



## 반응표면분석법을 이용한 쌀 단백질 초고압 추출조건 최적화

라하나 · 박사라 · 김하윤 · 조용식 · 김경미\*  
농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

### Optimization of the High-Pressure Condition for Rice Protein Extracting Using Response Surface Methodology (RSM)

Ha-Na Ra, Sa-Ra Park, Ha-Yun Kim, Yong-Sik Cho, Kyung-Mi Kim\*

Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

#### Abstract

The purpose of this study was to optimize the rice protein extracted using a response surface methodology. The experiment was designed based on a CCD (Central Composite Design), and the independent variables were the high pressure ( $X_1$ , 0-400 MPa) and processing time ( $X_2$ , 0-10 minutes). The results of the extraction content ( $Y_1$ ), residue content ( $Y_2$ ), and recovery yield ( $Y_3$ ) were fitted to a response surface methodology model ( $R^2=0.92, 0.92, \text{ and } 0.93$ , respectively). Increasing the pressure and processing time has a positive effect on the extraction content ( $Y_1$ ), residue content ( $Y_2$ ), and recovery yield ( $Y_3$ ). Therefore, these high-pressure conditions (independent variables) can significantly affect the improvement in rice protein extraction efficiency. Thus, the optimal conditions of  $X_1$  and  $X_2$  were 400 MPa and 10 min., respectively. Under these optimal conditions, the predicted values of  $Y_1$ ,  $Y_2$ , and  $Y_3$  were 62.93, 57.53 mg/g, and 91.76%, respectively.

Key Words: Response surface methodology (RSM), optimal condition, extracting, rice protein

#### 1. 서 론

웰빙과 다이어트 등 건강에 대한 관심이 높아지면서 육류 소비를 기피하고 채식 위주의 식이를 하는 사람들이 많이 늘어나고 있다(Lee 2017). 채식 인구가 증가함에 따라 육류를 대체 할 수 있는 식물성 재료로 만든 가공제품들이 개발되고 있는데(Kim et al. 2017), 영양소 보충의 목적으로 손쉽게 섭취할 수 있는 식물성 단백질 파우더와 대체육류 등의 시장이 성장하고 있다(Kim 2005; Lee & Cho 2019). 식물성 단백질은 대두, 땅콩, 해바라기 종자 등을 원료로 하여 영양과 기능성이 우수하고 경제적인 단백질 대체재로 많이 쓰이는 추세이다(Park et al. 1990). 식물성 단백질을 추출하기 위해 비용이 저렴한 알칼리처리방법을 많이 사용하는데, 알칼리 조건에서 단백질변성을 통한 추출 후 용출된 단백질을 등전점 pH에서 침전시켜 획득하는 방법을 말한다(Cluskey et al. 1973). 땅콩(Zhang et al. 2019), 귀리(Jeong et al. 2014) 등에서 단백질을 추출하기 위한 연구들이 진행되고 있다.

쌀은 아시아지역에서 주로 소비되는 중요한 식량자원으로서 라이신 함량이 밀과 옥수수보다 높고 균형 잡힌 아미노산 조성을 가지며, 소화율이 높은 식품이다(Ha 2002; Lee et al. 2010). 또한, 알레르기 유발에 낮아 글루텐 프리 소재로 쌀 빵(Kim & Chung 2019), 쌀 생면(Kim et al. 2018)에 유용하게 쓰이고 있다.

쌀을 비롯한 콩과 옥수수 등의 곡류는 주로 미국에서 수입되는 경우가 많은데, 그 중 콩과 옥수수는 대부분 유전자 변형 농산물(GMO)이다(Son 2010). 쌀은 아직까지 GMO 품목으로는 수입하지 않기 때문에 건강한 식품을 찾고 채식을 선호하는 소비자들에게 식물성 단백질 소재로서 수용도가 높을 것으로 판단된다(Cho 2016). 쌀 단백질 추출(Kim et al. 2011)을 위해 화학적인 처리방법 이외에도 효소처리나 물리적 처리방법을 사용하기도 하는데, Lee et al. (2010)과 Shih (2003)은 상업적으로 사용되는 효소를 이용하여 미강 단백질의 추출효율을 확인하였으며, 쌀 단백질 소재개발을 위해 효소를 첨가하여 쌀 품종별 단백질의 추출공정을 구축하고 그 특성을 분석하기도 하였다. 하지만 쌀에서 회수되는 단백질

\*Corresponding author: Kyung-Mi Kim, Agrofood Resources National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, 166 Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju, Jeollabuk-do, 55365, Republic Korea  
Tel: +08-63-238-3631 Fax: +08-63-238-3843 E-mail: kimkm@korea.kr

의 함량이 낮은 문제가 있어 추출효율을 높이기 위한 방안을 모색할 필요가 있다(Jariwalla 2001).

한편, 초고압처리 기술은 고압력 상태에서 물질의 구조적 변화를 유발시켜 특정 성분이나 유용성분들을 효과적으로 추출하는 가공기술이다(Balci & Willbey 1999). 콩잎(Yoon et al. 2019), 더덕(Weon et al. 2013)등에서 특정 기능성 성분들을 추출하고 그 효능을 평가하기 위해 초고압처리 기술을 적용한 연구들이 보고되고 있으며, 메밀 면(Jung et al. 2015)이나 대두박(Lee et al. 2014)등의 가공적성을 보완하기 위해 이용하기도 한다. 하지만, 쌀 단백질 추출 공정에 적용된 연구결과는 보고된 바가 없어 초고압처리를 통한 추출 효과를 확인하고자 하였다.

이에 본 연구에서는 기존의 쌀 단백질 추출 시 알칼리 처리에 따른 낮은 수율을 증대시키기 위해 초고압 처리를 병용하고자 반응표면분석법을 통해 초고압 처리조건을 최적화하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 실험 재료

쌀은 국립식량과학원에서 육성한 품종인 보람찬(Boramchan)을 사용하였다. 보람찬은 도정하여 미강을 제외한 부위를 실험에 사용하였으며, 도정한 쌀은 air mill (Nara machinery Co. Ltd., Japan)로 제분하여 50  $\mu$ m 내외의 입자크기로 조절하였다. 추출된 단백질의 함량을 분석하기 위한 시약은 copper sulfate, sodium citrate, sodium carbonate, NaOH, Folin-Ciocalteu phenol reagent, bovine serum albumin은 Sigma (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 실험계획

초고압 처리에 따른 쌀 단백질 추출조건 최적화를 위한 실험 디자인은 Minitab 18 프로그램으로 반응표면분석법(Response surface methodology; RSM)을 이용하였다. 초고압처리 조건에 대한 실험계획을 위해 압력(200, 350, 500 MPa)과 시간(5, 10, 15 min)에 따른 쌀 단백질 추출함량 분석을 선행하였다. 실험계획은 예비실험 결과를 통해 중심합성법(Central Composite Design; CCD)을 이용하여 초고압처리를 위한 압력( $X_1$ ; 0-400 MPa)과 시간( $X_2$ ; 0-10 min)을 독립변수로 설정하였으며, -1, 0, +1로 부호화하여 각각의 조건을 랜덤화 하였다<Table 1>. 종속변수는 초기 추출 함량( $Y_1$ ; Extraction content), 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ ; Residue content), 회수율( $Y_3$ ; Recovery yield)로 설정하였다.

### 3. 쌀 단백질 추출

쌀 단백질 알칼리 추출은 예비실험 결과를 토대로 쌀 100 g에 증류수 10배를 첨가하고, 0.1 N NaOH를 첨가하여 pH 10로 조정하면서 3시간 동안 교반하였다. 그 후 P.P 파우치

<Table 1> Experimental points of extracted rice protein by high pressure processing for response surface analysis

No. <sup>1)</sup>	$X_1$ (MPa) <sup>2)</sup>	$X_2$ (Min)
1	0(-1)	0(-1)
2	400(-1)	0(-1)
3	0(-1)	10(+1)
4	400(+1)	10(+1)
5	0(-1)	5(0)
6	400(+1)	5(0)
7	200(-1)	0(-1)
8	200(0)	10(+1)
9	200(0)	5(0)
10	200(0)	5(0)
11	200(0)	5(0)

<sup>1)</sup>The number of experiment conditions by central composite design for manufacture.

<sup>2)</sup> $X_1$ ; Actual High Pressure Processing (MPa) and coded level,  $X_2$ ; Actual Process time (Min) and coded level.

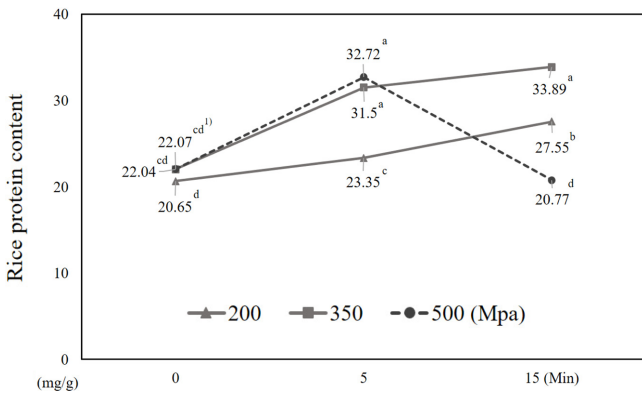
에 담아 밀봉을 하여 압력(0, 200, 400 MPa)과 시간 (0, 5, 10 min)을 조정하여 초고압기(CIP-L3-100-400, ILSHIN Autoclave Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 처리하였다. 초고압 처리가 끝난 다음 원심분리기(VS-24SMT, Vision Scientific Co. Ltd., Bucheon, Korea)를 이용하여 8,000×g에서 10분간 원심분리 후 상등액을 분리하였다. 분리된 상등액에 0.1 N HCl를 첨가하여 등전점(pH 4.5)으로 조정하여 단백질을 침전시킨 후 8,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 침전된 단백질은 수거하여 증류수를 넣고 pH 7로 중화시킨 후 3회 이상 세척하였다.

### 4. 쌀 단백질 정량

추출한 쌀 단백질은 Lowry법(1951)에 준하여 정량하였다. 즉, A와 B 용액(A: 증류수 100 mL에 0.5 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 와 1 g  $\text{Na}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  용해, B: 증류수 1 L에 20 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 4 g NaOH 용해) 제조 후 시료 0.5 mL에 2.5 mL의 C 용액(1 mL A 용액과 50 mL B 용액)을 가한 후 10분간 실온에 방치하였다. 그 후, D 용액(10 mL Folin-Ciocalteu phenol reagent와 10 mL 증류수) 0.25 mL을 가하여 혼합 후 20분간 실온에 방치한 다음 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 bovine serum albumin (Sigma, St. Louis, MO, USA)으로 작성하였다.

### 5. 통계처리

실험결과는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Ins., Chicago IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 표기하였다. 변수간의 상호작용을 알아보기 위하여 Minitab ver. 18프로그램의 ANOVA test 및 회귀분석을 이용하였으며, model의 적합성 여부는 F-test로 유의성을 검증하였다.



<Figure 1> Rice protein content according to high pressure processing (mg/g)

<sup>1)a-d</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 초고압 처리조건 설정을 위한 쌀 단백질 추출함량

초고압 처리조건 실험계획을 위해 압력과 시간에 따라 추출한 쌀 단백질 추출함량을 분석한 결과는 <Figure 1>과 같다. 200 MPa와 350 MPa에서는 초고압 처리시간이 길어질수록 단백질 추출함량이 증가하는 결과를 보였고( $p<0.05$ ), 처리시간이 같을 때는 압력이 클수록 쌀 단백질의 추출함량도 증가하였다. 하지만, 500 MPa에서 15분간 추출한 쌀 단백질의 함량이 감소하여 초고압처리를 하지 않은 시료와 비슷한 결과를 보였다. 초고압 처리과정에서 단백질 분자의 소수성 결합이나 이온결합이 분해되어 단백질의 분자구조가 풀어지면서 용해된 단백질이 침전되는데, 높은 압력과 처리시간이 길어짐에 따라 단백질 침전량에 영향을 미치게 되는 것으로 판단되었다(Koo et al. 2007). 따라서, 쌀 단백질의 효율적인 추출공정 확립을 위한 초고압 처리는 500 MPa 미만, 15분 미만의 조건에서 유효할 것으로 판단되어 실험계획을 위한 초고압처리 압력은 0, 200, 400 MPa와 시간은 0, 5, 10분으로 설정하였다.

#### 2. 초고압 처리조건에 따른 쌀 단백질 추출함량, 침전함량 및 회수율

초고압 처리조건에 따른 쌀 단백질의 추출함량( $Y_1$ ), 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ ), 회수율( $Y_3$ )은 <Table 2>와 같다. 쌀

<Table 2> Extraction content, residue content, and recovery yield of extracted rice protein by high pressure processing

No. <sup>1)</sup>	Responses		
	Extraction content ( $Y_1$ , mg/g)	Residue content ( $Y_2$ , mg/g)	Recovery yield ( $Y_3$ , %)
1	37.45±0.28 <sup>2)h3)</sup>	22.40±0.32 <sup>sh</sup>	59.81±0.44 <sup>ef</sup>
2	38.23±0.39 <sup>sh</sup>	22.24±0.33 <sup>h</sup>	58.18±0.86 <sup>f</sup>
3	38.67±0.08 <sup>g</sup>	23.34±0.23 <sup>fg</sup>	60.36±0.64 <sup>de</sup>
4	65.07±1.51 <sup>a</sup>	60.35±1.27 <sup>a</sup>	92.75±0.79 <sup>a</sup>
5	39.50±0.37 <sup>f</sup>	23.15±0.57 <sup>gh</sup>	58.59±0.91 <sup>fg</sup>
6	58.86±0.73 <sup>b</sup>	52.64±0.60 <sup>b</sup>	89.45±1.42 <sup>b</sup>
7	39.73±0.55 <sup>f</sup>	23.69±0.29 <sup>f</sup>	59.62±0.37 <sup>f</sup>
8	42.11±0.42 <sup>e</sup>	27.09±0.53 <sup>e</sup>	64.34±1.57 <sup>e</sup>
9	40.47±0.91 <sup>de</sup>	24.88±0.32 <sup>de</sup>	61.49±0.62 <sup>d</sup>
10	41.13±0.11 <sup>cd</sup>	25.01±0.13 <sup>d</sup>	60.80±0.42 <sup>de</sup>
11	40.01±0.62 <sup>de</sup>	24.02±0.28 <sup>ef</sup>	60.04±0.61 <sup>def</sup>

<sup>1)</sup>The number of experiment conditions by central composite design for manufacture.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)a-h</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

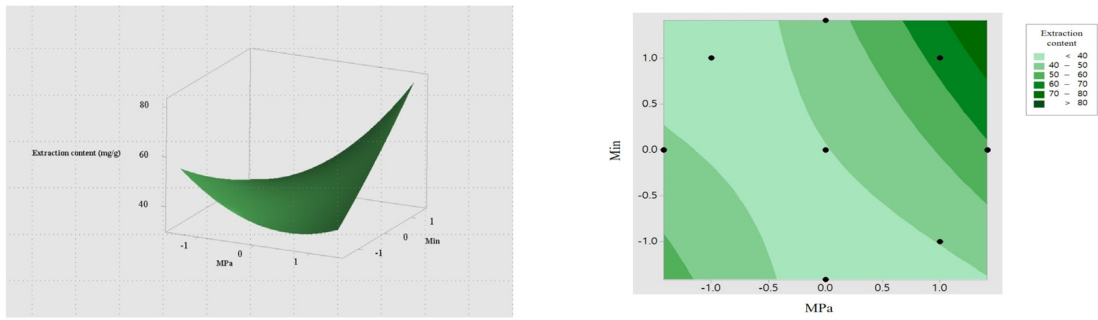
단백질의 추출함량( $Y_1$ )은 37.45-65.07 mg/g이었으며 초고압 처리를 병행하지 않은 실험구(No. 1)의 추출함량이 유의적으로 가장 낮았다( $p<0.05$ ). 반면에 400 MPa에서 10분 동안 처리한 실험구(No. 4)의 추출함량이 유의적으로 가장 높았다( $p<0.05$ ). 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ )은 22.24-60.35 mg/g으로  $Y_1$ 과 유사한 결과를 보였다. 단백질 회수율은 58.18%에서 92.75%까지 초고압 처리조건에 따른 차이가 큰 것으로 나타났다. 400 MPa에서 10분 동안 처리한 실험구(No. 4)의 회수율이 유의적으로 가장 높았고, 그 다음으로 400 MPa에서 5분 동안 처리한 실험구(No. 6)로 나타나 쌀 단백질의 회수율이 초고압 처리에 따라 증가하는 결과를 보였다. 따라서, 알칼리 조건에서 쌀 단백질을 추출하는 기존의 방법에서 물리적인 초고압처리를 병행할 경우, 쌀 단백질의 회수율을 효과적으로 높일 수 있는 방안이 될 것으로 판단되었다.

각각의 종속변수에 대한 회귀분석 결과는 <Table 3>과 같다. 쌀 단백질 추출함량( $Y_1$ ) 및 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ )의 p-value는 각각 0.007로 나타났으며( $p<0.01$ ),  $R^2$ 값이 0.92로 매우 높은 결과를 보였다. 회수율( $Y_3$ )의 p-value가

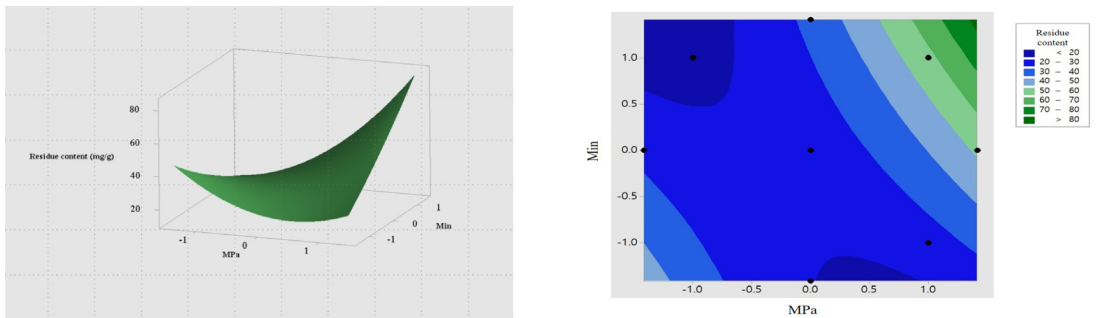
<Table 3> Analysis of predicted model equation for the physicochemical properties of extracted rice protein by high pressure process by response surface method

Response	Model	F-value	Prob<F	$R^{21)$	Polynomial equation
Extraction content ( $Y_1$ )	Quadratic	12.62	0.007	0.92	39.77+5.79 MPa+3.35 Min+5.24 MPa <sup>2</sup> +0.85 Min <sup>2</sup> +7.94 MPa×Min
Residue content ( $Y_2$ )	Quadratic	13.26	0.007	0.92	24.08+8.67 MPa+4.49 Min+7.61 MPa <sup>2</sup> +1.27 Min <sup>2</sup> +11.41 MPa×Min
Recovery yield ( $Y_3$ )	Quadratic	13.45	0.006	0.93	60.54+8.60 MPa+4.21 Min+6.99 MPa <sup>2</sup> +1.15 Min <sup>2</sup> +10.27 MPa×Min

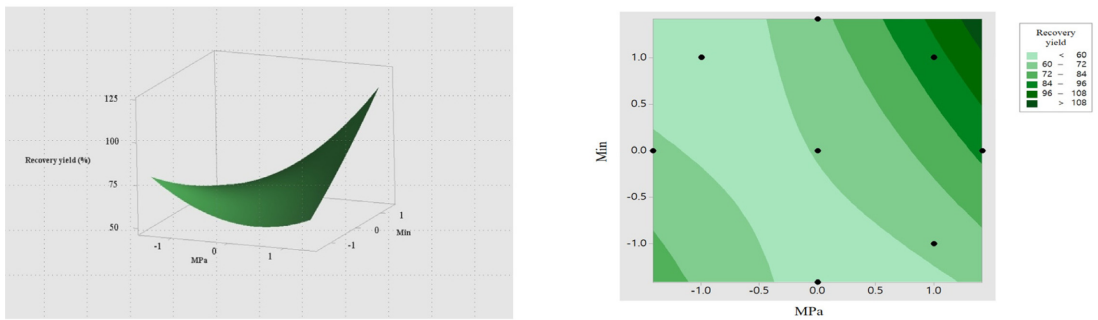
<sup>1)</sup>0≤ $R^2$ ≤1, close to 1 indicates regression line fits the model.



(A) Extraction content ( $Y_1$ , mg/g)



(B) Residue content ( $Y_2$ , mg/g)



(C) Recovery yield ( $Y_3$ , %)

<Figure 2> Response surface analysis and contour map of extracted rice protein depending on high pressure and time

0.006이었으며( $p < 0.01$ ),  $R^2$ 값이 0.93으로 매우 높게 나타나 초고압처리 조건의 영향이 쌀 단백질 추출효율에 유의적인 차이를 가져오는 것으로 판단되었다.

Kim et al.(2011)는 미강 단백질을 추출하기 위한 최적 알칼리 조건(pH 11)에서 단백질 회수율이 46.95%였다고 보고 하였는데 알칼리 처리만으로는 단백질 회수율이 높지 않은 것을 알 수 있다. 한편, Tang S(2002)의 보고에 따르면 초고압 처리하지 않은 미강 단백질 추출함량은 61.8%였고 초고압 처리한(200-500 MPa, 5분)시료는 66.6%로 증가하여 초고압 처리기술이 단백질 추출효율을 높일 수 있는 방법이라는 것은 확인할 수 있었으나 그 효과는 미미하였다. 본 연구에서는 알칼리 조건(pH 10)과 초고압처리를 병행함으로써 쌀 단백질 회수율이 92.75%로 상승하는 결과를 확인하여 단백질 추출을 위한 물리적 처리방법으로 적합한 기술이 될 수

있을 것으로 판단되었다.

### 3. 초고압 처리조건에 따른 쌀 단백질 추출 반응표면도

초고압 처리조건에 따른 반응표면도 및 등고선도는 <Figure 2>에 제시하였다. 초고압처리 압력이 높아지고, 시간이 길어질수록 쌀 단백질의 추출함량( $Y_1$ ), 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ ) 및 회수율( $Y_3$ )이 급격히 증가하는 것을 확인하였다. 특히, 초고압 처리 압력( $X_1$ )이 0-200 MPa로 증가할 때 보다 200-400 MPa로 증가할 때 쌀 단백질의 추출함량( $Y_1$ ), 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ ) 및 회수율( $Y_3$ )에서 급격하게 효율이 높아지는 결과를 보였다. 본 연구에서 쌀 단백질을 추출할 때 실온 상태를 유지하여 열에 의한 변성을 최소화하였는데, Balci & Wilbey(1999)의 연구에서 단백질의 구조적 변형을 최대한 발생시킬 수 있는 조건은 압력(최대 600

&lt;Table 4&gt; Optimum constraint values using high pressure analytical methods in the object goal

	Constraints name	Goal	Numerical optimization
Independent variables	High Pressure Processing ( $X_1$ )	In range	400 MPa
	Process time ( $X_2$ )	In range	10 min
Responses (dependent variables)	Extraction content ( $Y_1$ )	Maximize	62.93 mg/g
	Residue content ( $Y_2$ )	Maximize	57.53 mg/g
	Recovery yield ( $Y_3$ )	Maximize	91.76 %

MPa)뿐만 아니라 낮은 온도(40°C 이하)를 유지하는 것이 중요하다고 보고한 바 있다. 이는 온도에 따라 단백질 변성 엔트로피가 변하여 더 낮은 압력에서도 최대의 단백질 변성이 일어날 수 있음을 설명하고 있으며, 본 연구에서도 실온을 유지함으로써 400 MPa에서 쌀 단백질의 회수율이 92.75%에 달하는 결과를 보인 것으로 판단되었다.

#### 4. 초고압 처리 조건에 따른 쌀 단백질 추출공정 최적화

반응표면분석 결과에 따라 최적화된 쌀 단백질 추출조건은 <Table 4>와 같다. 압력의 크기가 클수록, 초고압 처리 시간이 길수록 쌀 단백질 추출 효율을 높이는데 적합한 것으로 판단되었다. 각각의 최적화된 쌀 단백질 추출조건은  $X_1$ 이 400 MPa,  $X_2$ 는 10분인 것으로 분석되었다. 쌀 단백질 추출 효율이 최대가 되는 조건에서 분석하였을 때의 예측되는 추출함량( $Y_1$ ), 침전함량( $Y_2$ ) 및 회수율( $Y_3$ )의 결과는 각각 62.93, 57.53 mg/g 및 91.76%인 것으로 나타났다. Tang S (2002)의 연구에서 초고압을 이용하여(200-500 MPa, 5분) 미강 단백질의 추출효율이 증가하는 것을 확인한 바 있으나 쌀에 적용한 연구는 전무하며, 쌀에서 초고압처리기술은 주로 전분의 구조를 변형시켜 호화시키고, 호화에 의해 부여된 물성을 이용하여 쌀 가공식품조리 공정에 이용되었다(Cho et al. 2011). 본 연구에서는 초고압처리기술을 쌀 단백질 추출공정에 이용하여 추출 효율을 높이고, 초고압처리조건을 최적화하고자하였으며, 이는 쌀 단백질 추출에 적용된 바 없었던 기술로서 쌀 단백질 추출공정의 기초자료가 될 것으로 판단되었다.

## IV. 요약 및 결론

초고압 처리조건에 따른 쌀 단백질의 초기 추출함량( $Y_1$ )은 37.45-65.07 mg/g으로 초고압 처리를 병행하지 않은 실험구(No. 1)의 추출함량이 유의적으로 가장 낮았고( $p<0.05$ ), 400 MPa에서 10분 동안 추출한 실험구(No. 4)의 추출함량이 유의적으로 가장 높았다( $p<0.05$ ). 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ )은 22.24-60.35 mg/g으로 분석되었으며,  $Y_1$ 과 유사한 결과를 보였다. 단백질 회수율은 58.18-92.75%로 나타나 400 MPa에서 10분 동안 추출한 실험구(No. 4)의 회수율이 유의적으로 가장 높았고, 그 다음으로 400 MPa에서 5분 동안 추출한 실험구(No. 6)가 89.45%로 나타나 초고압 처리 조건에 따라

회수율이 증가하는 결과를 보였다. 쌀 단백질 추출함량( $Y_1$ ) 및 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ )에 대한 회귀분석 결과, p-value는 각각 0.007로 나타났으며( $p<0.01$ ),  $R^2$ 값이 0.92로 매우 높은 결과를 보였다. 회수율( $Y_3$ )의 p-value는 0.006이었으며( $p<0.01$ ),  $R^2$ 값이 0.93으로 매우 높게 나타나 초고압처리 조건의 영향이 쌀 단백질 추출효율에 유의적인 차이를 가져오는 것으로 판단되었다. 초고압 처리 조건에 따른 반응표면도 및 등고선도 분석은 초고압처리 압력이 높아지고, 시간이 길어질수록 쌀 단백질의 추출함량( $Y_1$ ), 침전된 쌀 단백질 함량( $Y_2$ ) 및 회수율( $Y_3$ )이 급격히 증가하는 것을 확인하였다. 이에 따른 쌀 단백질 추출공정 최적화를 위한 초고압 처리 조건은 압력이 클수록, 초고압 처리시간이 길수록 적합한 것으로 판단되어 각각의 최적화된 추출조건은  $X_1$ 이 400 MPa 일 때,  $X_2$ 는 10분인 것으로 분석되었다. 쌀 단백질 추출 효율이 최대가 되는 조건에서 예측되는 추출함량( $X_1$ ), 침전함량( $X_2$ ) 및 회수율( $X_3$ )의 결과는 각각 62.93, 57.53 mg/g 및 91.76%인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 알칼리 조건에서 쌀 단백질을 추출하는 기존의 화학적인 방법(알칼리 처리)에 물리적인 방법(초고압 처리)을 병행할 경우, 쌀 단백질의 회수율을 효과적으로 높일 수 있는 방안이 될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(PJ013634)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

## Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

- Balci AT, Wilbey RA. 1999. High pressure processing of milk-the first 100 years in the development of new technology. *International J. Dairy Technology*, 52(4):149-155
- Cho HM. 2016. Study of trend of reporting on GMO as a convergence technology: focused on analyzing articles in

- major domestic daily newspapers from 1994 to 2015. *J. Digital Convergence*, 14(12):1738-1916
- Cho HY, Cho EK, Kim BC, Shin HH. 2011. Baby food processing and properties by using high pressure processing. *Korean J. food & Nutr.* 24(4): 746-752
- Cluskey JE, Wu YV, Wall JS, Inglett GE. 1973. Oat protein concentrates from a wet-milling process: preparation. *Cereal Chem* 50(4): 475-481
- Ha TY. 2002. Nutritional and functional properties of rice. *Korean J. Food Preserv.*, 1(1):64-71
- Jariwalla RJ. 2001. Rice-bran products: phytonutrients with potential applications in preventive and clinical medicine. *Drugs under experimental and clinical research*, 27(1):17-26
- Jeong YS, Kim JW, Lee ES, Gil NY, Kim SS, Hong ST. 2014. Optimization of alkali extraction for preparing oat protein concentrates from oat groat by response surface methodology. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 43(9):1462-1466
- Jung HB, Pan CH, Yoon WB. 2015. Effect of high hydrostatic pressure on tensile and texture properties of gluten-free buckwheat dough and noodle. *Food Eng. Prog.*, 19(3):269-274
- Kim CJ. 2005. Development of meat replacement food using phyto protein. [식물성 단백질을 이용한 육류대체식품의 개발]. In: proceedings of the EASDL conference. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 18:75-92
- Kim JM, No JH, Shin MS. 2018. Preparation and quality characteristics of gluten-free white salted rice noodle. *Korean J. Food Cook Sci.*, 34(4):375-383
- Kim MR, Yang JE, Chung L. 2017. Study on sensory characteristics and consumer acceptance of commercial soy-meat products. *J. Korean Soc. Food cult.*, 32(2):150-161
- Kim SS, Chung HY. 2019. The Effects of the different percentages of HPMC and enzymes on making rice bread. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 34(4):456-462
- Kim W, Jung SY, Hong KW. 2011. Optimum pH condition of defatted rice protein extraction by alkaline method. *Food Eng. Pro.*, 15(2):143-147
- Koo SY, Cha KH, Lee DU. 2007. Effects of high hydrostatic pressure on foods and biological system. *Food Eng. Pro.*, 40(3):23-30
- Lee ES, Kim KJ, Kim JH, Hong ST. 2010. A study on the development of high functional food protein ingredient from rice bran., *Korean J. Int. Agric.*, 37(1):61-68
- Lee HJ, Cho CH. 2019. Trend of development meat replacement in the world. [세계 대체육류 개발 동향]. Korea Rural Economic Institute, pp 1-5
- Lee SJ 2017. Blooming of rice processing industry by expanding rice foodstuffs export. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 22(2):40-48
- Lee SM, Baik MY, Kim HS, Min SC, Kim BY. 2014. Effect of high pressure homogenization on *Biji* paste and optimization of bread fortified with dietary fiber. *Food Eng. Prog.*, 18(2):95-101
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193(1):265-275
- Park HS, Ahn B, Yang CB. 1990. Studies on the functional properties of sesame and perilla protein isolate. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22(3):350-356
- Shih FF. 2003. An update on the processing of highprotein rice products. *Food/Nahrung*, 47(6):420-424
- Son SJ. 2010. A study on the improvement of the GMO labelling. *Hanyang Law Association*, 21(2):13-31
- Tang S, Hettiarachchy NS, Shellhammer TH. 2002. Protein extraction from heat-stabilized defatted rice bran. 1. Physical processing and enzyme treatments., *J. Agric. Food Chemistry*, 50(25):7444-7448
- Weon JB, Lee BH, Yun BR, Lee JW, Lee HY, Park DS, Chung HC, Chung JY, Ma CJ. 2013. Memory enhancing effect of *codonopsis lanceolata* by high hydrostatic pressure process and fermentation. *Kor. J. Pharmacogn.*, 44(1):41-46
- Yoon JA, Kwun SY, Park EH, Kim MD. 2019. Changes in isoflavone contents and physicochemical properties of soybean leaf extract by extraction conditions. *Microbiol. Biotechnol. Lett.*, 47(1):64-68
- Zhang J, Waterhouse DS, Feng Y, Su G, Zhao M. 2019. The umami intensity enhancement of peanut protein isolate hydrolysate and its derived factions and peptides by maillard reaction and the analysis of peptide (EP) maillard products. *Food Research International*. 120(6):895-903