

<http://dx.doi.org/10.20878/cshr.2017.23.5.007>

## 멜론잼의 재료 혼합 비율의 최적화

김복화<sup>†</sup>

우송대학교 외식조리학부(글로벌한식조리전공)

## Formulation Optimization of Melon Jam

BokHwa Kim<sup>†</sup>

Dept. of Global Korean Culinary Arts, Woosong University

### KEYWORDS

Melon,  
Jam,  
Optimization,  
RSM,  
Response surface method,  
Sensory evaluation.

### ABSTRACT

This study investigated the quality characteristics of melon jam with RSM. The melon jam was prepared with 50~65% sugar, 0.5~2.0% pectin, and 0.1~0.5% citric acid. Sugar and pectin caused the increase in sweetness, Hunter's colorimetric characteristics (a, b), and firmness. Citric acid caused decrease in pH, sweetness, firmness. Sensory evaluation results showed that preferences for the melon jam increased as sugar, pectin, and citric acid approached their optimum values and then decreased as they exceeded optimum levels. Consequently, the proposed optimum levels in the ingredient formulation for manufacture of the standard melon jam were 59.0% sugar, 1.4% pectin, and 14.9% citric acid, as based on both numerical and graphic statistical analyses. Ultimately, this study was expected to contribute to the commercialization of melon jams of high quality.

## 1. 서론

이집트 북부와 인도 지방이 원산지인 멜론(*Cucumis melo*)은 박목 박과(Cucurbitaceae)에 속하는 덩굴식물로, 당과 칼슘, 마그네슘, 인 등의 무기질 함량이 높고, 비타민 A, B<sub>6</sub>, C, K 등이 많이 함유되어 있다(Mo, Im, Go, Ann, & Kim, 1998; SELF Nutrition Data, 2017). 우리나라에 멜론은 1970년대 말 도입되면서부터 농가에 보급되었고, 재배면적이 매년 늘어나고 있으나(Park et al., 1994), 생식 외에 일부 가공을 제외하면 멜론을 이용한 제품이 없는 실정이다. 멜론 과육의 조직감은 과실의 숙성이 진행되면서 경도가 빠르게 감소되어 짧은 시간 내에 상품성이 상실되어 유통기한이 단축되는 문

제점을 가지고 있으므로(Miller, 1958; Myers & Montgomery, 1995) 저장성이 낮은 멜론을 효율적으로 이용한 적절한 가공식품의 개발이 요구된다.

최근 식생활 패턴의 변화에 따라 아침식사 대응으로 빵과 같은 편익식품의 소비증가와 함께 잼의 소비도 동시에 증가하였고, 그 종류도 다양화되고 있다(Kim & Kim, 1989). 잼은 펄프상태의 과육질에 당, 구연산, 펙틴 등을 첨가하여 가열·농축하는 것을 말하며(Kim, 1993), 과일의 저장에 주로 사용된다(Kim, Jeong, Jang, & Jang, 2003). 잼의 원료는 딸기, 배, 사과, 살구, 복숭아 등의 과일이 대부분이며, 표면을 깨끗이 씻고, 부패 또는 변질된 부분과 줄기, 꼭지 등의 먹지 않는 부분은 제거하여 감미료, 강화제, 보존료, 산미료, 착향료 등

\* This manuscript is based on a part of the first author's doctoral dissertation from Dankook University.

<sup>†</sup> Corresponding author: 김복화, [tgbk@naver.com](mailto:tgbk@naver.com), 대전시 동구 동대전로 171, 우송대학교 외식조리학부(글로벌한식조리전공)

을 사용하여 제조한다(Song & Park, 1988). 과일이 젤리화 되기 위해서는 펙틴, 산, 당의 3요소가 각각 1~1.5%, pH 3.3~3.5, 60~65%의 일정한 농도 비율로 존재해야 한다(Margaret, 2005). 그러나 멜론은 펙틴 0.3%, 산 pH 7, 당 14%를 함유하고 있어 자체적으로는 잼이 되기 어렵다. 최근에는 시중에서 판매되는 잼 외에도 다양한 연구가 시도되고 있다. 생강을 첨가한 사과잼(Lee, 2014), 양파를 첨가한 딸기잼(Kim & Chun, 2001), 우렁쉥이 껍질 섬유소를 첨가한 딸기잼(Byun, Yook, Ahn, Lee, & Lee, 2000), 오디잼(Kim & Ryu, 2000), 야콘잼(Kim, 2005), 참외잼(Lee, Kim, & Lee, 2005) 등에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 멜론을 이용하여 제조된 잼은 아직 출시되지 않은 상황이며, 또한 멜론 잼에 대한 연구도 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 주로 생식용으로만 쓰이던 멜론의 다양한 이용방안의 일환으로 가공화가 가능한 잼을 개발하고자 수행되었으며, 최적의 재료 혼합비율을 찾아 상품화 가능성을 예측해 볼 수 있게 해주는 기초연구로서 시행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 재료

본 실험에 사용한 멜론은 전북 나주산이며, 중량은 1,350~1,410 g 사이의 것을 사용하였다. 멜론 페이스트는 멜론의 과피를 제거한 후 믹서기(SMX-800SP, Shinil Industrial Co., Korea)로 30초간 마쇄하여 전량을 한꺼번에 고르게 섞은 뒤, 1 kg씩 폴리에틸렌 봉투에 넣어 -18℃의 냉장고(Micom GC-124CGF, LG Electronics Co., Korea)에 보관하였고, 실험 전 흐르는 물에서 2시간 동안 해동시킨 뒤 잼의 원료로 사용하였다. 설탕(정백당, 순도 99.9%), HM (high methoxyl) 펙틴(Cp Kelco, Atlanta, GA, USA; 순도 100%, methoxyl화율 10%)과 구연산(Fuso Chemical Co., Ltd., Osaka, Japan; 순도 99.5%)을 구입하여 사용하였다. 펙틴은 여러 가지 펙틴을 사용하여 실험 후 HM 펙틴을 선택하여 사용하였다. 실험에 사용한 멜론은 수분 88.2%, 조단백질 1.4%, 조지방 0.1%, 조회분 0.8%, pH 5.9, 그리고 당도(°Brix)는 8 °Brix이었다.

### 2.2. 잼의 제조

멜론 페이스트 1 kg을 기준으로 설탕, 펙틴, 구연산 첨가량은 Table 1의 범위 내에서 사용하였으며, 그것의 최적비율을 얻기 위하여 Table 2와 같이 실험점을 사용하였다. 잼 만드는 방법은 Fig. 1과 같다. 멜론 페이스트를 전기냄비(SCK-900SL, Shinil Industrial Co., Korea) 15분간 더 끓였다. 여기에 설탕량의 30%와 펙틴 섞은 것을 넣어 녹이다가 다시 끓기 시작하면 나머지 설탕도 동일한 방법으로 2회에 나누어 넣었

**Table 1.** Standard formula of the melon jam

Ingredients	Weight (g)
Melon paste	1,000.0
Sugar	400.0~520.0
Pectin	4.0~16.0
Citric acid	0.8~4.0

다. 설탕이 녹으면 3분 더 끓이고 구연산을 첨가하였다. 전기냄비를 1단(80℃)으로 줄이고, 약한 불에서 농축시켜 spoon test 및 당도계를 이용하여 완성하였다. 완성된 잼은 살균한 유리병 용기(지름 8 cm, 높이 5 cm)에 담아 20℃에서 24시간 저장한 후 시료로 사용하였다.

### 2.3. 재료 혼합비율의 최적화를 위한 실험 디자인

멜론잼의 최적 혼합비율을 찾기 위하여 모든 실험의 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 7.1(Stat-Easy Co., Minneapolis, MN, USA)를 사용하였고, 실험디자인은 반응표면분석법 중 D-optimal design(Myers와 Montgomery, 1995)에 따라 설계하였다. 독립변수로는 잼의 품질에 가장 영향을 줄 수 있는 설탕(A), 펙틴(B), 구연산(C)으로 설정하였다. 반응변수로는 pH, 당도(°Brix), 색도(L, a, b값), 견고도, 관능검사(색, 냄새, 맛, 조직감과 전반적인 기호도)를 설정하였다. 설탕, 펙틴, 구연산 첨가율의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 각각 멜론 페이스트 100 g에 대하여 각각 50~65%, 0.5~2.0%, 0.1~0.5%로 설정하였으며, 실험점의 재료 혼합비율은 Table 2와 같다. 설정된 혼합디자인 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였다. 이들 모델은 regression model을 나타내는 coefficient 값들에 근거를 두고 계산되어졌고, linear와 canonical 형태의 quadratic model은 modified least square regression에 의해 만들어졌다. 이때 full quadratic model은 stepwise regression 방법( $\alpha=0.1$ )으로 data 선택의 폭을 넓혔으며, 그 model과 coefficient 값들은 F-test로 그 유의성을 검증하였다. 각 모형에 따른 성분들의 반응을 보기 위하여 response surface plot과 trace plot을 이용하였다.

### 2.4. 실험방법

멜론잼의 최적화를 위한 실험과 최적 조건으로 만든 잼의 비교 실험을 위하여 pH, 당도(°Brix), 색도, 견고도와 관능검사 중 기호도 평가를 실시하였다.

#### 2.4.1. pH

잼에 10배(w/v)의 증류수를 가하여 블렌더(MR 4050 CA,

**Table 2.** Experimental design for the melon jam

No	Run	Pseudo component <sup>1)</sup>			Actual component (%)		
		A <sup>2)</sup>	B	C	A	B	C
1	16	-0.333	-1.000	1.000	55.00	0.50	0.50
2	1	0.333	-1.000	-1.000	60.00	0.50	0.10
3	12	1.000	-1.000	0.333	65.00	0.50	0.37
4	7	1.000	1.000	-0.333	65.00	2.00	0.23
5	9	1.000	0.333	1.000	65.00	1.50	0.50
6	13	-0.333	1.000	-1.000	55.00	2.00	0.10
7	18	1.000	0.000	-1.000	65.00	1.25	0.10
8	3	-1.000	1.000	0.333	50.00	2.00	0.37
9	4	0.000	0.000	0.000	57.50	1.25	0.30
10	14	-1.000	-1.000	-0.333	50.00	0.50	0.23
11	5	-1.000	0.000	-1.000	50.00	1.25	0.10
12	17	-1.000	0.000	1.000	50.00	1.25	0.50
13	2	0.000	1.000	1.000	57.50	2.00	0.50
14	11	-1.000	0.000	0.000	50.00	1.25	0.30
15	10	0.000	0.000	0.000	57.50	1.25	0.30
16	6	1.000	-1.000	0.333	65.00	0.50	0.37
17	8	1.000	1.000	-0.333	65.00	2.00	0.23
18	15	-0.333	-1.000	1.000	55.00	0.50	0.50

<sup>1)</sup> Pseudo components:  $\gamma_i = \frac{(\chi_i - \iota_i)}{\left(1 - \sum_{i=0}^p \iota_j\right)}$ ,  $\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_p = 1$ .

<sup>2)</sup> A: sugar, B: pectin, C: citric acid.

Brown, Barcelona, Spain)로 30초간 마쇄한 후, 여과지(Whatman No.1)로 여과한 여액을 시료로 사용하였다. pH는 실온에서 pH meter (Model 420A, Orion, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

2.4.2. 당도(°Brix)

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

2.4.3. 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=98.4, a=0.2, b=0.7이었다.

2.4.4. 견고도

시료 100 g을 비이커(지름 5 cm, 높이 7 cm)에 담아 Texture Analyzer(TA XT-2, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 back extrusion test를 이용하여 force-time curve로부터 견고도(firmness)를 분석하였다. 모든 측정은 10회 이상 반복하였고, 기기의 측정조건은 Table 3과 같다.

2.4.5. 기호도 검사

잼의 최적화와 최적화 조건으로 만든 잼의 비교를 위하여 오후 3시에 30명의 단국대학교 식품영양학과 대학원생과 학부생을 대상으로 색, 냄새, 맛, 조직감과 전반적인 기호도의 5가지 특성에 대한 기호특성을 9점 평점법(Kim, Kim, Sung, & Lee, 1993)으로 실시하였다. 이 때 기호특성 검사 시에는 “대단히 좋음(like extremely)”이 9점, “대단히 싫음(dislike extremely)”을 1점으로 평가하였다.

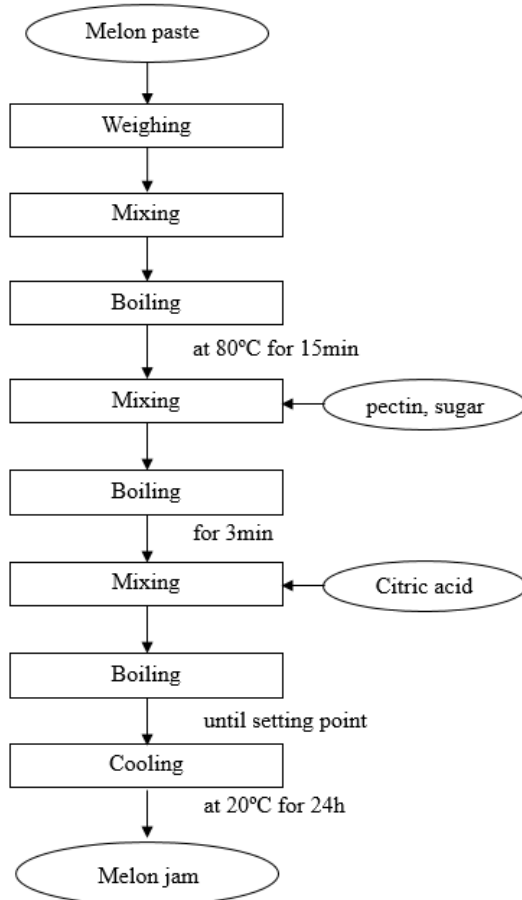


Fig. 1. Preparation process for melon jam.

Table 3. Operating conditions for texture analyzer analysis of the melon jam

Instrument	Stable micro system TA XT-2 texture analyzer
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	5.0 mm/s
Strain	50%

## 2.5. 최적화

재료 혼합비율과 제조공정의 최적화를 구하기 위하여 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 혼합물 성분의 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 선정하였고, 그 때의 점을 예측하였다. 수치적 최적화는 canonical 모형을 모델의 계수에 각 반응에 대한 목표 범위(goal area)를 설정하고, 다음 식에 의하여 구하였다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left( \sum_{i=1}^n d_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

여기서 D는 overall desirability(Derringer & Suich, 1980), d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다. 모형적 최적화는 각 실험 반응에 대한 최소 혹은 최대값을 설정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. pH

18개의 실험점으로 만든 멜론잼의 pH 측정된 결과는 다음과 같다. pH는 3.92~4.83의 범위를 보였고, 설탕 65.0%, 펙틴 1.5%, 구연산 0.5%를 첨가하여 잼을 만들었을 때 pH가 가장 낮았다(Table 4). 현재 시중에 시판되고 있는 일반잼 15종의 pH를 측정해 본 결과, 3.2~4.9의 결과를 보여 본 실험의 18개 조건으로 만든 멜론 잼의 결과가 시중에서 판매되는 잼의 pH 범위와 유사함을 알 수 있었다.

설정된 반응별로 모델링화하여 *F-test*를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 pH에 미치는 효과를 알기 위한 회귀식은 Table 5와 같다. 설탕, 펙틴, 구연산 첨가율이 서로 상호작용 없이 각각 독립적으로 작용하는 Linear 모델( $R^2=0.9396$ )이 선택되었고, probability는 <0.0001로 5% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다. Table 5의 회귀식에서 나타난 계수들 중 구연산 첨가가 pH에 가장 큰 영향을 준 것을 알 수 있었다. Fig. 2의 trace plot에서 나타난 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주는 것으로 설탕 첨가율(A-A선)과 펙틴 첨가율(B-B선)은 pH에 큰 영향을 미치지 않았으나, 구연산 첨가율(C-C선)이 증가할수록 pH가 감소하였다. 재료 자체의 pH 측정 결과, 구연산 수용액의 pH는 2.31(1% 수용액)으로 pH가 멜론(pH 6.0~6.7)보다 낮아 구연산을 첨가한 멜론잼의 pH는 감소한 것으로 생각된다. 모과잼(Ahn, 2010)의 경우 설탕첨가율이 증가할수록 pH가 증가하는 범위(3.05~3.37)를 보였으며, 생강을 첨가한 사과잼(Lee, 2014)의 경우, 생강 자체의 높은 pH로 인해 잼의 pH가 증가하는 경향(3.54~3.97)을 나타냈다. 복분자를 첨가한 잼(Jin, Heo, Lee, Lee, & Wang, 2008)은 3.77~3.89를 나타내 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

### 3.2. 당도(°Brix)

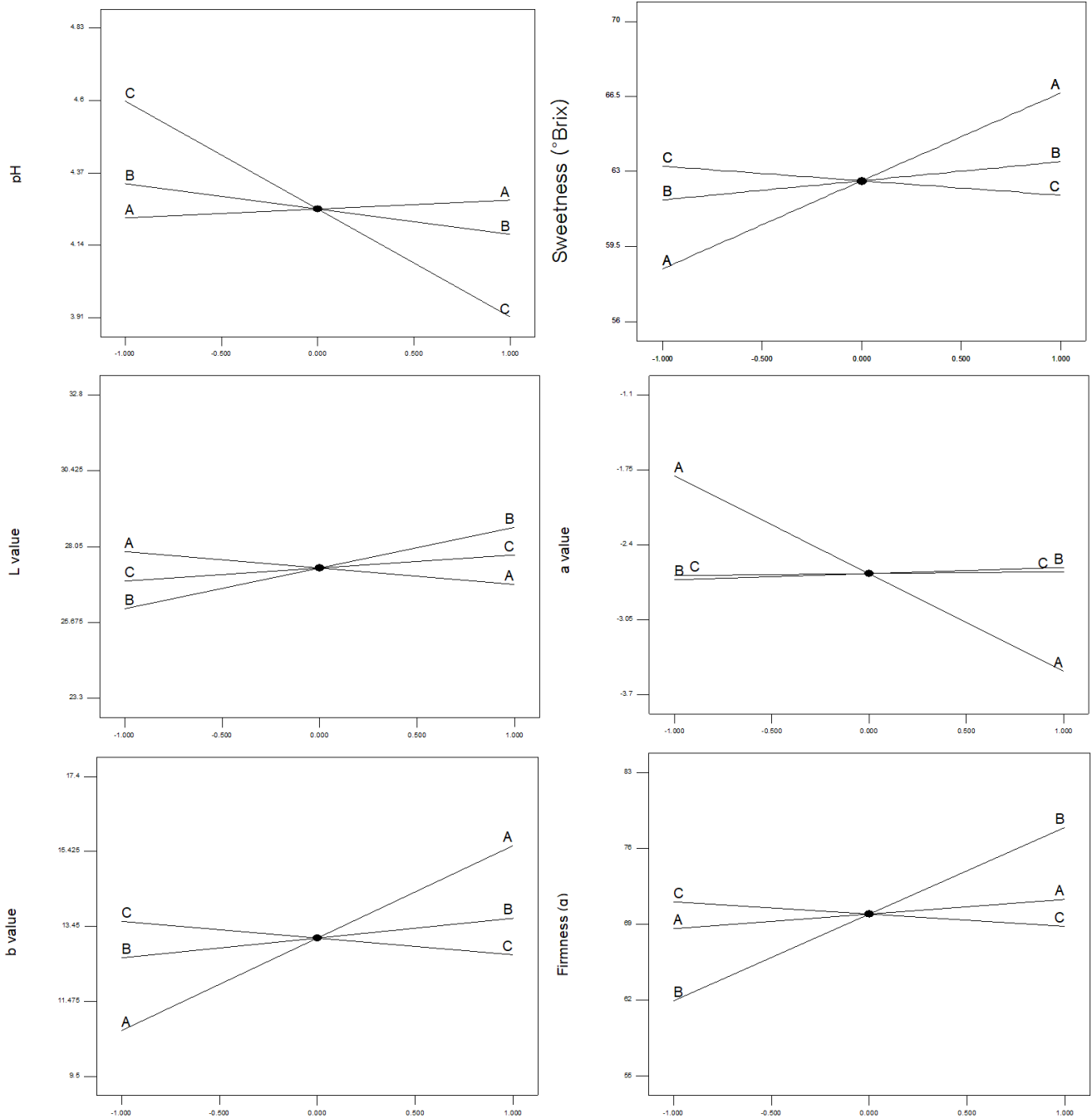
18개의 실험점으로 만든 멜론잼의 당도(°Brix) 측정 결과는 Table 4와 같다. 각 조건에 따라 56.5~69.7 °Brix 범위의 결과를 보였다. 설탕 65.0%, 펙틴 2.0%, 구연산 0.23%를 혼합

**Table 4.** Quality characteristics of the melon jam according to sugar, pectin, and citric acid concentrations by D-optimal design

No.	pH	Sweetness (°Brix)	Hunter's color values			Firmness (g)	Sensory characteristics				Overall acceptance
			L	a	b		Color	Smell	Taste	Texture	
1	4.04	61.3	27.1	-2.9	13.4	59.3	6.6	5.6	5.7	5.7	3.9
2	4.83	65.4	28.7	-3.0	17.7	74.7	5.0	6.3	5.0	4.2	4.6
3	4.24	64.3	23.5	-3.5	18.5	59.8	5.6	6.4	6.2	6.5	7.3
4	4.35	69.7	29.5	-3.3	19.2	82.1	6.0	6.4	5.0	5.9	5.6
5	3.92	65.5	28.7	-3.7	19.9	67.2	6.5	6.5	6.2	6.0	3.3
6	4.50	63.8	26.0	-3.0	13.3	70.8	5.8	3.8	4.7	5.7	6.5
7	4.63	66.6	26.5	-3.7	20.4	69.1	6.9	6.9	5.6	5.4	6.6
8	4.01	59.8	28.7	-2.2	18.1	77.8	3.9	5.1	4.8	4.2	3.6
9	4.20	63.4	28.0	-2.5	14.5	74.8	7.6	7.9	7.9	7.7	8.7
10	4.35	56.6	25.7	-2.0	13.1	55.1	4.6	5.8	6.8	6.1	6.2
11	4.64	56.6	24.6	-1.6	14.3	66.4	5.7	7.5	5.4	5.3	5.1
12	3.94	57.2	21.6	-1.5	13.9	68.0	4.7	7.0	5.7	5.4	5.2
13	3.94	60.4	27.8	-2.4	14.2	80.0	3.4	4.5	4.8	5.0	3.1
14	4.15	59.2	32.8	-1.1	15.7	70.1	4.8	4.8	5.4	5.3	5.3
15	4.17	61.8	27.4	-2.4	13.9	77.1	7.9	8.0	7.9	7.9	8.1
16	4.20	63.8	23.3	-3.4	18.9	59.7	5.7	6.2	6.2	6.5	7.7
17	4.25	68.6	28.1	-3.2	19.1	80.4	5.9	6.6	4.8	5.6	5.8
18	3.96	62.4	27.0	-2.6	12.5	60.7	6.3	5.9	5.4	5.5	4.8

**Table 5.** Analysis of predicted model equation for the values of the melon jam

Response	Model	F-value	Prob<F	R <sup>2</sup>	Equation on terms of pseudo component	
pH	Linear	72.60	<0.0001	0.9396	0.028A-0.080B-0.34C+4.26	
Sweetness (°Brix)	Linear	24.31	<0.0001	0.8381	4.10A+0.89B-0.68C+62.57	
Hunter's color values	L	Linear	1.49	0.2608	0.2418	-0.52A+1.28B+0.41C+27.38
	a	Linear	20.32	0.0001	0.8133	-0.85A+0.054B+0.017C-2.65
	b	Linear	6.76	0.0048	0.7844	2.44A+0.52B-0.44C+16.14
Firmness	Linear	9.22	0.0013	0.6639	1.35A+8.00B-1.13C+69.95	
Color	Quadratic	7.61	0.0044	0.8955	0.73A-0.28B-0.21C+0.30AB+0.13AC-1.03BC-1.07A <sup>2</sup> -1.53B <sup>2</sup> -0.46C <sup>2</sup> +7.50	
Smell	Quadratic	1.32	0.3536	0.5973	0.48A-0.48B-0.087C+0.32AB-0.15AC+0.12BC-0.15A <sup>2</sup> -1.49B <sup>2</sup> -0.51C <sup>2</sup> +7.44	
Taste	Quadratic	3.82	0.0362	0.8112	0.18A-0.53B+0.19C+0.17AB+0.31AC+0.031BC-0.81A <sup>2</sup> -1.19B <sup>2</sup> -1.15C <sup>2</sup> +7.59	
Texture	Quadratic	4.17	0.0284	0.8241	0.40A-0.20B+0.16C+0.20AB+0.45AC-0.51BC-0.90A <sup>2</sup> -1.02B <sup>2</sup> -1.20C <sup>2</sup> +7.57	
Overall acceptance	Quadratic	3.45	0.0478	0.7950	0.51A-0.51B-0.82C-0.39AB-0.16AC-0.91BC-0.96A <sup>2</sup> -1.29B <sup>2</sup> -2.07C <sup>2</sup> +8.10	



**Fig. 2.** Trace plot for the effect of sugar (A), pectin (B), and citric acid (C) on the quality characteristics of the melon jam.

하였을 최대값을 나타내었다. 현재 시중에 시판되고 있는 잼 15종의 당도(°Brix)를 측정 한 결과, 46.6~67.5 °Brix 범위로 본 실험의 결과는 시판하고 있는 잼의 범위와 유사하였다. 설탕, 펙틴, 구연산의 첨가율이 각각 독립적으로 작용하는 Linear 모델( $R^2=0.8389$ )이 선택되었고, probability는 <0.0001로 모델의 적합성이 인정되었으며, 회귀식의 계수들을 살펴본 결과, 당도는 설탕에 의해 가장 영향을 많이 받았다(Table 5). Fig 2의 trace plot의 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향

을 보여 주는 것으로 설탕 첨가율(A-A선)과 펙틴 첨가율(B-B선)이 많아질수록 구연산 첨가율(C-C선)이 작아질수록 당도(°Brix)는 증가하였다. 그러나 trace plot (Fig. 2)에서 기울기에 변화가 크지 않은 펙틴 첨가율(B-B선)과 구연산 첨가율(C-C선)은 당도(°Brix) 변화에 큰 영향을 주지 않았고, 기울기가 가장 큰 설탕 첨가율(A-A선)이 가장 영향을 많이 주는 인자임을 알 수 있었다. 설탕 첨가량 증가에 따른 당도의 변화는 참외잼 연구(Lee et al., 2005)와 마늘잼 제조 연구(Sim,

Joo & Han, 2006)에서도 동일한 결과를 나타냈다.

### 3.3. 색

멜론잼의 색도에 미치는 영향을 살펴본 결과, 18개의 실험점으로 만든 멜론잼의 명도(L) 23.3~32.8, 적색도(a) -3.7~-1.1, 황색도(b) 12.5~20.4 범위의 값을 보였고(Table 4), 적색도의 경우, 원재료로 사용된 멜론의 색이 초록색이기 때문에 ‘-’값을 나타내었다. 명도, 적색도, 황색도 모두 Linear 모델이 선택되었고, probability는 각각 0.2608, 0.0001, 0.0048로 적색도와 황색도는 5% 이내에서 유의성이 인정되어 모델의 적합성이 인정되었고, 명도는 유의성이 인정되지 않아 모델이 적합하지 않아 결과를 예측하지 못하였고, 최적화를 위한 조건으로 설정되지 못하였다. 회귀식에서 나타난 계수 중 적색도와 황색도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 설탕으로 나타났으며(Table 5), 반면 명도의 경우 설탕 첨가율이 증가할수록 감소하였다.

선택된 모델에 대한 반응표면도와 trace plot에서 설탕 첨가율(A-A선)이 증가할수록 적색도는 ‘-’값이 증가하였고(Fig. 2), 황색도도 높아져 설탕 첨가율이 많아질수록 멜론 잼의 색은 진해짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 설탕을 가열하는 동안 카라멜화 반응으로 인하여 갈변화가 촉진(Jang, 2007) 되는데, 설탕 첨가량이 증가할수록 이러한 반응이 촉진되어 멜론 잼의 색이 진하게 되는 것을 알 수 있었다. 펙틴 첨가율(B-B선)과 구연산 첨가율(C-C선)의 기울기는 큰 변화가 없는 것으로 보아, 적색도와 황색도에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 마늘잼 최적화 연구(Sim et al., 2006)에서 설탕의 첨가량이 많아질수록 명도가 낮아지는 것과 유사한 결과를 보였으며, 반면 모과잼(Ahn, 2010)의 경우, 설탕의 첨가량이 많아질수록 감소하였고, 펙틴과 가열시간이 늘어날수록 증가하는 경향을 나타냈다.

### 3.4. 견고도

견고도(firmness)를 측정된 결과는 Table 4와 같고, 견고도는 55.1~82.1 g 범위의 결과를 보였다. 현재 시중에 시판되고 있는 과일잼 15종의 견고도를 측정해 본 결과, 64.0~143.2 g 범위의 결과를 보여 본 실험의 18개 조건으로 만든 멜론잼의 견고도가 시판하는 잼의 측정치 범위에 포함되지만, 펙틴 첨가율이 가장 낮은 실험 조건 0.05% 첨가구는 시판되는 잼에 비해 견고도가 약간 낮아 묽은 상태의 잼이 되는 것을 확인하였다. 견고도는 설탕 65.0%, 펙틴 2.0%, 구연산 0.23%일 때 가장 높았고, 설탕 50.0%, 펙틴 0.50%, 구연산 0.23%일 때 가장 낮은 값을 보였다.

견고도는 설탕, 펙틴, 구연산의 첨가율이 서로 상호작용이 없이 각각 독립적으로 작용하는 Linear 모델( $R^2=0.6639$ )이

선택되고, probability는 0.0032로 5% 이내에서 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식의 계수들 중 펙틴의 첨가율이 견고도에 가장 큰 영향을 주었고, 다음으로 영향을 주는 인자는 설탕 첨가율이었다(Table 5).

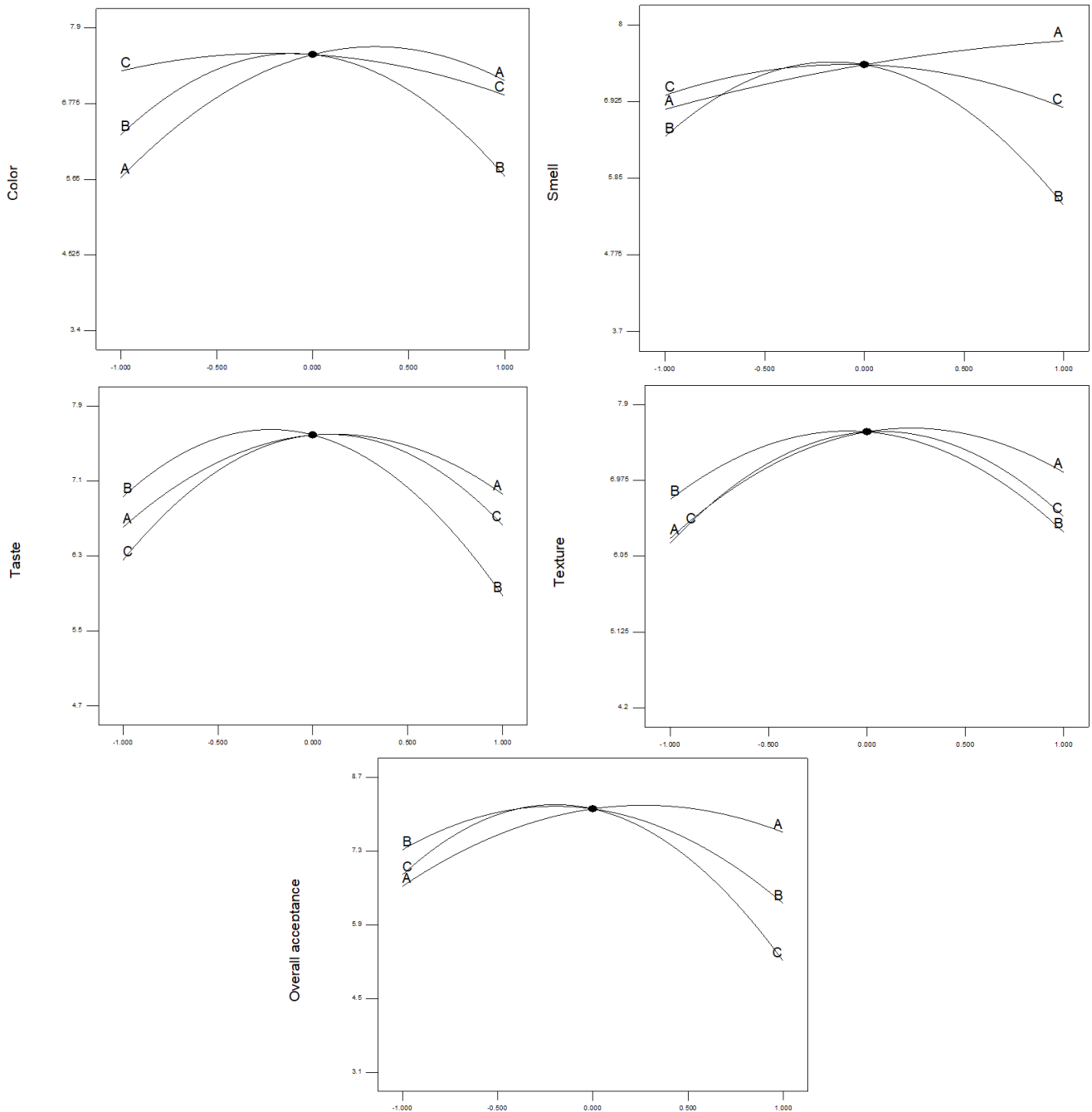
Trace plot(Fig. 2)에서 설탕 첨가율(A-A선), 펙틴 첨가율(B-B선)과 구연산 첨가율(C-C선)이 모두 많아질수록 견고도가 증가하였다. 이 중 가장 기울기 큰 펙틴 첨가율(B-B선)이 견고도에 영향을 많이 주는 것을 알 수 있었다. 반응표면도에서도 펙틴 첨가율이 많아질수록 견고도는 증가하였으며, 참외잼(Lee et al., 2005)의 펙틴이 견고성에 미치는 영향과 올리고당을 첨가한 토마토 잼에 관한 연구(Kim & Chae, 1997)의 분말상의 프락토올리고당이 토마토잼의 견고성에 미치는 결과와 유사한 결과를 보였다. 펙틴은 적당한 양의 당과 산이 존재하면 겔을 형성하게 되는데, 산에 의하여 펙틴은 carboxyl기의 해리가 저하되어 전기적으로 중화가 되어 gel을 형성하게 된다(Kwon, Kwon, Park, Park, & Yang, 2006). 또한 설탕을 pectin 분자들의 colloid 용액에 첨가하면 설탕 분자들은 자신의 수화를 위해서 colloid 용액 내의 물 분자나 pectin 분자에 수화되어 있는 물 분자를 일부 제거하는 탈수제로서 작용하며, 그 결과 pectin 분자들의 수화에 의한 안정 상태는 파괴되고 불안정하여 pectin 분자끼리 서로 결합 침전되기 쉬운 상태가 되도록 한다(Chae et al., 2003). 이러한 작용으로 펙틴 첨가율과 설탕 첨가율이 증가할수록 gel화가 촉진되어 잼의 견고성이 증가한 것으로 추정된다.

### 3.5. 기호도 검사

멜론잼의 재료 혼합비율의 최적화를 위한 관능검사 결과는 Table 4와 같고, 색 3.4~7.9, 냄새 3.8~8.0, 맛 4.7~7.9, 텍스처 4.2~7.9, 그리고 전반적인 기호도의 경우 3.1~8.7 범위의 점수를 받았다.

색, 냄새, 맛, 텍스처와 전반적인 기호도의 모든 기호도에서 교호작용의 영향을 받는 quadratic 모델로 결정되었다. Probability는 색, 냄새, 맛, 텍스처와 전반적인 기호도가 각각 0.0044, 0.3536, 0.0362, 0.0284, 0.0478로 냄새를 제외한 항목에서 5% 이내에서 모델의 적합성이 인정되었다(Table 5). 모든 항목에서 설탕 57.5%, 펙틴 1.25%, 구연산 0.3%의 비율로 만든 멜론 잼의 점수가 가장 높아 좋아하였다.

반응표면도와 trace plot(Fig. 3)에서 색, 맛, 텍스처와 전반적인 기호도에서 설탕 첨가율(A-A선), 펙틴 첨가율(B-B선)과 구연산첨가율(C-C선)이 많아질수록 점수가 최대값을 보이다가 감소하였다. 색도 측정 결과, 설탕 첨가량이 증가할수록 녹색과 노란색이 진하게 되었는데, 관능검사 결과 가장 좋아하는 색은 적당하게 진한 색이어서 설탕을 과도하게 첨가하는 것은 바람직하지 않음을 알 수 있었다. 또한 견고성



**Fig. 3.** Trace plot for the effect of sugar (A), pectin (B), and citric acid (C) on the sensory test of the melon jam.

측정 결과와 관능검사의 텍스처 결과와 비교해 볼 때 너무 과도하게 부드럽고 단단한 잼보다는 적당하게 부드러움을 유지하는 잼의 상태를 더 좋아하였다. 잼을 만드는데 있어 설탕과 펙틴이 중요한 역할을 하지만 과도하게 많이 첨가할 경우, 색, 맛과 텍스처에 바람직하지 않은 영향을 주는 것을 알 수 있었으며, 패션 프루트를 첨가한 잼(Kim, 2016), 모과 잼(Ahn, 2010), 생강을 첨가한 사과잼(Lee, 2014) 또한 최적 점을 지난 후부터는 감소하는 경향을 나타내, 본 실험과 유

사한 경향을 나타내었다.

### 3.6. 최적화

최적화 접근은 Derringer와 Suich(1980)의 방법을 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 독립변수인 설탕, 펙틴과 구연산의 첨가율은 최대, 종속변수인 실험항목은 황색도를 제외하고 최대의 값이 되도록 설정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치점(numerical point)을



예측하였다(Table 6). 예측된 최적값의 재료량은 설탕 60.4%, 펙틴 1.4%, 구연산 0.3%로 결정되었다. 최적화의 다른 방법과 달리 각 반응 모형 그래프의 중첩되는 부분을 최적 범위로 정한 모형적 최적화(graphical optimization)는 Fig. 4에 나타내었다.

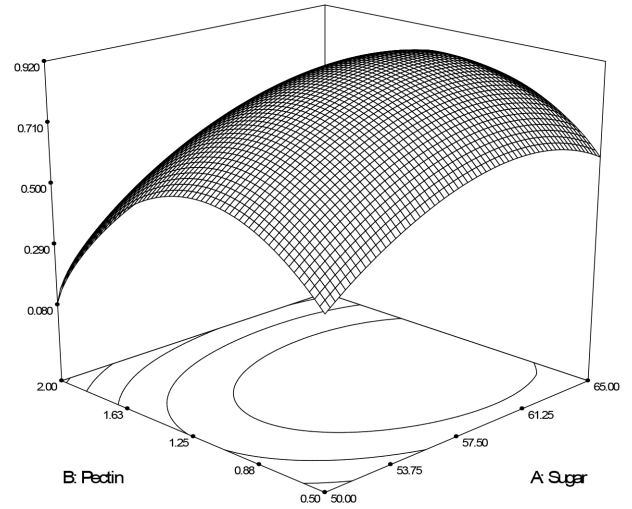
수치적 최적화로 설정된 최적 조건을 검증하기 위하여 수치적 최적치인 설탕 60.4%, 펙틴 1.4%, 구연산 0.3% 조건으로 직접 멜론잼을 만들어 물리적 특성을 측정해 본 결과, pH 4.3, 당도 64.8 °Brix, 적색도 -2.0, 황색도 12.5, 견고성 65.6 g으로 예측한 결과와 유사한 값을 보였다(Table 7).

#### 4. 결 론

본 연구는 멜론을 이용하여 잼을 개발하고자 설탕, 펙틴, 구연산의 양을 달리하였을 때의 멜론잼의 최적 재료 혼합비율을 찾아 멜론잼의 제조 가능성을 확인하고자 하였다. 설탕과 펙틴은 당도, 적색도, 황색도 그리고 견고도를 증가시켰으며, 구연산은 pH, 당도, 견고도를 감소시켰다. 기호도 검사의 경우, 설탕, 펙틴, 구연산이 최적값에 근접함에 따라 멜론잼의 선호도가 증가하였으며, 최적 수준을 초과함에 따라 선호도가 감소되었다. 회귀식과 반응표면 분석 결과를 토대로 멜론잼의 최적 재료 혼합비율은 설탕 59.0%, 펙틴 1.4%,

**Table 6.** Optimum constraint values using two analytical methods in the object goal

	Constraints name	Goal	Numerical optimization solution	
Independent variables	Sugar	Max.	59.0	
	Pectin	Max.	1.4	
	Citric acid	Max.	0.3	
Response variables	pH	Max.	4.2	
	Sweetness (°Brix)	Max.	63.7	
	Hunter's color value		Max.	
	a	Max.	-2.8	
	b	Max.	13.8	
	Firmness (g)	Max.	69.9	
	Sensory characteristics			
	Color	Max.	7.5	
	Taste	Max.	7.4	
	Texture	Max.	7.5	
Overall acceptance	Max.	8.0		



**Fig. 4.** Three-dimensional plot of the optimal mixture region by desirability (citric acid : 0.3%, fixed).

**Table 7.** Predicted and experimental values of response variables of melon jam

Response variables	Predicted value	Experimental value
pH	4.2	4.3
Sweetness (°Brix)	63.7	64.8
Hunter's color values		
a	-2.8	-2.0
b	13.8	12.5
Firmness (g)	69.9	65.6

구연산 0.3%로 설정되었다. 현재 시중에 시판되고 있는 과일잼 15종의 물리적 특성을 실험한 결과, pH 3.2~4.9, 당도 46.6~67.5 °Brix, 견고도 64.0~143.2 g 범위를 보였으며, 본 실험의 최적 조건으로 만든 멜론잼과 시판하는 잼의 pH 수치를 비교할 때 시판되는 잼의 적정한 범위 안에 있음을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 멜론을 이용한 잼을 제조하였을 경우, 저장성이 낮고 한정적으로만 사용되는 멜론의 문제점을 보완할 수 있음을 알 수 있었으며, 멜론잼의 가공 및 상품화가 가능하다는 것을 확인하였다. 다만 견고도가 다소 낮아 추후 견고도를 향상시킬 수 있는 부재료 및 제조조건 변화 등의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

#### REFERENCES

Ahn, M. H. (2010). *Preparation optimization and quality evaluation of the chinese quince (Chaenomeles sinensis) jam*

- (Doctoral dissertation). Dankook University.
- Byun, M. W., Yook, H. S., Ahn, H. J., Lee, K. H., & Lee, H. J. (2000). Quality evaluation of strawberry jams prepared with refined dietary fiber from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 32(5), 1068-1072.
- Chae, S. K., Kim, S. H., Shin, D. H., Oh, H. K., Lee, S. J., Jang, M. H., & Choi, W. (2003). *Food chemistry*. Seoul, Korea : Hyoil Publishing.
- Derringer, G. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*, 12(4), 214-219.
- Jang, M. S. (2007). *Principle of culinary*. Seoul, Korea : Hyoil Publishing.
- Jin, T. Y., Heo, S. I., Lee, W. G., Lee, I. S., & Wang, M. H. (2008). Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) jam. *Journal of Korean Society of Food Science & Nutrition*, 37(1), 48-52.
- Kim, B. J., & Kim, I. S. (1989). Study on the sensory quality characterization of strawberry jam by cooking method. *Family & Environment Research*, 27(3), 71-78.
- Kim, K. O., Kim, S. S., Sung, N. K., & Lee, Y. C. (1993). *Sensory evaluation and application*. Seoul, Korea : Shinkwang Publishing.
- Kim, H. B., & Ryu, K. S. (2000). Sensory characteristics of mulberry fruit jam & wine. *Korean Journal of Sericultural Science*, 42(2), 73-77.
- Kim, J. M., Jeong, D. O., Jang, H. S., & Jang, K. (2003). *Food processing & preservation*. Seoul, Korea : Shinkwang Publishing.
- Kim, J. W. (1993). *Agricultural food processing*. Seoul, Korea : Munwun Publishing.
- Kim, K. S., & Chae, Y. K. (1997). The effects of addition of oligosaccharide on the quality characteristics of tomato jam. *Korean Journal of Society of Food & Cookery Science*, 13(3), 348-355.
- Kim, M. Y., & Chun, S. S. (2001). Effects of onions on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean Journal of Society of Food & Cookery Science*, 17(4), 316-322.
- Kim, S. G. (2016). *Optimum production conditions of added passion fruit jam* (Master's thesis). Kyonggi University.
- Kim, Y. S. (2005). Antimicrobial activity of Yacon K-23 and manufacture of functional Yacon jam. *Korean Journal of Food Science & Technology*, 37(6), 1305-1038.
- Kwon, Y. J., Kwon, J. H., Park, K. H., Park, Y. K., & Yang, H. C. (2006). *Food chemistry*. Seoul, Korea : Yangji Publishing.
- Lee, K. D., Kim, S. K., & Lee, M. H. (2005). Optimization of preparation condition on oriental melon jam by response surface methodology. *Korean Journal of Food Preservation*, 12(3), 216-222.
- Lee, S. M. (2014). Quality characteristics of apple jam added with ginger. *The Korean Journal of Culinary Research*, 20(2), 79-88.
- Margaret, M. (2005). *Foods experimental perspectives*. New Jersey, USA : Pearson Publishing.
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.
- Mo, S. Y., Im, S. H., Go, G. D., Ann, C. M., & Kim, D. H. (1998). RAPD analysis for genetic diversity of melon species. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 16(1), 21-24.
- Myers, R. H., & Montgomery, D. C. (1995). *Response surface methodology : Process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons, New York.
- Park, S. J., Lee, J. H., Rhim, J. H., Kwon, K. S., Jang, H. G., & Yu, M. Y. (1994). The change of anthocyanin and spreadmeter value of strawberry jam by heating and preservation. *Korean Journal of Food Science & Technology*, 26(4), 365-369.
- SELF Nutrition Data (2017). *Melons, cantaloupe, raw [includes USDA commodity food A415] Nutrition facts & calories*. Retrieved from <http://nutritiondata.self.com/facts/fruits-and-fruit-juices/1954/2>
- Sim, K. H., Joo, N. M., & Han, Y. S. (2006). Optimization of garlic jammaking by response surface methodology. *Journal of Korean Dietetic Association*, 12(1), 32-43.
- Song, J. C., Park, H. J. (1988). *Food preservation*. Seoul, Korea: Hyoil Publishing.

---

2017년 8월 06일      접 수  
 2017년 8월 17일      1차 논문수정  
 2017년 8월 19일      논문 게재확정