

## 반응표면분석법을 이용한 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 품질 특성 및 제조조건 최적화 연구

이지은<sup>1</sup> · 박세영<sup>2</sup> · 유현희<sup>3</sup> · 노정옥<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 식품영양학과 박사수료, <sup>2</sup>전북대학교 식품영양학과 석사과정생, <sup>3</sup>군산대학교 식품영양학과 교수, <sup>4</sup>전북대학교 식품영양학과 교수

### Quality Characteristics and Optimization of Ginger Pear Jam Prepared with Sugar, Pectin, and Citric Acid, Using the Response Surface Methodology

Ji Eun Lee<sup>1</sup>, Se Young Park<sup>2</sup>, Hyeon Hee Yu<sup>3</sup>, and Jeong Ok Rho<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Ph. D. Candidate, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

<sup>2</sup>Master Student, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Kunsan National University, Kunsan 57371, Republic of Korea

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

#### ABSTRACT

This study examined the optimal mixing quantities of sugar, pectin, and citric acid for the preparation of ginger pear jam. The experiment was designed according to the central composite design of response surface methodology (RSM). To develop the jam using RSM, sugar, pectin, and citric acid were set as the independent variables. The experimental data on physico-chemical properties, and sensory evaluation were fitted to various models. Among the responses, pH ( $p < 0.001$ ), sugar content ( $p < 0.001$ ), spreadness ( $p < 0.01$ ), L-value ( $p < 0.001$ ), a-value ( $p < 0.001$ ), and b-value ( $p < 0.001$ ), and the sensory properties of appearance ( $p < 0.01$ ), taste ( $p < 0.05$ ), and overall acceptability ( $p < 0.05$ ) showed significant correlations with sugar, pectin, and citric acid. From these results, the optimal formulation was calculated by applying numerical and graphical methods, and was determined to be 250 g pear paste, 175 g sugar, 4 g pectin, and 0.8 g citric acid. We believe that manufacturing ginger pear jam using sugar, pectin, and citric acid promotes the consumption of local agricultural products, and contributes toward the development of functional jams tailored to preferences of the consumer.

**Key words:** sugar, pectin, citric acid, jam, response surface methodology

#### 서 론

현대인들의 서구화된 식생활과 라이프스타일의 변화로 인하여 간편한 한 끼 식사나 간식으로 편의식품의 소비가 증가되고 있으며, 가공식품에 대한 소비자의 수요가 높아지고 있다(Lee EY & Jang MS 2009; Ahn SE 등 2017). 간편식인 빵류 등과 함께 잼의 소비도 증가하고 있으며, 그 종류가 점점 다양해지고 있다(Lee SM 2014; Park SH 등 2016). 일반적으로 잼은 과육에 당, 펙틴, 산 등을 첨가하여 가열·농축하여 단맛과 보존성을 높인 식품으로, 대부분의 과일에 함유되어 있는 펙틴과 유기산에 당을 첨가하여 가열하게 되면 겔(gel)이 형성되어 잼이 만들어진다. 과일의 껍질과 과육부분에 존재하는 펙틴은 세포를 결합시키고, 당과 산에 의해 잼이나

젤리, 마멀레이드 등과 같은 펙틴 겔(gel)을 만들 수 있다. 설탕은 펙틴 겔(gel) 형성 시 펙틴콜로이드를 탈수시키며, 설탕 첨가 후 산이 존재하면 산에 의한 수소이온에 의해 펙틴분자의 안정성이 감소되어 펙틴분자의 결합과 침전을 용이하게 하여 망상구조를 형성하게 한다(Lee GD 등 2005; Son JW 등 2005; Kim BH 2017). 이러한 겔(gel)이 가장 잘 형성되는 조건은 당 60~65%, 펙틴 1~1.5%, pH 3.3~3.5일 때이다(Lee KA 등 2019). 최근 소비자의 기호도와 구매의사를 충족시키기 위해 다양한 과일과 채소를 이용하여 잼의 맛과 기능성 등의 품질을 향상시키는 연구가 진행되고 있다(Lee EY & Jang MS 2009). 잼 제조관련 선행연구는 흑마늘잼(Kim MH 등 2008), 복분자잼(Kim TY 등 2008), 생강 첨가 사과잼(Lee SM 2014), 사과 첨가 아로니아잼(Park SH 등 2016) 등이 있으며, 설탕을 대체한 감미료를 이용한 저당 산수유잼(Park SJ 등 2016), 당알코올 첨가 딸기잼(Park MK 2007), 프

\* Corresponding author : Jeong-Ok Rho, Tel: +82-63-270-3821, Fax: +82-63-270-3854, E-mail: jorho@jbnu.ac.kr

락토올리고당 첨가 토마토젼(Na YM 등 2012), 칼슘 첨가 무설탕 과일 채소젼(Lee KH 등 2015) 등이 있다. 또한, 반응표면분석법을 이용한 연구는 블루베리젼(Cho WJ 등 2010), 무젼(Park JE 등 2009), 참외젼(Lee GD 등 2005), 멜론젼(Kim BH 2017), 마늘젼(Sim KH 등 2006), 어린 보릿잎 첨가 키위젼(Jang MS 2009) 등이 있다.

배는 장미과의 *Pyrus* 속에 속하는 낙엽고목식물로서 재배지에 따라 서양배(*Pyrus communis* L.), 남방형 동양배인 일본배(*Pyrus pyrifolia* N.), 북방형인 중국배(*Pyrus ussuriensis* M.) 등이 있으며, 국내에서 재배되고 있는 배는 동양배로서 육질이 연하고 과즙이 풍부할 뿐만 아니라, 당도도 높아 품질이 뛰어나다(Choi HJ 등 2004; Eun JB 등 2012; Ahn SE 등 2017). 동양배는 예로부터 잎, 껍질과 과실을 민간요법으로 사용해 왔으며, 잎은 토사곽란에 특효약으로, 껍질은 부스럼이나 피부질환, 과실은 가래, 기침, 해열, 배변 등의 치료제로 쓰여 왔다(Rho JO 등 2011). 배의 주성분은 수분이 85~88%이며, 그 외에 탄수화물 7~10%, 단백질 0.2%, 지방질 0.2%, 섬유질 0.5% 등이 함유된 알칼리성 식품이다(Yu MY 등 2005). 배의 세포벽은 다당류인 셀룰로오스 20~30%, 헤미셀룰로오스 25%, 펙틴 35%와 당단백질 5~10%, 그리고 미량의 페놀계 물질로 구성되어 있다(Min TS 등 2013). 배의 과피와 과육에는 클로로겐산, 알부틴, 에피카테킨 등의 다양한 폴리페놀 화합물이 함유되어 있으며, 항당뇨, 항고혈압, 혈중 지질 억제, 간세포 활성화 및 해독 촉진, 면역 촉진, 천식 억제 등에 효과가 있다(Eun JB 등 2012; Min TS 등 2013). 배 과실에는 다양한 유기산, 당 및 비타민 C 등이 많이 함유되어 있어 주스, 넥타, 술과 같은 음료가공품으로 이용되고 있다(Song JH 등 2009). 배를 이용한 연구는 배 파운드케이크(Kim YS & Cho MS 2020), 배즙 첨가 전통고추장(Yu MY 등 2005), 배즙과 배 건조분말 첨가 양갱(Park YO 등 2011), 배즙(Hwang IG 등 2006), 배 스낵(Kang BS & Whang HJ 2012) 등이 있다.

생강은 매콤함이 배의 시원함과 잘 어울리는 식품으로 예전부터 함께 많이 이용되어 왔다(Cho HS 2011). 생강(*Zingiber officinale* R.)은 열대아시아가 원산지로 생강과(*Zingiberaceae*)에 속하는 다년생 식물이며, 세계적으로 많이 소비되고 있는 향신료로서, 생생강, 건생강, 올레오레진, 정유 등의 형태로 식용, 약용뿐만 아니라, 화장품용으로 사용되고 있다(Seo HY 등 2006; Han EJ 2012; Kim SJ 등 2020). 생강은 모노테르펜, 세스퀴테르펜 등의 방향물질이 다량 함유되어 특유의 맛과 향을 나타내고, 진저롤, 쇼가올 등이 생강 특유의 자극적인 맛을 느끼게 하여 다양한 식품에 활용되고 있다(Lee CS 등 2015). 생강에 함유된 진저롤류 등의 페놀성 화합물, 플라보노이드 등이 항산화, 항염증, 혈당 강하, 고지혈증 예

방, 항균작용 등의 약리작용을 나타내는 것으로 알려져 있다(Bae JS & Kim TH 2011).

현재 전북 완주군 이서지역은 ‘이서배’의 생산지역으로 알려져 있으며, 배의 육질이 연하고 수분이 많고 당도가 높아 판매량이 많은 것으로 알려져 있다(Bae JG 2018) 또한, 완주군 봉동지역은 토질이 생강재배에 최적지로 알려져 있으며, 생산되는 생강은 연하고 섬유질이 없으며, 맛이 우수하여 그동안 조리용 생강 이외에 생강차, 편강 등의 다양한 제품형태로 판매되고 있다(Lee CS 등 2015). 하지만 생강은 독특한 향과 매운맛을 포함하고 있어 제품으로 개발 시 어려움이 있다(Kim JM & Lee KS 2019). 생강을 다양한 가공방법을 통해 제품을 개발하고 소비자들의 기호도 증진에 대한 연구가 필요하다(Lee CS 등 2015). 따라서 본 연구에서는 전북 완주군에서 생산되는 지역농산물의 활용을 높이는 방안을 제시하고자 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)을 이용하여 생강착즙액 첨가한 생강배젼을 위한 설탕, 펙틴, 구연산의 최적점을 찾아 제조조건을 확립하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구는 2019년 재배된 배(Wanju-gun, Korea)와 생강(Wanju-gun, Korea)을 용진농협 로컬푸드 직매장에서 구입하였으며, 설탕(CJ CheilJedang, Incheon, Korea), 펙틴(펙틴 105, Cp Kelco Brasil S/A, Sao-Paulo, Brazil), 구연산(RZBC Co., Ltd, Juxian, China)은 온라인 매장에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 실험 계획

본 연구는 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 제조조건을 최적화하기 위해 반응표면분석법의 중심합성계획법(central composite design; CCD)에 따라 실험을 설계하였다. 생강배젼은 예비실험을 통해 생강착즙액 첨가량을 15 g으로 값을 고정하고, 젼의 품질에 영향을 줄 수 있는 요인을 기준으로 하여 설탕, 펙틴, 구연산을 독립변수로 설정하였다. 각 독립변수의 범위는 예비실험과 문헌연구(Sim HY 등 2006; Rho JO 등 2011)를 토대로 설탕(125~175 g), 펙틴(2~4 g), 구연산(0.65~1.35 g)으로 정하여  $-a$ ,  $-1$ ,  $0$ ,  $+1$ ,  $+a$ 의 5단계로 부호화( $a=2$ )하였다(Table 1). 설정된 범위는 꼭지점(factorial point) 8개, 축점(axial point) 6개, 중심점(central point) 3개로 하여 총 17개의 실험점으로 정하였으며, 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 젼의 재료 배합은 Table 2와 같다. 독립변수에 따른 젼의 품질변화를 알아보고자 이화학적 특성과 관능적 특성(의

**Table 1. Coded independent variables used in the response surface methodology design for ginger pear jam prepared with sugar, pectin, and citric acid**

Independent variable	Coded-variables				
	-α	-1	0	+1	+α
Sugar (g)	100	125	150	175	200
Pectin (g)	1	2	3	4	5
Citric acid (g)	0.3	0.65	1	1.35	1.7

**Table 2. The experimental design for ginger pear jam prepared with sugar, pectin, and citric acid by the response surface methodology**

Sample No.	Variables			Pear paste (g)	Ginger juice (g)
	Sugar (g)	Pectin (g)	Citric acid (g)		
1	125(-1)	2(-1)	0.65(-1)		
2	175(+1)	2(-1)	0.65(-1)		
3	125(-1)	4(+1)	0.65(-1)		
4	175(+1)	4(+1)	0.65(-1)		
5	125(-1)	2(-1)	1.35(+1)		
6	175(+1)	2(-1)	1.35(+1)		
7	125(-1)	4(+1)	1.35(+1)		
8	175(+1)	4(+1)	1.35(+1)		
9	100(-α)	3(0)	1(0)	250	15
10	200(+α)	3(0)	1(0)		
11	150(0)	1(-α)	1(0)		
12	150(0)	5(+α)	1(0)		
13	150(0)	3(0)	0.3(-α)		
14	150(0)	3(0)	1.7(+α)		
15	150(0)	3(0)	1(0)		
16	150(0)	3(0)	1(0)		
17	150(0)	3(0)	1(0)		

관, 향미, 맛, 발림성, 전반적 기호도)을 종속변수로 설정하였다.

### 3. 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 제조

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 제조 방법은 선행연구(Park JE 등 2009; Rho JO 등 2011; Lee SM 2014)의 방법을 참고하였다. 배는 세척한 후 껍질을 제거하여 정육면체

(가로 2 cm×세로 2 cm×높이 2 cm) 모양으로 잘라 믹서기(BL9000C-GS, Guandong Xinbao Electrical Appliances Holdings, Co., Ltd., Foshan, China)로 약 1분간 갈아 균질화하였다. 생강은 껍질제거 후 씻어 5 mm 두께로 썰어 저속압 착방식 착즙기(HU-400, Hurom Co., Ltd., Gimhae-si, Korea)를 이용하여 착즙한 후 생강의 전분질을 가라앉힌 후 상등액을 30 mesh 체에 여과하여 사용하였다. 스테인레스 냄비에 배 페이스트 250 g과 생강착즙액 15 g을 넣고 나무주걱으로 저으면서 중불에서 3분간 끓이다가 여기에 설탕 양의 1/3씩 2분 간격으로 두 번 넣어 녹이다가 다시 끓기 시작하면 나머지 설탕 1/3에 펙틴을 섞은 것을 넣어 주었다. 그 다음 약불로 줄이고 구연산을 넣고 3분간 농축하였다. 완성된 잼은 숟가락에 일부가 붙어 얇게 퍼지면서 끝이 젤리모양으로 굳어서 떨어지면 젤리점에 이른 것으로 판단하는 spoon test와 찬물에 들어 있는 컵에 액을 떨어뜨렸을 때 컵 밑바닥까지 그대로 떨어지면 젤리점으로 판정하는 cup test을 이용하여(Lee JH 2018) 결정한 후, 살균한 유리병(지름 7 cm×높이 11 cm)에 담아 20℃에서 24시간 저장한 후 시료로 사용하였다.

### 4. 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 품질 특성

#### 1) pH 및 당도

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 pH 및 당도는 시료 3 g에 증류수 27 mL를 넣고 균질화한 후 원심분리기(Combi 508, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 측정하였고, 당도는 당도계(Pal-a, Atago, Tokyo, Japan), pH는 pH meter(Starter 3100 Ohaus, Parsippany, NJ, USA)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

#### 2) 퍼짐성

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 퍼짐성은 Na YM 등 (2012)의 선행연구를 참조하였다. 1 mm 간격의 모눈종이(section paper) 중심부에 상하부가 개방된 직경 5 cm의 원통관을 놓은 후, 시료 100 g을 담아 원통관을 위로 드는 순간부터 2분 경과 후에 중심부로부터 8부위를 동시에 측정하여 총 3회의 평균값을 구하였다.

#### 3) 색도

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 색도는 색차계(CM-2600d, Konika Minolta Inc., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter 체계의 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다. 이때 사용한 표준 백판(standard plate)은 L값 93.31, a값 1.75, b값 0.68이었다.

#### 4) 관능평가

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 관능평가는 J대학교 대학생 및 대학원생 30명을 선정하여 실험목적과 관능적 품질 요소 등에 대해 숙지시킨 후 진행하였다. 시료는 5 g씩 흰색의 플라스틱 컵에 담아 동반식품으로 식빵(가로 4 cm×세로 4 cm)과 물을 함께 제공하였다. 17개의 시료는 실험의 오차를 줄이기 위하여 랜덤으로 제공하여 총 3회 실시하였으며, 평가하는데 있어 시료 4개를 평가한 뒤 일정한 시간간격을 두어 시료간의 맛의 상호작용을 최대한 감소시켜 평가를 실시하였다. 또한, 각 시료의 평가 후에는 제공된 물로 입을 헹구어 다음 시료의 평가에 영향을 최소화 하도록 하였다. 평가 항목은 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 발림성(spreadability), 전반적 기호도(overall acceptability)로 총 5가지 항목으로 정하여 기호도를 평가하였고, 평가 방법은 Likert의 9점 척도법(1점: 매우 싫음, 5점: 보통, 9점: 매우 좋음)을 사용하였다. 본 연구의 관능평가는 연구자가 소속된 대학교의 생명윤리위원회의 승인을 받았다(승인번호: JBNU 2020-03-008-001).

#### 5) 최적화 분석

본 연구는 Design Expert 11 Program(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA)을 이용하여 수치적 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 각 독립변수의 최적 첨가량을 선정하였고, 지점 예측(point prediction)을 통해 종속변수 각각의 예측값을 구하였다. Canonical 모형을 근간으로 하는 수치적 최적화는 목표 범위(goal area)를 독립변수인 설탕, 펙틴, 구연산을 실험범위 내(in range)로, 종속변수인 관능적 특성 항목의 점수가 유의적인 항목을 최대(maximum)로 설정하고, 신뢰 수준 95% 구간에서 최적점(solution)을 구하였다. 이때 가장 높은 적합도(desirability; D)를 나타내는 최적점을 구하였다.

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

(D: overall desirability, d: desirability, n: response의 수)

모형적 최적화는 다수의 종속변수의 결과들이 존재할 때 각각의 결과에서 목적으로 하는 중요한 범위를 설정한 후, 그 래프가 중첩되는 범위(overlay plot) 안에서 최적점을 찾았다.

#### 6) 통계분석

모든 실험의 통계분석은 SPSS Statistics Program(ver. 25.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 실험 자료의 분석 및 최적화는 Design

Expert 11 Program(State-Easy Co.)을 이용하여 독립변수와 종속변수와의 관계를 분산분석과 회귀분석을 통하여 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자 간 교호작용을 보았다. 모델의 적합성은 F-test를 통하여  $p < 0.05$  수준에서 검증하였고, 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면 상태는 perturbation plot과 response surface plot으로 나타내었다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 품질 특성

17개 실험점의 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 품질 특성 결과는 Table 3, 독립변수 설탕, 펙틴, 구연산이 품질 특성에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과는 Table 4와 같았다.

##### 1) pH

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 pH를 측정한 결과, 3.71~4.39의 범위를 보였으며, 최소값은 sample 7, sample 8, 최대값은 sample 13에서 나타났다. 독립변수가 pH에 미치는 영향에 대한 회귀분석한 결과, 독립변수가 각각 작용하는 linear model( $R^2=0.7541$ )이 선정되었으며,  $p$ -value가 0.0003으로 유의하게 회귀식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정(lack of fit) 결과,  $p$ -value 0.2479로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식의 계수와 반응표면 상태 결과, pH에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 구연산으로 나타났으며, pH는 구연산의 양이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 젼의 제조 시 과일에 설탕을 첨가하면 산에서 형성된 수소이온으로 인하여 펙틴 분자표면의 음전하가 중화되어 펙틴분자의 안정성이 감소됨에 따라 펙틴분자들이 서로 결합해 3차원의 망상 구조를 형성하게 되어, 독립변수들 간에 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다(Son JW 등 2005).

##### 2) 당도

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 당도를 측정한 결과, 48.67~64.00 °Brix의 범위를 보였으며, 최소값은 sample 9, 최대값은 sample 10에서 나타났다. 독립변수가 당도에 미치는 영향에 대한 회귀분석한 결과, 독립변수가 각각 작용하는 linear model( $R^2=0.7580$ )이 선정되었으며,  $p$ -value가 0.0003으로 유의하게 회귀식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정 결과,  $p$ -value 0.9274로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식의 계수와 반응표면 상태 결과, 당도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 설탕으로 나타났다. 당도는 설탕의 양이 증가할수록 증가하였으며, 펙틴과 구연산의 양이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. Sim KH 등(2006)의 연구에서도 마늘젼의 당도는 설탕의 양이 증가할수록 높아졌으나, 펙틴의 양이 증

Table 3. Quality characteristics of ginger pear jam according to sugar, pectin, and citric acid by the response surface methodology

Sample No.	Variables			Responses										
	Sugar (g)	Pectin (g)	Citric acid (g)	pH	Sugar content (°Brix)	Spreadness (cm)	Hunter's color			Sensory characteristics				Overall acceptability
							L	a	b	Appearance	Flavor	Taste	Spreadability	
1	125	2	0.65	4.22±1.09 <sup>1)</sup>	61.33±0.06	4.21±0.21	21.05±0.31	0.11±0.01	21.71±0.49	6.36±0.74	6.14±1.10	6.43±1.16	6.50±1.16	6.57±1.16
2	175	2	0.65	4.20±1.25	63.67±0.06	4.33±0.23	18.63±0.25	1.08±0.21	26.35±0.78	5.93±1.00	6.07±1.00	6.21±1.37	6.57±1.28	6.14±1.23
3	125	4	0.65	4.09±0.99	58.00±0.00	4.63±0.20	23.21±0.42	0.23±0.05	21.80±1.17	5.93±1.00	6.07±1.44	6.57±1.50	6.07±1.54	6.57±1.28
4	175	4	0.65	4.08±1.28	63.00±0.00	5.23±0.16	20.35±0.12	0.43±0.06	24.57±1.39	6.36±0.74	6.07±1.07	6.50±1.16	6.50±1.22	6.50±1.22
5	125	2	1.35	3.75±1.10	56.33±0.06	5.00±0.41	22.76±0.33	0.17±0.04	23.09±2.19	6.00±0.88	5.86±1.23	5.64±1.22	7.00±1.24	6.00±1.04
6	175	2	1.35	3.73±1.48	63.00±0.00	3.53±0.19	19.59±0.05	1.01±0.08	25.67±0.44	6.50±0.65	6.50±1.16	6.64±1.28	6.86±1.35	6.50±1.16
7	125	4	1.35	3.71±0.98	54.00±0.00	4.65±0.21	23.68±0.12	0.43±0.06	20.39±0.93	5.64±1.01	5.86±1.23	6.21±0.89	5.79±1.58	6.21±1.05
8	175	4	1.35	3.71±1.26	59.00±0.00	3.43±0.32	20.73±0.45	0.89±0.13	23.34±0.49	6.57±0.65	6.07±1.14	6.07±1.38	6.29±1.33	6.21±1.05
9	100	3	1	3.83±0.59	48.67±0.06	4.96±0.28	23.73±0.32	0.04±0.04	19.22±0.79	6.07±0.92	6.07±1.14	5.79±1.42	6.86±1.17	6.21±1.05
10	200	3	1	4.01±1.38	64.00±0.00	4.51±0.16	17.99±0.61	1.41±0.23	25.75±0.09	6.36±0.50	5.79±0.97	6.71±1.14	6.29±0.73	6.79±0.97
11	150	1	1	3.91±1.32	62.00±0.00	4.48±0.10	18.70±0.42	0.97±0.24	24.87±1.34	6.14±0.86	5.86±1.03	6.21±0.80	6.79±1.25	6.29±0.83
12	150	5	1	3.93±0.91	55.00±0.00	4.56±0.28	21.31±0.15	0.65±0.12	25.07±1.09	6.36±0.93	5.86±1.17	6.36±0.93	6.57±1.02	6.71±1.20
13	150	3	0.3	4.39±0.99	61.00±0.00	4.85±0.40	19.16±0.17	0.44±0.12	23.80±0.52	6.14±0.86	6.00±0.88	6.29±1.49	7.14±0.95	6.64±1.08
14	150	3	1.7	3.91±0.64	57.00±0.00	4.20±0.22	20.04±0.04	0.67±0.02	23.51±0.26	6.36±0.74	6.07±1.14	5.71±1.33	6.86±0.95	5.71±1.07
15	150	3	1	4.03±1.18	61.00±0.00	4.94±0.39	19.83±0.09	0.51±0.07	22.99±0.65	6.07±0.62	6.36±1.28	6.29±1.54	6.00±1.41	6.57±1.09
16	150	3	1	3.93±0.85	53.67±0.12	5.05±0.12	20.52±0.15	0.55±0.11	25.13±1.49	6.14±0.77	6.07±1.33	6.07±1.24	6.86±0.86	6.36±0.95
17	150	3	1	3.92±1.02	57.00±0.00	4.80±0.41	19.50±0.12	0.68±0.10	24.44±0.87	5.93±1.07	5.29±0.99	5.86±1.10	6.71±1.14	6.14±0.95

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

**Table 4. Analysis of the predicted model equation for the quality characteristics of ginger pear jam according to sugar, pectin, and citric acid**

Responses	Model	$R^2$	$F$ -value	$p$ -value	Lack of fit	Polynomial equation	
pH	Linear	0.7541	13.29***	0.0003	0.2479	+0.02A <sup>1)</sup> -0.02B-0.17C	
Sugar content	Linear	0.7580	13.57***	0.0003	0.9274	+0.31A-0.15B-0.14C	
Spreadness	2FI	0.7740	5.71**	0.0082	0.1321	-1.18A+0.06B-0.19C+0.09AB -0.43AC-0.22BC	
Hunter's color	L	Linear	0.8276	20.80***	<0.0001	0.2949	-1.43A+0.70B+0.33C
	a	2FI	0.9136	17.61***	<0.0001	0.2865	+0.33A-0.06B+0.07C-0.14AB +0.02AC+0.08BC
	b	Linear	0.7369	12.13***	0.0005	0.5856	+1.63A-0.40B-0.16C
Appearance	2FI	0.7839	6.05**	0.0067	0.3750	+0.13A+0.01B+0.04C+0.16AB+0.18AC -0.04BC	
Flavor	-	-	-	-	-	-	
Sensory characteristics	Taste	Linear	0.4436	3.45*	0.0483	0.4432	+0.15A+0.05B-0.14C
	Spreadability	Linear	0.2083	1.14	0.3695	0.7716	-0.02A-0.17B-0.02C
	Overall acceptability	Linear	0.4887	4.14*	0.0289	0.5678	+0.07A+0.07B-0.17C

<sup>1)</sup> A: sugar, B: pectin, C: citric acid.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

가함에 따라 전체 고형분 함량이 증가하기 때문에 나타나는 회석효과로 당도가 낮아지는 결과를 보여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다.

### 3) 퍼짐성

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 퍼짐성을 측정된 결과, 3.43~5.23 cm의 범위를 보였으며, 최소값은 sample 8, 최대값은 sample 4에서 나타났다. 독립변수가 퍼짐성에 미치는 영향에 대한 회귀분석한 결과, 독립변수가 교호작용하는 2FI model( $R^2=0.7740$ )이 선정되었으며,  $p$ -value가 0.0082로 유의하게 회귀식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정 결과,  $p$ -value 0.1321로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식의 계수와 반응표면 상태 결과, 퍼짐성은 설탕과 구연산의 양이 증가할수록 감소하였으며, 본 연구에서는 설탕과 구연산의 양이 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 구연산은 시판 잼류의 젤리강도 강화와 풍미향상에 사용되는 산미제로서, 적당량의 당과 산은 젤을 형성할 수 있다(Kim JW 등 2006). 또한, 설탕첨가량이 증가되면서 펙틴분자들의 콜로이드 용

액 내의 물분자나 펙틴분자에 수화되어 있는 물분자의 탈수제로 작용하여 분자간의 접촉을 용이하게 하여 잼이 단단해진 결과로 모과젼의 연구(Lee EY & Jang MS 2009)와 유사한 결과를 보였다.

### 4) 색도

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 색도를 측정된 결과, 명도 17.99~23.73(최소값 sample 10, 최대값 sample 9), 적색도 0.04~1.41(최소값 sample 9, 최대값 sample 10), 황색도 19.22~26.35(최소값 sample 9, 최대값 sample 2)의 범위로 나타났다. 독립변수가 색도에 미치는 영향에 대한 회귀분석한 결과, 명도와 황색도는 독립변수가 각각 작용하는 linear model( $R^2=0.8276$ , 0.7369), 적색도는 독립변수가 교호작용하는 2FI model( $R^2=0.9136$ )이 선정되었다. 색도(명도, 적색도, 황색도)의  $p$ -value는 각각 0.0001 미만, 0.0001 미만, 0.0005로 모두 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정 결과,  $p$ -value가 모두 0.05 이상으로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식의 계수와 반응표

면 상태 결과, 설탕이 색도에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 설탕의 양이 증가할수록 명도는 감소하였으며, 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였다. 그리고 펙틴과 구연산의 양이 증가할수록 명도는 증가하였지만, 황색도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 비환원당인 설탕이 조리 중에 포도당과 과당으로 분해되는 과정을 거쳐 카르보닐기가 회복됨으로써 메일라드 반응이 진행된 것으로 설탕의 양이 많아질수록 반응이 촉진되어 나타난 결과로 보인다.

### 5) 관능평가

설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 관능평가 결과, 외관 5.64~6.57점(최소값 sample 7, 최대값 sample 8), 향미 5.29~6.50점(최소값 sample 17, 최대값 sample 6), 맛 5.64~6.71점(최소값 sample 5, 최대값 sample 10), 발림성 5.79~7.14점(최소값 sample 7, 최대값 sample 13), 전반적 기호도 5.71~6.79점(최소값 sample 14, 최대값 sample 10)의 범위로 나타났다. 독립변수가 관능평가 항목에 미치는 영향에 대한 회귀 분석한 결과, 외관은 독립변수가 교호작용하는 2FI model ( $R^2=0.7839$ ), 맛, 발림성, 전반적 기호도는 독립변수가 각각 작용하는 linear model( $R^2=0.4436, 0.2083, 0.4887$ )이 선정되었으나, 향미는 각각의 독립변수와 종속변수의 관계를 설명할 적합한 model이 선정되지 않았다. 외관, 맛, 전반적 기호도의  $p$ -value는 각각 0.0067, 0.0483, 0.0289로 모두 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았으며, 적합결여 검정 결과, 세 항목의  $p$ -value가 모두 0.05 이상으로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식의 계수와 반응표면 상태 결과, 설탕은 외관과 맛, 펙틴은 발림성, 구연산은 맛과 전반적 기호도에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 나타났다. 설탕과 펙틴의 양이 증가할수록 외관, 맛, 전반적 기호도의 점수가 증가하였으나, 발림성의 점수는 감소하는 경향을 보였다. 구연산의 양이 증가할수록 외관의 점수는 증가하였으나, 맛, 발림성, 전반적 기호도의 점수는 감소하는 경향을 보였다. 복분자잼의 연구(Kim TY 등 2008)에서 복분자즙에 펙틴을 첨가하지 않은 시험구에 비해 펙틴을 첨가한 군에서 전반적인 기호도가 가장 높게 나타났는데, 이는 펙틴이 겔을 형성하면서 잼의 안정성과 품질유지에 긍정적인 영향을 나타낸 것으로 보고하였다. 그러나 멜론잼 연구(Kim BH 2017)에서 설탕과 펙틴이 잼의 중요한 조건이지만, 설탕과 펙틴의 양이 너무 많아지면 색, 맛, 텍스처 등에 바람직하지 않은 영향을 주게 되므로 적절히 사용하는 것이 중요하다고 하였는데, 본 연구에서도 비슷한 경향을 보였다.

2. 설탕, 펙틴, 구연산 첨가 생강배젼의 제조조건 최적화  
설탕, 펙틴, 구연산의 최적 첨가량을 구하고자 Canonical

모형의 수치적 최적화는 목표변수인 설탕(125~175 g), 펙틴(2~4 g), 구연산(0.65~1.35 g)은 실험 범위 내로, 소비자의 제품 선택에 영향을 많이 미치는 종속변수인 관능평가 항목 중 유의한 결과를 나타낸 항목(외관, 맛, 전반적 기호도)의 점수를 최대로 설정하였으며(Table 5), 가장 높은 적합도( $D=0.6752$ )를 나타내는 최적점을 채택하였다(Fig. 1). 모형적 최적화는 독립변수와 종속변수의 범위를 설정한 후 그래프가 중첩되는 범위 안에서 최적점을 구하였다(Fig. 2). 수치적 및 모형적 최적화를 통해 선정된 최적의 첨가량은 설탕 175 g, 펙틴 4 g, 구연산 0.8 g이었으며, 이 때 예측된 종속변수의 값은 pH 4.05, 당도 61.03 °Brix, 퍼짐성 4.99 cm, 명도 19.72, 적색도 0.63, 황색도 24.95, 외관 6.37점, 향미 6.00점, 맛 6.49

Table 5. Optimum constraint values using numerical methods for the objective goal

Constrains name	Goal	Numerical optimization	
Independent variables	Sugar (g)	in range	175
	Pectin (g)	in range	4
	Citric acid (g)	in range	0.8
Responses	Appearance	maximize	6.37
	Taste	maximize	6.49
	Overall acceptability	maximize	6.60

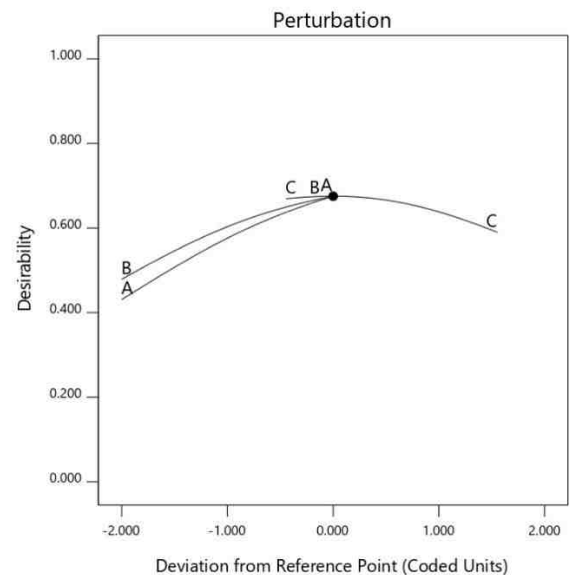


Fig. 1. Perturbation plot for the optimization mixture of ginger pear jam prepared with different mixing ratios of sugar(A), pectin(B), and citric acid(C).

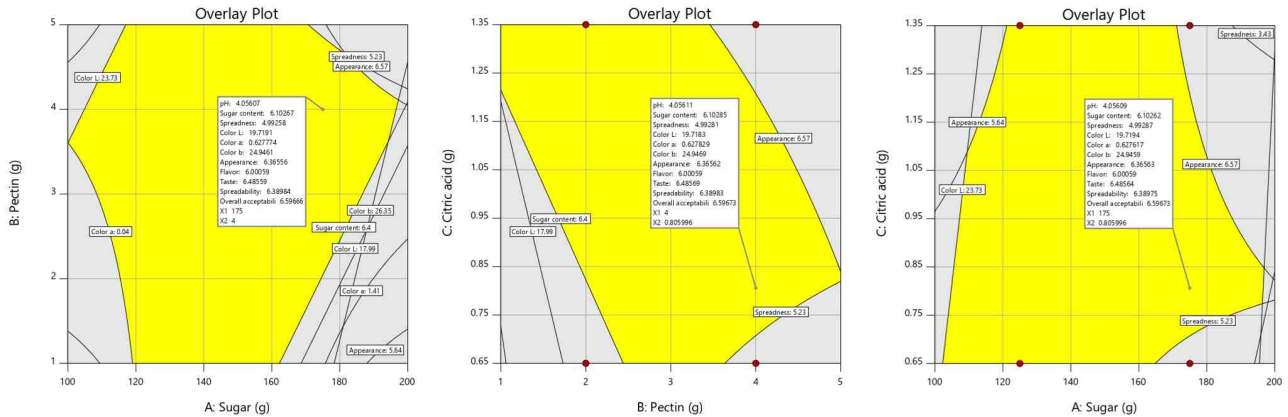


Fig. 2. Overlay plot for common area for the optimization mixture of ginger pear jam according to sugar, pectin, and citric acid.

점, 발림성 6.39점, 전반적 기호도 6.60점이었다.

## 요 약

본 연구는 전북 완주군에서 생산되는 배와 생강의 소비촉진을 위하여 설탕, 펙틴, 구연산의 첨가량을 달리한 생강배잼을 제조하여 품질특성을 분석하고, 최적의 첨가량을 찾고자 반응표면분석법의 중심합성계획법을 이용하여 17개의 실험점에서 연구하였다. 독립변수는 설탕(125~175 g), 펙틴(2~4 g), 구연산(0.65~1.35 g)으로 정하였으며, 종속변수는 독립변수에 따른 잼의 품질변화를 알아보기 위하여 이화학적 특성(pH, 당도, 퍼짐성, 색도(명도, 적색도, 황색도))과 관능적 특성(외관, 향미, 맛, 발림성, 전반적 기호도)으로 설정하였다. 독립변수가 종속변수에 미치는 영향에 대한 회귀분석한 결과, pH는 독립변수가 각각 작용하는 linear model( $p < 0.001$ ), 당도 linear model( $p < 0.001$ ), 퍼짐성 각각의 독립변수가 교호 작용하는 2FI model( $p < 0.01$ ), 명도 linear model( $p < 0.001$ ), 적색도 2FI model( $p < 0.001$ ), 황색도 linear model( $p < 0.001$ ), 외관 2FI model( $p < 0.01$ ), 맛 linear model ( $p < 0.05$ ), 전반적 기호도 linear model( $p < 0.05$ )이 선정되었다. 설탕은 당도, 퍼짐성, 색도, 외관, 맛, 펙틴은 발림성, 구연산은 pH, 전반적 기호도에 가장 영향을 많이 미치는 인자로 작용하였다. 이를 바탕으로 Canonical 모형의 수치적 최적화 및 모형적 최적화를 통해 채택된 최적의 첨가량은 배 페이스트를 250 g 사용하였을 때, 설탕 175 g, 펙틴 4 g, 구연산 0.8 g이었으며, 이 때 예측된 종속변수의 값은 pH 4.05, 당도 61.03 °Brix, 퍼짐성 4.99 cm, 명도 19.72, 적색도 0.63, 황색도 24.95, 외관 6.37점, 향미 6.00점, 맛 6.49점, 발림성 6.39점, 전반적 기호도 6.60점으로 나타났다. 이상의 결과, 소비자의 기호도를 고려하여 설탕, 펙틴, 구연산을 첨가한 생강배잼의 최적 조건을 알 수

있었고, 향후 건강증진 식품으로서 지역에서 생산된 배와 생강을 활용한 가공식품의 개발과 소비확대에 기여 할 수 있을 것으로 여겨진다.

## REFERENCES

- Ahn SE, Oh JE, Cho MS (2017) Effects of cognition toward fresh pear on the purchase of pear and processed pear products. *J Korean Soc Diet Cult* 32(5): 394-402.
- Bae JG (2018) A Festival is Held to Confirm the Excellence of Wanju-Iseo Pear. <http://www.domin.co.kr> (accessed on 14. 9. 2020)
- Bae JS, Kim TH (2011) Pancreatic lipase inhibitory and antioxidant activities of *Zingiber officinale* extracts. *Korean J Food Preserv* 18(3): 390-396.
- Cho HS (2011) Quality characteristics of pear wine by pear processing method. MS Thesis Myongji University, Seoul. p 3.
- Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW (2010) Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(2): 319-323.
- Choi HJ, Park JH, Han HS, Son JH, Son GM, Bae JH, Choi C (2004) Effect of polyphenol compound from Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) on lipid metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(2): 299-304.
- Eun JB, Eo JH, Lee BD (2012) Functional compounds and biological activity of Asian pear. *Food Sci Ind* 45(2): 60-69.



- Han EJ (2012) Quality characteristics of muffins containing ginger juice. *Korean J Culin Res* 18(5): 256-266.
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS (2006) Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38(3): 342-347.
- Jang MS (2009) Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) jam prepared with added barley sproutling powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25(2): 234-242.
- Kang BS, Whang HJ (2012) Quality characteristics of Cheonan Shingo pear and freeze-dried pear snack. *Korean J Food & Nutr* 25(2): 324-329.
- Kim BH (2017) Formulation optimization of melon jam. *Culin Sci & Hosp Res* 23(5): 67-76.
- Kim JM, Lee KS (2019) Quality characteristics of white pan bread added with ginger extract. *Culin Sci & Hosp Res* 25(3): 86-97.
- Kim JW, Lee GH, Hur JW (2006) Quality characteristics of citron jam made with frozen citron in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 38(2): 197-201.
- Kim MH, Chan WS, Kim MY, Kim MR (2008) Physicochemical, sensory characteristics and antioxidant activities of jam prepared with black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(12): 1632-1639.
- Kim SJ, Lee JY, Ju JS, Lee YH (2020) Inhibitory effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) ethanol extract on benign prostatic hyperplasia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49(5): 425-432.
- Kim TY, Heo SI, Lee WG, Lee IS, Wang MH (2008) Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) jam. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(1): 48-52.
- Kim YS, Cho MS (2020) Development and optimization of a pear pound cake with resistant starch and digestion resistant maltodextrin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49(1): 80-89.
- Lee CS, Lim HS, Cha GH (2015) Quality characteristics of cookies with ginger powder. *Korean J Food Cook Sci* 31(6): 703-717.
- Lee EY, Jang MS (2009) Optimization of ingredient for the preparation of Chinese quince (*Chaenomelis sinensis*) jam by mixture design. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(7): 935-945.
- Lee GD, Kim SK, Lee MH (2005) Optimization of preparation condition on oriental melon jam by response surface methodology. *Korean J Food Preserv* 12(3): 216-222.
- Lee JH (2018) *Craftsman Food Processing*. Buminmunhwa Publishing, Korea. p 116.
- Lee KA, Moon BK, Hwang JY, Lee IS (2019) *Basic Principle of Cooking*. Powerbook, Gyeonggi-do, Korea. pp 192-193.
- Lee KH, Kim HY, Jang SJ (2015) Quality characteristics of sugar free fruit-vegetable jam containing calcium. *Korean J Food Nutr* 28(5): 829-834.
- Lee SM (2014) Quality characteristics of apple jam added with ginger. *Korean J Culin Res* 20(2): 79-88.
- Min TS, Park MJ, Moon JH, Kim WS, Lee SH, Cho YD, Park SH (2013) Bio-active substances and physiological activity of pears. *J Appl Biol Chem* 56(2): 83-87.
- Na YM, Lee YJ, Chun SS (2012) Quality characteristics of tomato jam added with fructo-oligosaccharide. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(2): 227-232.
- Park JE, Kim MJ, Jang MS (2009) Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of Chinese radish (*Raphanus sativus* L.) jam. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(2): 235-243.
- Park MK (2007) Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohols. *Korean J Food Sci Technol* 39(1): 44-49.
- Park SH, Park JH, Noh JG, Shin HM, Lee SH, Kim YH, Eom HJ (2016) Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jam added with apple. *Korean J Food Preserv* 23(2): 180-187.
- Park SJ, Lee GE, Kim YJ, Jeong JS (2016) Preparation and quality characterization of low sugar Sansuyu jam using fresh corni fructus. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45(2): 222-229.
- Park YO, Choi JH, Choi JJ, Yim SH, Lee HC, Yoo MJ (2011) Physicochemical characteristics of Yanggaeng with pear juice and dried pear powder added. *Korea J Food Preserv* 18(5): 692-699.
- Rho JO, Park HJ, Lee YS (2011) Quality characteristics of pear jam with added ginger powder. *Korean J Food & Nutr* 24(2): 159-165.
- Seo HY, No KM, Shim SL, Ryu KY, Han KJ, Gyawail R, Kim KS (2006) Analysis of enantiomeric composition of chiral flavor components from dried ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35(7):

- 874-880.
- Sim KH, Joo NM, Han YS (2006) Optimization of garlic jam making by response surface methodology. *J Korean Diet Assoc* 12(1): 32-43.
- Son JW, Song TH, Shin SM, Oh SI, Wo IA (2005) *Culinary Science*. Kyomunsa, Kyeonggi-do, Korea. pp 60-62.
- Song JH, Chun JP, Na KC, Moon JH, Kim WS, Lee JS (2009) Optimal fermentation condition for development of high quality pear wine and characteristics of pear wines. *Kor J Microbiol Biotechnol* 37(3): 213-218.
- Yu MY, Jung KH, Yang JY (2005) Quality characteristics of traditional Kochujang adding pear juice during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(8): 1226-1231.
- 
- |               |              |
|---------------|--------------|
| Date Received | Nov. 5, 2020 |
| Date Revised  | Feb. 2, 2021 |
| Date Accepted | Feb. 4, 2021 |