제주 월동무 크기 및 분자량에 따른 분획물의 감각 특성

김주희¹ · 백운서¹ · 윤경혜¹ · 이상혁¹ · 정지윤¹ · 서 위² · 김창숙³ · 신의철⁴ · 이영승¹ · 박성수²

¹단국대학교 식품영양학과, ²제주대학교 식품영양학과
³제주대학교 분자생명공학부, ⁴경남과학기술대학교 식품과학부

Effects of the Size and Fractions Based on Molecular Weight on Sensory Characteristics of Jeju Winter Radish

Juhee Kim¹, Woonseo Baik¹, Gyeonghye Yoon¹, Sanghyeok Lee¹, Ji-Yoon Jung¹, Wei Xu²,
Chang-Sook Kim³, Eui-Cheol Shin⁴, Youngseung Lee¹, and Sung-Soo Park²

¹Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

²Department of Food Science and Nutrition and ³Major of Molecular Biotechnology, Jeju National University

⁴Department of Food Sensory & Cognitive Science, Gyeongnam National University of Science and Technology

ABSTRACT This study was performed to investigate the effect of size and fractions based on the molecular weight on the sensory and textural properties of winter radishes grown in Jeju. Samples were sorted into large, medium, and small sizes according to their weight and treated either in a raw or blanched state. The samples were separated into three fractions according to their molecular weight. The blanched radish showed increased moisture and reduced astringent taste, hardness and chewiness compared to the raw radish, while no significant differences were observed among samples according to size. The small size of raw radish was more astringent compared to the large and medium sized radishes. There were significant differences in mechanical hardness among the products with medium-sized raw and blanched radishes being the softest and having highest uniformity. This indicates that the different sizes of radish should be taken into consideration when developing a product using radishes. The intensity of the pungent taste and aroma decreased with the increase in the molecular weight of the radish extracts. The extract with the lowest molecular weight also showed the highest bitterness. This suggests that the molecular weight of separated radish ingredients accounts for the inherent flavor of winter radish.

Key words: size, winter radish, sensory analysis, molecular weight, texture

서 론

무(*Raphanus sativus* L.)는 배추, 겨자, 브로콜리 등과 함께 십자화과(*Cruciferae*)에 속하는 연간 채소 중 하나로, 우리나라 사람들이 가장 많이 먹는 채소류 중 하나이다(Kaneko 등, 2007; Seong 등, 2016). 무는 생육 기간이 짧은다는 장점이 있으며 수분 및 섬유질이 풍부하고 칼로리가 적어 다이어트용으로도 훌륭하다. 또한, 잎과 뿌리에는 비타민 A와 C가 풍부하게 함유되어 있어 영양학적 가치가 높아 국내 뿐만 아니라 전 세계적으로 널리 소비되고 있다(Oh 등,

2019; Huh 등, 2003). 무는 일반적으로 크게 봄무와 가을무로 구분하여 재배되고 있으며, 품종별 또는 계절별로 맛이 다르다(Kim 등, 2002). 특히, 햇별이 잘 들고 물이 잘 통하는 토양에서 잘 자라며 서늘한 날씨에 자란 것이 가장 맛이 좋다고 알려져 있다(Drost, 2020). 최근에는 새로운 작형 세분화와 저온 감온성이 낮은 품종도 개발되어 무의 연중 재배 또한 가능해졌다(Seo 등, 2014). 월동무는 가을무보다 20일 정도 늦게 파종하여 11월 중순부터 3월까지 수확하는데(Park과 Park, 2013), 주로 제주 서귀포 지역에서 재배되며, 기온이 낮고 일조량이 적은 한겨울에도 잘 자라는 품종이다. 이는 비옥도가 높은 제주의 화산토에서 재배되므로 당도가 뛰어나고 식감이 아삭아삭하다는 특징이 있다(Hwang, 2011).

무는 특유의 향미를 가지며 무로부터 추출하여 정제한 후 얻어지는 분획물은 무의 생리활성을 나타내는 주요 물질이다(Banihani, 2017). 무 분획물에는 여러 활성 물질이 많이 함유되어 있는데, 예를 들어 분자량 3~10 kDa은 다른 크기의 분획물보다 장 기능 및 변비 질환의 개선 효과를 주는

Received 1 Dec 2020; Revised 14 Dec 2020; Accepted 14 Dec 2020

Corresponding author: Sung-Soo Park, Department of Food Science and Nutrition, Jeju National University, 102, Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju 63243, Korea, E-mail: foodpark@jejunu.ac.kr

Author information: Juhee Kim (Graduate student), Woonseo Baik (Graduate student), Gyeonghye Yoon (Graduate student), Sanghyeok Lee (Graduate student), Ji-Yoon Jung (Graduate student), Wei Xu (Graduate student), Chang-Sook Kim (Professor), Eui-Cheol Shin (Professor), Youngseung Lee (Professor), Sung-Soo Park (Professor)

주요 조성물인 것으로 알려져 있다(Baik 등, 2004). 즉, 분획물의 특성은 분자량 크기에 따라 다르므로 무를 주재료로 하는 식품소재 혹은 다양한 기능성 식품에 적용하기 위해 분자량에 따른 무의 특성이 중요하다. 또한, 분자량은 무의 크기에 의해 영향을 받을 수 있으므로 크기에 따른 분획물의 분자량 특성도 중요하다고 할 수 있다.

현재까지 보고된 무에 관한 연구로는 품종별 이화학적 특성 및 깎두기 가공적성(Ryu, 2000), 냉·해동 조건에 따른 데침 무의 품질특성 변화(Park 등, 2018), 무의 식감과 주요 성분의 관계(Seong 등, 2016), 무의 세포벽 구성 특성 및 성숙 관련 변화(Schäfer, 2016), 원적외선 건조기를 이용한 무의 건조특성(Park 등, 2015), 무 품종 및 계절에 따른 깎두기의 향미특성(Kim 등, 1996) 등이 있다. 또한, 열처리 무 추출물의 이화학적 특성과 항산화 활성(Lee 등, 2009), 무 에탄올 추출물의 *in vitro* 생리활성 분석(Jung 등, 2004) 등 무 추출물에 관한 연구가 이루어지고 있다.

무의 품종이나 계절에 따른 무에 관한 논문은 많이 보고되었으나 아직 무 자체의 크기에 따른 특성 비교 및 무의 분자량 크기에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히, 제주에서 재배되는 월동무는 온도나 토양에 따라 다양한 양상을 보이기 때문에 크기에 따른 월동무의 특성 분석이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 크기에 따른 제주산 월동무의 감각 특성을 분석하고, 추가로 분자량의 크기에 따라 분획한 월동무 추출물의 감각 특성을 평가하는 것이다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 무는 2019년도에 제주 지역에서 생산된 월동무를 사용하였으며, 품종은 제주에서 생산량이 가장 높은 청정고원무로 선택하였다. 실험에 사용한 월동무는 무게에 따라 대(1,900 g 초과), 중(1,400~1,900 g), 소(1,400 g 미만)로 분류하였고, 수분손실을 막고 향미 성분에 영향을 미치지 않도록 포장하여 2°C의 냉장 온도에서 보관하였다.

정제에 사용된 Sephacryl S-300 충진제는 GE Healthcare(Uppsala, Sweden)에서 구입하였으며, open column은 Bio-Rad Laboratories(Hercules, CA, USA)의 제품을 사용하였다. SDS-PAGE electrophoresis를 위한 marker로는 EZ-Perfect Marker Plus(DoGenBio, Seoul, Korea)와 30% acrylamide-bis solution, Biosesang Inc.(Sungnam, Korea) 제품인 Coomassie brilliant blue G-250을 사용하였다. 이외 실험에 사용한 에탄올 및 phosphate buffer saline 등은 1등급 이상의 시약을 사용하였다.

시료 준비

무는 세척과정을 거쳐 이물질과 껍질을 제거한 후 양 끝으로부터 5 cm를 절단하고 남은 중간 부분을 이용하였다. 손질한 무는 2×2×2 cm(가로×세로×높이) 크기로 절단했으

며, 생무와 데침무 형태로 처리하여 사용하였다. 생무는 절단 후 바로 사용하였고 데침무의 경우 절단 후 냄비에 물을 넣고 90°C에서 5분간 데치고 차가운 물에 약 10초간 냉각시켰다. 데침 조건은 예비실험을 통해 결정하였다.

무 성분 추출

여러 차례 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 용액을 gauze를 통해 거른 후 30,000×g, 20분간 대용량 원심분리기(Avanti J-E, Beckman Coulter Inc., Brea, CA, USA)를 이용하여 원심분리한 후 얻은 상등액을 ammonium sulfate 포화침전법을 통해 24시간 동안 포화시켰다. 포화 침전을 진행한 후 위와 같은 방법으로 원심분리(30,000×g, 15 min)하여 얻은 pellet을 dialysis membrane(12 kD MWCO, Spectra/Por, Spectrum 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(1.5 cm × 50 cm) chromatography를 통해 무 추출물을 분리하였다. 불용성 물질을 제거하기 위해 투석이 완료된 시료를 원심분리(20,000×g, 10 min)한 후 상등액을 10 mM sodium phosphate buffer로 1 mL/min 속도로 용출시켰으며, 한 시험관당 7 mL씩 모은 후 280 nm에서 spectrophotometer(Eppendorf BioSpectrometer, Hamburg, Germany)를 사용하여 흡광도를 측정하였다.

SDS-PAGE

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

Bicinchoninic acid (BCA) assay

BCA 시약을 이용한 단백질 정량 Pierce kit(Thermo Fisher, Waltham, MA, USA)을 사용하여 단백질을 정량하였다. 먼저 bovine serum albumin(BSA) standard와 BCA

working agent(WR)를 준비하고, 각각의 표준시료와 미지의 시료를 따로 각자의 micro plate를 잘 흔들어 섞은 다음 커버 플레이트를 덮고 30분간 37°C에서 보온 처리하였다. 보온 후에는 상온까지 plate를 식히고, 평판 리더(plate reader)로 562 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 모든 표준시료와 미지시료의 흡광도에서 대조시료의 평균 흡광도를 뺀 다음 각각의 BSA standard의 평균 흡광도와 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 농도를 그래프로 나타내 표준곡선을 그려 미지시료 각각의 단백질 농도를 알아내었다.

기기적 조직감 분석

월동무의 조직감은 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Co., Haslemere, England)로 측정하여 경도 값으로 나타내었다. 시료는 20×20×20 mm로 준비하여 측정했으며, 실험군별로 30회씩 반복 측정하여 얻어진 값의 평균±표준편차로 나타내었다. 분석조건으로는 needle probe를 사용하였고, pre-test speed 5.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, distance 12 mm로 설정하였다.

모사분석

모사분석은 직접 실험을 실시한 단국대학교 기관생명윤리위원회에서 IRB 승인(승인번호: DKU 2020-05-017)을 받은 후 IRB 절차에 따라 진행되었다. 평가는 정량적 모사분석으로, 주당 1~2회씩 1회에 2시간 총 6회 훈련을 받은 7명의 패널요원을 선정하여 무의 처리조건과 분자량에 따른 분획물을 평가하였다. 모두 2 반복씩 진행되었으며, 처리조건에 따른 평가 항목은 외관(appearance), 향(aroma), 맛(taste), 조직감(texture)의 총 13가지 특성이었고, 분자량에 따른 분획물 평가는 향, 맛의 총 6가지 항목을 사용하였다. 각 항목은 15점 척도를 사용하여 점수가 높을수록 특성이 강한 것으로 평가되었다. 시료는 난수표를 사용하여 배열된 세 자리 숫자를 임의로 정하여 표기한 후 패널들에게 무작위로 제공하였다.

통계처리

실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, XLSTAT software version 2012 for windows(Addinsoft Inc., Paris, France)를 사용하여 분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 분석 후 Tukey 방법으로 사후 검정하여 5% 수준에서 시료 간의 유의성을 검증하였으며, 무의 품질 특성 간의 상관관계를 분석하기 위해 주성분 분석(principal component analysis, PCA)을 수행하였다.

결과 및 고찰

분자량 분석 및 단백질 정량

월동무의 분쇄 및 탈지 과정을 통해 얻은 추출물을 침전시

킨 후 투석과정을 거쳐 평형화된 시료를 원심분리하여 gel filtration chromatography를 통해 총 3개의 peak로 분리하였다(Fig. 1). 얻은 peak들은 전기영동을 이용해 고분자 분획과 저분자 분획으로 분류하였다. SDS-PAGE 분석의 결과에서는 60 kDa의 밴드와 30, 25 kDa 2개의 메인 밴드가 관찰되어 분자량이 높은 분획과 낮은 분획으로 구분될 수 있을 것으로 판단된다.

BCA assay를 통한 단백질량 측정실험(data not shown)에서 전체 단백질의 양은 38 mg으로 Pool 1이 5 mg, Pool 2가 24 mg, Pool 3이 9 mg의 비율로 존재함을 알 수 있었다. 즉, Pool 2가 단백질 농도가 가장 높은 시료이며 Pool 1이 가장 낮은 농도의 단백질을 가지는 시료로 밝혀졌다.

기기적 조직감 특성

기기적 분석에 의한 시료 크기별 월동무의 경도 측정 결과는 Table 1과 같다. 일반적으로 채소의 조직감은 세포벽의 조성 및 구조 등에 따라 좌우된다고 알려져 왔다. 조직의 단단함은 무의 세포벽 함량, 구성성분과 상관관계가 있으며, 가열 후 세포벽 조성이 현저하게 달라져 뚜렷한 변화를 보인다고 보고된다(Kim, 2001). 즉, 생무보다 데침무에서 경도 값이 더 낮은 이유는 무를 포함한 채소 대부분은 데쳐질 때 세포 안의 공기 및 가스 배출을 통해 물을 조직 안으로 흡수하여 조직의 붕괴가 일어나 부피가 상당량 줄고 펙틴질 등이 분해되어 조직이 연화되기 때문이다(Adam과 Stanworth, 1942; De Corcuera 등, 2004). 특히 가열조리 중인 무의 경도를 감소시키는 주원인은 세포벽의 polyuronides 혹은 중성당의 분해인 것으로 보고되었다(Lee 등, 1998). 생무의 경우 가장 큰 크기(대)의 무가 327.58±22.76으로 가장 높았고 중간 크기의 무가 305.01±25.71로 가장 낮았다. 90°C에서 5분간 데친 데침무의 경도는 생무와 비교했을 때 확연히 낮은 값을 보였는데, 이는 무와 같은 농산물의 경우 전처리 여부에 따라 이들이 지니는 고유의 특성이 달라지기 때문이다(Shin 등, 2016). 데침무의 경우 가장 작은 크기의 무(소)가 25.65±6.92로 가장 높았고 중간 크기의 무가 18.38±4.79로 가장 낮았다. 두 가지 조건에서 모두 중간 크기 무

Table 1. Effect of various sizes on textural properties of winter radish

	Sample	Hardness (g/cm^2)
Raw	R1	327.58±22.76 ^{a1)}
	R2	305.01±25.71 ^b
	R3	319.35±28.61 ^a
Blanched	B1	24.41±5.74 ^a
	B2	18.38±4.79 ^b
	B3	25.65±6.92 ^a

R1: large size of raw radish, R2: medium size of raw radish, R3: small size of raw radish, B1: large size of blanched radish, B2: medium size of blanched radish, B3: small size of blanched radish.

¹⁾Different characters for each treatment are significantly different by Fisher's least significant difference test at $P<0.05$.

Fig. 1. Gel-filtration column chromatogram and gel electrophoresis data of winter radish. (A) Sephacryl S-300 gel filtration column (1.5 cm × 50 cm) chromatogram. (B) Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) data for pooled fractions isolated from gel-filtration column chromatography. The left lane (kDa) is the molecular weight protein marker ladder. The other lanes are duplicate preparations of pooled fractions from winter radish. White arrows indicate main protein bands.

의 경도가 가장 낮은 것으로 보아 크기와 경도와의 관련성보다는 무 자체의 특성에 따라 고유한 조직감을 가지는 것으로 보인다. 또한, ANOVA 분석 결과로 가장 큰 크기(대)의 무와 가장 작은 크기(소)의 무는 모든 조건에서 서로 유의적 차이가 없었으나 중간 크기(중)의 무와는 유의적인 차이를 보여 전반적으로 유사한 경향을 나타내었다. 이는 무의 크기에 따라 조직의 부피 및 밀도가 조금씩 다르기 때문으로 생각된다. 따라서 제주산 월동무의 경도는 크기에 따라 일정한 경향성을 나타내지 않았으며 무의 고유한 특성에 주로 영향을 받는 것으로 나타났다.

크기에 따른 월동무의 묘사분석

묘사분석에 의한 처리조건별 월동무의 관능적 특성(외관, 향, 맛, 조직감)에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다. 예상대로 알싸한 맛은 생무보다 데침무에서 현저히 낮은 값을 나타내었다. 반면 수분감은 데칠수록 증가하여 경도와 씹힘성이 함께 낮아지는 것을 볼 수 있다. 데치기(blanching)와 같이 예비 가열처리는 효소를 불활성화하여 품질을 유지하고 색을 선명하게 하여 외관을 좋게 해주는 등의 이점이 있다. 또한, 불필요한 맛이나 향을 제거하여 제품에 대한 기호도를 높일 수도 있다. 하지만 부적절한 가열처리는 조직감을 연화시키거나 식감을 떨어뜨리고, 열에 약한 영양성분 및

기능성을 저하할 수 있어 적절한 온도와 처리 방법을 사용하여 한다(Sim 등, 2016; Hwang 등, 2015).

생무는 모든 감각 특성에서 시료 간에 유의적인 차이가 존재하지 않았다. 그러나 시료를 데쳤을 때 외관이 더 투명해지고 수분감이 높아지는 현상을 볼 수 있는데, 이는 표면에 있는 구멍 사이로 수분이 침투하기 때문이라고 생각된다. 또한, 생무와 다르게 데침무에서는 씹힘성(chewiness)과 섬유질성(fibrousness)에서 시료 간에 유의적인 차이가 나타났다(Table 2). 크기가 가장 큰 B1은 다른 크기의 무보다 씹힘성이 약 1.5배, 섬유질성이 약 2배 이상 낮게 나타났다. 생무에서는 특성 차이가 미미했으나 데친 후 유의적인 차이가 나타난 이유는 가열조리가 채소의 구성성분에 변화를 주고 특히 조직감에 영향을 미치기 때문이다. 무를 포함한 십자화과 채소들은 황화합물을 함유하고 있어 조리 시 조직이 파괴되면 향이 휘발되어 사라질 수 있다. 또한, 셀룰로오스 등의 불용성 세포벽 성분이 분해되고 펙틴질이 가수분해되면 조직이 부드러워진다(Jung 등, 2017). Park 등(2017)에 따르면 깎두기 제조 시에 무를 데침으로써 펙틴이 분해되면 경도가 저하되며 다양한 펙틴 가수분해 효소들이 활성화되어 깎두기의 조직감 특성에 영향을 미친다고 보고하였다. 따라서 가열처리 전 크기별로 차이가 없었던 생무의 조직감 특성들이 데침 공정을 통한 펙틴의 분해에 의해 차이를 나타

Table 2. Descriptive analysis of winter radishes according to treatment conditions

Sensory characteristics		Sample					
		R1	R2	R3	B1	B2	B3
Appearance	Clearness	2.29 ^{a1)}	2.00 ^a	1.83 ^a	5.29 ^a	4.83 ^a	4.50 ^a
	Uniformity	6.67 ^a	8.00 ^{ab}	7.17 ^b	7.25 ^a	7.58 ^a	7.13 ^a
Aroma	Pungent aroma	4.42 ^a	3.75 ^a	4.50 ^a	2.42 ^a	2.92 ^a	2.75 ^a
Taste	Sweetness	2.25 ^a	2.71 ^a	2.21 ^a	2.88 ^a	2.88 ^a	3.21 ^a
	Saltiness	1.25 ^a	1.29 ^a	1.13 ^a	2.29 ^a	1.92 ^a	1.71 ^a
	Bitterness	1.92 ^a	2.29 ^a	2.46 ^a	—	—	—
	Umami	—	—	—	5.08 ^a	5.08 ^a	4.58 ^a
	Radish taste	5.25 ^a	5.33 ^a	4.29 ^a	4.17 ^a	4.42 ^a	5.00 ^a
	Pungent taste	4.83 ^a	5.17 ^a	5.50 ^a	2.42 ^a	1.92 ^a	1.92 ^a
	Moisture release	6.58 ^a	6.46 ^a	6.92 ^a	10.08 ^a	8.25 ^a	8.58 ^a
	Hardness	9.13 ^a	9.00 ^a	9.92 ^a	4.42 ^a	6.54 ^a	6.38 ^a
Texture	Chewiness	8.79 ^a	8.58 ^a	9.29 ^a	4.67 ^b	6.38 ^a	6.54 ^a
	Cohesiveness	4.00 ^a	3.92 ^a	3.71 ^a	5.29 ^a	4.04 ^a	3.96 ^a
	Fibrousness	4.63 ^a	6.00 ^a	5.96 ^a	2.33 ^b	4.08 ^a	4.25 ^a

R1: large size of raw radish, R2: medium size of raw radish, R3: small size of raw radish, B1: large size of blanched radish, B2: medium size of blanched radish, B3: small size of blanched radish.

¹⁾Each value represents the means of sensory intensities using a 15-point scale. Different letters in a row are significantly different by HSD test at $P < 0.05$.

낸 것으로 보인다.

주성분 분석을 통해 처리조건에 따른 크기별 월동무에 대한 감각 특성을 분석하였다(Fig. 2). 생무의 경우 제1주성분(PC1)과 제2주성분(PC2)이 각각 67.37%와 32.63%의 변동량을 설명하였다(Fig. 2A). R1은 PC1이 양의 방향, PC2는 음의 방향에 위치하여 응집성과 투명함의 특성들이 강하고 R2는 PC1과 PC2에 대해 모두 양의 방향에 위치하여 표면의 불균일성, 단맛, 짭맛, 무의 맛의 특성이 강하게 나타났다. R3의 경우에는 PC1과 PC2가 모두 음의 값을 가지는 방향에 위치하여 단단함, 씹힘성, 수분감 등의 특성을 강하게 나타내었다. 각 특성과 관련하여 R1은 상대적으로 R2와 R3보다 특성과의 상관성이 낮았다. 또한, Fig. 2B는 데침무의 결과로 제1주성분(PC1)은 77.59%, 제2주성분(PC2)은 22.41%를 설명하였다. 생무와 마찬가지로 B1은 PC1에 대해 양의 방향, PC2는 음의 방향에 위치하여 응집성과 수분

감, 알싸한 맛이 강하고 B3은 PC1, PC2 모두 음의 방향에 위치하여 단맛, 무의 맛의 특성이 강하게 나타났다. 하지만 B2의 경우 생무 때와 다르게 제2사분면에 위치하였으며 특성들에 대해 가장 낮은 상관성을 보였다. 처리 방법에 따라 시료가 가지는 특성은 달라졌지만, 서로 공유한 특성을 나타내 크기별 시료 간 뚜렷한 차이를 보였다.

분자량에 따른 분획물의 묘사분석

분자량에 따른 월동무 추출물의 관능적 특성에 대한 결과는 Table 3에 나타내었다. 알싸한 향, 무의 향과 같이 시료의 향과 관련한 특성들은 분자량이 낮을수록 유의적으로 높게 나타났다. 또한, 쓴맛도 낮은 분자량의 시료가 더 강도를 나타냈다. 이는 분자량이 무 고유의 향미 성분과 관련이 있다는 것을 보여준다. Kim 등(1996)에 따르면 분자량이 서로 다른 소형무와 대형무 깍두기의 몇몇 향미 특성이 유의적인

Fig. 2. PCA of 13 sensory attributes for different sizes of (A) raw winter radish and, (B) blanched winter radish.

Table 3. Descriptive analysis of fractions of winter radish according to the molecular weight

Sensory characteristics		Pool		
		1	2	3
Aroma	Pungent aroma	1.75 ^{b1)}	1.83 ^b	4.00 ^a
	Radish aroma	3.83 ^b	3.58 ^b	7.92 ^a
Flavor	Sweetness	1.00 ^a	1.08 ^a	1.25 ^a
	Bitterness	8.83 ^b	8.96 ^b	11.33 ^a
	Astringency	4.42 ^a	5.08 ^a	5.29 ^a
	Radish flavor	2.96 ^a	2.79 ^a	4.63 ^a

Pool 1, 2, 3 is an extract classified by gel-filtration column chromatography. Pool 1, 2, and 3 are the samples with the highest, medium, and lowest molecular weight, respectively.

¹⁾Each value represents the means of ratio by 7 panels using 15-point scale. Different letters in a row are significantly different by HSD test at $P < 0.05$.

차이를 나타내었다고 보고하였다. 이외의 다른 특성들은 시료 간에 유의적 차이는 없었지만, 전체적인 분석 결과를 보면 분자량이 가장 작은 Pool 3의 특성 강도가 다른 시료들보다 높게 나타났다. Park 등(2008)의 연구에서도 분자량에 따라 단백분해효소 및 자가소화효소 등에 의한 peptide의 분해 여부가 다른 것처럼 분자량의 크기에 따라 무 내부에서 발생하는 작용이 달라 분자량의 크기가 무의 감각 특성을 결정하는 데 중요한 관여 물질이라는 것을 알 수 있다.

요 약

본 연구에서는 크기에 따른 제주산 월동무의 품질 특성을 알아보기 위해 처리조건을 달리한 월동무 시료를 이용하여 조직감 분석 및 묘사분석을 실시하였다. 생무와 데침무 모두 중간 크기의 것이 유의적으로 가장 낮은 경도 값을 보였다. 하지만, 묘사분석에서는 특성에 대한 뚜렷한 차이는 없었으며 데침무에서만 큰 크기의 무가 씹힘성과 섬유질성에서 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. PCA를 이용한 주성분 분석 결과, 시료는 크기마다 서로 다른 방향에 위치하여 각자 고유한 특성을 보였으며 처리 방법에 따라 그 특성이 조금씩 달라졌다. 따라서 제주산 월동무는 크기에 따라 고유의 감각 특성을 보이고, 이를 제품의 성격에 따라 알맞게 활용한다면 월동무가 식품소재로서 다양하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 생무와 데침무가 지니는 특성이 서로 다른 것을 볼 수 있는데, 이는 데치는 과정에서 발생하는 열에 의해 월동무의 조직이 수분과 작용하여 감각 특성에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 무 추출물을 이용한 단백질 분자량에 따른 비교에서는 분자량이 적을수록 향 관련 특성들과 쓴맛의 강도가 유의적으로 높았다. 이는 분자량이 월동무의 특성을 결정짓는 데 일부 기여하기 때문이라고 생각된다. 그러나 본 연구에서 분자량이 어떠한 작용으로 월동무의 관능적 특성에 영향을 주는지에 대한 기작이 설명될 수 없다는 부분은 제한점으로 보인다. 결론적으로 현재까지 크기에 따른 월동무의 감각 특성에 대한 연구가 거의 전무한 실정이므로 이에

대한 추가 연구가 필요하다고 판단된다. 이를 통해 본 연구 결과는 월동무 크기에 따른 고유 특성에 기반한 가공제품 개발에 대한 기초 자료를 제공할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ014962012020)과 2019년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Adam WB, Stanworth J. Physical changes occurring during the blanching of vegetables. Annual Report Fruit Vegetable Pres Research Station Campden 1941. 1942. p 32-41.
- Baik SO, Kim HK, Lee YH, Kim YS, Ryu MH. Preparation of active fraction from radish water extracts for improving the intestinal functions and constipation activities. J Korean Soc Appl Biol Chem. 2004. 47:315-320.
- Banihani SA. Radish (*Raphanus sativus*) and diabetes. Nutrients. 2017. 9:1014. <https://doi.org/10.3390/nu9091014>
- De Corcuera JIR, Cavalieri RP, Powers JR. Blanching of foods. In: Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering. Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA. 2004. p 1-5. doi: 10.1081/E-EAFE-120030417.
- Drost D, Bitner W. Radishes in the garden. All Current Publications. 2020. EXTENSION. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/288
- 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 IG, Kim KI, Jo YJ, Choi MJ, Min SG, Yoo SM. Effects of different thermal pre-treatment on the quality properties of bell pepper. Food Eng Prog. 2015. 19:96-103.
- Hwang KS. Winter radish. Seogwipo grandculture. 2011 [cited 2020 Nov 9]. Available from: <http://seogwipo.grandculture.net/seogwipo/toc/GC04601144>
- Jung HC, Choi IS, Lee YS, Choi HY, Chang YH, Joo SY. Cooking science learned by experiment. Life Science Publishing Co., Seoul, Korea. 2017. p 138-140.
- Jung M, Lee G, Chae HJ. *In vitro* biological activity assay of ethanol extract of radish. J Korean Soc Appl Biol Chem. 2004. 47:67-71.
- Kaneko Y, Kimizuka-Takagi C, Bang SW, Matsuzawa Y. Radish. In: Vegetables. Springer, Berlin, Germany. 2007. p 141-160.
- Kim JK. Composition of cell wall carbohydrates from *Brassica* crops in relation to textural quality. Proceedings of Spring Meeting of the Korean Society for Horticultural Science. 2001 May 25-26. Busan, Korea. p 32.
- Kim MR, Jhee OH, Yoon HM, Yang CB. Flavor characteristics of *kakdugi* by radish cultivars and seasons. Korean J Food Sci Technol. 1996. 28:762-771.
- Lee SE, Kim KS, Kim J. Changes in cell wall composition of radish tissues during cooking. Kor J Hort Sci Technol. 1998. 16:436.
- Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009. 38:490-495.

- Oh S, Moon KH, Song EY, Wi SH, Koh SC. Photosynthesis, productivity, and mineral content of winter radishes by soil type on Jeju island. *Kor J Hortic Sci Technol*. 2019. 37:167-177.
- Park BS, Kang TH, Lee JH, Choi JM, Han CS. Drying characteristics of radishes using far infrared ray dryer. *Biosyst Eng*. 2015. 40:61-66.
- Park JH, Park JJ, Park BR, Han GJ, Kim HY. The effect of freezing and thawing conditions on the quality characteristic of blanched radish (*Raphanus sativus* L.). *Food Eng Prog*. 2018. 22:67-74.
- Park JY, Park YG. A study on the improvement of cabbage and radish prediction model. Report of Korea Rural Economic Institute. 2013. p 1-80.
- Park NY, Seong JH, Choi MS, Moon KD, Kwon JH, Jeong YJ. Comparison of functional properties of *Cheonggukjang* by using red ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2008. 37:261-268.
- Park SO, Kim WK, Park DJ, Lee SJ. Effect of blanching time on the quality characteristics of elderly-friendly *kkakdugi*. *Food Sci Biotechnol*. 2017. 26:419-425.
- Ryu KD, Chung DH, Kim JK. Comparison of radish cultivars for physicochemical properties and *kkakdugi* preparation. *Korean J Food Sci Technol*. 2000. 32:681-690.
- Schäfer J, Brett A, Trierweiler B, Bunzel M. Characterization of cell wall composition of radish (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*) and maturation related changes. *J Agric Food Chem*. 2016. 64:8625-8632.
- Seo Y, Yoon S, Kim SG, Cho W, Lee S, Kang H, et al. Quality characteristics of radish treated with environmentally-friendly red clay-processed materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014. 43:1394-1399.
- Seong KH, Kim SH, Park JT. Relationship between texture and major components of radish. *Korean J Agric Sci*. 2016. 43: 240-248.
- Shin HR, Park JH, Lee SY, Park BR, Han GJ, Choi MJ, et al. The difference of the quality characteristics of Sheperd's purse (*Capsella bursa-pastoris*) with the pre-treatment, freezing and thawing methods. *Food Eng Prog*. 2016. 20:269-277.
- Sim HJ, Kang MJ, Shin JH. Changes in the quality characteristics and chemical compounds of garlic shoots for blanching. *Korean J Food Preserv*. 2016. 23:310-318.