

반응표면분석법을 이용한 파래분말과 녹두전분 첨가 청포묵의 제조조건 최적화

김청은¹ · 조유현² · 이영숙³ · 노정옥^{4*}¹전북대학교 교육대학원 영양교육전공 석사, ²전북대학교 식품영양학과 박사과정,³전북대학교 식품영양학과 강사, ⁴전북대학교 식품영양학과 교수Optimization of *Cheongpomuk* Prepared with Green Laver Powder and Mung Bean Starch Using Response Surface MethodologyChung Eun Kim¹, Yu Hyeon Jo², Young Sook Lee³ and Jeong Ok Rho^{4*}¹Master, Major of Nutrition Education, The Graduate School of Education, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea²Ph.D. Student, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea³Lecturer, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea⁴Professor, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

ABSTRACT

This study aimed to optimize the formulation of *Cheongpomuk*, a traditional Korean mung bean starch gel, supplemented with green laver powder using response surface methodology (RSM). A central composite design was employed to investigate the effects of two independent variables, green laver powder and mung bean starch, on the physicochemical properties, antioxidant activity, texture characteristics, and sensory attributes of *Cheongpomuk*. Experimental data were fitted to second-order polynomial models to evaluate the relationships between formulation variables and response parameters. Significant effects of the formulation variables were observed with respect to pH ($p<0.05$), syneresis ($p<0.01$), color values (L^* , $p<0.01$; a^* and b^* , $p<0.001$), texture properties including hardness ($p<0.001$), gumminess ($p<0.01$), and brittleness ($p<0.01$), as well as sensory attributes including appearance ($p<0.01$), color ($p<0.001$), moistness ($p<0.05$), and taste ($p<0.05$). The incorporation of green laver powder also enhanced the antioxidant activity, as determined by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay. Numerical and graphical optimization predicted that the optimal formulation consisted of 1.51 g of green laver powder and 52.20 g of mung bean starch. These findings show that the optimized formulation improves the physicochemical, functional, and sensory qualities of *Cheongpomuk*, providing a scientific basis for developing of value-added traditional starch gel products with enhanced health functionality while promoting the utilization of marine-derived food resources.

Key words: *Cheongpomuk*, green laver, mung bean starch, response surface methodology

서 론

묵은 우리나라 고유의 오래된 전통식품으로 도토리묵, 청포묵, 메밀묵, 올챙이묵 등이 있으며, 메밀묵과 올챙이묵은 강원도 지역의 향토음식으로 알려져 있다(Kim AJ 등 2011a). 식품공전에 따르면 묵은 전분질원료, 해조류 또는 곤약을 주원료하여 가공한 것으로(Korean Food Standards Codex 2026), 도토리, 녹두, 메밀 등의 전분을 물에 풀고 가열하여 호화시킨 후 냉각시켜 굳힌 겔(gel) 식품이다(Hwang ES & Nhuan DT 2014).

녹두(*Vigna radiata* L., Mung bean)는 콩과(Leguminosae) 속 1년생 초본식물로 청포묵의 주재료로 쓰이며, 식이섬유를

포함한 당질(50~60%)과 단백질(20~24%)의 함량이 높고, 지방 함량(1%)이 낮으며(Jeon KS 등 2015), 오래전부터 민간에서는 피로를 회복하며, 해독작용이 있는 것으로 알려져 왔다(Ministry of Culture, Sports and Tourism 2007). 청포묵은 특유의 담백한 맛이 있어 고기, 숙주, 김, 미나리, 달걀지단 등의 고명과 함께 무쳐 내는 탕평채나 묵사발의 재료로 이용되고 있다(Choi G 등 2014). 청포묵은 비교적 낮은 전분함량과 표면이 매끈하고 탄성이 크고 부드러우며, 어느 정도 이상의 힘이 가해지면 크게 몇 조각으로 부서지는 독특한 물성을 갖고 있다(Joo NM & Chun HJ 1991). 묵의 열량은 100 g 당 청포묵 40 kcal, 도토리묵 47 kcal, 메밀묵 58 kcal의 낮은 수준이며, 소화흡수가 용이하여 다이어트 식품(Ministry of Food and Drug Safety 2022; Jegal JM 2024)과 고령친화식품으로 개발되고 있다(Shin KE 2024). 또한, 청포묵은 제조 시

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

기능성 부재료를 첨가하여 영양적인 측면을 보완할 수 있어 소비자들의 건강라이프스타일에 맞는 다양한 기능성 청포묵의 개발이 가능하다(Park JH & Kim EM 2010). 지금까지 흑마늘 농축액(Kim AJ 등 2011b), 함초 분말(Son GO & Lee SJ 2014), 은행 분말(Joo SY & Choi HY 2014), 모링가 분말(Kim JY & Yoo SS 2020), 새싹보리가루(Nam PS & Yoo SS 2022), 죽엽 분말(Kang HM 등 2023) 등 다양한 부재료를 첨가한 청포묵 연구가 진행되었다.

파래(*Enteromorpha prolifera*, Sea Lettuce)는 녹조식품 갈파래과에 속하는 해조류로 맛과 향이 독특하여 예로부터 식용과 약용으로 이용되어 왔으며, 우리나라의 서해안과 남해안에 주로 분포하고 있다(Park BH 등 2010). 해조류는 지방 함량이 적고, 식이섬유와 단백질 및 다양한 비타민, 무기질 및 다양한 생리활성물질을 함유한 식품으로 보고되고 있다(Yoon SH 등 2022). 말린 파래는 100g 당 31.25g의 단백질을 가지고 있어 성인 1일 영양섭취기준의 56.82%를 차지하는 고단백 식품이다(Ministry of Food and Drug Safety 2019). 또한, 파래는 암세포 성장 억제와 항돌연변이 효과를 나타내는 것으로 알려져 있으며(Kim SA 등 2005) 다른 해조류인 다시마, 미역, 톳, 김과 비교하였을 때 항산화 효과가 가장 우수한 것으로 보고된 바 있다(Kwak CS 등 2005). 지금까지 파래 분말을 첨가한 두부(Chung DO 2010), 만두피(Park BH 등 2010), 설기떡(Kim HS & Lyu ES 2010), 절편(Lee NG 2018), 양갱(Kim SJ 등 2019), 쌀과자(Kim DH 등 2020a), 파운드케이크(Yi SK & Yoon HH 2022), 영양바(Kim KH & Kim JS 2024) 등 다양한 식품연구가 진행되었으며, 묵 관련 연구는 파래첨가가 묵의 저장성에 미치는 영향에 대한 연구(Kim SJ & Han YS 1998)가 있다. Cha YJ 등(2025)은 지금까지 해조류를 이용한 식품연구는 주로 김을 이용하여 스낵류와 부각류의 개발이 대부분을 차지하고 있음을 지적하며, 향후 영양학적으로 조단백질과 무기질 함량이 높은 파래를 식품개발의 소재로 활용할 것을 제안하였다.

이에 본 연구에서는 파래분말과 녹두전분을 이용하여 청포묵을 제조하여 그 품질 특성을 분석하고, 반응표면분석법을 이용하여 최적의 제조조건을 제안하고자 한다. 지금까지 반응표면분석법을 이용한 청포묵 연구는 전무하다. 따라서 본 연구결과를 통하여 청포묵의 영양학적 우수성을 높이고

건강기능식품으로서의 묵 제품의 개발 가능성을 제시하며, 해조류의 소비 촉진에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에서 사용한 국내산 파래분말(Food-i, Yangpyeong, Korea)과 100% 국내산 녹두전분(Gomine, Namwon, Korea)은 온라인 쇼핑몰을 통해 구입하였으며, 소금(CJ Cheiljedang, Sinan, Korea)은 전주 시내 식자재 마트에서 구입하여 실험재료로 사용하였다.

2. 파래분말 첨가 청포묵의 실험 계획

본 연구는 파래분말과 녹두전분을 첨가한 청포묵의 제조조건을 최적화하기 위해 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)의 중심합성계획법(central composite design; CCD)에 따라 실험을 설계하였다. 실험의 독립변수는 청포묵의 품질에 영향을 줄 수 있는 요인을 기준으로 파래분말(X_1), 녹두전분(X_2)으로 설정하였고, 범위는 선행연구와 예비실험 결과를 바탕으로 물 400 g, 소금 0.2 g을 기준으로 파래 분말 1~2 g, 녹두전분 50~60 g으로 결정하였다. 5단계($-\alpha$, -1 , 0 , $+1$, $+\alpha$)로 부호화(code)하였으며, α 값은 1.414로 하였다(Table 1). 이에 따라 설정된 범위는 꼭짓점(factorial point) 4개, 축점(axial point) 4개 및 중심점(central point) 3개로 총 11개의 실험점을 설정하였으며 재료 배합은 Table 2와 같다. 독립변수에 따른 품질변화를 알아보고자 이화학적 특성[수분(Y_1), pH(Y_2), 이수율(Y_3), 명도(Y_4), 적색도(Y_5), 황색도(Y_6), 항산화능(Y_7), 기계적 물성[경도(Y_8), 탄력성(Y_9), 응집성(Y_{10}), 검성(Y_{11}), 깨짐성(Y_{12}), 부착성(Y_{13})]과 관능적 특성[외관(Y_{14}), 색(Y_{15}), 향미(Y_{16}), 수분감(Y_{17}), 탄력성(Y_{18}), 맛(Y_{19}), 전반적 기호도(Y_{20})]을 종속변수로 설정하였다.

3. 파래분말 첨가 청포묵의 제조

파래분말 첨가 청포묵의 제조 방법은 선행연구(Kim AJ 등 2011a; Kim JY & Yoo SS 2020; Nam PS & Yoo SS 2022)를 참조하여 결정하였다. 먼저, 파래분말, 녹두전분, 소금을 한곳에 넣어 골고루 섞은 후 물을 넣어 가루가 남지 않

Table 1. Coded independent variables used in RSM design for *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch

Independent variable	Symbol	Coded-variables				
		$-\alpha$	-1	0	$+1$	$+\alpha$
Green laver powder (g)	X_1	0.79	1.0	1.5	2.0	2.21
Mung bean starch (g)	X_2	47.93	50	55	60	62.07

Table 2. Formulas for the manufacture of *Cheongpomuk* prepared with different mixture ratio of green laver powder and mung bean starch

Sample No.	Variables ¹⁾		Water (g)	Salt (g)
	X ₁ (g)	X ₂ (g)		
1	1.0(-1)	50(-1)	400	0.2
2	1.0(-1)	60(+1)		
3	2.0(+1)	50(-1)		
4	2.0(+1)	60(+1)		
5	0.79(-α)	55(0)		
6	2.21(+α)	55(0)		
7	1.5(0)	47.93(-α)		
8	1.5(0)	62.07(+α)		
9	1.5(0)	55(0)		
10	1.5(0)	55(0)		
11	1.5(0)	55(0)		

¹⁾ X₁: Green laver powder, X₂: Mung bean starch.

도록 잘 풀어준 후 강불에서 1분 30초간 계속 저어 주며 가열하였다. 이후 약불로 낮춰 3분 30초간 더 가열한 후에 틀 (165 × 156 × 45 mm)에 부어 21℃(실온)에서 1시간 굳힌 뒤 일정크기(30 × 30 × 15 mm)로 절단하여 분석에 사용하였다. 완성된 청포묵은 Fig. 1과 같다.

4. 파래분말 첨가 청포묵의 이화학적 품질 특성

1) 수분 측정

수분은 AOAC(1995)법에 따라 시료 1 g을 얇게 포를 뜬

후 수분측정기(WBA-110M, Daihan Scientific Co., Wonju, Korea)를 이용하여 105℃에서 3회 반복 측정하였다.

2) pH 측정

pH는 시료 3 g에 증류수 27 mL를 넣고 vortex(NFM-3561SN, NUC Electronics Co., Ltd, Daegu, Korea)로 1분간 혼합한 후 1시간 동안 실온에서 방치하였다. 이후 여과지(Whatman No.2)로 여과하여 상층액 5 mL를 취해 pH 측정기(BP3001, Trans Instruments, Singapore)로 각각 3회 반복 측정하였다.

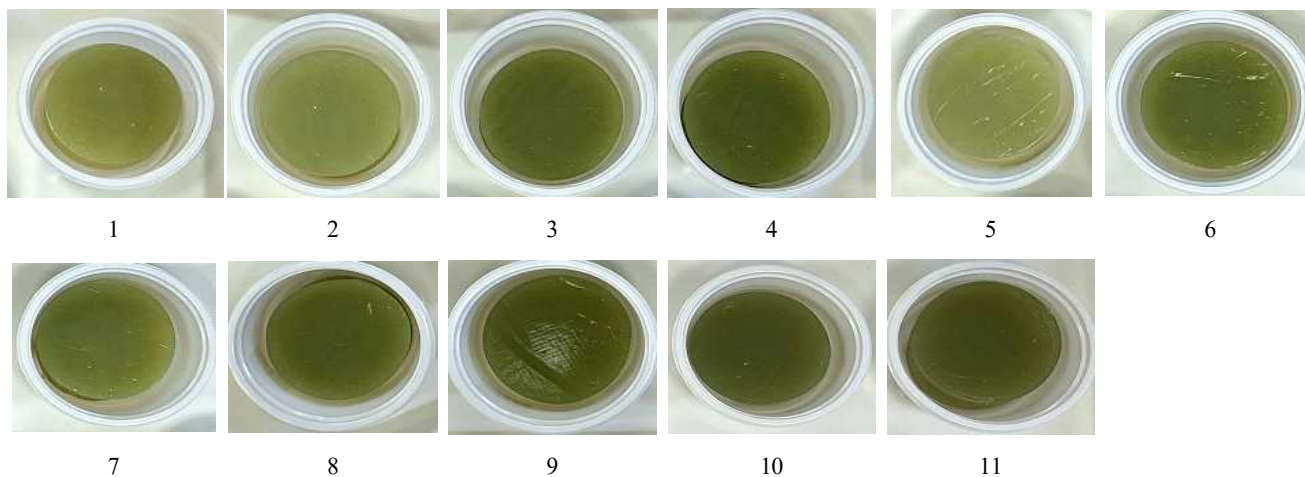


Fig. 1. Appearance of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch by central composite design.

3) 이수율 측정

이수율(syneresis)은 시료를 일정크기(20 × 20 × 20 mm)로 절단 후 뚜껑이 있는 밀폐 용기에 담아 냉장고에서 48시간 저장한 뒤 묵에서 분리된 액체량을 측정하여 이수율을 계산하였다(Jegal JM 2024). 실험은 3회 반복 측정하였다.

$$\text{Syneresis (\%)} = (A / B) \times 100$$

A: 분리된 액체량(g), B: 묵의 무게

4) 색도 측정

색도는 Spectrophotometer(CS-820N, CHNSpec Technology Co., Ltd, Hangzhou, China)를 이용하여 L*값(lightness), a*값(redness) 및 b*값(yellowness)을 측정하였다. 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었고, 표준 백판(standard plate)의 L*, a*, b*값은 각각 98.74, -0.30, 0.65이었다.

5. 파래분말 첨가 청포묵의 항산화 활성 측정

추출물의 제조는 실험관에 묵 1 g을 넣고 94.5% 에탄올을 10 mL까지 채운 뒤 1분간 vortex(NFM-3561SN, NUC Electronics Co., Ltd, Daegu, Korea)를 이용해 혼합한 후 암소에서 12시간 방치한 다음 3,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 얻은 상층액을 시료로 사용하였다. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능 측정은 Blois MS(1958)의 방법으로 하였다. 추출물 2 mL를 큐벳에 넣고 0.1 mM DPPH용액 1 mL를 첨가하여 15분간 암소에서 반응 후 517 nm에서 분광도계(UV-2600i, Shimadzu, Kyoto, Japan)을 이용해 흡광도를 측정하였다. 각각 3회 반복 측정한 후 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 다음 식에 의해 전자공여능을 산출하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A: 시료 첨가구의 흡광도, B: 시료 무첨가구의 흡광도

6. 파래분말 첨가 청포묵의 기계적 물성

기계적 물성은 물성측정기(CR-100 rheometer, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 깨짐성(brittleness), 부착성(adhesiveness)을 측정하였다. 측정 조건은 load cell: 2 kgf, adaptor type: round(diameter 20 mm), table speed: 60 mm/min, sample height: 15 mm, distance: 5 mm로 각각 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

7. 파래분말 첨가 청포묵의 관능평가

평가자는 평소 식품의 맛에 관심을 가지며, 관능평가에 대한 흥미와 경험이 있는 20세 이상 성인 30명으로 파래분말과 녹두전분에 대한 알레르기가 없는 지원자를 선발하였다. 본 청포묵의 관능평가는 전북대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아 실시하였다(No. JBNU 2024-07-027-001). 관능평가는 참여 동의서를 받은 평가자에게 실험 목적, 평가 방법에 대하여 설명한 후 총 11개 시료를 평가하였다. 청포묵의 외관(appearance), 색(color), 향미(flavor), 수분감(moistness), 탄력성(elasticity), 맛(taste), 전반적 기호도(overall acceptability) 항목을 Likert 7점 척도법(1점: 매우 싫음, 4점: 보통, 7점: 매우 좋음)을 이용하여 평가하였다. 시료는 각 평가자에게 흰 색 쟁반에 담아 물과 함께 제공하여 시료 평가 사이 입을 헹굴 수 있도록 하였다.

8. 파래분말 첨가 청포묵의 최적화 분석

청포묵에 첨가되는 파래분말(X₁)과 녹두전분(X₂)의 최적 배합 비율은 Canonical 모형의 수치적 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 독립변수 각각의 최적값을 구하였고, 지점 예측(point prediction)을 통해 종속변수 각각의 예측값을 산정하였다. Canonical 모형의 수치적 최적화는 목표 범위(goal area)를 독립변수인 파래분말(X₁)과 녹두전분(X₂)을 실험 범위 내(in range)로 설정하였으며, 종속변수인 관능평가 항목 중 유의적으로 나타난 항목을 최대(maximum)로 설정한 후 신뢰 수준 95% 구간에서 최적점(solution)을 도출하였다. 제시된 최적점(solution) 중 가장 높은 적합도(desirability)를 나타내는 최적점을 선택하였으며, 모형적 최적화는 종속변수들의 결과가 존재할 때 그 결과에서 목적으로 하는 중요 범위를 설정한 후 그래프가 중첩되는 범위 안에서의 최적점을 산출하였다.

9. 통계분석

실험의 통계분석은 IBM SPSS Statistics 29.0(IBM Corporation Armonk, NY, USA)을 이용하여 평균, 표준편차를 산출하였으며, 시료 간 차이 검증을 위해 일원배치 분산분석(analysis of variance; ANOVA)을 실시하였다. 사후 검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다. 반응표면분석의 자료 분석과 최적화는 Design Expert 11 Program(State-Easy Inc., Minneapolis, MN, USA)을 이용하였다. 독립변수와 종속변수의 관계는 분산분석과 회귀분석을 통해 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자 간 상호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면 상태는 Perturbation plot과 Response surface plot으로 나타내

었다. 분석결과 모델의 설명력은 R^2 , 적합성은 F -Test를 통해 $p<0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 파래분말 첨가 청포묵의 이화학적 품질 특성

1) 수분

수분(Y_1)의 범위는 88.35~91.38%이며, 최솟값은 시료 2, 최댓값은 시료 8에서 나타났으나 시료 간 유의적인 차이는 없었다(Table 3). 파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)이 수분에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 4), 독립변수와 종속변수 간의 관계를 설명할 수 있는 모델이 선정되지 않았다.

Lee CJ & Cho HJ(1996)의 연구에서 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 오미자편의 수분함량이 낮아졌다고 보고되었으며, Yi SK & Yoon HH(2022)의 가시파래 분말을 첨가한 파운드레이크 연구에서는 분말의 첨가량이 증가할수록 수분함량이 유의적으로 증가하였는데, 이에 대하여 연구자는 가시파래 분말에 존재하는 섬유질의 수분 흡착 작용 때문의 결과로 보았다. 본 연구에서도 통계적으로 유의적인 차이는 없었

으나, 파래분말 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서는 파래 분말의 첨가량의 차이가 크지 않으며, 묵 제조를 위하여 동일한 양의 물을 첨가하였기 때문에 변수간의 관계를 설명할 수 있는 적절한 모델이 선정되지 않은 것으로 생각된다.

2) pH

pH(Y_2)의 범위는 6.54~6.71이며, 최솟값은 시료 9, 최댓값은 시료 3에서 나타났으며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$; Table 3). 파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)이 pH에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 4), 독립변수가 교호작용을 하는 quadratic model이 나타났으며, R^2 은 0.8479, p -value는 0.0412로 유의적으로 나타났다. Perturbation plot과 반응표면곡선 분석결과(Fig. 2), pH에 미치는 영향력은 파래분말이 녹두전분보다 더 큰 것으로 나타났다. 파래분말의 첨가량이 증가할수록 pH가 완만하게 낮아지다가 중심점 이후 급격하게 증가하였고, 녹두전분은 첨가량이 증가할수록 pH가 급격하게 낮아졌으나 중심점 이후 완만하게 다시 증가하였다.

창자파래분말을 첨가한 영양막(Kim KH & Kim JS 2024)

Table 3. Physicochemical properties and DPPH of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch at various conditions by RSM

Sample No.	Variables ¹⁾			Responses						
	X ₁ (g)	X ₂ (g)	Water content (%)	pH	Syneresis (%)	Color			DPPH (%)	
						L [*]	a [*]	b [*]		
1	1.0	50	89.07±1.20 ²⁾	6.57±0.16 ^{e3)}	8.76±0.35 ^a	47.24±0.42 ^b	−7.52±0.15 ^{ab}	6.30±0.19 ^f	63.22±0.74 ^a	
2	1.0	60	88.35±0.92	6.65±0.01 ^c	6.19±0.48 ^c	47.19±0.37 ^b	−7.48±0.04 ^{ab}	6.21±0.18 ^f	53.65±0.93 ^d	
3	2.0	50	89.95±0.08	6.71±0.00 ^a	8.65±0.49 ^a	42.72±0.06 ^d	−7.73±0.12 ^{cd}	10.62±0.13 ^a	51.72±0.78 ^e	
4	2.0	60	89.16±0.45	6.70±0.01 ^a	5.07±0.18 ^f	43.39±0.27 ^c	−7.81±0.04 ^{de}	10.23±0.21 ^b	57.09±0.93 ^c	
5	0.79	55	90.91±1.17	6.61±0.37 ^d	5.77±0.67 ^c	50.33±0.52 ^a	−7.39±0.01 ^a	4.33±0.11 ^g	54.20±1.04 ^d	
6	2.21	55	90.17±0.46	6.67±0.01 ^{bc}	8.82±0.39 ^a	43.65±0.59 ^c	−7.86±0.14 ^{de}	10.40±0.12 ^{ab}	60.12±1.65 ^b	
7	1.5	47.93	90.66±0.06	6.69±0.02 ^{ab}	8.39±0.37 ^{ab}	47.45±0.37 ^b	−7.61±0.89 ^{bc}	8.57±0.19 ^e	59.99±1.40 ^b	
8	1.5	62.07	91.38±5.47	6.61±0.01 ^d	4.13±0.38 ^g	47.22±0.26 ^b	−7.75±0.12 ^{cd}	8.59±0.17 ^{de}	64.26±1.09 ^a	
9	1.5	55	88.94±0.09	6.54±0.15 ^e	7.91±0.26 ^{bc}	47.55±0.40 ^b	−7.89±0.03 ^{de}	8.81±0.24 ^{cde}	59.30±0.55 ^b	
10	1.5	55	90.07±0.50	6.55±0.02 ^e	7.31±0.09 ^{cd}	47.54±0.37 ^b	−7.96±0.05 ^e	8.99±0.14 ^{cd}	59.91±0.41 ^b	
11	1.5	55	88.97±0.14	6.56±0.01 ^e	6.97±0.25 ^d	47.58±0.38 ^b	−7.95±0.05 ^e	8.90±0.22 ^c	58.67±0.74 ^{bc}	
F-value			0.889	35.256 ^{***4)}	52.320 ^{***}	106.201 ^{***}	15.004 ^{***}	369.356 ^{***}	46.178 ^{***}	

¹⁾ X_1 : Green laver powder, X_2 : Mung bean starch.

²⁾ Mean±S.D.

³⁾ a~g Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ *** $p<0.001$.

Table 4. Analysis of predicted model equation for physicochemical properties and DPPH of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch

Responses	Model	R^2	F -value	p -value	Polynomial equation ¹⁾
Water content	-	-	-	-	-
pH	Quadratic	0.8479	5.58 ^{*3)}	0.0412	$Y_2=6.55+0.0343X_1-0.0054X_2-0.0225X_1X_2+0.0478X_1^2+0.0532X_2^2$
Syneresis	Linear	0.7576	12.50 ^{**}	0.0035	$Y_3=7.09+0.3860X_1-1.52X_2$
L*	Linear	0.7515	12.10 ^{**}	0.0038	$Y_4=46.53-2.22X_1+0.0369X_2$
a*	Quadratic	0.9779	44.18 ^{***}	0.0004	$Y_5=-7.93-0.1503X_1-0.0297X_2-0.0300X_1X_2+0.1575X_1^2+0.1314X_2^2$
b*	Quadratic	0.9919	121.94 ^{***}	0.0001	$Y_6=8.90+2.11X_1-0.0565X_2-0.0750X_1X_2-0.6725X_1^2-0.0698X_2^2$
DPPH	2FI ²⁾	0.3682	1.36	0.3310	$Y_7=58.38+0.0431X_1+0.2298X_2+3.73X_1X_2$

¹⁾ X₁: Green laver powder, X₂: Mung bean starch.

²⁾ Two-factor interaction.

³⁾ * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

연구에서 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH가 유의하게 낮아졌는데 이는 창자파래의 높은 단백질, 무기질, 아스파르트산, 글루탐산의 함량이 pH에 영향을 준 것으로 보였다. 파래분말도 수분과 조지방 함량은 낮으나 조단백질과 조섬유소 함량이 높기 때문에 본 청포묵의 pH에 영향을 준 것으로 보인다(Lee MK 등 2010). 또한, Lee CJ & Cho HJ(1996)의 오미자편 연구에서 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 경향을 보이는 것으로 보고되어 본 연구결과와 선행연구의 결과와 일부 부합되는 것으로 보인다.

3) 이수율

이수율(Y_3)의 범위는 4.13~8.82%이며, 최솟값은 시료 8, 최댓값은 시료 6이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$; Table 3). 파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)이 이수율에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 4), 독립변수가 각각 작용하는 linear model이 선정되었으며, R^2 은 0.7576, p -value는 0.0035로 유의적으로 나타났다. Perturbation plot과 반응표면곡선 분석결과(Fig. 2), 파래분말의 첨가량이 증가할수록 이수율은 점진적으로 증가하였으며, 녹두전분은 첨가량이 증가할수록 이수율이 큰 폭으로 감소하였다. 즉, 파래분말보다 녹두전분이 이수율에 더 큰 영향을 미치고 있었다.

Jang SH(2010)의 동부 전분 연구에서 전분 젤의 가장 큰 특징은 이수현상이며, 묵의 이수현상과 노화도는 높은 상관성을 가지고 있으며, 보관온도가 낮고 보관기간이 길어질수록 이수율이 높아진다고 하였다. 아로니아 분말 첨가 청포묵의 이수율 연구를 진행한 Hwang ES & Nhuan DT(2014)는 청포묵에 첨가된 부재료 분말이 묵의 이수현상에 영향을 미친다고 하였는데, 이는 첨가된 분말이 청포묵의 구조의 안정성에 기여하게 되어 녹두전분만으로 제조한 경우보다 이수율이

낮다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 파래분말을 가장 많이 첨가한 시료 6(2.21 g)에서 가장 높은 이수율이 나타나고, 녹두전분을 가장 많이 첨가한 시료 8(62.07g)에서 가장 낮은 이수율을 보여 선행연구(Hwang ES & Nhuan DT 2014)의 결과와 다소 차이를 보였다. 이러한 결과는 본 연구에서는 파래분말의 첨가량이 0.79~2.21 g으로 적은 양이어서 파래분말보다는 녹두전분이 청포묵의 안정성에 더 영향을 미친 것으로 보인다. 따라서 추후 연구에서는 묵의 안전성을 고려하여 이수율이 적은 재료를 묵의 원료로 사용하는 것이 필요하겠다.

4) 색도

명도(Y_4)의 범위는 42.72~50.33, 적색도(Y_5)는 -7.39~-7.96, 황색도(Y_6)는 4.33~10.62이었다(Table 3). 명도의 최솟값은 시료 3, 최댓값은 시료 5($p<0.001$), 적색도의 최솟값은 시료 5, 최댓값은 시료 10($p<0.001$), 황색도의 최솟값은 시료 5, 최댓값은 시료 3에서 나타났으며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$). 파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)이 색도에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 4), 명도는 독립변수가 각각 작용하는 linear model, 적색도와 황색도는 독립변수가 교호작용하는 quadratic model이 선정되었다. 명도, 적색도, 황색도의 R^2 은 각각 0.7515, 0.9779, 0.9919로 높은 설명력을 보였으며, p -value는 각각 0.0038, 0.0004, 0.0001로 모두 유의적인 차이를 보였다. Perturbation plot과 반응표면곡선 분석결과(Fig. 2), 명도, 적색도, 황색도에는 녹두전분보다 파래분말의 첨가량에 따른 변화가 더 크게 나타나 파래분말의 영향력이 더 큰 것을 확인하였다. 명도는 파래분말의 첨가량이 증가할수록 어두워지고, 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 밝아지는 경향을 보였다. 적색도는 파래분말의 첨가량이 증가할수록 급격히 감소하다가 중심점 이후부터 소

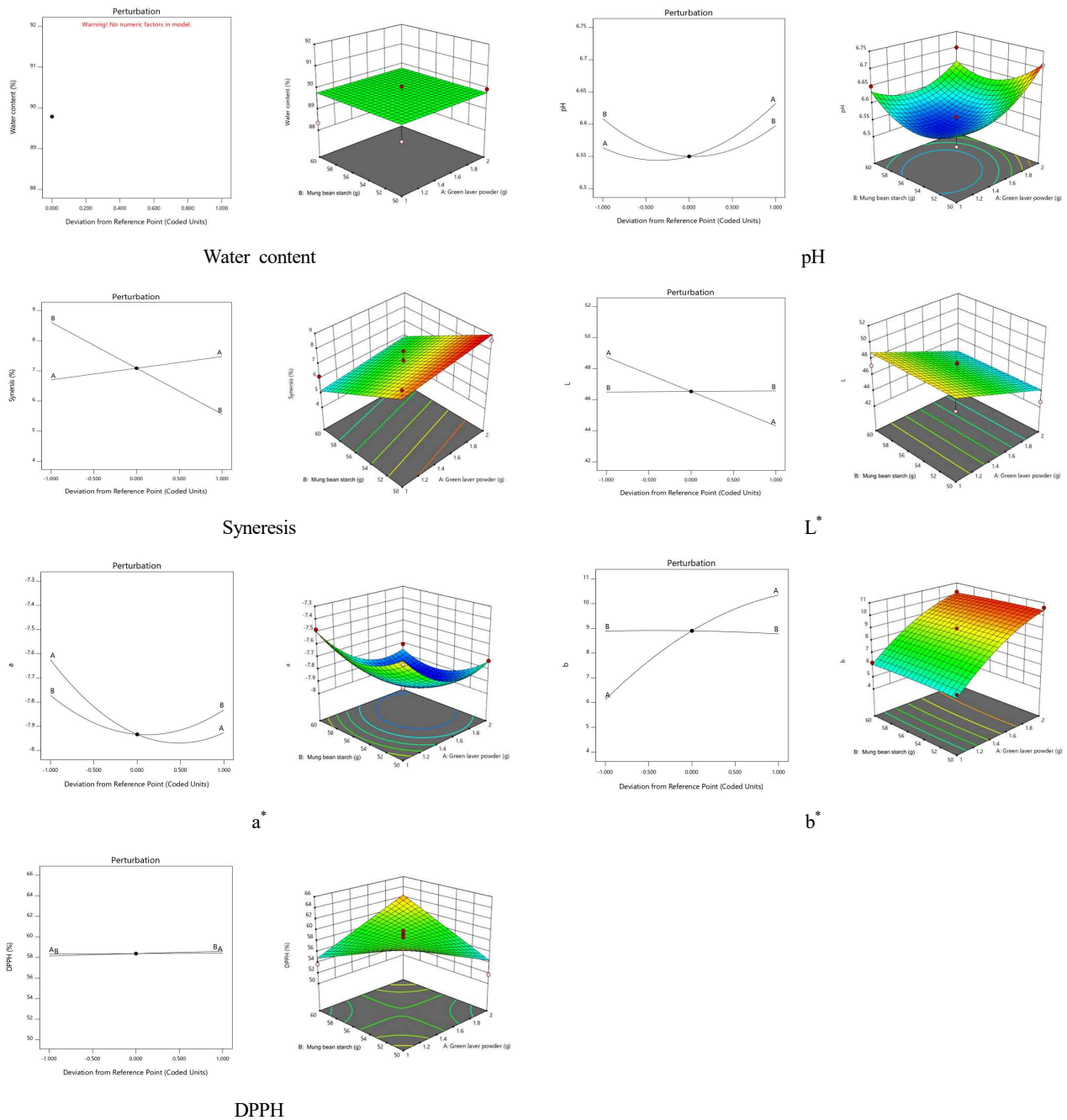


Fig. 2. Perturbation plot and response surface plot for physicochemical properties and DPPH of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch.

폭으로 증가하는 경향을 보였으며, 녹두전분도 첨가량이 증가할수록 감소하다가 증가하는 경향을 보였다. 황색도에서도 파래분말의 첨가량이 증가할수록 크게 증가하였으며, 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 완만하게 감소하였다.

파래분말 첨가 떡볶이 떡(Jung KI 등 2019)과 가시파래 첨가 버터쿠키(Kim SJ 등 2020)의 연구에서도 파래분말의 첨가량이 증가할수록 시료의 명도와 적색도는 유의적으로 감

소하였고, 황색도는 유의적으로 증가하여 본 연구와 같은 경향을 보였다. 녹차가루 첨가(Chung NY 등 2022)와 쏙분말 첨가(Jegal JM 2024) 청포묵의 색도 측정결과에서도 녹차와 쏙분말 첨가량이 증가할수록 명도, 적색도는 감소하고 황색도는 증가한다고 하여 본 연구와 동일한 결과를 보였다. 따라서 녹두전분이 주성분인 청포묵에는 특별한 색과 맛이 없기 때문에 첨가하는 부재료에 따라 다양한 색과 맛을 나타낼

수 있으므로 다양한 천연 부재료를 첨가하여 청포묵을 제조한다면 소비자들의 시각적인 선호도를 증가시킬 수 있겠다.

2. 파래분말 첨가 청포묵의 항산화 활성

항산화 활성(Y_7)의 범위는 51.72~64.26%이며, 최솟값은 시료 3, 최댓값은 시료 8이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$; Table 3). 파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)이 항산화능에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 4), 독립변수가 상호작용을 하는 2FI model이 나타났으며, R^2 은 0.3682, p -value는 0.3310으로 유의적이지 않았다. Perturbation plot과 반응표면곡선 분석결과(Fig. 2), 파래분말과 녹두전분 모두 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가하는 경향을 보였으나, 녹두전분이 파래분말보다 비교적 크게 변화를 나타내어 녹두전분이 파래분말보다 청포묵의 항산화능에 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

파래분말 첨가 설기떡(Kim HS & Lyu ES 2010), 떡볶이떡(Jung KI 등 2019) 및 쌀과자(Kim DH 등 2020a) 연구에서도 파래분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가하여 본 연구와 일치하는 결과를 보였다. 녹두의 항산화 활성 연구(Jeon KS 등 2015)에서도 녹두에는 플라보노이드를 비롯한 페놀성 화합물이 풍부하게 함유되어 있으며, 천연물 유래

항산화성 소재로서 활용 가능성이 높다고 하였다. 본 연구에서도 파래분말과 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 항산화능이 함께 증가하는 것으로 나타나 선행연구의 결과를 재확인하였다. 해조류에는 충분한 양의 폴리페놀과 각종 아미노산과 지방산, 식이섬유, 폴리페놀 등 다양한 생리활성물질을 함유하고 있으며, 지방함량이 낮고 무기질과 비타민이 풍부한 것으로 보고되고 있다(D'Orazio N 등 2012; Yoon SH 등 2022). Kwak CS 등(2005)의 해조류 에탄올 추출물의 총 페놀 함량 분석결과, 파래 8.97mg/g, 미역 2.43 mg/g, 툇 1.44 mg/g으로 보고되었으며, Na HS 등(2014)의 연구에서는 파래의 총 페놀함량이 3.2~12.4 mg/g으로 보고되었다. Choi Y 등(2020)의 연구에서는 툇, 모자반, 파래를 첨가한 보리밥의 페놀 함량과 라디칼 소거능이 유의하게 높은 것으로 보고되었다. 그러나 본 연구에서는 DPPH 라디칼 소거능 분석만 진행하여 선행연구에서 보고된 총 페놀 함량 등의 항산화능 비교가 어려우나 연구결과에서 파래의 높은 항산화성이 확인되고 있으므로 일반 청포묵보다는 파래분말 첨가 청포묵이 건강에 대한 관심이 높은 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있을 것으로 생각된다.

3. 파래분말 첨가 청포묵의 기계적 물성

기계적 물성 분석결과(Table 5), 경도(Y_8)의 범위는 243.00

Table 5. Texture properties of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch at various conditions by RSM

Sample No.	Variables ¹⁾		Responses					
	X_1 (g)	X_2 (g)	Hardness (gf/cm ²)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (gf)	Brittleness (gf)	Adhesiveness (gf)
1	1.0	50	280.57±16.06 ^{2)c3)}	92.20±1.82 ^{de}	88.07±3.86 ^{bc}	294.97±55.99 ^{ab}	271.65±48.91 ^{ab}	-17.33±5.69
2	1.0	60	359.93±12.89 ^{ab}	93.70±0.70 ^{cde}	89.37±1.06 ^{ab}	303.24±14.75 ^{ab}	284.13±14.12 ^{ab}	-20.33±3.06
3	2.0	50	249.83±16.05 ^d	91.23±1.86 ^c	90.77±1.97 ^{ab}	240.14±15.07 ^c	219.02±12.28 ^c	-18.67±2.52
4	2.0	60	376.20±7.10 ^a	92.93±1.27 ^{cde}	89.93±1.07 ^{ab}	317.71±6.07 ^a	295.26±5.03 ^a	-16.33±2.89
5	0.79	55	281.03±12.96 ^c	95.67±0.58 ^{bcd}	92.27±1.79 ^a	273.20±9.14 ^{bc}	261.41±7.45 ^{ab}	-20.33±2.08
6	2.21	55	294.93±2.85 ^c	95.37±1.48 ^{bcd}	91.30±0.72 ^{ab}	284.82±5.06 ^{ab}	271.70±9.04 ^{ab}	-19.33±2.08
7	1.5	47.93	243.00±5.11 ^d	92.70±2.42 ^{cde}	89.87±1.48 ^{ab}	264.85±12.59 ^{bc}	245.63±17.62 ^{bc}	-18.00±1.00
8	1.5	62.07	353.03±2.29 ^b	92.70±3.24 ^{cde}	85.30±1.55 ^c	316.44±9.06 ^a	293.45±17.50 ^a	-18.33±4.16
9	1.5	55	293.07±12.25 ^c	98.67±1.15 ^a	93.30±3.04 ^a	289.50±20.71 ^{ab}	285.83±23.78 ^a	-18.00±1.00
10	1.5	55	290.23±7.40 ^c	97.00±0.00 ^{ab}	91.47±0.60 ^{ab}	279.96±8.47 ^{ab}	271.61±8.21 ^{ab}	-14.00±3.61
11	1.5	55	278.63±6.45 ^c	94.36±1.10 ^{bcd}	89.40±3.20 ^{ab}	303.18±18.72 ^{ab}	286.20±19.72 ^a	-20.67±1.53
F-value			53.800 ^{****4)}	5.494 ^{***}	3.153 [*]	3.648 ^{**}	3.742 ^{**}	1.276

¹⁾ X_1 : Green laver powder, X_2 : Mung bean starch.

²⁾ Mean±S.D.

³⁾ a~e Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

~376.20 gf/cm², 최솟값은 시료 7, 최댓값은 시료 4이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$). 탄력성(Y_9)의 범위는 91.23~98.67%, 최솟값은 시료 3, 최댓값은 시료 9이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$). 응집성(Y_{10})의 범위는 85.30~93.30%, 최솟값은 시료 8, 최댓값은 시료 9이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 검성(Y_{11})의 범위는 240.14~317.71 gf, 최솟값은 시료 3, 최댓값은 시료 4이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$). 깨짐성(Y_{12})의 범위는 219.02~295.26 gf, 최솟값은 시료 3, 최댓값은 시료 4이며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$). 부착성(Y_{13})의 범위는 -20.67~-14.00 gf, 최솟값은 시료 11, 최댓값은 시료 10이었으나 시료 간 유의적인 차이는 없었다.

파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)이 청포묵의 물성에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 6), 경도는 독립변수가 각각 작용하는 linear model이 선정되었으며 R^2 은 0.8441로 높은 설명력을 보였으며, p -value는 0.0006로 유의적인 차이를 보였다. 탄력성과 응집성은 독립변수가 교호작용하는 quadratic model이 선정되었으며, R^2 은 0.6820, 0.6523이었으나, p -value는 0.2111, 0.2533으로 유의적인 차이는 없었다. 검성과 깨짐성은 독립변수가 상호작용하는 2FI model이 선정되었으며, R^2 은 0.8307, 0.8078로 높게 나타났으며, p -value는 0.0043, 0.0067로 유의적인 차이를 나타냈다. 마지막으로 부착성은 독립변수와 종속변수의 관계를 설명할 수 있는 적합한 모델이 선정되지 않았다. Perturbation plot과 반응표면곡선 분석결과(Fig. 3), 청포묵의 경도, 탄력성, 응집성, 검성, 깨짐성에 미치는 영향은 파래분말보다 녹두전분이 더 큰 것으로 확인되었다.

첫째, 경도는 파래분말 첨가량이 증가할 때 변화가 거의 없으나, 녹두전분의 첨가량이 증가할 때는 큰 폭으로 경도가 증가하는 것으로 나타났다. Kim HS & Ahn SY(1997)는 전분의 아밀로오스 함량이 높을수록 겔의 강도 계수가 증가하

는 양의 상관관계를 갖는다고 하였는데, 본 연구에서도 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 경도가 높아지는 결과를 보였다. Kim AJ 등(2011a)의 연구에서도 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 청포묵의 경도가 증가하여 본 연구결과와 동일한 결과를 확인하였다. 둘째, 탄력성은 파래분말과 녹두전분 모두 첨가량이 증가할수록 초기에는 청포묵의 구조의 안정성에 기여하여 탄력성이 증가하다 중심점 이후부터는 감소하였다. 이때 녹두전분의 첨가량에 따른 탄력성의 변화가 더 크게 나타났다. Kim AJ 등(2011a)의 연구에서도 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 청포묵의 탄력성이 증가한 것으로 보고되었다. 그러나 파래분말을 많이 첨가할 때는 청포묵의 탄력성에 부정적인 영향을 주는 것으로 보인다. 함초분말(Son GO & Lee SJ 2014), 녹차가루(Chung NY 등 2022), 죽엽분말(Kang HM 등 2023)을 첨가한 청포묵의 품질연구에 따르면 부재료의 첨가량이 증가할수록 탄력성이 감소하는 것으로 보고되었다. 셋째, 응집성은 파래분말의 첨가량이 증가할 때 감소하다가 중심점 이후 증가하는 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다. 그러나 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 응집성이 증가하다가 중심점 이후 큰 폭으로 감소하였다. Hwang ES & Nhuan DT(2014)의 연구에서도 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 묵의 응집성이 감소하였으나 시료 간 유의적인 차이는 없다고 하였다. 본 연구에서도 파래분말의 첨가에 따른 응집성의 변화는 크지 않았다. 넷째, 검성은 파래분말의 첨가량이 증가할수록 점진적으로 소폭 감소하였고, 녹두전분의 첨가량이 증가할 때는 검성이 큰 폭으로 증가하였다. 쑥분말(Jegal JM 2024)과 새싹보리분말(Nam PS & Yoo SS 2022)을 첨가한 연구에서도 분말 첨가량이 증가할수록 청포묵의 검성이 유의적으로 감소하여 본 연구와 동일한 결과를 보였다. 이는 부재료의 첨가량이 증가할수록 전분의 첨가량이 감소하여 전분 겔의 경도와 응집성에 영향을 주었으며,

Table 6. Analysis of predicted model equation for texture properties of Cheongpomuk prepared with green laver powder and mung bean starch

Responses	Model	R^2	F -value	p -value	Polynomial equation ¹⁾
Hardness	Linear	0.8441	21.66 ^{***3)}	0.0006	$Y_8=300.04+0.6558X_1+45.17X_2$
Springiness	Quadratic	0.6820	2.14	0.2111	$Y_9=96.67-0.2696X_1+0.4001X_2+0.0500X_1X_2+0.9664X_1^2-2.39X_2^2$
Cohesiveness	Quadratic	0.6523	1.88	0.2533	$Y_{10}=91.39+0.2344X_1-0.7504X_2-0.5350X_1X_2+0.1596X_1^2-1.94X_2^2$
Gumminess	2FI ²⁾	0.8307	11.45 ^{**}	0.0043	$Y_{11}=288.00-2.97X_1+19.85X_2+17.32X_1X_2$
Brittleness	2FI	0.8078	9.80 ^{**}	0.0067	$Y_{12}=271.44-3.35X_1+19.55X_2+15.94X_1X_2$
Adhesiveness	-	-	-	-	-

¹⁾ X_1 : Green laver powder, X_2 : Mung bean starch.

²⁾ Two-factor interaction.

³⁾ ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

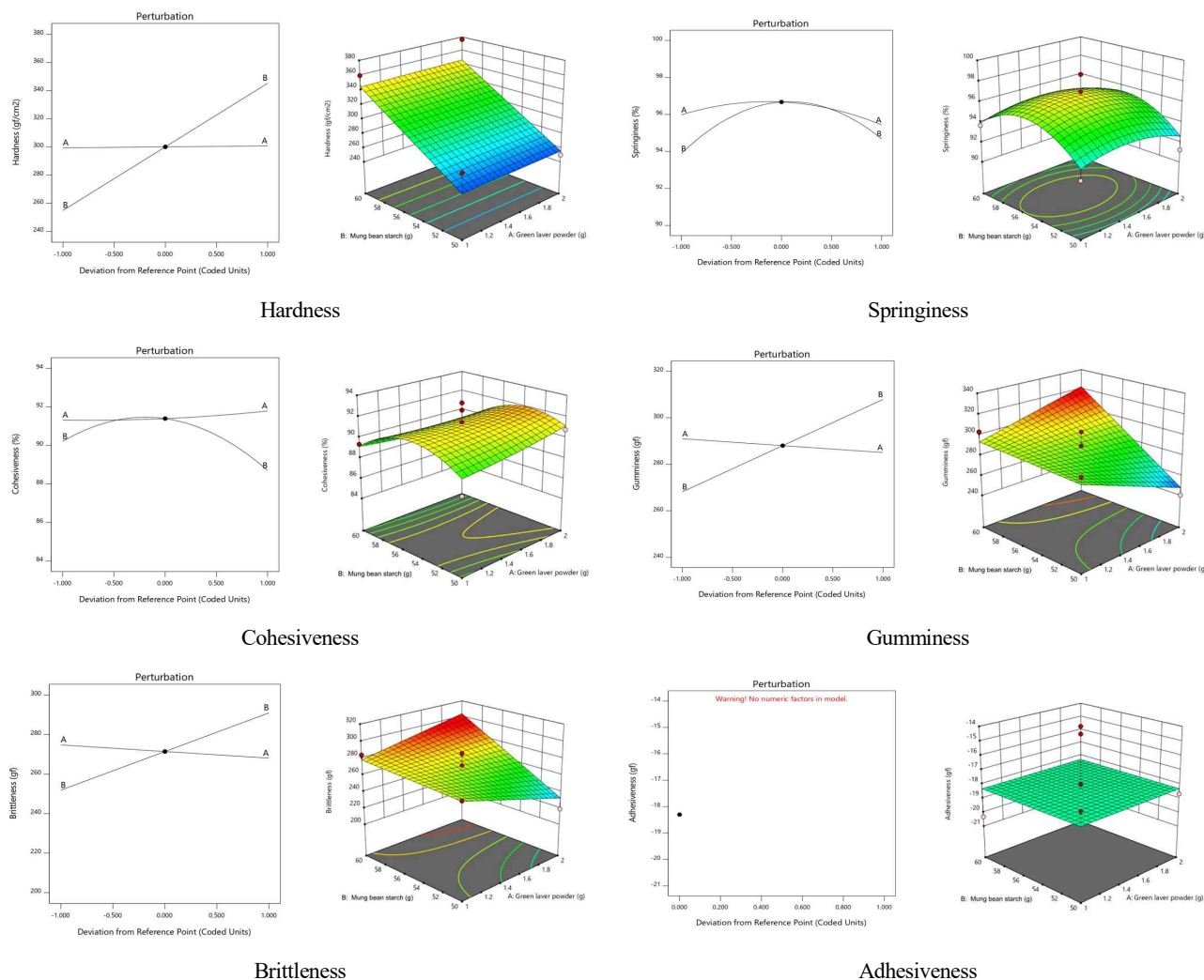


Fig. 3. Perturbation plot and response surface plot for texture properties of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch.

이에 따라 겉성의 차이가 나타난 것으로 보인다. 다섯째, 깨 짐성은 파래분말의 첨가량이 증가할수록 소폭 감소하였으며, 녹두전분의 첨가량이 증가할 때는 큰 폭으로 증가하였다. Kim HS & Ahn SY(1997)는 전분의 아밀로오스 함량이 높을수록 겉의 절단성이 증가한다고 하였는데, 본 연구에서도 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 청포묵의 깨짐성이 증가하였다. 여섯째, 부착성은 본 연구에서 시료 간 부착성의 유의한 차이가 나타나지 않았는데 은행분말을 첨가한 청포묵의 품질특성(Joo SY & Choi HY 2014) 연구에서도 은행분말의 첨가량에 따른 부착성의 유의적인 차이가 나타나지 않아 본 연구와 동일한 결과를 보였다.

4. 파래분말 첨가 청포묵의 관능평가

관능평가 결과(Table 7), 외관(Y_{14})은 3.50~5.11점 범위로

최솟값은 시료 5, 최댓값은 시료 10이며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 색(Y_{15})은 3.39~5.28점 범위로 최솟값은 시료 5, 최댓값은 시료 11이며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 향미(Y_{16})는 4.11~4.78점 범위로 최솟값은 시료 2, 시료 3, 시료 11, 최댓값은 시료 8이나 시료 간 유의적인 차이는 없었다. 수분감(Y_{17})은 3.94~5.56점 범위로 최솟값은 시료 6, 최댓값은 시료 5이며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 탄력성(Y_{18})은 4.28~5.11점 범위로 최솟값은 시료 6, 최댓값은 시료 11이나 시료 간 유의적인 차이는 없었다. 맛(Y_{19})은 4.17~5.67점 범위로 최솟값은 시료 6, 최댓값은 시료 7이며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$). 전반적 기호도(Y_{20})는 3.78~5.61점 범위로 최솟값은 시료 6, 최댓값은 시료 10이며 시료 간 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$).

Table 7. Sensory attributes of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch at various conditions by RSM

Sample No.	Variables ¹⁾		Responses							
	X ₁ (g)	X ₂ (g)	Appearance	Color	Flavor	Moistness	Elasticity	Taste	Overall acceptability	
1	1.0	50	3.67±1.28 ^{2)bc3)}	4.00±1.85 ^{bc}	4.17±1.79	5.17±1.25 ^{ab}	4.56±1.38	4.78±1.06 ^{ab}	4.44±1.34 ^{bc}	
2	1.0	60	4.33±1.61 ^{abc}	4.06±1.92 ^{abc}	4.11±1.64	4.72±1.36 ^{abc}	4.89±1.23	4.83±1.20 ^{ab}	4.56±1.34 ^{bc}	
3	2.0	50	4.50±1.38 ^{abc}	4.83±1.62 ^{ab}	4.11±1.81	4.72±1.45 ^{abc}	4.83±1.58	5.06±1.47 ^{ab}	4.83±1.54 ^{ab}	
4	2.0	60	4.06±1.21 ^{abc}	4.28±1.41 ^{abc}	4.44±1.38	4.44±1.25 ^{bc}	4.94±1.39	4.83±1.38 ^{ab}	4.72±1.41 ^{abc}	
5	0.79	55	3.50±1.62 ^c	3.39±1.61 ^c	4.33±1.82	5.56±1.34 ^a	4.83±1.54	4.61±1.54 ^b	4.50±1.51 ^{bc}	
6	2.21	55	4.11±1.64 ^{abc}	4.44±1.20 ^{abc}	4.28±1.27	3.94±1.59 ^c	4.28±1.90	4.17±1.51 ^c	3.78±1.67 ^c	
7	1.5	47.93	4.78±1.52 ^{ab}	4.89±1.75 ^{ab}	4.72±1.90	4.83±1.34 ^{abc}	5.00±1.14	5.67±0.91 ^a	5.11±1.28 ^{ab}	
8	1.5	62.07	4.56±1.65 ^{abc}	4.89±1.75 ^{ab}	4.78±1.26	4.22±1.56 ^{bc}	4.61±1.42	4.78±1.40 ^{ab}	4.61±1.46 ^{abc}	
9	1.5	55	4.94±1.31 ^a	5.22±1.44 ^{ab}	4.33±1.68	4.83±1.43 ^{abc}	4.56±1.50	5.61±1.15 ^a	5.06±1.11 ^{ab}	
10	1.5	55	5.11±1.61 ^a	5.22±1.56 ^{ab}	4.33±1.82	5.17±1.47 ^{ab}	5.00±1.41	5.61±1.15 ^a	5.61±1.15 ^a	
11	1.5	55	4.72±1.27 ^{ab}	5.28±1.27 ^a	4.11±1.53	5.11±1.41 ^{ab}	5.11±1.28	5.61±1.15 ^a	5.22±1.11 ^{ab}	
<i>F</i> -value			2.187 ^{*4)}	2.647 [*]	0.360	1.949 [*]	0.543	2.796 ^{**}	2.267 [*]	

¹⁾ X₁: Green laver powder, X₂: Mung bean starch.

²⁾ Mean±S.D.

³⁾ a~d Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

파래분말(X₁)과 녹두전분(X₂)이 관능평가 평가 항목에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과(Table 8), 평가 항목인 외관, 색, 향미, 맛, 전반적인 기호도에서 독립변수가 교호작용을 하는 quadratic model이 선정되었으며, 수분감은 독립변수가 각각 작용하는 linear model이 나타났으나 탄력성은 적합한 모델이 선정되지 않았다. 외관, 색, 수분감, 맛의 R²은 각각

0.9452, 0.9778, 0.6739, 0.8995로 높은 설명력을 보였고, p -value는 0.0036, 0.0004, 0.0113, 0.0156로 유의적으로 나타났다. 그러나 향미와 전체적인 기호도의 R²은 0.5244, 0.7583이며, p -value는 0.4586, 0.1176로 유의적인 차이는 없었다. Perturbation plot과 반응표면곡선 분석결과(Fig. 4), 청포묵의 외관, 색, 수분감에 미치는 영향은 파래분말이 녹두전분보다

Table 8. Analysis of predicted model equation for sensory attributes of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch

Responses	Model	R ²	<i>F</i> -value	<i>p</i> -value	Polynomial equation ¹⁾
Appearance	Quadratic	0.9452	17.24 ^{**2)}	0.0036	$Y_{14}=4.92+0.1775X_1-0.0114X_2-0.2750X_1X_2-0.5797X_1^2-0.1522X_2^2$
Color	Quadratic	0.9778	43.95 ^{***}	0.0004	$Y_{15}=5.24+0.3163X_1-0.0613X_2-0.1525X_1X_2-0.6854X_1^2-0.2039X_2^2$
Flavor	Quadratic	0.5244	1.10	0.4586	$Y_{16}=4.26+0.0248X_1+0.0444X_2+0.0975X_1X_2-0.0546X_1^2+0.1668X_2^2$
Moistness	Linear	0.6739	8.27 [*]	0.0113	$Y_{17}=4.79-0.3773X_1-0.1991X_2$
Elasticity	-	-	-	-	-
Taste	Quadratic	0.8995	8.95 [*]	0.0156	$Y_{19}=5.61-0.0429X_1-0.1798X_2-0.0700X_1X_2-0.5897X_1^2-0.1769X_2^2$
Overall acceptability	Quadratic	0.7583	3.14	0.1176	$Y_{20}=5.30-0.0588X_1-0.0871X_2-0.0575X_1X_2-0.5410X_1^2-0.1852X_2^2$

¹⁾ X₁: Green laver powder, X₂: Mung bean starch.

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

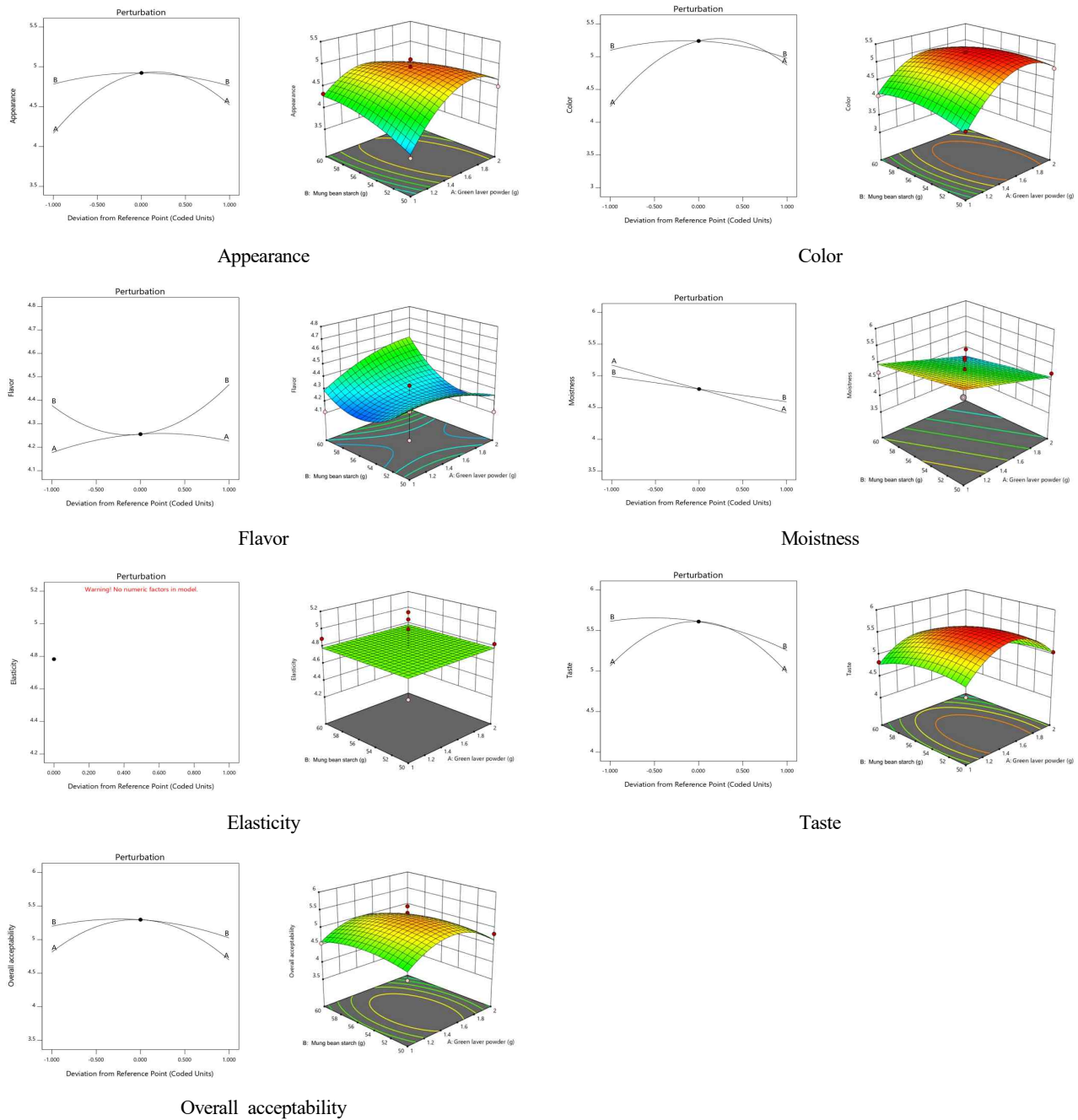


Fig. 4. Perturbation plot and response surface plot for sensory attributes of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch.

더 컸으며, 향미, 맛과 전체적인 기호도에 미치는 영향은 녹두전분이 파래분말보다 더 큰 것으로 나타났다.

첫째, 청포묵의 외관, 색은 파래분말의 첨가량이 증가할수록 기호도가 급격하게 증가하다가 감소하였고, 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 기호도가 완만하게 증가하다 감소하였다. 파래분말 첨가 축 연구(Lee MK 등 2010)에서도 파래분말의 첨가량이 증가할수록 외관과 색에 대한 기호도가 증가

하다 감소하는 경향을 보여 본 연구결과와 동일한 결과를 보였다. 둘째, 향미는 파래분말의 첨가량이 증가할수록 기호도가 완만하게 증가하다 감소하였고, 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 기호도가 감소하다 중심점 이후 급격히 증가하였다. 가시파래 첨가 막걸리연구(Kim JY 등 2020)에서 막걸리에 가시파래를 3% 첨가 시 특유의 향미가 느껴지지 않았으나, 20% 이상 첨가 시 강한 비린향이 느껴졌다고 하였다. 또

한, 파래 첨가 생면연구(Kim DH 등 2020b)에서도 가시파래의 첨가량이 많아질수록 향의 기호도가 증가하였으나 점차 가시파래 첨가량의 증가에 따라 비린향이 증가하면서 기호도 평가에 부정적인 영향을 준 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 파래분말의 첨가량이 증가할수록 향미의 기호도가 증가하다가 일정수준에서 감소한 이유로 다량의 파래첨가시 특유의 비린향이 증가했기 때문으로 판단된다. 셋째, 촉촉한 정도를 나타내는 수분감은 파래분말과 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 보였으나 파래분말이 녹두전분보다 더 크게 감소하는 변화를 나타내었다. Kim SJ & Han YS(1998)의 연구에서는 파래분말의 첨가량이 증가할수록 수분감이 유의적으로 증가한 것으로 보고되어 본 연구결과와 차이를 보였다. 그러나 녹차가루 첨가 청포묵의 관능평가(Chung NY 등 2022)에서는 녹차가루의 첨가량이 증가할수록 수분감이 유의적으로 낮아진 것으로 보고되었다. 선행연구를 볼 때 첨가되는 부재료에 따라 청포묵의 수분감은 차이가 있는 것으로 보이며, 본 연구에서도 파래분말이 묵의 수분감에 영향을 준 것으로 보인다. 넷째, 맛과 전반적인 기호도는 파래분말의 첨가량이 증가할수록 기호도가 큰 폭으로 증가하다가 중심점 이후 큰 폭으로 감소하였고, 녹두전분의 첨가량이 증가할수록 기호도가 완만하게 증가하였으나 중심점 이후에는 완만하게 감소하였다. 파래분말을 첨가한 매작과(Park ID & Cho HS 2010)와 절편(Lee NG 2018) 연구에서도 파래가루의 첨가량이 증가할수록 맛과 전반적인 기호도가 증가하다가 감소하는 경향을 보여 본 연구결과와 동일한 결과를 보였다. 특히, 매작과에 파래분말 첨가량이 많아질수록 쓴맛이 느껴지고 품질을 낮추기 때문에 적정량을 결정하는 것이 매우 중요하다고 하였다(Park ID & Cho HS 2010). 실제 Baek SY 등(2020)에 따르면

해조류는 종류에 따라 함유하고 있는 독특한 향과 비린내가 있어 식품소재로 개발 시 문제가 되고 있으므로 이를 감소시키기 위한 공정에 대한 연구가 진행되고 있다고 하였다.

5. 파래분말 첨가 청포묵의 제조조건 최적화

파래분말(X_1)과 녹두전분(X_2)의 최적 배합 비율을 구하고자 Canonical 모형의 수치적 최적화와 모형적 최적화를 통해 그 첨가량을 선정하였다. 수치적 최적화의 목표 범위는 독립변수인 파래분말(X_1 : 1.0~2.0 g)과 녹두전분(X_2 : 50~60 g)은 실험 범위 내로, 종속변수 중 소비자의 기호도와 제품의 선택에 영향을 크게 미치는 관능평가에서 유의적으로 나타난 항목인 외관, 색, 수분감, 맛의 점수를 최대로 설정하여(Table 9) 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다(Fig. 5). 이때 예측된 파래분말과 녹두전분의 최적 첨가량은 각 1.51 g과 52.20 g이었다. 모형적 최적화는 종속변수의 범위를 설정하여

Table 9. Optimum constraint values using two numerical methods in the object goal

Constrains name	Goal	Numerical optimization (g)
Independent variables	$X_1^{1)}$ In range	1.51
	$X_2^{2)}$ In range	52.20
Responses	$Y_{14}^{3)}$ Maximize	4.89
	$Y_{15}^{4)}$ Maximize	5.22
	$Y_{17}^{5)}$ Maximize	4.89
	$Y_{19}^{6)}$ Maximize	5.65

¹⁾ X_1 : Green laver powder, ²⁾ X_2 : Mung bean starch, ³⁾ Y_{14} : Appearance, ⁴⁾ Y_{15} : Color, ⁵⁾ Y_{17} : Moistness, ⁶⁾ Y_{19} : Taste.

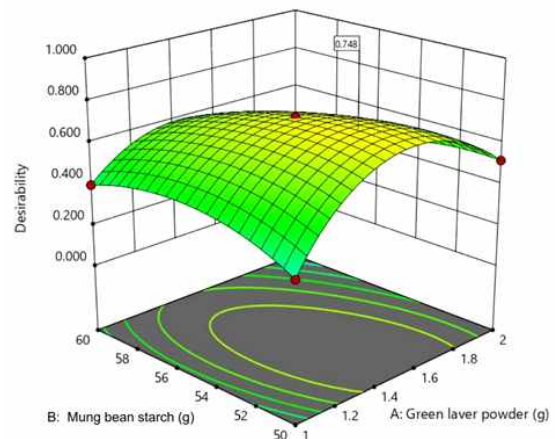
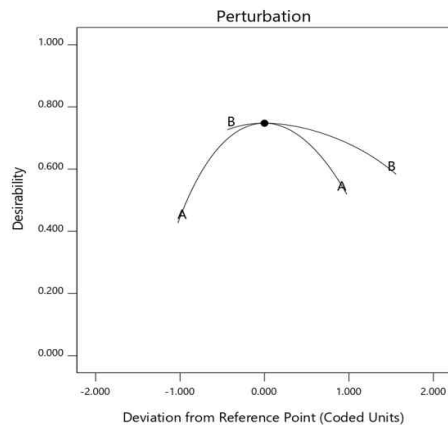


Fig. 5. Perturbation plot and response surface plot for the optimization mixture of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch.

그래프가 중첩되는 범위 안에서 최적점을 표현하였고, 최적점에서 예측되는 모든 종속변수의 결과값은 Fig. 6과 같다.

요약 및 결론

본 연구는 파래분말과 녹두전분을 이용하여 청포묵을 제조하고, 최적의 첨가량을 산출하고자 하였다. 반응표면분석법의 중심합성계획법에 따라 실험을 설계하였으며, 독립변수는 파래분말(X_1), 녹두전분(X_2)으로 설정하였고 종속변수는 이화학적 특성[수분(Y_1), pH(Y_2), 이수율(Y_3), 명도(Y_4), 적색도(Y_5), 황색도(Y_6), 항산화능(Y_7), 기계적 물성[경도(Y_8), 탄력성(Y_9), 응집성(Y_{10}), 점성(Y_{11}), 깨짐성(Y_{12}), 부착성(Y_{13})]과 관능적 특성[외관(Y_{14}), 색(Y_{15}), 향미(Y_{16}), 수분감(Y_{17}), 탄력성(Y_{18}), 맛(Y_{19}), 전반적 기호도(Y_{20})]으로 설정하였다. 최적 첨가량을 산출하기 위해 Canonical 모형의 수치적 최적화와 모형적 최적화를 통해 소비자의 제품 선택에 영향을 미치는 관능평가에서 유의적으로 나타난 항목의 점수를 최대로 설정하여 가장 높은 적합도를 나타낸 최적점을 선택하였으며, 산출된 최적 첨가량은 파래분말 1.51 g, 녹두전분 52.20 g이었다. 최적의 첨가량으로 청포묵 제조 시 예측되는 특성의 값은 수분 89.78%, pH 6.57, 이수율 7.94%, 명도 46.46, 적색도 -7.87, 황색도 8.96, 항산화능 58.20%, 경도 274.84 gf/cm², 탄력성 95.70%, 응집성 91.22%, 점성 276.61 gf, 깨짐성 260.23 gf, 부착성 -18.30 gf로 나타났다. 관능적 특성 값은 Likert 7점 척도 기준으로 외관 4.89점, 색

5.22점, 향미 4.28점, 수분감 4.89점, 탄력성 4.78점, 맛 5.65점, 전반적 기호도 5.29점으로 나타났다. 본 파래분말 첨가 청포묵 연구결과, 소비자의 기호도를 만족시키고 청포묵에 부족한 영양을 보완하여 건강식품으로서 개발이 가능할 것으로 생각된다. 또한, 현대인의 입맛에 부합한 해조류를 이용한 전통음식의 개발로 전통 식문화 계승에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

REFERENCES

- AOAC (1995) Official Method Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Baek SY, Youn SY, Oh JS, Oh SW, Kim DH, Kim SJ, Kim MR (2020) Analysis of aromatic compounds of *Enteromorpha prolifera* using electronic nose and GC/MS. J Korean Soc Food Sci Nutr 49(4): 344-355.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181(4617): 1199-1200.
- Cha YJ, Seo JJ, Heo JM, Jung YH, Kim S, Jeong Y, Hwang K, Lee C, Yu D (2025) Manufacturing and quality characteristics of seaweed chip prototypes. Korean J Fish Aquat Sci 58(5): 489-499.
- Choi G, Lee S, Lee KA, Shin M, Kim HS (2014) Standardization of Tangpyeongchae recipe and development of Obabgsaek *Cheongpomuk* (mungbean gel). J Korean Soc Food Cult 29(1): 119-128.
- Choi Y, Kim S, Lee S, Kim HJ, Lim S, Oh MC (2020) *In vitro* antioxidant activity of cooked rice containing various seaweeds. Korean J Fish Aquat Sci 53(3): 388-394.
- Chung DO (2010) Characteristics of tofu (soybean curd) quality mixed with *Enteromorpha intestinalis* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(5): 745-749.
- Chung NY, Ryu SI, Kang OS, Shin MH (2022) Quality evaluation of *Cheongpomuk* added with green tea powder. FoodService Industry Journal 18(1): 255-266.
- D'Orazio N, Gemello E, Gammone MA, Girolamo MD, Ficoneri C, Riccioni G (2012) Fucoantoin: A treasure from the sea. Mar Drugs 10(3): 604-616.
- Hwang ES, Nhuan DT (2014) Quality characteristics and antioxidant activities of *Cheongpomook* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. Korean J Food Cook Sci 30(2): 161-169.
- Jang SH (2010) Effects of sugars and dietary fibers on syneresis and retrogradation of cowpea starch gels. MS

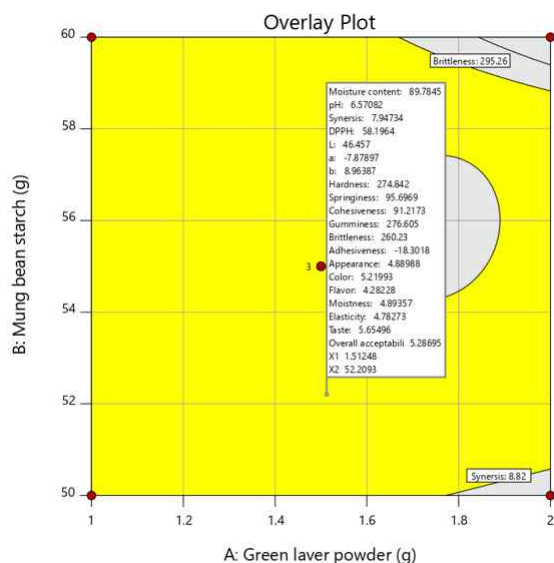


Fig. 6. Overlay plot for the optimization condition of *Cheongpomuk* prepared with green laver powder and mung bean starch.

- Thesis Korea University, Seoul. pp 45-46.
- Jegal JM (2024) Quality characteristics of Cheongpomook with mugwort powder. *Culi Sci & Hos Res* 30(11): 1-9.
- Jeon KS, Xu YL, Park SI (2015) Antioxidant activity of chinese mung bean. *Culi Sci & Hos Res* 21(2): 41-51.
- Joo NM, Chun HJ (1991) Effect of oil addition on texture of mungbean starch gel. *Korean J Food Cook Sci* 8(1): 21-25.
- Joo SY, Choi HY (2014) Antioxidant activity and quality characteristics of mung bean starch gel prepared with ginkgo nut powder. *J Korean Soc Food Cult* 29(1): 84-90.
- Jung KI, Bang HJ, Boo HJ, Choi YJ (2019) Quality characteristics of *Topokkidduk* added with *Enteromorpha intestinalis* powder. *Journal of Life Science* 29(5): 588-595.
- Kang HM, Ryu SI, Paik JK (2023) Quality characteristics of *Cheongpomuk* added bamboo leaf powder. *Culi Sci & Hos Res* 29(11): 9-16.
- Kim AJ, Han MR, Rho JO (2011a) Quality characteristics of *Cheongpomook* prepared with different levels of mungbean powder. *Korean J Hum Ecol* 20(6): 1229-1237.
- Kim AJ, Joung KH, Shin SM (2011b) Quality characteristics of *Cheongpomook* using black garlic extract. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 12(6): 2685-2690.
- Kim DH, Baek SY, Kim MR (2020a) Quality characteristics and antioxidant activities of rice crispy cereal added with *Enteromorpha prolifera*. *Food Sci Preserv* 27(7): 897-905.
- Kim DH, Kim SJ, Baek SY, Kim MR (2020b) Physicochemical properties and antioxidant activities of raw noodle added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49(7): 686-694.
- Kim HS, Ahn SY (1997) Effect of amylose and amylopectin on the texture of *Mook*. *Korean J Hum Ecol* 6(2): 157-166.
- Kim HS, Lyu ES (2010) Optimization of *Sulgidduk* with green laver powder using a response surface methodology. *Korean J Food Cook Sci* 26(1): 54-61.
- Kim JY, Jeon EB, Choi MS, Park SY (2020) Effect of *Enteromorpha prolifera* on quality characteristics and antioxidants activities of the *Maikkeolli* (Korean traditional rice-based wine). *Korean J Fish Aquat Sci* 53(2): 231-236.
- Kim JY, Yoo SS (2020) Quality characteristics of *Cheongpomook* added with moringa powder. *Culi Sci & Hos Res* 26(5): 55-65.
- Kim KH, Kim JS (2024) Quality characteristics of nutritional bar with varying concentrations of *Enteromorpha intestinalis* powder. *Hum Ecol Res* 62(2): 295-302.
- Kim SA, Kim J, Woo MK, Kwak CS, Lee MS (2005) Antimutagenic and cytotoxic effects of ethanol extracts from five kinds of seaweeds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(4): 451-459.
- Kim SJ, Han YS (1998) Effect of green laver on the extension of self-life of muk (starch jelly). *Korean J Food Cook Sci* 14(1): 119-123.
- Kim SJ, Kim DH, Kim MR (2019) Physicochemical properties and antioxidant activities evaluation of allulose *Yanggaeng* containing *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48(9): 977-986.
- Kim SJ, Kim DH, Baek SY, Kim MR (2020) Physicochemical properties and antioxidant activities of butter cookies added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49(7): 695-793.
- Korean Food Standards Codex (2026) Tofu or Muk. <https://various.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 23. 7. 2026).
- Kwak CS, Kim SA, Lee MS (2005) The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(8): 1143-1150.
- Lee CJ, Cho HJ (1996) The effect of different level of mungbean starch on the quality of *Omija-pyun*. *J Korean Soc Food Cult* 22(1): 53-59.
- Lee MK, Choi SH, Lim HS, Ahn JS (2010) Quality characteristics of *Jook* prepared with green laver powder. *Korean J Food Cook Sci* 26(5): 552-558.
- Lee NG (2018) Quality characteristics of Jeolpyeon by different ratios of green laver powder. *The Journal of the Convergence on Culture Technology* 4(4): 295-300.
- Ministry of Culture, Sports and Tourism (2007) Study on the Modernization and Application of Muk. <https://www.prism.go.kr> (accessed on 23. 7. 2026).
- Ministry of Food and Drug Safety (2019) Green Laver. Food and Nutritional Composition Database. <https://various.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 22. 2. 2025).
- Ministry of Food and Drug Safety (2022) Cheongpomuk. Food and Nutritional Composition Database. <https://various.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 31. 1. 2025).
- Na HS, Kim JY, Park JS, Choi GC, Yang SI, Lee JH, Cho JY, Ma SJ (2014) Characteristics of marine algae extracts

- using subcritical water extract method. Korean J Food Preserv 21(1): 62-68.
- Nam PS, Yoo SS (2022) Quality evaluation of *Cheongpomuk* added with barley sprouts powder. Culi Sci & Hos Res 28(10): 30-39.
- Park BH, Ju SM, Cho HS (2010) Effect of *Enteromorpha intestinalis* powder addition in quality of dumpling shell. Korean J Food Preserv 17(6): 814-819.
- Park ID, Cho HS (2010) Quality and characteristics of *Maekgwang* containing various levels of *Enteromorpha intestinalis* powder. J Korean Soc Food Cult 25(4): 473-479.
- Park JH, Kim EM (2010) Changes in the quality characteristics of mung bean starch jelly with white lotus(*Nelumbo nucifera*) root powder added. Culi Sci & Hos Res 16(1): 180-190.
- Shin KE (2024) Quality and characteristics of senoir-friendly *Cheongpomook* added mealworm. Culi Sci & Hos Res 30(7): 39-47.
- Son GO, Lee SJ (2014) Quality characteristics of mungbean starch gel added with *Salicornia herbacea* L. powder. J East Asian Soc Diet Life 24(4): 472-480.
- Yi SK, Yoon HH (2022) Quality characteristics of pound cake with *Enteromorpha prolifera* powder. Culi Sci & Hos Res 28(5): 66-76.
- Yoon SH, Kim SY, Park ES, Choi MK (2022) Nutritional assessment focusing on proximate composition and mineral content of Korean seaweeds. J East Asian Soc Diet Life 32(6): 321-329.

Date Received	Jul. 31, 2026
Date Revised	Aug. 12, 2026
Date Accepted	Aug. 13, 2026