

반응표면분석법을 활용한 저상품성 향어(*Cyprinus carpio*) 쿠키 제조 공정 최적화

김예울 · 강상인¹ · 김진수^{2,3*}

삼진식품(주), ¹신라대학교 수산물종합연구센터, ²경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ³경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터

Process Optimization for Cookies with Low-marketable Israeli Carp *Cyprinus carpio* Using Response Surface Methodology (RSM)

Ye Youl Kim, Sang In Kang¹ and Jin-Soo Kim^{2,3*}

Samjin Food Co. Ltd, Busan 49036, Republic of Korea

¹Seafood Research Center, Silla University, Busan 49277, Republic of Korea

²Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

³Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

This study was conducted to optimize the cookie preparation using Israeli carp *Cyprinus carpio* paste (C-ICP). The results of response surface methodology suggested the selection of other supplementary materials/[soft flour (SF) + ICP] (X_1) and SF/ICP (X_2) as independent variables, and hardness (Y_1), yellowness (Y_2), amino acid nitrogen (Y_3), and overall sensory acceptance (Y_4) as dependent variables. The optimal conditions of OS, SF, and ICP were 35.0%, 40.3% and 24.7%, respectively, and the predicted values of the multiple response optimal conditions Y_1 , Y_2 , Y_3 , and Y_4 were 2,006.2 N/m², 21.1, 30.0 mg/100 g, and a score of 6.6, respectively. Under the optimum conditions, experimental values of Y_1 , Y_2 , Y_3 , and Y_4 were $2,010.5 \pm 22.3$ N/m², 21.6 ± 0.5 , 29.6 ± 0.7 mg/100 g, and a score of 6.9 ± 0.3 , respectively, which were not significantly different from the predicted values ($P < 0.05$). The results on hardness, moisture, VCI yellowness, and lightness suggested that the optimum heating period was 20 min. C-ICP prepared under the optimum conditions was superior in sensory evaluation to cookies without the Israeli carp paste.

Keywords: Israeli carp, RSM, Cookie, *Cyprinus carpio*

서론

향어는 독일 잉어와 이스라엘 토착 품종 잉어와의 교잡에 의하여 개량된 잉어의 한 품종으로, 우리나라에서는 이스라엘 잉어라고도 불린다(Lee et al., 2020). 이들 향어는 성장이 빠르고, 질병에 대한 저항성이 강하며, 일반 내수면 어류와는 달리 껍질이 두껍고, 표면 점액의 영향으로 섬모충, 편모충 및 흡충과 같은 기생충 감염(Lee et al., 1983; Kim et al., 2009), 흄냄새 야기 등의 문제(Park et al., 1995)로부터 자유로워 경제성이 있는 내수면 양식 어종 중의 하나이다(Lee et al., 2015; 2020). 뿐만 아니라 향어는 해독작용, 이뇨작용, 임신부 건강 및 월기 회복,

혈액순환 및 뼈 건강, 변비 완화 및 위장 건강, 항산화, 항당뇨, 항고혈압, 항염증, 운동능력 개선 등의 효과가 있다고도 알려져 있다(Lee et al., 2015, 2020). 그러나, 향어는 일반적으로 중골과 이에 연결된 잔가시, 연결되지 않은 또 다른 잔가시가 존재하여 잔가시에 대한 거부감으로 인해 수산식품의 트렌드와 맞지 않아 가공식품으로 이용하기에 어려움이 있다. 따라서, 향어는 여러 가지 장점이 있음에도 불구하고, 현재 식당에서 단지 횡감이나 탕 등으로 소비되고 있을 뿐이고, 수산가공식품으로 출시되어 유통되고 있는 것은 거의 전무한 실정이다. 향어에 존재하는 중골과 잔가시에는 콜라겐(Kim and Park, 2004; Kang et al., 2007), 칼슘과 인을 위시한 무기질(Suzuki, 1981; Stevens

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.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.2023.0284>

Korean J Fish Aquat Sci 56(3), 284-292, June 2023

Received 23 May 2023; Revised 16 June 2023; Accepted 23 June 2023

저자 직위: 김예울(연구원), 강상인(선임연구원), 김진수(교수)

et al., 2017; Corrêaa and Holanda, 2020; Korsheed and Naji, 2023) 등과 같은 유용 성분이 다량 함유되어 있다. 따라서, 향어에 함유된 증골 및 잔가시를 모두 연화하여 수산가공식품 소재로 활용할 수 있다면 향어양식업계의 새로운 소비 활로 개발, 과다 공급에 의한 가격 등락 해소, 고부가 가공품 개발 등에 의한 계획적 사업 운영 등의 측면에서 상당히 의미가 있을 것으로 판단된다(Kim and Park, 2004).

쿠키는 식품의약품안전처(MFDS, 2022)에서 곡분 등을 주 원료로 하여 굽기 등의 공정을 거친 것이거나, 이에 식품 또는 식품첨가물을 가하여 제조한 것 중의 하나로 정의하고 있고(MFDS, 2022), 지방 및 설탕 등의 함량이 상대적으로 높고, 감미와 부드러운 식감을 갖고 있으며, 수분 함량이 낮아 미생물학적인 위험이 적고 저장성이 우수한 것으로 소개되고 있다(Lee et al., 2005). 즉, 쿠키는 밀가루, 유지, 설탕, 계란 등을 주 원료로 제조한 건과자류로 맛과 식감이 좋아 남녀노소에 관계없이 누구나 널리 즐겨먹는 간식류 중 하나이다(Lee et al., 2002).

최근 쿠키에 관한 연구로는 건강 기능성을 가진 부재료를 첨가한 신제품 개발에 대한 것(Jung et al., 2008)이 지속적으로 진행되고 있다. 즉, 다양한 소재를 첨가한 쿠키에 관한 연구로는 복숭아 야자(Ribeiro et al., 2021), 머위, 우엉, 사과박, 시금치 가루 등과 같이 대부분이 농산물에 집중되어 있고, 일부 틸라피아 부산물(Souza et al., 2022), 매생이(Lee et al., 2010), 다시마(Pyo et al., 2010), 미역(Jung and Lee, 2011), 김(Lee et al., 2017) 등과 같은 수산물도 응용된 바가 있으나 이 또한, 대부분이 해수산 수산물일 뿐만이 아니라 그 중에서도 해조류에 한정되어 있어 담수산 어류를 응용한 쿠키는 찾아볼 수가 없다. 이러한 일면에서 향어를 내장과 아가미를 제거한 다음 레토르트로 육을 연화처리하고 페이스트(paste)화한 다음 이를 쿠키의 부원료로 사용하는 경우 밀가루, 향어 페이스트 및 기타 부원료 등과 같은 적정 배합비의 구명이 반드시 필요하다. 이때 향어 페이스트의 첨가는 제품의 가공 적성과 관능적 품질 특성 등에 변화 초래할 수도 있어 소비자가 수용할 수 있는 범위 내에서 그 값을 설정하는 것이 중요하다(We et al., 2011).

일반적으로 식품산업계에서는 제품의 관능 또는 건강 기능 강화용 고품질 쿠키를 제조하고자 하는 경우 통계적 기법인 반응 표면분석법을 활용하여 공정 최적화를 시도하고 있다. 이때 사용하는 반응표면분석법은 여러개의 설명변수, 즉 독립변수(X)들이 복합적인 작용을 함으로써 어떤 반응 변수, 즉 종속변수(Y)에 영향을 주고 있을 때 이러한 반응의 변화가 이루는 반응 표면에 대한 통계적 분석법을 말하고, 독립변수와 종속변수가 2차 곡선반응을 나타낼 때 사용하고 있으며, 중심합성계획법(central composite design)이 대표적인 방법이다. 이와 같은 반응표면분석법은 시간, 비용 및 실험 횟수의 최소화라는 아주 큰 장점이 있어 식품산업계에서도 가공공정 최적화에 많이 시도되고 있다(Kim et al., 2010; Kang et al., 2016).

본 연구에서는 저장품질 향어의 내장과 아가미를 제외한 나

머지 전어체를 활용하여 수율 개선과 단가 절감뿐만이 아니라 영양도 강화한 쿠키를 제조할 목적으로 통계프로그램인 반응 표면분석법을 활용하여 향어 쿠키의 가공을 위한 공정 최적화를 시도하였다.

재료 및 방법

재료

향어(*Cyprinus carpio*)는 2021년 6월에 소비 용도가 낮은 양식산 정상 대형어(large size) [전장 45.1 cm (44.0–46.1 cm)]를 전라북도 전주시 소재 K사에서 분양받아 사용하였다. 쿠키용 재료로는 밀가루(박력분; CJ Cheiljedang, Corp., Seoul, Korea), 마가린(Lottefood, Co., Ltd, Seoul, Korea), 백설탕(CJ Cheiljedang, Corp.) 및 정제소금(Hanju, Co., Ltd, Ulsan, Korea) 등을 사용하였고, 이들 원료는 온라인 쇼핑몰(SSG.COM Corp., <https://www.ssg.com>)에서 2022년 1–2월에 구매하여 사용하였다.

향어 쿠키의 제조

향어 쿠키 제조용 향어 페이스트는 원료 향어의 아가미와 내장을 제거한 다음 121°C로 조정된 레토르트(DW-RETO-ACE-200 L; Hyosung FMT Corp., Daegu, Korea)에서 120분간 처리한 다음 급냉하고, 가정용 믹서(SHMF-3000S; Hanil Electric Co., Bucheon, Korea)를 사용하여 약하게 3분간 마쇄 후 10메쉬 체(10 mesh sieve)로 걸러 사용하였다. 향어 쿠키의 공정 최적화에 사용할 반죽은 반죽기(SK45SS; Kitchen Aid Co., Benton Harbor, MI, USA)에 마가린(14.6–25.0%, w/w)을 담아 저속에서 2분 동안 저어준 후, 설탕(8.8–15.9%, w/w) 및 소금(0.1–0.2%, w/w)을 넣고 중속에서 1분, 노른자(3.3–5.9%, w/w)를 넣고 중속에서 2분, 향어 페이스트(15.9–31.3%, w/w)를 넣고 저속으로 2분간 혼합한 다음, 여기에 밀가루(29.5–48.7%, w/w)를 넣고 2분간 혼합하여 제조하였다. 최종적으로 쿠키는 반죽을 성형(직경 4 cm, 두께 0.8 cm)하여 냉장실(5.0±2.0°C)에서 30분간 휴지한 다음 오븐(COR-030KE; SKmagic Co., Seoul, Korea)에서 구워[160±2°C, 10–30분(5분 간격)] 제조하였다.

반응표면분석법 중심합성계획

향어 쿠키의 제조를 위한 배합비를 조건 최적화는 부원료(A), 밀가루(B) 및 향어 페이스트(C)를 독립변수로 하고, 쿠키의 가공에 관한 여러 가지 문헌(Oh and Kang, 2016; Lee et al., 2017; Choi and Sim, 2021) 및 자체 관능평가 결과를 참고하여 배합 비율의 중심값(Central point)을 변환식[X_1 : A/(B+C), X_2 : B/C]에 의하여 암호화한 다음(Table 1), 중심합성회전계획(central composite rotatable design, CCRD)에 따라 5단계로 부호화하여 향어 쿠키 반죽 시료 11구를 무작위적으로 제조한 다음 실험

Table 1. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite rotatable design for blending ratio optimization of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio*

Symbol ¹	Range level				
	-1.414	-1	0	1	1.414
X_1	0.37	0.45	0.65	0.85	0.93
X_2	0.99	1.20	1.70	2.40	2.61

¹ X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C.

에 사용하였다.

회귀분석 및 최적화

향어 쿠키의 제조공정 최적화를 위한 회귀분석은 최적값을 코드값으로 얻은 다음 실제값으로 산출하여 나타내었다. 향어 쿠키의 배합비 최적화를 위한 종속변수는 경도(Y_1), 황색도(Y_2), 아미노산 질소(Y_3) 및 종합적 기호도(Y_4)로 하였고, 이들의 데이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다. 한편, 향어 쿠키의 배합비 최적화에 대한 최적점의 예측 및 확인은 MINITAB 통계프로그램(MINITAB Ver. 18; MINITAB, State College, PA, USA)을 이용하여 실시하였다. 즉, 중심합성계획에 따라 5단계로 부호화하여 무작위적으로 제조한 시료구 11개의 실험 결과를 토대로 독립변수와 종속변수 상호 간의 관계에 따라 제시되는 반응표면 회귀계수 및 분산 분석 결과를 토대로 모델(model), 1차항(linear), 2차항(quadratic), 교차항(cross-product) 및 적합성 결여도(lack of fit) 각각의 유의성(P-value) 유무를 확인하였고, 이들 결과값에 대하여 최종적으로 결정계수(R^2)를 확인하여 최적조건을 산출하였다. 또한, 이를 근거로 하여 독립변수 및 종속변수의 설계 모형의 적합성은 반응 최적화 도구를 이용하여 종속변수에 대한 각각의 목표값(target value)을 설정하여 확인하였고, 프로그램에서 산출된 부호값(coded value)을 환산하여 얻은 실제값(actual value)을 토대로 예측치와 실험치를 비교, 분석하여 적합성을 판단하였다.

그래프 도식화

독립변수와 종속변수 간의 관계를 나타내는 그래프는 위의 회귀분석 결과에서 도출된 회귀방정식 결과인 상수, 1차항, 2차항 및 교차항의 값을 각각 MAPLE software (MAPLE Ver. 12; Maple Soft, Waterloo, Canada)에 대입하여 산출된 3차원 그래프를 나타내며, 그래프를 구성하는 식은 다음과 같다.

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

여기서 Y 는 종속변수, β_0 는 상수, β_i , β_{ii} , β_{ij} 는 회귀계수, X_i , X_j 는 독립변수이다. 맛과 조직감 개선을 위한 향어 쿠키의 제조조건 최적화는 MINITAB 통계프로그램의 response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적 조건에 따라 실제

실험을 통해 측정된 종속변수와의 비교를 통해 추정된 종속변수의 값을 검증하였다(Bezerra et al., 2008).

경도

쿠키의 경도는 Jung and Lee (2011)가 언급한 방법을 변형하여 물성측정기(CT3-1000; Brookfield Inc., MA, USA)로 측정하였다. 쿠키는 프로브 침투 후 복원력이 없는 샘플이므로 one cycle test를 이용하여 분석하였고, 지름 2.0 mm 원형 프로브(probe), 압축속도 1.0 mm/sec, 클리어런스(clearance) 4 mm로 측정하였다. 최종적으로 경도값은 이들 측정 조건에서 10회 측정된 다음 최대값 및 최소값을 제외한 나머지 8회의 값을 평균값으로 나타내었다.

아미노산 질소

아미노산 질소는 홀몰적정법(Formol법) (Beddows et al., 1976)으로 측정하였다. 즉, 아미노산 측정용 전처리 검체는 마쇄한 내용물 5 g에 증류수 45 mL를 가하고, 교반하여 균질화시킨 다음 여과지 No. 2 (Advantec Toyo Roshi Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 여과된 용액 25 mL로 하였다. 이를 0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 8.5로 조정하였고, 이어서 여기에 35% formaldehyde 용액(0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 8.5로 조정된 용액) 20 mL를 가한 다음 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.5가 될 때까지 적정하여, 이를 토대로 아미노산 질소 함량을 산출하였다.

헌터색조

쿠키의 헌터색조는 윗면을 측정 부위로 하여 직시색차계(ZE 2000; Nippon Denshoku Industries Co., Tokyo, Japan)로 살펴 보았고, 그 결과는 백색도(L value) 및 황색도(b value)로 나타내었다. 이때 헌터 색차계의 표준백판은 L값 97.37 ± 0.00 , 및 b값 0.32 ± 0.01 이었다.

패널(panel)에 의한 관능평가

패널에 의한 관능평가는 생명윤리 및 안전에 관한 법률(생명윤리법)에 따라 기관 생명윤리위원회(institutional review board, IRB)로부터 인간 대상 연구자를 위한 생명윤리심의의 승인(GIRB-A22-Y-0023)을 받고 진행하였다. 관능평가는 잘 훈련된 panel member 24인(20-30대, 남자 12인, 여자 12인)을 구성하여 외관, 냄새, 맛 및 조직감에 대한 종합적 기호도를 실시하였다. 이때 1) 배합공정 최적화는 맛, 색, 냄새(비린내), 조직감(경도)을 고려한 종합적 기호도가 보통인 것을 5점으로 하고, 이보다 우수한 것을 6-9점으로, 열악한 것을 1-4점으로, 2) 구이시간 최적화는 맛, 색, 냄새(비린내), 조직감(경도)을 고려한 종합적 기호도가 보통인 것을 5점으로 하고, 이보다 우수한 것을 6-9점으로, 열악한 것을 1-4점으로, 3) 최종 제품은 향어 페이스트가 들어가지 않은 쿠키 즉, 대조 제품을 기준점인 5점으로, 향어 쿠키가 이보다 우수한 것을 6-9점으로, 이보다 열악

한 것을 1-4점으로 하여 평가하였다.

통계처리

데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5% 유의수준)은 SPSS 통계패키지(SPSS for window, release 18)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

향어 쿠키 배합비율의 최적화

향어 쿠키 배합비율[부원료(A), 밀가루 (B), 향어 페이스트(C)]의 최적화를 위하여 Table 1에서 제시한 CCRD에 따라 X_1 및 X_2 를 5단계로 부호화하여 무작위로 제조한 11구 시료구의 종속변수[경도(Y_1), 황색도(Y_2), 아미노산 질소(Y_3) 및 종합적 기호도(Y_4)]를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 독립변수와 종속변수의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계프로그램을 이용하여 RSREG (response surface analysis by least-squares regression)를 실시한 다음 종속변수에 대한 3종의 독립변수 상호 간의 관계를 Maple software를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다(Fig. 1). 도식화한 그래프에서 종속변수인 경도(Y_1)는 X_1 과 X_2 의 경우 code 값이 각각 -1.41에서 -0.76 및 -0.70으로 이동할수록 감소하는 경향을 나타내어 최대값을 나타내었고, 그 이후 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 황색도(Y_2)는 X_1 과 X_2 의 경우 code 값이 각각 -1.41에서 -0.99 및 -0.42로 이동할수록 미미하게 및 급격하게 감소하는 경향을 나타내어 최소값을 나타내었고, 그 이후 증가하는 경향을 나타내었다. 아미

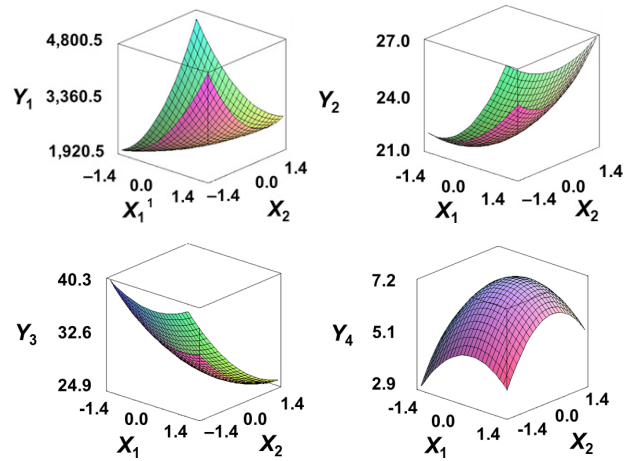


Fig. 1. Three dimensional response surface plots for material-blending operation optimization based on Y_1 (hardness, N/m²), Y_2 (yellowness), Y_3 (amino acid-N, mg/100 g), and Y_4 (overall acceptance, score). ¹ X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C. A, Other supplementary ingredients [margarine (54.5%, w/w), sugar (32.9%, w/w), egg yolk (12.2%, w/w), salt (0.5%, w/w)]; B, Soft flour; C, Israeli carp *Cyprinus carpio* paste.

노산 질소(Y_3)는 X_1 의 경우 code 값이 -1.41에서 0.86로 이동할수록 감소하여 최대치가 되었으며, 그 이후 서서히 증가하는 경향을 나타내었으나, X_2 의 경우 code 값이 -1.41에서 +1.41로 이동할수록 계속적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 향어 쿠키의 종속변수인 종합적 기호도(Y_4)는 X_1 과 X_2 의 경우 code 값이 모두 -1.41에서 0.24까지 급격히 증가하여 최대치가 되었고, 그

Table 2. Central composite rotatable design of independent variables for optimization of material-blending operation of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio* and the results on the dependent variables of cookies prepared under designed independent variable conditions

Coefficients assessed by	Run no.	Independent ¹		Blending ratio ² (% , v/v)			Dependent variable ³			
		X_1	X_2	A	B	C	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
Fractional factorial design (4 points)	1	0.45	1.20	31.0	37.6	31.3	1,836.4	21.0	35.2	4.5
	2	0.85	1.20	45.9	29.5	24.6	3,349.0	23.4	30.7	5.3
	3	0.45	2.40	31.0	48.7	20.3	3,187.2	22.8	29.1	5.7
	4	0.85	2.40	45.9	38.2	15.9	2,330.0	25.2	25.1	6.4
Star points (4 points)	5	0.37	1.70	26.9	46.1	27.1	2,573.0	21.3	34.1	5.1
	6	0.93	1.70	48.3	32.6	19.2	3,677.2	24.2	27.9	6.2
	7	0.65	0.99	39.4	30.2	30.4	3,087.6	22.6	34.7	4.7
	8	0.65	2.61	39.4	43.8	16.8	3,200.0	23.9	25.7	5.8
Central points (3 points)	9	0.65	1.70	39.4	38.2	22.4	2,045.3	21.5	27.9	7.2
	10	0.65	1.70	39.4	38.2	22.4	1,998.5	22.3	28.3	7.1
	11	0.65	1.70	39.4	38.2	22.4	2,105.1	21.2	27.7	7.2

¹ X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C. ²A, Other supplementary ingredients [margarine (54.5%, w/w), sugar (32.9%, w/w), egg yolk (12.2%, w/w), salt (0.5%, w/w)]; B, soft flour; C, Israeli carp paste. ³ Y_1 (hardness, N/m²), Y_2 (yellowness), Y_3 (amino acid-N, mg/100 g), Y_4 (overall acceptance, score).

이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

향어 쿠키의 경도(Y_1), 황색도(Y_2), 아미노산 질소(Y_3) 및 종합적 기호도(Y_4)에 대한 결과치를(Table 2) 이용하여 MINITAB program의 RSREG로 향어 쿠키 배합조건의 종속변수들에 대한 일차항(linear), 이차항(quadratic) 및 교차항(cross-product)과 같은 여러 가지 2차 회귀방정식의 계수들과 이들의 유의성을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. MINITAB 통계 프로그램의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 살펴본 종속변수에 대한 각 항들의 P-value는 경도(Y_1)의 경우 X_1 과 같은 일차항 1종, X_1^2 , X_2^2 과 같은 이차항 2종, 교차항인 $X_1 \cdot X_2$ 와 같은 1종, 총 4종의 항이, 황색도(Y_2)의 경우 X_1 , X_2 와 같은 일차항 2종, 이차항인 X_1^2 과 같은 1종, 총 3종만이, 아미노산 질소(Y_3)와 종합적 기호도(Y_4)의 경우 모두 X_1 , X_2 와 같은 일차항 2종, X_1^2 , X_2^2 과 같은 이차항 2종으로 총 4종의 항만이 인정되었다($P < 0.05$). 따라서, 경도(Y_1), 황색도(Y_2), 아미노산 질소(Y_3) 및 종합적 기호도(Y_4)의 반응모형방정식 중 항의 유의성($P < 0.05$)을 고려하여 간결식으로 나타내면 $Y_1 = 2049.6 + 171.1X_1 + 114.4X_2 + 329.3X_1^2 + 413.6X_2^2 - 592.4X_1 \cdot X_2$ ($R^2 = 0.960$, P-value = 0.002), $Y_2 = 21.667 + 1.113X_1 + 0.680X_2 + 0.567X_1^2 + 0.817X_2^2 + 0.000X_1 \cdot X_2$ ($R^2 = 0.941$, P-value = 0.004), $Y_3 = 27.967 - 2.159X_1 - 3.053X_2 + 1.373X_1^2 + 0.973X_2^2 + 0.125X_1 \cdot X_2$ ($R^2 = 0.992$, P-value = 0.000), $Y_4 = 7.1667 + 0.3820X_1 + 0.4820X_2 - 0.7521X_1^2 - 0.9521X_2^2 - 0.0250X_1 \cdot X_2$ ($R^2 = 0.991$, P-value = 0.000)과 같다.

향어 쿠키를 위한 간결 반응모형방정식의 독립변수와 종속변

수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본 결과는 Table 4와 같다. 향어 쿠키의 최적화를 위한 경도(Y_1), 황색도(Y_2), 아미노산 질소(Y_3) 및 종합적 기호도(Y_4)가 모두 일차항, 이차항 및 교차항에서 유의성이 인정되었다($P < 0.05$). 향어 쿠키의 대한 반응모형방정식 모델의 적합성 결여 검증(lack of fit test)은 경도(Y_1) 0.069, 황색도(Y_2) 0.727, 아미노산 질소(Y_3) 0.269 및 종합적 기호도(Y_4)가 0.126으로, 모두 0.05보다 높아 적합한 모델로 간주되었다(Isa et al., 2011; Shin et al., 2020). 결정계수(R^2)가 경도(Y_1) 0.960, 황색도(Y_2) 0.941, 아미노산 질소(Y_3) 0.992 및 종합적 기호도(Y_4) 0.991로 모두 1에 가까우며, model 값이 경도 0.002, 황색도 0.004, 아미노산 질소 및 종합적 기호도가 모두 0.000으로 0.05보다 낮아 설계된 모형이 모두 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2006).

한편, 향어 쿠키 제조 시 향어 페이스트의 많은 사용은 향어 쿠키의 물성과 특유의 이취로 소비자의 기호성 하락이 우려되며, 많은 밀가루 및 부원료(마가린, 설탕) 사용은 단가 상승의 원인이 되어 소비자가 구매를 기피할 우려가 있어 적정 첨가량을 고려한 범위가 설정되어야 한다. 이를 고려한 향어 쿠키의 종속변수[경도(Y_1), 황색도(Y_2), 아미노산 질소(Y_3) 및 종합적 기호도(Y_4)] 작용 범위는 예비실험 결과와 향어 무첨가 쿠키와 비교하여 결정하였다. 즉, 예비 실험과 향어 무첨가 쿠키에 의한 경도는 각각 1,920.5–4,800.5 N/m² 및 2,058.3 N/m², 황색도는 각각 21.0–27.0 및 29.0, 아미노산 질소는 각각 24.9–40.3 mg/100 g 및 25.1 mg/100 g, 종합적 기호도는 각각 2.9–7.2점 및 5.0점

Table 3. Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equation for different response for material-blending operation optimization of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio* based on t-statistic

	Y_1^2		Y_3		Y_3		Y_4	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Intercept	2049.6	0.000	21.667	0.000	27.967	0.000	7.1667	0.000
X_1^1	171.1	0.027	1.113	0.001	-2.159	0.000	0.3820	0.000
X_2	114.4	0.094	0.680	0.010	-3.053	0.000	0.4820	0.000
X_1X_1	329.3	0.004	0.567	0.036	1.373	0.001	-0.7521	0.000
X_2X_2	413.6	0.002	0.817	0.199	0.973	0.003	-0.9521	0.000
X_1X_2	-592.4	0.001	0.000	0.236	0.125	0.598	-0.0250	0.705

¹ X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C. ² Y_1 (hardness, N/m²), Y_2 (yellowness), Y_3 (amino acid-N, mg/100 g), Y_4 (overall acceptance, score).

Table 4. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables for material-blending operation optimization of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio*

Independent	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross produce	Lack of fit
Y_1 (hardness, N/m ²) ¹	0.002	0.037	0.002	0.001	0.069
Y_2 (yellowness)	0.004	0.002	0.018	1.000	0.727
Y_3 (amino acid-N, mg/100 g)	0.000	0.000	0.001	0.598	0.269
Y_4 (overall acceptance, score)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126

¹ Y_1 (hardness, mPa·s), Y_2 (viscosity, N/m²), Y_3 (amino-N, mg/100 g), Y_4 (overall acceptance, score)

으로 설정하였으며, 이들의 목표값은 예비실험 결과, 향어 무첨가 쿠키와 기호성이 뛰어난 것을 참고하여 경도는 2,000 N/m², 황색도는 최소값인 20.0, 아미노산 질소는 30.0 mg/100 g, 종합적 기호도는 최대값인 9점으로 설정하였다. 이러한 일면에서 향어 쿠키의 배합조건에 대한 종속변수 각각과 이들이 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 앞에서 언급한 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 5와 같다. 향어 쿠키 배합조건의 독립변수(X_1 및 X_2)에 대한 목표값을 고려한 경도(Y_1)의 최적값은 부호값이 각각 -1.24 및 -0.56이었고, 실제값으로 환산하는 경우 각각 0.90 및 1.81이었으며, 암호화된 값을 첨가비율로 환산하는 경우 부원료(A) 47.4%, 밀가루 (B) 33.9% 및 향어 페이스트(C) 18.7%이었다. 향어 쿠키 배합조건의 독립변수(X_1 및 X_2) 목표값을 고려한 황색도(Y_2)의 최적값은 부호값이 각각 -0.99 및 -0.41이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 0.40 및 1.42이었으며, 이를 첨가비율로 환산하

는 경우 부원료(A) 28.6%, 밀가루 (B) 41.9% 및 향어 페이스트 (C) 29.5%이었다. 향어 쿠키 배합조건의 독립변수(X_1 및 X_2) 목표값을 고려한 아미노산 질소(Y_3)의 최적값은 부호값이 각각 0.00 및 -0.56, 이의 실제값의 경우 각각 0.65 및 1.59이었으며, 이를 첨가비율로 환산하는 경우 부원료(A) 39.4%, 밀가루 (B) 37.2% 및 향어 페이스트(C) 23.4%이었다. 향어 쿠키 배합조건의 독립변수(X_1 및 X_2) 목표값을 고려한 종합적 기호도(Y_4)의 최적값은 부호값이 모두 0.24이었고, 이를 실제값(uncoded value)으로 환산하는 경우 각각 0.60 및 1.75이었으며, 이를 첨가비율로 환산하는 경우 부원료(A) 37.5%, 밀가루 (B) 39.8% 및 향어 페이스트(C) 22.7%이었다.

위에서 언급한 향어 쿠키의 배합조건에 따른 독립변수를 동시에 충족하는 부원료, 밀가루 및 향어 페이스트의 X_1 및 X_2 는 각각 -0.56 및 -0.13이었고, 실제값으로 환산한 값은 각각 0.54 및 1.64이었으며, 이를 첨가비율로 환산하는 경우 부원료(A) 35.0%, 밀가루(B) 40.3% 및 향어 페이스트(C) 24.7%이었다.

Table 5. Optimum material-blending condition predicted for preparation of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio* obtained by MINITAB program

Dependent variables	Value	X_1	X_2
Y_1^2	Target	2,000	2,000
	Coded	-1.24	-0.56
	Actual	0.90	1.81
Y_2	Target	Min	Min
	Coded	-0.99	-0.41
	Actual	0.40	1.42
Y_3	Target	30.0	30.0
	Coded	0.00	-0.56
	Actual	0.65	1.59
Y_4	Target	Max	Max
	Coded	0.24	0.24
	Actual	0.60	1.75
Multiple response optimization	Coded	-0.56	-0.13
	Actual	0.54	1.64
Predicted		Y_1 : 2,006.2 N/m ² , Y_2 : 21.1, Y_3 : 30.0 mg/100 g, Y_4 : 6.6 score	

¹ X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C. ² Y_1 (hardness, N/m²), Y_2 (yellowness), Y_3 (amino acid-N, mg/100 g), Y_4 (overall acceptance, score).

이들 구멍된 최적 조건에서 제조된 향어 쿠키의 경도는 2,006.2 N/m², 황색도는 21.1, 아미노산질소 함량은 30.0 mg/100 및 종합적 기호도는 6.6점으로 예측되었다. 이들 최적조건[부원료 35.0%, 밀가루 40.3% 및 향어 페이스트 24.7%]을 적용하여 제조한 향어 쿠키의 실제 측정값은 경도의 경우 2,010.5±22.3 N/m², 황색도의 경우 21.6±0.5, 아미노산 질소의 경우 29.6±0.7 mg/100 g, 종합적 기호도의 경우 6.9±0.3점이었으며(Table 6), 이는 예측값과의 유의성이 인정되지 않았다(P>0.05).

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 향어 쿠키 배합조건[부원료, 밀가루 및 향어 페이스트]의 최적 모델이라 판단되었다.

향어 쿠키의 구이 공정 최적화

가열처리 시간(오븐구이 160°C에서 10–30분 범위, 5분 간격)에 따른 향어 쿠키의 경도, 수분, 냄새강도 및 헌터 색조를 살펴본 결과는 Table 7과 같다. 가열처리 시간에 따른 향어 쿠키의 경도 및 수분 함량은 각각 725–2,847 N/m² 범위 및 4.1–8.7 g/100 g 범위이었고, 가열처리 시간이 경과할수록 경도의 경우 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나(P<0.05), 20분 및 25분 가열처리구 간에 유의성이 인정되지 않았고(P>0.05), 수분의 경우 감소하는 경향을 나타내었으나(P<0.05), 25분 및 30분 가열처리구 간에 유의성이 인정되지 않았다(P>0.05). 가열처리 시간에 따른 향어 쿠키의 냄새강도는 522–640 level 범위이었으며, 가열처리 시간이 경과할수록 유의적으로 증가하

는 경향을 나타내었으나(P<0.05), 10분, 15분 및 20분, 그리고 25분 및 30분 가열처리구 간의 경우 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 이와 같이 가열시간이 경과할수록 향어 쿠키의 냄새 강도가 증가하는 것은 설탕이 가열 분해됨으로써 형성되는 휘발성 물질들인 아세톤(acetone), γ -부티롤락톤(γ -butyrolactone) 등의 락톤류, 훌후랄(furfural)을 비롯한 이의 유도체들, 2-아세토후란(2-acetonfuran)과 같은 후란 유도체들, 2-부타논(2-butanone)과 같은 케톤류, 초산(acetic acid), 페놀(phenol) 등의 영향이라 판단되었다(Walter and Fagerson, 1968). 가열처리 시간에 따른 향어 쿠키의 황색도 및 명도는 각각 21.1–23.8 범위 및 46.2–64.8 범위로, 가열처리 시간이 경과할수록 황색도의 경우 유의적으로 증가하는 경향을(P<0.05), 명도의 경우 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으나(P<0.05), 황색도의 경우 10분 및 15분 처리구, 15분, 20분, 25분 및 30분 처리구 간에 유의적인 차이가 없었고(P>0.05), 명도의 경우 10분, 15분 및 20분 처리구 간에 차이가 없었다(P>0.05). 이와 같이 쿠키의 냄새 강도가 증가함과 동시에 황색도가 증가하면서 명도가 감소하는 것은 당류를 가열하면 용점 근처에서 녹는데, 이것을 계속적으로 가열하여 온도가 용점 이상이 되는 경우 점조성을 띠는 적갈색 물질의 생성과 동시에 독특한 향미를 부여하는 현상인 캐러멜화 반응(caramelization reaction)과 당과 아미노기에 의한 메일라드 반응(maillard reaction)이 진행됨에 따라 갈색 색소가 생성되었기 때문이라 판단되었다(Miskiewicz et al., 2018; Hwang and Lee, 2021). 일반적으로 당류의 캐러멜화 반응은 pH, 수분활성도, 산화환원 전위 및 식품의 구조에 크게 영향받는 것으로 알려져 있다(Miskiewicz et al., 2018).

가열처리 시간(오븐 160°C에서 10–30분 범위로 가열, 5분 간격)에 따른 향어 쿠키의 맛, 색, 냄새(비린내), 조직감(경도) 및 종합적 기호도와 같은 관능적 기호도를 살펴본 결과는 Table 8과 같다. 가열처리 시간에 따른 쿠키의 맛은 4.3–6.2점 범위로 가열처리 20분까지 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 25분부터, 색 및 냄새는 각각 4.8–7.1점 범위 및 5.9–6.6점 범위로, 두 항목 모두가 25분까지 유의적 차이가 없었으나(P>0.05), 30분부터 유의적인 차이가 인정되었다(P<0.05). 조직감 및 종합적 기호도는 각각 5.4–6.2점 범위 및 5.3–6.5점 범위로, 두 향

Table 6. Predicted and experimental hardness, yellowness, amino acid-N and overall acceptance of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio* obtained under optimum condition

Dependent variables	Predicted values	Experimental values	Matching ratio ¹ (%)
Y_1 (hardness, N/m ²)	2006.2 ^{a2}	2010.5±22.3 ^a	100.2
Y_2 (yellowness)	21.1 ^a	21.6±0.5 ^a	102.4
Y_3 (amino acid-N, mg/100 g)	30.0 ^a	29.6±0.7 ^a	98.7
Y_4 (overall acceptance, score)	6.6 ^a	6.9±0.3 ^a	104.5

¹(Experimental values÷predicted values)×100. ²Difference letters on the data in the row indicate a significant difference at P>0.05.

Table 7. Hardness, moisture, volatile component intensity (VCI), Hunter color value (yellowness and lightness) of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio* as affected by baking time in an oven (160°C)

Heating time (min)	Hardness (N/m ²)	Moisture (g/100 g)	VCI (level)	Hunter color value	
				Yellowness	Lightness
10	725±96 ^{a1}	8.7±0.5 ^b	535±36 ^a	21.1±0.4 ^a	63.6±0.4 ^c
15	1,380±156 ^b	4.9±0.1 ^c	522±33 ^a	22.4±0.6 ^{ab}	64.8±0.6 ^c
20	2,045±169 ^c	4.1±0.4 ^b	532±49 ^a	23.2±0.5 ^b	63.9±1.3 ^c
25	2,291±205 ^c	1.7±0.2 ^b	614±30 ^b	23.1±1.4 ^b	52.7±5.0 ^b
30	2,847±96 ^d	1.3±0.1 ^a	640±49 ^b	23.8±0.9 ^b	46.2±2.0 ^a

¹The difference letters on the data in the column indicate a significant difference at P<0.05.

Table 8. Results on the sensory evaluation of cookie with Israeli carp *Cyprinus carpio* as affected by baking time in an oven (160°C)

Heating time (min)	Sensory evaluation (score)				
	Taste	Color	Flavor	Texture	Overall acceptance
10	5.7±0.4 ^{b1}	6.4±0.3 ^b	5.9±0.2 ^a	5.4±0.2 ^{ab}	5.8±0.1 ^{ab}
15	6.1±0.2 ^b	6.8±0.5 ^b	6.2±0.1 ^{ab}	5.8±0.3 ^c	6.2±0.5 ^{bc}
20	6.2±0.3 ^b	7.1±0.3 ^b	6.5±0.2 ^{ab}	6.2±0.2 ^d	6.5±0.2 ^c
25	4.6±0.2 ^a	6.5±0.6 ^b	6.5±0.6 ^{ab}	5.7±0.1 ^{bc}	6.0±0.3 ^{bc}
30	4.3±0.3 ^a	4.8±0.1 ^a	6.6±0.3 ^b	5.2±0.2 ^a	5.3±0.2 ^a

¹The difference letters on the data in the column indicate a significant difference at P<0.05.

Table 9. Results on the sensory evaluation of cookie with and without Israeli carp *Cyprinus carpio* paste (control)

Product	Sensory evaluation (score)				
	Taste	Color	Flavor	Texture	Overall acceptance
Control	5.0±0.0 ^{a1}	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a
C-ICP	5.4±0.1 ^b	6.2±0.1 ^b	6.0±0.1 ^b	6.5±0.2 ^b	6.3±0.3 ^b

¹The difference letters on the data in the column indicate a significant difference at P<0.05.

목 모두 가열처리가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하여 20분에서 최고점을 나타내었고(P<0.05), 이후 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.05).

이상의 가열조건에 따른 향어 쿠키의 최적 배합조건으로 제조한 쿠키의 호화 및 상온 유통을 목적으로 가열처리 정도(목표 온도인 160°C에서 10-30분 동안 가열, 5분 간격)에 따른 향어 쿠키의 물리화학적 특성을 조직감(경도)과 수분 함량, 냄새(냄새강도), 색(헨터색조) 및 관능검사[맛, 색, 냄새(비린내), 조직감(경도) 및 종합적 기호도]로 살펴본 결과 최적 가열조건은 20분으로 판단되었다.

최적 향어 쿠키의 관능적 품질 특성

시제 향어 쿠키의 패널에 의한 관능평가는 대조구(향어 페이스트를 첨가하지 않고 제조한 쿠키)의 각 항목을 기준점인 5점으로 하고, 대조구보다 이들 항목이 우수한 경우 6-9점으로, 열악한 경우 1-4점으로, 그 정도를 달리하여 평가한 결과는 Table 9와 같다. 향어 쿠키의 관능 평점은 맛이 5.4점, 색이 6.2점, 냄새가 6.0점, 조직감이 6.5점, 그리고 종합적 기호도가 6.3점으로, 대조구의 이들 항목에 비하여 모두 유의적으로 우수하였다(P<0.05).

이상의 패널에 의한 관능평가 결과 시제 향어 쿠키는 대조구보다 우수하여 시장성이 있을 것으로 추정되었다.

References

Beddows CG, Ismail M and Steinkraus KH. 1976. The use of bromelain in the hydrolysis of mackerel and the investigation of fermented fish aroma. *J Food Sci Technol* 11, 379-388. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1976.tb00736.x>.
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>.
Choi HW and Sim KH. 2021. Antioxidant activities and quality characteristics of rice cookie with added butterbur (*Petasites japonicus*) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34, 1-14. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2021.34.1.001>.
Corrêaa THA and Holanda J. 2020. Fish bone as a source of raw material for synthesis of calcium phosphate. *Mater Res* 22, e20190486. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2019-0486>.
Hwang ES and Lee SA. 2021. Quality characteristic, acrylamide content, and antioxidant activity of cookies by baking time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50, 264-271. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2021.50.3.264>.
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 Crops Prod* 33, 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.024>.
Jung Ho, Lee JJ and Lee MY. 2008. The characteristics of cookie and muffin made with soybean paste powder and sun-dried salt. *Korean J Food Preserv* 15, 505-511.
Jung KJ and Lee SJ. 2011. Quality characteristics of rice cookies prepared with sea mustard (*Undaria pinnatifida* Suringer) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40, 1453-1459. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.10.1453>.
Kang KT, Heu MS and Kim JS. 2007. Preparation and food component characteristics of snack using flatfish-frame. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36, 651-656. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.5.651>.
Kang SI, Kim MW, Kim YJ, Kim MJ, Choi BD, Heu MS and Kim JS. 2016. Processing optimization of restructured jerky

- from sea rainbow trout frame muscle. *Food Sci Biotechnol* 25, 707-712. <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-016-0123-6>.
- Kim HJ, Yoon MS, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2010. Processing optimization of gelatin from rockfish skin based on yield. *Fish Aqua Sci* 13, 1-11.
- Kim JS and Park JW. 2004. Characterization of acid-soluble collagen from Pacific whiting surimi processing byproducts. *J Food Sci* 69, 637-642. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09912.x>.
- Kim MS, Cho JY, Kim DH, Jeon HJ and Kim EO. 2009. Toxicity, antibacterial and parasiticidal effects of hydrogen peroxide for Israel carp (*Cyprinus carpio*). *J Fish Pathol* 22, 1-7.
- Korsheed AM and Naji GA. 2023. Preparation and characterization of natural fish bone as an implant material. *J Med Chem Sci* 6, 668-676. <https://doi.org/10.26655/JMCHEM-SCI.2023.3.23>.
- Lee GH, Harwanto D, Park SM, Choi JS, Kim MR and Hong YK. 2015. Hot water extract of leather carp (*Cyprinus carpio nudus*) improves exercise performance in mice. *Prev Nutr Food Sci* 20, 246-252. <https://doi.org/10.3746/pnf.2015.20.4.246>.
- Lee GW, Choi MJ and Jung BM. 2010. Quality characteristics and antioxidative effect of cookies made with *Capsosiphon fulvescens* powder. *Korean J Food Cook Sci* 26, 381-389.
- Lee JA, Park GS and Ahn SH. 2002. Comparative of physicochemical and sensory quality characteristics of cookies added with barleys and oatmeals. *Korean J Soc Food Cook Sci* 18, 238-246.
- Lee JA, Song JS and Yoon JY. 2017. Quality characteristics of cookies with added dried laver (*Porphyra tenera*) powder. *Culin Sci Hosp Res* 23, 88-96. <http://doi.org/10.20878/cshr.2017.23.7.010>.
- Lee JG, Kim PG, Baek BK and Lee SB. 1983. Experimental infection of *Clonorchis siensis* to *Cyprinus carpio nudus*. *Korean J Parasitol* 21, 11-19. <https://doi.org/10.3347/kjp.1983.21.1.11>.
- Lee JY, Kim MS, Kim HC, Kim HS, Park JJ, Jeon JC, Choi J, Hwang HG, Kim BK, Song MG and Kim SH. 2020. Technical Manual for *Cyprinus carpio* Aquaculture. National Institute of Fisheries Science, Busan, Korea, 16-36.
- Lee SM, KO YJ, Jung HA, Paik JE and Joo NM. 2005. Optimization of iced cookie with the addition of dried sweet pumpkin powder. *Korean J Food Culture* 20, 516-524.
- MFDS (Ministry of Food and Drug safety). 2022. Standards and Specifications for Each Food Products. Retrieved <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on Jul 28, 2022.
- Miskiewicz K, Nebesny E, Rosicka-kaczmarek J, Zyzelewicz D and Budryn G. 2018. The effects of baking conditions on acrylamide content in shortcrust cookies with added freeze-dried aqueous rosemary extract. *J Food Sci Technol* 55, 4184-4196. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3349-X>.
- Oh CH and Kang CS. 2016. Effects of apple pomace on cookie quality. *Culin Sci Hosp Res* 22, 89-98. <https://doi.org/10.20878/cshr.2016.22.8.008>.
- Park YH, Kim SB and Chang DS. 1995. *Seafood Processing*. Hyungsul Publishing Ltd., Seoul, Korea. 70-896.
- Pyo SJ, Lee SM and Joo NM. 2010. Optimization of germinated brown rice cookie prepared with (*Laminaria longissima*) seatangle powder. *Korean J Food Cook Sci* 26, 617-626.
- Ribeiro GS, Monteiro MKC, Carmo JR, Penac RS and Chistec RC. 2021. Peach palm flour: Production, hygroscopic behaviour and application in cookies. *Heliyon* 7, e07062. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07062>.
- Shin EC, Kwak DY, Ahn SY, Kwon SO, Choi YJ, Kim DM, Choi GB, Boo CG, Kim SB, Kim JS, Lee JS and Cho SM. 2020. Optimization of extrusion cooking conditions for the preparation of seasoning from manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 823-833. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0823>.
- Souza MLR, Gasparino E, Goes ESR, Coradini MF, Vieira VI, Oliveira GG, Maticcui MA, Castro ACVJ, Siemer S, Fernandes VRT and Feihrmann AC. 2022. Fish carcass flours from different species and their incorporation in tapioca cookies. *Future Foods* 5, 100132. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100132>.
- Stevens JR, Newton RW, Tlusty M and Little DC. 2017. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilization. *Mar Policy* 90, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.12.027>.
- Suzuki T. 1981. *Fish and Krill Protein: Processing Technology*. Springer Dordrecht, Dordrecht, Netherlands, 245-250.
- Walter RH and Fagerson IS. 1968. Volatile compounds from heated glucose. *J Food Sci* 33, 294-297. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb01371.x>.
- We GJ, Lee I, Kang TY, Min JH, Kang WS and Ko SH. 2011. Physicochemical properties of extruded rice flours and a wheat flour substitute for cookie application. *Food Eng Prog* 15, 404-412.
- Zhou P and Regenstein JM. 2006. Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. *J Food Sci* 69, 393-398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10704.x>.