

반응표면분석법을 이용한 김(*Pyropia* sp.)스낵의 유탄공정 최적화

최기범 · 김동민 · 최윤진 · 김선봉 · 박주동¹ · 배성아² · 배기일² · 조승목*

부경대학교 식품공학과/식품연구소, ¹㈜패리양, ²세화씨푸드

Optimization of Frying Conditions of Laver *Pyropia* sp. Snack Using a Response Surface Methodology

Gibeom Choi, Dongmin Kim, Yunjin Choi, Seon-Bong Kim, Joodong Park¹, Sung-A Bae², Ki-Il Bae² and Suengmok Cho*

Department of Food Science and Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹Falien Co., Ltd., Anyang 14047, Korea

²Sewha Seafood Co., Ltd., Busan 46260, Korea

Laver *Pyropia* sp. is the most exported seafood in Korea and is one of the most consumed edible seaweeds. The export of laver has been centered on seasoned laver products; of note, laver snack products coupled with rice papers or glutinous rice paste are becoming more popular in Western countries. These laver snacks are manufactured using a deep frying process. Therefore, the frying conditions affect the physicochemical and sensory characteristics of fried laver snacks. In this study, we optimized the deep-frying conditions for laver snacks with gelatinized rice dough using a response surface methodology. The frying temperature (X_1 , 190-220°C) and frying time (X_2 , 10-30 sec) were selected as independent variables; the dependent variables were the overall acceptance (Y_1 , points), hardness (Y_2 , N), and oil content (Y_3 , %). The optimal values of the frying temperature (X_1) and time (X_2) as per the overall acceptance (Y_1) were 208°C and 23.1 sec, respectively. The predicted overall acceptance ($Y_1=8.0$ points), hardness ($Y_2=98.74$ N), and oil content ($Y_3=27.69\%$), were similar to the experimental values under the optimal conditions. Overall, the acceptance was inversely proportional to hardness; the decrease in hardness caused an increase in the crispiness of the laver snacks.

Keywords: Deoiling process, Frying condition, Gelatinized rice dough, Laver snack, Response surface methodology

서론

김은 국내 수산물 수출 1위 품목으로 2019년 수출액 규모가 5.8억 달러에 달한다(MOF, 2020). 그 동안 김 가공식품 해외 수출은 조미김 중심으로 이루어졌지만, 최근에는 김스낵 제품들이 개발되면서 다양화되는 추세에 있다. 김스낵 제품 중 가장 대표적인 것이 우리나라 전통식품인 김부각으로 김에 찹쌀풀을 발라 건조 후 기름에 튀기는 방식으로 제조된다(Park et al., 1994). 김부각 제품도 미국 등 해외로 수출되고 있지만 수작업 중심으로 제조되고 있으며, 수분이 많은 찹쌀풀을 사용하고 있어 건조시간이 길고 자동화를 통한 대량생산이 어려운 문제점이

있다(Yoo and Choi, 2015). 이로 인해 찹쌀풀 대신 라이스페이퍼를 부착하여 대량생산이 가능한 김스낵이 상용화되었으며 현재 김스낵 시장을 주도하고 있다. 대부분의 김부각 및 라이스페이퍼를 이용한 김스낵은 유탄처리에 의해 제조되고 있다. 식품산업에서 가장 보편적으로 이용되는 유탄법은 식품을 유지 속에 잠길 수 있도록 넣어 튀기는 deep frying 방식이며(Goni et al., 1997), 대부분의 김스낵도 deep frying 방식으로 가공되고 있다. 유탄과정에서 스낵의 물리화학 및 관능적 특성이 크게 변화되며(Maitly et al., 2012), 일반적으로 독특한 풍미, 색감 및 조직감을 부여해 소비자 기호도를 상승시키는 효과를 나타낸다(Lien, 2016). 따라서, 김스낵 제조에 있어서 유탄조건의 최

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5833 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: scho@pknu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0834>

Korean J Fish Aquat Sci 53(6), 834-841, December 2020

Received 28 October 2020; Revised 13 November 2020; Accepted 18 November 2020

저자 직위: 최기범(대학원생), 김동민(학부생), 최윤진(학부생), 김선봉(교수), 박주동(연구소장), 배성아(이사), 배기일(대표), 조승목(교수)

적화는 품질 향상 및 기호도 증대에 있어 매우 중요한 요소이다.

본 연구에서는 김에 호화 곡물반죽 시트를 결합시킨 김스낵의 유탕조건을 최적화하였다. 이를 위해 최적화 통계기법인 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 적용하였다. 독립변수로는 유탕온도(X_1 , °C)와 유탕시간(X_2 , sec)을 종속변수로는 전반적 기호도(Y_1), 경도(Y_2) 및 오일함량(Y_3)을 각각 설정하였다. 유탕 김스낵의 품질을 평가하기 위하여 관능특성, 경도, 오일함량 및 스낵의 미세구조를 측정하였다. 또한, 유탕조건 최적화와 함께 적절한 탈유방법 설정을 위한 실험도 병행되었다.

재료 및 방법

재료

호화 곡물반죽 시트에 마른김이 결합되어 있는 건조 반제품을 세화씨푸드(Busan, Korea)에서 제공받아 유탕조건 최적화 실험에 사용하였다. 김스낵 제조를 위한 건조 반제품의 수분 및 오일 함량은 각각 11.6% (w/w) 및 0.4% (w/w)였다. 유탕시 사용된 해바라기유는 성도물산(주) (Busan, Korea)에서 구입하였다. 이 외 실험에 사용된 모든 시약 및 화학물질은 분석 등급을 사용하였다.

유탕 처리

세화씨푸드에서 제공받은 김스낵 건조 반제품을 3 cm × 3 cm 크기로 절단하여 유탕조건 최적화 실험에 사용하였다. 김스낵 건조 반제품은 실험 설계에 따라 서로 다른 조건에서 튀김기 (RFA-328G; Rinnai Co., Incheon, Korea)를 이용하여 유탕처리되었다.

반응표면분석법 설계

김스낵의 최적 유탕조건을 규명하기 위하여 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하였다. 실험 조건은 중심합성계획법(central composite design)에 의거하여 설계하였으며, 4개의 factorial point, 4개의 axial point, 3개의 center point로 구성하였다. 유탕온도(X_1 , °C) 및 유탕시간(X_2 , sec)을 독립변수(independent variable)로 설정하였으며, 종속변수(dependent variable)로는 종합적 기호도(Y_1 , points), 경도(Y_2 , N) 및 오일함량(Y_3 , %)을 설정하였다. 실험 범위에 따라 독

Table 1. Experimental range and values of frying temperature and time in the central composite design for frying conditions in preparation of the laver *Pyropia* sp. snack

Independent variables	Symbol	Range and levels				
		-1.414	-1	0	+1	+1.414
Frying temperature (°C)	X_1	190	194	205	216	220
Frying time (sec)	X_2	10	13	20	27	30

립변수인 유탕온도 및 유탕시간에 대한 부호화(coded value) 및 부호화 되지 않은 실제 실험값(uncoded value)을 Table 1에 나타내었다. Table 2의 11개의 실험군들은 통계적인 오차를 줄이기 위해 무작위적인 순서로 진행되었다.

반응표면분석법 통계분석 및 최적화

Table 2와 같이 실험을 통해 얻어진 종속변수(반응변수)의 값들은 MINTAB 통계프로그램(Version 16; Minitab Inc., State College, PA, USA)을 이용하여 분석하였으며, 다음과 같은 이차회귀식을 도출하였다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^4 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^4 \beta_{ij} X_i X_j$$

여기서 Y 는 종속변수, β_0 는 상수, β_i , β_{ii} , β_{ij} 는 회귀계수, X_i , X_j 는 독립변수를 각각 의미한다. 김스낵의 유탕조건 최적화는 MINITAB 통계프로그램의 response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적조건 하에서 실제 실험을 통하여 얻어진 종속변수의 값과의 비교를 통해 추정된 종속변수의 값을 검증하였다. 또한 3차원 그래프는 MAPLE software (Version 7; Waterloo Maple Inc., Waterloo, ON, Canada)를 이용하여 작성하였다.

탈유

최적화된 유탕조건에서 처리된 김스낵의 탈유방법 선정을 위해 압축공기 및 원심분리를 이용하여 탈유처리를 하고 그 품

Table 2. Central composite design matrix and values of overall acceptance, hardness, and oil content for frying conditions in preparation of the laver *Pyropia* sp. snack

Run No.	Independent variables				Dependent variables			
	Coded values		Uncoded values		Y_1	Y_2	Y_3	
	X_1	X_2	X_1	X_2				
Factorial portions	1	-1	-1	194	13	4.3	123.6	24.3
	2	1	-1	216	13	6.7	109.6	24.3
	3	-1	1	194	27	6.3	101.8	24.1
	4	1	1	216	27	7.3	99.4	25.6
Axial portions	5	-1.414	0	190	20	5.0	111.5	23.6
	6	1.414	0	220	20	6.5	98.7	24.9
	7	0	-1.414	205	10	5.5	115.2	25.4
	8	0	1.414	205	30	7.3	101.5	26.6
Center points	9	0	0	205	20	7.7	101.4	27.6
	10	0	0	205	20	7.8	100.8	28.0
	11	0	0	205	20	7.9	102.1	27.4

X_1 , frying temperature (°C); X_2 , frying time (sec); Y_1 , overall acceptance (points); Y_2 , hardness (N); Y_3 , oil content (%).

질특성을 비교하였다. 압축공기를 이용한 탈유는 공기압축기 (EWS40; Geunpoong Power Tool, Seoul, Korea)를 이용하여 1분간 김스낵에 유량 200 L/min의 공기를 분사함으로 이루어졌다. 원심분리 탈유는 원심분리기(1580R; LABOGENE Co., Allerød, Denmark)를 이용하여 3,667 g의 속도로 5분 동안 이루어졌다.

경도 측정

김스낵의 경도(hardness) 측정은 rheometer (CR-100D; Sun Scientific Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하였으며, 측정 조건은 mode 20, load cell 10 kg, penetration speed 100 mm/min, plunger diameter 15 mm (No. 1)였다. 무작위로 선정된 10개의 김스낵을 평평한 면이 위로 오도록 시료 홀더에 올려 놓고 경도를 측정하였다.

관능평가

관능평가는 부경대학교 식품공학과 소속 22세에서 27세 사이의 훈련된 전문 패널 10인(남성 5명 및 여성 5명)을 구성하여 수행되었으며, 모든 패널은 맛에 친숙해질 수 있도록 훈련되었다. 관능평가는 외관(appearance), 색도(color), 향(flavor), 맛(taste), 바삭함(crispiness), 기름맛(oily taste) 및 전반적 기호도(overall acceptance) 항목에 대하여 9점 평점법(1점, 대단히 나쁘다; 5점, 나쁘지도 좋지도 않다; 9점, 대단히 좋다)에 따라 평가하였다.

오일 함량 측정

오일 함량(oil content)은 식품공전에 제시되어 있는 방법에 따라 Soxhlet법에 의해 3회 반복 측정하였다(MFDS, 2020). 오일에 대한 용매로 석유 에테르(Petroleum ether; Junsei Chemical Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였다.

주사전자현미경

김스낵의 내부 미세구조(microstructure)를 관찰하기 위해 주사전자현미경(LV-SEM, JSM-6490LV; JEOL Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하였다. 시료는 동결건조기(CoolSafe; LABO-

GENE Co., Allerød, Denmark)에서 24시간동안 완전히 건조된 후, 1.0 cm×0.5 cm 크기로 절단하고 최종적으로 금으로 도금하여 전도성을 갖게 하였다(Nath and Chattopadhyay, 2008). 김스낵의 미세구조는 가속 전압 15 kV의 조건에서 관찰 및 촬영되었다.

통계처리

측정된 값은 평균±표준편차로 표시하였으며, 유의차는 SPSS 프로그램(SPSS for Windows 11.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 one-way ANOVA-test (Duncan's multiple range test) 및 t-test로 검정하였다(P<0.05).

결과 및 고찰

반응표면 모델식의 진단

반응표면분석법에 있어서 독립변수(factor, independent variable)가 종속변수(response, dependent variable)에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 반응표면모델식을 도출해야 한다(Bas and Boyacı, 2007; Bezerra et al., 2008). 김스낵 유탕조건 최적화 반응표면모델식 도출을 위한 독립변수 일차항(X_1 , X_2), 이차항(X_1X_1 , X_2X_2) 및 교차항(X_1X_2)의 계수(coefficient) 및 유의확률(P-value)은 Table 3에 나타내었다. 모든 종속변수에 대한 상수항(constant)의 유의확률은 0.001로 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 종속변수 Y_1 (전반적 기호도)의 경우 X_1 , X_2 , X_1X_1 , X_2X_2 및 X_1X_2 항 전체가, 종속변수 Y_2 (경도)의 경우 X_1 , X_2 및 X_2X_2 항이, 종속변수 Y_3 (오일 함량)의 경우 X_1 , X_1X_1 및 X_2X_2 항이 각각 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

종속변수 전반적 기호도(Y_1), 경도(Y_2) 및 오일 함량(Y_3)에 대한 반응표면모델식은 Table 4에 나타내었다. 3가지 종속변수 모두 0.95 이상의 높은 결정계수(R^2)를 나타내었는데, 이러한 결정계수는 실험설계의 적합성을 의미하는 중요한 통계적 지표로 활용된다(Shishir et al., 2016). 모든 종속변수에 있어서 반응표면모델식의 유의확률(P-value)은 0.002 이하로 통계적인 유

Table 3. Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equations for overall acceptance, hardness, and oil content of the laver *Pyropia* sp. snacks as a function of frying temperature and time based on the t-statistic

Parameters	Y_1		Y_2		Y_3	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Constant	7.778	0.001	101.467	0.001	27.713	0.001
X_1	0.682	0.001	-4.313	0.004	0.396	0.048
X_2	0.657	0.001	-6.423	0.001	0.339	0.077
X_1X_1	-0.993	0.001	2.307	0.069	-1.852	0.001
X_2X_2	-0.660	0.001	3.927	0.011	-0.982	0.003
X_1X_2	-0.333	0.026	2.892	0.059	0.400	0.122

X_1 , frying temperature (°C); X_2 , frying time (sec); Y_1 , overall acceptance (points); Y_2 , hardness (N); Y_3 , oil content (%).

의성을 보였다($P < 0.05$). 이러한 반응표면모델식의 높은 결정계수(R^2) 및 낮은 유의확률(P -value)은 예비실험을 통해 반응표면 분석 실험이 설계되었기 때문으로 판단된다(Cho et al., 2005)

분산분석

반응표면모델식의 통계적 유의성은 ANOVA (analysis of variance)에 의해 평가되었다(Table 5). 종속변수 Y_2 (경도) 및 Y_3 (오일 함량)의 교차항(interaction)을 제외한 모든 항에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 본 연구의 반응표면모델에 대한 적합성 결여(lack of fit) 검정을 한 결과, 3가지 종속변수 모두 유의확률이 0.05 이상으로 적합한 것으로 나타났다. 적합성 결여에 대한 유의확률이 0.05 보다 크면 적합한 모델로 간주된다(Isa et al., 2011).

반응표면 3차원 그래프 및 인자의 영향 분석

Deep frying 방식은 식품의 열처리 방법 중 하나이다(Sahin et al., 1999). 일반적으로 유탕공정에서 유탕온도 및 유탕시간은 식품의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 중요한 인자이다(Maity et al., 2012). 따라서, 본 연구에서도 유탕온도(X_1) 및 유탕시간(X_2)을 독립변수로 설정하였으며, 이들이 유탕 김스낵의 품질에 미치는 영향을 알아보았다(Fig. 1).

전반적 기호도(Y_1)는 유탕온도(X_1)와 유탕시간(X_2)이 증가할수록 높게 나타났으며, 210°C 및 24초를 넘어서면서 다시 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1A). 반면에, 경도(Y_2)의 경우는 전반적 기호도(Y_1)와 반대의 경향을 보였다(Fig. 1B). 종속변수인 전반적 기호도(Y_1) 및 경도(Y_2)의 상관관계를 분석한 결과, 경도가 낮을수록 종합적인 기호도는 높은 것으로 나타났다($R^2=0.8574$). 바삭함(crispiness)은 유탕스낵에서 관능적 기호도에 영향을 크게 미치는 물리적인 지표로 잘 알려져 있는데(Bruns and Bourne, 1975; Lujan-Acosta and Moreira, 1997), 일반적으로 경도가 낮을수록 바삭함은 증가하는 경향을 보인다(Nurul et al., 2009). 따라서, 본 연구에서도 경도(Y_2)가 낮을수록 바삭한 조직감이 증가하고 이는 전반적 기호도(Y_1)의 상승에 큰 역할을 한 것으로 판단된다.

식품의 조직감은 미세구조와 밀접한 관련이 있다는 것이 선행 연구를 통해 잘 알려져 있다(Ahza et al., 2015). 본 연구에서도 경도에 따른 김스낵의 미세구조 차이를 알아보기 위하여 경도가 가장 높은 RSM No. 1 실험군(123.6 N) 및 가장 낮은

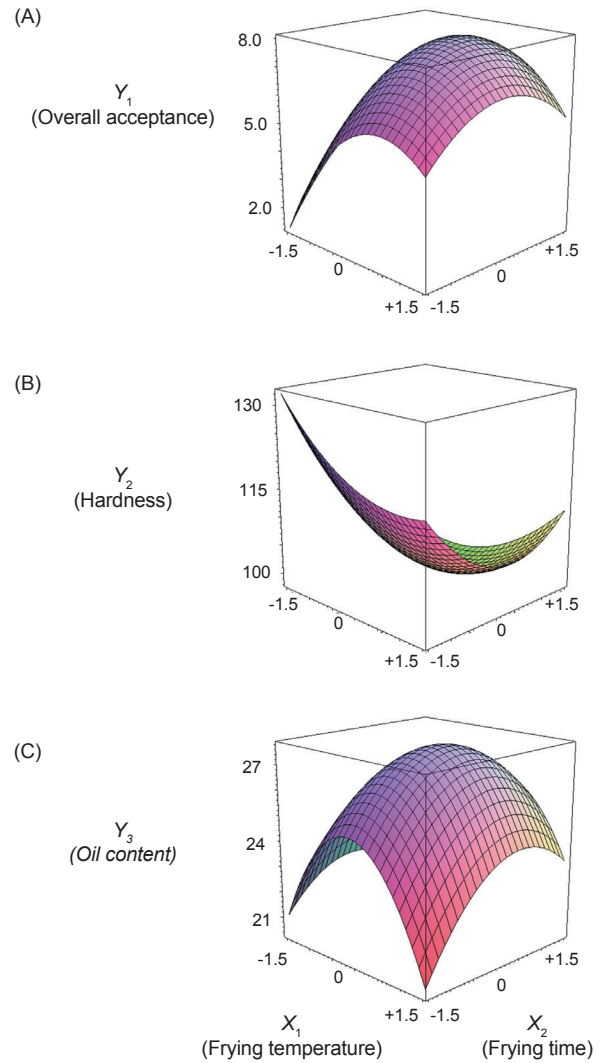


Fig. 1. Three-dimensional response surface plots of overall acceptance, hardness, and oil content of laver *Pyropia* sp. snacks as a function of frying temperature and time.

RSM No. 6 실험군(98.7 N)을 주사전자현미경으로 관찰하였다(Fig. 2). 경도가 낮은 RSM No. 6 실험군의 경우 유탕시 팽윤이 잘 일어나 공극이 많이 형성되어 있었으나, 반면에 경도가 높은 RSM No. 1 실험군의 경우는 팽윤이 덜 일어나 공극이 많

Table 4. Response surface model equations for optimizing overall acceptance, hardness, and oil content of the laver *Pyropia* sp. snacks as a function of frying temperature and time in the frying processing

Quadratic polynomial model equations	R^2	P-value
$Y_1 = 7.778 + 0.682 X_1 + 0.657 X_2 - 0.993 X_1^2 - 0.660 X_2^2 - 0.333 X_1 X_2$	0.9842	0.001
$Y_2 = 101.467 - 4.313 X_1 - 6.423 X_2 + 2.307 X_1^2 + 3.927 X_2^2 + 2.892 X_1 X_2$	0.9555	0.002
$Y_3 = 27.713 + 0.396 X_1 + 0.339 X_2 - 1.852 X_1^2 - 0.982 X_2^2 + 0.400 X_1 X_2$	0.9619	0.001

X_1 , frying temperature (°C); X_2 , frying time (sec); Y_1 , overall acceptance (points); Y_2 , hardness (N); Y_3 , oil content (%)

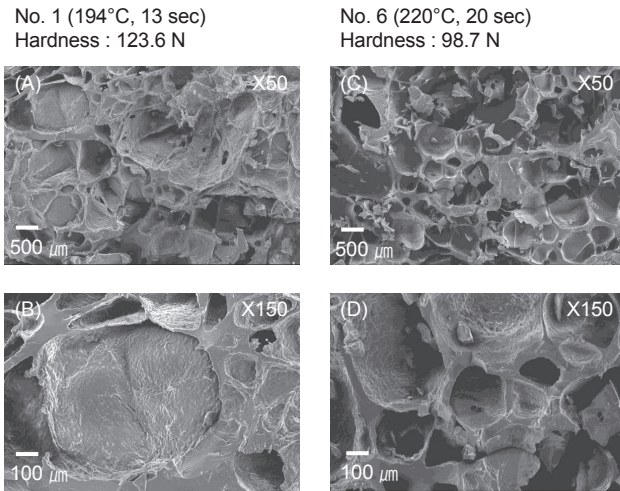


Fig. 2. Scanning electron microscope (SEM) images of the laver *Pyropia* sp. snacks as a function of frying temperature and time.

지 않은 것을 확인할 수 있었다. 유탕 스낵에서 공극이 많을수록 경도가 낮아지고 바삭함이 높아진다는 경향이 본 연구에서도 미세구조 분석을 통해 확인되었다(Van Koerten et al., 2015; Surojanametakul et al., 2020).

오일 함량(Y_3)은 유탕온도(X_1)와 유탕시간(X_2)이 높아질수록 증가하다가, 유탕온도 206°C 및 유탕시간 21초를 기점으로 낮아지는 경향을 보였다. Table 3의 유의확률을 통해 각 독립변수가 오일함량에 유의한($P < 0.05$) 영향을 미치는 주요한 독립변수를 확인할 수 있었다. 일반적으로 스낵은 유탕 과정 중 내부의 수분 감소와 오일 증가가 함께 일어나며, 수분의 손실이 클수록 오일 함량은 증가한다(Vitrac et al., 2000; Primo-Martín et al., 2010). 또한, 유탕온도 및 유탕시간이 증가할수록 유탕스낵의 오일함량은 증가하는 경향을 보이지만(Krokida et al., 2000), 더욱 높은 유탕온도에서는 스낵의 표면이 급격히 단단해져 오

Table 5. ANOVA results of overall acceptance, hardness, and oil content for the laver *Pyropia* sp. snacks as a function of frying temperature and time in the frying processing

Dependent variables	Sources	DF	SS	MS	F-value	P-value
Y_1	Regression					
	Linear	2	7.177	3.588	79.53	0.001
	Square	2	6.405	3.202	70.97	0.001
	Interaction	1	0.444	0.444	9.85	0.026
	Residual					
	Lack of fit	3	0.198	0.066	4.82	0.177
	Pure error	2	0.027	0.014		
Total	10	14.251				
Y_2	Regression					
	Linear	2	478.872	239.436	42.34	0.001
	Square	2	95.305	47.652	8.43	0.025
	Interaction	1	33.466	33.466	5.92	0.059
	Residual					
	Lack of fit	3	27.317	9.106	18.99	0.050
	Pure error	2	0.959	0.479		
Total	10	635.918				
Y_3	Regression					
	Linear	2	2.170	1.085	5.86	0.049
	Square	2	20.543	10.271	55.46	0.001
	Interaction	1	0.640	0.640	3.46	0.122
	Residual					
	Lack of fit	3	0.687	0.229	1.91	0.361
	Pure error	2	0.239	0.120		
Total	10	24.278				

DF, degrees of freedom; SS, sum of square; MS, mean square; Y_1 , overall acceptance (points); Y_2 , hardness (N); Y_3 , oil content (%)

Table 6. Response optimization for frying of the dried gelatinized rice dough with laver *Pyropia* sp. for preparation of the laver snacks

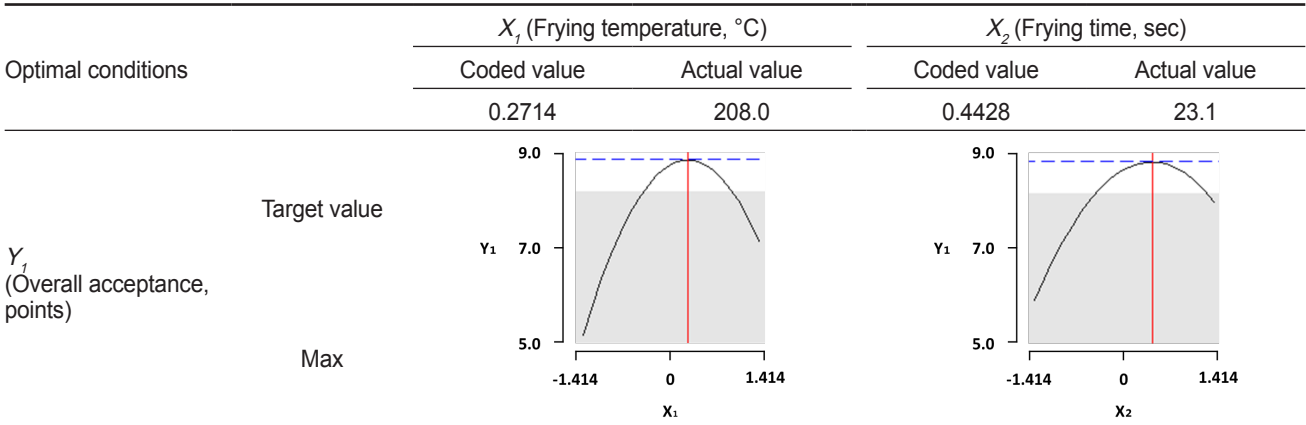


Table 7. Comparison of predicted and experiment values of overall acceptance, hardness, and oil content of the laver *Pyropia* sp. snacks

	Y_1 (Overall acceptance, points)	Y_2 (Hardness, N)	Y_3 (Oil content, %)
Predicted values	8.0	98.7	27.7
Experimental values	8.1±0.9	101.0±10.4	27.1±0.2

Optimized conditions, frying temperature=208.0°C; frying time=23.1 sec.

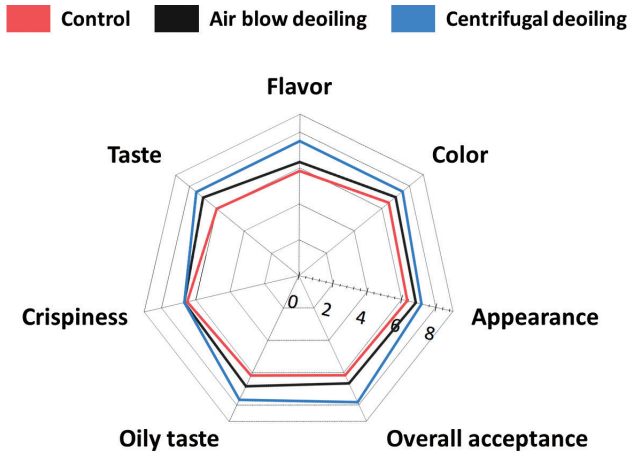


Fig. 3. Sensory evaluation of the laver *Pyropia* sp. snacks deoiled by different methods.

일은 침투가 제한되는 특징이 나타난다(Baumann and Escher, 1995). 본 연구의 김스낵에서도 이러한 경향의 오일 함량의 변화가 관찰되었다.

유탕조건의 최적화 및 검증

본 연구에서는 기호도가 우수한 김스낵을 제조하기 위하여 종속변수 Y_1 (전반적 기호도)를 최대화시킬 수 있는 최적의 유탕조건을 통계적으로 도출하였다. 종속변수 Y_2 (경도) 및 Y_3 (오일 함량)의 경우 품질 특성의 변화를 알아보기 위하여 모니터링하였다. Minitab 통계프로그램의 response optimizer를 사용하여 최적화한 결과, 가장 우수한 전반적 기호도(Y_1)를 나타내는 유탕온도(X_1) 및 유탕시간(X_2)의 코드값(실제값)은 각각 0.2714 (208°C) 및 0.4428 (23.1초)로 도출되었다(Table 6). 이러한 최적 유탕조건에서의 김스낵의 전반적 기호도(Y_1)의 예측값은 8.0점이었다. 통계적으로 도출된 최적조건의 경우 실제 실험을 통한 검증이 이루어져야 한다(Cho et al., 2005; Yoon et al., 2017). 최적 유탕조건(유탕온도, 208.0°C 및 유탕시간 23.1초)에서 실제 제조된 김스낵의 전반적 기호도(Y_1), 경도 (Y_2) 및 오일 함량(Y_3)은 각각 8.1±0.9점, 101.0±10.4 N 및 27.1±0.2%로 나타났으며, 이는 통계적인 예측값과 유사한 것으로 나타났다(Table 7).

탈유방법의 설정 결과

스낵의 경우 유탕처리를 통해 내부의 수분 이탈 및 오일의 내

Table 8. Oil contents and hardness of laver *Pyropia* sp. snacks deoiled by different methods

0.5	Oil content (%)	Hardness (N)
Control	27.14±0.18	101.01±10.42
Air blow deoiling	28.16±0.22	122.88±16.31*
Centrifugal deoiling	23.74±0.16*	110.42±17.23

Values are mean±standard deviation (oil content, n=3; hardness, n=10). *P<0.05, significantly different from Control group (t-test).

부 침투가 일어난다(Bhat and Bhattacharya, 2001; Abdollahi Moghaddam et al., 2015). 유탕스낵의 저장 안정성 및 건강성을 높이기 위해 탈유는 필수적인 공정으로(Fan et al., 2005; Dueik et al, 2012) 적절한 탈유방법의 탐색은 유탕스낵에 있어서 매우 중요한 분야이다(Sothornvit, 2011). 따라서, 본 연구에서는 유탕 김스낵의 오일을 제거하고자 식품산업에서 널리 이용되고 있는 압축공기 및 원심분리를 이용하여(Liberty et al., 2019) 탈유처리하고 오일 함량 및 품질특성을 비교하였다. 원심분리를 이용하여 탈유한 김스낵의 오일함량이 23.74 %로 유의적으로 가장 낮게 나타나 탈유효과가 가장 뛰어났다(Table 8). 반면에, 압축공기를 이용하여 탈유한 김스낵의 경우 오일 함량이 28.16 %로 높고 경도 또한 높게 나타났다. 본 실험을 통해 원심분리가 유탕 김스낵의 탈유에 가장 효과적임을 확인할 수 있었다. 원심분리를 이용한 탈유는 관능평가를 통해서도 그 효과를 알 수 있는데(Fig. 3), 바삭함(crispiness) 항목을 제외한 나머지 항목에서 원심분리를 이용한 탈유가 나머지 방법들에 비해 높은 점수를 받았음을 확인할 수 있었다. 일련의 실험들을 통해 김스낵 제조시 원심분리를 이용한 탈유방법이 적절할 것으로 판단된다. 유탕 감자스낵 제조에 있어서 높은 유탕온도 및 빠른 원심분리 속도의 조건에서 가장 낮은 오일함량을 보였는데(Kim and Moreira, 2012), 본 연구의 유탕 김스낵에 있어서도 저온 영역을 제외하고 유탕온도가 높아질수록 오일함량이 낮아지는 경향과(Fig. 1C), 빠른 속도의 원심분리를 이용한 탈유 방법에서 나머지 방법과 비교하여 가장 낮은 오일함량을 보이는 경향을 확인했다(Table 8).

사 사

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해역별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

- Abdollahi Moghaddam MR, Rafe A and Taghizadeh M. 2015. Kinetics of color and physical attributes of cookie during deep-fat frying by image processing techniques. *J Food Process Preserv* 39, 91-99. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12268>.
- Ahza AB, Fidiena TI and Suryatman S. 2015. Physical, sensorial and chemical characteristics of simulated chips of cassava (*Manihot esculenta* Crantz): Rice (*Oryza sativa* L.) mix. *Procedia Food Sci* 3, 82-95. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.008>.
- Bas D and Boyacı IH. 2007. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *J Food Eng* 78, 836-845. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.024>.
- Baumann B and Escher F. 1995. Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices-1. Rate of drying and oil uptake. *LWT-Food Sci Technol* 28, 395-403. [https://doi.org/10.1016/0023-6438\(95\)90023-3](https://doi.org/10.1016/0023-6438(95)90023-3).
- Bezerra MA, Santelli RE, Oliveira EP, Villar LS and Escalera LA. 2008. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta* 76, 965-977. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.05.019>.
- Bhat KK and Bhattacharya S. 2001. Deep fat frying characteristics of chickpea flour suspensions. *Int J Food Sci Technol* 36, 499-507. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00455.x>.
- Bruns AJ and Bourne MC. 1975. Effects of sample demensions on the snapping force of crisp foods Experimental Verification of a Mathematical Model. *J Texture Stud* 6, 445-458. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1975.tb01420.x>.
- Cho SM, Gu YS and Kim SB. 2005. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna *Thunnus albacares* skin gelatin compared to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll* 19, 221-229. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.005>.
- Dueik V, Moreno MC and Bouchon P. 2012. Microstructural approach to understand oil absorption during vacuum and atmospheric frying. *J Food Eng* 111, 528-536. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.027>.
- Fan LP, Zhang M and Mujumdar AS. 2005. Vacuum frying of carrot chips. *Dry Technol* 23, 645-656. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054159>.
- Goni I, Bravo L, Larrauri JA and Calixto FS. 1997. Resistant starch in potatoes deep-fried in olive oil. *Food Chem* 59, 269-272. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00275-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00275-0).
- Isa KM, Daud S, Hamidin N, Ismail K, Saad SA and Kasim FH. 2011. Thermogravimetric analysis and the optimisation of bio-oil yield from fixed-bed pyrolysis of rice husk using response surface methodology (RSM). *Ind Crop Prod* 33, 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.024>.
- Kim TH and Moreira RG. 2012. De-oiling and pretreatment for high-quality potato chips. *J Food Process Eng* 36, 267-275. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2012.00686.x>.
- Krokida MK, Oreopoulou V and Maroulis ZB. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *J Food Eng* 44, 39-46. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00163-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00163-6).
- Liberty JT, Dehghannya JD and Ngadi MO. 2019. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends Food Sci Technol* 92, 172-183. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.050>.
- Lien DTP. 2016. Kinetic of the physical quality changes during deep fat frying of sweet potato chip. *Int J Eng Sci* 5, 608-615. <https://doi.org/10.5281/zenodo.49805>.
- Lujan-Acosta J and Moreira RG. 1997. Effects of different drying processes on oil absorption and microstructure of tortilla chips. *Cereal Chem* 74, 216-223. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1997.74.3.216>.
- Maity T, Raju PS and Bawa AS. 2012. Effect of freezing on textural kinetics in snacks during frying. *Food Bioprocess Tech* 5, 155-165. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0236-5>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2020. Food sanitary act. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_211/view.do?seq=14536&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%8B%9D%ED%92%88%EC%9D%98+%EA%B8%B0%EC%A4%80&srchTp=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1 on Oct 16, 2020.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2020. Achieved a record-high performance of \$2.5 billion in seafood exports in 2019. Retrieved from http://www.mof.go.kr/statPortal/bbs/report/view.do?ntt_id=924&pageIndex=&searchType=&searchQuery= on Jan 20, 2020.
- Nath A and Chattopadhyay PK. 2008. Effect of process parameters and soy flour concentration on quality attributes and microstructural changes in ready-to-eat potato-soy snack using high-temperature short time air puffing. *LWT-Food Sci Technol* 41, 707-715. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.001>.
- Nurul H, Boni I and Noryati I. 2009. The effect of different ratios of Dory fish to tapioca flour on the linear expansion, oil absorption, colour and hardness of fish crackers. *Int Food Res J* 16, 159-165.
- Park JI, Chung GH, Kim BS and Hur JH. 1994. A study on the preparation of boogags by traditional methods and improvement of preservation. *J Korean Soc Food Nutr* 23, 986-993.
- Primo-Martin C, Sanz T, Steringa DW, Salvador A, Fiszman SM and Val Vilet T. 2010. Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids* 24, 702-708. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.013>.
- Sahin S, Sastry SK and Bayindirli L. 1999. Heat transfer during frying of potato slices. *LWT-Food Sci Technol* 32, 19-24. <https://doi.org/10.1006/fstl.1998.0494>.
- Shishir MRI, Taip FS, Aziz NA, Talib RA and Sarker MSH.

2016. Optimization of spray drying parameters for pink guava powder using RSM. *Food Sci Biotechnol* 25, 461-468. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0064-0>.
- Sothornvit R. 2011. Edible coating and post-frying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips. *J Food Eng* 107, 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.07.010>.
- Surojanametakul V, Karnasuta S and Satmalee P. 2020. Effect of oil type and batter ingredients on the properties of deep-frying flakes. *Food Sci Technol Epub ahead of print*, <https://doi.org/10.1590/fst.32919>.
- Van Koerten KN, Schutyser MAI, Somsen D and Boom RM. 2015. Crust morphology and crispness development during deep-fat frying of potato. *Food Res Int* 78, 336-342. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.022>.
- Vitrac O, Trystram G and Raoult-Wack AL. 2000. Deep-fat frying of food: Heat and mass transfer, transformations and reactions inside the frying material. *Eur J Lipid Sci Technol* 102, 529-538. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<529::AID-EJLT529>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<529::AID-EJLT529>3.0.CO;2-F).
- Yoo SN and Choi YS. 2015. Physical drying and frying characteristics of kimbugaks made by a pasting & garnishing machine. *Korean J Agric Sci* 42, 439-446. <https://doi.org/10.7744/cnujas.2015.42.4.439>.
- Yoon M, Kim JS, Um MY, Yang H, Kim J, Kim YT, Lee C, Kim SB, Kwon S and Cho S. 2017. Extraction optimization for phlorotannin recovery from the edible brown seaweed *Ecklonia Cava*. *J Aquat Food Prod Technol* 26, 801-810. <https://doi.org/10.1080/104988>.