

FOOD & CHEMISTRY

# Variation in the functional compounds of molten salt Kimchi during fermentation

Kyubeen Park<sup>1,†</sup>, Yeonmi Kim<sup>1</sup>, Jae-Han Kim<sup>2</sup>, Jong-Tae Park<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

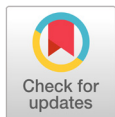
<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

\*Corresponding author: [jtpark@cnu.ac.kr](mailto:jtpark@cnu.ac.kr)

## Abstract

To produce a high-quality Kimchi product, molten salt was used for the Kimchi. Changes in the physiochemical properties and functional compounds were analyzed during fermentation. The salinity of bay salt Kimchi was higher than that of the molten salt Kimchi. The fermentation speed of the lactic acid bacteria in the molten salt Kimchi was significantly faster. To evaluate the effects of the salts on the changes in the functional compounds during fermentation, the antioxidant activity, total phenolic compounds (TPC), flavonols, phenolic acids, and glucosinolates in Chinese cabbage were analyzed. In the first 9 days, antioxidants were decreased during this fermentation period and then, increased after that. TPC was slightly increased for all the conditions after 40 days fermentation. Kaempferol was a major flavonol but had a relatively larger decrease in the molten salt Kimchi than in the bay salt samples. Phenolic acid did not show any significant difference among the samples. The glucosinolate contents were significantly decreased in all the conditions of Kimchi during the fermentation period. Consequently, the molten salt greatly affected the fermentation speed of Kimchi and the total characteristics of the Kimchi lactic acid bacteria. Although the functional compounds of Chinese cabbage were decreased during the fermentation of Kimchi, this decrease did not profoundly deteriorate the food quality. Therefore, high-quality Kimchi with enhanced bioactivity will be available if appropriate Chinese cabbages that have enhanced functional compounds are used.

**Keywords:** Chinese cabbage, functional compound, Kimchi, lactic acid bacteria, molten salt



## OPEN ACCESS

**Citation:** Park K, Kim Y, Kim JH, Park JT. 2019. Variation in the functional compounds of molten salt Kimchi during fermentation. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190007>

**DOI:** <https://doi.org/10.7744/kjoas.20190007>

**Received:** October 31, 2018

**Revised:** February 15, 2019

**Accepted:** February 26, 2019

**Copyright:** © 2019 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Introduction

우리나라 대표 식품인 김치는 한국의 고유한 침채류로 산 발효식품이다(Kim et al., 2011). 식품 공전 상의 김치류란 배추 등 채소류를 주원료로 하여 절임, 양념 혼합 공정을 거쳐 그대로 또는 발효시켜 가공한 것으로 김치소, 배추김치 등을 말한다. 김치는 세계적으로 건강식품임이 알려졌고 마늘, 생강, 고추 가루 등의 건강 기능 식품이 첨가되며 유산균에 의해 이러한 모든 성분이 발효되기 때문에 유산균의 원천으로 복합적 기능성성분을 함유한 식품이다(Park et al., 2014a).

김치의 원료 중 소금은 채소류 절임식품에서 마그네슘과 칼슘의 삼투압 작용으로 유해미생물

을 사멸하게 되어 저장성을 높이고 젖산균과 같은 내염성 미생물의 생육속도를 억제시키는데 소금의 농도가 큰 영향을 미친다(Kim et al., 2005; Kim and Kim, 2010). 또한 소금의 주요성분인 NaCl의 함량과 칼슘, 마그네슘과 같은 미네랄 성분의 유무 차이로 인해 채소류 절임식품 저장 시 펙틴-칼슘 복합체를 형성하는 과정에서 저장기간 및 품질의 특성에도 영향을 미치게 된다(Choi et al., 2014). 국내 식품산업에서 사용되고 있는 여러 조성의 소금 중 용융소금은 일반적인 천일염 등의 원료 소금을 태움·용융 등의 방법으로 그 원형을 변형한 소금으로 나트륨 함량이 88.0% 이상 수분이 4.0% 이하 등으로 식품공정 상 정의되어 있다. 용융소금은 일반적으로 많이 알려져 있는 죽염 및 구운 소금과 달리 암염이나 천일염 등을 800°C 이상의 고온에서 수차례 가열과 분쇄를 반복하여 만든 순수한 소금이다. 천연소금은 해수로부터 얻는데 해수는 75종 이상의 광물과 5종 이상의 가스로 구성되어 있으므로 소금 내 불순물이 많을 수밖에 없다. 용융소금은 일반 소금에 존재하는 간수, 가스, 중금속 등을 제거해 불순물이 적다. 때문에 소금의 성질 중 흡착력, 정화력, 살균력 등 효능은 극대화 할 수 있다. 용융소금의 맛은 순하고 쓴맛이 없어 고품질의 소금으로 알려져 있으나 식품에 적용한 연구는 많지 않다(Kim et al., 2016).

김치의 주 원료인 배추는 여러가지 기능성성분을 함유하고 있다. 대표적으로 glucosinolate, phenolic acid, flavonoid 등이 있다. 대표적 십자화과인 배추는 glucosinolate가 함유되어 있으며 glucosinolate는 유황함유  $\beta$ -D-glucoside로 유방암 및 피부암 종양을 억제시킨다는 연구들이 보고되었다(VanEtten et al., 1969; Terry et al., 2001). Phenolic acid 와 flavonoid는 기본 구조가 페놀구조로 되어있는 대표적 폴리페놀로 활성산소 등 화학적 자극요소로부터 보호기능을 가진 식품의 중요한 성분 중 하나이며 생물학적으로 중요한 요소인 것으로 잘 알려져 있다(Harbaum et al., 2007; Rosimin and Kim, 2015). 폴리페놀류는 항산화작용을 통한 노화 방지, 뇌 건강 증진, 면역 증진, 항암작용 등 여러가지 건강증진 효과를 가지고 있다(Lee et al., 2012; Bell et al., 2015). 때문에 국외의 경우 브로콜리, 양배추, 케일, 배추 등 십자화과 채소의 다양한 가공 처리에 따른 함량을 분석하는 연구가 진행 된바 있으나(Song and Thornalley, 2007) 국내의 경우에는 김치의 소금 조성에 따른 발효 특성 분석이나 주재료인 배추의 기능성 성분 변화에 대한 연구가 충분하지 않다(Kim et al., 2010).

본 연구에서는 발효식품의 품질에 큰 영향을 미치는 소금의 조성에 따른 김치의 일반품질 특성을 분석하고, 김치의 주재료인 배추의 발효에 따른 기능성성분 변화에 대해 연구하였다. 이를 통해 국내 김치 산업계가 고품질 용융소금을 이용한 차별화된 김치를 개발하고 고부가가치 김치 신시장을 개척하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

## Materials and Methods

### 분석용 표준품, 효소 및 시약

본 실험에 사용한 표준품 및 효소는 Sigma-Aldrich (St. Louis, USA)로부터 구입하였으며, 시약은 HPLC grade로 MERCK (Kenilworth, USA) 및 SAMCHUN (Seoul, Korea)으로부터 구입하여 사용하였다.

### 김치의 제조 및 분석용 시료 준비

본 실험에 사용된 제조 김치는 시중에서 판매하는 배추 10포기(25 kg)를 기준으로 용융소금과 천일염을 배추에 직접 뿌려 절이는 살염법을 사용하였다. 소금 종류별로 시중 김치의 염분 농도에 맞춰 800 g 사용하고 저염 김치 제조를 위해 700 g 사용하여 배추를 5시간 절임 후 물기를 제거하고 김치 제조에 이용하였다. 백김치는 북어대가리, 멸치, 고추씨, 양파, 대파, 감초로 육수를 내어 사용하고 사과, 배, 양파, 무를 갈아 즙을 낸 후 다진 마늘, 생강, 당근, 실고추, 채 썰은 밤, 대추, 잣, 찹쌀 풀, 새우젓을 넣어 제조하였다(Table 1). 각 김치의 속 양념으로 들어간 소금의 양은 용융소금 170 g, 천일염 250 g으로 일반적으로 간을 맞추기 위해 김치 제조에 사용하는 소금의 양을 각 소금의 염도를 기준으로 결정

하여 첨가하였다. 일반적으로 천일염의 경우 입자 내 불순물의 함량이 높아 용융소금에 비해 염도가 낮기 때문에 용융소금에 비해 많은 양의 소금을 첨가하게 되었다.

김치에 사용한 소금은 시중에서 사용하는 소금을 구매하였고 소금 별 미네랄 성분 중 칼슘, 구리, 칼륨, 마그네슘, 망간, 아연, 철, 나트륨 8가지를 ICP-AES로 분석하였다. 용융소금은 정제소금으로 규격 조건인 나트륨(Na) 함량은 99%이며 그 외 나머지 미네랄 성분은 천일염(bay salt)에 비해 함량이 낮음을 볼 수 있다(Table 2). 천일염에는 불순물을 포함한 확인되지 않은 많은 미네랄 성분이 있을 것으로 예상된다.

기능성 성분 분석을 위한 김치 시료는 제조 후 숙성 기간에 따라 2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 27, 34, 40일에 총 10차례 시료를 채취하여 배추 1/8 포기를 증류수 300 mL로 세척 후 잘게 잘라 동결건조 후 분석에 사용하였다. 일반 배추를 백 김치로 제조하는 데 있어 소금 종류(천일염, 용융소금), 배추 10포기(25 kg) 당 소금 농도(700 g, 800 g)에 따라 총 4 가지 실험군으로 분석에 사용하였다.

### 이화학적 특성 분석방법

소금 내 미네랄 함량 측정 시 ICP-AES (Perkin Elmer, OPTIMA 7300DV, Waltham, MA, USA)를 이용하여 정량 분석하였다. 미네랄 분석 추출 방법 및 분석방법은 Gantumar et al. (2013)이 사용한 방법을 따랐다. 각 미네랄 원소들의 파장은 소금 내 존재하는 물질 별로 선정하여 Ca 317.933 nm, Cu 327.393 nm, K 766.490 nm, Mg 285.213 nm, Mn 257.610 nm, Zn 206.200 nm, Fe 238.204 nm, Na 589.592 nm 에서 분석하였다(Ha and Park, 1998; Kim et al., 2000; Heo et al., 2005).

김치 국물의 염도와 pH는 각각 염도계(PAL-03S, ATAGO, Fukuoka, Japan)와 간이 pH meter (pH meter S2K712, ISFETCOM, Hidaka, Japan)를 이용하여 측정하였다.

**Table 1.** Recipe of the Kimchi.

Kimchi	White Kimchi (Baek Kimchi)			
Water for curing	Molten salt 800 g	Bay salt 800 g	Molten salt 700 g	Bay salt 700 g
Curing time	5 hours			
Stock	dried pollack head, anchovy, red pepper seed, onion, spring onion, licorice			
Kimchi seasoning	apple, pear, onion, radish, crushed garlic, ginger, carrot, shredded red pepper, shredded chestnut, jujube, pine nut, starch paste of rice glutinous, salted shrimp (apple, onion, pear and radish used with juice)			
Kimchi seasoning with salt contents	Molten salt 170 g	Bay salt 250 g	Molten salt 170 g	Bay salt 250 g

**Table 2.** Mineral contents of salt.

Mineral	Bay salt (%)	Molten salt (%)
Ca	0.301	0.085
Cu	0.005	0.001
K	1.418	0.515
Mg	2.976	0.104
Mn	0.008	0.001
Zn	0.008	0.001
Fe	0.008	0.002
Na	95.28	99.29

## 기능성 성분 분석방법

본 실험의 모든 기능성 성분 분석 실험은 2반복으로 진행하였다.

항산화력 분석 시 추출 방법은 김치 시료 0.1 g과 80% methanol 1 mL을 2 mL tube에 넣고 vortex 한 후 원심분리하여 상등액을 분석에 사용하였다. DPPH assay 측정에는 0.2 mM DPPH 용액 0.95 mL에 0.05 mL 상등액을 첨가한 후 암소에서 30분간 반응시켰다. UV-분광광도계(OPTIZEN POP, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 이용하여 시료와 비교 분석 하였다(Brand-Williams et al., 1995; Uquiche and Garcés, 2016).

총 폴리페놀 분석 시 추출 방법은 항산화력 추출 방법과 같다. 상등액 100  $\mu$ L와 증류수 1.5 mL 그리고 Folin & Ciocalteu's phenol 용액 100  $\mu$ L을 혼합한 후 5분간 반응시켰다. 반응 용액에 20% sodium carbonate 300  $\mu$ L를 첨가한 후 암소에서 30분간 반응시켰다. UV-분광광도계를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 이용하였다(Kim et al., 2011).

Flavonol 분석 시 추출 방법 및 분석방법은 Jiang 등이 사용한 방법을 따랐다(Jiang, 2010; Park et al., 2014b). 분석은 LC-UV detector (Ultimate 3000 RS Diode array detector, Dionex, Sunnyvale, USA)를 이용하여 360 nm 파장으로 UPLC (Ultimate 3000, Dionex, Sunnyvale, USA) 분석하였다. 고정상은 YMC-Triart C18 (4.6 mm  $\times$  250 mm, 5 $\mu$ m, YMC, Kyoto, Japan)을 사용하였다. Flavonol은 quercetin, kaempferol 총 2가지 성분을 표준 물질로 이용하여 비교 분석하였다(Bell et al., 2015).

Glucosinolate 분석 시 추출 방법 및 분석방법은 Choi 등이 사용한 방법을 따랐다(Choi, 2011; Bell et al., 2015). 분석은 LC-UV detector (Waters 2489, Waters, Milford, USA)에서 229 nm 파장으로 HPLC (Model 1525, Waters, Milford, USA) 분석하였다. 고정상은 YMC-Triart C18을 사용하여 분석하였다(Norm, 1992). Glucosinolate는 대표적 glucosinolate 성분 중 glucoiberin, progoitrin, glucoraphanin, sinigrin, gluconapoleiferin, glucoalyssin, gluconapin, 4-hydroxy glucobrassicin, glucocochlearin, glucoiberin, glucobrassicinapin, glucoerucin, glucobrassicin, gluconasturtiin, glucoraphenin, methoxy glucobrassicin, neoglucobrassicin 총 17 가지 분석하였다.

Phenolic acid 분석 시 추출 방법 및 분석방법은 Jiang 등이 사용한 방법을 따랐다(Jiang, 2010; Park et al., 2014b). 분석은 LC-UV detector에서 220, 330 nm 파장으로 HPLC 분석하였다. 고정상은 Waters-Xterra C18 (3.9 mm  $\times$  150 mm, 5 $\mu$ m, Waters, Milford, USA)을 사용하였다. Phenolic acid는 gallic acid, caffeic acid, coumaric acid, ferulic acid, sinapic acid 등 총 5 가지 성분을 표준물질로 이용하여 시료와 비교 분석하였다(Mattila and Hellström, 2007).

## Results and Discussion

### 김치 발효 중 이화학적 특성 변화

염도는 소금 조건 별 발효 기간에 따라 김치 국물을 이용해 염도를 측정하였다. 저장 기간에 따른 염도의 변화는 초반에 삼투압에 의해 배추에서 나오는 물로 인한 염도 감소를 보였고 그 후의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 사용한 소금의 종류에 따른 차이는 같은 소금농도에서 천일염이 용융소금에 비해 염도가 높았는데 사용한 소금농도가 같더라도 염도계상 측정된 염도의 차이가 큰 것을 볼 수 있다(Fig. 1).

김치 국물의 pH는 김치가 발효됨에 따라 유산균의 젖산 생성에 의해 감소되었는데, 천일염보다 용융소금 김치가 pH의 감소속도가 매우 빠른 것으로 측정되었다(Fig. 2). 용융소금 김치의 pH는 소금의 농도에 관계없이 제조일로부터 16

일 후에 pH 4.2 - 4.3 가량으로 감소하였으나 천일염김치는 제조일로부터 16일 후까지 pH 변화가 거의 나타나지 않았다. 김치가 가장 맛있는 pH 조건인 pH 4.2 (Lee et al., 2018) 에 진입하는데 걸린 발효 시간은 용융소금 김치가 10일 가까이 빠른 것으로 나타났는데, 이는 실제 소금 종류에 따른 유산균 총량 및 균종의 유형 차이에 의한 것으로 분석되었다. 용융소금 김치에서 유산균 균종이 우수한 것으로 나타났는데 이는 기존에 보고된 연구결과와 유사한 것으로 판단되며 (Kim and Kim, 2010) 더욱 자세한 미생물학적 차이점은 별도의 연구논문을 통하여 보고할 예정이다.

### 기능성성분 변화

항산화력은 김치 시료 조건 중에 대부분의 조건에서 제조일로부터 9일 까지는 감소하는 경향을 보이나 16일부터 다시 증가하는 변화를 보였다. 이러한 경향은 특히 용융소금 김치에서 두드러지게 나타났다(Fig. 3). 소금의 종류와 소금 농도에 따른 유의적인 차는 크지 않은 것으로 분석되었다.

총 폴리페놀은 제조 후 저장 기간에 따라 모든 조건에서 완만하게 증가하는 것으로 나타났는데 소금 조건에 따른 차는 거의 없는 것으로 측정되었다(Fig. 4). 본 연구에서는 배추 내에 존재하는 성분을 추출하여 분석하였으나 백김치에서 배추가 차지하는 원료 비중이 매우 크므로 김치의 전체적인 항산화력 및 폴리페놀 변화도 유사할 것으로 유추할 수

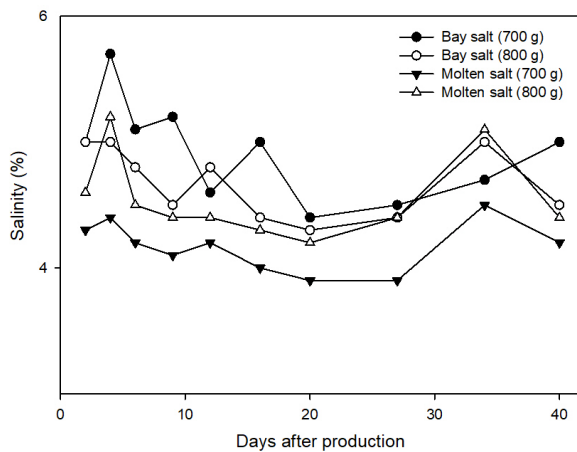


Fig. 1. Salinity of Kimchi at different fermentation period.

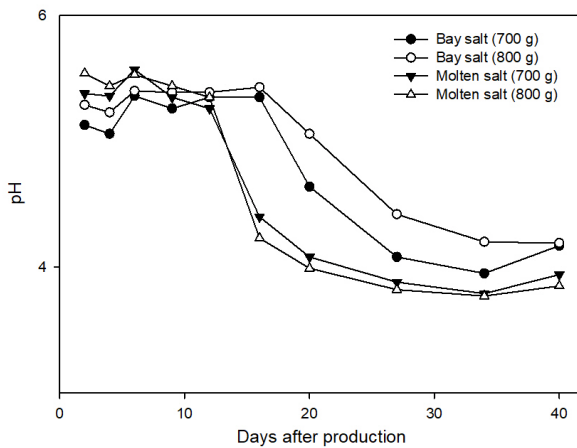


Fig. 2. pH of Kimchi at different fermentation period.

있다. 결론적으로 발효되는 동안 백김치의 항산화 활성 성분은 두드러진 변화가 없었으며 소금 종류에 따른 영향도 미미한 것으로 판단된다.

배추에 존재하는 주요 flavonol은 quercetin과 kaempferol이 있는데, 본 연구에 쓰인 배추 품종에서는 quercetin은 검출되지 않았고 kaempferol이 소량 검출되었다. LC 분석 결과 quercetin과 비슷한 RT값이 검출되었으나 내부표준물질을 이용하여 확인한 결과 quercetin이 아닌 것으로 판명되었으며 LC-MS/MS 분석 결과 quercetin의 이성질체인 morin으로 동정되었다. Kaempferol은 모든 소금 조건에서 발효에 따라 감소하는 경향성을 보였는데, 용용소금 김치에서 그 감소가 두드러지게 나타났다(Fig. 5).

Phenolic acid 중 gallic acid는 검출되지 않았으며 검출된 4가지 phenolic acid 성분의 총량은 저장기간 별, 각 조건에 따른 경향성을 볼 수 없었다(Fig. 6).

Glucosinolate는 신선배추의 glucosinolate 함량과 비교했을 때 김치로 제조했을 때 그 함량이 감소하는 것으로 보고된 바 있다(Kang et al., 2006). 본 연구에서도 발효에 따른 17종 glucosinolate의 총량이 서서히 감소하는 것으로 측정되었다(Fig. 7). 소금 조건에 따른 편차는 크지 않은 것으로 나타났으며 20일 이후 총량 변화는 거의 나타나지 않았다.

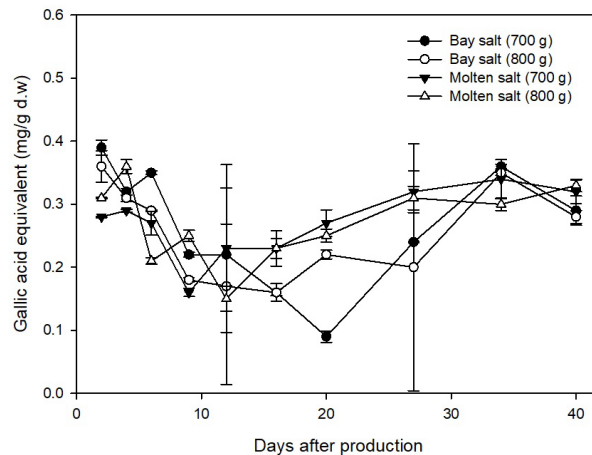


Fig. 3. Antioxidative activity contents at different fermentation period.

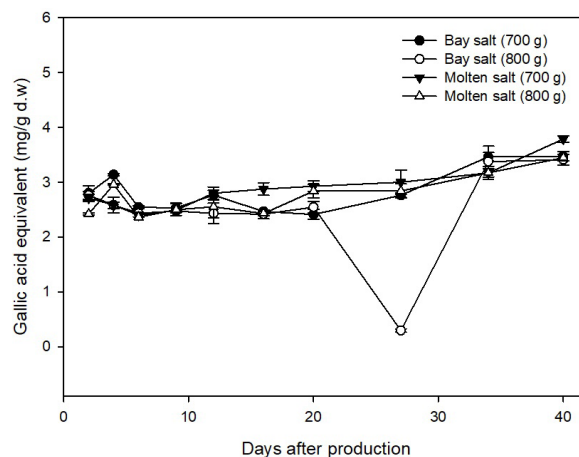


Fig. 4. Total phenolic compound contents at different fermentation period.



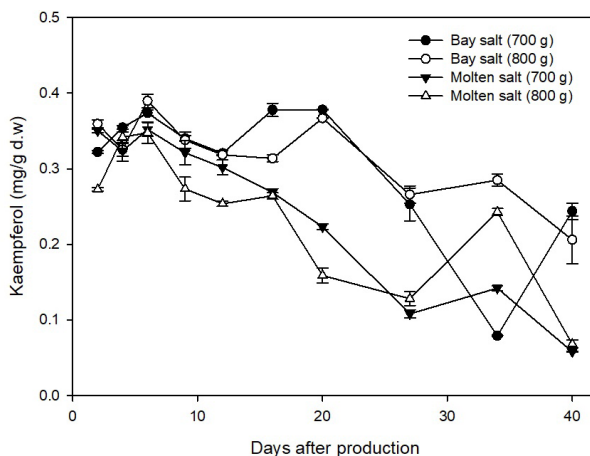


Fig. 5. Kaempferol contents of flavonol at different fermentation period.

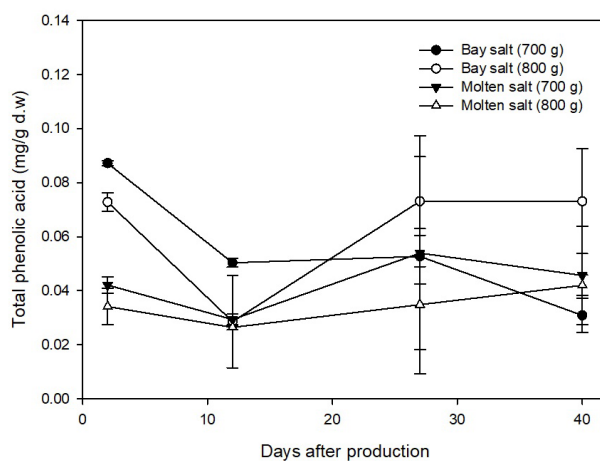


Fig. 6. Total phenolic acid contents at different fermentation period.

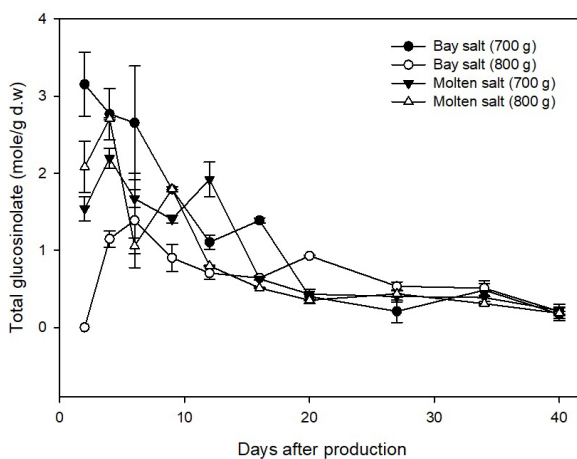


Fig. 7. Total glucosinolate contents at different fermentation period.

## Conclusion

고품질 용융소금을 이용한 차별화된 김치의 개발을 위해 발효에 따른 이화학적 특성과 기능성 성분 변화를 연구하였다. 김치의 염도는 천일염이 용융소금에 비해 높았다. 소금의 종류에 따라 유산균의 발효속도차이가 크게 나타났는데, 천일염보다 용융소금 김치가 유산균 발효특성이 우수하였으며 김치의 pH 감소도 빨랐다. 기능성 성분 변화를 분석한 결과, 항산화력은 저장 기간에 따라 9일 까지는 감소하는 경향을 보이나 그 이후로는 오히려 증가하는 양상을 나타내었다. 총 폴리페놀 함량도 장기간 발효에 따라 소폭 증가하였다. **Kaempferol** 함량은 용융소금김치는 천일염김치보다 비교적 큰 폭의 감소를 나타내었으나 **phenolic acid** 류는 발효에 따른 유의적 감소가 없었다. 반면, **glucosinolate** 성분은 모든 종류의 김치에서 감소함을 보였다. 종합하면 용융소금은 김치의 발효속도와 유산균 균총 특성에 큰 영향을 주는 것으로 나타났으나 배추의 기능성성분 함량 변화에는 천일염과 비교하여 유의적인 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 배추의 기능성성분은 김치가 발효되는 동안 대체로 감소하기는 하지만 그 폭이 크지 않으므로 생리활성 성분이 강화된 배추를 원료로 사용할 경우 건강기능성이 강화된 고급 김치 제조가 가능할 것으로 기대된다.

## Acknowledgements

본 연구는 충남대학교 학술연구비에 의하여 지원받았음.

## Authors Information

Jong-Tae Park, Chungnam National University, Ph.D. Professor

Kyubeen Park, <https://orcid.org/0000-0001-7760-2956>

Yeonmi Kim, Research Institute of Agricultural Sciencem, Chungnam National University, Researcher

Jae-Han Kim, Chungnam National University, Ph.D. Professor

## References

- Bell L, Oruna-Concha MJ, Wagstaff C. 2015. Identification and quantification of glucosinolate and flavonol compounds in rocket salad (*Eruca sativa*, *Eruca vesicaria*, and *Diplotaxis tenuifolia*) by LC-MS: Highlighting the potential for improving nutritional value of rocket crops. *Food Chemistry* 172:852-861.
- Brand-Williams W, Cuvelier M-E, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28:25-30.
- Choi GH, Lee GY, Bong YJ, Jeong JK, Moon SH, Park KY. 2014. Comparison of quality properties of brined Baechu cabbage manufactured by different salting methods and with different salts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 43:1036-1041. [in Korean]
- Choi SH. 2011. Analysis of glucosinolate and general compounds in *Brassica* genus vegetables. Master Dissertation, Chungnam Univ., Daejeon, Korea.
- Gantumar G, Jo MH, Igori D, Ham IK, Lee EM, Lee WH, Lim Y, An G, Park JT. 2013. Nutritional evaluation and comparison of new Pak Choi cultivars from China with Chinese cabbage cultivars popular in Korea.



- Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 42:1412-1418. [in Korean]
- Ha JO, Park KY. 1998. Comparison of mineral contents and external structure of various salts. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 27:413-418. [in Korean]
- Harbaum B, Hubbermann EM, Wolff C, Herges R, Zhu Z, Schwarz K. 2007. Identification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in Pak Choi varieties (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *communis*) by HPLC-ESI-MS n and NMR and Their Quantification by HPLC-DAD. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55:8251-8260.
- Heo OS, Oh SH, Shin HS, Kim MR. 2005. Mineral and heavy metal contents of salt and salted-fermented shrimp. Korean Journal of Food Science and Technology 37:519-524. [in Korean]
- Jiang N. 2010. Phenolic compounds in *Brassica* vegetables in Korea. Master Dissertation, Chungnam Univ., Daejeon, Korea.
- Kang JY, Ibrahim KE, Juvik JA, Kim DH, Kang WJ. 2006. Genetic and environmental variation of glucosinolate content in Chinese cabbage. HortScience 41:1382-1385.
- Kim DY, Pyo HY, Park YJ, Park YS, Kim WH. 2000. Quantitative analysis of trace metals in lithium molten salt by ICP-AES. Analytical Science and Technology 13:309-314. [in Korean]
- Kim EK, An SY, Lee MS, Kim TH, Lee HK, Hwang WS, Choe SJ, Kim TY, Han SJ, Kim HJ. 2011. Fermented Kimchi reduces body weight and improves metabolic parameters in overweight and obese patients. Nutrition Research 31:436-443.
- Kim HR, Kim MR. 2010. Effects of traditional salt on the quality characteristics and growth of microorganisms from Kimchi. Journal of the Korean Society of Food Culture 25:61-69. [in Korean]
- Kim KG, Mun SB, Shao Y. 2016. A study on the new manufacturing processes of high quality salt without hazardous ingredients. Journal of the Korean Society of Marine Engineering 40:458-467. [in Korean]
- Kim MK, Hong EY, Kim GH. 2010. Change of total glucosinolates level according to processing treatments in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) from different harvest seasons. Korean Journal of Horticultural Science and Technology 28:593-599. [in Korean]
- Kim SJ, Kim HL, Ham KS. 2005. Characterization of Kimchi fermentation prepared with various salts. Korean Journal of Food Preservation 12:395-401. [in Korean]
- Lee JG, Kwak JH, Um YC, Lee SG, Jang YA, Choi CS. 2012. Variation of glucosinolate contents among domestic broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) accessions. Korean Journal of Horticultural Science and Technology 30:743-750. [in Korean]
- Lee KW, Shim JM, Kim DW, Yao Z, Kim JA, Kim HJ, Kim JH. 2018. Effects of different types of salts on the growth of lactic acid bacteria and yeasts during Kimchi fermentation. Food Science and Biotechnology 27:489-498.
- Mattila P, Hellström J. 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. Journal of Food Composition and Analysis 20:152-160.
- Norm I. 1992. Rapeseed-determination of glucosinolates content-Part 1: Method using high-performance liquid chromatography. ISO 9167 1:1-9.

- Park KY, Jeong JK, Lee YE, Daily III JW. 2014a. Health benefits of Kimchi (Korean fermented vegetables) as a probiotic food. *Journal of medicinal food* 17:6-20.
- Park S, Arasu MV, Jiang N, Choi SH, Lim YP, Park JT, Al-Dhabi NA, Kim SJ. 2014b. Metabolite profiling of phenolics, anthocyanins and flavonols in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Industrial Crops and Products* 60:8-14.
- Rosimin AA, Kim KS. 2015. Production of volatile phenols by Kimchi *Lactobacillus plantarum* isolates and factors influencing their phenolic acid decarboxylase gene expression profiles. *Food research international* 78:231-237.
- Song L, Thornalley PJ. 2007. Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. *Food and Chemical Toxicology* 45:216-224.
- Terry P, Wolk A, Persson I, Magnusson C. 2001. *Brassica* vegetables and breast cancer risk. *Jama* 285:2975-2977.
- Uquiche E, Garcés F. 2016. Recovery and antioxidant activity of extracts from *Leptocarpha rivularis* by supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids* 110:257-264.
- VanEtten CH, Daxenbichler ME, Wolff I A. 1969. Natural glucosinolates (thioglucosides) in foods and feeds. *Journal of agricultural and food chemistry* 17:483-491.