

반응표면분석에 의한 마늘잼 제조조건의 최적화

심기현[†] · 주나미 · 한영실
숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학 전공

Optimization of Garlic Jam Making by Response Surface Methodology

Ki-Hyeon Sim[†] · Na-mi Joo · Young-Sil Han
Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out the optimal mixing ratios of three different amounts of pectin, sugar and citric acid for preparation of garlic jam through response surface methodology(RSM) based on the sweetness, pH, color, sensory and texture test. As the sucrose content increased, the sweetness, cohesiveness, color, flavor, gloss and overall palatability of garlic jam tended to be high and the lightness tended to be low. As the pectin content increased, the adhesiveness of garlic jam tended to increase. As the citric acid content increased, the overall palatability of garlic jam tended to be high and the pH tended to be low. The Pectin levels were included 1.8-2.1g, sucrose levels were included 325-342g and citric acid levels were 5.8-6.1g. The optimal mixing ratios of a pectin, sugar and citric acid for manufacturing the best quality of garlic jam were 2.0g, 334g and 6.0g, respectively.

Key Words : Garlic jam, Pectin, Sucrose, Citric acid, Response Surface Methodology

서 론

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae) 파(*Allium*)속에 속하는 인경채소로 국내에서는 서산, 의성, 단양, 남해, 무안, 고흥 등지에서 주로 생산되고 있다(1,2). 마늘은 예로부터 한국인의 식생활의 중요한 향신료로 널리 사용되어 왔으며 한국인 1인당 연간소비량이 10kg에 달하는 우리 식생활에서 중요한 향신료이다(3). 마늘에는 생체기능을 조절하는 allicin을 함유하고 있으며 항균작용, 항산화작용, 항혈전작용, 혈압강화작용, 면역작용, 혈중 콜레스테롤 저하 및 노화방지 등의 효과가 있어 고지혈증, 동맥

경화증과 같이 만성 퇴행성 질환 개선 물질로 알려져 있다(4-6). 최근에는 항암효과에 관한 많은 연구가 진행되고 있으나 그 용도가 거의 조미료에 국한되어 있고, 생산량이 많을 경우 저장에 대한 손실률도 커서 다양한 방면으로 활용이 모색되고 있다(7). 하지만 마늘 특유의 자극취 때문에 각종 마늘가공제품 제조 시 그 사용이 제한되고 있으므로 마늘의 신선한 조직감과 생리활성을 유지하면서 소비자가 원하는 강도의 마늘냄새를 지닌 가공제품의 생산이 필요하다(8).

최근 소득수준의 향상으로 인해 식생활이 서구화, 간편화됨에 따라 식사의 섭취형태도 밥을 주식으로 하는 식사에서 점차로 빵과 같은 편의식품으로 대치하는 가정의 수가 점점 증가하고 있으며, 빵에 발라 먹는 잼의 소비도 증가하여 그 종류도 다양화되고

접수일 : 2005년 9월 9일, 채택일 : 2006년 1월 4일

[†] Corresponding author : Ki-Hyeon Sim, Department of Food and Nutrition Sookmyung Women's University, 53-12, Chungpa-dong 2-ga, Yongsan-gu, Seoul 140-742, Korea
Tel : 02)710-9471, Fax : 02)710-9479
E-mail : santaro@sookmyung.ac.kr

있다. 기존의 잼은 과일에 들어있는 펙틴에 고농도의 설탕을 첨가하여 저장성과 향미는 높일 수 있으나 설탕과 과일에 들어있는 당질의 과다 섭취로 성인병의 우려가 높아져 기피하고 있는 추세이다. 이러한 소비자의 다양화, 고급화되는 기호를 충족하고자 잼을 과일로만 가공하는 것이 아니라 인삼, 당근, 고추, 양파, 미역 등을 첨가함으로써 특이한 맛과 생리적 기능성을 부여한 고품질의 제품을 생산하고 있다. 소비자의 기호를 충족시킬 새로운 기능성 잼에 대한 많은 연구가 진행되고 있는데, 홍고추를 첨가한 잼 (9), 호박에 올리고당을 첨가한 잼 (10), 미역줄기를 이용한 잼 (11)과 같이 다양한 기능성 잼 등이 개발되고 있으나 마늘을 첨가한 잼의 제조 및 이용에 관한 연구는 아직 미미한 실정이다.

이에 본 연구는 잼과 같이 당함량이 높은 식품에 천연의 항균물질을 함유한 마늘을 첨가함으로써 저장성을 부여하고, 마늘이 함유한 펙틴을 잼에 이용함으로써 당 섭취량을 줄이고 마늘의 용도를 다양화하기 위한 방안으로 마늘을 첨가한 잼을 개발하고자 마늘잼 제조조건에 따른 물리적, 기계적, 관능적 특성을 최적화 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 마늘은 2005년 생산된 경상북도 의성마늘(한지형 재래종)을 사용하였으며, 마늘잼의 젤리화에 필요한 펙틴(대흥화학, Germany), 설탕(정백당, 제일제당), 구연산(신원산업, 충북 음성)의 제품을 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 마늘잼의 제조방법

세척한 깐마늘의 눈부분을 잘라낸 다음 10분간 증점에서 쪄 후 2분간 Food processor(MR 550CA, Broun,

Table 1. Normal composition and increment of garlic jam formula

Ingredients	Weight(g)	Increment(g)
Garlic	400	0
Pectin	1.8	±0.6
Sugar	320	±40
Citric acid	5.0	±2.0
Water	50	0

Spain)로 마늘을 파쇄하여 페이스트로 하였으며, 잼의 배합비율은 Table 1과 같다. 제조방법은 펙틴과 설탕을 충분히 혼합한 후 마늘 페이스트를 혼합하여 중간불에서 10분간 가열한 후에 구연산을 넣고 나무주걱으로 저어주면서 5분간 가열하였으며 이때 가열시간은 20분을 넘지 않도록 하였다. 마늘잼이 젤리화가 되었으면 가열을 중단한 후 살균된 병에 충전하여 87℃에서 30분간 살균한 후 급냉하여 잼을 제조하였다. 마늘은 향이 매우 강하여 관능적인 면에서 그 수용도가 떨어질 가능성이 크므로 찹통에서 미리 찌서 충분히 방냉한 후 사용하였다. 각각의 재료에 대한 첨가량은 Kim (12)의 연구를 참고하여 예비실험을 거쳐 표준화시켰다.

(2) pH측정

마늘잼 2g에 18g의 증류수를 가하여 Stirrer(PC 320, Corning, USA)로 섞어준 후 여과지로 여과한 여액을 시료로 사용하였다. pH는 pH meter(340, Mettler Toledo, UK)를 사용하여 측정하였다.

(3) 당도측정

당도는 Abbe 굴절 당도계(Salinity refractometer, Nippon optical works co., Ltd, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

(4) 색도측정

색도계(Colorimetrymeter, CR-300, Minolta co., Ltd, Osaka, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 측정하였다. 이때 표준 백판(standard plate)의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86이었다.

(5) 기계적인 texture 측정

기계적인 texture 측정은 시료 50g을 원통형 지름 3.5cm, 길이 6.5cm의 원통형 용기에 담아 Rheometer (Compac-100, Sun sci. co., Ltd, Japan)을 사용하여 시료를 3회 주입시켰을 때 force-deformation 곡선으로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness) 등을 측정하였다. 이때 기기의 작동조건은 Table 2와 같다.

(6) 관능평가

관능검사는 숙명여자대학교 식품영양학과 대학원생 중에서 신뢰성, 건강, 실험에 대한 관심도 등을 고려하여 16명을 panel로 선정하였고, 이들에게 실험의 목적과 취지를 설명하고 각각의 세부항목에 대해 잘 인지하도록 관능검사에 관한 사전 교육을 시킨 후 검사에 응하도록 하였다(13).

관능검사 시간은 오후 3-4시 사이로 하였고 각각의 마늘잼 15g을 흰접시에 따로 담아 물과 함께 제시한 후 이것을 직경 4cm로 자른 식빵과 함께 먹으면서 7점 척도법으로 기호도가 높을수록 7점에 가까운 점수를 주도록 하였다. 관능검사는 한번에 6종류의 시료를 제시하여 균형불완전블록법(BIBD: balanced Incomplete block design)으로 관능적 색상(color), 향(flavor), 맛(taste), 부착성(adhesiveness), 윤기(gloss), 전반적인 기호도(overall palatability)에 대하여 관능검사를 실시하였다(14).

Table 2. Operating conditions of Rheometer

Sample Height	35mm
Probe Diameter	20mm
Clearance	30mm
Chart Speed	200mm/min
Table Speed	60mm/min
Load Cell	2kg
Repeat(Mastication)	0sec

3. 통계분석

본 실험에서는 최근 식품의 제조공정이나 신제품 개발 등에서 최적화 기법으로 활용되고 있는 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였다. 마늘잼에 대한 실험계획은 중심합성계획(central composite design, CCD)에 따라 독립변수(젤리화 조건, Xn)는 펙틴의 첨가량(0.6, 1.2, 1.8, 2.4, 3.0g), 설탕 첨가량(240, 280, 320, 360, 400g), 구연산 첨가량(1.0, 3.0, 5.0, 7.0, 9.0g)이며 각 실험조건은 -2, -1, 0, 1, 2로서 3요인 5단계로 부호화하였다(1,15). 또한 이들 독립변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Yn)로는 마늘잼의 pH와 당도, 색도(L, a, b) 기계적 특성(hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness), 관능적 특성(color, flavor, taste, adhesiveness, gloss, overall palatability) 등으로 각 독립변수의 배합비 및 인지 수준은 Table 3과 같다. 모든 자료의 통계처리는 SAS package(Statistical Analysis Program, version 8.12)를 이용하여 자료를 분석하였고, 재료의 배합성분을 각각 독립변수로 하여 실험결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였고 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 각 인자간 교호작용을 살펴보았으며 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면상태를 3차원그래프와 등고선 분석으로 실시하였다. 회귀분석결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다.

Table 3. Level of Independent variables for experimental design of garlic jam

Independent variables	Symbol	Coded-variables levels				
		-2	-1	0	1	2
Pectin(g)	X ₁	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0
Sucrose(g)	X ₂	240	280	320	360	400
Citric acid(g)	X ₃	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0

결과 및 고찰

1. 마늘잼의 품질특성

중심합성계획법(central composite design, CCD)에 의하여 5수준 3요인으로 처리한 16개 실험 처리구와 각 조건에 따른 이화학적, 관능적 실험값인 반응변수(Y)의 평균값은 Table 4와 같다. 각각의 실험값을 살펴보면 마늘잼의 당도는 56~81, pH 3.44~5.44, 명도(color value L) 27.15~44.02, 적색도(color value a) -2.45~-0.13, 황색도(color value b) 11.32~18.61이었다. 기계적인 texture의 실험값 중 경도(hardness)는 43.015~206.868, 부착성(adhesiveness) -47.00~-5, 응집성(cohesiveness) 78.674~108.642, 탄력성(springiness) 67.230~87.240의 범위를 가졌으며, 마늘잼의 관능적 품질을 평가한 결과 색(color)은 3.17~5.37, 향(flavor) 3.50~5.67, 맛(taste) 3.00~5.17, 부착성(adhesiveness) 3.12~6.33, 윤기(gloss) 3.67~6.00, 전반적인 기호도(overall palatability)는 3.00~5.17의 값을 나타내었다.

마늘잼의 3개 독립변수에 대한 회귀분석결과는 적색도, 황색도, 기계적인 texture 측정값 중 경도, 부착성, 탄력성, 관능평가 항목 중 맛을 제외한 항목이 5% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 5). 마늘잼 제조 시 각 변수의 F-Ratio와 최적조건을 Table 6과 Table 7에 나타내었다.

(1) 이화학적인 특성

1) 당도

마늘잼의 당도는 마늘잼 제조 시 첨가되는 설탕의 첨가량에 따라 달라진다. 당도는 P값이 0.0160으로 5% 수준에서 유의하였고(Table 5), F-검정 결과 설탕은 1% 수준에서 유의성이 인정되어 설탕 첨가량이 많아질수록 당도가 높아지는 것으로 나타났다(Table 6). 또한 반응표면식의 R²값은 0.9086으로 이는 추정된 반응표면 모형이 적합하다는 것을 나타낸다. 마늘잼 당도에 관한 반응표면결과 얻어진 3차원 반응표면 그래프(Fig. 1)에 따르면 설탕 첨가량이 높아질 수

Table 4. Effect of processing condition of garlic jam on the sweetness, pH, color, texture and sensory evaluation different coded values of treatment

No	Ingredient				Color			Texture properties				Sensory evaluation						
	Pectin (X ₁)	Sugar (X ₂)	Citric acid(X ₃)	Sweetness	pH	L	a	b	Hardness	Adhesiveness	Cohesiveness	Springiness	Color	Flavor	Taste	Adhesiveness	Gloss	Overall palatability
1	1.2	280	3.00	62	4.75	36.95	-1.85	16.07	94.314	-16.00	90.063	80.000	4.50	4.17	3.83	3.70	4.00	4.17
2	1.2	280	7.00	61	4.15	37.77	-1.38	13.86	90.784	-19.00	88.388	77.005	4.67	4.50	4.33	3.52	3.67	5.00
3	1.2	360	3.00	66	4.56	32.55	-1.34	14.18	102.022	-20.00	87.517	81.250	4.83	4.80	4.33	4.25	5.63	4.33
4	1.2	360	7.00	67	4.22	32.69	-0.86	18.61	75.653	-14.00	99.951	81.818	4.97	4.83	4.00	3.93	5.37	5.17
5	2.4	280	3.00	60	5.39	37.31	-1.62	15.35	110.368	-21.00	86.635	80.851	3.26	3.67	4.17	5.33	4.17	3.33
6	2.4	280	7.00	62	4.38	38.47	-1.47	12.98	99.889	-20.00	78.674	69.458	3.50	4.33	4.50	5.17	4.00	4.33
7	2.4	360	3.00	68	5.41	32.88	-1.17	14.97	206.868	-47.00	87.889	82.075	4.60	4.67	4.67	6.33	5.90	3.67
8	2.4	360	7.00	69	4.73	29.59	-1.75	13.05	132.935	-42.00	95.400	87.240	4.71	4.83	5.00	6.12	5.87	4.50
9	1.8	320	5.00	63	3.99	32.08	-1.15	15.30	69.472	-14.00	91.465	75.446	5.37	5.67	5.00	5.50	5.10	4.83
10	1.8	320	5.00	63	3.99	32.57	-1.37	17.54	57.409	-11.00	90.660	76.087	5.23	5.43	4.50	5.33	5.13	4.83
11	0.6	320	5.00	62	4.03	34.58	-1.91	13.43	75.102	-18.00	85.144	72.222	5.10	5.00	4.50	3.12	4.97	4.67
12	3.0	320	5.00	63	3.97	33.14	-1.75	16.40	72.977	-13.00	90.221	77.368	4.70	5.33	4.17	4.50	5.73	4.33
13	1.8	240	5.00	56	4.47	44.02	-1.03	17.86	78.175	-14.00	87.737	75.936	3.17	3.50	3.33	5.05	4.05	3.33
14	1.8	400	5.00	81	4.38	27.15	-2.45	11.32	36.957	-5.00	108.642	85.580	3.67	4.00	3.50	5.52	6.00	3.83
15	1.8	320	1.00	62	5.31	35.29	-0.13	15.03	76.349	-15.00	87.150	77.143	5.17	4.50	3.00	5.78	4.67	3.00
16	1.8	320	9.00	63	3.44	37.28	-1.62	15.73	43.015	-8.00	81.461	67.230	5.33	4.83	5.17	5.21	5.13	5.00

Table 5. Polynomial equations calculated by RSM program for processing of garlic jam

Responses		Polynomial equation ¹⁾	R ² ²⁾	P-value
Sweetness		$Y_1=131.750000-0.958333X_1-4.875000X_2-0.059375X_3+0.026042X_2X_1+0.085938X_2^2+0.003125X_3X_1+0.001563X_3X_2-0.000313X_3^2$	0.9086	0.0160*
pH		$Y_2=14.527187-0.022708X_1-0.518750X_2-0.060625X_3+0.000069444X_1^2+0.002500X_2X_1+0.006797X_2^2-0.000750X_3X_1+0.000906X_3X_2-0.000178X_3^2$	0.8894	0.0268*
Color	L	$Y_3=94.107188+0.367708X_1-3.383438X_2+0.175719X_3+0.010660X_1^2-0.019948X_2X_1+0.050938X_2^2-0.003219X_3X_1-0.008016X_3X_2+0.001225X_3^2$	0.9470	0.0035**
	a	$Y_4=-14.043437+0.355000X_1-0.591250X_2+0.030125X_3-0.003958X_1^2-0.004479X_2X_1-0.007500X_2^2-0.001438X_3X_1-0.001125X_3X_2+0.000241X_3^2$	0.5250	0.6737
	b	$Y_5=-10.530313+1.239167X_1+1.408750X_2-0.169531X_3-0.010451X_1^2-0.0016510X_2X_1-0.028594X_2^2-0.006781X_3X_1+0.011078X_3X_2-0.000650X_3^2$	0.4131	0.8521
Texture properties	Hardness	$Y_6=123.556875-20.503125X_1+0.578125X_2+5.077594X_3+0.073611X_1^2+0.708177X_2X_1-0.091719X_2^2-0.057823X_3X_1-0.136391X_3X_2-0.002347X_3^2$	0.3467	0.9216
	Adhesiveness	$Y_7=-67.218750+8.229167X_1+0.125000X_2-0.696875X_3-0.020833X_1^2-0.255208X_2X_1+0.046875X_2^2+0.003125X_3X_1+0.020313X_3X_2+0.000625X_3^2$	0.3316	0.9336
	Cohesiveness	$Y_8=243.811250-0.137292X_1-9.200938X_2-0.849500X_3-0.023507X_1^2+0.046667X_2X_1+0.111328X_2^2-0.011688X_3X_1+0.046219X_3X_2-0.004225X_3^2$	0.8720	0.0397*
	Springiness	$Y_9=215.837500-1.613542X_1-7.082187X_2-0.798969X_3-0.006771X_1^2+0.067448X_2X_1+0.077969X_2^2-0.003969X_3X_1+0.031422X_3X_2-0.002241X_3^2$	0.7584	0.1905
Sensory evaluation	Color	$Y_{10}=-22.078750-0.260625X_1+1.777813X_2+0.013438X_3-0.002778X_1^2+0.010000X_2X_1-0.029375X_2^2+0.000041667X_3X_1-0.000250X_3X_2-0.000031250X_3^2$	0.8723	0.0394*
	Flavor	$Y_{11}=-27.592812-0.019167X_1+1.865937X_2+0.092437X_3-0.002674X_1^2+0.002812X_2X_1-0.028125X_2^2+0.000479X_3X_1-0.001250X_3X_2-0.000553X_3^2$	0.8719	0.0397*
	Taste	$Y_{12}=-19.390625-0.047708X_1+1.345625X_2+0.090031X_3-0.002882X_1^2+0.004323X_2X_1-0.020859X_2^2+0.000510X_3X_1-0.001297X_3X_2-0.000416X_3^2$	0.7146	0.2743
	Adhesiveness	$Y_{13}=-1.182187+0.336875X_1+0.112187X_2-0.004219X_3-0.011146X_1^2+0.005156X_2X_1-0.002031X_2^2+0.000135X_3X_1-0.000297X_3X_2+0.000050000X_3^2$	0.8631	0.0473*
	Gloss	$Y_{14}=-0.525625-0.095000X_1+0.217500X_2-0.003969X_3+0.001632X_1^2+0.001406X_2X_1-0.001406X_2^2+0.000406X_3X_1+0.000328X_3X_2-0.000134X_3^2$	0.8843	0.0303*
	Overall palatability	$Y_{15}=-18.308750+0.007500X_1+1.274375X_2+0.080312X_3-0.002292X_1^2+0.000937X_2X_1-0.019531X_2^2+0.000167X_3X_1-0.000250X_3X_2-0.000519X_3^2$	0.9488	0.0031**

¹⁾ X₁ is Pectin content, X₂ is Sugar content, X₃ is Citric acid content and Y₁-Y₁₅ are intensity score of the attributes.

²⁾ R² is coefficient of determination

* : significant at p<0.05 level, ** : significant at p<0.01 level, *** : significant at p<0.005 level, **** : significant at p<0.001 level

Table 6. Analysis of variance showing significance effects of processing variables on sweetness, pH, color, texture, sensory evaluation properties of garlic jam

Ingredient	DF	F-Ratio														
		Sweetness	pH	Color			Texture properties				Sensory evaluation					
				L	a	b	Hardness	Adhesiveness	Cohesiveness	Springiness	Color	Flavor	Taste	Adhesiveness	Gloss	Overall palatability
Pectin (X ₁)	4	0.18	0.84	0.82	0.51	0.39	0.48	0.58	0.64	0.42	2.12	0.46	0.36	7.50*	0.81	3.91
Sugar (X ₂)	4	14.13**	0.60	26.26***	0.43	0.80	0.33	0.47	7.37*	3.13	7.30*	8.85*	1.98	0.86	10.45*	7.82*
Citric acid (X ₃)	4	0.11	10.92**	1.22	0.64	0.57	0.33	0.07	2.70	1.65	0.09	2.38	2.10	0.21	0.10	18.48**

* : significant at p<0.05 level, ** : significant at p<0.01 level, *** : significant at p<0.005 level, **** : significant at p<0.001 level

록 당도는 높아졌으나 펙틴의 경우 첨가량이 높아질수록 오히려 당도가 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 펙틴을 첨가함으로써 전체 고형분 함량이 증가하였기 때문에 나타나는 희석효과로서 설탕 첨가량이 적을 때는 희석효과가 나타나지 않으나 설탕 첨가량이 점점 많아지면 희석효과가 나타나기 때문이다(16).

2) pH

마늘잼의 pH는 구연산 첨가량에 따라 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. pH는 P값이 0.0268으로 5% 수준에서 유의하였고(Table 5), F-검정의 결과 세요인 중 구연산은 1% 수준에서 유의성이 인정되었으며 구연산 첨가량이 많아질수록 pH가 낮아지는 것으로 나타났다(Table 6). 마늘잼의 pH에 관한 반응표

면결과 얻어진 3차원 반응표면 그래프(Fig. 2)에 따르면 마늘잼의 pH는 설탕이나 pectin 첨가량에 영향을 받지 않으나 구연산 첨가량이 많아질수록 pH는 낮아지는 것으로 나타났다.

3) 색도

마늘잼의 색은 세 개의 반응변수 중 유의성이 인정된 L값이 설탕 첨가량에 따라 많은 영향을 받는 것으로 나타났고, a값과 b값은 가정된 회귀변동이 5% 이내에서 유의하지 않았다(Table 5). L값의 경우 P값이 0.0035으로 1% 수준에서 유의하였고 이차회귀식에 의한 R²값은 0.9470을 나타내었다. L값의 F-검정 결과 세요인 중 설탕은 0.5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 설탕의 첨가량이 많아질수록 L값

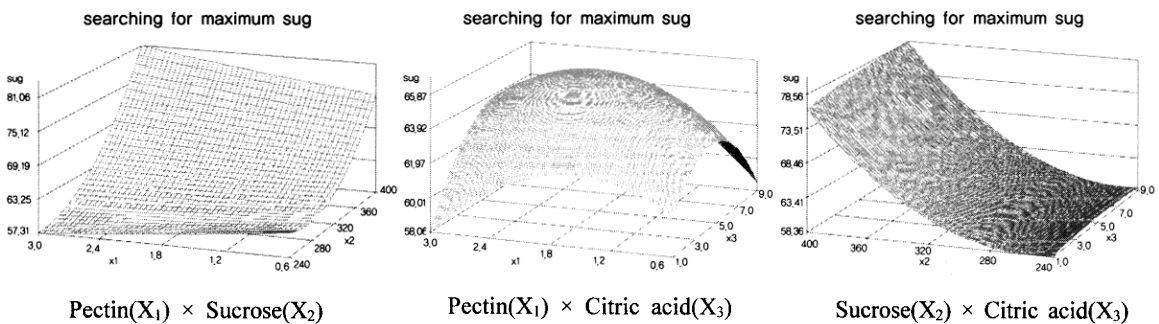


Fig. 1. Response surface on sweetness of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

Table 7. Predicted level of optimum preparation for the maximized sensory properties of garlic jam by ridge analysis and superimposing of their response surfaces

Prepare condition	Level for maximum responses														
	Sweetness	pH	Color			Texture properties				Sensory evaluation					
			L	a	b	Hardness	Adhesive-ness	Cohesive-ness	Springiness	Color	Flavor	Taste	Adhesive-ness	Gloss	Overall palatability
Pectin (X ₁)	2.00	2.17	1.91	2.11	2.35	2.63	0.98	1.85	2.17	1.13	2.91	2.59	2.30	2.38	0.83
Sugar (X ₂)	399.05	308.48	241.46	321.11	271.88	362.60	374.95	395.63	394.47	318.34	334.94	325.09	379.69	389.37	323.80
Citric acid (X ₃)	5.24	1.23	5.66	1.14	2.38	3.06	5.99	6.29	5.76	8.32	6.32	8.00	2.91	5.43	7.35
Morphology	S.P. ¹⁾	S.P.	Min. ²⁾	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	Max. ³⁾	Max.	Max.	S.P.	S.P.	Max.

¹⁾ S.P. : Saddle point ²⁾ Min. : Minimum ³⁾ Max. : Maximum

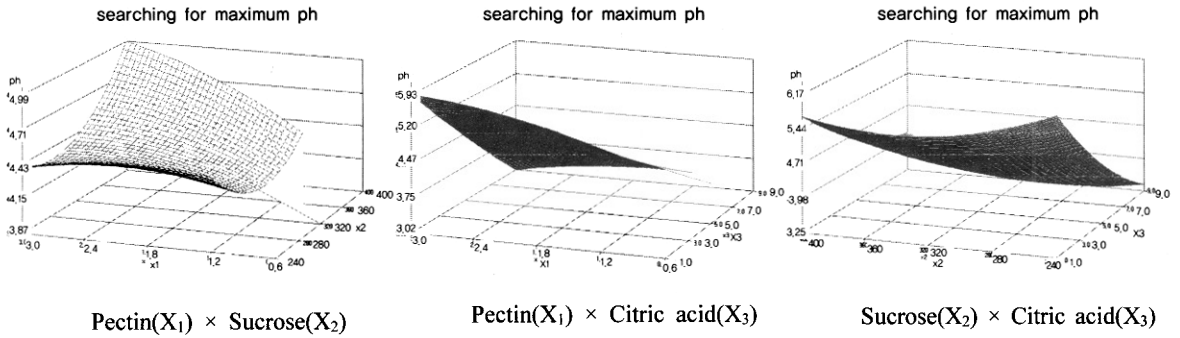


Fig. 2. Response surface on pH of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

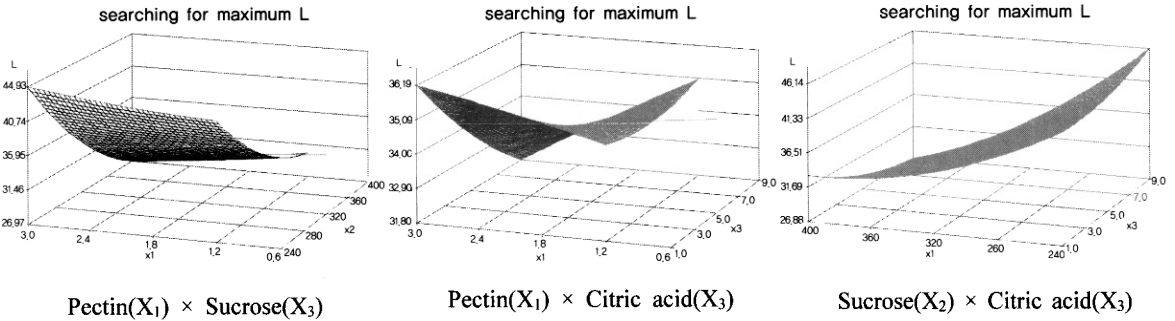


Fig. 3. Response surface on L value of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

이 낮아지는 것으로 나타났다(Table 6). 마늘잼의 L 값에 관한 반응표면결과 얻어진 3차원 반응표면 그래프(Fig. 3)에 따르면 구연산의 첨가량이 많아질수록 높아졌으나 설탕의 첨가량이 많아질수록 L값은 낮아지는 것으로 나타났다. 이것은 설탕을 가열하는 동안 Maillard 반응으로 가열이 일어나지만 pH가 낮을수록 melanoid 색소의 형성속도를 줄일 수 있으므로 Maillard 반응이 억제되기 때문이다(17). 본 실험에 사용된 설탕이 마늘의 아미노산과 만나면서 일련의 반응과정을 거쳐 갈색물질인 melanoid를 만들고 이러한 갈변화는 환원당의 비효소적 Maillard 반응으로 인한 갈변현상 때문으로 생각된다(2,5).

4) 기계적인 texture

마늘잼의 기계적 texture에서 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness)에 대한 예측된 회귀변동은 5% 이내에서 유의하지 않았다. 마늘잼

의 조직감은 응집성(cohesiveness)에서 유의적인 차이를 나타내었는데, P값이 0.0397로 5% 수준에서 유의하였고 회귀식 결정계수(R²)가 0.8720이었다(Table 5). Table 6의 F-검정 결과 세요인 중 설탕은 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 설탕의 첨가량이 많아질수록 응집성(cohesiveness)이 높아지는 것으로 나타났다. 마늘잼의 응집성 변화는 Fig. 4에 나타내었으며 응집성은 설탕과 펙틴의 첨가량이 많아질수록 높아지는 경향을 나타내었다. 설탕을 60% 첨가한 잼의 응집성이 40% 설탕을 첨가한 잼보다 유의적으로 높은 값을 나타낸 Kim (12)의 연구와 유사한 결과를 나타내었으며, 이러한 결과는 펙틴과 설탕이 마늘잼의 젤리화를 촉진시키고 가열할수록 잼의 점성을 높이는 것으로 생각된다. Table 7에 각 반응변수에 대한 최적점을 나타내었는데 응집성에 관한 최적점은 펙틴함량이 1.85g, 설탕 395.63g, 구연산 6.29g으로 나타났다.

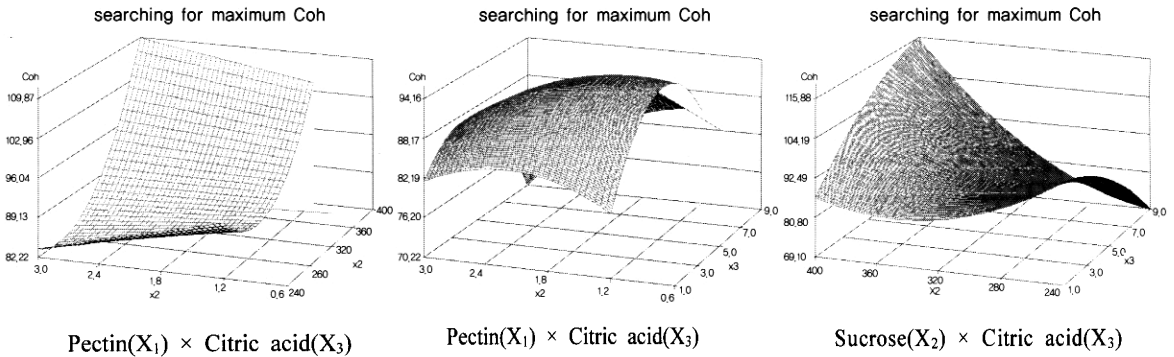


Fig. 4. Response surface on cohesiveness of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

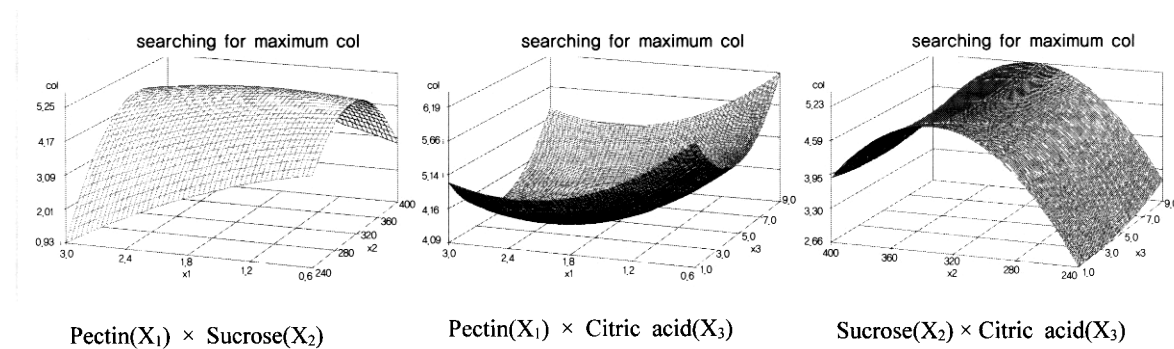


Fig. 5. Response surface on color of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

(2) 마늘잼의 관능적 특성

1) 색깔(Color)

마늘잼의 색깔은 P값이 5% 수준에서 유의하였고 R^2 값이 0.8723 이었다(Table 5). 각 요인간의 관계를 보면 펙틴과 설탕, 설탕과 구연산 사이에서 P값이 유의적인 차이를 보였다. 색깔의 F-검정 결과 설탕은 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 설탕이 색깔에 가장 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 6). 마늘잼은 설탕의 첨가량이 많아질수록 좋은 점수를 받았으나 318.34g 이후는 감소하였다(Fig. 5). 이는 Kim (12)의 연구에서 설탕을 20% 첨가한 잼보다 60% 첨가한 잼의 색깔이 유의적으로 높은 기호도를 보인 결과와 유사하였다. 설탕 첨가량이 318.34g 이후 기호도가 감소하는 것은 잼을 가열 농축하는 과정에서 설탕 함량이 높을수록 갈변이 많이 일어나기

때문이다 (18,19). 색깔에 관한 최적점은 펙틴함량이 1.13g, 설탕 318.34g, 구연산 8.32g으로 나타났다 (Table 7).

2) 향미(Flavor)

Fig. 6은 마늘잼의 향미를 나타낸 것으로 설탕의 첨가량이 향미에 가장 영향을 많이 주는 것으로 나타났다. 마늘잼 향미의 P값이 0.0397로 5% 수준에서 유의하였고 R^2 값이 0.8719이었다(Table 5). F-검정 결과 세요인 중 설탕은 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 설탕 첨가량이 많아질수록 향미에 대한 기호도가 높아지나 설탕 첨가량이 334.94g 이후 점차 기호도가 감소하는 것으로 나타났다(Table 6). 이는 설탕의 양이 지나치게 많아지면 가열시 지나치게 caramel화 되어 쓴맛이 나기 때문이다 (20). 각 요인들 간의 교호작용을 살펴보면 각각의 그래프에서 얻어지

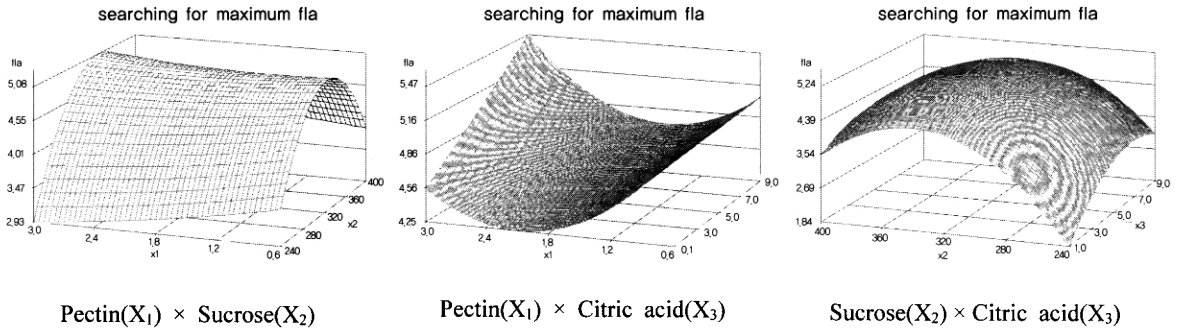


Fig. 6. Response surface on flavor of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

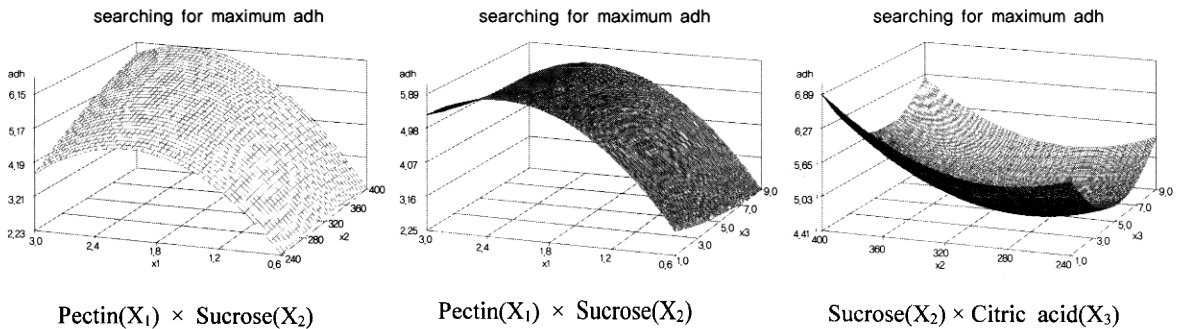


Fig. 7. Response surface on adhesiveness of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

는 최적값은 펙틴함량이 2.91g, 설탕 334.94g, 구연산 6.32g 으로 나타났다(Table 7).

3) 맛(Taste)

마늘잼의 관능적 특성에서 맛(taste)은 가정된 회귀 모형이 5% 이내에서 유의하지 않아 다중회귀분석을 실시하지 않았다.

4) 부착성(Adhesiveness)

마늘잼의 부착성은 펙틴의 첨가량이 증가할수록 높아지는 것으로 나타났다. Table 5의 P값이 0.0473으로 5% 수준에서 유의하였고 이차회귀식에 의한 R²값이 0.8631로서 추정된 반응표면모형이 적합하다는 것을 나타내었다. 세요인 중 펙틴은 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 펙틴의 첨가량이 많아질수록 부착성이 높아지나 펙틴의 함량이 2.3g 보다 많아지면 부착성에 대한 기호도가 감소하는 것으로 나

타났다(Fig. 7). 이는 펙틴을 많이 첨가하였을 경우 젤리화가 지나치게 되어 잼의 물성이 지나치게 딱딱해져 관능적인 부착성이 낮게 나타난 것으로 생각된다(1). 관능적인 부착성에 관한 최적점은 펙틴함량이 2.30g, 설탕 379.69g, 구연산 2.91g 으로 나타났다 (Table 7).

5) 윤기(Gloss)

윤기는 P값이 0.0303으로 5% 수준에서 유의하였고 회귀식 결정계수가 0.8843으로 높은 신뢰도를 나타내었다(Table 5). Table 6의 F-검정 결과 설탕은 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 설탕 첨가량이 증가할수록 윤기에 대한 기호도가 높아지는 것으로 나타났다. Fig. 8은 윤기에 대한 교호작용을 3차원 그래프로 나타낸 것으로 설탕 첨가량이 389.37g 될 때까지 윤기에 대한 기호도가 증가하였으나 그 이후 감소하는 경향을 보였다. 세요인간에 안장점을 나타

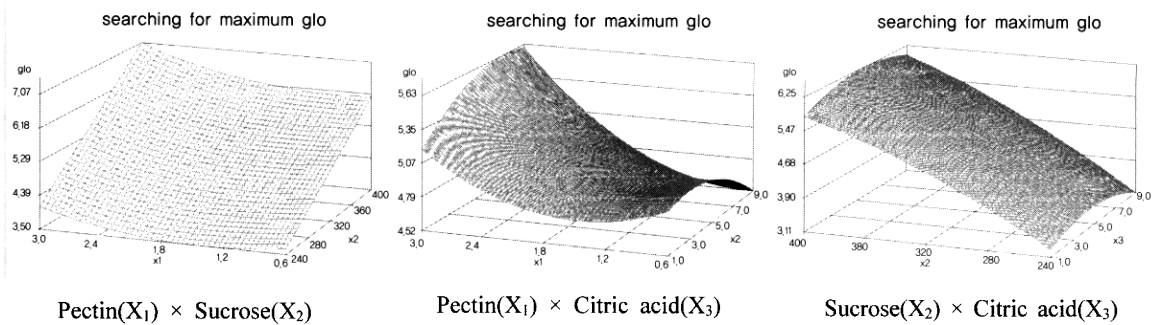


Fig. 8. Response surface on gloss of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

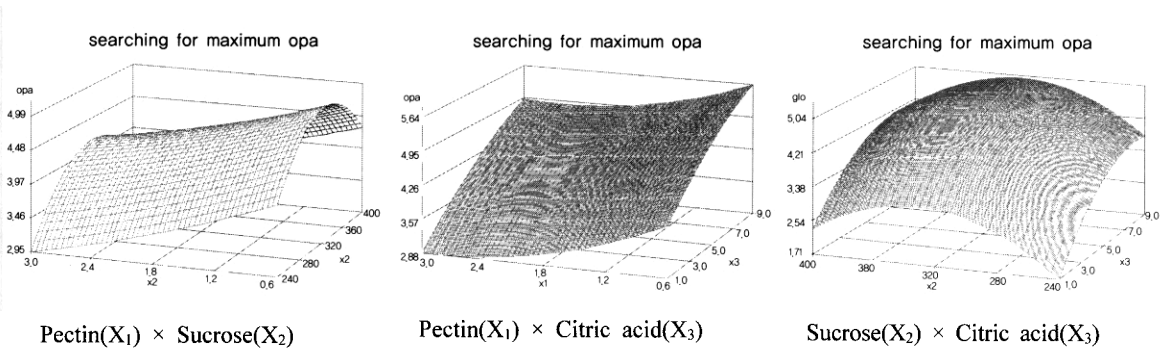


Fig. 9. Response surface on overall palatability of garlic jam processed with pectin, sucrose and citric acid as independent variables

내어 능선분석을 한 결과 광택에 관한 최적점은 펙틴함량이 2.38g, 설탕 389.37g, 구연산 5.43g일 때 종속변수인 윤기가 6.39의 최적점을 가졌으며 세요인 중 설탕이 윤기에 대한 기호도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 7).

6) 전반적인 기호도(Overall palatability)

배합조건에 따른 마늘잼의 전반적인 기호도 변화는 Fig. 9의 3차원 그래프로 나타내었다. 세 요인간의 P값이 0.0031로 0.5% 수준에서 유의하였고 회귀식 결정계수가 0.9488이었다(Table 5). Table 6의 F-검정 결과 세요인 중 설탕은 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며 구연산은 1% 수준에서 유의성이 인정되어 마늘잼의 전반적인 기호도에 대한 배합비의 영향은 구연산이 가장 높았고 그 다음이 설탕이었으며 가장 영향이 적은 것이 펙틴으로 나타났다. 마늘잼의 전반적인 기호도에 대한 반응표면에서의 최적점

은 펙틴 0.83g, 설탕 323.80g, 구연산 7.35g으로 나타났다(Table 7). 그러나 이러한 최적점을 벗어날수록 기호도가 감소하는 경향을 보였다. 마늘잼의 전반적인 기호도에 있어서 설탕과 구연산의 첨가량이 영향을 주는 인자라고 볼 때 마늘잼의 색과 향미, 광택의 영향이 아주 큼을 알 수 있다. Lee (1)의 연구에서 기능성 재료를 첨가한 잼의 경우 설탕과 구연산을 많이 첨가하는 것을 선호하는 경향을 보여 본 연구결과와 비슷한 결과를 보여주었다.

3. 마늘잼의 제조조건 최적화

반응표면분석 그래프로 최적조건을 결정하는 방법으로 제한변수와 등고선도를 이용하여 최적조건을 결정할 수 있다. 그러나 각 제한변수들의 반응표면은 정확하게 일치하지 않으므로 적절한 제한조건을 필요로 하게 된다. 앞의 관능적 특성의 결과에서 유

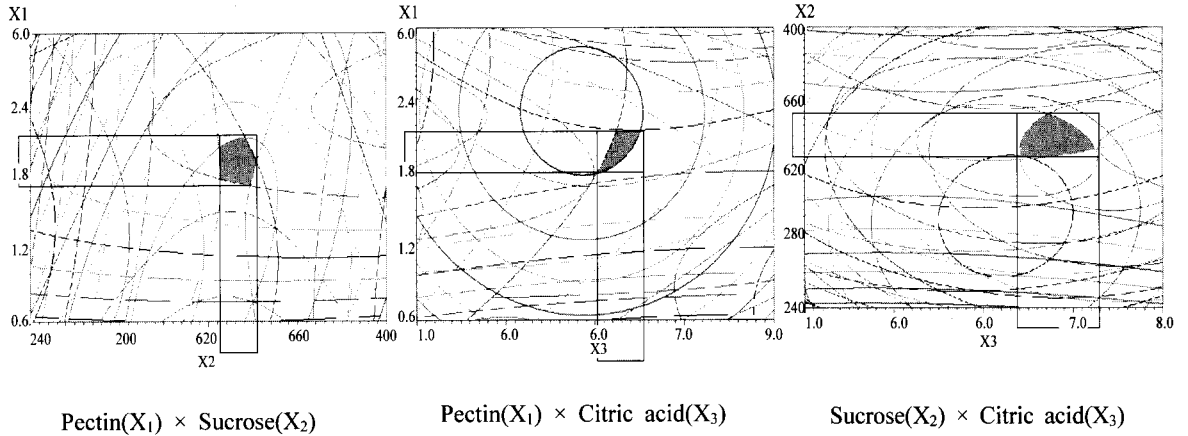


Fig. 10. Optimal condition of garlic jam in sensory quality

Table 8. Optimum process conditions for maximum response of color, flavor, adhesiveness, gloss and overall palatability by superimposition their contour maps

Process conditions	Range of optimum condition	Optimum condition
Pectin(g)	1.8-2.1	2.0
Sucrose(g)	325-342	334
Citric acid(g)	5.8-6.1	6.0

의적으로 나타난 색깔(color), 향미(flavor), 부착성(adhesiveness), 윤기(gloss), 전반적인 기호도(overall palatability)를 제한변수로 설정하고 각 조건이 일치하는 지역을 contour map으로 구하고자 하였다. Fig. 10에서 펙틴(X_1)과 설탕(X_2), 펙틴(X_1)과 구연산(X_3), 설탕(X_2)과 구연산(X_3)의 첨가량 변화에 따른 변화를 알아본 결과 마늘잼의 품질을 향상시킬 수 있는 마늘잼의 최적조건은 Fig. 10의 어두운 부분에서 보는 바와 같이 펙틴과 설탕의 경우 펙틴의 첨가량 1.7~2.2g, 설탕의 첨가량 325~342g이고 펙틴과 구연산의 최적 배합구간은 펙틴의 첨가량 1.8~2.1g, 구연산의 첨가량 5.1~6.1g이며 설탕과 구연산에 따른 최적 배합구간은 설탕 첨가량 325~356g, 구연산 첨가량 5.8~7.6g이 적당한 것으로 나타났다. 이렇게 설정된 각 요인의 배합구간을 모두 충족시키는 부분은 펙틴 첨가량 1.8~2.1g, 설탕의 첨가량 325~342g, 구연산 첨가량 5.8~6.1g이었다. 따라서 유의성이 인정된 모든 평가 항목을 충족시키는 각 요인의 중앙값

을 산출하여 관능적 최적점을 구하였고, 마늘잼의 최적 배합비는 Table 8과 같이 펙틴 첨가량 2.0g, 설탕의 첨가량 334g, 구연산 첨가량 6.0g으로 결정할 수 있다.

요약 및 결론

마늘의 항균성과 다양한 생리적 기능성을 이용한 마늘잼을 개발하고자 마늘잼의 펙틴, 설탕, 구연산의 첨가량을 달리한 후 반응표면분석법으로 최적화하여 마늘잼 제조의 최적조건을 얻고자 하였다. 마늘잼의 설탕 첨가량을 증가시킬수록 당도와 기계적 특성의 응집성(cohesiveness), 관능적 특성의 색깔(color), 향미(flavor), 윤기(gloss), 전반적인 기호도(overall palatability) 등은 증가하였으나 설탕함량이 증가할수록 L값은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 마늘잼의 펙틴 첨가량이 증가할수록 관능적 특성의 부착성

(adhesiveness)이 증가하였고, 구연산은 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 반면에 전반적인 기호도 (overall palatability)는 증가하였다. 따라서 마늘잼의 최적 제조조건은 마늘 400g에 구연산 첨가량 6.0g, 펙틴의 첨가량 2.0g, 설탕의 첨가량 334g가 적당한 것으로 나타났다.

참고문헌

- Jo JS. Food Materials. pp.154-155, Gijeonyungusa, Seoul, 1990
- Kim HY, Jeong SJ, Heo MY, Kim KS. Quality Characteristics of Cookies Prepared with Varied Levels of Shredded Garlics. *Korean J Food Sci Technol* 34(4): 637-641, 2002
- Chun HJ. Professor Jeon's Garlic Story. pp.10-14, Ji-Gu Publishing, Seoul, 2002
- Ahman K. Historical perspective on garlic and cardiovascular disease. *J Nutr* 131(3s):977-979, 2001
- Campbell JH, Efendy JL, Smith NJ, Campbell GR. Molecular basis by which garlic suppresses atherosclerosis. *J Nutr* 131(3a):1006-1009, 2001
- Ho SE, Ide N, Lau BH. S-allyl cysteine reduces oxidant load in cells involved in the atherogenic process. *phytomedicine* 8(1):39-46, 2001
- Fleischauer AT, Arab L. Garlic and cancer : a critical review of the epidemiologic literature. *J Nutr* 131(3s) :1032-1040, 2001
- Bae HJ, Chun HJ. Changes in Volatile Sulfur Compounds of Garlic under Short-term Storage Conditions. *Korean J Food Cookery Sci* 19(1):17-23, 2003
- Lee GD, Jeong YJ. Optimization on Organoleptic Properties of Red Pepper Jam by Response Surface Methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(6):1269-1274, 1999
- Song IS, Lee KM, Kim MR. Quality Characteristics of Pumpkin Jam when Sucrose was Replaced with Oligosaccharides during Storage. *Korean J Food Cookery Sci* 20(3):279-286, 2004
- Ahn CB, Shin TS, Nam TS. A Trial for Preparation of Jam using Sea Mustard Stem. *J Korean Fish Soc* 33(5):423-430, 2000
- Kim KS, Paik SH. The Effects on Quality Characteristics Resulting from the Use of Varying Amounts of Garlic as Additives in Apple Jams. *Korean J Soc Food Sci* 14(5):553-559, 1998
- Larmond E. Laboratory methods for sensory evaluation of food. pp.7-23, Central experimental farm, Ottawa, 1977
- Lee WS. A new experimental design. pp.317-380, Youngpoong books, Seoul, 1998
- Kim KO, Kim KS, Sung NK, Lee YC. Sensory Evaluation Methods and Application. pp.326-329, Sinkwang Publishing, Seoul, 1993
- Kim MY, Chun SS. Effects of Onion on the Quality Characteristic of Strawberry Jam. *Korean J Food Cookery Sci* 17(4):316-322, 2001
- Fenima OR. Food Chemistry. pp.171-173, Marcel Dekker, New York, 1996
- Shin MS, Kim WS, Lee KA, Kim MJ, Yoon HH, Kim SL. Food Experimental Perspectives. pp.116-117. Life-science Publishing, Seoul, 2004
- Kim MH, Kim BY. Development of Optimum processing conditions in Air Dried Garlics Using Response Surface Methodology. *J Korean Soc Food Nutr* 19(3): 234-238, 1990
- Bowers J. Food Theory and Application. pp.131-155, 2nd ed, Macmillan, New York, 1992