Check for updates
J East Asian Soc Diet Life
31(4): 250~257 (2021)
http://dx.doi.org/10.17495/easdl.2021.8.31.4.250

무청 추출물의 생리 활성 및 음료 제조

서영호[1†] · 손민근[2] · 박종욱[3]

[1]원광보건대학교 식품영양과 교수, [2]대전대학교 심리학과 박사과정, [3]㈜다원푸드서비스 대표

Physiological Activity and Development of a Beverage from Radish Leaves

Young-Ho Seo[1†], Min Geun Son[2] and Jong uk Park[3]

[1]Professor, Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang Health Science University, Iksan 54538, Republic of Korea
[2]Ph. D. Program, Dept. of Psychology, Daejeon University, Daejeon 34520, Republic of Korea
[3]CEO, Dawon Food Service Co., Ltd., Cheongju 28127, Republic of Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the content of polyphenol compounds, total flavonoids, dietary fiber, iron and the antioxidant activities of radish leaf (*Raphanus sativus* L.) extracts. A functional beverage was developed using radish leaf extracts and was prepared using water extraction with various organic acids (acetic acid, lactic acid, citric acid, tartaric acid). The phenolic compounds, total flavonoids, and dietary fiber content of the extracts using citric acid were higher than those of the other extracts. The DPPH radical scavenging activities of the radish leaf extract increased significantly when treated with organic acids, in the following order: Radish extract with citric acid > radish extract with tartaric acid > radish extract with lactic acid > radish extract with acetic acid > Control. ABTS and SOD radical scavenging assays also showed similar patterns. The overall acceptance test showed that the flavor and taste of BR2 (beverage made with 2% radish extract) and BR3 (beverage made with 3% radish extract) were significantly higher than those of BR4 (beverage made with 4% radish extract) and BR5 (beverage made with 5% radish extract). The most acceptable beverage formulation developed was 3% radish leaves extract, 1.5% fructose, and 1.5% allulose. Through these results, this study highlights the potential of extracts of radish leaves as substitute functional beverage materials.

Key words: radish leaves, extracts, organic acid, antioxidant activity, beverage

서 론

무(*Raphanus sativus*)는 겨자과에 속하는 한해살이 또는 두해살이 초본으로 품종에 따라 비대한 지하부 뿌리(무)와 지상부 엽채를 주로 식용으로 사용하고 있다(Lee YS 등 2013). 무의 주요 성분으로는 수분이 약 93%, 조단백질 1%, 당질 3% 및 비타민 C가 있으며, 그 외에 섬유소, 펙틴질, 각종 무기질 및 amylase 등이 있고, methyl mercaptan 및 mustard oil 등과 같은 방향 성분을 가지고 있다(Ku KH 등 2008; Kim BR 등 2010). 무청은 무의 지상부 엽채를 말하며, 우리나라에서는 건조하여 국이나 나물로 조리하여 이용하였고, β-carotene, 비타민 C, 철분 및 칼슘 등이 풍부하게 함유되어 있으며(Ku KH 등 2006), 특히 35% 이상의 식이섬유가 다량 들어 있어 혈중 콜레스테롤을 감소시키고, 암 예방 및 돌연변이 억제 등 다양한 생리활성 효과를 나타낸다고 알려져 있다(Tatsuzawa F 등 2008). 하지만 경제성장으로 인해 경제 수준이 향상되고 식생활이 변화함에 따라, 재배되는 무의 생산량에 반해 무청의 소비량은 5% 미만 수준으로 많은 양의 무청이 폐기되고 있는 실정이다(Lee YS 등 2013).

한편, 식물 기원의 저분자 기능성 물질은 위산과 같은 낮은 pH에서 잘 분해되지 않고 흡수율이 높으며 또한 부작용이 없기 때문에 매우 유용하다. 하지만, 식물체에서 중합체나 고분자 물질에 결합되어 있기 때문에 추출효율이 낮다(Niwa Y 등 1988). 식물체에서 기능성 물질의 추출효율을 높이기 위한 열수 및 유기용매 처리는 널리 알려져 있으며, 이 외에도 고압, 원적외선 처리 등 다양한 연구가 시도되었다(Park MK 등 2009; Park SJ 등 2010). 또한 유기산 처리를 통해 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 증가했다는 보고가 있다(Koşar M 등 2005; Park SM & Lee SC 2009).

기존에 진행되었던 무에 대한 연구로는 무 추출물의 항산화 활성 및 항세균 활성(Beevi SS 등 2010a; Beevi SS 등 2012)에 대한 연구가 진행되었으며, 무 식이섬유에 의한 배변촉진 활성(Shimotoyodome A 등 2001), 항염증활성(Sim JG

† **Corresponding author :** Young-Ho Seo, Tel: +82-63-840-1254, Fax: +82-63-840-1158, E-mail: yhseo@wu.ac.kr

등 2010) 등이 있다. 또한 인간 암세포에 대한 성장억제 효과에 대한 연구도 진행되었다(Beevi SS 등 2010b; Baek JW 등 2017). 그리고 무청에 대한 연구로는 조리방법별 미네랄 함량 변화(Han JS 등 1999), 열풍건조에 따른 품질 특성 변화(Ku KH 등 2006), 무청 분말 첨가 스폰지케이크의 품질 특성(Kim CH 2015) 등이 있으며, 생리활성에 대한 연구로는 무청의 항고혈압 활성(Chung DH 등 2012), 유방암 세포 성장 억제활성(Kim WK 등 2011), 콜레스테롤 축적 억제효과(Rhee SJ 등 2005), 장 기능 개선 및 혈중 지질 개선 효과(Jang HS 등 2008), 위장 자극 저하 및 자궁수축 활성(Ghayur MN 등 2005) 등에 관한 보고가 있다. 무청은 그 자체로도 영양분이 풍부한 좋은 식품이며, 새로운 기능성 가공제품을 개발하기 위한 생물자원으로 그 가치가 매우 높은 소재라고 할 수 있다. 그러나 무청의 소비를 증진하기 위한 추출물의 제조 특성 및 이를 이용한 가공제품에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 무 재배 시 버려지는 무청을 이용한 고부가가치 가공제품 개발을 목표로 유기산을 처리한 무청 추출물의 생리활성을 평가하였으며, 또한 무청추출물 첨가 음료를 제조한 후 기호도 평가를 실시하여 음료로서의 개발 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 무청 추출물 제조

본 실험을 위해 청주지역에 있는 다원푸드(Dawon Food Service Co., Cheongju, Korea)로부터 무청(*Raphanus sativus* L.)을 구입하여 사용하였다. 무청 추출물 제조를 위해 세척 후 -20℃ 이하에서 냉동 저장한 무청을 10℃에서 해동, 탈수한 후 55℃로 조절한 건조기(LD-918TH, L'EQUIP, Korea)에서 12시간 동안 열풍 건조하였다. 이후 건조된 시료를 분쇄기(FM-681, Hanil, Haman, Korea)로 3분간 분쇄(100 mesh)하고, 분쇄된 분말의 20배에 해당하는 distilled water를 가하여 100℃에서 6시간 동안 열수 추출하였다(대조군). 열수 추출 시 대조군과 별도로 무청의 유용성분 추출 함량을 높이기 위해 분쇄된 분말의 3% 비율로 초산(99.5%), 구연산(99.5%), 젖산(85.0%~92.0%), 주석산(99.8%)을 덕산약품공업(Duksan Co., Ansan, Korea)에서 구입 후 3% 비율로 첨가하여 무청추출액을 제조하였다. 무청추출액 제조 전후에 pH meter(720P, Istek Inc., Seoul, Korea)로 추출액의 pH를 측정하였으며, 최종 무청추출액의 농도는 34 °Brix로 설정한 후, 본 실험에 사용하였다.

2. 식이섬유 및 철

무청 추출액의 식이섬유 함량은 식품공전(KFDA Food Code 2021) 상의 효소 중량법을 사용하여 분석하였다. 건조된 무청 추출액 시료를 준비하고, 이를 내열성 α-아밀라아제(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), 프로테아제(Sigma-Aldrich Co.), 아밀로글루코시다제(Sigma-Aldrich Co.)로 연속적으로 분해하여 전분과 단백질을 제거하였다. 식이섬유 추출장치(CSF6, Youngjin Co., Gunpo, Korea)를 이용하여 효소분해물에 녹아 있는 식이섬유를 에탄올로 처리 후 침전시켜 여과하고, 에탄올과 아세톤으로 세척, 건조하여 그 무게를 확인하였다.

철(Fe) 함량은 식품공전(KFDA Food Code 2021)에서 제시한 방법을 사용하여 분석하였다. 무청 추출액 1 g에 미리 제조한 HCl(증류수:HCl=1:1) 20 mL를 가하여 가열시킨 후 잔여물을 증류수 100 mL에 희석시키고, 이를 1시간 이상 가열한 다음 방냉 시켜 100 mL로 정용 및 여과 후 올쏘-페난트로닌 비색법으로 전처리하였다. 최종적으로 시험용액은 510 nm에서 spectrophotometer(Ultraspec 2100pro, Amersham Co., Uppsala, Sweden)로 측정하였다.

3. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법으로 측정하였다(Singleton VL & Rossi JA 1965). 제조된 무청 추출액을 1.0 mg/mL의 농도로 희석 후 2 N Folin reagent(Sigma, USA) 0.5 mL와 증류수 8.4 mL를 가하고 3분간 정치하고, 이후 1.0 mL의 20% Na_2CO_3용액을 가하였다. 이 혼합액을 60분간 정치한 후 분광광도계(Ultrospec 2100pro, Biochrom Ltd.)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준곡선은 gallic acid(Sigma, USA)를 이용하여 작성하였다.

총 플라보노이드 함량은 Jia Z 등(1999)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 5% $NaNO_2$ 150 μL를 혼합하고, 실온에서 6분간 반응시킨 후 10% $AlCl_3$ 300 μL와 다시 혼합, 반응시키고, 1 N NaOH 1 mL를 첨가하여 분광광도계(Ultrospec 2100pro, Biochrom Ltd.)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 rutin(Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 작성하였다.

4. DPPH Radical 소거활성 측정

DPPH radical 소거활성 측정은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)의 환원력을 이용하여 측정하였다. 즉, 시료 0.5 mL에 4×10^{-4} M DPPH용액(99.9% ethyl alcohol에 용해) 5 mL를 혼합하여 실온에서 15분간 반응시킨 다음 분광광도계(Ultraspec 2100pro, Biochrom Ltd.)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거활성은 추출물의 첨가 전과 후의 차이를 아래와 같이 백분율로 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity(%) =

$$(1-\frac{\text{Sample absorbance}}{\text{Control absorbance}})\times 100$$

5. ABTS Radical 소거활성 측정

ABTS radical 소거활성(Roberta R 등 1999)은 7.4 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonicacid)(ABTS, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 및 2.45 mM potassium persulfate를 혼합하여 15℃ 암소에서 24시간 동안 방치하여 $ABTS^+$ 라디칼을 형성하도록 하였다. 흡광도 값이 0.70±0.02(734 nm)이 되도록 phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4)으로 희석하고, 희석된 용액 180 μL에 무청 추출액 20 μL를 혼합하여 60초간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하여 ABTS radical 소거활성을 계산하였다.

ABTS radical scavenging activity(%) =

$$(1-\frac{\text{Sample absorbance}}{\text{Control absorbance}})\times 100$$

6. Superoxide Radical 소거활성 측정

Superoxide radical 소거 활성은 Nishikimi M 등(1972)의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 무청추출액 시료 500 μL에 0.1 M Tris-HCl 완충용액(pH 8.5) 100 μL와 100 μM phenazine methosulfate(PMS) 200 μL를 서로 혼합하여 1차 반응시킨 후, 500 μM nitroblue tetrazolium(NBT) 200 μL와 500 μM NADH 400 μL를 첨가하고, 상온에서 10분 동안 2차 반응시켰다. 분광광도계(Ultraspec 2100pro, Amersham Co.)를 이용하여 560 nm에서 흡광도를 측정한 후 아래와 같이 계산하였다.

Superoxide radical scavenging activity(%) =

$$(1-\frac{\text{Sample absorbance}}{\text{Control absorbance}})\times 100$$

7. ORAC(Oxygen Radical Absorbance Capacity) 측정

ORAC 측정은 Talcott ST & Lee JH(2002)가 활성 측정을 위해 사용한 방법을 응용하였다. 시료 제조는 phosphate buffer(61.6:38.9, v/v, 0.75 M K_2HPO_4 and 0.75 M NaH_2PO_4)를 사용하였으며, 검량 곡선을 작성하기 위하여 비교 표준액으로 Trolox(Water soluble analogue of vitamin E, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 10 μL를 phosphate buffer에 용해하여 제조하였다. 분석기기는 Multilabel Plate Readers($VICTOR^3$, PerkinElmer, Inc., Waltham, MA, USA)를 사용하였다.

8. 음료 제조

무청 추출물을 이용한 음료를 제조하였다. 무청 추출액은 전체 음료 용량기준 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 비율로 첨가하였고, 부재료로서 배 농축액(63 °Brix, Esfood Co., Gunpo, Korea) 2%, 대추 추출액(70 °Brix, Esfood Co.) 1%를 혼합하여 사용하였다. 여기에 첨가제로서 citric acid(Esfood Co.) 0.1%, cyclodextrin(Esfood Co.) 1%, 비타민 C(Esfood Co.) 0.05%를 첨가하였으며, 감미를 위해 액상과당(Esfood Co.)과 알룰로오스(Samyang Co., Seoul, Korea)를 첨가하여 최종 음료를 제조하였다.

9. 기호도 평가

무청 추출물의 최적 비율 및 당류 선정을 위해 음료의 기호도 평가를 실시하였다. 당류 선정은 음료 제조 시에 주로 사용되는 과당과 다양한 생리활성을 가진 알룰로오스의 비율을 달리하여 평가하였다. 알룰로오스는 과당의 이성질체로 알려져 있으며, 여러 생리적 기능이 보고되고 있어(Hayashi N 등 2010; Young MK 등 2016) 무청음료의 적용 가능성에 대해 검토하였다.

기호도 평가는 만 18세 이상의 건강한 성인 30명을 대상으로 기관생명윤리위원회의 승인(IRB승인번호: ABN01-202101-HR-003)을 받아서 진행하였다. 평가전 참여자들에게 평가절차, 시료의 관능적 품질특징, 평가방법을 교육한 후 실시하였다. 패널들에게는 음료 시료는 15℃로 조정하여, 100 mL씩 임의의 3자리 숫자로 표시된 흰색 종이컵에 담아 제공하였다. 시료의 측정 전과 시료와 시료 사이에 입안 헹굼을 위한 실온(20±2℃)의 생수도 함께 컵에 담아 제공하였다. 관능평가 진행 시간은 오후 3시에서 4시 사이에 실시하였으며, 평가 시 패널들은 제시된 시료를 맛보고 각각의 시료에 대한 색, 풍미, 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등에 대하여 9점 척도법(1=extremely dislike, 9=extremely like)으로 평가하였다.

10. 통계처리

실험결과는 3회 반복 실험을 행한 후 평균±표준편차로 나타내었고, SPSS(version 20.0, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시료별 측정 평균값과 유의성($p<0.05$)은 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 무청추출물의 유용성분

무청에서 추출되는 유효성분의 함량을 높이기 위해 유기산 첨가 후 열수처리하였다. 무청추출액에 유기산 첨가 후

열수 추출 전후에 측정한 pH는 Table 1과 같다. 추출 전 pH의 범위는 3.54~5.79의 범위였으며, tartaric acid와 citric acid를 첨가한 무청 추출액의 pH는 각각 3.54, 3.62로 나타났다. 열수 추출 후 pH 범위는 3.52~5.12로 낮아진 것을 확인하였으며, 가장 pH가 낮은 것은 tartaric acid로 나타났으며, 다음으로 citric acid, lactic acid, acetic acid 순이었다.

추출된 무청추출물의 식이섬유 및 철 함량은 Table 2와 같다. 식이섬유 함량은 대조군에 비하여 유기산을 처리한 추출물에서 모두 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 특히 citric acid를 처리한 추출물에서 103.9 mg/g으로, 대조군에 비해 35.9% 높은 값을 나타내었다. 일반적으로 산성조건은 식물조직을 더 느슨하게 하는 것으로 알려져 있으며(Waterman PG & Mole S 1994), 본 실험에서 열수 및 유기산 동시 처리를 통해 보다 효율적으로 식이섬유를 유리화시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 철 함량은 tartaric acid, citric acid, lactic acid 처리군에서 대조군보다 더 높은 값을 나타내었고, acetic acid 처리군은 대조군보다 낮은 값을 보였으나, 전체적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

2. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드

유기산 처리에 따른 무청추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 Table 3과 같다. 일반적으로 식물체에 다수 분포되어 있는 페놀성 물질은 2차 대사산물로서 phenolic hydroxyl기를 가지고 있다. 이로 인해 단백질 및 기타 분자들과 결합하는 성질을 지니고 있으며, 항산화 효과의 기능을 갖는다(Kim HJ 등 2000). 총 폴리페놀함량은 대조군과 비교하여 acetic acid를 첨가한 추출물에서는 유의적인 차이가 없었으나, citric acid, lactic acid 및 tartaric acid를 첨가한 시료에서는 유의적으로 높게 나타났으며, 특히 citric acid 첨가구에서 22.4 mg/g으로 가장 함량이 높은 것을 확인하였다. 총

Table 1. Changes of pH depending on processing

pH of solution	Water	Aecetic acid	Citric acid	Lactic acid	Tartaric acid
Before hydrothermal extraction	5.79±0.02[a1)]	4.19±0.03[b]	3.62±0.03[e]	3.85±0.02[c]	3.54±0.01[d]
After hydrothermal extraction	5.12±0.03[NS2)]	4.31±0.02[NS]	3.60±0.03[NS]	3.88±0.02[NS]	3.52±0.03[NS]

1) Means±S.D. (n=3) in a row followed by letter are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
2) NS : not significant.

Table 2. Dietary fiber and Fe contents of radish extracts

Samples	Control	RA[1)]	RC[2)]	RL[3)]	RT[4)]
Dietary fiber (mg/g)	76.4±0.05[b5)]	82.7±0.02[ab]	103.9±0.05[a]	91.4±0.11[ab]	100.8±0.05[a]
Fe (mg/100g)	4.48±0.03[a]	4.39±0.05[a]	4.51±0.06[a]	4.52±0.08[a]	4.56±0.02[a]

1) RA: radish extract with acetic acid.
2) RC: radish extract with citric acid.
3) RL: radish extract with lactic acid.
4) RT: radish extract with tartaric acid.
5) Means±S.D. (n=3) in a row followed by letter are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 3. Total phenol and flavonoid contents of radish extracts

	Control	RA[1)]	RC[2)]	RL[3)]	RT[4)]
Total phenol contents (mg GAE/g)	19.8±0.05[b5)]	19.7±0.42[ab]	22.4±0.09[a]	20.4±0.11[b]	21.8±0.17[a]
Total flavonoid contents (mg RU/100g)	18.5±0.03[b]	18.8±0.16[b]	20.8±0.06[a]	19.2±0.13[a]	20.6±0.04[a]

1) RA: radish extract with acetic acid.
2) RC: radish extract with citric acid.
3) RL: radish extract with lactic acid.
4) RT: radish extract with tartaric acid.
5) Means±S.D. (n=3) in a row followed by letter are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

플라보노이드 함량도 대조군은 18.5 mg/100 g으로 나타났으나, 유기산 처리구는 18.8~20.8 mg/100 g으로 모두 대조군보다 유의적으로 더 높은 함량을 나타내었다. 또한 유기산 종류별 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 본 연구에서 유기산 처리구의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 더 높은 것은 유기산 처리를 통해 무청의 유용성분이 더 많이 추출된 것으로 판단된다. 유사한 연구로서 향신료로 이용되는 바질, 월계수, 로즈마리, 세이지, 사보리, 백리향 등에 산처리를 한 결과, 전체적으로 총 폴리페놀 함량이 증가했다는 연구가 보고된 바 있다(Koşar M 등 2005). 또한 Park SM & Lee SC(2009)는 유기산 처리 후 왕겨추출물의 총 폴리페놀 및 총플라보노이드 함량이 증가했다는 연구결과를 제시하였다.

3. 항산화 활성

무청 추출액의 DPPH radical 소거활성, ABTS radical 소거활성, superoxide radical 소거활성 및 ORAC assay는 Table 4와 같다. 약용열매의 항산화 물질 중 페놀화합물들은 우수한 항산화 효과를 가지고 있으며, 이는 자유 라디칼의 안정화를 유도할 수 있는 phenol ring에 의한 것으로 보고되어 있다(Middleton E & Kandaswami C 1994). DPPH radical 소거활성은 citric acid 첨가 추출물에서 30.4%로 가장 높은 활성을 나타내었으며, 다음으로 tartaric acid 첨가구에서 28.8%로 대조군과 비교하여 유의적으로 높은 활성을 확인하였다. ABTS radical 소거활성은 26.1%~27.8%의 활성을 보였으나, 모든 처리구에서 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. ABTS는 양이온 라디칼로서, 자유 라디칼인 DPPH와 차이가 나며, 항산화 물질에 따라 두 라디칼에 결합하여 제거하는 능력이 차이가 나는 것으로 알려져 있다(Wang MF 등 1998). 그리고 superoxide radical 소거활성은 citric acid, tartaric acid 및 lactic acid 추출물 순으로 활성이 높게 나타났으며, 모든 추출용매에서 유기산 처리 공정을 통해 활성이 증가하였음을 확인하였다. ORAC assay는 acetic acid 처리구에서는 대조군과 비교하여 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 그 외 citric acid, lactic acid, tartaric acid 처리구에서는 모두 유의적으로 높은 경향을 보였다. Park SM & Lee SC(2009)의 연구에서는 왕겨 추출물 시료에서 유기산 처리구의 DPPH 및 SOD radical 소거활성이 증가함을 보고한 바 있다. 본 연구에서도 citric acid, lactic acid, tartaric acid 처리가 무청 추출물의 항산화 활성을 증가시키는 것으로 나타났으며, 이는 유기산 전처리를 통해 무청에 있는 항산화 물질들이 유리되어 항산화 활성을 증가시킨 것으로 판단된다.

4. 음료 기호도

무청 추출액의 최적 배합비를 설정하기 위해 추출액을 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 농도로 첨가하고, 여기에 부재료 혼합 후 음료를 제조하여 기호도를 평가한 결과는 Table 5와 같다. 색은 대조군과 1% 첨가구에 비해 2% 이상 첨가했을 때 기호도가 높아졌다. 그리고 풍미와 맛은 대조군과 비교하여 1%, 2%, 3% 첨가했을 때 유의적으로 높은 것으로 나타났으나, 4% 이상에서는 오히려 점수가 낮아지는 것으로 확인되었는데, 이는 무청 특유의 풍미와 맛이 강해질 경우 거부감이 생기기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 종합적인 기호도에서도 2%, 3% 첨가했을 때가 다른 시료에 비해 기호도가 높게 나타나, 무청음료 제조 시 무청추출액은 3% 이하로 첨가하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

무청 음료의 기호도를 향상시키기 위한 당류 선정을 위해, 음료제조 시에 주로 사용되는 액상과당과 다양한 생리활성

Table 4. DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity, superoxide radical scavenging activity and ORAC assay of radish extracts

Samples	Control	RA[1)]	RC[2)]	RL[3)]	RT[4)]
DPPH radical scavenging activity (%)	22.8±0.05[c5)]	24.4±0.02[b]	30.4±0.09[a]	25.4±0.11[b]	28.8±0.15[a]
ABTS radical scavenging activity (%)	27.5±0.03[NS6)]	27.8±0.13[NS]	26.1±0.06[NS]	26.9±0.13[NS]	26.4±0.04[NS]
Superoxide radical scavenging activity (%)	14.8±0.05[b]	16.5±0.04[ab]	21.4±0.09[a]	16.4±0.01[b]	19.8±0.07[a]
ORAC (trolox μM/g FW)	182.5±0.03[b]	188.8±0.08[b]	208.4±0.06[a]	192.5±0.02[a]	211.8±0.04[a]

1) RA: radish extract with acetic acid.
2) RC: radish extract with citric acid.
3) RL: radish extract with lactic acid.
4) RT: radish extract with tartaric acid.
5) Means±S.D. (n=3) in a row followed by different letter are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
6) NS : not significant.

Table 5. Sensory evaluation of beverages added with different levels of radish extracts

Samples	BR0[1)]	BR1[2)]	BR2[3)]	BR3[4)]	BR4[5)]	BR5[6)]
Color	6.88±0.28[b7)]	7.09±0.53[b]	7.26±0.09[a]	7.24±0.13[a]	7.44±0.54[a]	7.38±0.44[a]
Flavor	6.15±0.08[ab]	6.30±0.83[ab]	6.55±0.08[a]	6.48±0.55[a]	6.16±0.36[ab]	5.78±0.06[c]
Taste	6.55±0.45[a]	6.64±0.55[a]	6.59±0.84[a]	6.60±0.04[a]	6.38±0.63[b]	6.16±0.08[b]
Overall acceptability	6.51±0.25[a]	6.59±0.07[a]	6.56±0.05[a]	6.64±0.05[a]	6.50±0.24[a]	6.26±0.52[b]

1) BR0: Beverage made without radish extract.
2) BR1: Beverage made with 1% radish extract substitution for water.
3) BR2: Beverage made with 2% radish extract substitution for water.
4) BR3: Beverage made with 3% radish extract substitution for water.
5) BR4: Beverage made with 4% radish extract substitution for water.
6) BR5: Beverage made with 5% radish extract substitution for water.
7) Means±S.D. (n=3) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

을 가진 알룰로오스의 비율을 달리하여 기호도를 평가한 결과는 Table 6과 같다. 색과 풍미에서는 모든 시료에서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만 맛과 전체적인 기호도에서는 액상과당과 알룰로오스를 각각 1.5%씩 첨가한 RB3에서 가장 점수가 높았으며, 알룰로오스 함량이 과당 함량보다 높은 RB4, RB5에서는 점수가 오히려 유의적으로 낮아지는 것을 확인하였다. 이를 통해 무청 음료에서 알룰로오스는 액상과당과 동량의 비율 이하로 첨가하는 것이 가장 적합한 것을 확인하였다.

요 약

본 연구에서는 단무지 무청을 이용하여 유기산 종류별 추출물을 제조하고, 무청 추출액의 유용성분과 항산화활성을 비교 분석하였다. 또한 무청 추출액 함유 음료를 제조하고, 기호도를 평가하였다. 무청 추출 전후의 pH의 범위는 각각 3.54~5.79, 3.52~5.12로 나타났다. 무청추출물의 식이섬유 함량은 유기산을 처리한 추출물에서 모두 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 특히 citric acid를 처리했을 때 103.9 mg/g으로 대조군에 비해 35.9% 높은 값을 나타내었다. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 citric acid, lactic acid 및 tartaric acid를 첨가한 시료에서 유의적으로 높은 것을 확인하였다. DPPH radical 소거활성, superoxide radical 소거활성 및 ORAC assay는 유기산을 첨가한 시료에서 활성이 높았으며, 특히 citric acid 첨가 추출물에서 가장 높은 활성을 나타내었다. 무청 음료 제조 시 무청추출액은 3% 이하로 첨가했을 때 기호도가 높았으며, 액상과당과 알룰로오스는 각각 1.5%씩 첨가했을 때 가장 기호도가 우수하였다.

감사의 글

이 논문은 청주단무지무청클러스터의 연구비 지원에 의해

Table 6. Sensory evaluation of radish beverages added with refined levels of fructose and allulose contents

Samples	RB1[1)]	RB2[2)]	RB3[3)]	RB4[4)]	RB5[5)]
Color	7.01±0.12[NS6)]	6.92±0.25[NS]	7.12±0.43[NS]	7.05±0.06[NS]	7.02±0.22[NS]
Flavor	6.29±0.64[NS]	6.24±0.07[NS]	6.43±0.12[NS]	6.45±0.14[NS]	6.38±0.04[NS]
Taste	6.71±0.04[a7)]	6.78±0.08[a]	6.78±0.08[a]	6.64±0.04[a]	6.31±0.05[b]
Overall acceptability	6.57±0.15[a]	6.62±0.16[a]	6.71±0.11[a]	6.59±0.05[a]	6.36±0.15[b]

1) RB1: Radish beverage was added with 3% fructose.
2) RB2: Radish beverage was added with 2% fructose and 1% allulose.
3) RB3: Radish beverage was added with 1.5% fructose and 1.5% allulose.
4) RB4: Radish beverage was added with 1% fructose and 2% allulose.
5) RB5: Radish beverage was added with 3% allulose.
6) NS : not significant.
7) Means±S.D. (n=3) in a row followed by different letter are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Baek JW, Roh HS, Choi CI, Baed KH, Kim KH (2017) *Raphanus sativus* sprout causes selective cytotoxic effect on p53-deficient human lung cancer cells *in vitro*. Nat Prod Commun 12(2): 237-240.

Beevi SS, Mangamoori LN, Gowda BB (2010a) Polyphenolics profile, antioxidant and radical scavenging activity of leaves and stem of *Raphanus sativus* L. Plant Food Hum Nutr 65(1): 8-17.

Beevi SS, Mangamoori LN, Gowda BB (2012) Polyphenolics profile and antioxidant properties of *Raphanus sativus* L. Nat Prod Res 26(6): 557-563.

Beevi SS, Mangamoori LN, Subathra M, Edula JR (2010b) Hexane extract of *Raphanus sativus* L. roots inhibits cell proliferation and induces apoptosis in human cancer cells by modulating genes related to apoptotic pathway. Plant Food Hum Nutr 65(3): 200-209.

Chung DH, Kim SH, Myung N, Cho KJ, Chang MJ (2012) The antihypertensive effect of ethyl acetate extract of radish leaves in spontaneously hypertensive rats. Nutr Res Pract 6(4): 308-314.

Ghayur MN, Gilani AH (2005) Gastrointestinal stimulatory and uterotonic activities of dietary radish leaves extract are mediated through multiple pathways. Phytother Res 19(9): 750-755.

Han JS, Kim JS, Kim MS, Choi YH (1999) Changes on mineral contents of vegetable by various cooking methods. Korean J Soc Food Sci 15(4): 382-387.

Hayashi N, Iida T, Yamada T, Okuma K, Takehara I, Yamamoto T (2010) Study on the postprandial blood glucose suppression effect of D-psicose in borderline diabetes and the safety of long-term ingestion by normal human subjects. Biosci Biotechnol Biochem 74(3): 510-519.

Jang HS, Ahn JM, Ku KH, Rhee SJ, Kang SK, Choi JH (2008) Effect of radish leaves powder on the gastrointestinal function and fecal triglyceride and sterol excretion in rats feed a hypercholesterolemic diet. J Korean Soc Food Sci Nutr 37(10): 1258-1263.

Jia Z, Tang M, Wu J (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effect on superoxide radicals. Food Chem 64(4): 555-559.

Kim BR, Park JH, Kim SH, Cho KJ, Chang MJ (2010) Antihypertensive properties of dried radish leaves powder in spontaneously hypertensive rats. Korean J Nutr 43(6): 561-569.

Kim CH (2015) Quality characteristics of sponge cakes with radish leaf powder. J East Asian Soc Dietary Life 25(3): 502-512.

Kim HJ, Cha JY, Choi ML, Cho YS (2000) Antioxidative activities by water-soluble extracts of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata*. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 43(2): 148-152.

Kim WK, Kim JH, Jeong DH, Chun YH, Kim SH, Cho KJ, Chang MJ (2011) Radish (*Raphanus sativus* L. leaf) ethanol extract inhibits protein and mRNA expression of $ErbB_2$ and $ErbB_3$ in MDA-MB-231 human breast cancer cells. Nutr Res Pract 5(4): 288-293.

Korea Food and Drug Administration (2021) Foodcode. https://www.foodsafetykorea.go.kr (accessed on 15. 2. 2021)

Koşar M, Dorman HJD, Hiltunen R (2005) Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. Food Chem 91(3): 525-533.

Ku KH, Lee KA, Kim YE (2008) Physiological activity of extracts from radish (*Raphanus sativus* L.) leaves. J Korean Soc Food Sci Nutr 37(3): 390-395.

Ku KH, Lee KA, Kim YL, Lee YW (2006) Quality characteristics of hot-air dried radish (*Raphanus sativus* L.) leaves. J Korean Soc Food Sci Nutr 35(6): 780-785.

Lee YS, Kwon KJ, Kim MS, Sohn HY (2013) Antimicrobial, antioxidant and anticoagulation activities of Korean radish (*Raphanus sativus* L.) leaves. Korean J Microbiol Biotechnol 41(2): 228-235.

Middleton E, Kandaswami C (1994) Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol 48(11): 115-119.

Nishikimi M, Rao NA, Yagi K (1972) The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen. Biochem Bioph Res Co 46(2): 849-854.

Niwa Y, Kanoh T, Kasama T, Negishi M (1988) Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and lipophilization. A new drug delivery system. Drugs Exp Clin Res 14(5): 361-372.

Park MK, Kim CH (2009) Extraction of polyphenols from

apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(5): 535-540.

Park SJ, Park DS, Lee SB, He X, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY (2010) Enhancement of antioxidant activities of *Codonopsis lanceolata* and fermented *Codonopsis lanceolata* by ultra high pressure extraction. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(12): 1898-1902.

Park SM, Lee SC (2009) Effect of organic acid pre-treatment followed by hydrothermal treatment on antioxidant activity of rice hull extract. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(10): 1392-1396.

Rhee SJ, Ahn JM, Ku KH, Choi JH (2005) Effects of radish leaves powder on hepatic antioxidative system in rats fed high-cholesterol diet. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(8): 1157-1163.

Roberta R, Nicoletta P, Proteggente A, Anna P, Ananth P, Min Y, Catherine RE (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med 26(9/10): 1231-1237.

Shimotoyodome A, Meguro S, Hase T, Tokimitsu I, Sakata T (2001) Sulfated polysaccharides, but not cellulose, increase colonic mucus in rats with loperamide-induced constipation. Digest Dis Sci 46(7): 1482-1489.

Sim JG, Lee JH, Shin TY, Jeong SH, Kim MH, Ku HJ, Park JS (2010) Anti-inflammatory effects of vegetable soup in murine macrophage RAW 264.7 cells. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(8): 1097-1101.

Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic 16(3): 144-158.

Talcott ST, Lee JH (2002) Ellagic acid and flavonoid antioxidant content of muscadine wine and juice. J Agri Food Chem 50(11): 3186-3192.

Tatsuzawa F, Toki K, Saito N, Shinoda K, Shigihara A, Honda T (2008) Anthocyanin occurrence in the root peels, petioles and flowers of red radish (*Raphanus sativus* L.). Dyes and Pigments 79(1): 83-88.

Wang MF, Shao Y, Yi JG, Zhu NQ, Rngarajan M, Lavoie EJ, Ho CT (1998) Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salivia officinalis*). J Agric Food Chem 46(12): 4869-4873.

Waterman PG, Mole S (1994) Qualitative and quantitative separation methods. pp 143-167. In Methods in ecology: Analysis of phenolic plant metabolites. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.

Young MK, Jeon SJ, Kweon MR (2016) Study on applicability of allulose as a sucrose replacer in cookie maki. J East Asian Soc Diet Life 26(5): 450-456.

Date Received Jul. 30, 2021
Date Revised Aug. 19, 2021
Date Accepted Aug. 20, 2021