

찰벼 품종별 이화학적 특성 및 물성 비교

유재수 · 박현수 · 조영찬 · 김보경 · 하기용*

국립식량과학원 벼백류부

Comparison of Physicochemical and Textural Properties of Glutinous Rice Cultivars

Jae-Soo Yoo, Hyun-Su Park, Young-Chan Cho, Bo-Kyeong Kim, and Ki-Young Ha*

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA

Abstract

This study was carried out to compare the varietal difference in physicochemical properties and textural properties of waxy rice cultivars. Crude protein had 5.9-7.2% varietal difference while crude lipid and crude ash contents were within the range of 0.8-2.0% and 0.3-0.6% and had a similar tendency as non-waxy rice. The amylose content was within the range of 1.79-1.93% and did not show significant differences among the tested cultivars. The water binding capacity of Hwaseonchal of the japonica cultivars scored the highest, Sinseonchal showed the lowest, while tongil-type Hangangchal showed a lower value, which can be due to a higher internal density. Baekseolchal showed the highest alkali digestion value and Sinseonchal showed the lowest. In amylogram characteristics, Baekseolchal showed the lowest value and Hwaseonchal and Sangjuchal showed higher initial temperature. Hangangchal scored higher in peak viscosity, breakdown viscosity, and final viscosity. It was prospective for all the cultivars to show slow retrogradations due to low setbacks compared to non-waxy rice and Hangangchal which showed the lowest setback. X-ray diffraction of waxy rice starch particles was typical A pattern. Hangangchal scored the highest and Hwaseonchal scored the lowest in crystallinity. One of the characteristics of cooked rice made from waxy rice is the hardness, which shows degrees of retrogradations, increased in storage time. Hangangchal showed a higher range of transformation with time and a higher retrogradation rate.

Key words: glutinous rice, japonica, tongil-type, water binding capacity, alkali digestion value, X-ray diffraction

서 론

찰쌀은 우리나라에서 예로부터 고급 쌀가공 식품제조에 이용되었으며 주로 병과류에 많이 사용되었다(Kang, 1993; Kang et al., 2000). 병과류는 시루에 분말을 넣고 증기로 찐 증병류(시루떡), 찌것에 물리적인 힘을 가하여 쳐서 만든 도병류(인절미), 모양을 만든 후 찌거나 삶은 단자병류(경단), 기름에 지진 유전병류(노치), 기름에 튀긴 한과류(유과) 등으로 구분된다(Jung, 1993; Kang, 1993; Kim, 2002). 그러나 이러한 전통 쌀가공 식품들은 의례의 간소화와 식생활 습관의 변화로 그 제조 이용이 감소되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 전통 쌀가공 식품들의 명맥 유지와 다양화 및 고급화 등에 대한 노력이 요구된다.

전통 찰쌀가공 식품의 이용도를 높이기 위해서는 우선 원료미에 대한 기초자료와 가공적성 등에 대한 다각적인 연구가 이루어져야 한다.

찰쌀을 구성하는 전분은 아밀로펙틴으로 되어 있어 아밀로오스와 아밀로펙틴을 함유한 멥쌀 전분과는 다른 특성을 나타내는데 상대적으로 조직감이 부드럽고 노화속도가 느리며, 찰기가 있다(Bea et al., 1984; Choi & Kang, 1999; Vandeputte et al., 2003; Song et al., 2008; Yu et al., 2012).

아밀로펙틴은 α -포도당이 α -1,4 결합에 의하여 연결된 아밀로오스 사슬의 군데군데에 다른 아밀로오스 사슬이 α -1,6 결합에 의하여 가지를 친 형태의 분자구조를 가지고 있다. 이러한 분자구조를 가진 입자는 결정성과 분지된 부분인 무정형을 이루며, 사슬길이의 크기나 분지정도에 따라 가공특성이 달라진다(Lu et al., 1997; Hiroyuki & Yasuhito, 2000; Sung et al., 2000; Choi, 2002).

찰벼에 대한 연구는 메벼와의 비교, 이화학적 특성, 인절미 및 유과에 대한 가공적성 등에 대한 연구가 있으나 다양한 품종별 체계적인 연구는 미미한 실정이다(Kim, 1996;

*Corresponding author: Ki-Young Ha, Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan, 570-080, Korea
Tel: +82-63-840-2255; Fax: +82-63-840-2119
E-mail: ha0ky04@korea.kr
Received May 25, 2013; revised July 9, 2013; accepted July 9, 2013

Song & Shin, 1998; Kang et al., 2000; Sung et al., 2000; Kim et al., 2008; Kim et al., 2010).

본 연구에서는 다양한 찰벼 품종별 이화학적, 호화특성 및 물성을 검토함으로써 가공적성에 맞는 품종육성과 다양한 가공품 제조에 적합한 품종선정 및 이용 증대를 위한 연구의 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료

공시재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 자포니카형인 백설찰, 눈보라, 신선찰, 보석찰, 동진찰, 백옥찰, 상주찰, 아랑향찰, 화선찰, 설향찰과 통일계인 한강찰 등 찰벼 11 품종을 사용하였다. 모든 품종의 원료미는 도정 후 4°C에 보관하였고, 성분 분석용 시료는 분쇄한 후 100 mesh 체로 쳐서 사용하였다.

일반성분

참쌀가루의 조단백질, 조지방질 및 조회분 함량은 AOAC 법에 따라 분석하였다(AOAC, 1995). 조단백질은 미량 Kjeldahl 법을, 조지방은 에테르를 용매로 사용하여 Soxhlet 법을, 조회분은 550°C에서 직접 회화법을 이용하였다.

아밀로오스 함량

요오드 비색 정량법에 따라 시료 100 mg에 95% ethanol 1 mL와 1 N NaOH 9 mL를 넣어 20분간 방치 후 끓는 물에서 10분간 가열 호화시키고, 100 mL가 되도록 증류수를 채운 다음 5 mL을 취하였다. 여기에 1 N CH₃COOH 1 mL와 2% 요오드 용액 2 mL을 첨가하고 100 mL가 되도록 증류수로 채운 뒤 20분 동안 발색시켜 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아밀로오스 함량은 Montgomery & Senti (1958)의 부탄올법으로 분리한 아밀로스와 아밀로펙틴을 일정비율로 혼합한 다음 위와 같은 방법으로 흡광도를 측정하여 구해진 식을 이용하여 계산하였다.

물결합력

물결합 능력은 Medcalf & Gilles의 방법(1965)을 변형하여 시료 500 mg에 증류수 30 mL을 가한 후 실온에서 1시간 동안 교반 한 후 미리 무게를 잰 원심관에 넣고 8,000 rpm에서 30분간 원심분리 하였다. 원심분리 된 상층액은 제거하고 침전된 찰가루와 누룽지가루의 무게를 측정하여 처음시료와의 중량비로 계산하였다.

$$\text{물결합력} (\%) = \frac{\text{침전된 찰가루의 무게(g)} - \text{처음 찰가루의 무게(g)}}{\text{처음 찰가루의 무게(g)}} \times 100$$

알칼리붕괴도

완전미 시료 6 립을 15 mL 용량의 사각 검정플라스크에 넣고 1.4% KOH 용액 10 mL를 넣어 30°C 항온기에 24 시간 정치한 후 쌀알의 퍼짐도, 맑음도 등 붕괴된 정도를 1-7까지 등급으로 나누어 조사하였다(Little et al., 1958).

호화특성

신속점도측정기(Model RVA-4, Newport Scientific Ltd., Warriewood Australia)는 적은 시료량으로 짧은 시간 내에 호화특성을 평가하는데 이용된다. 용기에 시료 3 g과 25 mL의 증류수를 넣어 분산 시키고 온도를 50-95°C까지 상승 및 유지 시킨 후 다시 50°C까지 냉각, 유지하면서 점도를 측정 하였다. 호화특성은 호화개시온도(gelatinization temperature; °C), 최고점도(peak viscosity; RVU), 최저점도(hot paste viscosity; RVU), 최종점도(final viscosity; RVU)를 구하고, 이것을 이용하여 강하점도(breakdown: 최고점도-최저점도), 치반점도(setback: 최종점도-최고점도)를 계산하였다. 점도단위는 Rapid Viscosity Unit(RVU)로 표시하였다.

X-선 회절도

전분의 X-선 회절도는 수분함량을 비슷하게 조절하여 X-ray diffractometer(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 회절각도(2θ) 45°까지 회절시켜 분석하여 피크의 위치와 강도로부터 결정화 정도를 비교하였다. X-선 회절기의 조건은 target: Cu-Kα, filter: Ni, voltage: 30 kV, current: 15 mA, full scale range: 2000 cps, scanning speed: 8°/min이었다.

밥의 물성

밥의 물성은 알루미늄 캔에 시료 10 g을 측정하여 20 mL의 물을 넣고 10분간 상온에서 수침하여 불린 후 전기밥솥에 일정량의 물을 넣고 20분 동안 취사하였다. 완성된 밥은 상온에 10분간 방치 후 Texture analyzer(Model TAXT21, Stable Micro System Co. Ltd., Haslemere, England)를 사용하여 TPA를 행하였다. 시험조건은 pre-test speed 1.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post test speed 10.0 mm/sec, trigger force 5.0 g이었고, Probe는 P/10이 사용되었다.

통계처리

각 시료간 유의성 검증은 SAS 통계처리 프로그램(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하였다. 각 자료는 분산분석에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 유의적인 차이를 $p < 0.05$ 수준으로 비교 분석하였다.

Table 1. Proximate composition and amylose content of various glutinous rice cultivars.

Varieties	Crude protein	Crude lipid	Crude Ash	Amylose
Baekseolchal	6.3±0.18	1.1±0.02	0.3±0.051	1.83±0.04
Nunbora	6.7±0.20	1.2±0.01	0.3±0.051	1.85±0.11
Sinseonchal	6.8±0.11	2.0±0.01	0.5±0.067	1.84±0.02
Boseokchal	6.9±0.06	1.9±0.01	0.4±0.019	1.93±0.03
Donginchal	6.5±0.03	0.8±0.03	0.4±0.034	1.84±0.01
Baekokchal	6.3±0.02	0.9±0.02	0.4±0.051	1.86±0.01
Sangjuchal	7.2±0.03	1.0±0.04	0.5±0.033	1.87±0.03
Aranghyangchal	6.1±0.30	1.3±0.02	0.6±0.019	1.79±0.03
Hwaseonchal	6.3±0.12	0.8±0.01	0.3±0.051	1.83±0.05
Seolhyangchal	5.9±0.03	0.9±0.03	0.4±0.067	1.81±0.02
Hangangchal	6.5±0.21	1.0±0.01	0.4±0.033	1.87±0.01

Table 2. Physicochemical properties of various glutinous rice cultivars.

Varieties	Water binding capacity(%)	Alkali digestion value
Baekseolchal	109.10 ^{bc}	5.80 ^a
Nunbora	105.41 ^c	4.48 ^c
Sinseonchal	104.71 ^c	4.00 ^d
Boseokchal	108.41 ^{bc}	4.46 ^c
Donginchal	111.99 ^b	5.36 ^{ab}
Baekokchal	111.21 ^b	5.28 ^{ab}
Sangjuchal	108.67 ^{bc}	4.36 ^c
Aranghyangchal	106.92 ^{bc}	5.61 ^a
Hwaseonchal	116.06 ^a	4.72 ^c
Seolhyangchal	106.64 ^{bc}	4.09 ^d
Hangangchal	105.42 ^c	4.56 ^c

Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

찰벼 품종별 일반성분 및 아밀로오스 함량

찰벼 품종별 일반성분 및 아밀로오스 함량은 Table 1과 같다. 조단백질 함량은 상주찰이 7.2%로 가장 높고, 설향찰이 5.9%로 낮았으며, 나머지 품종들은 6.1-6.9% 범위로 메벼와 비슷한 함량을 나타냈다(Choi, 2002). 조지방 함량은 0.8-2.0% 범위로 신선찰이 가장 높고 화선찰이 가장 낮았다. 조회분 함량은 0.3-0.6% 범위로 메벼와 비슷한 함량을 나타냈고 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 아밀로오스 함량은 보석찰이 가장 높고, 아랑향찰이 낮았으며 1.79-1.93% 범위로 찰벼 품종에 대한 다른 연구 보고와 유사하였다(Song & Shin, 1998).

찰벼 품종별 물결합 능력

물결합 능력은 전분입자의 표면에 흡착되거나 내부로 침투되는 물의 양을 측정하는 것으로(Kim et al., 2009) 쌀가루

에 함유된 전분의 부정형부분에 수분이 침투되거나 표면으로 흡착된 수분의 양과 비례하므로 식품제조 가공 시 반죽 형성 및 가공적성 등에 영향을 미친다(Ratnayake et al., 2002; Sandhu & Singh, 2006). 전분입자의 수분흡수속도는 물결합력이 클수록 반죽형성이 유리하고 증자할 때 열전달 속도를 빠르게 하며(Kim et al., 1999), 분자 상 많은 분자를 가지고 있는 찰벼가 메벼보다 수분흡수력과 보유력이 높다(Bhattacharya et al., 1972; Song & Shin, 1998). 찰벼 품종간 물결합 능력에 대한 실험 결과는 Table 2와 같다. 물결합 능력은 자포니카 품종 중 화선찰이 116.1%로 가장 높고 신선찰이 104.7%로 가장 낮았으며, 통일계인 한강찰이 105.4%로 낮았고, 동진찰, 백옥찰 > 백설찰 > 상주찰, 보석찰 > 아랑향찰, 설향찰 > 눈보라 순이었다. Ratnayake et al.(2002)의 연구에서 수분결합력은 전분 입자 내부의 결정화도도가 작을수록 크다고 보고됨으로써 화선찰벼의 경우 다른 품종과 비교 시 전분 내부의 입자에 비결정성 부정형 부분이 많고, 신선찰과 한강찰벼의 경우 입자의 내부적인 치밀도가 높음을 예상할 수 있었다.

찰벼 품종별 알칼리 붕괴도

알칼리 붕괴도는 쌀알의 퍼짐양상의 차이로 호화가 이루어지는 온도 범위를 간접적으로 유추하는데 사용되어 품종간 차이를 구별하는데 간편하게 이용된다(Bhattacharya, 1979; Juliano, 1985b; Lee et al., 2008; Xie et al., 2008). 찰벼 품종 간 알칼리 붕괴도 실험결과는 Table 2와 같다. 알칼리 붕괴도는 4.0-5.8 범위로 품종 중 백설찰이 가장 높고 신선찰이 낮았으며, 아랑향찰 > 동진찰 > 백옥찰이 5.28-5.61 범위로 품종 간 유의적인 차이는 없었고, 화선찰 > 한강찰 > 눈보라, 보석찰 > 상주찰 > 설향찰이 4.1-4.7 범위에 있었다. 일반적으로 알칼리붕괴도 값이 1-2.5일 경우 호화온도가 높고, 2.5-5.0은 중간정도, 6.0 이상은 낮은 호화온도를 예상할 수 있으며(Kang et al., 2000), 값이 낮을수록 호화개시온도와 치반점도는 높고, 강하점도는 감소하며(Choi, 2002), 자포니카형 품종이 통일형보다 높고, 중(만)생종이 조생종 보다 높다는 연구 보고가 있다(Kim & Oh, 1992). 이상의 결과로부터 본 실험에 사용된 찰벼의 호화온도는 낮거나 중간정도의 온도를 나타낼 것으로 예상되었다.

찰벼 품종별 호화특성

식품 제조 가공 시 전분질 식품은 호화의 개시에서부터 최종적으로 어느 정도 식힌 후 전분 겔의 형성에 이르기까지의 과정을 거치게 되는데 이러한 호화특성은 쌀의 취반 및 가공적성과 관계가 있다(Juliano, 1985a). 찰벼 품종별 아밀로그람 특성은 Table 3과 같다. 전분의 초기호화 온도는 전분입자의 결정에 영향을 받고 입자내부의 결합강도 정도를 예측할 수 있는데 아밀로펙틴 사슬 분자의 글루코스 중합도가 클수록 높고 분자가 많을수록 낮다(Biliaderis,

Table 3. Pasting properties of various glutinous rice cultivars by rapid visco-analyser.

Varieties	Pasting Temp. (°C)	Peak Visc. (RVU)	Breakdown (RVU)	Final Visc. (RVU)	Setback (RVU)
Backseolchal	69.68 ^{abc}	85.59 ^b	46.57 ^{bc}	53.92 ^{cd}	-35.68 ^{bc}
Nunbora	71.52 ^{ab}	64.97 ^{cd}	34.13 ^c	40.96 ^{de}	-24.02 ^{ab}
Sinseonchal	70.47 ^{abc}	92.74 ^{ab}	44.80 ^{bc}	61.07 ^c	-31.67 ^{bc}
Boseokchal	71.78 ^{ab}	88.02 ^b	37.34 ^c	63.95 ^c	-24.07 ^{ab}
Donginchal	72.05 ^a	59.61 ^d	22.24 ^e	48.28 ^{de}	-11.33 ^a
Baekokchal	71.00 ^{abc}	67.60 ^{cd}	32.25 ^{cd}	46.32 ^{de}	-21.28 ^{ab}
Sangjuchal	72.38 ^a	57.79 ^d	26.61 ^d	41.20 ^{de}	-16.58 ^a
Aranghyangchal	71.83 ^{ab}	87.66 ^b	42.94 ^{bc}	56.87 ^{cd}	-30.37 ^{bc}
Hwaseonchal	70.50 ^{abc}	87.24 ^b	30.32 ^{cd}	78.37 ^{bc}	-13.90 ^a
Seolhyangchal	72.35 ^a	92.28 ^{ab}	37.50 ^c	73.51 ^{bc}	-24.04 ^{ab}
Hangangchal	70.47 ^{abc}	97.56 ^a	74.70 ^a	104.85 ^a	-55.08 ^d

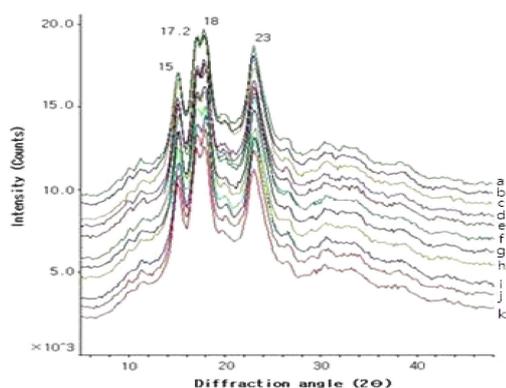
Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$)

1992; Perez et al., 1993). 실험결과 호화개시 온도는 품종 중 백설찰이 69.7°C로 가장 낮고, 설향찰과 상주찰이 72.4°C로 가장 높았으며 신선찰, 아랑향찰, 한강찰 < 백옥찰 < 눈보라 < 보석찰 < 아랑향찰 < 동진찰 순으로 품종 간 유의한 차이는 없었다. Bor(1991)는 호화온도가 74°C 이상이면 높음, 70-74°C는 중간, 70°C 이하는 낮음으로 구분하였는데 본 실험에 사용된 찰벼의 호화온도는 백설찰이 낮음에 속하고 나머지 품종들은 중간정도를 나타냈다. 또한 상기에서 언급된 알칼리 붕괴도와 호화개시 온도와의 관계가 부의 상관을 가진다는 보고와 같이 품종 중 백설찰, 상주찰 및 설향찰의 결과는 일치되었으나 나머지 품종들은 완전히 일치되지는 않아 품종 간 단백질, 지질, 아밀로오스 함량, 분자량 및 아미로펙틴 미세구조 등의 차이가 있기 때문으로 판단된다. 또한 Juliano(1985a)와 Kim & Oh(1992)는 연구보고에서 비슷한 알칼리 붕괴 반응을 가진 품종에서 호화온도나 호화시간에 차이가 있음을 언급하였다. 최고점도는 찰쌀가루에 물을 첨가하여 온도를 95°C까지 올렸을 때의 점도를 말하며, 전분 입자 내에 직쇄상 분자들이 많이 존재할 경우 높아진다(Schoch & Maywald, 1968). 최고점도는 품종 중 통일계인 한강찰이 97.56 RVU로 가장 높고, 자포니카인 신선찰과 설향찰이 각각 92.74, 92.28 RVU로 높아 통일계 품종이 자포니카 품종보다 높았다(Kim & Oh, 1992, Choi & Kang, 1999; Choi, 2002). 호화 중 전분의 열 또는 전단력에 의한 저항을 나타내는 강하점도는 통일계인 한강찰이 74.7 RVU로 가장 높고, 자포니카 중 백설찰이 46.6 RVU로 높았으며, 신선찰 > 아랑향찰 > 보석찰 > 눈보라 > 백옥찰 > 화선찰 > 상주찰 > 동진찰 순이었다. Sung et al.(2000)와 Hiroyuki & Yasuhito(2000)은 중합도가 큰 사슬함량이 많을수록 강하점도가 낮다는 보고를 하였다. 최종 점도는 호화되었던 전분액을 50°C에서 냉각하게 되면 무질서한 상태로 존재하던 분자들이 나란히 배열되어 분자간의 수소결합을 통해 회합체를 이룸으로써 점도가 증가됨을 나타내는데 값이 높을수록 노화가

촉진되는 경향을 가진다(Nishita & Bean, 1979; Song & Shin, 1998; Choi, 2002). 치반점도는 전분의 노화경향을 예측할 수 있는데 일반적으로 값이 클수록 노화가 쉽게 일어난다(Leelarathi et al., 1987; Choi, 2002). 분석결과 치반점도 값은 품종 중 통일계인 한강찰이 -55.08 RVU로 가장 낮고, 백설찰, 신선찰, 아랑향찰이 낮았으며, 눈보라, 보석찰, 설향찰 < 백옥찰 < 화선찰 < 동진찰 순이었다. 이상 결과로부터 노화정도가 가장 느린 품종으로 한강찰을 예상할 수 있었으나, Choi & Kang(1999)와 Sung et al.(2000)은 품종별 인절미 제조 후 노화정도를 측정한 결과 노화도는 한강찰벼가 가장 빠르고, 화선찰벼 등이 부드러운 특성을 보인다는 보고를 하였다. 한편, 전분의 노화는 Biliaderis (1992)의 가정에 의하면 아미로펙틴의 바깥 짧은 사슬에 의한 재결정구조와 직선구조인 아미로오스의 서로 근접한 다른 아미로오스 분자와의 결합에 의한 이중 나선구조의 규칙적인 결정화에 의하며, Schoch & Maywald(1968)에 의하면 전분 입자의 크기, 결정성 정도와 종류, 전분의 이온성 전하, 지방, 단백질 함량 및 전분분자의 가지친 정도 등의 영향으로 보고되었다. 이러한 연구보고를 토대로 노화와 다양한 인자들의 연관성에 대한 연구는 더 진행되어야 할 것으로 판단된다.

찰벼 품종별 X-선 회절도

생전분 입자는 전분을 구성하는 아미로오스와 아미로펙틴 분자가 강한 결합력에 의하여 규칙적이고 정확하게 회합된 미셀이라고 하는 결정성 구조를 가진다(Kim et al., 1997; Vandeputte et al., 2003). X-선 회절도는 이러한 전분 입자가 가지는 결정화 정도를 비교할 때 이용되는데 생전분의 종류에 따라 회절도 모양은 각각 다르다. A형은 회절각도(2 θ) 15°, 23° 부근에서 강한 피크를 나타내고 18° 부근에서 2 개의 피크를 나타내는 쌀 및 옥수수과 같은 곡류가 이에 속하며, B형은 회절각도 5°와 17° 부근에서 강한 피크를 나타내며, 22-24° 부근에서 작은 피크를 가지는



a: Hangangchal, b: Baekokchal, c: Sinseonchal, d: Boseokchal, e: Nunbora, f: Baekseolchal, g: Donginchal, h: Aranghyangchal, i: Seolhyangchal, j: Sangjuchal, k: Hwaseonchal.

Fig. 1. X-ray diffraction patterns of glutinous rice cultivars.

감자, 밤 및 바나나 등의 전분이 이에 속한다. C형은 A형과 B형 전분들의 혼합물에서 얻어지며 녹두, 완두 등 대부분의 두류와 일부 고구마 전분에서 확인할 수 있다. 찹쌀 품종별 전분 회절도의 변화와 상대적 결정화도는 각각 Fig. 1과 Table 4와 같다. 찹벼 품종의 모든 회절각도는 15.0°; 17.2°; 18.0°, 23.0°에서 peak를 보이는 전형적인 A형의 특징을 나타냈다(Yu et al., 2007; Kim et al., 2008; Zhu et al., 2011; Yu et al., 2012). 전분입자의 결정화 정도는 입자 내부의 치밀도를 나타내는데 반죽 형성 및 가공품 저장

Table 4. Relative crystallinity of various glutinous rice cultivars.

Varieties	Crystallinity*
Baekseolchal	57
Nunbora	57
Sinseonchal	65
Boseokchal	61
Donginchal	57
Baekokchal	67
Sangjuchal	53
Aranghyangchal	56
Hwaseonchal	45
Seolhyangchal	53
Hangangchal	71

*Relative crystallinity (%) = $Ac/(Aa + Ac) \times 100$

Aa = amorphous area on the X-ray diffractogram

Ac = crystallized area on the X-ray diffractogram

시 호화와 노화에 영향을 미치며 결정화도가 높을수록 수분흡수율이 낮으며 노화가 빨리 진행되는 것으로 알려져 있다(Kim, 1996; Kim et al., 1999). 실험결과 결정화도는 통일계인 한강찰벼가 71%로 가장 높고 자포니카형 중 화선찰이 45%로 가장 낮았으며 나머지 품종은 53-68% 범위를 나타냈다. 이상의 결과로부터 찹벼 품종 중 노화지연을 목적으로 하는 가공품의 원료미로써 화선찰, 상주찰, 설향찰, 아랑향찰, 백설찰, 동진찰, 눈보라 등이 유리할 것으로 판단된다.

Table 5. Texture properties of boiled rice cooked from glutinous rice of various cultivars.

Varieties	Time (h)	Hardness (g)	Adhesiveness (gs)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Baekseol chal	0	8902.7 ^{bcd}	-2350.5 ^d	0.89 ^c	0.29 ^{abc}	2560.1 ^b
	48	10874.6 ^b	-414.4 ^f	0.81 ^d	0.29 ^{abc}	2810.3 ^b
Nunbora	0	8124.7 ^{cd}	-2892.9 ^{cd}	0.95 ^a	0.29 ^{abc}	2234.6 ^{bc}
	48	10268.2 ^b	-1014.2 ^e	0.86 ^c	0.29 ^{abc}	2494.4 ^{bc}
Sinseon chal	0	9372.8 ^{bc}	-2730.0 ^{cd}	0.92 ^b	0.30 ^{ab}	2468.4 ^{bc}
	48	11889.7 ^a	-973.3 ^f	0.96 ^a	0.35 ^a	3950.0 ^{ab}
Boseok chal	0	9213.6 ^c	-2747.0 ^{cd}	0.92 ^b	0.30 ^{ab}	2399.6 ^{bc}
	48	11281.1 ^{ab}	-339.6 ^f	0.83 ^d	0.35 ^a	3519.9 ^{ab}
Dongin chal	0	10497.1 ^b	-2646.4 ^{cd}	0.94 ^b	0.29 ^{abc}	2773.4 ^b
	48	11909.2 ^a	-274.2 ^f	0.92 ^b	0.34 ^a	3533.0 ^{ab}
Baekok chal	0	9357.4 ^{bc}	-1873.0 ^e	0.89 ^c	0.32 ^{ab}	2986.7 ^b
	48	11808.4 ^a	-243.8 ^f	0.92 ^b	0.36 ^a	3932.7 ^{ab}
Sangju chal	0	9180.0 ^{bc}	-2742.5 ^{cd}	0.95 ^b	0.34 ^a	3390.3 ^{ab}
	48	10531.1 ^b	-510.5 ^f	0.85 ^c	0.39 ^a	4488.8 ^a
Aranghyang chal	0	8855.2 ^{bc}	-3184.4 ^c	0.97 ^a	0.32 ^{ab}	2561.7 ^b
	48	10202.7 ^b	-1502.9 ^e	0.94 ^b	0.29 ^{abc}	2797.3 ^b
Hwaseon chal	0	10518.6 ^b	-4750.1 ^b	0.89 ^c	0.27 ^{abc}	2447.8 ^{bc}
	48	11973.2 ^a	-894.0 ^f	0.87 ^c	0.34 ^a	3598.3 ^{ab}
Seolhyang chal	0	8863.1 ^{bc}	-3492.2 ^d	0.94 ^b	0.32 ^{ab}	2466.4 ^{bc}
	48	10408.9 ^b	-359.5 ^f	0.89 ^c	0.34 ^a	3504.5 ^{ab}
Hangang chal	0	7963.1 ^d	-5496.0 ^a	0.92 ^b	0.30 ^{ab}	2172.4 ^c
	48	11709.6 ^a	-178.1 ^f	0.91 ^b	0.35 ^a	3775.1 ^{ab}

Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$)

찰벼 품종별 취반 후의 물성

찰벼 11 품종을 각각 취반하여 48시간 상온에 방치한 후의 저장에 따른 물성 변화는 Table 5와 같다. 단단함의 정도를 나타내는 경도는 0시간째 품종 중 한강찰, 눈보라, 설향찰, 아랑향찰 및 백설찰이 낮아 부드러운 특성을 나타냈고, 상주찰 < 보석찰 < 백옥찰 < 신선찰 순으로 높았으나 품종 간 유의적인 차이가 없었고, 동진찰과 화선찰이 가장 높았다. 저장시간이 경과됨에 따라 모든 품종에서의 경도는 증가되었고, 한강찰이 품종 중 변화의 폭이 가장 컸으며, 신선찰 > 눈보라, 백옥찰 > 보석찰 > 백설찰 > 설향찰 > 상주찰 > 아랑향찰 순으로 높았고, 화선찰벼가 가장 낮았다. 이러한 결과는 상기에서 언급된 전분입자의 결정화도와 어느 정도 상관관계가 있는 것으로 판단되었다. 즉 결정화도가 높은 품종의 경우 시간이 경과할수록 노화가 빠르고, 낮은 결정화도를 가지는 품종은 전분입자에 부정형상태가 많이 존재함으로써 노화가 느리게 진행됨을 알 수 있었다 (Kim, 1996; Kim et al., 1997). 밥의 찰기와 관련이 있는 부착성은 저장시간이 경과됨에 따라 감소되었고 감소의 폭은 한강찰이 가장 높고 백옥찰이 가장 낮았다. 조직 내부의 수분결합력과 관련이 있는 응집성은 시간이 경과됨에 따라 약간 높아지는 경향이었으나 품종 간 유의적인 차이는 없어 저장 2 일까지는 밥의 촉촉함이 유지되어진다고 판단되었다. 변형된 시료가 원래상태로 돌아가려는 성질을 나타내는 탄력성은 조직감에 영향을 미치는데 시간이 경과됨에 따라 신선찰과 백옥찰을 제외한 모든 품종에서 감소되었다. 씹힘성은 경도, 응집성, 탄성으로 평가되는데 시간이 경과할수록 모든 품종에서 증가되었고, 품종 중 한강찰벼의 증가의 폭이 가장 크게 나타났다.

요 약

찰벼 품종별 이화학적 특성과 취반 후의 물성을 비교하였다. 조단백질 함량은 5.9-7.2% 범위를 나타냈고, 조지방과 조회분 함량은 각각 0.8-2.0%, 0.3-0.6% 메벼와 비슷한 경향이였다. 아밀로오스 함량은 1.79-1.93% 범위로 품종 간 유의한 차이는 없었다. 물결합 능력은 자포니카 품종 중 화선찰이 가장 높고 신선찰이 낮았으며, 통일계인 한강찰이 낮아 전분 입자의 내부적인 치밀도가 높음을 예상할 수 있었다. 알칼리붕괴도는 품종 중 백설찰이 가장 높고, 신선찰이 낮았다. 아밀로그래프 특성에서 호화개시온도는 품종 중 백설찰이 가장 낮고 화선찰과 상주찰이 높았으며, 최고점도, 강하점도 및 최종점도는 한강찰이 높았다. 치반점도는 모든 품종이 메벼보다 낮아 노화가 느리게 진행됨을 예상할 수 있었고, 한강찰이 가장 낮았다. 찰쌀 전분입자의 X선 회절도는 전형적인 A pattern이었고, 결정화도는 한강찰벼가 가장 높고 화선찰이 가장 낮았다. 취반 후의 물성 중 노화의 정도를 나타내는 경도는 저장시간이 경과됨에 따라

증가되었고, 시간에 따른 변화의 폭은 한강찰이 가장 커 노화도가 높은 품종이었다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 국립식량과학원 벼백류부의 박사후 연수과정 지원사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Bean MM, Esser CA, Nishita KD. 1984. Some physicochemical and food application characteristics of California waxy rice varieties. *Cereal Chem.* 61: 475-480.
- Bhattacharya KR, Sowbhafya CM, Indudharaswamy YM. 1972. Interrelationship between certain physicochemical properties of rice. *J. Food Sci.* 37: 733-738.
- Bhattacharya KR. 1979. Gelatinization temperature of rice starch and its determination. *Chemical aspects of rice grain quality.* IRR: 231-250.
- Biliaderis CG. 1992. Structure and phase transitions of starch in food systems. *Food Tech.* 46: 98-103.
- Bor SL. 1991. Rice. 2nd. ed., An AVI Book, New York. pp 89-119.
- Choi YH, Kang MY. 1999. Texture and retrogradation characteristics of *Injeulmi* made by different varieties of waxy rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 837-844.
- Choi HC. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high quality and value added products. *J. Crop Sci.* 47: 15-32.
- Hiroyuki M, Yasuhito T. 2000. Chewing properties of cooked rice from new characteristic rice cultivars and their relation to starch molecular structures. *J. Appl. Glycosci.* 47: 61-65.
- Juliano BO. 1985a. Criteria and tests for rice grain qualities. *Rice: Chem. & Technol.* pp 443-524.
- Juliano BO. 1985b. Polysaccharides, proteins and lipids of rice. *Rice: Chem. & Technol.* pp 59-174.
- Jung CS. 1993. Literature review and recent status of research and development on the korean traditional rice processed foods. MD. Thesis. Kyungpook Natl. Univ. Taegu.
- Kang MY. 1993. Literature review on the korean traditional rice processed foods. *Korean J. Crop Sci.* 38: 85-101.
- Kang MY, Koh HJ, Sung YM. 2000. Varietal difference quality characteristics of korean rice cake in glutinous rice. *Korean J. Breed.* 32: 26-32.
- Kim KH, Oh SM. 1992. Varietal variation of alkali digestion value and its relationship with gelatinization temperature and water absorption rate of milled rice grain. *Korean J. Crop Sci.* 37: 28-36.
- Kim CS. 1996. Degree retrogradation of non-waxy and waxy rice cakes during storage determined by DSC and enzymatic methods. *Korean J. Soc. Food Sci.* 12: 186-192.
- Kim HS. 2002. Literature review for the quality characteristics of rice cake and korean snack. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 18: 559-574.

- Kim JO, Kim WS, Shin MS. 1997. A comparative study on retrogradation of rice starch gels by DSC, X-ray and α -amylase methods. *Starch*. 49: 71-75.
- Kim HY, Lee BY, You HS, Choi JK, Ham SS. 1999. Properties of rice flour prepared with roll mill and pin mill after tempering. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 313-318.
- Kim SW, Kim DS, Kim BY, Baik MY. 2008. Physicochemical properties of waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch. *J. Appl. Biol. Chem.* 51: 277-284.
- Kim RY, Kim CS, Kim HI. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1076-1083.
- Kim KM, Lee JH, Kim HR. 2010. Quality Characteristics of *Gangjung* made of different varieties of waxy rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 175-182.
- Lee CK, Youn JT, Kim SL, Kim DS, Kim JH, Jeong EG, Song J. 2008. Relationship among alkali digestive value, amylopectin fine structure and physical properties of cooked rice. *J. Crop Sci.* 53: 320-325.
- Leelarathi K, Indrani D, Sidhu JS. 1987. Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. *Starch*. 39: 378-383.
- Little BR, Hilder GB, Dawson EH. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chem.* 35: 111-126.
- Lu S, Chen LN, Lii CY. 1997. Correlation between the fine structure physicochemical properties, and retrogradation of amylopectins from Taiwan rice varieties. *Cereal Chem.* 74: 34-39.
- Medcalf F, Biliaderis CG. 1992. Structures and phase transitions of starch in food system. *Food Tech.* 46: 98-103.
- Montgomery EM, Senti FR. 1958. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polym. Sci.* 28: 1-9.
- Nishita KD, Bean MM. 1979. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chem.* 56: 185-189.
- Perez CM, Villreal CP, Juliano BO, Biliaderis CG. 1993. Amylopectin staling of cooked non waxy milled rice and starch gel. *Cereal Chem.* 70: 567-571.
- Ratnayake WS, Hoover R, Warkentin T. 2002. Pea starch: composition, structure and properties -a review. *Starch*. 54: 217-234.
- Sandhu KS, Singh N. 2006. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chem.* 101: 1499-1507.
- Schoch TJ, Maywald EC. 1968. Starches and low molecular weight carbohydrates from chick pea and horse bean flours. *Cereal Chem.* 45: 304-310.
- Song JY, Shin MS. 1998. Solubility patterns and gelatinization properties of waxy rice starches. *J. Appl. Biol. Chem.* 41: 516-521.
- Song J, Lee CK, Youn JT, Kim SL, Kim DS, Kim JH, Jeong EG, Suh SJ. 2008. Relationship among alkali digestive value, amylopectin fine structure and physical properties of cooked rice. *J. Crop Sci.* 53: 320-325.
- Sung YM, Choi HC, Kang MY. 2000. Physicochemical properties of starch granules from thirteen glutinous rice varieties. *Korean J. Breed.* 32: 226-232.
- Vandeputte GE, Vermeylen R, Gerroms J, Delcour JA. 2003. Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture. *J. Cereal Sci.* 38: 61-68.
- Xie L, Chen N, Duan B, Zhu Z, Liao X. 2008. Impact of proteins on pasting cooking properties of waxy and non-waxy rice. *J. Cereal Sci.* 47: 372-379.
- Yu C, Choi HW, Kim CT, Ahn SC, Choi SW, Kim BY, Baik MY. 2007. Physicochemical properties of cross-linked waxy rice starches and its application to Yukwa. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 534-540.
- Yu S, Ma Y, Menager L, Sun DW. 2012. Physicochemical properties of starch and flour from different rice cultivars. *Food Bio. Technol.* 5: 626-637.
- Zhu LJ, Liu QQ, Wilson J, Gu MH, Shi YH. 2011. Digestibility and physicochemical properties of rice flours and starches differing in amylose content. *Carbohydr. Polym.* 86: 1751-1759.