

## 모과잼 제조시 혼합물 실험계획법에 의한 재료 혼합비율의 최적화

이은영 · 장명숙<sup>†</sup>

단국대학교 식품영양학과

### Optimization of Ingredients for the Preparation of Chinese Quince (*Chaenomeles sinensis*) Jam by Mixture Design

Eun Young Lee and Myung-Sook Jang<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Gyeonggi 448-701, Korea

#### Abstract

This study was performed to find the optimum ratio of ingredients in the Chinese quince jam. The experiment was designed according to the D-optimal design of mixture design, which included 14 experimental points with 4 replicates for three independent variables (Chinese quince paste 45~60%, pectin 1.5~4.5%, sugar 45.5~63.5%). A mathematical analytical tool was employed for the optimization of typical ingredients. The canonical form and trace plot showed the influence of each ingredient in the mixture against final product. By use of F-test, sweetness, pH, L, b, ΔE, and firmness were expressed by a linear model, while the spreadmeter value, a, and sensory characteristics (appearance, color, smell, taste, and overall acceptability) were by a quadratic model. The optimum formulations by numerical and graphical method were similar: Chinese quince paste 54.48%, pectin 2.45%, and sugar 53.07%. Optimum ingredient formulation is expected to improve use of Chinese quince and contribute to commercialization of high quality Chinese quince jam.

**Key words:** optimization, Chinese quince (*Chaenomeles sinensis*), jam

#### 서 론

모과(Chinese quince, *Chaenomeles sinensis*)는 모과나무(*Chaenomeles sinensis* Koehne)의 장미과에 속한 원형 또는 타원형의 성숙과실로 중국이 원산지이고 우리나라에는 고려 이전에 들어왔으며 전국 각지에서 재배가 가능한데, 특히 중부이남에서 많이 난다. 가을에 열매를 맺고, 서리가 내려 노랗게 익을 때 생산하며 향기가 좋다(1,2).

모과는 약재로 기침, 감기, 천식, 목선데, 토사곽란, 각기 등에 민간약으로 쓰였으며 모과차는 각기와 폐결핵에 좋다고 알려져 있다. 특히 여성빈혈, 근육경련, 만성 류머티즘, 관절통 등에 효과가 있다(3). 또한 모과에는 약 2% 사포닌, 2~3% 유기산, 플라보노이드, 탄닌 등이 함유되어 있으며(4), 그 중에서 신맛을 내는 사과산을 비롯한 유기산은 신진대사를 도와주며, 소화 효소의 분비를 촉진시켜 주는 효과가 있다(5).

그러나 모과는 이러한 약리적 기능에도 불구하고 일반 과실에 비해 수분함량이 적고 석세포 및 목질이 발달하여 육질이 거칠고 시고 떼은맛이 강하여 식용하기에는 어려움이 있어 모과차, 모과정과, 모과강, 모과편, 모과숙, 모과주 등의 가공제품으로 이용되고는 있으나 그 이용범위가 한정되어 있다(6,7).

모과에 관한 연구는 모과 에탄올 추출물의 항산화 효과(6), 모과주류의 생리기능성(3), 모과-사과 혼합청정음료 제조에 관한 연구(8), 모과의 음료소재 가공적성에 관한 연구(9), 모과의 비휘발성 flavor 성분(10)에 관한 연구(10), 모과의 휘발성 flavor 성분(11)에 관한 연구(11) 등 모과를 음식에 직접 이용한 연구가 아직은 미비하므로 모과를 이용한 음식을 개발하는 것이 필요하다.

최근 국제화와 현대인의 생활수준의 향상으로 우리의 생활이 점차 서양화, 다양화되어 감에 따라 바쁜 생활 속에서 식사대용으로 밥 대신 빵과 같은 편의 식품의 소비가 점점 증가하고 있으며, 빵에 발라먹는 잼의 소비 증가와 종류도 다양화되고 있다(12).

일반적으로 잼은 과실에 당, 구연산 및 펙틴을 첨가하여 가열 농축하여 단맛과 보존성을 증대시킨 가공식품으로 그 종류에는 잼, 혼합 잼, 젤리, 마멀레이드, 프리저브, 과실버터 등이 있으며 모두 높은 당 농도와 산도 때문에 저장성이 크다(13,14).

최근 잼에 관한 연구로는 기존 잼의 품질 향상을 위한 연구(12,15,16), 저당성 잼의 관한 연구(17-21)나 식품 고유의 특이한 맛과 생리적 기능을 고려한 기능성 잼에 관한 연구(22-29) 등이 보고되었다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: msjang1@dankook.ac.kr  
Phone: 82-31-8005-3174, Fax: 82-31-8005-3170

혼합물 실험계획법(mixture design)은 식품의 개발과 최적화를 위한 중요한 방법으로 사용된다(30,31). 대부분의 식품 혼합물은 3~8개 혹은 10개 이상의 중요한 혼합성분들을 함유하여 이러한 경우 각 혼합성분의 양이 문제가 아니라 혼합비율이 문제가 된다. 그러나 기존의 방법을 적용하여 분석하는데 어려움이 있기 때문에 식품과 같이 몇 개 성분의 혼합물에 관한 실험에서는 어떠한 성분이 종속변수에 유의한 영향을 미치고, 종속변수의 반응량을 최대 또는 최소로 만드는 재료 혼합비의 최적을 찾고자 할 때 흔히 혼합물 실험계획법을 사용하게 된다(13).

본 연구에서는 다양한 약리적 효능에도 불구하고 현재 한정된 범위의 가공식품의 재료로 쓰이는 모과의 이용성을 증진시키고자하는 방안으로 모과잼을 제조하기 위하여 혼합물 실험계획법으로 최적의 재료 혼합비율을 찾아 고품질의 모과잼을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

2007년에 생산된 600~800 g의 경상북도 청도모과를 구입하여 과피를 제거한 후 모과와 물 300 g을 blender(HMF-1000A, Hanil, Seoul, Korea)에 넣고 3분간 마쇄하여 전량을 한꺼번에 고르게 섞은 뒤 800 g씩 폴리에틸렌 봉투에 넣어 포장하여 -18°C에서 냉동(Micom GC-124CGF, LG, Seoul, Korea) 보관하였고, 필요시 흐르는 물에서 2시간 동안 해동시킨 뒤 잼의 원료로 사용하였다. 설탕은 정백당(대한제당, 순도 99.9%), HM 펙틴(Cp kelco, Atlanta, USA, 순도 100%, DE 73%)을 구입하여 사용하였다.

혼합비율의 최적화를 위한 실험 디자인

본 실험의 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 7(Stat-Easy Co., Minneapolis, MN, USA)을 사용하였다. 모과잼의 재료 혼합비의 최적화는 mixture design 중 D-optimal design(32)에 따라 설계하였다.

보통 시판 잼류는 산미제로 구연산을 첨가하여 젤리강도 강화와 풍미향상 시키는데(33), 본 실험에서는 모과의 pH가 3.03으로 젤리화 시키는데 적절하여 산을 제외하였다. 또한 모과의 수용성 펙틴 실험 결과, 4.32 mg/g으로 잼을 만들기에 충분치 않은 양을 함유하고 있어서 독립변수로 모과잼의 품질에 가장 영향을 줄 수 있는 모과 페이스트(A), 펙틴(B), 설탕(C)을 설정하였고 반응변수로는 퍼짐성, 당도(°Brix), pH, 색도(L, a, b, ΔE 값), 견고성(firmness), 관능검사(색, 냄새, 맛, 조직감, 전반적인 기호도)를 설정하였다. 모과, 펙틴, 설탕 함량의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 전체 양에 대한 모과의 비율을 45~60%, 펙틴의 비율을 1.5~4.5%, 설탕의 비율을 45.5~63.5%로 정하였다. 실험점은 Fig. 1과 같고, 실험점의 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

모든 실험순서(run)는 구획에 따른 오차를 없애기 위하여 무작위로 실행하였고, 분석은 모델에 대한 F-test를 통하여 유의성 검사를 하였다. 선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot을 이용하여 일정한 비율에서 다른 요소들이 고정되는 동안 각 혼합물 성분 변화에 따른 영향을 가시화하였다. Pseudo-component는 실제 성분의 조합으로 실험 디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주기 위하여 나타내었다.

모과잼의 제조

모과 페이스트와 펙틴, 설탕의 첨가량은 반응표면분석법 중 D-optimal design(17)에 의한 Table 1에 따라 모과잼의 재료 배합비에 준하여 모과 페이스트(모과:물=1:1)는 12배, 펙틴과 설탕은 6배씩을 혼합하였다. 모과 페이스트의 반량의 물을 더 첨가한 후 전기냄비(SCK-900SL, Shinil, Seoul, Korea)에 넣고 충분히 혼합한 뒤, 5단으로 15분, 2단

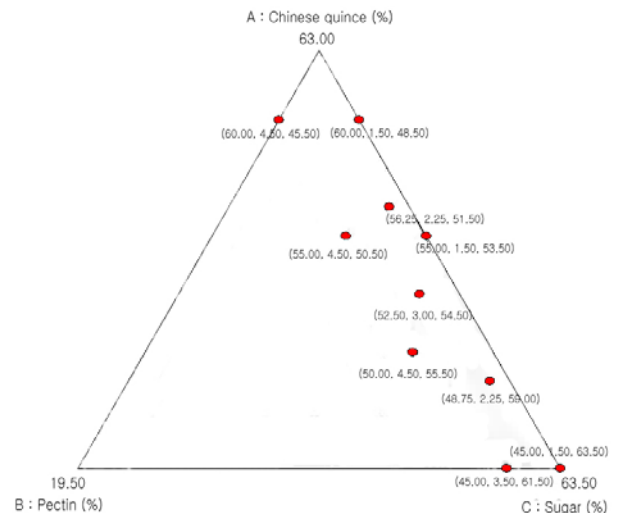


Fig. 1. Plot of a modified distance design in the mixture region.

Table 1. Experimental design for the Chinese quince jam

No	Run	Pseudo component <sup>1)</sup>			Actual component (%)		
		A <sup>2)</sup>	B	C	A	B	C
1	4	0.00	0.11	0.89	45.00	3.50	61.50
2	11	0.28	0.17	0.56	50.00	4.50	55.50
3	1	0.83	0.17	0.00	60.00	4.50	45.50
4	13	0.42	0.08	0.05	52.50	3.00	54.50
5	3	0.83	0.00	0.17	60.00	1.50	48.50
6	7	0.00	0.00	1.00	45.00	1.50	63.50
7	9	0.56	0.17	0.28	55.00	4.50	50.50
8	5	0.21	0.04	0.75	48.75	2.25	59.00
9	8	0.56	0.00	0.44	55.00	1.50	53.50
10	2	0.63	0.04	0.33	56.25	2.25	51.50
11	10	0.00	0.11	0.89	45.00	3.50	61.50
12	12	0.00	0.00	1.00	45.00	1.50	63.50
13	6	0.83	0.17	0.00	60.00	4.50	45.50
14	14	0.83	0.00	0.17	60.00	1.50	48.50

<sup>1)</sup>Pseudo components:  $\sum_{i=1}^p x_i = 1$

<sup>2)</sup>A: Chinese quince paste, B: pectin, C: sugar.

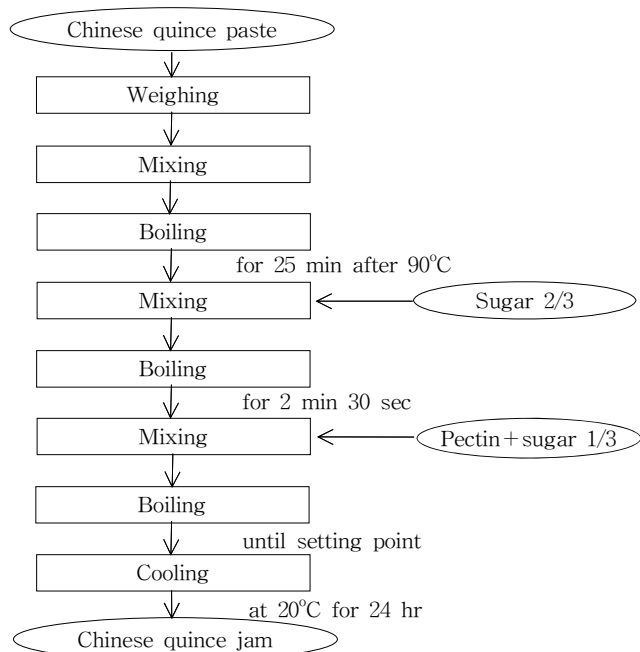


Fig. 2. Preparation process for Chinese quince jam.

으로 10분간 끓였다. 여기에 설탕양의 2/3를 30초 간격으로 2회에 나누어 넣어 잘 저어준 다음, 설탕을 넣기 시작하지 2분 30초 후에 설탕 1/3과 펙틴을 섞어 놓은 것을 넣은 후 1분간 잘 저어주었다. 완성점은 cup test 및 spoon test로 결정하였다. 완성된 잼은 살균한 유리병 용기(300 mL)에 담아 20°C에서 24시간 저장한 후 시료로 사용하였다(Fig. 2).

모과의 수용성 펙틴

수용성 펙틴은 m-hydroxydiphenyl법(34)으로 측정하였다. 모과 200 g에 증류수 200 mL를 blender(HMF-1000A, Hanil)에 넣고 3분간 갈았다. 이것을 mechanical stirrer를 이용하여 1시간 동안 stirring한 다음 감압여과(Whatman No.5)한 후 이 여과액을 증류수로 500 mL로 정용하여 수용성 펙틴 시험용액으로 하였다. 수용성 펙틴 용액 1 mL을 얼음 상자에서 5분간 방치한 뒤 0.0125 M 농도로 sodium tetraborate을 황산에 녹인 용액 6 mL을 첨가하여 혼합하였다. 혼합한 후 100°C 항온수조에 넣어 5분간 끓인 후, 얼음상자에 넣어 5분간 방치하여 식히고 나서 0.15%(W/V) NaOH에 녹인 0.15%(W/V) m-hydroxydiphenyl를 0.1 mL 첨가하였다. 완전히 혼합한 뒤 20분간 방치하여 520 nm에서 분광광도계(model 340, Sequoia-Turner, Sparks, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하여 수용성 펙틴 함량을 계산하였다. 이때 표준물질은 galacturonic acid를 사용하였다.

퍼짐성

Line speed chart를 이용하여 모과잼 시료를 stainless steel 원통(높이 60 mm×직경 68 mm)에 담은 후 맨 윗부분의 초과분을 spatula를 사용하여 제거하고 원통을 들어 올려

퍼지게 하여 2분 후 자로 퍼진 부분 8군데의 부위에서 반지름을 측정하여 평균치를 구하였다.

당도(°Brix)

모과잼의 당도(°Brix)는 굴절당도계(hand refractometer, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 이상 반복하여 측정하였다.

pH

모과잼 50 g씩 취하여 실온에서 pH meter(model 420A, Orion, Boston, USA)로 3회 이상 반복 측정하였다.

색도

색차계(JC-801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값을 측정하였다. 측정은 최소한 3회 이상 반복하여 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판은 L=98.698, a=-0.699, b=-0.752이었다.

견고성

제조한 잼의 물성 특성치를 구하기 위해 실험처리구의 시료를 100 g 비이커(지름 5 cm, 높이 7 cm)에 담아 Texture Analyzer(TAXT-2, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 50%의 변형율로 Cock 등(35)의 방법을 이용하여 modified extrusion test를 하였고, 시료 측정 후 얻어진 force-time curve로부터 물성 특성치를 측정하였다. 모든 측정은 3회 이상 반복하였고 데이터 분석은 average curve를 사용하였다. 사용한 기기의 측정조건은 Table 2와 같다.

관능검사

모과잼의 관능적 특성을 평가하기 위하여 30명의 관능 검사원(식품영양학과 대학원생)을 대상으로 색, 냄새, 맛, 조직감, 그리고 전반적인 기호도의 5가지 특성에 대하여 9점 평점법으로(36) 실시하였다. 이때 “대단히 싫음(dislike extremely)”을 1점, “대단히 좋음(like extremely)”을 9점법으로 평가하였다.

최적화

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 혼합물 성분의 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 재료 혼합비의 최적화를 선정하였고, 그 때의 점을 예측하였다. 수치 최적화는 canonical 모형을 근간으로 하는

Table 2. Operating conditions for Texture Analyzer

Instrument	Stable Micro System TA XT-2 Texture Analyser
Type	Back extrusion test
Probe	Φ76 mm acrylic cylinder probe
Pre-test speed	5.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post test speed	1.0 mm/s
Strain deformation	50%

모델의 계수에 각 반응에 대한 목표 범위(goal area)를 설정하고 다음 식에 의하여 구하였다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)_{\min} = \left( \frac{d_i}{d_i} \right)_{\min}$$

여기서 D는 overall desirability(37), d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다. 모형적 최적화는 각 반응에 대한 최소 혹은 최대 제한점을 결정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

### 결과 및 고찰

#### 모과의 수용성 펙틴

실험에 사용한 모과의 수용성 펙틴 함량을 측정된 결과 4.32 mg/g이었다. 이는 잼을 만들기에 적당하지 않은 수용성 펙틴 함량이었다. 즉, 모과잼을 만들기 위해서는 펙틴을 첨가할 필요가 있음을 알 수 있었다.

#### 퍼짐성

14개의 실험점으로 만든 모과잼의 퍼짐성 측정 결과는 Table 3과 같다. 잼의 바름성(spreadability)의 기준이 되는 퍼짐성(19)은 1.84~3.08 cm의 범위를 보였고, 최소값은 모과 페이스트 50%, 펙틴 4.5%, 설탕 55.5%를 첨가하여 모과잼을 만들었을 때, 최대값은 모과 페이스트 45%, 펙틴 1.5%, 설탕 63.5%를 첨가하여 잼을 만들었을 때로 나타났다. 현재 시중에 시판하고 있는 잼 10종의 퍼짐성을 측정해 본 결과 1.59~3.76 cm 범위로 본 실험의 14개 실험점으로 만든 모과잼의 퍼짐성은 시판하고 있는 잼의 범위에 있는 것을 알 수 있었다.

혼합물의 최적 조건을 찾기 위하여 Table 3의 결과를 'Design Expert 7'을 이용하여 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 퍼짐성에 미치는 효과를 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 모과

페이스트, 펙틴, 설탕 함량이 서로 교호작용의 영향을 받는 quadratic 모델(R<sup>2</sup>=0.8559)이 선정되었으며, probability는 0.0032로 모델의 적합성이 인정되었다. Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과 모과 페이스트와 펙틴이 함께 작용할 때 퍼짐성에 가장 큰 영향을 주었다. Fig. 3의 반응표면도와 trace plot에서의 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주는 것으로 모과 페이스트 함량(A-A선)이 증가할수록 퍼짐성은 증가하였고, 펙틴 함량(B-B선)이 증가할수록 퍼짐성이 감소하여 모과 페이스트 함량이 많을수록 잼이 묽고, 펙틴 함량이 많을수록 잼이 뽕을 알 수 있었다.

pH가 2.8~3.3로 유지될 때 펙틴분자가 가진 음하전을 중화시키고 펙틴분자들의 안정성을 감소시켜 펙틴분자들이 결합하여 3차원 망의 형성을 쉽게 해주어 젤리화가 잘 일어나도록 도와주는데(38), 이때 펙틴이 부족하게 첨가되거나 과도하게 첨가되면 잼이 묽어지거나 되직해지는 것으로 생각된다.

#### 당도(°Brix)

14개의 실험점으로 만든 모과잼의 당도(°Brix) 측정 결과는 Table 3과 같다. 혼합물의 최적 조건을 찾기 위하여 Table 3의 결과를 'Design Expert 7'을 이용하여 독립변수가 당도(°Brix)에 미친 영향을 Table 4에 나타내었다. 당도는 39~52°Brix의 범위를 보였고, 최소값은 모과 페이스트 60%, 펙틴 1.5%, 설탕 48.5%를 혼합하였을 때, 최대값은 모과 페이스트 45%, 펙틴 1.5%, 설탕 63.5%를 혼합하였을 때였다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 당도(°Brix)에 미치는 효과를 위한 회귀식(Table 4)을 보면, 모과 페이스트, 펙틴, 설탕의 함량이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델(R<sup>2</sup>=0.9810)이 선정되었으며, probability는 <0.0001로 5% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

Table 3. Quality characteristics of Chinese quince jam according to Chinese quince paste, pectin, and sugar by D-optimal design

No.	Run	Spread-meter value (cm)	Sweetness (°Brix)	pH	Hunter's color values				Firmness (g)	Sensory characteristics				Overall acceptance
					L	a	b	ΔE		Color	Smell	Taste	Texture	
1	4	2.27	51.13	3.25	39.98	8.65	25.05	63.42	212.12	6.89	6.50	6.90	6.50	6.75
2	11	1.84	46.00	3.23	42.90	7.93	22.93	61.97	175.88	5.44	5.31	4.08	4.10	4.33
3	1	2.38	39.00	3.20	46.87	10.09	24.11	59.25	112.06	5.75	5.28	4.38	4.40	4.61
4	13	2.09	43.20	3.23	44.37	8.60	24.05	60.79	99.17	7.57	7.30	7.50	7.21	7.64
5	3	2.64	38.10	3.23	46.09	10.30	24.71	60.24	127.59	6.80	5.50	6.44	5.50	6.19
6	7	3.06	52.00	3.28	38.91	7.35	26.03	65.57	199.76	7.57	7.00	6.63	5.13	6.80
5	9	2.03	42.70	3.19	48.07	9.10	25.49	58.31	96.57	5.29	5.57	6.00	6.50	5.71
8	5	2.63	47.80	3.22	42.35	8.22	26.59	62.88	106.66	6.79	6.42	7.75	7.31	7.57
9	8	2.30	43.00	3.22	45.34	9.52	26.30	61.19	89.61	6.71	5.86	6.33	6.29	6.36
10	2	2.88	43.00	3.22	44.71	11.11	25.85	60.85	130.52	7.43	7.57	8.07	7.25	8.07
11	10	2.27	51.40	3.25	41.10	9.07	25.12	63.41	211.11	6.75	6.64	7.00	6.58	6.93
12	12	3.08	51.80	3.27	38.33	7.38	26.10	66.01	198.26	7.29	6.50	6.33	5.17	6.83
13	6	2.38	39.00	3.21	47.14	10.03	23.82	58.58	113.26	5.50	5.14	4.42	4.43	4.64
14	14	2.66	38.80	3.24	45.50	10.67	24.56	60.61	126.59	6.67	5.67	6.70	5.50	6.25

Table 4. Analysis of predicted model equation for the quality characteristics of Chinese quince jam

Response		Model	F-value	Prob<F	R <sup>2</sup>	Equation on terms of pseudo component
Spreadmeter value (cm)		Quadratic	9.50	0.0032	0.8559	2.83A - 19.65B + 3.04C + 24.01AB - 1.58AC + 18.17BC
Sweetness (°Brix)		Linear	284.00	<0.0001	0.9810	36.35A + 48.83B + 51.39C
pH		Linear	13.71	0.0010	0.7137	3.22A + 3.10B + 3.26C
Hunter's color values	L	Linear	47.47	<0.0001	0.8962	47.47A + 50.75B + 39.38C
	a	Quadratic	10.24	0.0025	0.8649	11.99A - 107.16B + 7.39C + 129.21AB - 3.37AC + 141.60BC
	b	Linear	7.51	0.0088	0.5771	25.01A + 15.64B + 26.30C
	ΔE	Linear	56.03	<0.0001	0.9106	59.36A + 52.01B + 65.07C
Firmness (g)		Linear	7.48	0.0089	0.5764	83.07A + 201.05B + 185.14C
Sensory characteristics	Color	Quadratic	15.69	0.0006	0.9074	6.74A - 130.93B + 7.29C + 157.39AB - 0.66AC + 151.15BC
	Smell	Quadratic	7.41	0.0071	0.8225	5.18A - 164.77B + 6.55C + 205.08AB + 1.51AC + 193.20BC
	Taste	Quadratic	11.72	0.0016	0.8799	6.33A - 253.76B + 6.42C + 300.19AB + 1.59AC + 297.37BC
	Texture	Quadratic	6.64	0.0100	0.8058	4.74A - 240.13B + 5.23C + 292.97AB + 4.77AC + 286.94BC
	Overall acceptability	Quadratic	21.12	0.0002	0.9296	5.72A - 249.31B + 6.72C + 299.66AB + 2.10AC + 288.77BC

A: Chinese quince paste, B: pectin, C: sugar.

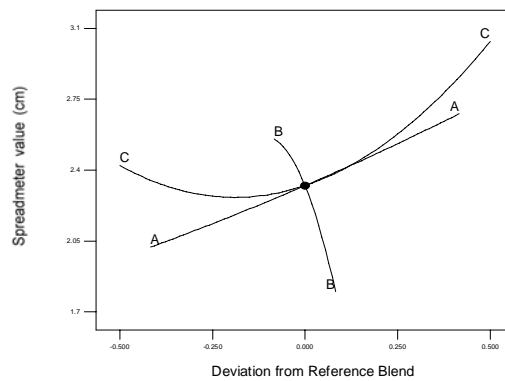
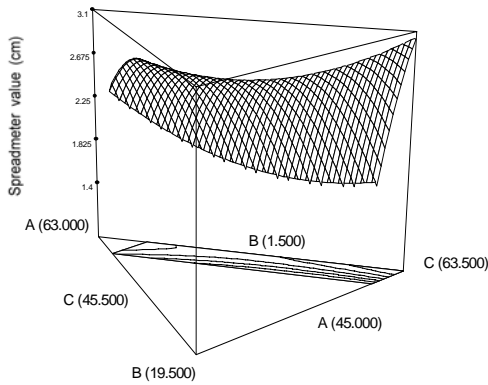


Fig. 3. Response surface and trace plot for the effect of paste (A), pectin (B), and sugar (C) on spreadmeter value of Chinese quince jam.

Fig. 4의 반응표면도와 trace plot에 의하면 당도(°Brix)는 모과 페이스트 함량(A-A선)이 증가할수록 감소하였고, 펙틴(B-B선)과 설탕 함량(C-C선)이 증가할수록 증가하였다. 회귀식(Table 4)의 계수들을 분석한 결과 설탕(C)의 계수가 가장 큰 것으로 보아 설탕의 함량이 당도(°Brix)에 가장 큰 영향을 주었다는 것을 알 수 있다. 설탕 첨가량 증가에 따른 당도(°Brix)의 변화는 Lee 등(26)의 참외잼 연구와 Sim 등(27)의 마늘잼 제조 연구에서도 동일한 결과를 나타냈다.

pH

14개의 실험점으로 만든 모과잼의 pH 측정 결과는 Table 3과 같다. pH는 3.19~3.28의 범위를 보였고, 최소값은 모과 페이스트 55%, 펙틴 4.5%, 설탕 50.5%를 첨가해 잼을 만들었을 때, 최대값은 모과 페이스트 45%, 펙틴 1.5%, 설탕 63.5%를 첨가하여 잼을 만들었을 때였다. 현재 시중에 시판하고 있는 잼 10종의 pH를 측정해 본 결과 3.16~4.04 범위인 본 실험의 14개 실험점으로 만든 모과잼의 pH는 시판하고

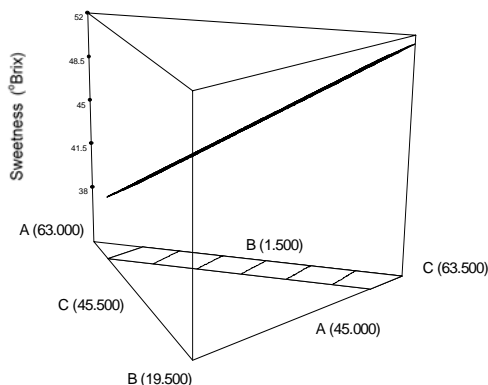


Fig. 4. Response surface and trace plot for the effect of paste (A), pectin (B), and sugar (C) on sweetness (°Brix) of Chinese quince jam.

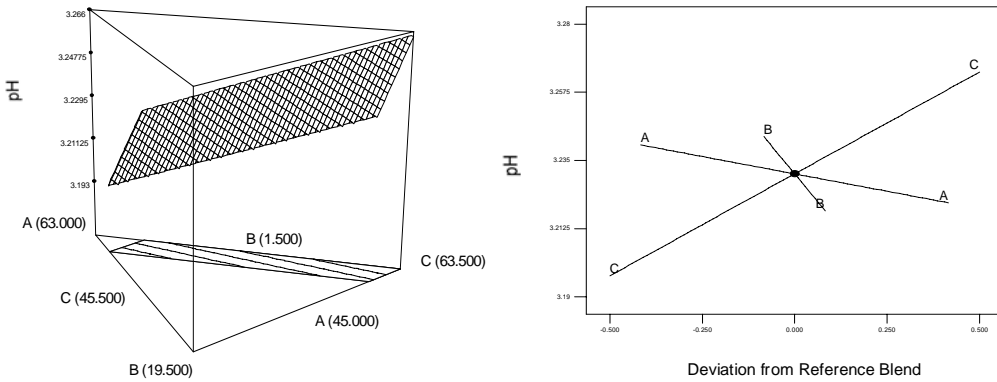


Fig. 5. Response surface and trace plot for the effect of paste (A), pectin (B), and sugar (C) on pH of Chinese quince jam.

있는 잼의 범위에 있었다.

혼합물의 최적 조건을 찾기 위하여 Table 3의 결과를 ‘Design Expert 7’을 이용하여 설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 pH에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 모과 페이스트, 펙틴, 설탕 함량이 서로 상호작용 없이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델( $R^2=0.7137$ )이 선택되었고, probability는 <0.0010로 5% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과 모과 페이스트, 펙틴, 설탕의 첨가가 pH에 큰 영향을 주었다. 선택된 모델에 대한 반응표면도와 trace plot은 Fig. 5와 같다. 회귀식에서 나타난 계수들과 trace plot에서 보이는 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주는 것으로 모과 페이스트 함량(A-A선)과 펙틴 함량(B-B선)이 증가할수록 pH가 감소하였고, 설탕 함량(C-C선)이 증가할수록 pH가 증가하였다.

이는 실험에 사용한 독립변수인 모과 페이스트, 펙틴, 설탕의 pH가 각각 3.03, 3.58, 7.41로 각각의 재료의 첨가 비율이 모과잼의 pH에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

색도

14개의 실험점으로 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 혼합물의 최적 조건을 찾기 위하여 Table 3의 결과를 ‘Design Expert 7’을 이용하여 독립변수가 색도에 미친 영향

은 Table 4에 나타내었다.

색도 중 명도(L)는 38.33~48.07, 적색도(a)는 7.35~11.11, 황색도(b)는 22.55~26.59, 총색차( $\Delta E$ )는 58.31~66.01의 범위를 보였으며 명도, 적색도, 황색도의 최소값은 모과 페이스트 45%, 펙틴 1.5%, 설탕 63.5%의 배합비로 모과잼을 만들었을 때였다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 명도에 미치는 효과를 알아보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 명도, 황색도, 총색차는 linear 모델이, 적색도는 quadratic 모델이 선택되었다. 또한 probability는 명도, 적색도, 황색도, 총색차가 5%이내의 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

선택된 모델에 대한 반응표면도와 trace plot은 Fig. 6~9와 같다. 회귀식에서 나타난 계수들과 trace plot에서 보이는 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주는 것으로 펙틴은 명도와 적색도에 가장 큰 영향을 주었고 모과 페이스트와 설탕은 황색도와 총색차에 큰 영향을 주었음을 알 수 있었다.

반응표면도와 trace plot에 의하면 모과 페이스트(A-A선)가 많고 설탕의 함량(C-C선)이 적어질수록 명도와 적색도는 증가하였고, 모과 페이스트(A-A선)와 설탕의 함량(C-C선)이 많아질수록 황색도가 증가하였다.

이러한 결과는 Sim 등(27)의 마늘잼 최적화 연구에서 설탕의 첨가량이 많아질수록 명도가 낮아지는 것과 Woo 등

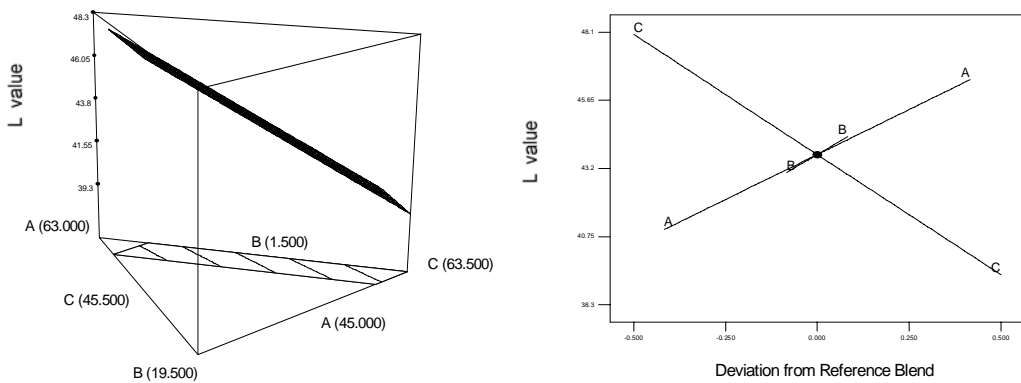


Fig. 6. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on lightness of Chinese quince jam.

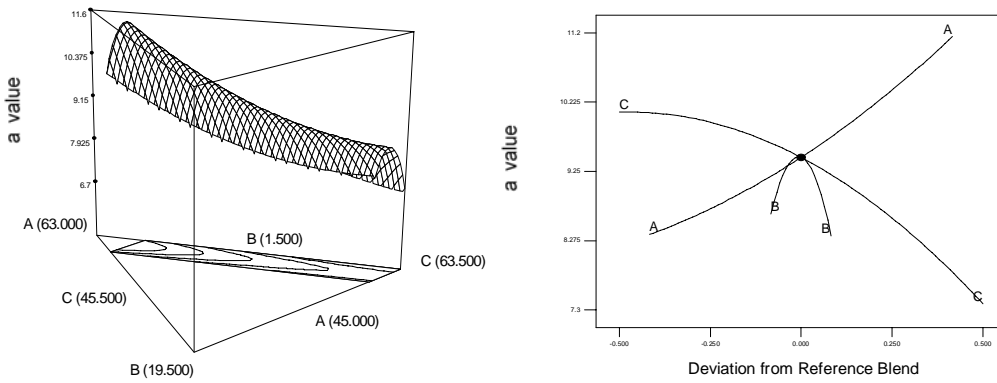


Fig. 7. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on redness of Chinese quince jam.

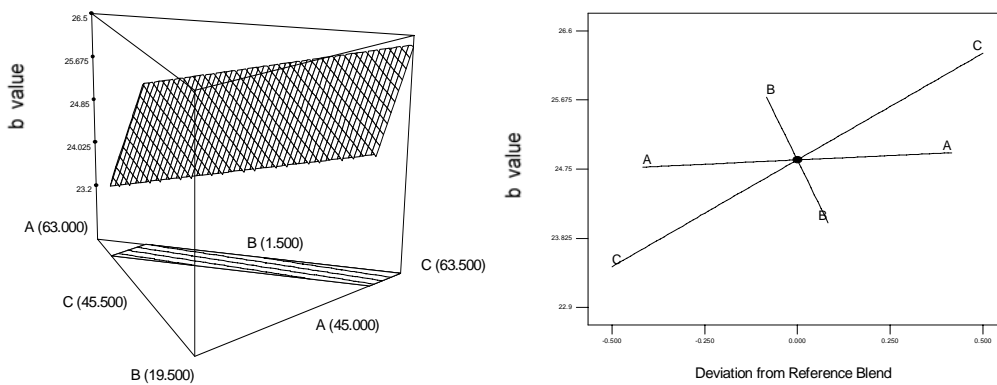


Fig. 8. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on yellowness of Chinese quince jam.

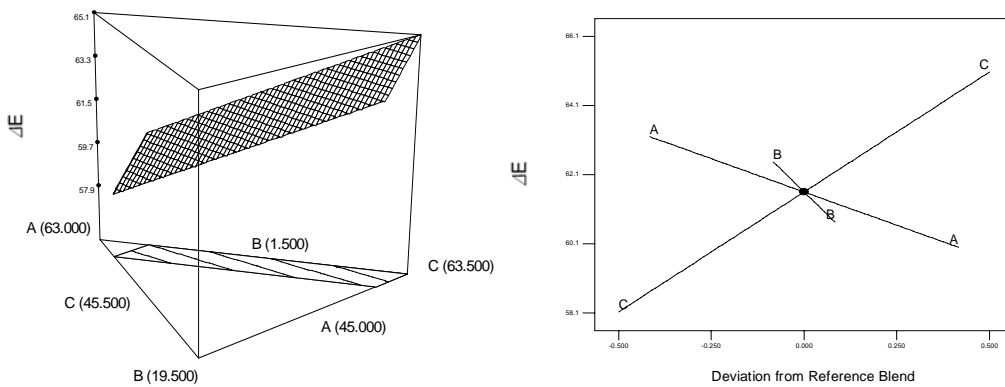


Fig. 9. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on total color difference of Chinese quince jam.

(39)의 단호박 가루 첨가 스펀지케이크 연구에서 단호박 가루를 첨가량이 많아질수록 외부 적색도와 내부 황색도가 유의적으로 값이 증가하는 것과 유사한 결과를 보였다. 이는 모과잼 제조 시 일어나는 비효소적 갈변인 Maillard 반응과 캐러멜화 반응 때문이며(40), 모과 페이스트의 증가에 따른 적색도와 황색도의 변화는 모과에 함유된 carotenoid 색소에 기인하는 것으로 생각된다.

**견고성**

견고성을 측정된 결과는 Table 3과 같고, 견고성(firmness)은 89.61~212.12 g의 결과를 보였다. 최소값은 모과 페이스트 55%, 펙틴 1.5%, 설탕 53.5%를 첨가하여 모과잼을

만들었을 때이고, 최대값은 모과 페이스트 45%, 펙틴 3.5%, 설탕 61.5%를 첨가하여 잼을 만들었을 때로 나타났다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 견고성에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 견고성은 모과 페이스트, 펙틴, 설탕의 함량이 서로 상호작용이 없이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델( $R^2=0.5764$ )로 선택되었고, probability는 0.0089로 모델의 적합성이 인정되었다. 또한 회귀식의 계수들을 살펴본 결과 펙틴의 첨가량이 가장 큰 영향을 주었으며, 그 다음으로는 설탕 함량이 영향을 많이 주는 것으로 나타났다.

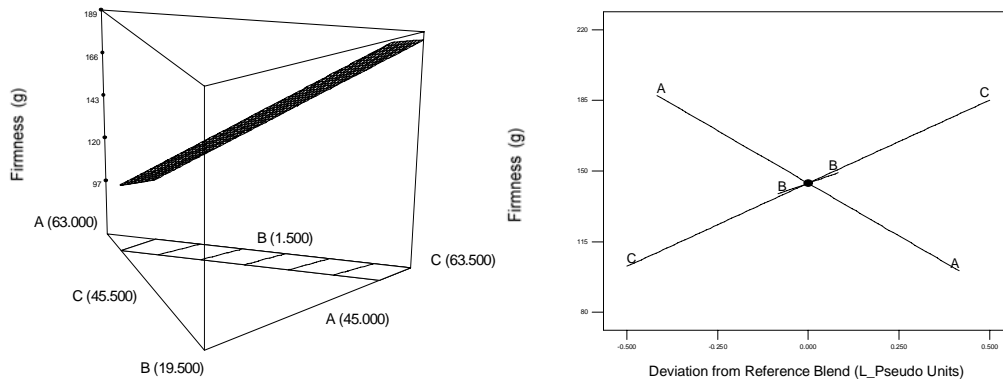


Fig. 10. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on firmness of Chinese quince jam.

반응표면 곡선과 trace plot에서 견고성(Fig. 10)은 펙틴의 첨가량(B-B)과 설탕(C-C)의 함량이 증가할수록, 모과 페이스트(A-A)가 감소할수록 견고성이 증가하였다. Lee 등(26)의 반응표면분석을 이용한 참외잼의 펙틴이 견고성에 미치는 영향과 올리고당을 첨가한 토마토 잼에 관한 연구(17)의 분말상의 프락토올리고당이 토마토잼의 견고성에 미치는 결과와 유사한 결과를 보였다. 이는 당을 펙틴분자들의 colloid 용액에 첨가하면 설탕 분자들이 자신의 수화를 위해서 colloid 용액 내의 물 분자나 펙틴분자에 수화되어 있는 물 분자를 일부 제거함으로써 펙틴분자의 탈수제로 작용하여 (38) 잼의 단단해짐이 증가됨을 짐작할 수 있다.

관능검사

모과의 재료 혼합비율의 최적화를 위한 관능검사 결과는 Table 3과 같고, 색은 5.29~7.57, 냄새는 5.14~7.57, 맛은 4.08~8.07, 텍스처는 4.10~7.31, 그리고 전반적인 기호도는 4.33~8.07 범위의 점수를 받았다.

색, 냄새, 맛, 텍스처와 전반적인 기호도의 모든 기호도에서 교호작용의 영향을 받는 quadratic 모델로 결정되었고, probability는 모든 항목에서 5% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

Table 4의 계수들을 살펴 본 결과, 색, 냄새, 맛, 텍스처와 전반적인 기호도의 모든 항목에서 모과 페이스트와 펙틴의 상호작용이 가장 크게 작용하였고, 반응표면과 trace plot

(Fig. 11~15)을 살펴보면 모든 항목에서 모과 페이스트(A-A선), 펙틴(B-B선)과 설탕(C-C선)의 함량에 따라 점수가 최대값을 보이다가 감소하는 경향을 보였다. 이는 각각의 독립변수의 폭으로 보아 관능평가 점수는 펙틴의 첨가량에 가장 민감하게 반응함을 짐작할 수 있었고, 독립변수인 모과 페이스트, 펙틴, 설탕 함량이 높은 경우 오히려 좋지 않은 결과를 보이므로 과도하게 첨가하는 것은 바람직하지 않은 것을 알 수 있었다.

Lee와 Jeong(28)의 홍고추잼의 최적화 연구에서와 같이 펙틴의 함량이 적거나 많으면 젤리화가 덜 일어나 너무 묽거나 젤리화가 심하게 일어나 딱딱하고 미끈하기 때문에 낮은 점수를 받았다는 것을 알 수 있었다. 또한 색, 냄새, 맛 역시 독립변수의 함량이 적거나 많을 경우 낮은 점수를 받았는데, 이는 잼을 가열 농축하는 과정에서 설탕 함량이 높을수록 갈변이 많이 일어나거나(41) 지나친 가열로 인해 캐러멜화가 되어 캐러멜 향과 갈색, 쓴맛이 나타나기 때문인 것으로 보인다. 즉, 잼을 만드는데 있어 설탕과 펙틴은 반드시 필요한 인자지만 적절히 사용되지 않을 경우 색, 맛과 텍스처에 좋지 않은 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

최적화

최적화 접근은 Derringer와 Suich(37)를 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 독립변수인 모과 페이스트와 펙틴과 설탕 함량은 범위 내에서, 모과 페이스트 함량은 최

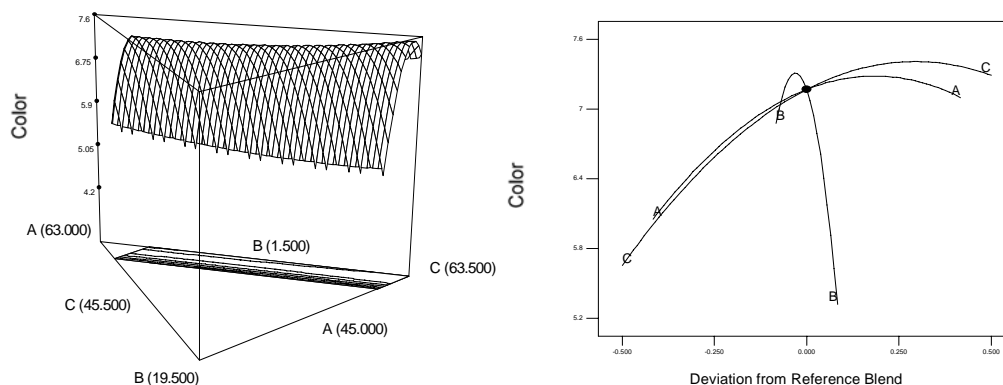


Fig. 11. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on color of Chinese quince jam.



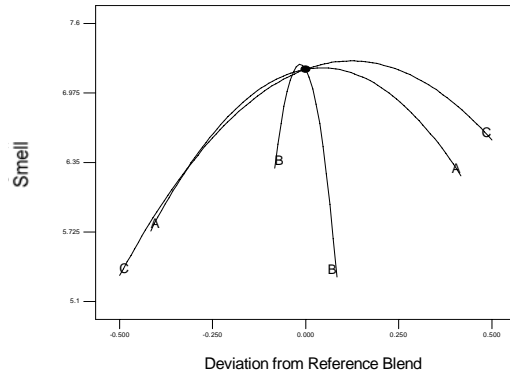
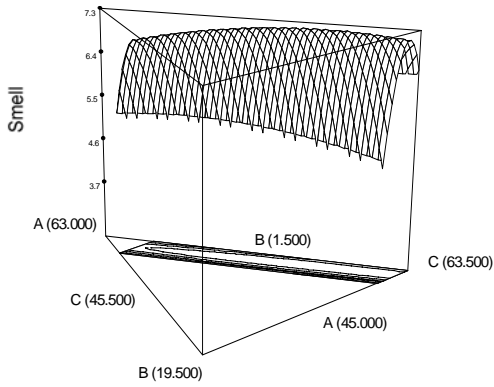


Fig. 12. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on smell of Chinese quince jam.

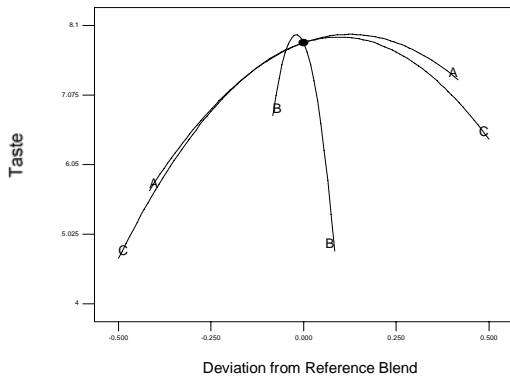
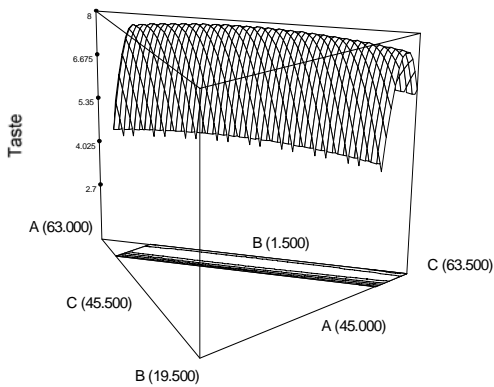


Fig. 13. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on taste of Chinese quince jam.

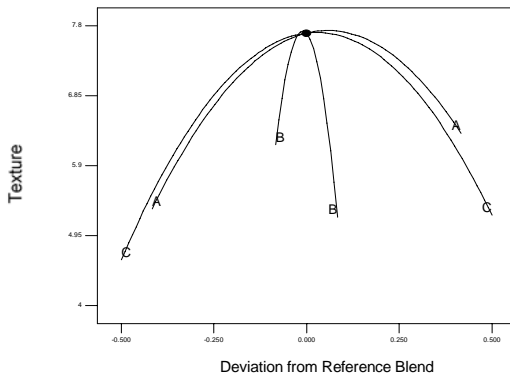
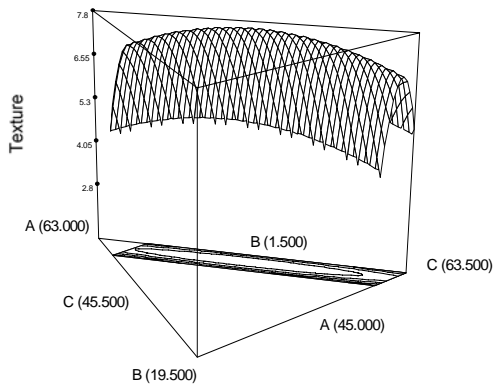


Fig. 14. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on texture of Chinese quince jam.

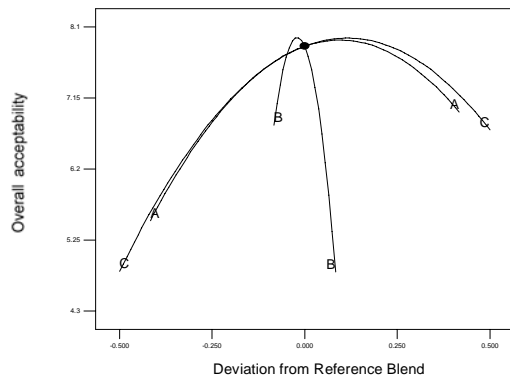
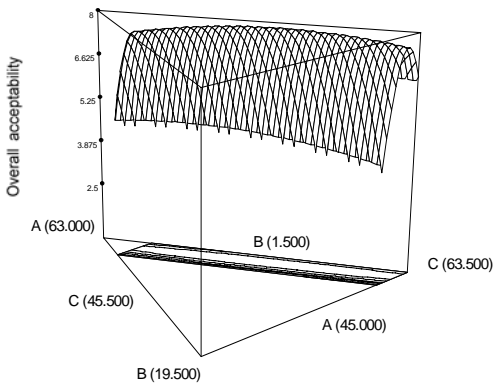


Fig. 15. Response surface and trace plot for the effect of Chinese quince paste (A), pectin (B), and sugar (C) on overall acceptability of Chinese quince jam.

Table 5. Optimum constraint values using two analytical methods in the object goal

Constraints name	Goal	Numerical optimization	Graphical optimization
Chinese quince paste (%)	maximum	54.48	54.48
Pectin (%)	minimize	2.45	2.45
Sugar (%)	minimize	53.07	53.07
Spreadmeter value (cm)	in range	2.45	2.45
Content of sugar (°Brix)	maximum	43.34	43.34
pH	in range	3.23	3.23
Hunter's color values			
L value	in range	44.24	44.24
a value	in range	10.24	10.24
b value	in range	25.06	25.06
Firmness	in range	132.24	132.24
Sensory characteristics			
Color	maximum	7.29	7.29
Smell	maximum	7.11	7.11
Taste	maximum	7.94	7.94
Texture	maximum	7.59	7.59
Overall acceptability	maximum	7.88	7.88

Table 6. Predicted and experimental values of response variables of Chinese quince jam

Response variables	Predicted		Experimental
	Numerical optimization	Graphical optimization	
Spreadmeter value (cm)	2.45	2.45	2.48
Sweetness (°Brix)	43.34	43.34	43.00
pH	3.23	3.23	3.24
Hunter's color values			
L value	44.24	44.24	45.99
a value	10.24	10.24	10.02
b value	25.06	25.06	24.81
Firmness (cm)	132.24	132.24	133.45

설탕 53.07%로 모과잼을 제조하여 실험한 결과 Table 6과 같이 실제 값들은 예측된 값들과 유사한 수준의 결과를 보였다(Fig. 16). 또한, 현재 시판되고 있는 잼과 실험결과를 비교해보니, 최적 조건으로 만든 모과잼의 실험결과가 유사한 경향을 보여 모과잼의 상품화 가능성을 입증해주었다.

### 요 약

본 연구에서는 다양한 약리적 효능에도 불구하고 현재 한정된 범위의 가공식품의 재료로 쓰이는 모과의 이용성을 증진시키고자하는 방안으로 모과잼을 제조해 보고자 혼합물 실험계획법으로(mixture design) 중 D-optimal design을 이용하였다. 실험에 사용한 모과의 수용성 펙틴 함량을 측정할 결과 4.32 mg/g이었다. 이는 잼을 만들기에는 적당하지 않은 수용성 펙틴 함량이므로 모과잼을 만들기 위해서는 펙틴을 첨가할 필요가 있음을 알 수 있었다. 잼 품질에 가장 영향을 미치는 모과, 펙틴과 설탕 첨가량을 독립변수로 설정하였고, 예비실험을 거쳐 모과 페이스트 45~60%, 펙틴 1.5~4.5%, 설탕 45.5~63.5%의 범위로 결정하였다. 14개의 실험결과를 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과 당도(°Brix), pH, 명도, 황색도, 총색차, 견고성은 각각의 인자들이 독립적으로 작용을 하는 linear 모델이, 퍼짐성, 적색도, 관능검사의 모든 항목에서는 각각의 인자들이 서로 교호작용을 하는 quadratic 모델이 결정되었다. 모델의 적합성을 분석한 결과 모든 항목에서 유의성을 보여주어 모델로서 적합함이 인정되었다. 반응표면과 trace plot의 결과 모과 페이스트 첨가량이 적고 설탕 첨가량이 많을수록 당도(°Brix)와 총색차는 증가하였고, 모과 페이스트와 펙틴의 첨가량이 많고 설탕 첨가량이 적을수록 원재료의 pH에 영향을 받아 pH는 낮아졌다. 퍼짐성과 견고성의 경우 모과 페이스트와 펙틴의 영향을 많이 받은 것으로 나타났다. 색도 중 명도와 적색도의 경우 모과 페이스트 첨가량이 많고 설탕 첨가량이 적을수록 모과잼의 색이 밝고 붉은 것으로, 모과 페이스트와 설탕의 첨가량이 많을수록 황색도가 증가해 잼의 색이 노란 것으로 나타났다. 관능검사 결과에서는 모과 페이스트, 펙틴, 설탕을 적거나 많이 첨가할 경우에는 오히려 낮은 점수를 받았

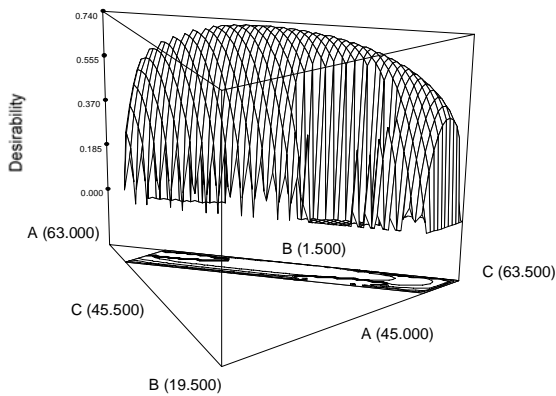


Fig. 16. Three-dimensional plot of common area for the optimization mixture.

대로 하고 펙틴과 설탕 함량은 최소로 하였다. 또한 퍼짐성, pH, 명도, 적색도, 황색도, 견고성은 범위 내에서, 당도(°Brix)와 관능검사 항목인 색, 냄새, 맛, 텍스처, 전반적인 기호도는 최대로 결정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치점(numerical point)을 예측하였다(Table 5). 예측된 최적값의 재료량은 모과 페이스트 54.48%, 펙틴 2.45%, 설탕 53.07%이었다.

최적화의 다른 방법으로 퍼짐성, 당도(°Brix), pH, 명도, 적색도, 황색도, 견고성, 관능항목(색, 냄새, 맛, 텍스처, 전반적인 기호도)의 모형을 이용한 모형적 최적화(graphical optimization)는 Fig. 16에 나타내었다. 모형적 최적화는 수치적 최적화(numerical optimization)와 달리 각 반응 모형 그래프의 중첩이 되는 부분을 최적 범위로 정하였고, 결정된 최적화 점은 desirability 0.733에 해당하는 모과 페이스트 54.48%, 펙틴 2.45%, 설탕 53.07%로 수치 최적화 점과 일치하였다.

이상의 'Design Expert 7'에서 예측된 최적 조건을 검증하기 위하여 최적 조건인 모과 페이스트 54.48%, 펙틴 2.45%,

고, 모과 페이스트와 펙틴의 상호작용이 가장 크게 작용한 것으로 나타났다. 모과잼의 재료 혼합비의 최적화는 수치적 최적화와 모형적 최적화 결과를 통해 모과 페이스트 54.48%, 펙틴 2.45%, 설탕 53.07%로 결정되었고, 이 재료 배합비로 모과잼을 제조할 경우 모과의 이용성 향상과 모과잼의 산업화가 가능할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 다양한 약리적 효능에도 불구하고 현재 한정된 범위의 가공식품의 재료로 쓰이는 모과의 이용성을 증진시키고자하는 방안으로 모과잼을 제조하기 위하여 혼합물 실험계획법으로 최적의 재료 혼합비율을 찾아 고품질의 모과잼을 개발하고자 하였다.

문 헌

1. 박종희, 이종규. 2000. 상용약용식물도감. 신일북스, 서울. p 133.
2. 정영도, 김광익, 최병권, 허영욱, 한연생, 이병주, 장기호, 마경덕, 이권우, 김우영, 김창현, 박경호. 2002. 식품조리재료학. 지구문화사, 서울. p 103.
3. Lee DH, Kim JH, Kim NM, Choi JS, Lee JS. 2002. Physiological functionality of Chinese quince wine and liquors. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17: 266-270.
4. 안덕균. 1998. 한국본초도감. 교학사, 서울. p 290-291.
5. 유태중. 1999. 식품동의보감. 아카데미북, 서울. p 223-224.
6. Lee YM, Shin HD, Lee JJ, Lee MY. 2007. Antioxidative effect of *Chaenomeles Fructus* ethanol extract. *Korean J Food Preserv* 14: 177-182.
7. 최순자. 1998. 전통한과. 한국의식정보, 서울. p 118-119.
8. Song JC, Cho EK, Park HJ. 2002. Studies on manufacture of mixed beverage drinks using Chinese quince and apple. *Food Engineering Progress* 6: 29-45.
9. Song JC. 2002. Studies on processing possibility of beverage drinks manufacture using Chinese quince. *Food Engineering Progress* 6: 30-37.
10. Chung TY, Cho DS, Song JC. 1988. Nonvolatile flavor components in Chinese quince fruits, *Chaenomeles sinensis* Koehne. *Korean J Food Sci* 20: 293-302.
11. Chung TY, Cho DS, Song JC. 1988. Volatile flavor components in Chinese quince fruits, *Chaenomeles sinensis* Koehne. *Korean J Food Sci* 20: 176-187.
12. Kim MY, Chun SS. 2001. Effects of onions on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 316-322.
13. Næs T, Bjerke F, Færgestad EM. A comparison of design and analysis techniques for mixture. *Food Quality Preference* 10: 209-217.
14. 김정목, 정동욱, 장형수, 장기. 2003. 식품가공저장학. 신평문화사, 서울. p 105-110.
15. Kim KS, Paik SH. 1998. The effects on quality characteristics resulting from the use of varying amounts of garlics as additives in apple jams. *Korean J Soc Food Sci* 14: 553-559.
16. Byun MU, Yook HS, Ahn HJ, Lee KH, Lee HJ. 2000. Quality evaluation of strawberry jams prepared with refined dietary fiber from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1068-1072.
17. Kim KS, Chae YK. 1997. The effects of addition of oligo-saccharide on the quality characteristics of tomato jam. *Korean J Soc Food Sci* 13: 348-355.
18. Song IS, Lee KM, Kim MR. 2004. Quality characteristics of pumpkin jam when sucrose was replaced with oligo-saccharides during storage. *Korean J Food Cookery Sci*

- 20: 279-286.
19. Park MK. 2007. Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohols. *Korean J Food Sci Technol* 39: 44-49.
20. Hou WN, Kim MH. 1998. Processing of low sugar jams from fig pulp treated with pectinesterase. *Korean J Food Sci Technol* 30: 125-131.
21. Kim MJ, Yoon SH, Jung MH, Choe EO. 2008. Effects of sugar and pectin on the quality characteristics of low sugar wild vine (*Vitis coignetiea*) jam. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 206-211.
22. Ahn CB, Shin TS, Nam TS. 2000. A trial for preparation of jam using sea mustard stem. *J Korean Fish Soc* 33: 423-430.
23. Kim SJ, Moon JS, Kim JM, Kang SG, Jung ST. 2004. Preparation of jam using *Undaria pinnatifida* sporophyll. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 598-602.
24. Koh JS, Kim JY, Yang YT. 2002. Preparation of carrot jam and its quality characteristics. *Subtropical Agric & Biotech* 18: 15-21.
25. Kim HB, Ryu KS. 2000. Sensory characteristics of mulberry fruit jam & wine. *Korean J Seric Sci* 42: 73-77.
26. Lee GD, Kim SK, Lee MH. 2005. Optimization of preparation condition on oriental melon jam by response surface methodology. *Korean J Food Preserv* 12: 216-222.
27. Sim KH, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of garlic jam making by response surface methodology. *J Korean Diet Assoc* 12: 32-43.
28. Lee GD, Jeong YJ. 1999. Optimization on organoleptic properties of red pepper jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1269-1274.
29. Kim YS. 2005. Antimicrobial activity of yacon K-23 and manufacture of functional yacon jam. *Korean J Food Sci Technol* 37: 1305-1038.
30. Ellekjæ MR, Næs T, Baardseth P. 1996. Milk protein affect yield and sensory quality of cooked sausages. *J Food Sci* 61: 660-666.
31. Næs T, Færgestad EM, Cornell J. 1998. A comparison of methods for analyzing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. *Chemometr Intell Lab Syst* 41: 221-235.
32. Sneath PHA, Mair MS, Sharpe ME, Holt JG. 1986. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Williams & Wilkins, Baltimore. Vol 2, p 1043-1234.
33. Kim JW, Lee GH, Hur JW. 2006. Quality characteristics of citron jam made with frozen citron in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 38: 197-201.
34. Blumenkrantz N, Asboe-Hansen G. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal Biochem* 54: 484-489.
35. Cock P de, Vanhemelrijck J. 1995. Predictive rheology for texture design of starch based emulsified sauce. FIE'95 conference proceedings. p 215-221.
36. 장명숙. 2006. 최신실험조리. 도서출판효일, 서울. p 19-32.
37. Derringer G, Suich R. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. *J Quality Technol* 12: 214-219.
38. 채수규, 김수희, 신두호, 오현근, 이송주, 장명호, 최웅. 2003. 표준식품화학. 도서출판효일, 서울. p 268-272.
39. Woo IA, Kim YS, Choi HS, Song TH, Lee SK. 2006. Quality characteristics of sponge cake with added dried sweet pumpkin powders. *Korean J Food & Nutr* 19: 254-260.
40. 심창환, 오성천, 국승욱, 조득문. 2007. 최신 식품학. 도서출판효일, 서울. p 258-265.
41. Kim MH, Kim BY. 1990. Development of optimum processing conditions in air dried garlics using response surface methodology. *J Korean Soc Food Nutr* 19: 234-238.