

칼집을 낸 현미의 수화 및 취반 특성

김재영 · 백승화^{1*}

식품의약품안전청 식품의약품안전평가원 식품위해평가부 화학물질과, ¹충북도립대학교 바이오식품생명과학과

Hydration and Cooking Properties of Brown Rice Scratched with a Knife

Jae-Young Kim and Seung-Hwa Baek^{1*}

Food Chemical Residues Division, Department of Food Safety Evaluation,
National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Korea Food and Drug Administration
¹Department of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University

Abstract In order to improve the physical properties of brown rice by hydration and cooking, the amount of water absorption, hardness, reducing sugar, and minerals were measured for rice (NR), brown rice (NBR), and scratched brown rice (SBR). The amounts of water absorption were present in the order of NBR<0.07 SBR<0.20 SBR=NR after 210 min. The moisture contents of gelatinization rice were significantly different by degree of milling and scratch. The hardness of gelatinization rice were present in the order of NR<0.20 SBR<0.07 SBR<NBR. The reducing sugars of gelatinization rice were increased by 3.28, 1.71, 2.09, and 2.23 times for NR, NBR, 0.07 SBR, and 0.20 SBR, respectively, as compared with the non-reaction sample after 6 hours. The minerals of rice before and after cooking were significantly different between NR and NBR. In conclusion, SBR is evenly prepared in the merit of NR and NBR, and the most appropriate level is 0.20 SBR.

Keywords: scratched brown rice, hydration, cooking properties

서 론

세계 3대 작물의 하나인 쌀은 우리나라를 비롯해 아시아 여러 국가에서 주식으로 사용하며, 농업 생산량의 약 40%를 차지하는 중요한 작물이다(1,4). 이러한 쌀은 벼의 도정도에 따라 현미, 7분 도미 및 백미라 불리며(5), 우리나라 쌀 유통량의 약 75% 이상이 주식인 밥을 짓는데 사용되고 있다(6). 국내의 쌀 생산량은 2009년 기준으로 약 4,844 천톤이며 수입량은 약 257 천톤이다. 반면, 국내 총 수요량은 4,794 천톤으로써 주로 주식용으로 약 3,683천톤, 이외 가공용, 대북지원, 종자용, 수출용 등에 사용되어 지고 있다(6). 이와 같이 우리 식생활에 비중이 제일 큰 쌀의 자급율은 101.1% 수준까지 왔으나 자급율의 간접적인 증가 원인이 식생활의 서구화로 인한 쌀의 소비 감소 현상이 주요 문제로 대두되고 있어(7) 쌀의 소비 촉진 방안을 모색해야하는 실정이다. 따라서 쌀의 소비를 촉진하기 위해서 쌀을 단순한 주식용이 아닌 가공용으로서도 수요 증대해야 하며 현미 등과 같이 영양적으로 우수한 쌀에 대해서도 소비자들에게 인식시키는 일이 필요하다.

현미는 벼의 왕겨층만을 제거한 것으로 과피(pericarp), 종피(seedcoat) 및 호분층(aleurone layer)으로 구성되어 있으며, 상세하

게는 미강(5-6%)과 배(2-3%) 및 배유(92%)로 구성되어 있다(8,9). 또한, 현미는 백미에 비해 포화지방산은 적고 불포화지방산이 많으며(10), 식이섬유의 중요 공급원으로 백미보다 2배 정도를 공급한다(11). 이외에 양질의 식물성 단백질을 비롯한 지방, 칼슘, 인, 나트륨, 철분 등의 무기질, 비타민 B, E, 니코틴산, 엽산, 판토탄산 등의 비타민류 및 필수아미노산의 영양소가 다량 함유되어 있어(2,8,10-12), 가공식품이 범람하는 현대 사회에서의 웰빙 식품으로서 가치가 높다. 하지만 현미는 외피가 두껍고 질긴 쌀겨층 및 지질함유가 수분의 침투를 어렵게 하고 수침 및 취반 시간을 길어지게 하는 단점이 존재하여 현대 생활의 식단으로서는 적절하지 못한 것으로 알려져 있다(8,10,13). 또한, 취반된 현미는 조직감과 식미가 7분 도미 및 백미보다 떨어지며, 쌀알의 물성이 딱딱하고 이질감이 존재하여 식감을 저하시키고, 이를 해결하기 위해서는 충분한 저작이 필요한 실정이다.

이러한 현미의 단점을 개선하기 위한 방법으로서, 그 가공법의 연구와 개발이 진행되었는데, Kim 등(14)은 과피층을 선택적으로 제거하여 현미의 이화학 특성과 현미밥의 식감을 개선하였고, 발아에 의한 현미를 가공함으로써 식감을 개선한바 있으며(15,16), 현미의 호화 특성에 적합한 침지 및 취반 조건을 연구하여 일반 현미밥과의 차이를 검증한 연구가 진행된 바 있다(17). 또한, 이외에 현미의 이화학적 특성 및 생리기능성 물질을 연구함으로써 기능성이 높은 현미 가공법을 개발한 바 있다(2,4,18-20). 그러나 이러한 현미의 가공법들은 제조 공정에 있어 비교적 긴 시간이 소요되고, 절차가 길어 비교적 가공 비용이 높게 책정되고 있다.

따라서 본 연구는 현미의 취반 시 단점으로 알려져 있는 물리적 특성을 개선하기 위하여 가공 과정이 간단하고, 비교적 가공 비용을 절감하여 최대 효율을 높이기 위한 방법으로써 현미에 칼

*Corresponding author: Seung-Hwa Baek, Department of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University, Okcheon, Chungbuk 373-806, Korea
Tel: 82-43-730-6381
Fax: 82-43-731-8337
E-mail: jinho@cpu.ac.kr
Received September 6, 2012; revised October 11, 2012;
accepted October 12, 2012

날로 일정 깊이 흡집을 낸 칼집 현미와 일반 현미 및 백미의 이화학적 특성을 비교하였고, 수분 흡수 특성, 취반 전후의 무기질 함량 변화, 취반 시 밥알의 물성 차이 및 당화 특성을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재료

시료는 일반 현미(NBR, Normal brown rice) 및 일반 백미(NR, Normal rice)와 선행 연구에서 수분 흡수 증가 및 물리적 변화의 감소 효과가 있다고 밝혀진 칼집 현미(SBR, Screched brown rice)를 0.07 및 0.20 mm 수준으로 흡집을 내어 사용하였다(21). 이상과 같은 시료들은 전북에 소재하는 농업법인 황금미가(유)(Iksan, Korea)에서 가공된 제품을 제공받아 사용하였다.

칼집 깊이에 따른 현미의 수분 흡수 특성

수분 흡수 특성은 NBR, SBR 및 NR을 각각 20 g씩 칭량하여 100 mL mass cylinder에 증류수와 함께 표선까지 채워 넣고 210 분 동안 침지시킨 후 30분 간격으로 무게, 부피 및 수분 증가량을 측정하였다. 측정된 결과는 기본 시료의 무게, 부피 및 수분 함량 값을 고려하여 변화량을 산출하였다. 무게 및 수분함량의 측정은 시료 표면의 수분을 충분히 제거한 후 무게는 Digital balance (XT 220A, Precisa, Dietikon, Switzerland)로 칭량하였고, 수분함량은 AOAC법(22)에 준하여 상압가열건조법으로 측정하였다.

호화 전후 무기물 함량

호화미의 조제는 시료 200 g을 취하여 증류수 250 mL를 가한 후 전기밥솥(LJ-MC0605LM, Lihome, Cheonan, Korea)을 이용해 밥을 지었다. 무기물 함량은 습식분해법(23)을 이용하여 분석하였다. 즉, 취반 전후 시료는 수분함량을 고려하여 동등한 수준으로 각각 일정량 취한 후 HNO₃과 H₂SO₄(1:1, v/v) 혼합액 20 mL를 가하여 hot plate 상에서 수분 간격으로 등온한 후 150°C로 유지시켜 분해액의 색이 미색 또는 투명해지면 분해를 종료하였다. 이 분해액을 냉수로 방냉한 후 HCl(>35.7%) 2 mL를 가하여 미분해된 시료를 완전 분해시켰다. 이 액에 30 mL의 증류수를 가하여 hot plate 상에서 약 30분간 재가열한 후 냉수로 방냉시키고 100 mL로 정용하여 여과한 액을 원자흡광분광광도계(Spectra AA-220FS, Varian, Mulgrave, VIC, Australia)로 분석하였다. 분석에 사용한 표준물질은 1,000 ppm 농도의 Ca, Na, Mg, K, Fe, Mn, Cu 및 Zn 표준용액(Wako chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 이들 표준물질을 여러 농도로 희석하여 측정된 흡광도 값으로 표준 검량선을 작성하여 정량하였다.

호화 현미의 경도

밥알의 경도 분석에 사용된 시료는 쌀알 200 g에 증류수 250 mL를 가한 후 전기밥솥(LJ-MC0605LM, Lihome, Cheonan, Korea)으로 호화시킨 밥알을 사용하였으며, 분석은 Texture analyzer(Compac-100II, Sun scientific, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

환원당 함량

밥알의 가수분해 정도는 전기밥솥(LJ-MC0605LM, Lihome, Cheonan, Korea)으로 지은 밥에 엿기름 추출액(이하 조효소액이라 칭함)을 넣어 효소 반응을 시킨 후 경시적으로 생성된 환원당 양을 분석하였다. 조효소액의 조제는 시중에 판매하는 엿기름(Hyunchoon food, Wanju, Korea)과 증류수를 1:9(w/v) 비율로 혼

합하여 상온에서 유리막대로 20분간 희석한 후 체(270 mesh, 53 μm)에 통과시켰다. 이어 통과시킨 액에 존재하는 미세한 전분입자를 제거하기 위해 25°C 및 10,000 rpm 조건에서 15분간 원심 분리한 후 얻어진 상등액을 조효소액으로 사용하였다.

조효소액의 작용으로 밥알이 분해되어 생성되는 환원당 함량은 Miller의 변법(24)을 이용하여 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 조효소액 100 mL를 가한 후 0, 2, 4 및 6시간 동안 침지시켜 얻어진 용액 5 mL를 시험관에 신속하게 취한 후 끓는 물에 10분간 담그어 효소반응을 정지시켰다. 이 용액 3 mL에 DNS(Dinitrosalicylic acid, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액 3 mL를 가하여 voltex mixer로 균질화한 후 끓는 물에 넣어 정확히 5분간 반응시킨 후 Rochelle salt 용액 1 mL를 가하여 반응이 안정되면 냉수로 방냉 한 후 분광광도계(V-560, JASCO, Tokyo, Japan)로 640 nm에서 흡광도를 측정하였다. 또한, maltose(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 사용하여 농도 별로 측정된 흡광도 값으로 표준 검량선을 작성하여 환원당을 정량하였다.

통계처리

분석 항목에 대한 실험은 3회 반복하였고, 얻은 결과들은 Excel software를 사용하여 평균, 표준 오차 및 그래프를 작성하였다. 또한 측정된 데이터들 간의 유의성을 분석하기 위하여 One way ANOVA와 Duncan's multiple test를 $p < 0.05$ 수준에서 수행하였다.

결과 및 고찰

칼집 깊이에 따른 현미의 수분 흡수 특성

칼집 깊이를 달리한 SBR과 NBR 및 NR의 수침 시간별 수분 흡수량, 무게 및 부피 변화는 Fig. 1과 같다. 침지한 쌀의 종류별 수분 흡수량은 수침 150분까지 NR>0.20 SBR=0.07 SBR>NBR 순으로 유지되었고, 수침 180분이 지나면서 NR, 0.07 SBR 및 0.20 SBR의 수분 흡수량이 각각 10.99, 10.62 및 10.69%로 NBR 9.26%와 차이가 나타나는 경향이 있었다($p < 0.05$). 이어 수침 210분이 지남에 따라 NR=0.20 SBR=0.07 SBR>NBR 순으로 NR과 0.07 및 0.20 SBR이 유사한 수분 흡수량을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 현미에 일정 깊이 칼집을 낸 효과로써 현미의 취반 시 문제점인 수분의 침투에 용이하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 한편 NBR의 경우, 수분 흡수량의 변화가 SBR 및 NR 보다 낮은 경향을 나타내었는데 이는 현미의 겨층에 함유된 소수성 물질이 수분 침투를 억제하여 백미 및 칼집을 낸 현미보다 수분 침투가 더디게 일어난 결과로 판단된다(21). 한편, Mariotti 등(25)은 현미의 수분 침투가 겨층으로 인해 백미보다 상대적으로 적게 일어난다고 하였으며, Chung 등(26)은 현미가 왕겨만 제거된 채로 표피층이 존재함으로 백미보다 수화 시간이 더 소요된다고 보고한 바 있어, 본 연구도 이와 유사한 결과인 것으로 추측된다.

침지한 시료의 무게 증가량은 수침 60분까지 NBR과 SBR은 일정한 증가량을 보인 반면, NR의 경우 수분 흡수가 급격하게 진행되면서 침지 전의 시료보다 3.74 g이 증가하였다. 이러한 결과는 Kunze와 Choudhury(27)가 현미 및 백미의 초기 수분 흡수력이 백미에서 2배 이상 빠르다고 한 결과에서 그 원인을 찾을 수 있었다. 한편, 수침 60분이 지나면서 NR의 경우는 무게 변화가 둔화되는 경향이 있었다. 수침 90분 경과 후 무게 변화는 0.20 SBR이 수침 60분보다 0.76 g이 더 증가하여 수분 침투력이 높은 것으로 확인되었고, 0.07 SBR과 NBR보다 0.13 및 0.77 g이 더 증가하였다. NR의 무게 변화는 60분 후부터 둔화되는 경향을 보

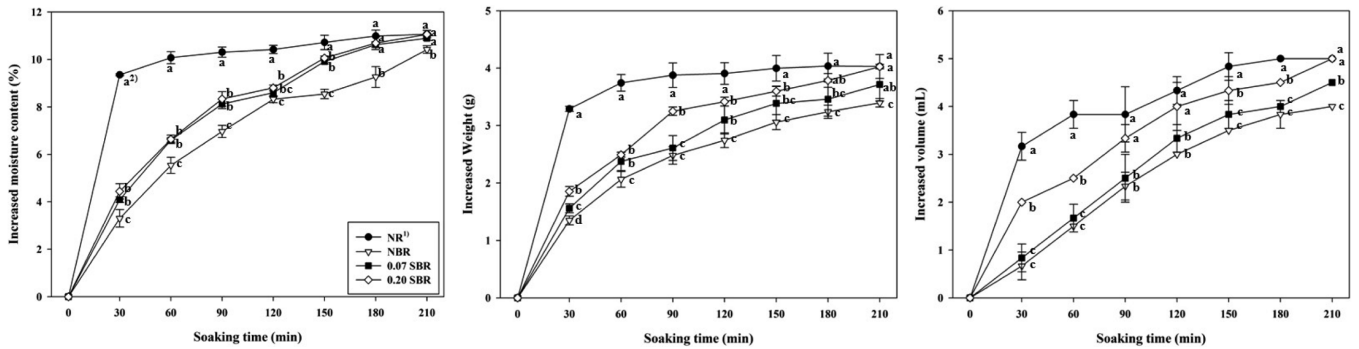


Fig. 1. Changes of increased moisture content, weight and volume in four type rice after soaking with water at room temperature. ¹⁾NR: Normal rice (Milled rice), NBR: Normal brown rice, 0.07 SBR: 0.07 mm brown rice scratched with a knife, 0.20 SBR: 0.20 mm brown rice scratched with a knife, ²⁾a-d : Means with the same letter superscript in histogram's are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

이는데 반해 NBR 및 SBR의 경우 지속적인 증가 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 현미의 외피 층에 의한 수분 침투 지연 결과로 판단된다. 현미의 외피 층인 겨층은 과피, 종피 및 호분층으로 구성되어 있어 물에 수침하는 경우 과피 및 호분층을 통해 물이 흡수된다. 따라서 이러한 겨층의 세포벽이 물 흡수의 장벽으로 작용한 결과로 판단된다(28). 한편, 쌀을 수침하는 경우 초기에 최대 수분 흡수량의 70-80%가 급격하게 진행되고, 그 이후에는 완만한 속도로 흡수되면서 평형 상태에 이른다(29,30). 따라서 NR의 경우 평형 상태에 이르는데 소요되는 시간이 60분이었고, NBR 및 SBR의 경우 평형 상태에 이르는데 소요되는 시간이 210분 이후 인 것으로 추정된다.

수침 종료 시점인 수침 210분의 결과는 수침 180분 후에 비하여 NR의 물의 흡수가 적어 무게 증가는 미약하였던 것에 반하여 0.20 SBR의 경우는 수분의 흡수가 더 진행되어 무게 증가량이 비슷한 결과를 나타내었다. 이는 현미에 0.20 mm 깊이로 칼집을 냄에 따라 침지 수가 현미 배유 부분의 접촉 면적의 확대에 의하여 물의 흡수량이 증가되어 무게의 증가 수준이 백미에 근접한 결과로 볼 수 있어, 현미에 칼집을 내는 일은 수분의 흡수를 방해하는 미강층 제거 및 쌀알을 좁게 굽어내기 때문에 수분의 흡수가 용이하게 이루어진 결과로 판단된다. 또한, NBR과 칼집 깊이가 더 낮은 0.07 SBR과 비교함에 있어 중량 차이가 뚜렷하였다.

침지한 쌀의 종류별 부피 증가량은 수침 60분까지 NR의 경우 뚜렷한 부피 증가를 보이며, 수침 180분에는 평형상태에 이르렀고, 0.20 SBR은 수침 210분까지 일정한 부피 증가 경향을 보여 수침 210분에 NR과 동일한 부피 증가를 나타내었다. 이에 반해, NBR과 0.07 SBR은 수침 90분까지 부피의 증가가 유사하였으나 120분이 경과하면서 0.07 SBR이 NBR보다 0.33 mL 더 증가되었다. 따라서 부피 증가 경향은 NR과 0.20 SBR의 경우, 수분 흡수량 및 무게 증가량이 유사한 수준이지만 0.07 SBR의 경우 NBR보다 수분의 흡수량이 약간 증가되나 차이가 적어 현미의 수분 흡수가 더딘 단점을 개선 할 수 있는 방법으로 칼집을 낸 SBR이 효과적인 대안으로 생각되었다. 또한, 수분 흡수량을 최대로 증가시킬 수 있는 칼집의 깊이는 0.20 mm 수준으로 확인되었다.

이와 같이 수분의 침투는 백미가 현미보다 뛰어난 것으로 알려져 있지만, 현미에 칼집을 냄으로써 외피 층에 쌓여있던 배유 부분이 침지수와 직접 접촉하여 수분의 흡수 및 확산 현상이 쉽게 진행되어 수분의 보유력이 증가 할 수 있는 조건이 된다. 따라서 수분 흡수량이 증대됨에 따라 현미의 무게 및 부피 등이 증가되어 호화 현미의 경도가 저하되는 취반에 적절한 조건으로 변

Table 1. Moisture content and hardness of gelatinization rices

Type ¹⁾	Moisture content (%)	Hardness (kg/cm ³)
NR	51.14±0.70 ^{a2)}	13.18±2.98 ^d
NBR	38.36±0.04 ^d	34.48±5.41 ^a
0.07 SBR	42.53±0.13 ^c	23.31±4.60 ^b
0.20 SBR	44.93±0.17 ^b	18.54±3.96 ^c

¹⁾See footnote Fig. 1., ²⁾a-d: Means with the same letter superscript in column's are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

화되는 것으로 생각된다. 이와 같은 결과를 종합하면 칼집 깊이가 큰 0.20 SBR 수준에서 더욱 향상됨을 알 수 있다. 이로써, 취반 시 문제가 되었던 현미의 수분 흡수력이 낮은 단점을 칼집을 냄으로써 해결 할 수 있을 것으로 생각된다.

호화된 칼집 현미의 수분 및 경도 변화

호화시킨 NBR, SBR 및 NR 낱알의 수분함량 및 경도를 측정 한 결과는 Table 1, 그리고 수분함량과 경도간의 상관관계는 Fig. 2와 같다. 호화미의 수분함량은 NR이 51.14%, 0.07 SBR이 42.53%, 0.20 SBR이 44.93%, NBR이 38.36%로 도정도 및 칼집 깊이에 따라 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 호화된 백미의 저작감과 물성은 일반적으로 수분 침투성이 높기 때문에 부드러운 씹힘성과 길 표면의 조직감이 부드러웠다. 그러나 현미는 반대로 외피의 영향에 의해 수분 흡수량이 낮아 저작 시 거친감과 표면의 딱딱함을 느낄 수 있다. 이와 같은 특성을 보았을 때 칼집을 낸 현미에도 거친감과 딱딱함이 존재할 것으로 예상되었으나 호화 현미 밥알의 표면을 손가락으로 눌러보았을 때 외피 층의 딱딱함이 감소되었고, 저작 시 백미와 유사한 부드러움을 느낄 수 있었다. 이는 칼집을 낸 부분을 통해 수분이 쉽게 배유에 흡수됨에 따라 취반 시 열전달이 균일하게 이루어져 호화된 칼집 현미는 일반 현미보다 조직감이 부드럽고 유연함이 증대되는 것으로 판단된다. 따라서 이러한 호화 직후 칼집 현미의 경도를 측정 한 결과, 경도는 NR < 0.20 SBR < 0.07 SBR < NBR 순으로 높아짐을 확인하였다($p < 0.05$). 밥의 취반 적성은 쌀 품종, 취반량, 취반기기의 종류, 가열량, 열전달 매체의 종류 등에 따라 달라지며 호화 양상은 물론이고 전분의 이화학적 특성이 달라진다(31,32). 따라서 현미의 외피 층에 칼집을 내면 물리적 특성이 변화하여 취반 시 호화에 영향을 끼치기 때문에 밥알의 물성 가운데 경도를 저하시켜 씹힘성이 개선되는 것으로 생각된다. 한편, 곡류는 저장

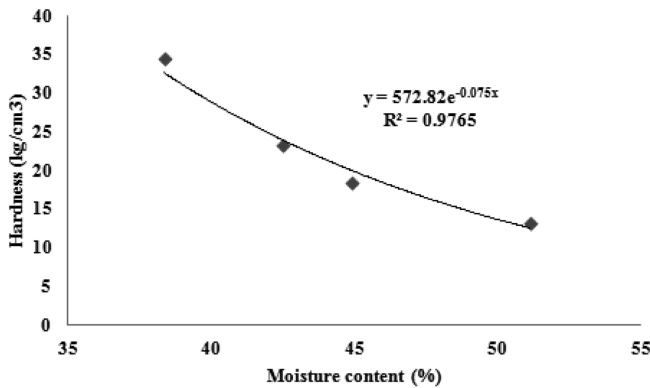


Fig. 2. Relationship between hardness and moisture content in the gelatinization rice.

환경의 가스 조성, 물리적인 손상 및 곡립 내부 요인과 온도, 습도 및 수분함량 등의 요인에 의해 영향을 받는다(33). 따라서 본 연구에서 사용한 칼집 현미는 미세한 수분이지만 외피에 물리적인 손상이 가해졌기 때문에 저장 기간 중의 이화학적 변화 결과가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

이와 같이 호화미의 수분함량과 경도는 도정 정도와 칼집 깊이에 따라 유형별로 현저한 차이가 인정되었다($p < 0.05$). 한편, 수분함량은 도정도가 높은 NR에서 가장 높고 도정도가 낮은 NBR에서 가장 낮은 반면, 경도는 도정도가 낮은 NBR에서 가장 높고, 도정도가 높은 NR에서 가장 낮은 결과를 보였다. 이는 NR, SBR 및 NBR에 흡수되는 수분량의 차이가 호화에 영향을 끼치기 때문에 호화된 밥알들의 경도가 차이가 있었고, 쌀의 수분량이 증가할수록 경도가 저하되는 부의 상관관계를 인정할 수 있었다(Fig. 2, $p < 0.05$).

호화된 칼집 현미의 환원당

NR, NBR 및 SBR을 호화시킨 밥알의 가수분해 정도를 관찰하기 위하여 엿기름 추출액(조효소액)으로 침지 후 일정시간 반응시킨 후 생성된 환원당 함량을 비교한 결과는 Fig. 3과 같다.

호화된 밥알의 효소 반응 전 환원당 함량은 2.084-2.188%로 유의적인 차이가 없었다. 그러나 2시간 효소반응 후 환원당 함량은 NBR < 0.07 SBR < 0.20 SBR < NR 순으로 쌀의 종류별로 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 4시간 효소반응 후에는 NBR, 0.07 SBR 및 0.20 SBR의 경우, 반응 전 함량보다 각각 0.426, 0.661 및 0.793% 소폭 증가하는 경향이 있었지만, NR의 경우는 급격하게 증가하여 1.912% 수준으로 NBR < 0.07 SBR = 0.20 SBR < NR 순의 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 효소 반응 종료 시점인 6시간 경과 후 가수분해 정도가 호화된 모든 밥알에서 급격하게 증가하였으며, 그 증가량은 침지 전 시료와 비교하여 각각 3.28(NR), 1.71(NBR), 2.09(0.07 SBR) 및 2.23배(0.20 SBR) 증가하여 NBR < 0.07 SBR < 0.20 SBR < NR 순으로 유의성이 인정되었다($p < 0.05$).

현미는 벼에서 왕겨층을 제거한 상태로 쌀겨 층이 외피에 존재하는데, 외피는 두껍고 질기면서 소수성 물질을 함유하고 있다. 따라서 현미에 존재하는 호화 성분은 조효소액의 침투 및 반응이 어렵기 때문에 가수분해가 서서히 일어난다. 이에 반해, 백미는 쌀겨층 즉, 외피를 도정하여 배유만을 얻기 때문에 가수분해에 용이한 조건을 갖추고 있다(13). 따라서 조효소액이 호화 전분의 표면에 쉽게 접촉하고 또 밥알 속으로 침투되어 효소 반응이 쉽게 진행됨을 Fig. 3의 환원당 생성량으로 알 수 있다. 이처럼 현미는 백미보다 낮은 수분 흡수량으로 인하여 효소 반응이

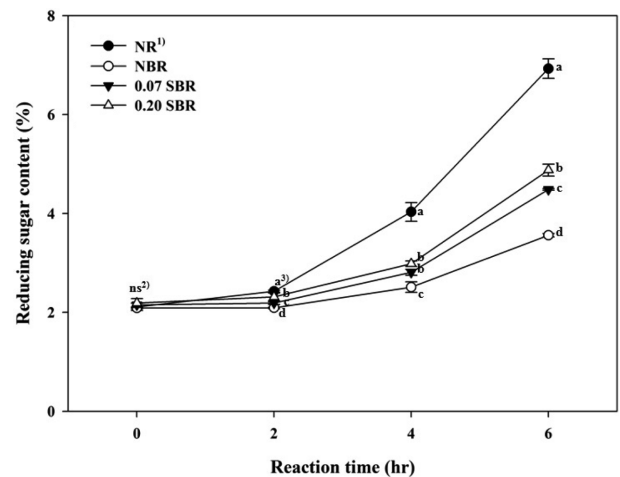


Fig. 3. Changes of reducing sugar content formative from action of crude enzyme on gelatinization rices. ¹⁾See footnote Fig. 1., ²⁾ns: not significant, ³⁾a-d: Means with the same letter superscript in histogram's are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

지연되기 때문에 이를 보완하는 방법으로서 수분의 흡수량을 높이기 위하여 현미에 일정 깊이로 칼집을 내어주면 수분의 흡수량이 증가된 결과로 호화가 잘 이루어져 효소 반응을 촉진시킴으로써 환원당의 생성량이 백미의 호화 밥알 수준에 근접한 수준이 된 것으로 생각된다.

칼집 현미의 무기물 함량

취반 전 후 NR, NBR 및 SBR의 무기물 함량을 비교 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 취반 전·후의 NR, NBR 및 SBR의 무기질 함량은 Ca의 경우, 75.12-122.85·37.13-82.46 mg/kg, Na는 61.60-71.01·44.82-51.75 mg/kg, Mg은 209.48-845.82·134.06-588.73 mg/kg, K은 908.26-2500.398·524.98-1716.30 mg/kg, Fe은 25.00-32.13·25.71-32.44 mg/kg, Mn은 6.76-19.92·4.03-13.15 mg/kg, Cu는 5.28-6.65·4.73-5.65 mg/kg, Zn은 15.73-20.26·10.53-16.16 mg/kg 수준이었다. 이들 무기질의 함량은 모두 취반 전에 비해 취반 후 감소하는 경향을 볼 수 있는데 이러한 원인은 취반을 위하여 쌀을 씻는 과정에서 유실이 된 것으로 생각된다. 한편, Choe 등(34)이 백미 및 현미의 무기질 함량을 분석한 결과와 비교하면 Ca, K 및 Zn은 취반 전 상태의 결과와 유사한 경향이었고, Fe 및 Mg은 약간 높은 결과이었다. 그러나 본 연구에 사용한 NR, SBR 및 NBR의 호화된 밥알의 무기질 함량은 모두 낮아져 차이가 있었다. 또한, 기존에 보고된 현미 및 백미의 무기질 함량 수준 안에 있음을 확인하였다(35-40).

시료 별 함량 차이는 Ca, Mg, K, Fe, Cu 및 Zn의 경우, 취반 전 함량이 NR < 0.20 SBR = 0.07 SBR = NBR 순이었으며, 취반 후에도 NR < 0.20 SBR = 0.07 SBR = NBR 순으로 나타나 취반과 무관하게 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 또한, Na 및 Mn은 취반 전에 각각 NR = 0.20 SBR < 0.07 SBR = NBR, NR < 0.20 SBR = 0.07 SBR < NBR 순이었고, 취반 후에 각각 NR < 0.20 SBR = 0.07 SBR = NBR, NR < 0.20 SBR < 0.07 SBR = NBR 순으로 차이가 있었지만 백미군과 현미군 간 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 한편, 백미는 벼를 도정하여 생산하기 때문에 현미보다 여러 가지 필수 미량 영양소가 적은 것으로 알려져 있다(41). 하지만 칼집을 낸 현미의 경우, 수화 능력, 밥알의 경도 및 가수분해 정도가 백미와 유사한 수준으로 향상되는 한편 영양 성분으로서 필수적인 무기질

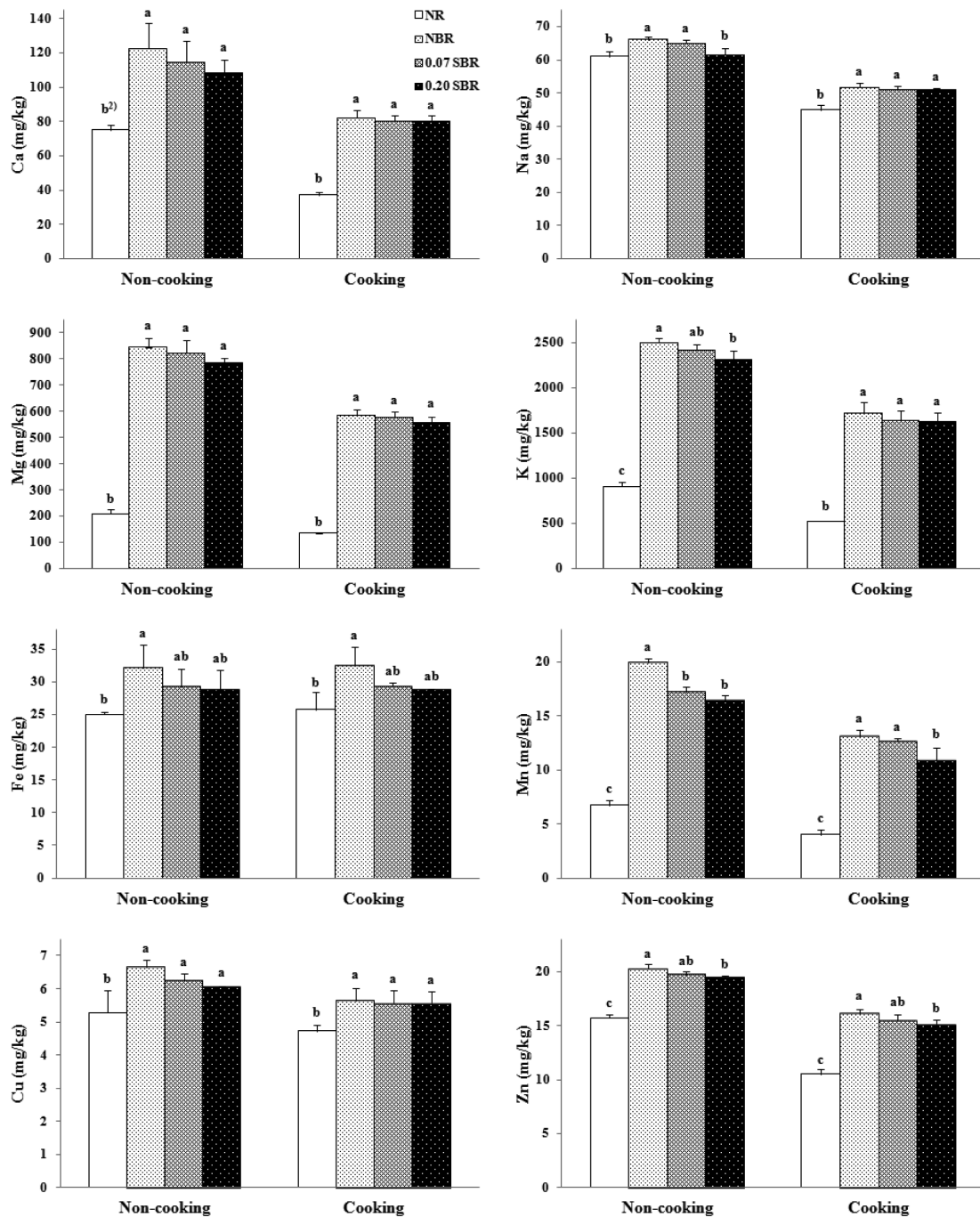


Fig. 4. Changes of mineral content of before and after the rice cooking. ¹⁾See footnote Fig. 1., ²⁾a-d: Means with the same letter superscript in histogram's are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

함량은 현미와 유사 수준으로 확인되었다. 또한 칼집 수준에 있어 무기질은 0.20 mm 수준보다 0.07 mm 수준이 현미와 근사하였지만 그 차이는 미세하였고 수화 능력, 가수분해 정도 및 경도 변화에서 백미의 수준과 근사치에 있는 수준이 0.20 mm 칼집 현미인 점을 보았을 때 적당한 칼집 깊이는 0.20 mm 수준이 적합하며, 그 이상 깊이도 가능 할 것으로 생각된다. 따라서 칼집 현미는 현미의 취반 시 단점을 보완할 뿐 아니라 영양 성분을 고루 갖출 수 있는 장점을 가지고 있어 웰빙이 추구되는 현대 식단에 적합한 대안으로 사료된다.

요 약

본 연구는 현미의 취반 시 물리적 특성을 개선하기 위하여 칼날로 일정 깊이 홈집을 낸 현미(0.07 및 0.20 mm SBR)와 일반 현미(NBR) 및 백미(NR)의 수분 흡수 특성, 취반 전 후의 무기질 함량, 취반 시 밥알의 물성 차이 및 엿기름에 의한 가수분해 정도를 측정하였다. 수침에 따른 수분함량, 부피 및 무게 증가량은 수침 210분이 지남에 따라 $NBR < 0.07 \text{ SBR} < 0.20 \text{ SBR} = NR$ 순으로 NR과 0.20 SBR이 유사한 수준을 나타내었다. 호화에 따른 쌀

의 수분함량은 NR이 51.14%, 0.07 SBR이 42.53%, 0.20 SBR이 44.93%, NBR이 38.36%로 도정도 및 칼집 수준에 따라 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 호화에 따른 쌀의 경도 변화는 NR < 0.20 SBR < 0.07 SBR < NBR 순의 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 호화미의 가수분해 정도는 효소 반응 전과 비교하여 반응 6시간 후에 각각 3.28(NR), 1.71(NBR), 2.09(0.07 SBR) 및 2.23배(0.20 SBR) 증가하여 NBR < 0.07 SBR < 0.20 SBR < NR 순이었다. 취반 전 후 무기질 함량은 백미와 현미군 사이에 차이가 뚜렷하였다. 이상의 결과를 종합하면 칼집 현미는 현미의 취반 시 단점을 보완할 뿐 아니라 영양 성분의 유실을 적게 하는 장점이 있어 현미 칼집 깊이의 적합한 수준이 0.20 mm 임을 확인하였다.

문 헌

- Chung HS, Shin JC. Characterization of antioxidant alkaloids and phenolic acids from anthocyanin-pigmented rice (*Oryza sativa* cv. *Heuginjubyeo*). *Food Chem.* 104: 1670-1677 (2007)
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936 (2004)
- Woo SM, Kim TY, Yeo SH, Kim SB, Kim JS, Kim MH, Jeong YJ. Quality characteristics of alcohol fermentation broth and by-product of brown rice varieties. *Korean J. Food Preserv.* 14: 557-563 (2007)
- Jung HY, Lee DH, Baek HY, Lee YS. Pre- and post-germination changes in pharmaceutical compounds of germinated brown rice. *Korean J. Crop Sci.* 53: 37-43 (2008)
- Eun JB, Jin TY, Wang MH. The effect of waxy glutinous rice degree of milling on the quality of *Jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 546-551 (2007)
- MIFAFF. Major Statistics of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Gwacheon, Korea. pp. 266-280 (2011)
- Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun AR, Hong HC, Lee JS, Kim YK. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the 70% ethanol extracts from brown and milled rice by cultivar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 467-473 (2010)
- Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD, Park HJ. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J. Food preserv.* 11: 182-188 (2004)
- Juliano BO, Bechtel DB. Rice chemistry and technology. The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. pp. 17-58 (1985)
- Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. Quality properties of cooked germinated brown rice. *Korean J. Food Preserv.* 12: 101-106 (2005)
- Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. Physicochemical properties of brown rice flours produced under different drying and milling conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 495-500 (2006)
- Han KH, Oh JC, Ryu CH. A study on the optimization for preparation conditions of germinated brown rice gruel. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1735-1741 (2004)
- Ko JA, Kim KO, Park HJ. Effects of molecular weight and chitosan concentration on GABA (γ -aminobutyric acid) contents of germinated brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 688-692 (2010)
- Kim HW, Oh SK, Kim DJ, Yoon MR, Lee JH, Choi IS, Kim YG, Cha KN. Changes in contents of nutritional components and eating quality of brown rice by pericarp milling. *Korean J. Crop Sci.* 57: 35-40 (2012)
- Mo KH, Choi YM, Choi SG, Lee JS. The change of some compounds in brown rice germinated by filtrate of loess suspension. *J. Agric. Life Sci.* 40: 41-48 (2006)
- Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, Kim YG. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 300-305 (2012)
- Park JW, Chae SH, Yoon S. The effects of steeping and cooking pressure on qualities of cooked brown rice. *Korean J. Food Culture* 24: 69-76 (2009)
- Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun AR, Choi IS, Lee DH, Lee JS, Yu KW, Kim YK. The change in biological activities of brown rice and germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 781-789 (2011)
- Kang YM, Kim SY, Koh HJ, Ghin JH, Nam SH. Antioxidative activity of germinated specialty rices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 624-630 (2004)
- Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Kim DJ, Lee DH, Choi IS, Lee JS, Kim IH, Lee JS. Physicochemical properties of germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 963-969 (2012)
- Baek SH, Kim JY, Lee SU, Heo JW, Lee YI, Lim HB, Shin JS, Han SS, Kim JM, Kim SJ. Change of hardness and properties of water absorption by soaking time of scratched-brown rice. *J. Life Sci. Nat. Res.* 32: 61-70 (2009)
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC. 16th ed. Method 925.09. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. (1995)
- NIAS. Method of Soil and Plant Analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea. pp. 135-136 (2000)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *J. Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
- Mariotti M, Sinelli N, Catenacci F, Pagani MA, Lucisano M. Retrogradation behaviour of milled and brown rice pastes during aging. *J. Cereal Sci.* 49: 171-177 (2009)
- Chung NY, Choi SS, Choi SN. Effect of charcoal packaging materials on the physicochemical properties of white, brown and black rice during storage. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 20: 553-560 (2004)
- Kunze OR, Choudhury MSU. Moisture absorption related to tensile strength of rice. *Cereal Chem.* 49: 684-696 (1972)
- Lee SJ, Kim SK. Bran structure and water uptake rate of Japonica and Tongil-type brown rices. *J. Appl. Biol. Chem.* 37: 94-99 (1994)
- Park HW, Woo KJ. The hydration properties and the cooking qualities of various brown rices. *Korean J. Soc. Food Sci.* 7: 25-40 (1991)
- Lee MK, Kim JO, Shin MS. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time and particle sizes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 268-275 (2004)
- Juliano BO, Onate LU, Mundo AM. Relation of starch composition protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol.-Chicago* 6: 116-121 (1965)
- Yoo KA, Kang MY. Studies of cooking quality with various functional rice. *Korean J. Food Culture* 20: 293-298 (2005)
- Burrell NJ. Refrigeration in storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p. 407 (1982)
- Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 885-892 (2002)
- Lee SG, Kim HH, Lee JC, Shin CW, Kim CY, Pyon JY, Lee JC. Yield and chemical component of grain as affected by transplanting dates in the colored rice varieties. *Korean J. Plant Res.* 12: 145-151 (1999)
- Antoine JMR, Hoo Fung LA, Grant CN, Dennis HT, Lalor GC. Dietary intake of minerals and trace elements in rice on the Jamaican market. *J. Food Compos. Anal.* 26: 111-121 (2012)
- Wang KM, Wu JG, Li G, Zhang DP, Yang ZW, Shi CH. Distribution of phytic acid and mineral elements in three *indica* rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *J. Cereal Sci.* 54: 116-121 (2011)
- Liang J, Han BZ, Nout MJR, Hamer RJ. Effect of soaking and phytase treatment on phytic acid, calcium, iron, and zinc in rice fractions. *Food Chem.* 115: 789-794 (2009)
- Lee MK, Kim YM, Park JS, Na HS. Nutritional characteristics of pigmented rice. *Korean J. Food Preserv.* 19: 235-242 (2012)
- Kim MS, Yang HR, Jeong YH. Mineral contents of brown and milled rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 443-446 (2004)
- Lee YT, Kim JK, Ha SH, Cho HS, Suh SC. Analyses of nutrient composition in genetically modified β -carotene biofortified rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 105-109 (2010)