

국내 육성 조 및 수수 전분의 이화학적 특성

김현주^{1,*} · 우관식² · 이병원¹ · 이진영¹ · 이유영¹ · 김민영¹ · 김미향¹ · 이병규³

¹국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과, ²농촌진흥청 연구정책국,
³국립식량과학원 간척지농업연구팀

Starch characteristics of foxtail millet and sorghum cultivars grown in Korea

Hyun-Joo Kim^{1,*}, Koan Sik Woo², Byong Won Lee¹, Jin Young Lee¹, Yu-Young Lee¹,
Min Young Kim¹, Mihyang Kim¹, and Byoungkyu Lee³

¹Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

²Rural Development Administration

³National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

Abstract In this study, we investigated the starch characteristics of foxtail millet (FM) and sorghum (SG) cultivars grown in Korea. The amylose contents were 29.42 and 6.42% in the Daname and Samdachal FM cultivars, and 9.09 and 11.11% in the Nampungchal and Sodamchal SG cultivars, respectively. The amylopectin polymerization analysis showed that the highest degree of polymerization (DP) was in the range of DP13-24 for all samples, at approximately 60%. The resistant starch content was very low (<0.10%) among the FM and SG cultivars. The starch gelatinization analysis showed low setback values in the Samdachal and Nampungchal cultivars. The gelatinization enthalpy, calculated based on an endothermic reaction, did not differ significantly between the SG cultivars but was significantly higher in the Samdachal FM cultivars than in the Daname FM cultivars. The results of this study might be used as basic data for the development of FM and SG products.

Keywords: foxtail millet, sorghum, cultivars, starch, characteristics

서 론

현대 식생활의 서구화, 여성의 사회진출 등의 다양한 사회적 변화로 소비자들의 식생활 패턴이 변화되어 영양섭취 불균형으로 인한 순환기 및 대사성 질환이 점차 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 건강에 대한 관심이 높아짐과 동시에 질병들의 예방 및 개선을 위한 식생활에 관심이 높아지면서 잡곡류에 대한 관심이 증가하고 있다(Kim 등, 2014). 잡곡류는 쌀을 제외한 보리, 밀, 콩, 옥수수, 조, 기장, 수수 및 울무 등을 뜻하며(Kim과 Lee, 2006) 식이섬유, 올리고당이 다량 함유하고 있어 대장질환 예방에 효과적인 것으로 보고되고 있다(Lee 등, 2006).

조(foxtail millet, *Setaria italica* Beauvius)는 1년생 초본으로 요구량이 적고 수분조절 기능이 높아서 가뭄에 강할 뿐만 아니라 밀, 보리, 콩 등의 재배가 어려운 척박한 토양에서도 생육이 좋은 작물이다. 국내에서 수확되고 있는 조는 열매가 작고 둥근 형태로 메조와 차조로 구별되며 아밀로스 함량은 메조 전분이 약 28%, 차조 전분이 약 8%로 알려져 있다(Woo 등, 2012). 또한 수

분 및 섬유질 함량은 메조와 차조가 유사한 함량을 가지고 있으며 맛이 우수한 편은 아니지만 배변을 쉽게 하여 변비를 예방하고 대장암 예방 등의 다양한 기능이 보고되고 있다(Ha와 Lee, 2001). 수수(Sorghum, *Sorghum bicolor* L. Moench)는 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 주로 식용되고 있으며 밀, 옥수수, 쌀, 보리와 함께 주요 식량작물 중의 하나이다(Ko 등, 2013). 수수는 식이섬유, 페놀화합물 등의 유효 성분이 다량 함유되어 있어, 수수에 대한 항산화, 항균활성과 페놀산, 플라보노이드, 탄닌 성분 등의 연구결과가 다수 발표된 바 있다(Dykes와 Rooney, 2006; Ko 등, 2013).

전분은 식량작물에 많이 들어 있는 저장 다당류로서 사람과 동물의 에너지원으로 가장 중요한 영양소이다(Chung과 Lim, 2014). 식품 및 공중보건산업 분야에서 전분함유 식품은 밥이나 빵처럼 곡물 자체로도 사용되기도 하며, 단백질 및 섬유질 등을 분리하여 전분만을 추출하여 이용하기도 한다. 전분이 가지는 겔 형성능, 수분결합력, 팽윤력, 점성, 필름형성 등의 기능을 식품에 부여하게 된다. 이러한 특성을 가진 전분을 이용하여 제과, 제빵, 튀김, 체면, 육제품, 주류 등 다양한 식품에 적용하고 있다(Han과 Lee, 2014). 식품 및 공중보건산업에서 조와 수수를 보다 다양하게 이용하려면 조와 수수 품종에 따른 전분 특성에 대한 기초자료가 확보되어야 하며, 이를 활용하여 산업체에서 요구하는 특성을 가진 신제품 개발이 지속적으로 필요한 상황이다. 현재까지 발표된 조와 수수의 연구는 기능성 및 기능성분에 대한 연구 또는 이를 이용한 차(Ko 등, 2012), 주류(Woo 등, 2010) 및 면류(Ko 등, 2013) 등에 적용한 연구가 발표된 바 있지만 조와 수수

*Corresponding author: Hyun-Joo Kim, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

Tel: +82-31-695-0614

Fax: +82-31-695-0609

E-mail: tlrtod@korea.kr

Received April 7, 2020; revised May 11, 2020;

accepted May 12, 2020

의 품종별 전분 특성에 관한 발표는 미진한 실정이다.

따라서 본 연구는 식품 및 공중보건산업에서 조와 수수 전분을 다양하게 사용하기 위한 기초자료를 확보하기 위해 국내에서 육성된 조, 수수의 품종별 전분의 이화학적 특성을 비교 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 전분 추출

본 연구에서 사용한 실험재료는 조의 경우 단아메, 삼다찰을 사용하였고 수수는 남풍찰, 소담찰을 2019년 농업기술실용화재단에서 구입하여 사용하였다(Table 1). 조, 수수에 함유된 전분을 분리하기 위하여 시료를 분쇄한 후 Lim 등(1999)의 알칼리 침지법을 변형하여 품종별로 전분을 추출하였다.

아밀로스 함량 분석

품종별 조, 수수 전분의 아밀로스 함량은 Juliano(1985)의 방법에 의해 측정하였다. 시료를 분쇄한 후 100 mesh로 내린 가루 100 mg에 95% ethanol 1 mL과 1 N NaOH 9 mL을 첨가하여 분산시키고 100°C 항온수조에 넣어 20분간 호화시킨 후 냉각하였다. 호화액 5 mL을 100 mL 메스플라스크에 옮겨담은 후 1 N CH₃COOH 1 mL과 2% I₂-KI용액 2 mL을 첨가한 후 증류수를 이용하여 100 mL이 되도록 정용한 다음 30분 동안 정색반응한 후 620 nm에서 흡광도를 측정하였다.

아밀로펙틴의 가지사슬길이 분석

조와 수수 전분 내 아밀로펙틴의 가지사슬길이 분포(branch chain length distribution)는 high performance anion exchange chromatography-pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) (Dionex ICS-5000, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)을 이용하여 Suzuki 등(2006)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 시료 7 mg을 증류수 5 mL에 교반하고 3시간 동안 중탕하였다. 중탕한 시료 1 mL에 2% sodium azide (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)

10 µL, 600 mM sodium acetate buffer (pH 4.4)를 50 µL를 교반한 후 isoamylase (1,000 unit, Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland) 1 µL 첨가하여 24시간 동안 37°C에서 반응시켰다. 반응을 마친 시료는 1,500 rpm으로 5분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 HPAEC-PAD에 주입하고 분석하였다. 150 mM NaOH/500 mM NaOAc와 150 mM NaOH를 이동상으로 하고 Dionex CarboPac™PA1칼럼(3×250 mm, Dionex Co.)을 사용하여 분당 1 mL의 속도로 분석하였다. 시간에 따른 용매의 농도는 Table 2에 제시하였다.

가용성 및 저항전분 함량

가용성 및 저항전분 함량은 McCleary 등(2002)의 방법에 따라 resistant starch Megazyme kit (Megazyme)를 이용하여 측정하였다. 즉, 시료 100 mg에 amyloglucosidase (3 U/mL)가 포함된 pancreatin α-amylase (10 mg/mL) 4 mL을 첨가한 다음 37°C에 16시간 동안 반응시킨 후, 침전물에 2 M KOH 용액을 첨가하여 분산 및 용해시켰다. 그 다음 1.2 M sodium acetate buffer (pH 3.8)와 amyloglucosidase (330 U/mL)를 첨가하여 50°C에서 30분 동안 반응시킨 후 가수분해된 glucose 양에 따라 가용성 전분과 저항전분을 각각 환산하여 산출하였다.

In vitro 소화율

In vitro 전분 소화율은 Englyst 등(1992)의 방법을 변형하여 분석하였다. Porcine pancreatic α-amylase (Sigma-Aldrich) 0.45 g을 증류수 4 mL에 분산시키고 원심분리(1,500×g, 12분)한 후 2.7 mL의 상층액을 분리한 다음 0.3 mL amyloglucosidase (Sigma-Aldrich)를 첨가하여 혼합효소를 만들었다. 각 전분 시료 100 mg에 4 mL sodium acetate buffer (pH 5.2)를 혼합한 후 미리 제조한 혼합효소 1 mL와 15개의 유리구슬(지름: 4 mm)을 첨가하여 170 rpm으로 교반(37°C)하였다. 일정한 시간(0-360분) 동안 반응시킨 시료(0.1 mL)를 취하여 80% 에탄올에 혼합한 후 glucose assay kit (Megazyme)를 이용하여 glucose 함량을 분석하였다.

호화 점도 특성

조와 수수 전분의 품종별 호화 점도 특성은 신속점도측정기 (Rapid Viscosity Analyzer, Model RVA-4, Newport Scientific Pty, Ltd, Warriewood, Australia)를 이용하였다. 시료 3 g에 증류수 25 mL에 분산시켜 1분간은 50°C로 유지시킨 후, 95°C로 12°C/min의 속도로 가열한 다음 95°C에서 2분 30초간 유지시킨 후 50°C로 12°C/min의 속도로 냉각시켜 2분간 유지시키면서 점도를 측정하였다. RVA viscogram으로부터 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도 및 치반점도를 산출하였으며, 점도 단위는 Rapid Viscosity Unit (RVU)으로 표시하였다.

열적 특성

조 및 수수 품종별로 추출한 전분의 열적특성은 시차주사열량계(Differential scanning calorimetry (DSC), TA Q1000 TA instrument, New Castle, DE, USA)를 이용하여 분석하였다. 알루미늄 팬에 시료 9 mg과 증류수 21 mg을 넣고 밀봉한 후 4°C부터 150°C까지 5°C/min로 승온하면서 흡열 곡선을 얻었으며, 이를 통해 호화개시온도(onset temperature, To), 호화정점온도(peak temperature, Tp), 호화종료온도(completion temperature, Tc)를 구하고 흡열피크의 면적으로부터 호화엔탈피(enthalpy for gelatinization, ΔH)를 산출하였다.

Table 1. Information of selected foxtail millet and sorghum

Crop	Cultivars	Scientific name
Foxtail millet	Danamae	<i>Setaria italica</i> L. Beauv, <i>Danamae</i>
	Samdachal	<i>Setaria italica</i> L. Beauv, <i>Samdachal</i>
Sorghum	Nampungchal	<i>Sorghum bicolor</i> L., <i>Nampungchal</i>
	Sodamchal	<i>Sorghum bicolor</i> L., <i>Sodamchal</i>

Table 2. Gradient elution program for analysis of chain-length distribution (%)

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

통계분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성을 검증한 후 Duncan's multiple range tests에 의해 실험구간의 차이를 5% 유의수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

아밀로스 함량 및 아밀로펙틴 사슬길이 분포

조와 수수의 아밀로스 함량 분석 결과를 Fig. 1에 제시하였다. 조의 경우 단아메 29.42%, 삼다찰 6.42%로 메성인 단아메의 아밀로스 함량이 높았다. 이는 찰보리가 메보리보다 아밀로스 함량이 낮다는 Kim 등(1999)의 보고와 일치하였으며, 이러한 특성은 취반에 용이하다고 발표하였다. 수수의 경우 남풍찰 9.09%, 소담찰 11.11%로 소담찰이 남풍찰보다 아밀로스 함량이 유의적으로 높았다. Tukomane와 Varavinit (2008)은 아밀로스 함량은 전분의 호화 및 노화, 점도, 물성 등에 영향을 미친다고 보고하였다.

조와 수수 전분의 품종별 아밀로펙틴 사슬길이 분포는 Hanashiro 등(1996)이 발표한 아밀로펙틴중합도(DP, degree of polymerization)에 따라 DP6-12, DP13-24, DP25-36, DP≥37로 분류한다는 기준을 근거로 하여 Table 3에 나타냈다. 그 결과 조와 수수 모두 DP13-24 함량이 50% 이상으로 가장 높았으며 조는 단아메, 수수는 소담찰이 높은 함량을 보였다. DP≥37 분포의 경우 조는 삼다찰이 1.51%로 단아메보다 높았으며, 수수는 남풍찰이 1.28%로 소담찰보다 높은 함량을 보였다. 다수의 연구보고에 따르면 쌀, 밀 등과 같은 주요 식량작물에는 아밀로펙틴의 단쇄사슬 비율이 장쇄사슬보다 높은 것으로 알려져 있다(Kowittaya와 Lumdubwon, 2014; Cho 등, 2017). Kim 등(2007)은 아밀로펙틴중합도의 비율 중에서 단쇄비율이 장쇄비율보다 상대적으로 높은 품종이 식미

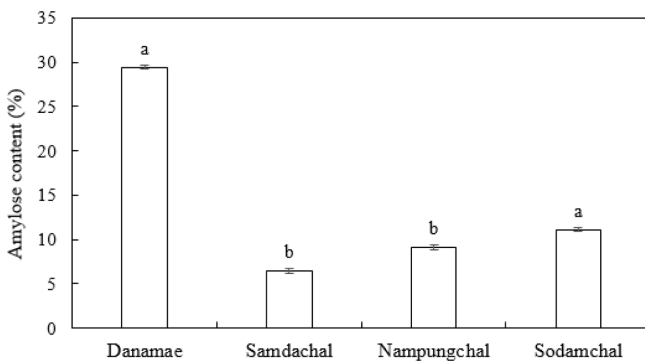


Fig. 1. Amylose contents (%) of starches from foxtail millet and sorghum cultivars. ^{a,b}Different letters with the same crop indicate significant differences ($p < 0.05$).

특성이 우수하다고 발표하였다. 본 연구에서는 조의 경우 삼다찰, 수수는 남풍찰이 단쇄인 DP6-12 사슬분포가 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 경향을 보였으나, 품종간의 함량 차이가 크게 나타나지 않았다.

가용성 및 저항전분

저항전분은 건강한 사람의 소장에서 흡수가 잘되지 않는 전분으로서 식이섬유와 같이 장내 미생물에 의해 발효되어 대장 환경에 유익한 것으로 알려져 있다(Englyst 등, 1992; Sajilata 등, 2006). 이에 따라 식품 산업에서는 다이어트에 관심 있는 소비자들이 증가함에 따라 저항전분이 높은 원료에 대해 관심이 증가하고 있는 추세이다. 본 연구에서도 조와 수수의 품종별 저항전분 함량을 검토하기 위하여 효소적 반응방법을 통해 가용성 및 저항전분 함량을 측정하여 결과를 제시하였다(Table 4). 조의 가용성 및 저항전분 함량을 측정한 결과 가용성 전분은 단아메 92.79%, 삼다찰 95.43%였으며 저항전분은 단아메 0.07%, 삼다찰 0.02%의 함량을 보였다. 수수는 가용성 전분 함량이 남풍찰 96.93%, 소담찰 96.35%로 확인되었고, 저항전분은 남풍찰 0.02%, 소담찰 0.01%였다. 본 연구에서 사용한 조와 수수 전분의 품종별 저항전분 함량은 0.10% 미만으로 매우 낮은 함량을 보였다. 발작물인 조와 수수는 재배 및 수확시기와 그 해 기후 및 토양 등의 환경에 의한 차이에 의한 함량 변이가 있어(Kim 등, 2010), 장기적으로 같은 품종별로 재배환경에 따른 저항전분 함량 변이에 관한 기초자료를 확보할 필요가 있다고 생각된다. 아울러 추후 조와 수수를 활용하여 다이어트 소비자들을 위한 소재 개발을 위하여 저항전분 함량이 높은 품종 육성, 품종별 저항전분 함량 데이터베이스 구축 및 이를 이용한 가공제품 개발 등의 연구가 지속적으로 필요하다고 생각된다.

In vitro 소화율

조와 수수의 품종별 *in vitro* 전분 소화율은 α -아밀라아제와 글루코아밀라아제 두 가지 효소처리 후 일정 시간동안 생성된 글루코오스 함량을 분석하였으며, 240분 반응 후에 생성된 글루코

Table 4. Soluble and resistant starch contents (%) of starches from foxtail millet and sorghum cultivars

Crop	Cultivars	Soluble starch	Resistant starch
Foxtail millet	Danamae	92.79±0.30 ^a	0.07±0.02 ^a
	Samdachal	95.43±0.15 ^b	0.02±0.01 ^b
Sorghum	Nampungchal	96.93±0.22 ^a	0.02±0.01 ^a
	Sodamchal	96.35±0.10 ^b	0.01±0.01 ^a

^{1)a,b}Different letters with the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

²⁾Mean±standard deviation ($n=3$).

Table 3. Amylopectin chain length distribution of starches from foxtail millet and sorghum cultivars

Crop	Cultivars	Amylopectin chain length distribution (%)			
		DP6-12	DP13-24	DP25-36	DP≥37
Foxtail millet	Danamae	28.29±0.23 ^b	59.63±0.38 ^a	10.71±0.35 ^b	1.38±0.26 ^b
	Samdachal	28.76±0.01 ^a	58.37±0.07 ^b	11.37±0.04 ^a	1.51±0.02 ^a
Sorghum	Nampungchal	27.70±0.12 ^a	59.35±0.04 ^b	11.68±0.09 ^b	1.28±0.07 ^a
	Sodamchal	26.88±0.09 ^b	59.83±0.13 ^a	12.08±0.16 ^a	1.22±0.06 ^b

^{1)a,b}Different letters with the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

²⁾Mean±standard deviation ($n=3$).

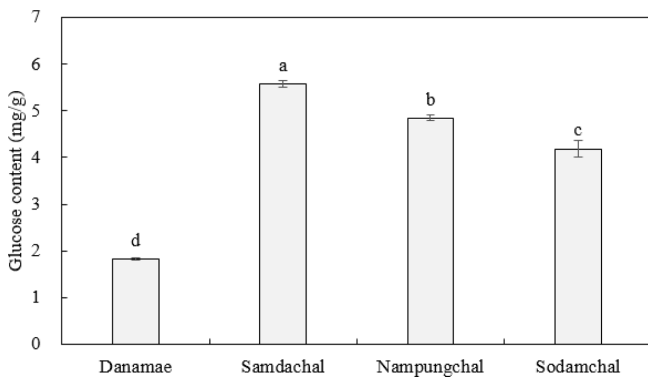


Fig. 2. Glucose contents (%) of starches from foxtail millet and sorghum cultivars.

오스 양을 Fig. 2에 제시하였다. 조 전분의 경우 삼다찰이 단아메에 비해 최종 글루코오스 생성량이 높은 경향을 보였으며, 수수는 품종간의 유의차는 없었다. 이는 앞서 결과를 제시한 저항전분 함량 결과를 뒷받침하였다. Lee 등(2006)은 아밀로스 함량이 낮을수록 전분 분해율이 높아지는 결과를 보였으며, 원료곡의 아밀로스/아밀로펙틴 비율, 조리 시 소화정도, 입자크기, 아밀로스 함량 및 *in vitro* 소화율 분석 결과를 통해 가공제품의 특성과의 상관성을 확인할 수 있다고 하였다(Holm 등, 1987; Park 등, 2019).

호화 점도 특성

곡류의 호화점도는 전분 함량과 구조(아밀로스/아밀로펙틴 비율, 아밀로펙틴 분자사슬 분포) 등에 따라 차이가 있다고 보고되고 있다(Cho 등, 2017). 또한 전분가루와 원료곡 가루로 분석할 때 호화점도 특성이 다른 것으로 알려져 있다. Fitzgerald와 Reinke(2003)의 연구결과에 따르면 현미에 포함된 단백질, 지방, 식이섬유 등 전분 외 성분들이 백미에 비해 많아 호화특성에 영

향을 준다고 보고하였으며, Yoon 등(2015)도 이러한 이유로 쌀가루 호화점도가 전분가루 보다 낮았다고 발표하였다. 조와 수수 품종별 전분 가루의 호화특성을 분석한 결과를 Table 5에 제시하였다. 조의 경우 최저점도는 품종간의 유의차는 없었으나, 치반점도의 경우 단아메가 삼다찰에 비해 높은 것을 확인하였다. 수수는 최고점도, 최저점도, 강하점도는 품종간의 유의차는 없었으나 최종점도, 치반점도 값의 경우 소담찰이 남풍찰에 비해 높은 값을 보였다. 치반점도는 최종점도와 최저점도의 차이를 나타내는 값으로 전분의 노화와 연관이 되며 값이 높을수록 노화진행 속도가 빠르다는 것을 의미한다(Oh 등, 2010; Lee 등, 2016; Kim 등 2017). Lee 등(2015)은 호화특성 분석결과 최고점도와 강하점도가 높고 치반점도 값이 낮으면 식미특성이 양호하다고 발표한 연구 결과를 볼 때 삼다찰(조)과 남풍찰(수수)이 식품 가공소재로서 이용 가능성이 높다고 판단된다.

열적특성

시차주사열량계를 이용한 조와 수수 전분의 품종별 열적특성을 분석한 결과 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종료온도의 경우 조는 단아메가 삼다찰 보다 높았으나, 수수는 품종간의 유의차가 없었다(Table 6). DSC에 의한 호화 온도는 아밀로펙틴의 분자 구조에 의해 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Gidley와 Bulpin, 1987). DP가 10 이하인 아밀로펙틴의 가지사슬은 전분 결정성 내 이중나선 구조의 안정성을 감소시켜 호화 온도를 낮추는 것으로 판단된다. DSC thermogram 상의 호화 엔탈피는 전분의 결정성 내에 존재하는 이중나선 구조가 붕괴되는데 필요한 에너지로 결정성의 양과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(You 등 2014). 흡열 반응을 기초로 한 호화엔탈피 값을 산출한 결과 수수는 품종간의 유의차는 없었으나 조는 삼다찰이 6.55 J/g로 단아메(5.25 J/g)보다 높았다. 아밀로펙틴이 높은 전분이 많은 결정성을 가지는 것으로 보고되고 있어(Cheetham과 Tao, 1998) 본 시험 결과 가장 높은 아밀로스 함량을 보였던 단아메가 낮은 호화엔탈피의 주요 원인이 된 것으로 판단된다.

Table 5. Pasting characteristics of starches from foxtail millet and sorghum cultivars

Crop	Cultivars	Pasting characteristics (RVU ¹⁾)				
		Peak viscosity	Through viscosity	Break down ²⁾	Final viscosity	Set back ³⁾
Foxtail millet	Danamae	225.86±1.31 ^{b4)}	122.67±1.39 ^e	103.19±1.44 ^b	227.28±4.14 ^a	104.61±3.01 ^a
	Samdachal	277.83±0.84 ^a	124.00±1.23 ^a	153.83±2.01 ^a	156.67±0.87 ^b	32.67±1.15 ^b
Sorghum	Nampungchal	365.00±2.13 ^a	153.50±4.13 ^a	211.50±2.35 ^a	184.00±3.17 ^b	30.50±6.49 ^b
	Sodamchal	357.03±4.44 ^a	153.05±1.29 ^a	203.97±3.97 ^a	188.78±2.06 ^a	35.73±3.39 ^a

^{a,b}Different letters with the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

¹⁾Rapid Visco Units.

²⁾Peak viscosity minus through viscosity.

³⁾Final viscosity minus through viscosity.

⁴⁾Mean±standard deviation ($n=3$).

Table 6. Thermal properties of starches from foxtail millet and sorghum cultivars

Crop	Cultivars	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)
Foxtail millet	Danamae	68.30±0.31 ^{a 1,2)}	75.75±0.33 ^a	80.81±0.29 ^a	5.25±0.17 ^b
	Samdachal	55.92±0.34 ^b	68.26±0.09 ^b	77.80±0.02 ^b	6.55±0.10 ^a
Sorghum	Nampungchal	66.29±0.49 ^a	71.36±0.33 ^a	79.51±0.31 ^a	6.83±0.51 ^a
	Sodamchal	68.98±0.08 ^a	73.95±0.08 ^a	81.14±0.52 ^a	6.43±0.37 ^a

^{1),2)}Different letters with the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

²⁾Mean±standard deviation ($n=3$).

요 약

본 연구는 국내에서 육성된 조와 수수를 식품 및 공중보건산업에서의 이용 가능성을 높이기 위한 기초자료를 확보하기 위해 조는 단아메, 삼다찰 수수의 경우 남풍찰, 소담찰 품종에서 전분을 추출한 후 이화학적 특성을 관찰하였다. 아밀로스의 경우 조는 단아메 29.42%, 삼다찰 6.42%였으며, 수수는 남풍찰 9.09%, 소담찰 11.11%로 나타났다. 아밀로펙틴중합도 분석 결과 모두 DP 13-24 함량이 50% 이상으로 가장 높았으며 조는 단아메, 수수는 소담찰이 높은 함량을 보였다. 조와 수수의 저항전분 함량 분석 결과 0.10% 이하로 매우 낮았다. 호화 점도 특성을 분석한 결과 노화와 연관이 되는 치반점도 값을 볼 때, 삼다찰(조)과 남풍찰(수수)이 다른 품종에 비해 낮은 값을 보였다. 흡열 반응을 기초로 한 호화엔탈피 값을 산출한 결과 수수는 품종간의 유의차는 없었으나 조는 삼다찰이 6.55 J/g으로 단아메(5.25 J/g)보다 높았다. 본 연구결과를 통해 조와 수수 가공제품 개발을 위한 기초자료를 활용될 수 있을 것이라 생각되며, 보다 많은 기초자료 확보를 위해 유전자원을 비롯한 다양한 품종을 이용한 전분 기초자료 확보가 지속적으로 진행되어야 한다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(과제번호: PJ01196302)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Cheetham NWH, Tao L. Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. *Carbohydr. Polym.* 36: 277-284 (1998)
- Cho DH, Park HY, Lee SK, Park JY, Choi HS, Woo KS, Kim HJ, Sim EY, Won YJ, Lee DH, Oh SK. Differences in physicochemical and textural properties of germinated brown rice in various rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 62: 172-183 (2017)
- Chung HJ, Lim ST. Relationship between starch digestibility and its structure. *Food Sci. Ind.* 47: 21-32 (2014)
- Dykes L, Rooney LW. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J. Cereal Sci.* 44: 236-251 (2006)
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46: S33-S50 (1992)
- Fitzgerald MA, Reinke RF. Rice grain quality III. A report for the rural industries research and development corporation. RIRDA Publication No. 06/056 RIRDC Project No DAN-183A (2006)
- Gidley MJ, Bulpin PV. Crystallization of malto-oligosaccharides as models of the crystalline forms of starch: minimum chain length requirement for the formation of double helices. *Carbohydr. Polym.* 13: 291-300 (1987)
- Ha YD, Lee SP. Characteristic of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J. Food Preserv.* 8: 182-192 (2001)
- Han JS, Lee SM. Improvement of surimi seafood using modified food starches. *Food Sci. Ind.* 47: 33-38 (2014)
- Hanashiro I, Abe J, Hizukuri S. A periodic distribution of the chain length of amylopectin as revealed by high-performance anion-exchange chromatography. *Carbohydr. Res.* 283: 151-159 (1996)
- Holm J, Asp NG, Björck I. Factors affecting enzymatic degradation of cereal starches *in vitro* and *in vivo*. In Morton ID (Ed.). *Cereal in a European Context: First European Conference on Food Science and Technology*. pp. 169-187. Ellis Forwood, Chichester, UK (1987)
- Juliano BO. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In *Rice Chemistry and Technology*. pp. 59-120. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA, (1985)
- Kim HR, Kim MJ, Yang YH, Lee KJ, Kim MR. Effect of grain size on the physicochemical & nutritional properties of beef porridge. *J. Korean Soc. Food Culture* 25: 70-75 (2010)
- Kim YS, Lee GC. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul, Kyonggi and Kangwon area. *J. Korean Soc. Food Culture* 21: 661-669 (2006)
- Kim MJ, Lee KH, Kim HJ, Ko JY, Lee SK, Park HY, Sim EY, Oh SK, Lee CK, Woo KS. Quality and antioxidant characteristics of cooked rice influenced by the mixing rate of glutinous rice and cooking methods. *Korean J. Crop Sci.* 62: 96-104 (2017)
- Kim YS, Lee YT, Seong HM. Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hull-less barleys. *Appl. Biol. Chem.* 42: 240-245 (1999)
- Kim JM, Park JY, Kim KW, Yoon KY. Nutritional composition and functionality of mixed cereals powder. *Korean J. Food Preserv.* 21: 388-395 (2014)
- Kim JH, Nam SH, Kim MH, Kim JK, Sohn JK, Kang MY. Cooking properties of rice with pigmented rice bran extract. *Korean J. Crop Sci.* 52: 60-68 (2007)
- Ko JY, Woo KS, Kim Ji, Song SB, Lee JS, Kim HY, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. Effects of quality characteristics and antioxidant activities of dry noodles with added sorghum flour by characteristics of endosperm. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1227-1235 (2013)
- Ko JY, Woo KS, Song SB, Seo HI, Kim HY, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1546-1553 (2012)
- Kowittaya C, Lumdubwong N. Molecular weight, chain profile of rice amylopectin and starch pasting properties. *Carbohydr. Polym.* 108: 216-223 (2014)
- Lee HJ, Kim YA, Lee HS. Annual changes in the estimated dietary fiber intake of Korean during 1991-2001. *Korean J. Nutr.* 39: 549-559 (2006)
- Lee MS, Lee KE, Jung SG, Lee HB. Relationships of amylogram characteristics and table quality in waxy corn kernel. *Korean J. Crop Sci.* 60: 470-474 (2015)
- Lee KH, Lee SK, Park HY, Sim EY, Woo KS, Oh SK, Lee B, Kim HJ. Quality characteristics of barley Makgeolli prepared with different barley cultivars and milling recovery. *Korean J. Food Preserv.* 23: 530-537 (2016)
- Lim ST, Lee JH, Shin DH, Lim HS. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties. *Starch* 51: 120-125 (1999)
- McCleary BV, McNally BV, Rossiter P. Measurement of resistant starch by enzymatic digestion in starch and selected plant materials: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85: 1103-1111 (2002)
- Oh SK, Kim DJ, Chun A, Yoon MR, Hong HC, Choi IS, Oh YJ, Oh KB, Kim YK. Quality evaluation of Juanbyeol as aseptic-packaged cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 721-726 (2010)
- Sajilata M, Singhal RS, Kulkarni RP. Resistant starch-a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 5: 1-7 (2006)
- Suzuki K, Nakamura H, Satoh H, Ohtsubo K. Relation between chain-length distribution of waxy rice amylopectins and physical properties of rice grains. *J. Appl. Glycosci.* 53: 227-232 (2006)
- Park HY, Lee ck, Sim EY, Kim HJ, Jeon YH, Kwak JE, Lee JY, Chun A, Kim MJ, Choi HS, Park JY, Woo KS. Physicochemical properties of commercial beef porridge in Korea. *Korean J. Food Nutr.* 32: 226-235 (2019)
- Tukomane T, Varavinit S. Classification of rice starch amylose content from rheological changes of starch paste after cold recrystallization. *Starch* 60: 292-297 (2008)
- Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Jeong HS, Seo MC. Physicochemical characteristics of Korean traditional wines prepared by addition of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) using different *Nuruks*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 548-553 (2010)
- Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HI, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. Antioxidant compounds and

- antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 302-309 (2012)
- Yoon MR, Lee JS, Kwak JE, Lee JH, Chun JB, Yang CI, Cho JH, Kim MJ, Lee CK, Kim BK, Kim WH. Starch and pasting characteristics in relation to stickiness of rice cake using glutinous rice varieties. *Korean J. Breed Sci.* 47: 199-208 (2015)
- You SY, Lee EJ, Chung HJ. Study of molecular and crystalline structure and physicochemical properties of rice starch with varying amylose content. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 682-688 (2014)