

## 갓김치(*Brassica juncea*) 숙성 중 영양성분 및 이화학적 특성 변화

장혜림\* · 박서연\* · 이종현\* · 황명진\* · 최용민\*\* · 김행란\*\* · 황진봉\*\*\* ·  
서동원\*\*\* · 김상희\*\*\* · †남진식\*\*\*\*

\*수원여자대학교 식품분석연구센터, \*\*농촌진흥청 국립농업과학원,  
\*\*\*한국식품연구원, \*\*\*\*수원여자대학교 식품영양과

### Changes in Nutritional Composition and Physicochemical Properties of Mustard Leaf (*Brassica juncea*) Kimchi during Fermentation

Hye-Lim Jang\*, Seo-Yeon Park\*, Jong-Hun Lee\*, Myung-Jin Hwang\*, Youngmin Choi\*\*, Haengran Kim\*\*,  
Jinbong Hwang\*\*\*, Dongwon Seo\*\*\*, Sanghee Kim\*\*\* and †Jin-Sik Nam\*\*\*\*

\*Food Analysis Research Center, Suwon Women's University, Hwaseong 18333, Korea

\*\*National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*\*Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

\*\*\*\*Dept. of Food and Nutrition, Suwon Women's University, Hwaseong 18333, Korea

#### Abstract

Nutritional composition and physicochemical properties changes in mustard leaf kimchi were investigated during fermentation of up to 3 months. The pH decreased, and the titratable acidity gradually increased according to increase of fermentation periods. Fructose and glucose were the major free sugars in mustard leaf kimchi, and their amounts were significantly decreased with fermentation periods ( $p<0.05$ ). Lactic acid content showed a significant increase with maximum increase at 3 months. All types of kimchi contained 20 amino acids, but the content of most amino acid fluctuated during fermentation. Except for K and Zn, the content of other ingredients including Ca, Fe, Mg, Na, Se were the highest in kimchi fermented for 2 months. The unsaturated fatty acid of mustard leaf kimchi was higher than that of saturated fatty acid, and total fatty acid of kimchi significantly decreased after 2 months ( $p<0.05$ ). Most vitamin contents showed a tendency to decrease with fermentation, in particular, vitamin B complex except for B<sub>2</sub> significantly decreased after 3 months ( $p<0.05$ ). The results provide fundamental data for determining the appropriate fermentation period to improve the quality of kimchi.

Key words: kimchi, *Brassica juncea*, fermentation, nutritional composition, physicochemical properties

#### 서론

김치는 우리나라 전통음식으로 약 4,000년 전 개발되었다 (Jang 등 2015). 현재까지 약 160여종의 김치가 알려져 있으며, 주원료인 채소와 소금, 고춧가루, 파, 마늘, 생강, 젓갈 등 여러 가지 조미 향신료를 첨가하여 만들어진다. 낮은 칼로리와 지방 함량에도 불구하고, 비타민, 무기질, 식이섬유 등이

풍부하여 영양성이 우수하다. 또한 김치의 발효 및 숙성과정 중 생성되는 유기산, 유리아미노산 등은 다양한 향미와 맛을 부여하며, *Leuconostoc* 속과 *Lactobacillus* 속과 같은 젖산균의 번식은 정장작용을 함으로써 장내 균총 환경을 개선시킨다 (Song & Lee 2014).

갓은 십자화과에 속하는 두해살이풀로 중국이 원산지이다. 칼슘, 철, 비타민 A, B, C 등의 함량이 높고, 여러 가지

† Corresponding author: Jin-Sik Nam, Food Analysis Research Center, Suwon Women's University, Hwaseong 18333, Korea. Tel: +82-31-290-8216, Fax: +82-31-290-8267, E-mail: jsnam@swc.ac.kr

황 화합물을 함유하고 있어 항균, 항곰팡이 등의 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 최근 갯김치의 독특한 맛과 영양성이 알려짐에 따라 갯김치에 대한 소비가 증가하면서 다양한 연구들이 수행되었다. Park 등(1995c)은 발효온도에 따른 갯김치의 이화학적 특성에 대해 보고하였으며, Kim 등(2007)은 갯과 갯김치의 항돌연변이성 및 항암활성에 대해 조사하였다. 또한 Lim 등(2013)은 발효기간 동안 갯김치의 이화학적 특성 변화를 측정하였으며, Choi 등(2000)은 부재료 첨가에 따른 갯김치의 항산화 활성, Park 등(1995a)은 갯김치 숙성 중 당, 유기산, 유리아미노산 등의 변화를 조사하였다. 그러나 갯김치를 비롯한 모든 김치는 제조방법이 다양하고, 발효 또는 숙성기간에 따라 영양성분 및 이화학적 특성이 달라지기 때문에 이에 대한 다양한 연구가 필요한 실정이다.

한편, 경제성장과 더불어 가정의 생활양식이 변화되면서 김치의 소비방법, 시판 김치의 구매 양상 등에도 큰 변화가 일어났다. 2011년 농협경제연구소의 연구결과에 의하면 시판 김치를 구매하는 소비자가 전체의 10.5%로 과거에 비해 급격히 증가했다고 한다(Kim JH 2013). 그러나 시판김치에 대한 영양정보가 부족하고, 발효 또는 숙성정도가 표준화되어 있지 않아, 이에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 시중에서 판매되고 있는 갯김치의 숙성기간에 따른 여러 가지 영양성분과 이화학적 특성 변화를 조사함으로써 시판 김치의 영양정보를 제공하고, 영양학적으로 우수한 적정 숙성기간을 설정하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 시약

본 연구에서는 전라북도 여수 지역의 마켓에서 시판되고 있는 갯김치를 시료로 사용하였으며, 김치보관 전용 플라스틱 용기에 담아 보관하였다. 숙성기간에 따라 갯김치를 꺼내어 믹서기(Blixer<sup>®</sup>, Robot Coupe USA, Inc., Jackson, MS, USA)로 마쇄하고, 동결건조(FD5512, Ilshin Lab Co. Ltd., Daejeon, Korea)하였다. 건조한 시료는 분쇄하여 60 mesh의 체에 걸러 냉동보관(-70°C)하면서 실험에 사용하였다.

실험에 사용된 유리당(fructose, glucose, sucrose, maltose, lactose), 아미노산, 표준지방산 methyl ester, 유기산(lactic acid, malic acid, acetic acid, succinic acid, fumaric acid),  $\beta$ -carotene, 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, 비타민 C 및  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tocopherol 분석을 위한 표준품은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 무기질 정량을 위한 표준품은 AccuStandard(New Haven, CT, USA)로부터 구입하였다. 그 외 시약과 용매는 분석용 특급시약(Samchun Co.,

Pyeongtaek, Korea)을 사용하였다.

### 2. pH 및 산도 측정

pH는 pH meter(AB15, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 산도는 시료를 10배 희석하여 pH 8.3이 되도록 0.1 N NaOH로 적정할 후, 소비된 NaOH 용액의 양을 구하고, 젯산 함량으로 환산하여 계산하였다.

### 3. 유리당 함량 측정

시료 5 g에 5배의 증류수(w/v)를 가하여 혼합한 후 11,325×g에서 20분 동안 원심분리(Supra-21K, Hanil, Incheon, Korea)하여 상등액을 25 mL로 정용하였다. 이 액을 0.45  $\mu$ m membrane filter(Millipore, Bedford, MA, USA)로 여과하여 HPLC system(Agilent 1100 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)으로 분석하였다. Column은 carbohydrate analysis column(4.6×250 mm, Waters Co., USA)을 사용하였으며, 이동상은 80% acetonitrile, 유속은 1.0 mL/min로 조정하여 RI detector(Agilent 1100 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 검출하였다.

### 4. 유기산 함량 측정

시료 5 g에 10배의 증류수(w/v)를 가하여 혼합한 후 11,325×g에서 20분 동안 원심분리(Hanil)하여 상등액을 모아 50 mL로 정용하였다. 이 액을 0.45  $\mu$ m membrane filter(Millipore)로 여과한 후, HPLC system(Agilent 1200 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 분석하였다. Column은 Shodex Rs Pak KC-811 column(8.0×300 mm, Shodex, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 이동상은 0.1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>를 사용하였으며, 유속은 1.0 mL/min으로 하였다. 주입량은 20  $\mu$ L로 하였으며, UV detector(Agilent 1200 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 210 nm에서 검출하였다.

### 5. 아미노산 분석

아미노산은 아미노산 분석기(Biochrom 30, Pharmacia Biotech, Stockholm, Sweden)를 이용하여 분석하였다. 시료와 6 N HCl를 취하여 110°C에서 22시간동안 가수분해한 후 진공농축(R-210, Buchi, Flawil, Switzerland)하였으며, 10 mL의 buffer가 포함된 50 mL의 증류수에 용해한 후 사용하였다. 가수분해물을 0.45  $\mu$ m membrane filter(Millipore)로 여과하였으며, cation-exchange column(11±2  $\mu$ m)을 사용하여 분석하였다. 타우린과 GABA 함량은 시료 5 g에 증류수 50 mL를 가한 후, 11,325×g에서 20분 동안 원심분리(Hanil)한 다음 상등액을 50 mL로 정용하여 분석하였다. Amino acid analyzer(Biochrom 30)을 사용하여 분석하였으며, 각 표준품의 검량선을 작성하여 peak 면

적으로 개별 아미노산 성분의 함량을 산출하였다.

### 6. 무기질 함량 측정

무기질은 AOAC법(2005)에 준하여 습식분해법으로 측정하였다. 시료 0.5 g에 산 혼합액( $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2=9:1$ ) 10 mL를 teflon bottle에 담아 전처리를 시행하였으며, microwave digestion system(Ethos TC Digestion Labstation 5000, Milestone Inc., Monroe, CT, USA)으로 총 30분 동안 산분해를 실시하였다. 산분해가 끝난 시료용액은 여과지(Whatman No. 5A, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, Zn은 Inductively coupled plasma spectrometer(ICP-OES, PerkinElmer Co., Shelton, CT, USA)로, Se은 Inductively coupled plasma-mass spectrometer(ICP-Mass, PerkinElmer Co.)로 분석하였다. ICP-OES를 사용하여 분석한 각 원소별 흡수 파장은 Ca(317.926 nm), Cu(327.393 nm), Fe(238.204 nm), K(766.490 nm), Mg(279.553 nm), Na(589.592 nm), Zn(206.200 nm)이었다. 기기분석 중 reflected power는 1.4 kW, plasma flow는 10 L/min, auxiliary gas flow는 0.2 L/min, nebulizer gas flow는 0.92 L/min이었으며, ICP-Mass를 사용하여 분석한 Se의 reflected power는 1.4 kW, plasma flow는 18 L/min, auxiliary gas flow는 1.5 L/min, lens voltage는 9.6 V, nebulizer flow는 0.92 L/min, dwelling time은 100 m/s이었다.

### 7. 지방산 함량 및 지방산 조성 분석

지방산 분석은 AOAC법(2005)에 준하여 시행하였다. 시료 10 g에 에테르로 추출하여 얻은 지질 25 mg을 0.5 N NaOH-methanol으로 녹인 후 14%  $\text{BF}_3$ -methanol 2 mL를 첨가하고 가열하여 에스테르화하였다. 생성된 지방산 에스테르를 이소옥탄에 녹여 분석시료로 사용하였다. 지방산 조성은 SP<sup>TM</sup> 2560 column(100 m×0.25 mm, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)이 연결된 Gas chromatography(Agilent 6890N/5975 MSD series, Avondale, PA, USA)로 분석하였으며, carrier gas인 helium의 유속은 0.75 mL/min이었다. 시료 주입구 온도는 250°C, 검출기(FID, flame ionization detector) 온도는 285°C로 하였으며, column 온도를 순차적으로 상승시켜 분석하였다. 검출기에서 분석된 데이터는 각 지방산의 메틸에스테르에 대한 결과이므로 해당 지방산으로 전환하기 위하여 FID 전환계수(FID conversion factor, Ri)를 이용하여 산출하였다.

### 8. 베타카로틴 함량 측정

시료 1 g을 30 mL 에탄올에 녹인 후 10% pyrogallol 용액 1 mL와 KOH 용액 3 mL를 가하여 30분 동안 추출하였다. 추출액을 실온에서 냉각한 후 증류수 30 mL를 가하여 에테르층을 분리하고,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 로 탈수시켜 20 mL의 n-hexane에 녹인

액을 분석시료로 사용하였다. Nova-Pak silica column(3.9×150 mm, Waters Co., Milford, MA, USA)이 연결된 Agilent 1100 series HPLC(Agilent Technologies)로 분석하였으며, 이동상은 n-hexane과 isopropyl alcohol(99:1,v/v)의 혼합액으로 분당 1.0 mL로 흘려주었다. 시료 주입량은 20  $\mu\text{L}$ 이었다.

### 9. 비타민 B군 함량 측정

시료 1 g에 75 mM ammonium formate 용액 20 mL를 가하여 pH를 7.0으로 맞춘 후 1시간 동안 추출하였다. 추출액을 2,012 × g에서 15분간 원심분리(1580R, Gyrozen Co. Ltd, Daejeon, Korea)하였으며, 상등액을 0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter(Millipore)로 여과한 후, Luna C<sub>18</sub> column(3.0×150 mm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)이 연결된 HPLC-MS/MS(Agilent 1200 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 이동상은 A용액(5 mM ammonium formate in water)과 B용액(5 mM ammonium formate in methanol)을 이용하여 gradient system(0분: 10% B, 0~8분: 45% B, 8~15분: 10% B)을 사용하였다.

### 10. 비타민 C 함량 측정

비타민 C는 시료 5 g에 5% meta-phosphoric acid 30 mL를 첨가하여 균질화한 후 50 mL까지 정용하였으며, 이를 분석시료로 하였다. Shiseido Capcell Pak C<sub>18</sub> column(4.6×250 mm, Shiseido, Tokyo, Japan)이 연결된 HPLC system(Agilent Technologies)을 사용하였으며, 이동상은 0.05 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 과 acetonitrile을 99:1(v/v)의 비율로 섞어 사용하였다. 유속은 0.9 mL/min으로 유지시켰으며, 검출기는 UV detector(Agilent Technologies)로 254 nm의 파장에서 분석하였다.

### 11. 비타민 E 함량 측정

비타민 E 함량 측정을 위한 시료의 전처리는 베타카로틴과 동일한 방법으로 수행하였다. 분석은 Nova-Pak silica column(Waters Co.)이 연결된 Agilent 1100 series HPLC(Agilent Technologies)를 사용하였으며, 이동상은 hexane과 isopropyl alcohol을 99:1(v/v)의 비율로 섞어 사용하였고, 유속은 0.5 mL/min로 하였다.

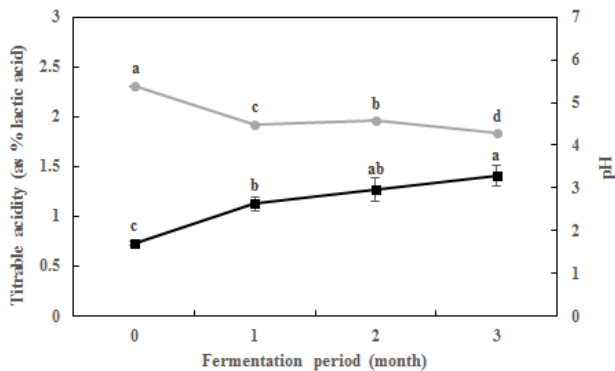
### 12. 통계분석

모든 실험 결과 값은 3반복으로 측정된 값의 평균과 표준편차로 나타내었으며, 통계프로그램 SPSS(Ver.10.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 사용하여 분석하였다. 각 실험군 간 유의차는 one-way ANOVA를 사용하였으며, Duncan's multiple range test를 이용한 사후분석으로  $p<0.05$  수준에서 유의성을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 숙성 중 pH 및 산도 변화

갓김치 숙성 중 pH와 산도는 Fig. 1에 나타내었다. 갓김치의 초기 pH는 5.38로 측정되었으며, 숙성기간이 지남에 따라 점차 감소하여 3개월 이후에는 4.29의 값을 보였다. 반면, 초기 산도는 0.73%로 확인되었으며, 숙성기간이 지남에 따라 점차 증가하여 1.41%의 값을 나타내었다. Park 등(1995a)은 숙성 중 갓김치의 pH 및 적정산도를 측정한 결과, pH가 5.15~5.80일 때, 산도가 0.65~0.74%로 측정되었다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 또한 본 연구 결과는 발효 및 숙성기간에 따른 다양한 김치의 pH와 산도가 pH는 시간이 지남에 따라 감소하고, 산도는 증가하였다는 여러 연구들(Park 등 1995c; Choi 등 2001; Lim 등 2008)과 일치하였다. Mheen & Kwon(1984)은 관능평가를 통해 가장 기호가 높은 배추김치의 pH는 4.2로 확인되었다고 보고하였다. 일반적으로 맛에



**Fig. 1. Changes in the pH (●) and titratable acidity (■) of mustard leaf kimchi during fermentation.** Results are expressed as mean±S.D. of triplicates. Means with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

대한 개인차는 있으나, 이전 연구의 관능평가 결과를 토대로 예상했을 때, 본 연구에서 측정된 3개월 숙성시킨 갓김치의 숙성 정도가 소비자의 기호를 충족시킬 수 있을 것으로 생각 된다.

### 2. 숙성 중 유리당 함량 변화

숙성 중 갓김치의 유리당 함량 변화는 Table 1과 같다. 갓김치의 주요 유리당은 fructose와 glucose로 확인되었으며, 숙성기간이 지남에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 특히 fructose의 함량은 3개월 이후 초기 값의 약 90%가 감소하였으며, glucose의 함량은 fructose보다 변화가 적은 것으로 나타났다. 이는 갓김치가 발효 및 숙성과정에서 일차적으로 fructose를 이용하기 때문에 나타난 결과로 생각된다. Hwang 등(2012)은 홍고추를 첨가한 김치의 숙성 중 품질특성 변화를 측정한 결과, glucose와 fructose가 숙성 중 점차 감소하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였으며, Lee 등(2014) 또한 숙성된 김치의 glucose와 fructose가 숙성되지 않은 김치보다 더 낮게 측정되었다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 이러한 결과는 전복과 다시마 추출물을 첨가한 김치의 발효특성을 연구한 Lim 등(2013)의 결과에서도 확인되었으며, 이는 젖산균과 같은 미생물이 발효과정에서 당을 소비하기 때문인 것으로 생각된다.

### 3. 숙성 중 유기산 함량 변화

유기산은 젖산균의 대사산물로부터 생성되는 물질 중 하나로 맛과 향, 영양적인 측면에서 매우 중요하다. 이에 따라 숙성 중 갓김치의 유기산 함량 변화를 측정하였으며, 결과는 Table 2와 같다. 모든 시료에서 lactic acid가 가장 많이 검출되었으며, 숙성기간이 지남에 따라 급격히 증가하여 초기 값(131.12 mg%)과 3개월 이후 lactic acid 함량(1,509.14 mg%)이 약 12배의 차이를 보였다. Acetic acid 함량은 숙성 전 검출되지 않았으나, 1개월 이후 36.25 mg%로 검출되었으며, 2개월,

**Table 1. Changes in free sugar content of mustard leaf kimchi during fermentation**

Free sugars (% fresh weight)	Fermentation period (month)			
	0	1	2	3
Fructose	1.49±0.05 <sup>1)ab2)</sup>	0.45±0.04 <sup>b</sup>	0.19±0.05 <sup>c</sup>	0.15±0.02 <sup>c</sup>
Glucose	2.87±0.14 <sup>a</sup>	2.30±0.06 <sup>b</sup>	2.14±0.08 <sup>b</sup>	2.23±0.09 <sup>b</sup>
Sucrose	Nd <sup>3)</sup>	Nd	Nd	Nd
Maltose	Nd	Nd	Nd	Nd
Lactose	Nd	Nd	Nd	Nd

<sup>1)</sup> Results are presented as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means with different letters in the same row significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup> Nd, not detected

Table 2. Changes in organic acid content of mustard leaf kimchi during fermentation

Organic acids (mg% fresh weight)	Fermentation period (month)			
	0	1	2	3
Lactic acid	131.12±1.95 <sup>1)(d2)</sup>	630.19±12.68 <sup>c</sup>	1,064.20±8.53 <sup>b</sup>	1,509.14±22.92 <sup>a</sup>
Acetic acid	Nd <sup>3)</sup>	36.25±0.11 <sup>b</sup>	42.93±0.19 <sup>a</sup>	42.64±0.42 <sup>a</sup>
Succinic acid	Nd	Nd	Nd	Nd
Fumaric acid	Nd	Nd	Nd	Nd
Malic acid	Nd	Nd	Nd	Nd

<sup>1)</sup> Results are presented as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means with different letters in the same row significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>3)</sup> Nd, not detected

3개월 이후에는 각각 42.93 mg%, 42.64 mg%의 함량을 보였다. 반면, succinic acid, fumaric acid, malic acid는 검출되지 않았는데, 이는 김치의 주요 유기산이 lactic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, oxalic acid 등 다양하게 검출되었다는 이전 연구들(Hawer 등 1988; Park 등 1995a; Kim 등 1998)과 상이한 것으로 확인되었다. 일반적으로 당을 분해하여 젖산을 생성할 때, 아세트산과 같은 다른 생성물이 동시에 생성되는 발효를 이형젖산발효라고 한다(Kim 등 2005). 따라서 본 연구에서는 젖산 이외에 아세트산도 함께 생성되었으므로 갓김치에서 이형젖산발효가 일어났음을 짐작할 수 있다. 또한 생성된 유기산의 종류가 한정적이고, 타 연구결과와의 차이가 있는 것으로 보아 김치의 유기산 함량과 조성은 김치의 부재료에 따라 달라질 것으로 예상되며, 유기산에 의한 맛과 향미 또한 차이가 있을 것으로 생각된다.

#### 4. 숙성 중 아미노산 함량 변화

숙성 중 갓김치의 아미노산 함량 변화는 Table 3과 같다. 대부분의 아미노산이 숙성기간이 지남에 따라 큰 변화는 없었으나, 초기 값에 비해 3개월 이후 감소하는 경향을 보였다. 반면, alanine, cystine, GABA 등 일부 아미노산들이 숙성 중 유의적으로 증가하였는데, 그중에서도 GABA의 함량이 초기에 비해 약 1.6배 증가하여 3개월 이후 100 g당 0.05 mg의 값을 나타내었다. 이러한 결과는 발효에 의해 GABA의 함량이 증가하였다는 Jeng 등(2007)과 Song 등(2011)의 연구와 일치하였다. GABA는 이노작용 및 혈압저하 외에 뇌의 산소공급량을 증가시킴으로써 뇌세포의 대사기능을 촉진시킨다(Jang 등 2016). 인체 내 성장호르몬을 증가시키며, 혈중 콜레스테롤 및 중성지방을 억제하는 효과도 지니고 있다(Kang & Oh 2007). 이에 따라 숙성된 갓김치는 숙성 중 생성된 GABA의 영향으로 다양한 약리효과를 나타낼 것으로 생각된다. 아미노산 중 가장 높은 함량을 차지하고 있는 아미노산은 glutamic acid로 확인되었다. 이러한 결과는 갓 자체의 주요 아미노산

인 glutamic acid 때문인 것으로 생각되며(Cho 등 1993), 갓김치의 아미노산을 측정된 결과, glutamic acid가 다른 아미노산에 비해 다량 함유되어 있었다는 Oh 등(2015)의 연구결과와 일치하였다.

#### 5. 숙성 중 무기질 함량 변화

Table 4는 숙성 중 갓김치의 무기질 함량 변화를 나타낸 결과이다. 모든 무기질의 함량이 숙성 중 큰 변화를 보이지 않았으나, 칼륨과 아연을 제외한 모든 무기질의 함량이 2개월째 가장 높았으며, 숙성기간에 따른 변화추이는 정확히 판단하기 어려웠다. 갓김치는 구리를 제외한 다양한 무기질을 고루 함유하고 있었으며, 특히 칼륨과 나트륨이 가장 많은 함량을 차지하고 있었다. 또한 칼슘 함량이 87.70~102.01 mg%로 측정되어 숙성 중 갓김치의 칼슘 함량을 측정된 결과, 30.03~53.15 mg% 범위로 조사되었다는 Park 등(1995b)의 연구와 차이를 보였다. 나트륨은 숙성 중 유의적으로 증가하였으나, 2개월 이후 일정하게 유지되었는데, 이는 숙성 중 갓김치의 나트륨 함량이 유의적인 차이를 보이지 않았다는 Jung 등(2010)의 연구결과와 다소 차이를 보였으며, 김치의 숙성과정 중 나트륨과 칼륨의 함량 변화가 크게 나타났다는 Kim & Lee(1999)의 연구결과와 일부 상응하는 것으로 확인되었다. 일반적으로 무기질은 숙성 시 미생물의 먹이가 되어 숙성기간이 지남에 따라 감소한다고 알려져 있다(Guo 등 2010). 그러나 숙성과정 중 채소의 세포벽 등 식이섬유와 결합하고 있던 무기질이 용출되면 오히려 숙성시간이 지남에 따라 증가하기도 한다고 한다(Hong 등 2012). 이에 따라 본 연구에서는 숙성기간 별 무기질 함량의 변화가 일정하게 나타나지는 않았지만, 2개월 숙성시킨 갓김치의 무기질 함량이 가장 높게 나타난 것으로 보아 2개월의 숙성시기가 다양한 무기질을 섭취하는데 적합할 것으로 생각된다.

#### 6. 숙성 중 지방산 함량 및 조성 변화

**Table 3. Changes in amino acid content of mustard leaf kimchi during fermentation**

Amino acids (mg/100 g fresh weight)		Fermentation period (month)			
		0	1	2	3
Essential amino acid	Threonine	0.06±0.00 <sup>1)a2)</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>
	Valine	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>ab</sup>
	Methionine	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>
	Isoleucine	0.05±0.00 <sup>ab</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>
	Leucine	0.10±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.00 <sup>a</sup>
	Phenylalanine	0.06±0.00 <sup>ab</sup>	0.06±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>bc</sup>
	Lysine	0.09±0.00 <sup>b</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>c</sup>
	Tryptophan	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>c</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>
Total essential amino acid		0.47±0.01 <sup>b</sup>	0.46±0.00 <sup>c</sup>	0.51±0.00 <sup>a</sup>	0.40±0.01 <sup>d</sup>
Non- essential amino acid	Aspartic acid	0.18±0.01 <sup>a</sup>	0.17±0.00 <sup>b</sup>	0.15±0.00 <sup>c</sup>	0.13±0.00 <sup>d</sup>
	Serine	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>
	Glutamic acid	0.38±0.01 <sup>a</sup>	0.34±0.00 <sup>c</sup>	0.31±0.00 <sup>bc</sup>	0.35±0.00 <sup>b</sup>
	Proline	0.05±0.00 <sup>ns3)</sup>	0.05±0.01	0.06±0.00	0.05±0.00
	Glycine	0.07±0.00 <sup>ab</sup>	0.06±0.00 <sup>b</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>ab</sup>
	Alanine	0.09±0.00 <sup>c</sup>	0.07±0.00 <sup>d</sup>	0.12±0.00 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>
	Cystine	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>
	Tyrosine	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>b</sup>
	Histidine	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>
	Arginine	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>
Total non-essential amino acid		0.96±0.00 <sup>a</sup>	0.85±0.00 <sup>c</sup>	0.89±0.00 <sup>b</sup>	0.90±0.00 <sup>b</sup>
Extra amino acid	Taurine	0.01±0.00 <sup>ab</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>ab</sup>	0.01±0.00 <sup>ab</sup>
	GABA	0.03±0.00 <sup>c</sup>	0.03±0.00 <sup>c</sup>	0.03±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>
Total extra amino acid		0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>
Total amino acid		1.48±0.02 <sup>a</sup>	1.35±0.00 <sup>c</sup>	1.47±0.01 <sup>b</sup>	1.36±0.02 <sup>c</sup>
Total EAA <sup>4)</sup> / Total AA <sup>5)</sup> (%)		4.49±0.09 <sup>c</sup>	4.72±0.03 <sup>b</sup>	4.84±0.04 <sup>a</sup>	4.09±0.06 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Results are presented as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means with different letters in the same row significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>3)</sup> ns, not significant

<sup>4)</sup> EAA, essential amino acid

<sup>5)</sup> AA, amino acid

**Table 4. Changes in mineral composition of mustard leaf kimchi during fermentation**

Nutrients		Fermentation period (month)			
		0	1	2	3
Mineral composition (mg/100 g fresh weight)	Ca	93.59±2.01 <sup>1)b2)</sup>	87.70±0.91 <sup>c</sup>	102.01±0.51 <sup>a</sup>	90.01±0.26 <sup>c</sup>
	Cu	Nd <sup>3)</sup>	Nd	Nd	Nd
	Fe	0.74±0.00 <sup>ab</sup>	0.72±0.02 <sup>b</sup>	0.86±0.09 <sup>a</sup>	0.84±0.10 <sup>a</sup>
	K	279.25±4.32 <sup>b</sup>	245.00±3.36 <sup>c</sup>	302.21±1.90 <sup>a</sup>	309.54±1.15 <sup>a</sup>
	Mg	47.14±0.81 <sup>b</sup>	42.32±0.91 <sup>c</sup>	49.86±0.32 <sup>a</sup>	49.73±0.18 <sup>a</sup>
	Na	859.13±12.82 <sup>c</sup>	886.34±5.47 <sup>b</sup>	903.19±6.01 <sup>a</sup>	900.62±1.70 <sup>a</sup>
	Zn	0.38±0.00 <sup>b</sup>	0.37±0.00 <sup>c</sup>	0.38±0.00 <sup>b</sup>	0.41±0.01 <sup>a</sup>
	Se	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>ab</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Results are presented as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means with different letters in the same row significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>3)</sup> Nd, not detected

숙성 중 갓김치의 지방산 함량 및 조성을 나타낸 결과는 Table 5와 같다. 갓김치에는 포화지방산보다 불포화지방산이 더 높게 함유되어 있었으며, 총 지방산 함량은 숙성 1개월 이후 유의적으로 감소하였다. 갓김치의 주요 지방산은 linoleic acid로 확인되었으며, linolenic acid와 palmitic acid 함량 또한 높은 것으로 측정되었다. Linoleic acid와 linolenic acid는 각각 오메가 6, 3계의 불포화지방산이자 필수지방산으로 동맥경화, 골다공증, 비만, 면역반응에 효과적인 물질이다(Riemersma 등 1986; Calder 2001; Sun 등 2003; Thies 등 2003). 이러한 결과는 갓김치의 주재료인 갓의 주요 지방산인 linoleic acid와 linolenic acid에 기인한 결과로 생각되며, 이는 김치의 종류에 따라 즉, 주재료와 부재료의 종류가 다르면 지방산의 함량과 조성도 달라질 수 있음을 말해준다.

### 7. 숙성 중 비타민 함량 변화

숙성 중 갓김치의 비타민 함량 변화는 Table 6과 같다. 비타민 B<sub>12</sub>와 비타민 C를 제외한 베타카로틴, 비타민 B군과 비

타민 E가 검출되었으며, 비타민 B<sub>2</sub>를 제외한 나머지 성분에서 숙성기간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다. 특히 비타민 B군의 함량이 유의적으로 감소하여 초기 값에 비해 숙성 후 현저히 적은 함량을 나타내었으며, 이는 숙성 중 세포막의 파괴로 인한 성분의 이동이 자유롭게 일어나면서 수용성 비타민이 용출되어 갓김치 자체 비타민의 함량이 줄어든 것으로 생각된다(Park 등 1995c). 베타카로틴과 비타민 B<sub>2</sub>는 숙성 초기에 감소하는 경향을 보이다가 2개월 이후 각각 22.57 µg/100 g, 0.29 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 비타민 E는 숙성 2개월까지 약간씩 증가하였으나 유의적인 차이가 없었고, 3개월 이후 1.04 mg/100 g으로 크게 감소되었다. 이상의 결과, 검출되지 않은 비타민의 경우 갓김치의 전처리 과정 중 손실로 인한 결과로 생각되며, 숙성 중 감소한 비타민의 경우에는 발효에 의해 생성된 산이 비타민 함량에 영향을 주었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 김치의 숙성과정 중에 일어나는 비타민의 변화양상이 김치의 재료와 발효 조건 및 환경에 따른 미생물의 변화에 따라 달라지는 것으로

**Table 5. Changes in fatty acid component of mustard leaf kimchi during fermentation**

Fatty acids (mg/100 g fresh weight)	Fermentation period (month)			
	0	1	2	3
Myristic acid (C14:0)	5.80±0.42 <sup>1)ns2)</sup>	6.21±0.47 <sup>a</sup>	5.16±0.09 <sup>b</sup>	5.10±0.18 <sup>b</sup>
Palmitic acid (C16:0)	108.71±3.33 <sup>a</sup>	108.40±2.30 <sup>a</sup>	100.10±1.25 <sup>b</sup>	98.14±1.08 <sup>b</sup>
Margaric acid (C17:0)	0.91±0.05 <sup>a</sup>	0.86±0.05 <sup>ab</sup>	0.85±0.02 <sup>ab</sup>	0.81±0.01 <sup>b</sup>
Stearic acid (C18:0)	17.95±0.73 <sup>a</sup>	18.20±0.60 <sup>a</sup>	16.21±0.29 <sup>b</sup>	16.38±0.08 <sup>b</sup>
Arachidic acid (C20:0)	2.90±0.08 <sup>a</sup>	2.97±0.10 <sup>a</sup>	2.50±0.11 <sup>b</sup>	2.46±0.02 <sup>b</sup>
Behenic acid (C22:0)	2.49±0.12 <sup>a</sup>	2.46±0.16 <sup>a</sup>	2.22±0.04 <sup>b</sup>	2.17±0.05 <sup>b</sup>
Lignoceric acid (C24:0)	3.27±0.17 <sup>a</sup>	3.04±0.13 <sup>ab</sup>	2.95±0.05 <sup>b</sup>	2.82±0.05 <sup>b</sup>
Palmitoleic acid (C16:1)	4.09±0.18 <sup>b</sup>	4.38±0.21 <sup>a</sup>	3.66±0.04 <sup>c</sup>	3.74±0.08 <sup>d</sup>
Oleic acid (C18:1)	79.87±1.77 <sup>a</sup>	77.37±1.24 <sup>ab</sup>	75.01±0.90 <sup>bc</sup>	71.81±1.43 <sup>c</sup>
Linoleic acid (C18:2, n-6)	361.67±20.95 <sup>ab</sup>	383.83±19.65 <sup>a</sup>	320.38±7.86 <sup>b</sup>	347.82±5.52 <sup>b</sup>
Linolenic acid (C18:3, n-3)	151.02±13.19 <sup>a</sup>	128.58±11.36 <sup>b</sup>	148.63±3.15 <sup>a</sup>	121.13±4.63 <sup>b</sup>
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.78±0.01 <sup>b</sup>	0.90±0.02 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>bc</sup>	0.73±0.03 <sup>c</sup>
EPA (C20:5, n-3)	1.20±0.09 <sup>b</sup>	1.75±0.20 <sup>a</sup>	1.01±0.02 <sup>b</sup>	1.23±0.24 <sup>b</sup>
DHA (C22:6, n-3)	3.29±0.21 <sup>b</sup>	3.93±0.16 <sup>a</sup>	2.83±0.03 <sup>c</sup>	3.00±0.07 <sup>c</sup>
Nervonic acid (C24:1)	0.93±0.07 <sup>a</sup>	0.86±0.05 <sup>b</sup>	0.85±0.01 <sup>b</sup>	0.91±0.13 <sup>a</sup>
Total SFA <sup>4)</sup>	142.03±4.64 <sup>a</sup>	142.14±0.54 <sup>a</sup>	129.97±0.29 <sup>b</sup>	127.88±0.25 <sup>b</sup>
Total UFA <sup>5)</sup>	602.86±7.34 <sup>a</sup>	601.60±7.60 <sup>a</sup>	553.08±2.28 <sup>b</sup>	550.35±2.74 <sup>b</sup>
Total UFA / Total SFA	0.59±0.02ns <sup>3)</sup>	0.59±0.02	0.60±0.01	0.60±0.01

<sup>1)</sup> Results are presented as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means with different letters in the same row significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>3)</sup> ns, not significant

<sup>4)</sup> SFA, saturated fatty acid

<sup>5)</sup> UFA, unsaturated fatty acid

Table 6. Changes in vitamin content of mustard leaf kimchi during fermentation

Vitamins	Fermentation period (month)			
	0	1	2	3
β-Carotene (μg/100 g FW)	20.58±0.12 <sup>1) b2)</sup>	16.90±0.34 <sup>c</sup>	22.57±0.16 <sup>a</sup>	17.62±0.20 <sup>c</sup>
B <sub>1</sub> (thiamin) (mg/100 g FW)	0.23±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>c</sup>	0.02±0.00 <sup>c</sup>
B <sub>2</sub> (riboflavin) (mg/100 g FW)	0.22±0.00 <sup>c</sup>	0.21±0.00 <sup>d</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>b</sup>
B <sub>3</sub> (niacin) (mg/100 g FW)	0.09±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>bc</sup>	0.01±0.00 <sup>c</sup>
B <sub>5</sub> (pantothenic acid) (mg/100 g FW)	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>
B <sub>6</sub> (pyridoxine) (mg/100 g FW)	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>c</sup>	0.01±0.00 <sup>c</sup>
B <sub>12</sub> (cyanocobalamin) (mg/100 g FW)	Nd <sup>3)</sup>	Nd	Nd	Nd
C (ascorbic acid) (mg/100 g FW)	Nd	Nd	Nd	Nd
E (tocopherol) (mg/100 g FW)	1.54±0.10 <sup>a</sup>	1.60±0.04 <sup>a</sup>	1.62±0.00 <sup>a</sup>	1.04±0.13 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Results are presented as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means with different letters in the same row significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup> Nd, not detected

보아(Lee 등 1989) 숙성 중 비타민의 함량은 숙성 초기부터 계속 저하되거나, 숙성 초기에는 함량이 증가하다가 적숙기 이후부터 감소하는 등 다양한 연구결과를 초래할 수 있을 것으로 예상된다.

### 요약 및 결론

본 연구에서는 시중에서 판매되고 있는 갯김치의 숙성기간에 따른 여러 가지 영양성분과 이화학적 특성 변화를 조사하였다. 숙성 중 갯김치의 pH는 감소하였으며, 산도는 증가하는 경향을 보였다. 갯김치의 주요 유리당은 fructose와 glucose로 확인되었으며, 이들의 함량은 숙성 중 유의적으로 감소하여 3개월 이후에는 초기 값의 약 10~80%로 확인되었다. 유기산 중 lactic acid 함량은 숙성기간이 지남에 따라 증가하여 3개월 이후 가장 높은 값을 나타내었으며, 아미노산은 다양하게 검출되었으나, 숙성 중 큰 변화를 보이지 않았다. 모든 무기질의 함량이 숙성 중 큰 변화를 보이지 않았으나, 칼륨과 아연을 제외한 대부분의 무기질 함량이 2개월째 가장 높았다. 갯김치에는 포화지방산보다 불포화지방산이 더 높게 함유되어 있었으며, 총 지방산 함량은 숙성 2개월 이후 유의적으로 감소하였다. 숙성 중 갯김치의 비타민 함량은 대부분 감소하는 경향을 보였으며, 특히 비타민 B<sub>2</sub>를 제외한 B군의 함량이 유의적으로 감소하여 초기 값에 비해 3개월 이후 현저히 적은 값을 나타내었다. 이상의 결과, 갯김치의 영양성분 및 이화학적 특성은 숙성 중 다양한 변화를 보임으로써 숙성기간별 영양성이 달라질 것으로 생각되며, 이러한 연구결과는 시중에서 판매되고 있는 김치의 영양학적 정보를 제공하고, 적정 숙성기간을 설정하는데 기초자료로 활용될 수 있을

것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 2016년도 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ101084603)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### References

- AOAC. 2005. The Association Official Methods of Analysis. 18th ed
- Calder PC. 2001. Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and immunity. *Lipids* 36:1007-1024
- Cho YS, Park SK, Chun SS, Moon JS, Ha BS. 1993. Proximate, sugar and amino acid compositions of Dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*). *J Kor Soc Food Nutr* 22:48-52
- Choi YS, Hwang JH, Kim JI, Jeon YS, Cheigh HS. 2000. Antioxidative activity of mustard leaf kimchi with optional ingredients. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:1003-1008
- Choi YY, Yoo EJ, Lim HS, Kang DS, Nishizawa N, Choi MR. 2001. The relationship between physiological activity and cell number in Dolsan leaf mustard kimchi (*Brassica juncea*). *J Food Sci Nutr* 6:117-121
- Guo JY, Han CC, Liu YM. 2010. A contemporary treatment approach to both diabetes and depression by *Cordyceps sinensis*, Rich in Vanadium. *eCAM* 7:387-389
- Hawer WD, Ha JH, Seog HM, Nam YJ, Shin DW. 1988. Changes in the taste and flavour compounds of kimchi during fer-



- mentation. *Korean J Food Sci Technol* 20:511-517
- Hong JY, Nam HS, Yoon KY, Shin SR. 2012. Physicochemical properties and nutritional components of fermented black jujube. *Korean J Food Preserv* 19:243-248
- Hwang IG, Kim HY, Hwang Y, Jeong HS, Lee JS, Kim HY, Yoo SM. 2012. Changes in quality characteristics of kimchi added with the fresh red pepper (*Capsicum annum* L.). *Kor J Food Cookery Sci* 28:167-174
- Jang DJ, Chung KR, Yang HJ, Kim KS, Kwon DY. 2015. Discussion on the origin of kimchi, representative of Korean unique fermented vegetables. *J Ethn Foods* 2:126-136
- Jang HL, Yoo M, Nam JS. 2016. Comparison of nutritional compositions between amaranth baby-leaves cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:980-989
- Jeng KC, Chen CS, Fang YP, Hou R CW, Chen YS. 2007. Effect of microbial fermentation on content of statin, GABA, and polyphenols in Pu-Erh tea. *J Agric Food Chem* 55:8787-8792
- Jung BM, Jung SJ, Kim ES. 2010. Quality characteristics and storage properties of *gat* kimchi added with oyster shell powder and *Salicornia herbacea* powder. *Korean J Food Cookery Sci* 26:188-197
- Kang TJ, Oh SH. 2007. GABA Production and Use. pp.1-18. BRIC BioWave
- Kim JH. 2013. A study on kimchi consumption pattern and consumer's perception about the functional kimchi in Seoul and Gyeonggi-do areas. *J Korean Soc Food Cult* 28:480-487
- Kim SD, Hawer WD, Jang MS. 1998. Effect of fermentation temperature on the free sugar, organic acid and volatile compounds of *Kakdugi*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:16-23
- Kim YH, Kim HZ, Kim JY, Choi TB, Kang SM. 2005. Strain improvement of *Leuconostoc mesenteroides* as a acid-resistant mutant and effect on kimchi fermentation as a starter. *Kor J Microbiol Biotechnol* 33:41-50
- Kim YK, Lee GC. 1999. Contents of pectic substance and minerals and textural properties of leek added kimchi during fermentation. *Korean J Soc Food Sci* 15:258-263
- Kim YT, Kim BK, Park KY. 2007. Antimutagenic and anticancer effects of leaf mustard and leaf mustard kimchi. *Prev Nutr Food Sci* 12:84-88
- Lee KJ, Sung JM, Kwon YS, Chung H. 2014. Effects of cultured wild-ginseng root and xylitol on fermentation of kimchi. *Prev Nutr Food Sci* 19:49-57
- Lee SK, Shin MS, Jhong DK, Hong YH, Lim HS. 1989. Changes of kimchis contained different garlic contents during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 21:68-74
- Lim HS, Park KO, Nishizawa N, Bae SO, Choi MR. 2008. Cytotoxicity of extracts from Dolsan leaf mustard kimchi treated with lactic acid bacteria on lung and gastric cancer cells. *Biotechnol Bioprocess Eng* 13:174-181
- Lim JH, Park SS, Jeong JW, Park KJ, Seo KH, Sung JM. 2013. Quality characteristics of kimchi fermented with abalone or sea tangle extracts. *Prev Nutr Food Sci* 42:450-456
- Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Kor J Food Sci Technol* 16:443-450
- Oh SK, Kim KW, Park WM, Kim NH, Bae SO, Choi MR. 2015. Quality characteristics of Dolsan leaf mustard kimchi added with seasoning of sea tangle and *Lentinus edodes*. *J Life Sci* 25:557-567
- Park SK, Cho YS, Park JR, Moon JS, Lee YS. 1995a. Changes in the contents of sugar, organic acid, free amino acid and nucleic acid-related compounds during fermentation of leaf mustard-kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24:48-53
- Park SK, Chun SS, Cho YS, Moon JS, Choi JS, Lee SW. 1995b. Changes in mineral, pigment, texture, sensory score and microflora during fermentation of Gat (leaf mustard)-kimchi. *Kor J Post-Harvest Sci Technol Agri Products* 2:131-138.
- Park SS, Jang MS, Lee KH. 1995c. Effect of fermentation temperature on the physicochemical properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi during various storage days. *J Korean Soc Food Nutr* 24:752-757
- Riemersma RA, Wood DA, Butler S, Elton RA, Oliver M, Salo M, Nikkari T, Vartiainen E, Puska P, Gey F, Rubba P, Mancini M, Fidanza F. 1986. Linoleic acid content in adipose tissue and coronary heart disease. *Br Med J* 292:1423-1427
- Song HJ, Lee HJ. 2014. Consumption of kimchi, a salt fermented vegetable, is not associated with hypertension prevalence. *J Ethn Foods* 1:8-12
- Song HS, Kim HK, Min HO, Choi JD, Kim YM. 2011. Changes in physicochemical and sensory properties of *Hizikia fusiforme* water extract by fermentation of lactic acid bacteria. *Kor J Fish Aquat Sci* 44:104-110
- Sun D, Krishnan A, Zaman K, Lawrence R, Bhattacharya A, Fernandes G. 2003. Dietary n-3 fatty acids decrease osteoclastogenesis and loss of bone mass in ovariectomized mice. *J Bone Miner Res* 18:1206-1216

Thies F, Garry JM, Yaqoob P, Rerkasem K, Williams J, Shearman CP, Gallagher PJ, Calder PC, Grimble RF. 2003. Association of n-3 polyunsaturated fatty acids with stability of atherosclerotic plaques: A randomised controlled trial. *Lancet*

361:477-485

---

Received 05 August, 2016  
Revised 05 October, 2016  
Accepted 12 October, 2016