

반응표면분석법을 이용한 밀웜 분말, 설탕, 탈지분유 첨가 설기떡의 제조조건 최적화

장명¹ · 이지은² · 유현희³ · 노정옥^{4*}

¹전북대학교 영양교육전공 석사, ²전북대학교 식품영양학과 박사,

³군산대학교 식품영양학과 교수, ⁴전북대학교 식품영양학과 교수

Optimization of *Sulgidduck* Prepared with Mealworm Powder, Sugar and Skim Milk Powder Using the Response Surface Methodology

Myeong Jang¹, Ji Eun Lee², Hyeon Hee Yu³ and Jeong Ok Rho^{4*}

¹Master, Major of Nutrition Education, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

²Ph. D., Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

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

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

ABSTRACT

This study examined the optimal mixture quantities of mealworm powder, sugar, and skim milk powder for preparing *Sulgidduck*. The experiment was based on the central composite response surface methodology (RSM) design. Accordingly, mealworm powder, sugar, and skim milk powder were set as the independent variables. The experimental data on physicochemical and textural properties and sensory evaluation were fitted to various models. Among the responses, moisture content ($p<0.05$), sugar content ($p<0.001$), L-value ($p<0.001$), a-value ($p<0.01$), and b-value ($p<0.01$), textural properties of hardness ($p<0.001$), adhesiveness ($p<0.05$), cohesiveness ($p<0.05$), gumminess ($p<0.01$), chewiness ($p<0.01$), and the sensory properties of appearance ($p<0.001$), flavor ($p<0.05$), mouthfeel ($p<0.01$), and overall acceptability ($p<0.01$) showed significant correlations with mealworm powder, sugar, and skim milk powder. From these results, the optimal formulation was calculated by applying numerical and graphical methods, and was determined to be 5 g mealworm powder, 44.39 g sugar, and 18 g skim milk powder. We believe *Sulgidduck* prepared with mealworm powder, sugar, and skim milk powder has the potential to be a functional product that meets various consumer preferences and takes advantage of the increasing accessibility of edible insects.

Keywords: mealworm powder, skim milk powder, *Sulgidduck*, response surface methodology

서 론

최근의 식품시장은 지속적인 성장세를 보이고 있으나, 환경에 대한 관심증대와 새로운 것을 원하는 소비자들의 기호 변화의 영향으로 기존에 먹지 않은 새로운 식품에 대한 연구와 개발의 필요성이 식품산업에서 대두되고 있다(Seo HJ & Cho IH 2018). 이러한 변화로 현재 인구 증가로 인한 식량난 및 환경오염 등을 대비하기 위한 방법으로 식용곤충이 주목받고 있다(Lee JH 등 2016). 농림축산식품부의 조사에 의하면 국내 식용곤충 시장 규모는 2015년 대비 2020년 1,600억 원 규모로 지속적인 성장을 예측하였다(Park ES & Choi MK

2020). 곤충은 식물과 동물에게 해충으로 인식되어 왔으나 최근 인류에게 유용하게 이용되는 경우가 증가하고 있다(Chong HS 등 2017). 특히, 곤충사육 시 기존의 가축들에 비해서 온실가스과 암모니아를 배출하는 양이 적기 때문에 친환경적으로 평가되고 있다(Van Huis A 등 2015).

우리나라의 경우, 식용곤충인 밀웜은 식품의약품안전처로부터 식용 식품으로 인정받았으며(Jeong YJ 등 2018), 영양성과 안정성이 인정되어 식품 소재로 이용되고 있다(Kim SH 등 2014). 식용곤충은 영양적으로 50~60% 정도의 조단백질을 함유하고 있어 고급 단백질 공급원이며, 8.1~59%의 조지방, 4.9~12.1%의 섬유소, 그 외의 여러 가지 무기물과 비타민 등을 함유하고 있다(Yoo JM 등 2013). 지금까지 밀웜 분말을 첨가하여 들깨강정(Lee SM 등 2019), 베이글(Seo HJ & Cho IH 2018), 북어다식(Kang MS 등 2018), 선식(Park

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

KH & Kim GY 2018), 양갱(Jeon AR & Chung HJ 2018), 식빵(Kim YM 2017), 쿠키(Min KT 등 2016), 머핀(Hwang SY & Choi SK 2015), 패티(Kim HM 등 2015), 파스타(Kim SH 등 2014) 등의 개발이 진행되었다. 최근 스포츠인을 위한 단백질 보충제와 노인이나 환자들을 위한 영양 보충식의 개발 등 밀웜의 활용도가 확대되고 있으나(Lee SM 등 2019), 아직까지 식용곤충에 대한 소비자들의 부정적인 인식이 있어 이를 개선하기 위한 노력이 필요하겠다(Shin SM 2019).

떡은 맵쌀과 찹쌀을 주재료로 하는 우리 고유의 음식이며(Seo KM & Chung YH 2014), 농경사회와 같이 발전한 우리의 전통 음식이다(Song KY 등 2016). 최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아지면서 밀가루로 만든 빵보다 떡에 대한 관심이 높아졌다(Ahn GJ 2017). 특히, 떡 전문 프랜차이즈 업체의 증가로 떡 시장이 확대되고 있는 추세이다(Kim SH 등 2020). 다양한 떡의 종류 중 설기떡은 쌀을 가루로 만들어 쪄낸 떡을 내지 않고 찌내는 형태로(Yoon SJ & Lee YS 2016; Ahn GJ 2019a) 제조할 때 첨가되는 여러 가지 부재료의 특성에 따라서 떡의 물성과 저장성 및 소비자의 기호도를 증대시킬 수 있다(Jeon MR & Kim MR 2016). 이러한 목적을 위하여 코코아 분말(Ahn GJ 2019a), 찹 분말(Ahn GJ 2019b), 탈지 밀웜 분말(Shin SM 2019), 꾸찌콩열매 동결건조 분말(Choi SN & Choi EH 2018), 로젤(*Hibiscus sabdariffa* L.) 꽃받침 분말(Shin SY 등 2017), 전밤 분말(Ahn GJ 2017), 치아시드 분말(O HB 등 2017), 마키베리 분말(Cho NS & Chung HJ 2016), 무청 분말(Kim CH 2015), 비트잎 가루(Yoo SS & Ko SH 2014), 울금 분말(Seo KM & Chung YH 2014), 마카다미아 가루(Jo EH & Kim MH 2013), 사과가루(Lim JH 2011) 등의 부재료를 첨가한 설기떡 연구들이 진행되었다.

탈지분유는 우유의 지방을 제거하고 제조한 것으로 탄수화물 52%, 단백질 36%, 칼슘 1.3%, 지방 1% 이하로 구성되어 있다(Min JS 등 2015). 선행연구에 따르면 탈지분유를 첨가할 경우 다른 종류의 휘발성성분과 결합하거나 상호작용하여 향기와 맛에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Druaux C & Voilley A 1997). 실제로 Choi YH 등(1996)은 탈지분유를 첨가하여 증편을 제조하였을 때 부가적인 당의 첨가 없이

도 단맛을 증대시키는 효과가 있다고 보고하였다. Min JS 등(2015)의 연구에서도 커피믹스 제조 시 첨가된 탈지분유가 커피의 맛과 향에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되었다. 이에 본 연구는 밀웜 분말, 설탕 및 탈지분유를 첨가한 설기떡을 제조한 후 품질 특성을 분석하고 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)을 통해 밀웜 분말과 설탕 및 탈지분유의 최적 배합비를 산출하고자 한다. 이를 통하여 소비자의 기호도를 충족시킬 수 있는 밀웜 설기떡을 제조하여 우리나라의 식용곤충에 대한 인식의 개선과 식용곤충산업의 발전에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구는 온라인 매장에서 밀웜 분말(MG natural, 2020년, Damyang, Korea)과 전라북도 부안에서 2020년 도정한 신통진 쌀(Nyonghyup, Buan, Korea)을 구입하였으며, 전주 시내 대형 마트에서 탈지분유(Seoulmilk, Seoul, Korea), 설탕(Cheiljedang, Incheon, Korea)과 꽃소금(Cheiljedang, Sinan, Korea)을 구입하여 사용하였다. 물은 증류수를 사용하였다.

2. 실험 계획

본 연구는 밀웜 분말, 설탕 및 탈지분유를 첨가한 설기떡의 최적 재료 배합 비율을 설정할 목적으로 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)의 중심합성계획법(central composite design; CCD)에 따라 실험을 설계하였다. 독립변수는 설기떡의 품질에 영향을 줄 수 있는 요인을 기준으로 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2)과 탈지분유(X_3)로 설정하였다. 각 독립변수 범위는 예비실험 결과를 바탕으로 맵쌀가루 500 g을 기준으로 밀웜 분말 5~19 g, 설탕 40~60 g, 탈지분유 2~18 g으로 결정하였고, $-α$, -1 , 0 , $+1$, $+α$ 의 5단계로 부호화(code)하였다(Table 1). 설정된 범위는 꼭지점(factorial point) 8개, 축점(axial point) 6개, 중심점(central point) 4개로 설정하여 총 18개의 실험점으로 하였으며, $α=1.732$ 로 정하였다. 밀웜 분말, 설탕과 탈지분유를 첨가한 설기떡의 재료

Table 1. Coded independent variables used in RSM design for *Sulgidduck* prepared with mealworm powder, sugar, and skim milk powder

Independent variable	Symbol	Coded-variables				
		$-α$	-1	0	1	$α$
Mealworm powder (g)	X_1	5	8	12	16	19
Sugar (g)	X_2	40	44	50	56	60
Skim milk powder (g)	X_3	2	5	10	15	18

배합은 Table 2와 같다.

독립변수에 따른 품질변화를 알아보기로 하자 이화학적 특성 [수분(Y_1), 당도(Y_2), 명도(Y_3), 적색도(Y_4), 황색도(Y_5)], 물성 [경도(Y_6), 부착성(Y_7), 응집성(Y_8), 탄력성(Y_9), 검성(Y_{10}), 씹힘성(Y_{11})], 관능평가[외관(Y_{12}), 향미(Y_{13}), 맛(Y_{14}), 입안에서의 느낌(Y_{15}), 전반적 기호도(Y_{16})]를 종속변수로 설정하였다.

3. 설기떡의 제조

설기떡의 제조방법은 Jo EH & Kim MH(2013), Lee SH (2019)의 방법을 참고하여 다수의 예비실험을 통하여 결정하였다. 설기떡 제조를 위해 멥쌀을 5회 수세 후 상온에서 12 시간 침지한 뒤 체에 30분간 물기를 빼고 쌀 무게의 1%에 해당하는 꽃소금을 넣고 분쇄기로 2회 분쇄하였다. 20 mesh 체에 친 쌀가루 500 g에 증류수 50 g을 넣고 잘 섞어 다시 한 번 체에 내린 후 밀웜 분말과 탈지분유를 넣고 다시 한 번

Table 2. Formulas for the manufacture of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar, and skim milk powder

Sample no.	Variables ¹⁾			Rice flour (g)	Water (g)	Salt (g)
	X ₁ (g)	X ₂ (g)	X ₃ (g)			
1	8(-1)	44(-1)	5(-1)	500	50	5
2	16(+1)	44(-1)	5(-1)	500	50	5
3	8(-1)	56(+1)	5(-1)	500	50	5
4	16(+1)	56(+1)	5(-1)	500	50	5
5	8(-1)	44(-1)	15(+1)	500	50	5
6	16(+1)	44(-1)	15(+1)	500	50	5
7	8(-1)	56(+1)	15(+1)	500	50	5
8	16(+1)	50(0)	15(+1)	500	50	5
9	5(-α)	50(0)	10(0)	500	50	5
10	19(α)	40(-α)	10(0)	500	50	5
11	12(0)	60(+α)	10(0)	500	50	5
12	12(0)	50(0)	10(0)	500	50	5
13	12(0)	50(0)	2(-α)	500	50	5
14	12(0)	50(0)	18(+α)	500	50	5
15	12(0)	50(0)	10(0)	500	50	5
16	12(0)	50(0)	10(0)	500	50	5
17	12(0)	50(0)	10(0)	500	50	5
18	12(0)	50(0)	10(0)	500	50	5

¹⁾ X₁: mealworm powder, X₂: sugar, X₃: skim milk powder.

고루 섞어 체에 내렸다. 찌기 바로 직전에 설탕을 넣고 고루 섞어 대나무 찌기(지름 25.4 cm × 높이 7 cm)에 재료를 넣고, 찌름 속에서 20분간 찌낸 후 3분간 뜸을 들이고 꺼내어 식힌 후 분석에 이용하였다. 제조한 설기떡은 일반 카메라를 이용하여 촬영하였으며, 시료별 제조한 설기떡은 Fig. 1과 같다.

4. 밀웜 분말 첨가 설기떡의 이화학적 특성

1) 수분 측정

밀웜 분말 첨가 설기떡의 수분은 시료 1 g을 유리 칭량병에 넣어 105℃에서 상압가열건조법(AOAC 1995)으로 3회 반복 측정하였으며, 그 평균값을 구하였다.

2) 당도 측정

밀웜 분말 첨가 설기떡의 당도는 분쇄한 시료 3 g에 증류수 27 mL를 vortex를 이용하여 1분간 혼합한 뒤 4℃의 냉장고(RT38FAAADWW, Samsung, Suwon, Korea)에서 12시간 방치 후 상층액만 취하여 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 실험은 3회 반복하여 평균값을 구하였다.

3) 색도 측정

밀웜 분말 첨가 설기떡의 색도는 색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konika Minolta Inc., Osaka, Japan)를 사용하여 각 시료의 색을 측정하고 Hunter 체계의 명도(lightness), 적색도(redness), 황색도(yellowness)를 지시하는 L, a 및 b 값으로 나타내었고, 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 이때 표준 백판(white standard plate)의 L, a, b 값은 93.31, 1.75, 0.68이었다.

5. 밀웜 분말 첨가 설기떡의 물성

밀웜 분말 첨가 설기떡의 물성은 시료를 가로 2 cm × 세로 2 cm × 높이 2 cm의 크기로 잘라 물성측정기(CT3, Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleborough, Massachusetts, USA)를 이용하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess)과 씹힘성(chewiness)을 5회 반복 측정하였고, 그 평균값을 구하였다. 물성측정 조건은 An SL(2018), Jung JS 등(2010)의 연구를 참조하였으며 Table 3과 같다.

6. 밀웜 분말 첨가 설기떡의 관능평가

1) 관능평가 요원 선발

밀웜 분말 첨가 설기떡의 관능평가는 전북대학교 대학생

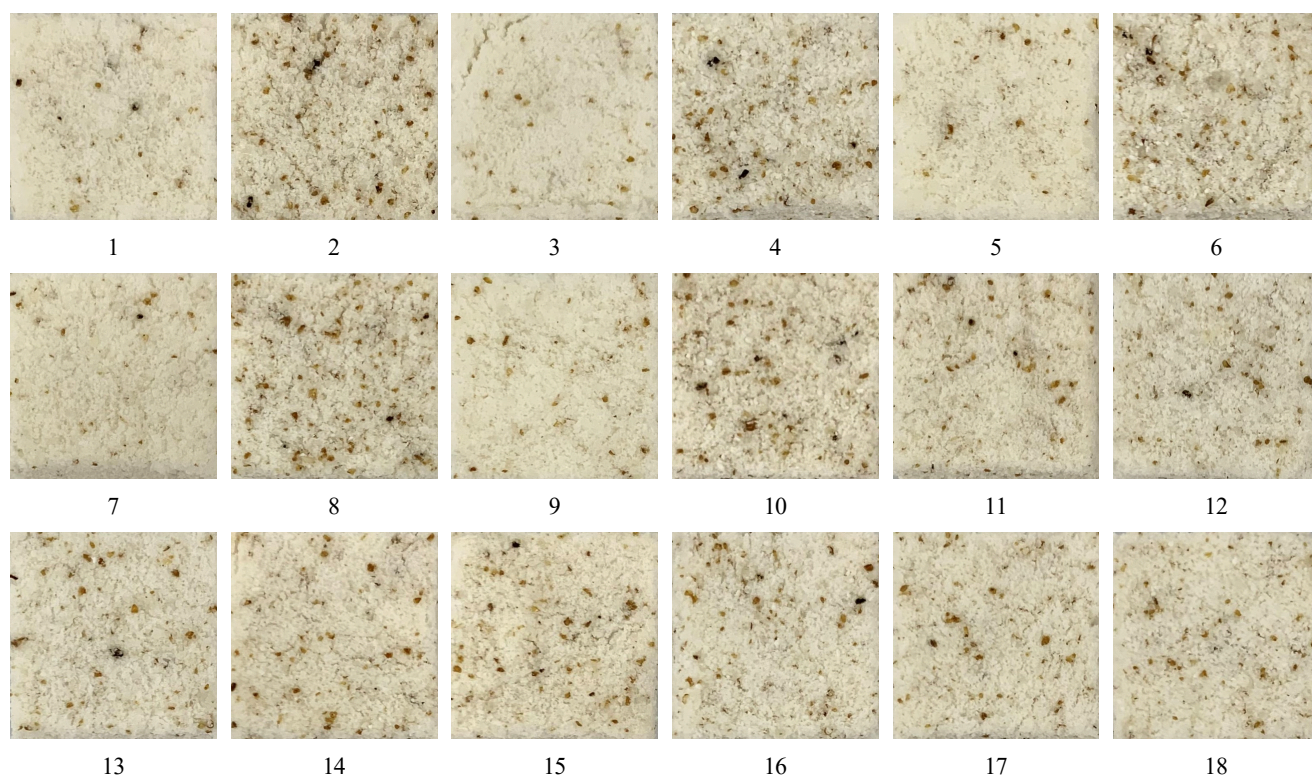


Fig. 1. Appearance of *Sulgidduck* prepared with mealworm powder and skim milk powder by central composite design.

Table 3. Measurement condition for texture analysis

Contents	Conditions
Test mode and option	TPA
Pre-test speed	1.00 mm/sec
Test speed	2.00 mm/sec
Post-test speed	10.00 mm/sec
Trigger load	6.8 g
Target value	5 mm
Probe	TA10 Cylinder (12.7 mmD, 35 mmL)
Sample rate	20 points/sec

및 대학원생을 대상으로 진행하였다. 평소 식품의 맛에 관심을 가지며 관능평가에 흥미가 있고, 경험이 있는 재학생을 평가요원으로 모집하였다. 모집된 대상자들에게 단맛, 쓴맛, 짠맛, 신맛, 감칠맛의 기본 맛 식별검사를 실시하여 맛에 대한 예민도를 평가하였다. 차이식별검사 결과 60% 이상의 정답률을 보인 대상자를 관능평가 요원으로 선정하였으며, 총 17명이 본 평가에 참여하였다. 본 밀웜 분말 첨가 설기떡의 관능평가는 본 연구자가 소속된 대학교의 생명윤리위원회의

승인을 받았다(No. JBNU 2020-03-006-001).

2) 관능평가 내용

선정된 관능평가 요원에게 실험 목적 및 평가 방법에 대하여 설명하고 훈련시킨 후 18개의 밀웜 분말 첨가 설기떡의 관능평가를 실시하였다. 평가 항목은 총 5개의 기호도 특성으로 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 입안에서의 느낌(mouthfeel)과 전반적 기호도(overall acceptability)로 정하였으며, Likert의 9점 척도법(1점: 매우 싫음, 5점: 보통, 9점: 매우 좋음)을 사용하여 평가하였다.

각 시료에 난수표에서 무작위 추출한 3자릿수 번호를 부여하였으며, 흰색 사기 접시에 균일한 크기(가로 2 cm, 세로 2 cm, 높이 2 cm)의 설기떡을 담아 물과 함께 제공하였다. 각 시료의 평가 후에는 제공된 물로 입을 헹구어 다음 시료의 평가에 영향을 최소화하였다. 관능평가를 위한 18개의 시료 순서는 실험의 오차를 줄이기 위하여 랜덤으로 제공하였으며, 중간에 2회의 휴식시간을 제공하여 평가의 오류를 방지하였다.

7. 밀웜 분말 첨가 설기떡 제조의 최적화 분석

본 연구는 Design Expert 11 Program(State-Easy Co.)을 이용하여 canonical 모형의 수치적 최적화(numerical optimiza-

tion)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 각 독립변수의 최적값을 선정하였고, 지점 예측(point prediction)을 통해 종속변수 각각의 예측값을 구하였다. Canonical 모형의 수치적 최적화는 목표 범위(goal area)를 독립변수인 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2), 탈지분유(X_3)를 실험범위 내(in range)로, 종속변수인 관능적 특성 중 기호도 검사 항목의 점수가 유의적인 항목을 최대(maximum)로 설정하고, 신뢰 수준 95% 구간에서 최적점(solution)을 구하였다. 그리고 제시된 최적점 중 가장 높은 적합도(desirability)를 나타내는 최적점을 채택하였다. 모형적 최적화는 다수의 종속변수의 결과들이 존재할 때 각각의 결과에서 목적으로 하는 중요한 범위를 설정한 후 그래프가 중첩되는 범위(overlay plot) 안에서 최적점을 찾았다.

8. 통계 분석

모든 실험의 통계 분석은 IBM SPSS Statistics 25.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 실험 자료의 분석 및 최적화는 Design Expert 11 Program(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA)을 이용하여 독립변수와 종속변수와의 관계를 분산분석과 회귀분석을 통해 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자 간 교호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면을 Perturbation plot과 Response surface plot으로 나타내었다. 분석결과 모델의 적합성은 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 밀웜 분말 첨가 설기떡의 이화학적 특성

밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2), 탈지분유(X_3)의 배합 비율을 달리하여 제조한 설기떡의 품질 특성 분석결과는 Table 4, 반응표면 회귀분석 결과는 Table 5와 같다.

1) 수분

밀웜 분말 첨가 설기떡의 수분 측정결과, 35.81~41.54%의 범위이었다. 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2), 탈지분유(X_3)가 수분함량에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과, 독립변수가 교호작용하는 2FI(two factor interaction) model이 선정되었다. 수분함량의 R^2 값은 0.6935, p -value는 0.0201로 유의하게 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정 결과, p -value가 0.9845로 나타나 모델의 적합성이 인정되었다.

회귀방정식의 계수와 반응표면 상태 결과, 수분함량에 가장 큰 영향을 주는 인자는 설탕과 탈지분유를 혼합한 경우이며 그 다음은 밀웜 분말이었다. Yoo JM 등(2013), Kang MS 등(2018)의 연구에서 분석된 밀웜 분말의 수분함량은 2.90%

와 0.41%로 차이가 있었으나 본 연구의 수분함량은 밀웜 분말의 첨가량이 많아질수록 감소하는 경향을 보였다. 코코아가루 첨가 설기떡(Ahn GJ 2019a) 연구에서 대조군의 수분함량이 43.02%이었으나 코코아가루의 첨가량이 10%인 경우 39.18%로 감소하였으며, 쪽분말 첨가 설기떡(Ahn GJ 2019b)의 대조군의 수분함량은 54.00%이었으나 쪽분말 첨가량이 7%일 때 수분함량은 44.54%로 감소하였다. 이외에 전분 분말 첨가 설기떡(Ahn GJ 2017), 로젤 꽃받침 분말 첨가 설기떡(Shin SY 등 2017)에서도 부재료인 분말의 첨가량이 증가할수록 수분함량이 감소하는 결과를 보였다. 이는 첨가하는 수분의 양은 일정하나 부재료의 첨가량은 증가하여 수분을 흡수하였기 때문으로 판단된다.

2) 당도

밀웜 분말 첨가 설기떡의 당도 측정 결과, 0.97~1.50 °Brix의 범위이었다. 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2), 탈지분유(X_3)가 당도에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과, 독립변수가 교호작용하는 quadratic model을 보였다. 당도의 R^2 값은 0.9750, p -value는 0.0001 미만으로 유의하게 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정 결과, p -value가 0.1082로 모델의 적합성이 인정되었다.

회귀방정식의 계수와 반응표면 상태 결과, 당도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 설탕이며, 그다음은 탈지분유로 나타났다. 당도는 설탕의 첨가량이 많을수록 완만하게 증가하다가 일정 수준 이상일 때 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 이는 설탕뿐만 아니라 탈지분유첨가에 따른 영향으로 보인다. Choi YH 등(1996)의 연구에서도 탈지분유가 증편의 당도를 증가시켰다고 보고하여 본 연구결과를 일부 확인하였다.

3) 색도

밀웜 분말 첨가 설기떡의 색도 측정결과, 명도(L)는 44.54~78.30, 적색도(a)는 -13.59~-6.59, 황색도(b)는 21.68~29.16의 범위로 나타났다. 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2), 탈지분유(X_3)가 색도에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과, 명도와 적색도의 경우 독립변수가 교호작용하는 quadratic model, 황색도는 독립변수가 각각 작용하는 linear model이 선정되었다. 명도, 적색도와 황색도의 R^2 값은 각각 0.9691, 0.8898, 0.6370, p -value는 각각 0.0001 미만, 0.0054, 0.0022로 모두 유의하게 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 적합결여검정 결과, p -value가 각각 0.6535, 0.9619, 0.1459로 나타나 명도, 적색도, 황색도 모두 모델의 적합성이 인정되었다.

회귀방정식의 계수와 반응표면 상태 결과, 색도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 밀웜 분말이었다. 명도는 밀웜 분말의 첨가량이 많아질수록 완만하게 감소하다가 일정 수준 이상

Table 4. Physicochemical properties of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar, and skim milk powder at various conditions by RSM

Sample no.	Variables ¹⁾			Responses				
	X ₁	X ₂	X ₃	Moisture content (%)	Sugar content (°Brix)	Color		
	(g)	(g)	(g)			L	a	b
1	8	44	5	41.54±0.09 ²⁾	1.10±0.00	73.84±0.36	-6.77±0.16	24.86±0.22
2	16	44	5	39.54±1.04	1.00±0.00	44.54±0.12	-11.81±0.22	22.37±0.22
3	8	56	5	38.10±0.04	1.40±0.00	77.02±0.18	-6.59±0.11	21.68±0.77
4	16	56	5	35.81±0.88	1.33±0.05	47.34±0.63	-12.56±0.15	24.62±0.65
5	8	44	15	38.20±1.13	1.23±0.05	73.87±0.48	-6.67±0.09	24.24±0.41
6	16	44	15	36.96±0.30	1.17±0.05	45.17±0.58	-11.81±0.09	23.23±0.46
7	8	56	15	39.98±0.93	1.50±0.00	76.93±0.26	-6.95±0.05	23.12±0.28
8	16	56	15	36.37±0.50	1.40±0.00	47.52±0.25	-12.98±0.22	25.50±1.11
9	5	50	10	39.00±0.91	1.20±0.00	78.30±1.49	-6.94±0.19	23.51±0.26
10	19	50	10	38.09±1.15	1.23±0.05	47.19±0.91	-13.08±0.37	26.08±1.89
11	12	40	10	39.35±2.48	1.00±0.00	51.69±1.12	-11.58±0.25	24.22±0.70
12	12	60	10	38.80±0.12	1.33±0.05	56.77±0.27	-13.38±0.07	28.37±0.41
13	12	50	2	39.49±1.26	0.97±0.05	57.03±0.53	-13.32±0.30	28.07±1.24
14	12	50	18	38.76±0.49	1.13±0.05	55.87±0.86	-13.35±0.18	28.61±0.73
15	12	50	10	37.21±0.76	1.03±0.05	55.85±0.40	-13.18±0.14	28.24±0.43
16	12	50	10	38.01±1.01	1.07±0.05	55.64±1.00	-13.26±0.21	28.52±0.68
17	12	50	10	40.97±1.47	1.03±0.05	56.29±1.58	-13.59±0.14	29.16±0.36
18	12	50	10	38.17±0.86	1.03±0.05	56.32±1.71	-13.25±0.29	28.27±0.89

¹⁾ X₁: mealworm powder, X₂: sugar, X₃: skim milk powder.²⁾ Mean±S.D.**Table 5. Analysis of predicted model equation for physicochemical properties of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar, and skim milk powder**

Responses	Model	R ²	F-value	p-value	Lack of fit	Polynomial equation ¹⁾
Moisture content	2FI ²⁾	0.6935	4.15 ^{*3)}	0.0201	0.9845	$Y_1 = 38.58 - 1.01X_1 - 0.65X_2 - 0.42X_3 - 0.33X_1X_2 - 0.07X_1X_3 + 1.05X_2X_3$
Sugar content	Quadratic	0.9750	34.65 ^{***}	0.0001	0.1082	$Y_2 = 1.060 - 0.030X_1 + 0.146X_2 + 0.063X_3 - 0.001X_1X_2 + 0.001X_1X_3 - 0.016X_2X_3 + 0.143X_1^2 + 0.093X_2^2 - 0.022X_3^2$
L	Quadratic	0.9691	27.84 ^{***}	0.0001	0.6535	$Y_3 = 84.41 - 2.09X_1 + 0.34X_2 + 0.51X_3 + 0.31X_1X_2 - 0.28X_1X_3 - 0.21X_2X_3 - 1.41X_1^2 + 1.04X_2^2 + 1.84X_3^2$
a	Quadratic	0.8898	7.18 ^{**}	0.0054	0.9619	$Y_4 = 0.69 + 0.49X_1 - 0.02X_2 - 0.01X_3 - 0.06X_1X_2 + 0.06X_1X_3 + 0.04X_2X_3 + 0.02X_1^2 - 0.23X_2^2 - 0.24X_3^2$
b	Linear	0.6370	8.19 ^{**}	0.0022	0.1459	$Y_5 = 7.54 + 0.60X_1 + 0.14X_2 + 0.45X_3$

¹⁾ X₁: mealworm powder, X₂: sugar, X₃: skim milk powder.²⁾ 2FI: two factor interaction.³⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

에서 급격하게 감소하였으며, 적색도는 밀웜 분말의 첨가량이 많아질수록 증가하는 경향을 보였으며, 황색도는 밀웜 분말과 탈지분유의 첨가량이 많아질수록 증가하는 경향을 보였다.

밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 명도가 감소하고 적색도와 황색도가 증가하는 결과는 밀웜 분말을 첨가한 베이글(Seo HJ & Cho IH 2018), 탈지 밀웜 분말을 첨가한 설기떡(Shin SM 2019)에서도 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 낮아지고, 적색도와 황색도는 높아지는 경향을 보였다. Shin SM(2019)은 설기떡 제조 과정에 첨가한 탈지 밀웜 분말의 색이 영향을 미친 것으로 보았다. 이외에도 쇠비름 첨가 설기떡(Jeon MR & Kim MR 2016)과 울금 첨가 설기떡(Seo KM & Chung YH 2014)에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 명도가 감소하고 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였다.

2. 밀웜 분말 첨가 설기떡의 물성

밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2) 및 탈지분유(X_3)의 배합 비율을 달리하여 제조한 설기떡의 물성측정 결과는 Table 6, 반응표면 회귀분석 결과는 Table 7과 같다.

물성 측정 결과, 경도(hardness) 1,048.90~1,505.70 g, 부착성(adhesiveness) 0.002~0.050 gs, 응집성(cohesiveness) 0.65~0.81 g/s, 탄력성(springiness) 4.36~4.52 mm, 검성(gumminess) 752.22~1,109.44 g/s 및 씹힘성(chewiness) 0.15~0.58 g의 범위로 나타났다. 물성에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과, 경도, 부착성, 응집성, 검성 및 씹힘성은 독립변수가 각각 작용하는 linear model이 선정되었으며, R^2 값이 각각 0.6797, 0.4889, 0.4610, 0.6592, 0.6474, p -value가 0.0009, 0.0213, 0.0301, 0.0014, 0.0018로 나타났다. 적합결여검정 결과, p -value가 각각 0.9499, 0.6287, 0.9331, 0.8576, 0.8545로

Table 6. Textural properties of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar and skim milk powder at various conditions by RSM

Sample no.	Variables ¹⁾			Responses					
	X_1 (g)	X_2 (g)	X_3 (g)	Hardness (g)	Adhesiveness (gs)	Cohesiveness (g/s)	Springiness (mm)	Gumminess (g/s)	Chewiness (g)
1	8	44	5	1,505.70±158.72 ²⁾	0.008±0.008	0.74±0.03	4.48±0.15	1,109.44±89.41	0.58±0.20
2	16	44	5	1,295.10±75.96	0.006±0.009	0.73±0.01	4.47±0.08	946.36±59.70	0.38±0.33
3	8	56	5	1,248.60±55.97	0.050±0.106	0.76±0.02	4.50±0.04	944.54±41.86	0.19±0.11
4	16	56	5	1,193.30±27.75	0.014±0.009	0.76±0.03	4.36±0.11	904.10±43.38	0.33±0.23
5	8	44	15	1,280.50±68.20	0.006±0.005	0.74±0.01	4.43±0.05	951.48±49.42	0.52±0.21
6	16	44	15	1,148.00±24.71	0.004±0.005	0.65±0.04	4.44±0.07	752.22±53.69	0.54±0.20
7	8	56	15	1,193.70±114.35	0.012±0.016	0.76±0.03	4.40±0.11	910.40±72.40	0.24±0.14
8	16	56	15	1,048.90±14.21	0.010±0.010	0.75±0.03	4.49±0.10	785.98±20.03	0.26±0.09
9	5	50	10	1,323.90±33.02	0.016±0.015	0.75±0.02	4.52±0.06	993.94±33.02	0.18±0.07
10	19	50	10	1,189.50±85.78	0.002±0.004	0.72±0.02	4.47±0.03	859.04±66.80	0.23±0.14
11	12	40	10	1,218.30±18.35	0.014±0.011	0.69±0.03	4.41±0.09	842.28±40.83	0.30±0.12
12	12	60	10	1,141.30±38.15	0.010±0.014	0.81±0.01	4.46±0.12	922.82±31.77	0.30±0.26
13	12	50	2	1,204.20±96.41	0.010±0.012	0.76±0.02	4.42±0.07	917.58±83.19	0.44±0.30
14	12	50	18	1,119.10±110.28	0.004±0.005	0.76±0.03	4.44±0.08	846.16±113.89	0.25±0.18
15	12	50	10	1,390.60±40.04	0.018±0.027	0.72±0.02	4.46±0.06	1,001.04±35.78	0.26±0.17
16	12	50	10	1,212.70±68.29	0.002±0.004	0.69±0.02	4.45±0.06	836.92±46.71	0.15±0.09
17	12	50	10	1,233.90±19.02	0.008±0.008	0.78±0.01	4.51±0.07	965.30±20.72	0.22±0.09
18	12	50	10	1,158.70±33.49	0.016±0.005	0.78±0.01	4.41±0.14	908.86±22.00	0.21±0.11

¹⁾ X_1 : mealworm powder, X_2 : sugar, X_3 : skim milk powder.

²⁾ Mean±S.D.

Table 7. Analysis of predicted model equation for textural properties of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar and skim milk powder

Responses	Model	R^2	F -value	p -value	Lack of fit	Polynomial equation ¹⁾
Hardness	Linear	0.6797	9.90 ^{***2)}	0.0009	0.9499	$Y_6=1,228.11-67.76X_1-62.18X_2-65.67X_3$
Adhesiveness	Linear	0.4889	4.46 [*]	0.0213	0.6287	$Y_7=0.012-0.007X_1+0.005X_2-0.006X_3$
Cohesiveness	Linear	0.4610	3.99 [*]	0.0301	0.9331	$Y_8=0.742-0.014X_1+0.029X_2-0.009X_3$
Springiness	Quadratic	0.5501	1.09	0.4585	0.5411	$Y_9=4.460-0.010X_1-0.002X_2-0.003X_3-0.006X_1X_2+0.031X_1X_3+0.038X_1^2-0.022X_2^2-0.027X_3^2$
Gumminess	Linear	0.6592	9.03 ^{**}	0.0014	0.8576	$Y_{10}=911.03-66.21X_1-13.39X_2-57.58X_3$
Chewiness	Linear	0.6474	8.57 ^{**}	0.0018	0.8545	$Y_{11}=39.78-3.01X_1-0.59X_2-2.55X_3$

¹⁾ X_1 : mealworm powder, X_2 : sugar, X_3 : skim milk powder.

²⁾ * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

나타나 모두 모델의 적합성이 인정되었다. 탄력성은 독립변수가 상호작용하는 quadratic model이 선정되었으나 p -value가 5% 이내에서 유의하지 않은 결과를 나타냈다.

회귀방정식의 계수와 반응표면 상태 결과, 경도, 부착성, 응집성, 검성과 씹힘성은 밀웜분말과 탈지분유의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 본 연구에서 탄력성 이외에 모든 항목에서 quadratic model이 아닌 linear model이 선정된 것은 Table 1에 제시된 시료의 범위에 따른 결과로 보인다. 시료의 첨가량은 선행연구를 참조하여 다수의 예비실험을 통하여 결정하였으나, 후속연구에서 시료별 첨가량의 범위를 확대한다면 보다 정확한 물성 측정 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

Shin SM(2019)의 탈지 밀웜분말을 첨가한 설기떡의 물성 측정결과에서는 첨가량이 증가할수록 경도가 유의하게 높게 나타나 본 연구와 차이를 보였다. 이는 선행연구에서는 설탕, 소금 및 물 첨가량이 동일하며 쌀가루 500 g에 15~60 g의 탈지 밀웜분말을 첨가하였으나, 본 연구에서의 밀웜분말의 첨가량은 500 g의 쌀가루에 5~19 g으로 선행연구와 많은 차이가 있으며, 첨가된 설탕과 탈지분유의 첨가량도 차이가 있어 설기떡의 경도에 차이가 생긴 것으로 보인다. 그러나 탄력성, 씹힘성, 검성과 응집성은 밀웜분말 첨가량이 증가할수록 감소하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 또한, 비트잎가루 첨가 설기떡(Yoo SS & Ko SH 2014) 연구에서 부재료 첨가량이 증가함에 따라 경도, 응집성과 씹힘성이 감소하였고, 찰밥 분말 첨가 설기떡(Ahn GJ 2017) 연구에서도 부재료를 첨가할수록 부착성, 응집성과 씹힘성이 감소하였다. 아피오스 분말 첨가 설기떡(Park ML 등 2017) 연구에서도 부재료의 첨가량이 많아질수록 경도, 응집성, 검성과 씹힘성이 감소하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다. 설기떡의 물성은 전분의 구성, 쌀 전분 입자의 크기와 첨가한 부재료

성분에 따라서 바뀐다고 보고되었는데(Zhang YY 등 2016), 본 연구에서는 밀웜 분말, 설탕 및 탈지분유가 설기떡의 물성에 영향을 끼쳐 설기떡의 경도를 낮춘 것으로 보인다.

3. 밀웜 분말 첨가 설기떡의 관능평가

밀웜 분말 첨가 설기떡의 관능평가 결과는 Table 8, 반응표면 회귀분석 결과는 Table 9와 같다.

관능평가 결과, 외관(appearance) 4.18~7.41점, 향미(flavor) 5.12~6.24점, 맛(taste) 4.71~6.59점, 입안에서의 느낌(mouth-feel) 4.88~6.71점 및 전반적 기호도(overall acceptability) 4.82~7.06점의 범위로 나타났다. 관능평가 항목에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과, 외관, 향미, 맛, 입안에서의 느낌과 전반적 기호도는 독립변수가 각각 작용하는 linear model이 선정되었으며, R^2 값은 각각 0.8573, 0.4201, 0.6302, 0.5998, p -value는 각각 0.0001 미만, 0.0486, 0.0024, 0.0042로 유의한 결과를 보였다. 적합결여검정 결과, p -value가 각각 0.1813, 0.5005, 0.3057, 0.2259로 모델의 적합성이 인정되었다. 맛은 linear model로 선정되었으나 p -value가 5% 이내에서 유의하지 않은 결과를 나타내었다.

회귀방정식의 계수와 반응표면 상태 결과, 외관, 향미와 입안에서의 느낌은 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 보였으며, 탈지분유의 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하는 경향을 보였다.

맛은 탈지분유의 영향이 가장 컸으며, 설탕과 탈지분유의 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하고 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 보였다. 전반적 기호도는 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하였으며, 탈지분유와 설탕의 첨가량은 증가할수록 기호도가 증가하였다. 이러한 결과는 밀웜 분말 첨가 들깨강정(Lee SM 등 2019) 연구에서 밀웜 분말의 첨가량이 3~6 g 일 때 소비자

Table 8. Sensory evaluation of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar, and skim milk powder at various conditions by RSM

Sample no.	Variables ¹⁾			Responses				
	X ₁ (g)	X ₂ (g)	X ₃ (g)	Appearance	Flavor	Taste	Mouthfeel	Overall acceptability
1	8	44	5	41.54±0.09 ²⁾	1.10±0.00	73.84±0.36	-6.77±0.16	24.86±0.22
2	16	44	5	39.54±1.04	1.00±0.00	44.54±0.12	-11.81±0.22	22.37±0.22
3	8	56	5	38.10±0.04	1.40±0.00	77.02±0.18	-6.59±0.11	21.68±0.77
4	16	56	5	35.81±0.88	1.33±0.05	47.34±0.63	-12.56±0.15	24.62±0.65
5	8	44	15	38.20±1.13	1.23±0.05	73.87±0.48	-6.67±0.09	24.24±0.41
6	16	44	15	36.96±0.30	1.17±0.05	45.17±0.58	-11.81±0.09	23.23±0.46
7	8	56	15	39.98±0.93	1.50±0.00	76.93±0.26	-6.95±0.05	23.12±0.28
8	16	56	15	36.37±0.50	1.40±0.00	47.52±0.25	-12.98±0.22	25.50±1.11
9	5	50	10	39.00±0.91	1.20±0.00	78.30±1.49	-6.94±0.19	23.51±0.26
10	19	50	10	38.09±1.15	1.23±0.05	47.19±0.91	-13.08±0.37	26.08±1.89
11	12	40	10	39.35±2.48	1.00±0.00	51.69±1.12	-11.58±0.25	24.22±0.70
12	12	60	10	38.80±0.12	1.33±0.05	56.77±0.27	-13.38±0.07	28.37±0.41
13	12	50	2	39.49±1.26	0.97±0.05	57.03±0.53	-13.32±0.30	28.07±1.24
14	12	50	18	38.76±0.49	1.13±0.05	55.87±0.86	-13.35±0.18	28.61±0.73
15	12	50	10	37.21±0.76	1.03±0.05	55.85±0.40	-13.18±0.14	28.24±0.43
16	12	50	10	38.01±1.01	1.07±0.05	55.64±1.00	-13.26±0.21	28.52±0.68
17	12	50	10	40.97±1.47	1.03±0.05	56.29±1.58	-13.59±0.14	29.16±0.36
18	12	50	10	38.17±0.86	1.03±0.05	56.32±1.71	-13.25±0.29	28.27±0.89

¹⁾ X₁: mealworm powder, X₂: sugar, X₃: skim milk powder.²⁾ Mean±S.D.**Table 9. Analysis of predicted model equation for sensory evaluation of *Sulgidduck* prepared with different mixture ratio of mealworm powder, sugar, and skim milk powder**

Responses	Model	R ²	F-value	p-value	Lack of fit	Polynomial equation ¹⁾
Appearance	Linear	0.8573	28.04 ^{***2)}	0.0001	0.1813	Y ₁₂ =5.55-1.06X ₁ -0.14X ₂ +0.26X ₃
Flavor	Linear	0.4201	3.38 [*]	0.0486	0.5005	Y ₁₃ =5.68-0.20X ₁ -0.01X ₂ +0.14X ₃
Taste	Linear	0.4106	3.25	0.0539	0.1806	Y ₁₄ =5.75-0.16X ₁ +0.14X ₂ +0.32X ₃
Mouthfeel	Linear	0.6302	7.95 ^{**}	0.0024	0.3057	Y ₁₅ =5.65-0.54X ₁ -0.10X ₂ +0.18X ₃
Overall acceptability	Linear	0.5998	7.00 ^{**}	0.0042	0.2259	Y ₁₆ =5.84-0.52X ₁ +0.03X ₂ +0.35X ₃

¹⁾ X₁: mealworm powder, X₂: sugar, X₃: skim milk powder.²⁾ * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.

들이 가장 높은 선호도를 나타낸 결과와 유사한 경향이 되겠다. 소비자들의 밀웜에 대한 인식이 아직 부정적이어서 밀웜 분말의 첨가량이 감소할수록 전반적 기호도가 높았지만, 탈

지분유와 같은 부재료를 첨가하여 제품을 개발한다면 기호도가 변화될 수 있음을 본 연구에서 확인하였다. 따라서 향후 밀웜 분말에 대한 소비자들의 거부감을 해결하기 위해서

Table 10. Optimum constraint values using two numerical methods in the object goal

Constrains name	Goal	Numerical optimization (g)
Independent variables	$X_1^{1)}$	In range
	$X_2^{2)}$	In range
	$X_3^{3)}$	In range
Responses	$Y_{12}^{4)}$	Maximize
	$Y_{13}^{5)}$	Maximize
	$Y_{15}^{6)}$	Maximize
	$Y_{16}^{7)}$	Maximize

¹⁾ X_1 : mealworm powder, ²⁾ X_2 : sugar, ³⁾ X_3 : skim milk powder, ⁴⁾ Y_{12} : appearance, ⁵⁾ Y_{13} : flavor, ⁶⁾ Y_{15} : mouthfeel, ⁷⁾ Y_{16} : overall acceptability.

는 다양한 부재료들을 첨가하거나 조리법을 개발하여 밀웜 분말의 특유의 향미와 맛을 보완하는 연구가 추가적으로 필

요하겠다.

4. 밀웜 분말 첨가 설기떡 제조의 최적화

최적의 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2)과 탈지분유(X_3)는 canonical 모형의 수치적 최적화와 모형적 최적화를 통해 선정되었다. 수치적 최적화는 목표 범위를 독립변수인 밀웜 분말(5~19 g), 설탕(40~60 g)과 탈지분유(2~18 g)는 실험 범위 내로, 소비자의 제품 선택과 구입에 영향을 많이 미치는 종속변수인 관능적 특성에서 기호도 검사 항목의 점수가 유의적인 외관(appearance, Y_{12}), 향미(flavor, Y_{13}), 입안에서의 느낌(mouthfeel, Y_{15})과 전반적 기호도(overall acceptability, Y_{16})를 최대로 설정하여(Table 10), 신뢰 수준 95% 구간에서 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다(Fig. 2). 이때 최적의 제조조건은 멥쌀가루 500 g 기준 밀웜 분말 5.00 g, 설탕 44.39 g 및 탈지분유 18.00 g이었다. 모형적 최적화는 종속변수의 범위를 설정하여 그래프가 중첩되는 범위(over plot) 안에서 최적점을 나타내었으며, 최적점에서의 예측되는 모든 종속변수의 결과값을 Fig. 3에 나타내었다.

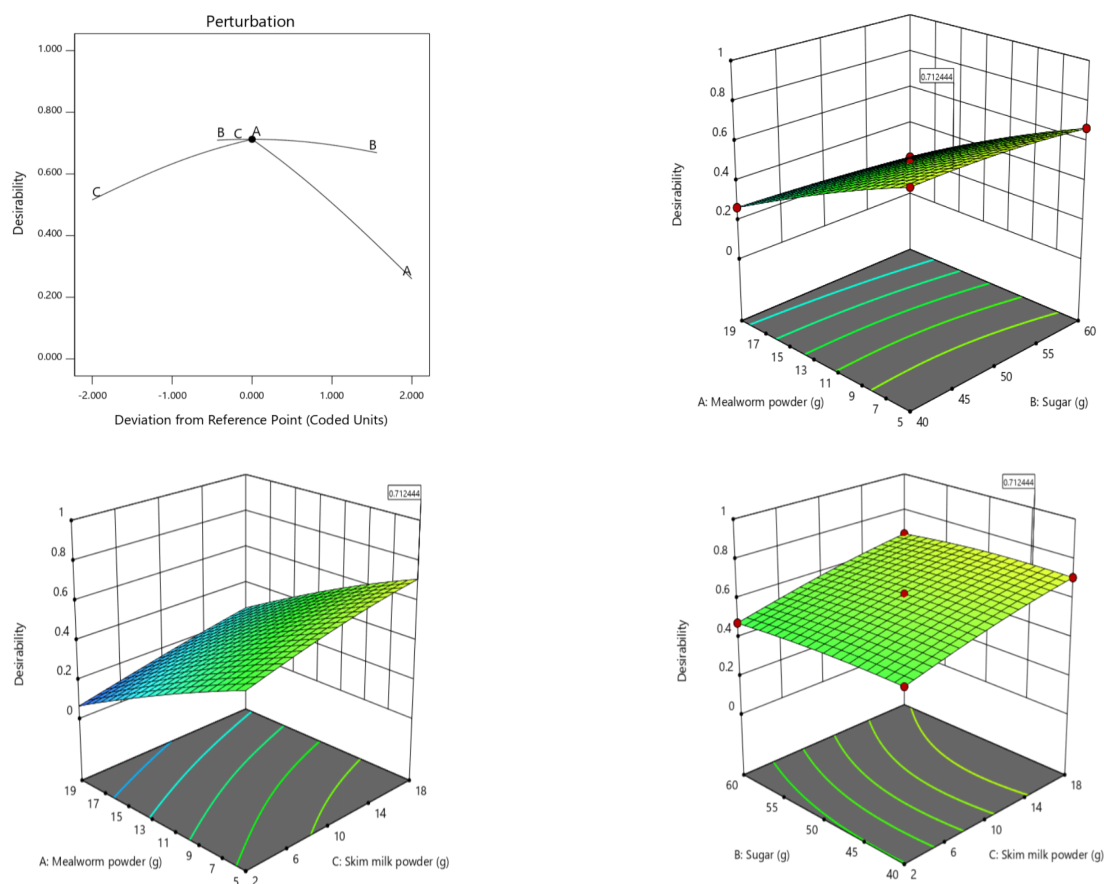


Fig. 2. Perturbation plot and response surface plot for the optimization mixture of *Sulgidduck* added with mealworm powder (A), sugar (B), and skim milk powder (C).

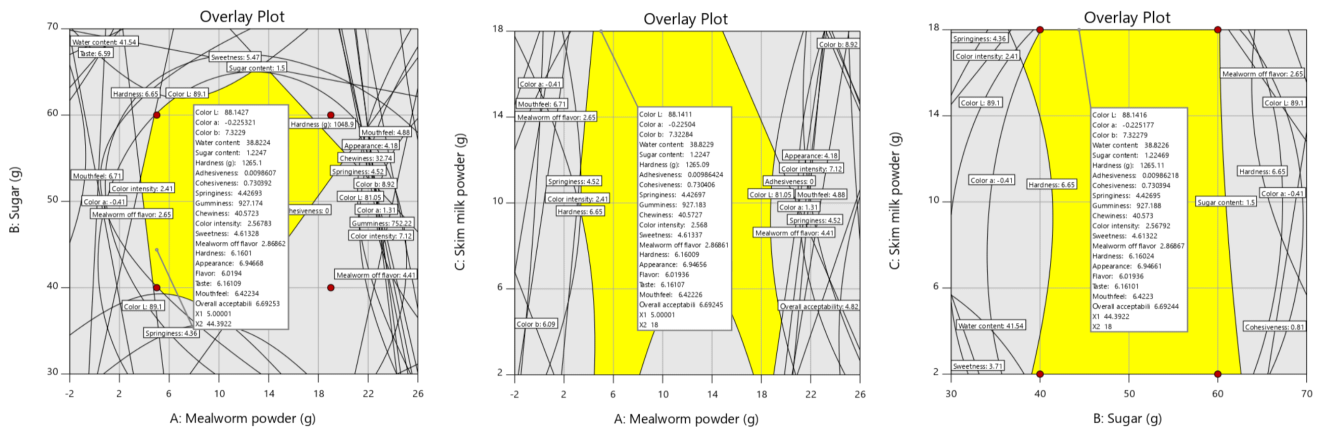


Fig. 3. Overlay plots for the optimization mixture of *Sulgidduck* added with mealworm powder (A), sugar (B), and skim milk powder (C).

요약 및 결론

본 연구의 목적은 반응표면분석법(response surface methodology)을 이용해 밀웜 분말, 설탕 및 탈지분유의 최적 배합비를 산출함으로써 소비자의 기호도를 충족시키는 설기떡을 개발하였다. 이를 위해 반응표면분석법의 중심합성계획법에 따라 실험을 설계하였으며, 독립변수는 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2) 및 탈지분유(X_3)로 설정하였고 종속변수는 품질 특성[수분(Y_1), 당도(Y_2), 명도(Y_3), 적색도(Y_4), 황색도(Y_5)]과 물성[경도(Y_6), 부착성(Y_7), 응집성(Y_8), 탄력성(Y_9), 검성(Y_{10}), 씹힘성(Y_{11})] 및 관능평가[외관(Y_{12}), 향미(Y_{13}), 맛(Y_{14}), 입안에서의 느낌(Y_{15}), 전반적 기호도(Y_{16})]로 설정하였다. 최적 배합비를 구하고자 Canonical 모형의 수치적 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 소비자의 제품 선택 및 섭취에 큰 영향을 미치는 관능평가 점수의 목표점을 최대(maximum)로 설정하여 산출된 밀웜 분말(X_1), 설탕(X_2) 및 탈지분유(X_3)의 최적 첨가량은 각각 5.00 g, 44.39 g, 18.00 g이었다. 최적 첨가량으로 설기떡 제조 시 예측되는 품질 특성의 값은 수분(Y_1) 38.82%, 당도(Y_2) 1.22%, 명도(Y_3) 88.14, 적색도(Y_4) -0.23, 황색도(Y_5) 7.32이며, 물성은 경도(Y_6) 1,265.10 g, 부착성(Y_7) 0.010 gs, 응집성(Y_8) 0.73 g/s, 탄력성(Y_9) 4.43 mm, 검성(Y_{10}) 927.17 g/s, 씹힘성(Y_{11}) 40.57 g이었다. 관능평가 점수는 외관(Y_{12}) 9.95점, 향미(Y_{13}) 6.02점, 맛(Y_{14}) 6.16점, 입안에서의 느낌(Y_{15}) 6.42점, 전반적 기호도(Y_{16}) 6.69점으로 나타났다. 본 연구결과는 밀웜 분말의 특유의 향과 맛이 보완된 소비자들이 만족하는 설기떡 개발의 가능성을 제시한 것으로 식용곤충에 대한 이해 및 산업화 활용에 기여할 것으로 보인다.

REFERENCES

- AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. pp 125-132.
- Ahn GJ (2017) Quality characteristics of *Sulgidduk* with different amount of dried steaming chestnut powder. Culi Sci & Hos Res 23(7): 80-87.
- Ahn GJ (2019a) Quality characteristics and antioxidative actives of *Suggidduk* added cocoa powder. Culi Sci & Hos Res 25(4): 80-90.
- Ahn GJ (2019b) Quality characteristics and antioxidative actives of *Sulgidduk* added mugwort powder. Culi Sci & Hos Res 25(6): 184-193.
- An SL (2018) Quality characteristics of *Sulgidduk* added wheat sprouts powder. Ph D Thesis Kongju National University, Kongju. p 17.
- Cho NS, Chung HJ (2016) Quality characteristics and antioxidant activity of *Sulgidduk* added with maquiberry powder. Korean J Food Preserv 23(7): 945-952.
- Choi SN, Choi EH (2018) Quality characteristics of *Sulgidduk* with *Cudrania tricuspidata* fruit freeze drying powder. Food Service Industry J 14(1): 131-139.
- Choi YH, Jeon HS, Kang MY (1996) Sensory and rheological properties of Jeungpyun made with various additives. Korean J Soc Food Sci 12(2): 200-206.
- Chong HS, Kim SY, Cho SR, Park HI, Baek JE, Kuk JS, Suh HJ (2017) Characteristics of quality and antioxidant activation of the cookies adding with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. Korean J Food Preserv 24(1): 105-112.

- tor) and black bean powder. J Food Hyg Saf 32(6): 521-530.
- Druaux C, Voilley A (1997) Effect of food composition and microstructure on volatile flavour release. Trends Food Sci Tech 8(11): 364-368.
- Hwang SY, Choi SK (2015) Quality characteristics of muffins containing mealworm (*Tenebrio molitor*). Culi Sci & Hos Res 21(3): 104-115.
- Jeon AR, Chung HJ (2018) Quality characteristics of *Yanggaeng* made with different concentration of mealworm powder. J Korean Soc Food Cult 33(2): 169-175.
- Jeon MR, Kim MR (2016) Antioxidant activities and quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Portulaca oleracea* L. J Korean Soc Food Sci Nutr 45(10): 1447-1452.
- Jeong YJ, Han MR, Kim AJ (2018) Quality characteristics of chalddukpie prepared with different levels of defatted mealworm powder. Korean J Food Cook Sci 34(5): 504-511.
- Jo EH, Kim MH (2013) Quality characteristics of *Sulgidduk* added with macadamia powder. J East Asian Soc Diet Life 23(6): 742-749.
- Jung JS, Shin SM, Kim AJ (2010) Quality characteristics of *Sulgidduk* with *Adenophara remotiflora* powder. Korean J Food & Nutr 23(2): 147-153.
- Kang MS, Kim MJ, Han MR, Shin SM, Kim AJ (2018) Quality characteristics of functional *Dasik* prepared with mixture of freeze-dried mealworm (*Tenebrio molitor*) powder and dried pollack powder. J Korean Soc Food Cult 33(1): 48-54.
- Kim CH (2015) Quality characteristics of *Seolgildeok* with radish (*Raphanus sativus* L.) leaf powder. Korean J Food Cook Sci 31(3): 318-327.
- Kim HM, Kim JN, Kim JS, Jeong MY, Yun EY, Hwang JS, Kim AJ (2015) Quality characteristics of patty prepared with mealworm powder. Korean J Food Nutr 28(5): 813-820.
- Kim SH, Kim KB, Noh JS, Yun EY, Choi SK (2014) Quality characteristics of pasta with addition of mealworm (*Tenebrio molitor*). Food Service Industry J 10(3): 55-64.
- Kim SH, Nam SH, Yoo SJ, Yang KY (2020) Isolation and characterization of exopolysaccharide-producing *Weissella cibaria* JNU29 and its application for production of Korean rice cake '*Sulgidduk*'. Korean J Food Preserv 27(5): 671-683.
- Kim YM (2017) Quality characteristics of white bread with *Tenebrio molitor* linne powder. Korean J Food Nutr 30(6): 1164-1175.
- Lee JH, Lee JY, Whang JB, Nam JS, Han HK, Kim SM, Im JY, Choi YM, Kim HR, Kim SN (2016) Changes in food composition of *Tenebrio molitor* by life stage. Korean J Food Cook Sci 32(5): 656-663.
- Lee SH (2019) Quality characteristics of *Sulgidduk* with different additions of *Deodeok* powder. Culi Sci & Hos Res 25(5): 176-183.
- Lee SM, Han JS, Kim AJ (2019) Quality evaluation of *Perilla* seed *Gangjung* added with mealworm powder. Asian J Beauty Cosmetol 17(2): 187-197.
- Lim JH (2011) Quality characteristics of *Sulgidduk* prepared with apple powder. Korean J Food Culi Sci 27(2): 111-123.
- Min KT, Kan MS, Kim MJ, Lee SH, Han JS, Kim AJ (2016) Manufacture and quality evaluation of cookies prepared with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. Korean J Food Nutr 29(1): 12-18.
- Min JS, Kwon HM, Park SK (2015) Impacts of coffee creamer, dried skim milk and sugar on the volatile aroma compounds and sensory characteristics in instant coffee. Korean J Food Sci Technol 47(20): 137-144.
- O HB, Choi BB, Kim YS (2017) Quality characteristics and antioxidant activities of *Sulgidduk* (rice cake) added with chia (*Salvia hispanica* L.) seed powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 46(1): 61-67.
- Park ES, Choi MK (2020) Recognition, purchase, and consumption of edible insects in Korean adults. J Nutr Health 53(2): 190-202.
- Park KH, Kim GY (2018) Quality and characteristics of manufacturing *Sunsik* with edible insect (mealworm). Culi Sci & Hos Res 24(1): 13-23.
- Park ML, Kim JM, Lee MH (2017) Quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Apios* (*Apios americana* M.) powder. Korean J Food Nutr 30(6): 1268-1278.
- Seo HJ, Cho IH (2018) Physico-chemical and affective properties of bagel made with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder. Korean J Food Cook Sci 34(6): 569-575.
- Seo KM, Chung YH (2014) Quality characteristics of *Sulgidduk* added with turmeric powder. J East Asian Soc Diet Life 24(2): 201-207.
- Shin SM (2019) Quality characteristics of *Sulgidduk* prepared

- with different levels of defatted mealworm powder. J Korea Acad Ind Coop Soc 20(8): 523-530.
- Shin SY, Song KY, O HB, Joung KY, Kim YS (2017) Quality characteristics and antioxidant activities of *Sulgidduck* with roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyx powder. Korean J Food Nutr 30(2): 226-235.
- Song KY, O HB, Zhang YY, Joung KY, Kim YS (2016) Effects of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) leaf powder on quality characteristics, antioxidant activities, and retarding retrogradation by shelf-life of *Sulgidduck* (rice cake). J Korean Soc Food Sci Nutr 45(12): 1792-1798.
- Van Huis A, Dicke M, Van Loon JJA (2015) Insects to feed the world. J Insects as Food and Feed 1(1): 3-5.
- Yoo JM, Hwang JS, Goo TW, Yun EY (2013) Comparative analysis of nutritional and harmful components in Korean and Chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). J Korean Soc Food Sci Nutr 42(2): 249-254.
- Yoo SS, Ko SH (2014) Quality characteristics of *Sulgidduck* with beet leaf powder. Korean J Food Cook Sci 30(2): 119-128.
- Yoon SJ, Lee YS (2016) Characteristics of quality for *Sulgidduck* with *Momordica charantia* L. powder. Culi Sci & Hos Res 22(8): 135-148.
- Zhang YY, Kim JH, Song KY, O HB, Kim YS (2016) Quality characteristics and antioxidant activities of *Sulgidduck* with asparagus (*Asparagus officinalis* L.) powder. J East Asian Soc Diet Life 26(1): 63-72.

Date Received	Dec. 3, 2021
Date Revised	Feb. 7, 2022
Date Accepted	Feb. 8, 2022