

국내 재배지역에 따른 고추의 Capsaicinoid 함량

- 연구노트 -

이성응¹ · 함현미¹ · 김영화¹ · 성지혜¹ · 황인국² · 유선미² · 정현상¹ · 이준수^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

The Content of Capsaicinoids in Peppers by Cultivation Region in Korea

Seong-Eung Lee¹, Hyeonmi Ham¹, Younghwa Kim¹, Jeehye Sung¹, In-Gook Hwang²,
Sun-Mi Yu², Heon-Sang Jeong¹, and Junsoo Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²Korean Food & Culture Division, Rural Development Administration, Gyeonggi 441-853, Korea

Abstract

Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) is one of the most important ingredients in Asian food. The capsaicinoids, capsaicin and dihydrocapsaicin are responsible for more than 90% of the pepper's pungency. The objective of this study was to determine the amounts of these two major capsaicinoids in hot peppers cultivated from different regions in Korea. Peppers (Geumgochu) cultivated in 24 different regions of Korea were collected in 2011. The capsaicinoids of these plants were extracted with methanol and determined quantitatively by HPLC with a fluorescence detector. The capsaicinoid value ranged from 22.4 mg/100 g to 119.1 mg/100 g depending upon different regions. The average capsaicinoid content of the peppers from Gangwon and Gyeonggi was 66.73 mg/100 g, and the content from Jeonbuk and Jeonnam was 50.34 mg/100 g. However, average capsaicinoid content from these four different cultivation regions were not significantly different. Finally, analytical method validation parameters such as recovery, reproducibility, repeatability, were calculated to ensure the method's validity.

Key words: pepper, capsaicinoid, cultivar, pungency

서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과(Solanaceae) 작물로서 남아메리카 대륙이 원산지이다. 고추는 약 400년 전 임진왜란 후에 일본을 통하여 우리나라로 도입되었고 이후 매운맛을 내는 대표적인 향신료로서 우리 식생활에서 중요한 위치를 차지하고 있다(1,2). 과거 고추는 음식의 매운맛과 고추 특유의 붉은색을 내는 향신료로서 주로 이용되어졌지만 최근 신체와 정신의 건강한 삶을 추구하는 '웰빙(well-being)'이 하나의 중요한 문화적 패턴으로 주목받으면서 고추의 생리활성 성분과 그 활성에 대한 관심이 높아지고 있다(3). 일반적으로 고추에는 capsaicinoids, ascorbic acid, carotenoids, flavonoids 등의 생리활성 성분이 있는 것으로 알려져 있으며, 이 물질들의 항산화 효과, 항비만 효과 그리고 항암 활성 등이 보고되어있다(4-8).

고추 매운맛의 주성분은 capsaicinoid라는 물질이다. Capsaicinoid는 alkaloid 계열에 속하는 무색의 지용성 물질로서 9~11개의 탄소를 함유한 지방산을 포함하고 있는 vanillyamide 구조로 되어 있다(9). 고추에 존재하는 capsaicinoid에는 capsaicin, dihydrocapsaicin, nonivamide homo-

capsaicin, homodihydrocapsaicin, norcapsaicin, nordihydrocapsaicin, normoncapsaicin, normordihydrocapsaicin 외에도 여러 종류가 있다(10). 이중 capsaicin과 dihydrocapsaicin은 고추가 갖고 있는 매운맛 성분의 80~90% 이상을 차지한다고 보고되어 있다(11). Capsaicinoid는 에너지 대사를 촉진하여 체내의 지방 축적을 감소시키는 대표적인 항비만 물질로 보고되어 있다(12). 항비만 작용 외에도 capsaicinoid는 식염섭취저하, 혈관확장 및 수축, 장관운동 항진, cholesterol 저하와 같은 생리활성을 보이는 것으로 보고되어 있다(13,14).

고추의 매운맛은 품종에 따라 또는 동일한 품종이라도 온도, 강수량, 토양, 일조량과 같은 지역적, 환경적 영향에 의해서 크게 좌우된다(15). 지금까지 고추의 매운맛에 영향을 주는 요인과 관련하여 멕시코와 터키에서 재배된 여러 품종의 고추에 있는 capsaicinoid 함량 차이를 알아본 연구가 있으며(16,17), 국내에서는 GC-MS를 이용하여 고추의 품종에 따른 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량을 분석한 연구가 보고되었다(18). 그러나 고추의 매운맛에 대한 동일한 품종

*Corresponding author. E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-251-2566, Fax: 82-43-271-4412

에서 지역적 함량 차이를 알아본 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대한민국의 8개도의 24개 시, 군에서 재배된 동일한 품종의 고추(금고추) capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량을 분석하였으며 분석방법 검증과정을 통하여 분석결과의 신뢰도를 얻었다. 이 결과를 토대로 고추의 매운맛에 대한 지역적 함량 차이를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에서 사용된 고추(금고추 품종)는 충청남도 논산시 연무읍 소재의 논산육묘장에서 육묘된 후 5월경 전국 24개 시, 군(Table 2) 소재의 농가로 정식되었고, 7~8월경 수확되었다. 수확된 시료는 분석을 위하여 고추의 꼭지를 제거한 후 과피를 2~3등분으로 절단하였다. 절단된 시료는 열풍 건조기에서 40°C의 온도에서 36시간 동안 건조하는 과정을 거친 뒤 씨를 제거한 후 분쇄기를 이용하여 분쇄한 뒤 -18°C에서 보관하면서 분석에 사용하였다. Capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량을 분석하는데 이용된 표준물질은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 그 밖에 사용된 시약은 JT. Baker(Phillipsburg, NJ, USA)로부터 HPLC 등급을 사용하였다.

Capsaicinoid 추출 조건

Capsaicin과 dihydrocapsaicin의 추출은 Jeon과 Lee(19)의 방법에 따라 실행하였다. 동결 건조된 고추시료 1 g을 methanol 50 mL와 혼합하여 homogenizer(Ultra-Turrax T25, IKA Labortechnik Co., Staufen im Breisgau, Germany)로 2분간 교반하여 추출을 진행하였다. 균질화 후 100 mL volumetric flask에 깔대기를 넣고 Whatman filter paper(Whatman No.2, Whatman International Ltd, Maidstone, UK)를 이용하여 여과한 뒤 methanol로 정용하였다. 정용한 뒤 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC를 이용하여 분석하였다.

HPLC 조건

분석에 이용된 HPLC는 solvent delivery pump(PU-2089,

Jasco Corporation, Tokyo, Japan), 형광 검출기(Exλ=280 nm, Emλ=320 nm, FP-2020, Jasco Corporation), 그리고 Luna 5 µ C18(2) 100A column(5 µm, 4.6×250 mm, Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA)으로 구성되었다. 칼럼의 온도는 column oven(CO-2060, Jasco Corporation)을 이용하여 30°C로 유지하였다. 이동상은 acetonitrile : water : glacial acetic acid(60:39:1, v/v/v)로, 유속은 1.0 mL/min이며 시료의 일회 주입량은 20 µL였다.

분석법의 검증

Capsaicin과 dihydrocapsaicin 표준용액을 시료에 spike 하고, 시료 전처리 과정에 따라 추출한 뒤 HPLC 분석을 통하여 얻은 피크의 면적의 비를 이용하여 회수율(recovery)을 구하였으며 아래의 공식에 의해서 계산되었다.

$$\text{회수율}(\%) = \frac{(\text{sample} + \text{spike area} - \text{sample area})}{\text{spike area}} \times 100$$

분석법의 반복성(repeatability)을 평가하기 위하여 하루 5회 반복 실험을 진행하였으며, 재현성(reproducibility)은 5일간 동일한 실험을 반복하여서 진행하였다. Peak purity의 경우 세 가지의 excitation 파장(270 nm, 280 nm, 290 nm)과 320 nm의 emission 파장을 이용하여 얻어진 표준용액의 면적과 시료의 면적의 비를 이용하여 평가하였다(20).

통계처리

통계처리는 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 반복실험에 대하여 평균과 표준편차로 나타내었고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(Analysis of Variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

분석법의 검증

본 연구에서 사용한 분석방법을 검증하기 위하여 측정값의 신뢰도를 판단하는 정확도(accuracy)와 측정치의 오차정도를 판단하는 정밀도(precision)를 구하였다. 정확도를 보여주는 척도인 회수율 경우 capsaicin에서 98.44%를 보였으

Table 1. Precision and accuracy for capsaicinoid analysis

Parameters ¹⁾	Precision		Accuracy ²⁾
	Repeatability ³⁾	Reproducibility ⁴⁾	Recovery (%)
Capsaicin	Mean	43.33	98.44
	SD	0.75	0.71
	CV (%)	1.73	0.72
Dihydrocapsaicin	Mean	18.78	98.30
	SD	0.38	0.80
	CV (%)	2.00	0.82

¹⁾Mean, n=5 (mg/100 g); SD, standard deviation; CV, coefficients of variation.

²⁾A measure of the closeness of the analytical result to value evaluated by analyzing a spike sample.

³⁾Refers to the results of independent determinations carried out on a sample by analyzing 5 replicates of the sample on the same.

⁴⁾Refers to the results independent determination carried out a sample by analyzing 5 replicates of the sample at periods of time.

Table 2. Evaluation of peak purity by fluorescence ratio using pepper (Geumgochu)

Ratio ¹⁾	Capsaicin		Dihydrocapsaicin	
	Sample	Standard	Sample	Standard
280/290	2.07 ²⁾	2.09	2.10	2.13
270/290	1.57	1.59	1.62	1.63
280/270	1.32	1.32	1.29	1.31

¹⁾Fluorescence ratio shown were calculated by dividing the values for the 2 peak height for each analyte (capsaicin and dihydrocapsaicin) obtained from separate chromatographic runs at 2 different excitation wavelength constant at 320 nm.

²⁾All values are mean (n=3).

며 dihydrocapsaicin에서 98.30% 나타냈다. 모든 회수율의 값이 90%~110% 범위로 매우 우수하였다. 또한 정밀도의 척도인 반복성과 재현성의 CV(coefficients of variation)는 모두 5% 이하로 우수하였다(Table 1). Peak purity의 결과는 Table 2에서와 같이 시료와 표준용액의 비의 값의 차이가 없었으므로 우수하였다.

지역별 금고추의 capsaicin 및 dihydrocapsaicin 함량

고추의 맛 성분 중 가장 중요한 성분은 매운맛을 띄는 지용성 성분인 capsaicinoids이다(21). 한국산 고추의 매운맛은 capsaicin과 dihydrocapsaicin으로부터 기인한다고 알려져 있다(22). Fig. 1은 본 연구에서 사용된 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 크로마토그램으로 7.10분에 검출된 피크가 capsaicin이었으며, 9.30분에 검출된 피크는 dihydrocapsaicin이었다. 고추의 capsaicinoids 함량은 고추품종에 따라서 큰 차이를 보이지만 동일한 품종이라도 재배방식, 환경적, 지역적 영향에 따라서 차이를 보이는 것으로 보고되어 있다(23). 이에 한국의 24개의 시, 군에서 재배된 금고추 품종의 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 분석하였고 capsaicinoid의 함량을 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량의 합으로 나타내었다. 지역별 금고추의 capsaicinoid의 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같이 capsaicin의 함량은 14.98~77.68 mg/100 g, dihydrocapsaicin의 함량은 7.4~41.42 mg/100 g 범위를 보였으며, 평균값은 capsaicin의 경우 37.35 mg/100 g이었고

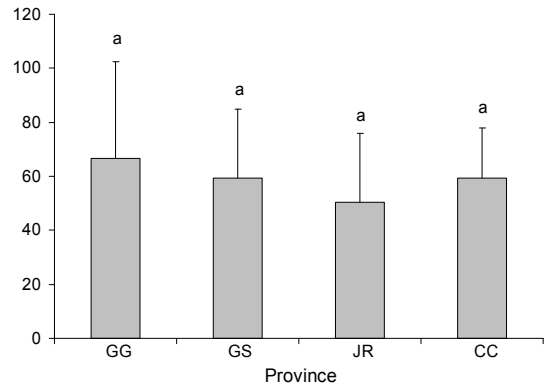


Fig. 2. Capsaicinoids content in pepper (Geumghochu) followed by different province. GG, Gangwon and Gyeonggi; GS, Gyeongbuk and Gyeongnam; JR, Jeonbuk and Jeonnam; CC, Chungbuk and Chungnam. Different letters above bars indicate significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test for percent.

dihydrocapsaicin은 19.15 mg/ 100 g이었다. Capsaicinoid 함량은 경기 양평(119.18 mg/100 g), 경북 상주(108.00 mg/100 g) 그리고 전남 화순(105.54 mg/100 g)을 제외한 나머지 지역에서 모두 90 mg/100 g 이하의 함량을 보였다. Yu 등(18)의 선행연구에서 충청북도 괴산지역에서 재배된 금고추 품종의 capsaicin 함량은 55.36 mg/100 g이었으며 dihydrocapsaicin의 함량은 19.15 mg/100 g이었다. 선행연구의 결과는 본 연구에서 분석한 충청북도 음성군과 충주시의 결과와 유사한 분석치를 보였다. 금고추 품종의 capsaicinoid 함량을 지역별로 정리한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Capsaicinoid 함량은 지역별로 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다(p<0.05). 강원, 경기도의 capsaicinoid 함량이 66.73 mg/100 g으로 가장 높았으며 전라도가 50.34 mg/100 g으로 가장 낮았다. Cho 등(23)의 연구에서 금담과 부강 2품종에 대하여 생육시기별 기상여건과 내적 품질중 하나인 capsaicinoid 함량을 분석한 결과 금담의 경우 46.14~59.34 mg/100 g의 차이를 보였고, 부강의 경우 44.40~150.29 mg/100 g의 함량 범위를 나타냈다. 이는 재배환경에 의해서도 capsaicinoids 함량이 차이를 보인 것으로 생각된다.

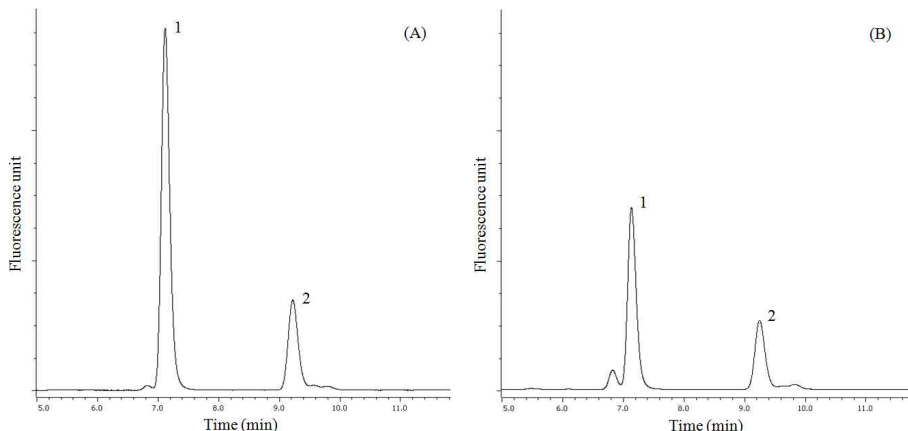


Fig. 1. Reverse-phased LC chromatograms of capsaicinoids using fluorescence detection. Standard (A) and Geumgochu (*Capsicum annuum* L.) sample (B) where 1 is capsaicin and 2 is dihydrocapsaicin (E_xλ=280 nm, E_mλ=320 nm).

Table 3. Contents of capsaicin and dihydrocapsaicin in peppers (Geumgochu) cultivated in 24 different cities of Korea

Province	City	Capsaicinoid ¹⁾		
		CAP ²⁾	DHC ³⁾	Total
Gangwon	Yeongwol	31.70±0.43 ⁴⁾	13.89±0.04	45.59±0.47
Gyeonggi	Anseong	43.20±1.23	17.05±0.51	60.25±1.74
Gyeonggi	Hwaseong	28.20±0.49	13.77±0.07	41.98±0.43
Gyeonggi	Yangpyeong	77.68±2.84	41.42±1.57	119.10±4.42
Chungbuk	Cheongju	54.25±2.06	34.81±1.45	89.06±3.51
Chungbuk	Cheongwon	32.76±0.89	13.18±0.21	45.94±1.11
Chungbuk	Chungju	29.47±1.23	13.07±0.53	42.55±1.76
Chungbuk	Eumseong	42.54±0.51	19.89±0.67	62.43±0.15
Chungnam	Gongju	29.77±1.82	27.77±1.89	57.53±3.71
Gyeongbuk	Mungyeong	33.61±1.02	21.06±0.41	54.67±1.43
Gyeongbuk	Pohang	33.00±0.83	28.87±1.84	61.87±2.67
Gyeongbuk	Sangju	67.85±1.53	40.15±0.66	108.00±2.19
Gyeongbuk	Yeongyang	18.85±0.17	6.88±0.04	25.73±0.13
Gyeongnam	Geochang	17.08±0.79	6.92±0.23	23.99±1.02
Gyeongnam	Hapcheon	30.00±0.55	15.51±0.04	45.52±0.59
Gyeongnam	Jinju	46.04±0.40	23.04±0.29	69.08±0.69
Jeonbuk	Buan	37.46±1.14	16.32±0.39	53.78±1.53
Jeonbuk	Imsil	40.44±3.78	20.67±3.68	61.10±0.10
Jeonbuk	Muju	14.98±0.32	7.46±0.18	22.44±0.50
Jeonnam	Gangjin	29.03±1.61	11.87±0.55	40.89±2.16
Jeonnam	Hampyeong	33.60±1.27	15.20±0.94	48.79±2.21
Jeonnam	Hwasun	74.57±0.16	30.97±0.13	105.54±0.03
Jeonnam	Naju	29.93±0.15	11.54±0.05	41.48±0.20
Jeonnam	Shinan	20.44±0.47	8.24±0.39	28.68±0.07

¹⁾Contents expressed as mg/100 g sample as dry weight basis. ²⁾CAP: Capsaicin. ³⁾DHC: Dihydrocapsaicin.

⁴⁾All samples were assayed in duplicates and all values are mean±standard deviation.

본 연구의 분석결과 금고추 품종에서는 재배지역에 따라서 22.44~119.10 mg/100 g 범위의 capsaicinoids 함량의 차이를 나타내었지만 지역적 평균값은 통계적으로 유의적인 차이가 없음을 알 수 있었으며 capsaicinoids 함량을 결정하는데 있어 재배지역의 영향보다 품종의 영향이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 재배기간 중의 외부 환경적 스트레스에 의해서도 capsaicinoid 함량 차이를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 차후 연구에서는 재배지역뿐만 아니라 토양, 수분공급량, 일조량과 같이 capsaicinoid 함량에 영향을 미치는 다른 조건들에 대한 연구가 함께 진행되어야 할 것으로 여겨지며, 금고추 품종 외에도 다른 품종의 capsaicinoids 함량에 대한 지역적 영향을 살펴보아야 할 것으로 여겨진다.

요 약

본 연구에서는 24개의 다른 시, 군에서 재배하여 수확된 금고추의 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량을 분석함으로써 동일품종의 고추에 대한 재배지역의 영향을 살펴보고자 하였다. Capsaicin 및 dihydrocapsaicin 분석을 위해 methanol을 이용한 추출법과 역상 HPLC가 사용되었다. 분석방법을 검증하기 위하여 재현성, 반복성, 회수율 및 peak purity를 구하였으며, 그 결과 재현성과 반복성의 CV는 5% 이하였고 회수율은 90% 이상으로 우수하였다. 분석결과 금고추의 capsaicin 함량 평균값은 37.35 mg/100 g, dihydro-

capsaicin은 19.15 mg/100 g으로 나타났다. 양평군에서 재배된 금고추의 capsaicin 및 dihydrocapsaicin 함량이 77.68, 41.42 mg/100 g으로 가장 높았으며, 무주군에서는 capsaicin 14.98 mg/100 g, dihydrocapsaicin 7.46 mg/100 g으로 가장 작은 값을 보였다. 금고추의 capsaicin 함량 및 dihydrocapsaicin 함량은 도별로 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구결과는 동일한 품종의 고추의 capsaicinoid 함량에 대한 재배지역의 차이를 알아봄과 앞으로의 추후 연구의 기초 데이터로 사용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ007805 및 PJ007524)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Cho YS, Cho MC, Suh HD. 2000. Current status and projects of national hot pepper industry in Korea. *J Korean Capsicum Res Coop* 6: 1-27.
2. Park JB, Lee SM, Kim S. 2000. Capsaicinoids control of red pepper powder by particle size. *J Korean Capsicum Res Coop* 6: 51-62.
3. Kim S, Kim KS, Park JB. 2006. Changes of various chemical components by the difference of the degree of ripening and harvesting factors in two single-harvested peppers (*Capsicum annum* L.). *Korean J Food Sci Technol* 38:

- 615-620.
4. Navarro JM, Flores P, Garrido C, Martinez V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem* 96: 66-73.
 5. Lee SW. 1979. Gas liquid chromatographic studies on sugars and organic acid in different portions of hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Korean J Food Sci Technol* 11: 278-282.
 6. Kawaguci Y, Ochi T, Takaishi Y, Kawazoe K, Lee KH. 2004. New sesquiterpenes from *Capsicum annuum*. *J Nat Prod* 67: 1893-1896.
 7. Davis BH, Matthews S, Kirk JTO. 1970. The nature and biosynthesis of the carotenoids of different colour varieties of *Capsicum annuum*. *Phytochemistry* 9: 797-805.
 8. Materska M, Piacente S, Stochmal A, Pizza C, Oleszek W, Peruka I. 2003. Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry* 63: 893-898.
 9. Peña-Alvarez A, Ramírez-Maya E, Alvarado-Suárez LA. 2009. Analysis of capsaicin and dihydrocapsaicin in peppers and pepper sauces by solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A* 1216: 2843-2847.
 10. Barbero GF, Palma M, Barroso CG. 2006. Determination of capsaicinoids in peppers by microwave-assisted extraction-high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Anal Chim Acta* 578: 227-233.
 11. Song YO, Bin SM, Moon JW. 1996. A study on the standardization of kimchi for the children-The proper red pepper power for children's kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 893-898.
 12. Shin KO, Moritani T. 2007. Alterations of autonomic nervous activity and energy metabolism by capsaicin ingestion during aerobic exercise in healthy men. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 53: 124-132.
 13. Watanabe T, Kawada T, Iwai K. 1987. Enhancement by capsaicin of energy metabolism in rat through secretion from adrenal medulla. *Agric Biol Chem* 51: 75-79.
 14. Kim KM, Kawada T, Ishihara K, Inoue K, Fushiki T. 1998. Swimming capacity of mice is increased by oral administration of nonpungent capsaicin analog, stearyl vanillylamide. *J Nutr* 128: 1978-1983.
 15. Choi SM, Jeon YS, Park KY. 2000. Comparison of quality of red pepper powders produced in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1251-1257.
 16. Cisneros-Pineda O, Torres-Tapia LW, Gutiérrez-Pacheco LC, Contreras-Martín F, González-Estrada T, Peraza-Sánchez SR. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chem* 104: 1755-1760.
 17. Topuz A, Ozdemir F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *J Food Compos Anal* 20: 596-602.
 18. Yu JO, Choi WS, Lee US. 2009. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in various species of red peppers and their powdered products in market by GC-MS analysis. *Food Eng Progress* 13: 38-43.
 19. Jeon G, Lee J. 2009. Comparison of extraction procedures for the determination of capsaicinoids in peppers. *Food Sci Biotechnol* 18: 1515-1518.
 20. Haroon Y, Bacon DS, Sadowski JA. 1986. Liquid chromatographic determination of vitamin K1 in plasma with fluorometric detection. *Clin Chm* 32: 1925-1929.
 21. Kirschbaum-Titze P, Mueller-Seitz E, Petz M. 2002. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*). 2. Heterogeneity of capsaicinoid content in individual fruits from one plant. *J Agric Food Chem* 50: 1264-1266.
 22. Shin HH, Lee SR. 1991. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. *Korean J Food Sci Technol* 23: 296-300.
 23. Cho BC, Park KW, Kang HM, Lee WM, Choe JS. 2004. Correlation between climatic elements and internal characteristics of red pepper fruit in different growing periods. *J Bio-Env Control* 13: 67-72.

(2012년 9월 20일 접수; 2012년 11월 11일 채택)