

친환경 황토 가공 신소재 적용 재배법에 의한 무의 품질 특성

서유진¹ · 윤성진² · 김성균² · 조원우³ · 이소라³ · 강호덕³ · 윤문영⁴
박정극⁴ · 유병승² · 장윤혁⁵ · 이영승¹

¹단국대학교 식품영양학과, ²동국대학교 식품생명공학과
³동국대학교 바이오환경과학과, ⁴동국대학교 생명과학연구원
⁵경희대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Radish Treated with Environmentally-friendly Red Clay-processed Materials

Yoojin Seo¹, Sungjin Yoon², SungGun Kim², Wonwoo Cho³, Sora Lee³, Ho-duck Kang³, Moon-Young Yoon⁴,
Jung-Keug Park⁴, Byoungseung Yoo², Yoonhyuk Chang⁵, and Youngseung Lee¹

¹Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

²Department of Food Science and Biotechnology, ³Department of Biological and Environment
Science, and ⁴Research Institute of Biotechnology, Dongguk University

⁵Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

ABSTRACT Quality characteristics of radish treated with red clay-processed materials (RCPM) were investigated. Two different types of treatments using RCPM including a control were farm-raised in identical environments. General components, texture, nutrients, and antioxidant activities were performed. For general components analysis, total amounts of crude fat and ash were higher in radish treated with RCPM than in control. RCPM-treated radish showed higher contents of minerals (P, Mg, K, Zn, Mn, and Na) and vitamins (vitamin C, thiamin, and riboflavin) than those of control. RCPM-treated radish exhibited higher DPPH radical scavenging activities and total polyphenol contents than those of control, indicating higher antioxidant activities of radish raised by RCPM. In the textural analysis following refrigeration for 4 weeks, RCPM-treated samples showed a more stable texture and higher hardness values than those of control. Therefore, these results indicate that RCPM can be used to produce high-value radish of premium quality.

Key words: radish, red clay processed materials, antioxidant activity, texture

서 론

무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과 작물로, 배추, 마늘, 고추와 함께 우리나라의 대표적인 채소 중의 하나이며 고려 시대부터 재배가 보편화된 것으로 추정되고 있다(1). 무의 재배는 8월 중순이나 하순에 파종하여 11월에 수확하는 가을무 재배, 3, 4월에 터널 내에 파종하여 5, 6월에 수확하는 봄무 재배, 5, 6월에 파종하여 7, 8월에 수확하는 여름무 재배가 있으나 여름무 재배는 해발 600 m 이상 되는 고랭지에서 가능하므로 보통은 가을무 재배가 주종을 이룬다(2). 저온 감응성과 일장감응의 차이로 품종이 다양하기 때문에 계절별, 품종별로 특성이 다양하여(3) 여러 품종의 무를 용도 및 시기에 따라 적합하게 사용 가능하다. 그러나 현재는 새

로운 작형 세분화와 저온 감응성이 낮은 품종을 개발하여 무의 연중 재배가 가능하게 되었다(4). 그러나 오랜 기간의 연작으로 인해 탄저병과 같은 병해가 발생되며 최근 무에 발생하는 병해로는 19종 이상이 발견되고 있다(5). 미생물에 의한 병해도 문제로 대두되고 있는데 그중 *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphant*는 무의 뿌리에 침투하여 시들음병을 일으키는 가장 주된 원인으로 보고되고 있다(6). 또한 무 재배 시 많은 양의 화학비료 사용으로 인하여 각종 병해와 생리적인 장애가 증가하여 무 재배가 어려워지고 있는 실정이다(7). 이러한 이유 등으로 무의 수확량은 매년 감소하고 있는 경향을 나타내는데, 2007년도 무의 재배면적은 11,775 ha고 471,411 톤의 무가 생산되었으나 2012년도 무의 재배면적은 5,615 ha였으며 227,189 톤의 무가 생산되어 재배면적과 생산량이 급감하였다(4). 따라서 현재 사용되는 화학적인 비료 대신 토지의 생산력을 높이고 무의 생산을 촉진할 수 있는 친환경적인 소재 개발 및 적용이 필요하다. 무는 주로 수분과 당질로 이루어져 있으나, K, Na, Mn, 비타민 C의 함량이 높다고 알려져 있어 품질평가의 지표로

Received 7 May 2014; Accepted 28 May 2014

Corresponding author: Youngseung Lee, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Yongin, Gyeonggi 448-701, Korea

E-mail: youngslee@dankook.ac.kr, Phone: +82-31-8005-3171

이용된다(8). 또한 우리나라에서 재배되는 무는 주로 김장용과 단무지용으로 많이 사용되는데, 이에 사용되는 무는 저장기간이 지남에 따라 연부현상을 일으켜 조직감의 변화가 일어나 품질 저하의 원인이 된다고 알려져 있다(9,10). 그러므로 저장기간 동안 조직감의 유지는 무의 중요한 품질지표 중 하나로 고려된다.

황토는 50~60%가 SiO₂로 구성되어 있으므로 규소 성분이 많이 함유되어 있다(11). 황토 내의 SiO₂는 실질적으로 불용성이므로 황토를 미세한 분말로 처리하더라도 토양이나 작물에 대한 효과는 제한적이지만, SiO₂가 주성분인 황토에 일정량의 Na, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Mo, Co, Cu 등의 물질을 단독 또는 일정 배합비율로 혼합한 후 고온에서 가열, 용융시키면 SiO₂의 조직이 붕괴되어 SiO₃²⁻ 형태의 이온으로 존재하게 되어 물과 접촉 시 용해될 수 있다. 이렇게 가공된 신소재는 다공성 구조를 가지고 있어서 강력한 흡착기능을 나타내 신 개념의 친환경 비료, 농약 및 사료로써 규산 및 미네랄 용출, pH 완충작용 등의 멀티기능성을 나타내고 인체에 무해하며, 탈취, 규산과 미네랄 제공, 미생물 성장촉진, 병충해 방제 등의 기능을 갖는다(12). 가공황토소재는 장어의 양식에 적용되어 토크페롤 함량 및 항산화능력을 향상시키고 조직감의 냉-해동 안정성을 향상시킨다(13). 또한 규소성분에 의해 황토를 배지로 사용했을 시 작물의 품질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 높은 수분 보유력을 지니고 있어 수량 증가의 효과가 나타난다(14). 황토는 다양한 성질을 지니고 있는데 이는 황토에 함유되어 있는 점토광물의 종류에 의해 결정된다. 황토의 구성물질인 점토광물의 종류는 황토가 형성된 지질환경, 수문환경, 지형 및 기후 등에 의하여 결정되고 대부분 표면이 넓은 복층의 벌집구조를 이루고 있다(15). 이 구조의 구멍 안에는 다른 물체의 분자 활동을 자극하는 원적외선이 다량 흡수 및 저장되어 있어 열을 받으면 발산된다.

황토를 활용한 토양의 중금속 오염 방지 및 토양의 질 향상에 응용한 연구는 다수 있지만 황토를 직접적으로 가공 후 적용하여 재배한 농산물의 품질 특성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 친환경 가공황토소재를 적용한 무의 일반성분, 영양소, 기능적 특성 및 물성에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 황토가공소재의 나노슬러리 형태 분쇄를 위하여 이온코리아(경북 진천소재)에 위탁 가공을 수행하였다. 황토소재의 분쇄공정은 3 mm 이하로 분쇄한 다음 볼밀로 10 µm 이하로 분쇄한 후 평균 500 nm 크기로 습식 분쇄 하였다.

무 종자는 흥농씨앗 청운무(종자번호 제10-안성-2011-10-02호)를 사용하였으며 육묘용 상토(TKS-2, FloraGard,

Oldenburg, Germany)와 50구 육묘용 포트를 이용하여 파종하였다. 2.0 m×2.0 m 처리구에 0.5 m×0.5 m 간격으로 9개씩 정식하였고 처리구마다 0.5 m의 버퍼를 두었으며, 각 처리구별 난괴법 3반복 처리하였다. 시료는 3반복 내에서 무작위로 추출하였다. 황토 무처리 군을 대조구로 사용하였고, 실험구의 조건은 가공황토소재 슬러리를 물에 4,000 ppm 농도로 희석하여 사용하였으며 실험구1(10 L의 황토 희석액 1차 처리 후 8주간 재배)과 실험구2(10 L의 황토 희석액 파종 시 1차 처리, 4주 후 2차 처리 후 8주간 재배)로 구분하였다. 농약살포는 하지 않았으며 최종 수확 및 재배환경(25°C) 등 모든 실험조건이 동일하게 수행되었다.

무의 일반성분 분석

일반성분 분석으로 수분 함량, 조단백 함량, 조지방 함량, 조회분 함량을 측정하였으며 AOAC법(16)에 준하여 실시하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였고 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접회화법으로 분석하였다.

무의 무기성분 분석

시료는 극초단파분해기(Multi wave 3000, Anton paar, Graz, Australia)를 이용하여 분해하였으며 시료 0.3±0.3 g에 질산 10 mL를 가하여 분해하였다. 분해된 시료액 50 mL를 플라스크에 정용하여 시험용액으로 사용하였으며 표준용액(Multi Element calibration standard 21, 100 µg/mL, ICP grade, PerkinElmer, Billerica, MA, USA)과 함께 ICP-OES(Optima8300, PerkinElmer)를 이용하여 분석하였다. 유도결합질량분석기(plasma control Gas flow)의 작동조건은 Plasma 10 L/min, Auxiliary 0.2 L/min으로 하였고, RF Power 1,450 watts, Pump flow rate 1.5 mL/min으로 하였다. 각 무기성분의 검출파장은 K 766.490 nm, Ca 317.933, Fe 238.204, Na 589.592였다. P의 경우 폴리브덴 청색법을 이용하여 분석하였으며 가시/자외선분광광도계(Optizen 2120UV Plus, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하였다.

무의 비타민 분석

비타민 함량은 식품공전(17)의 시험방법을 기준으로 하여 비타민 C, thiamin, riboflavin의 함량을 분석하였다. 비타민 C의 경우 5% metaphosphoric acid를 첨가하고 sonicator를 이용하여 30분~1시간 동안 추출하여 시험용액으로 사용하였다. 시험용액은 고속액체크로마토그래피(Agilent 1200 Series, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 통하여 분석하였다. 분석조건으로 칼럼은 Peakman sp. AQ-C18(4.6×250 mm, 5 µm, Peackman, Ammerbuch, Germany)을 사용하였으며 칼럼 온도 25°C, 반응액의 유속 1 mL/min, 시료주입량 20 µL로 하였다. Thiamin, riboflavin은 Martins 등의 방법(18)으로 추출 후 고속액체크로마토그

래피(Agilent 1200 Series, Agilent)를 통하여 분석하였다. 분석조건으로 칼럼은 Unison US-C18(2 mm×150 mm×5 µm, Imtakt, Portland, OR, USA)을 사용하였으며 칼럼 온도는 35°C, 반응액의 유속은 0.3 mL/min, 시료주입량은 0.5 µL로 하였다.

무의 에탄올 추출물 제조

무를 세척한 후 2~3 mm 크기로 잘게 썬 뒤 시료 양의 2배에 해당하는 80%(w/v) ethanol을 가해 실온에서 자동 교반기(Hot plate and magnetic stirrer, VS-130SH, Vision, Daejeon, Korea)를 이용하여 24시간 동안 추출하였다(19). 추출액은 감압여과 후 여액을 40°C 수욕상에서 감압농축(Rotary vacuum evaporator N-N1, Eyela, Gyeonggido, Korea)을 한 뒤 동결건조(FD8508, Ilshin, Gyeonggido, Korea) 하여 분말화 하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 알칼리 조건에서 Folin Ciocalteu 시약이 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색을 나타내는 방법을 이용하였다(20). 20 mg/mL의 추출물에 0.5 mL의 1 M Folin Ciocalteu를 가한 뒤 상온에서 3분간 방치하였다. 10% Na₂CO₃ 1.5 mL를 가한 후 암소에서 한 시간 방치한 뒤 725 nm에서 흡광도(Elisa reader, Biotex unstrument powerwave XS, Pascallbio, Gyeonggido, Korea)를 측정하였다. 표준물질로는 0~0.1 mg/mL의 gallic acid를 사용하였으며 총 폴리페놀 함량은 시료 1 g당 mg gallic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 시료의 라디칼 소거 효과를 측정하는 Blios(21) 방법을 변형하여 측정하였다. 20 mg/mL로 희석한 시료 0.2 mL에 0.2 mM DPPH solution 0.6 mL를 혼합하여 실온에서 15분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도(Biotex unstrument powerwave XS, Pascallbio, Pforzheim, Germany)를 측정하였다. 무처리구와 처리구의 값을 비교하여 자유 라디칼 소거능을 측정하였다.

무의 조직감 측정

무의 경우 조직감(견고성)이 매우 중요한 특성 중 하나로 특히 저장 중 수분의 증발로 인해 무의 조직감은 변하기도 한다. 예를 들어 저장기간 동안 견고성을 잃고 물러지면 무의 품질 특성은 크게 저하되었다고 볼 수 있다. 따라서 일정 기간 동안 견고성의 유지 여부는 무의 품질 특성과 연관성이 높다고 할 수 있다. 무의 저장 중 조직감 변화 측정을 위해 시료를 4°C에 저장보관 하였고 4주 동안 일주일 간격으로 조직감을 측정하였다. 실험 2시간 전 상온에서 무를 보관한 후 실험을 실시하였고, 세척 후 10 mm 두께로 자른 무를 측정시료로 사용하였다. 무의 침투력 시험(penetration test)

에 의한 경도 측정은 Brookfield Texture Analyzer(TA-CT3, Brookfield, Middleboro, IN, USA)를 이용하여 직경 6 mm 원통형 probe로 시료 두께의 70%를 침투하여 측정하였다. 무의 경도는 최소 6회 반복하여 측정하였다.

통계처리

실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며 각 그룹 간의 유의성은 Minitab version 16(Minitab Inc., State College, PA, USA)을 사용하여 분산분석을 통해 각 군 간의 유의성 검증을 수행한 후 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 5% 수준에서 유의성을 검정하였다. 조직감 평가를 제외한 모든 실험은 3반복 수행하였다.

결과 및 고찰

무의 일반성분 분석

황토 처리 여부에 따른 무의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 각 시료에 대하여 수분 함량, 조단백질 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 그러나 조회분 함량은 실험구2가 대조구, 실험구1 대비 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 조지방 함량의 경우 실험구1, 2 모두 대조구에 비해 높은 함량을 나타내었으며 실험구2 시료가 더 높은 조지방 함량을 보였다. 조회분의 경우 무기성분 및 비타민 함량과 유사한 경향을 나타내므로 이와 관련성이 있을 것으로 사료된다. 조지방은 유기용매에 녹는 지방산, 인지질, 알코올류, 왁스류, 알칼로이드, 유기산, 지용성 색소 등이 함유되어 있다. 황토처리구에서 높은 조지방 함량의 결과가 측정되었으나 이는 1% 미만의 함량으로 전체에서는 적은 양을 나타내므로 황토의 구조에 의해 무 생장 시 위와 같은 물질의 생산이 증가한 것으로 사료된다. 무 시료는 수분이 가장 많은 함량을 차지하였고 다음으로 단백질, 회분, 지방 순이었다. 무에 대한 가공황토 처리 여부는 일반성분에 대해서는 큰 영향을 주지는 않았으나 조회분과 조지방 함량에는 영향을 주는 것으로 나타났다.

Table 1. General components of radish (%)

	Radish		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
Total moisture	102.13±13.47 ^{a1)2)}	94.27±0.12 ^a	91.93±0.23 ^a
Total crude protein	0.93±0.42 ^a	1.14±0.20 ^a	1.43±0.13 ^a
Total crude fat	0.21±0.12 ^c	0.70±0.22 ^b	0.99±0.10 ^a
Total crude ash	0.72±0.09 ^b	0.78±0.07 ^b	1.13±0.06 ^a

Treatment 1: RCPM was treated at the beginning of growth only.
Treatment 2: RCPM was treated at the beginning of growth and after 4 weeks.

¹⁾Mean±standard deviation.

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

Table 2. Selected vitamin and mineral component of radish (mg/100 g)

	Radish		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
P	13.870±0.798 ^{b1)2)}	22.966±2.523 ^a	20.745±0.639 ^a
Mg	8.120±0.078 ^b	10.190±0.169 ^a	10.445±0.148 ^a
K	31.190±2.687 ^c	340.350±6.717 ^b	391.650±1.061 ^a
Zn	0.161±0.003 ^c	0.183±0.004 ^b	0.299±0.008 ^a
Mn	0.050±0.001 ^c	0.066±0.004 ^b	0.134±0.001 ^a
Na	40.585±0.629 ^b	32.210±0.566 ^c	43.060±0.325 ^a
Vitamin C	15.249±0.046 ^c	17.910±0.254 ^b	20.850±0.014 ^a
Thiamin	0.012±0.000 ^c	0.016±0.001 ^b	0.017±0.000 ^a
Riboflavin	0.016±0.000 ^b	0.018±0.001 ^b	0.020±0.001 ^a

Treatment 1: RCPM was treated at the beginning of growth only. Treatment 2: RCPM was treated at the beginning of growth and after 4 weeks.

¹⁾Mean±standard deviation.

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

무의 무기성분 및 비타민 분석

황토처리 및 처리기간에 따른 무 시료의 무기성분 및 비타민 분석 결과는 Table 2에 나타내었다.

무기성분과 비타민 분석 결과 모든 분석 항목에서 실험구 1, 2의 함량이 대체적으로 유의적으로 높게 나타났다. K, Zn, Mn, Na의 경우 재배기간 동안 실험구2가 유의적으로 더 높은 함량을 지닌 것으로 분석되었다. 인의 대조구 함량은 13.87±0.80 mg/100 g, 실험구1과 실험구2의 함량은 각각 22.97±2.52 mg/100 g, 20.75±0.64 mg/100 g으로 대조구 대비 각각의 실험구에서 유의적으로 더 높은 함량을 나타내었다. 마그네슘의 경우 대조구에서 함량은 8.12±0.08 mg/100 g, 실험구1, 2에서의 함량은 각각 10.19±0.17 mg/100 g, 10.45±0.15 mg/100 g으로 인과 마찬가지로 실험구1, 2에서 유의적으로 더 높은 함량을 지닌 것으로 분석되었다. 인과 마그네슘은 체내에서 칼슘과 함께 뼈 조직의 구성성분으로 골 질량에 중요한 영향을 미치는 영양성분이다(22). 특히 마그네슘이 부족하게 되면 저칼슘혈증(hypocalcemia)을 유발하고 PTH 분비에 손상을 가하는 등의 골대사와 연관성이 깊다(23). 따라서 가공황토 소재를 적용한 무의 인과 마그네슘 함량이 높은 것은 영양적인 관점에서 높은 가치가 있다고 할 수 있다.

비타민 C의 함량 측정 결과, 실험구2의 경우에는 20.85±0.01 mg/100 g으로 측정되었고 실험구1은 17.91±0.25 mg/100 g, 대조구는 15.25±0.05 mg/100 g으로 가공황토 소재로 재배한 무 시료에서 더 높은 비타민 C 함량이 측정되었다. 비타민 C는 천연 항산화제로 인체에 유용한 물질로 알려져 있다. 또한 비타민 C는 체내에서 콜라겐 생합성 dopamine norepinephrine 전환에 관여하는 필수영양소인 물질이다(24). 최근 다양한 건강기능 식품의 섭취로 인해 비타민 C의 결핍증은 현저히 줄었으나 감염과 흡연 같은 스트레스로 인해 비타민 C 필요 요구량이 증가하는 실정이다(25). 따라서 대조구에 비해 가공황토소재 처리를 하여

재배한 무 시료에서 더 높은 항산화력이 나타날 것으로 예상된다.

실험구2의 무시료에서 thiamin과 riboflavin의 함량은 각각 0.017±0.00 mg/100 g, 0.02±0.001 mg/100 g으로 대조구에 비하여 높은 함량을 나타내었다. Thiamin과 riboflavin은 조효소로서 포도당과 지방산, 아미노산으로부터 에너지를 생성할 때 산화, 환원반응의 촉매역할을 하므로 영양적인 측면에서 황토의 처리가 무의 품질을 향상시킨 것으로 사료된다(26).

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH는 주로 천연에 존재하는 항산화제의 자유 라디칼 소거능을 측정하는데 많이 쓰인다(27). 자유 라디칼은 생물학적 손상을 가하는 주요 원인 물질로 잘 알려져 있다.

대조구는 시료 대신 3차 증류수를 이용하여 측정하였으며 무처리구와 처리구의 값을 비교하여 자유 라디칼 소거 활성을 결정하였다. DPPH 라디칼 측정값은 Table 3에 나타내었으며 측정 결과 무처리구의 값(89.12±0.04%)이 실험구1의 값보다 유의적으로 낮은 것을 확인할 수 있었다. 이는 비타민 C의 함량 측정 결과와 비슷한 경향을 나타내므로 이와 높은 상관성이 있을 것으로 판단된다. 실험구의 항산화 활성이 대조구 대비 유의적으로 높다고 판단할 수 있으며 황토의 처리 양과는 큰 상관관계가 없음이 밝혀졌다.

총 폴리페놀 함량 측정

과일이나 채소에는 많은 폴리페놀 물질이 함유되어 대사 과정 중에 발생하는 유해한 과산화물질을 제거하는 작용과 항산화 작용을 나타낸다. 또한 폴리페놀 화합물은 만성질환의 원인인 산화스트레스와 여러 가지 생리적 요인을 제거하여 세포와 조직을 보호하고 파괴를 방지하는 물질로 여겨진다(28).

무 시료에 있어 총 폴리페놀 함량은 대조구에 비하여 황토 실험구1, 2의 함량이 높게 측정되었으나 재배 시작 시 황토를 1회 처리한 실험구1이 2,836.33±89.05 µg GAE/g, 4주간격으로 2회 처리한 실험구2(2,665.72±15.78 µg GAE/g)에 비해 높은 함량을 지닌 결과가 나타났다(Table 3). 따라

Table 3. DPPH radical scavenging activity and total polyphenol contents of radish extracts by ethanol

	DPPH radical scavenging activity (%)	Total polyphenol contents (µg GAE ¹⁾ /g)
Control	89.12±0.04 ^{b2)3)}	2,148.34±2.37 ^c
Treatment 1	91.70±0.55 ^a	2,836.33±89.05 ^a
Treatment 2	89.77±0.33 ^b	2,665.72±15.78 ^b

Treatment 1: RCPM was treated at the beginning of growth only. Treatment 2: RCPM was treated at the beginning of growth and after 4 weeks.

¹⁾Gallic acid equivalents.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Hardness of radish according to storage cycle at 4°C

(Unit: g)

Week	Control	Treatment 1	Treatment 2
0	6,288.75±142.03 ^{Aa1)2)3)}	6,289.00±274.47 ^{Aa}	6,254.25±128.04 ^{ABa}
1	6,026.00±206.49 ^{Bb}	6,344.50±169.80 ^{Aa}	6,330.00±23.49 ^{Aa}
2	6,001.00±170.60 ^{Bb}	6,143.50±90.46 ^{Ab}	6,287.00±75.69 ^{ABa}
3	5,439.00±78.08 ^{Cc}	6,550.50±310.23 ^{Aa}	6,129.50±172.78 ^{BCb}
4	5,263.75±127.11 ^{Cb}	6,183.25±132.94 ^{Aa}	6,041.25±162.44 ^{Ca}

Treatment 1: RCPM was treated at the beginning of growth only.

Treatment 2: RCPM was treated at the beginning of growth and after 4 weeks.

1) Mean±standard deviation.

2) Means with different capital letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).3) Means with different small letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

서 황토처리구의 항산화성이 무처리구에 비하여 높다는 결과는 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과와 유사하나 황토처리 양은 총 폴리페놀 함량과 유의적 관련성이 적다고 보인다.

무의 조직감 측정

저장기간에 따른 황토 처리 무 시료의 유변물성을 평가하기 위하여 냉장저장 온도(4±0.5°C)에서 저장하며 조직감 변화 및 안정성을 분석하였다. 무 시료에 있어 조직감은 품질결정요인의 가장 중요한 인자 중 하나로 견고성(hardness)은 무의 중요한 품질 지표로 보고되고 있다(9,10).

무 시료의 견고성은 조직감 분석법인 침투력 시험(penetration test)에서 얻는 최대 peak 값으로 나타낸다. Table 4는 침투력 시험에 의한 무의 안정성 분석을 통해 견고성의 변화를 보여주고 있다. 대조구의 경우 저장기간이 길어지는 동안 견고성이 저하되는 경향이 나타난 반면, 실험구1은 저장기간 동안 견고성의 유의적인 변화는 없었으며 실험구2는 저장시작 전(0주)에 비교하여 4주차에 견고성이 유의적으로 낮은 것으로 나타났으나, 이는 대조구에 비하여 견고성의 감소율이 적고 유의적으로 높은 경도를 지니는 것으로 분석되었다. 1~4주간의 저장주기에서 대조구의 견고성은 황토 실험구1, 2에 비하여 낮은 견고성을 나타냈다. 결과적으로 황토가공소재를 처리하여 재배한 무의 경우 일정기간 동안 저장 시에도 무처리구 대비 견고성이 높을 뿐만 아니라 안정적인 조직감을 유지한다고 할 수 있다. 이는 가공황토소재를 활용하여 재배한 무의 품질 유지 및 이를 활용한 가공품 개발 시 장점이 될 수 있다.

요 약

본 연구는 무의 재배 시 가공황토 처리 여부에 따른 무 시료의 품질 특성을 비교하고자 무 시료를 동일한 조건으로 재배하여 일반성분, 물성, 영양소, 기능적 특성을 분석하였다. 조회분과 조지방 함량에서 실험구1, 2가 대조구 대비 더 높은 함량을 나타내었다. 또한 분석된 모든 무기성분 및 비타민 함량에서 실험구1, 2가 대조구 대비 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 실험구1, 2에서 비타민 C의 함량이 대조구보다 높게 나타남과 동시에 항산화 활성 또한 유의적으로

높은 것을 확인할 수 있었다. 또한 견고성 측정 결과 대조구에 비하여 황토처리 된 실험구1, 2의 경우 저장기간 동안 견고성 감소율이 낮아 저장기간 동안 조직감의 유지가 가능한 것으로 나타났다. 따라서 무 재배 시 친환경 가공황토소재를 화학비료 대신 적용하여 재배할 경우 무의 저장성이 강화된 고품질의 무 생산이 가능해지고 기능성이 부가된 다양한 무를 활용한 고부가가치 제품이 가능해져 국내 무 시장의 활성을 촉진시킬 수 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 기술사업화지원사업(관리번호 812001-3) 지원에 의해 수행된 연구결과입니다.

REFERENCES

1. Ku KH, Lee KA, Kim YL, Lee YW. 2006. Quality characteristics of hat-air dried radish (*Raphanus sativus* L.) leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 780-785.
2. Park JY, Park YG. 2013. *Sophisticated methods of Chinese cabbage and radish prediction model*. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea. p 9-14.
3. Yoo KC, Lee KE. 1981. Studies on the physiology of bolting and flowering in *Raphanus Sativus* L. - VI. Bolting reaction in different seed production method on the radish and Chinese cabbage. *Korean J Soc Hort Sci* 22: 73-79.
4. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2013. *Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejongsi, Korea. p 112-113.
5. Korean Society of Plant Pathology. 2009. *List of Korea plant diseases*. 5th ed. Korean Society of Plant Pathology, Gyeonggido, Korea. p 99-103.
6. van Peer R, Xu T, Rattink H, Schippers B. 1988. Biological control of carnation wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* in hydroponic systems. Proceedings of International Congress on Soilless Culture, International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. p 361-373.
7. Baik SY, Jang KS, Choi YH, Kim JC, Choi GJ. 2011. Resistance degree of radish cultivars to *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* according to several conditions. *Korean J Hort Sci Technol* 29: 48-52.
8. Choi MK. 2003. Analysis of manganese contents in 30 Korean common foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:

- 1408-1413.
9. Lee CH, Park SH. 1982. Studies on the texture describing terms of Korean. *Korean J Food Sci Technol* 14: 21-29.
 10. Kim GH. 1999. Optimization of minimally processed white radish for kkaktugi preparation. *Korean J Soc Food Sci* 15: 633-638.
 11. Hwang IH. 2012. Geographical characteristics of Muan Hwangto. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea. p 41.
 12. Park JG, Yoon MY. 2010. Methods of preparing red clay processed material and alkali ionized water. *Korea Patent* 10-2012-7020981.
 13. Seo YJ, Gil BJ, Kyoung JS, Yoo BS, Chang YH, Lee YS. 2014. Effect of environmentally-friendly red clay-processed materials on quality characteristics of eel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 287-292.
 14. Takahashi E, Miyake Y. 1974. Concern for silicon deficiency symptom in tomato. *J Biol Agric Hort* 49: 15-20.
 15. Hwang JY, Jang MI, Kim JS, Cho WM, Ahn BS, Kang SW. 2000. Mineralogy and chemical composition of the residual soils (hwangto) from South Korea. *Korean J Miner Soc* 13: 147-163.
 16. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
 17. Korea Food and Drug Administration. 2005. *Food Standards Codex*. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea. p 947-959.
 18. Martins J, Helio A, Wang AY, Alabourda J, Pires MAF, Vega OB, Lebre DT. 2008. A validated method to quantify folic acid in wheat flour samples using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Braz Chem Soc* 19: 971-977.
 19. Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 577-583.
 20. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
 21. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 22. Sung CJ, Choi YH, Kim MH, Choi SH, Cho KO. 2002. A study of nutrient intake and serum levels of osteocalcin, Ca, P, and Mg and their correlation to bone mineral density in Korean postmenopausal women residing in rural areas. *Korean J Community Nutrition* 7: 111-120.
 23. Martini LA. 1999. Magnesium supplementation and bone turnover. *Nutr Rev* 57: 227-229.
 24. Arrigoni O. 2002. Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. *Biochim Biophys Acta* 1595: 1-9.
 25. Jacob RA, Sotoudeh G. 2002. Vitamin C function and status in chronic disease. *Nutr Clin Care* 5: 66-74.
 26. Kim SH, Kim SH, Lee SS, Jung YE, Kang MH, Kim HY, Kim WK, Lee DH. 2011. *Dietetics for healthy life*. Publishing Company of Shinkwang, Seoul, Korea. p 188-199.
 27. Yanishlieva NV, Marinova EM. 2001. Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *Eur J Lipid Sci Technol* 103: 752-767.
 28. Rimbach G, Pascual-Teresa SD. 2005. Application of nutrigenomics tools to analyze the role of oxidants and antioxidants in gene expression. In *Nutrigenomics*. Rimbach G, Fuchs J, Packer I, eds. Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA. p 1-12.