



보리 품종의 이화학적 및 호화 특성 비교

탁은숙 · 정희남*

순천대학교 생명산업과학대학 조리과학과

Comparison of the Physicochemical and Gelatinization Properties of Various Barley Cultivars

Eun Sook Tak, Hee Nam Jung*

Department of Food and Cooking Science, Suncheon University

Abstract

This study compared the physicochemical and gelatinization properties of naked barley, tetrastichum barley, and waxy barley. Compared to tetrastichum barley and waxy barley, naked barley had shorter and rounder grains with a 1.43 length/width ratio. Tetrastichum barley had lower crude protein, crude lipid, and crude ash content and higher amylose content compared to naked barley and waxy barley. The L, a, b color values of waxy barley were significantly higher than those of naked barley and tetrastichum barley. The water absorption index (WAI) and the water soluble index (WSI) were highest in waxy barley. The X-ray diffraction pattern was type A in all samples, and the peak intensity was highest in waxy barley. The maximum viscosity, cooling viscosity, breakdown, and setback of amylogram properties were the highest in tetrastichum barley. The thermal properties through the differential scanning calorimeter showed that the waxy barley had higher values of the onset, peak, conclusion temperature and enthalpy (?H). In conclusion, the variety of barley influenced the physicochemical and gelatinization properties, which could be important factors in the manufacture of processed foods. These results would thus useful inputs for the manufacturing of these foods using barley.

Key Words : Naked barley, tetrastichum barley, waxy barley, physicochemical properties, gelatinization properties

1. 서 론

보리는 쌀, 밀, 콩, 옥수수과 더불어 세계 5대 식량 작물에 속하며, 농경 생활의 시작과 함께 오랫동안 우리의 주곡 식량으로 이용되어 왔다(RDA 2018). 그러나 1980년 이후 경제 수준이 향상되고, 국민 식량소비의 변화로 보리의 소비는 크게 감소하였으나, 최근 보리의 건강기능성이 다시 주목받으면서 보리에 대한 관심이 높아져 가고 있다(Joung 2008).

보리(*Hordeum vulgare* L.)는 벼과(Poaceae/Gramineae) 보리속에 속하는 한해살이 작물로 비교적 서늘하고 건조한 기후에서 잘 자란다(Lee et al. 2018a). 보리는 보리알이 배열되어있는 열수에 따라 여섯줄보리(*Hordeum vulgare*)와 두줄보리(*H. distichum*)로 분류되고, 종실에 껍질이 붙어있는 유무에 따라 쌀보리와 겉보리로 나누어지며, 이 중 쌀보리는 구성 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율에 따라 찰성보리와 메성보리로 구분된다(Jeong & Ji 2013). 쌀보리는 주로 쌀과 함께 취반되어 주식으로 이용되어 왔으나 백미에 비해 수분흡수율이 높아 취반시간이 길고 단단한 질감과 어

두운 색감으로 인해 기호성이 떨어지는 단점이 있어 종자 교배를 통해 색상이 밝고 찰기가 증가된 찰보리 품종을 개발하여 밥맛의 개선과 기호도를 증진시키고 있다(Kim et al. 2018). 과거에는 겉보리도 도정하여 취반용으로 이용하였으나 쌀보리와 찰보리가 주로 취반에 이용되면서 보리차, 엿기름, 맥주 원료 및 동물의 사료로 사용되다가 최근에는 보리에 함유되어 있는 β -glucan의 생리활성이 알려지면서 겉보리를 도정한 늘보리의 소비도 증가하고 있다(Kim et al. 2014). 보리의 소비 증가에 따라 쌀보리, 늘보리, 찰보리 및 유색보리 등 다품종이 재배되고 있으나, 취반용도 이외에는 다양하게 활용되지는 못하고 있다.

보리의 영양성분은 전분 64%, 단백질 11%, β -glucan 5% 정도로 구성되어 있으며 이외에 지방, 회분, 섬유소, 비타민 등의 성분들을 포함하고 있다(Lee 1996; Kim et al. 1999). 특히 혈당과 혈중 콜레스테롤 감소, 면역기능 활성화 및 항염 등의 기능이 있는 β -glucan이 다량 함유되어 있다(Kim et al. 2002; Lee & Jung 2003). 또한 백미 중심의 식생활을 하는 현대인들에게 부족하기 쉬운 칼슘과 철 등의 무기

*Corresponding author: Hee nam Jung, Department of Food and Cooking Science, Suncheon University, 255 Jungangro, sunchon, Korea
Tel: +82-61-7503698 Fax: +82-61-7503690 E-mail: hnjung@scnu.ac.kr

질과 비타민 B₁, B₂ 및 나이아신 등의 영양성분은 쌀에 비해 월등히 높고, 이들 성분은 보리의 내부에 분포되어 있어 도정 후에도 비교적 손실이 적다(Seog 2010). 이와 같이 성인병 예방과 건강증진을 위해 다양한 기능성을 함유한 보리의 섭취를 증가시키기 위해서는 지속적인 품종 개발, 품종에 대한 기초 연구 및 다양한 가공식품의 개발이 필요한 시점이다(Mok 2003).

보리에 대한 선행연구로는 보리의 전분 특성(Song et al. 1994) 및 취반 특성(Chang et al. 1997), 보리잎(Lim 2009), 보리새싹(Lee 2015), β-glucan의 기능성(Lee et al. 2012), 보리를 이용한 된장(Oh et al. 2014), 고추장(Seo & Park 2014), 식혜(Kim & Choi 2015), 막걸리(Park et al. 2015)와 같은 발효식품에 관한 연구들이 있으며, 유색보리(Won 2004), 찰보리(Jung 2016), 보리의 입자크기(Yang 2012), 보리종류와 첨가량(Jung 2012)에 따른 제빵특성 연구들이 보고되었다. Song et al. (1994)은 보리전분의 취반과 제분특성에 관한 연구에서 보리의 취반특성은 아밀로오스 함량에 따라 뚜렷한 차이를 보였다고 하였으며, Ryu & Kim(2005)도 보리전분과 밀의 호화온도 차이로 인해 빵 반죽에 쌀보리를 혼합하면 밀 글루텐이 희석되면서 제빵적성이 떨어진다고 하여 취반과 가공적성이 보리의 이화학적 특성과 호화특성의 영향을 받고 있음을 보고하였으나, 가공식품 생산의 기초자료로 활용될 수 있는 보리 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 쌀보리, 늘보리 및 찰보리의 이화학적 특성과 호화 특성을 분석하여 보리의 다양한 활용과 가공식품 개발을 위한 기초자료를 제공하고, 가공식품 생산 및 보리의 수요증진에 도움이 되고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 재료

본 실험에서 사용된 보리는 전라북도 고창에서 2019년 10월 중순에 파종하여 2020년 6월 상순에 수확한 쌀보리(Naked barley)는 한백, 늘보리(Tetrastichum barley)는 큰알보리, 찰보리(Waxy barley)는 누리찰 품종을 사용하였다. 보리가루의 제조는 제분기(실용신안등록 제 0400043호)를 이용하여 보리를 분쇄한 후 시료로 사용하였다.

2. 보리의 형태적 특징 측정

보리 무게는 보리 10알의 무게를 측정한 후 쌀알의 수로 나누어 입자 1알의 무게로 하였으며, 50회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다. 입자의 길이와 폭은 caliper (500-150-20, Mututoyo, Tokyo, Japan)로 입자 50알을 측정하였고, 입자의 길이와 폭의 비를 나타내는 L/W값은 길이/폭으로 계산하였다. 입자의 부피는 보리 입자를 타원형으로 가정하여 a

는 길이(mm), b는 폭(mm)의 값으로부터 부피(mL)= $4/3\pi ab^2$ 의 식을 이용하여 계산하였다(Yun et al. 1988).

3. 일반성분 및 아밀로오스 함량 측정

보리가루의 일반성분 분석은 AOAC법(AOAC 1984)에 따라 행하였다. 즉, 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 직접 회화법으로 각각 측정하였다. Amylose 함량은 Juliano(1985)의 방법을 이용하였고, 620 nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선으로부터 아밀로오스 함량을 계산하였다.

4. 색도 측정

보리 가루의 색도는 색차계(JC 801S, Color Techno System. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter's value L(백색도), a(적색도), b(황색도) 및 ΔE를 측정하였다. 이 때 표준평판의 색도는 L=92.00, a=0.92, b=2.68이었으며, ΔE는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

5. 수분흡수지수 및 수분용해지수 측정

수분흡수지수(Water Absorption Index, WAI)는 보리가루 3 g과 증류수 30 mL를 원심분리관에 넣고 30분간 진탕 교반한 후 원심분리기(MF 600R, Hanil Electric Co., Incheon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 30분간 원심분리 하였다. 상등액을 제외한 침전물의 무게를 평량하여 시료 g 당 흡수된 수분함량으로 표시하였다.

$$WAI = \frac{\text{원심분리 후 침전물의 무게 (g)}}{\text{시료무게 (g)}}$$

수분용해지수(Water Solubility Index, WSI)는 수분흡수지수 측정 시 회수한 상등액을 증발접시에 옮긴 후, 건조온도 105°C의 dry oven에서 건조시켜 얻어진 고형분의 무게를 시료에 대한 백분율로 나타내었다.

$$WSI(\%) = \frac{\text{건조 후 고형물의 무게 (g)}}{\text{시료무게 (g)}} \times 100$$

6. 입도분포 측정

보리가루의 입도분석은 particle size analyzer (ELSZ-2000, Otsuka Electronics, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 입자크기 분포는 10%(D₁₀), 50%(D₅₀), 90%(D₉₀)의 누적 부피 백분율에서의 입자 직경을 나타내었고, 이들 값을 이용하여 분산((D₉₀-D₁₀)/D₅₀)을 계산하였다.

7. X-선 회절도 분석

보리가루의 결정성은 X-선 회절기(D-MAX-1200, Rigaku Co. Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였고, target: Cu-

Ka, filter: Ni, vantage: 35 KV, current: 15 mA, time constant: 1 sec, F.S.R: 1×10^3 CPS 조건으로 회절각도 (2θ) $5-40^\circ$ 까지 회절시켜 비교하였다.

8. Amylogram에 의한 호화 특성 분석

보리가루의 아밀로그래프 호화특성 분석은 Micro/Visco/Amylograph (Brabender Measurement & Control System, Duisburg, Germany)를 사용하여 Medcalf(1965)의 방법에 따라 분석하였다. 보리가루 10% 현탁액을 100 mL의 용기에 넣어 30°C에서 10분간 교반한 후, 가열속도 5.0°C/min, 회전속도 250 rpm 조건으로 95°C까지 가열하였다. 95°C에서 15분간 유지한 후, 5.0°C/min의 속도로 50°C까지 냉각하였다. 호화개시온도는 점도가 10 BU (Brabender Units)에 도달한 온도로 나타냈다. 이와 같이 얻은 amylogram으로부터 호화개시온도, 최고점도, 최저점도 등 amylogram 특성값을 구하였다.

9. 시차열량주사계(DSC)에 의한 호화 특성 분석

보리가루의 시차열량주사계(DSC)에 의한 호화 특성 분석은 Donovan et al. (1983)의 방법에 따라 보리가루 3.0 mg을 aluminum bath에 취한 후 3배의 증류수를 micro syringe로 가하여 밀봉한 다음 30분간 방치한 후 시차열량주사계 (Jade DSC, Perkin Elmer, Co, Ltd. Waltham, MA, USA)를 사용하여 30°C에서 95°C까지 10°C/min속도로 가열하여 흡열 peak를 얻었다. 이 peak로부터 호화개시온도(onset temperature, To), 호화정점온도(peak temperature, Tp), 호화종료온도(conclusion temperature, Tc) 및 호화엔탈피(gelatinization enthalpy, ΔH)를 구하였다.

10. 통계처리

연구결과는 SPSS 20.0 (IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였고, 측정값은 평균 및 표준편차로 나타내었다. 보리 품종에 따른 차이를 비교하기 위하여 one-way ANOVA를 실시하였고, Duncan's multiple range test로 사후검정하였으며, 모든 통계는 95% 유의수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 보리의 형태적 특징

보리의 형태적 특징을 측정한 결과는 <Table 1>과 같다. 쌀보리, 늘보리 및 찰보리의 무게는 24.02, 31.80 및 22.30 mg으로 늘보리에서 유의적으로 높았다. 이는 늘보리 품종인 큰알보리의 천립중이 33.7 g으로 쌀보리 품종인 한백과 찰보리 품종인 누리찰의 27.5 및 25.0 g보다 높게 보고한 농촌진흥청(RDA 2021)의 결과와도 유사한 경향을 보였다. 길이는 늘보리에서 5.17 mm, 폭은 쌀보리에서 3.31 mm로 가장 높았다. 길이와 폭의 비(L/W)는 쌀보리, 늘보리 및 찰보리에서 각각 1.43, 1.61 및 1.59로 늘보리 및 찰보리에서 높았다. 부피는 늘보리에서 139.08 mm³으로 쌀보리와 찰보리의 130.95, 130.76 mm³에 비해 높았다. 보리의 형태적 특성 측정 결과, 늘보리에서 쌀보리와 찰보리에 비해 부피가 크고 무거우며, 길이와 폭의 비는 늘보리와 찰보리에서 각각 1.61 및 1.59로 폭이 좁고 길이가 긴 형태를 보였고, 쌀보리에서는 1.43으로 늘보리와 찰보리에 비해 폭이 넓고 길이는 짧은 형태를 보였다<Figure 1>. Bae et al. (2009)는 국내에서 시판되고 있는 쌀보리와 찰보리 품종의 대부분이 단립에 속하는 장폭비 1.4-1.9 범위이었다고 보고하였다.

2. 일반성분 및 아밀로오스 함량

보리 분말의 일반성분 분석과 아밀로오스 함량을 분석한 결과는 <Table 2>와 같다. 조단백, 조지방 및 조회분 함량은 각각 9.75-10.48, 1.26-1.48 및 0.94-1.14%로 늘보리에 비해 쌀보리와 찰보리에서 유의적으로 높았다. 농촌진흥청(RDA 2021)의 보리 육성 품질특성에 따르면 조단백질 함량은 한백 9.7%, 큰알보리 9.2%, 누리찰 10.3%이었으며, Lee et al. (2009a)의 연구에서도 국내에서 시판되는 메성보리와 찰성보리의 평균 조단백 함량은 각각 8.41 및 9.86%로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. Lim et al. (2003)은 쌀보리의 조단백, 조지방 및 조회분 함량이 각각 8.7, 0.71 및 0.86%였다고 보고하여 본 연구결과와 다소 차이를 보였다. 아밀로오스 함량은 쌀보리, 늘보리 및 찰보리에서 각각

<Table 1> Dimension of various barley cultivars

Properties	Samples			F-value
	Naked barley	Tetrastichum barley	Waxy barley	
Weight (mg)	24.02±2.84 ^{1) b2)}	31.80±2.51 ^a	22.30±2.84 ^c	170.86 ^{***3)}
Length (mm)	4.72±0.34 ^c	5.17±0.37 ^a	4.96±0.26 ^b	23.75 ^{***}
Width (mm)	3.31±0.20 ^a	3.21±0.16 ^b	3.14±0.23 ^b	8.80 ^{***}
L/W	1.43±0.10 ^b	1.61±0.11 ^a	1.59±0.11 ^a	40.89 ^{***}
Volume (mL)	130.95±14.40 ^b	139.08±14.29 ^a	130.76±14.03 ^b	5.56 ^{**}

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Mean with different superscript with in a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

³⁾**p<0.01, ***p<0.001.



<Figure 1> Photography of various barley cultivars.

<Table 2> Physicochemical properties of various barley flours

Properties	Samples			F-value
	Naked barley	Tetrastichum barley	Waxy barley	
Crude protein (%)	10.48±0.32 ^{1)a2)}	9.75±0.27 ^b	10.14±0.25 ^a	199.17**** ³⁾
Crude lipid (%)	1.48±0.11 ^a	1.26±0.15 ^b	1.38±0.12 ^a	12.40***
Crude ash (%)	1.14±0.07 ^a	0.94±0.10 ^b	1.21±0.09 ^a	67.81***
Amylose (%)	22.49±0.39 ^b	24.41±0.34 ^a	7.59±0.26 ^c	3518.01***
L	71.02±0.38 ^b	68.54±0.07 ^c	74.72±0.15 ^a	1752.47***
a	4.74±0.76 ^b	3.86±0.19 ^c	7.69±0.25 ^a	189.32***
b	15.73±0.29 ^b	11.46±0.52 ^c	23.06±0.48 ^a	1728.34***
ΔE	25.01±0.38 ^b	25.23±0.17 ^b	27.57±0.39 ^a	182.37***
WAI ⁴⁾	1.07±0.02 ^a	1.02±0.01 ^b	1.08±0.02 ^a	30.33***
WSI (%)	7.07±0.07 ^b	6.75±0.10 ^c	8.57±0.12 ^a	472.61***

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Mean with different superscript with in a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

³⁾***p<0.001.

⁴⁾WAI: Water absorption index, WSI: Water soluble index.

22.49, 24.41 및 7.59%로 늘보리, 쌀보리 및 찰보리 순으로 높았다. Kim & Kim (1974)은 겉보리의 아밀로오스 함량이 쌀보리보다 높았다고 하였고, Lee et al. (2018b)은 찰보리의 아밀로오스 함량은 평균 3-4%이나 취반개선용 품종으로 개발된 누리찰의 아밀로오스 함량은 7.2%로 다소 높았다고 하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 아밀로오스 함량은 보리 품종, 경작지의 기후, 토양, 저장기간 및 저장조건 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim 2007; Ma 2017).

3. 색도

보리의 색도를 측정된 결과는 <Table 2>와 같다. 보리의 L, a 및 b값은 각각 68.54-74.72, 3.86-7.69 및 11.46-23.06로 쌀보리와 늘보리에 비해 찰보리에서 유의적으로 높게 나타나 찰보리의 색이 쌀보리와 늘보리에 비해 밝고 황색도가 높았다. <Figure 1>에서 보는 바와 같이 찰보리 종피의 색이 황색이 두드러진 특징을 보였고, 쌀보리와 늘보리는 찰보리에 비해 어두운 색을 보여 보리가루의 색도는 보리 품종에 따른 종피의 색에 영향을 받는 것으로 생각된다. 색차를 나타내는 ΔE는 쌀보리, 늘보리 및 찰보리에서 각각 25.01,

25.23 및 27.27로 찰보리의 색도는 쌀보리 및 늘보리와 차이를 보였다. Lee et al. (1996)은 보리의 색은 원맥 과피에 존재하는 melanin계 색소와 보리종실 과피에 xanthophyll, carotenoid 및 anthocyanin과 같은 적황색을 띠는 색소에 영향을 받는다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 또 Ju et al. (2007)은 보리의 원숙기에 가까워지면서 chlorophyll의 녹색 색소가 소실되거나, flavonoid 및 carotenoid의 증가로 인해 적색도 및 황색도가 증가한다고 하여 보리의 숙기 또한 색도에 영향을 미치는 요인이라고 하였다. 곡물의 색도는 가공식품의 기호도와 소비욕구에 영향을 미치는 요인 중 하나로, 빵류 가공식품에서 보리가루의 첨가는 제품의 색을 어둡게 하고 기호도를 감소시키는 요인으로 작용한다고 하였다(Lee & Chang 2003; Baek et al. 2021).

4. 수분흡수지수 및 수분용해지수

보리의 수분흡수지수 및 수분용해지수를 분석한 결과는 <Table 2>와 같다. 수분흡수지수는 1.02-1.08로 늘보리에 비해 쌀보리와 찰보리에서 높았고, 수분용해지수는 6.75-8.57%로 쌀보리와 늘보리에 비해 찰보리에서 높게 나타나 찰보

<Table 3> Particle analysis of various barley flours

Properties	Samples			F-value
	Naked barley	Tetrastichubarley	Waxy barley	
$D_{10}^{1)}$ (μm)	14.93 \pm 0.25 ^{1)a2)}	14.00 \pm 0.00 ^b	13.60 \pm 0.17 ^b	267.72**** ⁴⁾
D_{50} (μm)	109.67 \pm 6.66 ^b	134.33 \pm 2.08 ^a	127.00 \pm 3.61 ^a	131.55***
D_{90} (μm)	410.00 \pm 22.34 ^b	451.00 \pm 6.93 ^a	416.00 \pm 8.00 ^b	362.40***
Dispersion	3.60 \pm 0.02 ^a	3.25 \pm 0.01 ^b	3.17 \pm 0.06 ^c	1481.78***
Specific surface area (m^2/kg)	215.13 \pm 5.97 ^b	216.37 \pm 0.87 ^b	229.90 \pm 3.82 ^a	87.04***

¹⁾ D_{10} : Particle size of the minimum 10% measurement.

D_{50} : Particle size of the minimum 50% measurement.

D_{90} : Particle size of the minimum 90% measurement.

Dispersion: $(D_{90}-D_{10})/D_{50}$.

²⁾All values are mean \pm SD.

³⁾Mean with different superscript with in a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾*** $p < 0.001$.

리에서 수분흡수지수와 수분용해지수가 모두 높은 경향을 보였다. Choi et al. (2006)는 찰성 전분의 구조가 물분자와 전분의 OH기 간의 수소결합이 쉽게 형성되는 비결정구조로 바뀌면서 물분자와 접촉면적이 넓어지기 때문에 WAI 및 WSI가 증가하였다고 하였고, Kim et al. (1999)도 찰쌀보리 전분이 메쌀보리 전분에 비해 전분입자의 결합력이 약하기 때문에 수분흡수력이 높았다고 하여 수분흡수가 전분 구조의 관련성을 보고하였다. 본 연구 <Table 3>의 입도 분포 결과에서도, 입자의 평균 크기는 쌀보리와 찰보리에 비해 늘보리에서 높았고, 비표면적은 찰보리에서 높게 나타났는데, 이는 결합력이 약한 찰보리 전분의 특성이 입도분포와 수분흡수력에 영향을 미쳐 입자 크기가 작고 표면적이 큰 찰보리에서 높은 수분흡수력을 보인 것으로 생각된다. 수분흡수력은 즉석밥류, 소스류, 죽류 및 빵류 제품의 품질 향상을 위해 제조과정에서 고려할 중요한 요소이다. 보리는 밀에 비해 수분흡수력이 높고, 메성 보리에 비해 찰성 보리의 수분흡수력이 높은 특징이 있어 빵류 가공제품에서는 반죽과정에서 밀에 비해 수분요구량이 높은 것으로 보고되고 있다(Lee & Chang 2003). 이 외에도 수분흡수지수와 수분용해지수는 즉석밥류, 소스류 및 죽류 제품의 제조과정에서 전분입자의 팽윤과 호화에 영향을 주어 제품의 경도 및 점도에 직접적인 요인으로 작용한다.

5. 입도 분포

보리의 입도 분포를 측정된 결과는 <Table 3>과 같다. 입자의 중앙값인 D_{50} 은 쌀보리, 늘보리 및 찰보리에서 각각 109.67, 134.33 및 127.00 μm 로 쌀보리에 비해 늘보리와 찰보리에서 높은 값을 보였다. 분산도는 쌀보리, 늘보리 및 찰보리에서 각각 3.60, 3.25 및 3.17로 찰보리에서 가장 낮았다. 분산도는 값이 낮을수록 입자가 균일함을 나타내는데(Kim & Kim 1994; Jung 2020), 쌀보리와 늘보리에 비해 찰보리 가루의 입도분포가 더 균일한 것으로 측정되었다. 비표면적

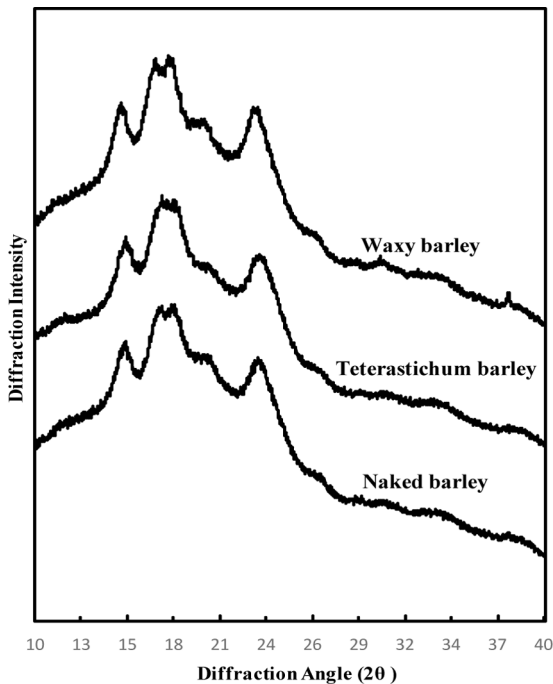
은 찰보리에서 229.90 m^2/kg 으로 늘보리 216.37 m^2/kg , 쌀보리 215.13 m^2/kg 에 비해 높게 나타났다. 쌀보리, 늘보리 및 찰보리의 전체적인 입도분포는 모든 시료에서 작은 입자, 중간입자 및 큰 입자가 혼합되어 있는 분포를 보였으나, 입자의 전체적인 균일함을 나타내는 분산도는 찰보리에서 낮게 나타나 쌀보리와 늘보리에 비해 찰보리 가루의 입도분포가 더 균일한 것으로 측정되었다. Tang et al. (2002)도 보리가루 전분은 세 개의 피크를 가진 광범위한 입도분포를 보였다고 하였고, Lee et al. (1996)과 Jeong (2014)은 입자 크기와 분포도는 보리전분의 수분 흡수율, 호화특성 및 제품의 가공적성에도 영향을 주는 중요한 인자라고 하였다.

6. X-선 회절도

보리의 X-선 회절도 분석 결과는 <Figure 2>와 같다. 쌀보리, 늘보리 및 찰보리는 모두 회절각도 15.43, 18.15, 23.59° 근처에서 강한 peak를 보이는 전형적인 A형으로 유사한 결정구조를 보였으나, 15.43, 18.15, 23.59°에서 모두 찰보리의 peak강도가 쌀보리나 늘보리에 비해 높았고 이러한 경향은 23° 부근에서 더 뚜렷하게 나타났다. You et al. (2014)과 Lee et al. (2017)도 아밀로펙틴의 함량이 높은 전분일수록 peak가 강하게 나타났다고 보고하였는데, 본 연구에서도 찰보리에서 강한 peak를 보였다. Czuchajowska et al. (1998)과 Waduge et al. (2006)은 보리 전분의 X-선 회절 패턴은 대부분의 품종에서 A형 패턴을 보이나, 아밀로오스 함량이 증가할수록 아밀로오스 체인과 결합된 지질의 비율이 증가하면서 20° 부근의 피크 강도는 증가하였고, 일부 고아밀로오스 품종에서 5.6° 부근의 작은 피크가 형성되면서 A+B형의 패턴을 보였다고 하여 품종에 따라 차이가 있음을 보고하였다.

7. Amylogram에 의한 호화 특성

쌀보리, 늘보리 및 찰보리의 amylogram에 의한 호화 특성



<Figure 2> X-ray diffraction pattern of various barley flours.

전분입자의 팽윤에 대한 강한 저항성으로 인해 찰성보리에 비해 호화개시온도가 높았다고 보고하였다. 최고점도는 늘보리에서 775.00 BU로 가장 높았고, 95°C에서 15분간 유지한 후 측정된 최저점도는 찰보리에서 382.60 BU로 가장 높았다. 냉각점도는 601.60-805.60 BU이었고, 늘보리에서 805.60 BU로 가장 높았다. 최고점도와 최저점도의 차이인 breakdown과 냉각점도와 최저점도의 차이인 setback은 또한 쌀보리와 찰보리에 비해 늘보리에서 각각 407.60 및 433.60 BU로 유의적으로 높았다. 냉각점도는 전분의 노화를 잘 나타내는 값으로 전분호화액의 냉각 시 무질서한 상태의 아밀로오스 분자가 서로 나란히 배열되어져 용해도가 낮은 회합체 및 겔을 형성하면서 점도가 증가되는데(Song & Shin 1991), 본 연구에서는 찰보리에 비해 아밀로오스 함량이 높은 쌀보리와 늘보리에서 높은 냉각점도를 보였다. Breakdown과 setback은 늘보리에서 높게 나타나 호화액의 안정도가 낮고 노화도 빠를 것으로 예측되었다. 쌀보리에서는 setback은 높았으나, breakdown이 찰보리와 유사하게 측정되어 찰보리와 함께 죽류, 소스류 및 음료와 같은 가공식품에 활용 가능할 것으로 생각된다.

결과는 <Table 4>와 같다. 호화개시온도는 57.32-58.36°C로 찰보리에서 다소 낮았으나, 시료간에 유의한 차이는 없었다. Lee et al. (2009b)은 아밀로오스 함량이 높은 메성보리에서

8. 시차열량주사계(DSC)에 의한 보리의 호화 특성

쌀보리, 늘보리 및 찰보리의 시차열량주사계에 의한 호화 특성 분석 결과는 <Table 5>와 같다. 호화개시온도, 호화정

<Table 4> Amylogram properties of various barley flours

Properties	Samples			F-value
	Naked barley	Tetrastichum barley	Waxy barley	
Initial pasting temp. (°C)	58.36±0.92 ¹⁾	58.32±0.99	57.32±0.75	2.17
Maximum viscosity (BU)	676.20±9.36 ²⁾	775.00±5.70 ^a	693.20±21.67 ^b	70.95*** ³⁾
Minimum viscosity (BU)	349.40±4.28 ^b	366.40±19.14 ^{ab}	382.60±9.02 ^a	8.87*
Cold viscosity (BU)	765.20±9.55 ^b	805.60±25.22 ^a	601.60±14.19 ^c	188.45***
Breakdown (BU)	326.40±7.40 ^b	407.60±18.76 ^a	310.00±25.35 ^b	39.05***
Setback (BU)	411.60±5.86 ^b	433.60±5.03 ^a	213.63±11.61 ^c	1132.82***

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Mean with different superscript with in a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

³⁾*p<0.05, ***p<0.001.

<Table 5> DSC thermal properties of various barley flours

Properties	Samples			F-value
	Naked barley	Tetrastichumbarley	Waxy barley	
To ¹⁾ (°C)	60.71±0.11 ^{2)c3)}	61.60±0.14 ^b	63.72±0.08 ^a	929.76*** ⁴⁾
Tp (°C)	66.00±0.08 ^c	66.70±0.17 ^b	69.10±0.19 ^a	559.30***
Tc (°C)	73.43±0.112 ^b	72.69±0.35 ^c	74.89±0.11 ^a	123.19***
ΔH (cal/g)	8.29±0.29 ^b	8.51±0.28 ^b	11.54±0.35 ^a	174.61***

¹⁾To, Tp, Tc: Onset, peak and conclusion temperature, respectively.

²⁾All values are mean±SD.

³⁾Mean with different superscript with in a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾***p<0.001.

점온도 및 호화종결온도는 찰보리에서 각각 63.72, 69.10 및 74.89°C로 가장 높았으며, 시료간의 유의한 차이를 보였다. 호화엔탈피는 쌀보리, 늘보리 및 찰보리에서 각각 8.29, 8.51 및 11.54 cal/g로 찰보리에서 가장 높았다. 이는 아밀로펙틴의 가치가 많을수록 호화온도 범위가 넓어진다는 Kang et al. (2004)의 연구와 찰성전분은 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종결온도가 메성 전분에 비해 높게 나타나는 열적호화특성을 가지며, 찰성전분이 메성전분보다 아밀로펙틴 함량이 상대적으로 높아 더 많은 결정형 영역을 가지기 때문에 구조적인 안정성이 부여된다는 Jeong et al. (2013)의 연구와도 유사한 경향을 나타내었다. 또 You et al. (2014)는 호화엔탈피는 전분 결정성의 양과 관련이 있다고 하였고, 본 연구의 <Figure 2>의 X-선 회절도의 결과에서 찰보리의 회절강도가 강하게 나타나 쌀보리와 늘보리에 비해 더 많은 결정형 영역을 가진 것과 연관된 결과로 생각된다.

III. 요약 및 결론

본 연구에서는 국내에서 생산되는 쌀보리, 늘보리 및 찰보리의 형태적 특징, 이화학적 특성 및 호화특성을 비교분석하였다. 쌀보리는 길이와 폭의 비가 1.43으로 늘보리 1.61 및 찰보리 1.59에 비해 짧고 둥근 모양을 보였다. 쌀보리와 찰보리에 비해, 늘보리의 조단백, 조지방, 조회분 함량은 낮았고, 아밀로오스 함량은 높았다. 찰보리의 L, a, b값은 쌀보리와 늘보리에 비해 유의적으로 높았고, 수분흡수지수와 수분용해지수 또한 찰보리에서 높은 경향을 보였다. X-선 회절도 패턴은 모든 시료에서 A형을 보였고, 피크강도는 찰보리에서 높았다. 아밀로그래프 호화특성 결과에서, 최고점도, 냉각점도, breakdown 및 setback은 늘보리에서 가장 높았다. 시차열량주사계에 의한 호화 특성에서는 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종결온도 및 호화엔탈피 모두 찰보리에서 높았다. 본 연구의 결과에서, 찰보리의 색도, 수분흡수특성 및 호화특성은 가공식품의 품질에 긍정적인 영향을 줄 수 있으며, 호화액의 안정도가 높은 쌀보리는 일정한 점도를 요구하는 가공식품에 활용도를 기대해 볼 수 있다. 보리의 품종은 이화학적 및 호화특성에 영향을 미치고, 가공식품의 제조에서 품질특성에 중요한 요소로 작용할 수 있는 측면에서 본 연구의 결과는 보리를 이용한 곡류가공식품 및 편의식품의 개발을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 보리가 식품산업에서 다양한 용도를 활용되기 위해서는 현재 개발되어 있는 신품종 및 기능성 품종의 특성 및 이를 이용한 가공식품 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

저자정보

탁은숙(순천대학교 조리과학과, 박사과정 대학원생, 0000-0001-6912-4691)

정희남(순천대학교 조리과학과, 조교수, 0000-0003-4236-5641)

Acknowledgments

This work was supported by a Research promotion program of SCNU.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- AOAC. 1984. Official methods of analysis, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. USA, pp 31-47
- Bae SH, Kim HS, Jong SK. 2009. Evaluation of external quality of polished barley. *Korean J. Crop Sci.*, 54(1):124-133
- Baek CW, Lee AY, Lee JH. 2021. Quality evaluation of pan bread supplemented with immature Chalssalbori powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 50(10):1108-1116
- Chang HG, Lee MJ, Kwon KS. 1997. The physico-chemical properties and cooking qualities of barley isogenic lines. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 40(4):301-306
- Choi BK, Kum JS, Lee HY, Park JD. 2006. Physicochemical properties of black rice flours (BRFs) affected by milling conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 38(6):751-755
- Czuchajowska Z, Klamczynski A, Paszczynska B, Baik BK. 1998. Structure and functionality of barley starches. *Cereal Chem.*, 75(5):747-754
- Donovan JW, Lorens K, Kulp K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, 60:381-387
- Jeong HC, Ji JL. 2013. Quality characteristics and dough rheological properties of pan bread with waxy barley powder. *Korean J. Culin. Res.*, 19(4):119-135
- Jeong YS. 2014. Physicochemical characteristics of the starch from domestic barley cultivars and simultaneous extraction of starch, protein and beta-glucan from barley. Master's degree thesis, Chungnam National University, Korea, pp 53-56
- Jeong YS, Kim JW, Lee LS, Han YY, Gil NY, Lee MJ, Lee GH, Hong ST. 2013. Studies on physico-chemical characterization of starch extracted from domestic barley cultivars. *Food Eng. Prog.*, 17(3):203-211
- Joung HS. 2008. Quality characteristics of paeksulgi with added barley powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 18(6):974-980
- Ju JJ, Lee KS, Min HI, Lee BJ, Kwon BG. 2007. Changes in physicochemical characteristics of green barley according

- to days after heading. Korean J. Crop Sci., 52(1):36-44
- Juliano BO. 1985. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, pp 59-120
- Jung HC. 2012. Study on quality characteristics of the pan bread with various barley powder. Doctoral degree thesis, Sejong University, Korea, pp 1-191
- Jung HN. 2020. Physicochemical properties of domestic rice variety according to pregelatinization. Korean J. Food Preserv., 27(5):574-581
- Jung JJ. 2016. Quality characteristics of cake added with waxy barley. Master's degree thesis, Kyung Hee University, Korea, pp 1-109
- Kang HJ, Seo HS, Hwang IK. 2004. Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from Ilpumbyeo. Korean J. Food Sci. Technol., 36(6):879-884
- Kim AN, Choi SK. 2015. A Study on the Physico-chemical characteristics of sikhyes made of different various of barley. Korean J. Culin. Res., 21(1):30-41
- Kim JH, Kim SJ, Yun JM. 2014. The study of antioxidant properties, and physicochemical and sensory characteristics of steamed barley bread added with ramie leaf. Korean J. Food Nutr., 27(2):249-255
- Kim JS. 2007. Quality characteristics of sponge cakes prepared from rice flours with different amylose contents. Doctoral degree thesis, Chonnam National University, Korea, pp 11-12
- Kim SR, Choi HD, Seog HM, Kim SS, Lee YT. 1999. Physicochemical characteristics of β -glucan isolated from barley. Korean J. Food Sci. Technol., 31(5):1164-1170
- Kim SR, Seog HM, Choi HD, Park YK. 2002. Cholesterol-lowering effects in rat liver fed barley and β -glucan-enriched barley fraction with cholesterol. Korean J. Food Sci. Technol., 34(2):319-324
- Kim YH, Kim HS. 1974. Studies on the properties of barley and naked barley starch. Korean J. Food Sci. Technol., 6(1):30-35
- Kim YJ, Kim SS. 1994. Comparison of size distributions of rice flour measured by microscope, sieve, coulter counter, and aerodynamic methods. Korean J. Food Sci. Technol., 26(2):184-187
- Kim YK, Lee MJ, Kim KH, Park JH, Park TI, Yoon YM, Choi CH, Son JH, Kang CS. 2018. Waxy black barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar, 'Heuksoojeongchal', with high yield and low amylose content. Korean J. Breed. Sci., 50(4):504-509
- Kim YS, Lee YT, Seog HM. 1999. Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hull-less barleys. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem., 42(3):240-245
- Lee JH, Yoon YC, Kim JK, Park YE, Hwang HS, Kwon GS, Lee JB. 2018a. Antioxidant and whitening effects of the fermentation of barley seeds (*Hordeum vulgare* L.) using lactic acid bacteria. J. Life Sci., 28(4):444-453
- Lee KS. 2015. Analysis of consumer's present use of sprout vegetables and quality characteristics of grain sourdough and barley sprouts. Doctoral degree thesis, Daegu Catholic University, Korea, pp 1-162
- Lee MJ, Kim YK, Choi JK, Choi ID, Kang HJ. 2018b. Quality characteristics and development of the naked waxy barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar 'Nulichal' with high yield and good quality. Korean J. Breed. Sci., 50(4):516-521
- Lee MJ, Kim YK, Seo JW, Kim JG, Kim HS. 2009a. Cooking and pasting characteristics of non-waxy and waxy pearled barley products from Korea. Korean J. Food Preserv., 16(5):661-668
- Lee MJ, Kim YK, Seo JW, Kim JG, Kim HS. 2009b. Cooking and pasting Characteristics of non-waxy and waxy pearled barley products from Korea. Korean J. Food Preserv., 16(5):661-668
- Lee S, Lee EJ, Chung HJ. 2017. Structural and physicochemical characterization of starch from Korean rice cultivars for special uses. Korean J. Food Sci. Technol., 49(1):1-7
- Lee SH, Jang GY, Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Kim KJ, Lee MJ, Kim TJ, Lee JS, Jeong HS. 2012. Physicochemical properties of barley β -glucan with different heating temperatures. Korean J. Food Sci. Nutr., 41(12):1764-1770
- Lee YT. 1996. β -Glucans in barley and oats and their changes in solubility by processing. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem., 39(6):482-487
- Lee YT, Chang HG. 2003. Effects of waxy and normal hull-less barley flours on bread-making properties. Korean J. Food Sci. Technol., 35(5):918-923
- Lee YT, Jung JY. 2003. Quality characteristics of barley β -glucan enriched noodles. Korean J. Food Sci. Technol., 35(3):405-409
- Lee YT, Seog HM, Cho MK, Kim SS. 1996. Physicochemical properties of hull-less barley flours prepared with different grinding mills. Korean J. Food Sci. Technol., 28(6):1078-1083
- Lim SB, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 32(1):52-57
- Lim YS. 2009. Physicochemical properties of barley leaves and qualitative characteristics of rice cake added with barley leaves. Doctoral degree thesis, Sejong University, Korea, pp 1-133
- Ma EB. 2017. Quality characteristics of rice paper prepared with different amylose. Master's degree thesis, Suncheon National University, Korea, pp 27
- Medcalf DG. 1965. Wheat starches. I, Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem., 42:558-568
- Mok CK. 2003. Health aspects of barley. U.S. Grains Council, Washington DC. USA, pp 5
- Oh SI, Sung JM, Lee KJ. 2014. Physicochemical characteristics and antioxidative effects of barley soybean paste (Doenjang) containing kelp extracts. J. Korean Soc. Food

- Sci. Nutr., 43(12):1843-1851
- Park HY, Choi ID, Oh SK, Woo KS, Yoon SD. 2015. Effects of different cultivars and milling degrees on quality characteristics of barley makgeolli. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 44(12):1839-1846
- Ryu CH, Kim SY. 2005. Study on bread-making quality with barley sourdough in composite bread. *Korean J. Food Cook. Sci.*, 21(5):733-741
- Seo JS, Park ID. 2014. Quality properties of barley kochujang added with germinated barley powder. *Korean J. Food Culture*, 29(2):187-194
- Seog HM. 2010. Food characteristics of barley. *Food Culture*. 3(3):302-305
- Song E, Shin MS. 1991. Physicochemical properties of naked barley starches. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 34(2):94-101
- Song HS, Lee HS, Chung TY. 1994. Cooking and milling characteristics of several barley starch isogenic lines. *Korean J. Crop Sci.*, 39(1):63-72
- Tang HJ, Watanabe K, Mitsunaga T. 2002. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. *Carbohydr. Polym.*, 49(1):13-22
- Waduge RN, Hoover R, Vasanthan T, Gao J, Li J. 2006. Effect of annealing on the structure and physicochemical properties of barley starches of varying amylose content. *Food Res. Int.*, 39(1):59-77
- Won MH. 2004. A Study on the physicochemical properties and antioxidative effects of colored barley. Master's degree thesis, Hoseo University, Korea, pp 1-108
- Yang TG. 2012. Effects of particle size of barley flour on the characteristics of bread. Master's degree thesis, Korea University, Korea, pp 1-49
- You SY, Lee EJ, Chung HJ. 2014. Study of molecular and crystalline structure and physicochemical properties of rice starch with varying amylose content. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 46(6):682-688
- Yun YJ, Kim K, Kim SK, Kim DY, Park YK. 1988. Hydration properties of naked barley by kernel sizes. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 31(1):13-20
- Rural Development Administration. 2018. Barley-Agricultural technology guide, Available from: <http://lib.rda.go.kr/>, [accessed 2021.10.20.]
- Rural Development Administration. 2021. The main characteristics a soft of barley, Available from: <http://nongsaro.go.kr/>, [accessed 2021.10.27.]

Received July 12, 2022; revised August 11, 2022; accepted August 17, 2022