

반응표면분석법을 이용한 연자육 분말 첨가 chap쌀머핀의 품질 특성 및 최적화

김보람 · 주나미[†]
숙명여자대학교 식품영양학과

Quality Characteristics and Optimal Conditions for Sweet Rice Muffin Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) Seed Powder, Applying the Response Surface Method

Boram Kim · Nami Joo[†]

Dept. of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

ABSTRACT

This study was undertaken to optimize preparation of sweet rice muffins using lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) seed powder. The experimental conditions used in the preparation included lotus seed powder (X_1) and soybean oil (X_2). The muffin formulation was optimized using rheology. Lightness ($P < 0.01$) displayed a quadratic model pattern, whereas yellowness ($P < 0.01$) and redness ($P < 0.05$) was presented a linear model. Texture properties significantly differed in cohesiveness ($P < 0.05$). Evaluating the sensory characteristics of muffins, except for flavor and texture, the remaining properties of color ($P < 0.01$), taste, overall quality, and appearance ($P < 0.05$) were found to be significantly different. The overall quality was also affected by the proportion of lotus seed powder, rather than the amount of soybean oil. The optimal ratio for palatability of muffins was determined to be 47.80 g lotus seed powder and 95.28 g soybean oil. Taken together, our results indicate that sweet rice muffins prepared using lotus seed powder are sufficiently competitive in terms of function and quality.

Key words : lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) seed powder, muffin, sweet rice, soybean oil, RSM

서론

연자육(*Nelumbo nucifera* Gaertn)은 연꽃의 씨로 잘 익은 종자의 과피를 벗겨 말린 것을 말한다. 한방에서 연자육은 맛이 달고 순한 성질로 심장, 신장, 비장 등을 강화하는 약으로 사용되고 있으며, 설사 완화와 신장 보호 등의 효능이 있다고 알려졌다(Lee 2010). 또한 연자육은 항우울 작용이 있으므로(Kang 등 2005; De 등 1999) 갱년기 우울증이나 불면증에도 사용했다

접수일 : 2019년 8월 14일, 수정일 : 2019년 9월 19일,
채택일 : 2019년 12월 11일

[†] Corresponding author : Nami Joo, Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, 100 Cheongpa-ro 47-gil, Yongsan-gu, Seoul 04310, Korea
Tel : 82-2-710-9471, Fax : 82-2-710-9479
E-mail : namij@sookmyung.ac.kr
ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-8205-0399>

고 알려졌다(You 2014). 고혈압, 부정맥과 같은 심혈관계 질환에 대한 치료 작용과 항암, 항산화의 효능이 보고되어 있으며(Liu 등 2004; Jung 등 2008), 피부질환 치료 및 신경 안정(Seo 등 2006), 항당뇨(Mukherjee 등 1995) 등의 기능이 보고되고 있다. 또한 연자육에는 아미노산인 세린(L-serine)과 메티오닌(methionine)이 풍부하고(Hwang 등 1998), 연자육을 이용하여 우울증을 치료하는 연구(Lee 등 2008) 등이 보고되어 노인의 영양소 보충과 노화에 따른 우울증에도 효과가 있을 것으로 사료된다.

찹쌀은 멥쌀보다 노화가 더디게 일어나고 부드러우며 끈적거리는 특성(Kim 2015)이 있다. Johnson(1990)의 연구에서 밀가루만 첨가한 머핀보다 찹쌀가루를 첨가한 머핀의 보습력이 뛰어나다고 하였으며, Kim & Shin(2002)의 밀가루에 찹쌀가루를 혼합하여 제조한 머핀 연구에서도 찹쌀가루를 첨가할수록 저장성이 좋고 텍스처 유지에도 좋은 결과가 나타났다. 또한 제빵류에서 찹쌀가루를 첨가하면 밀가루에 함유된 글루텐(gluten) 함량을 낮출 수 있다(Kim 2003). 따라서 밀가루로 제조한 머핀보다 찹쌀가루만 이용하여 만든 머핀은 소비자에게 더 촉촉하고 건강한 머핀을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

제빵류에서 유지는 제품의 품질에 영향을 주는데, 빵 제조 시 유지를 첨가하면 쇼트닝 효과(shortening effect)로 인해 부피가 증가하며, 속질을 개선하는 효과가 있다(Cho 2017). 그러나 동물성 지방 섭취는 압 등의 발병률을 높이기 때문에 이를 예방하기 위해 식물성 지방 섭취를 권장하고 있다(Alcantara & Speckmann 1976). 식물성 유지인 대두유의 경우, 대두유에 함유된 레시틴(lecithin)은 동맥경화, 심장병 및 지방간 치료에 효능이 있다(Jo 2000). 대두유를 첨가한 제빵류 연구인 Yang 등(2003)의 버터 대신 대두유로 버터스펀지를 제조한 실험에서 버터와 대두유를 동량으로 넣을 경우 대두유 첨가 실험군이 버터 첨가 실험군보다 수분 손실량이 적은 것으로 나타났다. 또한 Lee & Joo(2011)의 연구에서 지방으로 대두유를 이용하여 머핀을 제조한 결과, 대두유의 함량이 증가함에 따라

생강 첨가 머핀의 전반적인 기호도에 대한 선호도가 증가하다가 감소하는 경향을 나타내어 적당량의 대두유 함유는 머핀의 기호도 측면에서 좋은 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 다양한 기능성을 가진 연자육 분말과 식물성 유지인 대두유를 이용한 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀을 제조한 후 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 기계적 특성 및 관능적 특성을 분석하고 관능 최적 배합비를 도출하고자 한다.

연구방법

1. 실험재료

본 실험의 재료로는 연자육 분말(장명식품, 국산), 찹쌀가루(청은에프엔비, 국산), 베이킹파우더(주삼양사, 국산), 대두유(주CJ, 국산), 달걀(한마음 영농조합, 국산), 우유(서울우유, 국산), 소금(꽃소금, 해표), 황설탕(주CJ, 국산)을 사용하였다.

2. 실험계획

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 최적화 산출을 위해 Design Expert 11(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 이용하였으며, 제품의 최적화는 반응표면분석법의 CCD(Central Composite Design)로 설계하였다. 연자육 분말(X_1)과 버터 대신 식물성 유지인 대두유(X_2)를 독립변수로 하고, 종속변수로 색도(명도, 적색도, 황색도), 단면의 높이, 굵기 손실률, 부피, 경도, 탄력성, 검착성, 검성, 씹힘성, 응집성 및 관능적 특성(색, 외관, 향미, 맛, 조직감, 전반적인 기호도)으로 설정하였다. 연자육 분말과 찹쌀가루의 총량은 300 g으로 맞추어 연자육 분말의 첨가 정도에 따라 찹쌀가루의 양을 조절하였으며, 그 외에는 달걀 200 g, 우유 200 g, 설탕 120 g, 소금 3 g, 베이킹파우더 8 g으로 고정하였다(Table 1).

3. 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀 제조

본 연구는 Kim & Joo(2012), Lee & Joo(2011)의 선행연구를 참고하여 찹쌀머핀을 제조하였다. 예비 실험을 통해 확정된 제조방법으로 재료를 각각 계량한 후 연자육 분말, 찹쌀가루, 베이킹파우더를 혼합하여 3번 체에 쳤다. 분량의 달걀에 소금을 첨가하여 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, USA)를 이용하여 2분 동안 거품을 내고 설탕을 넣어 다시 1분간 혼합한 후 체에 친 연자육 분말, 찹쌀가루, 베이킹파우더, 우유를 나누어 첨가한 후 대두유를 넣고 다시 1분간 혼합하였다. 반죽은 머핀 틀에 분할하여(50 g) 붓고, 아래 170°C, 위 180°C로 예열한 오븐(RSF-22, Rinnai Co., Incheon, Korea)에서 25분간 구워서 꺼내어 실온에서 1시간 방치한 후 이화학적 실험 및 관능검사를 실시하였다.

4. 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 이화학적 및 기계적 특성

1) 색도 측정

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀 내부의 표면색은 Color difference meter(Colorimeter CR-300, Minolta CO., Tokyo,

Japan)를 이용하여 명도(lightness), 적색도(+red/-green), 황색도(+yellow/-blue)의 값을 한 시료당 각각 5회 반복 측정하여 그 평균값을 나타냈다. 이때 표준백판의 L값은 105.37, a값은 -0.12, b값은 +4.68로 보정하여 측정하였다.

2) 단면의 높이, 굽기 손실률 및 부피 측정

(1) 단면의 높이 측정

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 높이는 머핀 정중앙의 위에서 아래로 수직으로 잘라 그 단면의 최고 높이를 한 처리군당 각각 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

(2) 굽기 손실률 측정

굽기 손실률은 머핀 반죽의 중량과 구운 후 완성된 머핀의 중량을 측정하여 아래와 같은 공식을 이용하여 산출하였다. 한 처리군당 각각 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

$$\text{굽기 손실률(\%)} = \frac{\text{반죽의 중량(g)} - \text{머핀의 중량(g)}}{\text{반죽의 중량(g)}} \times 100$$

Table 1. Recipes for sweet rice muffins with lotus seed powder.

Sample No.	Amount of ingredients (g)							
	Lotus seed powder	Soybean oil	Sweet rice flour	Egg	Milk	Sugar	Salt	Baking powder
1	20	20	280	200	200	120	3	8
2	60	20	240					
3	20	100	280					
4	60	100	240					
5	20	60	280					
6	60	60	240					
7	40	20	260					
8	40	100	260					
9	40	60	260					
10	40	60	260					

(3) 부피 측정

머핀의 부피는 종자치환법을 이용하여 측정하였다. 500 mL 비커에 좁쌀을 가득 담았다가 비운 후 비커에 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀을 넣고 그 위로 떨어 두었던 좁쌀을 다시 채운 후 윗면이 수평이 되도록 하였다. 이때 남은 좁쌀을 메스실린더에 넣고 한 처리군당 각각 5회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

3) 텍스처 특성 측정

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 각 시료는 내부를 3×3×2 cm 크기로 잘라 Texture analyser(TA-XT Express v.2.1, London, England)를 이용하여 경도, 탄력성, 검착성, 검성, 씹힘성, 응집성을 측정하였으며, 모든 텍스처 측정은 5회 이상 반복 측정하였다. 측정조건은 Cylinder Probe(P/3)를 이용하였으며, pre-test speed 3.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, distance 10.0 mm, Force 100 g으로 실시하였다.

5. 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 관능적 특성

관능검사는 숙명여자대학교 재학생 16명을 대상으로 시행하였다. 관능검사 시 1개의 머핀을 평가한 후 다음 시료를 평가하기 전 반드시 입안을 물로 헹구도록 하였다. 시료는 각각 1/4조각으로 절단하여 난수표에서 추출한 5자리 숫자로 표기하였다. 관능검사를 통해 색(color), 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture)과 전반적인 기호도(overall quality) 평가를 실시하였으며, 7점 척도법을 사용하여 나쁘다고 느낄수록 1점에 가까운 평가를 하고, 좋다고 느낄수록 7점에 가까운 평가를 하도록 하였다. 본 연구는 숙명여자대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(IRB Number: SMWU-1906-HR-036).

6. 통계분석

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 품질 특성 및 요인 간 상호작용과 경향을 알아내기 위하여 design expert

11 프로그램의 회귀분석 및 ANOVA test를 이용하였으며, 각 모델의 적합성에 대해서는 F-test로 유의성을 검증하였다. 각 요인의 반응을 확인하기 위하여 perturbation과 response surface 3D plot을 이용하였다.

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 최적화를 위하여 연자육 분말(X₁)과 대두유(X₂)의 분량을 Canonical 모형의 모형 최적화(graphical optimization)와 수치 최적화(numerical optimization)를 통하여 선정하였고, 지점 예측(point prediction)을 이용해 최적점으로 선정하였다. 독립변수가 각 실험군의 종속변수에 미치는 함수적 관계를 쉽게 이해하기 위하여 response surface 3D plot과 perturbation plot을 나타냈으며, 한계 범위 내에서 관능평가 항목 중 유의적으로 나타난 항목을 최대(maximum)로 설정하고, 유의적이지 않은 항목은 none으로 설정하여 다음의 공식을 이용하여 적합도(Desirability)를 산출하고 그중 가장 높은 적합도를 나타내는 점을 최적점으로 선정하였다. 이때 ‘d=desirability’, ‘n=response 수’, ‘D=overall desirability’를 의미한다.

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

결 과

1. 이화학적 및 기계적 특성

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀 제조조건 최적화를 위해 연자육 분말과 대두유를 독립변수로 설정하여 design expert 11 프로그램을 통해 얻어진 이화학적 및 기계적 특성 측정 결과는 Table 2에 나타냈으며, F-test로 유의성 검증을 실시한 결과는 Table 3에 나타냈다.

1) 색도(color value)

Table 3에서의 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 색도

측정 결과, 명도의 R²값은 0.9578로 모델 적합성의 신뢰도가 높게 나타났으며, P-value는 0.0075(P<0.01)로 유의적으로 나타났다. 적색도의 R²값은 0.6881, P-value는 0.0169(P<0.05)로 나타났고, 황색도의 R²값은 0.8242로 모델 적합성이 인정되었으며, P-value는 0.0023(P<0.01)으로 유의성을 보였다. 명도는 quadratic model로 독립변수 간의 교호작용을 하는 것으로 나타났으며, 적색도와 황색도는 linear model로 각 요인이 독립적으로 작용하는 것으로 나타났다. Perturbation plot을 살펴

본 결과(Fig. 1), 명도는 연자육 분말과 대두유 첨가량이 증가할수록 감소하다가 중심점을 기준으로 서서히 증가하는 경향을 보였다. 적색도는 연자육 분말의 첨가량이 증가할수록 점점 증가했으나, 대두유의 함량이 증가할수록 감소하였다. 황색도에 영향을 주는 요인은 대두유보다는 연자육 분말이며, 연자육 분말의 첨가량이 증가할수록 황색도가 감소하였다.

Table 2. Physical properties of sweet rice muffins with lotus seed powder.

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	Physical properties					
			L	a	b	Height (cm)	Baking loss rate (%)	Volume (mL)
1	20	20	52.54±0.30 ³⁾	7.50±0.56	17.03±0.56	3.30±0.10	14.20±1.01	85.00±5.00
2	60	20	36.64±1.05	9.68±0.19	12.43±0.38	3.50±0.20	16.20±0.72	112.50±7.76
3	20	100	47.87±4.37	7.11±0.20	15.78±0.18	2.90±0.20	18.60±0.79	101.50±2.60
4	60	100	38.59±1.56	8.94±0.89	12.11±0.09	3.50±0.26	12.20±0.17	86.50±5.77
5	20	60	50.41±0.87	7.47±0.22	15.87±0.12	3.10±0.20	15.20±0.92	96.50±5.63
6	60	60	36.47±1.23	9.59±0.12	11.27±0.16	3.40±0.20	13.20±1.15	89.50±1.32
7	40	20	39.10±0.75	8.59±0.16	12.18±0.12	2.80±0.10	11.20±1.06	85.50±0.87
8	40	100	41.48±1.55	9.05±0.17	13.64±0.29	2.90±0.20	14.60±0.87	96.50±4.09
9	40	60	36.62±2.78	8.81±0.09	13.51±0.34	3.70±0.20	13.80±0.62	107.50±6.61
10	40	60	40.53±0.72	7.02±0.04	12.70±0.15	3.30±0.30	14.20±1.06	106.5±5.68

L (white +100 → 0 black), a (red +60 → -60 green), b (yellow +60 → -60 blue)

¹⁾ A: lotus seed powder

²⁾ B: soybean oil

³⁾ Mean±SD

Table 3. Predicted model equation for the physical characteristics of sweet rice muffins with lotus seed powder.

Responses	Model	R ²	F-value	P-value prob>F	Model equation
L	Quadratic	0.9578	18.16	0.0075**	38.93-6.52A ¹⁾ -0.0567B ²⁾ +1.66AB+4.15A ² +1.00B ²
a	Linear	0.6881	7.72	0.0169*	8.38+1.02A-0.1117B
b	Linear	0.8242	16.41	0.0023**	13.65-2.15A-0.0183B
Height (mm)	Linear	0.2629	1.25	0.3438	3.24+0.1833A-0.0500B
Baking loss rate (%)	2FI	0.6983	4.63	0.0528	114.34-1.07A+0.6333B-2.10AB
Volume (mL)	2FI	0.5057	2.05	0.2090	96.75+0.9167A+0.2500B-10.62AB

0≤R²≤1, close to 1 means more significant

L (white +100 → 0 black), a (red +60 → -60 green), b (yellow +60 → -60 blue)

¹⁾ A: lotus seed powder

²⁾ B: soybean oil

*P<0.05, **P<0.01

2) 단면의 높이 및 굽기 손실률, 부피

(1) 단면의 높이 측정

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 단면 높이에 대해 R²값은 0.2629로 낮은 값을 보였고, P-value는 0.3438로 유의적인 차이는 없었다(Table 3).

(2) 굽기 손실률

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 굽기 손실률에 대해 R²값은 0.6983으로 나타났으며, P-value는 0.0528로 유의적인 차이가 나지 않았다(Table 3).

(3) 부피 측정

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 부피 측정에 대해 R²값은 0.5057이었으며, P-value는 0.2090으로 유의적인 차이가 없었다(Table 3).

3) 기계적 텍스처 특성

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 기계적 특성에 대하여 분산분석 결과 경도(hardness)와 응집성(cohesiveness)의 경우 Linear model이 채택되었으며, 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 점착성(adhesiveness)은 quadratic model이 채택되었다(Table 4, Table 5). 응집성의 R²값은 0.6556, P-value는 0.0240으로 5% 이내의 유의수준을 보였고, 나머지는 유의적으로 나타나지 않았다. 또한 응집성은 연자육 분말과 대두유의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(Fig. 1).

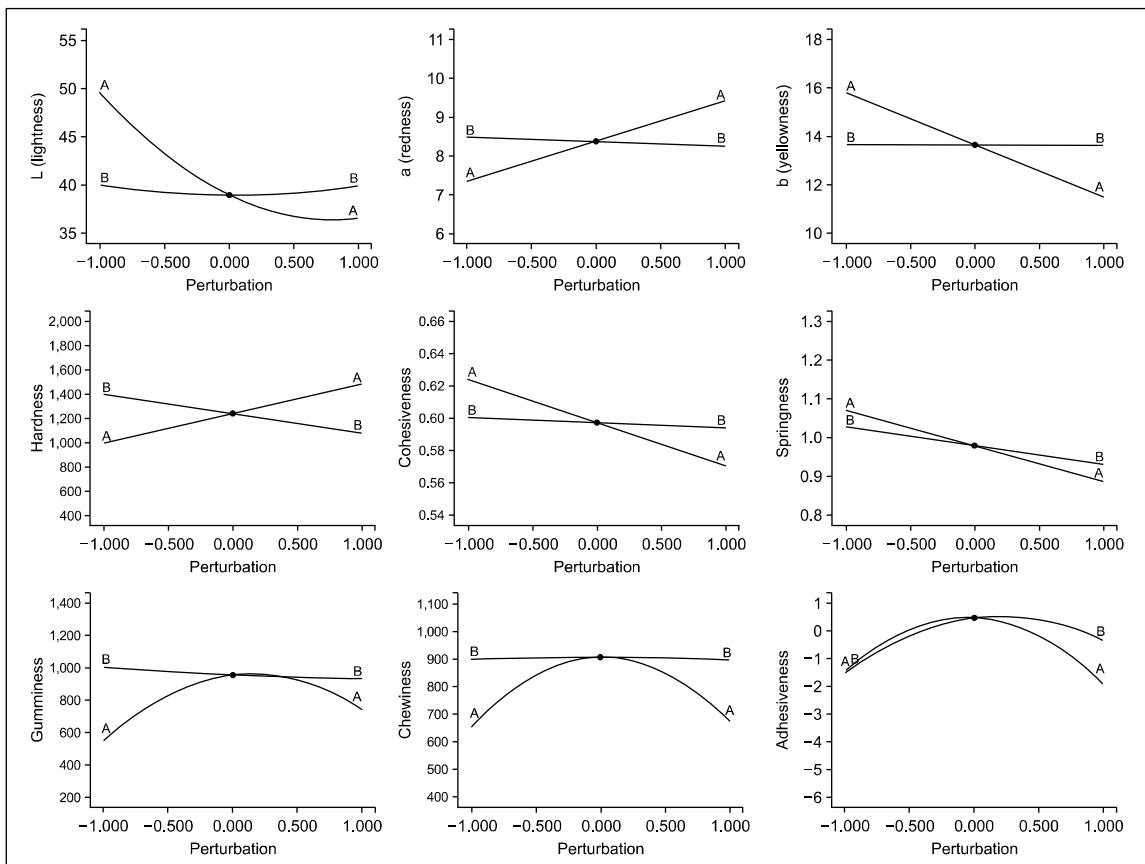


Figure 1. Perturbation plot for effect of lotus seed powder (A) and soybean oil (B) on mechanical and physicochemical characteristics of sweet rice muffins with lotus seed powder.

2. 관능적 특성

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 관능적 특성에 대한 결과는 Table 6, 7에 나타났다.

색(17.14, $P < 0.01$), 외관(6.31, $P < 0.05$), 맛(7.39, $P < 0.05$), 전반적인 기호도(8.43, $P < 0.05$)에서 유의적으로 나타났으며, 관능적 특성에 대한 반응표면과 perturbation plot은 Fig. 2에 나타났다.

1) 색(color)

Table 7의 회귀식 계수들을 보면 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 색이 좋은 정도에 대한 관능검사 결과 R^2 값은 0.9554로 모델 적합성의 신뢰도가 높게 나타났으며, P-value는 0.0083($P < 0.01$)으로 유의적으로 나타났다. Perturbation plot의 분석결과 quadratic model로 각각 독립변수 간의 교호작용을 하는 것으로 나타났으며(Table 7), 연자육 분말의 첨가량이 증가하면 색에 대한 기호도가 증가하다가 감소하였고, 대두유의 첨가량이 증가하면 색에 대한 기호도가 증가하다가

Table 4. Textural properties of sweet rice muffins with lotus seed powder.

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	Textural properties					
			Hardness (Dyne/cm ³)	Cohesiveness (g)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Chewiness (g)	Adhesiveness (%)
1	20	20	573.85±69.05 ³⁾	0.62±0.20	1.28±0.28	369.88±42.45	418.13±5.03	-5.9±0.17
2	60	20	1581.00±329.56	0.56±0.02	0.88±0.01	801.54±4.39	707.64±2.30	-2.8±0.36
3	20	100	741.70±36.00	0.61±0.01	0.98±0.07	491.09±9.52	712.03±2.25	-1.4±0.17
4	60	100	1227.50±683.08	0.57±0.03	0.88±0.02	699.97±4.99	622.31±8.85	-2.7±0.20
5	20	60	1352.20±160.00	0.62±0.03	0.96±0.04	801.35±6.15	807.97±58.28	0.1±0.00
6	60	60	1316.90±207.55	0.56±0.01	0.91±0.03	740.99±20.57	675.03±7.96	-3.1±0.10
7	40	20	1686.40±172.40	0.60±0.01	0.89±0.04	1213.33±89.66	1081.66±12.16	-0.2±0.06
8	40	100	914.40±18.10	0.58±0.03	0.90±0.05	976.36±6.15	864.13±9.82	-1.3±0.17
9	40	60	1392.60±214.80	0.63±0.01	1.06±0.21	816.91±45.81	805.09±6.45	0.4±0.10
10	40	60	1607.40±116.23	0.62±0.02	1.05±0.03	828.10±16.09	846.12±6.21	0.1±0.00

¹⁾ A: lotus seed powder

²⁾ B: soybean oil

³⁾ Mean±SD

Table 5. Predicted model equation for textural properties of sweet rice muffins with lotus seed powder.

Responses	Model	R ²	F-value	P-value prob > F	Model equation
Hardness (dyne/cm ³)	Linear	0.3928	2.26	0.1744	1239.40+242.94A ¹⁾ -159.61B ²⁾
Cohesiveness (g)	Linear	0.6556	6.66	0.0240*	0.5970-0.0267A-0.0033B
Springiness (%)	2FI	0.6162	3.21	0.1043	0.9790-0.0917A-0.0483B+0.0750AB
Gumminess (g)	Quadratic	0.6208	1.31	0.4085	951.90+96.70A-36.22B-55.69AB-310.13A ² +13.55B ²
Chewiness (g)	Quadratic	0.6484	1.48	0.3638	903.82+11.14A-1.49B-94.81AB-240.54A ² -9.15B ²
Adhesiveness (%)	Quadratic	0.7221	2.08	0.2491	0.4500-0.2333A+0.5833B-1.10AB-2.15A ² -1.40B ²

0 ≤ R² ≤ 1, close to 1 means more significant

¹⁾ A: lotus seed powder

²⁾ B: soybean oil

*P < 0.05

중심점에서 다시 감소하는 경향을 보였다. 또한 연자육 분말의 첨가량이 대두유의 첨가량보다 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fig. 2).

2) 외관(appearance)

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 외관에 대한 관능검사 결과 R²값은 0.8875로 모델 적합성이 인정되었으며, P-value는 0.0493으로 5% 이내 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 또한 quadratic model이 선택되어 독립변수 간의 교호작용을 하는 것으로 나타났다(Table 7). 연자육 분말과 대두유의 첨가량이 많아질수록 외

관에 대한 기호도가 높아졌다가 낮아지는 경향을 보였고, 대두유보다는 연자육 분말의 첨가량에 더 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 2).

3) 향미(flavor)

이취가 아닌 머핀 고유의 향이 좋은 정도로 관능검사를 실시한 결과, 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀 향미의 이차회귀식에 의한 R²값은 0.7744, P-value는 0.1746으로 유의성을 나타내지 않았다(Table 7). Perturbation plot 및 반응표면 곡선을 살펴본 결과 연자육 분말의 첨가량보다는 대두유의 첨가량에 대한 영향이 더 큰

Table 6. Sensory properties of sweet rice muffins with lotus seed powder.

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	Sensory properties					
			Color	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall quality
1	20	20	3.69±1.45 ³⁾	3.94±1.75	3.32±1.26	3.63±1.36	3.75±1.73	3.50±1.55
2	60	20	4.94±1.44	4.75±1.29	4.19±1.52	3.94±2.02	4.13±1.89	4.06±1.91
3	20	100	3.31±1.14	3.75±1.48	4.38±1.45	3.75±1.69	4.88±1.67	3.03±1.48
4	60	100	4.88±1.50	4.63±1.31	4.00±1.51	4.00±1.51	4.69±1.70	4.01±1.37
5	20	60	3.75±1.48	4.06±1.44	4.50±1.59	4.56±1.41	4.88±1.67	4.19±1.38
6	60	60	4.81±1.91	4.63±1.31	4.38±1.63	4.13±0.96	4.50±0.97	4.41±1.17
7	40	20	4.94±1.29	4.81±1.33	3.56±1.59	4.38±1.54	4.69±1.40	4.31±1.30
8	40	100	5.00±1.63	4.81±1.52	5.00±1.55	5.63±1.38	4.31±1.01	4.75±1.00
9	40	60	5.38±1.59	5.81±1.05	5.19±1.60	5.88±1.02	5.44±1.46	5.81±1.17
10	40	60	4.88±1.63	5.69±0.79	6.21±0.89	5.89±0.96	6.06±1.12	6.19±0.75

¹⁾ A: lotus seed powder

²⁾ B: soybean oil

³⁾ Mean±SD

Table 7. Predicted model equation for sensory characteristics of sweet rice muffins with lotus seed powder.

Responses	Model	R ²	F-value	P-value prob>F	Model equation
Color	Quadratic	0.9554	17.14	0.0083**	5.11+0.6467A ¹⁾ -0.0633B ²⁾ +0.0800AB-0.8014A ² -0.1114B ²
Appearance	Quadratic	0.8875	6.31	0.0493*	5.50+0.3767A-0.0517B+0.0175AB-0.9121A ² -0.4471B ²
Flavor	Quadratic	0.7744	2.75	0.1746	5.43+0.0617A+0.3850B-0.3125AB-0.7157A ² -0.8757B ²
Taste	Quadratic	0.9023	7.39	0.0378*	5.78+0.0217A+0.2383B-0.0150AB-1.33A ² -0.6714B ²
Texture	Quadratic	0.0676	1.67	0.3198	5.49-0.0317A+0.2183B-0.1425AB-0.5329A ² -0.7229B ²
Overall quality	Quadratic	0.9133	8.43	0.0301*	5.77+0.2933A-0.0133B+0.1050AB-1.23A ² -1.00B ²

0≤R²≤1, close to 1 means more significant

¹⁾ A: lotus seed powder

²⁾ B: soybean oil

*P<0.05, **P<0.01

것으로 나타났다(Fig. 2).

4) 맛(taste)

Table 7의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴보면, 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 맛에 대한 관능검사 결과 R^2 값은 0.9023, P-value는 0.0378($P < 0.05$)로 유의적으로 나타났으며, quadratic model이 선택되었다. 반응표면 곡선과 perturbation plot을 살펴보면 연자육 분말과 대두유 첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호도가 증가하다가 일정 수준에서 감소하였으며, 대두유의 첨가량보다는 연자육 분말의 첨가량에 더 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 2).

5) 조직감(texture)

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 조직감은 씹었을 때 입안에서 느껴지는 질감이 좋은 정도로 측정하였으며, R^2 값의 신뢰도 수준은 0.0676, P-value는 0.3198로 유의성을 나타내지 않았다. 반응표면적합 모형으로는 quadratic model이 채택되었으며(Table 7), 반응표면의 곡선과 perturbation plot에 의하면 연자육 분말과 대두유 첨가량이 많아질수록 조직감에 대한 기호도가 증가하다가 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2).

6) 전반적인 기호도(overall quality)

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 전반적인 기호도 평

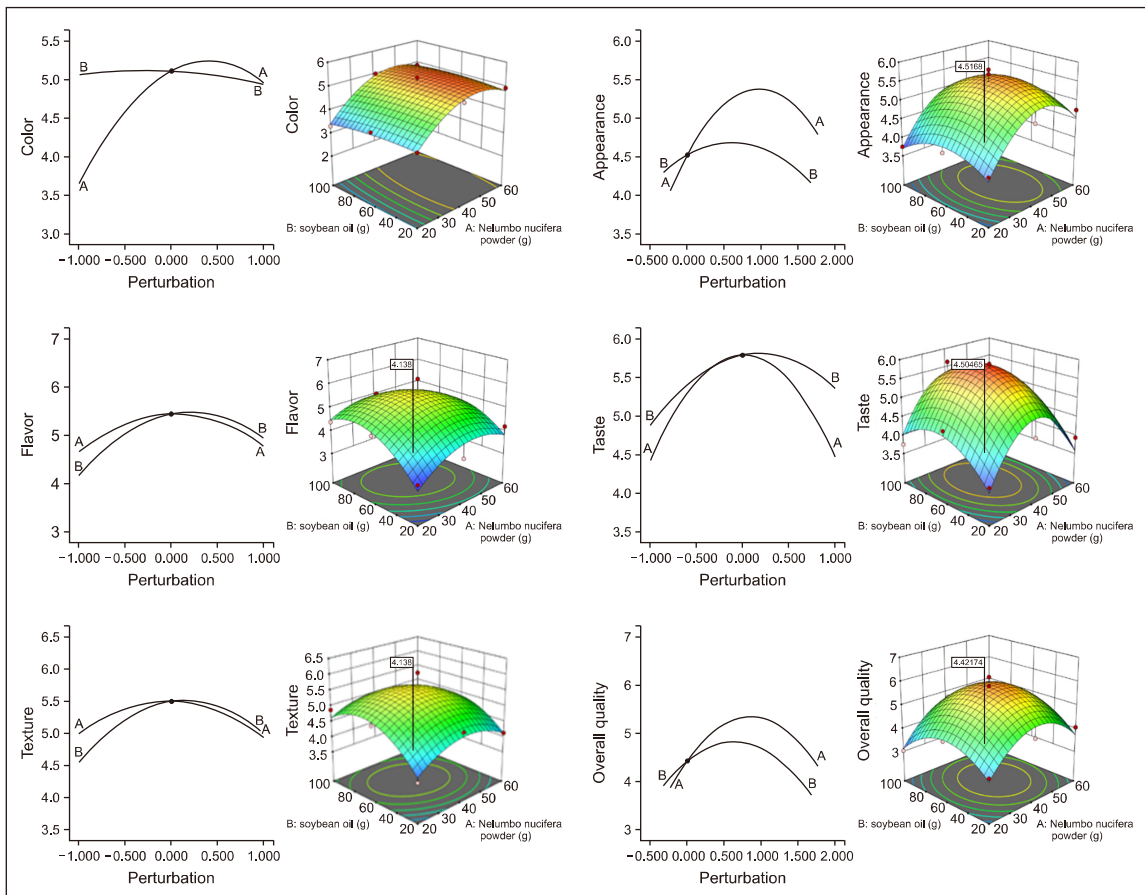


Figure 2. Perturbation plot and response surfaces for effect of lotus seed powder (A) and soybean oil (B) on sensory characteristics of sweet rice muffins with lotus seed powder.

가 결과를 보면, R²값은 0.9133으로 높은 모델 적합성을 보였으며, P-value는 0.0301로 5% 이내 수준에서 유의하였고, quadratic model이 채택되었다(Table 7). 연자육 분말과 대두유의 양이 증가할수록 전반적인 기호도가 증가하다가 일정 수준에서 차츰 감소하는 경향을 보였으며, 대두유의 양보다는 연자육 분말의 비율에 따라 전반적인 기호도에 영향을 더 받는 것으로 나타났다(Fig. 2).

3. 관능적 최적화 및 특성

관능평가 결과 유의성을 나타낸 색, 외관, 맛, 전반적인 기호도 항목을 모델링하고, 유의성에 대해 검증한 결과를 토대로 예측된 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 관능적 최적 함량은 47.80 g(15.93%: Baker's %로 본 실험에서는 찹쌀가루 분량을 100이라고 할 때 찹쌀가루와 비교해 각 재료가 차지하는 비율), 대두유 95.28 g(31.76%)이었으며(Fig. 3), 최적화된 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 이화학적·기계적·관능적 특성은 Table 8에 나타났다.

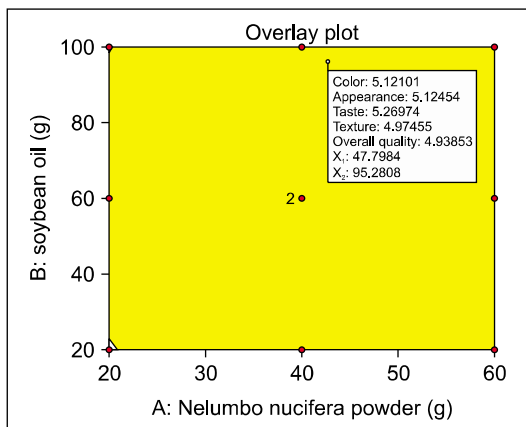


Figure 3. Overlay plot of common area for optimization of mixture of sweet rice muffins with lotus seed powder.

고찰

본 연구는 밀가루 대신 찹쌀가루를 이용하여 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀을 제조하여 머핀의 이화학적·기계적 특성 및 관능적 최적값에 대해 살펴보았다.

연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 물리적 특성 중 적색도는 연자육 분말의 첨가량이 많아질수록 점점 증가했으나, 대두유의 함량이 많아질수록 감소하였다. 이는 표고버섯 가루의 첨가량이 많아질수록 머핀의 적색도가 증가했으나 달걀과 대두유 첨가량이 많아질수록 감소했다는 Kim & Joo(2012)의 연구와 같은 결과를 나타냈다. 황색도에 영향을 주는 요인은 대두유 보다는 연자육 분말이며, 연자육 분말의 첨가량이 증가하면 황색도가 감소하였는데, 이는 연자육 분말의 색에 영향을 받은 것으로 사료된다.

경도는 연자육 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하였고, 대두유의 첨가량이 증가할수록 감소하는 것

Table 8. Physical, textural, and sensory characteristics of optimized sweet rice muffins with lotus seed powder.

Variables		Mean±SD
Physical properties	L	34.16±1.02
	a	6.42±0.20
	b	10.88±0.36
	Height (cm)	3.50±0.10
Textural properties	Baking loss rate (%)	15.67±2.08
	Volume (mL)	95.00±5.00
	Hardness (Dyne/cm ³)	673.03±10.60
	Cohesiveness (g)	0.67±0.38
	Springiness (%)	1.17±0.14
	Gumminess (g)	461.67±24.47
Sensory properties	Chewiness (g)	540.70±92.43
	Adhesiveness (%)	-0.60±0.40
	Color	5.25±0.93
	Appearance	4.81±1.05
	Flavor	4.50±0.89
	Taste	5.13±1.26
	Texture	4.38±1.31
Overall quality	5.44±1.03	

으로 나타났으나 유의적인 영향을 나타내지는 않았다. Jung & Cho(2011)의 연구에서 현미 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 경도가 높게 나타났으며, Hong(2019)의 연구에서 뜰보리수 분말 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였고, Kim 등(2019)의 연구에서도 사과박 함량이 증가할수록 경도가 서서히 증가하는 것으로 나타났다. 머핀의 경우 기공이 잘 형성될수록 가스 포집 능력이 높아져 밀도가 감소하고 부피가 커져 경도가 감소하는 것으로 보고되었다(Jung & Cho 2011). 그러나 연자육 분말을 첨가할수록 머핀의 가스 포집 능력이 낮아지면서 밀도가 커져(Kim 등 2019) 경도가 증가한 것으로 사료된다. 또한 Choi & Chung(2006)의 연구에서 올리브유를 첨가한 파운드케이크의 경도가 유의적으로 낮게 나타났으며, Jung 등(2008)의 포도씨유를 첨가한 머핀에 대한 연구에서도 포도씨유를 첨가하면 더 낮은 경도를 보인 것으로 나타나 본 연구결과와 같았다. 응집성은 연자육 분말과 대두유의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 개다래 분말을 첨가한 머핀의 연구(Park 2016)에 의하면 개다래 분말을 첨가할수록 응집성이 낮아졌으며, Park(2014)의 연구에서도 돼지감자 분말 첨가량이 증가할수록 응집성이 감소하는 경향을 보였고, Im 등(1998)의 연구에서도 수수가루의 첨가량이 증가할수록 머핀의 응집성이 낮아진 것으로 나타나 본 연구결과와 유사하였다.

관능적 특성 중 색에 대한 기호도의 경우 연자육 분말의 첨가량이 증가하면 색에 대한 기호도가 증가하다가 감소하였고, 대두유의 첨가량이 증가하면 색에 대한 기호도가 증가하다가 중심점에서 다시 감소하는 경향을 보였다. 또한 대두유의 첨가량보다는 연자육 분말의 첨가량에 더 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이는 연자육 분말 특유의 색에 의한 것으로 사료된다. Kim 등(2016)의 세발나물 첨가 쌀머핀에 관한 연구에서 세발나물의 첨가량이 색에 대한 기호도에 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타나 본 연구결과와 유사하였다.

외관에 대한 기호도의 경우 연자육 분말의 첨가량

이 대두유의 첨가량보다 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. Kim 등(2012)은 수수가루의 첨가량이 머핀의 외관에 대한 기호도에 영향을 주는 것으로 보고하였다. 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 조직감은 유의적으로 나타나지는 않았으나 연자육 분말 첨가량보다는 대두유 첨가량이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. Lee & Joo(2011)의 연구에 의하면 생강머핀의 부드러움에 영향을 미친 것은 생강가루의 함량보다 대두유 함량이었으며, 대두유가 많아질수록 부드러움에 대한 선호도가 증가하여 본 연구결과와 유사하게 나타났다. 전반적인 기호도는 대두유의 양보다는 연자육 분말 비율의 영향을 받는 것으로 나타났다. 돼지감자 분말을 첨가한 머핀의 연구(Park 2014)에서도 머핀의 전반적인 기호도는 돼지감자 분말이 유의미하게 효과를 나타내는 것으로 나타났다. 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀은 연자육 분말의 함량이 증가할수록 맛과 색의 강도가 강해지기 때문에 관능적 기호도가 증가하다가 감소하는 것으로 사료된다.

이상의 관능적 품질에 관한 실험을 바탕으로 예측된 최적값은 연자육 분말 47.80 g(15.93%), 대두유 95.28 g(31.76%)으로 나타났다.

요약 및 결론

찹쌀가루는 밀가루를 대체할 수 있는 형태로 빵과 떡, 제과류 등으로 이용되고 있다. 또한 선행연구 결과 밀가루에 찹쌀가루를 첨가할수록 머핀이나 와플 등의 저장성과 텍스처 유지 등에 좋은 것으로 나타났다. 따라서 우수한 기능성을 가진 연자육 분말과 버터를 대신하여 불포화지방산이 함유된 대두유를 이용하여 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 관능적 최적 제조 조건을 반응표면법(Response Surface)을 이용하여 규명하고자 하였다. 연자육 분말과 대두유의 함량을 독립변수로 설정하여 최대, 최소 범위는 예비실험을 거쳐 연자육 분말 20~60 g, 대두유 20~100 g으로 머핀을 제조하였다.

1. 기계적 검사에서 명도, 적색도, 황색도의 P-value는 모두 5% 이내에서 유의성을 보였다. 적색도는 연자육 분말의 첨가량이 많아질수록 점점 증가했으나, 대두유의 함량이 많아질수록 감소하였다. 황색도에 영향을 주는 요인은 대두유보다는 연자육 분말이며, 연자육 분말의 첨가량이 증가하면 황색도가 감소하였는데, 이는 연자육 분말의 색에 영향을 받은 것으로 사료된다.
2. 관능검사 항목 중 색, 외관, 맛, 전반적인 기호도 항목의 P값이 5% 이내에서 유의적인 것으로 나타났으나 향미와 조직감에 대한 관능검사에서는 유의적인 결과를 나타내지 않았다. 연자육 분말의 첨가량이 증가하면 색에 대한 기호도가 증가하다가 감소하였고, 대두유의 첨가량이 증가하면 색에 대한 기호도가 증가하다가 중심점에서 다시 감소하는 경향을 보였다. 또한 대두유의 첨가량보다는 연자육 분말의 첨가량에 더 영향을 받는 것으로 나타났다. 외관에 대한 기호도는 대두유의 첨가량보다는 연자육 분말의 첨가량에 의한 것으로 나타났다. 맛에 대한 기호도는 연자육 분말과 대두유 첨가량이 많아질수록 증가하다가 감소하였으며, 대두유의 첨가량보다는 연자육 분말의 첨가량에 더 영향을 받는 것으로 나타났다. 조직감에 대한 기호도의 경우 연자육 분말 첨가량보다는 대두유 첨가량에 더 영향을 받는 것으로 나타났으며, 전반적인 기호도는 연자육 분말과 대두유의 양이 증가할수록 전반적인 기호도가 증가하다가 일정 수준에서 차츰 감소하는 경향을 보였고, 대두유의 양보다는 연자육 분말의 비율에 따라 전반적인 기호도에 영향을 주는 것으로 나타났다.
3. 기호도 항목에 대한 연자육 분말 첨가 찹쌀머핀의 관능적 최적 배합비는 연자육 분말 47.80 g(15.93%), 대두유 95.28 g(31.76%)으로 산출되었다.

이상의 연구결과 연자육 분말을 첨가한 찹쌀머핀은 관능평가에서 전반적으로 높은 점수를 보여 소비

자의 기호도 측면에서 제품으로써 상품의 가치가 있을 것으로 사료되며, 향후 연자육을 식품에 이용한 다양한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

ORCID

김보람: <https://orcid.org/0000-0002-0019-8948>

주나미: <https://orcid.org/0000-0002-8205-0399>

REFERENCES

- Alcantara EN, Speckmann EW (1976): Diet, nutrition, and cancer. *Am J Clin Nutr* 29(9):1035-1047
- Cho AR (2017): Almond powder as fat replacer in white pan bread. Masters degree thesis. KyungHee University. pp.2-3
- Choi SN, Chung NY (2006): Quality characteristics of pound cake with vegetable oils. *Korean J Food Cook Sci* 22(6): 08-814
- De Vry J, Maurel S, Schreiber R, de Beun R, Jentsch KR (1999): Comparison of hypericum extracts with imipramine and fluoxetine in animal models of depression and alcoholism. *Eur Neuropsychopharmacol* 9(6):461-468
- Hong JY (2019): Quality characteristics of muffin added with *Elaeagnus multiflora* powder. *Korean J Food Preserv* 26(1): 4-82
- Hwang JB, Yang MO, Shin HK (1998): Survey for amino acid of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 30(1):35-41
- Im JG, Kim YS, Ha TY (1998): Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. *Korean J Food Sci Technol* 30(5):1158-1162
- Jo JS (2000): Food material science. Moonundang Publishing Co. Seoul. pp.217-218
- Johnson FC (1990): Characteristics of muffins containing various levels of waxy rice flour. *Cereal Chem* 67(2):114-118
- Jung KI, Cho EK (2011): Effect of brown rice flour on muffin quality. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(7):986-992
- Jung KI, Shin ES, Kim SA (2008): Quality characteristics of muffins with different fat and methods. *Korean J food Cook Sci* 24(4):473-479

- Kang M, Pyun KH, Jang CG, Kim H, Bae H, Shim I (2005): Nelumbinis Semen reverses a decrease in hippocampal 5-HT release induced by chronic mild stress in rats. *J Pharm Pharmacol* 57(5):651-656
- Kim BR, Joo NM (2012): Optimization of sweet rice muffin processing prepared with Oak mushroom (*Lentinus edodes*) powder. *J Korean Soc Food Cult* 27(2):202-210
- Kim DS, Shin JH, Joo NM (2016): Quality characteristics and optimization of rice muffins prepared by substituting salt with *Spergularia marina* L. Griseb using response surface methodology. *Korean J Food Nutr* 29(2):186-199
- Kim HJ (2015): Preparation of Yakgwa with different ratios of waxy rice flour and its quality characteristics during storage. Masters degree thesis. Chonnam National University. p.2
- Kim HY, Seo HI, Ko JY, Song SB, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Kim CS, Jeong HS, Woo KS (2012): Physicochemical characteristics of the muffin added glutinous and non-glutinous Sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) powder. *Korean J Food Nutr* 25(3):490-498
- Kim JO, Shin MS (2002): The effect of added water volume on the textural properties of Injulmi made from waxy rice flours using different milling methods. *Korean J Hum Ecol* 5(2):33-43
- Kim YK, Jung SL, Cha SY, Yi JY, Kim DI, Yoo DI, Hyun TK, Jang KI (2019): Quality and antioxidant properties of muffin added with 'Fuji' apple pomace powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48(3):319-327
- Lee BG (2010): (A) study on the functional quality characteristics of bread added with *Nelumbo nucifera*. Doctors degree thesis. Yeungnam University. pp.5-6
- Lee KS, Cho CW, Kang MK, Bae HS, Kim KS, Shim IS (2008): The antidepressant effect of nelumbinis semen on forced swimming test in the rat. *Korean J Stress Res* 16(2):99-106
- Lee SM, Joo NM (2011): Characteristics and optimization of processed sweet rice muffin using ginger powder. *Korean J Food Cook Sci* 27(2):31-43
- Liu CP, Tsai WJ, Lin YL, Liao JF, Chen CF, Kuo YC (2004): The extracts from *Nelumbo Nucifera* suppress cell cycle progression, cytokine genes expression, and cell proliferation in human peripheral blood mononuclear cells. *Life Sci* 75(6):699-716
- Mukherjee PK, Pal SK, Saha K, Saha BP (1995): Hypoglycaemic activity of *Nelumbo nucifera* gaertn. (Fam. Nymphaeaceae) rhizome (methanolic extract) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Phytother Res* 9(7):522-524
- Park EJ (2016): Quality characteristics of muffin added with *Actinidia polygama* powder. *Culin Sci Hosp Res* 22(2):125-135
- Park GS (2014): Optimization of muffin preparation upon addition of Jerusalem Artichoke powder and oligosaccharide by response surface methodology. *J Korean Soc Food Cult* 29(1):101-110
- Seo JH, Choi YH, Yoo MY, Hong KS, Lee BH, Yon GH, Kim YS, Kim YK, Ryu SY (2006): Isolation of dihydrophaseic acid from seed extract of *Nelumbo nucifera*. *Korean J Pharmacogn* 37(4):290-293
- Yang HY, Cho YJ, Oh SS, Park KH (2003): Effects of ratio and temperature of soybean oil or butter on the quality of sponge cake. *Korean J Food Sci Tech* 35(5):856-864
- You JS (2014): Antioxidant and antiobesity effects of lotus (*Nelumbo nucifera*) root and seed grown in Korea. Doctors degree thesis. Inha University. pp.3-5