (Jeong Bio Tech., WBT-10, Incheon, Korea)에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Total flavonoid 함량은 rutin (Sigma-Aldrich Co., USA)을 표준물질로 사용하여 검량선을 작성한 후 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성 측정

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거 활성은 Blois (1958)의 방법을 이용하여 측정하였다. 추출물 900 μL 에 DPPH solution ($1.5 \times 10^{-4} \text{ M}$) 300 μL 를 더하여 교반한 다음 실온에서 30분간 암실에서 방치하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도를 이용하여 다음 식에 의해 DPPH 라디칼 소거활성을 계산하였다. 물 추출물은 250, 500, 750 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 측정하였고, 70%에탄올 추출물은 50, 100, 125 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 측정하였다. 각 실험군의 항산화능을 비교하기 위해 라디칼 소거가 50%를 나타내는 농도인 IC_{50} (The half maximal inhibitory concentration)을 각각 계산하였다.

DPPH radical scavenging activity (%)

= $(1 - \text{sample absorbance/control absorbance}) \times 100$

ABTS 라디칼 소거 활성 측정

2,2-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ABTS 라디칼에 대한 소거 활성은 Re et al. (1999)의 방법을 이용하여 측정하였다. ABTS 7.0 mM와 potassium persulfate 2.45 mM를 증류수에 더하여 12시간 동안 반응시켜 라디칼을 생성시켰다. 이 용액을 734 nm의 흡광도를 이용하여 0.70 ± 0.02 가 되도록 PBS buffer로 희석하였다. ABTS⁺ solution 900 μL 와 희석한 추출물 100 μL 를 넣어 교반하여 1분 간격으로 흡광도를 측정하였다. 물 추출물은 750, 1,000, 2,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 측정하였고, 70%에탄올 추출물은 250, 500, 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 측정하였다. 각 실험군 항산화능을 비교하기 위해 라디칼 소거가 50%를 나타내는 농도인 IC_{50} 을 각각 계산하였다.

ABTS radical scavenging activity (%)

= $(1 - \text{sample absorbance/control absorbance}) \times 100$

환원력 측정

환원력은 Oyaizu (1986)의 방법을 이용하여 측정하였다. 증류수에 용해한 추출물 1 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 1 mL와 1% potassium ferri-

cyanide 1 mL를 가한 다음 50°C water bath에서 20분간 반응시켰다. 10% Trichloroacetic acid 1 mL 첨가하고 상등액 1 mL와 증류수 1 mL와 혼합한 다음 0.1% Ferric chloride 0.2 mL를 가하였다. 700 nm에서 흡광도(T60UV, PG instruments, England)를 측정하여 환원력을 나타내었고, 추출물 및 양성대조군은 500, 1,000, 2,000 µg/mL 농도에서 측정하였다.

당대사 관련 효소 활성

α -Glucosidase 저해 활성

α -Glucosidase 저해 활성 측정은 Zhu et al. (2008)의 방법을 이용하여 측정하였다. 효소는 효모로부터 얻어진 α -glucosidase를 사용하였고 기질은 p-NPG를 사용하여 p-nitrophenol 생성량을 측정하였다. 농도 1 unit/mL로 제조된 효소 α -glucosidase 10 µL에 시료 200 µL를 첨가하여 37°C에서 5분간 보관한 후 1 mM p-NPG를 200 µL 가하여 혼합한 다음 37°C에서 20분간 반응시켰다. 1 N NaOH 500 µL를 넣어 반응을 중지시키고 50 mM phosphate buffer (pH 6.8)로 최종 부피를 1,500 µL가 되도록 가하여 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군은 acarbose를 사용하였으며, 5, 7.5, 10 mg/mL 농도에서 측정하였다. 효소의 저해 활성은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율로 나타내어 IC₅₀ 값으로 산출하였다.

α -Glucosidase inhibition activity (%)

$$= 1 - (\text{sample absorbance/control absorbance}) \times 100$$

α -Amylase 저해 활성 측정

α -Amylase 저해 활성 측정은 Bhandari et al. (2008)의 방법을 통해 측정하였다. Pancreatin 유래 α -amylase 저해활성은 1 unit/mL의 효소농도를 가진 α -amylase를 사용하였고, 기질은 starch를 사용하여 측정하였다. 0.01 M CaCl₂를 함유하는 0.5 M tris HCl buffer에 starch azure를 현탁 시켜 100°C에서 5분간 끓여 제조한 기질 용액을 37°C에서 보관하여 실험에 사용하였다. 증류수에 용해한 시료 0.2 mL와 α -amylase 0.2 mL를 가한 후 기질 starch azure용액 0.3 mL를 가하고 반응을 종결시킨 후 원심분리(4°C, 3,000 rpm, 5 min)하여 595 nm에서 상층액의 흡광도를 측정하였다. 양성대조군은 acarbose를 사용하였으며, 물 추출물은 50, 100, 125 mg/mL, 70%에 탄올은 12.5, 20, 25 mg/mL의 농도에서 측정하였다. 모든 효소의 저해 활성은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율로 나타내어 IC₅₀ 값으로 산출하였다.

α -Amylase inhibition activity (%)

$$= 1 - (\text{sample absorbance/control absorbance}) \times 100$$

통계처리

모든 실험은 SPSS program (Statistical Analysis Program, version 25, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 나타냈다. 각 실험군 간의 유의성을 확인하기 위해 one-way ANOVA를 실시하여 분석하였다. 유의성이 있는 경우 사후검증을 통해 다중범위검정 (Duncan's multiple range test)을 실시하였다($p < 0.05$). 모든 실험은 3회 반복 측정한 뒤 평균과 표준편차로 나타났다. 상관관계 분석은 Pearson 계수로 유의성을 검증하여 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 무기질 함량

동결 건조한 적치커리 분말의 일반성분 함량을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 수분함량은 7.36%, 조단백은 28.00%, 조지방은 4.33%, 조회분은 19.63%, 조섬유는 10.84% 탄수화물은 40.52%였다. 쌈채소의 일반성분 중 조단백은 15.26-28.33%, 조지방은 2.38-12.23%, 조회분은 15.37-20.65%, 탄수화물 36.3-65.42%으로 나타나 적치커리의 일반성분도 이와 유사한 구성성분으로 나타났다(Kim & Kim, 2004). 총 식이섬유는 32.61-41.22%로 나타났으며, 비식자화과 쌈채소 11종 중 치커리의 총 식이섬유가 가장 많다고 보고되었다(Kim & Kim, 2004). 국내산 식물성 식품연구에서 건조된 분말의 조섬유 함량은 각각 신선채소류 0.35-2.61%, 가공채소류 0.97-20.96%, 과일류 0.10-0.79%여서 적치커리 분말의 조섬유는 다른 채소 및 과일류와 비교하였을 때 식이섬유 함량이 높은 편임을 알 수 있었다(Lee & Lee, 1993). 치커리 종류 중 하나인 건조된 treviso의 일반성분은 조단백 20.61%, 조지방 5.48%, 조회분 16.74%로 보고되어 본 연구에서 사용된 적치커리와 비교하였을 때 조단백 함량이 더 높았고 비교적 비슷한 함량을 보였다(Kim & Kim, 2004).

동결건조한 적치커리 분말의 무기질을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 나트륨 772.33 mg/100 g, 칼륨 5,686.03 mg/100 g, 마그네슘 308.48 mg/100 g, 칼슘 804.94 mg/100 g, 철 8.61 mg/100 g, 인 1,145.24 mg/100 g의 함량

Table 1. Proximate composition of *Cichorium intybus* L. powder, per dry basis

Composition	Contents (%)
Moisture	7.36±0.25
Crude protein	28.00±0.30
Crude fat	4.33±0.28
Crude ash	19.63±0.14
Crude fiber	10.84±0.21
Carbohydrate	40.52±0.20

All values are mean±S.D. (n=3).

Table 2. Mineral contents of *Cichorium intybus* L. powder, per dry basis

Mineral	Contents (mg/100 g)
Na	772.33±9.81
K	5,686.03±17.18
Mg	308.48±1.09
Ca	804.94±1.25
Fe	8.61±0.50
P	1,145.24±2.33

All values are mean±S.D. (n=3).

으로 그 중 칼륨을 가장 많이 함유하고 있었다. Kim (2022)에 따르면 동결건조한 자색케일의 무기질 함량은 100 g당 나트륨 179.99 mg, 칼륨 1,269 mg, 마그네슘 362.04 mg, 칼슘 1897 mg, 철 7.98 mg, 인 483.06 mg으로 함유되어 있었다. 건조한 고려 영경귀 연구에서 무기질 함량은 100 g 당 칼륨 3401 mg, 마그네슘 401.56 mg, 칼슘 1,476 mg, 철 27.42 mg, 인 205.47 mg로 다른 식품과 비교하였을 때 칼륨과 인 함량이 높았고, 적치커리의 무기질 함량이 대체로 높은 것을 확인할 수 있었다(Lee et al., 2014). 칼륨은 에너지 대사, 혈압유지, 산과 알칼리 평형유지, 세포막의 운반작용 등의 역할을 하고 인은 체내에서 인지질 구성, 인산화 과정, 세포의 성장, 조효소 구성 요소 등에 관여해 인체 중요한 생리작용 역할을 담당하고 있다(Suter 1998; Lee et al., 2012).

Phytochemical 함량

클로로필 및 총 카로티노이드 함량

식품 고유의 색을 나타내는 페놀화합물은 클로로필계 색소인 녹색계열, 카로티노이드계 색소인 적색계열, 안토시아닌계 색소인 적자색과 흑색계열 및 플라보노이드계 색소인 황색계열로 나눌 수 있으며 인체에 해로운 자유라디칼을 환원시켜 천연 항산화제 역할을 한다(Kühnau, 1976). Phytochemical은 식물이 외부환경으로부터 자신을 보호하려는 목적에서 생성하는 물질을 말하는데, 색이 화려하고 질을수록 많이 함유되어 있다(Son, 2012).

클로로필은 식물에 분포하는 녹색의 천연색소로 카로티노이드와 함께 단백질, 지방질, 지단백질과 결합한 상태로 존재한다(Bowers, 1992). 적치커리의 클로로필 함량과 총 카로티노이드 함량은 Table 3와 같다. 클로로필은 녹색 색소로 채소나 과일의 신선함을 나타내는 지표이고 식욕증진, 상처치료, 조혈기능, 간 기능 증진작용 등이 있다(Lee et al., 2005). 육지식물 내에는 클로로필 a, b 두 종류로 존재하고 클로로필 a는 청록색, 클로로필 b는 황록색을 나타낸다(Lee et al., 2005). 적치커리의 클로로필 a는 793.80 mg/100 g이고, 클로로필 b는 363.06 mg/100 g 함량으로 나타나 총 클로로필 함량은 1,156.86 mg/100 g으로 나타났다. 클로로필이 다량 함유되었다고

Table 3. Phytochemical components of *Cichorium intybus* L. powder, per dry basis

	Contents (mg/100 g)
Chlorophyll	Chlorophyll a content 793.80±8.76
	Chlorophyll b content 363.06±44.76
	Total chlorophyll content 1,156.86±41.08
Total carotenoid content	171.82±4.65
Total anthocyanin content	79.49±10.39

All values are mean±S.D. (n=3).

보고된 부추의 총 클로로필 함량은 762.54-798.00 mg%로 보고되었고, 시금치의 클로로필 a는 698 mg%, 클로로필 b는 249 mg%, 총 클로로필은 947 mg%로 적치커리는 다량의 클로로필이 함유한 것으로 나타났다(Schwartz & Lorenzo, 1990; Kwak et al., 1998).

카로티노이드는 자연에 널리 분포되어 있는 노란색, 주황색, 빨간색을 나타내는 지용성색소이다. 주로 식물에서 카로티노이드는 chloroplast속에 존재하고 피부노화, 안과질환 예방, 항암효과 등이 있으며 강력한 활성산소 소거제 중 하나로 알려져 있다. 카로티노이드는 인체에서 생합성 하지 못해 음식을 통해 얻어야하고 카로티노이드 색소 중 β -carotene 등은 체내에서 비타민 A로 전환되는 provitamin A로 알려져 있다(Jo & Jung, 2000; Park et al., 2015). 적치커리의 총 카로티노이드 함량은 171.82 mg/100 g으로 나타났다. Zeb et al. (2018)의 연구에 의하면 치커리에 있는 카로티노이드는 neoxanthin, violaxanthin, lutein, β -carotene 등이 있는데 β -carotene 함량이 가장 많다고 보고되어 적치커리도 카로티노이드 중 β -carotene 성분이 가장 다량으로 함유할 것으로 예상된다. Raju et al. (2007)의 연구에 따르면 총 카로티노이드 함량은, 인디언 시금치는 191.64 mg/100 g, 고수는 166.32 mg/100 g, 인디언 상추는 164.68 mg/100 g, 비트 그린 잎은 52.4 mg/100 g, 브로콜리는 10.32 mg/100 g로 나타나 본 연구에 사용된 적치커리의 카로티노이드 함량은 대체로 높은 편임을 확인할 수 있었다.

안토시아닌 함량

안토시아닌 색소는 자연계에 존재하는 수용성 색소 중 가장 큰 그룹을 이루고 있으며 고등식물에 함유되어 붉은색, 자주색, 푸른색 등을 띠고 있다(Park et al., 2015). 강한 항산화 활성과 항 돌연변이 활성 등의 효과로 보고되어 있다. 적치커리 안토시아닌 함량은 Table 3와 같다. 적치커리의 안토시아닌 함량은 79.49 mg/100 g으로 나타났다. 치커리 종류 중 treviso 치커리의 안토시아닌 함량은 43.68-72.77 mg/100 g으로 보고되어 본 연구에서 사용된 적치커리의 안토시아닌 함량이 더 많은 것으로 나타났다(Migliorini et al., 2019). Lavelli (2008)의 연구에

따르면 이탈리아산 적치커리의 안토시아닌 함량은 564-1,354 mg/kg으로 보고되어 본 연구에서 사용된 적치커리의 안토시아닌 함량과 비슷한 수준을 나타냈다. 치커리마다 안토시아닌 함량에 차이가 있는 것은 품종, 계절적 변화, 성숙 단계 등과 같은 요인과 관련이 있을 것으로 예상된다(Migliorini et al., 2019). Mulabagal et al. (2009)의 연구에서 치커리 잎이 함유하고 있는 주요 안토시아닌은 cyanidin-3-O-(6-malonyl-β-glucopyranoside)으로 보고되어 적치커리 또한 같은 안토시아닌 계열이 구성되어 있을 것으로 생각된다. 국화과에 속하는 적치마상추의 안토시아닌 함량은 37.3 mg/100 g을 함유하고 있어 적치마상추보다 적치커리의 안토시아닌 함량은 더 높은 것으로 확인되었다(Park et al., 2015).

항산화활성

추출 수율, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량

적치커리 추출물의 추출 수율을 측정한 결과 적치커리 물 추출물의 추출 수율은 20.33%로 나타났으며, 70%에탄올의 추출 수율은 34.23%로 나타나 물 추출물 보다 70%에탄올 추출 수율이 더 높게 나타났다($p < 0.001$, Table 4). 이는 추출 용매의 극성이 높을수록 추출 수율이 비교적 높은 것을 볼 수 있는데, 이는 순수한 물을 용매로 사용할 때 보다 에탄올이 첨가될 경우 지용성 성분이 추가로 용출되어 나타난 결과로 보고되었다(Lee et al., 2008).

총 폴리페놀 함량 실험은 폴리페놀의 강력한 산화력을 가지는 산화, 환원 반응을 이용한 것으로 환원된 청색으로 색이 변하는 현상을 이용한 것이다(Park et al., 2022). 식물계에 널리 분포되어 있는 페놀성 화합물은 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방향족 화합물들의 총칭으로 단백질 및 거대분자들과 쉽게 결합할 수 있고, 산화, 항균, 항암 작용 등의 다양한 생리활성을 나타낸다(Joo, 2013). 적치커리 물과 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 Table 4와 같다. 물 추출물의 총 폴리페놀 함량은 23.67 mg GAE/g이고, 70%에탄올 추출물에서는 32.58 mg GAE/g로 물 추출물

보다 70%에탄올 추출물에서 높은 함량을 나타냈다($p < 0.001$, Table 4). 물 추출물의 총 플라보노이드 함량은 18.15 mg RE/g이고, 70%에탄올 추출물은 28.76 mg RE/g로 물 추출물보다 높은 함량을 나타냈다($p < 0.001$, Table 4). 치커리의 총 폴리페놀 함량은 85.00 mg GAE/g으로 적치커리보다 다소 높은 함량을 나타냈고, 총 플라보노이드 함량은 6.82 mg RE/g DW로 적치커리가 치커리와 비교하여 다량 함유하고 있는 것으로 나타났다(Abbas et al., 2015). 국화과에 속하는 식물의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 국화(21.93 mg GAE/g, 28.35 RE mg/g), 민들레(11.52 mg GAE/g, 24.26 RE mg/g), 엉겅퀴 아재비(16.85 mg GAE/g, 26.91 RE mg/g)로 본 연구에서 사용된 적치커리와 비슷함 함량을 나타냈다(Liu et al., 2008). 치커리 잎에는 chicoric acid 성분이 약 370 mg/kg으로 풍부하게 들어있고, gallic acid, caffeine, e-vanillic acid, ellagic acid 등의 페놀산, rutin, hyperoside, luteolin 등의 플라보노이드가 함유되어 있다고 보고되었다(Perovic et al., 2021; Yan M et al., 2022). Kenny et al. (2014) 연구에 따르면 국화과에 속하는 8종의 식물의 총 폴리페놀을 비교한 결과 모두 물 추출물 보다 에탄올 추출물이 약 3-11배 더 높은 함량을 나타내 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 70%에탄올 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높게 나타난 것은 폴리페놀 성분은 분자 내에 여러 개 페놀 수산기를 가진 식물성 성분으로 극성을 띠고 있고 에탄올 또한 극성을 띠고 있는 용매여서 더 용이하게 추출된 것으로 생각된다(Li et al., 2017).

DPPH & ABTS 라디칼 소거 활성

DPPH 라디칼 소거 측정은 DPPH가 항산화 활성을 가진 물질에 의해 환원되어 자색이 없어지는 정도를 측정하는 방법이다(Blois, 1958). IC₅₀값은 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 농도로, IC₅₀값이 낮을수록 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성이 높다고 평가한다. 적치커리의 물과 70%에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성 IC₅₀은 694.48 μg/mL, 76.12 μg/mL으로 에탄올 추출물이 더 높은 라디칼 소거 활성을 보였다($p < 0.001$, Table 5). 적치커리의 물과 70%에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성 IC₅₀은 1154.90 μg/mL, 566.00 μg/mL으로 에탄올 추출물이 더 높은 라디칼 소거 활성을 보였다($p < 0.001$, Table 5). 양성대조군인 ascorbic acid와 trolox의 DPPH 라디칼 소거 활성 IC₅₀은 2.34 μg/mL, 3.93 μg/mL으로 나타났고, ABTS 라디칼 소거 활성 IC₅₀은 31.35 μg/mL, 40.93 μg/mL으로 나타났다($p < 0.001$). Abbas et al. (2015) 연구에서는 치커리의 hydroalcoholic 추출물에서 DPPH IC₅₀은 67.27 μg/mL로 본 실험과 비슷한 결과를 나타냈다. 국내 유통 채소류 275건에 대한 DPPH 라디칼 소

Table 4. Yield, total polyphenol, and total flavonoid content of *Cichorium intybus* L. extract

	Yield (%)	Total polyphenol content (GAE ¹⁾ mg/g)	Total flavonoid content (RE ²⁾ mg/g)
Deionized water	20.33±2.52 ^b	23.67±0.16 ^b	18.15±0.38 ^b
70% ethanol	34.23±3.72 ^a	32.58±0.27 ^a	28.76±0.29 ^a

¹⁾GAE: gallic acid equivalent.

²⁾RE: rutin equivalent.

All values are mean±S.D. (n=3).

Different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Table 5. DPPH & ABTS radical scavenging activity of *Cichorium intybus* L. extract

	DPPH radical scavenging activity IC ₅₀ (μg/mL)	ABTS radical scavenging activity IC ₅₀ (μg/mL)
Deionized water	694.48±18.31 ^a	1154.90±8.57 ^a
70% ethanol	76.12±1.13 ^b	566.00±9.82 ^b
Ascorbic acid	2.34±0.20 ^c	31.35±0.80 ^c
Trolox	3.93±0.11 ^c	40.93±2.55 ^c

All values are mean±S.D. (n=3).

Different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

거 활성 IC₅₀은 0-2.43 mg/mL으로 측정되어 적치커리의 높은 항산화 활성 확인할 수 있었다(Suh et al., 2013). Denev et al. (2014)의 연구에 따르면 치커리 뿌리의 DPPH & ABTS 라디칼 소거활성 결과도 물보다 에탄올 추출물이 활성이 더 높은 것으로 나와 본 연구결과와 유사한 결과를 보였다. 국화과에 속하는 식물 8종의 DPPH 라디칼 소거 활성 IC₅₀은 물 추출물과 에탄올 추출물에서 각각 0.483-2.458 mg/mL, 0.029-0.161 mg/mL의 결과를 보여 에탄올 추출물이 높은 라디칼 소거 활성을 보였고, IC₅₀을 비교하였을 때도 본 연구에 사용된 적치커리가 항산화 활성이 비교적 높은 편임을 확인하였다(Kenny et al., 2014). Lee (2021)의 연구에 따르면 찹쌀소 중 하나인 참당귀의 ABTS 라디칼 소거활성은 1 mg/mL 농도에서 물 추출물에서 12.70%, 70%에탄올 추출물에서 28.73%의 소거활성을 나타냈다. 물 추출물보다 70%에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성이 더 높은 것으로 확인되어 본 연구와 유사한 결과를 보였다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성 측정법에는 차이가 있는데, DPPH는 자유 라디칼이고, ABTS는 양이온 라디칼이어서 이들과 결합하는 페놀물질 종류에도 차이가 있어 실험결과 값에도 차이가 있는 것으로 보인다(Wang et al., 1998).

환원력 측정

환원력은 체내에 생성된 활성산소와 과산화지질을 제거하여 성인병을 예방하고, 환원반응을 통한 체내 항산화성을 유지하는 능력이 높을수록 그 이용 가치가 크다. 환원력은 활성산소종과 유리기에 전자를 공여하는 능력을 말하며, ferric-ferricyanide (Fe³⁺) 혼합물이 수소를 공여하여 ferrous (Fe²⁺)로 환원력을 측정하여 시료의 환원력이 강할수록 진한 녹색에 가깝게 발색되어 높은 흡광도 값을 나타내는 방법이다(Sa et al., 2010). 물과 에탄올의 농도별 환원력 측정 결과는 Fig. 1과 같으며, 대조구는 ascorbic acid와 trolox를 사용하였다. 적치커리 물 추출물, 70%에탄올 추출물, ascorbic acid와 trolox의

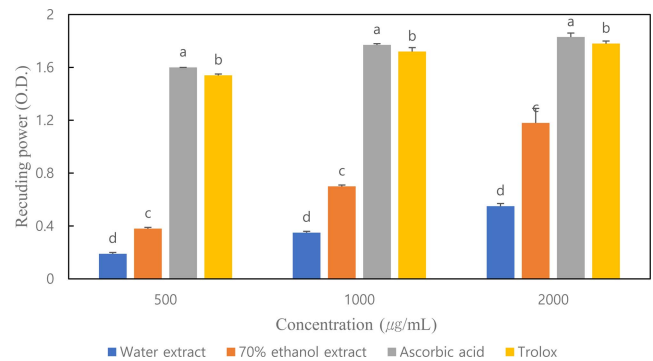


Fig. 1. Reducing power of *Cichorium intybus* L. extracts. Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

500 μg/mL 농도에서 환원력의 흡광도(O.D) 값은 0.19, 0.38, 1.6, 1.54였고, 1,000 μg/mL 농도에서 O.D 값은 각각 0.35, 0.7, 1.77, 1.72이었고, 2,000 μg/mL에서의 O.D 값은 0.55, 1.18, 1.83, 1.78로 보였다. 적치커리의 환원력은 농도가 증가할수록 환원력이 증가함을 확인할 수 있었다($p < 0.001$). 국화과인 떡쭉 연구에서도 모든 건조 및 추출 방법에서 물보다 에탄올 추출물에서 더 높은 환원력 결과를 보였다(Kim et al., 2015). 환원력은 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량과 유사한 경향을 보였는데 식물로부터 추출된 페놀류의 화합물은 산화방지 활성을 가지고, 이는 주로 산화 환원력에 의한 것이라고 보고하였다(Osawa, 1994).

당대사 관련 효소 활성

α -Glucosidase 및 α -amylase 저해 활성 측정

당의 분해에 α -glucosidase와 α -amylase는 관여하는 효소이고 전분과 글리코겐 소화에 중요하며 식후 포도당 농도를 조절하는데 중요한 역할을 한다. 전분은 α -amylase에 의해 maltose와 dextrin으로 분해되며, 이후에 α -glucosidase가 포도당으로 전환시켜 혈당 수준을 높인다(Tan et al., 2017). 제2형 당뇨병 치료에서 α -glucosidase 및 α -amylase의 억제제는 식후 혈당을 조절하는 효과적인 방법이다(Ji et al., 2020a) 적치커리 추출물의 α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성을 측정한 결과는 Table 6와 같다. 적치커리 물과 70%에탄올 추출물의 α -glucosidase IC₅₀은 각각 8.87, 5.87 mg/mL였고 α -amylase IC₅₀은 100 mg/mL 이상, 17.91 mg/mL의 결과를 보였다. Ji et al. (2020a)은 α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성은 배초향의 물 추출물 보다 70%에탄올 추출물에서 저해활성이 더 높다고 보고하였고 농도 의존적으로 저해활성 또한 높아진다고 하였다. Dalar & Konczak (2014) 연구에 따르면 치커리 에탄올 추출물 α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성은 각각 4.25, 18.3 mg/mL로 본 연구 결과와 비슷한 결과를 보였다. 치커리의 chicoric acid 성

Table 6. α -Glucosidase & α -amylase inhibitory activities of *Cichorium intybus* L. extract

	α -Glucosidase IC ₅₀ (mg/mL)	α -Amylase IC ₅₀ (mg/mL)
Deionized water	8.87±0.58 ^a	100 > ^a
70% ethanol	5.87±0.78 ^b	17.91±0.27 ^b
Acarbose	0.16±0.01 ^c	0.25±0.01 ^c

All values are mean±S.D. (n=3).

Different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

분이 α -glucosidase 저해활성과 관련이 있고, 전통적으로 치커리는 당뇨병을 조절하기 위해 사용하였다고 보고하였다. 국화과인 선썸바귀 추출물 연구에서도 물 보다 70%에탄올 추출물의 활성이 높아 본 연구와 유사한 결과를 보였다(Ji et al., 2020b). 고추 중에 α -glucosidase 활성이 높고 식사 후 혈당이 급격히 상승하는 것을 방지하여 당뇨병 예방하는데 도움이 된다고 보고된 당조고추와 미인고추의 α -glucosidase 저해활성 IC₅₀은 각각 25.0, 13.6 mg/mL으로 적치커리의 α -glucosidase 저해활성이 더 높은 것을 확인할 수 있었다(Kye et al., 2020).

상관관계 분석

적치커리 추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, 항산화 및 당대사 관련 효소 활성 간의 상관관계가 있는지 보았다(Table 7). DPPH & ABTS 라디칼 소거 활성, α -glucosidase & α -amylase 저해 활성 측정은 IC₅₀으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량과 환원력은 각각 $r=1.000, 0.986$ ($p<0.001$)로 높은 양의 상관관계를 나타내었고, 총 폴리페놀과 DPPH & ABTS 라디칼 소거 활성, α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성은 모두 $-0.998, -0.998, -0.923, -0.991$ ($p<0.01, p<0.001$)로 높은 음의 상관관계를 보였다. Katsube et al. (2004)

의 연구에서도 폴리페놀 함량은 라디칼 소거와 높은 상관관계를 보인다고 하였는데 본 실험에서도 폴리페놀과 모든 항산화 실험들 간에 유의적으로 매우 높은 상관관계를 보여 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 항산화 활성에도 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 총 플라보노이드와 DPPH & ABTS 라디칼 소거 활성, α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성은 모두 $-0.997, -0.997, -0.919, 0.988$ ($p<0.01, p<0.001$)로 높은 상관관계를 보였다. Tadera et al. (2006)의 연구에서 플라보노이드 함량과 α -glucosidase 저해활성이 상관관계가 있으며, 특히 페놀 함량과 α -amylase은 상관관계가 높게 난다고 하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타냈다. DPPH 라디칼 소거 활성 IC₅₀과 ABTS 라디칼 소거 활성 IC₅₀, 환원력 α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성은 $1.000, -0.978, 0.944, 0.997$ ($p<0.01, p<0.001$)로 높은 상관관계를 띠었고, ABTS 라디칼 소거 IC₅₀과 환원력, α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성은 $-0.976, 0.945, 0.995$ ($p<0.01, p<0.001$)로 높은 상관관계를 띠었다. 결과적으로 적치커리 추출물은 항산화활성과 항당뇨 저해활성 간에 모두 높은 상관관계를 나타냈다.

요 약

본 연구는 추출용매를 달리하여 적치커리의 생리활성을 알아보려고 항산화 및 당대사 관련 효소 활성을 측정하였다. 또한, 적치커리의 일반성분, 무기질 및 phytochemical을 분석하여 식품소재로서의 이용가능성을 알아보려고 하였다. 쌈채소 중 국내 활용가치가 높은 채소 국내 활용가치가 높은 채소인 적치커리의 고부가가치를 만들고 가공식품으로 기초자료로 삼고자 하고 본 연구를 진행하였다.

적치커리의 일반성분 함량은 수분 7.36%, 조단백,

Table 7. The correlation coefficients antioxidant and glucose-regulating enzymes activities *Cichorium intybus* L.

	TPC ¹⁾	TFC ²⁾	DPPH ³⁾	ABTS ⁴⁾	RP ⁵⁾	GLU ⁶⁾	AML ⁷⁾
TPC ¹⁾							
TFC ²⁾	1.000***						
DPPH ³⁾	-0.998***	-0.997**					
ABTS ⁴⁾	-0.998***	-0.997***	1.000***				
RP ⁵⁾	0.986***	0.986***	-0.978***	-0.976***			
GLU ⁶⁾	-0.923**	-0.919**	0.944**	0.945**	-0.870*		
AML ⁷⁾	-0.991**	-0.988**	0.997***	0.995***	-0.969**	0.941**	

¹⁾TPC: total polyphenol content

²⁾TFC: flavonoid content

³⁾DPPH: DPPH radical scavenging activity IC₅₀

⁴⁾ABTS: ABTS radical scavenging activity IC₅₀

⁵⁾RP: reducing power

⁶⁾GLU: α -glucosidase inhibition activity IC₅₀

⁷⁾AML: α -amylase inhibition activity IC₅₀

A significant difference at * $p<0.05$, ** $p<0.01$ and *** $p<0.001$.

28.00%, 조지방 4.33%, 조회분 19.63%, 조섬유 10.84%, 탄수화물 40.52%로 나타났다. 적치커리의 무기질 함량은 100 g 당 나트륨 772.39 mg, 칼륨 5,686.03 mg, 마그네슘, 307.48 mg, 칼슘 804.94 mg, 철 8.61 mg, 인 1,145.24 mg 을 함유하고 있었다. 적치커리의 클로로필 a, 클로로필 b 및 총 클로로필 함량은 각각 793.80, 363.06, 1,156.86 mg/100 g, 총 카로티노이드는 171.82 mg/100 g, 안토시아닌 함량은 79.49 mg/100 g으로 나타났다. 적치커리의 물과 70%에탄올 추출물의 항산화 활성은 총 폴리페놀은 각각 23.67, 32.58 GAE mg/g, 총 플라보노이드 함량은 18.15, 28.76 RE mg/g을 함유하고 있었다. DPPH & ABTS 라디칼 소거 활성 IC₅₀은 물 추출물에서 각각 694.48, 1,154.90 µg/mL였고, 70%에탄올 추출물에서는 각각 76.12, 566.00 µg/mL의 활성을 보였다. 환원력에서는 농도가 증가할수록 환원력이 높은것으로 나타났으며, 70%에탄올 추출물이 더 높은 환원력을 보였다. α-Glucosidase와 α-amylase 저해활성 IC₅₀에서는 물 추출물에서 8.87 mg/mL, 100 mg/mL 이상 에탄올 추출물에서는 5.87 mg/mL, 17.91 mg/mL의 결과를 보였다.

따라서, 모든 항산화와 당대사 관련 효소 저해활성 실험에서 물보다 70%에탄올 추출물이 더 높은 활성을 보였고, 적치커리의 생리활성이 우수하여 천연 색소 및 항산화 소재로 활용가능한 자원임을 확인하였다. 이로써 본 연구는 기초 연구 자료로 적치커리의 기능성 식품개발 및 특산물 발전 등의 이용가능성을 증진시킬 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다. 이를 토대로 적치커리를 활용한 다양한 식품모델 연구와 세포주 모델을 활용한 항당뇨, 항암, 항균 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

References

- Abbas ZK, Saggi S, Sakeran MI, Zidan N, Rehman H, Ansari AA. 2015. Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chicory (*Chichorium intybus* L.) leaves. Sudi. J. Biol. Sci. 22: 322-326.
- Ahn CW, Nutrition team in Gangnam severance hospital. 2016. One Meal a Day Diabetes Meal. Chung-Ang Books, Seoul, Korea, pp. 21-27.
- Ahn YH, Gwon MJ, Lee HJ, Choi SH, Kwon SC. 2022. Antibacterial and antioxidant activity of rose extract according to the extraction method. J. Korea Acad. Ind. Cooper. Soc. 23: 440-449.
- Al-snafi AE. 2016. Medical importance of *Chichorium intybus*-a review. IOSR J. Pharm. 6: 41-56.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis of AOAC. Association of Official Analysis Chemists, Arlington, VA, USA.
- Bahman M, Shahinfard N, Rafieian-Kopaei M, Saki K, Shahasvari S, Taherikalani M, Ghafourian, S, Baharvand-Ahmadi B. 2015. Chicory: A review on ethnobotanical effects of *Chichorium intybus* L. J. Chem. Pharm. Sci. 8: 672-682.
- Bhandari MR, Anurakkun NJ, Hong G, Kawabata J. 2008. α-Glucosidase and α-amylase inhibitory activities of Nepalese medicinal herb Parkhanbhed (*Bergenia ciliata*, Haw.). Food Chem. 106: 247-252.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical., Nature 181:1199-1200.
- Bowers J. 1992. Food theory and applications. Macmillan Publishing Company, NY, USA, p. 726-729.
- Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chen JC. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods J. Food Drug Anal. 10: 178-182.
- Chappelle EW, Kim MS, McMurtrey JE. 1992. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): An algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. Remote Sens. Environ. 39: 239-247.
- Choi HJ, Kim DH, Kim SY, Baek SY, Kim SJ, Kim MR. 2020. Quality characteristics and antioxidant activities of 'Sulgidduk' added with chicory powder during storage. Korean J. Food Preserv. 27: 523-533.
- Dalar A, Konczak. 2014. *Chichorium intybus* from Eastern Anatolia: Phenolic composition, antioxidant and enzyme inhibitory activities. Ind. Crop Prod. 60: 79-85.
- Denev P, Petkova N, Ivanov I, Sirakov B, Vrancheva R, Pavlov A. 2014. Determination of biologically active substances in taproot of common chicory (*Chichorium intybus* L.). Scientific Bulletin. Series. F. Biotechnologies 18:124-129.
- Han JH, Song YJ, Park SH. 2004. Development of drink from composition with medicinal plants and evaluation of its physiological function in aorta relaxation. Korean J. Oriental Physiology & Pathology 1: 1078-1082.
- Hosseinian FS, Li W Beta T. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. Food Chem. 10: 916-924.
- Hong MJ, Lee GD, Kim HK, Kwon JH. 1998. Changes in functional and sensory properties of *Chicory* Roots induced by roasting processes. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 413-418.
- Ji YJ, Lee EY, Lee YJ, Lee JY, Lee SE, Seo KH, Kim HD. 2020. Antioxidant and anti-diabetic effects of *Agastache rugosa* extract. J East Asian Soc. Diet. Life 30: 297-305.
- Ji YJ, Lee EY, Lee YJ, Lee JY, Lee SE, Seo KH, Kim HD. 2020. Antioxidant and anti-diabetic effects of *Ixeris strigosa* extract. J. Nutr. Health 53: 244-254.
- Jo JO, Jung IC. 2000. Changes in carotenoid contents of several green-yellow vegetables by blanching. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 17-21.
- Joo SY. 2013. Antioxidant activities of medicinal plant extracts. J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr. 42: 512-519.
- Katsube T, Tabata H, Ohta Y, Yamasaki Y, Anuurad E, Shiwaku K, Yamane Y. 2004. Screening for antioxidant activity in edible plant products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and folin-ciocalteu assay. J. Agric. Food Chem. 52: 2391-2396.
- Kenny O, Smyth TJ, Walsh D, Kelleher CT, Hewage CM, Brunton NP. 2014. Investigating the potential of under-utilised plants from the Asteraceae family as a source of natural antimicrobial and antioxidant extracts. Food Chem. 161: 79-86.
- Khalaf HA, El-Saadani RM, El-Desouky AI, Abdeldaiem MH,

- Elmehy ME. 2018. Antioxidant and antimicrobial activity of gamma-irradiated chicory (*Cichorium intybus* L.) leaves and roots. *J. Food Meas. Charact.* 12: 1843-1851.
- Kim HJ, Park BG, Han IH. 2015. Effect of drying and extraction methods on antioxidant activity of *Gnaphalium affine* D. DON. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 695-701.
- Kim HS, Kim SK, Jeong GT. 2020. Medium optimization for cell growth and metabolite formation from *Haematococcus* sp. under mixotrophic cultivation. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* 48: 337-343.
- Kim JM, Kim DJ. 2004. The composition of dietary fiber on new vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci.* 33: 852-856.
- Kim MR. 2022. Antioxidant activities and quality characteristics of yogurt added with red kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) extract. MS thesis, Sookmyung Univ., Seoul, Korea.
- Kim TW, Kwon YB, Lee JH, Yang SI, Youm JK, Moon JY. 1996. A study on the antidiabetic effect of Mulberry fruits. *Korean J. Seric. Sci.* 38: 100-107.
- Kühnau J. 1976. The flavonoids: a class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Rev. Nutr. Diet.* 24: 117-191.
- Kwak YJ, Chun HJ, Kim JS. 1998. Chlorophyll, mineral contents and SOD-like activities of leeks harvested at different times. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 513-515.
- Kwon HJ, Beom SH, Hyun JA, Kang EB, Park HE, Han DG, Choi EY, An BJ. 2022. Analysis of antioxidant activity, total phenol content, and flavonoid content of *Abelmoschus manihot* flower extracts. *Korean J. Food Preserv.* 29: 157-165.
- Kye YB, Kim JC, Hwang KT, An CG, Kim SA. 2020. Analysis of carotenoids and chlorophylls and α -glucosidase inhibitory activity of green peppers (*Capsicum annuum* L., var. Dang-jo and Mi-in). *Korean J. Food Cook. Sci.* 36: 446-454.
- Lavelli V. 2008. Antioxidant activity of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated in xanthine oxidase-, myeloperoxidase-, and diaphorase-catalyzed reactions. *J. Agric. Food Chem.* 56: 7194-7200.
- Lee KS, Lee SR. 1993. Analysis of dietary fiber content in Korean vegetable foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 225-231.
- Lee KS, Kwon YJ, Lee KY. 2008. Analysis of chemical composition, vitamin, mineral and antioxidative effect of the lotus leaf. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 1622-1626.
- Lee MH, Han JS, Kozukue N. 2005. Changes of chlorophyll contents in spinach by growth periods and storage. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21: 339-345.
- Lee OH, Kim JH, Kim YH, Lee YJ, Lee JS, Jo JH, Kim BG, Lim JK, Lee BY. 2014. Nutritional components and physiological activities of *Cirsium setidens* Nakai. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 791-798.
- Lee SJ, Jang HL, Shin SR, Yoon KY. 2012. Quality characteristics of apple juice according to the sterilization methods. *Korean J. Food Preserv.* 19: 178-184.
- Lee YR. 2021. Biological activities of extracts from leaf of *Angelica gigas* nakai. *Korean J. Food Nutr.* 34: 181-186.
- Li M, Jang GY, Lee SH, Hwang SG, Sin HM, Kim HS, Lee JS, Jeong HS. 2017. Lutein, β -carotene, and polyphenol contents of sweet potato leaves under different extraction conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 1343-1349.
- Liu H, Qiu N, Ding H, Yao R. 2008. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical of food uses. *Food Res. Inter.* 41: 363-370.
- Migliorini AA, Piroski CS, Daniel TG, Cruz TM, Graziela BE, Carmo MAVD, Azevedo L, Marques MB, Granato D. 2019. Red chicory (*Cichorium intybus*) extract rich in anthocyanins: chemical stability, antioxidant activity, and antiproliferative activity *In vitro*. *J. Food Sci.* 84: 990-1001.
- Mulabagal V, Wang H, Ngouajio M, Nair. MG. 2009. Characterization and quantification of health beneficial anthocyanins in leaf chicory (*Cichorium intybus*) varieties. *Eur. Food Res. Technol.* 230: 47-53.
- Nam SM, Kang IJ, Shin MH. 2015. Anti-diabetic and anti-oxidative activities of extracts from *Crataegus pinnatifida*. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 25: 270-277.
- Osawa T. 1994. Novel natural antioxidant for utilization in food and biological system. Japan Scientific Societies Press, Japan, p. 241-251.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jap. J. Nutr.* 986: 307-315.
- Park SJ, Yang Y, Hwang EH. 2022. Antioxidative activities of ethanol extract from amaranth seeds. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 51: 134-140.
- Park WS, Kim HJ, Chung HJ, Chun MS, Kim ST, Seo SY, Lim SH, Jeong YJ, Chun JW, An, SK, Ahn MJ. Changes in carotenoid and anthocyanin contents, as well as antioxidant activity during storage of lettuce. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1325-1332.
- Perovića J, Šaponjac VT, Kojić J, Krulj J, Moreno DA, García-Viguera C, Bodroža-Solarov M, Nebojša I. 2021. Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient – Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review. *Food Chem.* 336: 127676.
- Raju M, Varakumar S, Lakshminarayana R, Krishnakantha TP, Baskaran V. 2007. Carotenoid composition and vitamin A activity of medicinally important green leafy vegetables. *Food Chem.* 101: 1598-1605.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26: 1231-1237.
- Rho JO, Kim YO, Lee YS. 2013. Quality characteristics of pickled color radish and sensory evaluation by elementary, middle, high and university students. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 23: 569-576.
- Sa YJ, Kim JS, Kim MO, Jeong HJ, Yu CY, Park DS and Kim MJ. 2010. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by sorghum bicolor extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 598-604.
- Schwartz SJ, Lorenzo TV. 1990. Chlorophylls in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 29: 1-18.
- Son HJ. 2012. Horticultural activities using the color-food vegetable for the improvement of emotional intelligence and the reduction of unbalanced vegetable diet for young children. MS thesis, Konkuk Univ., Seoul, Korea.
- Suh JH, Paek OJ, Kang YW, Ahn JE, Yun JS, Oh KS, An YS,

- Park SH, Lee SJ. Study on the antioxidant activity in the various vegetables. J. Fd. Hyg. Safety 28: 337-341.
- Suter PM. 1998. Potassium and hypertension. Nutr. Rev. 56: 151-153.
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. - The quantitative analysis of phenolic constituents. J. Sci. Food Agric. 10: 63-68.
- Tadera K, Minami Y, Takamatsu K, Matsuoka T. 2006. Inhibition of α -glucosidase and α -amylase by flavonoids. J Nutr. Sci. 52: 149-153.
- Tan Y, Chang SK, Zhang Y. 2017. Comparison of α -amylase, α -glucosidase and lipase inhibitory activity of the phenolic substances in two black legumes of different genera. Food Chem. 214: 259-268.
- Wang M, Li J, Rangarajan M, Shao Y, Lavoie EJ, Huang TC and Ho CT. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). J. Agric. Food Chem. 46: 4869-4873.
- Wang QZ, Jian C. 2011. Perspectives and utilization technologies of chicory (*Cichorium intybus* L.): A review. Afr. J. Biotechnol. 10: 1966-1977.
- Woo YJ, Shin SR, Hong JY. 2017. Study on antioxidant and physiological activities of extract from *Ligularia fischeri* by extraction methods. Korean J. Food Preserv. 24: 1113-1121.
- Yan M, Zhang Z, Liu Y. 2022. Difference analysis of different parts of chicory based on HPLC fingerprint and multi-component content determination. China. Herbal Medicine. 14: 317-323.
- Yoon SM, Pyo YH. 2022. The *In vitro* antioxidant and antidiabetic activity of various fractions from *Monascus*-fermented ginger extract. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 51: 125-133.
- Zeb A, Haq A, Murkovic M. 2018. Effects of microwave cooking on carotenoids, phenolic compounds and antioxidant activity of *Cichorium intybus* L. (chicory) leaves. Eur. Food Res. Technol. 245: 365-374.
- Zhu YP, Yin LJ, Cheng YQ, Yamaki K, Mori Y, Su YC, Li LT. 2008. Effect of sources of carbon and nitrogen on production of α -glucosidase inhibitor by a newly isolate strain of *Bacillus subtilis* B2. Food Chem. 109: 737-742.

Author Information

최문희: 숙명여자대학교 식품영양학과 석사과정
 김명현: 숙명여자대학교 식품영양학과 시간강사
 한영실: 숙명여자대학교 식품영양학과 교수