

고춧가루가 발효중 김치의 매운맛과 색도에 미치는 영향

구경형[†] · 박재복 · 박완수
한국식품개발연구원

Effects of Red Peppers on the Its Pungency and Color during Kimchi Fermentation

Kyung-Hyung Ku[†], Jae-Bok Park and Wan-Soo Park
Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate preparation of reconstructed red peppers, effects of pungency and redness of red peppers on the Kimchi quality using central composite design and response surfaces methodology. Capsaicinoids and ASTA (American Spice Trading Association) value put in X_1 , X_2 of independent variable. The result of response surface regression analysis of reconstructed red peppers, correlation coefficient (R^2) of overall pungency intensity, persistence and degree of redness was 0.935, 0.935 and 0.821, respectively. After it was made Kimchi samples with reconstructed red peppers, it was examined pH, titratable acidity and lactic acid bacteria of its during fermentation. In the initial fermentation period of Kimchi, it showed pH of 5.46~5.78, titratable acidity of 0.27~0.31%, salt content of 2.26~2.48% and lactic acid bacteria of $4.05 \times 10^5 \sim 6.23 \times 10^5$, respectively. And it showed traditional fermentation pattern in the pH, titratable acidity and microbes of the middle (appropriate fermentation) and last (excessive) fermentation period. While capsaicinoids content in the Kimchi decreased a little according to extend fermentation period, ASTA value showed low correlation reconstructed red pepper and fermentation period. Also, it was analyzed correlation coefficient (R^2) of independent variables (capsaicinoids, X_1 ; ASTA value, X_2) between sensory attribute in the Kimchi during fermentation. The result of regression analysis, R^2 in the overall pungency intensity, persistence and degree of redness showed 0.515, 0.675, 0.784, respectively.

Key words: Kimchi, red pepper, pungency, degree of redness

서 론

김치는 한국 고유의 야채류 발효 식품으로 감칠맛과 상쾌한 신맛 등이 잘 조화된 특유의 맛과 씹을 때의 신선한 조직감이 특징인데, 주요 재료가 야채이므로 단백질과 지방질의 영양성분이 많이 함유된 식품은 아니지만, 비타민, 무기질이 풍부하고 젖산 등의 유기산은 식욕을 촉진시키기 때문에 중요한 부식의 위치를 차지하여 왔고, 특히 야채가 귀했던 겨울철의 경우 김장의 형태로서 중요한 역할을 해 왔다.

급속한 경제 성장과 더불어 소득 증가, 주거 환경의 변화, 여성의 사회 참여 등으로 가정에서 제조하여 섭취해 왔던 김치가 공장에서 제조된 상품김치로 소비하는 경향으로 바뀌게 되었다. 즉 2001년도 기준으로 국내 김치 총 수요는 연간 156만톤 수준으로 이중 상품 김치는 약 50만 7천톤 정도로 전체 김치 시장의 약 33% 정도를 차지하고 있고, 계속해서 상품김치의 수요는 증가될 것으로 전망하고 있다. 한편 김치 수출의 경우 '98년도 4천 4백만불에서 '99년도와 2000년도에

는 7천 8백만불, 2001년도에는 6천 8백만불로 약간 감소하였으나(1), 1988년 올림픽 이후 일본뿐만 아니라 외국인들의 김치가 한국의 대표적인 전통식품인 것으로 인식하고 있다.

김치의 국제 규제제안은 1996년 3월에 일본 동경회의에서 시작되어 2001년 7월 총회에서 통과된 안에 의하면 김치의 최소품질인자로서 총산도 1.0% 이하, 염농도 1.5~4.0%, 광물성 이물 0.03% 이하, 적색, 맛은 매운맛, 짠맛 및 약간 신맛과 사각사각한 조직감으로 넓게 규정하고 있다(2). 그러나 국내외적으로 계속 증가하고 있는 상품 김치의 경우, 국내 구매자는 제조업체의 지명도나 한번 섭취한 후의 경험에 의해서 구매를 하고, 수입업자의 경우는 주관적인 판단에 의해서 구매하거나 수입업자가 요구하는 형태로 제조업체에 주문하고 있다. 김치는 특성상 숙성에 미치는 여러 가지 원인에 의해 제조할 때마다 맛과 색 등에 차이가 나서 규격 안에는 벗어나지 않지만 소비자가 원하는 표준화를 하기가 대단히 어려워 김치 제조업체에서 어려움을 겪고 있다.

지금까지 발표된 김치관련 연구자료 및 문헌은 약 650여건

[†]Corresponding author. E-mail: khku@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9052, Fax: 82-31-709-9876

으로 1988년 이전 문헌 230건, 1988년 이후 문헌이 420여건 이상으로 서울 올림픽 이후 김치 연구가 매우 활발히 이루어 졌다. 개략적으로 분류한 연구 현황을 보면 원부재료에 관련된 연구(3,4), 발효 속성에 관한 연구(5,6), 저장 유통분야, 제조 시설분야 등의 연구(7-12)가 지속되어 왔으나, 김치와 고춧 가루를 접목시켜서 연구한 논문은 Choi 등(13)의 한국산 고춧가루의 품질비교와 Ku 등(14)의 김치제조용 고춧가루의 색도 및 매운맛 특성을 제외하고는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 상품김치의 중요한 부재료의 위치를 차지하고 있는 고춧가루를 대상으로 반응표면 분석법을 이용하여 매운맛 및 색도가 차이가 있는 고춧가루 제조 및 김치 제조 후 발효 단계별로 pH, 산도, 젖산균 수, 매운맛, 색도 등에 미치는 영향을 조사하여, 상품김치의 품질 지표의 하나인 색도 및 매운맛 등의 표준지침을 확립하기 위한 기초 자료로 사용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 재조합 고춧가루 제조

품종을 알고 있는 3종(거성, 다복, 동방)의 고춧가루와 가락시장에서 판매되고 있는 고춧가루 3종을 각각 50 kg씩 수집하였고, 김치 재료는 포기 중량이 약 3 kg인 고랭지 배추, 생강(서산), 마늘, 파 및 소금(천일염)을 가락시장에서 구입하여 사용하였다. 수집된 고춧가루의 일반성분, capsaicinoids, ASTA(American Spice Trading Association) 값을 측정 한 후, 반응표면 분석법(response surface methodology, RSM) (15,16)을 사용하여 Table 1과 같이 재조합한 다음, 고춧가루의 매운맛과 색도가 김치에 미치는 영향을 조사하였다.

그러므로 본 연구에서는 Ku 등(14)과 Park 등(17)의 결과를 기준으로 매운맛(X₁)과 색도(X₂)를 독립변수로 두고 중심 합성계획(central composite design)에 의하여 실험을 계획 하였다(Table 1). 단일 품종(거성, 동방, 다복)과 시판되고 있는 고춧가루를 혼합하면서 capsaicinoid 함량과 ASTA 값을 조사하여 Table 1과 같이 조절하였다. 즉 매운맛은 capsaicinoid 함량을 기준으로 87.1 mg%(매운맛), 56.3 mg%(보통 맛), 21.3 mg%(순한맛)으로 두었고, 색도는 단일 품종의 고

춧가루와 시판되고 있는 국내산 고춧가루의 ASTA 값을 기준으로 하여 3단계로 나누어 제조하였다.

김치 제조

김치 제조는 배추를 다듬은 후 4등분하여 절임통에 넣은 다음 배추가 절임수에 잠기도록 하였다. 이때 절임수는 배추 1 kg당 0.25 kg의 천일염과 물 1.25 kg을 혼합하여 제조하였고, 절임조건은 상온에서 5~6시간 절이고, 물로 2회 세척한 후 1시간 탈수시켜 최종 농도가 약 2.5%가 되도록 하였다. 부재료는 절임 배추 100 g당 파 3.1 g, 마늘 1.5 g, 생강 0.4 g을 첨가하였고, 재조합된 고춧가루 2.3%를 첨가하고, 500 g씩 비닐팩에 개별 포장한 후, 10°C에서 발효시키면서 단계 별로 pH, 적정산도, 젖산균수, capsaicinoids, ASTA 값 및 관능검사를 실시하였다.

일반성분

고춧가루의 일반성분은 분쇄하여 30 mesh 체로 통과시킨 분말을 AOAC방법(18)에 의하여 분석하였다. 수분은 105°C에서 함량이 되도록 건조하여 정량하였으며, 조단백질은 micro-Kjeldahl법에 의하여 조지방은 soxhlet 추출법, 조회분은 550°C에서 회화시켜 정량하였다.

Capsaicinoids 분석

개별 포장된 김치 시료(500 g)을 동결건조 후 분쇄하여 30 mesh 체로 거른 건조 김치 4 g을 취하고 acetonitrile 20 mL를 가한 뒤 vortex mixer로 2분간 추출하였다. 추출액 1 mL에 증류수를 9 mL 가하고 잘 섞은 후 acetonitrile 5 mL와 HPLC용 증류수 5 mL를 차례로 통과시켜 미리 활성화시킨 C₁₈ sep-pak을 통과시켰다. C₁₈ sep-pak에 흡착된 capsaicinoids는 acetonitrile 4 mL와 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile 1 mL로 용출시키고, 20 µL를 HPLC(Jasco, Japan)에 주입하여 정량하였다. 이때 사용한 column은 YMC-Pack ODS-A(150×4.6 I.D.)를 이용하였으며 용매는 methanol : water=70 : 30으로 하였다. Flow rate는 0.8 mL/min, UV 280 nm에 측정하였으며, capsaicin(Sigma, M-2028, USA)과 dihydrocapsaicin(Sigma, M-1022, USA)을 표준 시료로 사용하였다(19).

Table 1. Actual value of coded level and composite design metrics of independent variables for experimental design of red pepper with different capsaicinoids content and ASTA value

Xi	Independent variables	Coded levels			Design point	Independent variables	
		-1	0	1		X ₁	X ₂
X ₁	Capsaicinoid content	21.3	56.3	87.1	1	-1 (21.3±2.9)	-1 (55.6±6.1)
					2	-1 (21.3±2.9)	1 (117.8±5.8)
					3	1 (87.1±5.1)	-1 (55.6±6.1)
					4	1 (87.1±5.1)	1 (117.8±5.8)
					5	0 (56.3±5.6)	0 (74.1±4.7)
					6	1 (87.08±5.1)	0 (74.1±4.7)
X ₂	ASTA value	55.6	74.1	117.8	7	-1 (21.28±2.9)	0 (74.1±4.7)
					8	0 (56.33±5.6)	0 (117.8±5.8)
					9	0 (56.33±5.6)	-1 (55.6±6.1)

ASTA 값

개별 포장된 김치 시료(500 g)을 동결건조 후 분쇄하여 30 mesh 체로 거른 건조 김치 시료 0.1 g을 정확히 달아 100 mL volumetric flask에 넣고 actone으로 표선까지 채우고 1 분간 진탕한 뒤 암소에 16시간 방치한 다음 460 nm에서 흡광도를 측정하였다(20).

$$\text{ASTA value} = \frac{A \times 16.4}{W}$$

A: absorbance at 460 nm, W: sample weight (g)

김치의 pH, 적정산도 및 염도

김치 100 g을 취하여 믹서기(동양매직)로 2분간 분쇄하고 2겹의 거어즈를 사용해서 여과한 후 그 여과액을 취하여 pH와 산도를 측정하였다(18). pH는 여과액 20 mL를 취하여 pH meter(Corning 340, USA)로 직접 측정하였고, 산도는 김치액 10 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 소비된 NaOH 용액의 소비량을 구한 후 젖산(% w/w)으로 환산하여 표시하였으며, 김치의 염농도는 Mohr(18)의 방법을 사용하여 측정하였다.

젖산균수

김치액을 1 mL 채취하여 0.85% 멸균 식염수에 단계적으로 희석한 후 1 mL씩 pouring culture 방법으로 MRS agar 배지(Difco Lab)에 접종하여 37°C에서 48~72시간 평판 배양한 후 균수를 측정하였다(21).

관능검사

고춧가루와 김치의 색도 및 매운맛의 관능적 품질 평가를 위하여 패널 모집, 선발, 훈련과정을 거쳐 최종적으로 본 검사에 참여한 요원은 12명이었다. 고춧가루의 매운맛은 김치에 들어가는 고춧가루 함량인 2.3%를 취하여 Gillette 등(22)의 방법과 동일하게 추출한 후 4°C 냉장고에 보관하면서 관능 평가를 실시하였고, 고춧가루의 색도는 매운맛과 동일하게 제조하여 붉은색 정도를 표시하게 하였다. 한편 김치의 매운맛과 색도는 훈련된 관능검사 요원으로 하여금 냄새가 배지 않은 유리그릇에 배추 중륵 부분의 김치를 2~3조각과 뚜껑을 덮은 후 증류수와 함께 시료를 제공하였다. 시료에 의한 피로와 오차를 없애기 위해 불완전 블록법(incomplete

block design)(15)을 이용해서 한사람이 한번 시험에서 3가지 시료를 평가하게 하였고, 시료 총 9개가 각각 3번씩 반복이 되도록 실험 계획을 하여 실시하였다. 평가방법은 15점 line cale법(23)으로 매운맛이 지속되는 시간(persistence), 전체적인 매운맛 강도(overall pungency intensity) 및 붉은색 강도(degree of red color)를 평가하였다.

통계분석

중심합성계획에 의한 실험 결과는 SAS(24) program을 이용하여 분산분석과 ANOVA test를 실시하였고, 김치의 품질 특성인 pH, 총산도, 매운맛, 색도 등을 회귀분석하여 model식을 유도하고, 고춧가루의 매운맛과 붉은색 정도를 나타내는 ASTA 값이 최종 제품인 김치에 미치는 영향을 조사하였다.

결과 및 고찰

고춧가루의 일반성분, capsaicinoids 및 ASTA 값

수집한 김치 제조용 고춧가루중 고추의 붉은색 정도를 나타내는 ASTA 값과 capsaicinoids 함량에 차이가 있는 국내산 고춧가루 3품종(거성, 동방, 다복)(17)과 시판되고 있는 고춧가루 3종을 구입하여 일반성분 및 capsaicinoids 함량 및 ASTA 값을 조사하였다(Table 2).

일반 성분의 경우 수분 함량은 14.9~18.7%, 회분함량은 5.2~6.0%, 조지방은 7.2~13.0%, 조단백질은 12.4~16.7%를 나타내었다. 이는 Park 등(17)이 국내산 고추 품종 51종을 분석한 수분 함량 8.83~15.92%, 조단백질 11.29~16.46%의 결과와 Ku 등(14)의 국내산 고춧가루 및 시판되고 있는 농협 고춧가루 10종 분석 결과와 유사하였다.

한편 고춧가루의 매운맛 성분인 capsaicinoid계 화합물중 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 분석하였다. Todd 등(25)에 의하면 고춧가루 매운맛 성분중 capsaicin을 100으로 볼 때, dihydrocapsaicin 63, nordihydrocapsaicin 11, homocapsaicin 5, homodihydrocapsaicin 3으로 보고된 결과와 Suzuki와 Iwai(26)의 고추중 천연 capsaicinoid계 함유량과 매운맛 강도 조사에 의하면, capsaicin 함량은 고추에 약 46~77%, 평균 70%이고, dihydrocapsaicin 함량은 21~40%, nordihy-

Table 2. Proximate composition, capsaicinoids content and ASTA value of red pepper powders

Sample	Proximate composition (%)				Content (mg%)				ASTA value
	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein	Capsaicin (CAP)	Dihydrocapsaicin (DHCAP)	Capsaicinoids	CAP/DHCAP	
Gusung ¹⁾	16.1±0.3	6.0±0.0	7.2±0.1	12.4±0.1	7.28±0.02	11.15±0.78	18.45±0.80	0.65	50.26±1.47
Dongbang ¹⁾	13.7±1.1	5.9±0.1	7.8±0.1	13.5±0.1	10.98±0.93	9.42±0.66	21.32±1.59	1.17	113.48±0.99
Dabok ¹⁾	16.7±0.1	5.2±0.2	8.9±0.0	16.7±1.9	34.38±1.60	36.21±2.10	70.59±3.70	0.95	143.74±0.10
Market 1 ²⁾	18.7±0.1	5.8±0.1	8.31±0.2	14.17±0.0	59.84±4.08	46.18±2.50	106.02±3.29	1.30	79.03±0.88
Market 2 ²⁾	16.8±1.6	5.3±0.1	9.69±1.6	13.38±0.1	50.77±2.13	39.32±0.23	90.09±1.18	1.29	67.45±0.57
Market 3 ²⁾	14.9±0.2	5.4±0.1	12.97±0.2	14.91±0.3	48.91±1.55	39.04±1.01	87.95±1.28	1.25	60.44±0.57

¹⁾Sample varieties. ²⁾Commercial red pepper powders.

drocapsaicin 2~12%, homocapsaicin 1~2%, norcapsaicin 0.5%로 보고되어 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량에 따라 고춧가루 미운맛에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다. 또 고춧가루의 capsaicin을 분석한 결과에 의하면 시판되고 있는 Market 1이 59.84 mg%으로 가장 높았고, 단일 품종인 거성이 7.28 mg%로 가장 낮았다. Dihydrocapsaicin은 Market 1이 46.18 mg%으로 가장 높았고, 가장 낮은 시료는 단일 품종인 동방이 9.42 mg%였으며, capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량의 비율은 0.65~1.30으로 Choi 등(13)의 1.26~2.23과 Ku 등(14)의 0.97~2.12 범위와 유사하게 나타났다.

한편 고춧가루 시료를 일정크기로 분쇄한 후 국제 사회에서 고춧가루의 붉은색 정도를 표현하는 ASTA 값을 측정할 결과 가장 낮은 값을 나타내는 시료는 거성으로 50.26이었고, 가장 높은 값은 단일품종인 다복이 143.74였다. 이는 Park 등(17)의 40여종의 국내산 고추 품종을 분석한 결과 가장 높은 ASTA 값은 120.90, 낮은 시료는 20.39, 평균 64.29 ± 23.52으로 보고되었는데, 본 연구에 사용한 고춧가루 중 시판되고 있는 시료의 ASTA 값은 60.44~79.03으로 국내산 고춧가루 평균 정도의 ASTA 값이었고, 단일 품종인 다복은 비교적 높은 ASTA 값을 거성은 국내산 고춧가루 평균값 수준이었다.

제조함 고춧가루의 매운맛과 색도

김치의 붉은색 및 매운맛에 영향을 주는 가장 큰 부재료인 고춧가루를 인위적으로 조절하기 위하여 수집된 고춧가루의 일반성분, capsaicinoids, ASTA 값의 측정치를 반응표면 분석법을 사용하여 고춧가루의 매운맛 성분인 capsacinoids 성분과 붉은색을 나타내는 ASTA 값을 Table 1과 같이 인위적으로 고춧가루를 제조한 후 훈련된 관능검사 요원을 통해 평가하였다.

제조함된 고춧가루를 Gillette 등(22)의 방법을 이용하여 관능검사를 실시한 결과(Table 3), 전반적으로 capsaicinods 함량이 많은 고춧가루의 전체적인 매운맛 정도(overall pungency intensity)와 매운맛이 지속되는 시간(persistence)이

높다고 평가하였다. 또 고춧가루의 붉은색 강도는 ASTA 값이 높은 시료의 붉은색 강도를 높은 점수로 평가하였다. Fig. 1은 고춧가루의 매운맛 성분인 capsaicinoids 함량(X₁)과 붉은색 정도를 나타내는 ASTA 값(X₂)을 독립변수로 하여 관능검사에 의한 전체적인 매운맛 강도(overall pungency intensity), 매운맛이 지속되는 시간(persistence) 및 붉은색 강도(degree of redness)와의 결과를 반응표면 분석법에 의하여 회귀 분석하여 도출한 결과이다. 각각의 독립변수와 관능검사 항목간의 상관성을 나타내는 R²값은 0.821~0.935의 높은 수치를 나타냈다. 각각의 관능검사 항목과의 관계를 도출한 결과를 보면 전체적인 매운맛 강도(YI, overall pungency intensity)는 capsaicinoids 함량이 증가됨에 따라 매운맛의 강도가 높다고 평가하였고, 붉은색을 나타내는 ASTA 값은 비교적 큰 영향을 받지 않았다. 반면에 매운맛이 지속되는 시간(YII, persistence)은 ASTA 값이 낮으면서 capsaicinoids 함량이 낮은 시료보다 점차로 ASTA 값이 증가하면서 capsacinoids 함량이 증가하면 매운맛을 지속하는 시간(YII)에 약간 더 높은 점수로 평가하였다. 예를 들면 YII의 contour 그림에서 비교적 매운맛을 지속하는 시간이 길었던 관능검사 점수 9.84를 기준으로 보면 ASTA 값 129.45~109.45, capsaicinoid 함량 70 mg%와 ASTA 값 79.45, capsaicinoids 함량 84 mg%와 동일한 강도의 강도로 도시되었다. 이외에 붉은색 강도(YIII)의 경우 ASTA 값 80을 기준으로 ASTA 높으면 붉은색 강도를 높게 평가하다가 그 이상이 되면 붉은색 강도를 낮게 평가하였다. 이는 ASTA 값의 경우 장시간 아세트온으로 용매 추출한 용액을 수치화 한 것으로 관능검사에 의한 고춧가루 색도는 고춧가루 2.3%를 Gillette 등(22)의 방법으로 물 추출한 시료를 관능검사한 결과와는 차이가 있을 것으로 여겨진다.

고춧가루가 김치 발효 중 품질에 미치는 영향

매운맛과 붉은색 정도가 다른 제조함한 고춧가루가 김치 발효 중 이화학적 특성 및 매운맛과 색도에 미치는 영향을 조사하였다. 즉 중심합성 계획에 의해 제조함된 고춧가루를

Table 3. Capsaicinoids content, ASTA value and sensory evaluation of reconstructed red pepper powders

Sample ¹⁾	Capsaicinoids (mg%)	ASTA value	Sensory attribute		
			Overall pungency intensity	Persistence	Degree of Redness
RP1	21.3±2.9	55.6±6.1	4.9±3.3 ^{bc2)}	4.5±3.3 ^{ab}	6.5±1.7 ^c
RP2	21.3±2.9	117.8±5.8	3.9±3.0 ^c	3.8±2.9 ^b	9.0±2.4 ^a
RP3	87.1±5.1	55.6±6.1	8.4±3.2 ^a	7.6±3.4 ^a	6.5±2.6 ^{ab}
RP4	87.1±5.1	117.8±5.8	7.1±3.7 ^{abc}	6.4±3.9 ^{ab}	10.7±2.2 ^a
RP5	56.3±5.6	74.1±4.7	7.6±2.6 ^{ab}	6.9±2.9 ^{ab}	9.0±2.8 ^{ab}
RP6	87.08±5.1	74.1±4.7	7.3±2.8 ^{ab}	6.3±2.6 ^{ab}	10.3±1.9 ^a
RP7	21.28±2.9	74.1±4.7	5.0±3.0 ^{bc}	4.6±3.4	7.4±1.2 ^d
RP8	56.33±5.6	117.8±5.8	5.6±2.9 ^{abc}	3.7±2.6 ^b	8.9±2.2 ^{ab}
RP9	56.33±5.6	55.6±6.1	6.0±2.3 ^{abc}	5.1±2.5 ^{ab}	2.2±1.6 ^{bc}

¹⁾Reconstructed red pepper powder.

²⁾Means with the different letters in same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

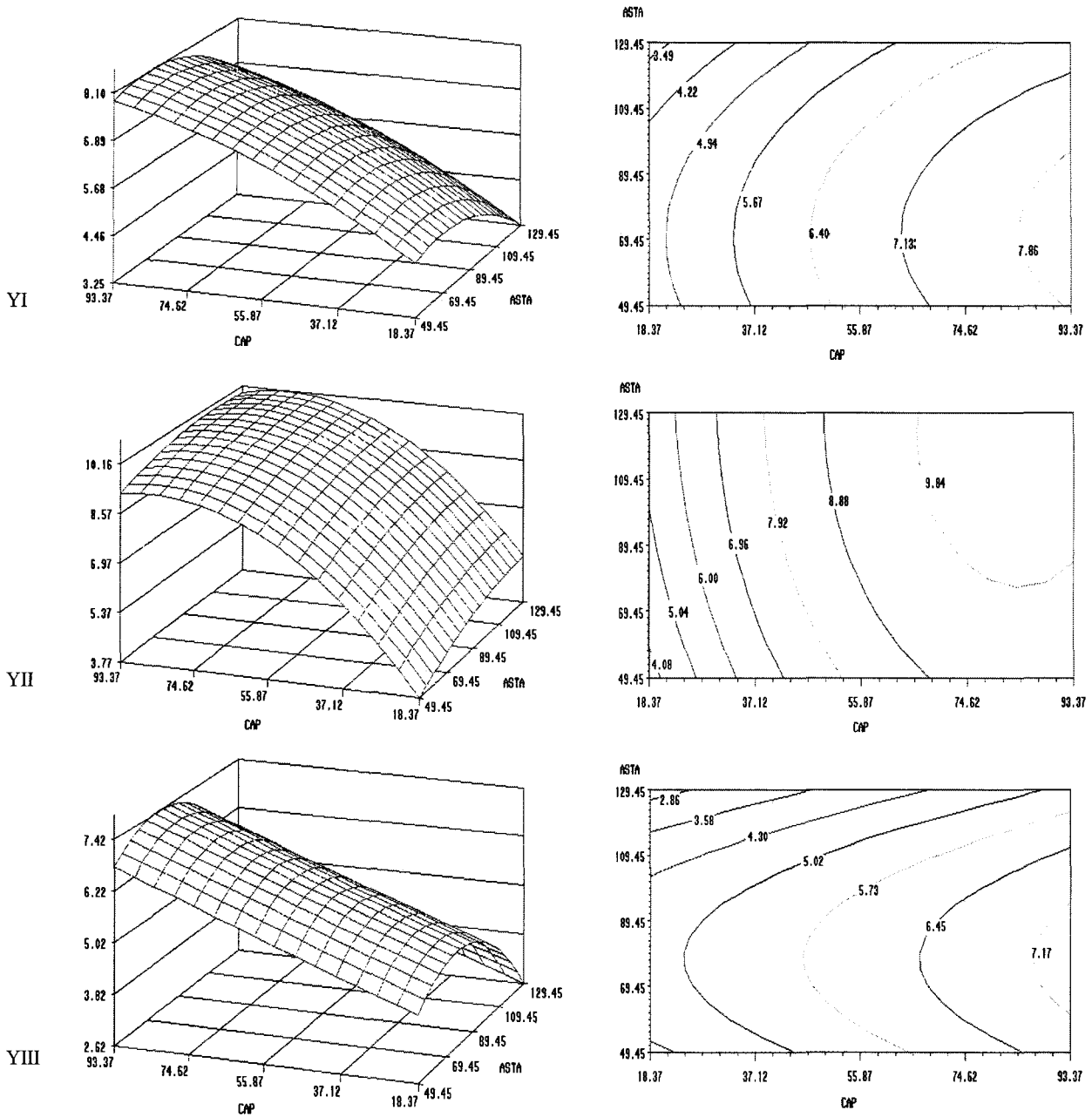


Fig. 1. Response surfaces and contour on the sensory attribute of red pepper according to capsaicinoids content and ASTA value of red peppers.

YI (overall pungency intensity) = $1.475 + 0.074X_1 + 0.058X_2 - 0.003X_1^2 + 0.00003X_1X_2 - 0.00042X_2^2$ ($R^2 = 0.935$).

YII (persistence) = $-0.788 + 0.033X_1 + 0.129X_2 + 0.0002X_1^2 - 0.0008X_2^2$ ($R^2 = 0.935$).

YIII (degree of redness) = $-2.009 + 0.215X_1 + 0.058X_2 - 0.0012X_1^2 - 0.0013X_1X_2 - 0.0002X_2^2$ ($R^2 = 0.821$).

일정량 첨가하여 김치를 제조한 후 제조 직후 적당히 발효된 단계와 과숙된 단계로 나누어, pH, 적정산도, 염도, 젖산균수, capsaicinoids, ASTA 값 및 관능검사를 실시하였다.

pH는 김치 제조 직후 고춧가루에 상관없이 5.46~5.78의 범위를 보였고(Table 4), 적정산도는 0.27~0.31%, 염농도는 2.26~2.48%이었으며, 젖산균수는 $4.05 \times 10^5 \sim 6.23 \times 10^5$ 의 범위를 보였다. 문헌상으로 김치의 숙성을 pH 4.2~4.5와 적정산도 0.6~0.8% 기준(27)으로 발효 중반 단계에서는 pH

4.26~4.44, 산도 0.60~0.70%, 염농도 2.24~2.48%, 젖산균은 $1.36 \times 10^7 \sim 2.48 \times 10^8$ 의 범위를 나타냈다. 또 과숙된 단계의 김치 pH는 3.79~3.98, 산도 0.87~1.14%, 염농도 2.24~2.48%, 젖산균수는 $2.81 \times 10^8 \sim 8.08 \times 10^8$ 이어서 고춧가루의 매운맛 및 색도에 큰 영향을 끼치지 않고, 일반적인 김치 발효 중의 숙성 단계 양상을 보였다.

재조합 고춧가루로 제조한 김치의 발효 단계별 매운맛 성분인 capsaicinoids 함량 및 색도 지수인 ASTA 값을 측정하

Table 4. Effect of reconstructed red pepper powders on the quality characteristics of Kimchi according to fermentation period

Ferment. period	Sample ¹⁾	pH	Titratable acidity (%)	Salt content (%)	Lactic acid bacteria (CFU/mL)
Initial	KRP1	5.46	0.31	2.48	4.05×10^5
	KRP2	5.59	0.30	2.48	6.23×10^5
	KRP3	5.78	0.27	2.26	5.51×10^5
	KRP4	5.62	0.28	2.36	5.80×10^5
	KRP5	5.73	0.28	2.25	4.68×10^5
	KRP6	5.73	0.28	2.48	6.23×10^5
	KRP7	5.47	0.32	2.36	4.64×10^5
	KRP8	5.61	0.29	2.48	5.84×10^5
	KRP9	5.58	0.28	2.36	4.38×10^5
Middle	KRP1	4.44	0.60	2.48	2.80×10^7
	KRP2	4.28	0.70	2.25	1.36×10^7
	KRP3	4.30	0.65	2.25	6.50×10^7
	KRP4	4.32	0.68	2.48	2.48×10^8
	KRP5	4.30	0.66	2.25	1.53×10^8
	KRP6	4.26	0.70	2.24	1.06×10^8
	KRP7	4.43	0.60	2.36	1.77×10^8
	KRP8	4.30	0.62	2.36	8.15×10^7
	KRP9	4.43	0.60	2.24	8.90×10^7
Last	KRP1	3.98	0.95	2.36	4.09×10^8
	KRP2	3.89	0.99	2.24	4.89×10^8
	KRP3	3.95	0.91	2.36	5.54×10^8
	KRP4	3.93	0.93	2.48	2.84×10^8
	KRP5	3.83	0.97	2.25	8.08×10^8
	KRP6	3.79	1.14	2.24	6.43×10^8
	KRP7	3.96	0.98	2.36	2.92×10^8
	KRP8	3.90	0.88	2.48	2.81×10^8
	KRP9	3.85	0.87	2.24	5.47×10^8

¹⁾Kimchi prepared with reconstructed red pepper powders.

었다(Table 5). 김치의 capsaicinoids 함량의 경우 전반적으로 고춧가루의 capsaicinoids 함량이 높으면 김치의 capsaicinoid 함량도 높고, 김치의 붉은색 강도는 전반적으로 고춧가루의 ASTA 값이 높으면 김치의 붉은색 강도도 높다고 평가하였다. 또한 전반적으로 capsaicinoids 함량이 높을수록 매운맛이 지속되는 정도를 측정하는 시간(persistence) 항목에 높은 점수가 나타났으며, 김치의 붉은색 정도를 측정한 항목도 ASTA 값이 높은 시료가 높은 붉은색 강도를 나타냈다. Fig. 2는 고춧가루 자체와 이를 이용하여 담근 김치의 발효 단계별 capsaicinoids 함량 및 ASTA 값의 상관관계를 도출한 결과이다. Capsaicinoids 농도가 높은 고춧가루를 사용하여 담근 김치가 capsaicinoids 함량이 높게 측정되었으나, 발효가 진행됨에 따라 전반적인 추세선이 우측으로 이동하여 capsaicinoids 함량이 약간 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2-a). 반면 붉은색 정도를 나타내는 ASTA 값은 고춧가루 색과 김치 색과는 낮은 상관 계수를 나타내었는데, 이는 김치 재료의 특성상 주재료인 배추의 푸른잎과 흰줄기 부분의 비율에 따라 최종 제품의 색에 영향을 주는 것으로 사료되었다(Fig. 2-b).

Fig. 3은 김치의 capsaicinoids 함량(X_1)과 ASTA 값(X_2)을 독립변수로 하여 전체적인 매운맛 강도(YI, overall pungency intensity), 매운맛이 지속되는 시간(YII, persistence)

Table 5. Capsaicinoids content and ASTA value of Kimchi prepared with reconstructed red pepper powders according to fermentation period

Ferment. period	Sample ¹⁾	Content (mg%)			ASTA value	Sensory attribute		
		Capsaicin (CAP)	Dihydrocapsaicin (DHCAP)	Capsaicinoids		Overall pungency intensity	Persistence	Degree of redness
Initial	KRP1	0.18±0.06	0.18±0.01	0.36±0.07	4.37±0.0	4.1±2.7 ^{ab2)}	3.3±1.8 ^{bc}	6.0±1.7 ^{bc}
	KRP2	0.13±0.01	0.09±0.01	0.22±0.22	8.86±0.2	3.9±2.8 ^b	3.1±2.7 ^{ab}	7.9±2.7 ^b
	KRP3	0.79±0.20	0.56±0.20	1.35±0.40	7.54±0.0	5.0±2.3 ^{ab}	6.5±2.5 ^{abc}	6.8±1.6 ^{bc}
	KRP4	0.60±0.11	0.59±0.03	1.29±0.14	12.94±0.1	8.9±3.9 ^a	9.3±3.9 ^a	11.4±2.5 ^a
	KRP5	0.46±0.02	0.39±0.02	0.85±0.04	9.97±0.0	6.3±2.1 ^{ab}	7.1±3.2 ^{abc}	7.8±1.8 ^b
	KRP6	0.58±0.05	0.48±0.05	1.06±0.10	9.69±0.6	8.0±2.9 ^a	7.8±3.3 ^{ab}	6.9±2.6 ^{ab}
	KRP7	0.12±0.07	0.18±0.09	0.30±0.16	4.19±0.2	3.7±1.8 ^b	3.0±2.6 ^c	5.3±2.8 ^{bc}
	KRP7	0.12±0.07	0.18±0.09	0.30±0.16	4.19±0.2	3.7±1.8 ^b	3.0±2.6 ^c	5.3±2.8 ^{bc}
	KRP9	0.46±0.01	0.32±0.10	0.78±0.11	7.43±1.2	5.4±2.2 ^{ab}	5.6±2.5 ^{abc}	6.6±1.4 ^{bc}
Middle	KRP1	0.26±0.01	0.08±0.02	0.34±0.03	8.91±1.5	5.1±2.4 ^c	4.5±2.4 ^d	7.6±2.6 ^c
	KRP2	0.12±0.01	0.01±0.00	0.13±0.01	14.61±0.4	5.1±1.9 ^c	5.4±2.7 ^{bcd}	9.4±1.4 ^{abc}
	KRP3	0.58±0.04	0.63±0.42	1.21±0.46	11.23±0.2	8.5±1.1 ^{ab}	9.1±1.9 ^a	8.6±1.8 ^{bc}
	KRP4	0.61±0.01	0.51±0.09	1.12±0.10	17.00±0.9	8.6±2.9 ^{ab}	8.4±2.9 ^b	11.4±1.2 ^a
	KRP5	0.38±0.07	0.24±0.13	0.62±0.20	17.52±2.1	8.1±1.9 ^{bc}	8.0±2.0 ^{abc}	8.4±1.3 ^c
	KRP6	0.47±0.08	0.25±0.01	0.72±0.09	11.43±0.3	10.6±1.9 ^a	9.3±2.4 ^a	7.8±1.50 ^c
	KRP7	0.11±0.01	0.02±0.02	0.13±0.03	8.13±1.5	6.1±1.7 ^{bc}	4.9±1.9 ^{cd}	7.9±0.7 ^c
	KRP8	0.42±0.03	0.57±0.08	0.99±0.11	17.79±0.6	7.0±2.5 ^{bc}	7.6±2.5 ^{bcd}	10.8±1.31 ^{ab}
	KRP9	0.57±0.05	0.24±0.01	0.81±0.06	14.68±0.1	9.0±1.8 ^{ab}	10.1±1.9 ^a	8.0±1.8 ^c
Last	KRP1	0.17±0.00	0.10±0.01	0.27±0.01	10.8±7.4	6.1±2.2 ^{cd}	5.6±2.6 ^{cd}	6.1±3.7 ^c
	KRP2	0.10±0.02	0.07±0.00	0.17±0.02	14.23±0.4	5.8±1.5 ^{de}	5.5±1.8 ^{cd}	7.5±1.3 ^{bc}
	KRP3	0.64±0.09	0.43±0.17	1.07±0.26	9.66±1.5	11.3±1.3 ^a	11.9±1.1 ^a	10.8±1.1 ^a
	KRP4	0.63±0.01	0.57±0.21	1.20±0.22	18.56±1.5	9.1±1.2 ^{ab}	9.1±1.9 ^b	9.8±2.1 ^{ab}
	KRP5	0.43±0.06	0.30±0.11	0.73±0.17	8.09±0.2	8.6±2.8 ^{abc}	8.5±3.1 ^b	10.1±1.9 ^{ab}
	KRP6	0.42±0.04	0.42±0.16	0.84±0.20	14.41±0.7	10.0±1.8 ^{ab}	10.1±2.1 ^{ab}	8.5±2.3 ^{abc}
	KRP7	0.10±0.00	0.02±0.05	0.12±0.05	11.33±1.5	4.6±1.4 ^c	3.9±1.4 ^d	6.3±1.6 ^c
	KRP8	0.29±0.11	0.44±0.25	0.73±0.36	14.30±0.6	7.6±1.8 ^{bcd}	7.6±1.9 ^{bc}	8.9±2.2 ^{abc}
	KRP9	0.41±0.05	0.24±0.05	0.65±0.10	9.66±1.1	8.6±1.5 ^{abc}	8.3±2.0 ^{bc}	9.0±1.5 ^{abc}

¹⁾Kimchi prepared with reconstructed red pepper powders.

²⁾Means with the different letters in same column are significantly difference (p<0.05) by Duncan's multiple test.

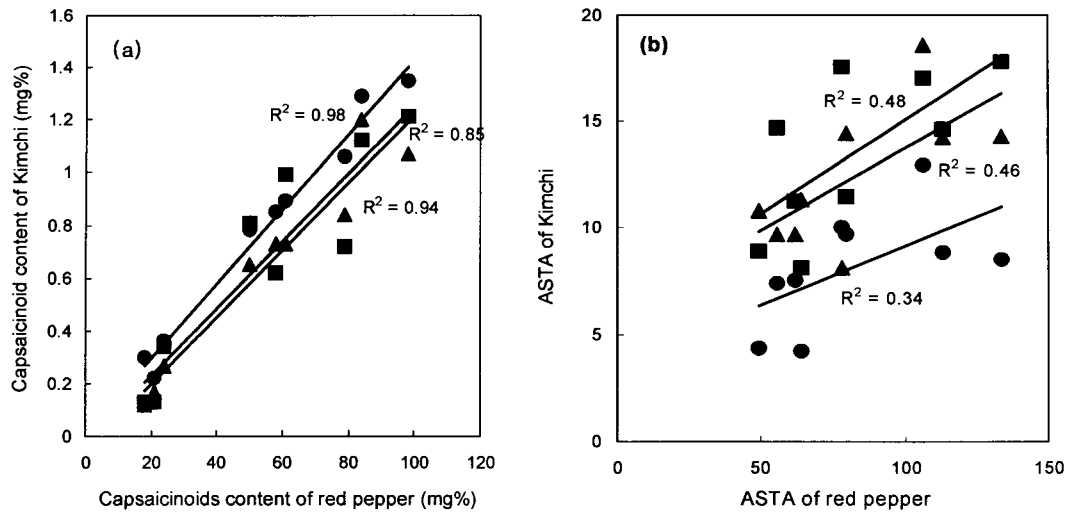


Fig. 2. Correlation between sensory characteristics and capsaicinoids content, ASTA value on the red pepper powders and Kimchi. ●: initial fermentation, ■: middle fermentation, ▲: last fermentation.

및 붉은색 강도(YIII, degree of redness)의 결과를 반응표면 분석법(response surface analysis)에 의한 회귀 분석 결과로 나타낸 것이다. 독립변수와 관능검사 항목간의 상관성 R^2 로 나타내었을 때 김치의 R^2 은 0.515~0.784로 고춧가루의 R^2 0.821~0.935에 비하여 낮았다. 이러한 결과는 재조합 고춧가루의 관능검사와 김치 담금 시 사용한 고춧가루의 양은 2.3 g으로 동일하나, 실제 김치에 있어서는 매운맛과 색도에 영향을 주는 고춧가루의 역할이 첨가량이나 다른 부재료에 의해서 감소되었기 때문으로 여겨진다. 그러나 전반적인 경향을 살펴보면 김치의 전체적인 매운맛 강도(YI)는 김치의 ASTA 값과 capsaicinoids 함량이 높을수록 높은 점수로 평가하였는데, 관능검사 15점 만점의 50%를 넘는 8.0을 보통 이상의 매운맛 정도로 본다면, 김치의 capsaicinoids 함량이 0.62 mg%, ASTA 값 10 이상이 되는 김치시료를 비교적 맵다고 평가하였다. 매운맛이 지속되는 시간(YII)은 ASTA 값 4.19, capsaicinoids 함량 0.12~1.32 mg%의 김치 시료(a)의 경우 2.3~4.0의 낮은 점수로 평가하였으나(a), ASTA 값 18.19, capsaicinoids 함량 1.0 mg% 이상에서는 9.3 정도의 매운맛으로 평가하였다(b). 또한 붉은색 정도(YIII, c)는 ASTA 값이 낮을 경우 capsaicinoids 함량과 관계없이 5.65의 점수로 평가하였으나, ASTA 값이 높아지면서 capsaicinoids 함량이 높아질수록 높은 점수를 주었다. 이는 비교적 낮은 ASTA 값의 김치 시료는 국내산 고춧가루의 붉은 색 강도가 반드시 고추의 매운맛 성분인 capsaicinoid 함량이 높은 것은 아니라고 보고한 Park 등(17), Shin과 Lee(28) 및 Ku 등(10)의 결과와 동일하였다. 그러나 김치시료의 ASTA 값과 capsaicinoids 함량이 높을 경우 상승효과를 보여 고춧가루의 붉은색이 높을수록 김치의 붉은색 정도도 높게 평가하였다.

이상의 결과에서 매운맛 및 붉은색 정도가 다른 고춧가루로 담근 김치의 경우 pH, 총산도 및 젖산균 수에 있어서는 시료 간에 큰 차이가 없으나, 김치의 특성 중의 하나인 매운

맛과 색도는 고춧가루의 품질 특성과 상관성이 있었으나, 관능검사 평가 항목에 따라 약간의 차이가 있었다. 즉 고춧가루의 매운맛 성분인 capsaicinoids 함량과 고추 색도의 기준이 되는 ASTA 값이 최종 제품인 김치의 매운맛과 붉은색 강도에 영향을 주고 있으나, 고춧가루의 매운맛과 색도가 높은 상관성으로 김치에 영향을 주는 것이 아니라 발효 단계별, 고춧가루 이외의 김치 부재료 따라 차이가 있었다. 그러므로 상품 김치의 품질 균일화를 위하여 고춧가루의 품질 균일화 및 이들을 이용하여 담근 김치와 부재료의 영향에 관한 연구 등이 지속되어야 한다.

요 약

김치의 중요한 부재료인 고춧가루를 반응표면분석법을 이용하여 매운맛 및 색도가 차이가 있는 고춧가루 제조 및 이를 첨가한 김치 제조 후 발효단계별 pH, 산도, 젖산균 수, 매운맛, 색도 등에 미치는 영향을 조사하였다. 재조합된 고춧가루의 매운맛 성분인 capsaicinoids 함량(X_1)과 ASTA 값(X_2)을 독립 변수로 하여 관능검사 결과를 반응표면 분석법에 의해 회귀분석하여 도출한 결과 R^2 값이 전체적인 매운맛 강도는 0.935, 매운맛이 지속되는 시간은 0.935, 붉은색 강도는 0.821였다. 한편 재조합된 고춧가루를 일정량 첨가하여 제조된 김치는 제조 직후, pH는 고춧가루에 상관없이 5.46~5.78의 범위를 보였고, 적정산도는 0.27~0.31%, 염농도는 2.26~2.48%이었으며, 젖산균수는 $4.05 \times 10^5 \sim 6.23 \times 10^5$ 의 범위를 보여, 발효의 진행에 따른 고춧가루의 영향은 크지 않았다. 그러나 김치 발효 단계별로 capsaicinoids 함량은 발효가 진행됨에 따라 감소하는 반면, ASTA 값은 고춧가루의 ASTA 값과 큰 상관성이 없었다. 또 김치의 capsaicinoids 함량과 ASTA 값을 독립변수로 하여 각각의 관능검사 항목과 회귀 분석한 결과 상관성을 나타내는 R^2 값이 김치의 전체적인 매

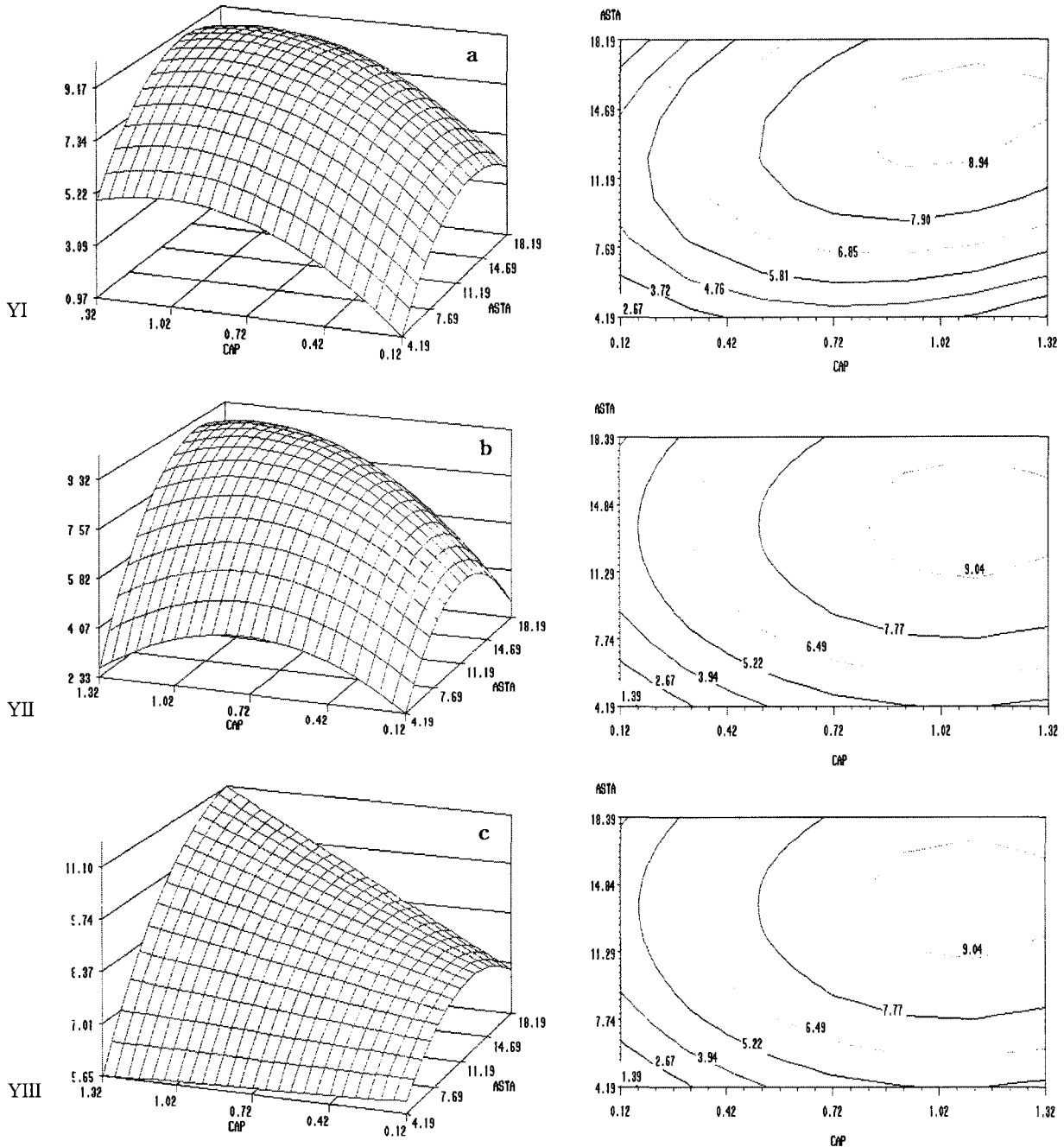


Fig. 3. Response surfaces and contour on the sensory attribute of Kimchi according to capsaicinoids content and ASTA value of red pepper powders.

YI (overall pungency intensity) = $4.036 - 1.405X_1 + 0.569X_2 - 0.001X_1^2 + 0.27X_1X_2 - 0.024X_2^2$ ($R^2 = 0.515$).

YII (persistence) = $-2.573 + 6.312X_1 + 1.191X_2 - 5.142X_1^2 + 0.317X_1X_2 - 0.053X_2^2$ ($R^2 = 0.675$).

YIII (degree of redness) = $-4.341 + 10.269X_1 + 1.165X_2 - 4.958X_1^2 + 0.042X_1X_2 - 0.043X_2^2$ ($R^2 = 0.784$).

운맛 강도는 0.515, 매운맛을 지속하는 시간은 0.675, 붉은색 강도는 0.784였다.

감사의 글

이 연구는 2002년도 농림기술개발사업 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

문헌

1. Nongsuchuksan newspaper Co. 2001. *Korea food yearbook* (in Korean). p 590.
2. Park WS, Kim MH, Kim YH, Kil BI, Lee YK, Park KJ. 2000. Development of quality control technology and elaboration of codex standard for high-quality exporting *Kimchi*. *Research Report of Agriculture Department KFRl, GA0174-0002*.

3. Kim JM, Kim IS, Yang HC. 1987. Storage of salted Chinese cabbages for *Kimchi*. I. Physicochemical and microbial changes during salting of Chinese cabbage. *J Korean Soc Food Nutr* 16: 75-82.
4. Kim MH, Shin, MS, Jhon DY, Hong YH, Lim HS. 1987. Quality characteristics of *Kimchis* with different ingredients. *J Korean Soc Food Nutr* 16: 268-277.
5. Kim MJ, Moon SW, Jang MS. 1995. Effect of onion on *dongchimi* fermentation. *J Korean Soc Nutr* 24: 330-335.
6. No HK, Lee SH, Kim SD. 1995. Effects of ingredients on fermentation of Chinese cabbage *Kimchi*. *J Korean Soc Nutr* 24: 642-650.
7. Lee SH, Cho OK, Park NY. 1998. The mixed effect of *salvia miltiorrhiza* and *Glycyrrhiza uralensis* on the shelf-life of *Kimchi*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 858-863.
8. Cho EJ, Lee SM, Rhee SH, Park KY. 1998. Studies on the standardization of Chinese cabbage *Kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 324-332.
9. Kim MH, Oh SW, Hong SP, Yoon SK. 1998. Antimicrobial characteristics of chitosan and chitosan oligosaccharides. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1439-1447.
10. Ku KH, Cho JS, Park WS, Nam YJ. 1999. Effects of sorbitol and sugar sources on the fermentation and sensory properties of baechu *Kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 31: 794-801.
11. Park WS, Koo YJ, Nam YJ, Kim YJ, Ku KH, Choi IW, Hong SI. 1998. Development of technology on production of commercial *Kimchi* products with constant quality. *Research Report of Korea Science and Engineering Foundation* KFRI, N1069-0956.
12. Park WS, Koo YJ, An BH, Cho DW, Lee MK. 1994. Standardization of *Kimchi*-manufacturing process. *Korea Food Research Institute* I1121-0449.
13. 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.
14. Ku KH, Kim NY, Park JB, Park WS. 2001. Characteristics of color and pungency in the red pepper for *Kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 33: 231-237.
15. Cochran WG, Cox CM. 1957. *Experimental designs*. 2nd ed. Library of congress Catalog card No: 57-5908, New York. p 376-378.
16. Gacula MC. 1993. *Design and analysis of sensory optimization*. Food & Nutrition press, Inc., Connecticut, USA.
17. Park JB, Park WS, Kim DM, Kim JH, Kwan KH, Lee SM, Kim GH, Shon YS, Ko HK. 1999. Development of automation system for red pepper milling factory. *Research Report of Agriculture Department* KFRI, GA0129-9916.
18. AOAC. 1990. *Official method of analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC, USA.
19. Hoffman PG, Lego MC, Galetto G. 1983. Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase HPLC. *J Agri Food Chem* 31: 1326-1330.
20. Hong SH. 1999. The future of red pepper powder industry in Korea. *ASTA analytical methods* 20.1. *Food Ind Nutr* 4: 45-49.
21. Collins CH, Lyne PM. 1985. *Microbiological methods* (fifth edition). Butterworth & Co. Ltd., Boston. p 73, 130-133.
22. Gillette MH, Appel CE, Lego MC. 1984. A new method for sensory evaluation of red pepper heat. *J Food Sci* 49: 1028-1033.
23. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. 1991. *Sensory evaluation techniques*. 2nd ed. CRC press, Boston. p 53.
24. SAS Institute, Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide*. Version 6.2th ed. Cary, NC, USA.
25. Todd PH, Beninger MG, Biftu T. 1977. Determination of pungency due to capsiicum by gas-liquid chromatography. *J Food Sci* 42: 660-668.
26. Suzuki T, Iwai K. 1984. *The alkaloids: chemistry and pharmacology*. Academic Press, Orlando. Vol 23, p 228.
27. Lee KH, Cho HY, Pyun YR. 1991. Kinetic modelling for the prediction of shelf life of *Kimchi* based on total acidity as a quality index. *Korean J Food Sci Technol* 23: 306-310.
28. Shin HH, Lee SR. 1991. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing area. *Korean J Food Sci Technol* 23: 296-300.

(2004년 3월 18일 접수; 2004년 6월 22일 채택)