

시판 우리밀과 수입밀 전분의 구조 및 이화학적 특성 비교

정경아¹ · 박진희² · 김경훈² · 이창주^{1,*}

¹원광대학교 식품생명공학과, ²농촌진흥청 국립식량과학원 밀연구팀

Comparison of structure and physicochemical properties of commercial domestic and imported wheat starch

Gyeong A Jeong¹, Jinhee Park², Kyeong Hoon Kim², and Chang Joo Lee^{1,*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Wonkwang University

²Wheat Research Team, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

Abstract This study characterized the chemical structure and physical properties of domestic commercial wheat starch and compared them with those of imported commercial wheat starch. Three varieties of domestic commercial wheat starch (DWS) were compared to three types of imported wheat starch (IWS). The morphology of DWS granules was spherical with diameters 17.0-18.3 μm ; the IWS granules exhibited various diameter sizes (16.6-17.7 μm). The amylose content of both DWS and IWS was between 23.2-23.8%. DWS exhibited smaller gelatinization temperature ranges and gelatinization enthalpies compared to IWS. These results suggest that IWS-PW (plain wheat starch) is a mixture of many types of wheat starch. In conclusion, the quality of domestic wheat flour and imported wheat flour was related to gluten content as well as to the starch properties.

Keywords: domestic wheat starch, imported wheat starch, starch structure

서 론

밀은 쌀, 옥수수과 더불어 세계 3대 곡물 중 하나이다. 밀의 국민 1인당 소비량은 2015년 약 33.7 kg에서 2019년 34.2 kg으로 꾸준히 증가하는 경향을 보여 주고 있다(KOSIS, 2020). 이 중 대부분의 밀가루는 수입밀로 국내 자급률이 현저히 낮은 형태를 띠고 있다. 이는 우리밀 품종에 대한 가공기술이 부족할 뿐만 아니라 기능성 특성에 대한 분석이 부족하며(Kim과 Chung, 2014), 가격이 비싸고 품질이 떨어지기 때문이다(Kang 등, 2008). 이러한 소비시장에서 국내산 밀의 자급률과 소비를 증가 시키기 위해 우리밀 생면용 밀가루의 성질(Shin과 Kim, 2005), 식빵 제조를 위한 국산 및 수입 밀가루의 품질 특성(Jang 등, 2008), 국내 밀과 수입 밀의 국수의 품질 특성 비교(Lee 등, 1997) 등 가공 적성을 구명하기 위한 연구가 진행 되어왔다.

밀가루는 글루텐의 함량과 특성에 따라 강력분, 중력분, 박력분으로 구분한다. 강력분은 식빵과 같은 제빵용(Shin과 Kim, 2005)으로, 중력분은 다목적용으로 사용되나 대부분이 수제비나 칼국수와 같은 면류(Shin 등, 2014)로, 박력분은 주로 제과용(Shin과 Kim, 2005)으로 이용되고 있다. 밀가루의 전분 함량은 80% 이상을 차지 하고 있어 글루텐 뿐만 아니라 전분의 특성에 따라서도

물성 변화에 많은 영향을 미친다(Roman-Gutierrez 등, 2003). 밀가루의 품질 특성은 밀 품종에 따라서 차이가 많은데 이에 관한 연구로는 시판중인 우리밀 품종과 수입밀 품종의 밀가루 품질 특성 비교(Kim과 Chung, 2014), 시중 국산밀 및 외국밀 통밀가루의 입자크기와 품질 특성 비교(Moon 등, 2021), 수확 연도별 우리밀과 수입밀의 품질 변이 비교(Kwak 등, 2017a) 등 다양한 연구가 보고 되었다. 전분은 다양한 반죽의 보조 재료 및 첨가 보조재료 사용되는데, 메밀국수 반죽의 보조 재료(Yi과 Kim, 2001), 저항 전분을 첨가한 쿠키(Kim과 Shin, 2006), 밀전분을 첨가한 국수(Batey 등, 1997), 옥수수전분을 첨가한 스폰지케이크(Kim과 Jang, 2005), 타피오카전분을 첨가한 모과편(Kim과 Park, 2013), RS-3형태의 저항 전분을 첨가한 빵(Song 등, 2000) 등 다양한 형태로 사용되고 있다. 하지만 우리밀과 수입밀의 전분 특성에 관한 비교 연구는 아직 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 시판중인 우리밀과 수입밀 전분의 구조적 및 이화학적 특성을 조사하여 전분의 품질 및 가공 적성의 차이를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 밀가루는 시중에 판매되는 6종의 밀가루를 사용하였다. 백설(CJ Cheiljedang, Incheon, Korea) 강력분 전분(IWS-HW; hard wheat starch), 중력분 전분(IWS-PW; plain wheat starch), 박력분 전분(IWS-SW; soft wheat starch)와 해표(Sajo, Ansan, Korea) 지리산 100% 우리밀 통밀가루 전분(DWS-H), 농협(Nonghyup, Samyang, Asan, Korea) 우리밀 참백밀가루 전분(DWS-N), 백설(CJ Cheiljedang, Yangsan, Korea) 우리밀 우리

*Corresponding author: Chang Joo Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Wonkwang University, Iksan, Jeonbuk 54538, Republic of Korea
Tel: +82-63-850-6825
Fax: +82-63-850-7308
E-mail: cjlee@wku.ac.kr
Received July 15, 2021; revised August 13, 2021;
accepted August 13, 2021

밀밀가루 전분(DWS-CJ)은 각각의 밀가루에서 전분을 분리하여 실험에 사용하였다.

전분의 분리

밀전분은 반죽형성법을 이용하여 분리하였다(Kim과 Huber, 2008). 밀가루 100 g에 정제수 50 g을 넣어 10분간 반죽하여 글루텐 형성이 잘 이루어지도록 하였다. 제조된 반죽은 stainless bowl에 물을 담아 150 mesh 체를 이용하여 전분유와 반죽덩어리를 분리하였다. 분리된 전분유는 원심분리기(Supra R22, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)로 5000×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 제거하고, 침전물 상층부의 단백질을 및 tailed 전분층은 시약스펀으로 긁어 제거한 후 증류수를 가하고 분산시켜 분리하였다. 이때 단백질층 및 tailed 전분층이 더 이상 관찰되지 않을 때까지 반복하여 세척하였다. 분리된 전분은 45°C 열풍건조기에서 건조 후 150 mesh 체에 통과시켜 실험에 사용하였다.

밀전분의 입자 형태 및 크기 분포

전분의 입자 형태는 광학현미경(Olympus BX40, Olympus Optical Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 일반 조건 및 편광 조건에서 관찰하였다. 전분 입자의 크기는 입도분석기(LS 13 320, Beckman Coulter, Inc., Fullerton, CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

밀전분의 호화특성

전분의 호화특성은 시차주사열량계(DSC 4000, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 전분과 증류수를 1:4의 비율로 팬에 넣고, 30°C에서 130°C까지 5°C/min의 속도로 온도를 증가시켜 가열하였다. 이때 얻은 흡열 곡선부터 호화 개시 온도(T_o : onset temperature), 피크온도(T_p : maximum peak temperature), 종결온도(T_c : conclusion temperature)와 호화 엔탈피(ΔH : crystal melting enthalpy)를 구하였다.

겉보기 아밀로즈 함량 측정

밀전분의 아밀로즈 함량은 Ratnayake 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 전분 20 mg에 90% DMSO 1 mL를 넣고 95°C의 물에 15분간 증탕하였다. 각 희석된 시료 0.1 mL과 Lugol solution 1 mL을 넣어 잘 혼합하여 620 nm에서 흡광도를 측정 하였다.

가지 사슬 길이 분포

아밀로펙틴의 가지사슬길이 및 분포(branch chain length distribution)는 high performance anion exchange chromatography-pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD, Thermo, Dionex ICS-5000+, Sunnyvale, CA, USA)을 이용하여 분석하였다. 전분 10 mg을 1 N KOH 0.1 mL과 D.W 0.2 mL에 분산시켜 10분간 끓인 다음 1 N HCl 0.1 mL로 중화 시킨 후 완충용액 50 mM sodium acetate buffer (pH 4.3)와 isoamylase (500 U/mL, Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland) 6 μ L를 첨가하였다. 이 혼합물을 45°C 항온수조(BS-21, Jeio Tech. Co. Ltd., Daejeon, Korea)에서 2시간 동안 반응 시키고, 10분 동안 끓여 효소 반응을 정지시켰다. 반응물을 0.45 μ m membrane filter를 통과시킨 후 음이온 교환 컬럼 Carbo-pack PA-100 (250×4 mm; Dionex, Sunnyvale, CA, USA)을 이용하여 분석하였다. 컬럼을 150 mM NaOH로 1 mL/min의 유속으로 평형 시키고, 600 mM sodium acetate의 농도를 시간대별로 증가시켜 시료를 분석하였다(농도 기

울기 조건 0-5분, 0-20%; 6-30분, 20-45%; 31-60분, 46-55%; 61-80분, 56-60%; 81-90분, 61-65%; 91-95분, 66-80%; 96-100분, 81-100%). 1에서 7까지의 중합도(DP, degree of polymerization)는 말토올리고당 혼합물(DP 1-7, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 외부 표준물질로 사용하여 구하였다.

밀전분의 점도 특성

전분의 점도 특성은 Rapid Visco Analyser (RVA-4500, Perten Instruments, Kungens, Sweden)를 이용하여 측정하였다. 알루미늄 용기에 전분 2.5 g과 증류수 25 mL를 넣은 다음 플라스틱 회전축을 이용하여 50°C에서 1분간 혼합한 다음, 12°C/min의 가열속도로 95°C까지 가열하고 이 상태에서 2.5분간 유지한 후, 다시 12°C/min의 냉각속도로 50°C로 냉각하여 2분간 유지시켜 호화 개시 온도(pasting temperature) 및 최종점도(final viscosity), 강하 점도(breakdown), 치반점도(setback)를 구하였다.

통계분석

모든 실험의 결과는 3회 반복 측정값으로 Mean±SD로 표시하였다. 유의성 검증은 SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA분석 후 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 각 실험값 사이의 유의적인 차이는 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

밀전분의 입자 형태 및 크기 분포

밀전분의 입자 형태는 Fig. 1에 나타내었다. 수입밀(IWS-HW, IWS-PW, IWS-SW)과 우리밀(DWS-H, DWS-CJ, DWS-N)의 전분 입자 형태는 모두 둥근형 또는 타원형으로 비슷한 모양이 나타났다. Kwon 등(2019)의 연구에 따르면 밀전분 입자 형태는 둥근형 또는 타원형 모양을 가지고 있다고 보고 하였다. 이는 밀전분의 일반적인 형태로 우리 연구결과와 동일한 형태를 띄었다. 또한 전분 내부의 규칙적인 구조에 의해 나타나는 maltose cross가 발견되어 전분 입자의 파괴가 없는 것으로 나타났다. 전분 입자의 크기 분포는 Table 1에 나타내었다. 입자크기는 수입밀은 IWS-HW 16.55 μ m, IWS-PW 17.67 μ m, IWS-SW 16.72 μ m으로 나타났으며, 우리밀 전분에서는 DWS-H 18.31 μ m, DWS-CJ 17.01 μ m, DWS-N 17.11 μ m로 우리밀 전분의 입자가 약간 크게 나타났다. 이와 달리 Cheong (2001)의 보고에 따르면 우리 밀가루와 수입 밀가루의 입자 형태는 타원형으로 동일 하였으나 밀가루의 입자 크기는 우리 밀가루에 비해 수입 밀가루가 더 크게 관찰된 연구논문과는 다른 양상을 띄었다. 이는 체분 정도에 따른 호분층, 혼입량 및 밀 품종 간의 차이에 의한 영향이라 생각된다.

겉보기 아밀로즈 함량 측정

밀전분의 겉보기 아밀로즈 함량은 Table 2에 나타내었다. 아밀로즈 함량은 IWS와 DWS가 23.2-23.8%로 유의적 차이가 없었다($p > 0.05$). 우리밀 및 수입밀 전분의 아밀로즈 함량이 23.1-25.8%로 비슷하게 나왔다는 다른 연구결과와 동일한 양상을 띄었다(Kang 등, 2008). 이는 시판 되는 밀가루는 제품생산과정에서 물성, 회분 함량, 색 등의 품질관리를 하므로 아밀로즈 함량이 비슷한 것으로 보인다. Majzoobi 등(2011)은 밀가루의 품질 특성은 재배 지역, 온도 등 재배 환경요인에 따라 차이가 있다고 보고하였다.

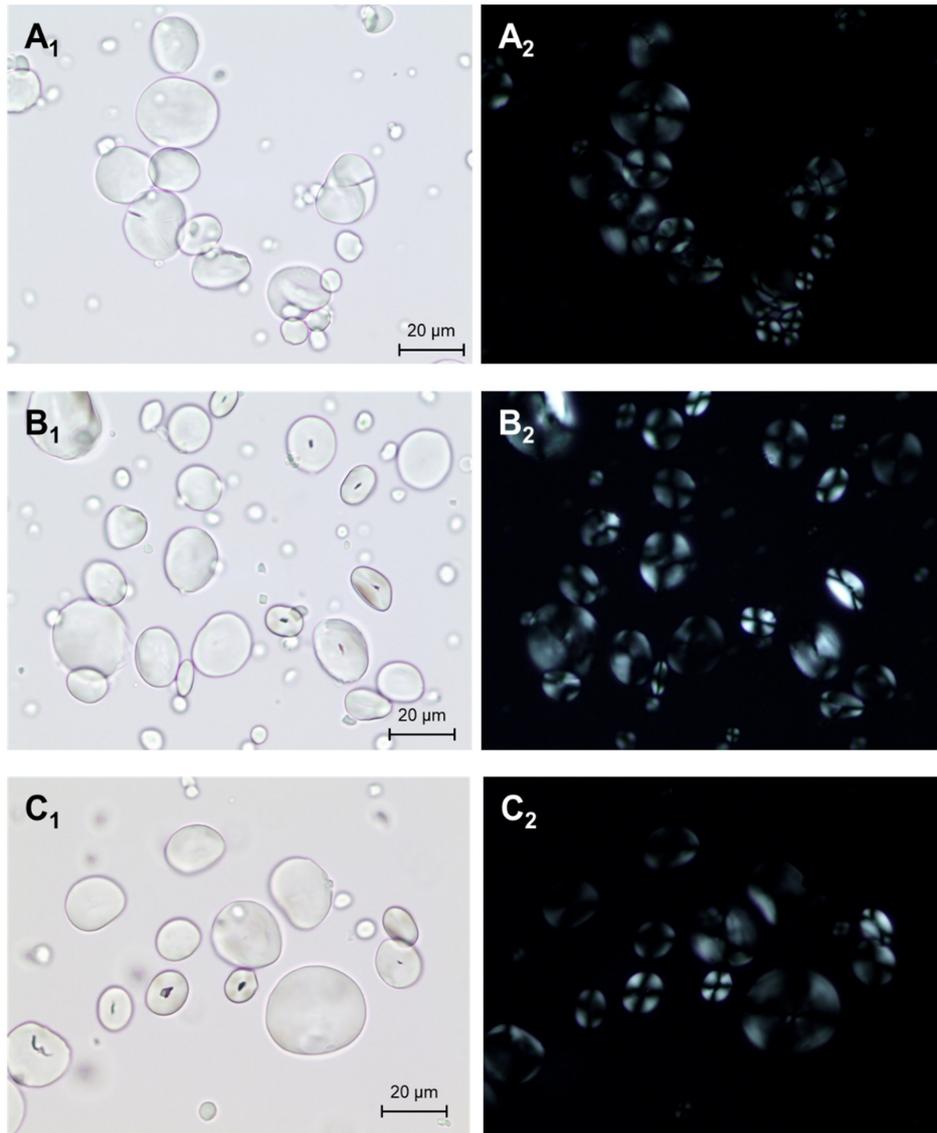


Fig. 1. Light micrographs of granules of wheat starches. (A) IWS-HW; hard wheat starch, (B) IWS-PW; plain wheat starch, (C) IWS-SW; soft wheat starch, (D) DWS-H; domestic wheat starch-Haepyo, (E) DWS-N; domestic wheat starch-Nonghyup, (F) DWS-CJ; domestic wheat starch-Beksul.

밀전분의 호화 특성

밀전분의 호화와 관련된 열 특성 분석 결과는 Table 3에 나타내었다. 전분의 호화 특성은 아밀로즈 함량과 전분 입자의 팽윤, 결정성, 아밀로펙틴의 가지사슬 분포 등에 영향을 받는다고 알려져 있다(Kang 등, 2008). 우리밀 전분(DWS)의 호화 개시온도는 60.5-61.2%로 수입밀 전분(IWS) 60.0-60.1°C에 비해 높게 나타났으며, 특히 DWS-N가 61.2°C로 가장 높게 나타났다. Kim과 Kwak (2019)의 보고에 따르면 금강우리밀 밀가루의 상변이 온도가 평균 61.76°C으로 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 호화 최고온도는 수입밀 전분 IWS-HW가 66.6°C, 우리밀 전분 DWS-CJ가 66.5°C로 두 시료 사이의 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다 ($p>0.05$). 최종온도는 IWS-PW가 76.4°C로 가장 높았으며 우리밀 전분 중에서는 DWS-N이 75.3°C으로 가장 높았다. 호화 엔탈피는 IWS시료 6.43-7.68 J/g로 DWS시료 보다 높게 나타났다. Jeong 등(2019)에 따르면 호화 엔탈피는 전분의 결정성 내에 존재하는 이중나선 구조를 붕괴하는데 필요한 열량을 나타낸다. 호화 엔탈

피가 높을수록 강한 결합으로 이루어져 있어, 우리밀 전분보다 수입밀 전분의 이중나선구조가 치밀하다는 것을 알 수 있다. 호화 개시온도와 종결온도의 차이(T_c-T_o)가 클수록 여러 종류의 이중나선구조가 존재한다는 의미로 DWS-CJ의 T_c-T_o 는 14.0°C으로 가장 적게 나타났다. 호화 개온도와 종결온도의 차이는 IWS 15.0-16.7°C로 DWS 14.0-14.5°C에 비해 차이가 크게 나타나, 수입밀이 우리밀에 비해 다양한 품종이 혼합 되어 있다고 볼 수 있다. 열 특성 분석결과 우리밀 전분과 수입밀 전분은 밀가루 종류에 따라 이화학적 특성이 다르게 나타났다.

가지 사슬 길이 분포

밀전분에서 분석된 아밀로펙틴 가지 사슬의 중합도와 그에 따른 피크 면적의 상대적인 비율을 Table 4에 나타내었다. 일반적으로 가지 사슬은 glucose의 중합도에 따라 A chain과 B chain의 개념을 도입해서 그 길이에 따라 A사슬(DP 6-12), B'사슬(DP 13-24), B''사슬(DP 25-36), B'''사슬(DP≥37) 4가지 부분으로 나타내었

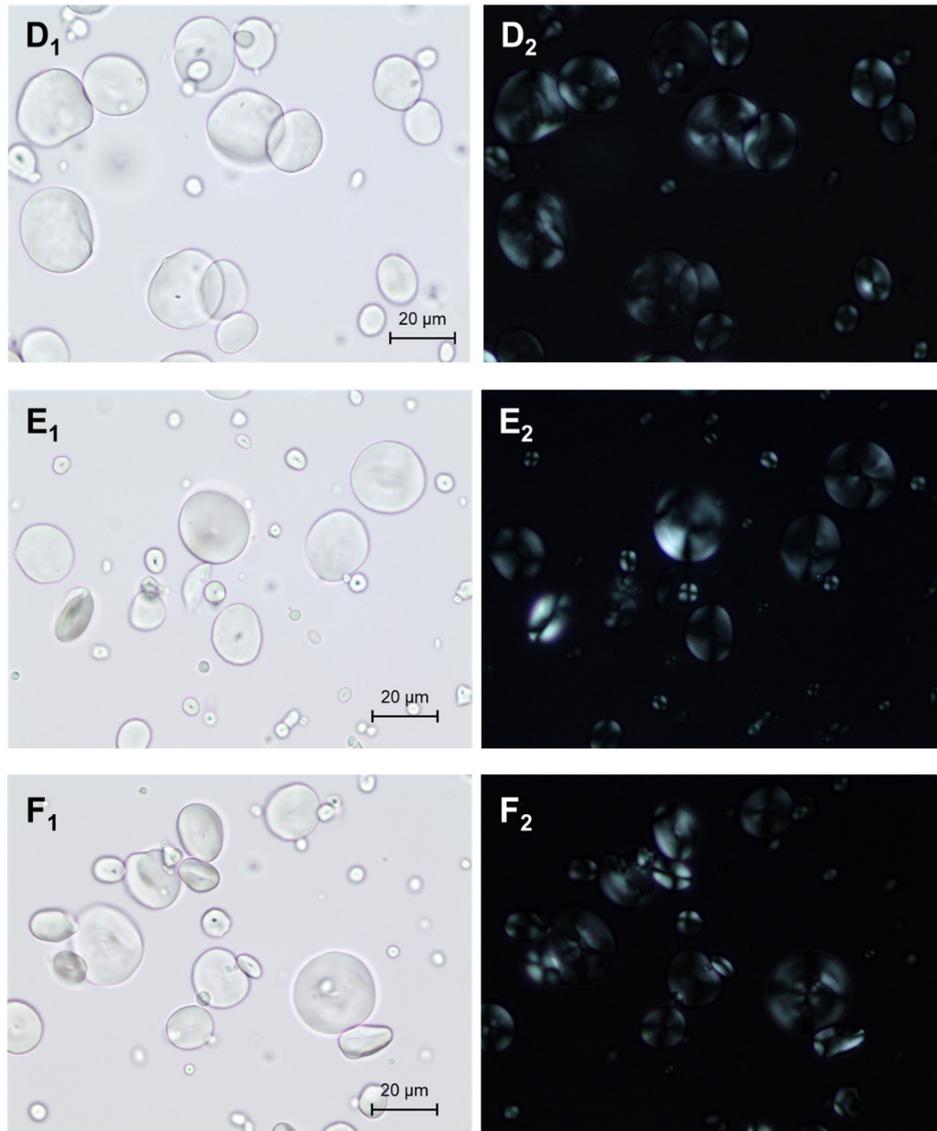


Fig. 1. Continued

다(Kang과 Han, 2001). 측정 결과 DP 13-24의 분포가 IWS 50.3-51.9%, DWS 50.4-51.2%로 비슷하게 분포되었으며, DP \geq 37 분포에서는 IWS가 4.84-5.08%로 DWS 4.94-5.37%에 비해 약간 적게 나타났으나 유의적 차이는 없었다($p>0.05$). 따라서 우리밀과 수입 밀의 전분 가지 사슬 길이는 유사하다고 볼 수 있다.

밀전분의 점도 특성

밀전분의 점도 특성 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 밀전분의 최고점도는 IWS-HW가 164.8 RVU, breakdown이 34.0으로 가장 높게 나타났다. 우리밀 전분에서는 DWS-N 158.8 RVU, breakdown이 27.3으로 높은 경향을 나타내었다. Shin과 Kim (2003)에 따르면 최고점도와 최저점도 간의 차이인 breakdown은 최고점도가 높을수록 크게 나타난다고 보고하였는데 본 연구결과와 일치하는 결과이다. IWS-HW와 DWS-N는 점도 특성이 유사한 것으로 보인다. IWS-HW가 가장 높은 점도가 나타났으며 순차적으로 IWS-PW, IWS-SW의 순으로 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 시중에 판매되는 강력분, 중력분, 박력분의 가공적성과도 관련이 있는 것

으로 보인다. 우리밀 전분은 DWS-N, DWS-H, DWS-CJ순으로 점도가 낮아지는 것으로 나타났다. 또한 DWS-CJ는 IWS-SW보다 더 높은 점도를 보여 IWS-PW와 유사한 가공 적성을 나타내었다. 전분의 노화와 관계가 있는 setback은 IWS-HW, IWS-PW, IWS-SW가 각각 54.3, 46.3, 38.8 RVU로 최고 점도가 낮을 수록 setback도 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같이 우리밀 전분에서도 DWS-H, DWS-CJ의 값이 52.7, 40.7 RVU로 낮아지는 경향을 보였으나, DWS-N의 높은 점도에 비해서는 낮은 setback값이 나타났다. 이러한 점도 특성 결과는 밀가루 제조사마다 차이가 있는 것으로 보인다. 수입밀과 우리밀 사이의 점도 특성은 대체로 수입밀이 높은 점도 값을 나타낸다고 보고 되었다(Kwak 등, 2017b). 본 연구에서도 수입밀 전분(IWS)이 우리밀 전분(DWS)보다 대체적으로 높은 점도를 나타냈으며, 이 중 IWS-HW가 가장 높은 값을 나타내었다. 우리밀 전분 DWS-N의 점도 특성은 수입밀 강력분 전분(IWS-HW)과 유사하며, DWS-H와 DWS-CJ는 중력분 전분(IWS-PW)과 유사한 것으로 보인다. 이는 글루텐의 함량 뿐만 아니라 전분의 종류에 있어서도 밀가루의 점도 특성에 많은 영

Table 1. Average particle size of wheat starches

Wheat starch ¹⁾	Average particle size (μm) ²⁾
IWS-HW	16.6±0.10 ^a
IWS-PW	17.7±0.01 ^c
IWS-SW	16.7±0.19 ^a
DWS-H	18.3±0.06 ^d
DWS-CJ	17.0±0.23 ^b
DWS-N	17.1±0.09 ^b

¹⁾IWS-HW: hard wheat starch, IWS-PW; plain wheat starch, IWS-SW; soft wheat starch, DWS-H; domestic wheat starch-Haepyo, DWS-N; domestic wheat starch-Nonghyup, DWS-CJ; domestic wheat starch-Beksul.

²⁾The values with different superscripts within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 2. Apparent amylose contents of wheat starches

Wheat starch ¹⁾	Amylose content (%) ²⁾
IWS-HW	23.6±0.41 ^a
IWS-PW	23.2±0.25 ^a
IWS-SW	23.2±0.85 ^a
DWS-H	23.8±0.56 ^a
DWS-CJ	23.4±0.46 ^a
DWS-N	23.7±0.48 ^a

¹⁾IWS-HW: hard wheat starch, IWS-PW; plain wheat starch, IWS-SW; soft wheat starch, DWS-H; domestic wheat starch-Haepyo, DWS-N; domestic wheat starch-Nonghyup, DWS-CJ; domestic wheat starch-Beksul.

²⁾The values with different superscripts within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

요 약

본 연구에서는 시판중인 우리밀과 수입밀에서 분리한 전분의 구조와 이화학적 특성을 조사하고 각 전분 사이의 구조적 특성을 비교분석 하였다. 우리밀과 수입밀 전분의 아밀로즈 함량은 23.2-23.8%로 유사하게 나타났다. 전분 입자의 형태는 유사한 타원형모양으로 이루어져 있었으나, 호화온도와 종결온도의 차이는 수입밀 전분이 우리밀 전분에 비해 넓게 분포되어 있어 수입밀이 우리밀에 비해 품종 혼합이 많이 이루어져 있는 것으로 보였다. 점도 특성은 국내산 밀가루 DWS-N은 강력분인 빵의 가공

적성에 적합하며, DWS-H, DWS-CJ는 중력분인 다목적 용도에 적합한 것으로 나타났다. 결론적으로 우리밀과 수입밀의 품질 특성은 글루텐 함량 뿐만 아니라 전분의 특성과도 관련이 있는 것으로 나타났다. 이 연구의 결과는 향후 우리밀을 활용한 가공식품 적용에 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

This research was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Department (Project No. PJ01514903) funded by the Rural Development Administration, Korea.

Table 3. Gelatinization parameters of wheat starches

Wheat starch ¹⁾	T_o (°C) ²⁾	T_p (°C)	T_c (°C)	T_c-T_o (°C)	ΔH (J/g)
IWS-HW	60.0±0.08 ^{ab}	66.6±0.01 ^c	75.1±0.02 ^b	15.0±0.07 ^a	6.43±0.25 ^c
IWS-PW	59.8±0.03 ^a	66.4±0.07 ^{bc}	76.4±0.08 ^c	16.7±0.11 ^c	7.42±0.21 ^c
IWS-SW	60.1±0.23 ^b	65.7±0.01 ^a	76.3±0.40 ^c	16.2±0.19 ^d	7.68±0.07 ^d
DWS-H	60.5±0.22 ^c	66.2±0.11 ^b	75.0±0.23 ^b	14.5±0.01 ^b	6.71±0.06 ^b
DWS-CJ	60.5±0.26 ^c	66.5±0.26 ^c	74.5±0.23 ^a	14.0±0.07 ^a	6.30±0.09 ^a
DWS-N	61.2±0.03 ^d	66.3±0.08 ^b	75.3±0.17 ^b	14.1±0.15 ^{ab}	6.53±0.05 ^a

¹⁾IWS-HW: hard wheat starch, IWS-PW; plain wheat starch, IWS-SW; soft wheat starch, DWS-H; domestic wheat starch-Haepyo, DWS-N; domestic wheat starch-Nonghyup, DWS-CJ; domestic wheat starch-Beksul.

²⁾The values with different superscripts within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 4. Branched chain length distributions of wheat starches

Wheat starch ¹⁾	Distribution (%)			
	DP 6-12	DP 13-24	DP 25-36	DP≥37
IWS-HW	24.2	50.6	20.4	4.84
IWS-PW	23.9	51.9	19.3	5.05
IWS-SW	24.5	50.3	20.1	5.08
DWS-H	23.2	51.2	20.7	4.94
DWS-CJ	23.3	50.4	20.9	5.37
DWS-N	23.6	50.9	20.3	5.14

¹⁾IWS-HW: hard wheat starch, IWS-PW; plain wheat starch, IWS-SW; soft wheat starch, DWS-H; domestic wheat starch-Haepyo, DWS-N; domestic wheat starch-Nonghyup, DWS-CJ; domestic wheat starch-Beksul.

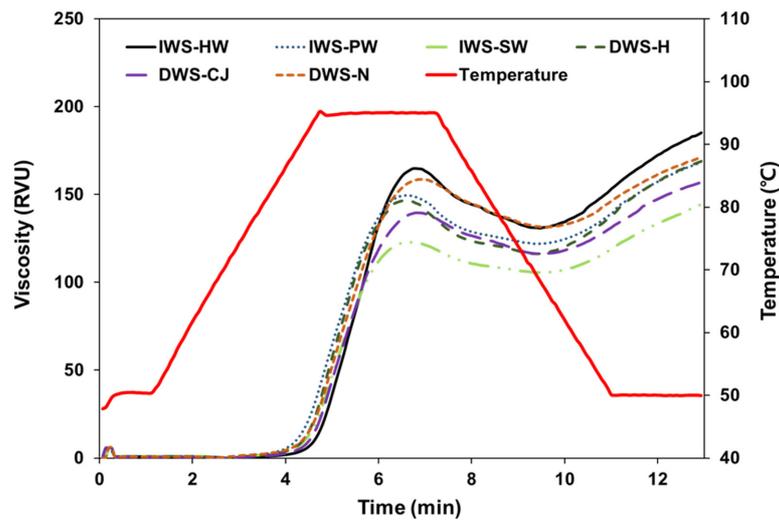


Fig. 2. Pasting properties of wheat starches measured with a rapid visco analyzer. IWS-HW; hard wheat starch, IWS-PW; plain wheat starch, IWS-SW; soft wheat starch, DWS-H; domestic wheat starch-Haepyo, DWS-N; domestic wheat starch-Nonghyup, DWS-CJ; domestic wheat starch-Beksul.

References

- Batey IL, Gras PW, Curtin BM. Contribution of the chemical structure of wheat starch to Japanese noodle quality. *J. Sci. Food Agric.* 74: 503-508 (1997)
- Cheong G. Quality characteristics of Korea wheat flour and imported wheat flour. *Korean J. Comm. Living Sci.* 12: 23-27 (2001)
- Jang HR, Park JS, Shin S, Shin GM. Properties of white pan breads made with Korean and imported wheat flours. *Korean J. Food Preserv.* 15: 884-890 (2008)
- Jeong D, Lee SJ, Chung HJ. Effect of molecular and crystalline structure on phase transition behaviors of rice starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 432-437 (2019)
- Kang CS, Kim HS, Cheong YK, Kim JG, Park KH, Park CS. Flour characteristics and end-use quality of commercial flour produced from Korean wheat and imported wheat. *Korean J. Food Preserv.* 15: 687-693 (2008)
- Kang MY, Han JY. Glucose chain length distribution of starches from endosperm mutant rices and its relationship with adaptability in rice bread processing. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 50-54 (2001)
- Kim SS, Chung HY. Comparison of quality analyses of domestic and imported wheat flour products marketed in Korea. *Korean J. Food & Nutr.* 27: 287-293 (2014)
- Kim HS, Huber KC. Channels within soft wheat starch A- and B-type granules. *J. Cereal Sci.* 48: 159-172 (2008)
- Kim MJ, Jang MS. Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 1427-1433 (2005)
- Kim SS, Kwak HS. Quality Characteristics of domestic wheat flour (var. Keumkang) based on the milling yield. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 879-886 (2019)
- Kim GH, Park GS. Quality characteristics of *Mokwapyun* containing various amount of tapioca starch. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 23: 444-450 (2013)
- Kim JS, Shin MS. Quality characteristics of cookies with resistant starches. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 659-665 (2006)
- KOSIS. Korean Statistical Information Service. Agricultural Statistics Info: An output tendency of crops. Available from: <http://kostat.go.kr/wnsearch/search.jsp>. Accessed Mar. 26, 2021.
- Kwak HS, Kim TJ, Joo EY, Cha JH, Kim AJ, Kim MJ, Kim SS. Quality variation of domestic wheat compared to imported wheat depending on harvest year. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 146-151 (2017a)
- Kwak HS, Kim MJ, Kim H, Kim SS. Quality characteristics of domestic and imported commercial plain wheat flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 304-310 (2017b)
- Kwon C, Kim HR, Moon TW, Lee SH, Lee CJ. Structural and physicochemical characteristics of granular malic acid-treated sweet potato starch containing heat-stable resistant starch. *J. Chem.* Volume Article ID 2903252 (2019)
- Lee SY, Hur HS, Song JC, Park NK, Chung WK, Nam JH, Chang HG. Comparison of noodle-related characteristics of domestic and imported wheat. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 44-50 (1997)
- Majzoobi M, Farahnaky A, Amiri S. Physicochemical characteristics of starch component of wheat flours obtained from fourteen Iranian wheat cultivars. *Int. J. Food Prop.* 14: 685-696 (2011)
- Moon YJ, Xia T, Cho HJ, Kweon MR. Comparison of particle size and quality characteristics of commercial whole wheat flours made from Korean domestic wheat and foreign wheat. *Korean J. Food Cook. Sci.* 37: 41-52 (2021)
- Ratnayake WS, Hoover R, Shahidi F, Perera C, Jane J. Composition, molecular structure and physicochemical properties of starches from four field pea cultivars. *Food Chem.* 74: 189-202 (2001)
- Roman-Gutierrez AD, Mabilite F, Guilbert S, Cuq B. Contribution of specific flour components to water vapor adsorption properties of wheat flours. *Cereal Chem.* 80: 558-563 (2003)
- Shin EJ, Kim NG, Chung CH, Kim HS. Quality characteristics of wheat flour suitable for wet noodle. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 540-546 (2014)
- Song JY, Lee SK, Shin MS. Effects of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread. *Korean J. Soc. Food Sci.,* 16: 188-194 (2000)
- Shin SN, Kim SK. Properties of instant noodle flours produced in Korea. *Cereal Foods World* 48: 310-314 (2003)
- Shin SN, Kim SK. Physicochemical properties of Korea raw noodle flours. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 418-424 (2005)
- Yi SY, Kim CS. Effects of added *Yam* powders on the quality characteristics of yeast leavened pan breads made from imported wheat flour and Korean wheat flour. *Korean J. Food & Nutr.* 30: 56-63 (2001)