

애플망고 젤리의 제조 최적화를 위한 반응표면분석법의 적용

오현빈 · 심현정 · 백채완 · 장현욱* · 황 영** · †조용식***

국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 연구원, *국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사,
국립농업과학원 농식품자원부 식생활영양과 농업연구관, *국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구관

Application of Response Surface Methodology for Optimization of Applemango Jelly Processing

Hyeonbin Oh, Hyun-Jeong Shim, Chae-wan Baek, Hyun-Wook Jang*, Young Hwang** and †Yong Sik Cho***

Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

*Associate Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

**Senior Researcher, Lifestyle & Nutrition Division, Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

***Senior Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

Abstract

This study aimed to develop an optimal processing method for the production of apple-mango jelly for domestic suppliers, by analyzing the quality attributes of the jelly. According to the central composite design, a total of 11 experimental points were designed including the content of apple-mango juice (X_1), and the sugar content (X_2). The responses were analyzed including the color values (CIE Lab and color difference), physicochemical properties (water activity, sweetness, pH, and total acidity), and textural properties (hardness and gel strength). Regression analysis was conducted, except for total acidity, and showed no significant difference for all the experimental points ($p < 0.05$). Quadratic model was derived for all responses with an R square value ranging from 0.8590 to 0.9978. Based on regression model, the appropriate mixing ratio of apple-mango jelly was found to be 31.11% of apple mango juice and 14.65% of sugar. Through this study, the possibility for developing jelly product using apple-mango was confirmed, and it is expected that these findings will contribute to the improvement of the agricultural industry.

Key words: applemango, jelly, tropical fruit, response surface methodology

서 론

망고 (*Mangifera indica* L.)은 인도가 원산지인 다년생의 옷 나무과 열대과수로, 아시아 지역에서 주로 재배되나 미국 및 아프리카에서도 재배되는 등 총 100여 개 국가에서 5,500만 톤이 재배되고 있는 과일이다(Maldonado-Celis 등 2019; Ntsoane 등 2019). 망고에는 카로티노이드, 비타민C, 식이섬유 등의 영양소가 풍부하고(Islam 등 2013), quercetin, mangiferin 등 망고에 들어있는 폴리페놀류 물질들이 항당뇨, 항염증 등의 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있다(Mei 등 2021).

최근 기후 변화로 인하여 한국 지역의 열대과일 재배가능 지역이 점차적으로 북상하고 면적또한 증가할 것으로 예측

되고 있다(Yun 등 2020). 이에 따라 국내에서도 제주도, 전라남도 등 남부 지역을 중심으로 2016년 기준 382.6톤 수준으로 망고 재배가 이루어지고 있다. 망고는 과육이 물러져 쉽게 손상되고 저장성이 10~18°C에서 2주 정도로 매우 낮고(Watanawan 등 2014) 그 이후로는 급격한 품질 저하가 우려된다. 특히나 국내산 망고의 경우 소비자 기호를 위해 후숙된 상태에서 유통되므로, 망고의 저장성을 높이기 위한 건조 및 냉동 연구(Mugodo & Workneh 2021; Zongo 등 2022)가 진행되었으며, 한편으로 잼(Basu & Shivhare 2010), 젤리(Blanca-Benitez 등 2015) 등 다양한 형태의 망고 가공품이 연구되었다.

젤리는 과즙 등을 펙틴, 젤라틴, 알긴산, 한천 등의 겔화제를 이용하여 굳힌 식품으로, 고체 또는 반고체상의 기호식

† Corresponding author: Yong Sik Cho, Senior Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3630, Fax: +82-63-238-3843, E-mail: yscho@korea.kr

품이다. 젤리는 저장성이 우수하고 씹거나 삼키기 쉬워 기호성이 높으며 첨가하는 겔화제, 당의 함량을 조절하여 젤리의 질감, 씹힘성 등을 다양하게 조절할 수 있다는 장점이 있다 (Kim 등 2020). 국내 젤리 시장의 규모는 2014년 680억에서 2019년 2,200억으로 2배 이상 증가하였으며 이후로도 크게 성장할 것으로 예측되고 있다(Kim HH 2020). 최근 온라인의 발달 및 상품정보의 접근성이 용이해진 영향으로 제품의 포장형태 및 디자인을 증시하는 소비자들의 기호 변화에 따라 젤리 제형 또한 다양화를 추구하고 있으며(Shin S 2021), 이에 따라 기존의 컵형 젤리 이외에 스틱 젤리 형태(Hwang & Moon 2021; Hwang & Shon 2022) 및 파우치 젤리 형태(Kim 등 2021)의 젤리 연구가 진행되고 있다. 젤리의 원료로 사용되는 과즙은 건강에 대한 소비자들의 관심이 늘어남에 따라 비타민, 무기질, 섬유질 함량이 풍부하고 항산화 활성이 좋은 천연 과즙을 사용하는 사례가 늘고 있으며 이에 오미자 추출물(Moon 등 2012), 감귤 농축액(Lyu & Oh 2002), 오디 착즙액(Jeong & Kim 2008) 등의 부재료를 첨가한 젤리 연구가 진행되었다.

따라서 본 연구에서는 애플망고의 과즙과 설탕의 배합비를 다르게 하여 스프라이트 파우치형 젤리를 제조하였고, 그 품질 특성을 분석하고 반응표면분석법에 따라서 애플망고 젤리의 최적 배합비를 도출하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에 애플망고는 전라남도 영광군에서 2022년 수확한 것을 구매하여 사용하였다. 애플망고는 껍질과 씨를 제거한 후 착즙기(Hurom H-101, HUROM LS, Seoul, Korea)를 이용하여 착즙하고 -20°C에서 냉동 보관하였다가 해동하여 시료로 사용하였다. 시료로 사용한 애플망고 과즙의 당도는 17.3 Brix, pH는 5.16, 총산도는 0.20%이었으며, 건강기능식품 공전의 베타카로틴 분석법(MFDS 2022)에 준하여 분석한 베타카로틴 함량은 22.92 µg/g으로 나타났다. 젤리를 제조하기 위한 재료로서 설탕(White sugar, CJ, Seoul, Korea), 로커스트콩검(ESfood, Gyeonggi, Korea), 잔탄검(ESfood, Gyeonggi, Korea), 카라기난(ESfood, Gyeonggi, Korea), 비타민C(ESfood, Gyeonggi, Korea) 및 젯산칼슘(ESfood, Gyeonggi, Korea)을 구매하여 사용하였다.

2. 실험계획

애플망고 젤리의 최적 제조 조건을 산출하기 위한 실험설계 및 반응표면분석은 Minitab 17(Minitab ver.17., state college, PA) 프로그램을 사용하여 수행하였다. 독립변수로는 Nam 등

(2021)의 연구를 바탕으로 하여 애플망고 젤리의 품질에 영향을 줄 것으로 예상되는 애플망고 과즙(w%, X₁), 설탕(w%, X₂) 등 2개의 요인을 설정하였고 요인의 첨가량은 예비실험을 거쳐 애플망고 과즙 20~40%, 설탕 10~20%로 확정하였다. 요인에 따른 실험점은 중심합성계획법(central composite design)에 따라 중심점의 2개 반복점을 포함한 11개의 실험점이 확정되었다. 선정된 11개의 실험조건은 Table 1에 나타내었다. 반응변수로는 이화학적 측정 항목인 색도(L, a, b, E), 수분활성도, 당도, pH, 총산도와 기계적 측정 항목인 조직감(경도, 겔강도)를 설정하였다. 독립변수 및 반응변수 상호 간의 관계를 확인하기 위하여 각 독립변수에 대해 유의적인 반응변수에 대하여 Minitab 17의 기능을 이용하여 최소자승법에 기반한 완전 2차 회귀분석을 진행하여 1차 선형효과, 2차 곡선효과, 독립변수 간 교호작용을 확인하였다. 각 반응의 회귀분석 결과에 의한 회귀모델은 (1)의 2차항 회귀식으로 나타내었다. 각 독립변수 수준의 최적화는 Minitab 17의 반응최적화 도구 기능을 활용하여 만족도 함수에 의한 최적화를 진행하였다.

$$y = a1 + a2X_1 + a3X_2 + a4X_1^2 + a5X_2^2 + a6 X_1X_2 \quad (1)$$

X₁=애플망고 과즙, X₂=설탕,

a1, a2, a3, a4, a5, a6=회귀모델 상수

3. 애플망고 워터젤리 제조

젤리 제조 배합비는 중심합성계획법에 따라 선정된 배합비에 맞게 Table 1과 같이 애플망고 과즙과 설탕을 계량해

Table 1. Experimental design for preparation of apple-mango jelly

No.	Run	Independent variable (%)	
		Applemango juice (X ₁)	Sugar (X ₂)
1	1	20	10
2	7	20	15
3	2	20	20
4	5	30	10
5	9	30	15
6	10	30	20
7	11	40	10
8	6	40	15
9	3	40	20
10	8	30	15
11	4	30	15

준비하였고, 겔화제는 예비실험을 거쳐 로커스트콩검, 잔탄검, 카라기난의 혼합겔화제 비율(2:1:1)과 함량(0.8w%)을 정하였다. 첨가물로서 비타민C(0.2w%) 및 젯산칼슘(0.4w%)을 첨가하였으며 정제수 증량으로 각 젤리 시료의 총 증량이 300 g이 되도록 조정하였다. 애플망고 젤리는 Fig. 1에서와 같이 제조하였다. 정제수를 증심온도 65℃까지 가열하고 설탕, 혼합겔화제, 젯산칼슘을 영기지 않도록 혼합하였다. 이후 과즙을 투입하고 증심온도 80℃에 도달하는 시점부터 10분간 가열하였다. 가열 직후 비타민C 수용액(1:9, w/v)을 혼합한 다음, 혼합물을 PP 컵용기(φ40 × h30 mm)에 충전하고 뚜껑을 닫아 밀봉한 후 95℃ 열탕에서 20분간 침지하여 살균처리하였다. 이후 상온(25℃)에서 냉각하고 보관하며 분석시료로 사용하였다.

4. 색도

젤리의 색도는 색차계(Ultrascan pro, Hunterlab, VA, USA)를 사용하여 측정하였다. L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)을 측정하였다. 표준백판으로 색좌표가 L=99.98, a=0.00, b=-0.03인 백색판을 사용하였다. 색차는 원료로 사용한 애플망고 과즙의 색도(L=56.92, a=20.23, b=40.29)를 기준으로 하여 계산하였다.

5. 이화학적 특성

수분활성도는 수분활성도 측정기기(Labmaster-Aw sensor, Novasina AG, Swizerland)를 이용하여 측정하였다. 당도는 Refractometer(Hanna Instruments, UK)를 이용하여 측정하였다. pH는 젤리 시료에 증류수를 1:9(w/w) 비율로 혼합하여 homogenizer로 12,000 rpm에서 균질화한 후 pH meter(Easy pH titrator, METTER TOLEDO, Columbus, OH, USA)를 이용하여 측정하였다. 총산도는 시료 3 g에 증류수 27 mL를 혼합하여 균질화하고 pH 8.3이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하여 소비된 용량을 citric acid(%)로 환산하여 계산하였다.

6. 경도 및 겔강도

젤리의 경도 및 겔강도는 Rheometer(Sun rheometer Compact-100 II, Sun scientific Co. LTD., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며 기기조건은 Table speed 120 mm/s, 진입 깊이 50%, 로드셀 10 N, probe는 No.1 probe(20 mm)를 사용하였다. 시료는 제조 시 pp 컵용기(φ40×h30 mm)에 충전된 것을 뚜껑을 열어 그대로 사용하였으며 10회 반복 측정하였다. 경도는 Rheometer에 의해 작성된 시간-힘 그래프 상에서 최대 피크의 크기(N), 겔강도는 그래프 전체의 면적($g \cdot cm$)으로 계산하였다.

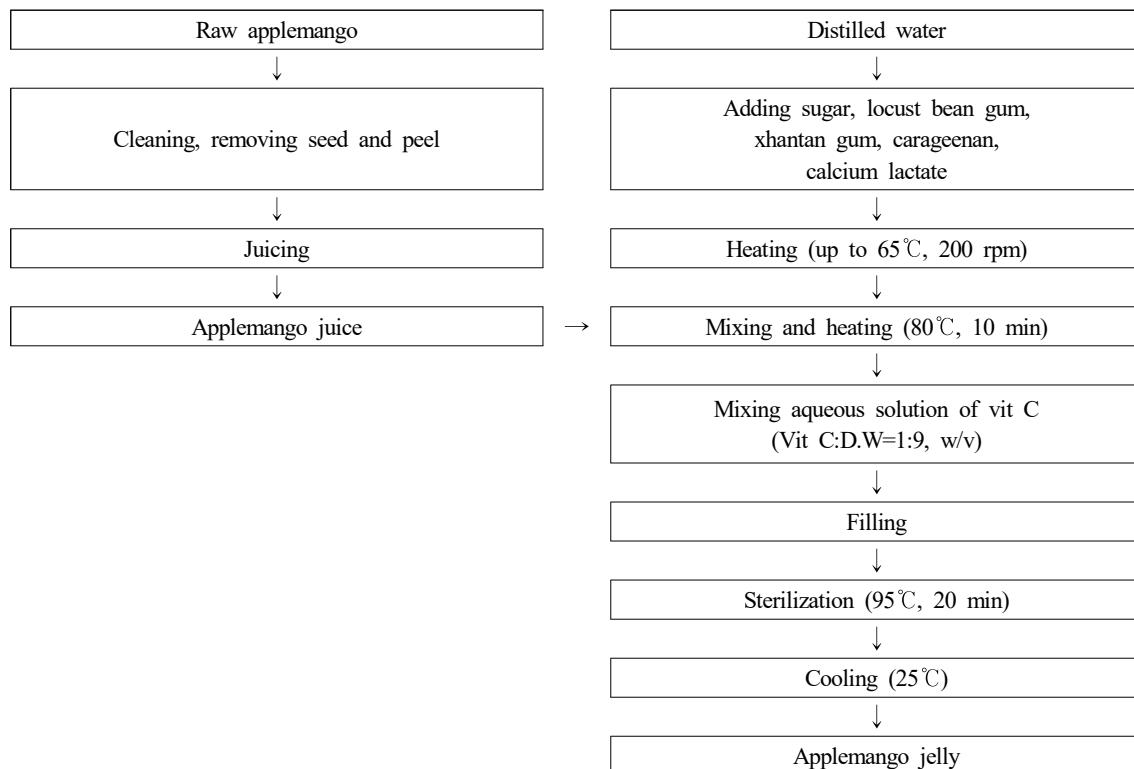


Fig. 1. Process for applemango jelly manufacturing.

7. 통계 처리

실험 결과는 SPSS(12.0 for windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 실험값은 Mean±S.D.로 표시하였으며, 각 측정 평균값간의 유의성이 있을 경우 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan's multiple range test를 실시하여 유의수준을 검증하였다. 각 실험점에 대한 반응변수의 값은 실험값의 평균으로 나타내었고, 회귀모델의 적합성은 F -검정과 적합성결여(lack-of-fit) 검정을 통해 검증하였고, Rheem & Rheem(2012)의 연구에 따라 적합성결여 검정이 유의한 경우에 한하여 추가적으로 모형 적합비율(model-fit proportion, MFP) 및 순수오차 변동계수(coefficient of pure error variation, CPEV)를 (2) 및 (3)을 사용하여 계산하였으며, 모형제곱합, 적합결여제곱합, 순수오차평균제곱 값은 Minitab을 통해 계산하였다.

$$MFP = \frac{SSM}{SSM + SSL} \quad (2)$$

$$CPEV = \frac{\sqrt{(MSPE)}}{MCP} \times 100\% \quad (3)$$

SSM: 모형제곱합(model sum of square)

SSL: 적합결여제곱합(lack-of-fit sum of square)

MSPE: 순수오차평균제곱(mean square of pure error)

MCP: 중심점평균(mean at central point)

결과 및 고찰

1. 반응 측정값 및 회귀모델 도출

애플망고 과즙 및 설탕의 배합비율을 달리하여 제조한 11개의 실험점에 대하여 색도, 이화학적 특성, 기계적 특성을 분석한 결과는 Table 2, 각 반응에 대한 회귀분석 결과는 Table 3에 제시하였으며, 요인과 반응 사이의 관계를 파악하기 위하여 반응별로 surface plot을 표시하여 Fig. 2에 제시하였다. 반응 중 총산도는 실험점 간의 유의적인 차이를 보

Table 2. Responses of various ingredients ratio for applemango jelly

No ¹⁾	L	a	b	ΔE	Aw	Sweetness	pH	Acidity (%)	Hardness (N/m ²)	Strength (g×cm)
1	52.52±0.37 ^{cd}	8.89±0.13 ^c	30.31±0.61 ^{de}	15.75±0.36 ^a	0.970±0.002 ^a	16.37±0.12 ^j	4.50±0.01 ^d	0.19±0.02 ^{NS}	29,111.46 ±4,080.20 ^b	1,277.36 ±249.66 ^b
2	51.33±0.17 ^c	9.45±0.14 ^d	29.24±0.26 ^f	16.42±0.32 ^a	0.964±0.003 ^{bc}	21.33±0.31 ^g	4.50±0.00 ^d	0.17±0.00	37,449.04 ±3,781.89 ^a	1,798.46 ±304.48 ^a
3	51.01±0.24 ^c	9.73±0.29 ^d	29.68±0.25 ^{ef}	16.06±0.16 ^a	0.960±0.001 ^c	26.43±0.25 ^c	4.46±0.01 ^f	0.21±0.02	38,184.71 ±2,584.88 ^a	1,833.35 ±174.32 ^a
4	53.37±0.14 ^b	11.83±0.27 ^c	32.13±0.43 ^b	12.23±0.51 ^e	0.967±0.001 ^{ab}	18.43±0.25 ⁱ	4.51±0.01 ^{cd}	0.22±0.03	26,729.30 ±2,069.55 ^c	1,003.77 ±186.05 ^c
5	52.50±0.23 ^{cd}	11.70±0.13 ^c	31.49±0.39 ^{bc}	13.03±0.26 ^{cd}	0.961±0.002 ^c	23.30±0.20 ^{ef}	4.52±0.01 ^c	0.20±0.01	24,802.55 ±1,329.37 ^c	904.07 ±134.11 ^c
6	50.83±0.21 ^e	11.51±0.28 ^c	29.94±0.28 ^{ef}	14.84±0.23 ^b	0.955±0.004 ^d	28.20±0.20 ^b	4.50±0.01 ^{de}	0.22±0.00	21,719.75 ±1,692.20 ^d	658.33 ±221.40 ^d
7	54.20±0.40 ^a	13.06±0.06 ^a	34.14±0.52 ^a	9.84±0.47 ^f	0.963±0.004 ^{bc}	19.90±0.20 ^h	4.56±0.01 ^b	0.21±0.03	15,764.33 ±1,809.04 ^f	444.40 ±63.04 ^c
8	53.04±0.43 ^{bc}	13.25±0.09 ^a	33.76±0.77 ^a	10.33±0.71 ^f	0.960±0.002 ^c	25.17±0.21 ^d	4.56±0.01 ^b	0.20±0.01	18,566.88 ±1,809.04 ^e	455.53 ±194.97 ^c
9	50.81±0.54 ^e	12.59±0.35 ^b	30.55±0.87 ^{de}	13.81±0.90 ^c	0.952±0.006 ^d	30.53±0.21 ^a	4.58±0.01 ^a	0.19±0.01	15,063.69 ±3,384.40 ^f	384.69 ±109.84 ^e
10	52.56±0.08 ^{cd}	11.68±0.04 ^c	31.67±0.03 ^{bc}	12.90±0.07 ^{de}	0.961±0.001 ^c	23.47±0.12 ^e	4.52±0.01 ^c	0.19±0.01	24,767.52 ±2,069.55 ^c	928.71 ±181.42 ^c
11	52.25±0.02 ^d	11.84±0.01 ^c	31.04±0.02 ^{cd}	13.33±0.02 ^{cd}	0.960±0.002 ^c	23.07±0.06 ^f	4.52±0.01 ^c	0.20±0.01	25,082.80 ±2,204.50 ^c	940.02 ±167.39 ^c

¹⁾ Running sequence presented in Table 1.

^{a-j} Values with the same superscripts within a row (^{a-j}) are not significantly different.

NS: Not significant.

Table 3. Analysis of regression model equation for the responses of applemango jelly

Responses	Model	R ²	LOF ¹⁾	p-value	Equation on terms of component amounts
L	Quadratic	0.9318	0.186	0.001	$47.69+0.255 X_1+0.257 X_2 - 0.00101 X_1 \times X_1 - 0.00743 X_2 \times X_2 - 0.00940 X_1 \times X_2$
a	Quadratic	0.9852	0.143	<0.0001	$-2.76+0.5799 X_1+0.416 X_2 - 0.00502 X_1 \times X_1 - 0.00727 X_2 \times X_2 - 0.00655 X_1 \times X_2$
b	Quadratic	0.8590	0.172	0.007	$21.27+0.305 X_1+0.646 X_2+0.00118 X_1 \times X_1 - 0.0139 X_2 \times X_2 - 0.01480 X_1 \times X_2$
ΔE	Quadratic	0.9363	0.095	0.001	$32.02 - 0.698 X_1 - 0.884 X_2 + 0.00310 X_1 \times X_1 + 0.0188 X_2 \times X_2 + 0.01830 X_1 \times X_2$
Aw	Quadratic	0.9500	0.156	0.001	$0.98938 - 0.000700 X_1 - 0.000666 X_2 + 0.000008 X_1 \times X_1 - 0.000009 X_2 \times X_2 - 0.000005 X_1 \times X_2$
Sweetness	Quadratic	0.9978	0.560	<0.0001	$3.85+0.1593 X_1+0.874 X_2 - 0.00018 X_1 \times X_1 + 0.00187 X_2 \times X_2 + 0.00285 X_1 \times X_2$
pH	Quadratic	0.9331	0.242	<0.0001	$4.6234 - 0.01061 X_1 - 0.00021 X_2 + 0.000168 X_1 \times X_1 - 0.000326 X_2 \times X_2 + 0.000300 X_1 \times X_2$
Hardness	Quadratic	0.8857	0.003	<0.0001	$24,966 - 1174 X_1 + 4,149 X_2 + 16.4 X_1 \times X_1 - 85.7 X_2 \times X_2 - 48.9 X_1 \times X_2$
Strength	Quadratic	0.8940	0.008	<0.0001	$1,809 - 120.4 X_1 + 240 X_2 + 1.77 X_1 \times X_1 - 4.76 X_2 \times X_2 - 3.08 X_1 \times X_2$

¹⁾ LOF: p-value from lack-of-fit test.

²⁾ X₁: Applemango juice, X₂: Sugar.

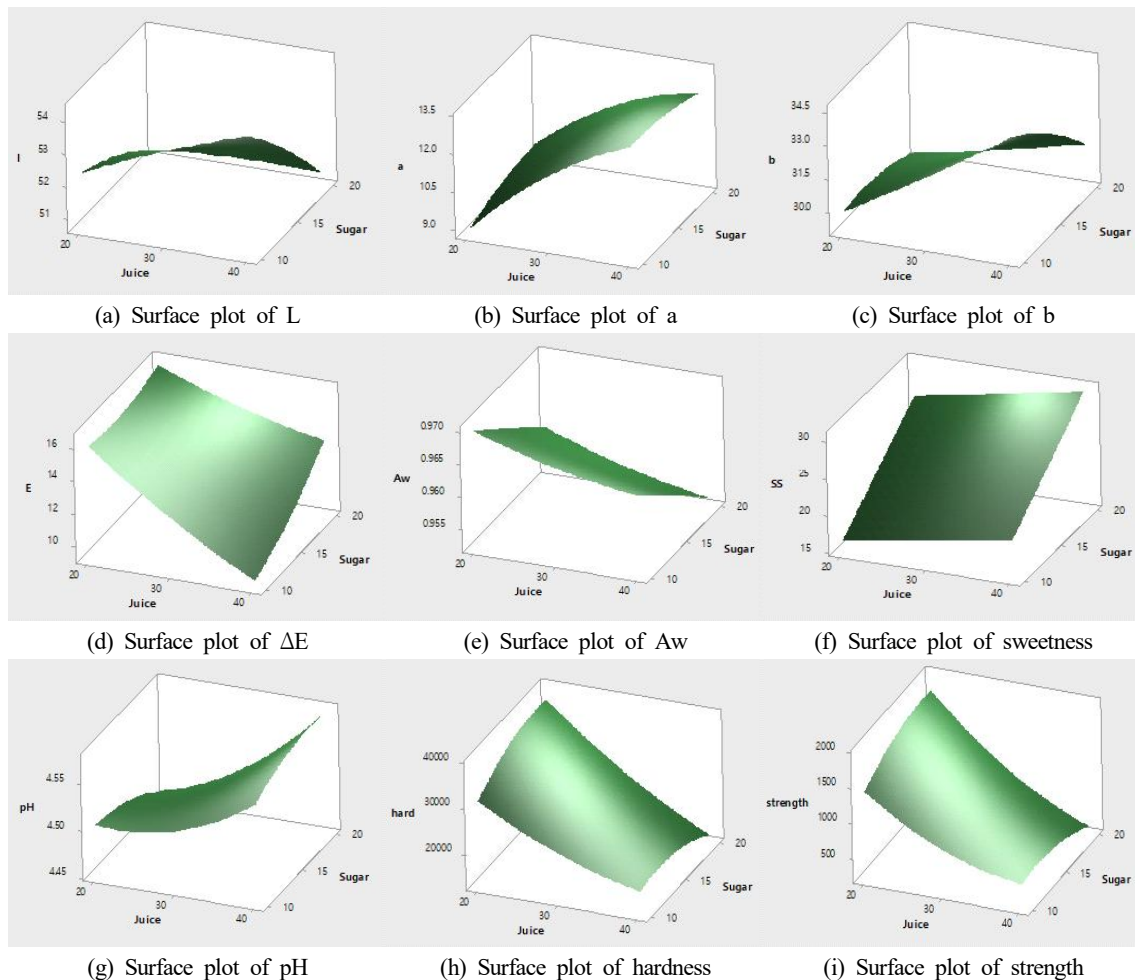


Fig. 2. Surface plot of reponses of applemango jelly.

지 않았으므로 회귀분석에서 제외하였다.

2. 색도

애플망고 젤리의 색도를 측정된 결과 L값은 50.81~54.20, a값은 8.89~13.25, b값은 29.24~34.14의 범위를 보였다. 원료 과즙의 색도와 비교한 색차값(E)은 9.84~16.42의 범위를 보였다. 회귀분석 결과 모든 색상값의 회귀모델이 quadratic model으로 선택되었다. 회귀모델로부터 도출한 surface plot을 분석한 결과 L값은 과즙보다 설탕에 의한 영향을 많이 받았으며 설탕의 양이 증가할수록 감소하였다($p=0.001$, $R^2=0.9318$). 회귀모델의 적합지를 나타내는 적합성결여(LOF, lack of fit) 값은 0.186으로 0.05보다 크기 때문에 적합하다고 판단되었다. a값은 과즙 함량에 따라 크게 증가하는 경향을 보였으며($p<0.0001$, $R^2=0.9318$, LOF=0.143), b값은 과즙양이 증가할수록, 설탕량이 감소할수록 높게 나타났다($p=0.007$, $R^2=0.8590$, LOF=0.172). 색차값은 원료로 사용된 과즙과 비교하였기 때문에 과즙함량에 따라서는 감소하였으며, 설탕 함량이 증가함에 따라 색차값도 증가하는 경향을 보였다($p=0.001$, $R^2=0.9363$, LOF=0.095). 전체적으로 a값 및 b값에서 애플망고 과즙의 영향이 큰 것으로 보인다. 애플망고 과즙의 노란 색은 주로 카로티노이드 계열 색소에 의한 것이며, 망고에는 식물에서 황색을 띠는 all-trans-B-carotene의 비율이 84%에 달하여 주요 비율을 차지하고 있다(Guiamba 등 2015). 본 연구에서 사용된 망고의 베타카로틴 함량은 22.92 $\mu\text{g/g}$ 이며, Ormelas-Paz 등(2008)의 연구에서 18.3 $\mu\text{g/g}$, Chen(2004) 등의 연구에서 29.34 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고되는 등 망고에는 높은 함량의 베타카로틴이 있는 것으로 알려져 있다.

3. 이화학적 특성

애플망고의 수분활성도는 0.952~0.970의 범위를 보였으며, 당도는 16.37~30.53, pH는 4.46~4.58의 범위를 보였다. 총산도는 0.17~0.22의 범위를 보였으나 실험점 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 망고 내에 존재하는 유기산의 함량은 0.12~0.30% 정도로 적은 편이기 때문에 실험점 간의 유의적인 차이를 나타내지 않은 것으로 보인다(Hernández 등 2006; Liu 등 2013). 총산도를 제외한 반응값과 독립변수 간의 관계를 확인하기 위해 회귀분석을 진행한 결과 모든 이화학적 특성값의 회귀모델이 quadratic model로 선택되었다. 회귀모델로부터 도출한 surface plot을 분석한 결과 수분활성도는 과즙 및 설탕 함량에 따라 감소하는 경향을 보였으며($p<0.0001$, $R^2=0.9500$, LOF=0.156). 당도는 과즙 및 설탕 함량에 따라 증가하는 경향을 보였다($p<0.0001$, $R^2=0.99718$, LOF=0.560). 본 연구에서 사용된 애플망고 과즙 원료의 당도는 17.7 brix로, 과즙 함량의 증가가 당도의 증가에 유의미한 영향을 주었고

그에 따라 당도와 반비례관계인 수분활성도 또한 감소한 것으로 판단된다(Jeong & Cha 2020; Yi 등 2021). 한편 pH값은 과즙 함량에 따라 증가하는 경향을 보였는데($p<0.0001$, $R^2=0.9331$, LOF=0.242), 이는 Dars 등(2019)의 연구에서 애플망고 과육의 pH가 4.75로 나타난 바와 같이, 본 연구에 사용된 애플망고 과즙의 pH가 5.16으로 다소 높았기 때문에 추측된다.

4. 경도 및 겔강도

애플망고 젤리의 경도 및 겔강도 측정 결과, 경도는 1,5063.69~3,8184.71 N/m^2 의 범위를 보였으며, 겔강도는 384.69~1,833.35 $\text{g}\times\text{cm}$ 의 범위를 보였다. 회귀분석 결과 모든 이화학적 특성값의 회귀모델이 quadratic model으로 선택되었다. 회귀모델로부터 도출한 surface plot을 분석한 결과 경도는 과즙 함량에 따라 크게 감소하였으며, 저농도의 과즙 함량에서는 설탕에 의한 영향이 크게 나타났다($p<0.0001$, $R^2=0.9500$). 겔강도 또한 경도와 비슷한 변화 형태를 보였으며 과즙 함량이 증가함에 따라 크게 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다($p<0.0001$, $R^2=0.99718$). 참다래 젤리(Oh 등 2013) 및 아로니아 젤리(Joo 등 2015)의 연구결과에서도 무첨가구에서 경도가 가장 높게 나타났고 과즙을 첨가할수록 감소하는 경향을 보여 본 연구결과와 유사하였다. 한편 경도 및 겔강도 반응변수에 대한 회귀모델의 LOF값은 각각 0.003, 0.008로 낮게 나타났는데, Rheem & Rheem의 연구(2012)에 따르면, 모형 설명력이 높을 경우 적합성결여 값이 매우 낮더라도 모형 적합 비율 및 순수 오차 변동계수를 통하여 모형의 적합성을 판별할 수 있다. 이에 따라 두 회귀모델의 모형 적합비율(MFP) 및 순수오차 변동계수(CPEV)를 계산한 결과 경도에서는 0.9430 및 0.0098%, 겔강도에서는 0.9472 및 0.0281%로 나타났다. 모형 적합 비율은 0~1의 수치를 가지며 1에 가까울수록 모형이 적합함을 의미하며, 순수 오차 변동계수는 0~100% 사이의 수치 중 0%에 가까울수록 모형이 적합함을 의미한다(Rheem & Rheem 2012). 그러므로 두 회귀모델 또한 적합함을 확인하였다.

5. 최적화 분석 및 검증

각 반응변수의 도출된 회귀식을 바탕으로 Minitab의 반응 최적화 도구 기능의 만족도 함수를 활용해 최적 요구사항을 만족하는 주재료 함량값을 예측한 결과는 Table 4와 같다. 애플망고 젤리 최적 배합비는 과즙 31.11%, 설탕 14.65%로 도출되었다. 도출된 최적배합비 조건에서 소숫점 둘째자리를 버림한 조건으로 젤리를 제조하여 품질 특성을 측정하고 예측값과 비교한 결과 모든 반응값이 회귀분석의 95% 예측구간 범위 안에 포함되는 것을 확인하였으며, 이에 따라 반응

Table 4. Comparison of predicted and experimental values of applemango jelly with optimized formula

Variables		Optimization	Predicted value	Experimental value
Independent variable	Juice (X_1)	In range	31.11	31.1
	Sugar (X_2)	In range	14.65	14.6
Response	L	Maximize	52.52	52.08±0.62
	a	Maximize	11.98	11.76±0.20
	b	Maximize	31.64	30.81±0.78
	ΔE	Minimize	12.73	13.69±0.78
	Aw	Minimize	0.961	0.96±0.00
	Sweetness	Maximize	23.13	23.43±0.82
	pH	Minimize	4.52	4.52±0.00
	Hardness	Maximize	2,4440	22,814.49±2,352.86
	Strength	Maximize	868.45	809.66±57.07

표면분석을 통해 획득한 각 반응의 회귀모델이 적합하다고 판단하였다.

요약 및 결론

본 연구는 국내에서 재배되는 애플망고를 활용한 소비 및 가공모델 개발을 위하여 젤리를 제조하고 배합비에 따른 젤리의 특성을 분석하여 최적의 배합비를 찾고자 하였다. 젤리의 품질 특성 분석 결과 색도에서는 전반적으로 과즙에 의한 영향이 크게 나타났으나 L값은 설탕 양이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 과즙 함량 및 설탕 함량이 증가함에 따라 수분활성도는 감소하였고 당도는 증가하였다. 총산도는 실험점 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 조직감 측정 결과 과즙 함량이 증가할수록 경도 및 젤강도가 낮아지는 경향을 확인하였다. 유의적인 차이를 보이지 않은 총산도를 제외한 나머지 반응들에 대해 반응표면분석을 수행한 결과 quadratic 모델이 도출되었으며, 모델의 적합성을 보여주는 R^2 의 값도 0.8590~0.9978의 범위를 보여 높은 적합도를 보였다. 도출된 회귀모델에 따라 젤리의 적합 배합비는 애플망고 과즙 31.11%, 14.65%로 나타났다. 본 연구를 통하여 국내산 애플망고를 활용한 식품의 개발 가능성을 확인하였고, 국내 열대과일 농가를 위한 가공모델로서의 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관고유과제 연구사업(과제번호: PJ01593001)의 연구비 지원으로 수행된 과제로 이에 감사드립니다.

References

- Basu S, Shivhare US. 2010. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *J Food Eng* 100: 357-365
- Blancas-Benitez FJ, Avena-Bustillos RJ, Montalvo-González E, Sáyago-Ayerdi SG, McHugh TH. 2015. Addition of dried 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L) by-products as a source of dietary fiber and polyphenols in starch molded mango snacks. *J Food Sci Technol* 52:7393-7400
- Chen JP, Tai CY, Chen BH. 2004. Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). *J Chromatogr A* 1054:261-268
- Dars AG, Hu K, Liu Q, Abbas A, Xie B, Sun Z. 2019. Effect of thermo-sonication and ultra-high pressure on the quality and phenolic profile of mango juice. *Foods* 8:298
- Guiamba IRF, Svanberg U, Ahrné L. 2015. Effect of infrared blanching on enzyme activity and retention of β -carotene and vitamin C in dried mango. *J Food Sci* 80:E1235-E1242
- Hernández Y, Gloria Lobo M, González M. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chem* 96:654-664
- Hwang ES, Moon SJ. 2021. Quality characteristics and antioxidant activity of stick jelly made with different amount of tomato juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:476-482
- Hwang ES, Shon E. 2022. Quality characteristics and antioxidant activity of stick jelly prepared with aronia juice. *Korean J Food Preserv* 29:222-232

- Islam MK, Khan MZH, Sarkar MAR, Yeasmin S, Ali MK, Uddin MH. 2013. Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit affected by different levels of gibberellic acid during storage. *Malays J Anal Sci* 17:499-509
- Jeong EJ, Cha YJ. 2020. Quality characteristics of jelly made with onion peel extracts. *Culin Sci Hosp Res* 26:186-193
- Jeong JS, Kim ML. 2008. Quality evaluation of citrus jelly prepared using concentrated citrus juice. *Korean J Food Cookery Sci* 24:174-181
- Joo SY, Ryu HS, Choi HY. 2015. Quality characteristics of jelly added with aronia (*Aronia melanocarpa*) juices. *Korean J Food Cookery Sci* 31:456-464
- Kim CH, Kim Y, Kim JY. 2021. Pouch-type konjac jelly manufacture and quality characteristics of jelly-containing vinegar drinks. *Korean J Food Sci Technol* 53: 613-618
- Kim HH. 2020. The jelly market has grown 2.5 times in 5 years. Available from <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/12/1244946> [cited 20 July 2021]
- Kim YM, Kim JM, Youn KS. 2020. Quality and textural properties of jelly prepared with different gelling agents. *Korean J Food Preserv* 27:566-573
- Liu FX, Fu SF, Bi XF, Chen F, Liao XJ, Hu XS, Wu JH. 2013. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food Chem* 138:396-405
- Lyu HJ, Oh MS. 2002. Quality characteristics of Omija jelly prepared with various starches. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18:534-542
- Maldonado-Celis ME, Yahia EM, Bedoya R, Landázuri P, Loango N, Aguillón J, Restrepo B, Guerrero Ospina JC. 2019. Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Nutritional and phytochemical compounds. *Front Plant Sci* 10:1073
- Mei S, Ma H, Chen X. 2021. Anticancer and anti-inflammatory properties of mangiferin: A review of its molecular mechanisms. *Food Chem Toxicol* 149:111997
- Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2022. Health Functional Food Code 4.3.3.2 beta-Carotene. Available from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FF> [cited 15 September 2022]
- Moon HK, Lee SW, Moon JN, Yoon SJ, Lee S, Kim GY. 2012. Quality characteristics of jelly added with mulberry juice. *Korean J Food Cookery Sci* 28:797-804
- Mugodo K, Workneh TS. 2021. The kinetics of thin-layer drying and modelling for mango slices and the influence of differing hot-air drying methods on quality. *Heliyon* 7:e07182
- Nam SH, Kim MH, Han YS. 2021. Optimization of the processing conditions for Maquiberry jelly by response surface methodology. *J East Asian Soc Diet Life* 31:373-382
- Ntsoane ML, Zude-Sasse M, Mahajan P, Sivakumar D. 2019. Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. *Sci Horti* 249:77-85
- Oh HJ, Back JW, Lee JY, Oh YJ, Lim SB. 2013. Quality characteristics of jelly added with pressed kiwi (*Actinidia chinensis* var. 'Halla Gold') juice. *Korean J Culin Res* 19:110-120
- Ornelas-Paz JDJ, Failla ML, Yahia EM, Gardea-Bejar A. 2008. Impact of the stage of ripening and dietary fat on *in vitro* bioaccessibility of β -carotene in 'Ataulfo' mango. *J Agric Food Chem* 56:1511-1516s
- Rheem S, Rheem I. 2012. The model-fit proportion and thecoefficient of pure error variation, the measures to supplement the lack-of-fit test in response surface analysis. *J Korean Data Anal Soc* 14:2989-2994
- Shin S. 2021. A study on the influence of design changes in pouch beverage on consumer purchasing behavior: Focused on Delaffe beverage-. *J Cult Prod Des* 65:51-67
- Watanawan C, Wasusri T, Srilaong V, Wongs-Aree C, Kanlayanarat S. 2014. Near infrared spectroscopic evaluation of fruit maturity and quality of export Thai mango (*Mangifera indica* L. var. Namdokmai). *Int Food Res J* 21:1109-1114.
- Yi HY, Cha ES, Chun JY. 2021. Quality characteristics of immature *Citrus unshiu* juice jelly. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:410-419
- Yun E, Kim JH, Moon KH. 2020. Future projection of climatic zone shifts over Korean Peninsula under the RCP8. 5 scenario using high-definition digital agro-climate maps. *Korean J Agric For Meteorol* 22:287-298
- Zongo PA, Khalloufi S, Mikhaylin S, Ratti C. 2022. Pulsed electric field and Freeze-thawing pretreatments for sugar uptake modulation during osmotic dehydration of mango. *Foods* 11:2551

Received 03 November, 2022

Revised 17 November, 2022

Accepted 29 November, 2022