

시중 판매되고 있는 국내 제조 밀가루의 품질 특성에 관한 연구

- 연구노트 -

홍용건* · 서명성* · 이승용 · 강병관 · 이형수

대한제분(주) 식품과학연구소

Comparative Study on the Quality Characteristics of Commercial Wheat Flours Manufactured in Korea

Yong-Gun Hong*, Myoung-Sung Seo*, Seung-Yong Lee,
Byung-Kwan Kang, and Hyeong-Su Lee

Daehan Flour Mills Co., Ltd.

ABSTRACT This study conducted experiments on wheat flour produced and distributed by domestic milling companies. The differences between the major quality characteristics were compared and analyzed with the intention of deriving the key factors affecting wheat flour. Four wheat flour samples (A, B, C, and D) were analyzed moisture, ash and protein content, particle size distribution, damaged starch content, water absorption rate, water holding capacity (WHC), and wet gluten content. There were no significant differences in the moisture, ash and protein content. However, there were significant differences in particle size distribution and damaged starch content. Sample A had the highest crude content ratio and damaged starch, and also the highest values for the water absorption rate and WHC. This suggests that the moisture-binding power of the damaged starch contributes to the moisture-holding properties of the dough. In addition, although the protein contents were similar, there was a difference in the wet gluten levels. These results suggest that the particle structure and starch damage may affect the extraction efficiency and dough properties of gluten proteins. Finally, this study attempted to prove quantitatively that particle size distribution and damage to the starch are key quality factors that directly or indirectly affect the moisture binding and gluten formation power of wheat flour. In addition, the findings are intended to be used as basic data for quality control and suitability evaluation of each product.

Keywords: wheat flour, particle size distribution, damaged starch

서 론

밀가루는 제과·제빵 산업에서 핵심적인 원료로, 반죽의 구조 형성, 발효 특성, 최종 제품의 부피 및 식감에 직접적인 영향을 미친다. 그중 강력분은 높은 단백질 함량과 글루텐 형성 능력을 바탕으로 주로 식빵, 바게트 등 구조적 안정성이 중요한 제품에 활용된다. 이러한 제품들은 반죽의 수분 흡수력, 점탄성, 연성, 안정성 등 복합적인 물성이 필요하며, 이들 특성은 단백질의 양뿐 아니라 밀가루의 입자 구조, 전분 손상 정도, 수분 보유 특성, 글루텐 형성력 등 다양한 요소의 상호작용에 의해 결정된다(Barak 등, 2014).

제분 공정 중 압력, 률 간 차등률 등의 변수는 입자 크기와 전분 입자의 물리적 파쇄 수준에 영향을 주며, 이에 따라 손

상전분(damaged starch)과 입도분포(particle size distribution)가 형성된다. 손상전분은 전분의 비결정 영역이 증가하여 수분 결합력이 강해지고, 이는 수분 흡수율 상승, 효소 반응성 증가, 반죽 점성 변화 등에 직결된다(Bojanic 등, 2024). 또한, 손상전분이 많을수록 amylase에 의한 가수분해로 물이 반출되고 반죽이 질어져 제빵 조직이 약화된다(Barrera 등, 2016). 입도분포 또한 밀가루의 물리적 특성을 결정짓는 중요한 지표로, 글루텐 망의 형성 균일성, 수분 흡수 속도, 반죽의 가공성과 밀접한 연관이 있다(Shen 등, 2023). 입도는 제분 시 밀 배유부 강도에 따라 조건이 다르며 크기에 영향을 주고 입도가 고울수록 수화속도가 빨라진다(Cai 등, 2023). 조분 비율이 높은 경우 반죽 안정성이 기여할 수 있으며, 미분이 많은 경우 수분 흡수가 빠르지만

Received 9 September 2025; Revised 15 October 2025; Accepted 17 October 2025

Corresponding author: Hyeong-Su Lee, Daehan Flour Mills Co., Ltd., 50, Wolmi-ro, Jung-gu, Incheon 22300, Korea,
E-mail: hslee02@dhflour.co.kr

*These authors contributed equally to this work.

© 2025 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

구조적 불안정을 유발할 가능성이 있다(Lin 등, 2020).

그런데도 국내 시판 밀가루 제품 간 입도 구조, 손상전분 함량, 수분 보유력, 글루텐 형성 특성에 대한 정량적이고 체계적인 비교 연구는 매우 제한적이다. 동일한 용도의 제품이라 하더라도 제분 공정 및 원료 밀의 특성에 따라 품질 차이가 발생할 수 있으며, 이에 따라 실제 제빵 결과에서도 성능 편차가 나타날 수 있다(Cappelli 등, 2020). 따라서 밀가루 선택 및 제분 공정 최적화를 위해서는 입도분포와 손상전분 등 주요 품질 지표에 대한 세부적인 분석이 필요하다.

이에 본 연구에서는 국내 제분 회사에서 생산된 밀가루 4종을 대상으로 일반성분(수분, 회분, 단백질), 입도분포, 손상전분 함량, Farinograph 특성, 수분 보유력, 습부글루텐 함량 등을 비교·분석하였다. 이를 통해 입도와 손상전분이 반죽의 물리적 특성에 미치는 영향을 정량적으로 규명하고, 제품 용도별 적합성 평가 및 제분 공정의 품질관리 지표 설정을 위한 과학적 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 밀가루[밀 100%(미국, 캐나다산)] 4종은 국내 D, C, Q, S 제분사에서 제조된 밀가루(지대 포장 제품)를 사용하였으며, 시중 마트 및 온라인 쇼핑몰에서 구매하여 사용하였다. 실험에 이용된 밀가루는 상온에서 보관하였으며 개봉한 밀가루는 밀봉한 뒤 재사용하였다.

수분 측정

수분 측정은 Shin 등(2014)의 실험 방법을 참고하였다. 할로겐 방식 수분 측정기(moisture analyzer ML-50, AND)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였으며, 각각의 시료 2 g을 취해 할로겐램프를 가열시킨 후, 항량이 될 때까지 시료를 건조해 시료의 수분(%)값을 확인하였다.

단백질 측정

단백질 측정은 시료 단백질 분석기(Rapid N Exceed, Elementar)를 사용하여 3회 반복하였으며, Dumas법으로 측정하였다.

회분 측정

회분 측정은 도가니를 620°C 회화로에서 1시간 회화 후 1시간 방랭하였다. 회화시킨 도가니에 각 시료 3 g을 취하여 예열된 620~630°C의 회화로(Muffle Furnace LP-MS550P, LKLAB KOREA Inc.)에서 3시간 30분 회화한 후 1시간 방랭하여 회분(%)값을 확인하였으며 각각 3회 반복하여 측정하였다.

$$\text{회분}(\%) = \frac{\text{회화 후 도가니에 남은 무게(g)}}{3 \text{ g}} \times 100$$

입도 측정

입도 측정은 particle size analyzer(Mastersizer 3000, Malvern Ltd.)를 이용하여 각 3회 반복 측정했으며, Mastersizer 3000 software를 이용하여 밀가루별 평균 입자 크기(μm) 및 입도 분포도(%)를 분석하였다. 입도 분포도는 0.01~17 μm , 17~35 μm , 35~150 μm , 150 μm 초과 4개의 구간으로 나누어 나타냈다.

손상전분 측정

손상전분은 시료 1 g, 제조한 시약(증류수 120 mL, 붕산 3 g, 요오드칼륨 3 g, 티오휙산나트륨 0.05 g), starch damaged measurement(SD MATIC, Chopin Technologies)를 사용하여 각각 3회 반복하여 측정하였다.

Farinograph 측정

시료의 Farinograph 측정은 Okuda 등(2016)의 실험방법을 일부 변형하여 진행하였다. Farinograph-E(M18101 44, Brabander Co., Ltd.)를 이용하였다. 밀가루 300 g(수분 함량 14% 기준)을 이용하여 분석하였고 그래프 커브의 중앙 부분이 500 BU에 도달할 때까지 흡수율(%)로 측정하였으며 Farinograph로부터 반죽 형성 시간(development time), 안정도(stability)를 확인하였고 반죽 온도는 30±0.2 °C가 유지되도록 하였다.

수분 보유력(water holding capacity, WHC) 측정

시판 밀가루의 WHC 측정은 Prinyawiwatkul 등(1997)의 실험 방법을 일부 변형하여 진행하였다. 측정할 밀가루 시료 0.5 g을 원심분리 튜브에 넣고 무게를 측정하였다(W1). 그 후, 증류수 20 mL를 넣고 10초간 볼텍싱하여 혼합하였다. 60°C 항온수조에서 30분 동안 방치한 후, 얼음을 이용하여 30분 동안 식혀주었다. 3,000×g, 20분(20°C)간 원심분리를 한 후 상등액을 버려주었다. 상등액을 버린 후 원심분리 튜브와 침전물의 무게를 측정(W2)하였고, WHC 값은 W1값에서 W2값을 뺀 후 샘플의 무게로 나누어 계산하였다.

$$\text{WHC} = \frac{\text{Weight residue (g)}}{\text{Sample (g)}}$$

$$\text{Weight residue (g)} = \text{W1} - \text{W2} (\text{g})$$

습부글루텐(wet gluten) 측정

밀가루 시료의 습부글루텐은 Na 등(2023)을 참고하여 다음과 같이 측정하였다. 밀가루 50 g을 계량한 후 2% NaCl 용액 25 g을 넣고 10분간 반죽하였다. 글루텐이 형성된 반죽을 물을 이용하여 20분간 전분을 제거하였다. 물을 완전히 제거한 후 습부글루텐을 측정하였다.

$$\text{Wet gluten} = \frac{\text{Wet gluten (g)}}{\text{Wheat flour (50 g)}} \times 100$$

Table 1. Physical properties of commercial flours produced from Korea

Flour	Moisture (%)	Ash (%)	CP ¹⁾ (%)	APS ²⁾ (μm)	DS ³⁾ (%)
A	13.31±0.37 ^{a4)5)}	0.43±0.01 ^a	12.67±0.31 ^a	55.18±4.01 ^b	6.01±0.10 ^d
B	13.51±0.42 ^a	0.44±0.02 ^a	12.91±0.45 ^a	49.52±4.20 ^a	5.62±0.05 ^b
C	13.10±0.23 ^a	0.42±0.02 ^a	12.93±0.39 ^a	47.30±1.10 ^a	5.39±0.03 ^a
D	13.32±0.49 ^a	0.44±0.02 ^a	12.87±0.35 ^a	49.02±5.57 ^a	5.81±0.09 ^c

¹⁾Crude protein.²⁾Average of particle size.³⁾Damaged starch.⁴⁾Mean±SD.⁵⁾Values followed by same letters in reconstituted flours are not significantly different at $P<0.05$

통계 처리

본 실험은 3회 반복 실험하였으며, 통계 분석 프로그램인 SPSS 20.0 for Windows program을 사용하여 분산분석(ANOVA)과 상관분석을 실시하여 통계 처리하였으며, Duncan's multiple range test로 $P<0.05$ 수준에서 각 시료 간의 유의적인 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분(수분, 회분, 단백질) 분석 결과

밀가루의 수분함량은 보관 중 품질 안전성과 직결되며, 제빵 등의 공정에서 반죽의 흡수율과 반죽 특성에 영향을 미친다. 특히, 수분함량이 높을 경우 미생물의 생장을 촉진하여 저장 안전성을 저하할 수 있다(Forsido 등, 2021). 회분은 밀가루에 포함된 무기질의 양을 나타내며, 밀가루의 제분 수율 및 제분 정도를 판단하는 지표로 활용된다. 특히, 회분은 밀가루의 분류(강력, 중력, 박력) 및 제과, 제빵 적성에 영향을 미치는 요소이다. 단백질 함량은 글루텐 형성에 직접적인 영향을 미치며, 제빵성 및 제품의 기계적 물성에 중요한 역할을 한다. 손상전분은 제분 과정 중 기계적 압력에 의해 전분 입자가 파괴된 것으로, 반죽의 수분 흡수율, 효소 반응성, 발효력 등에 영향을 준다. 손상전분의 함량이 높을 경우 물 흡수가 증가하고, 당화 효소에 대한 반응이 활발해져 제빵 공정에 영향을 줄 수 있다(Barrera 등, 2016).

밀가루 A, B, C, D 시료에 대한 수분함량, 회분, 단백질 함량, 입도, 손상전분 분석 결과는 Table 1과 같다. 수분함량, 회분, 단백질 함량 분석 결과에서는 시료 간 유의적 차이를 보이지 않았다. 선행 연구의 데이터와 비교했을 때, 시중에 판매되고 있는 밀가루의 수분은 13.9%, 회분 수치는 0.37%, 단백질 수치는 13.0%로 본 실험의 분석 결과와 유사하게 도출되었음을 확인하였다(Kim과 Chung, 2014). 반면, 입도 분석 결과에서는 밀가루 A와 밀가루 B, C, D 간의 유의차가 있으며, 밀가루 A 시료가 55.18 μm로 가장 거칠었고, 밀가루 C 시료가 47.30 μm로 가장 미세하였다. 손상전분 분석 결과에서는 C 시료가 5.39%로 가장 낮고, A 시료가 6.01%로 가장 높은 값을 나타냈으며, 시료 간 유의한 차이가 확인되었다($P<0.05$). Pang 등(2021)의 연구에서는 입도가 거친 밀가루 시료가 손상전분 수치도 높게 분석되며 본 연구와

동일한 경향의 결과를 보고하였으나, Cai 등(2023)의 연구에서는 입도 크기가 미세할수록 손상전분이 증가하는 경향을 확인하여 본 연구와 반대되는 결과를 보고하였다. 이러한 결과는 입도와 손상전분은 일정한 경향을 보이지 않을 수 있으며, 공정 조건에 따라 전분 손상이 독립적으로 발생할 수 있음을 시사한다.

입도 크기별 분포 분석 결과

밀가루의 입도는 반죽의 물 흡수율, 점도, 가수 시간 등에 영향을 미치며 최종 제품의 질감과 외관에도 영향을 준다. 본 실험에서는 시료의 입도분포를 분석하여 제분 특성과 가공 적성을 파악하고자 하였다. 특히 입자가 고르게 분포되어 있을수록 일정한 품질의 제품 생산이 가능하므로, 입도 측정은 품질관리 측면에서도 중요하다(Posner와 Hibbs, 2005).

Stenvert와 Kingswood(1977)의 연구에서 전분 분획(fraction)이 반죽 점성에 영향을 주는 기준을 15~20 μm로 언급하였으며, Tian 등(2022)의 연구에서는 35 μm가 배유 입자 영역의 경계선으로 제분 및 제빵 적성에서 30~35 μm 입도분포의 중요성을 보고하였다. 밀가루 A, B, C, D 시료에 대한 입도 크기별 분포 분석 결과는 Table 2와 같다. 밀가루 A는 0.01~17 μm(미분), 17~35 μm(중분), 35~150 μm(조분) 입도분포에서 밀가루 B, C, D와 유의적인 차이를 나타냈다. 특히 밀가루 A는 0.01~17 μm의 미분에서 14.40±0.52 %임을 확인하였으며 밀가루 B, C, D 대비 약 5% 낮게 결과가 나타났다. 전체적인 입도분포의 경우, 밀가루 A는 미분 비율이 낮고 조분 비율이 높은 입도 특성을 보였으나 밀가루 B, C, D는 미분율이 높고 조분의 비율이 낮은 특성을 나타냈으며, Table 1의 결과에서 확인한 평균 입도값과 연관성 있

Table 2. Analysis of particle size distribution of commercial wheat flour A, B, C, D

Flour	Particle size distribution (%)			
	0.01 ~ 17 μm	17 ~ 35 μm	35 ~ 150 μm	150 ~ μm
A	14.40±0.52 ^{a1)2)}	16.16±0.74 ^a	67.11±1.00 ^b	2.33±0.49 ^b
B	18.84±1.11 ^b	18.71±1.43 ^b	60.94±2.34 ^a	1.50±0.76 ^b
C	18.50±0.22 ^b	19.79±0.63 ^b	59.66±0.60 ^a	2.05±0.25 ^b
D	19.67±1.47 ^b	19.99±1.79 ^b	59.77±3.15 ^a	0.57±0.41 ^a

¹⁾Mean±SD.²⁾Values followed by same letters in reconstituted flours are not significantly different at $P<0.05$.

는 결과를 확인하였다. 여러 선행 연구 중 입도분포에 따른 밀가루 특성 연구(Lapcikova 등, 2019)에서, 미분, 중분, 조분 구성에 따라 2차 가공 특성이 달라진다고 알려진 바 있다. Sadullayev 등(2024)의 연구에서는 10 μm 이하의 미분에서 글루텐 탄성과 손상전분, 수분 흡수율이 증가하나, 반죽 안정성의 저하가 나타나고 제빵 적성 측면에서 오히려 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고하였으며, 46 μm 이하의 입도분포에서는 제과, 빵류 등에 적합하다는 결과가 제시되었다. 입도 크기 및 분포도만을 기준으로 보았을 때, Dziki 등(2024)의 연구에서는 17 μm 이하의 입도분포에서는 통밀 쿠키가 적합함을 언급하였다. 또한 Boz(2019)의 연구에서는 100~150 μm 입도분포에서 쇼트브레드 쿠키 등이 적합하며 150 μm 이상의 입도분포에서는 간식류 쿠키 등이 적합함을 보고하였다. 본 연구에서 밀가루 시료 A, B, C, D 시료는 미분 및 조분율이 상이하다는 점을 고려할 때 향후 2차 가공 적성에 관한 연구를 통해 각각의 특장점을 도출할 필요성이 있다고 사료된다.

Farinograph 측정 결과

Farinograph 분석은 밀가루 반죽의 수화 특성, 반죽 형성 시간, 안정성 및 연화 정도 등의 반죽 특성을 정량적으로 평가할 수 있는 대표적인 방법이다(Migliori와 Correra, 2013). 반죽의 수화 특성, 반죽 형성 시간, 안정성 및 연화 정도 등의 특징은 제빵, 제면 공정 중 반죽의 기계적 처리 적성 및 가공 안정성과 직결된다.

시중 밀가루 A, B, C, D 시료에 대한 Farinogram 상의 수분 흡수율, 반죽 형성 시간, 안정도 결과는 Table 3과 같다. 각 제품에 대한 수분 흡수율은 63~66%로 측정되었으며 손상전분 수치가 가장 높았던 밀가루 A의 수분 흡수율이 $65.77 \pm 0.76\%$ 로 가장 높게 측정되었다. Yook 등(2000)의 연구에서도 밀가루의 수분 흡수율은 63%로 본 연구와 동일한 수치가 도출되었으며 손상전분의 수치가 높을수록 수분 흡수율이 증가하는 Jung과 Eun(2003)의 연구 결과와 일치한다. 반죽 형성 시간, 안정도는 유의적인 차이가 확인되지 않았으며, 제품별 반죽 형성 시간은 평균 2.46분, 안정도는 평균 23.43분으로 확인하였다.

WHC 분석 결과

WHC는 밀가루가 수분을 흡수하고 유지할 수 있는 능력을

Table 3. Farinogram properties of wheat flour A, B, C, D

Flour	Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)
A	$65.77 \pm 0.76^{a12)}$	2.50 ± 0.46^a	23.50 ± 0.10^a
B	64.20 ± 1.15^a	2.40 ± 0.44^a	23.43 ± 0.21^a
C	63.90 ± 0.70^a	2.37 ± 0.32^a	23.43 ± 0.25^a
D	63.57 ± 2.21^a	2.60 ± 0.60^a	23.37 ± 0.15^a

¹⁾Mean±SD.

²⁾Values followed by same letters in reconstituted flours are not significantly different at $P < 0.05$.

Table 4. Water holding capacity of wheat flour A, B, C, D

Flour	Water holding capacity (g/g)
A	$2.20 \pm 0.19^{a12)}$
B	1.22 ± 0.06^b
C	1.11 ± 0.03^b
D	1.27 ± 0.25^b

¹⁾Mean±SD.

²⁾Values followed by same letters in reconstituted flours are not significantly different at $P < 0.05$.

의미하며, 반죽의 수화성이나 점도 및 최종 제품의 촉촉함과 조직감에 중요한 영향을 미친다고 알려진 바 있다(Menon 등, 2015). 특히, WHC는 밀가루 내 섬유질이나 손상전분 함량에 따라 달라지며, 반죽의 작업성과 밀가루의 기능성 평가 지표로 활용될 수 있다(Verbeke 등, 2024). 국내 제조 밀가루의 WHC 분석 결과는 Table 4와 같다. 밀가루 A, B, C, D 시료의 WHC 분석 결과는 손상전분 함량 및 입도 특성과 유사한 경향을 나타냈으며 각각 2.20 ± 0.19 , 1.22 ± 0.06 , 1.11 ± 0.03 , 1.27 ± 0.25 로 측정되었다. 또한, 손상전분 함량이 가장 높고 조분 비율이 높은 A 시료는 WHC 또한 가장 높게 측정되었으며, 미분율이 높고 손상전분 함량이 낮은 B, C, D 시료는 상대적으로 낮은 WHC 값을 보였다. 이는 미분이 많아 빠르게 수분을 흡수하지만, 장시간 수분을 유지하는 능력에서는 다소 불리할 수 있음을 시사한다(Teobaldi 등, 2025). A 시료는 조분 비율이 높은 입도 구조를 가지며, 수분을 서서히 흡수하고 구조적으로 보유하는 특성이 WHC 향상에 기여한 것으로 판단된다(Lu 등, 2024). 이러한 결과는 밀가루의 WHC가 단순히 입자 크기나 단백질 함량에 의해서만 결정되지 않으며, 손상전분 함량과 입도분포 등 다양한 인자와 복합적 상호작용에 따라 결정되는 것으로 사료된다.

습부글루텐 분석 결과

습부글루텐 함량은 밀가루 내 글루텐 형성 단백질의 양을 나타내며, 제빵 시 반죽의 탄력성, 기체 보유력, 팽창성 등에 직접적인 영향을 미친다. 습부글루텐은 특히 밀가루의 품종 특성이나 단백질 함량에 따라 달라지므로, 글루텐 망 형성 능력을 평가하기 위한 주요 지표로 사용된다(Ionescu 등, 2010). 시중 밀가루 A, B, C, D 시료에 대한 습부글루텐 함량 분석 결과는 Table 5와 같다. 모든 시료는 강력분 기준(30% 이상)을 충족하였으며, 단백질 함량이 유사하지만 습부글루텐 수치에는 일부 차이가 관찰되었다. 조분율과 손상전분 수치가 상대적으로 높았던 A 시료의 습부글루텐 함량은 $34.73 \pm 0.76\%$ 로 B, C, D 시료 대비 습부글루텐 함량은 낮았다. 습부글루텐 함량이 낮을 경우에는 연하고 부드러운 조직감의 페이스트리 등에 적합하며 반죽 중 글루텐 망이 과도하게 형성되지 않아 질기지 않은 식감이 유지 가능하지만, 이는 단백질 전체의 함량과도 연관이 있다(Gong 등, 2023). 하지만 습부글루텐 함량이 낮으면 반죽의 탄성이 약

Table 5. Wet gluten content of wheat flour A, B, C, D

Flour	Wet gluten content (%)
A	34.73±0.76 ^{a1)2)}
B	41.47±0.95 ^c
C	38.80±0.72 ^b
D	39.27±0.31 ^b

1)Mean±SD.

2)Values followed by same letters in reconstituted flours are not significantly different at $P<0.05$.

하고 가공성이 떨어지며 빵 볼륨이 감소하는 등의 특징이 있으며, 반대로 습부글루텐 함량이 높을 경우에는 질긴 식감을 유발할 수 있고 장시간 혼합이 필요해져 생산 효율에 영향을 줄 수 있다고 보고하였다(Yang 등, 2011). Schopf와 Scherf(2021)의 연구에서는 습부글루텐 함량이 높을 시 반죽의 탄력성과 강도가 증가하며 빵의 볼륨이 증가하고 빵의 노화 과정을 억제한다고 보고하였다. B 시료는 41.47 ± 0.95 %의 습부글루텐 함량을 나타냈으며, A와 C, D 시료 대비 높은 습부글루텐 함량을 나타냈다. Vogel 등(2018)의 연구에서는 roller mill의 회전 속도와 분쇄 시간에 따른 충격으로 추출 단백질량이 감소하고 글루텐 구조에 영향을 줄 수 있음을 보고하였다. 이번 연구 결과로 미루어 보았을 때, 제분사마다 원맥 배합 및 생산 공정 조건 등에 차이가 있을 수 있고, 이러한 차이로 인해 습부글루텐 함량에 차이가 나타난 것으로 판단된다. A와 B 시료는 단백질 함량에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 습부글루텐 함량에서는 유의적인 차이가 확인되었다. 이와 같이 습부글루텐 함량은 단백질 함량뿐 아니라 입도 구조, 전분 손상, 수분 결합 특성 등의 복합적인 영향을 받는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 국내 유통 밀가루 제품 간 수분, 회분, 단백질 항목에서 유의적 차이가 확인되지 않았으며, 기존 선행 연구와 비교했을 때 유사한 수치를 나타냈다. 그러나, 동일한 용도의 제조사가 다른 밀가루의 입도분포와 손상전분 함량에서 유의적 차이가 있음이 확인되었다. 시료 A는 손상전분 함량이 $6.01\pm0.10\%$ 로 B, C, D 시료에 비해 유의미한 차이를 보였으며, 특히 입도분포에서는 35 μm 이상을 차지하는 비율이 69~70%로 높은 입자 구조가 확인되었다. 또한, 시료 A는 B, C, D 시료에 비해 수분 흡수율 및 WHC가 높게 측정되었으며, 이는 반죽의 물리적 안정성과 밀접한 관련이 있음을 시사한다. 이러한 결과는 밀가루의 제빵 적성을 수분, 회분, 단백질 함량만으로 판단하는 것은 한계가 있음을 보여주며, 입도와 손상전분 등 제분 조건에서 유래한 이화학적 특성이 실제 반죽 특성과 최종 제품 품질에 중요한 영향을 미친다는 것을 시사한다. 또한 밀가루 품질 특성을 부여하는 품질인자가 기준에 알려진 손상전분 함량 외에 입도 분포도라는 점이 확인되어 품질핵심인자(Critical To Quality) 선

정을 위한 연구로서도 상당한 의의가 있다. 그러나 본 연구는 밀가루의 이화학적 특성과 품질을 비교 분석하는 데 중점을 두었으며, 2차 가공 제품 특성 및 관능 평가가 포함되지 못한 점은 한계로 남는다. 따라서 향후 이를 요소를 포함한 다각적인 분석 및 2차 가공 특성과 적합성 등에 대한 상관관계 분석을 통해 밀가루 제과 및 제빵 특장점 등을 도출하기 위한 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구의 수행 전반에 도움을 주신 대표이사님, 학술적 통찰과 실무적 자문을 제공해 주신 일본 제분 R&D 전문가자문 위원님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 대표이사님의 지원과 자문 위원님의 제분 R&D 측면의 전문적인 지원은 본 연구의 방향 설정과 결과 해석, 후속 연구과제 선정에 큰 도움이 되었으며, 식품과학연구소 기초 R&D 역량 확보 및 연구소 기술 확보에 크게 기여하였습니다.

REFERENCES

- Barak S, Mudgil D, Khatkar BS. Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. *J Food Sci Technol.* 2014. 51:1342-1348.
- Barrera GN, León AE, Ribotta PD. Use of enzymes to minimize the rheological dough problems caused by high levels of damaged starch in starch-gluten systems. *J Sci Food Agric.* 2016. 96:2539-2546.
- Bojanović N, Rakić D, Fišteš A. Effects of roller milling parameters on wheat-flour damaged starch: A comprehensive passage analysis and response-surface methodology optimization. *Foods.* 2024. 13:3386. <https://doi.org/10.3390/foods13213386>
- Boz H. Effect of flour and sugar particle size on the properties of cookie dough and cookie. *Czech J Food Sci.* 2019. 37:120-127.
- Cai M, Shen C, Li Y, et al. Effects of particle size on quality characteristics of stone-milled whole wheat flour. *J Sci Food Agric.* 2023. 103:2483-2491.
- Cappelli A, Oliva N, Cini E. Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. *Trends Food Sci Technol.* 2020. 97:147-155.
- Dziki D, Krajewska A, Findura P. Particle size as an indicator of wheat flour quality: A review. *Processes.* 2024. 12:2480. <https://doi.org/10.3390/pr12112480>
- Shin EJ, Kim NG, Chung CH, et al. Quality characteristics of wheat flour suitable for wet noodle. *Korean J Food Cook Sci.* 2014. 30:540-546.
- Forsido SF, Welelaw E, Belachew T, et al. Effects of storage temperature and packaging material on physico-chemical, microbial and sensory properties and shelf life of extruded composite baby food flour. *Heliyon.* 2021. 7:e06821. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06821>
- Gong W, Wang X, Wang F, et al. Correlation analysis between wheat flour solvent retention capacity and gluten aggregation characteristics. *Foods.* 2023. 12:1879. <https://doi.org/10.3390/foods12091879>
- Guerra-Oliveira P, Fernández-Peláez J, Cristina G, et al. Effects of particle size in wasted bread flour properties. *Int J Food Sci Technol.* 2024. 59:1000-1008.

- Sci Technol. 2022. 57:4782-4791.
- Ionescu V, Stoenescu G, Vasilean I, et al. Comparative evaluation of wet gluten quantity and quality through different methods. Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI-Food Technology. 2010. 34:44-48.
- Jung DS, Eun JB. Rheological properties of dough added with black rice flour. Korean J Food Sci Technol. 2003. 35:38-43.
- Kim SS, Chung HY. Comparison of quality analyses of domestic and imported wheat flour products. Korean J Food Nutr. 2014. 27:287-293.
- Lapčíková B, Burešová I, Lapčík L, et al. Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics. Food Chem. 2019. 297:124938. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.06.005>
- Lin S, Gao J, Jin X, et al. Whole-wheat flour particle size influences dough properties, bread structure and *in vitro* starch digestibility. Food Funct. 2020. 11:3610-3620.
- Lu M, Yang W, Zhang H, et al. Study on the characteristics of fine rice flour by micro-crushing and its effects on the quality improvement of rice cakes. Foods. 2024. 13:3565. <https://doi.org/10.3390/foods13223565>
- Menon L, Majumdar SD, Ravi U. Development and analysis of composite flour bread. J Food Sci Technol. 2015. 52:4156-4165.
- Migliori M, Correra S. Modelling of dough formation process and structure evolution during farinograph test. Int J Food Sci Technol. 2013. 48:121-127.
- Na Y, Hur SW, Park SH. Validation of an analytical method to determine gluten content in bread by HPLC-PDA. Food Eng Prog. 2023. 27:215-219.
- Okuda R, Tabara A, Okusu H, et al. Measurement of water absorption in wheat flour by mixograph test. Food Sci Technol Res. 2016. 22:841-846.
- Pang J, Guan E, Yang Y, et al. Effects of wheat flour particle size on flour physicochemical properties and steamed bread quality. Food Sci Nutr. 2021. 9:4691-4700.
- Posner ES, Hibbs AN. Wheat flour milling. 2nd ed. Cereals & Grains Association. 2005. p 435-448.
- Prinyawiwatkul W, Beuchat LR, McWatters KH, et al. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour as affected by soaking, boiling, and fungal fermentation. J Agric Food Chem. 1997. 45:480-486.
- Sadullayev S, Ravshano S, Mirzayev J, et al. Impact of flour particle size and starch damage on baking properties of wheat flour grown in dry climate: A Uzbekistan case study. Eng Proc. 2024. 67:47. <https://doi.org/10.3390/engproc2024067047>
- Schopf M, Scherf KA. Water absorption capacity determines the functionality of vital gluten related to specific bread volume. Foods. 2021. 10:228. <https://doi.org/10.3390/foods10020228>
- Shen H, Yan M, Liu X, et al. Wheat starch particle size distribution regulates the dynamic transition behavior of gluten at different stages of dough mixing. Int J Biol Macromol. 2023. 244:125371. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125371>
- Stenvert NL, Kingswood K. The influence of the physical structure of the protein matrix on wheat hardness. J Sci Food Agric. 1977. 28:11-19.
- Teobaldi AG, Carrillo Parra EJ, Barrera GN, et al. The properties of damaged starch granules: The relationship between granule structure and water-starch polymer interactions. Foods. 2025. 14:21. <https://doi.org/10.3390/foods14010021>
- Verbeke C, Debonne E, Verstege S, et al. Technological evaluation of fiber effects in wheat-based dough and bread. Foods. 2024. 13:2582. <https://doi.org/10.3390/foods13162582>
- Vogel C, Scherf KA, Koehler P. Effects of thermal and mechanical treatments on the physicochemical properties of wheat flour. Eur Food Res Technol. 2018. 244:1367-1379.
- Tian X, Wang X, Wang Z, et al. Particle size distribution control during wheat milling: nutritional quality and functional basis of flour products – a comprehensive review. Int J Food Sci Technol. 2022. 57:7556-7572.
- Yang Y, Song Y, Zheng Q. Rheological behaviors of doughs reconstituted from wheat gluten and starch. J Food Sci Technol. 2011. 48:489-493.
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, et al. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. Korean J Food Sci Technol. 2000. 32:387-395.