

저장조건, 쌀, 조리기구와 유지 종류가 밥의 저항전분 함량 변화에 미치는 영향

임전순^{1,2} · 김지명¹ · 박사라¹ · 정은빛¹ · 신말식^{1†}

¹전남대학교 식품영양학과 및 생활과학연구소, ²(유)디스

Effect of Storage Conditions, Rice, Cooker and Oil Types on the Changes of Resistant Starch Contents of Cooked Rice

Chuanshun Ren^{1,2} · Ji Myoung Kim¹ · Sara Park¹ · On Bit Jeong¹ · Malshick Shin^{1†}

¹Department of Food and Nutrition, Human Ecology Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea
²DIS Co., Ltd., Damyang 57330, Korea

Abstract

The changes of resistant starch (RS) contents of cooked rice with soybean and coconut oils under different storage conditions were investigated and RS contents were compared between the rice and cooker types. The japonica (*Hopyeong*) and the indica (*Thailand*) type rice were cooked (washed rice: water = 100: 130) using an electric cooker and a saucepan. The coconut oil and soybean oil (3%, based on rice, w/w) were added into cooking water before heating. The RS contents of freeze-dried cooked rice powders (newly-cooked rice, stored for 12 h in the refrigerator, microwave heating after storage for 12 h in the refrigerator) were measured by the AOAC method. The RS contents of cooked rice using a saucepan were higher than those using an electric cooker. The indica type cooked rice had a higher RS content than the japonica type cooked rice, regardless of storage conditions. However, addition of oil before cooking rice resulted in increased RS content on storage in the refrigerator. The highest RS content of the cooked indica type rice with soybean oil (5.89±0.22%) that was stored for 12 h in the refrigerator was analyzed. The results suggested that the cooked rice formed retrograded (RS3) and amylose-lipid complex (RS5) type RS; furthermore, the RS content is affected by storage conditions, rice, cooker and oil types.

Key words: retrograded starch (RS3), amylose-lipid complex (RS5), oil, storage condition, rice type

I. 서론

쌀은 세계 3대 작물로 우리나라를 비롯한 대부분의 아시아 국가에서 주식으로 소비하고 있는데 쌀알의 형태에 따라 japonica와 indica형으로 구분한다. japonica형은 동아시아의 나라에서 재배되는 쌀로 쌀알의 형태가 단립 또는 중립종으로 아밀로오스 함량이 낮아 밥을 하면 윤기와 끈기가 있지만 indica형은 동남아시아에서 재배되는 장립종의 쌀로 아밀로오스 함량이 높아 밥이 끈기가 없고 부슬거린다(Kum JS 등 1995, Rani MR & Bhattacharya KR 1995, Park SJ 등 2011). 도정한 쌀인 백미는 거의 배유 부분으로 되어 있으며 세포 내에 전분입자와 단백질체가 단단히 결합되어 세포 내로 물이 침투하기 어렵고 밥을 하기 위해서는 쌀의 무게에 1.3-1.4배의 물을 가하고 가열하여야 세포 내 포함된 전분이 호화 된다. 쌀의

고형분 중 80%는 전분으로(Kim JE 등 2015) 전분이 완전하게 호화되기 위해서는 충분한 물을 공급하여야 한다. 밥이 되면서 호화에 사용된 물은 다시 수소결합에 의해 호화전분에 흡수되며 완전히 갖아들어야 맛있는 밥이 된다. 맛있는 밥의 수분함량은 일반적으로 약 65%이다.

전분은 직선상의 아밀로오스와 분지상의 아밀로펙틴으로 구성된 입자형태로 부분적 결정성 고분자로 충분한 물이 있는 조건에서 가열에 의해 무정형고분자로 바뀌는데 이를 호화라 한다. 호화된 전분은 체내 효소에 의해 소화되며 저장 중에 적당한 수분상태에서 결정화가 일어나 경도가 증가하고 텍스처가 단단하며 부슬거리는데 이를 노화라 한다. 전분의 노화는 수분 함량이 30-40%일 때, 냉장온도에 보관할 때 즉 0°C에 가까운 온도에 보관할수록 잘 일어난다(Shin MS 1999). 노화는 전분을 구성하는 아밀로오스 함량이 많을 때 잘 일어나며 노화된 아밀로

†Corresponding author: Malshick Shin, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 61186, Korea

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4982-0697>

Tel: +82-62-530-1336, Fax: +82-62-530-1339, E-mail: msshin@chonnam.ac.kr



오스의 결정은 150°C 부근에서 용융되고 100°C 이하에서는 용융되지 않아 체내의 전분소화효소가 작용하지 않는다(Kim JE 등 2015). 소화율에 따라 전분은 빨리 소화되는 전분(RDS, rapidly digestive starch), 천천히 소화되는 전분(SDS, slowly digestive starch)와 소화되지 않는 전분(RS, resistant starch)으로 구분한다(Englyst HN & Cummings JH 1992). 인체 내에서 소화효소에 의해 소화되지 않는 전분과 전분유도체를 저항전분이라 하며(Asp NG 1992), 저항전분을 특성에 따라 RS1-RS5로 구분하고 있다(Englyst HN & Cummings JH 1992, Eerlignen RC 등 1993, Dupuis JH 등 2014). RS1은 효소의 접근이 어려운 전분, RS2는 생전분으로 B형의 결정형을 가진 감자, 녹색바나나와 고아밀로오스 옥수수전분이 속한다. RS3는 호화된 전분이 저장 중에 노화된 전분 또는 노화아밀로오스, RS4는 화학적인 변성에 의해 효소작용이 어려운 전분이며, 최근 RS5로 알려진 아밀로오스-지질 복합체는 가열 중에 전분의 아밀로오스 나선 구조 내부에 지방의 소수성기가 포접되어 형성된 복합체로 효소작용이 어려운 전분 등이다.

쌀을 주식으로 하는 나라의 대부분은 밥을 섭취하고 있으며 밥으로 식사하는 양이 체중증가와 정비례의 관계가 있다고 생각한다. 쌀로 밥을 지어 저장하는 과정에서 전분의 일부가 저항전분으로 변한다면 섭취된 밥의 소화를 억제한 만큼의 에너지를 내지 못하므로 당뇨환자나 다이어트를 원하는 사람들에게 매우 의미 있는 변화이다. RS3의 형성은 아밀로오스의 사슬길이와 함량에 매우 의존적이며 특히 사슬길이가 길수록 효과적으로 생성된다고 알려져 있다(Eerlignen RC 등 1993). 밥의 저항전분 함량은 어떻게 보관하느냐에 따라 다르나 저장 중에는 RS3가 형성되면서 RS가 증가될 수 있으며(Shin MS 1999), 기름이나 유향제를 첨가하여 지은 밥은 RS5를 형성하여 RS를 증가시킬 수 있다. RS3의 형성은 전분의 종류, 아밀로오스 함량과 길이, 수분함량, 가열온도, 가열-냉각 횟수, 첨가물질, 저장온도, 저장 기간에 의해 영향을 받는다(Eerlignen RC 등 1993, Mun SH 등 1997, Zhang W 등 2007, Hasjim J 등 2010). 식품에 함유 또는 첨가된 지질이나 유도체는 가열과정 중 아밀로오스의 나선 구조 내부의 소수성 부분에 inclusion complex를 형성하는데 이 복합체는 전분분해효소의 작용을 받을 수 없다. 즉 아밀로오스의 노화형태인 이중나선형 구조를 형성하지 못해 아밀로오스의 노화를 억제하지만 형성된 복합체는 100°C 이하에서 분리되지 않기 때문에 소화되지 않는 저항전분인 RS5로 구분하고 있다(Kim JE 등 2015). RS5는 지방산의 꼬리부분인 탄화수소 사슬이 single 아밀로오스의 나선 구조 내부인 소수성 부분으로 들어가 형성된 복합체를 말한다. RS5의 형성 능력은 아밀로오스의 사슬길이와 함량뿐만 아니라 지질의 형태와 구성지방산 조성, 이

중결합 수 등에 의해 달라지며 형성된 복합체는 RS 함량에 영향을 줄 수 있다(Dupuis JH 등 2014).

일반적으로 밥은 수분함량이 60% 이상으로 더운 밥은 물론 식은 밥도 RS3 형의 저항전분 형성이 어렵기 때문에 식이섬유를 함유한 whole grain의 섭취나 functional dietary fiber로 개발된 RS 함유 전분을 첨가하여 제품을 개발하여 섭취하기를 권장하고 있다. 그러나 최근 발표된 자료에 의하면 indica형인 고 아밀로오스 함량의 쌀에 코코넛 유지를 쌀 무게의 3% 첨가하여 밥을 하였을 때 밥의 RS함량이 높게 형성되어 밥의 에너지를 낮출 수 있다는 결과를 발표하였다(Anoja M 2015). 국가나 지역에 따라 사용하는 쌀의 종류가 다르고 취반하는 방법도 다르지만 비만이나 체중과다 등이 탄수화물 식품에 의한다고 생각하는 소비자들은 밥의 섭취에 부담을 갖고 있어 본 발표자료에 매우 의미 있는 관심을 나타내고 있다. 우리나라의 경우는 japonica형의 아밀로오스 함량이 낮은 쌀을 선호하고 있기 때문에 발표된 실험에 사용한 쌀과 다르지만 취반 중에 소량의 유지를 첨가하여 밥으로 얻는 에너지를 줄일 수 있다면 유지를 첨가한 밥의 장점을 살려 밥으로 쌀 소비를 증가시킬 수 있는 대안이 될 수도 있을 것이다. 특히 우리나라에서 밥맛이 나쁜 쌀로 밥을 지을 때 기름을 한 방울 첨가하여 윤기를 나게 하기도 하였으며 일본에서는 유향제를 첨가하여 밥을 짓는 예도 있어 이렇게 지은 밥에 대한 형성된 RS 함량에 대한 검증도 요구되었다.

그래서 본 연구에서는 국내산 japonica형 일반벼인 호평 쌀과 indica형인 수입산 태국산 쌀을 이용하여 각각 물, 코코넛 오일과 콩기름을 넣고 전기밥솥과 가스 불을 이용한 냄비를 사용하여 밥을 지었다. 저항전분이 가장 많이 형성될 수 있는 저장 조건인 냉장저장을 냉장고(4°C)에서 12시간 실시하였다. 결과를 비교하기 위하여 갓 지은 밥과 냉장 저장한 밥, 냉장저장 후 전자레인지로 재가열한 밥을 시료로 급속냉동 시켰고 이를 동결 건조하여 분쇄 후 100 mesh 체를 통과한 다음 분말로 공인된 AOAC 방법(2000)을 이용하여 저항전분 함량을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용한 쌀은 백미로 도정된 국내산 japonica형 호평(Gangjin Nonghyun, Jeonnam, Korea)과 indica형의 수입 쌀(태국산, 태국)로 아밀로오스 함량은 각각 19.44±0.17%와 28.16±0.71%이었다. 유지는 코코넛 오일(EfaGold, pure extra virgin, Nature's Way Product Inc., Green bay, WI, USA)과 콩기름(Qone Samyang, Seoul, Korea)을 사용하였으며 식이섬유 분석에는 total dietary fiber assay kit(TDF-100A, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며 heat stable α -amylase(Cat. No. A-3306,

Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA), protease(Cat. No. P-3910, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)와 glucosidase(Cat. No. A-9913, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA), Celite(Cat. No. C-8656, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 구입하여 사용하였다. 또한 식이섬유 분석에 사용된 시약인 NaOH, HCl, 99% 알코올은 대정화금(Daejung Chem. & Metals, Co., Gyeonggi, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

2. 취반 방법

Wi EU 등(2013)의 방법을 수정하여 실시하였다. 시료인 백미 100 g을 물로 3번 씻어 체로 물기를 제거한 다음, 대조군의 밥은 유지 첨가 없이 가수량을 쌀 무게의 1.3배 가하고 취반하였으며, 유지첨가 시료의 경우 각각 유지 3 g(3%, 쌀 무게 기준)을 넣고 대조군과 같은 가수량으로 25분간 밥을 하고 15분간 뜸을 들였다. 밥은 전기보온밥솥(MW-06RC, Mama Electricity, Seoul, Korea)에 물을 미리 넣고 씻은 쌀과 가수량, 또는 유지를 비커에 담고 알루미늄 호일로 덮은 다음 밥솥에 넣고 취반하였다. 냄비로 밥을 지을 때는 직경 16 cm 냄비에 쌀과 물 또는 쌀, 물, 유지를 넣고 중간 세기의 가스 불에서 가장 약하게 하여 가열하였다.

3. 시료의 제조

전기밥솥과 냄비를 사용하여 가열, 뜸들이기가 끝난 갖지은 밥 시료는 동결건조기용 용기에 담아 곧바로 급속 냉동고(JP/CLN-40U, Nihon Freezer, Tokyo, Japan)(-80°C)에 넣어 냉동한 다음에 동결건조기(FD8512, IlshinBioBase Co., Gyeonggi, Korea)로 건조하였다. 밥 시료는 용기에 담아 냉장고(DY-1142RF, Daeyong E&B CO., Ltd, Gyeonggi, Korea)에 12시간 저장한 다음에 급속 동결하여 동결건조를 시켰다. 12시간 냉장된 밥은 전자레인지(M-M270AR, LG Electronics, Seoul, Korea)를 이용하여 40초간 가열하여 뜨거운 상태로 급속냉동 시키고 다른 조건의 시료와 마찬가지로 동결건조하였다. 건조된 시료는 분쇄 후 100 mesh 체를 통과시켜 수분을 측정된 다음 저항전분 분석용 시료로 사용하였다. 유지가 첨가된 밥은 분쇄된 시료를 10 g씩 취해서 에테르(Daejung Chem. & Metals, Co. Ltd., Gyeonggi, Korea)로 16시간 탈지한 다음에 풍건하여 분쇄 후 분석용 시료로 사용하였다.

4. 저항전분 함량 측정

저항전분 함량은 총 식이섬유소를 분석하는 AOAC 방법(2000)에 따라 dietary fiber assay kit(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 실시하였다. 밥 분말시료 1.0 g(건물기준)과 50 mL phosphate buffer 용액

(pH 6.0)을 600 mL 비커에 넣고 heat stable α -amylase를 0.1 mL 넣어 15분간 끓는 항온수조(KMC-12055W1, Vison Scientific, Daejeon, Korea)에서 반응시킨 다음 실온에서 냉각시켰다. 효소반응 액에 0.275 M NaOH(Samchun Development Co., Ltd., Gyeonggi, Korea) 용액 10 mL를 가하여 pH 7.5±0.2로 맞춘 다음 phosphate buffer(pH 6.0)에 용해한 protease(Cat. No. P-3910, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 0.1 mL를 넣고 60°C 항온수조(Vison Scientific)에서 100 rpm 속도로 흔들며 주면서 30 분간 반응시켰고, 0.325 M HCl(Daejung Chem. & Metals, Co. Ltd., Gyeonggi, Korea) 10 mL를 사용하여 pH 4.0-4.6으로 맞췄다. 시료 액에 0.1 mL amyloglucosidase를 넣고 60°C에서 30분간 100 rpm의 속도로 흔들며 주면서 반응시킨 다음에 효소반응을 멈추기 위해 시료 반응액 부피의 4배 무수에탄올을 넣고 실온에 방치하였다. Celite를 약 1 g 넣고 건조하여 항량이 된 유리 crucible(JPG32940FNL, Iwaki Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 감압여과 하였다. 잔여 물을 78%와 95% 에탄올, 그리고 아세톤의 순서대로 깨끗이 씻고 남은 불용성 잔사를 105°C 오븐(OF-11, Jeio Tech Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 건조 후 무게를 측정하여 저항전분 함량(%)을 다음과 같이 계산하였다. 밥에 함유된 단백질과 회분함량은 유리 crucible(Iwaki Co. Ltd.)을 사용하여 하나는 550°C 회화로(DF-2, Jeio Tech Co., Ltd., Daejeon, Korea)로 회화시켜 회분함량을 측정하였고 나머지 하나는 미량 켈달법으로 단백질 함량을 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 저항전분 함량을 계산하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Total dietary fiber (\%)} \\ & = \text{Resistant starch (\%)} \\ & = [(R_{\text{SAMPLE}} - P_{\text{SAMPLE}} - A_{\text{SAMPLE}} - B) / SW] \times 100 \end{aligned}$$

$$B = R_{\text{BLANK}} - P_{\text{BLANK}} - A_{\text{BLANK}}$$

$$R = \text{Average residue weight (mg)}$$

$$P = \text{Average protein weight (mg)}$$

$$A = \text{Average ash weight (mg)}$$

$$SW = \text{Average sample weight (mg)}$$

5. 통계처리

SPSS 12.0K(IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균 값과 표준편차를 구하였으며 각 변수에 대한 유의성 검정은 ANOVA(Analysis of variance)를 이용하여 Duncan's multiple-range test로 $p < 0.05$ 수준에서 사후검증을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 쌀 종류별 밥의 저항전분 함량 비교

우리나라를 포함한 동아시아에서는 japonica형의 단,

중립종인 아밀로오스 함량이 15-20%인 일반 멥쌀을 섭취하고 있으나(Park SJ 등 2011) 동남아시아를 비롯한 대부분의 아시아 국가에서는 아밀로오스 함량이 25% 이상인 indica형의 장립종을 섭취하고 있다. 국가에 따라 취반 방법이 다르나 본 연구에서는 전기밥솥과 냄비로 일정량의 물을 첨가한 다음 그 물이 쌀의 전분을 호화시켜 밥이 된 다음 뜸들이면서 잦아들게 하는 방법으로 취반하였다. 즉 두 종류의 쌀에 대해 같은 비율, 씻은 쌀에 생쌀기준으로 1.3배의 물을 가하여 밥을 지었다(Wi EU 등 2013). 저항전분(RS) 중에 가열과 냉각에 의해 형성되는 노화 전분은 아밀로오스 함량에 따라 달라 아밀로오스 함량이 높은 전분은 같은 조건에서 RS 함량이 높게 형성된다고 보고되었다(Lee SK 등 1999). 특히 고아밀로오스 전분의 경우 가압 하에 가열 온도를 높여 가열-냉각하면 RS 함량이 높아짐이 보고되었다(Choi SY & Shin MS 2009). 두 종류의 쌀, 취반기구, 유지의 종류, 저장조건에 따라 밥의 RS 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 특히 아밀로오스 함량이 19.44%인 japonica형의 호평쌀과 28.16%인 태국에서 수입된 쌀로 지은 밥의 저항전분 함량은 1.17%와 1.83%로 아밀로오스 함량이 높은 태국쌀로 지은 밥의 RS 함량이 더 높았다. 호평쌀로 지은 밥은 낮은 RS 함량을 나타내어 갓 지어 맛있는 밥의 경우 전분의 호화가 거의 완전하게 일어남을 알 수 있었다. 냉장고에서 12 시간 저장(R12)하면 RS 함량은 호평쌀밥이 1.84%, 아밀로오스 함량이 높은 태국쌀밥이 2.15%로 모두 증가하였고 증가 비율은 각각 117%와 122%이었다. 냉장 저장한 밥을 전자레인지로 데웠을 때(R12H) 일반 쌀이나 고아밀로오스

쌀로 지은 밥은 모두 RS 함량이 차이가 없었다. 같은 조리 방법으로 밥을 지었을 때 japonica형의 호평쌀로 지은 밥은 저장 조건에 관계없이 모두 태국 쌀로 지은 밥보다 RS 함량이 낮았다. 이는 아밀로오스 함량이 높은 전분을 함유한 쌀로 지은 경우 호화 된 밥의 아밀로오스 사슬이 더 쉽게 결정화되기 때문이라고 생각되었다(Erlingen RC 등 1993). 밥은 씻은 쌀에 물을 부어 가열하여 전분을 호화시켜 만들기 때문에 전분이 완전히 호화 되기에 충분한 물을 가하며 밥의 수분함량은 63-65%이다(Kum JS 등 1995). 우리가 섭취하는 japonica형의 호평쌀로 갓 지은 밥은 저항전분 함량이 1.17%로 가장 낮은 값을 보였다. 12시간 냉장을 시킨 밥의 저항전분 함량은 1.84%로 증가하였는데 저장 후 재가열했을 때는 2.00%로 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). indica형의 태국쌀로 지은 밥을 냉장저장 12시간 하였을 때 밥의 RS 함량은 갓 지은 밥과 같이 취반 방법과는 관계없이 모두 높은 값을 나타내 아밀로오스 함량이 높은 전분을 함유한 태국 쌀로 지은 밥이 보통 아밀로오스 함량을 갖는 밥보다 냉장저장에 의한 RS 함량 증가가 유의적임을 확인하였다.

2. 취반 방법에 따른 저항전분 함량

밥을 지을 때 전기밥솥과 가스 불에 의한 냄비 밥의 저항전분 함량 변화는 Fig. 1과 같이 약한 세기의 가스불로 냄비에 밥을 지었을 때 두 종류의 쌀로 지은 밥 모두 RS 함량이 높아 유의적이었다($p<0.05$). 특히 갓 지은 밥의 RS 함량은 냄비로 지은 밥(NC)이 전기밥솥으로 지은 밥보다 높은 RS 함량을 보였고 전기밥솥으로 지은 밥을

Table 1. RS contents of japonica and indica type cooked rice with different cookers

(Unit: %)

Method		Electric cooker Saucepan			
Type		Hopyeong	Thailand	Hopyeong	Thailand
W ¹⁾	NC ²⁾	1.17±0.19 ^{Dc3)}	1.83±0.19 ^{Cf}	3.12±0.01 ^{Bd}	3.66±0.23 ^{Ac}
	R12	1.84±0.09 ^{Dcd}	2.15±0.06 ^{Ce}	3.28±0.21 ^{Bd}	5.29±0.02 ^{Ab}
	R12H	2.00±0.01 ^{cd}	2.36±0.21 ^{de}	-	-
C	NC	1.40±0.10 ^{Ce}	2.25±0.01 ^{Bde}	3.53±0.11 ^{Ac}	3.83±0.17 ^{Ac}
	R12	1.86±0.21 ^{Dcd}	2.50±0.12 ^{Cd}	3.65±0.00 ^{Bc}	5.18±0.25 ^{Ab}
	R12H	1.76±0.22 ^d	2.60±0.03 ^d	-	-
S	NC	2.12±0.11 ^{Cc}	3.22±0.23 ^{Bc}	4.40±0.17 ^{Bb}	3.66±0.08 ^{Ac}
	R12	3.17±0.00 ^{Db}	3.62±0.08 ^{Cbc}	4.82±0.01 ^{Ba}	5.89±0.22 ^{Aa}
	R12H	4.52±0.06 ^a	4.62±0.08 ^a	-	-

Data present average±SD.

¹⁾ The washed rice was cooked with water and different oils (water W, coconut oil C and soybean oil S).

²⁾ The cooked rice samples were used as newly-cooked rice (NC), stored for 12 h in the refrigerator (R12), and microwave heating after stored for 12 h in the refrigerator (R12H).

³⁾ ^{a-e} Superscripts in the same column with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

^{A-D} Superscripts in the same row with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

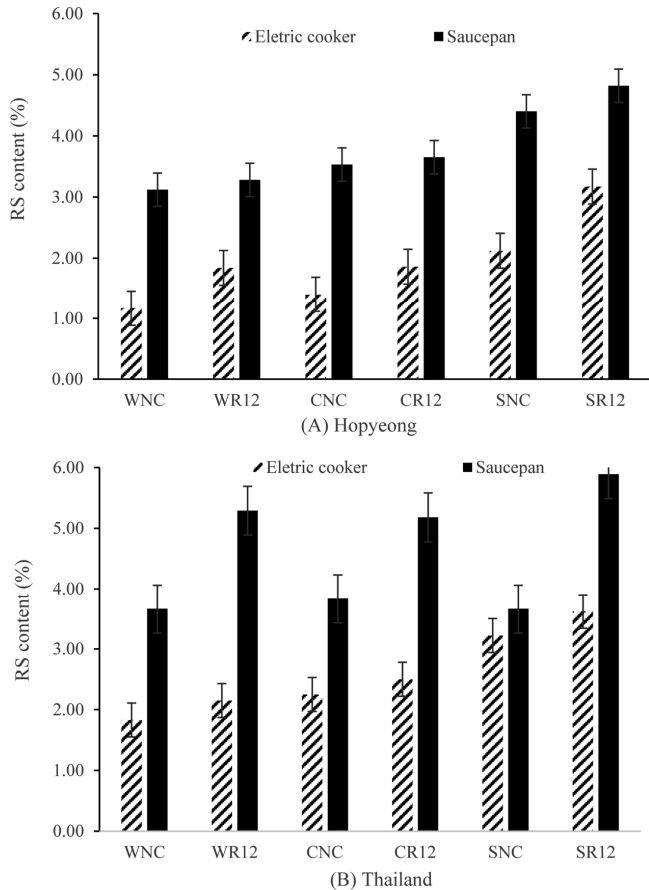


Fig. 1. RS contents of cooked rice with different cookers. Water newly-cooked rice (WNC); water newly-cooked rice and stored for 12 h in the refrigerator (WR12); water + coconut oil newly-cooked rice (CNC); water + coconut oil newly-cooked rice and stored for 12 h in the refrigerator (CR12); water + soybean oil newly-cooked rice (SNC); water + soybean oil newly-cooked rice and stored for 12 h in the refrigerator (SR12).

12시간 냉장 저장한 경우보다 더 높은 RS 함량을 나타내었다. 가스불의 세기를 가장 약하게 하여 밥을 지으면 전기밥솥으로 지은 밥보다 호화로 인해 무정형이었던 전분 구조의 재결정화가 더 잘 이루어져 저장 중 아밀로오스가 이중 나선형 구조로 잘 형성될 수 있었기 때문으로 생각되었다. 전분을 가열할 때 상압보다는 가압하여 가열하면 호화가 잘 이루어지고 이로 인해 RS 형성이 증가되어 RS 함량이 높아지는 것과 같은 경향으로 생각되었다. 유지의 첨가 유무와 관계없이 냄비로 밥을 한 경우에 모든 조건에서 더 높은 RS 함량을 나타내므로 밥을 할 때 냄비로 밥을 하였을 때 완전한 호화가 일어나지 않아 물로만 지은 밥으로 측정된 RS 함량도 3% 이상을 보임을 알 수 있었다. 압력 밥솥과 일반 전기밥솥도 밥이 되는 과정에서 가해지는 열과 압력 및 가열시간에 의해 쌀에 함유된 전분이 충분히 호화될 수 있는 조건이므로 압력 또는 전기밥솥으로 지은 밥은 완전한 호화로 인해 뜨개

지 들려져 갓 지었을 때 밥맛이 좋고 소화가 더 잘 됨을 알 수 있었다. 이에 반해 냄비로 밥을 하는 경우에는 가열조건, 불의 세기, 가열시간 등에 의해 전분의 호화 정도를 조절할 수 있음이 예측되어 밥의 소화율을 낮추기 위하여는 냄비를 사용하여 가열조건을 달리하는 방법으로 저항전분 함량을 늘릴 수 있을 것으로 생각되었다.

3. 첨가 유지 종류에 따른 저항전분 함량 비교

첨가 유지 종류에 따른 RS 함량은 Fig. 2와 같았다. 취반 방법이나 쌀의 종류와 관계없이 갓 지은 밥의 경우 유지를 첨가하였을 때 밥의 RS 함량은 물<코코넛오일<콩기름첨가 순으로 유지 첨가한 밥이 높은 RS 함량을 보였다. japonica형의 호평쌀로 지은 밥은 유지 첨가와 종류에 따른 RS 함량 증가가 유의적이었으나 indica형의 태국쌀로 지은 밥은 냉장저장에 따른 RS 함량의 증가가 유의적으로 쌀 종류에 따라 다른 경향을 보였다. 코코넛오일의 구성지방산은 84%가 포화지방산이며 6%가 단일불포화지방산, 1%가 다가 불포화지방산이며(Hong KH 2009), 콩기름은 14%가 포화지방산 23%가 단일불포화지방산, 49%가 다가 불포화지방산으로 구성되어 지방산조성 차이가 영향을 주었을 것으로 생각되었다. 코코넛오일의 포화지방산은 동물성 포화지방산의 장쇄 지방산과 달리 중쇄 지방산으로 구성되어 있다. 아밀로오스 함량이나 아밀로오스 사슬길이에 따라 결합하는 지방산의 종류가 다르며 결합된 아밀로오스-지질 복합체의 용융되는 온도가 다를 것으로 생각되었다. 본 연구 결과 코코넛오일보다는 콩기름이 아밀로오스와 복합체에 의한 RS5 형성이 더 잘 이루어짐을 확인할 수 있었다. 콩기름을 3% 첨가하여 지은 밥을 12시간 냉장저장을 하면 냄비로 호평쌀과 태국쌀로 지은 밥의 RS 함량은 각각 4.82%와 5.89%로 가장 높았다. 쌀에서 분리된 전분의 경우에는 충분한 물이 있는 조건에서 가열하였을 때 용출된 아밀로오스가 첨가한 유지와 쉽게 내접 복합체를 형성할 수 있지만 쌀의 경우에는 전분입자가 세포에 갇혀 있고 세포벽과 세포막에 의해 유지의 침투가 전분과는 다른 양상이 되고 유지의 구성 지방산에 따라 복합체 형성 능력이 달라지기 때문에 RS5에 의한 RS 함량의 증가는 낮을 것으로 예측되었다.

4. 저장조건에 따른 저항전분 함량 비교

갓 지은 밥, 12시간 냉장 저장한 밥, 냉장 저장한 밥을 전자레인지로 데운 밥의 RS 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같았다. 전기밥솥에 밥을 하는 경우 일반 아밀로오스 함량을 가진 호평쌀과 고아밀로오스 함량의 태국쌀 같은 경우 물과 코코넛 오일을 넣었을 때 냉장 저장 후에 증가하였으나 저장된 밥을 전자레인지로 데우면 변화가 없었다. 이에 반해 콩기름을 첨가하면 냉장저장 하였을 때와

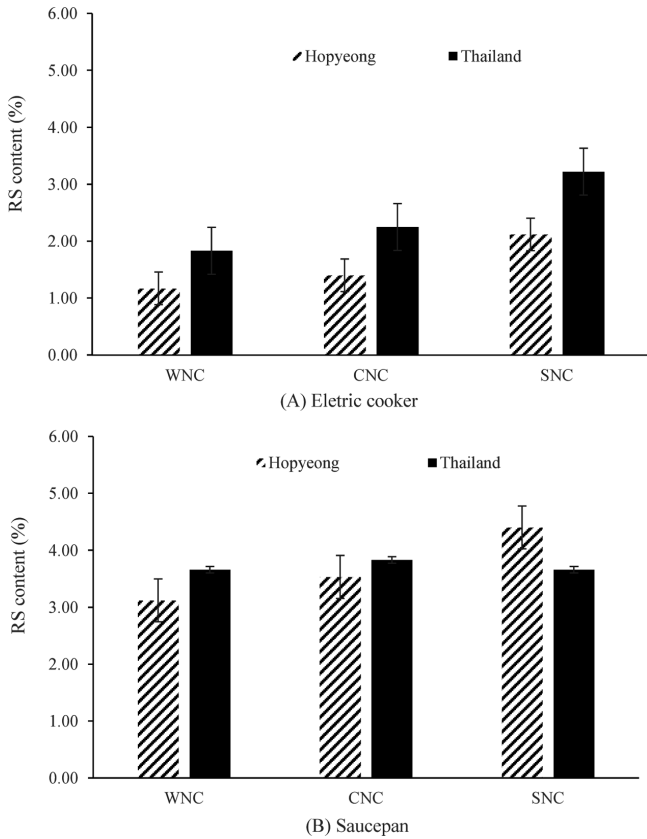


Fig. 2. Effects of oil type on the RS contents of cooked rice with different rice types. Water newly-cooked rice (WNC); water + coconut oil newly-cooked rice (CNC); water + soybean oil newly-cooked rice (SNC).

이를 전자레인지로 데웠을 때 모두 RS 함량이 증가하여 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 가스불로 냄비로 밥을 한 경우에는 유지 첨가 없이 갓 지은 밥의 경우에 RS 함량이 3.12%와 3.66%, 코코넛 오일 첨가 시 3.53%와 3.83%, 콩기름을 첨가하면 4.40%와 3.66%로 갓 지은 밥의 RS 함량이 전기밥솥보다 높아 취반기구에 영향을 있음을 알았고 또한 냉장 저장에 의해 태국쌀의 RS 함량의 증가 정도는 3.66에서 5.29%, 3.83에서 5.18%, 3.66에서 5.89%로 첨가유지에 따라 차이를 보이나 모두 RS가 증가되어 아밀로오스 함량이 높은 전분을 함유한 쌀의 RS 형성이 잘 일어남을 알 수 있었다. 12시간 냉장 저장한 밥은 RS 형성이 증가하는 경향을 보이나 취반 기구나 쌀의 종류, 첨가하는 유지 종류에 따라 영향을 받음을 확인하였다.

5. ANOVA를 이용한 주 효과 및 교호작용 검정

쌀의 종류, 저장조건, 취반 기구 및 첨가 유지종류를 달리한 밥의 RS 함량에 각각 어떤 효과를 주는지 또는 2-4 개의 요인이 상호 어떻게 작용하는지 ANOVA를 이용하여 비교 검정한 결과는 Table 2와 같았다. 4개 요인이 각

Table 2. The main and interaction effects of resistant starch contents of cooked rice using multiway ANOVA

Source ²⁾	df	SSQ	MS	F	P
Modified model	23	75.071 ¹⁾	3.264	72.988	0.000
intercept	1	499.037	499.037	11159.447	0.000
Rice type (R)	1	6.358	6.358	142.185	0.000
Storage condition (S)	1	6.863	6.863	153.470	0.000
Cooking method (C)	1	44.911	44.911	1004.307	0.000
Oil type (O)	2	10.110	5.055	113.038	0.000
R × S	1	0.910	0.910	20.355	0.000
R × O	2	0.409	0.204	4.568	0.021
S × C	1	0.637	0.637	14.247	0.001
S × O	2	0.482	0.241	5.394	0.012
C × O	2	0.461	0.231	5.155	0.014
R × S × C	1	2.722	2.722	60.864	0.000
R × C × O	2	0.999	0.499	11.168	0.000
Error	24	1.073	0.045		
Sum	48	575.180			
Sum of modified	47	76.144			

df; degree of freedom, SSQ; the sum of squares, MS; the mean squares, F; dividing the MS for the effect by the MS for error (MSE), P; probability

¹⁾ R² = 0.986 (modified model R² = 0.972)

²⁾ Rice type (R), japonica and indica type; storage condition (S), newly-cooked rice and stored for 12 h in the refrigerator; cookers (C), electric cooker and saucepan; oil type (O), water, water +coconut oil, and water +soybean oil.

각 밥의 저항전분 함량에 유의적인 주 효과를 나타냈다 ($p < 0.05$). 3차 교호작용까지 존재하였으며 냄비로 호평쌀과 태국쌀로 밥을 하여 12시간 저장한 밥의 저항전분 함량이 가장 높았고 각각 평균값은 3.91%와 5.45%이었다. 저항전분 함량이 가장 높은 조건은 콩기름을 첨가하여 냄비로 지은 밥이며 호평쌀과 태국쌀의 경우 평균값은 각각 4.61%와 4.78%이었다.

IV. 요약 및 결론

아밀로오스 함량이 다른 국내산 japonica형 호평쌀 (19.44%)과 수입산 indica형 태국쌀(28.16%)을 이용하여 코코넛 오일과 콩기름을 3%(쌀무게) 첨가하여 전기밥솥과 가스 불을 이용한 냄비로 밥을 지어 갓 지은 밥(NC), 12시간 냉장 저장한 밥(R12), 냉장 저장한 밥을 전자레인지로 데운 밥(R12H)의 저항전분(RS) 함량을 AOAC 방법 (2000)으로 측정하여 비교하였다. 같은 조건으로 밥을

지었을 때 indica형의 태국쌀로 지은 밥은 japonica형 호평쌀밥보다 저항전분 함량이 높았다. 전기밥솥보다는 약한 세기의 가스 불을 이용하여 냄비로 지었을 때 저항전분 함량이 더 높았다. 유지 첨가에 따라 두 종류의 쌀로 지은 밥의 저항전분 함량은 모두 증가하였으며 코코넛오일보다는 콩기름을 첨가하였을 때 더 높았고 12시간 냉장 저장한 냄비로 지은 밥의 경우 가장 높아 호평쌀밥과 태국쌀밥의 각각 4.82%와 5.89%를 나타냈다. 냉장저장 또는 냉장 저장한 밥을 재 가열했을 때 갓 지은 밥보다 저항전분 함량은 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 다변량 분산분석 결과 쌀의 종류, 취반 방법, 유지종류, 저장조건 각각 유의적인 효과를 보였으며 상호교호작용 효과도 보였다.

Conflict of Interest

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

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Myung Hwan Na for helpful discussion.

References

- Anoja M. 2015. New low-calorie rice could help cut rising obesity rates. American Chemical Society. Available from: <http://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2015/march/new-low-calorie-rice-could-help-cut-rising-obesity-rates.html>. Accessed June 5, 2015
- AOAC. 2000. Approved methods of the Association of Official Analytical Chemists, 17th ed. Method 991.43 Total dietary fiber enzymatic-gravimetric method. The Association: Gaithersburg, MD, USA
- Asp NG. 1992. Resistant starch. Proceedings from the 2nd plenary meeting of EURESTA: European Flair concerted action no. 11 (COST 911): Physiological implications of the consumption of resistant starch in man. Eur J Clin Nutr 46(Suppl 2):S1
- Choi SY, Shin MS. 2009. Properties of rice flours prepared from domestic high amylose rices. Korean J Food Sci Technol 41(1):16-20
- Dupuis JH, Liu Q, Yada RY. 2014. Methodologies for increasing the resistant starch content of food starches: A review. Compr Rev Food Sci Food Saf 13(6):1219-1234
- Erlingen RC, Crombez M, Delcour JA. 1993. Enzyme-resistant starch. I. Quantitative and qualitative influence of incubation time and temperature of autoclaved starch on resistant starch formation. Cereal Chem 70(3):339-344
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Eur J Clin Nutr 46(Suppl 2):S33-50
- Hasjim J, Lee SO, Hendrich S, Setiawan S, Ai Y, Jane JL. 2010. Characterization of a novel resistant-starch and its effects on postprandial plasma-glucose and insulin responses. Cereal Chem 87(4):257-262
- Hong KH. 2009. Dietary therapy for prevention of atherosclerosis. J Korean Med Assoc 52(3):287-298
- Kim JE, Zhang C, Shin MS. 2015. Forming rice starch gels by adding retrograded and cross-linked resistant starch prepared from rice starch. Food Sci Biotechnol 24(3):835-841
- Kum JS, Lee CH, Baek KH, Lee SH, Lee HY. 1995. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. Korean J Food Sci Technol 27(3):365-369
- Lee SK, Hong YH, Shin MS. 1999. The effect of mild-acid treated waxy starches on the yield of resistant starch. Korean J Food Cook Sci 15(4):418-425
- Mun SH, Baek MY, Shin MS. 1997. Effect of amylose content on the physical properties of resistant starches. Korean J Food Sci Technol 29(3):516-521
- Park SJ, Park KW, Shin MS. 2011. The cooking characteristics of high-yielding japonica and tongil type rice. Korean J Food Cook Sci 27(6):735-743
- Rani MR, Bhattacharya KR. 1995. Microscop of rice starch granules during cooking. Starch/Stärke 47(9):334-337
- Shin MS. 1999. Resistant starch. Korean J Human Ecol 2(2):29-38
- Wi EU, Park JH, Shin MS. 2013. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korea organic rice varieties. Korean J Food Cook Sci 29(6):785-793
- Zhang W, Bi J, Yan X, Wang H, Zhu C, Wang J, Wan J. 2007. *In vitro* measurement of resistant starch of cooked milled rice and physico-chemical characteristics affecting its formation. Food Chem 105(2):462-468

Received on Dec.3, 2015/ Revised on Jan.19, 2016/ Accepted on Jan.19, 2016