

## 발아에 따른 현미의 아밀로펙틴 중합도와 식감관련 특성에 관한 연구

이경하<sup>1</sup> · 윤순덕<sup>1</sup> · 이정희<sup>1</sup> · 원용재<sup>1</sup> · 최인덕<sup>1</sup> · 박혜영<sup>1</sup> · 우관식<sup>1</sup> · 오세관<sup>1,†</sup>

### Studies on the Degree of Polymerization of Amylopectin and Texture Analysis Test of Brown Rice After Germination

Kyung-Ha Lee<sup>1</sup>, Soon-Duck Yoon<sup>1</sup>, Jeong-Heui Lee<sup>1</sup>, Yong-Jae Won<sup>1</sup>, Induck Choi<sup>1</sup>, Hye-Young Park<sup>1</sup>, Koan-Sik Woo<sup>1</sup>, and Sea-Kwan Oh<sup>1,†</sup>

**ABSTRACT** The objective of this study was to evaluate quality properties, including amylopectin content, and texture analysis of brown rice and germinated brown rice cultivars in Korea for rice processing products. The amylopectin short chain content of germinated brown rice was significantly higher than that of brown rice. Texture analysis test showed that germinated brown rice Jinbo had the lowest hardness and toughness as well as and highest stickiness and adhesiveness. The correlation between degree of polymerization of amylopectin and texture analysis was also evaluated. In particular, germinated brown rice, short-chain amylopectin showed a negative correlation with hardness and toughness, whereas long-chain amylopectin showed a positive correlation with hardness, toughness, and adhesiveness. These results indicate that there is a relationship between degree of polymerization and texture analysis.

**Keywords** : Amylopectin, Brown rice, Germinated brown rice, Texture analysis

쌀(*Oryza sativa* L.)에 함유된 생리활성물질들에 대한 관심이 높아지면서 기능성 소재로서 쌀의 이용성이 증대되고 있다. 현미는 단백질, 지방, 식이섬유, 비타민 등 영양성분이 풍부하며, 항산화 및 항당뇨 활성 등 성인병 예방에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Ha *et al.*, 1999; Kang *et al.*, 2003). 이렇듯 현미는 백미에 비해 영양적으로 우수하나, 백미와 다르게 외피가 두껍고 질기며, 지질 등 구성성분으로 인한 수분의 침투가 어렵고 호화가 제한되어, 취반 후 현미밥의 경도가 높고 거칠어 식미가 떨어지는 단점을 가지고 있다(Park & Woo, 1991). 최근에는 현미의 단점을 극복하기 위해서 현미를 0.5~2 mm 정도로 싹을 틔운 발아 현미가 각광받고 있으며, 발아되는 과정에서 조직이 부드러워져 질감을 개선하고 식미를 향상시킬 뿐만 아니라 식이섬유, ferulic acid, tocotrienols, 마그네슘, 아연,  $\gamma$ -oryzanol,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) 및  $\beta$ -sitosterol 등 각종 영양

기능성 성분 및 효소들이 활성화되는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2001; Oh, 2002). 최근 발아 과정을 거쳐 조직이 연화되고 식미감이 개선된 발아현미의 소비량은 증대되고 있는 실정이며, 그에 따른 연구가 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2012).

쌀 전분의 소화율은 전분의 입자 크기, 아밀로펙틴의 가지사슬 구조, 결정성 등의 영향을 받는다(Chung *et al.*, 2011). Kim *et al.* (1990)은 전분의 아밀로오스에 큰 차이가 없음에도 불구하고, 결정구조, 팽윤력, 염류에 대한 호화양상 등 물리적 성질이 달랐다고 하였다. 따라서 아밀로오스함량이 비슷한 쌀에서의 취반특성은 전분의 결정성과 아밀로펙틴의 사슬구조 등 분자 구조적 성질과 관련이 있다고 생각되어진다. 아밀로펙틴의 분자구조에 의한 쌀의 특성연구는 Takeda *et al.* (1987)과 Hizukuri *et al.* (1989)에 의한 일본형 쌀과 인도형 쌀의 차이가 아밀로펙틴에 있다

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 (Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 441-857, Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Sea-Kwan Oh; (Phone) +82-31-695-0610; (E-mail) [ohskwan@korea.kr](mailto:ohskwan@korea.kr)

<Received 30 June, 2015; Revised 18 September, 2015; Accepted 21 December, 2015>

는 보고와 Reddy *et al.* (1993)에 의한 밥의 텍스처 차이가 아밀로펙틴의 긴 B 사슬과 불용성 아밀로오스와 결합차이에 기인한다는 보고가 있다. 또한 일반계와 통일계 쌀의 아밀로펙틴과 분자구조적 특성과 밥의 텍스처와의 관련성을 검토한 보고가 있다(Kang *et al.*, 1995B).

이처럼 다양한 쌀 전분의 이화학적 특성에 대한 연구가 진행되어 왔으나(Kum *et al.*, 2004) 국내산 쌀 품종에 따른 아밀로펙틴의 사슬구조 등의 전분의 분자 및 결정 구조의 특성에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 전분의 분자 및 결정 구조와 식감간의 상관성에 대한 충분한 연구가 진행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 아밀로펙틴의 분자구조가 밥의 식감에 영향을 주는 것으로 보여 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성되어진 미광(Migwang), 주안(Juan), 진보(Jinbo), 하이아미(Haiami) 품종들의 현미 발아전후의 아밀로펙틴의 분자구조적 특성을 조사하고 밥의 식감과와의 관련성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용된 재료는 2010년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 재배, 수확되었으며 밥쌀용으로 개발된 최고품질 쌀인 미광(*Oryza sativa* cv. Migwang)과 하이아미(Haiami) 그리고 호화특성이 우수하고 노화가 지연되는 특성이 있는 주안(Juan) 및 밥맛이 뛰어나면서 재배 안정성이 높은 진보(Jinbo)를 사용하였으며(Kim *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2012; Oh *et al.*, 2010), 정조는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다. 제현한 현미중 일부는 발아현미 가공전문업체인 (주)미실란(Gokseong, Korea)에서 30°C, 24 시간동안 발아시킨 후 자체 개발한 특수 저온 건조방식의 건조과정을 거쳐 각 품종의 발아현미를 제조하였고 이들을 분쇄하여 분석에 이용하였다.

### 아밀로펙틴 분석

시료의 아밀로펙틴 사슬 분포를 측정하기 위해 HPAEC-

PAD (High Performance Anion-exchange Chromatography with the pulse amperometric detection, DX-500, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 Suzuki *et al.* (Suzuki *et al.*, 2006)의 방법에 의해 분석하였다. 분석에 사용된 칼럼은 Cabopac PA-1 (250×4 mm I.D., 10.0 um partical size, USA)이었으며 용매는 150 mM NaOH과 500 mM CH<sub>3</sub>COONa을 포함한 150 mM NaOH을 사용하였다. 시간에 따른 용매의 농도는 Table 1에 나타내었으며 시료 주입량은 25 µL이다.

### 식감측정

식감측정은 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 기계적으로 간편하게 묘사할 수 있는 방법으로서 사용 장비는 일본에서 개발된 밥 식감측정기(My Boy System, Taketomo Electric Inc., Tokyo, Japan)를 사용하였다(Naito and Ogawa, 1998). 품종간 식감측정을 위한 취반은 현미 혹은 발아현미 약 30 g을 스테인레스 컵(높이 8 cm, 직경 4 cm)에 넣고 가볍게 젖으면서 물로 2회 수세한 후, 0.5% 소금물을 약 1.2배 첨가하여 17시간 침지시켰다. 이후 자체 제작한 다점취반기(multisample rice cooker)에 넣고 강한 불로 10분, 중간 불로 8분, 약한불로 13분 동안 열을 가하여 취반하였으며, 다음에는 용기 내 물을 제거한 후 약한 불로 10분 동안 뜸을 들인 다음 상온이 될 때까지 방치한 시료를 식감측정의 시료로 사용하였다. 취반한 밥을 10 g 씩 무작위로 평량하여 시료컵에 압축성형하고 2분간 정치시킨 다음 puncture 프로브(접촉 면적 25 mm<sup>2</sup>)가 설치된 밥 식감측정기에 장착하여 20 kgw의 하중으로 First Bite 25%, Second Bite 90%의 압력으로 5반복으로 측정하였다. 조사항목은 밥의 경도(hardness), 탄력성(toughness), 찰기(stickiness) 및 부착성(adhesiveness)을 측정 하였다(Yoon *et al.*, 2011; Takahashi *et al.*, 2011).

### 통계분석

현미의 발아 전·후의 품질 특성 등 각 항목의 측정값은 SPSS통계 package program (Statistical Package Social Science, Version.12.0)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시험군 간의 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)으로 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하

**Table 1.** Gradient elution program for analysis of chain-length distribution (%).

Time (min)	0	6	17	34	53	113	213	223
150 mM NaOH	70	60	50	40	35	30	10	0
150 mM NaOH-500 mM NaOAc	30	40	50	60	65	70	90	100

였다. 쌀 아밀로펙틴의 중합도와 식감 특성과의 관련성은 상관분석(Correlation)을 실시하여 살펴보았다.

### 결과 및 고찰

#### 아밀로펙틴 중합도

벼 품종별 호화특성 차이의 원인을 찾기 위해 아밀로펙틴 중합도를 측정된 결과 Table 2와 같이 나타내었다. 중합도(Degree of polymerization, DP) 6~12에 해당하는 단쇄의 경우 발아현미가 일반현미에 비해 유의적으로 높아졌으며 이는 중합도 13~24에 해당하는 중쇄비율에서도 그 경향이 같게 나타났다. 반면 중합도 25~36에 해당하는 장쇄와 중합도 37이상의 초장쇄 비율에서는 현미보다 발아현미에서 비율이 낮아지는 경향을 나타내었다(Kim *et al.*, 2013; Oh *et al.*, 2012). 이와 같은 결과는 모든 품종에서 같은 경향을 나타내었으며 중합도 6~12에 해당하는 단쇄비율의 경우 하이아미에서 발아 전에는 33.32%이며 발아 후에는 34.44%로 나타나 가장 큰 차이를 보였으며, 중합도 37이상이 초장쇄 비율에서는 주안에서 발아 전에는 4.15%이며 발아 후에는 3.38%로 가장 큰 차이를 보였다.

또한 중합도 6~12에 해당하는 단쇄비율의 경우 하이아미 발아현미가 34.44%로서 유의하게 그 비율이 높았으며 진보 발아현미 33.97%, 주안 33.65%, 미광 33.35% 순으로 높은 값을 나타내었다. 반면, 중합도 13~24에 해당하는 중단쇄 비율은 주안 발아현미에서 52.51%로서 유의적으로 가장 높게 나타났다. 현미의 경우 중합도 25~36의 긴 아밀로펙틴 사슬은 주안에서 11.90%로서 가장 높게 나타났으며, 발아현미의 경우 진보와 하이아미에서 각각 10.29%와 10.35%로서 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 중합도 37

이상의 초장쇄 비율에서도 주안현미가 4.15%로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다.

일반적으로 아밀로펙틴 중합도의 비율중에서 단쇄비율이 장쇄비율보다 상대적으로 높은 품종이 밥맛이 우수한 특성을 나타내는 것으로 알려지고 있다(Kim *et al.*, 2007). 밥의 경도 값이 클수록 아밀로스 함량은 높고, 아밀로펙틴 중합도는 장쇄비율이 높으며, 긴 사슬 분포가 많으면 단백질, 지질 등의 분자 내 상호작용에 의하여 보다 단단한 질감을 나타낸다고 보고되었다(Ong & Blanshard, 1995).

또한 Kang *et al.* (1995A)은 밥의 식감은 아밀로펙틴의 긴 사슬이 적고 짧은 사슬이 많이 분포할수록 밥의 경도가 낮고 부착성이 높았다고 하였다. Ham & Hamaker (2001)에 따르면 쌀 전분호화 과정 중 팽윤된 전분립의 강하점도(breakdown)는 아밀로펙틴의 짧은 사슬부분과는 정의 상관관계를 가지며 긴 사슬부분과는 부의 상관관계를 가진다고 보고하였으며, Chikubu *et al.* (1985)과 Endo *et al.* (1973)도 일반적으로 최고점도(Peak)와 강하점도(Break down)가 높을수록 치반점도(Setback)와 응집점도(Consistency)는 낮을수록 식미가 양호하며, 최고점도와 강하점도, 치반 점도가 관능식미와 높은 상관을 보인다고 보고되었다. Kim *et al.* (2012)은 전분 구조와 호화점도 관계에서 각각의 단쇄와 중쇄의 비율에 따라 점도의 차이가 나타나는 것으로 사료되며, 또한 현미는 발아되는 과정에서 호화점도가 향상되어 상대적으로 짧은 사슬의 비율이 높아지는 것을 통하여 현미보다 발아현미가 식감과 맛이 향상되는 것으로 보인다 하였다.

따라서 본 연구결과에서는 발아에 의해 아밀로펙틴의 단쇄비율이 높아지는 결과를 확인하였으며 이로 인해서 식미에 좋은 영향을 끼칠 수 있을 것으로 기대된다.

**Table 2.** The distribution of amylopectin chain length in brown rice and germinated brown rice.

Varieties		DP <sup>3)</sup> 6~12	DP 13~24	DP 25~36	DP 37~60
Migwang	BR <sup>1)</sup>	33.11±0.09e <sup>4,5)</sup>	52.31±0.08b	10.81±0.13c	3.76±0.04c
	GBR <sup>2)</sup>	33.35±0.11d	52.41±0.01ab	10.67±0.04d	3.55±0.08d
Juan	BR	32.96±0.17e	50.98±0.12f	11.90±0.13a	4.15±0.16a
	GBR	33.65±0.13c	52.51±0.03a	10.46±0.06e	3.38±0.07e
Jinbo	BR	33.49±0.19cd	51.64±0.25d	11.21±0.12b	3.68±0.11c
	GBR	33.97±0.06b	52.43±0.05ab	10.29±0.02f	3.31±0.01ef
Haiami	BR	33.32±0.07d	51.45±0.07e	11.31±0.05b	3.93±0.03b
	GBR	34.44±0.04a	52.01±0.03c	10.35±0.03ef	3.21±0.02f

<sup>1)</sup>BR :Brown rice <sup>2)</sup>GBR: Germinated brown rice <sup>3)</sup>DP: Degree of polymerization <sup>4)</sup>Each value is mean±standard deviation.

<sup>5)</sup>Different letters in the same row indicate significant difference (by ANOVA and Duncan's test,  $p < 0.05$ )

### 식감측정

밥의 물성 측정 전용 분석기기인 밥 식감측정기(Tensipresser)를 이용하여 품종별 현미와 발아현미 밥의 식감을 측정한 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

미광의 현미밥과 발아현미밥에서는 경도와 찰기는 비슷한 수준이었지만 탄력성(씹힘성)은 현미밥에서 부착성은 발아현미밥에서 각각 높았다. 주안의 경우에는 현미밥에서는 경도와 탄력성이 각각 86.3과 51.0인데 비하여 발아현미밥의 경우 60.2와 36.0으로 유의적으로 낮은 값을 나타내어 현미를 발아시키게 되면 질감이 부드러워지는 결과를 확인할 수 있었으며, 찰기와 부착성은 발아 현미밥에서 44.0과 36.1, 현미밥에서 24.6과 29.9로 나타나 발아현미밥에서 찰기와 부착성이 각각 1.79, 1.21배 높게 나타났다. 진보의 경우에도 밥 경도와 탄력성이 현미밥에서 각각 84.6과 51.8, 발아현미밥에서는 44.0과 32.2로 현미밥에 비하여 유의적으로 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며, 찰기와 부착성에서는 발아현미밥에서 65.4와 42.9로 현미밥의 27.8과 30.8에 비하여 유의적으로 높게 나타나 발아현미밥에서 찰기와 부착성이 각각 2.35, 1.39배 향상되는 것을 확인할 수 있었

다. 하이아미 경우에는 현미밥의 경도와 탄력성은 비슷한 수준이었으나, 찰기와 부착성에서는 발아현미밥의 52.3과 42.7에 비하여 현미밥에서 27.3과 39.0로 나타나 발아현미밥에서 찰기와 부착성이 각각 1.92, 1.09배 높은 값을 나타내었다.

Ko *et al.* (2010)과 Oh *et al.* (2012)은 현미밥의 경도가 98.7 g인데 비하여 물 처리 발아현미의 경우 81 g으로 감소하였다고 하였으며, 식감측정 결과 경도(hardness)와 탄력성(toughness)은 현미밥에서 높게 나왔으며 찰기(stickiness)와 부착성(adhesiveness)는 발아현미에서 높은 값을 나타내었다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 이와 같은 결과는 현미는 쌀겨층 자체의 물성이 강하고 호분층의 지질이 amylose와 결합하여 호화가 쉽지 않은데 발아현미는 발아에 따른 현미조직의 연화로 인해 현미에 비해 경도가 감소하기 때문에 기호성의 향상을 기대할 수 있을 것이다(Kang *et al.*, 2003). 특히, 쌀의 식미는 경도에 의해 많이 좌우된다고 보고되는데(Chang & Hwang, 1988) 현미의 발아 과정은 현미의 소화를 방해하는 피틴산(phytic acid)을 인과 이노시톨로 바꾸어 소화가 잘 되게 할 뿐 아니라(Choi, 2001), 다

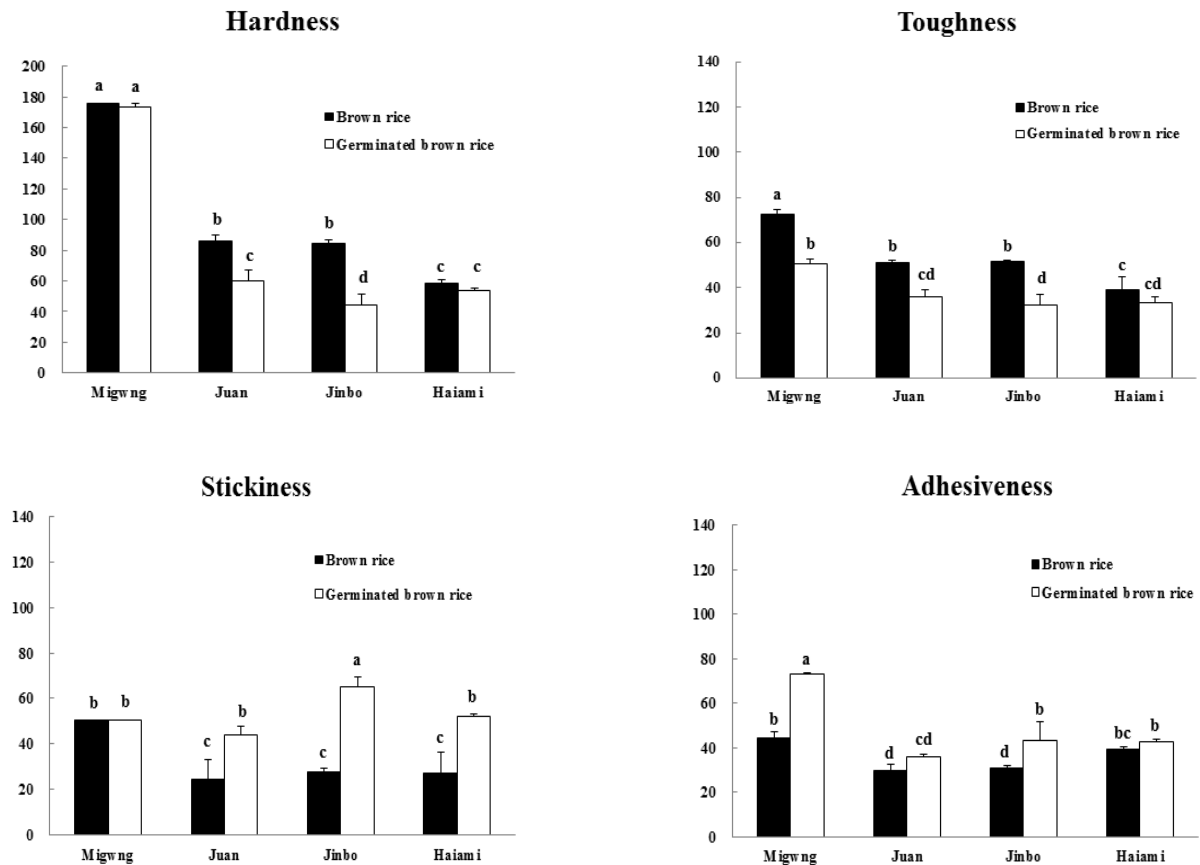


Fig. 1. Palatability description of cooked brown rice and germinated brown rice.

양한 종류의 가수분해 효소를 활성화 시켜 영양성분의 체내 흡수를 도와주고, 식이섬유,  $\gamma$ -amino butyric acid (GABA),  $\gamma$ -oryzanol 및 파이토스테롤 등 미량 기능성 성분의 함량도 증가시키는 것으로 알려져 있다(Kang *et al.*, 2006). 또한 발아현미는 발아과정 중 형성해진 외피구조와 배아부위를 통해 수분흡수가 쉬워져 수침시간이 단축되고 외피에 의한 거친 식감이 감소하여 현미에 비해 취반성과 식감이 개선되어 많이 이용되고 있으며 뿐만 아니라 발아과정 중 각종 기능성 미량 성분 등이 활성화되어 영양적인 측면에서도 우수한 것으로 알려져 있다(Cha *et al.*, 2000; Jeon *et al.*, 2010; Jung *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 1997).

따라서 이와 같은 결과로부터 현미가 발아되는 과정에서 조직이 물러진 이유로 밥의 물성이 전반적으로 부드러워지는 현상으로 나타났으며, 특히 진보의 경우에서 식감이 향상되었다.

**아밀로펙틴 중합도와 식감관련 특성과의 관계**

식감특성과 아밀로펙틴 중합도 특성과의 상관관계를 알아보고자 하여 앞에서 분석한 시료를 품종에 관계없이 현미와 발아현미로 나누어 식감 특성과 아밀로펙틴 중합도의 A, B1, B2, B3 사슬 분포와의 상관관계를 분석한 결과를 Table 3, 4에 나타내었다.

**Table 3.** Correlation coefficients between A, B1, B2, and B3 chain ratio in amylopectin and palatability description of brown rice.

BR	Hardness	Toughness	Stickiness	Adhesiveness
A <sup>1)</sup> chain	-0.301	-0.281	-0.256	-0.147
B1 <sup>2)</sup> chain	0.763**	0.677*	0.736**	0.712**
B2 <sup>3)</sup> chain	-0.616*	-0.529	-0.640*	-0.689*
B3 <sup>4)</sup> chain	-0.318	-0.291	-0.227	-0.226

<sup>1)</sup>A: DP<12, <sup>2)</sup>B1: 12<DP<24, <sup>3)</sup>B2: 24<DP<36, <sup>4)</sup>D3: 36<DP  
\*,\*\*Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

**Table 4.** Correlation coefficients between A, B1, B2, B3 chain ratio in amylopectin and palatability description of germinated brown rice.

GBR	Hardness	Toughness	Stickiness	Adhesiveness
A <sup>1)</sup> chain	-0.685*	-0.685*	0.283	-0.546
B1 <sup>2)</sup> chain	0.215	0.255	-0.208	0.060
B2 <sup>3)</sup> chain	0.855**	0.857**	-0.364	0.738**
B3 <sup>4)</sup> chain	0.773**	0.715**	-0.194	0.686*

<sup>1)</sup>A: DP<12, <sup>2)</sup>B1: 12<DP<24, <sup>3)</sup>B2: 24<DP<36, <sup>4)</sup>D3: 36<DP  
\*,\*\*Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

현미의 경우 아밀로펙틴 중합도의 단쇄 사슬인 A 사슬 분포와 경도, 탄력성, 찰기, 부착성 등의 식감특성은 부의 상관관을 보였으나 그 유의차가 인정되지 않았다. 중합도의 중쇄사슬인 B1 사슬 분포와 식감 특성은 정의 상관관계를 보였으며 그 값은 각각 경도( $r=0.763^{**}$ ), 탄력성( $r=0.677^{*}$ ), 찰기( $r=0.736^{**}$ ), 부착성( $r=0.712^{**}$ )으로 유의적으로 나타났다. 중합도의 장쇄 사슬인 B2 사슬 분포와 식감 특성은 부의 상관관계를 보였으며 그 값은 각각 경도( $r= -0.616^{*}$ ), 탄력성( $r= -0.529$ ), 찰기( $r= -0.640^{*}$ ), 부착성( $r= -0.689^{*}$ )으로 경도와 찰기 부착성에서 유의적으로 나타났다. 중합도의 초장쇄 사슬인 B3 사슬 분포와 식감 특성은 역시 부의 상관관계를 보였으나 그 값은 유의 하지 않았다.

발아현미의 경우 아밀로펙틴 중합도의 단쇄 사슬인 A 사슬 분포와 경도, 탄력성, 부착성은 부의 상관관을 찰기는 부의 상관관계 보였으며 그 값은 경도( $r= -0.685^{*}$ ), 탄력성( $r= -0.685^{*}$ )와 탄력성에서만 유의한 값을 나타냈다. 중합도의 중쇄사슬인 B1 사슬 분포와 경도, 탄력성, 부착성은 정의 상관관계를 찰기는 부의 상관관계를 보였으나 그 값은 유의 하지 않았다. 중합도의 장쇄 사슬인 B2 사슬 분포와 경도, 탄력성, 부착성은 정의 상관관계를 보였으며 그 값은 각각 경도( $r= 0.855^{**}$ ), 탄력성( $r= 0.857^{**}$ ), 부착성( $r= 0.738^{*}$ )으로 유의 하였으며 찰기( $r= -0.364$ )는 부의 상관관계를 보였으나 유의하지 않았다. 중합도의 초장쇄 사슬인 B3 사슬 분포와 경도, 탄력성, 부착성은 정의 상관관계를 보였으며 그 값은 각각 경도( $r= 0.773^{**}$ ), 탄력성( $r= 0.715^{**}$ ), 부착성( $r= 0.686^{*}$ )으로 유의 하였으며 찰기( $r= -0.194$ )는 부의 상관관계를 보였으나 유의하지 않았다. 품종별로 식감특성과 아밀로펙틴 중합도 특성과의 상관관계를 알아보고자 하여 분석하였으나(data not shown) 품종별로 상이한 결과가 나왔으며 이는 전분구조 특성의 차이로 인한 것으로 사료되며 많은 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

Radhika Reddy *et al.* (1993)은 많은 양의 불용성 아밀로오스와 긴 사슬을 더 많이 가진 아밀로펙틴으로 구성된 강하고 단단한 전분 입자를 가진 쌀의 밥은 경도가 높고, 찰기가 없으며, 촉촉한 감이 없다고 하였다, 또한 Kang *et al.* (1995A)은 밥의 텍스처는 아밀로오스의 분자량 크기가 작고 아밀로펙틴의 초장쇄가 적은 전분구조를 가진 쌀일수록, 경도는 낮고 부착성은 높아서 그 텍스처가 좋은 것으로 생각된다고 하였다. Hizukuri *et al.* (1989)는 초장쇄가 적을수록 점성이 높고 노화가 낮은 경향을 보인다고 하였다. 결국, 사슬길이가 짧고 초장쇄가 적은 아밀로펙틴을 가진 쌀밥은 그 경도가 낮고, 부착성이 높아 식감이 좋은 것으로 나타났다.

이처럼 기존에 나와 있던 보고에 따르면 단쇄비율이 많을수록 경도와 탄력성이 감소된다고 하였고, 장쇄 비율이 높을수록 경도와 탄력성이 증가한다고 하였는데, 본 실험 결과 현미에서는 뚜렷한 경향을 확인할 수 없었으며 발아 현미에서 뚜렷하게 나타났다. 그러나 본 연구결과에 따르면 경도와 탄력성, 부착성은 같은 경향을 보여 위에 서술된 연구와는 차이가 있었다. 또한 현미와 발아현미의 경향이 일정하지 않는 것은 현미의 호분층(쌀겨층)의 두께나 질감 차이, 그리고 여러 가지 품종에 따른 차이에 의해 기인하는 것으로 생각된다. 그리고 현미에서는 어떠한 뚜렷한 경향을 살펴볼 수 없었으나, 발아하는 과정에서 품종 간 조직변화 차이가 줄어들면서 일정한 경향이 보이는 것으로 사료된다.

반면 Hong (2006)은 B1 사슬분포가 밥모양, 밥냄새, 밥맛, 찰기, 질감, 식미총평 등 식미관능 특성의 모든 항목과 고도의 부의 상관을 보였으며, B2 사슬분포는 식미관능 특성과 정의 상관관계를 나타냈고, 가장 긴 사슬인 B3 사슬분포도 역시 식미관능 특성과는 고도의 정의 상관관계를 보여 식미관능 특성과 긴 사슬인 B2, B3 사슬분포와 정의 상관관계를 보였다고 하였다. 이와 같은 결과는 우리나라 사람의 밥에 대한 기호도가 밥이 차지고, 고슬고슬하고, 탄력이 있는 것을 좋아하는 경향과 관련이 있는 것으로 생각되며 또한 식미특성은 A, B1, B3 사슬의 적절한 비율에 따라 많은 영향을 받는 것으로 보고되고 있다고 하였다(Choi, 2002; Tsai *et al.*, 1997; Umemoto *et al.*, 1999).

따라서 아밀로펙틴의 길이와 식감 및 좋은 밥맛 등의 식미의 상관관계를 정의하기 위해서는 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 기계적으로 간편하게 묘사할 수 있는 밥 식감측정기 결과뿐만 아니라 식미지수와 식미관능특성 등의 연구결과 그리고 아밀로펙틴의 사슬길이의 적절한 비율에 따른 상기 서술한 특성 등의 연구결과가 더 이루어져야 할 것이다.

## 적 요

본 연구는 국내 주요 벼 품종들 중 일부 품종들에 대하여 현미와 발아현미에 대한 아밀로펙틴 중합도와 식감관련 특성에 대해 비교·분석하였다.

아밀로펙틴은 단쇄비율이 높고 장쇄비율이 낮은 품종이 밥맛이 우수한 특성을 나타내는 것으로 알려져 있는데 본 연구결과 발아현미가 일반현미에 비해 유의적으로 높아지는 결과를 나타냈다. 특히 하이아미와 진보가 다른 품종들에 비하여 유의적으로 단쇄비율이 높고 장쇄비율이 낮은 것으

로 나타났다.

식감측정결과 진보의 경우 현미의 경도(hardness)와 탄력성(toughness)이 각각 84.6과 51.8에서 발아과정을 통해서 50.2와 30.2로 감소하였으며 찰기(stickiness)와 부착성(adhesiveness)은 발아현미밥의 60.6와 42.9에 비하여 현미밥에서 27.8과 30.8로 나타나 발아현미밥에서 찰기와 부착성이 각각 2.18, 1.39배 높은 값을 나타내었다.

또한 식감과 아밀로펙틴 중합도 특성과의 관계를 알아보기 위하여 경도, 탄력성, 찰기, 부착성과 아밀로펙틴 중합도 특성과의 상관관계를 분석하였는데, 발아현미에서 단쇄비율이 많을수록 경도와 탄력성이 감소되고 장쇄 비율이 높을수록 경도와 탄력성, 부착성이 증가하는 경향이 나타났다.

따라서 본 연구에서는 주요 벼 품종들의 현미에 대하여 발아 전과 후의 아밀로펙틴 중합도와 식감관련 특성을 종합적으로 비교·분석한 결과 발아과정에서 현미의 조직변화가 나타나고 발아 후 식감이 부드러워지고 찰기가 증대되어 밥맛이 향상된 것을 입증할 수 있었다. 또한 식감과 아밀로펙틴 중합도 특성과의 관계는 발아현미에서 뚜렷한 경향을 나타냈으며, 본 연구가 아밀로펙틴의 길이와 식감의 상관관계를 밝히기 위한 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술사업(과제번호 : PJ011676012015)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Cha, Y. S., H. Y. Kim, J. R. Soh, and S. H. Oh. 2000. Changes of carnitine levels during the germination of soybean seeds. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29 : 762-765.
- Chang, I. Y. and I. K. Hwang. 1988. A study of physico-chemical analysis and sensory evaluation for cooked rices made by several cooking methods (II). *Korean J. Food Cookery Sci.* 4 : 51-57.
- Chikubu, S., S. Watanabe, T. Sugimoto, N. Mamabe, F. Sakai, and Y. Taniguchi. 1985. Establishment of palatability estimation formula of rice by multiple regression analysis. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 32 : 51-60.
- Choi, H. C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J. Crop Sci.* 47 : 15-32.
- Choi, J. H. 2001. Quality characteristics of the bread with sprouted

- brown rice flour. Korean J. Food Cookery Sci. 17 : 323-328.
- Chung, H. J., Q. Liu, L. Lee, and D. Wei. 2011. Relationship between the structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of rice starches with different amylose contents. Food Hydrocolloid. 25 : 968-975.
- Endo, I., S. Chikubu, M. Suzuki, K. Kobayashi, and M. Naka. 1973. Palatability evaluation of cooked milled rice by physicochemical measurement. Rept. Natl. Food Res. Inst. 31 : 1-11.
- Ha, T. Y., S. H. Park, C. H. Lee, and S. H. Lee. 1999. Chemical composition of pigmented rice varieties. Korean J. Food Sci Technol. 31 : 336-341.
- Ham, X. Z. and B. R. Hamaker. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. J. Cereal Sci. 34 : 279-284.
- Hong, H. C. 2006. Studies on the degree of polymerization of amylopectin and eating quality characteristics in rice (*Oryzasativa L.*). Dongguk Univ. doctor's degree dissertation. Seoul, Korea.
- Hizukuri, S., Y. Takeda, N. Maruta, and B. Juliano. 1989. Molecular structures of rice starch. Carbohydr. Res. 189 : 227-235.
- Jeon, G. U., M. Y. Lee, J. M. Yoon, S. H. Jang, M. R. Jung, H. S. Jeong, and J. S. Lee. 2010. Effects of heat treatment and selected medicinal plant extracts on GABA content after germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 154-158.
- Jung, I. S., Y. J. Kim, I. S. Choi, E. Y. Choi, S. H. Shin, S. W. Gal, and Y. J. Choi. 2007. Studies on antioxidant activity and inhibition of nitric oxide synthesis of germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*. J. Life Sci. 17 : 1141-1146.
- Kang, B. R., M. Park, and H. S. Lee. 2006. Germination dependency of antioxidative activities in brown rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35 : 389-394.
- Kang, K. J., K. Kim, and S. K. Kim. 1995A. Relationship between Molecular Structure of Rice Amylopectin and Texture of Cooked Rice. Korean J. Food Sci Technol. 27 : 105-111.
- Kang, K. J., K. Kim, and S. K. Kim. 1995B. Structure of Hot-water soluble rice starch in relation to the structure of rice starch and texture of cooked rice. Korean J. Food Sci Technol. 27 : 757-761.
- Kang, M. Y., S. Y. Nam, and S. H. Shin. 2003. Antioxidant and antimutagenic activity of solvent-fractionated layers of colored rice bran. Korean J. Food Sci Technol. 35 : 951-958.
- Kang, M. Y., Y. R. Lee, and S. H. Nam. 2003. Characterization of the germinated rice to examine an application potentials as functional rice processed foods. Korean J. Food Sci Technol. 35 : 696-701.
- Kim, B. C. and S. Y. Ahn. 1990. Molecular structural properties of rice amylopectins. J. Korean Soc Appl Biol Chem. 33 : 34-38.
- Kim, D. J., S. K. Oh, J. H. Lee, M. R. Yoon, I. S. Choi, D. H. Lee, and Y. G. Kim. 2012. Changes in quality properties of brown rice after germination. Korean J. Food Sci. Technol. 44 : 300-305.
- Kim, H. W., S. K. Oh, D. J. Kim, M. R. Yoon, J. H. Lee, I. S. Choi, Y. G. Kim, and K. N. Cha. 2012. Changes in Contents of Nutritional Components and Eating Quality of Brown Rice by Pericarp Milling. Korean J. Crop Sci. 57 : 35-40.
- Kim, I. S., S. H. Han, and K. W. Han. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26 : 1058-1062.
- Kim, J. H., S. H. Nam, M. H. Kim, J. K. Sohn, and M. Y. Kang. 2007. Cooking properties of rice with pigmented rice brane extract. Korean J. Crop Sci. 52 : 60-68.
- Kim, J. I., N. B. Park, J. Y. Lee, D. S. Park, U. S. Yeo, J. K. Chang, J. H. Kang, B. G. Oh, O. D. Kwon, D. Y. Kwak, J. H. Lee, G. H. Yi, C. S. Kim, Y. C. Song, J. H. Cho, M. H. Nam, J. I. Choung, M. S. Shin, M. G. Jeon, S. J. Yang, H. W. Kang, J. G. Ahn, and J. K. Kim. 2011. A New Medium Maturing and High Quality Rice Variety with Lodging and Disease Resistance, 'Jinbo'. Kor. J. Breed. Sci. 43 : 165-171.
- Kim, J. O., M. S. Shin, and H. K. Ro. 2013. Quality properties of Sulgi with different mixed ratio of brown rice flour and germinated brown rice flour. Korean J. Food cookery sci. 29 : 591-598.
- Kim, K. A. and E. R. Jeon. 1996. Physicochemical properties and hydration of rice on various polishing degrees. Korean J. Food Sci Technol. 28 : 959-964.
- Kim, S. L., Y. K. Son, J. R. Son, and H. S. Hur. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. Korean J. Crop Sci. 46 : 221-228.
- Kim, S. S., Y. K. Kim, and W. J. Lee. 1998. Microwave vacuum drying of germinated brown rice as a potential raw material for enzyme food. Korean J. Food Sci Technol. 30 : 1107-1113.
- Ko, J. A., K. O. Kim, and H. J. Park. 2010. Effects of molecular weight and chitosan concentration on GABA ( $\gamma$ -Aminobutyric Acid) contents of germinated brown rice. Korean J. Food Sci Technol. 42 : 688-692.
- Kum, J. S., B. K. Choi, H. Y. Lee, J. D. Park, and H. J. Park. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. Korean J. Food Preserv. 11 : 182-188.
- Naito, S. and T. Ogawa. 1998. Tensipersser precision in measuring cooked rice adhesiveness. J Texture Stud 29 : 325-335.
- Oh, S. K., D. J. Kim, A. R. Cheun, M. R. Yoon, H. C. Hong, I. S. Choi, Y. J. Oh, K. B. Oh, and Y. K. Kim. 2010. Quality evaluation of Juanbyeo as aseptic-packaged cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 42 : 721-726.
- Oh, S. K., J. H. Lee, M. R. Yoon, D. J. Kim, D. H. Lee, I. S. Choi, J. S. Lee, I. H. Kim, and J. S. Lee. 2012. Physicochemical properties of germinated brown rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41 : 963-969
- Oh, Y. S. 2002. Study on nutritional properties of sprouting brown rice. Kongju National University, MS dissertation, Gongju, Korea.
- Ong, M. H. and M. V. Blanshard. 1995. Texture determinants in

- cooked, parboiled rice. I : Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. *J. Cereal Sci.* 21 : 251-260.
- Park, H. W. and K. J. Woo. 1991. The hydration properties and the cooking qualities of various brown rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 7 : 25-40.
- Radhika Reddy, K., S. Zakiuddin Ali, and K. R. Bhattacharya. 1993. The fine structure of rice-starch amylopectin and its relation to the texture of cooked rice. *Carbohydr Polym.* 22 : 267-275.
- Suzuki, K., S. Nakamura, H. Satoh, and K. Ohtsubo. 2006. Relation between chain-length distributions of waxy rice amylopectins and physical properties of rice grains. *J. Appl. Glycosci.* 53 : 227-232.
- Takahashi, S., M. Kuno, K. Nishizawa, and K. Kainuma. 2000. New method for evaluation the texture and sensory attributes of cooked rice. *J Appl Glycosci.* 47 : 343-353.
- Takeda, Y., S. Hizukuri, and B. Juliano. 1987. Structures of rice amylopectins with low and high affinities for iodine. *Carbohydr Res.* 168 : 79-88.
- Tsai, M. L., C. F. Li, and C. Y. Li. 1997. Effects of granular structures on the pasting behaviours of starches. *Cereal Chem.* 74 : 750-757.
- Umemoto, T., Y. Nakamura, H. Satoh, and K. Terashima. 1999. Differences in amylopectin structure between two rice varieties in relation to the effects of temperature during grain-filling. *Starch.* 51 : 58-62.
- Yoon, M. R., J. S. Lee, J. H. Lee, J. E. Kwak, A. R. Chun, Y. J. Won, and B. K. Kim. 2014. Comparison of textural properties in various types of brown rice. *Korean J. Food & Nutr.* 27 : 294-301.