

조리방법에 따른 고추의 향기성분 변화

권세영¹, 김가연¹, 이현주², 박청우¹, 지용수¹, 박은희^{3*}

¹㈜메타스크린 연구원, ²춘천바이오산업진흥원 기술개발팀 주임연구원, ³㈜메타스크린 대표

Changes in Volatile Compounds in Korean Red Pepper by six Cooking Methods

Se-Young Kwun¹, Ga-Yeon, Kim¹, Hyeon-Ju Lee², Chung-Woo Park¹, Yong-Su Ji¹, Eun-Hee Park^{3*}

¹Researcher, Research and Development Institute, Metascreen Inc., Chuncheon 24341, Korea

²Deputy Section Chief, Research and Development team, Chuncheon Bioindustry Foundation, Chuncheon 24232, Korea

³CEO, Research and Development Institute, Metascreen Inc., Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: Eun-Hee Park (E-mail: metascreen@naver.com)

ABSTRACT

Received: 3 December 2021

Revised: 23 December 2021

Accepted: 24 December 2021

This study analysis the volatile compounds of Korean red pepper by six cooking methods, such as drying, frying, steaming, boiling, stir-frying, and baking. Volatile compounds were detected by GC-TOF/MS, and their profiles were compared using multivariate Analysis of Principal Components (PCA). The volatile compounds of control and baking pepper showed a different component distribution than boiling, drying, roasting, and steaming pepper, which showed similar component distribution. Among these, 19 major compounds such as 2-methoxy-4-vinylphenol, 2-furanmethanol, 5-hydroxymethylfurfural, and benzeneethanol, showed various results depending on the cooking method. This study is expected to improve the utilization of Korean red pepper by considering the characteristics of the processing method during product development.

Keywords: Chili, GC-TOF/MS, Korean red pepper, Volatiles compounds

서론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 잎과 열매를 가식부위로 하는 식품으로 Pepper, Cayenne, Capsicum, Chili pepper, Red pepper, Tabasco의 이명을 가지고 있으며(Basu and De, 2003), 한국의 대표적인 매운맛을 내는 식재료로 김치, 고추장 등에 사용되고 있다(Jeong et al., 2005). 가지과에 속하는 작물로 우리나라와 같은 온대지방에서는 1년생 작물에 속하는 향신료이다(Lee et al., 2006). 고추는 한국의 고유 식품인 김치, 고추장 등의 주원료로 2020년 통계청 발표에 따르면, 연간 약 6만 톤 가량 생산되는 주요 작물이다(Kim et al., 2021).

고추의 독특한 매운맛은 capsaicinoid계 물질로, capsaicin과 dihydrocapsaicin이 주성분으로 보고되어 있다(Chai et al., 1994). Capsaicin은 혈중 지질개선, 콜레스테롤 저하, 식욕 증진 등의 효과가 보고되었고(Tsuchiya, 2001; Yu et



al., 1996), capsaicinoids는 식품의 풍미와 밀접한 연관이 있으며, 관절염, 신경통, 피부 건선 등 다양한 생리활성 효과가 연구되어 고추 품질의 중요한 요소로 이용되고 있다(Gang et al., 2008; Zhang and Li, 1994).

고추는 capsaicinoid계 물질 뿐만 아니라 당, 유리아미노산, 비타민 C 등을 함유하고 있으며 이 외에도 quinic acid, citric acid 등의 유기산을 포함하고 있다(Chai et al., 1994; Ham et al., 1999). 이러한 성분들은 조리하는 과정에서 변화하며 조리방법에 따라 영향을 받을 수 있다. 기존 연구에서 고추의 조리방법에 따라 비타민 E, 비타민 A의 함량 차이가 보고된 바 있다. 비타민 E의 경우 찢고추를 튀기거나, 로스팅한 홍고추에서 가장 높은 함량을 나타냈으며(Kim et al., 2017), 비타민 A는 조리법에 따라 40 - 90%가 감소하는 결과를 보였다(Choi, 2006). 고추를 고온 가열하여 조리할 때 capsaicin은 열에 안정하였으며, 100 - 150°C의 가열 조리 후에도 잔존율이 70% 이상이였다(Choi and Ha, 1994). 마쇄한 홍고추의 냉동 및 해동 온도에 따른 품질 특성을 살펴보면 비타민 C의 함량은 감소하는 경향을 나타냈으며, capsaicinoids 및 유리당 함량은 큰 차이를 나타내지 않아 온도에 따른 영향이 적은 것으로 확인되었다(Hwang et al., 2012).

식품의 향미는 가공식품 개발 시 소비자 기호에 영향을 주며, 제품 품질에 중요한 영향을 미친다. 이전 연구에 따르면, 건조고추의 품질을 평가하기 위하여 향기성분 변화를 분석한 바 있으며 이를 통해 품질적으로 사용할 수 있을 것으로 제안하였다(Joo et al., 1995). 고추의 가공 제품인 고추장을 위주로 연구(Choi et al., 1997; Hong et al., 2013)가 이루어지고 있으나, 현대 식생활에서 다양하게 사용되고 있는 고추 조리 방법에 따른 향기 분석에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고추의 6가지 조리방법(굽기, 끓이기, 튀기기, 열풍건조, 찌기, 볶기)에 따른 향기 성분의 변화 특성을 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

고추의 조리법

본 실험에 사용된 고추는 2019년에 강원도 춘천에서 생산된 만점 품종의 고추를 사용하였으며, 씨앗과 꼭지를 제거하여 약 1 cm 크기로 절단하고 세척한 후 사용하였다. 물기를 제거한 고추는 Table 1과 같이 굽기(baking), 끓이기(boiling), 튀기기(frying), 열풍건조(drying), 찌기(steaming), 볶기(stir-frying)의 방법으로 조리하였다. 조리과정에서 물 또는 기름을 사용한 경우, 물과 기름에서 고추를 건진 후 즉시 다음 단계를 진행하였다. 각각의 조리된 고추는 1:4 비율로 물을 첨가한 후, 70°C에서 4시간 동안 추출하였다. 이후 고형분을 제거한 액상을 5 mL 취한 후 headspace vial(Agilent, USA)에 옮겨 cap으로 밀봉한 후 24시간 내 분석을 진행하였다.

Table 1. The cooking methods condition for Korean red pepper

Cooking method	Condition
Control(Raw)	-
Baking	Baking for 15 min in an oven preheated to 200°C
Boiling	Boiling in the water at 100°C for 10 min
Frying	Frying for 1 min in soybean oil preheated to 180°C
Drying	Drying for 24 hr in air dryer preheated to 70°C
Steaming	Steaming in hot water for 15 min
Stir-frying	Frying in a lightly soybean oiled pan for 10 min

향기성분 분석

고추의 향기성분 포집은 65 μm PDMS/DVB/CAR로 코팅된 SPME fiber를 이용하여 분석하였다. 시료는 headspace vial에 넣어 40°C에서 30분 동안 예열한 후 SPME fiber에 1분 동안 휘발성분을 포집하였다. 휘발성 성분 분석을 위해 비행시간형 질량분석기(TOF/MS, Pegasus HT, Leco, USA)가 장착된 기체 가스크로마토그래피(GC, 7890A, Agilent, USA)를 사용하였다. 컬럼은 RTS-5sil MS 컬럼(30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm film thickness, Restek, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 50°C에서 1분간 유지한 후 280°C까지 분당 25°C의 속도로 증가시킨 후, 5분간 유지하였다. 주입구와 검출기는 각각 250°C로 설정하였으며 운반 기체는 헬륨(He)을 사용하였고, 유량(flow rate)은 1.0 mL/min로 하여 split mode(split ratio = 10:1)로 분석하였다. GC/MS에 의해 분리된 각 peak의 질량분석은 Wiley/NIST data library와 비교하여 동정하였다.

통계분석

SIMCA(v14, Sweden)프로그램을 이용하여 주성분다변량 분석(Principle Component Analysis, PCA)을 수행하였다.

결론

조리방법에 따른 향기성분 분석 결과

고추의 조리방법에 따른 향기성분의 차이를 알아보기 위하여 GC-MS/TOF를 이용하여 향기성분을 분석하였다. 조리하

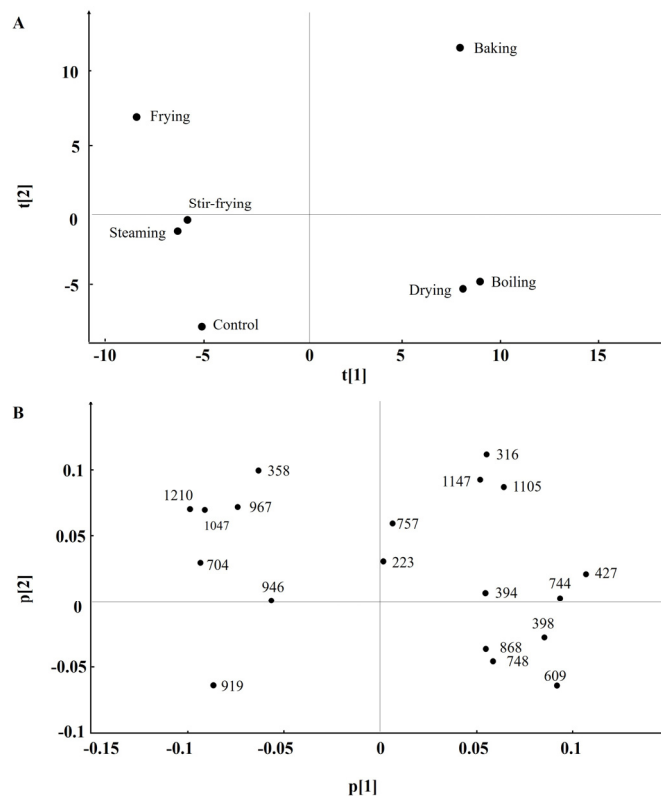


Fig. 1. Principle component plot of cooking method(A) and major volatile compounds(B) of Korean red pepper through GC-MS/TOF.

지 않은 고추(대조구, control)에서는 171 종의 휘발성 향기성분이 검출되었으며, 열풍건조 고추(drying)는 272 종으로 가장 다양한 향기성분이 나타났고, 찐 고추(steaming)는 259 종으로 대조구(control)와 비교하여 조리한 고추에서 향기성분의 종류가 증가하는 것으로 나타났다. 그 중에서도 구운 고추(baking)가 대조구와 가장 상이한 향기성분을 나타냈으며, 볶은 고추(stir-frying)와 찐 고추(steaming), 데친 고추(boiling)와 건조 고추(drying)는 각각 유사한 향기성분 분포를 나타냈다. 구운 고추(baking)와 튀긴 고추(frying)의 경우, 대조구와 비교하여 가장 유의적인 성분 변화를 나타냈다(Fig. 1A).

고추의 휘발성 향기성분 특징

여섯 가지의 조리법에 따른 고추의 휘발성 향기성분 분석 결과 중 유의적인 차이를 나타낸 19가지의 주요 성분을 Table 2에 정리하였다. 오븐에서 구운 고추(baking)의 경우, 다른 시료들과 비교하여 2,3-Octanedione(316)이 10배 이상 높은 함량으로 나타나 주성분으로 확인할 수 있었다. 2,3-Octanedione(316)은 요리된 아스파라거스와 버섯 스프에서 분석되어 보고되었으며(Li et al., 2011; Ulrich et al., 2001), 구운 고추(baking)에서도 조리로 인해 생성된 물질로 사료된다.

또한, 구운 고추(baking)에서는 n-hexadecanoic acid(1105)와 oleic acid(1147)가 높은 함량으로 나타났다. n-hexadecanoic acid 와 oleic acid는 고추의 지질성분을 이루는 주요 지방산 성분으로 보고(Joo et al., 1995)된 바 있는데 본 연구결과에서는 굽기를 통한 조리를 통해 증가되는 것으로 판단된다. 반면 eicosane(919)의 경우, 대조구 고추에서는 높은 함량으로 분석되었지만 찐 고추(steaming), 볶은 고추(stir-frying), 튀긴 고추(frying)에서 감소하였으며,

Table 2. Comparison of major flavor compounds by six cooking method

No	Compound	R.T	Area						
			Control	Boiling	Steaming	Baking	Stir-frying	Frying	Drying
394	2-Furancarboxaldehyde	2:50	0	5,139,901	0	1,161,471	0	1,929,837	0
398	2-Furanmethanol	3:08	0	5,536,064	0	1,037,794	0	0	805,760
1210	Methional	3:19	0	0	2,038,577	744,500	1,959,452	1,892,593	0
704	Benzaldehyde	3:45	0	0	4,679,513	0	4,254,201	4,554,320	1,381,593
967	2-Pentylfuran	3:55	0	0	362,626	251,753	1,730,385	5,554,125	0
358	2-Acetylthiazole	4:09	0	0	463,171	316,816	242,012	322,962	0
223	2-Ethyl-1-Hexanol	4:10	0	0	108,103	142,134	254,838	0	132,716
1047	L-Limonene	4:13	0	90,068	0	0	861,342	251,275	0
744	Benzeneacetaldehyde	4:20	18,210	9,157,858	4,024,636	9,223,818	1,226,346	6,378,131	20,094,782
316	2,3-Octanedione	4:24	0	0	0	584,950	33,194	45,399	0
946	1-Phenyl-ethanone	4:30	175,705	0	0	87,399	161,197	57,753	0
748	Benzeneethanol	4:49	0	0	59,372	0	0	0	2,389,388
757	Benzoic acid	5:06	0	0	744,933	554,513	0	0	119,807
609	5-Hydroxymethylfurfural	5:29	0	41,165,182	2,393,046	838,753	0	0	29,526,631
427	2-Methoxy-4-vinylphenol	6:00	0	1,042,787	0	1,778,623	0	380,356	2,612,970
919	Eicosane	7:23	1,799,427	0	835,591	0	43,563	387,516	0
868	Decanoic acid	8:32	72,560	193,647	52,512	68,207	40,517	0	0
1147	Oleic acid	8:53	0	0	0	136,758	0	98,050	124,004
1105	n-Hexadecanoic acid	8:57	0	0	2,168,098	6,691,209	187,508	1,751,260	4,942,897

구운고추(baking), 건조 고추(drying)에서는 검출되지 않은 것으로 보아 조리과정에서 감소되는 것으로 사료된다.

끓인 고추(boiling)의 향기성분 분석 결과, 5-hydroxymethylfurfural(609)이 주성분으로 분석되었다. 5-Hydroxymethylfurfural(609)은 환원당이 탈수반응에 의해 형성되는 성분으로는 찐 고추(steaming), 건조고추(drying)에서도 분석되었다. 달콤한 향을 나타내는benzaldehyde(704)는 찐 고추(steaming), 볶은 고추(stir-frying), 튀긴 고추(frying) 분석시료에서 검출된 반면, 대조구 고추에서는 분석되지 않았다. 튀기기, 볶기, 찌기와 같은 조리과정이 고추의 달콤한 향을 증가시키는 것으로 판단된다.

2-Furanmethanol(398)은 끓인 고추(boiling)에서 가장 높은 함량을 나타냈으며, 구운 고추(baking), 건조 고추(drying) 에서도 분석되었다. 2-Furanmethanol(398)은 l-ascorbic acid와 아미노산 사이에서 열반응으로 생성되는 환원된 furfural 형태로 고추장(Kang and Baek, 2014), 간장(Seo et al., 1998), 된장(Lee and Ahn, 2009) 등과 같은 식품에서 보고된 바 있다. Benzeneethanol(748)은 건조 고추(drying)에서 주요 성분으로 분석되었고, Jun et al.(2005)의 보고에 따르면 햇빛을 이용한 자연건조와 비교하여 오븐을 이용한 건조 고추에서 특징적으로 나타나는 물질로 알려졌다. 본 연구에서 열풍건조 고추(drying)와 유사한 결과를 나타냈다. 기존 연구결과에서 2-furancarboxaldehyde(394) 또한 오븐을 이용한 건조 고추에서 특징적으로 나타나는 물질로 보고되었지만, 본 연구결과에서 열풍건조를 통해 분석되지 않았다. 하지만 오븐에서 구운 고추에서 분석된 것으로 보아 건조온도나 환경에 따라 함량이 변화하는 것으로 사료된다. 5-Hydroxymethylfurfural(609)은 환원당이 탈수반응에 의해 형성되는 성분으로는 본 연구에서 끓인 고추(boiling)에서 가장 높은 함량으로 분석되었다. 2-Acetylthiazole(358)은 찐 고추(steaming), 구운 고추(baking), 볶은 고추(stir-frying), 튀긴 고추(frying)에서 분석된 반면 대조구와 끓인 고추(boiling)에서는 발견되지 않았는데, 기존 보고에 따르면 구운 고기나 팝콘에서 발견되는 향으로 알려져 있다(Maarse, 2017). 콩기름을 첨가하여 조리한 볶은 고추(stir-frying)와 튀긴 고추(frying)에서 L-Limonene(1047)이 특이적으로 검출되었으며, Ghahari et al.(2017)의 보고에 따르면 콩에서 추출한 정유에서 4.75%의 L-limonene이 검출되었다. 따라서, L-limonene은 콩기름에서 유래된 성분으로 판단되며, 그 외의 주성분들은 콩기름 첨가에 의한 영향이 없는 것으로 판단된다.

2-Methoxy-4-vinylphenol(427)은 한국의 된장, 청국장, 메밀에서 나타나는 매운 향의 성분으로(Baek, 2017; Janeš et al., 2009), 기존 연구에서는 고추장(Kang and Baek, 2014), 고추에서 추출한 정유(Wesolowska et al., 2015) 등에서 발견되는 주요 화합물로 보고되었다. 2-Methoxy-4-vinylphenol(427)은 조리하지 않은 대조구 고추에서 분석되지 않은 반면, 건조 고추(drying), 구운 고추(baking), 끓인 고추(boiling)에서 분석되었다.

본 연구는 GC-TOF/MS 기기를 이용하여 조리법에 따른 고추 시료 간의 성분 함량과 분포의 차이 및 이에 관여하는 주요 성분들도 규명할 수 있었다. 본 연구를 통하여 조리법에 따른 고추의 향기성분 변화를 조사하였으며, 같은 원료도 조리법에 따라서 매우 다양한 성분으로 변화하는 것을 확인하였다. 고추는 한국 식재료 중에서도 광범위하게 사용되는 향신료이나 생과 혹은 건조 고추로 한정적인 방법으로 조리하여 사용하였다(Lee et al., 2012). 추후 고추를 이용한 제품 개발에서는 보다 다양한 조리법을 활용하여 고추의 활용도를 높이고 고품질의 제품 생산에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

요약

본 연구는 건조, 튀김, 굽기, 볶기, 찌기와 같은 조리방법으로 한국 고추의 휘발성 화합물을 GC-TOF/MS로 분석하였다. 휘발성 화합물의 프로파일은 주성분 다변량 분석(PCA)을 통해 비교하였을 때, 대조구(control)와 비교하여 조

리한 고추에서 향기성분들이 증가하는 것으로 나타났으며, 그 중에서도 구운 고추(baking)가 대조구와 가장 상이한 휘발성 성분 분포를 나타냈다. 이 중, 2-methoxy-4-vinylphenol, 2-furanmethanol, 5-hydroxymethylfurfural, benzenethanol 등 19가지의 주요 화합물은 조리방법에 따라 다양한 결과를 나타냈다. 본 연구는 가공 방법의 특성을 고려한 제품개발에 한국 고추를 활용하여 활용도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 채소 활용 조미소재 및 소스 개발, 세부과제번호: PJ01450503)의 지원에 의해 이루어진 결과입니다.

인용문헌(References)

- Baek, Y. H. (2017) Compilation of volatile flavor compounds in *Cheonggukjang* and *Doenjang*. *Food Sci Ind* 50:24-49.
- Basu, S. K., De, A. K. (2003) Capsicum: historical and botanical perspectives, pp. 15. *Capsicum*, 1st Ed. CRC Press, FL, USA.
- Chai, J. Y., Kim, M. S., Han, I. G., Lee, S. Y., Yeo, I. H. (1994) Relationships between the content and sensory evaluation of pungent principles in red pepper. *Anal Sci Technol* 7:541-545.
- Choi, J. I., Lee, T. S., Park, S. O., Noh, B. S. (1997) Changes of volatile flavor compounds in traditional *kochujang* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 29:745-751.
- Choi, O. S., Ha, B. S. (1994) Changes in volatile components and capsaicin of oleoresin red pepper during cooking. *J Korean Soc Food Nutr* 23:232-237.
- Choi, S. H. (2006) Ascorbic acid of Korean pepper by cultivating season, region and cooking method. *J East Asian Soc Dietary life* 16:578-584.
- Gang, H. M., Park, H. S., Kwon, K. R., Rhim, T. J. (2008) A study on the comparison of antioxidant effects between hot pepper extract and capsaicin. *J Pjarmacopuncture* 11:109-118.
- Ghahari, S., Alinezhad, H., Nematzadeh, G. A., Tajbakhsh, M., Baharfar, R. (2017) Chemical composition, antioxidant and biological activities of the essential oil and extract of the seeds of *Glycine max* (soybean) from north Iran. *Curr Microbiol* 74:522-531.
- Ham, M. Y., Ko, S. N., Kim, W. J. (1999) Extraction conditions for preparation of natural seasoning of red pepper seed. *Korean J Food Cook Sci* 15:370-376.
- Hong, Y. J., Son, S. H., Kim, H. Y., Hwang, I. G., Yoo, S. S. (2013) Volatile components of traditional *gochujang* produced from small farms according to each cultivation region. *J East Asian Soc Dietary life* 23:451-460.
- Hwang, I. G., Jeong, H. S., Lee, J. S., Kim, H. Y., Yoo, S. M. (2012) Effects of freezing and/or thawing conditions on the quality of mashed red pepper. *Korean J Food & Nutr* 25:691-696.
- Janeš, D., Kantar, D., Kreft, S., Prosen, H. (2009) Identification of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) aroma compounds with GC-MS. *Food Chem* 112:120-124.
- Jeong, E. J., Bang, B. H., Kim, K. P. (2005) The characteristics of kimchi by the degree of hotness of powdered red pepper. *Korean J Food & Nutr* 18:88-93.
- Joo, H. K., Kim, S. S., Sa, T. M. (1995) Effect of drying condition on the colors and flavors change of fresh pepper. *J Oriental Bot Res* 8:115-125.
- Jun, H. R., Cho, I. H., Choi, H. K., Kim, Y. S. (2005) Comparison of volatile components in fresh and dried red peppers

- (*Capsicum annuum* L.). Food Sci Biotechnol 14:392-398.
- Kang, K. M., Baek, H. H. (2014) Aroma quality assessment of Korean fermented red pepper paste (*gochujang*) by aroma extract dilution analysis and headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-olfactometry. Food Chem 145:488-495.
- Kim, B. C., Jang, J. C., Lee, I. K., Park, Y. C. (2021) A study on the drying energy for a dryer with red pepper. KJACR 33:485-493.
- Kim, H. Y., Kim, H. G., CHun, J. Y., Jung, H. J. (2017) Changes in β -Carotene, vitamin E, and folate compositions and retention rates of pepper and paprika by color and cooking method. J Korean Soc Food Nutr 46:713-720.
- Lee, S. J., Ahn, B. M. (2009) Comparison of volatile components in fermented soybean pastes using simultaneous distillation and extraction (SDE) with sensory characterisation. Food Chem 114:600-609.
- Lee, S. Y., Sim, S. Y., Seo, M. W., Lee, S. W., Lim, J. W. (2006) Development of value-added seasoning products with Korean chile peppers (*Capsicum annuum* L.) for grilled beef and their sensory evaluation. Kor J Hort Sci Technol 24:168-176.
- Lee, S., Yoo, K. M., Song, S. R., Park, J. B., Hwang, I. G. (2012) Development of value-added ketchup products with Korean chile peppers (*Capsicum annuum* L.) and their sensory evaluation. Korea J Food & Nutr 25:9-16.
- Li, Q., Zhang, H. H., Claver, I. P., Zhu, K. X., Peng, W., Zhou, H. M. (2011) Effect of different cooking methods on the flavour constituents of mushroom (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing) soup. Intl J Food Sci & Tech 46:1100-1108.
- Maarse, H. (2017). Volatile compounds in foods and beverages. pp. 248, Routledge.
- Seo, J. S., Chang, H. G., Ji, W. D., Lee, E. J., Choi, M. R., Kim, H. J., Kim, J. K. (1998) Aroma components of traditional Korean soy sauce and soybean paste fermented with the same *meju*. J Microbiol Biotechnol 6:278-285.
- Tsuchiya, H. (2001) Biphasic membrane effects of capsaicin, and active component in *Capsicum* species. J Ethnopharmaol 75:295-299.
- Ulrich, D., Hoberg, E., Bittner, T., Engewald, W., Meilchen, K. (2001) Contribution of volatile compounds to the flavor of cooked asparagus. Eur Food Res Technol 213:200-204.
- Wesolowska, A., Grzeszczuk, M., Jadczyk, D. (2015) GC-MS analysis of essential oils isolated from fruits of chosen hot pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. Folia Pomeranae Univ Technol Stetinensis 320:95-108.
- Yu, R. N., Kim, J. M., Han, I. S., Kim, B. S., Lee, S. H., Kim, M. H., Cho, S. H. (1996) Effect of hot taste preference on food intake pattern, serum lipid and antioxidative vitamin levels in Korean college students. J Kor Soc Food Nutr 25:338-345.
- Zhang, W. Y., Li, W. P. A. (1994) The effectiveness of topically applied capsaicin. Eur J Clin Pharmacol 46:517-522.