품종에 따른 국내산 월동무의 이화학 및 감각평가

김주희^{1*} · 박성수^{3*} · 백운서¹ · 윤경혜¹ · 신의철² · 홍기배³ · 이영승¹

¹단국대학교 식품영양학과

²경상국립대학교 식품과학부

³제주대학교 식품영양학과

Physicochemical and Sensory Characteristics of Domestic Winter Radishes (*Raphanus sativus* L.) According to Cultivars

Juhee Kim^{1*}, Sung-Soo Park^{3*}, Woonseo Baik¹, Gyeonghye Yoon¹,
Eui-Cheol Shin², Ki-Bae Hong³, and Youngseung Lee¹

¹Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

²Department of Food Science/Institute for Food Sensory & Cognitive Science, Gyeongnam National University

³Department of Food Science and Nutrition, Jeju National University

ABSTRACT This study was conducted to examine the physicochemical and sensory characteristics of winter radishes according to the cultivar variety (R1~R3: Jeju island; R4: Jeollanam-do). The radishes were treated either in raw or blanched conditions. The general components and DPPH radical scavenging activity of the samples were measured, while volatile compounds and odor patterns were analyzed using an electronic nose. The textural properties of the samples were also measured by a texture analyzer. A total of 13 sensory attributes of the samples were profiled by seven trained descriptive panelists. The antioxidant activity was evaluated by assessing the DPPH radical scavenging activity, which was found to be highest in R1. Eighteen kinds of volatile compounds were identified, and methanethiol which represents the unique scent of radish, was the most common in all the samples. Texture analysis showed that R1 was the softest in both its raw and blanched states. The descriptive analysis showed no significant difference between raw samples, but significant variations existed in the crunchiness of the samples in the blanched state. The intensity of sensory properties increased with the molecular weight of the radish extracts. Overall, our results suggest that the quality characteristics of winter radishes vary across cultivars and this needs to be considered when processing or developing products using winter radishes.

Key words: winter radish, cultivar, sensory analysis, texture, e-nose

서 론

십자화과(*Cruciferae*) 채소에는 대표적으로 무, 브로콜리, 양배추, 겨자, 케일 등이 있으며 뛰어난 영양과 기능적인 가치가 있어 널리 이용되고 있다. 십자화과 채소는 꽃이 십자 모양으로 피는 식물들을 일컬으며, 항산화 작용을 할 수 있는 각종 비타민을 많이 함유하고 있어 여러 퇴행성 질환으로부터 신체를 보호할 수 있다(Kwon 등, 2019). 또한, 이들은 암을 예방하는 대표적인 식품으로 섭취 횟수가 많을수록

암 발생의 위험이 감소한다고 보고되고 있는데, 선행 연구에 의하면 isothiocyanate는 십자화과 채소류에서 천연으로 발견되며 암 생성을 저해한다고 보고된다(Kim 등, 2021; Marchioni 등, 2021). 이외에도 myrosinase라는 효소가 포함되어 있어 글루코라파닌(glucoraphanin)이라는 배당체를 분해하여 항산화 및 항암 기능성이 보고된 isothiocyanate 계의 설폰라판(sulforaphane)이라는 물질을 생성한다(Cardozo 등, 2021). 설폰라판은 파이토케미컬로 항산화 기능뿐만 아니라 항염증, 면역력, 피로 방지 등의 기능이

Received 21 October 2021; Revised 9 November 2021; Accepted 9 November 2021

Corresponding author: Youngseung Lee, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, 119, Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam 31116, Korea, E-mail: youngseung@dankook.ac.kr

Author information: Juhee Kim (Graduate student), Sung-Soo Park (Professor), Woonseo Baik (Graduate student), Gyeonghye Yoon (Graduate student), Eui-Cheol Shin (Professor), Ki-Bae Hong (Professor), Youngseung Lee (Professor)

*These authors equally contributed to this work.

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

입증된 성분이다(Ruhees와 Suzuki, 2020).

무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과에 속하는 연간 채소로 배추와 함께 우리나라에서 많이 소비되는 채소 중 하나이다(Park 등, 2009). 무는 사용 범위가 넓고 영양성분이 풍부하여 전 세계적으로 중요하게 여겨지는 작물 중 하나이다. 무는 품종에 따라 뿌리와 잎(무청)을 식용으로 사용하기도 하며 무에는 수분이 많고 여러 가지 무기질과 비타민이 풍부하게 함유되어 있는데, 특히 비타민 C가 20~25 mg으로 다량 함유되어 있어 영양학적으로 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lu 등, 2008). 또한, 무에는 amylase, glycosidase 등의 여러 가지 소화효소가 함유되어 있어 음식을 먹을 때 함께 섭취하면 소화를 돕는 작용을 한다(Cho 등, 2009). 이외에도 무는 고지혈증, 심장질환, 암 등 다양한 질병을 예방해주는 효과가 있다고 보고되기도 하였다(Curtis, 2003). 무는 일조량 등 계절에 영향을 받아 외부 및 내부 품질 성분(크기, 질감 등)이 변화된다(Park과 Fritz, 1983). 계절에 따라 봄무, 여름무, 가을무, 겨울무(월동무)로 나뉘며(Park 등, 2016), 그중 월동무는 주로 9월 하순 또는 10월 상순에 파종해 12월부터 다음 연도 4월까지 수확된다(Oh 등, 2017). 월동무는 제주 지역에서의 재배 작형이 꾸준히 증가하고 있으며, 2000년대 후반부터 재배가 활발해지면서 1~5월 사이의 무 거래량에서 압도적인 비중을 차지하는 구조가 되었다(Kim과 Ko, 2014).

무는 독특한 향을 나타내는데, 이는 methyl mercaptane이나 mustard oil 성분에 의한 것이다(Ku 등, 2008; Huh 등, 2003). 또한, 십자화과 채소에 포함되어 있는 glucosinolates는 황을 함유하고 있어 휘발성이 강하고 특유의 매운향을 내는데, 이는 조리 등 채소의 조직을 손상시킬 때 조직 내 존재하는 효소의 작용에 의해 isothiocyanate, nitrile 등의 분해 산물을 형성하여 자극적인 향미를 내는 물질이라고 알려져 있다(Fenwick 등, 1983). 이처럼 월동무의 향기성분은 소비자의 기호도에 영향을 미칠 수 있는 중요한 특성 중 하나이다.

무를 활용한 연구는 다양하게 진행되어왔는데, 무 첨가 김치의 품질 특성과 동결건조에 의한 품질 변화(Ko와 Lee, 2003), 발효 숙성온도가 깍두기의 이화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향(Kim 등, 2005), 동치미의 발효 중 물리적 성질의 변화(Kang 등, 1991) 등의 무를 활용한 김치에 관한 연구와 향기성분에 초점을 둔 유산균 발효에 따른 무 발효물의 휘발성 향기성분 변화(Kim 등, 2019), 선택이온 측정법에 의한 십자화과 채소 중의 sulforaphane 함량(Kim 등, 1997), 그 외에도 냉동 및 전처리 조건에 따른 국내산 무의 품질 특성(Kim 등, 2016), 친환경 황토 가공 신소재 적용 재배법에 의한 무의 품질 특성(Seo 등, 2014) 등의 연구가 있다. 또한, 열처리된 무 추출물의 항산화 활성 및 암세포 증식억제 효과(Kim, 2018), 한국산 무 추출물의 곰팡이 병균에 대한 항진균성(Hwang, 2003)의 무 추출물과 항산화 활성에

관한 연구도 진행되었다.

월동무라는 계절 품종에 관해서는 제주 지역의 토양 유형별 월동무의 광합성, 생산성 및 무기성분 함량(Oh 등, 2019), 가공 방법에 따른 제주산 월동무의 이화학적 특성 변화(Hong 등, 2021) 등 조건에 따라 당도 및 염도, pH, 항산화 활성 등의 특성 차이를 비교하는 연구가 일부 존재하지만, 아직까지 특성 분석 및 품질 차이를 규명하는 연구는 부족한 실정이다. 특히, 월동무는 재배환경에 따라서도 다양한 양상을 보이기 때문에 품종에 따른 월동무의 특성 분석이 필요하다. 따라서 품종별 월동무의 감각 특성 및 향기성분 분석과 조직감 분석을 통해 추후 월동무 관련 연구에 기초자료로 활용될 수 있도록 하는 것이 이 연구의 목적이며, 아울러 월동무를 활용한 제품개발 시 용도에 맞는 품종을 선택할 수 있도록 방향성을 제시하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 무는 2021년도 1월에 제주도에서 수확된 3종, 청정고원무(R1), 만사형통(R2), 멧진맛동(R3)과 동일한 시기에 수확된 전라남도 해남군 1종, 서호무(R4)의 월동무이다. 시료는 수분 및 영양성분의 손실과 변화를 최소화하기 위해 개별로 신문지로 감싸 플라스틱 통에 소분한 후 0~2°C의 냉장 온도에서 보관하였다.

시료의 정제는 gel-filtration 충전제로 Sephacryl S-300을, ion-exchange 충전제로 DEAE-Swpharose FF와 Q-Sepharose FF를 사용하였다. 실험에 사용한 모든 충전제는 GE Healthcare(Uppsala, Sweden)에서 구입하여 사용하였으며, open column은 Bio-Rad Laboratories(Hercules, CA, USA)의 제품을 사용하였다. SDS-PAGE electrophoresis를 위한 size marker로는 EZ-Perfect Marker Plus(DoGenBio, Seoul, Korea)와 30% acrylamide-bis solution(Biosesang Inc., Sungnam, Korea) 제품인 Coomassie brilliant blue G-250을 사용하였다. 이외의 실험에 사용한 에탄올 및 PBS(phosphate buffer saline), Tris-HCl buffer 등은 특급 이상의 시약을 사용하였다.

시료 준비

월동무는 껍질을 제거 후 이물질이 남지 않은 상태까지 세척하였고, 푸른색을 띠는 머리 부분과 뿌리를 자르고 남은 중간 부분만을 이용하였다. 손질을 마친 월동무는 2×2×2 cm(가로×세로×높이) 크기로 절단하였으며, 생무와 데침무 형태로 처리하여 사용하였다. 생무는 절단한 그대로 사용하였고 데침무는 절단한 후 냄비에 약 1 L의 생수를 넣고 90°C에서 5분간 데쳐 차가운 물에 약 10초간 냉각시켰다. 또한, 동결건조에 사용된 무는 지퍼백에 넣어 -20°C 냉동보관을 통해 변화를 방지하였다.

일반성분 분석

일반성분 분석은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety, 2012)에 따라 수분, 조단백질, 조지방, 및 조회분 함량을 측정하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법으로 분석하였으며, 조단백질은 시료의 전처리 과정을 거친 후 증류장치를 이용하여 분석하는 micro Kjeldahl법, 조지방은 에테르를 용매로 하는 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접 회화법을 이용하였다.

월동무 에탄올 추출물 제조

세척된 무를 적당한 크기로 잘라 믹서기에 넣어 잘게 갈아준 후 비커에 시료와 시료량의 2배에 해당하는 80% 에탄올을 가해 실온에서 자동교반기(hot plate & stirrer, MS300 HS, Mtops, Seoul, Korea)로 24시간 동안 추출하였다. 추출액은 Whatman No. 1 여과지를 사용하여 감압 여과하였고, 그 여액을 40°C 수욕상에서 감압농축기(rotary vacuum evaporator, N-1300, Eyela, Seongnam, Korea)를 사용하여 농축한 뒤 동결건조(TFD5503, Ilshin, Dongducheon, Korea)하여 분말화시켰다.

DPPH 라디칼 소거 활성 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois 방법(1958)을 일부 변형하여 측정하였다. 250 mL 갈색메디아병에 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 7.89 mg을 취해 에탄올로 100 mL를 맞추어 0.2 mM DPPH 용액을 제조하였다. 96 well plate에 20 mg/mL 농도의 시료 30 µL를 먼저 가한 후 0.2 mM DPPH 135 µL를 취하여 넣고 잘 혼합하여 암실에서 30분간 반응시켰다. 반응액은 흡광광도계(SpectraMax iD3 Multi-Mode Microplate Reader, Molecular Devices, Seoul, Korea)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정한 후 아래의 식으로 소거능을 계산하여 radical scavenging activity(%)로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [1 - (\text{흡광도}_{\text{sample}} - \text{흡광도}_{\text{control}})] \times 100$$

월동무 성분 추출

세척한 무 1 kg을 믹서기에 넣어 잘게 갈아준 다음 petroleum ether 1 L를 첨가하고 2시간 동안 교반하여 탈지 과정을 수행한 후 얻은 탈지 분말 200 g을 0.15 M NaCl을 함유한 10 mM sodium phosphate buffer(pH 7.5) 2 L를 첨가하여 4시간 동안 교반시켜 추출하였다. 이후 용액은 gauze를 통해 거른 다음 대용량 원심분리기(Avanti J-E, Beckman Coulter Inc., Brea, CA, USA)를 사용하여 원심분리(30,000×g, 20 min)한 후 얻은 상등액을 ammonium sulfate 포화 침전법을 통해 24시간 동안 포화시켰다. 포화 침전을 진행한 후 위와 같은 방법으로 대용량 원심분리기를 이용하여 원심분리(30,000×g, 15 min)하여 얻은 pellet을 dialysis membrane(12 kD MWCO, Spectra/Por, Spec-

trum Laboratories Inc., Rancho Dominguez, CA, USA)에 넣은 후 flow water, deionized water, 10 mM sodium phosphate buffer의 순으로 투석을 진행하였다.

크로마토그래피 분석

먼저 Sephacryl S-300 gel-filtration column chromatography(1.5 cm×50 cm)를 통해 월동무 추출물의 peak를 분리하였다. 불용성 물질을 제거하기 위해 투석이 완료된 시료를 원심분리(20,000×g, 10 min)한 후 상등액을 10 mM sodium phosphate buffer를 이용하여 1 mL/min 속도로 용출시켰으며, 한 시험관당 7 mL씩 모은 후 spectrophotometer(Eppendorf BioSpectrometer, Hamburg, Germany)를 사용하여 280 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Gel-filtration chromatogram을 통해 형성된 분획을 peak 순으로 pool 하여 증류수와 10 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0)에 대해 투석과정을 거친 후 준비된 DEAE-Sepharose FF column(2.5 cm×50 cm)으로 분리를 진행하였다. DEAE-Sepharose column은 희분 분리 전 open column에 충전한 후 0.1 N NaOH, 0.1 N HCl, 증류수를 순차적으로 통과시켜 활성화시키고 10 mM Tris-HCl buffer 500 mL를 통과시킨 후 앞서 준비한 희분을 컬럼에 주입하였다. 희분 성분을 컬럼에 흡착시킨 후 용출 buffer에 0 M에서 0.3 M까지 NaCl gradient로 분리하여 280 nm에서 흡광도를 측정하였다.

SDS-PAGE

전기영동은 Mini PROTEAN 3 Cell(Bio-Rad Laboratories)을 이용하였다. 먼저 10% acrylamide separating gel과 4% acrylamide stacking gel을 제조한 후, 1%의 단백질과 sample buffer를 혼합하여 loading 시료를 제조하였다. Separating gel에 시료를 standard protein marker(EZ-Perfect Marker Plus, DoGenBio)와 함께 loading 하였으며, 100 V에서 약 1시간 30분 동안 단백질을 분리하였다. Loading이 끝난 후 gel은 Coomassie brilliant blue R-220 staining solution에서 1시간 30분간 염색시켰으며, 염색 후 destaining solution으로 탈색시켰다.

BCA assay

Bicinchoninic acid(BCA) 시약을 이용한 단백질 정량 Pierce^{TM} BCA protein assay kit(Thermo Fisher, Waltham, MA, USA)을 사용하여 단백질을 정량하였다. 먼저 bovine serum albumin(BSA) standard와 BCA working agent(WR)를 준비하고, 각각의 표준시료와 미지시료를 각자의 micro plate를 잘 흔들어 섞어준 후 커버 플레이트를 덮고 30분간 37°C에서 보온 처리하였다. 보온 후 plate를 상온까지 식히고 562 nm에서 평판 리더를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 미지시료의 단백질 농도는 모든 표준시료와 미지시료의 흡광도에서 대조시료의 평균 흡광도를 뺀 다음

각각의 BSA standard의 평균 흡광도와 농도($\mu\text{g}/\mu\text{L}$)를 그래프로 나타내고 표준곡선을 그려 계산하였다.

전자코 분석

품종에 따른 월동무와 브로콜리의 휘발성 향기성분은 전자코시스템(HERACLES Neo, Alpha MOS, Toulouse, France)을 이용하여 분석하였다. 월동무는 slurry된 상태에서 약 1.3 g을 전자코 분석용 50 mL-headspace vial에 넣어 50°C에서 500 rpm 속도로 20분간 교반하면서 휘발성 화합물을 headspace vial에 포화시켰다. 휘발성 화합물의 포집은 전자코에 부착된 자동시료 채취기를 이용하였고, 2,000 μL 의 휘발성 화합물을 취한 후 전자코에 장착된 MXT-1701 컬럼을 사용하여 gas chromatography injection port에 주입하였다. 분석 조건은 acquisition time은 230초, trap absorption temperature 20°C, 그리고 incubation 50°C에서 10분으로 설정하여 진행하였다. 탄소수에 기반을 둔 retention index는 Kovat's index library를 기반으로 하였고, 전자코에 포함된 AroChemBase(Alpha MOS)를 사용하여 분리된 피크의 성분을 추정하였다. 각각의 시료들은 3 반복의 분석 결과를 사용하여 odor pattern을 확인하였고, 주성분분석(principal component analysis; PCA)을 통해 시료 간의 패턴 분석을 실시하였다.

기기적 조직감 분석

월동무의 조직감 분석을 위해 시료는 2×2×2 cm 크기로 준비하였으며, Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Co., Haslemere, England)를 사용하여 경도(hardness)를 측정하였다. 결과는 품종별로 15회씩 반복 측정하여 얻어진 값의 평균±표준편차로 나타내었다. 측정 조건은 pre-test speed 5.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, distance 12 mm로 설정하였으며 needle probe를 장착하여 분석하였다.

묘사분석

묘사분석은 단국대학교 식품영양학과에 재학 중인 남녀 7명의 학생을 패널로 선정하여 주당 1~2회씩 1회에 2시간 총 8회 훈련을 받은 후 실시하였다. 평가는 패널들이 서로의 의견을 공유하지 않고 집중할 수 있도록 칸막이가 설치된 개인 부스에서 정량적 묘사분석법으로 시행하였으며, 단국대학교 기관생명윤리위원회에서 IRB 승인(승인번호: DKU 2020-05-017)을 받은 후 IRB 절차에 따라 진행되었다. 평가 시료는 처리 조건에 따른 품종별 월동무와 분자량에 따른 분획물을 사용하였으며, 난수표를 참고하여 도출한 세 자리 숫자의 랜덤코드가 적힌 종이컵에 담아 무작위 순서로 제공하였다. 또한, 생수와 빨는 컵을 함께 제공하여 하나의 시료를 평가한 후 입안을 깨끗이 헹군 다음 다른 시료를 평가하도록 하였다. 실험은 2 반복으로 진행되었으며 처리 조건에 따른 평가 항목은 외관(appearance), 맛(taste), 조직감

(texture)으로 구성된 총 13가지 특성을, 분자량에 따른 분획물 평가는 향(aroma)과 맛(taste)의 총 6가지 항목을 사용하였다. 각 특성에 대한 평가의 이해를 돕기 위해 사용한 표준시료는 Table 1과 같으며, 각 특성은 15점 척도를 사용하여 높은 점수일수록 특성을 강하게 나타내는 것으로 평가되었다.

통계처리

모든 실험결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, XLSTAT software version 2012 for windows(Addinsoft Inc., Paris, France)를 사용하여 분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 분석 후에는 Tukey 방법으로 사후 검정하여 5% 수준에서 시료 간의 유의성을 검증하였으며, 품종별 월동무의 상관관계를 분석하기 위해 주성분분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

품종에 따른 월동무의 일반성분 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 월동무의 수분함량은 평균 94%로 대부분 수분으로 이루어져 있었으며, 다음으로 조단백, 조회분, 조지방 순으로 나타났다. 본 연구결과를 식품의약품안전처 식품영양성분 데이터베이스와 Seo 등(2014)의 연구결과와 비교해보았을 때 매우 유사한 경향을 나타내었으며, 4종의 시료에 대한 수분함량, 조단백 및 조회분 함량에서는 유의한 차이가 존재하지 않았다. 그러나 조지방 함량은 각각 0.13~0.19%로 멧진맛동(R3)이 가장 낮았으며 서로 유의적인 차이($P<0.05$)를 보였다. 조지방의 경우 지방산, 인지질, 지용성 색소, 알코올류, 왁스류 등을 함유하는 지방 형태의 모든 성분으로, 토양의 조성 및 pH, 기온 등의 환경에 따라 차이가 있을 수 있다(Lee 등, 1998; Seo 등, 2012). 이로 인해 재배환경이 다른 품종별 월동무의 성분에도 차이가 나타난 것으로 보인다. 즉, 월동무의 품종은 일반성분에 대해 대체로 큰 영향을 주지 않으나 유일하게 조지방 함량에는 영향을 주는 것으로 나타났다.

DPPH 라디칼 소거 활성 측정

항산화 관련 기전의 균형이 깨지면 활성산소가 축적되면서 산화적 스트레스가 초래되며 자유라디칼이 인체 내에서 각 조직과 세포 내의 DNA 혹은 면역 등에 영향을 주어 각종 질병을 일으킨다(Jang 등, 2010; Kim과 Ham, 2003). 품종에 따른 월동무의 DPPH 라디칼 소거 활성값은 Table 2에 나타내었으며 모든 시료 간에 유의적인 차이가 존재하였다. 청정고원무(R1)의 소거능이 37.01%로 가장 높았으며 만사형통(R2)이 11.18%로 가장 낮게 측정되었다. Park 등(2014)의 연구에서 무와 함께 십자화과에 속하는 브로콜리의 항산화 효과를 비교한 결과를 보면 역시 품종에 따라 DPPH 라디칼 소거능에 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 채소류에는 fla-

Table 1. Definitions and reference standards of attributes used in the descriptive analysis

		Definition	Reference [intensity]
Radish	Appearance	Clearness	Degree of clearness
		Uniformity	The amount of air bubbles that can feel from the surface
	Taste	Sweetness	The basic taste, on the tongue associated with sucrose solutions
		Saltiness	The basic taste, on the tongue associated with sodium chloride
		Bitterness	The basic taste, on the tongue associated with bitter agents such as in a caffeine solution
		Umami	Flat, salty flavor sometime thought of as brothy naturally occurring in products such as MSG
		Pungent	The sharp taste like radish and horseradish
	Texture	Hardness	Force required to bite a sample for the first time
		Chewiness	Force required to bite through the chewed sample up to 11 times by the molar teeth
		Cohesiveness	The amount that the chewed sample up to 11 times holds together
		Fibrousness	The amount of stringy fibers in sample after first bites
		Moisture release	Amount of moisture released after chewing samples 1 time
		Crunchiness	A low pitch sound made during first molar bite of flesh and skin
	Aroma	Radish	The sharp, pungent, somewhat bitter aromatics associated with a fresh radish
		Pungent	The sharp aromatics with a physically penetrating sensation in the nose
Radish fraction	Taste	Radish	The sharp, pungent, somewhat bitter aromatics associated with a fresh radish
		Sweetness	The basic taste, on the tongue associated with sucrose solutions
	Astringency	Bitterness	The basic taste, on the tongue associated with bitter agents such as in a caffeine solution
		Astringency	The puckering or drying sensation on the mouth or tongue surface

Table 2. General components and DPPH radical scavenging activity of four winter radishes according to cultivars

Sample	Compositions (%)				DPPH radical scavenging activity
	Total moisture	Total crude protein	Total crude fat	Total crude ash	
R1	94.345±0.004 ^{a1)2)}	0.462±0.025 ^a	0.192±0.006 ^a	1.586±0.095 ^a	37.01±2.53 ^a
R2	94.590±0.512 ^a	0.506±0.062 ^a	0.170±0.001 ^b	1.307±0.263 ^a	11.18±0.24 ^b
R3	94.213±0.069 ^a	0.471±0.082 ^a	0.134±0.009 ^c	1.266±0.401 ^a	21.82±0.67 ^c
R4	94.227±0.186 ^a	0.474±0.023 ^a	0.183±0.002 ^{ab}	1.334±0.346 ^a	28.05±2.10 ^d

¹⁾Mean±standard deviation.

²⁾Means with different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

R1: *Cheongjeonggowon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

vonoid, phenoleic acid 등의 페놀성 화합물 성분들이 포함되어 있는데(Kang 등, 2002), 특히 총 폴리페놀의 함량이

DPPH 라디칼 소거능과 상관관계를 가진다는 보고가 있다 (Lee 등, 2005). 즉, 품종별로 항산화성에 차이가 나는 이유

는 품종에 따라 라디칼 소거에 우수한 폴리페놀, 무와 같이 회거나 담황색을 띠는 채소에 다량 함유되어 있는 flavonoid 중 anthoxanthin 등 페놀성 물질의 함량이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

분자량 분석 및 단백질 정량

분리과정 중 분쇄 및 탈지를 통해 얻은 추출물을 침전시킨 후 투석과정을 거쳐 평형화된 시료를 원심분리하여 gel filtration chromatography를 통해 4종의 월동무 peak를 분리하였다(Fig. 1). 또한, 전기영동을 통해 얻은 각각의 peak 속에 포함된 성분의 분자량을 비교하였으며 고분자 분획과 저분자 분획으로 분류하였다. SDS-PAGE 분석의 경우 청정고원무(R1)의 메인 밴드인 60 kDa과 30, 25 kDa에 해당되는 밴드가 관찰되어 품종에 따라 나타나는 경향이 모두 일치하지 않았고, 전반적으로 100 kDa 이하의 분자량 밴드가 주로 나타나는 것을 알 수 있었다. 각 월동무의 gel-filtration chromatography의 main peak 분획을 주입하여 NaCl gradient로 분리한 ion-exchange chromatography의 결과에서는 각각 하나의 peak로 분리되었고(Fig. 2) 그 peak의 성분은 감각평가를 통해 분석하였다.

BCA assay를 통한 단백질량 측정실험에서 청정고원무(R1)는 전체 단백질량이 6.52 mg/mL로 다른 월동무인 만사형통(R2) 4.6 mg/mL, 멋진맛동(R3) 3.6 mg/mL, 서호무(R4) 3.59 mg/mL보다 많았고 서호무(R4)가 단백질을 가장 적게 함유하고 있는 것으로 밝혀졌다.

전자코 분석

전자코 시스템은 사람의 코와 유사하게 향에 반응하고 사람이 감지할 수 없는 화학 물질에도 반응하여 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있다는 장점이 있다(Kim 등, 2008). 전자코를 이용한 월동무의 향기성분 분석 결과는 Table 3에 나타내었다. 먼저 4가지 품종의 월동무에서는 총 18가지의 향기성분이 검출되었고, 전체적으로 함황화합물 계열에 속하는 methanethiol에 대해 높은 함량을 보였다. 다음으로 pyridine의 함량이 높았으며, ketone류를 포함한 일부 항목을 제외하고 청정고원무(R1)의 휘발성 향기성분 함량이 가장 높았다. Methanethiol은 무와 브로콜리와 같이 황을 함유한 채소에서 흔하게 느낄 수 있는 methyl mercaptan을 의미하며, 암모니아(NH_3), 황화수소(H_2S) 등이 함유된 휘발성 황화합물로 무 특유의 좋지 않은 향을 내는 성분 중 하나이다(Kim 등, 2017). Library에 따르면 methanethiol의 감각 특성은 cabbage, sulfurous이고 pyridine은 amine, fishy인 것으로 확인되었다. 이러한 황화합물은 불쾌한 특성 때문에 악취의 원인이 되기도 하지만 조리된 음식에서는 마이야르(Maillard) 반응의 산물로서 종종 음식의 향과 맛에 긍정적인 영향을 주기도 한다(Hill과 Smith, 2000).

또한, 주성분분석을 통해 시료 간 휘발성 향기성분의 패턴을 분석하였으며 Fig. 3에 나타내었다. 월동무는 제1주성분(PC1)에서 61.49%, 제2주성분(PC2)에서 26.22%로 총 변동의 87.71%를 설명하였다. 만사형통(R2)과 멋진맛동(R3)의 경우 특성들과 분리되어 전체적인 휘발성 향기성분

Fig. 1. Gel-filtration column chromatogram and gel electrophoresis data of four winter radishes. (A) *Seoho*, (B) *Cheongjeonggowon*, (C) *Meotjinmatdong*, (D) *Mansahyeongtong*.

Fig. 2. Ion-exchange column chromatograms of four winter radishes (A) *Seoho*, (B) *Cheongjeonggowon*, (C) *Meotjinmatdong*, (D) *Mansahyeongtong*.

Table 3. Volatile components in four winter radishes according to cultivars using electronic nose

Compounds	RT ¹⁾ (RI ²⁾	Sensory description	R1	R2	R3	R4
Ethyl acrylate	37.12 (779)	Fruity, pungent	0.19	0.08	0.08	0.09
Methyl octanoate	73.72 (1,238)	Aldehydic, vegetable	0.42	0.24	0.14	0.13
Octyl caprylate	102.08 (1,860)	Fruity	0.10	0.11	0.10	0.11
Amyl cinnamate	105.66 (1,943)	Balsamic	1.21	1.10	1.11	1.16
3-Hexanol	50.48 (907)	Alcoholic, ethereal	0.38	0.17	0.05	0.07
3-Decanol	77.32 (1,305)	Floral	1.11	0.52	0.33	0.70
Cymen-8-ol	79.36 (1,346)	Citrus, floral	0.84	0.36	0.16	0.50
Trimethylamine	14.65 (448)	Amine, ammoniacal	1.37	0.32	0.24	0.34
Pyridine	42.14 (826)	Amine, fishy	56.84	34.87	21.42	25.06
Caprolactam	88.26 (1,539)	Spicy	0.52	0.51	0.48	0.53
Hexane	20.94 (597)	Alkane, ethereal	0.34	0.10	0.10	0.34
Hexadecane	90.98 (1,602)	Alkane, sweet	0.08	0.06	0.05	0.11
γ -Decalactone	94.66 (1,687)	Fresh, sweet	3.68	1.95	1.00	6.05
Methanethiol	16.61 (495)	Cabbage, sulfurous	179.03	163.96	55.96	64.98
Ethanethiol	19.42 (561)	Sulfurous	2.82	0.82	3.46	1.25
1-Propanethiol	26.92 (679)	Alliaceous, cabbage	0.07	0.04	0.02	0.08
4-Methoxy-2-methylbutanethiol-2	57.36 (987)	Sulfurous	0.64	0.56	0.12	0.47
Dimethyl sulfoxide	63.98 (1,077)	Alliaceous, sulfurous	0.47	0.20	0.18	0.20

¹⁾RT: retention time. ²⁾RI: retention indices.

들과 낮은 상관성을 나타내었으며, 각각 octyl caprylate와 ethanethiol의 특성을 가졌다. 청정고원무(R1)와 서호무(R4)는 PC1에 대해 양의 방향에 위치하여 앞서 R2와 R3가 가지는 특성을 제외한 나머지 16가지의 특성과 상관성을 가지는 것으로 나타났다. 특히 R1은 methyl octanoate, dimethyl sulfoxide, 3-hexanol, ethyl acrylate, pyridine, trimethylamine, methanethiol과 높은 상관성을 나타내었다. 주성분분석을 통해 품종별 월동무 사이의 상관관계

확인할 수 있었으며(Kim과 Shin, 2019), 다양한 향미 성분은 이들을 활용한 다양한 가공품 개발 시 기초 데이터로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

기기적 조직감 특성

조직감(texture)은 사람의 신체 일부와 식품 사이의 접촉으로부터 느껴지는 물리적 자극에 대한 감각의 반응이다. 식품의 다양한 성분과 구조적 요소들은 서로 배열되거나 결

Fig. 3. PCA for volatile components using electronic nose in radish. R1: *Cheongjeonggowon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

합되어 외부를 표현하기도 한다(Bourne, 2002). 이러한 식품의 물리적 특성은 조직감 분석을 통해 정의 및 측정된다. 본 실험은 생무와 데침무 두 가지 조건으로 texture analyzer를 통해 품종에 따른 월동무의 경도(hardness)를 측정하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 경도는 어금니에 시료를 놓고 처음 씹을 때 시료가 파괴되기 전까지 요구되는 힘인데(Lee 등, 2008), 대부분의 채소는 단단함과 같은 식감이 품질을 결정지를 뿐만 아니라 소비자의 선호도에도 영향을 미치기 때문에 중요한 특징으로 여겨진다(Kamali와 Farahnaky, 2015; Waldron 등, 2003). 생무의 경우 품종 간에 유의적인 차이가 존재하였으며, 전라남도 품종인 서호무(R4)가 375.27 ± 31.71 로 가장 단단했고 제주도 품종인 청정고원무(R1)가 305.72 ± 21.14 로 가장 낮았다. 이는 품종마다 조직감과 비례하는 경향의 셀룰로오스 및 반비례 경향을 보이는 펙틴의 조직 세포 내 함량이 각각 다르기 때문인 것으로 보인다(Lee 등, 2013). 90°C에서 5분간 데친 데침무 조건에서는 역시 청정고원무(R1)가 27.64 ± 6.61 로 가장

낮았으나 멧진맛동(R3)이 46.74 ± 9.69 로 가장 높았고, 서호무(R4)가 41.87 ± 9.81 로 그 뒤를 이었다. 하지만 ANOVA 분석 결과 R3과 R4 사이에는 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 데침무도 생무와 유사한 경향을 나타내었다고 볼 수 있다. 또한, 데침무의 경도가 생무보다 현저히 낮은 것을 볼 수 있는데, 이는 ‘가열’이라는 열처리 방식에 의해 무의 조직감이 영향을 받았기 때문이다. 채소는 대부분 반투과성 막과 세포벽으로 둘러싸인 수분과 기타 수용성 물질을 지니며 그들의 팽압과 막의 구성으로부터 조직감이 결정된다(Barrett 등, 2010). 채소를 가열하게 되면 이들을 구성하고 있는 막과 조직이 파괴되고 팽압이 손실되어 견고함이 상실된다. 또한, 세포와 세포 사이를 이어주는 고분자 펙틴의 분해에 의해 추가적인 연화가 일어나기도 한다(Miglio 등, 2008; Waldron 등, 1997). 즉, 가열 시 채소의 조성 및 구조가 변화되면서 조직이 연화되어 물러지기 때문에 경도가 급격히 감소하는 것으로 보인다. 조직감 분석 결과, 두 가지 조건에서 모두 청정고원무(R1)의 경도가 가장 낮았으며 가장 높은 경도의 무도 생무와 데침무 조건 간에 유사한 경향을 나타내었다. 이로 보아 무의 경도는 품종과 관련이 있으며, 각각의 품종이 갖는 고유한 특성에 따라 조직감이 결정되는 것으로 판단된다.

월동무의 묘사분석

품종에 따른 월동무의 정량적 묘사분석 결과는 Table 5에 나타내었다. 생무의 경우 모든 특성에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 유일하게 조직감 항목 중 경도에서 청정고원무(R1)와 만사형통(R2) 사이에 차이가 존재했다. 청정고원무(R1)가 가장 낮은 경도, 만사형통(R2)이 가장 높은 경도값을 가졌는데, 이는 앞선 기기적 조직감 분석의 결과와 동일하다. 품종별 월동무의 견고성 차이를 묘사분석 패널이 정확하게 감지하였다고 판단할 수 있다. 데침무는 아삭함

Table 4. Mechanical hardness of four winter radishes according to cultivars

	Sample	Hardness (g/cm ²)
Raw	R1	$305.72 \pm 21.14^{c(1)(2)}$
	R2	362.08 ± 30.77^{ab}
	R3	342.20 ± 34.00^b
	R4	375.27 ± 31.71^a
Blanched	R1	27.64 ± 6.61^c
	R2	39.12 ± 10.11^b
	R3	46.74 ± 9.69^a
	R4	41.87 ± 9.81^{ab}

¹⁾ Mean $\pm$ standard deviation.

²⁾ Means with different letters for each treatment in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

R1: *Cheongjeonggowon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

Table 5. Descriptive analysis of four winter radishes according to cultivars

Attribute		Sample							
		Raw				Blanched			
		R1	R2	R3	R4	B1 ³⁾	B2	B3	B4
Appearance	Clearness	3.7 ^{a1)2)}	3.2 ^a	3.3 ^a	3.3 ^a	6.0 ^{A1)}	6.5 ^A	6.9 ^A	6.2 ^A
	Uniformity	6.7 ^a	5.3 ^a	6.1 ^a	6.0 ^a	6.2 ^A	6.0 ^A	5.8 ^A	5.9 ^A
Taste	Sweetness	2.7 ^a	2.5 ^a	2.8 ^a	2.5 ^a	2.8 ^A	2.5 ^A	2.6 ^A	2.4 ^A
	Saltiness	1.3 ^a	1.3 ^a	1.3 ^a	1.4 ^a	1.7 ^A	1.6 ^A	2.5 ^A	1.6 ^A
	Bitterness	2.1 ^a	1.6 ^a	2.4 ^a	1.7 ^a	1.2 ^A	1.6 ^A	1.3 ^A	1.3 ^A
	Umami	2.2 ^a	2.0 ^a	1.8 ^a	2.0 ^a	3.4 ^A	3.0 ^A	3.1 ^A	2.9 ^A
	Pungent flavor	2.8 ^a	2.9 ^a	2.9 ^a	2.9 ^a	2.1 ^A	2.2 ^A	2.5 ^A	1.8 ^A
Texture	Hardness	8.5 ^b	9.7 ^a	9.2 ^{ab}	8.8 ^{ab}	6.4 ^A	6.7 ^A	6.0 ^A	5.8 ^A
	Chewiness	8.5 ^a	9.2 ^a	8.8 ^a	9.4 ^a	6.1 ^A	6.1 ^A	6.1 ^A	4.8 ^A
	Cohesiveness	5.1 ^a	4.9 ^a	4.8 ^a	4.8 ^a	4.0 ^A	3.8 ^A	4.4 ^A	3.6 ^A
	Fibrousness	4.1 ^a	4.1 ^a	4.1 ^a	4.5 ^a	3.0 ^A	3.4 ^A	3.4 ^A	3.6 ^A
	Moisture release	4.7 ^a	4.5 ^a	4.6 ^a	4.2 ^a	4.4 ^A	4.2 ^A	4.4 ^A	5.1 ^A
	Crunchiness	4.9 ^a	5.3 ^a	5.3 ^a	4.4 ^a	1.8 ^A	1.8 ^A	1.5 ^{AB}	1.2 ^B

¹⁾Each value represents the mean of sensory intensities using a 15-point scale.

²⁾Means with different letters for each treatment in a row are significantly different ($P<0.05$).

³⁾B1: blanched radish of R1, B2: blanched radish of R2, B3: blanched radish of R3, B4: blanched radish of R4.
R1: *Cheongjeongwon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

(crunchiness)에서 서호무(R4)가 다른 품종의 월동무와 비교하였을 때 유의적으로 낮은 값을 가졌으며 이외의 다른 특성에서는 유의적인 차이가 존재하지 않았다. 또한, 수분감(moisture release)을 제외한 모든 조직감 특성은 데침에 따라 감소하는 것을 볼 수 있는데 이는 가열에 의한 변화이다. 조리된 채소는 세포가 파손되거나 세포 간의 접착력이 약해져 막을 따라 갈라짐으로 인해 조직감이 부드러워지고 그로 인해 조직감과 관련한 특성의 강도가 감소하는 것이다(Brett과 Waldron, 1996). 데치기는 효소의 활성을 억제시켜 품질을 유지하고 색을 선명하게 하여 외관을 좋게 해준다. 또한, 산 성분이나 채소에서 흔하게 느낄 수 있는 쓴맛을 줄이거나 없애어 기호도를 높일 수도 있다(Lee 등, 2002; Oboh, 2005). 하지만 과도한 가열처리는 조직감을 연화시

키거나 식감을 떨어트리므로, 특히 수용성 성분인 무기질과 비타민 C, 총 폴리페놀 등의 영양성분을 손실시킬 수 있어 적절한 온도와 처리 방법을 사용해야 한다(Kim과 Lee, 2004).

Fig. 4는 주성분분석을 통해 품종별 월동무에 대한 감각 특성을 분석한 것이다. 생무는 제1주성분(PC1)이 52.53%, 제2주성분(PC2)이 31.85%로 총 84.37%의 변동량을 설명하였다(Fig. 4A). 청정고원무(R1)와 멧진맛동(R3)은 PC1에 대해 음의 방향, PC2에 대해서는 각각 음과 양의 방향에 위치하여 청정고원무(R1)의 경우 외관과 관련한 특성들과 응집성, 투명함이 강하고 멧진맛동(R3)은 아삭함의 특성이 강하게 나타났다. 만사형통(R2)은 PC1과 PC2에 대해 모두 양의 방향에 위치하여 경도와 알싸한 맛이 강했고, 서호무(R4)의 경우에는 PC1이 양의 방향, PC2가 음의 방향에 위

Fig. 4. PCA of 13 sensory attributes for four different varieties of (A) raw winter radish (B) blanched winter radish. R1: *Cheongjeongwon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

Table 6. Descriptive analysis of fractions of four winter radishes according to the molecular weight

Sensory characteristics		Aroma		Taste			
		Radish	Pungent	Radish	Sweetness	Bitterness	Astringency
R1	Pool 1	0.54 ^{b1)2)}	0.50 ^c	1.21 ^a	1.04 ^a	1.50 ^a	1.63 ^{cde}
	Pool 2	0.50 ^b	0.54 ^{bc}	1.04 ^{abc}	1.13 ^a	1.42 ^{ab}	2.00 ^{bcd}
	Pool 3	0.50 ^b	0.54 ^{bc}	1.13 ^{abc}	1.04 ^a	1.25 ^{ab}	2.08 ^{bcd}
R2	Pool 1	0.54 ^b	0.63 ^{bc}	0.75 ^c	0.71 ^a	1.04 ^{ab}	1.29 ^{de}
	Pool 2	0.54 ^b	0.67 ^{bc}	0.88 ^{abc}	0.92 ^a	0.83 ^b	0.83 ^e
R3	Pool 1	0.54 ^b	0.63 ^{bc}	0.79 ^{bc}	0.79 ^a	1.17 ^{ab}	0.83 ^e
	Pool 2	0.63 ^{ab}	0.75 ^{bc}	0.92 ^{abc}	0.96 ^a	1.21 ^{ab}	1.29 ^{de}
	Pool 3	0.58 ^{ab}	0.63 ^{bc}	1.13 ^{abc}	0.92 ^a	0.92 ^{ab}	0.96 ^e
	Pool 4	0.58 ^{ab}	0.58 ^{bc}	1.17 ^{ab}	0.92 ^a	1.04 ^{ab}	1.13 ^e
R4	Pool 1	0.63 ^{ab}	0.79 ^b	0.92 ^{abc}	1.08 ^a	1.13 ^{ab}	2.29 ^{abc}
	Pool 2	0.71 ^a	1.33 ^a	1.04 ^{abc}	1.25 ^a	1.13 ^{ab}	2.96 ^a
	Pool 3	0.54 ^b	0.58 ^{bc}	1.17 ^{ab}	1.04 ^a	1.21 ^{ab}	2.54 ^{ab}

¹⁾Each value represent the mean by 6 panels using 15-point scale.

²⁾Different letters in a row are significantly different ($P<0.05$).

R1: *Cheongjeonggowon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

Pool 1, 2, and 3 are the samples with the highest, medium, lowest molecular weight, respectively.

치하여 짭맛, 씹힘성, 섬유성의 특성을 강하게 나타내었다. 상대적으로 다른 품종의 월동무에 비해 청정고원무(R1)가 특성들과의 상관성이 높았으며, 만사형통(R2)은 단단함과 상관성이 가장 높아 조직감 분석의 결과와 일치하는 것을 보였다. Fig. 4B는 데침무의 주성분분석 결과이며 PC1은 49.43%, PC2는 28.64%로 총 변동의 78.07%를 설명하였다. 만사형통(R2)은 생무에서와 마찬가지로 PC1과 PC2가 모두 양의 방향에 위치하였으며 멧진맛동(R3)과 함께 투명함, 쓴맛, 알싸한 맛 등과 관련이 있었고, 서호무(R4)는 PC1, PC2 모두 음의 방향에 위치하여 다른 특성들과는 낮은 상관성을 보이며 수분감만을 강하게 나타내었다. 청정고원무(R1)의 경우 PC1이 양의 방향, PC2가 음의 방향에 존재하여 표면의 균일성, 단맛과 감칠맛의 특성을 강하게 가졌다. 즉, 월동무는 처리조건에 따라 시료의 특성이 달라졌으며,

데침에 따라 생무에서 나타내었던 특성을 잃게 되어 전체적으로 특성들과 차이가 나는 경향을 보였다. 이는 조리과정을 통해 월동무가 가지는 영양소 및 맛의 성분이 변화하기도 하며, 고유한 특성을 나타내는 성분들이 조리수로 일부 용출되었기 때문으로 보인다(Chung 등, 2016).

품종에 따른 추출물의 묘사분석

Table 6은 품종에 따른 월동무의 분자량 크기에 따른 분획물의 감각적 특성 평가 결과이다. 6가지의 특성 중 무의 향(radish aroma)과 무의 맛(radish taste)에서만 유의적인 차이가 나타났다. 무 향의 경우 서호무(R4)의 Pool 2가 유의적으로 가장 높은 값을 가졌으며 청정고원무(R1)의 Pool 2, 3이 가장 낮은 값을 가졌다. 무 맛에서는 청정고원무(R1)의 Pool 1 값이 유의적으로 가장 높았으며 만사형통(R2) 중

Fig. 5. PCA of 6 sensory attributes for four different varieties of winter radish fractions. R1: *Cheongjeonggowon*, R2: *Mansahyeongtong*, R3: *Meotjinmatdong*, R4: *Seoho*.

Pool 1이 유의성 검증 결과 가장 낮은 값을 나타내었다. 이들 외에 다른 특성에서는 유의적 차이가 없었으나 상대적으로 청정고원무(R1)가 다른 시료의 값보다 높은 것을 알 수 있다. Baik 등(2004)의 연구에 따르면 추출물에 따라 분자량이 다르며 분리된 분자량 중에서도 3~10 kDa이 장 기능 및 변비 질환 개선 효과를 가진다고 보고하였다. 이를 통해 분자량에 따라 각 추출물이 가지는 기능이 다를 수 있으며 그에 따라 감각 특성에 차이가 발생할 수 있을 것으로 생각되는데, 즉 다른 품종의 월동무 분획물보다 큰 R1의 분자량이 특성 강도에 영향을 미쳤을 것이라고 판단된다.

Fig. 5는 주성분분석을 통해 얻은 결과이다. PC1과 PC2는 각각 47.40%와 30.23%의 변동량을 나타내 총 변동의 77.63%를 설명하였다. 같은 품종의 분획물들은 대부분 서로 가까운 위치에 존재하였으며 품종에 따라 강하게 나타내는 특성이 다르다는 것을 볼 수 있다. 청정고원무(R1)의 경우 제2사분면에 위치하여 주로 짙은맛을 나타내며, 서호무(R4)는 제1사분면과 제4사분면에 분포하여 알싸한향, 무의향, 단맛, 무의 맛 등의 특성을 나타내었다. 하지만 만사형통(R2)과 멧진맛동(R3)은 PC1과 PC2가 모두 음의 방향인 제3사분면에 위치해 모든 특성과 낮은 상관성을 보였다. 이렇듯 추출물의 묘사분석을 통해 분자량도 원물의 특성을 결정하는 핵심 관여 물질이라고 생각할 수 있다.

요 약

본 연구는 품종에 따른 월동무의 전반적인 품질 특성을 비교하기 위해 청정고원무, 만사형통, 멧진맛동, 서호무 4종의 시료를 선정하여 일반성분, 항산화 활성, 향기 패턴, 물성 및 감각적 특성을 규명하였다. 실험은 생무와 데침무 두 가지 조건으로 나누어 진행하였으며, 일반성분의 경우 조지방 항목을 제외한 나머지에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 항산화능을 확인하기 위해 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과 모든 시료 간에 유의적인 차이가 존재하였으며 청정고원무가 가장 높은 활성을 보였다. 또한, 전자코 시스템을 활용하여 향기성분을 확인하고 패턴을 분석하였는데, 총 18가지의 성분이 검출되었으며 모든 시료에서 함황화합물 계열인 methanethiol의 함량이 가장 높게 나타났다. 휘발성 향기성분의 함량이 가장 높은 품종은 청정고원무였고 주성분분석 결과 PC1에 대해 양의 방향에 위치하여 특성들과 높은 상관성을 보였다. 기기적 조직감 분석 결과, 생무의 경우 서호무, 데침무는 멧진맛동의 경도가 유의적으로 가장 높았으며, 두 조건에서 모두 청정고원무가 유의적으로 가장 낮은 경도값을 보였다. 하지만 묘사분석에서는 품종 간 특성에 대해 뚜렷한 차이는 없었으며, 유일하게 데침무 조건에서 서호무의 아삭함이 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 묘사분석의 결과를 토대로 주성분분석을 실시하였을 때 월동무는 품종별로 각각 다른 방향에 위치하여 차이를 보였으며, 데침에 따라 특성의 양상이 조금씩 달라지는 것을 확인할

수 있었다. 월동무 추출물을 이용하여 단백질 분자량에 따른 평가에서는 분자량이 큰 시료가 상대적으로 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. 또한, 특성들과의 상관성 분석에서도 품종에 따라 다른 양상을 보였다. 이는 월동무의 분자량이 무 고유의 특성을 결정짓는 데 일부 관련이 있기 때문이라고 생각된다. 그러나 본 연구결과로 분자량이 어떤 작용 및 기전으로 월동무의 감각 특성 및 강도에 영향을 미치는지에 관한 설명은 제한적이므로 이에 관한 추가적인 연구가 필요하다. 결론적으로 월동무는 품종에 따라 품질 특성의 차이가 존재하며, 월동무를 활용한 제품개발에 알맞게 적용한다면 고품질의 제품 생산이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ01496201)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Baik SO, Kim HK, Lee YH, Kim YS. Preparation of active fraction from radish water extracts for improving the intestinal functions and constipation activities. *Appl Biol Chem*. 2004. 47:315-320.
- Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2010. 50:369-389.
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 1958. 181:1199-1200.
- Bourne M. Food texture and viscosity: concept and measurement. 2nd ed. Elsevier Science & Technology Books, Amsterdam, Netherlands. 2002. p 13-14.
- Brett C, Waldron K. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2nd ed. Chapman & Hall, London, UK. 1996. p 222-223.
- Cardozo LFMF, Alvarenga LA, Ribeiro M, Dai L, Shiels PG, Stenvinkel P, et al. Cruciferous vegetables: rationale for exploring potential salutary effects of sulforaphane-rich foods in patients with chronic kidney disease. *Nutr Rev*. 2021. 79: 1204-1224.
- Cho E, Choi AR, Choi SJ, Kim S, Lee GS, Lee SS, et al. α -Amylase activity of radish and stability in processing. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2009. 38:812-815.
- Chung HK, Yoon KS, Woo N. Effects of cooking method on the vitamin and mineral contents in frequently used vegetables. *Korean J Food Cook Sci*. 2016. 32:270-278.
- Curtis IS. The noble radish: past, present and future. *Trends Plant Sci*. 2003. 8:305-307.
- Fenwick GR, Griffiths NM, Heaney RK. Bitterness in brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*): the role of glucosinolates and their breakdown products. *J Sci Food Agric*. 1983. 34:73-80.
- Hill PG, Smith RM. Determination of sulphur compounds in beer using headspace solid-phase microextraction and gas chromatographic analysis with pulsed flame photometric detection. *J Chromatogr A*. 2000. 872:203-213.
- Hong SJ, Boo CG, Heo SU, Jo SM, Yoon S, Jeong H, et al. Physicochemical characteristics of wintering radish produced

- in Jeju Island by different processing methods. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2021. 50:748-755.
- Huh YJ, Cho YJ, Kim JK, Park KH. Effects of radish root cultivars on the *dongchimi* fermentation. Korean J Food Sci Technol. 2003. 35:7-14.
- Hwang CW. Antifungal activity of Korean radish (*Raphanus sativus* L.) extracts against pathogenic plant. Korean J Life Sci. 2003. 13:223-229.
- Jang JB, Park OR, Yun TE. Free radicals, physical performance, aging and antioxidants. The Korean Journal of Ideal Body & Beauty. 2010. 2:19-27.
- Kamali E, Farahnaky A. Ohmic-assisted texture softening of cabbage, turnip, potato and radish in comparison with microwave and conventional heating. J Texture Stud. 2015. 46:12-21.
- Kang BK, Jung ST, Kim SJ. Effects of vegetable extracts by solvent separation on alcohol dehydrogenase activity from *Saccharomyces cerevisiae*. Korean J Food Sci Technol. 2002. 34:244-248.
- Kang KO, Ku KH, Lee JK, Kim WJ. Changes in physical properties of *dongchimi* during fermentation. Korean J Food Sci Technol. 1991. 23:262-266.
- Kim B, Cho YJ, Kim M, Hurh B, Baek HH. Changes in volatile flavor compounds of radish fermented by lactic acid bacteria. Korean J Food Sci Technol. 2019. 51:324-329.
- Kim BS, Ko BH. A study on the development of supply-demand outlook model for Jeju winter radish. J Korea Acad Ind Coop Soc. 2014. 15:1471-1477.
- Kim ES, Ko BB, Oh SJ, Hong GP. Quality characteristics of domestic radish according to freezing and pretreatment conditions. Proceeding of the 20th Annual Meeting of the Korean Society for Food Engineering. 2016 Oct 5-7. Gangneung, Korea. p 268-268.
- Kim HK. Anti-oxidant activity and anti-proliferativity effect of cancer cell using heated radish extract. J Adv Eng Technol. 2018. 11:137-144.
- Kim HS, Ham JS. Antioxidative ability of lactic acid bacteria. Korean J Food Sci Ani Resour. 2003. 23:186-192.
- Kim HY, Shin TK, Ahn MJ, Kim GO, Chun JY. Characterization of black radish (*Raphanus sativus* L. var. *niger*) extracts according to different extraction and drying methods. Resour Sci Res. 2021. 3:46-54.
- Kim J, Lee JM. The changes of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Ecklonia cava* with blanching times. J Korean Soc Food Cult. 2004. 19:369-377.
- Kim J, Shin JK. Sensory characteristics of enzymatically hydrolyzed isolated soy protein by descriptive analysis. Food Eng Prog. 2019. 23:39-46.
- Kim JY, Jang JS, Lee JW, Lee KT. Flavor pattern analysis of imported wines using electronic nose system. J East Asian Soc Diet Life. 2008. 18:14-21.
- Kim MR, Lee KJ, Kim JH, Sok DE. Determination of sulforaphane in cruciferous vegetables by SIM. Korean J Food Sci Technol. 1997. 29:882-887.
- Kim SD, Kim NY, Moon SW, Jang MS. Effect of fermentation ripening temperature on the physicochemical and sensory properties of *kkakdugi*. Proceeding of the 40th Annual Meeting of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 1996 Dec 7. Chuncheon, Korea. p 22.
- Kim Y, Jang SJ, Kim HR, Kim SB. Deodorizing, antimicrobial and glucosyltransferase inhibitory activities of polyphenolics from biosource. Korean J Chem Eng. 2017. 34:1400-1404.
- Ko YT, Lee JY. Quality characteristics of *Kimchi* prepared with chinese radish and its quality change by freeze-drying. Korean J Food Sci Technol. 2003. 35:937-942.
- Ku KH, Lee KA, Kim YE. Physiological activity of extracts from radish (*Raphanus sativus* L.) leaves. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2008. 37:390-395.
- Kwon HY, Lee SM, Choi SI, Cho BY, Choi SH, Sim WS, et al. Antioxidant activities of *B. campestris* var. *chinensis* and *B. juncea* L. Czern var. *Laciniata* Makino baby leaf extracts. Korean J Food Preserv. 2019. 26:336-342.
- Lee K, Kim KH, Kim HK. Thermal inactivation parameters of peroxidase in *Flammulina velutipes* and *Lyophyllum ulmarium*. Korean J Food Sci Technol. 2002. 34:1067-1072.
- Lee KH, Kuack HS, Jung JW, Lee EJ, Jeong DM, Kang KY, et al. Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). Korean J Food Preserv. 2013. 20:182-190.
- Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. Korean J Food Sci Technol. 2005. 37:233-240.
- Lee SP, Kim SK, Chung SH, Choi BS, Lee SC. Effects of soil pH on crude components and essential oil contents of *Codonopsis lanceolata* Trautv. Korean J Med Crop Sci. 1998. 6: 239-244.
- Lee YS, Owens CM, Meullenet JF. On the quality of commercial boneless skinless broiler breast meat. J Food Sci. 2008. 73:S253-S261.
- Lu Z, Liu LW, Li XY, Gong YQ, Hou XL, Zhu XW, et al. Analysis and evaluation of nutritional quality in Chinese radish (*Raphanus sativus* L.). Agric Sci China. 2008. 7:823-830.
- Marchioni I, Martinelli M, Ascrizzi R, Gabbriellini C, Flamini G, Pistelli L, et al. Small functional foods: comparative phytochemical and nutritional analyses of five microgreens of the brassicaceae family. Foods. 2021. 10:427. <https://doi.org/10.3390/foods10020427>
- Miglio C, Chiavaro E, Visconti A, Fogliano V, Pellegrini N. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. J Agric Food Chem. 2008. 56:139-147.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean food standards codex. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea. 2012. p 3-53.
- Oboh G. Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables. LWT—Food Sci Technol. 2005. 38:513-517.
- Oh S, Moon KH, Song EY, Son IC, Wi SH, Koh SC. Impact of rising global temperatures on growth, mineral composition, and photosynthesis in radish in a winter cropping system. Hortic Sci Technol. 2017. 35:38-45.
- Oh S, Moon KH, Song EY, Wi SH, Koh SC. Photosynthesis, productivity, and mineral content of winter radishes by soil type on Jeju island. Hortic Sci Technol. 2019. 37:167-177.
- Park CH, Baskar TB, Park SY, Kim SJ, Arasu MV, Al-Dhabi NA, et al. Metabolic profiling and antioxidant assay of metabolites from three radish cultivars (*Raphanus sativus*). Molecules. 2016. 21:157. <https://doi.org/10.3390/molecules21020157>
- Park JE, Kim MJ, Jang MS. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of Chinese radish (*Raphanus sativus* L.) jam. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009. 38:235-243.
- Park KW, Fritz D. Influence of fertilization on quality components of radish grown in greenhouse. World Vegetable Center. 1983. 48:227-230.
- Park MY, Yoon MK, Kwak JH. Antimicrobial and antioxidant activities in different parts and cultivars of broccoli. Kor J Hort Sci Technol. 2014. 32:408-414.

- Ruhee RT, Suzuki K. The integrative role of sulforaphane in preventing inflammation, oxidative stress and fatigue: a review of a potential protective phytochemical. *Antioxidants*. 2020. 9:521. <https://doi.org/10.3390/antiox9060521>
- Seo TC, Jang Y, Nam CW, Oh SS, Um YC, Han JH. Changes of plant biomass and proximate composition of radish exposed to elevated temperature and CO₂ concentration. *J Bio-Env Con*. 2012. 21:20-27.
- Seo Y, Yoon S, Kim S, Cho W, Lee S, Kang HD, et al. Quality characteristics of radish treated with environmentally-friendly red clay-processed materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014. 43:1394-1399.
- Waldron KW, Parker ML, Smith AC. Plant cell walls and food quality. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2003. 2:128-146.
- Waldron KW, Smith AC, Parr AJ, Ng A, Parker ML. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. *Trends Food Sci Technol*. 1997. 8:213-221.