

## 쌀겨 단백질 코팅에 의한 현미의 저장성 향상

김경미 · 장인숙 · 하상도<sup>1</sup> · 배동호\*

건국대학교 응용생물화학과, <sup>1</sup>중앙대학교 식품공학과

### Improved Storage Stability of Brown Rice by Coating with Rice Bran Protein

Kyung-Mi Kim, In-Suk Jang, Sang-Do Ha<sup>1</sup>, and Dong-Ho Bae\*

*Department of Applied Biology and Chemistry, Konkuk University*

*<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University*

Brown rice grains were coated by spraying aqueous protein solution extracted from rice bran using 10% ethanol, and dried at room temperature. Coating procedure was repeated 1-5 times to determine effect of repeated coating. Quality changes in coated brown rice grains were observed during 8 weeks storage. Most coated rice grains gave lower peroxide and acid values, which indicate antioxidative effects of coating. Lipase and lipoxigenase activities generally decreased in grains coated more than three times. Microscopic images of whole kernel and longitudinal section revealed cracking on all brown rice grains including control, and hydration rate constants were not significantly different among treated grains. Compared to non-coated brown rice grains, those coated more than three times, after 8 week storage, showed better quality retention observed in (meaning not clear) higher water-binding capacity, lower gel consistency decrease, less browning, and better textural properties in cooked rice, resulting in better sensory quality.

**Key words:** rice bran, coated brown rice, storage

### 서 론

쌀은 우리나라뿐만 아니라 동남아시아를 비롯한 세계 여러 나라의 주요한 식량자원이다. 쌀의 영양성분은 당질이 76%, 단백질이 6-8%, 지방이 1-2.5%이며 무기질과 비타민 B 복합체가 풍부하고(1), 쌀 단백질의 아미노산 분포에 있어서는 필수 아미노산인 라이신 함량이 다른 곡류에 비해 약 2배 정도 높다(2). 우리나라의 경우 쌀을 주식으로 이용하고 있으나 국민 소득의 증가와 식생활 환경의 변화, 여성의 사회진출 증가, 외식 산업 및 식품산업의 발전, 주거환경의 변화 등으로 우리의 식생활이 급격히 서구화 되면서 쌀의 소비가 계속해서 감소하는 추세에 있으며 최근 계속되는 풍작으로 인해 쌀의 생산량이 늘어 매년 쌀의 재고가 늘고 있는 실정이다. 쌀의 과잉재고에 따른 보관창고의 부족뿐 아니라 기존 창고의 노후와 관리 소홀로 인해 보관미의 변질 및 병충해에 대한 심각한 문제점이 발생하고 있다. 현재 우리나라에서는 쌀을 대부분 현미상태로 상온저장하고 있다. 정조 상태로의 저장이 미질 면에서 가장 효

과적이거나 취반용으로서의 저장한계는 3년으로 추정하고 있다(3). 쌀은 저장 중 물리화학적 변화로 노화가 시작되며(4), 이에 따라 취반미의 품질이 저하되고, 가공적성이 감소되어 식미, 영양가, 상업적 가치 등이 떨어지게 된다.

쌀의 노화는 지방, 단백질, 전분을 중심으로 그 기작이 제안되는데 특히 저장 중 지방질의 가수분해로 생산된 지방산이 아밀로스와 복합체를 형성하여 전분의 용해도와 팽윤력을 감소시키고, 더 나아가 불포화 지방산의 자동 산화에 의해 형성된 지질 산화물과 단백질과의 결합으로 단백질 용해도 또한 감소시킨다(5,6). 이러한 이유 때문에 쌀의 장기저장에 의해 유리 지방산과 과산화물가가 증가할 뿐 아니라 고미취의 주 성분이 카르보닐 화합물이 증가되는 것으로 알려져 있다(7).

따라서 저장 중 영양이나 식미의 변화를 막고 저장성을 높이기 위해서는 벼의 수분함량은 15% 이하, 저장고 내의 온도는 15°C 이하, 습도는 70% 전후, 공기 조성은 산소 5-7%, 탄산가스 3-5%로 유지시켜 주는 것이 바람직하다. 최근 들어 쌀의 품질저하를 방지하기 위하여 저온저장에 대한 관심이 증대되고 있으며 일본에서는 저온저장기가 유통되고 있다(8). 그러나 이러한 저온저장 시설의 설비가 일반화되어 있지 않는 형편이다.

특수 저장된 저온 저장미의 가격이 50% 이상의 가격차를 보일뿐만 아니라 대개 쌀 포장 후 판매장의 보관온도가 20-25°C 범위로 비교적 높은 온도에 방치되어 있어서 유통기간이 경과

\*Corresponding author: Dong-Ho Bae, Department of Applied Biology and Chemistry, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea  
Tel: 82-2-450-3756  
Fax: 82-2-456-7011  
E-mail: donghoya@konkuk.ac.kr

하면서 쌀의 품질이 저하된다. 특히, 지방함량이 백미는 1%, 현미의 경우는 2.5% 정도이고 그 중 불포화지방산이 75% 이상(1)으로 산소에 의한 자동산화의 영향을 받기가 쉽다. 따라서 곡물과 건과류 식품의 수분흡수 및 산화를 방지하기 위한 방법으로 최근 관심이 주목되고 있는 식이성 코팅제를 쌀에 직접 코팅함으로써 저장성 향상 효과를 기대할 수 있으리라 생각된다. 식이성 코팅제는 식품포장의 개봉 후 흡습, 탈습, 산소와의 접촉, 향기성분의 손실을 막아 식품의 품질을 유지하기 위한 목적으로 많은 연구가 수행(9-20)되고 있으며 식이성 혹은 생분해성 코팅 및 포장재는 일반포장재의 남용도 감소시킴으로써 환경보호에 큰 도움이 될 가능성도 제시된 바 있다.

미강은 현미를 백미로 도정하는 과정에서 필수적으로 수반되는 것으로 현재는 미곡종합처리장의 보급으로 대량 생산되고 있으나 그 중 20-30%는 미강유 제조에 쓰이고 나머지는 사료로 쓰이거나 농산물 폐기물로 처리되는 실정이다. 그러나, 미강에는 단백질이 12-16%, 식이섬유가 20-25%이며, 지방이 16-22% 함유되어 있어(21) 영양학적, 경제적으로 매우 가치가 높다. 최근에는 그 밖에도 여러 가지 인체에 유효한 미량성분들(22)과 다양한 생리적 기능(23-24)에 대한 연구가 활발한 실정이다. 또한 미강과 탈지강에서 단백질을 추출한 연구가 많이 수행되어 왔고(25-27), 미강 분리 단백질의 기능적 특성(28), 단백질 필름의 기계적 특성(29)에 대한 연구 보고도 있다. 그러나 실제로 미강 단백질을 추출하여 제조한 필름을 식품에 응용한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 가격이 저렴한 곡류 부산물의 하나인 쌀에 코팅함으로써 이취감을 가장 적게 줄 수 있는 미강 단백질을 코팅제로 이용하고자 한다.

일반적으로 우리나라는 쌀 가공 후 소비자에게 이르기까지의 유통기한은 일정한 기준 없이 30-60일 범위이며 대형 쌀 판매장 또는 농협 직판장에서의 쌀 보관기간은 매우 일정치 않으나, 평균 보관기간은 1-2개월 정도이고(8), 쌀 대형매장의 유통 환경온도는 평균 24-25°C 범위에서 유통되고 있다.

따라서 본 실험에서는 현미를 탈지강 단백질 코팅제로 코팅하여 탈지강 단백질 코팅쌀을 가공하고, 이를 상온에서 8주 동안 보관하면서 코팅쌀의 품질변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

코팅쌀의 원료인 현미를 시중에서 구입하여 냉장보관(4°C)하면서 사용하였다.

### 코팅쌀 제조

배 등(30)의 실험에서 탈지강 단백질 필름의 연구결과를 토대로 탈지강에 10% ethanol을 5배(w/v) 첨가하여 pH 8로 조절하면서 3시간 동안 추출 한 탈지강 단백질 추출액에 glycerol 2%(w/v)을 첨가하여 80°C까지 가열한 후, 상온에서 식혀 코팅제로 사용하였다. 현미를 거즈에 담아서 코팅제가 현미에 균일하게 코팅되게 적신 후 신속한 건조와 미립현상의 방지를 위해 초단파 가열기(MW-272BC, LG Co., Korea)에서 40초간 건조한 후 통풍이 잘 되는 용기에 담아 상온에서 자연 건조시켜 LDPE(저밀도폴리에틸렌)에 담아서 상온에서 8주간 저장하면서 품질의 변화를 고찰하였다. 코팅쌀의 코팅횟수는 1-5회로 하였다.

### 코팅쌀의 이화학적 특성 분석

코팅쌀의 저장기간 동안 무게, 색도, pH 변화를 측정하였다.

코팅쌀의 산패도 측정을 위해 Folch법(31)에 따라 지방을 추출하여 AOAC Official Method에 따라 과산화물가(32)와 산가(33)를 측정하였고, lipase 활성(34)과 lipoxygenase 활성(35)도 측정하였다.

코팅한 쌀의 표면구조의 변화를 주사전자현미경(Topcon-SM-300, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 건조시료를 ion coater에서 금으로 진공증착(100Å)시킨 다음, 전압 10 kV로 현미의 종실 표면, 종실의 종단표면을 각각 150배, 1,000배로 확대 촬영하였다.

김 등(36)의 방법에 따라 Beaker(37)의 확산 방정식을 이용하여 코팅쌀의 수화속도를 산출하였고 코팅쌀의 수분결합력의 변화는 Medcalf와 Gilles의 방법(38)으로 측정하였다. 코팅쌀의 호화 특성은 Bhattachary 등(39)의 방법을 수정하여 다음과 같이 실험하였다. 10% 쌀가루 현탁액을 1분간 교반하여 Viscograph PT 100(Brabender, Germany)를 이용하여 3.0°C부터 분당 3.0°C씩 상승시켜 95°C까지 가열하였다. 이 온도에서 10분간 유지시킨 다음 다시 분당 3.0°C씩 하강시켜 50°C까지 냉각시키면서 호화개시 온도, 최고점도(P), 95°C에서의 점도(H), 50°C로 냉각시의 점도(C)를 측정하여 breakdown은 P-H, setback은 C-P, total setback은 C-H에 의해 계산하였다.

### 취반 특성

각 시료 코팅쌀 100 g씩을 5배의 물로 3회 나누어서 수세하여 2배의 가수율을 적용하여 90분간 침지시킨 후 전기밥솥(SJ-104, Samsung Co., Korea)에서 취사 후 보온상태에서 15분간 뜸을 들였다. 취반된 밥을 가운데 부분의 밥만을 bowl(지름 23 cm, 높이 12 cm)에 옮겨 담은 후, 밥알이 손상되지 않도록 주의하여 커다란 포크로 5회 밥을 혼합한 후 5분간 냉각시켰다. 이러한 과정을 3회 반복한 후 쌀밥의 조직감과 관능검사용 시료로 사용하였다.

취반미의 조직감은 texture analyzer(TA plus, LF 1078, Lloyd Instruments, England)를 사용하여 쌀밥 12 g을 원통형 용기(지름 4 cm, 높이 3 cm)에 담아 성형한 후 꺼내어 plate 중앙에 높이가 평행이 되도록 놓고, texture profile analyzer로 경도(hardness), 탄력성(springness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 부착성(adhesiveness)을 측정하였다. 측정 조건은 지름 25 mm의 plunger를 사용하여 crosshead speed 100 mm/min와 60% compression으로 하였다. 모든 시료는 3회 반복 실험하여 평균값을 사용하였다.

취반미의 관능검사를 위해 흰색의 사기그릇에 약 50 g 정도의 밥을 담아서 밥의 온도가 60°C가 유지되도록 한 후 뚜껑을 닫아서 시료로 제시하였다. 쌀밥 시료의 관능검사 평가항목은 총 13가지로 9점 척도(1 = 대단히 낮음, 5 = 보통정도, 9 = 대단히 높음)를 사용하였다.

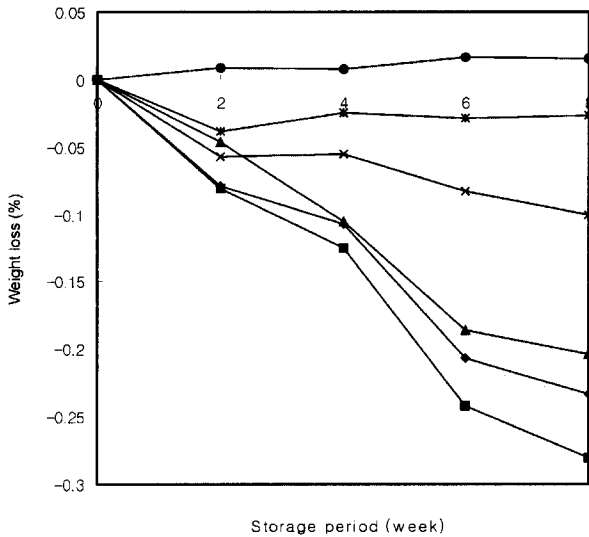
### 통계처리

통계분석은 SPSS program(SPSS 10.0, SPSS Institute, USA) (40)을 이용하여 평균, 표준편차, 표준오차 등을 구하였으며, 동일 집단군의 평균값에 대한 Duncan의 다중비교를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 코팅쌀 제조

실험에 사용된 현미의 수분함량은 12.6-13.4% 정도였으며, 코팅제로 사용된 탈지강 단백질 함량은 14.5%, 탈지강 분리 단백질 함량은 74.5%였다. 현미에 코팅된 탈지강 단백질 코팅제



**Fig. 1. Changes in weight losses of brown rices coated with rice bran protein during storages.**  
 -◆-: Control, -■-: 1 time, -▲-: 2 times, -×-: 3 times, -✱-: 4 times, -●-: 5 times.

의 미강 단백질 함량은 21.6 mg/mL로, 현미 100 g을 1회 코팅 시키는 데 소요된 미강 단백질은 1.54 g 정도였다. 또한 선행된 예비실험에서 탈지강 단백질 필름의 두께는 코팅제 20 mL로 필름을 제조하였을 때, 평균 0.1785 mm 정도였다.

한편, 코팅쌀의 이화학적 특성 조사를 위해서 코팅하지 않은 현미를 포함한 모든 시료는 동일한 조건에서 수세 후 표면의 수분을 제거한 후 사용하였다.

**코팅쌀의 중량감소율(%)**

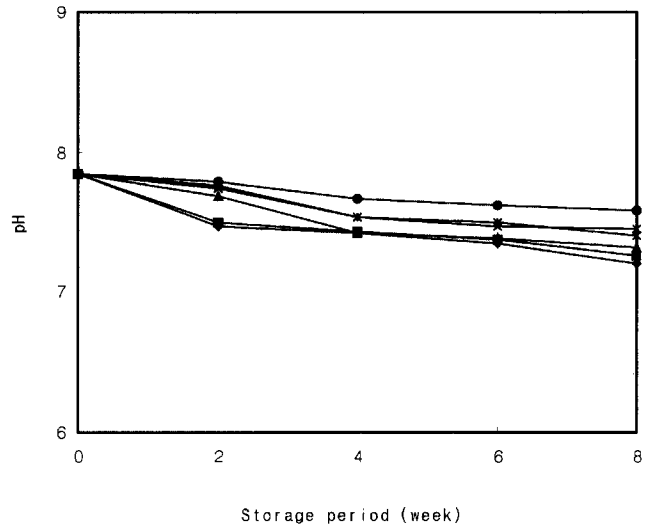
코팅쌀의 저장기간 동안의 중량감소 변화를 측정한 결과 Fig. 1과 같이 5회 코팅한 쌀은 저장기간 동안 중량 감소가 거의 일어나지 않았다. 한편, 저장 8주 후 중량 감소율이 가장 높았던 1회 코팅한 쌀은 0.28%로 대조구에 비해 1.2배 정도 높았으나, 전체적으로 중량 감소율이 1%이하로 8주간의 저장기간 동안 중량감소율 변화는 매우 적었다.

일반적으로 쌀의 중량감소는 쌀의 건조에 의한 밥맛의 저하를 가져오며 많은 중량손실은 저장 중 경제적 손실까지 수반하게 된다. 따라서 이 등(8)에 의하면 백미의 경우, 포장재별로 저장 4주 후 중량 감소율이 7.8%(지대구 경우), 1.2%(AL 경우) 값을 보인데 반해 본 실험에서 저장 8주 후 중량 감소율이 0.28%로 큰 차이를 보였다. 이는 백미에 비해 현미는 도정을 하지 않았기 때문에 중량 감소율이 훨씬 적은 것으로 생각된다.

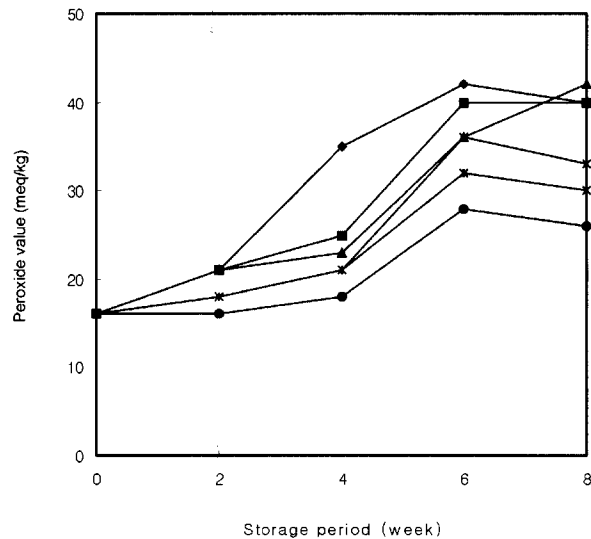
**pH 변화**

코팅쌀의 pH(Fig. 2)는 저장기간 동안 아주 경미한 차이로 pH가 감소하였다.

Shibuya 등(5)은 고미화가 진행됨에 따라 pH가 감소하며 이는 지방의 가수분해로 인해 생성된 유리지방산의 영향이라고 하였고 취반액의 pH는 취반 후의 밥맛과 관계된다고 보고하였다. 소 등(41)은 저장 미곡의 취반액의 pH는 입고 시와 5년 저장 후에 비슷하여 저장에 따른 pH 변화는 없었다고 보고하였다. 본 실험에서도 pH의 변화가 7.85-7.26으로 큰 변화는 없었으나, 탈지강 단백질 코팅제의 코팅횟수가 증가할수록 코팅쌀



**Fig. 2. Changes in pH of coated brown rices during storages.**  
 -◆-: Control, -■-: 1 time, -▲-: 2 times, -×-: 3 times, -✱-: 4 times, -●-: 5 times.



**Fig. 3. Changes in peroxide values of coated brown rices during storages.**  
 -◆-: Control, -■-: 1 time, -▲-: 2 times, -×-: 3 times, -✱-: 4 times, -●-: 5 times.

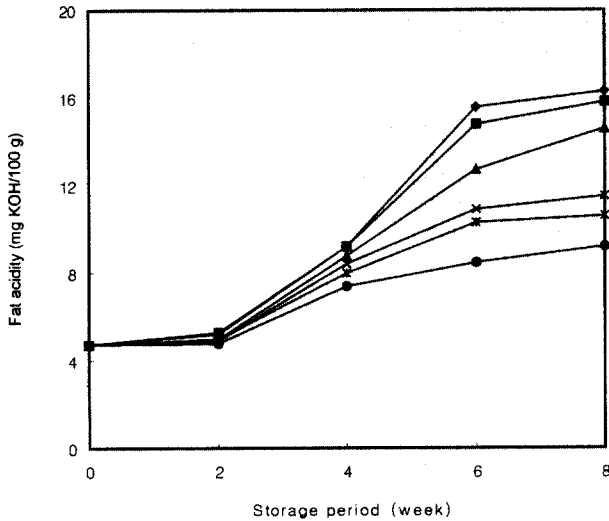
의 pH 감소가 낮았고, 저장 8주 후 대조구의 pH가 가장 낮은 것(7.26)으로 보아 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅함으로써 저장 중 쌀의 pH 감소를 지연시켜 쌀의 식미저하를 막을 수 있으리라 생각된다.

**과산화물가(Peroxide value)의 변화**

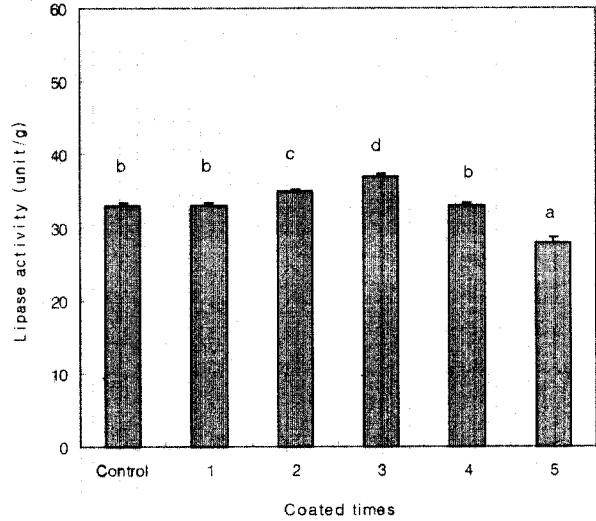
저장 중 코팅쌀의 과산화물가의 변화를 측정한 결과, Fig. 3에서와 같이 모든 시료에서 저장 6주 후까지는 과산화물가가 계속 증가하다가 저장 8주 후 다시 감소하였다.

특히 대조구는 다른 시료와는 달리 저장 4주 후 과산화물가가 급격히 증가하였으며, 2회 코팅한 쌀의 과산화물가는 8주 후에도 42 meq/kg으로 약간 증가하였다.

일반적으로 지질의 산화과정을 보면 초기에 생성된 과산화



**Fig. 4. Changes in acid values of coated brown rices during storages.**  
 -◆-: Control, -■-: 1 time, -▲-: 2 times, -×-: 3 times, -\*-: 4 times, -●-: 5 times.



**Fig. 5. Changes in lipase activity of coated brown rices.**  
<sup>a-c</sup>The same letters indicate no significant difference at  $p < 0.05$  level by Duncan's multiple range test.

물이 계속 산화, 분해, 축합 또는 다른 화합물과 반응하여, 생성된 과산화물이 감소하게 되는데(42), 본 실험의 결과도 이와 동일하였으며, 이와 같은 산화과정이 쌀 저장 중에도 발생하고 있음을 알 수 있었다.

그러나 코팅횟수가 증가할수록 저장 중 과산화물가의 생성량은 적었으며, 이로써 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅함으로써 저장 중 지방의 자동산화를 지연시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

**산가(Acid value)의 변화**

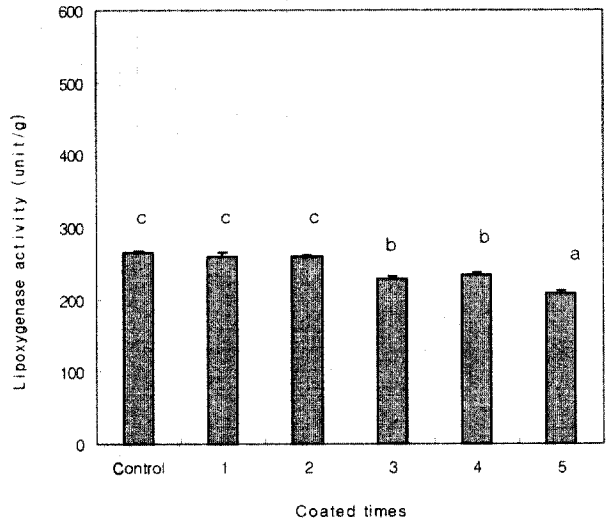
코팅쌀의 저장 중 시간이 경과함에 따라 산가는 계속해서 증가하였다(Fig. 4). 대조구는 처음에는 산가가 4.7 mg KOH/100 g이었으나 저장 8주 후에는 16.3 mg KOH/100 g으로 약 3.4배까지 증가하였고, 코팅쌀의 산가는 코팅횟수가 높을수록 감소하였다.

미곡 저장 중 품질의 열화를 일으키고 묵은쌀의 냄새를 생성하는 유리지방산에 의한 변패의 척도인 지방산도는 저장 중 지질의 산화에 의해 증가한다고 하였으며(42), 김 등(43)은 저장미의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 인자중의 하나는 지방질로 저장 중 쌀의 지방질 가수분해 효소와 자동산화에 의한 각종 가수분해물 및 산화물의 증가가 나타나는데 결합지질 보다 유리지질의 변화가 더 심하고 *n*-hexanal 등의 카보닐 화합물에 의한 고미취가 발생한다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서도 저장 중 쌀의 지방질이 가수분해되어 유리지방산의 증가와 함께 산가의 증가를 관찰할 수 있었다. 이는 선행된 pH 측정 결과와 동일하며, 저장 8주 후에도 탈지강 단백질 코팅제로 3회 이상 코팅된 쌀은 지방산가 적정 한계값인 15 mg KOH/100 g보다 낮았다.

이러한 결과로 보아 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅하여 저장함으로써 저장미의 열화를 지연시킬 수 있는 가능성을 확인하였다.

**Lipase 활성의 측정**

탈지강 단백질 코팅에 의한 쌀의 지방가수분해 효소의 활성



**Fig. 6. Changes in lipoxigenase activity of coated brown rices.**  
<sup>a-c</sup>The same letters indicate no significant difference at  $p < 0.05$  level by Duncan's multiple range test.

의 변화를 관찰하기 위해 lipase의 활성을 측정한 결과, Fig. 5와 같았다.

코팅 횟수에 따른 효소의 활성은 5회 코팅을 제외하고는 큰 차이는 없었으나(33-37 unit/g), 5회 코팅한 쌀의 효소 활성은 28 unit/g으로 코팅과정 중 건조를 위한 마이크로파 처리에 의해 효소의 활성이 저하된 것으로 여겨진다. 하지만, 코팅횟수를 4회 정도만으로도 효소의 실활이 없었다.

**Lipoxigenase 활성의 측정**

쌀은 저장 중 지방질이 쉽게 가수분해나 산화를 일으켜 불쾌취, 불쾌한 맛을 생성하여 쌀의 품질을 저하시킨다(44). 이러한 이취미를 주는 주요 화합물은 휘발성 alcohol류, aldehyde류, ketone류, ester류, amine류 및 phenol류 등으로서 쌀의 저장과정 중에 자동산화와 hemoglobin, myoglobin 등 heme 화합물의 산화촉진제에 의한 산화 및 lipoxigenase의 촉매작용에 의해 생

성되는 것으로 알려져 있다(45).

Lipoxygenase(linoleate: oxygen oxido-reductase E.c. 1, 13, 11, 12)는 산소 존재 시 *cis*-1,4 pentadiene(-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-) 구조를 가진 불포화 지방산에만 작용하는 특이성을 가지고 있는 산화효소(46-48)로서 여러 종류의 식물 열매 및 채소류 등에 분포되어 있으며(49) lipoxygenase는 lipoxygenase-1(L-1), -2(L-2) 및 -3(L-3)의 isozyme(50-51)이 있는데 이들 중 L-2와 L-3이 불쾌취의 형성과 가장 밀접한 관계가 있다고 한다(52,53).

탈지강 단백질 코팅에 의한 현미의 lipoxygenase 활성변화를 측정 한 결과 Fig. 6과 같았다.

코팅횟수에 따른 효소의 활성은 3회 코팅부터는 약간의 감소를 보였으나, 다른 시료와 큰 차이는 없었다. 코팅쌀에 마이크로파 처리시간이 120초 이상은 효소의 활성을 약간은 저하시킴을 확인할 수 있었다.

**코팅쌀의 표면 및 내부구조 관찰**

탈지강 단백질을 코팅한 쌀의 표면과 종단면을 전자현미경으로 각각 150배, 1,000배로 확대하였을 때의 모습을 Fig. 7과 Fig. 8에 나타내었다.

종실 표면은 코팅횟수가 증가할수록 cracking현상이 발생한 것이 관찰되었으며, 종단면으로 절단하여 표면을 확대한 결과, 종실 표면에서는 보이지 않았던 대조구의 cracking현상이 관찰되었다. 이는 벼의 건조과정과 현미로 도정 시에 생긴 것으로 여겨지며 코팅 2회까지는 대조구와 큰 차이는 없는 것으로 관찰되나, 3회 이상에서는 cracking현상이 선명함을 볼 수 있었다. 또한 코팅과정 중 마이크로파 처리로 인해 코팅쌀의 전분

입자가 호화의 영향을 받을 수 있을 가능성을 고려하여 코팅 쌀을 종단면으로 절단하여 그 내부구조를 현미경으로 확대하여 관찰한 결과, 다른 시료에 비해 코팅을 5회 실시한 쌀은 작은 입자들이 서로 뭉쳐서 나열되어 있는 것으로 보이나, 모든 시료에서 전분입자들의 큰 변화는 관찰되지 않았다.

본 실험의 결과로 보아, 5회 코팅한 쌀을 제외하고는 종단면의 뚜렷한 형태상의 차이는 관찰되지 않았으며, 이에 따라 코팅 시, 건조를 위한 마이크로파 처리는 코팅쌀의 전분입자 배열에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

**수화속도**

현미를 물에 침지한 경우 내부로의 수분이동이 Fick의 확산 법칙에 따른다고 가정하였다.

$$m - m_0 = k_0 \sqrt{t}$$

여기서 m<sub>0</sub>는 시료의 초기 수분함량(g water/g dry matter), m은 일정시간 침지시킨 후의 수분함량(g water/g dry matter), t는 침지시간(sec)이다.

그러므로 현미의 수분 증가는 침지시간의 평방근에 비례하게 된다. 이를 확인하기 위하여 침지시간의 평방근에 대한 각 시료의 수분 흡수량을 계산하였으며, 그 결과는 Fig. 9와 같다. 4시간 동안 30분마다 각 시료의 수분 흡수량을 측정 한 결과 침지시간이 증가할수록 수분흡수량도 증가하였다. 따라서 각 직선의 기울기로부터 초기 흡수 단계에서의 k<sub>0</sub>를 구하여 그 결과는 Table 1과 같다.

대조구에 비해 코팅한 쌀의 수화속도가 높았으나, 큰 차이는

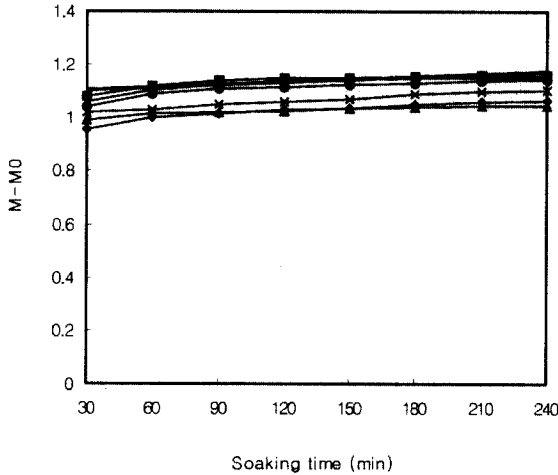


Fig. 9. Relation among the moisture gain of coated brown rices and soaking time.

-◆-: Control, -■-: 1 time, -▲-: 2 times, -×-: 3 times, -✱-: 4 times, -●-: 5 times.

Table 1. Calculated hydration rate constant of coated brown rices

Coating time	Hydration rate constant (min <sup>-1</sup> )
Control	0.1732 ± 0.0034 <sup>a</sup>
1	0.1975 ± 0.0572 <sup>b</sup>
2	0.1817 ± 0.0979 <sup>ab</sup>
3	0.1844 ± 0.0310 <sup>ab</sup>
4	0.1924 ± 0.0424 <sup>b</sup>
5	0.1897 ± 0.0329 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup>The same letters in the same column indicate no significant difference at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

없었다. 한편, 모든 시료에서 침지시간 0일 때의 초기 수분 증가는 이론값 0과 일치하지 않고 0.9644-1.0774 범위의 절편값을 보였는데 이러한 결과는 이 등(54)의 보고와 일치하였다. 이것은 외부층이 다공 구조를 이루고 있어 초기에 모세관 흡수로 쉽게 포화되는데 기인한다(55). 따라서 침지시간 0에서의 절편값은 과포화를 포화시키는 데 필요한 수분함량의 척도로서 초기 수분 흡수가 빨리 일어나는 사실을 의미한다.

대조구의 절편값은 0.9644로 가장 낮았고, 4회 코팅한 쌀이 1.0774로 가장 높았다. 이는 대조구 보다 코팅한 쌀이 초기 수분 흡수가 더 빨리 일어나는 사실을 확인할 수 있었고, 이는 현미 외부층의 연화 또는 단백질, 헤미셀룰로즈, 셀룰로즈 등이 일부 분해되어 다공성이 증가한 것에 기인한다고 생각된다(36). 또한 본 실험에서 대조구와 코팅한 쌀의 절편값의 차이는 매우 적으나, 코팅한 쌀은 코팅과정 중에 생기는 미립현상으로 수분 흡수가 대조구에 비해 더 쉬울 것으로 여겨진다.

**코팅쌀의 수분결합력(water binding capacity)**

저장에 따른 쌀가루 시료의 수분결합력 변화를 비교한 결과는 Fig. 10과 같다.

저장 중 수분결합력은 계속 증가하였고 탈지강 단백질 코팅제로 코팅된 쌀에 비해 대조구의 수분결합력이 낮았다. 저장 4주까지는 수분결합력이 급격히 증가하다가 저장 6주부터는 모든 시료에서 완만한 증가로 큰 차이가 없었다. 금 등(56)의 연구 보고에 의하면 품종별 원료 쌀의 수분결합력을 측정한 결

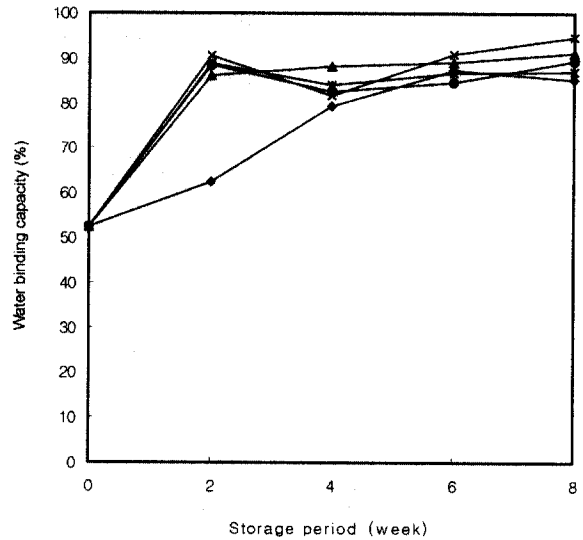


Fig. 10. Changes in water binding capacities of coated brown rices during storages.

-◆-: Control, -■-: 1 time, -▲-: 2 times, -×-: 3 times, -✱-: 4 times, -●-: 5 times.

과 취반 후 수분함량이 가장 낮았던 동진 벼가 가장 낮았으며, Induhara-Swamy 등(57)와 Pushamma와 Reddy(58)는 저장미의 수분결합력은 저장 1년까지는 증가하다가 그 후에는 점차로 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다. 그러나 저장에 의해 쌀의 수분 흡수력이 증가했다는 상반되는 연구 결과도 있다(59).

본 실험에서는 쌀의 저장 기간이 8주로 다른 저장미에 비해 저장 기간이 짧았으므로 Pushamma와 Reddy(58)의 보고와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 한편, 저장 기간이 증가할수록 수분결합력이 감소하는 경향이 나타나는 것은 수분함량이 감소하는 데 따라 단백질과 지방 성분들이 증가하여 수분과의 결합력을 방해하는 것으로 보고 있다(60).

본 실험에서 대조구가 다른 시료에 비해 수분결합력이 더 낮은 것을 알 수 있으며 이는 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅함으로써 쌀의 수분 손실이 차단되었음을 확인하였다.

**코팅쌀의 호화 응집성(gel consistency)**

저장 기간 동안 쌀가루 시료의 호화 응집성을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 저장하기 전 처음 시료의 호화 응집성은 5.34 cm이었고 모든 시료가 저장 2주 후의 호화 응집성은 거의 비슷했으나, 저장 4주 후부터 시간이 경과함에 따라 감소하였다. 대조구의 경우에는 5.34-4.32 cm까지 감소한 반면에 5회 코팅한 쌀과 isoflavone을 첨가하여 5회 코팅한 쌀은 저장 8주 동안 호화 응집성이 5.34-5.28 cm로 거의 비슷했다. 코팅액을 3회 코팅한 쌀가루의 호화 응집성의 변화는 5.34-4.77 cm로 대조구의 호화 응집성 감소율의 약 50%정도 수준이었다.

호화 응집성은 미곡의 점성을 나타내는 지표로, Cagampang 등(61)에 의하면 가공 및 식미에 영향을 주는 인자로 주로 높은 setback 값과 hard gel 특성간의 상관관계를 가지며 호화 응집성의 차이는 일차적으로 쌀의 아밀로즈 함량과 관계가 있으며 그 다음으로 amylopectin의 분자량과 상관관계가 있는 것으로 보고한 바 있다. 또한 김 등(62)은 gel의 홀러간 길이가 61-100 mm면 soft, 41-60 mm면 medium, 26-40 mm면 hard로 구분하고 호화 응집성이 연한(soft) 쌀의 밥맛이 더 좋다고 보고한 바 있는데 본 실험 결과 저장 기간이 길어질수록 호화 응집성

**Table 2. Changes in gel consistencies by coating times and storage period**

Treatment		Gel consistency (cm)				
		Storage period (week)				
		0	2	4	6	8
Coating times	Control	5.34 ± 0.011	5.3 ± 0.003	4.2 ± 0.012 <sup>a</sup>	4.69 ± 0.052 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.020 <sup>a</sup>
	1	5.34 ± 0.011	5.3 ± 0.038	4.9 ± 0.029 <sup>b</sup>	4.57 ± 0.018 <sup>a</sup>	4.3 ± 0.026 <sup>a</sup>
	2	5.34 ± 0.011	5.32 ± 0.022	5.03 ± 0.047 <sup>c</sup>	4.71 ± 0.013 <sup>b</sup>	4.3 ± 0.003 <sup>a</sup>
	3	5.34 ± 0.011	5.32 ± 0.012	5.11 ± 0.521 <sup>c</sup>	4.96 ± 0.079 <sup>c</sup>	4.77 ± 0.017 <sup>b</sup>
	4	5.34 ± 0.011	5.32 ± 0.031	5.23 ± 0.033 <sup>d</sup>	5.15 ± 0.047 <sup>d</sup>	5.01 ± 0.045 <sup>c</sup>
	5	5.34 ± 0.011	5.34 ± 0.003	5.32 ± 0.044 <sup>d</sup>	5.32 ± 0.042 <sup>e</sup>	5.28 ± 0.064 <sup>d</sup>
	Isoflavone	5.34 ± 0.011	5.34 ± 0.031	5.32 ± 0.044 <sup>d</sup>	5.3 ± 0.023 <sup>c</sup>	5.3 ± 0.041 <sup>d</sup>

<sup>a-c</sup>The same letters in the same column indicate no significant difference at  $p < 0.05$  level by Duncan's multiple range test.

**Table 3. Pasting properties of coated and stored brown rices**

Pasting properties	Non-coated rice	Coated rice (#5)
Storage period (week)	8	8
Initial pasting temp. (°C)	71	68
Peak (B.U.)	340	135
At 95°C (B.U.)	120	40
At 95°C after 15 min of stirring (B.U.)	360	140
At 50°C (B.U.)	760	460
Consistency (B.U.)	400	320
Breakdown (B.U.)	-20	-5
Set back (B.U.)	420	325

이 감소하였기 때문에 밥맛이 감소됨을 알 수 있었다. 또한 모든 시료가 8주 저장 기간 동안 호화응집성이 41-60 mm에 속하는 medium으로 분류되었다. 한편 대조구에 비해 탈지강 단백질 코팅제를 3회 이상 코팅한 쌀은 저장 기간이 경과함에 따른 호화 응집성의 감소율이 더 낮았다. 이러한 결과로 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅함으로써 저장 기간 동안 밥맛의 감소를 억제시킬 수 있으리라 생각된다.

### Amylograph에 의한 전분의 호화특성

Brabender/Visco/Amylograph에 의해 8주간 저장한 코팅한 쌀(5회)과 코팅하지 않은 쌀의 호화 양상을 분석한 결과는 Table 3과 같았고, 호화개시 온도는 점도가 10 Brabender Unit(B.U.)에 도달하는 온도로 나타내었다.

코팅한 쌀과 코팅하지 않은 쌀의 호화개시 온도는 각각 68°C와 71°C이었으며 최고 점도는 135 B.U.와 340 B.U.이었다. 저장 중 호화 점도의 증가 현상은 쌀의 형태에 관계없이 나타나는 현상으로 알려져 있다. 그러나 Indudhara Swamy 등(57)은 벼와 백미를 3년간 저장하였을 때, 처음 6개월까지는 최고 점도가 증가하였으나 그 후에는 계속 감소하였다고 하였다. 조와 김(63) 및 신 등(6)도 35°C에 저장한 현미의 경우에도 최고 점도는 증가하였다고 하였고, 김 등(64)은 미곡 저장 중 아밀로그램 특성을 조사한 결과, 최고 점도가 저장 기간 중 증가하였으며 이는 저장 중  $\alpha$ -amylase의 감소에 기인한 것으로 보고하였다. 그러나 Yasumatsu 등(65)은 저장 중 중성지질의 가수분해에 의해 유리지방산이 생성되어 쌀 전분의 팽윤현상이나 호화 작용을 억제하였기 때문에 최고 점도가 증가하였다고 보고하였다. 또한 Kumar와 Ali(66)는 벼 상태로 각각 실온(20-23°C)과 냉장온도(4°C)에서 같은 기간동안 저장한 쌀가루의 호화점도는

**Table 4. Changes in colors by coating times and storage period**

Color value	Storage (week)	Control	1	2	3	4	5	Isoflavone
L	0	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.20
	2	64.7 ± 0.32	64.7 ± 0.57	64.7 ± 0.26	64.6 ± 0.41	64.6 ± 0.30	64.6 ± 0.75	64.6 ± 0.61
	4	64.7 ± 0.89	64.7 ± 1.10	64.7 ± 0.43	64.6 ± 0.10	64.6 ± 0.68	64.5 ± 0.28	64.5 ± 0.82
	6	64.8 ± 0.47	64.7 ± 0.53	64.8 ± 0.82	64.7 ± 1.07	64.5 ± 0.39	64.5 ± 0.63	64.4 ± 0.23
	8	64.9 ± 0.78	64.9 ± 0.96	64.9 ± 0.70	64.8 ± 0.51	64.6 ± 0.69	64.6 ± 0.20	64.6 ± 0.34
	a	0	+3.5 ± 0.08	+3.5 ± 0.08	+3.5 ± 0.08	+3.5 ± 0.08	+3.5 ± 0.08	+3.5 ± 0.08
2		+3.5 ± 0.17	+3.5 ± 0.08	+3.5 ± 0.16	+3.5 ± 0.14	+3.4 ± 0.24	+3.5 ± 0.24	+3.5 ± 0.13
4		+3.5 ± 0.17	+3.5 ± 0.33	+3.5 ± 0.30	+3.5 ± 0.20	+3.3 ± 0.23	+3.5 ± 0.28	+3.5 ± 0.12
6		+3.5 ± 0.37	+3.5 ± 0.24	+3.4 ± 0.27	+3.4 ± 0.27	+3.3 ± 0.25	+3.4 ± 0.24	+3.4 ± 0.27
8		+3.5 ± 0.31	+3.4 ± 0.11	+3.4 ± 0.29	+3.4 ± 0.27	+3.2 ± 0.23	+3.3 ± 0.27	+3.3 ± 0.29
b		0	+16.0 ± 0.36	+16.0 ± 0.36	+16.0 ± 0.36	+16.0 ± 0.36	+16.0 ± 0.36	+16.0 ± 0.36
	2	+16.1 ± 0.31	+16.1 ± 0.06	+16.1 ± 0.15	+16.0 ± 0.17	+16.1 ± 0.21	+16.0 ± 0.44	+16.0 ± 0.21
	4	+16.1 ± 0.24	+16.1 ± 0.27	+16.1 ± 0.20	+16.1 ± 0.18	+16.0 ± 0.21	+16.0 ± 0.18	+16.1 ± 0.27
	6	+17.1 ± 0.13 <sup>b</sup>	+16.1 ± 0.32 <sup>a</sup>	+16.2 ± 0.15 <sup>ab</sup>	+16.2 ± 0.21 <sup>ab</sup>	+16.2 ± 0.51 <sup>ab</sup>	+16.1 ± 0.37 <sup>a</sup>	+16.2 ± 0.10 <sup>ab</sup>
	8	+17.4 ± 0.41 <sup>b</sup>	+16.6 ± 0.47 <sup>ab</sup>	+16.6 ± 0.37 <sup>ab</sup>	+16.4 ± 0.26 <sup>ab</sup>	+16.4 ± 0.18 <sup>ab</sup>	+16.2 ± 0.37 <sup>a</sup>	+16.2 ± 0.23 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>The same letters in the same column indicate no significant difference at  $p < 0.05$  level by Duncan's multiple range test.

**Table 5. Textural properties of coated brown rices**

Treatment	Attributes <sup>1)</sup>					
	HD	CO	SP	CH	AD	
Control	1.8703 ± 0.070 <sup>d</sup>	0.0210 ± 0.001	2.6901 ± 0.249 <sup>ab</sup>	0.1057 ± 0.0009 <sup>bc</sup>	-0.0062 ± 0.002 <sup>cd</sup>	
Coating times	1	1.7751 ± 0.129 <sup>cd</sup>	0.0230 ± 0.004	3.0915 ± 0.072 <sup>b</sup>	0.1261 ± 0.002 <sup>c</sup>	-0.0119 ± 0.004 <sup>bc</sup>
	2	1.5252 ± 0.162 <sup>bcd</sup>	0.0218 ± 0.006	3.0607 ± 0.233 <sup>b</sup>	0.1296 ± 0.017 <sup>c</sup>	-0.0223 ± 0.002 <sup>ab</sup>
	3	1.5019 ± 0.117 <sup>bcd</sup>	0.0239 ± 0.003	2.7620 ± 0.137 <sup>b</sup>	0.0992 ± 0.029 <sup>abc</sup>	-0.0204 ± 0.004 <sup>ab</sup>
	4	1.4730 ± 0.188 <sup>bc</sup>	0.0291 ± 0.003	2.9380 ± 0.204 <sup>b</sup>	0.1260 ± 0.017 <sup>c</sup>	-0.0294 ± 0.005 <sup>a</sup>
	5	1.3698 ± 0.015 <sup>b</sup>	0.0189 ± 0.005	2.1177 ± 0.072 <sup>a</sup>	0.0547 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.0016 ± 0.0003 <sup>d</sup>
Isoflavone	0.9697 ± 0.046 <sup>a</sup>	0.0263 ± 0.002	2.4990 ± 0.269 <sup>ab</sup>	0.0638 ± 0.008 <sup>ab</sup>	0.0015 ± 0.00003 <sup>d</sup>	

<sup>1)</sup>HD: hardness, CO: cohesiveness, AD: adhesiveness, SP: springiness, CH: chewingness.

<sup>a-d</sup>The same letters in the same column indicate no significant difference at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

**Table 6. Sensory properties of coated brown rices**

Treatment	Luster	Color	Flavor	Taste	Hardness	Springiness	
Control	5.14 ± 0.50	6.36 ± 0.35 <sup>d</sup>	4.14 ± 0.41	4.93 ± 0.43 <sup>a</sup>	7.29 ± 0.36 <sup>c</sup>	5.21 ± 0.59 <sup>ab</sup>	
Coating times	1	4.29 ± 0.51	5.71 ± 0.57 <sup>cd</sup>	5.07 ± 0.35	4.86 ± 0.34 <sup>a</sup>	6.43 ± 0.7 <sup>bc</sup>	5.64 ± 0.60 <sup>ab</sup>
	2	4.93 ± 0.47	5.79 ± 0.52 <sup>cd</sup>	4.43 ± 0.64	5.76 ± 0.39 <sup>ab</sup>	5.57 ± 0.46 <sup>ab</sup>	5.93 ± 0.43 <sup>c</sup>
	3	4.50 ± 0.60	5.00 ± 0.64 <sup>abc</sup>	5.43 ± 0.41	5.07 ± 0.31 <sup>a</sup>	6.57 ± 0.31 <sup>bc</sup>	5.43 ± 0.42 <sup>ab</sup>
	4	5.36 ± 0.49	4.57 ± 0.49 <sup>ab</sup>	4.86 ± 0.65	5.64 ± 0.42 <sup>ab</sup>	5.50 ± 0.46 <sup>ab</sup>	5.00 ± 0.50 <sup>ab</sup>
	5	4.86 ± 0.57	3.86 ± 0.35 <sup>a</sup>	4.50 ± 0.20	6.21 ± 0.54 <sup>b</sup>	5.71 ± 0.59 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.54 <sup>ab</sup>
Isoflavone	4.64 ± 0.49	3.93 ± 0.48 <sup>a</sup>	4.21 ± 0.53	5.50 ± 0.54 <sup>ab</sup>	4.50 ± 0.42 <sup>a</sup>	4.36 ± 0.43 <sup>a</sup>	

<sup>a-c</sup>The same letters in the same column indicate no significant difference at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

실온에서 저장한 경우가 더 높은 값을 나타냈다고 보고하여 실온에서의 변화가 더 큰 것임을 암시하였다.

한편 노화의 정도를 나타내는 setback의 경우 코팅한 쌀과 코팅하지 않은 쌀은 각각 320 B.U.와 420 B.U.로 코팅한 쌀은 노화가 지연됨을 확인하였다. Indudhara Swamy 등(57)에 의하면 setback이 저장 6개월까지는 증가하다가 3년째 도달할 때까지 꾸준히 감소하는 경향을 보인다고 보고하였다.

**색도변화**

코팅쌀의 저장에 따른 색도의 변화는 Table 4와 같다.

L값과 a값은 코팅횟수에 따른 큰 변화는 없었으나, 대조구의 경우 저장 중 L값은 증가하였고 또한 b값은 모든 시료에서 저장기간이 경과할수록 증가하였다.

조 등(63)은 현미와 백미의 저장에 따라 L값은 현미의 경우는 저장에 따라 증가하였으나, 백미의 경우는 L값의 변화가 없었고, a와 b값은 현미와 백미 모두 큰 변화를 보이지 않았다고 보고하였다.

이 등(67)은 저온저장(4°C) 조건에서 저장한 벼와 백미 상태의 색도는 저장기간이 증가함에 따라 L값과 b값은 증가하고 a값은 감소하였으며 색도의 변화는 저장 형태에 따라서는 크게 영향을 받지 않으며, 저장 기간에 더 많은 영향을 받는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 쌀의 저장기간이 증가함에 따라 쌀의 노란색이 증가하는 것은 쌀의 단백질과 당 성분의 Maillard 반응이 저장과정 중에 촉진되었기 때문이라고 알려져 있다.

즉, 쌀의 갈변은 a값과 b값, 특히 b값이 크게 관여하여 쌀알의 외부에서 점차 내부로 진행되는 것이며(63), 미곡의 저장 중 L값과 b값의 감소는 미곡의 표면 지질의 산화에 의한 것이라고 보고한 연구(64)도 있다.

본 실험에서 저장 기간이 경과할수록 L값의 증가와 a값의 변화는 거의 없었던 반면에 b값은 증가한 것으로 본다면 저장 중

의 갈변이 일어나고 있으며 특히 b값이 크게 관여하고 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 쌀의 지질 산화로 인한 L값과 b값의 감소현상은 본 실험의 결과 저장 8주간에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 생각되어진다. 하지만 b값이 코팅된 쌀에 비해 코팅되지 않은 대조구가 더 높은 값을 보인 것으로 미루어 본다면, 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅함으로써 저장 중 쌀 표면의 갈변에 의한 변화를 막을 수 있을 것으로 생각된다.

**쌀밥의 조직감 변화**

취반 과정은 열에 의한 쌀의 구성성분과 수분과의 반응으로 쌀의 표면으로부터 수분흡수로 알려져 있다(68). 즉 취반 시 온도가 상승함에 따라 배유부로 수분과 열이 충분히 스며들면 전분립이 느슨해지기 시작하여 호화되고 더욱 온도가 상승하면 팽윤되어 붕괴되기 시작한다. 이에 따라 열수 가용성 물질의 용출에 따라 경도가 감소하고 끈기는 증가되는 등 물성의 변화가 일어난다. 따라서 저장미의 조직감 특성을 조사하기 위해 저장 8주 후의 시료를 취반하여 쌀밥의 기계적 조직감을 측정 한 결과는 Table 5와 같았다.

경도(Hardness)와 씹힘성(chewiness)은 쌀밥의 일정 변형을 일으키는데 필요한 힘의 크기를 나타내며, 응집성(cohesiveness)과 탄성(springiness)은 쌀밥을 형성하는 내부 결합력의 크기를 나타내며, 쌀밥 표면이 접촉부위에 달라붙는 힘을 극복하는데 필요한 일의 양으로서 접착성(adhesiveness)을 조사한다.

따라서 본 실험 결과, 경도(hardness)는 코팅횟수가 증가할수록 값이 작았고 응집성(cohesiveness)은 코팅횟수가 4회까지는 비슷한 값을 보였으나 코팅을 5회 실시한 쌀은 대조구보다 그 값이 작았다. 또한 씹힘성(chewiness)은 시료간의 유의적 차이는 없었으나 대조구보다 코팅을 5회 실시한 쌀의 값이 작았다. 접착성(adhesiveness)은 대조구와 코팅 3회까지는 음의 값을 보였으나 코팅 4회 이상에서는 접착성이 있는 것으로 나타났다.



Table 6. Sensory properties of coated brown rices

	Cohesiveness	Adhesiveness	Quality of surface	Quality of flavor	Quality of taste	Quality of texture	Quality of all over
Control	4.43 ± 0.50 <sup>a</sup>	4.21 ± 0.54 <sup>ab</sup>	5.21 ± 0.37 <sup>ab</sup>	5.21 ± 0.37 <sup>ab</sup>	4.64 ± 0.37 <sup>a</sup>	4.50 ± 0.48 <sup>a</sup>	4.50 ± 0.44 <sup>a</sup>
1	5.07 ± 0.64 <sup>ab</sup>	3.79 ± 0.56 <sup>a</sup>	4.50 ± 0.47 <sup>a</sup>	5.86 ± 0.31 <sup>ab</sup>	4.43 ± 0.40 <sup>a</sup>	4.57 ± 0.45 <sup>a</sup>	4.36 ± 0.41 <sup>a</sup>
2	5.29 ± 0.47 <sup>ab</sup>	5.14 ± 0.55 <sup>ab</sup>	5.50 ± 0.40 <sup>ab</sup>	6.36 ± 0.46 <sup>b</sup>	5.14 ± 0.39 <sup>ab</sup>	5.14 ± 0.47 <sup>ab</sup>	5.07 ± 0.50 <sup>ab</sup>
3	5.07 ± 0.51 <sup>ab</sup>	4.43 ± 0.54 <sup>ab</sup>	6.14 ± 0.31 <sup>b</sup>	5.43 ± 0.51 <sup>ab</sup>	5.43 ± 0.44 <sup>ab</sup>	5.29 ± 0.46 <sup>ab</sup>	5.21 ± 0.46 <sup>ab</sup>
4	5.00 ± 0.52 <sup>ab</sup>	4.57 ± 0.44 <sup>ab</sup>	5.86 ± 0.42 <sup>ab</sup>	4.79 ± 0.33 <sup>a</sup>	5.14 ± 0.42 <sup>ab</sup>	5.36 ± 0.46 <sup>ab</sup>	5.21 ± 0.35 <sup>ab</sup>
5	5.93 ± 0.53 <sup>b</sup>	5.93 ± 0.50 <sup>b</sup>	5.14 ± 0.46 <sup>ab</sup>	6.21 ± 0.39 <sup>b</sup>	5.93 ± 0.45 <sup>b</sup>	5.93 ± 0.58 <sup>b</sup>	6.00 ± 0.47 <sup>b</sup>
Isoflavone	5.79 ± 0.39 <sup>ab</sup>	5.29 ± 0.41 <sup>ab</sup>	5.76 ± 0.49 <sup>ab</sup>	5.50 ± 0.43 <sup>ab</sup>	5.50 ± 0.48 <sup>ab</sup>	5.29 ± 0.46 <sup>ab</sup>	5.43 ± 0.43 <sup>ab</sup>

<sup>a-c</sup>The same letters in the same column indicate no significant difference at  $p < 0.05$  level by Duncan's multiple range test.

소 등(41)은 미곡의 장기저장에 따라 저장기간이 길어질수록 점성/경도의 비가 저하되었고, 부착성, 응집성 역시 저하되었다고 보고하였고, 이 등(67)은 벼, 백미상태로 저장한 경우 저장기간이 증가함에 따라 경도, 부착성, 점성이 증가하였다고 보고하였다. 이러한 약간의 차이를 보이는 것은 저장미의 저장온도에 따른 차이에 기인한다고 보고 있다.

또한 김 등(69)은 관능검사에 따른 식미와의 상관관계에서 경도는 쌀 중의 아밀로펙틴 함량과 부의 상관율, 점성은 정의 상관관계를 보인다고 보고한 바 있다. 또한 Hizukuri 등(70)은 쌀의 아밀로펙틴 중 초장쇄가 적을수록 점성이 높고 노화속도가 느려지는 경향을 보이며, 초장쇄가 적은 아밀로펙틴을 가진 쌀밥이 경도가 낮고 부착성이 높아 식감이 좋은 것으로 보고하였다. 한편 Okabe(71)는 수확 후 2-3개월까지 밥맛이 유지되거나 저장 6개월 이후부터는 경도가 증가되어 밥맛이 저하된다고 보고하였으며, 쌀은 저장하는 동안 인장강도, 파쇄경도가 증가되어 묵은 쌀로 지은 밥은 햅쌀로 지은 밥보다 단단하고 끈기가 감소된다고 보고(41)한 바 있다. 한편 취반의 조직감이 저하되는 이유는, 저장 중 전분의 복합 미세립자간의 결합력이 증가되어 취반 시 전분입자의 흡수가 억제되고 한편으로는 지방의 가수분해에 의한 지방산화로 지방산이 전분의 아밀로스와 결합, 복합체를 이루어 조직감이 저하된다고 알려져 있다(72).

본 실험의 결과로 보아, 대조구에 비해 코팅한 쌀이 경도가 낮고 점착성이 높아 좋은 식감을 가질 수 있음을 추측할 수 있다. 또한 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅하여 저장함으로써 전분의 변화와 지방의 가수분해로 인한 지방산이 전분과의 결합을 막을 수 있어 취반 후 쌀밥의 조직감을 저하시키지 않으리라 생각된다.

#### 취반미의 관능검사

저장 8주 후의 시료를 취반하여 쌀밥의 13가지 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 6과 같다. 윤기, 색, 경도를 제외하고는 코팅한 쌀이 모든 항목에서 점수가 높았다. 특히 색은 대조구가 가장 높은 점수를 받았고 코팅 횟수가 증가할수록 점수가 낮아지는 것으로 보아 색도계로 측정된 b값에서 대조구의 값이 가장 높았고, 코팅한 쌀이 더 낮았던 결과와 일치하는 것으로 생각된다.

저장 중 미곡은 지질의 변화와 함께 쌀 본래의 냄새와는 달리 특이한 냄새(고미취, 이취)가 생기는 데 Yasumatsu 등(65)은 백미 경우, 실온에서 2주 내지 4주 이내에 이취가 발생되며 백미의 이취는 쌀에서 보다 취반했을 때 쉽게 검출되고 취반 시 고미취의 주성분은 *n*-hexanal인 것으로 알려져 있다(5). 한편 향은 밥 이외의 냄새를 나타내는 항목으로서 대조구에 비

해 코팅한 쌀이 높은 점수를 받은 것은 고미취나 이취에 의한 영향이라기보다는 쌀을 수세 시 미강 단백질 코팅제의 약간의 잔존으로 인한 영향으로 여겨지며 유의적 차이는 없었다.

조직감에 있어서는 코팅한 쌀이 경도만 점수가 낮고 탄력성, 응집성, 부착성 모두 대조구에 비해 점수가 높았다. 멍치는 정도, 입술 부착성 및 내부 축축함 등은 쌀의 팽윤력과 수분결합력이 관련이 있는 특성들로 선행된 실험에서 코팅한 쌀의 수분결합력의 감소율이 대조구에 비해 적은데 기인한다고 생각된다.

Moritaka 등(42)은 저장 중에 생성된 유리 지방산은 아밀로스와 복합체를 형성하고, 지방질 산화에 의해 생성된 과산화물들은 단백질의 산화를 일으킬 수 있으며 이러한 현상들이 전분 입자들의 결합력을 강화시켜 취반 시 팽창을 억제하며, 밥의 경도를 증가시킨다고 보고하였다. 관능검사 결과, 경도가 코팅한 쌀에 비해 대조구의 점수가 높은 것으로 보아 코팅이 쌀의 성분변화를 억제하고 있다는 것을 다시 확인할 수 있었다.

코팅한 쌀과 코팅하지 않은 쌀의 전반적인 품질 항목에서 코팅한 쌀의 점수가 높은 것으로 나타났기 때문에 탈지강 단백질 코팅제를 쌀에 코팅함으로써 이화학적 특성에서뿐만 아니라 관능적 특성까지 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 통상 쌀이 가공 후 2개월간 유통되는 실정을 감안하면 탈지강 단백질 코팅제의 이용으로 저장미의 식미저하를 억제시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 요 약

탈지강에 10% ethanol을 5배(w/v) 첨가하여 pH 8로 조절하면서 3시간 동안 추출한 탈지강 단백질 추출액에 glycerol 2% (w/v)을 첨가하여 80°C까지 가열한 후, 냉각된 코팅제를 현미에 코팅, 건조하여 코팅쌀을 가공하였다. 코팅 횟수는 1-5회로 코팅현미를 8주간 저장하면서 품질변화를 관찰하였다. 중량 감소율은 큰 변화가 없었고, 과산화물가, 산가는 코팅쌀이 코팅하지 않은 쌀 보다 낮았다. Lipase와 lipoygenase의 활성은 코팅횟수가 3회 이상부터는 효소의 활성이 약간 감소하였고, 코팅에 따른 쌀의 표면과 내부를 주사전자현미경으로 확대하였을 때 모든 시료에서 미립현상을 관찰할 수 있었으며, 수화속도는 큰 차이가 없었다. 물결합력은 코팅쌀이 코팅하지 않은 쌀보다 높았고, 호화 응집성의 감소율도 3회 이상 코팅한 쌀이 훨씬 작았으며 쌀의 전분호화개시온도는 각각 68°C와 71°C, 최고 점도는 320 BU와 420 BU였다. 저장기간 동안 쌀의 갈변에 영향을 끼치는 색도인 b값은 코팅한 쌀이 코팅하지 않은 쌀보다 낮았으며, 물리적 조직감에서는 코팅한 쌀이 경도가 낮고 부착성이 높았다. 저장 8주 후 취반하여 관능검사를 실시한 결

과, 전반적인 품질 항목에서 코팅쌀의 기호도가 높았다.

## 문헌

- Rural Resources Development Institute. Food Ingredients (6th ed.). Available from [http://www.rlsi.go.kr/2002\\_work/main/index.asp](http://www.rlsi.go.kr/2002_work/main/index.asp). Accessed Oct. 5, 2003.
- Bechtel DB, Juliano BO. Formation of protein bodies in the starchy endosperm of rice (*Oryza sativa*) a reinvestigation. *Ann. Botany London* 45: 503-509 (1980)
- Yoon IH, Lee BM. Post-harvest technologies for quality enhancement, enhancement of quality and variety of rice to increase the international competitive power. *Rural Res. Develop. Inst., Import Problem Symp.* 45: 76-79 (1990)
- Barber S. Rice: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1972)
- Shibuya N, Iwasaki T, Yanase H, Chikuko S. Studies on deterioration of rice during storage, Part I. Changes of brown rice and milled rice during storage. *Jpn. J. Soc. Food Sci. Technol.* 21: 597-603 (1974)
- Shin MG, Thee JS, Kwon TW. Effects of amylase activity on changes in amylogram characteristics during storage of brown rice. *Agric. Biol. Chem.* 49: 2505-2508 (1985)
- Moritaka S, Sawada K, Yasumatsu K. Studies on cereals. VII. Relation between lipid content of milled rice and deterioration of rice flavors during storage. *Eiyo To Shokuryo* 24: 474-476 (1971)
- Lee SE, Kim DC, Kim SS, Kim YE, Park HW, Jung JE. Development of Distribution Method and Packaging Technology for Quality Preservation of Milled Rice. MAF. Seoul, Korea (2000)
- Gennadios A, Weller CL. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technol.* 44: 63-69 (1990)
- Gennadios A, Weller CL, Testin RF. Property modification of edible wheat gluten based films. *Trans. ASAE* 36: 1004-1009 (1993)
- Park SK, Cho JM, Lee YS, Rhee CO. Extending shelf-life of rice cake using coating agent containing soy protein isolate. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8(2): 181-186 (2001)
- Lieverman ER, Gilbert SG. Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plasticizer content. *J. Polym. Sci.* 41: 33-43 (1973)
- Avena-Bustillos RJ, Cisneros-Zevallos LA, Krochta JM, Saltveit ME. Optimization of edible coatings on minimally processed carrots using response surface methodology. *Trans. ASAE* 36: 801-809 (1993)
- Avena-Bustillos RJ, Krochta JM. Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plasticizer content. *J. Polym. Sci.* 41: 33-43 (1993)
- Brandenburg AH, Weller CL, Testin RF. Edible films and coatings from soy protein. *J. Food Sci.* 58: 1086-1089 (1993)
- Herald TJ, Gnanasambandam R, McGuire BH, Hachmeister KA. Degradable wheat gluten films Preparation, properties, and applications. *J. Food Sci.* 60: 1147-1150 (1995)
- Kester JJ, Fennema OR. Edible films and coatings: a review. *J. Food Sci.* 40: 47-59 (1986)
- Guilbert S. Technology and application of edible protective films. p. 371. In: *Food Packaging and Preservation, Theory, and Practice*. Mathlouthi M (ed). Elsevier Applied Science Pub. Co., London, England (1986)
- Cosler HB. Prevention of staleness, rancidity in nut meats and peanuts. *Peanut J. Nut World* 37: 10-11, 15 (1958)
- Trezza TA, Vergano PJ. Grease resistance of corn-zein coated paper. *J. Food Sci.* 59: 912-915 (1994)
- Saunders RM. The properties of rice bran as a food-stuff. *Cereal Foods World* 35: 633-634 (1990)
- Keith L, Hargrove J. Processing and utilization of rice bran in the United States. p. 383. In: *Rice Science and Technology*. Marshall WE, Wadsworth JI (eds). Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA (1993)
- Kahlon TS, Chow FI, Sayre RN, Betschart AA. Related articles cholesterol-lowering in hamsters fed rice bran at various levels, defatted rice bran and rice bran oil. *J. Nutr.* 122: 513-519 (1992)
- Muramoto G, Kawamura S. Rice protein and antihypertensive peptide (angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kougyo* 34: 18-26 (1991)
- Chen L, Houston DF. Solubilization and recovery of protein from defatted rice bran. *Cereal Chem.* 47: 72-79 (1970)
- Connor MA, Saunder RM, Kohler GO. Rice bran protein concentrates obtained by wet alkaline extraction. *Cereal Chem.* 53: 488-496 (1976)
- Betschart AA, Fong RY, Saunders RM. Rice by-products: Comparative extraction and precipitation of nitrogen from USA and Spanish bran and germ. *J. Food Sci.* 42: 1088-1093 (1977)
- Bera MB, Mukherjee RK. Solubility, emulsifying and foaming properties of rice bran protein concentrates. *J. Food Sci.* 54: 142-145 (1989)
- Gnanasambandam R, Hettiarachchy NS, Coleman M. Mechanical and barrier properties of rice bran films. *J. Food Sci.* 62: 395-398 (1997)
- Bae DH, Jang IS. Development of new food protein through chemical modification of rice bran proteins. *Korean Agric. Chem. Biotechnol.* 42(4): 180-185 (1999)
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509 (1957)
- AOAC. Official Method of Analysis 965.33. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1984)
- AOAC. Official Method of Analysis 969.17. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1984)
- Kim BM. Separation and properties of crude lipase activator from green pepper, *Capsicum annuum* Lin. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 13-16 (1990)
- Kim KJ, Rhee CO. Lipoxigenase activity of milled fraction from brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 145-149 (1997)
- Kim SK, Suh CS. Water uptake rate of brown rice at 100°C. *Korean J. Agric. Chem. Soc.* 33: 261-263 (1990)
- Beaker HA. A study of diffusion in solids of arbitrary shape with application to the drying of the wheat kernel. *J. Appl. Polym. Sci.* 1(2): 212-226 (1959)
- Medcalt DG, Gills KA. Wheat starch. I, Comparison of physico-chemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
- Bhattacharya KR, Sowbhagya CM. Pasting behavior of rice: A new method of viscography. *J. Food Sci.* 44: 797-800 (1979)
- SPSS. SPSS Program. Version 10.0. SPSS Institute, Chicago, IL, USA (2000)
- So KH, Kim YS, Hong JS, Jeong JY, Cho CM. Characteristic of the rice quality with long-term storage of paddy. *Korean J. Food Nutr.* 13: 21-27 (2000)
- Moritaka S, Yasumatsu K. Studies on cereals. X. The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. *Eiyo To Shokuryo* 25: 59-62 (1972)
- Kim YB, Han WN, Yoo TJ. Effects of rice weevil and mold on quality of stored rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 399-402 (1985)
- Webb BD. Criteria of rice quality in the United States. pp. 403-407. In: *Rice, Chemistry and Technology*. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, USA (1985)
- Gillard T. Rancidity in cereal products. pp. 141-143. In: *Rancidity in Food*. Allen JC, Hamilton RJ (ed). Elsevier Applied Science, New York, NY, USA (1989)
- Holman RT, Bergstorm S. Lipoxigenase. Vol. 2, pp. 559-560. In: *The Enzyme: Chemistry and Mechanism of Action*. Sommer JB, Myrback K (ed). Academic Press Inc., New York, NY, USA (1951)
- Axelrod B, Cheesgrough TM, Haakso S. Lipoxigenase from soybeans. *Methods Enzymol.* 71: 441-446 (1981)
- Hildebrand DF, Kito M. Role of lipoxigenase in soybean seed protein quality. *J. Agric. Food Chem.* 32: 815-819 (1984)
- Pinsky A, Gross S, Trop, M. Lipoxigenase content and antioxidant activity of some fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 36: 571-573 (1986)
- Ohta H, Ida S, Mikami B, Mortia Y. Changes of lipoxigenase components of rice seedlings during germination. *Plant Cell Physiol.* 27(5): 911-916 (1986)
- Ida S, Ohata H, Mikami B, Morita Y. Purification and character-

- ization of rice lipoxygenase component 3 from embryos. *Agric. Biol. Chem.* 50: 3165-3171 (1986)
52. Matoba T, Hidaka H, Narita H, Kitamura K, Kazuma N, Kito M. Lipoxygenase-2 isozyme is responsible for generation of *n*-hexanal in soybean homogenate. *J. Agric. Food Chem.* 33: 852-856 (1985)
  53. Hildebrand DF, Hamilton-Kemp TR, Loughrin JH, Ali K, Anderson RA. Lipoxygenase-3 reduces hexanal production from soybean seed homogenates. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1934-1936 (1990)
  54. Lee SY, Pyun KW, Park YJ. Comparative studies on hydration kinetics of raw and fermented brown rices. *Korean Food Eng. Prog.* 6(2): 178-185 (2002)
  55. Hsu KH, Kim CJ, Wilson LA. Factors affecting water uptake of soybeans during soaking. *Cereal Chem.* 60: 208-211 (1983)
  56. Kum JS, Lee CH, Back KH, Lee SH, Lee HY. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 365-369 (1995)
  57. Indudhan Swamy YM, Sowbhangya CM, Bhattacharya KR. Changes in the physicochemical properties of rice with aging. *J. Sci. Food Agric.* 29: 627-639 (1978)
  58. Pushpamma P, Reddy MU. Physico-chemical changes in rice and Jowar Durra stored in different agroclimatic regions of Andhra Pradesh. *Bull. Grain Technol.* 17: 97-108 (1979)
  59. Chrastil J. Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperature. *J. Cereal Sci.* 11: 71-85 (1990)
  60. Park KH. Effect of rice protein and lipid gelatinization properties, cooking quality, and palatability of Korean rice. PhD thesis, Kyunghee University, Seoul, Korea (1996)
  61. Cagampang GB, Perez CM, Julian BO. A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agri.* 24: 1589-1595 (1973)
  62. Kim BS, Park NH, Jo KS, Kang TS, Shin DH. Comparison of quality stability of rice and rice flour during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 498-503 (1988)
  63. Cho EJ, Kim SK. Changes in physicochemical properties of brown and milled rice during storage. *Korean J. Agric. Chem. Biotechnol.* 31: 24-33 (1990)
  64. Kim YB, Cho DH. Types of deterioration of storage rice in Korea and identification of the causative microorganisms (II). *J. Korean Agri. Chem. Soc.* 17: 54-62 (1973)
  65. Yasurnastu K, Moritaka S, Karimura T. Fatty acid composition of rice lipid and their changes during storage. *Agri. Biol. Chem.* 28: 257-262 (1964)
  66. Kumar KR, Ali SZ. Properties of rice from paddy stored in cold and at room temperature. *Starch* 43: 165-168 (1991)
  67. Lee JH, Kim SS, Suh DS, Kim KO. Effects of storage from and period of refrigerated rice on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 427-436 (2001)
  68. Lee SJ. Water addition ratio affected texture properties of cooked rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nur.* 25: 810-816 (1996)
  69. Kang KJ, Kim K, Kim SK. Relationship between molecular structure of rice amylopectin and texture of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 105-111 (1995)
  70. Hizukuri S, Takeda Y, Maruta N, Julian BO. Molecular structure of rice starch. *Carbohydr. Res.* 189: 227-232 (1989)
  71. Okabe M. Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. *J. Texture Stud.* 10: 131-152 (1979)
  72. Kim KH, Ahn JK. Classification of gram type and marketing grades for Korea rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 42: 357-366 (1997)

---

(2004년 2월 23일 접수; 2004년 5월 28일 채택)