

CHP(Cyclo His-Pro) 함유 대두가수분해물을 이용한 코팅 쌀의 제조

이현정 · 박혜인 · 박유현 · 서형주[†]

고려대학교 식품영양학과

Fortification of Rice with Soy Hydrosylate Containing CHP (Cyclo Histidine-Proline)

Hyun Jung Lee, Hyein Park, Yooheon Park, and Hyung Joo Suh[†]

Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 136-703, Korea

Abstract

A method for coating rice with a novel substance, SHC [soybean hydrolysate with Cyclo Histidine-Proline (CHP)], was developed to produce functional rice for food production. The dip coating and spray coating method was tested to reduce the loss of functionality during the manufacturing of enriched rice. The dip coating method showed a very low absorption rate (0.079 min^{-1}) of the functional substance compared to control (0.150 min^{-1}), while the spray-coating method with protective coating materials [a methyl cellulose solution (1%, w/v) containing 5% (w/v) of the SHC] showed relatively adequate absorption characteristics. A light yellowish stain was observed in the rice samples processed by the spray-coating method (*b* value; surface 0.69, flour 4.91) compared to raw rice (*b* value; surface 9.67, flour 4.86). The microscopic appearance of whole kernels and longitudinal sections revealed that cracks formed in all rice samples, regardless of the coating method. In conclusion, spray coating is a potential method for producing SHC-fortified rice with excellent physical characteristics.

Key words: functional rice, cyclo histidine-proline (CHP), soybean hydrolysate, enrichment, spray coating

서 론

우리나라는 경제적 향상과 의학의 발달로 고령화 사회로 접어들면서 질병 치료보다 예방의학 차원의 건강식품에 대한 관심이 증가되고 있고, 기능성 성분을 함유한 새로운 식품 소재의 관심과 수요가 증가되고 있다(1). 이에 따라 소비자들은 가계비 중 쌀이 차지하는 비율이 감소함에 따라 다소 비싸더라도 영양이 높고 맛있는 쌀을 구매하려는 경향이 증가되고 있다.

따라서 다양한 쌀의 강화방법이 개발되었는데, 전통적인 쌀 강화의 방법으로는 조리 시 영양소의 혼합 및 parboiled rice, converted rice, premix rice, coating rice, artificial rice 등이 잘 알려져 있다(2). 이 중 액상 혹은 분말상의 약제 또는 이들의 성형물로 적당히 물질을 피복하는 코팅(coating)은 세척 및 조리 중 첨가된 영양소의 손실을 방지하는데 유효한 것으로 알려져 있으며, 특정 미량 영양소를 갖는 강화쌀 및 다른 전립 곡류를 위한 실제적 응용기술고서도 가능성이 높은 것으로 잘 알려져 있다(3-6). 한편 그 동안의 개발된 코팅 쌀에 있어서는 코팅과정 중에 수용액의 코팅제 및 영양소, 색소 등을 사용하는 제조과정 중에 수분이 쌀 내부로 침투되어 곡립 중 균열이 가거나 쌀의 성상이 거칠어지기도 하였

다. 또한 코팅 물질을 건조하는 건조과정 중에 가열되는 온도에 의해 쌀의 표면이 손상되어 거칠어지거나 여러 방향으로 균열이 생겨 분리되어 찌라기를 만드는 등과 같은 현상을 초래하였다. 그로 인하여 취반미의 맛과 섭취상의 조식감은 대부분이 좋지 못하였다. 따라서 쌀에 특정기능성을 부여하거나 기호성 개선 또는 영양 강화를 목적으로 가공을 진행할 시 원래의 쌀 성상을 보존하는 것이 필수적이다.

많은 연구에 의해 cyclo histidine-proline(Cyclo His-Pro, CHP)은 제2형 당뇨병환자의 혈당을 조절할 수 있는 인슐린 기능 개선 소재로서의 가능성이 보고되어 왔다(7,8). CHP는 장내 그리고 세포내로의 Zn transport mechanism을 조절함으로써 glucose의 이용을 조절하는 것으로 보고되고 있다(9-11).

따라서 본 연구에서는 쌀의 기능성 소재화 및 새로운 용도 개발 연구의 일환으로, 쌀의 기능성 강화 소재로서 CHP 함유된 대두가수분해물(soybean hydrolysate CHP, SHC)을 이용하여 이들을 쌀에 methylcellulose 폴리머 코팅하는 방법에 의해 신규 기능성 쌀을 개발하는 동시에 쌀이 본래 가지고 있는 쌀 성상에 영향을 덜 미치는 방법을 모색하고자 하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: suh1960@korea.ac.kr
Phone: 82-2-940-2853, Fax: 82-2-940-2850

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 쌀은 2011년산의 해남쌀(한눈에 반한 쌀, 해남, 전라남도)로 시중에서 구입하여 냉장보관(4°C) 하면서 사용하였다. 한편, 코팅 재료로는 셀룰로오스 유도체인 methylcellulose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다(6).

CHP 함유 대두가수분해물의 수화 및 흡수 측정

CHP 함유 대두가수분해물의 정미 속으로의 최대 흡수 조건을 조사하기 위해 수용액 중 CHP 함유 대두가수분해물의 농도(1, 3, 5, 10%, w/v) 및 담금시간(20, 40, 60, 80, 120, 180분)을 달리하여 Kim과 Suh(12)의 방법에 따라 쌀 약 5 g을 수용액 40 mL에 넣어 상온에서 일정시간(~180분) 동안 흡수시킨 다음 여과지로 표면수를 제거하고 무게 증가량을 측정하였다. 무게의 증가량으로부터 시료 1 g(건량 기준)당 수분함량을 계산하여 수화속도를 구하였다.

수화속도는 다음의 Becker(13)의 확산 방정식을 이용하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$m - m_0 = k_0 \sqrt{t} \quad [1]$$

여기서 m_0 는 시료의 초기 수분함량(g of water /g of dry matter), m 은 일정시간 침지시킨 후의 수분함량(g of water /g of dry matter)이다.

쌀 입자의 코팅

CHP 함유 대두가수분해물의 코팅은 methylcellulose(1%, w/v)를 이용하고, 원료 쌀을 고분자-CHP 함유 대두가수분해물(5%, w/v) 용액으로 코팅하여 실시하였다. 쌀 30 g당 6 mL의 용액을 매회 증가시키면서 첨가하였으며, 이때 코팅 쌀은 유리봉으로 저어 용액에 균일하게 분배되도록 하고 덩어리를 부쉬주었다. 이를 열풍으로 10~15분간 건조하여 코팅 쌀로 하였다.

CHP 함유 대두가수분해물 코팅 쌀의 수화 및 흡수 측정

코팅 쌀의 온도에 따른 흡수 조건을 조사하기 위해 코팅 쌀에 반응온도(30~50°C) 및 담금시간(20, 40, 60, 80, 120, 180분)을 달리하여 Kim과 Suh(12)의 방법에 따라 코팅 쌀 약 5 g을 40 mL의 증류수에 넣어 일정온도에서 일정시간(~180분) 동안 흡수시킨 다음 여과지로 표면수를 제거하고 무게 증가량을 측정하였다. 무게의 증가량으로부터 시료 1 g(건량 기준)당 수분함량을 계산하여 수화속도를 구하였다.

수화속도는 다음의 Becker(13)의 확산 방정식([1] 방정식 참조)을 이용하여 다음 식에 따라 계산하였다.

쌀 입자의 형태 분석

쌀알의 형태는 Supereyes microscope camera 및 PC에 연결한 image analysis system(Supereyes B003+, Shenzhen Tak and assistive Technology Co., ShenZhen, China)

으로 분석하였으며, 면적, 길이, 직경 등 각종 형태변수를 구하였고, fractal 차원 D 는 면적 및 길이 둘레 값으로부터 다음 식을 이용하여 계산하였다(14). 즉 $\log S_n$ 과 $\log X_n$ 을 도시하여 얻어지는 직선의 기울기($2/D$)로부터 D 값을 구하였다.

$$S_n^{1/2} \propto X_n^{1/D} \quad [2]$$

여기서 S_n 은 면적(mm²), X_n 은 둘레(mm), D 는 fractal 차원(-)이다.

한편 쌀의 표면적과 부피는 쌀 입자를 타원체로 가정하고 다음 식에 의하여 계산하였다(15).

$$S = 2\pi b^2 + 2\pi(ab/e) \sin^{-1} e \quad [3]$$

$$V = (4/3)\pi ab^2 \quad [4]$$

여기서 a 는 시료의 장반경(cm), b 는 시료의 단반경(cm), e 는 $-b^2$ 이다.

쌀 입자의 표면분석

코팅 쌀의 표면 구조의 변화를 주사전자현미경(Scanning electron microscopes, SEM, JSM-6701E, JEOL, Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 건조시료를 ion coater에서 금으로 진공증착(100 Å)시킨 다음, 전압 10 kV로 쌀의 종실 표면, 종실의 종단표면을 각각 250배, 1,000배로 확대 촬영하였다.

색도 측정

코팅 쌀의 표면 및 쌀가루의 색도는 hunter scale L (명도, lightness), a (적색도, redness), b (황색도, yellowness) color system을 가지고 있는 색채 색차계(Minolta CR-300, Minolta Camera Co., Tokyo, Japan)를 사용하였는데, 색도의 색좌표 값은 $L=97.06$, $a=0.06$, $b=1.84$ 인 표준 백색판 위에 놓고 측정하였다. 측정값을 통해 ΔE (total color difference; 총 색차)를 다음과 같이 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}})^2}$$

통계처리

실험 결과는 SPSS 12.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였으며 모든 측정 항목에 대한 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)를 산출하였다. 실험군 간의 유의성은 ANOVA test 후 구체적인 사후 검증은 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 실시하였다. 원료 쌀과 코팅 쌀 간의 유의성은 독립표본 t -test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성으로 나타내었다.

결과 및 고찰

CHP 함유 대두가수분해물의 수화 및 흡수 코팅

원료 쌀을 시료로 CHP 함유 대두가수분해물의 흡수실험을 실시하여 흡수 코팅(dip coating)의 가능성을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다. CHP 함유 대두가수분해물은 전형적인 hyperbolic한 수화양상을 보였고, 수화정도(흡수

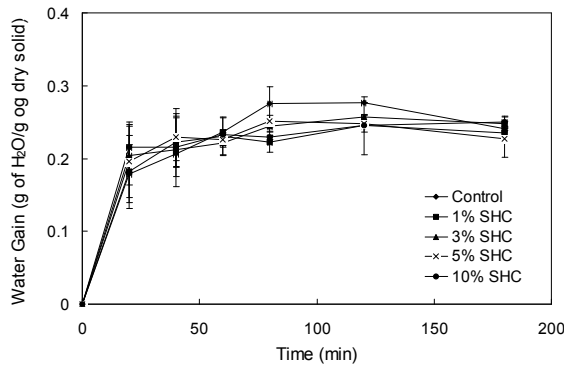


Fig. 1. Hydration patterns of rices under the solution containing different concentration of CHP enriched soy hydrolysate (SHC). Each point are mean±SD (three replicates).

Table 1. Absorption rates of rices under the solution containing different concentration of CHP enriched soy hydrolysate (SHC)

Concentration	Hydration rate constant (k, min ⁻¹)
Control (0%)	0.150±0.041 ^a
SHC (1%)	0.089±0.006 ^b
SHC (3%)	0.087±0.011 ^b
SHC (5%)	0.079±0.035 ^b
SHC (10%)	0.047±0.001 ^c

Each values are mean±SD (three replicates). Different letters at each measurement indicate significant differences among groups (p<0.05).

속도)는 1~10% 농도 범위에서 무첨가구와 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 한편 Fig. 1로부터 흡수속도를 구한 결과, Table 1에서 보는 바와 같이 원료 쌀을 증류수에 넣은 것의 흡수속도는 0.150 min⁻¹의 수치를 나타내었는데, 이는 Kim 등(16)과 Her 등(17)의 연구 결과와 유사하다. 또한 결과에 따르면 흡수속도의 농도 의존성이 나타났는데 CHP 함유 대두가수분해물의 농도 증가에 따라 흡수저해를 나타내었다. 이러한 결과를 토대로 흡수 코팅만으로는 CHP 함유 대두가수분해물의 흡수가 어렵고 따라서 효능 및 경제성이 없는 것으로 판단하였다. 아울러 세척이나 조리 중의 손실도 예측되므로 이하에서는 methylcellulose 폴리머 분무코팅(spray coating)을 검토하였다.

코팅 쌀의 외형적 특성

CHP 함유 대두가수분해물의 흡수 극대화 및 세척이나 조리 중 흡수 성분의 유리 및 손실 방지를 위해 methylcellulose 폴리머 분무코팅을 시도하고 코팅 쌀을 제조하였으며, 이의 특성을 다음과 같이 측정하였다.

원료 쌀 및 CHP 함유 대두가수분해물 코팅 쌀 입자의 형태를 살펴본 결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 원료 쌀의 경우 윤기가 나며 색깔은 투명하고 옅은 담황색을 나타내었다. 반면에 코팅 쌀은 CHP 함유 대두가수분해물의 코팅에 의하여 불투명하며 유백색을 띠는 것으로 관찰되었으며, 원료 쌀에서 관찰되지 않았던 균열(cracking) 현상이 나타난

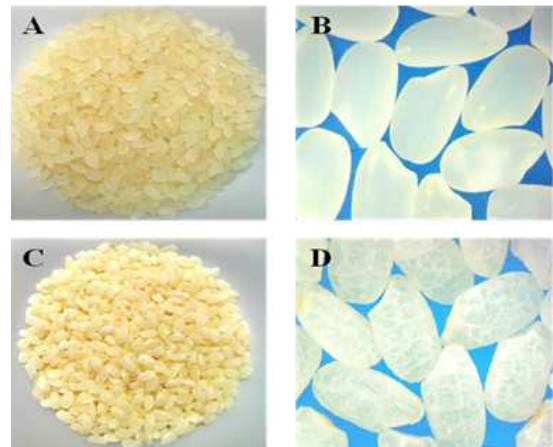


Fig. 2. Grain morphologies of raw (A, B) and coated rices (C, D).

것을 관찰할 수 있었다.

코팅 쌀의 표면과 쌀가루의 색도 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 먼저 코팅 쌀의 표면의 색도 측정 결과를 보면, 밝은 정도를 나타내는 L값에서 원료 쌀과 코팅 쌀의 값은 각각 72.52와 77.96으로 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 적색도를 나타내는 a값에서도 원료 쌀에서 -0.90이었음에 비해 코팅 쌀에서는 -0.79로 통계적으로 유의적으로 높아진 것을 관찰할 수 있었다(p<0.05). 반면에 황색도를 나타내는 b값은 원료 쌀과 코팅 쌀에서 각각 9.67과 10.69로 약간 증가하는 경향으로 나타났으나 유의적이지는 않았다. 총 색차(total color difference, ΔE)에서는 원료 쌀에 비하여 코팅 쌀에서 유의적으로 감소하는 경향으로 나타났다(p<0.05). 코팅 쌀가루의 색도 측정 결과에 따르면, L값은 원료 쌀가루와 코팅 쌀가루에서 각각 91.76과 91.43으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. a값에서는 원료 쌀가루에서 -0.43이었음에 비해 코팅 쌀가루에서는 -0.59로 통계적으로 유의하게 높아졌다(p<0.05). 반면에 b값은 원료 쌀가루와 코팅 쌀가루에서 각각 4.86과 4.91로 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, ΔE에서도 원료 쌀가루에 비하여 코팅 쌀가루에서 약간 증가되는 것으로 나타났으나 유의하지는 않았다.

Table 2. Color value of raw and coated rices

	Surface		Flour	
	Raw rice	Coated rice	Raw rice	Coated rice
L ¹⁾	72.52±2.44 ⁵⁾	77.96±0.90*	91.76±0.52	91.43±0.54
a ²⁾	-0.90±0.08	-0.79±0.04*	-0.43±0.05	-0.59±0.07*
b ³⁾	9.67±0.82	10.69±0.56	4.86±0.47	4.91±0.33
ΔE ⁴⁾	25.77±2.52	21.06±0.87*	6.13±0.36	6.45±0.41

¹⁾Degree of whiteness (white +100 ↔ 0 black).

²⁾Degree of redness (red +100 ↔ -80 green).

³⁾Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue).

⁴⁾ΔE (total color difference)=

$\sqrt{(L_{sample} - L_{standard})^2 + (a_{sample} - a_{standard})^2 + (b_{sample} - b_{standard})^2}$

⁵⁾Each values are mean±SD (three replicates).

*Means with symbol are significantly different with raw rice by independent t-test at p<0.05.

Table 3. Geometric characteristics of raw and coated rices

	Raw rice	Coated rice
Major axis length (mm), 2a	5.37±0.11 ¹⁾	6.02±0.29*
Minor axis length (mm), 2b	2.94±0.17	3.31±0.01*
a/b	1.83±0.10	1.82±0.09
Surface area (mm ²), S	42.71±0.57	55.21±0.57*
Volume (mm ³), V	23.12±1.60	35.23±0.41*
S/V	1.78±0.01	1.57±0.00*

¹⁾Each values are mean±SD (three replicates).

*Means with symbol are significantly different with raw rice by independent *t*-test at *p*<0.05.

또 길이, 폭 등 형태적 특성을 Supereyes microscope camera로 분석한 결과는 Table 3과 같다. 원료 쌀의 길이와 폭은 각각 5.37 및 2.94 mm이었으나 코팅 쌀은 각각 6.02 및 3.31 mm로 원료 쌀보다 통계적으로 높은 수치로 나타났다. 원료 쌀 및 코팅 쌀의 길이와 두께 비(a/b)는 1.83과 1.82로 백미에 대해 보고된 값과 비슷하였다(16). Kim 등(16)은 일반적으로 백미의 길이와 두께 비율은 1.62~1.91(평균 1.73) 범위라고 하였다. 원료 쌀의 넓이는 42.71 mm²로 나타났으며, 코팅 쌀의 경우에는 55.21 mm²로 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었다. 아울러 원료 쌀의 부피는 23.12 mm³로 일반적인 백미 17.4 mm³의 보고된 값보다는 다소 높았으며, 코팅 쌀은 35.23 mm³로 원료 쌀보다 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 부피에 대한 면적의 비(S/V)

는 원료 쌀 및 코팅 쌀에서 각각 1.78과 1.57로 나타나 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 원료 쌀에서의 S/V 수치는 Her 등(17)의 결과와 유사하게 나타났다.

한편 Fig. 3에서와 같이 일반적으로 부정형 형태의 정량화 지표 차원으로 사용되는 fractal dimension을 계산한 결과, 원료 쌀 및 코팅 쌀 시료의 값은 각각 1.03과 1.23으로 코팅 쌀에서 약간 높은 수치를 나타내었다. 해석기하학의 일종인 fractal은 자연계의 무질서한 혼돈현상을 해석하기 위해 사용되며(18) 자연현상이나 형태의 복잡성을 규명하는데 적용되었는데, 곱방이 균사의 경우 1.20 정도의 낮은 fractal 차원은 균사의 형태가 단순하고 가지의 수가 적은 길쭉한 형태의 균사를 의미한다(19). 따라서 각 시료들의 낮은 fractal dimension은 그 형태가 단순한 타원형임을 나타내며, 특히 시료들 간의 차이가 없어 코팅에 의해 형태의 변화를 동반하지 않음을 정량적으로 확인할 수 있었다.

코팅 쌀의 수화 양상 및 수화 속도

상온에서의 원료 쌀과 코팅 쌀의 수화 양상을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4(A)의 결과를 보면, 원료 쌀의 경우 침지 시간의 증가에 따라 수화의 폭이 커지는 hyperbolic한 수화 양상을 보였으나, 코팅 쌀의 경우에는 침지시간 5분(data not shown)에서부터 saturation 되는 양상을 보였다. 또 코팅 쌀은 원료 쌀보다 다소 높은 수분흡수를 보여 meth-

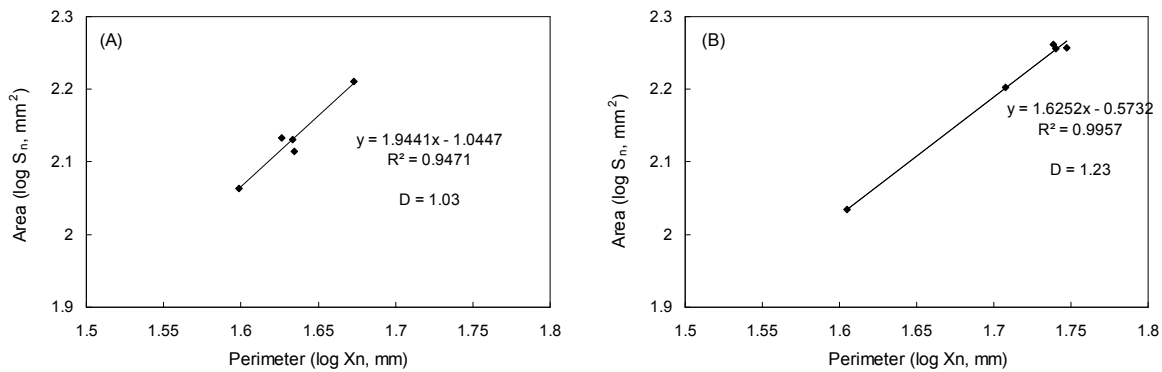


Fig. 3. Fractal dimensions of (A) raw and (B) coated rices.

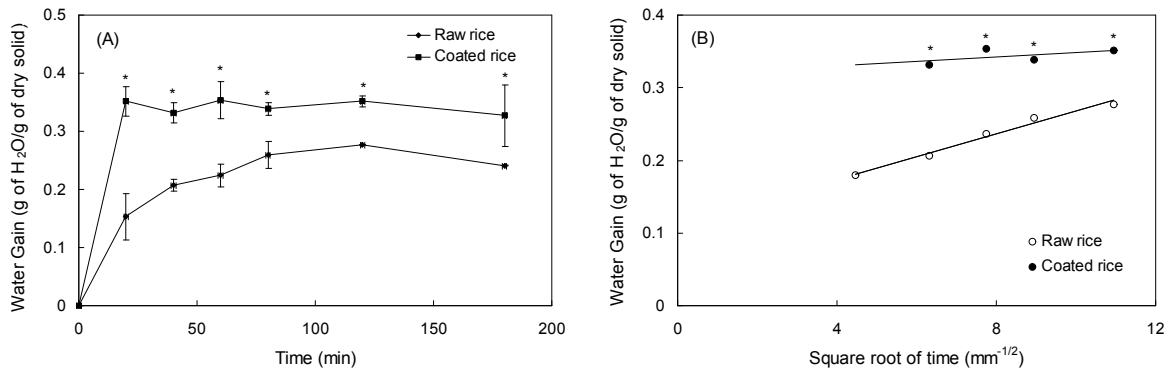


Fig. 4. (A) Hydration patterns and (B) relationship between water absorption and square root of absorption time of raw and coated rices. Each point are mean±SD (three replicates). *Means with symbol are significantly different with raw rice by independent *t*-test at *p*<0.05.

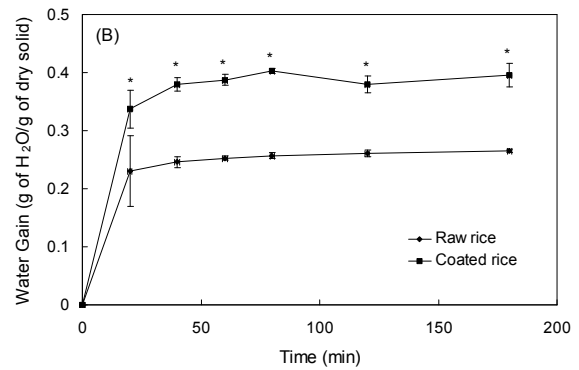
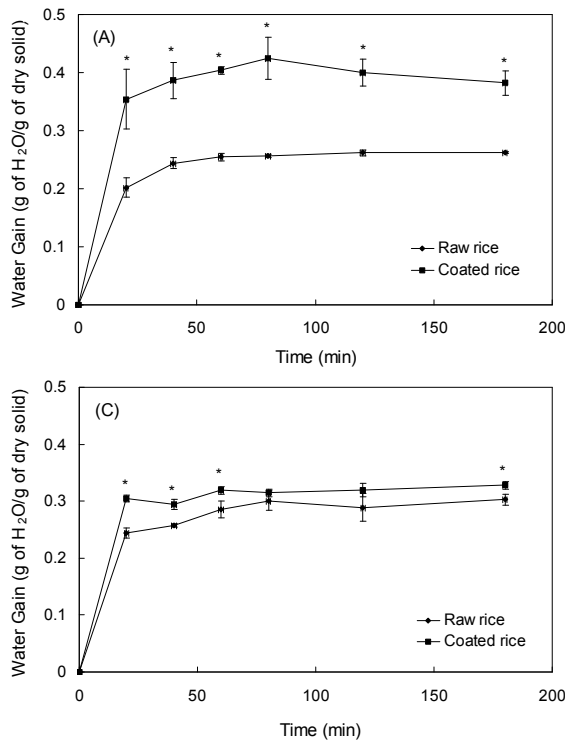


Fig. 5. Effect of temperature [(A) 30°C, (B) 40°C, (C) 50°C] on hydration patterns of raw and coated rices. Each point are mean±SD (three replicates). *Means with symbol are significantly different with raw rice by Independent *t*-test at *p*<0.05.

ylcellulose 폴리머 코팅에 의한 수화 양상의 변화인 것으로 추측된다.

한편 쌀을 물에 침지한 경우 내부로의 수분이동이 Becker (13)의 확산 법칙에 따른다면 쌀의 수분증가는 $m = m_0 + k_0$ 에서와 같이 침지 시간의 평방근에 비례하게 된다. 이를 알아보기 위해 침지 시간의 평방근에 대한 각 시료의 수분 흡수량을 조사하였다. Fig. 4(B)에서 볼 수 있는 바와 같이 원료 쌀의 경우 침지 시간이 짧은 범위에서의 흡수량과 침지 시간의 평방근은 직선관계를 보여 정비례 관계를 나타내었다. 따라서 직선의 기울기로부터 초기 흡수 단계에서의 수화속도상수 k_0 를 구하였으며, 원료 쌀의 k_0 는 $0.15 \text{ min}^{-1/2}$ 을 나타내었다. 반면에 코팅 쌀의 경우 흡수량과 침지시간의 평방근은 직선관계를 보였으나 매우 낮은 수화속도를 보였다. 아울러 두 시료 모두에서 침지 시간 0일 때의 초기 수분 증가가 이론 값 0과 일치하지 않는 것을 보였다. Song 등(20)도 이러한 현상을 보고한 바 있는데, 이와 같이 수분 증가와 침지 시간의 평방근의 관계로부터 절편 값이 0이 아닌 결과를 나타내는 현상은 다른 곡류에서도 알려져 있다. 이것은 외부층이 다공 구조를 이루고 있어 초기에 모세관 흡수로 쉽게 포화되는 것에 기인한다(13,21). 따라서 침지 시간 0에서의 절편 값은 과피를 포화시키는데 필요한 수분함량의 척도로서 초기 수분 흡수가 빨리 일어나는 사실을 의미한다. 하지만 코팅 쌀은 침지 시간 0에서의 절편 값은 이론 값 0에서보다 매우 높은 값을 나타냄으로써 코팅에 의하여 쌀 외층의 다공성이 매우 높아진 것을 알 수 있었다.

한편 서로 다른 온도 (30~50°C) 범위에서 코팅 쌀의 수화 양상을 조사한 결과는 Fig. 5과 같다. 원료 쌀의 경우 수화은

도의 증가에 따라 수화의 증가폭이 커져서 일반적 경향과 잘 일치하였다. 코팅 쌀은 원료 쌀과는 다르게 매우 빠른 시간 내에 saturation 되는 수분 흡수량상을 보였으며, 침지 온도 50°C에서는 수화의 폭이 낮아지는 것을 관찰할 수 있었다.

코팅 쌀의 표면 및 내부구조 관찰

CHP 함유 대두가수분해물을 코팅한 쌀의 표면과 종단면을 전자현미경으로 각각 250배, 1,000배로 확대하였을 때의 모습을 Fig. 6에 나타내었다. 원료 쌀의 종실 표면에서는 균열 현상이 관찰되지 않았으나, 종단면으로 절단하여 표면을 확대한 결과 종실표면에서는 보이지 않았던 미세한 균열 현상이 관찰되었다. Kim 등(22)도 이러한 결과를 보고한 적이

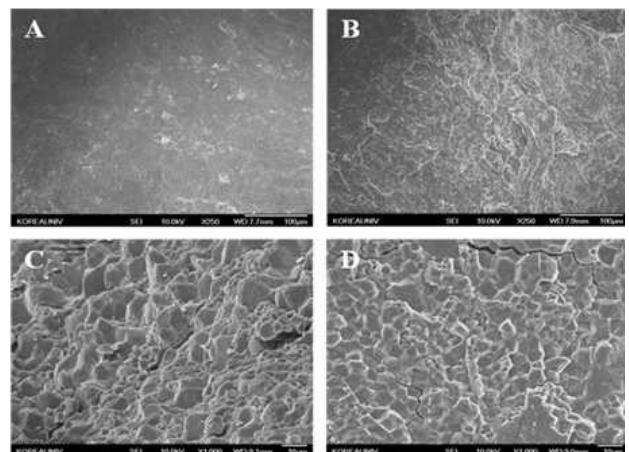


Fig. 6. Scanning electron microscopy. Whole kernel images of (A) raw and (B) coated rices, longitudinal section images of (C) raw and (D) coated rices.

있는데, 원료 쌀의 이러한 균열 현상은 벼의 건조과정과 도정 시에 생긴 것으로 여겨진다고 하였다. 코팅 쌀의 종실 표면은 코팅과정에 의한 균열 현상이 발생한 것으로 관찰되었으며, CHP 함유 대두가수분해물의 methylcellulose 폴리머 분무코팅이 비교적 고르게 된 것으로 관찰이 되었다. 코팅 쌀을 종단면으로 절단하여 표면을 확대한 결과에서도 균열 현상이 선명히 관찰되었다. 이는 코팅과정 중의 마찰과 건조과정에 의하여 발생된 것으로 여겨진다.

또한 코팅과정 중의 코팅 쌀의 전분입자가 호화의 영향을 받을 수 있을 가능성을 고려하여 코팅 쌀을 종단면으로 절단하여 그 내부구조를 현미경으로 확대하여 관찰하였다. 원료 쌀의 종단면의 경우 다각형 형태의 전분들의 모습을 관찰할 수 있으며, 전분 입자의 표면은 매우 매끄러우며 각 면이 들어간 형태를 보였다. 쌀의 전분은 일반적으로 배유세포 안에 복합 전분입자로 존재하며, 크기가 2~9 μm 의 범위에 있고 모양은 다각형을 가진다고 알려져 있다(23). 코팅 쌀은 작은 입자들이 서로 뭉쳐서 나열되어 있는 것으로 보이나, 전분입자들의 큰 변화는 관찰되지 않았다. 본 실험의 결과로 보아 종단면의 뚜렷한 형태상의 차이는 관찰되지 않았으며, 이에 따라 코팅과정에서의 코팅 쌀의 전분입자 배열에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

요 약

쌀의 기능성 소재화 및 새로운 용도 개발 연구의 일환으로, 제2형 당뇨병환자의 혈당을 조절할 수 있는 인슐린 기능 개선 소재로 알려져 있는 cyclo histidine-proline(CHP) 함유 대두가수분해물(SHC)을 쌀에 함유시켜 신규 기능성 쌀을 개발하고자 하였다. 이를 위해 흡수 및 분무 코팅에 의해 쌀의 가공 중 첨가 기능성 성분인 CHP 함유된 대두가수분해물의 소실을 억제하는 기능성 성분 강화 코팅 쌀의 제조공정을 검토하였다. 흡수 코팅법은 CHP 함유 대두가수분해물의 농도 증가에 따라 흡수저해가 일어나 흡수율이 낮게 나타나므로 적합하지 못하였다. 반면 methylcellulose 폴리머를 사용한 분무 코팅에 의하여 제조된 코팅 쌀은 다소의 균열 발생 및 미황색화가 관찰되었으나 외관 형태의 큰 변화는 관찰되지 않았다. 특히, 수화양상 및 수화속도가 원료 쌀에 비하여 높게 나타났으며, 코팅과정 중의 건조에 의한 호화 등은 관찰되지 않았다. 따라서 5%(w/v)의 CHP 함유 대두가수분해물을 함유한 1%(w/v) methylcellulose 폴리머를 보조제로 사용하여 분무 코팅한 후 건조하여 CHP 함유 대두가수분해물을 기능성 성분으로 하는 기능성 코팅 쌀을 제조하는 공정을 확립하였다.

문 헌

1. Chu YH, Chang CL, Hsu HF. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J Sci*

- Food Agric* 80: 561-566.
2. Misaki M, Yasumatsu K. 1985. Rice enrichment and fortification. In *Rice: Chemistry and Technology*. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p 12-13.
3. Joseph EW, Liuzzo JA, Rao RM. 1990. Development of wash and cook-proof methods for vitamin enrichment of rice grains. *J Food Sci* 55: 1102-1104.
4. Flores H, Guerra NB, Cavalcanti ANACA, Campos FACS, Azevedo MCNA, Silva M. 1994. Bioavailability of vitamin A in a synthetic rice premix. *J Food Sci* 59: 371-372.
5. Murphy PA, Smith B, Hauck C, O'connor K. 1992. Stabilization of vitamin A in a synthetic rice premix. *J Food Sci* 57: 437-439.
6. Peil A, Barrett F, Rha C, Langer R. 1982. Retention of micronutrients by polymer coatings used to fortify rice. *J Food Sci* 47: 260-262.
7. Morley JE, Levine AS, Prasad C. 1981. Histidyl-proline diketopiperazine decreases food intake in rats. *Brain Res* 210: 475-478.
8. Steiner H, Wilber JF, Prasad C, Rogers D, Rosenkranz RT. 1989. Histidyl proline diketopiperazine [Cyclo (His-Pro)] in eating disorders. *Neuropeptides* 14: 185-189.
9. Hwang I, Go V, Harris D, Yip I, Kang K, Song M. 2003. Effects of cyclo (his-pro) plus zinc on glucose metabolism in genetically diabetic obese mice. *Diabetes Obes Metab* 5: 317-324.
10. Rosenthal M, Hwang I, Song M. 2001. Effects of arachidonic acid and cyclo (his-pro) on zinc transport across small intestine and muscle tissues. *Life Sci* 70: 337-348.
11. Song MK, Rosenthal MJ, Song AM, Yang H, Ao Y, Yamaguchi DT. 2005. Raw vegetable food containing high cyclo (his-pro) improved insulin sensitivity and body weight control. *Metabolism* 54: 1480-1489.
12. Kim SK, Suh CS. 1990. Water uptake rate of brown rice at 100°C. *J Korean Agric Chem Soc* 33: 261-263.
13. Becker HA. 1959. A study of diffusion in solids of arbitrary shape with application to the drying of the wheat kernel. *J Appl Polymer Sci* 1: 212-226.
14. Aratani T, Fujii T, Morikawa T, Miyanani K. 1988. Evaluation of floe form by fractal dimension. *Kagaku Kogaku Ronbunshu* 14: 395-400.
15. Beyer WH. 1978. *CRC standard mathematical tables*. 25th ed. Chemical Rubber Co., West Palm Beach, FL, USA. p 45.
16. Kim S, Han K, Park H, Chae J, Rhee J. 1985. Hydration rate of milled rice. *J Korean Agric Chem Soc* 28: 62-67.
17. Her YM, Lee SY, Lee SY. 2007. Preparation of functional nutrient enriched rices by coating method. *Food Eng Pro* 11: 185-194.
18. Vicsek T. 1992. *Fractal growth phenomena*. World Scientific Pub Co Inc., Singapore. p 2-10.
19. Ryoo DH. 1994. Analysis of filamentous fungal growth and pellets formation by fractal geometry. *Korean J Biotechnol Bioeng* 9: 512-517.
20. Song BH, Kim DY, Kim SK. 1988. Comparison of hydration and cooking rates of brown and milled rices. *J Korean Agric Chem Soc* 31: 211-216.
21. Hsu KH, Kim CJ, Wilson LA. 1983. Factors affecting water uptake of soybeans during soaking. *Cereal Chem* 60: 208-211.
22. Kim KM, Jang IS, Ha SD, Bea DH. 2004. Improved storage stability of brown rice by coating with rice bran protein. *Korean J Food Sci Technol* 36: 490-500.
23. BeMiller JN, Whistler RL. 2009. *Starch: chemistry and technology*. Academic Press, New York, NY, USA. p 158-160.

(2012년 11월 12일 접수; 2012년 12월 12일 채택)