

## 주재료를 달리한 김치의 조리방법에 따른 Phytochemicals 변화

박효순<sup>1</sup> · 김선아<sup>2</sup> · 문보경<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>중앙대학교 식품영양학과 박사과정, <sup>2</sup>한국방송통신대학교 생활과학과 식품영양전공 교수, <sup>3</sup>중앙대학교 식품영양학과 교수

### Changes in the Phytochemicals in Kimchi with Variations in the Main Vegetables and Cooking Methods

Hyosun Park<sup>1</sup>, Suna Kim<sup>2</sup> and BoKyung Moon<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Candidate, Department of Food & Nutrition, Chung-Ang University, Anseong 17546, Republic of Korea

<sup>2</sup>Professor, Division of Human Ecology, College of Natural Science, Korea National Open University, 03087, Republic of Korea

<sup>3</sup>Professor, Department of Food & Nutrition, Chung-Ang University, Anseong 17546, Republic of Korea

#### ABSTRACT

Nowadays, the use of kimchi as an ingredient in various cooked or processed foods is increasing. In this study, Baechu-kimchi and Chonggak-kimchi, which are the most commonly consumed varieties of kimchi in Korea, were cooked and analyzed for glucosinolates, pigments, and physiological active substances. The antioxidant activities of the cooked kimchis were also measured. Three types of glucosinolates (4-methoxyglucobrassicin, glucoraphastin, and glucoreucin) and three types of glucosinolate metabolites (indole-3-carboxaldehyde, ascorbigen, and sulforaphane) were detected in the Baechu-kimchi and Chonggak-kimchi after cooking. Ten and nine types of carotenoids were detected in Baechu-kimchi (20.63~26.05 mg/100 g dry weight (DW)) and Chonggak-kimchi (12.64~15.32 mg/100 g DW), respectively. The ascorbic acid content of both decreased more during boiling (473.09~524.78 mg/100 g DW) than stir-frying (670.29~760.17 mg/100 g DW) and the chlorophyll content was higher in the Chonggak-kimchi (0.67~3.79 mg/100 g DW) than the Baechu-kimchi (0~0.74 mg/100 g DW) due to differences in the main ingredients. In all the samples, the antioxidant activities evaluated using 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) were higher in the stir-fried than in the boiled samples. Based on the analysis of the correlation, it was found that ascorbic acid and carotenoids showed a significant effect on the antioxidant properties of cooked kimchi ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** Baechu-kimchi, Chonggak-kimchi, cooking, glucosinolates, carotenoids

#### 서 론

김치는 침채류의 일종으로 한국인의 전통적인 발효식품이며, 밥과 함께 많이 섭취되는 중요한 부식이다. 소금에 절인 배추, 무 등의 여러 채소와 부재료를 혼합함으로써 저장성이 뛰어나며, 이때 생성된 유산균은 발효산물을 생성하는데, 이들의 복합적인 작용에 의해 김치의 독특한 맛과 풍미를 만들고, 건강기능성 향상에 관여하며 항암, 항산화, 항노화, 항비만, 면역증강 효과 등을 갖는다(Park KY & Hong GH 2019). 김치의 주원료인 배추와 무의 글루코시놀레이트는 십자화과 채소에 풍부해서 지금까지 약 130여 종이 보고되고 있는데 (Nguyen VPT 등 2020), 식물의 종류나 부위, 수확시기, 재배 조건 등에 따라 함유된 글루코시놀레이트의 종류는 다양하

며, 글루코시놀레이트의 대사체는 항산화 효과, 항암 효과 등이 보고되어 건강에 유익한 효능을 지니는 성분으로 보고되고 있다(Yerushalmi R 등 2020). 카로티노이드는 식이로 섭취를 해야 이용 가능한데, 부원료에 해당하는 고춧가루의 붉은 색소가 카로티노이드이다. 고추의 붉은 색은 주로 capsanthin, capsorubin으로 인해 발생하며, 다른 적색 색소로는 zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin, violaxanthin, antheraxanthin,  $\beta$ -carotene이 존재한다(Schweiggert U 등 2007). 김치에는 글루코시놀레이트, 카로티노이드 외에  $\beta$ -sitosterol, 플라보이드 등 건강증진 효과가 있다고 알려진 파이토케미컬과 김치에서 유래한 유산균 등 다양한 생물학적 화합물이 풍부하다 (Choi IH 등 2013). 영양학적으로는 높은 비타민 C, 무기질 및 식이섬유 함량을 보여서 세계 5대 건강식품으로 선정될 만큼 기능적으로도 중요한 건강식품으로 인식되고 있으며, 2001년 국제식품규격(Codex Standard)에 'Kimchi'로 채택된 바 있다 (Yu KW 등 2017).

\* Corresponding author : BoKyung Moon, Tel: +82-31-670-3273, Fax: +82-31-676-8741, E-mail: bkmooon@cau.ac.kr

Kim SH 등(2019)은 제6기 국민건강영양조사(2013~2015) 자료 기반 식품섭취량을 활용한 우리나라 식이 패턴 분석에서 식품섭취량 상위 5순위의 식품 중에서 섭취빈도 20% 이상인 품목은 쌀, 배추김치, 우유, 사과 등이라고 보고하였다. Lee JS 등(2021)은 주요 영양소별 누적 섭취기여도에 따라 주요 식품(key food)을 선정하였으며, 잡곡밥(5.32%), 쌀밥(4.23%), 우유(3.3%), 배추김치(2.82%), 삼겹살구이(1.56%) 등의 순으로 섭취량이 높게 나타나서 배추김치의 영양소 섭취기여도가 상위에 속하고 있었다. 또한, Hong HS 등(2020)은 외식에서 가장 높은 섭취량을 보인 음식은 쌀밥과 김치찌개였으며, 모든 연령층의 남자가 김치찌개 섭취량이 높게 나타남을 보고하여 김치가 외식에서 조리된 형태로 많이 섭취되고 있음을 보고하였다. KATI 농식품수출정보(KATI 2021)에 의하면 2019년 기준으로 국내 김치 소비량은 186.7만 톤으로 추정되며, 직접 담그는 김치는 2010년 147만 톤에서 2019년 111만 5천 톤(59.4%)으로 연평균 3.9% 감소하는 추세인 반면, 상품김치는 생산량이 동 기간 10.4% 증가한 것으로 보고되고 있다. 이는 김장을 하는 대신 김치를 사 먹는 가정이 늘어나고 있기 때문이며, 최근에는 캔제품의 형태로 볶음김치가 시판되고 있는 등 가공 김치의 형태도 다양화되고 있다. Choi MK(2018)의 연구에서 김치를 그대로 먹는 경우를 제외하고 김치를 조리하여 이용하는 형태는 찌개 및 전골류가 55.6%로 대부분을 차지했으며, 볶음류(15.9%), 밥 또는 죽(9.7%), 국류(8.5%) 순이었다. 이로부터 김치는 저장용으로서 부식의 역할뿐 아니라, 조리 및 가공을 통한 다양한 음식의 재료로서도 이용이 증가하는 것으로 생각되었다.

현재까지 김치에 대한 연구는 다양하게 이루어져 왔으나, 대부분 김치의 부재료에 의한 효과(No HK 등 1995; Ku KH 등 2005) 또는 발효 기간 중 기능성 성분인 phytochemicals의 변화(Lee YM 등 2004; Ku HS 등 2007; Mo EK 등 2010)를 중심으로 진행되어 왔을 뿐, 조리된 김치의 phytochemicals의 변화를 보고한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 소비되는 배추김치와 총각김치를 구매하여 대표적인 김치 조리법인 볶음과 끓임으로 조리하고, 김치의 파이토케미컬 성분인 글루코시놀레이트와 그 대사체 함량, 카로티노이드, 클로로필 색소, 캡사이신노이드, 비타민 C 등의 함량을 분석하였으며, 또한 항산화 활성을 측정하여 조리조건에 따른 배추김치와 총각김치의 파이토케미컬 변화를 탐색하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 수집, 조제 및 시약

본 연구에 사용된 김치는 Kim SH 등(2019)과 Lee JS 등

(2021)의 방법에 따라 국민건강영양조사(2016~2018)를 기반으로 하여 식품 섭취량(섭취자 1일 평균 섭취량 배추김치 81.71±3.09 g, 총각김치 51.72±3.34 g) 및 섭취빈도(배추김치 5,149.33±52.29, 총각김치 585.33±39.31)데이터를 활용하여 대한민국 국민의 영양섭취량에 기여도가 높은 종류를 선정하였으며, 이에 따라 배추김치와 총각김치가 선정되었다.

대표성 있는 시료의 제조를 위하여 김치시료는 전국의 인구수 100만 명 이상 되는 10개 대도시에서 구매하였으며, 배추김치와 총각김치는 각각 수집한 마트별로 동일한 양 400 g을 채취하여 혼합 후 시료 4,000 g을 사용하였다. 김치 시료의 조리를 위하여 볶음은 170°C 예열된 팬에 500 g씩 4분 볶기를 8회 시행하였고, 끓임은 곰솥을 사용하여 100°C 끓는 물에 2,000 g 김치를 넣고 20분간 끓임을 2회 시행하였다. 이때 시료와 물의 비율은 1:2였다. 조리가 완료된 시료는 믹서기로 분쇄한 후 분쇄된 시료는 -70°C 초저온냉동고에서 냉동하여 동결건조를 시행하고 분말화하여 분석 시료로 사용하였다.

표준품으로 사용한 neoxanthin, capsorubin, capsanthin, antheraxanthin, zeaxanthin, lutein,  $\alpha$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene은 Carotenature (Lupsingen, Switzerland)에서 구입하였으며, 추출에 사용된 메탄올, 아세톤은 Junsei Chemical Co. Ltd.(Saitama, Japan), LC 분석에 사용된 아세토나이트릴, 메탄올, 다이클로로메테인은 J. T. Baker(Avantor Co., PA, USA)에서 구입하였고, 이외의 모든 시약은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다.

### 2. 글루코시놀레이트 및 대사체 분석

글루코시놀레이트 및 대사체 분석을 위한 추출은 Kim S 등(2022)의 방법에 따라 실시하였다. 동결건조된 시료 1 g에 추출용매인 메탄올 20 mL를 첨가하고 1분간 혼합하였다. 60°C 항온수조(BS-11, Lab Companion, Seoul, Korea)에서 1시간 정치 후 다시 볼텍스로 1분간 혼합하고 원심분리기에 1,500×g로 10분간 원심분리한 후 상층액을 0.2  $\mu$ m Syringe filter로 여과하여 분석에 이용하였다.

시료 추출물의 글루코시놀레이트와 대사체인 인돌류 분석은 TUV 검출기와 Xevo TQD가 장착된 ACQUITY UPLC H-Class(Waters, Milford, MA, USA)를 이용하여 UPLC-MS/MS 분석을 시행하였다.

글루코시놀레이트 분석에 사용된 컬럼은 Waters HSS T3 column, 2.1 × 100 mm, 1.8  $\mu$ m이고, 이동상 A는 0.1% 개미산을 함유한 증류수, B는 0.1% 개미산을 함유한 아세토나이트릴을 이용하였다. 이동상 용매의 gradient 조건은 0~1 min, 0% B; 1~2.5 min, 5% B; 2.5~4.8 min, 20% B; 4.8~6.5 min,

35%; 6.5~7.5 min, 99% B; 7.5~8.5 min, 0% B; 8.5~11 min, 0% B. 컬럼 오븐 온도 40°C, 유속은 0.3 mL/min, 주입 용량은 5.0 µL, UV 검출기 파장은 227 nm이다. 전자 분무 이온화법(ESI)으로 음이온 모드(negative ion mode)에서 이온화되었고, capillary voltage 2.5 kV, cone voltage 50 V, desolvation 온도 350°C, source 온도는 150°C이며, desolvation gas는 1,000 L/h, cone gas는 150 L/h로 설정하였다. MS/MS 분석의 collision energy는 30 V이다.

대사체인 인돌류의 분석은 컬럼오븐온도 40°C, 유속은 0.3 mL/min, 시료 주입량은 5 µL, UV 검출기 파장은 280 nm로 설정하였다. 인돌류 물질은 ESI를 이용하여 양이온 모드(positive ion mode)에서 이온화되었으며, capillary voltage 3 kV, cone voltage 50 V, desolvation 온도 300°C, source 온도는 150°C, desolvation gas는 1,000 L/h, cone gas 150 L/h로 설정하였다. MS/MS 분석을 위한 collision energy는 40 V이다.

선구이온(precursor ion)과 생성이온(product ion)은 MS scan과 MRM (multiple reaction monitoring) 모드에서 확인하였다.

### 3. 카로티노이드 분석

카로티노이드 분석은 Hwang JR 등(2015)의 방법으로 시행하였다. 시료의 추출은 가속용매추출장치(Accelerated solvent extraction, ASE 150, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하였다. 추출용 cell(22 mL)에 cellulose filter(Dionex)를 끼우고, thimble(ASE-Non-Stick Thimbles for extraction, Whatman, Schleicher & Schuell, Bioscience, Dassel, Germany)을 삽입 후, 분말 시료 1 g과 규조토(ASE Prep Diatomaceous Earth, Dionex)를 잘 혼합 후 아세톤으로 추출하였다.

추출기기 조건은 static time 3 min, static cycles 3회, nitrogen purge 60 sec, 압력 1,500 psi, 온도 100°C이며, 2회 반복 추출하였다. 추출된 시료는 질소농축기를 이용하여 60°C 수욕상에서 질소 가스로 농축해 비누화에 사용하였다. 시료의 비누화는 농축된 시료에 아세톤 3 mL를 첨가해 재용해 후 메탄올 3 mL와 30% 수산화포타슘/메탄올(v/v) 1 mL를 혼합하여 암소에서 2시간 30분 동안 방치하였다. 비누화된 시료는 다이에틸에테르를 첨가해 추출하고 증류수, 10% 염화나트륨, 2% 황산소듐을 단계별로 첨가 후 층 분리를 시켜 순수 카로티노이드만 다이에틸에테르층에 이행되도록 용매 분획하였다. 용매 분획으로 얻은 다이에틸에테르층은 농축 후 아세톤 3 mL에 녹이고, 0.2 µm syringe filter로 여과하여 분석을 수행하였다.

분석기기는 UPLC(Acquity UPLC H-Class, Waters Co., Milford, MA, USA)에서 HSS T3 column(2.1 × 100 mm, 1.8 µm) 컬럼을 이용하여 분석하였다. 이동상 A는 아세토나이트

릴/메탄올/염화메틸렌(65/25/10, v/v/v), B는 3차 증류수를 사용하였다. 이동상 용매의 gradient 조건은 0 min, 30% B; 6.5 min, 30% B; 6.5~7 min, 30~25% B; 11 min, 25% B; 11~11.5 min, 25~30% B; 17 min, 30% B; 17~17.5 min, 30~0% B; 27.5 min, 0% B; 27.5~28 min, 0~30% B; 30 min, 30% B. 컬럼 오븐 온도 35°C, 유속은 0.5 mL/min, 주입 용량은 1.0 µL, UV 검출기 파장은 450 nm 조건에서 분석하였다.

카노티노이드 표준품은 dimethylsulfoxide(DMSO)에 녹여 stock solution(2 mg/mL)을 제조한 후 1~200 µg/mL 범위 안에서 5단계로 희석해 분석하였으며, 각 농도별 피크 면적에 대해 표준곡선을 구하여 검량식을 작성한 후 직선성과 상관성( $R^2$ )을 확인하여 정량에 이용하였다.

### 4. 캡사이시노이드 분석

캡사이시노이드 분석은 Singh S 등(2009)의 방법을 변형하여 시행하였다. 분말 시료 1 g과 아세토나이트릴 5 mL를 혼합해 24시간 냉장 보관하였다. 20°C에서 10분간 2,700×g로 원심분리를 시행해 상층액을 회수한 후 PTEF 0.45 µm Syringe filter로 여과하여 분석에 사용하였다.

분석에는 HPLC(Waters Co., Milford, MA, USA)에서 Zorbax eclipse XDB-C18 (4.6 × 250 mm, 5 µm, Agilent) 컬럼을 이용하였고, 이동상 A는 아세토나이트릴, B는 3차 증류수를 사용하였다. 농도 구배 조건은 0 min, 40% B; 21 min, 40% B; 21~23 min, 40~10% B; 23~27 min, 10~40% B; 33 min, 40% B. 컬럼 오븐 온도 35°C, 유속은 1 mL/min, 주입 용량은 10 µL, UV 검출기 파장은 280 nm 조건에서 분석하였다. 캡사이시노이드 표준품은 메탄올에 녹여 stock solution (1 mg/mL)을 제조한 후 1~100 µg/mL 범위 안에서 7단계로 희석해 분석하였으며, 각 농도별 피크 면적에 대해 표준곡선을 구하여 검량식을 작성한 후 직선성과 상관성( $R^2$ )을 확인하여 정량에 이용하였다.

### 5. 클로로필 분석방법

클로로필 분석은 Lanfer-Marquez UM 등(2005)과 Das A 등(2018)의 방법을 변형하여 시행하였다. 분말 시료 0.5 g에 0.2 M Tris-HCl(pH 8.0)과 아세톤을 10:90(v/v)으로 혼합한 추출용매 10 mL를 첨가해 볼텍스로 10초간 혼합하였다. 추출된 시료는 20°C에서 10분간 1,500×g로 원심분리를 시행해 상층액을 회수한 후 0.45 µm PVDF Syringe filter로 여과하여 분석에 사용하였다.

분석은 HPLC(Waters Co., Milford, MA, USA)에서 Zorbax eclipse XDB-C18(4.6 × 250 mm, 5 µm, Agilent) 컬럼을 이용하였고, 이동상 A는 1 M 아세트산암모늄/메탄올(20:80, v/v), 이동상 B는 아세톤/메탄올(20:80, v/v)을 사용하였다. 이동상

용매의 gradient 조건은 0 min, 0% B; 15 min, 100% B; 25 min, 100% B; 25~28 min, 100~0% B; 30 min, 0% B. 컬럼 오븐 온도 35°C, 유속은 1.2 mL/min, 주입 용량은 10 µL, UV 검출기 파장은 665 nm 조건에서 분석하였다.

클로로필 표준품은 메탄올에 녹여 stock solution(1 mg/mL)을 제조한 후 1~100 µg/mL 범위 안에서 5단계로 희석해 분석하였으며, 각 농도별 피크 면적에 대해 표준곡선을 구하여 검량식을 작성한 후 직선성과 상관성( $R^2$ )을 확인하여 정량에 이용하였다.

## 6. 비타민 C 분석

비타민 C 분석은 식품공전(Food Code 2020)의 분석방법을 변형하여 사용하였다. 분말시료 0.5 g에 5% 메타인산 7.5 mL를 넣고 볼텍스로 혼합 후 4°C 냉장고에서 20분간 추출하였다. 추출물은 4°C에서 10분간 1,500×g로 원심분리를 시행 후 상층액을 회수하여 여과지(Advantec No.2)로 거르고, 다시 0.45 µm PVDF Syringe filter로 여과하여 분석에 사용하였다. 분석은 HPLC (Waters Co. Milford, MA, USA)에서 Zorbax eclipse XDB-C18(4.6 × 250 mm, 5 µm, Agilent) 컬럼을 이용하였고, 이동상 A는 0.05 M 인산이수소포타슘, B는 아세트나이트릴(60:40, v/v)을 이용하였다. 컬럼 오븐 온도 40°C, 유속은 1.0 mL/min, 주입 용량은 10 µL, UV 검출기 파장은 254 nm 조건에서 분석하였다. 표준품은 5% 메타인산에 녹여 사용하였으며, 1~500 µg/mL 범위 안에서 6단계로 희석해 분석하였으며, 각 농도별 피크 면적에 대해 표준곡선을 구하여 검량식을 작성한 후 직선성과 상관성( $R^2$ )을 확인하여 정량에 이용하였다.

## 7. 항산화능 분석

항산화 분석에 사용된 시료 추출물은 분말시료 1 g에 80% 메탄올 10 mL를 첨가하여 초음파분해기(sonicator), (8510, Branson, Danbury, CT, USA)로 1시간 추출 후 20°C에서 2,700×g으로 5분 동안 원심분리하였다. 원심분리된 추출물은 상층액을 회수해 60°C 수욕상에서 질소농축하여 동결건조를 시행하였다. 건조된 추출물의 고형량을 측정하고, 80% 메탄올로 재용해 후 0.45 µm Syringe filter로 여과해 stock solution(200 mg/mL)을 제조하여 분석에 사용하였다.

ABTS 라디칼 소거능은 Re R 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS(5 mL)와 150 mM 과황산포타슘(88 µL)을 혼합하여 실온 암소에서 15시간 방치하였다. 양이온( $ABTS \cdot^+$ )이 형성된  $ABTS \cdot^+$ 용액은 마이크로 플레이트 리더(CLARIOstar, BMG Labtech, Ortenberg, Germany)를 이용하여 흡광도가  $0.7 \pm 0.02$ 가 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 96 well microplate의 well에 희석된  $ABTS \cdot^+$ 용액

297 µL와 시료 추출물 3 µL를 실온 암소에서 5분간 반응시키고, 흡광도 734 nm에서 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성 계산은  $ABTS$  라디칼 소거 활성(%) =  $[1 - (\text{실험구 흡광도} / \text{대조구 흡광도})] \times 100$ 에 의해 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거능은 Brand-Williams W 등(1995); Sarpras M 등(2019)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96 well microplate의 well에 시료 추출물 20 µL와 100 µM DPPH 용액 180 µL를 첨가하여 혼합하였다. 실온의 암소에 30분간 반응시킨 후 마이크로 플레이트 리더를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성 계산은 DPPH 라디칼 소거 활성(%) =  $[1 - (\text{실험구 흡광도} / \text{대조구 흡광도})] \times 100$ 에 의해 산출하였다.

## 8. 통계분석

모든 분석실험은 3회 이상 반복 수행하여 건조중량을 기준으로 평균과 표준편차를 구하였다. 각 실험의 유의적 차이는 IBM SPSS 26.0 프로그램(IBM Corp. Armonk, NY, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test로 유의성( $p < 0.05$ )을 비교하였다. 분석항목간의 상관성은 Pearson correlation coefficient를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 글루코시놀레이트 및 대사체

조리방법에 따른 배추김치와 총각김치의 글루코시놀레이트 및 대사체 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 배추김치와 총각김치는 끓이기, 볶기에서 3종의 글루코시놀레이트, 즉 4-methoxyglucobrassicin, glucoraphasatin, glucoerucin이 검출되었고, 3종의 글루코시놀레이트 대사체, indole-3-carboxaldehyde, ascorbigen, sulforaphane이 검출되었다. 이는 Kim S 등(2022)이 주재료를 달리한 8가지 김치에서 각각 세 가지의 글루코시놀레이트와 네 가지의 대사체를 검출하여 보고한 결과와 유사하다. 특히, 총각김치의 경우 glucoraphasatin의 함량이 배추김치와 비교하여 매우 높게 나타났는데, 이는 김치의 주원료 차이에서 기인한 것으로 사료된다. 조리방법에 따른 글루코시놀레이트 함량을 비교한 결과, 총각김치의 경우 glucoraphasatin이 끓이기조리법의 경우  $44.00 \pm 1.80$  mg/100 g dry weight (DW), 볶기조리법의 경우  $1.29 \pm 0.06$  mg/100 g DW로 나타나 조리법에 따른 함량변화가 큰 것으로 나타났다. 반면, 4-methoxyglucobrassicin은 볶기 조리시 끓이기 조리보다 함량이 유의적으로 더 높게 나타났다. 조리 후 시료에서 총 대사체의 함량은 끓인 배추김치에서 가장 함량이 낮았으며( $529.80 \pm 28.45$  µg/100 g DW), 볶기 조리한 총각김치에서 가장 높은 함량( $1,397.54 \pm 47.76$  µg/100g

**Table 1. Glucosinolates and their breakdown products in kimchi with different cooking treatments**

	Cooking method	Time (min)	Glucosinolates (mg/100 g DW)			Breakdown products (µg/100 g DW)			
			4-Methoxy-glucobrassicin	Glucoraphasatin	Glucoerucin	Indole-3-carboxaldehyde	3,3-Diindolylmethane	Ascorbigen	Sulforaphane
Baechu-kimchi	Boiling	20	2.87±0.30 <sup>b1)</sup>	1.1±0.04 <sup>b</sup>	0.04±0.06 <sup>b</sup>	49.81±22.36 <sup>b</sup>	ND <sup>2)</sup>	438.74±1.64 <sup>c</sup>	41.25±4.45 <sup>c</sup>
	Pan frying	4	4.19±0.11 <sup>a</sup>	1.99±0.06 <sup>b</sup>	0.06±0.011 <sup>b</sup>	106.59±8.29 <sup>a</sup>	ND	821.1±67.32 <sup>b</sup>	49.24±1.56 <sup>bc</sup>
Chonggak-kimchi	Boiling	20	2.98±0.19 <sup>b</sup>	44.00±1.80 <sup>a</sup>	1.58±0.09 <sup>a</sup>	86.08±3.63 <sup>a</sup>	ND	384.08±2.78 <sup>c</sup>	60.14±4.03 <sup>b</sup>
	Pan frying	4	4.80±0.54 <sup>a</sup>	1.29±0.06 <sup>b</sup>	0.01±0.003 <sup>b</sup>	107.03±3.89 <sup>a</sup>	ND	1,071.64±29.42 <sup>a</sup>	218.87±14.45 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean a significant difference across the samples at  $p<0.05$ , respectively.

<sup>2)</sup> ND: Not detected.

<sup>a-b)</sup> Each values with different superscript within a same column is significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

DW)을 나타냈다. 즉, 총각김치의 볶기 조리시 끓이기 조리 와 비교하여 glucoraphasatin이 크게 감소한 반면, 글루코시놀레이트 대사체가 증가하였는데, 이는 상대적으로 높은 조리온도가 글루코시놀레이트의 분해를 촉진한 것으로 사료된다. Hanschen FS 등(2018)이 글루코시놀레이트의 끓이기 조리 동안 분해산물의 형성도를 비교한 연구에 따르면 끓이기 조건에서 온도가 증가하여 60℃에 도달하면 isothiocyanates 형성이 증가하지만, 지속적으로 가열하면 열분해가 촉진되어 더 작은 분해산물인 니트릴이 증가한다고 보고하였다. 이는 가열조건이 글루코시놀레이트의 분해를 촉진한다는 본 연구의 결과와 일치한다. 그러나 볶기와 끓이기는 온도 외에도 열전달매개체에 차이가 있으므로 이 또한 글루코시놀레이트의 분해에 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

## 2. 카로티노이드와 캡사이시노이드 분석

조리방법에 따른 배추김치와 총각김치 카로티노이드 분석은 총 10종 카로티노이드 함량에 대한 분석을 시행하였으며, 분석결과는 Table 2와 같다. 카로티노이드는 끓이기와 볶기 조리를 한 배추김치에서 10종, 총각김치에서는 neoxanthin을 제외한 9종이 검출되었다. 붉은 고추에 30~70%를 차지하는 capsanthin(Arimboor R 등 2015)은 배추김치 끓이기(9.04±0.05 mg/100 g DW), 볶기(12.02±0.09 mg/100 g DW)에서 검출되었으며, 총각김치 끓이기(3.85±0.33 mg/100 g DW), 볶기(3.97±0.42 mg/100 g DW)에서 검출된 농도보다 높은 농도인 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 이는 김치 제조과정에서 부원료로 첨가되는 고춧가루의 함량에 의한 것으로, 대체로 배추김치 제조 시 더 많은 고춧가루가 이용되고 있기 때문인 것

**Table 2. Carotenoid in kimchi with different cooking treatments**

(unit: mg/100 g DW)

	Cooking method	Time (min)	Nexanthin	Capsorubin	Capsanthin	Antheraxanthin	Zeaxanthin	Lutein	α-Cryptoxanthin	β-Cryptoxanthin	α-	β-	Total
											Carotene	Carotene	
Baechu-kimchi	Boiling	20	0.35±0.01 <sup>b</sup>	1.06±0.18 <sup>b</sup>	9.04±0.05 <sup>b</sup>	1.69±0.13 <sup>b</sup>	4.47±0.44 <sup>b</sup>	1.58±0.03 <sup>c</sup>	0.18±0.02 <sup>b</sup>	1.27±0.25 <sup>b</sup>	0.18±0.00 <sup>b</sup>	0.79±0.08 <sup>b</sup>	20.63±1.10 <sup>b</sup>
	Pan frying	4	0.40±0.00 <sup>a</sup>	1.35±0.14 <sup>a</sup>	12.02±0.09 <sup>a</sup>	2.02±0.13 <sup>a</sup>	5.55±0.71 <sup>a</sup>	1.81±0.13 <sup>c</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>	1.52±0.27 <sup>a</sup>	0.23±0.00 <sup>a</sup>	0.92±0.06 <sup>a</sup>	26.05±1.45 <sup>a</sup>
Chonggak-kimchi	Boiling	20	ND <sup>2)</sup>	0.33±0.03 <sup>c</sup>	3.85±0.33 <sup>c</sup>	1.19±0.03 <sup>c</sup>	3.07±0.09 <sup>c</sup>	4.95±0.45 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>c</sup>	0.63±0.04 <sup>c</sup>	0.24±0.02 <sup>a</sup>	0.95±0.08 <sup>a</sup>	15.32±1.06 <sup>c</sup>
	Pan frying	4	ND	0.34±0.05 <sup>c</sup>	3.97±0.42 <sup>c</sup>	1.27±0.03 <sup>c</sup>	3.00±0.08 <sup>c</sup>	2.43±0.23 <sup>b</sup>	0.12±0.00 <sup>c</sup>	0.61±0.03 <sup>c</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.72±0.03 <sup>b</sup>	12.64±0.87 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Mean a significant difference across the samples at  $p<0.05$ , respectively.

<sup>2)</sup> ND: Not detected.

<sup>a-d)</sup> Each values with different superscript within a same column is significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

으로 생각되었다. Lutein 함량은 배추김치 끓이기  $1.58 \pm 0.03$  mg/100 g DW, 볶기  $1.81 \pm 0.13$  mg/100 g DW이며, 총각김치는 끓이기  $4.95 \pm 0.45$  mg/100 g DW, 볶기  $2.43 \pm 0.23$  mg/100 g DW으로 총각김치가 높게 나타났는데( $p < 0.05$ ), 주원료인 총각무 외에 lutein의 함량이 더 높기 때문인 것으로 생각되었다. Zhang D & Hamauzu Y(2004)는 조리 시 브로콜리의 총카로티노이드 함량이 감소되며, 녹색 잎이 많은 채소가 조리로 인해 카로티노이드 보유율이 감소됨을 보고하였다. Chuah AM 등(2008)은 고추 조리시 끓이기보다 볶기 조리를 하는 경우 총카로티노이드 함량이 더 높은 것으로 보고하여 본 연구의 배추김치 결과와 유사한 결과를 보고하였다. 그러나 총각김치의 총카로티노이드 함량은 볶기 조리 시 더 낮게 나타났는데, 이는 총각김치에 풍부하게 함유되어 있는 lutein이 볶기 조리 시 크게 감소하였기 때문으로 생각되었다.

고추의 매운맛 성분은 capsaicinoid계 화합물로 캡사이신과 디하이드로캡사이신이 주종을 이룬다(Shin HH & Lee SR 1991). 조리한 김치에서 분석한 캡사이시노이드 함량은 Table 3과 같다.

조리 후 배추김치 시료( $7.71 \sim 8.85$  mg/100 g DW)가 총각김치 시료( $1.33 \sim 1.66$  mg/100 g DW)보다 총 캡사이시노이드 함량이 더 높았는데( $p < 0.05$ ), 이는 김치 제조시 사용된 고춧가루의 함량에 의하여 영향을 받은 것으로 생각되었다(Kim S 등 2022). 고추의 매운맛 정도는 캡사이신이 비교치 100으로 가장 높고, 그 다음 디하이드로캡사이신이 63, 노르디하이드로캡사이신이 11 순이다(Shin HH & Lee SR 1991). Ye Z 등(2022)은 고추피클이 발효기간 동안 고추의 매운맛이 감소하여 캡사이신과 디하이드로캡사이신의 함량이 감소함을 보고하였으나, Kádár CB 등(2022)은 고추를 자연발효시켜 비교한 연구에서 고추 발효 시 캡사이시노이드가 증가함을 보고하였다. 이처럼 상반된 결과는 고추의 산지 및 품종별 차이와 발효과정의 차이에 의한 것으로 생각된다. Ornelas-Paz JJ 등(2010)은 끓이기와 굽기 조리 시 멕시코 고추의 캡사이시노이드 함량은 대조군보다 끓이기는 감소하였고, 굽기는 증가함을 보고하였다. 조리 방법에 따른 캡사이

시노이드 함량은 배추김치와 총각김치가 상반된 결과를 보였는데, 이는 주재료가 각각 배추와 총각무인 시판 김치의 발효 기간과 발효과정, 주재료 및 부재료의 함량 등이 다르기 때문으로 생각되며, 차후 주요 김치의 발효과정과 조리방법이 캡사이시노이드 함량에 미치는 영향에 관한 추가연구가 필요하다고 생각된다.

### 3. 아스코르브산과 클로로필 함량 변화

조리방법에 따른 배추김치와 총각김치의 아스코르브산과 클로로필 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 조리 후 배추김치 시료와 총각김치는 각각  $473.09 \sim 760.17$  mg/100 g DW,  $524.78 \sim 670.29$  mg/100 g DW의 아스코르브산 함량을 지닌 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). Chuah AM 등(2008)은 조리한 고추에서 조리방법에 관계없이 모든 실험군에서 아스코르브산이 감소하였고, 볶기보다는 끓이기 조리법에서 아스코르브산의 함량이 더 낮다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다. 열 처리는 아스코르브산의 산화를 가속화하고, 이어서 2,3-diketogulonic acid로 가수분해되어 결국 다른 영양적으로 불활성인 중합체를 형성한다고 알려져 있다(Chuah AM 등 2008). 김치의 재료로 사용되는 배추와 총각무는 각각 생채소에 10 mg/100 g, 15.56 mg/100 g FW(RDA 2016)의 비타민 C를 함유하고 있다. 주재료인 배추와 총각무 외에도 김치를 담글 때 첨가되는 고춧가루나 무채 등의 다양한 부재료때문에 김치에는 비타민 C가 풍부하게 함유되어 있는 것으로 생각된다(No HK 등1995). 김치의 비타민 C는 발효과정 중에 증가하다가 최적 발효 시기를 지나면 다시 감소하는데(Lee HO 등 1994), 이는 김치의 항산화에 영향을 줄 뿐 아니라, 클로로필과 같은 파이토케미컬의 분해를 늦춰주는데도 효과가 있다고 알려져 있다(Kim GE 등 1998).

배추김치에서는 끓이기 조리 후에는 클로로필 a와 b가 전혀 검출되지 않았으며, 볶기 조리 후에는 클로로필  $\beta$  만  $0.74 \pm 0.02$  mg/100 g DW로 존재했다. 총각 김치는 끓이기 조리시에는 클로로필 b만  $0.67 \pm 0.01$  mg/100 g DW 검출되었고,

**Table 3. Capsaicin and dihydrocapsaicin contents in kimchi with different cooking treatments** (unit: mg/100g DW)

	Cooking method	Time (min)	Capsaicin	Dihydrocapsaicin	Total capsaicinoids
Baechu-kimchi	Boiling	20	$4.34 \pm 0.08^{a1)}$	$4.51 \pm 0.08^a$	$8.85 \pm 0.14^a$
	Pan frying	4	$4.24 \pm 0.16^a$	$3.47 \pm 0.07^b$	$7.71 \pm 0.18^b$
Chonggak-kimchi	Boiling	20	$0.74 \pm 0.01^c$	$0.59 \pm 0.02^c$	$1.33 \pm 0.03^d$
	Pan frying	4	$0.98 \pm 0.04^b$	$0.68 \pm 0.02^c$	$1.66 \pm 0.05^c$

<sup>1)</sup> Mean a significant difference across the samples at  $p < 0.05$ , respectively.

<sup>a-d)</sup> Each values with different superscript within a same column is significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

**Table 4. Ascorbic acid, chlorophyll a and b in kimchi with different cooking treatments** (unit: mg/100 g DW)

	Cooking method	Time (min)	Ascorbic acid	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll
Baechu-kimchi	Boiling	20	473.09±2.77 <sup>d1)</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND
	Pan frying	4	760.17±16.52 <sup>a</sup>	ND	0.74±0.02 <sup>b</sup>	0.74±0.02 <sup>b</sup>
Chonggak-kimchi	Boiling	20	524.78±2.82 <sup>c</sup>	ND	0.67±0.01 <sup>b</sup>	0.67±0.01 <sup>b</sup>
	Pan frying	4	670.29±15.87 <sup>b</sup>	0.22±0.002 <sup>a</sup>	3.57±0.14 <sup>a</sup>	3.79±0.14 <sup>a</sup>

1) Mean a significant difference across the samples at  $p < 0.05$ , respectively.

2) ND: Not detected.

a-d) Each values with different superscript within a same column is significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

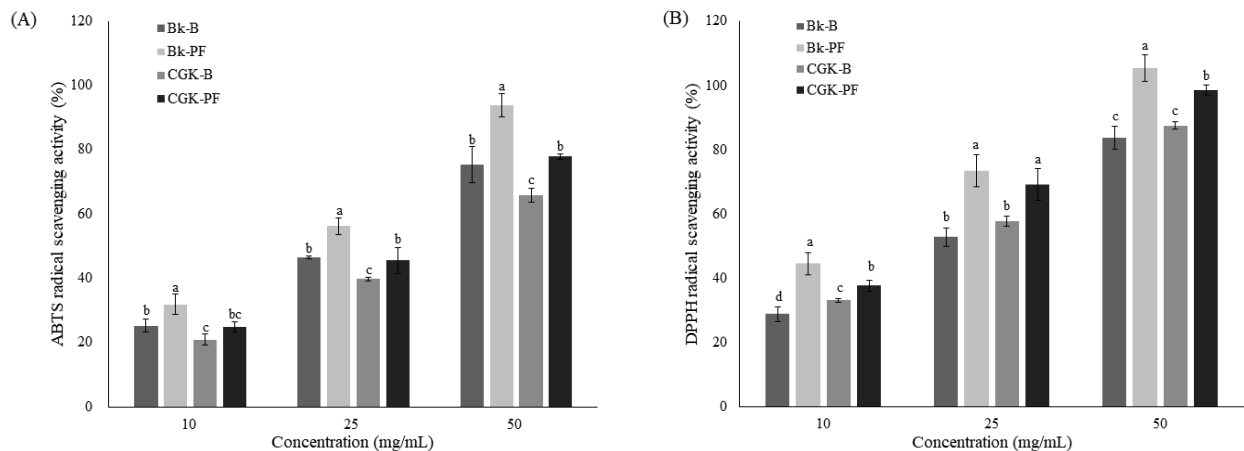
볶기 조리시에는 클로로필 a와 b가 각각  $0.22 \pm 0.002$ ,  $3.57 \pm 0.14$  mg/100 g DW 검출되었다. 이는 총각김치에서 배추김치보다 더 높은 농도의 클로로필 함량을 보고한 Kim S 등 (2022)의 연구와 일치하는 경향을 나타냈다. Odongo GA 등 (2017)은 에티오피아 케일을 2.5% 염수 용액에 발효시켰을 때와 끓는 물에 20분 조리하였을 때의 조리전 클로로필의 23%는 조리에 의해 보존되었지만 발효 중에 완전히 분해되었음을 보고하였다. Armesto J 등(2017)은 조리된 케일에서 클로로필 a, 클로로필 b의 상당한 손실이 관찰되었고, 조리 전에 비해 끓이기를 한 케일에서 약 57.6%의 클로로필 함량이 감소하였음을 보고하였다. 조리방법에 따른 차이로는 끓이기 후에 더 낮은 농도의 클로로필 함량이 나타났는데, 이는 끓이기 조리 중에 산과 열에 노출된 클로로필이 수용성인 클로로필린으로 변화한 후에 조리수에 용출되었기 때문으로 생각되었다(Shin MS 등 2021).

#### 4. 항산화능과 상관관계 분석

조리 후 배추김치와 총각김치의 항산화 활성을 측정하기

위하여 ABTS와 DPPH 라디칼 소거 활성을 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다. 조리한 배추김치와 총각김치의 ABTS 분석 결과, 항산화 활성은 시료추출물의 농도 10, 25, 50 mg/mL 변화에 따라 농도 의존적으로 증가하는 경향을 보였으며, 50 mg/mL 농도에서 가장 유의적으로 높은 항산화 활성을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 조리 방법에 따라서는 끓이기 조리보다는 볶기 조리 후에 항산화능이 더 높은 것으로 나타났으며 같은 조리법으로 조리된 경우 50 mg/mL 농도에서 배추김치의 항산화능 93.74±3.66%로 총각김치 77.76±0.79%보다 더 높았다.

DPPH 라디칼 소거능에서도 유사한 경향이 나타나서 시료추출물의 농도 10, 25, 50 mg/mL 변화에 따라 농도 의존적으로 항산화성은 증가하였으며, 끓이기 조리보다는 볶기 조리 후에 항산화능이 더 높았다. 같은 조리법으로 조리된 경우, 배추김치의 항산화능이 총각김치보다 더 높게 나타나서 50 mg/mL 농도에서 볶은 배추김치의 항산화능은 105.40±4.18%를 나타냈다. Chuah AM 등(2008)은 고추에서 대조군과 전자렌지 조리, 볶기는 유의차가 없으나, 끓이기는 항산화성이



**Fig. 1. ABTS (A) and DPPH (B) radical scavenging activity of kimchi with different cooking treatments.**

Bk: Baechu-kimchi, CGK: Chonggak-kimchi, B: boiling, PF: pan-frying.

**Table 5. Correlation coefficients between antioxidant activity and components of kimchi**

	Carotenoids	Capsaicinoids	Ascorbic acid	Chlorophyll	ABTS	DPPH
Carotenoids	1	0.838**	0.312	-0.635*	0.700*	0.337
Capsaicinoids		1	-0.007	-0.624*	0.544	0.001
Ascorbic acid			1	0.441	0.775**	0.959**
Chlorophyll				1	0.031	0.423
ABTS					1	0.753**
DPPH						1

Correlation is significant at \*  $p$  value<0.05, \*\*  $p$  value<0.01.

감소함을 보고하였다.

조리된 김치의 50 mg/mL 농도에서 항산화 활성과 클로로필, 캡사이시노이드, 아스코르브산, 카로티노이드 함량과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 아스코르브산의 함량은 ABTS, DPPH 라디칼 소거능 모두와 유의적인 양의 상관관계를 보였으며, 카로티노이드는 ABTS 라디칼 소거능과 유의적인 양의 상관관계를 보여서( $p$ <0.05) 조리된 김치의 항산화성에는 아스코르브산과 카로티노이드 색소가 중요한 영향을 주는 것으로 나타났다.

### 요약 및 결론

김치는 한국의 전통적인 발효식품으로 저장해 두고 먹는 부식이었으나 생활이 변화되면서 식재료로서 조리 후 섭취하는 비율이 증가하고 있다. 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 소비되는 배추김치와 총각김치를 조리한 후 글루코시놀레이트 및 색소와 생리활성물질을 분석하고 항산화성을 측정하였다. 배추김치와 총각김치는 끓이기, 볶기에서 3종의 글루코시놀레이트(4-methoxyglucobrassicin, glucoraphasatin, glucoerucin)가 검출되었고, 3종의 글루코시놀레이트 대사체(indole-3-carboxaldehyde, ascorbigen, sulforaphane)가 검출되었다. 조리방법에 따른 글루코시놀레이트 함량을 비교한 결과, 총각김치의 볶기 조리시 끓이기 조리과 비교하여 glucoraphasatin이 크게 감소한 반면, 글루코시놀레이트 대사체가 증가하였고, 4-methoxyglucobrassicin은 볶기 조리시 끓이기 조리보다 함량이 유의적으로 더 높게 나타났다. 이는 조리법에 따른 함량 변화가 크며, 상대적으로 높은 조리온도가 글루코시놀레이트의 분해를 촉진한 것으로 사료된다. 카로티노이드는 조리 방법을 달리한 배추김치에서 10종, 총각김치에서 9종이 검출되었으며, 볶기 조리법에서 배추김치는 capsanthin의 함량이 증가하였고, 총각김치는 lutein의 함량이 감소되었다. 아스코르브산 함량은 볶기보다는 끓이기 조리

시 더 많이 감소되었으며, 클로로필 함량은 주원료의 차이로 총각김치가 높게 나타났다. 조리 방법에 따른 ABTS, DPPH의 항산화 활성은 끓이기보다는 볶기 조리법이 더 높았으며, 상관관계를 분석한 결과, 조리된 김치의 항산화성에는 아스코르브산과 카로티노이드 색소가 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 2021년 양영재단(Yangyoung Foundation)의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

### REFERENCES

- Arimboor R, Natarajan RB, Menon KR, Chandrasekhar LP, Moorkoth V (2015) Red pepper (*Capsicum annum*) carotenoids as a source of natural food colors: Analysis and stability-a review. *J Food Sci Technol* 52(3): 1258-1271.
- Armesto J, Gómez-Limia L, Carballo J, Martínez S (2017) Impact of vacuum cooking and boiling, and refrigerated storage on the quality of galega kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* cv. Galega). *LWT-Food Sci Technol* 79: 267-277.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berse C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol* 28(1): 25-30.
- Choi IH, Noh JS, Han JS, Kim HJ, Han ES, Song YO (2013) Kimchi, a fermented vegetable, improves serum lipid profiles in healthy young adults: Randomized clinical trial. *J Med Food* 16(3): 223-229.
- Choi MK (2018) Consumption status of foods using kimchi by Korean adults: Analysis of the 2015 Korea national



- Health and Nutrition Examination Survey. Korean J Food Cook Sci 34(3): 319-326.
- Chuah AM, Lee YC, Yamaguchi T, Takamura H, Yin LJ, Matoba T (2008) Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. Food Chem 111(1): 20-28.
- Das A, Guyer L, Hörtensteiner S (2018) Chlorophyll and chlorophyll catabolite analysis by HPLC. Vol 1744. pp 223-235. In: Plant senescence, methods in molecular biology. Guo Y (eds). Humana Press, New York, USA.
- Hanschén FS, Kühn C, Nickel M, Rohn S, Dekker M (2018) Leaching and degradation kinetics of glucosinolates during boiling of *Brassica oleracea* vegetables and the formation of their breakdown products. Food Chem 263: 240-250.
- Hong HS, Park SJ, Lee DK, Lee HJ (2020) Comparison of the portion sizes of Korean adults across eating places: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2012-2016). J Nutr Health 53(6): 676-687.
- Hwang JR, Hwang IK, Kim S (2015) Quantitative analysis of various carotenoids from different colored paprika using UPLC. Korean J Food Sci Technol 47(1): 1-5.
- Kádár CB, Păucean A, Simon E, Vodnar DC, Ranga F, Rusu IE, Vişan VG, Man S, Chiş MS, Dreţcanu G (2022) Dynamics of bioactive compounds during spontaneous fermentation of paste obtained from *Capsicum* ssp.-stage towards a product with technological application. Plants 11(8): 1080.
- KATI. Korea Agricultural Trade Information (2021) Kimchi <https://www.kati.net> (accessed on 14. 8. 2021).
- Kim GE, Lee YS, Kim SH, Lee JH, Cheong HS (1998) Changes of chlorophyll and their derivative contents during storage of Chinese cabbage, leafy radish and leaf mustard kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr 27(5): 852-857.
- Kim S, Park H, Kim J, Moon B (2022) Effect of main vegetable ingredient on the glucosinolate, carotenoids, capsaicinoids, chlorophylls, and ascorbic acid content of kimchis. J Food Compos Anal 110: 104523.
- Kim SH, Choi JD, Kim SH, Lee JG, Kwon YJ, Shin CS, Shin MS, Chun SY, Kang GJ (2019) Analysis of Korean dietary patterns using food intake data -Focusing on kimchi and alcoholic beverages. J Food Hyg Saf 34(3): 251-262.
- Ku HS, Noh JS, Kim HJ, Cheigh HS, Song YO (2007) Antioxidant effects of sea tangle added Korean cabbage kimchi *in vitro* and *in vivo*. J Korean Soc Food Sci Nutr 36(12): 1497-1502.
- Ku KH, Sunwoo JY, Park WS (2005) Effects of ingredients on the its quality characteristics during kimchi Fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(2): 267-276.
- Lanfer-Marquez UM, Barro RMC, Sinnecker P (2005) Antioxidant activity of chlorophylls and their derivatives. Food Res Int 38: 885-891.
- Lee HO, Lee HJ, Woo SJ (1994) Effect of cooked glutinous rice flour and soused shrimp on the changes of free amino acid, total vitamin C and ascorbic acid contents during kimchi fermentation. Korean J Food Cook Sci 10(3): 225-231.
- Lee JS, Shim JS, Kim KN, Lee HS, Chang MJ, Kim HY (2021) Key Foods selection using data from the 7th Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2016-2018). J Nutr Health 54(1): 10-22.
- Lee YM, Kwon MJ, Kim JK, Suh HS, Choi JS, Song YO (2004) Isolation and identification of active principle in Chinese cabbage kimchi responsible for antioxidant effect. Korean J Food Sci Technol 36(1): 129-133.
- Ministry of Food and Drug Safety (2020) Food Code. <https://foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 2. 8. 2020).
- Mo EK, Kim SM, Yang SA, Jegal SA, Choi YS, Ly SY, Sung CK (2010) Properties of baechu kimchi treated with black rice water extract. Korean J Food Preserv 17(1): 50-57.
- Nguyen VPT, Stewart J, Lopez M, Ioannou I, Allais F (2020) Glucosinolates: Natural occurrence, biosynthesis, accessibility, isolation, structures, and biological activities. Molecules 25(19): 4537.
- No HK, Lee SH, Kim SD (1995) Effects of ingredients on fermentation of Chinese cabbage kimchi. J Korean Soc Food Nutr 24(4): 642-650.
- Odongo GA, Schlotz N, Herz C, Hanschen FS, Baldermann S, Neugart S, Trierweiler B, Frommherz L, Franz CMAP, Ngwene B, Luvonga AW, Schreiner M, Rohn S, Lamy E (2017) The role of plant processing for the cancer preventive potential of Ethiopian kale (*Brassica carinata*). Food Nutr Res 61(1): 1271527.
- Ornelas-Paz JJ, Martínez-Burrola JM, Ruiz-Cruz S, Santana-Rodríguez V, Ibarra-Junquera V, Olivás GI, Pérez-Martínez JD (2010) Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. Food Chem 119(4): 1619-1625.
- Park KY, Hong GH (2019) Kimchi and its functionality. J

- Korean Soc Food Cult 34(2): 142-158.
- RDA (2016) Rural Development Administration, 9th Revision Korean Food Composition Table II. Korean. pp 126-163.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M (1999) Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Bio Med 26: 1231-1237.
- Sarpras M, Ilyas A, Abdul R, Nirala R (2019) Comparative analysis of developmental changes of fruit metabolites, antioxidant activities and mineral elements content in Bhut jolokia and other *Capsicum* species. LWT-Food Sci Technol 105: 363-370.
- Schweiggert U, Kurz C, Schieber A, Carle R (2007) Effects of processing and storage on the stability of free and esterified carotenoids of red peppers (*Capsicum annuum* L.) and hot Chilli peppers (*Capsicum frutescens* L.). Eur Food Res Technol 225: 261-270.
- Shin HH, Lee SR (1991) Quality attribute of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. Korean J Food Cook Sci 23(3): 296-300.
- Shin MS, Lee KA, Kim MJ, Kim JS, Hwang JY, Lee SM (2021) Easy-to-Understand Cookery Science. Power Book, Korea. pp 160-162.
- Singh S, Jarret R, Russo V, Majetich G, Shimkus J, Bushway R, Perkins B (2009) Determination of capsinoids by HPLC-DAD in *Capsicum* species. J Agric Food Chem 57(9): 3452-3457.
- Ye Z, Shang Z, Li M, Zhang X, Ren H, Hu X, Yi J (2022) Effect of ripening and variety on the physiochemical quality and flavor of fermented Chinese chili pepper (Paojiao). Food Chem 368: 130797.
- Yerushalmi R, Bargil S, Ber Y, Ozlavo R, Sivan T, Rapson Y, Margel D (2020) 3,3-Diindolylmethane (DIM): A nutritional intervention and its impact on breast density in healthy BRCA carriers. A prospective clinical trial. Carcinogenesis 41(10): 1395-1401.
- Yu KW, Lee SH, Shin EH (2017) Fermentative characteristics and anti-proliferative activity against mouse carcinoma cell line of kimchi prepared with functional cabbage. J Korean Soc Food Sci Nutr 30(5): 1007-1014.
- Zhang D, Hamazu Y (2004) Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. Food Chem 88(4): 503-509.

---

Date Received	Dec. 12, 2022
Date Revised	Dec. 28, 2022
Date Accepted	Dec. 29, 2022