

기능성 성분 강화 코팅 쌀의 제조

허윤미 · 이상영^a · 이신영^{*}

강원대학교 생물공학과, ^a(주) S&D 중앙연구소

Preparation of Functional Nutrient Enriched Rices by Coating Method

Yun-Mi Her, Sang-Young Lee^a, and Shin-Young Lee^{*}

School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University

^aS&D Co., Ltd. Research Institute

Abstract

A preparation method of a novel functional rice containing some functional nutrients such as *G. elata* extract, fagopyritol, and phaseolamin was investigated for the development of rice as a functional food and/or a new use. The dip and spray coating methods were examined to decrease the loss of functional nutrients during manufacturing of enriched rice. Dip coating method was inadequate by a very low absorption rate of functional nutrient, while spray coating method using protective coating materials was relatively adequate though some crack formation and a yellowish color were observed. The enriched rices through spray coating method exhibited the external appearance, hydration pattern and rate similar to that of raw rice, and the greater than 90% of nutrients were retained. A methyl cellulose solution(1%, w/v) containing 5%(w/v) the functional nutrients was selected as a protective coating material system. In conclusion, a process of obtaining enriched coating rice, in which rice grains were sprayed with the solution system, then dried by air was established.

Keywords: functional rice, nutrient enriching, dip and spray coating

서 론

쌀은 우리나라 최대의 농산물 자원이며, 동남아시아를 중심으로 지구상의 30억인 이상의 사람이 생명의 양식으로 하고 있는 중요 식품이다.

현재 우리나라의 쌀 공급 능력은 크게 향상되고 있으나 국민 1인당 쌀 소비량은 급속히 감소하여 수급 불균형이 심화되고 있는 실정이며(<http://www.krei.re.kr>), 그동안 쌀의 수급조정을 위한 각종의 정책대안 마련이 시급한 실정인 것으로 제안되었다. 하지만 쌀시장의 개방에도 불구하고 기능성 쌀시장은 급속하게 증가될 전망이며, 그동안 버섯

쌀, 유효물질 코팅쌀, 품종육성에 의한 특화쌀, 특수가공 처리쌀, 친환경농법의 쌀 등, 기능성이 강조된 각종 쌀의 산업적 생산체제가 널리 확립되었다(Cheong, 2006).

한편, 통상 우리가 식용하는 정미는 맛과 소화성에서 현미보다 월등하지만 정미공정은 현미로부터 영양소의 양을 감소시킨다. 특히, 배유부 바깥에 위치한 많은 비타민, 아미노산, 식이섬유 및 배아가 공정 중 미강으로서 제거되므로 그 동안 쌀의 강화는 계속적인 관심을 끌었다.

따라서 쌀의 각종 강화방법이 개발되었는데, 전통적인 쌀 강화의 방법으로는 parboiled rice, converted rice, acid-parboiled rice, coating rice, artificial rice 및 조리시 영양소의 혼합 등이 잘 알려져 있다(Misaki & Yasumatsu, 1985)

이와 같이, 쌀의 영양강화 및 기능성 쌀의 각종 가공방법이 널리 이용되고 있으나 이 중, 액상 흑

Corresponding author: Shin-Young Lee, Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.
Phone: +82-33-250-6273, Fax: +
E-mail: sylee@kangwon.ac.kr

은 분말상의 약제 또는 이들의 성형물로 적당히 물질을 피복하는 코팅(coating)은 세척 및 조리 중 첨가된 영양소의 손실을 방지하는데 유효하므로 특이적인 미량 영양소를 갖는 강화 쌀 및 다른 전립 곡류를 위한 실제적 기술로서의 가능성이 높은 것으로 잘 알려져 있다(Joseph et al., 1990; Flores et al., 1994; Murphey et al., 1992; Peil et al., 1981). 현재, dry coating(압축 코팅), 유동 coating (fluidized bed, air suspension), dip coating, spray coating 등이 있으며, 코팅장치로는 pan coating(필름코팅) 장치가 널리 이용되고 있다.

한편, 천마(*Gastrodia elata* Blume)는 뽕나무 버섯속(*Armillarilla*) 균사와 공생하며 자라는 난초과의 다년생 기생초본 식물인데, 이 천마의 건조 괴경인 *Gastrodiae rhizome*은 전통적으로 강장, 진통 및 항경련제로 사용되었다(Soka, 1985). 약리작용을 나타내는 성분은 주로 폴리페놀성분이며, gastrodin[4-(β-D-glucopyranosyloxy) benzyl alcohol], vanillyl alcohol, p-hydroxy benzyl alcohol, vanillin 및 p-hydroxybenzyl aldehyde는 천마의 주요 활성성분이다(Wang et al., 2002). 그 동안 천마의 연구로는 GABAergic 신경전달에 미치는 영향(Ha et al., 2001), 항혈전 및 항혈소판 효과(Paik et al., 1995), 백서의 관상 순환기능에 미치는 영향(Kim et al., 1994), 항산화 및 유리 라디칼 소거활성(Liu and Mori, 1992), succinic semialdehyde dehydrogenase의 저해활성(Baek et al., 1999) 등 많은 생리활성 연구가 있다. 식품에의 이용은 천마분말을 첨가한 식빵의 품질특성연구(Kim et al., 2001), 가공중의 휘발성 성분에 대한 연구(Lee & Kim, 1997)가 있다.

또, 메밀종자 중의 일부 탄수화물은 성인 당뇨병 치료에 있어 주요 의학적 가치가 있는 것으로 밝혀졌는데, 이 물질은 회랍어의 메밀을 뜻하는 fagopyritol로 구조상 당뇨병자에게 결핍된 화합물과 유사하며, 식이공급에 의해 결핍 인슐린 mediator의 합성을 유도하여 혈당을 낮추고 안정화시키는 것이 기대된다(Steadman et al., 2000). 이 fagopyritol은 메밀의 종자에 축적되는 d-chiro-inositol의 mono, di- 및 trigalactosyl 유도체로 메밀종자 생장 및 식이공급원으로 중요한 역할을 한다(Dorta & Oleszek, 1999). 6종(A1, A2, A3, B1, B2, B3)이 존재하는데, fagopyritol B1은 insulin mediator와 관련되는 galactosamine d-chiro-inositol과 구조적으로 유사하다. 비인슐린 의존성 당뇨병(Type II 당뇨병)은 d-chiro-inositol 생합성의 결핍으로 d-chiro-inositol의 이

상 대사를 일으키며, insulin mediator의 수준을 감소시킨다(Steadman et al., 2000). 따라서 d-chiro-inositol 식이치료는 비인슐린 의존성 당뇨병 증상의 감소에 효과적이며, 가루 또는 비스킷으로서의 소비는 당뇨병환자에서 저혈당 효과를 갖는 것으로 지적되었다(Wang et al., 1992). 따라서 메밀소비의 잠재력, 특히 fagopyritol의 소비는 비인슐린 의존성 당뇨병증상을 감소시키기 위한 중요 관심사항의 하나이다.

아울러, 콩은 phytohaemagglutinin(PHA: 식물유래 적혈구 응집소), arcelin, 및 α-amylase 저해제(αAI)를 포함하는 식물방어 단백질을 함유한다(Chrispeels & Raikhel, 1991). 이 중 αAI는 곤충 및 포유동물 α-amylase를 저해하나 식물효소는 저해하지 않으며, 인체에 대한 항영양인자로 콩 αAI의 생화학적 성질은 1945년 이래 많은 연구가 있었다. 불균일 4량체로 존재하는 비교적 열안정성 단백질이며, 돼지 체장 α-amylase의 두 분자와 매우 단단한 복합체를 형성한다. 복합체 형성은 pH 의존성이고 장관의 산성 pH(5.0)에서 최대이다. 특히, 강남콩 종자는 콩렉틴에 관련되는 α-amylase inhibitor를 함유하며, 탄수화물 결합활성을 결핍시킨다(Chrispeels et al., 1998). 이것은 친화성 크로마토그래피와 고전적 단백질 정제기술로 종자 추출물을 부분, 정제하여 분리되며, 각기 16 및 14kDa의 두 가지 펩타이드로 절단되는 30kDa의 두 개 glycosylated protomer로 구성된다. 고등동물 유래 α-amylase에 강하게 결합하며, 몇몇 해충의 생장 및 발달의 강력한 저해제이다(Lajolo and Filho, 1985). 이 α-amylase 저해제가 phaseolamin인데, 탄수화물을 다량 섭취해도 전분질을 분해하는 amylase를 억제시켜 체내에 흡수시키지 않는다. 1g의 phaseolamin 2250은 500g의 탄수화물이 포도당으로 되는 것을 저해하여 2250칼로리를 저지시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 starch stopper, carbo block 등의 이름으로도 불리우는데, 임상결과 현저한 비만억제 및 혈당강하 효과를 갖는 것으로 알려져 있다(www.starchstopper.com).

그러므로 비타민이나 미네랄을 강화하는 전통적인 코팅기술을 응용하여 상기와 같은 생리활성을 갖는 천마 추출물, fagopyritol, phaseolamin 등을 쌀에 흡수 코팅함으로써 각각의 생리기능이 강화된 쌀로서의 역할을 기대할 수 있으나 이에 대해 보고된 바는 전혀 없다.

따라서 본 연구에서는 쌀의 기능성 소재화 및 새로운 용도 개발 연구의 일환으로, 쌀의 기능성 강

화 성분 소재로서 천마추출물, fagopyritol 및 phaseolamin의 3종을 선정하였으며, 이들을 쌀에 흡수 코팅하는 방법에 의해 신규 기능성 쌀을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 쌀은 2002년도 산의 철원 오대쌀로 시중에서 구입하여 사용하였다. 또 기능성 강화 시료로 사용한 소재는 phaseolamin, fagopyritol 및 천마(*Gastrodia elata* B.) 추출물로 각각 강낭콩, 메밀 등겨 및 천마뿌리로부터 추출하고, 그대로 또는 정제하여 사용하였다(Marshall & Lauda, 1975; Horbowicz et al., 1998; Kang et al., 2002).

한편, 코팅 재료로는 문헌조사를 통해 셀룰로오스 유도체인 methylcellulose(MC: methyl DS=1.6~1.9, Mw=15000, ICN Biochemicals, Inc. USA) 및 hydroxypropyl methyl cellulose(HPMC: methyl DS=1.8~2.0, hydroxypropyl MS=0.2~0.31, Mw=23000, Sigma Co, USA)를 사용하였다(Peil et al., 1981).

생리 기능성 소재의 수화 및 흡수 측정

강화시키고자 하는 생리 기능성 소재의 정미속으로의 최대 흡수 조건을 조사하기 위해 수용액 중 기능성 성분의 농도 (1, 3, 5, 10%, w/v) 및 담금시간(0.5, 1, 2, 3, 5, 10 hrs)을 달리하여 Kim et al. (1980)의 방법에 따라 현미 약 5 g을 30~70°C의 일정온도에서 일정 시간(~4시간) 동안 흡수시킨 다음 여과지로 표면수를 제거하고 무게 증가량을 측정하였다. 무게의 증가량으로부터 시료 1 g(건량 기준) 당 수분함량을 계산하여 수화속도를 구하였다. 이때, 유효 수분함량의 결정은 Becker의 방법(1960)에 따라 결정하였으며, 기능성 성분의 흡수 정도는 흡수 전후 수용액 중의 고형분 농도를 측정하여 그 차이 값으로부터 구하였다.

수화속도는 Becker(1959)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 water /g dry matter), m 은 일정시간 침지시킨 후의 수분함량(g water /g dry matter)이다.

쌀 입자의 코팅

생리 기능성 소재의 코팅은 적정 폴리머시스템(methylcellulose 및 hydroxypropyl methylcellulose, 1 w/v%)을 선정하고, 비 강화 원료 쌀을 고분자-기능성 성분(5 w/v%) 용액으로 코팅하여 실시하였다. 쌀 30 g당 6 mL의 용액을 매회 증가시키면서 첨가하였으며, 이 때 코팅 쌀은 유리봉으로 저어 용액에 균일하게 분배되도록 하고, 덩어리를 부숴주었다. 이를 실온 또는 오븐에서 55°C로 10~15분간 건조하여 코팅 쌀로 하였다.

쌀 입자의 형태분석

쌀알의 형태는 image capturing board를 사용하여 PC에 연결한 image analysis system(Optimas Co., U.S.A)으로 분석하였다. 장치는 CCD camera (Panasonic, wv-CP410), PCI video frame grabber (Flashpoint Ver. 3.11, Integral Tech, Inc) 및 PC로 구성되었으며, image software(Optimas 6.1, Optimas Co.)를 사용하여 면적, 길이, 직경 등 각종 형태변수를 구하였고, fractal 차원 D는 면적 및 길이 둘레값으로부터 다음 식을 이용하여 계산하였다(Aratani et al., 1988). 즉, $\log S_n$ 과 $\log X_n$ 을 도시하여 얻어지는 직선의 기울기(2/D)로부터 D값을 구하였다.

$$S_n^{1/2} \propto X_n^{1/D} \quad (2)$$

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

분석시 CCD camera의 화상은 640×640 pixels 및 256 grey level의 해상도로 촬영하였으며, 분석용 영상은 400×400 pixels로 수정하였다.

한편, 쌀의 표면적과 부피는 쌀 입자를 타원체로 가정하고 다음 식에 의하여 계산하였다(Beyer, 1978).

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

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

여기서 a 는 시료의 장반경(cm), b 는 시료의 단반경(cm), e 는 $\sqrt{a^2 - b^2}/a$ 이다.

결과 및 고찰

생리 기능성 소재의 흡수 코팅

철원 오대 쌀을 시료로 생리 기능성이 기대되는

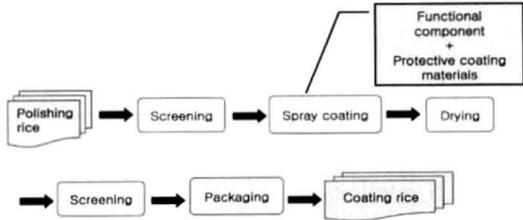


Fig. 1. Flow sheet of coating rice with functional nutrients.

phaseolamin, fagopyritol 및 천마(*Gastrodia elata* B.) 추출물의 흡수실험을 실시하여 흡수 코팅(dip coating)의 가능성을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 2와 같다.

Fagopyritol 및 천마추출물의 경우, 전형적인 hyperbolic한 수화양상을 보였고, 수화정도(흡수 속도)는 1~5% 농도범위에서 무침가구와 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 반면, phaseolamin의 경우는 수화 40분에 최대 흡수를 보인 후 다시 흡수가 저해하는 이상 현상을 보였으나 무침가구보다는 비교적 높은 흡수 촉진효과를 나타내었다.

한편, Fig. 2로부터 흡수속도를 구한 결과, Table 1에서 보는 바와 같이, 흡수 속도는 대응하는 농도에서 Phaseolamin > Fagopyritol > *G. elata* extract의 순으로 낮았으나 시료간의 큰 차이는 보이지 않았다. *G. elata* extract의 낮은 흡수속도는 아마도 다당류 등의 성분에 기인한 고분자적 성질 및 고점도와 관계하며, Fagopyritol의 경우는 낮은 용해도와 관계하는 것으로 보인다.

이 때, Ca 보급 및 흡수 속도 촉진의 목적으로 각각 Ca-lactate 및 acetic acid의 흡수도 추가 검토

Table 1. Absorption rates of rices under the solutions containing the various functional nutrients.

Samples	Concentration (% , w/v)	Hydration rate constant(min ⁻¹)
Ca-lactate	0	0.0964
	1	0.0825
	3	0.0747
	5	0.0717
	10	0.0590
Phaseolamin	0	0.0921
	1	0.1688
	3	0.1578
	5	0.1570
Fagopyritol	0	0.0909
	1	0.0898
	3	0.0925
	5	0.0922
<i>G. elata</i> extract	0	0.0942
	1	0.0921
	3	0.0944
	5	0.0877
	10	0.0901
Acetic acid solution	0	0.0950
	0.25	0.0925
	0.5	0.1188
	1	0.1320
Acetic acid(1%)+ <i>G. elata</i>	0	0.0849
	1	0.0942
	3	0.0944

하였는데, 흡수속도의 농도 의존성이 높았다. Ca-lactate의 경우는 농도 증가에 따라 흡수저해를 나타낸 반면, acetic acid의 경우는 흡수촉진 효과를 보였다. 하지만 acetic acid(1%) 용액에 천마 추출물을

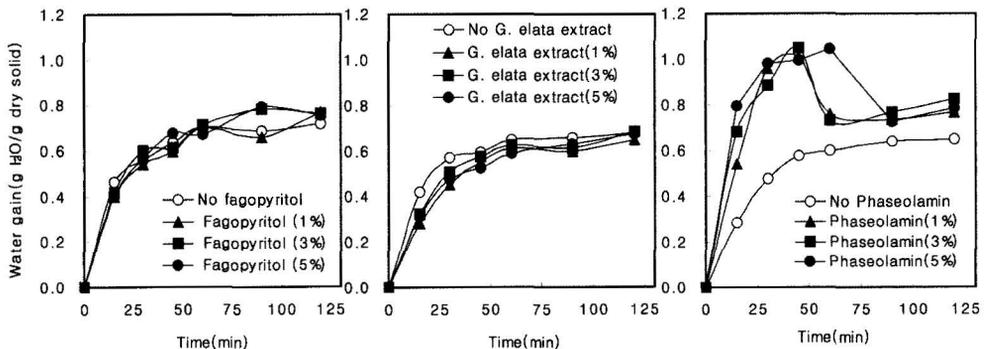


Fig. 2. Hydration patterns of rices under the solutions containing different concentrations of 3 functional nutrients (Fagopyritol, *G. elata* extract and phaseolamin).

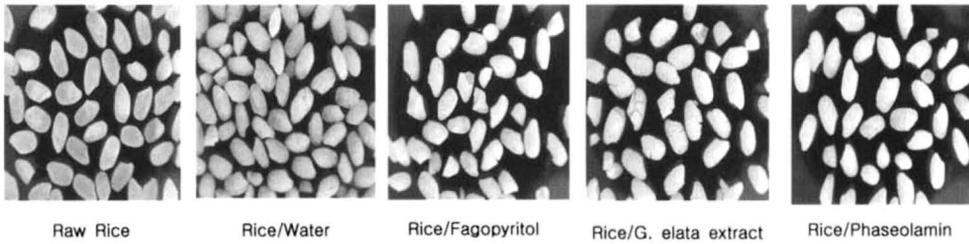


Fig. 3. Grain morphologies of raw and coated rices.

첨가한 경우 첨가 성분의 흡수촉진 효과는 보이지 않았다.

이상에서와 같이, 세 시료 용액 모두 흡수속도상의 문제는 없었다. 하지만 흡수 전후 수용액 중의 고형분 농도를 측정하여 그 차이 값으로부터 구한 기능성 성분의 흡수율은 천마 추출물의 경우 22.63%, phaseolamin의 경우 9.22%, 그리고 fagopyritol의 경우 5.54%에 불과하였다. 이는 각 성분의 흡수정도가 매우 낮은 결과이므로 흡수 코팅만으로는 기능성 성분의 흡수가 어렵고 따라서 효능 및 경제성이 없는 것으로 판단하였다. 아울러 세척이나 조리 중의 손실도 예측되므로 이하에서는 폴리머 분무코팅(spray coating)을 검토하였다.

폴리머 분무 코팅 쌀의 제조 및 특성 검토

기능 성분의 흡수 극대화 및 세척이나 조리 중 흡수 성분의 유리 및 손실 방지를 위해 폴리머 분무코팅을 시도하고 코팅 쌀을 제조하였으며(Fig. 1 참조), 이의 특성을 다음과 같이 조사, 분석하였다.

입자의 형태 특성: 원료 쌀 및 코팅 쌀 입자의 형태를 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 원료 쌀에 비해 코팅 쌀은 전반적인 형태상의 차이는 보이지 않았으나 다소 crack의 형성이 관찰되었다. 또 길이, 폭 등 형태적 특성을 화상분석한 결과는 Table 2와 같다. 원료 쌀의 길이와 폭은 각각 5.32 ± 0.45 및 3.12 ± 0.24 mm이었으나 코팅 쌀은 4.69 ± 0.88 ~ $4.92\pm$

0.93 mm 및 2.94 ± 0.31 ~ 3.04 ± 0.47 mm 범위로 원료 쌀보다 다소 낮은 값 범위이었다. 이러한 길이나 폭의 감소현상은 결정성의 향상이나 무정형 아밀로오스의 helical 형태로의 변화에 기인하는 것으로 보인다. Gough와 Pybus(1971)는 소맥분을 50°C의 온수로 장시간 침적하면 결정구조에 변화가 생겨 결정성이 개선되는 것으로 보고하였다. 또 건조도 무정형 amylose를 helical 형태로 전환시키는데, 이 helical 형태는 무정형보다 가용성이 뒤지므로 전분이 소화될 때 helical 영역이 결정의 약한 중심으로 작용하게 되고 입자의 붕괴를 방해하는 것으로 알려져 있다. 아울러 습열처리도 전분립 내의 분자 배열의 변화와 함께 분자회합이 강하게 되기 때문에 치밀한 구조로 되는 것으로 알려져 있는데, 코팅 쌀의 경우도 분무 침지 및 건조과정을 거치면서 치밀한 구조를 나타내어 길이 및 폭이 감소된 것으로 생각된다.

원료 쌀의 길이와 두께 비는 1.71 ± 0.40 로 백미에 대해 보고된 값과 비슷하였다(Kim et al., 1985). Kim 등(1985)은 일반적으로 일반계 백미의 길이와 두께 비는 1.62-1.91(평균 1.73), 다수계 백미는 1.97-2.61(평균 2.25) 범위라고 하였다. 코팅쌀의 경우는 1.60 ± 0.55 ~ 1.67 ± 0.60 으로 원료 쌀보다는 다소 낮았으나 시료간의 큰 차이를 보이지 않았다. 아울러, 원료 쌀의 부피는 27.12 ± 0.19 mm³로 일반계 백미 17.4-22.1 mm³ 및 다수계 백미 15.9-25.7 mm³의

Table 2. Geometric characteristics of raw and coating rices.

	Raw Rice	Rice/Water	Rice/Fagopyritol	Rice/Gelata extract	Rice/Phaseolamin
Major axis length(mm), 2a	5.32 ± 0.45	4.80 ± 0.91	4.69 ± 0.88	4.75 ± 1.15	4.92 ± 0.93
Minor axis length(mm), 2b	3.12 ± 0.24	2.86 ± 0.45	2.94 ± 0.31	3.04 ± 0.47	2.94 ± 0.44
a/b	1.71 ± 0.40	1.68 ± 0.61	1.60 ± 0.55	1.56 ± 0.64	1.67 ± 0.60
Surface area(mm ²), S	45.68 ± 0.75	37.87 ± 0.89	38.45 ± 0.81	40.46 ± 0.87	39.98 ± 0.88
Volume(mm ³), V	27.12 ± 0.19	20.55 ± 0.34	21.26 ± 0.27	23.05 ± 0.30	22.31 ± 0.31
S/V	1.69 ± 0.018	1.84 ± 0.03	1.81 ± 0.02	1.76 ± 0.03	1.79 ± 0.03

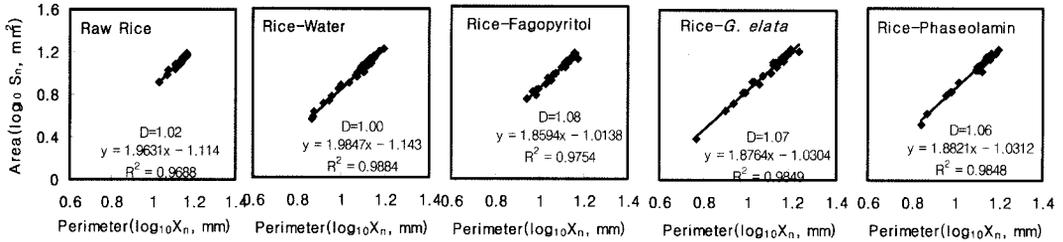


Fig. 4. Fractal dimensions of raw and coated rices.

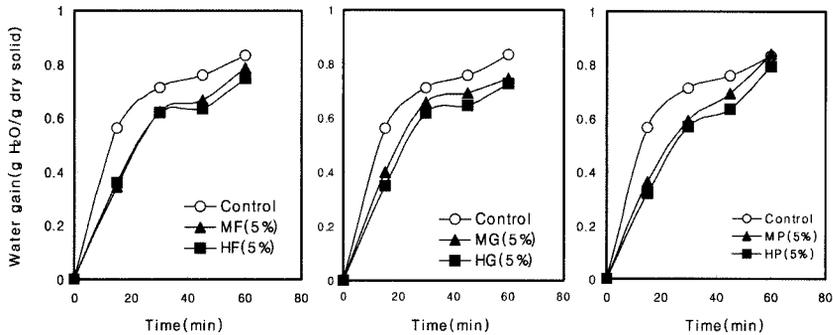


Fig. 5. Hydration patterns of rices under the solution containing 5% functional nutrients in different polymer systems.

MF:Methylcellulose-Fagopyritol, HF:Hydroxypropyl methylcellulose-Fagopyritol
 MG:Methylcellulose-Gelata extract, HG:Hydroxypropyl methylcellulose-Gelata extract
 MP:Methylcellulose-Phaseolamin, HP:Hydroxypropyl methylcellulose-Phaseolamin

보고된 값보다는 다소 높았다. 부피에 대한 면적의 비(S/V)는 원료 쌀 및 코팅 쌀에서 각각 1.69 ± 0.02 및 $1.76 \pm 0.03 \sim 1.81 \pm 0.02 \text{ cm}^{-1}$ 로 원료 쌀보다는 코팅 쌀에서 다소 높았으나 역시 큰 차이는 없었다

한편, Fig. 4에서와 같이, 일반적으로 부정형 형태의 정량화 지표 차원으로 사용되는 fractal dimension을 계산한 결과, 원료 쌀 및 기능성 성분 코팅 쌀 시료의 값은 1.12-1.17 범위의 서로 비슷하였다.

해석기하학의 일종인 fractal은 자연계의 무질서한 혼돈현상을 해석하기 위해 사용되며(Vicsek, 1989), 자연현상이나 형태의 복잡성을 규명하는데 적용되었는데, 곰팡이 균사의 경우 1.2 정도의 낮은 fractal 차원은 균사의 형태가 단순하고 가지의 수가 적은 길쭉한 형태의 균사를 의미한다(Ryoo, 1994). 따라서 각 시료들의 낮은 fractal dimension은 그 형태가 단순한 타원형을 나타내며, 특히 시료들간의 차이가 없어 코팅에 의해 형태의 변화를 동반하지 않음을 정량적으로 확인할 수 있었다.

수화 양상 및 수화 속도: 침지 온도 30°C에서 원료 쌀 및 6종 코팅 쌀의 수화양상을 조사한 결과는

Fig. 5와 같다. 시료에 상관없이 모두 침지 시간의 증가에 따라 수화의 증가폭이 커지는 hyperbolic한 수화 양상을 보였고, 다른 연구자들의 보고와 잘 일치하였다. 또 코팅 쌀은 원료 쌀보다 다소 낮은 수분흡수를 보였지만 코팅에 의한 수화 양상의 변화는 관찰되지 않았다. 아울러 코팅제 MC(methylcellulose)와 HPMC(hydroxypropyl methylcellulose) 사이에는 큰 차이는 없었다. 하지만 MC의 경우가 HPMC보다 다소 수화정도가 높은 것으로 나타났으며, 자료로서 나타내지는 않았으나 기능성 성분의 보유율도 거의 90%이상이었으므로 MC를 coating material로 선정하였다.

한편, 쌀을 물에 침지한 경우 내부로의 수분이동이 Fick의 확산 법칙에 따른다면 현미의 수분 증가는 식 (2)에서와 같이 침지 시간의 평방근에 비례하게 된다. 이를 알아보기 위해 침지 시간의 평방근에 대한 각 시료의 수분 흡수량을 조사하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이, 침지 시간이 짧은 범위에서의 흡수량과 침지시간의 평방근은 직선관계를 보여 정비례

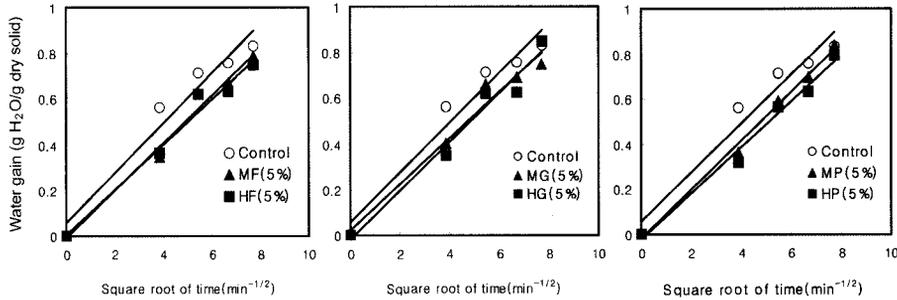


Fig. 6. Relationship between water absorption and square root of absorption time of raw and coating rices.
 MF:Methylcellulose-Fagopyritol, HF:Hydroxypropyl methylcellulose-Fagopyritol
 MG:Methylcellulose-Gelata extract, HG:Hydroxypropyl methylcellulose-Gelata extract
 MP:Methylcellulose-Phaseolamin, HP:Hydroxypropyl methylcellulose-Phaseolamin

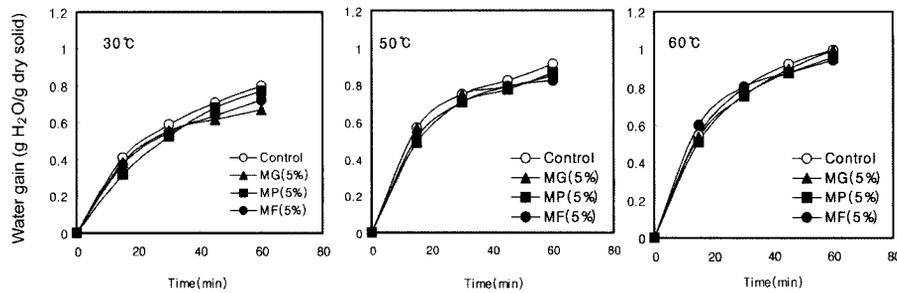


Fig. 7. Effect of temperature on hydration patterns of coating rices with 5% functional nutrients in methylcellulose system.
 MG : Methylcellulose-Gelata extract, MP : Methylcellulose-Phaseolamin, MF : Methylcellulose-Fagopyritol

관계를 나타내었다. 따라서 각 직선의 기울기로부터 초기 흡수 단계에서의 수화속도상수 k_0 를 구하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다. 코팅 쌀은 원료 쌀과 비슷한 수화속도를 보였으며, 따라서 코팅에 의한 수화속도의 제한은 없음을 알 수 있었다. 아울러 Fig. 6에서 원료 쌀은 침지 시간 0일 때의 초기 수분 증가가 이론 값 0과 일치하지 않고 0.0571 범위의 절편 값을 보였다. Song 등(1988)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 외부 층이 다공 구조를 이루고 있어 초기에 모세관 흡수로 쉽게 포화되는 것에 기인한다(Hsu et al., 1983). 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 이론값 0에 가까워서 코팅에 의하여

Table 3. Absorption rates of various coating rices

Samples	Coating materials	Hydration rate constant(min^{-1})
Control		0.1085
Fagopyritol	Methylcellulose	0.1032
	Hydroxypropyl Methylcellulose	0.0980
Gelata extract	Methylcellulose	0.1007
	Hydroxypropyl Methylcellulose	0.1061
Phaseolamin	Methylcellulose	0.1080
	Hydroxypropyl Methylcellulose	0.1016

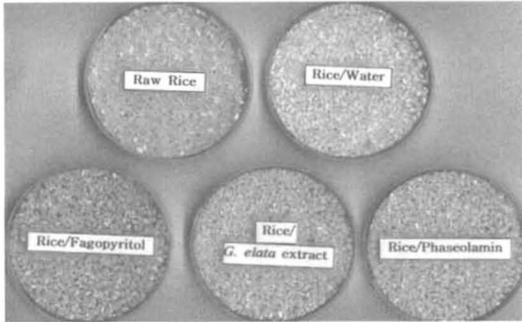


Fig. 8. Prototypes of coated rices with different functional nutrients.

쌀 외부층의 다공성이 감소한 것을 알 수 있었다.

한편, 서로 다른 온도(30~60°C) 범위에서 5% 기능성 성분 함유 코팅 쌀의 수화양상을 조사한 결과는 Fig. 7과 같다. 수화온도의 증가에 따라 수화의 증가폭이 커져서 일반적 경향과 잘 일치하였다. 코팅 쌀은 원료 쌀과 비슷한 수분 흡수양상을 보였으며, 침지 온도가 높아질수록 원료 쌀과 코팅 쌀 간의 수분 흡수 차이는 더욱 작아져서 코팅에 의한 수화의 제한은 없는 것으로 판단하였으며, 따라서 쌀의 증자시와 같은 고온에서는 더욱 수분의 확산 및 호화에 영향을 주지 않을 것으로 생각되었다. 따라서 5%(w/v)의 기능성 성분(fagopyritol, *G. elata* 추출물 및 phaseolamin)을 함유한 1%(w/v) methyl cellulose 용액 시스템을 이용한 분무코팅에 의해 공정을 확립하여(Fig. 1 참조) 시제품을 생산하였으며, 그의 형태는 Fig. 8과 같다. 보유율의 극대화 및 세척 손실의 최소화가 가능하므로 향후 생리 기능성의 발현에 대한 검토가 이루어져 그 기능성이 규명된다면 각종 기능성 코팅 쌀 제조의 효율적 방법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

결 론

쌀의 기능성 소재화 및 새로운 용도 개발 연구의 일환으로, 강장이나 진정의 효과를 갖는 천마 추출물, 당뇨억제효과를 갖는 fagopyritol 및 비만억제 다이어트 효능을 갖는 phaseolamin을 쌀에 함유시켜 신규 기능성 쌀을 개발하고자 하였다. 이를 위해 흡수 및 분무 코팅에 의해 쌀의 가공중 첨가 기능성 성분의 소실을 억제하는 기능성 성분 강화 코팅 쌀의 제조공정을 검토하였다. 흡수 코팅법은 기능성분의 흡수율이 낮아 적합하지 못하였다. 반면, 보호

제를 사용한 분무 코팅에 의해 제조된 코팅 쌀은 다소의 crack 발생 및 미황색화가 관찰되었으나 외관 형태의 큰 변화는 없었다. 특히, 수화양상 및 수화속도가 원료 쌀과 비슷하였고, 첨가 기능성 성분에 대해 90% 이상의 높은 보유율을 나타내어 본 연구에서 검토한 생리기능성 성분을 보유한 기능성 쌀의 제조가 가능한 것으로 판단하였다. 따라서 5%(w/v)의 기능성 성분을 함유한 1%(w/v) methyl cellulose 용액 시스템을 보호제로서의 폴리머 코팅 시스템으로 선정하였고, 이를 분무 코팅한 후 건조하여 기능성 코팅 쌀을 제조하는 공정을 확립하였다.

참고문헌

- Aratani T., Fujii T, Morigawa T and Miyanani T. 1988. Evaluation of floc form by fractal dimension. *J. Chem. Eng.* **14(3)**: 395-400
- Baek NI, Choi SY, Park JK, Cho SW, Ahn EM, Jeon SG, Lee BR, Bahn JH, Kim YK and Shon IH. 1999. Isolation and identification of semialdehyde dehydrogenase inhibitory compound from the Rhizome of *Gastrodia elata* Blume. *Arch. Pharm. Res.* **22(2)**: 219-224
- 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(2)**: 212-226
- Becker HA. 1960. On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chemistry* **37**: 309
- Beyer WH. 1978. CRC standard mathematical tables. CRC press, West Palm Beach
- Blanyopadhyay S and Roy NC. 1978. A semi-empirical correlation for prediction of hydration characteristics of paddy during parboiling. *J. Food Technol.* **13**: 91-98
- Cheong JW. 2006. Patent trend report of for functional rice(in Korean). *Patent 21* **66(3,4)**: 38-43
- Chrispeels MJ and Raikhel NV. 1991. Lectins, lectin genes and their role in plant defense. *Plant Cell* **3**: 1-19
- Chrispeels MJ, Fatima Grossi de Sa M and Higgins TJV. 1998. Genetic engineering with α -amylase inhibitors makes seeds resistance to bruchids. *Seed Science Research* **8**: 257-263
- Dorta DS and Oleszek W. 1999. Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat(*Fagopyrum esculentum* Moench) grain. *J. Agric. Food Chem.* **47**: 4384-4387.
- Flores H., Guerra NB, Cavalcati AACA, Campos FACS, Azevedo MCNA and Silva MBM. 1994. Bioavailability of vitamin A in a synthetic rice premix. *J. Food Sci.* **59(2)**: 371-377.
- Gough BM and Pybus J.N. 1971. Effect on the gelatinization temperature of wheat starch granule of prolonged treatment with water at 50°C. *Starch*, **23**: 210 -217

- Ha JH, Shin SM, Lee SK, Kim JS, Shin US, Huh K, Kim JA, Yong CS, Lee NJ, and Lee DU. 2001. In vitro effects of hydroxybenzaldehydes from *Gastrodia elata* and their analogues on GABAergic neurotransmission, and a structure-activity correlation. *Planta Med.* **67**: 877-880
- Horbowicz M, Brenac P and Obendorf RL. 1998. Fagopyritol B1, O-alpha-D-galactopyranosyl-(1->2)-D-chiro-inositol, a galactosyl cyclitol in maturing buckwheat seeds associated with desiccation tolerance. *Planta* **205(1)**: 1-11.
- Hsu KH, Kim CJ and Wilson LA. 1983. Factors affecting water uptake of soybeans during soaking. *Cereal Chemistry* **60(3)**: 208-211
- Joseph EW, Liuzzo JA and Rao RM. 1990. Development of wash and cook-proof methods for vitamin enrichment of rice grain. *J. Food Sci.* **55(4)**: 1102-1104, 1107.
- Kahlon TS and Chow FJ. 2000. Lipidemic response of hamsters to rice bran, uncooked or processed white and brown rice, and processed corn starch. *Cereal Chemistry* **77(5)**: 673-678
- Kahlon TS, Chow FJ, Chiu MM, Hudson CA and Sayre N. 1996. Cholesterol-lowering by rice bran and rice bran oil unsaponifiable matter in hamsters. *Cereal Chemistry* **73(1)**: 69-74
- Kang TS, Kong YJ, Kwon HJ, Choi BK, Hong JG and Park YK. 2002. A Studies on the chemical composition and in vitro biological activities of a hot water extracts of *Gastrodia elata*. *The Korean Journal of Mycology* **30(2)**: 136-141
- Kim EJ, Ji GE and Kang YH. 1994. Effects of *Gastrodia* rhizoma extracts on global coronary circulation in rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26(3)**: 213-220
- Kim HJ, Kang WW and Moon KD. 2001. Quality characteristics of bread added with *Gastrodia elata* Blume powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* **33(4)**: 437-443
- Kim KJ, Pyun YR, Cho EK and Kim SK. 1984. Kinetic studies on hydration of Akibare and Mylyang 23 brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **16(3)**: 208-213
- Kim SK, Han KY, Park HH, Chae JC and Ree JH. 1985. Hydration rate of milled rice. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **28(2)**: 292-297
- Kim SK and Sohn JW. 1990. Bran structure and some properties of waxy rice starches. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **33(2)**: 105-108
- Kim SK and Suh CS. 1990. Water uptake rate of brown rice at 100°C. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **33(3)**: 261-263
- Lajolo FM and Filho FF. 1985. Partial characterization of the amylase inhibitor of black beans(*Phaseolus vulgaris*), variety Rico 23. *J. Agric. Food Chem.* **33**: 132-138.
- Lee JW and Kim YK. 1997. Volatile flavor constituents in the rhizoma of *Gastrodia elata*. *J. Agri. Chem. Biotechnol.* **40(5)**: 455-458
- Lee SJ and Kim SK. 1994. Bran structure and water uptake rate of Japonica and Tongil-type brown rices. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **37(2)**: 94-99
- Little RR and Dawson EH. 1960. Histology and histochemistry of raw and cooked rice kernel. *Food Res.* **25**: 611-612
- Liu J and Mori A. 1992. Antioxidant and free radical scavenging activities of *Gastrodia elata* Bl. and uacaria rhy-chophylla(miq.) jack. *Neuropharmacology* **31(12)**: 1287-1298
- Lloyd BJ, Siebenmorgen TJ, and Beers KW. 2000. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chemistry* **77(5)**: 551-555
- Marshall JJ and Lauda CM. 1975. Purification and properties of phaseolamin, an inhibitor of α -amylase, from the kidney bean, *Phaseolus vulgaris*. *The Journal of Biological Chemistry* **250(20)**: 8030-8037
- Misaki M and Yasumatsu K. 1985. Rice enrichment and fortification. In *Rice: Chemistry and Technology*, 2nd ed. B.O. Juliano(Ed.). American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN.
- Murphey PA, Smith B, Hauck C and O'Connor K. 1992. Stabilization of vitamin A in a synthetic rice premix. *J. Food Sci.* **57(2)**: 437-439.
- Nesaretnam K, Stephen R, Dils R and Darbre P. 1998. Tocotrienols inhibit the growth of human breast cancer cells irrespective of estrogen receptor status. *Lipids* **33**: 461-469
- Paik YS, Song JK, Yoon CH, Chung KC and Yun HS. 1995. Anti-platelet and anti-throbotic effects of *Gastrodia elata*. *Kor. J. Pharmacogn.* **26(4)**: 385-389
- Park SH, Kim K and Kim SK. 1898. Water absorption of naked barley kernels differing in pearling degrees. *Korean J. Food Sci. Technol.* **21(5)**: 601-605
- Peil A, Barrett F, Rha CK and Langer R. 1981. Retention of micronutrients by polymer coatings used to fortify rice. *J. Food Sci.* **47**: 260-262
- Roberts RL, Carlson RA and Farkas DF. 1980. Preparation of a quick-cooking brown rice product using a centrifugal fluidized bed dryer. *J. Food Sci.* **45**: 1080-1081
- Shibuya N, Nakane R, Yadaui A, Tanaka K and Iwasaki T. 1985. Comparative studies on cell wall preparations from rice bran, germ, and endosperm. *Cereal Chemistry* **62(4)**: 252-258
- Song BH, Kim DY and Kim SK. 1988. Comparison of hydration and cooking rates of brown and milled rices. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **31(2)**: 211-216
- Steadman KJ, Burgoon MS, Schuster RL, Lewis BA, Edwardson SE and Obendorf RL. 2000. Fagopyritos, d-chiro-inositol, and other soluble carbohydrates in buckwheat seed milling fractions. *J. Agric. Food Chem.* **48**: 2843-2847.
- Ryoo DH. 1994. Analysis of filamentous fungal growth and pellets formation by fractal geometry. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **9(5)**: 512-517
- Soka, T. 1985. Dictionary of Chineseese drugs. Shanghi Sci-

- ence Technology Shogaukan(eds.), Shogaukan Perss, Tokyo, Pp. 1870-1873
- Steffe JF and Sinh RP. 1980. Diffusivity of starchy endosperm and bran of fresh and rewetted rice. *J. Food Sci.* **45**: 356-361
- Vicsek T. 1989. Fractal growth phenomena. World Scientific Publishing Co., Singapore.
- Wang D, Yang G, Li B, Li Z and Chen Y. 2002. Investigation of the chemico-physical characteristics of the active components in the Chinese herb *Gastrodia elata* Bl. by capillary zone electrophoresis. *Analytical Sciences* **18**: 409-412.
- Wang J, Liu Z, Fu X, Run M. A clinical observation on the hypoglycemic effect of Xinjiang buckwheat. Proceedings of the 5th International Symposium on Buckwheat, Aug. 20-26, 1992, Taiyuan, China, Pp 465-467
<http://www.krei.re.kr>