

## 친환경 가공 황토 소재가 배추의 품질 특성에 미치는 영향

서유진<sup>1</sup> · 양인용<sup>1</sup> · 윤성진<sup>2</sup> · 김성군<sup>2</sup> · 서수영<sup>5</sup> · 원주인<sup>5</sup> · 조원우<sup>3</sup> · 이소라<sup>3</sup>  
강호덕<sup>3</sup> · 윤문영<sup>4</sup> · 박정극<sup>4</sup> · 유병승<sup>2</sup> · 장운혁<sup>5</sup> · 이영승<sup>1</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>동국대학교 식품생명공학과  
<sup>3</sup>동국대학교 바이오환경과학과, <sup>4</sup>동국대학교 생명과학연구원  
<sup>5</sup>경희대학교 식품영양학과

### Evaluation of Quality Characteristics of *Brassica campestris* L. Treated with Environmentally-Friendly Red Clay-Processed Materials

Yoojin Seo<sup>1</sup>, Inyong Yang<sup>1</sup>, Sungjin Yoon<sup>2</sup>, SungGun Kim<sup>2</sup>, Sooyoung Seo<sup>5</sup>, Chu In Won<sup>5</sup>,  
Wonwoo Cho<sup>3</sup>, Sora Lee<sup>3</sup>, Ho-duck Kang<sup>3</sup>, Moon-Young Yoon<sup>4</sup>, Jung-Keug Park<sup>4</sup>,  
Byoungseung Yoo<sup>2</sup>, Yoonhyuk Chang<sup>5</sup>, and Youngseung Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

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

<sup>5</sup>Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

**ABSTRACT** Quality characteristics of Korean cabbage treated with red clay-processed materials (RCPM) were evaluated. Two different types of RCPM treatments including a control were applied for the cultivation of cabbage. General components, nutrients, antioxidant activities, textures, and sensory evaluation were assessed. For the nutrition components analysis, RCPM-treated cabbage showed higher contents of potassium and riboflavin along with lower content of sodium compared to the control. RCPM-treated cabbage exhibited higher total polyphenol contents than those of the control, indicating higher antioxidant activities. For the textural analysis under refrigeration over 4 weeks, RCPM-treated samples showed more stable textures based on higher hardness values than the control and RC. Results of this study indicate that RCPM would be of benefit to produce high-value added cabbage of premium quality.

**Key words:** cabbage, red clay processed materials, antioxidant activity, texture

## 서 론

황토는 독일어 “Loess”에서 유래되었는데 느슨하게 결합되어 있다는 의미를 포함하며 화강암, 안산암, 석영조면암 등이 열수작용이나 풍화작용에 의해 생성된 Kaolin족 점토류에 속한다(1). 황토는 다양한 성질을 지니는데 이는 황토에 함유되어 있는 점토광물의 종류에 의해 결정된다. 황토의 구성물질인 점토광물의 종류는 황토가 형성된 지질 및 수문 환경, 지형 및 기후 등에 의하여 결정되고 주로 표면이 넓은 복층의 벌집구조를 이루고 있다(2). 벌집 구조 안에는 원적외선이 다량 흡수 및 저장되어 있어 분자활동이 자극되어 열을 받으면 발산된다. 다양한 구성물질 중 황토는 50~60%가 SiO<sub>2</sub>로 되어 있으므로 규소성분이 많이 함유되어 있다(3). 황토에 함유된 SiO<sub>2</sub>는 실질적으로 불용성이기 때문에

황토를 미세한 분말로 처리하더라도 토양이나 작물에 대한 효과는 제한적이다. 그러나 SiO<sub>2</sub>가 주성분인 황토에 일정량의 Na, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Mo, Co, Cu 등의 물질을 단독 또는 일정 배합비율로 혼합한 후 고온에서 가열, 용융시키면 SiO<sub>2</sub>의 조직이 붕괴되어 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 형태의 이온으로 존재하게 되고 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(4). 가공 황토 소재는 장어의 양식에 적용되어 토크페롤 함량 및 항산화 능력을 향상시키고 조직감의 냉·해동 안정성을 향상시킬 뿐만 아니라(5), 무의 재배에 적용되었을 경우 항산화 활성이 높아지며 무의 견고성과 저장성이 향상되는 것으로 나타났다(6). 또한 규소성분에 의해 황토를 배지로 사용했을 경우 작물의 품질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 높은 수분 보유력을 지니고 있어 수확 시 수량 증가의 효과가 나타난다(7).

Received 5 November 2014; Accepted 8 April 2015

Corresponding author: Youngseung Lee, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Gyeonggi 448-701, Korea  
E-mail: youngslee@dankook.ac.kr, Phone: +82-31-8005-3171

배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는 김치의 원료로 국내에서 무, 파, 고추 등과 함께 오래전부터 재배되어온 중요한 작물이다(8). 배추는 현재 우리나라에서 가장 소비량이 높은 채소 중 하나로 연평균 전체 채소 소비량의 25%를 차지하고 있다(9,10). 그러나 배추의 경우 조직이 무르고 부피가 크기 때문에 저장 및 유통이 어려운 경우가 많고 계절에 따라 가격과 수급의 변동이 심하게 발생한다(11,12). 이러한 단점을 보완하기 위하여 품종 개량에 관한 연구(13), 저장법에 관한 연구(14), 포장 및 적재 방법 등에 따른 배추의 품질 특성에 관한 연구(12,15)는 많이 진행되어 왔으나 대부분 실용화로 이어지는 데는 한계가 있었다(16). 배추 품질 특성의 경우 품종과 같은 유전적 인자, 저장조건뿐만 아니라 재배조건에도 영향을 받으므로(17,18) 배추의 품질 향상을 위한 새로운 재배법에 관한 연구가 필요하나 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 배추의 품질 향상을 위한 친환경 가공 황토 소재를 적용하여 재배한 배추의 일반성분, 영양성분, 기능적 특성 및 물성에 대하여 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 황토 가공 소재의 나노슬러리 형태 분쇄를 위하여 이온코리아(Gyeongbuk, Korea)에 위탁 가공을 수행하였다. 황토 소재의 분쇄공정은 3 mm 이하로 분쇄한 후 볼밀로 10 µm 이하로 분쇄한 다음 평균 500 nm 크기로 습식분쇄 하였다.

배추 종자는 홍농씨앗 불암3호(종자번호 제10-안성-2011-10-02호)를 사용하였으며 육묘용 상토(TKS-2, Flora-Gard, 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 난피법 3반복으로 처리하였다. 시료는 3반복 내에서 무작위로 추출하였다. 황토 무처리구를 대조구로 사용하였고, 생황토는 보령황토(Chungnam, Korea)를 사용하였으며 처리 조건은 재배면적 330 m<sup>2</sup>당 0.5 kg을 사용하였다. 실험에 사용된 가공 황토의 조건은 가공 황토 소재 슬러리를 물에 2,000 ppm 농도로 희석하여 생황토와 동일한 양을 사용하였다. 농약 살포는 하지 않았으며 최종 수확 및 재배환경(25°C) 등 모든 실험조건은 동일하게 수행되었다.

### 배추의 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법(19)에 준하여 수분 함량, 조단백 함량, 조지방 함량, 조회분 함량을 분석하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였고 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접회화법으로 분석하였다.

### 배추의 무기성분 분석

시료는 극초단파분해기(Multiwave 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, Harrick Plasma, Ithaca, NY, USA)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 검출 파장은 칼륨 766.490 nm, 칼슘 317.933 nm, 철 238.204 nm, 나트륨 589.592 nm였다. 인의 경우 몰리브덴청 비색법을 이용하여 분석하였으며 가시/자외선 분광광도계(Optizen 2120UV Plus, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 배추의 비타민 분석

비타민 함량은 식품공전(20)의 시험방법을 기준으로 하여 thiamin, riboflavin, niacin의 함량을 분석하였다. Martins-Júnior 등(21)의 방법으로 추출한 후 고속액체크로마토그래피(Agilent 1200 Series, Agilent, Santa Clara, CA, USA)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, 시료 주입량은 0.5 µL로 하였다.

### 배추의 에탄올 추출물 제조

배추를 세척한 후 분쇄하여 시료 양의 2배에 해당하는 80%(w/v) 에탄올을 가해 실온에서 자동교반기(hot plate and magnetic stirrer, VS-130SH, Vision, Daejeon, Korea)를 이용하여 24시간 동안 추출하였다(22). 추출액은 감압여과 후 여액을 40°C 수욕상에서 감압농축(Rotary vacuum evaporator N-N1, Eyela, Gyeonggi, Korea) 한 뒤 동결건조(FD8508, Ilshin, Gyeonggi, Korea) 하여 분말화하였다.

### DPPH radical scavenging activity 측정

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 시료의 라디칼 소거 효과를 측정하는 Blois(23)의 방법을 변형하여 시행하였다. 시료 0.6 mL에 DPPH solution(1.5×10<sup>-4</sup> M) 0.4 mL(Wako Pure Chemical Industries, Tokyo, Japan)를 혼합하여 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도(Ultrospec 2100pro, Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 측정하였다. 시료의 농도 구간은 0~20 mg/mL로 하였으며 ascorbic acid를 양성 무처리구로 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능을 구한 뒤 검체 농도에 따른 항산

화 활성 변화곡선으로부터 산화를 50% 억제시키는 시료의 농도를 IC<sub>50</sub>값으로 나타내었다.

### 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 알칼리 조건에서 Folin Ciocalteu 시약이 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색을 나타내는 방법을 이용하였다(24). 20 mg/mL의 추출물에 0.5 mL의 1 M Folin Ciocalteu(Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 가한 뒤 상온에서 3분간 방치하였다. 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1.5 mL를 가한 후 암소에서 한 시간 방치한 다음 725 nm에서 흡광도(Elisa reader, BioTek Instrument PowerWave XS, Pascal Bio, Gyeonggi, Korea)를 측정하였다. 표준물질로는 0~0.1 mg/mL의 gallic acid를 사용하였으며 총 폴리페놀 함량은 시료 1 g당 mg gallic acid로 나타내었다.

### FRAP(ferric reducing antioxidant power assay) 측정

FRAP assay는 Pulido의 방법을 변형하여 사용하였다(25). 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine)와 20 mM FeCl<sub>3</sub>을 10:1:1 비율로 혼합하여 37±0.5°C에 15분간 방치 후 사용하였다. 반응시약과 시료를 혼합하여 상온에서 30분간 방치한 뒤 593 nm에서 흡광도(Ultrospec 2100pro, Biochrom Ltd.)를 측정하였다. 표준시료로 FeSO<sub>4</sub>를 사용하였으며 이를 이용하여 만든 표준곡선에 대입하여 시료의 환원력을 환산하였다.

### 배추의 기기적 조직감 측정

배추의 경우 저장 중 수분의 증발로 인해 조직감이 쉽게 변하기도 하고 배추김치의 저장 중 연화현상은 잘 알려져 있는 품질 저하 요인이므로 배추의 조직감(견고성)은 배추의 중요한 품질 지표 중 하나이다. 또한 배추는 저장 및 운송 기간 동안 시료 간의 물리적 손상 등에 의해 견고성이 쉽게 저하되기 쉽기 때문에 견고성 유지는 배추의 품질 특성 및 상품성에 큰 영향을 미친다. 따라서 일정기간 동안 견고성의 유지 여부는 배추의 품질 특성과 연관성이 높다고 할 수 있다. 배추의 저장 중 조직감 변화 측정을 위해 시료를 4±1°C에 저장보관 하였고 4주 동안 일주일 간격으로 조직감을 측정하였다. 실험 2시간 전 상온에서 시료를 보관한 후 실험을 실시하였고 세척하여 가로 2 cm, 세로 8 cm, 두께 0.5 cm의 배추줄기를 측정 시료로 사용하였다. 배추의 절단강도시험(cutting force)에 의한 견도 측정은 Brookfield Texture Analyzer(TA-CT3, Brookfield, Middleboro, IN, USA)를 이용하여 너비 6 cm의 cutting knife edge probe로 시료 두께의 70%를 침투하여 1.0 mm/s의 cross-head speed로 측정하였다. 배추의 견도는 최소 6회 이상 반복하여 측정하였다.

### 배추의 조직감 묘사분석

배추의 묘사분석은 6개월(30시간) 이상 기본맛과 조직감 구별 훈련을 받은 10명의 묘사분석 패널(20대 남자 3명, 여자 7명)에 의해 실시되었다. 배추의 관능 특성 도출 및 평가 방법을 설정하기 위하여 패널들에게 본 테스트 전 2시간 동안 오리엔테이션을 실시하였다. 시료의 준비는 기기적 조직감 측정에 사용한 시료와 동일한 조건에서 저장된 것으로 세척 후 가로 2 cm, 세로 8 cm, 두께 0.5 cm의 배추줄기를 측정 시료로 사용하였다. 흰색 종이컵에 3-digit code로 표기하여 제공되었으며 상온의 물을 함께 제공하였다. 시료는 패널들에게 랜덤하게 제공되었고, 평가 항목은 견도, 아삭함, 섬유질의 정도, 수분감이었으며 15점 척도법으로 평가하였다. 오리엔테이션 과정에서 배추의 향미관련 관능 특성은 처리구 간 차이가 발견되지 않아 평가에서 제외되었다.

### 통계처리

실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며 각 그룹 간의 유의성은 Minitab version16(Minitab Inc., State College, PA, USA)을 사용하여 분산분석 하고 각 군 간의 유의성 검증을 수행한 후 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 5% 수준에서 유의성을 검정하였다. 상대적으로 반복 간 편차가 큰 조직감 평가를 제외한 모든 실험은 3반복 수행하였다. 배추의 품질 특성 간의 상관관계를 다변량으로 분석하는 주성분 분석(principal component analysis)은 XLStat version2012 for Windows(Addinsoft Inc., Paris, France)를 사용하여 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 배추의 일반성분 분석

가공 황토 및 생황토 처리 여부에 따른 배추의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 모든 분석 항목에 대하여 각 시료는 유의적인 차이를 보이지 않았으나( $P>0.05$ ) 가공 황토 처리구의 조지방 함량이 무처리구와 황토 처리구에 비하여 높은 경향이 나타났다. 이는 지방산, 인지질, 알코올류, 왁스류, 알칼로이드, 유기산, 지용성 색소 등이 유기용매에 용해되어 조지방 함량으로 측정되므로 가공 황토의 구조에 의해 배추의 생장 시 위와 같은 물질의 생산이 증가한 것으로

**Table 1.** General components of cabbage (unit: %)

	Control	RC <sup>1)</sup>	RCPM <sup>2)</sup>
Total moisture	95.23±0.11 <sup>NS3)4)</sup>	96.29±0.10	95.34±0.68
Total crude protein	1.68±0.13 <sup>NS</sup>	1.00±0.08	1.34±0.37
Total crude fat	0.001±0.00 <sup>NS</sup>	0.003±0.00	0.01±0.01
Total crude ash	0.56±0.02 <sup>NS</sup>	0.45±0.05	0.68±0.11

<sup>1)</sup>RC: red clay.

<sup>2)</sup>RCPM: red clay-processed materials.

<sup>3)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>4)</sup>NS: not significant.

로 사료된다. 배추 시료는 수분이 가장 많은 함량을 차지하였고 다음으로 단백질, 회분, 지방 순이었다. 배추의 재배 시 가공 황토 처리 여부는 일반성분에 대해서는 큰 영향을 주지는 않았으나 조지방 함량에는 다소 영향을 주는 것으로 나타났다.

**배추의 무기성분 및 비타민 분석**

Table 2는 황토 처리에 따른 배추 시료의 무기성분 및 비타민 분석 결과를 나타냈다. 무기성분과 비타민 분석 결과 대부분의 항목에서 가공 황토 처리구가 높은 함량을 나타내었다. K, riboflavin, niacin의 함량이 가공 황토 처리구가 무처리구에 비하여 유의적으로 더 높은 함량을 나타냈다. 또한 가공 황토 처리구의 K, Ca, Mn, thiamin 함량이 생황토 처리구보다 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 칼륨의 대조구 함량은 195.70±0.40 mg/100 g, 생황토 처리구와 가공 황토 처리구의 함량은 각각 168.10±1.80 mg/100 g, 208.70±1.10 mg/100 g으로 대조구 대비 각각의 생황토, 가공 황토 처리구에서 유의적으로 더 높은 함량을 나타내었다. 반면 나트륨의 경우 대조구에서 함량은 25.48±0.14 mg/100 g, 생황토 처리구와 가공 황토 처리구에서의 함량은 각각 23.36±0.21 mg/100 g, 15.59±0.17 mg/100 g으로 무처리구, 생황토 처리구, 가공 황토 처리구 순으로 유의적인 차이를 보이는 것으로 분석되었다. 나트륨 과다 섭취는 고혈압 등 다양한 만성질환과 관련이 있는 것으로 나타나고 있으나(26-31) 칼륨의 섭취 증가로 인해 나트륨의 과다 섭취에 의한 고혈압에 대해 보호 기능이 있어 혈압을 낮춰주며, 체내 산, 염기 조절에 관여하여 골다공증과 신장 결석을 예방하는 것으로 밝혀졌다(32,33). 특히 칼륨 섭취 증가에 의한 혈압 상승 억제 기전은 나트륨 배설 효과 및 renin-angiotensin 기전, Na-K-ATPase의 자극 및 혈관확장 작용을 지닌 prostaglandin에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다(34). 따라서 가공 황토 소재로 재배한 배추의 칼륨 함

량이 높아지고 나트륨 함량이 낮아진 것은 영양학적 측면에서 높은 가치가 있다고 할 수 있다.

생황토와 가공 황토 처리구의 배추 시료에서 riboflavin의 함량은 각각 0.04±0.00 mg/100 g, 0.04±0.00 mg/100 g으로 대조구에 비하여 높은 함량을 나타내었다. Niacin 함량 측정 결과 대조구, 생황토 처리구, 가공 황토 처리구 각각 0.03±0.00 mg/100 g, 0.04±0.00 mg/100 g, 0.04±0.00 mg/100 g으로 riboflavin 함량 측정 결과와 동일한 결과를 나타냈다. Riboflavin은 조효소로서 포도당과 지방산, 아미노산으로부터 에너지를 생성할 때 산화, 환원 반응의 촉매 역할을 하고, niacin은 조효소 형태로 세포 내 호흡과 탄수화물, 지방산, 알코올 대사에 관여한다고 알려져 있다(35). 그러므로 배추 재배의 가공 황토 적용은 영양적 측면의 향상에 영향을 주는 것으로 판단된다.

**DPPH radical scavenging activity 측정**

생물학적 손상을 가하는 주요 원인 물질로 free radical이 잘 알려져 있으며 DPPH는 주로 천연에 존재하는 항산화제의 free radical 소거능을 측정하는 데 많이 사용된다(36).

DPPH radical 측정값은 Table 3에 나타내었으며 측정 결과 가공 황토 처리구의 IC<sub>50</sub>값(8.82±0.16 mg/mL)이 생황토 처리구의 IC<sub>50</sub>값(7.95±0.04 mg/mL)보다 유의적으로 높게 측정되었으며 대조구와는 유의적 차이를 나타내지 않았다. 생황토 처리구 대비 가공 황토 처리구의 항산화 활성이 낮게 측정된 것은 반복 간 편차에 기인한 것으로 예상되며 추가 실험을 통해 재검증이 필요할 것으로 사료된다.

**총 폴리페놀 함량 측정**

만성질환의 원인인 산화스트레스와 여러 가지 생리적 요인을 제거하여 세포와 조직을 보호하고 파괴를 방지하는 물질 중 하나인 폴리페놀 화합물은 채소 및 과일에 많이 함유되어 있다. 이 물질은 대사과정 중에 발생하는 유해한 과산화물질을 제거하는 작용과 항산화 작용을 나타낸다(37).

**Table 2.** Selected vitamin and mineral components of cabbage (unit: mg/100 g)

	Control	RC <sup>1)</sup>	RCPM <sup>2)</sup>
P	24.59±1.39 <sup>a3)4)</sup>	23.04±0.86 <sup>a</sup>	27.40±0.26 <sup>a</sup>
Mg	10.23±0.10 <sup>a</sup>	8.87±0.10 <sup>b</sup>	9.08±0.08 <sup>b</sup>
K	195.70±0.40 <sup>b</sup>	168.10±1.80 <sup>c</sup>	208.70±1.10 <sup>a</sup>
Ca	48.96±0.79 <sup>a</sup>	33.75±0.03 <sup>b</sup>	45.93±0.88 <sup>a</sup>
Zn	0.24±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.00 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>
Mn	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>b</sup>	0.16±0.00 <sup>a</sup>
Na	25.48±0.14 <sup>a</sup>	23.36±0.21 <sup>b</sup>	15.59±0.17 <sup>c</sup>
Fe	1.01±0.43 <sup>a</sup>	0.45±0.10 <sup>a</sup>	0.61±0.06 <sup>a</sup>
Thiamin	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.001±0.00 <sup>c</sup>	0.016±0.00 <sup>b</sup>
Riboflavin	0.03±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>
Niacin	0.03±0.00 <sup>c</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>

1) RC: red clay.  
 2) RCPM: red clay-processed materials.  
 3) Mean±standard deviation.  
 4) Means with different letters in the same row are significantly different (P<0.05).

**Table 3.** DPPH radical scavenging activity, total polyphenol contents, and FRAP value of cabbage extracts by ethanol

	DPPH radical scavenging activity <sup>1)</sup> (mg/mL)	Total polyphenol contents (µg GAE <sup>2)</sup> /g)	FRAP value <sup>3)</sup> (MFeSO <sub>4</sub> /g)
Control	8.98±0.22 <sup>a6)7)</sup>	4.45±0.35 <sup>b</sup>	2.36±0.08 <sup>a</sup>
RC <sup>4)</sup>	7.95±0.04 <sup>b</sup>	9.15±0.47 <sup>a</sup>	3.46±0.33 <sup>a</sup>
RCPM <sup>5)</sup>	8.82±0.16 <sup>a</sup>	8.50±0.21 <sup>a</sup>	2.96±0.06 <sup>a</sup>

1) Amount required for 50% reduction of hydrogen donating activity.  
 2) Gallic acid equivalents.  
 3) Ferric reducing/antioxidant power assay.  
 4) RC: red clay.  
 5) RCPM: red clay-processed materials.  
 6) Mean±standard deviation.  
 7) Means with different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

배추 시료의 총 폴리페놀 함량은 대조구에 비하여 생황토 처리구와 가공 황토 처리구 모두 2배 이상의 함량으로 높게 측정되었다. 생황토 처리구의 총 폴리페놀 함량은  $9.15 \pm 0.47 \mu\text{g GAE/g}$ , 가공 황토 처리구의 결과는  $8.50 \pm 0.21 \mu\text{g GAE/g}$ 으로 나타났으나 두 군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Table 3). 따라서 가공 황토 처리 배추의 항산화성이 무처리구 대비 높다고 판단되며 가공 황토의 처리는 배추의 총 폴리페놀 함량과 유의적인 상관성이 있다고 보인다.

### FRAP 측정

최근에 개발된 항산화능을 측정하는 방법 중 하나인 FRAP value(38)는 환원제에 의해 낮은 pH 조건 하에서 ferric tripyridyltriazine 복합체가 주황색에서 파란색의 ferrous tripyridyltriazine으로 환원되는 원리를 적용한 것이다(39). 표준시료인  $\text{FeSO}_4$ 의 표준곡선으로부터 환원력을 환산하여 Table 3에 나타내었다. 측정 결과 무처리구 ( $2.36 \pm 0.08 \text{ MFeSO}_4/\text{g}$ ), 생황토 처리구( $3.46 \pm 0.33 \text{ MFeSO}_4/\text{g}$ ), 가공 황토 처리구( $2.96 \pm 0.06 \text{ MFeSO}_4/\text{g}$ ) 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Table 3).

DPPH radical scavenging activity, 총 폴리페놀 함량, FRAP value 측정 결과 처리구 간의 일정한 경향이 발견되지 않았으나 총 폴리페놀 함량에서 가공 황토 처리구의 항산화성이 높게 나타났으며, 이는 가공 황토 소재를 장어와 무에 적용하였을 시 항산화 활성이 높게 측정된 연구(5,6)와 유사한 결과이다. 그러므로 향후 가공 황토 소재 처리 조건의 최적화와 관련된 지속적인 실험을 통하여 배추의 가공 황토 적용 시 항산화성 향상을 지속적으로 검증해야 할 것으로 보인다.

### 배추의 조직감 측정

배추의 조직감은 저장기간에 따라 변화하기 쉽기 때문에 품질 결정요인의 가장 중요한 인자 중 하나로 사료된다. 가공 황토 처리 배추 시료의 유변물성을 평가하기 위하여 냉장저장 온도( $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ )에서 저장하며 조직감 변화 및 안정성을

분석하였다. 배추 시료의 견고성은 조직감 분석법인 절단강도 시험에서 얻어지는 최대 peak값으로 나타내었다(Table 4).

0~3주간의 저장기간에 따른 세 처리군 간의 견고성에 대한 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 4주 저장 시 가공 황토 처리 배추의 견고성이 무처리구와 생황토 처리구에 비하여 유의적으로 높은 절단강도를 나타내고 있다. 이는 대조구와 생황토 처리구에 비하여 견고성의 감소율이 낮아 저장 시에 안정적인 조직감을 유지한다고 할 수 있다. 저장 초기 제품 간 견고성의 차이가 나타나지 않는 것은 조직감 분석의 특성상 동일한 시료 간 편차가 크기 때문으로 사료되며 시료 반복 수(본 실험에서  $n=6$ )를 증가시키면 유의적 차이가 발견될 것으로 판단된다. 또한 가공 황토 처리군은 나머지 실험군 대비 0~3주간의 저장기간 동안 가장 높은 절단강도 수치를 일정하고 안정적으로 나타내고 있으며, 생황토 배추는 무처리 배추에 비해 2주 저장기간까지는 안정적 수치를 나타내는 것으로 보인다. 따라서 전반적으로 가공 황토 처리 배추는 무처리 배추와 생황토 배추에 비해 저장기간에 따라 품질이 안정적으로 유지되는 것으로 나타났으며, 특히 가공 황토 처리 배추는 장기간 저장 동안에 조직감 변화 없이 품질을 유지하는 반면에 생황토 배추는 단기 저장기간 동안(2주)에만 무처리 배추보다 좋은 품질을 유지하는 것으로 나타났다.

### 배추의 묘사분석

배추의 정량적 묘사분석 결과는 Table 5에 나타내었다. 배추의 조직감에 대한 4개의 관능 지표(경도, 아삭함, 섬유질의 정도, 수분이 감지되는 정도)에 대한 평가 결과 저장기간별 각 항목에 대하여 세 처리군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 기기적으로 평가된 가공 황토 처리 배추의 높은 견고성 차이를 묘사분석 패널이 감지하지 못한 이유는 조직감의 특성상 시료 간의 품질 차이가 기기적, 관능 평가에 의한 차이 구별보다 크게 나타난 것으로 추측된다. 따라서 향후 보다 많은 시료를 대상으로 지속적으로 가공 황토 처리 배추의 조직감 관능 평가를 수행할 필요가 있다고 판단된다.

### PCA 결과

배추 시료를 사용하여 측정된 23개의 지표 간 상관성을 확인하기 위하여 PCA 분석을 실시하였다. 저장기간별 배추의 조직감 측정 결과와 묘사분석 결과는 저장기간과 시료 간의 교호작용이 없는 것으로 나타나 저장기간 전체에 대한 평균값을 사용하여 분석하였다( $P \text{ value}=0.731$ ). 대부분의 지표가 가공 황토 처리구와 인접한 경향을 나타내었는데, 특히 영양성분과 인접한 것으로 나타났다(Fig. 1). 조지방 함량, 조회분 함량, 인, 칼륨, 망간과의 거리가 가깝게 나타났으며 견고성파도 인접한 것으로 나타났다. 또한 나트륨 함량과는 정반대에 위치하므로 상관성이 낮은 것으로 사료된다. 생황토 처리구는 관능 평가 지표들과 무처리구는 마그

**Table 4.** Hardness of cabbage according to storage cycle at  $4^\circ\text{C}$  (unit: g)

Week	Control	RC <sup>1)</sup>	RCPM <sup>2)</sup>
0	$2,229 \pm 100^{\text{Aa3)-5)}$	$2,289 \pm 172^{\text{Ba}}$	$2,296 \pm 76.2^{\text{Aa}}$
1	$2,423 \pm 110^{\text{Aa}}$	$2,784 \pm 148^{\text{Aa}}$	$2,755 \pm 95.5^{\text{Aa}}$
2	$2,485 \pm 154^{\text{Aa}}$	$2,606 \pm 76.5^{\text{ABa}}$	$2,653 \pm 170^{\text{Aa}}$
3	$2,448 \pm 73.6^{\text{Aa}}$	$2,358 \pm 77.7^{\text{Ba}}$	$2,697 \pm 111^{\text{Aa}}$
4	$2,004 \pm 141^{\text{Ab}}$	$2,256 \pm 72.1^{\text{Bb}}$	$2,625 \pm 162^{\text{Aa}}$

<sup>1)</sup>RC: red clay.

<sup>2)</sup>RCPM: red clay-processed materials.

<sup>3)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>4)</sup>Means with different capital letters in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>5)</sup>Means with different small letters in the same row are significantly different ( $P < 0.05$ ).

**Table 5.** Sensory attributes intensity of cabbage according to storage cycle at 4°C

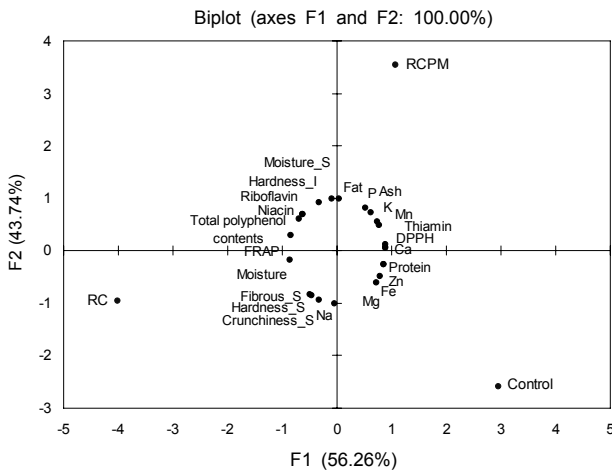
Attributes	Product <sup>1)</sup>	0 week	2 week	4 week
Hardness	Con.	7.35±2.32 <sup>Aa2)-4)</sup>	5.45±1.50 <sup>Bb</sup>	6.70±2.74 <sup>Aa</sup>
	RC	6.95±2.54 <sup>Aa</sup>	6.80±2.53 <sup>Aa</sup>	6.35±2.13 <sup>Aa</sup>
	RCPM	6.60±2.56 <sup>Aa</sup>	5.25±2.12 <sup>Bb</sup>	6.25±2.65 <sup>Aa</sup>
Crunchiness	Con.	7.35±1.39 <sup>Aa</sup>	6.60±2.26 <sup>Aa</sup>	6.95±2.19 <sup>Aa</sup>
	RC	7.55±1.58 <sup>Aa</sup>	6.75±1.86 <sup>Aa</sup>	6.75±2.31 <sup>Aa</sup>
	RCPM	6.85±1.75 <sup>Aa</sup>	6.65±2.30 <sup>Aa</sup>	6.50±2.46 <sup>Aa</sup>
Fibrousness	Con.	7.85±2.23 <sup>Aa</sup>	6.10±2.17 <sup>Bb</sup>	6.70±2.62 <sup>ABa</sup>
	RC	7.50±1.98 <sup>Aa</sup>	7.45±2.65 <sup>Aa</sup>	6.10±2.57 <sup>Ba</sup>
	RCPM	7.70±1.72 <sup>Aa</sup>	6.05±1.90 <sup>Bb</sup>	6.10±2.72 <sup>Ba</sup>
Moistureness	Con.	5.80±1.61 <sup>Aa</sup>	6.10±2.13 <sup>Aa</sup>	5.55±2.04 <sup>Aa</sup>
	RC	6.70±2.29 <sup>Aa</sup>	5.65±1.93 <sup>Ba</sup>	5.40±2.19 <sup>Ba</sup>
	RCPM	6.25±2.09 <sup>ABa</sup>	6.45±2.26 <sup>Aa</sup>	5.55±1.82 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Con.: control, RC: red clay, RCPM: red clay-processed materials.

<sup>2)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>3)</sup>Means with different capital letters in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>4)</sup>Means with different small letters in the same column are significantly different ( $P<0.05$ ).



**Fig. 1.** Principal component analysis of vitamin, mineral components, instrumental hardness attributes, antioxidant measurements, and sensory attributes. RC, red clay; RCPM, red clay-processed materials. General components: ash, protein, fat, moisture. Vitamin and mineral components: P, K, Mn, Ca, Zn, Fe, Mg, Na, riboflavin, niacin, thiamin. Instrumental hardness: hardness\_I. Antioxidant measurements: FRAP, DPPH. Sensory attributes: moisture\_S, fibrous\_S, hardness\_S, crunchiness\_S.

네습 함량과 가까이 위치한 것으로 나타나 동 특성에 의해 영향 받음을 알 수 있다. 이 분석 결과는 이화학 실험 결과와도 유사한 경향을 나타내며 배추 재배 시 가공 황토 처리 여부는 영양성분과 배추줄기의 견고성에 높은 영향을 주는 것으로 규명되었다.

### 요 약

본 연구는 배추 재배 시 가공 황토 처리 여부에 따른 배추 시료의 품질 특성을 비교하고자 배추 시료를 동일한 조건으로 재배하여 일반성분, 물성, 영양소, 기능적 특성 및 관능적

특성을 분석하였다. 일반성분 분석 결과 모든 항목에서 유의적 차이가 없는 것으로 나타났으나, 영양성분의 경우 가공 황토 처리구에서 칼륨의 함량이 무처리구와 생활토 처리구보다 높게 나타남과 동시에 나트륨의 함량은 유의적으로 적게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 견고성 측정 결과 4주 저장 시 가공 황토 처리 배추의 견고성이 유의적으로 다른 두 처리군에 비하여 높은 수치를 나타내었다. 또한 저장기간 동안 견고성 감소율이 낮아 가공 황토 처리구의 경우 생활토 처리구에 비하여 장기간 안정적인 조직감의 유지가 가능한 것으로 나타났다. 따라서 배추 재배 시 친환경 가공 황토 소재를 화학비료 대신 적용하여 재배할 경우 배추의 영양성분이 강화된 고품질의 배추 생산이 가능해지며 저장성이 향상된 배추의 생산 또한 가능해져 국내 배추 시장의 활성을 촉진시킬 수 있다고 판단된다. 후속 연구로 가공 황토 소재로 재배한 배추김치 제품의 품질 평가를 수행하여 가공 후에도 가공 황토 소재의 기능성 유지 여부를 검증할 계획이다.

### 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 기술사업화지원사업(관리번호 812001-3)에 의해 수행된 연구 결과입니다.

### REFERENCES

- Jung HM, Choi HY, Hwang HZ, Hong MH, Kim MH. 1997. The research on the general properties of red clay. Abstract presented at 34th Annual Meeting of the Architectural Institute of Korea. Ulsan, Korea. p 1251.
- 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. *J Miner Soc Korea* 13: 147-163.
- Hwang IH. 2012. Geographical characteristics of Muan Hwangto. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwang-

- ju, Korea. p 41.
4. Park JG, Yoon MY. 2010. Methods of preparing red clay processed material and alkali ionized water. *Korea Patent* 10-2012-7020981.
  5. 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.
  6. Seo Y, Yoon S, Kim SG, Cho W, Lee SR, Kang H, Yoon MY, Park JG, Yoo B, Chang Y, Lee Y. 2014. Quality characteristics of radish treated with environmentally-friendly red clay-processed materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1394-1399.
  7. Miyake Y, Takahashi E. 1983. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Sci Plant Nutr* 29: 71-83.
  8. Lee JS, Park SH, Lee YS, Lim BS, Yim SC, Chun CH. 2008. Characteristics of growth and salting of Chinese cabbage after spring culture analyzed by cultivar and cultivation method. *Korean J Food Preserv* 15: 43-48.
  9. Jung JI, Hong EY, Kim MK, Jung JW, Oh JY, Kwon MS, Lee KP, Kim GH. 2009. Changes in total glucosinolates levels and physico-chemical properties of Kimchi using Korean Chinese cabbage of harvest time according to various storage conditions. *Korean J Food Preserv* 16: 612-617.
  10. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2013. *Statistics of vegetables production amount*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea. p 79-110.
  11. Han ES, Koo BY, Kim KH. 2000. Cooling and packing characteristics of salted *Baechu*. *Food Eng Prog* 4: 156-161.
  12. Kim YW, Jung JK, Cho YJ, Lee SJ, Kim SH, Park KY, Kang SA. 2009. Quality changes in brined baechu cabbage using different types of polyethylene film, and salt content during storage. *Korean J Food Preserv* 16: 605-611.
  13. Park SH, Kwak JH, Yoon MK. 2008. Development of an effective inoculation method for large quantities of clubroot disease using hydroponics in chinese cabbage. *Kor J Hort Sci Technol* 26: 449-453.
  14. Han ES. 1993. Salting storage method of highland Chinese cabbage for *Kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 25: 118-122.
  15. Han ES. 1994. Quality changes of salted Chinese cabbage by packaging methods during storage. *Korean J Food Sci Technol* 26: 283-287.
  16. Jeong JK, Park SE, Lee SM, Choi HS, Kim SH, Park KY. 2011. Quality changes of brined baechu cabbage prepared with low temperature stored baechu cabbages. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 475-479.
  17. Kim MJ, Hong GH, Chung DS, Kim YB. 1998. Quality comparison of Kimchi made from different cultivars of Chinese cabbage. *J Kor Soc Hort Sci* 39: 528-532.
  18. Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH. 1994. Changes in some characteristics of brined Chinese changes of fall cultivars during storage. *Korean J Food Sci Technol* 26: 239-245.
  19. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
  20. Korea Food and Drug Administration. 2005. *Food Standards Codex*. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea. p 947-959.
  21. Martins-Júnior HA, 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.
  22. 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.
  23. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
  24. 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.
  25. Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
  26. Sasaki S, Zhang XH, Kesteloot H. 1995. Dietary sodium, potassium, saturated fat, alcohol, and stroke mortality. *Stroke* 26: 783-789.
  27. Elliott P, Stamler J, Nichols R, Dyer AR, Stamler R, Kesteloot H, Marmot M. 1996. Intersalt revisited: further analyses of 24 hour sodium excretion and blood pressure within and across populations. Intersalt Cooperative Research Group. *BMJ* 312: 1249-1253.
  28. Langenfeld MR, Schobel H, Veelken R, Weihprecht H, Schmieder RE. 1998. Impact of dietary sodium intake on left ventricular diastolic filling in early essential hypertension. *Eur Heart J* 19: 951-958.
  29. Chobanian AV, Hill M. 2000. National heart, lung, and blood institute workshop on sodium and blood pressure: a critical review of current scientific evidence. *Hypertension* 35: 858-863.
  30. Martini LA, Cuppari L, Colugnati FA, Sigulem DM, Szejnfeld VL, Schor N, Heilberg IP. 2000. High sodium chloride intake is associated with low bone density in calcium stone-forming patients. *Clin Nephrol* 54: 85-93.
  31. Tsugane S. 2005. Salt, salted food intake, and risk of gastric cancer: epidemiologic evidence. *Cancer Sci* 96: 1-6.
  32. Elliott P, Dyer A, Stamler R. 1989. The INTERSALT study: results for 24 hour sodium and potassium, by age and sex. INTERSALT Co-operative Research Group. *J Hum Hypertens* 3: 323-330.
  33. New SA, MacDonald HM, Campbell MK, Martin JC, Garton MJ, Robins SP, Reid DM. 2004. Lower estimates of net endogenous non-carbonic acid production are positively associated with indexes of bone health in premenopausal and perimenopausal women. *Am J Clin Nutr* 79: 131-138.
  34. Jackson EK, Herzer WA. 1993. Angiotensin II/prostaglandin I2 interactions in spontaneously hypertensive rats. *Hypertension* 22: 668-698.
  35. 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 197-199.
  36. Yanishlieva NV, Marinova E. 2001. Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. *Eur J Lipid Sci Technol* 103: 752-767.
  37. Rimbach G, De Pascual-Teresa S. 2005. Application of nutrigenomics tools to analyze the role of oxidants and antioxidants in gene expression. In *Nutrigenomics*. Rimbach G, Fuchs J, Packer L, eds. Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA. p 1-12.
  38. Kang DY, Shin MO, Shon JH, Bae SJ. 2009. The anti-oxidative and antimicrobial effects of *Celastrus orbiculatus*. *J Life Sci* 19: 52-57.
  39. Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and anti-oxidant activities of *buchu* (Chinese chives) harvested at different times. *Korean J Food Sci Technol* 35: 493-498.