

몰로키아 분말을 첨가한 밀·보리 혼합 식빵의 제조 및 생리활성 평가

김한수·김영호*·†김애정

경기대학교 대체의학대학원, *혜전대학교 제과제빵과

The Manufacturing and Biological Activity Evaluation of Wheat and Barley Mixture Bread prepared with Molokhia Powder

Han soo Kim, Young Ho Kim* and †Ae Jung Kim

The Graduate School of Alternative Medicine, Kyonggi University, Seoul 03752, Korea

*Dept. of Baking Technology, Hyejeon College, Chungnam 32244, Korea

Abstract

This study was performed to produce WBM (wheat and barley mixture) bread containing molokhia powder with quality characteristics and antioxidant activities. Analysis of the chromaticity of WBM prepared with molokhia powder showed that; the lightness and redness were decreased, but yellowness was increased. In mechanical properties, hardness, gumminess, and chewiness were significantly increased as the amount of molokhia powder was increased. However, cohesiveness was significantly decreased. In sensory evaluation, WBM bread containing 1.5% of molokhia powder (MB1.5) showed an overall high preference level. The total polyphenol content of molokhia powder EtOH extract and MB1.5 were 29.19 and 58.18 mg TAE/g, respectively. The total flavonoid contents of molokhia powder EtOH extract and MB1.5 were 20.62 mg and 33.25 mg RE/g, respectively. The radical scavenging ability (IC_{50}) of DPPH (IC_{50}) for molokhia powder EtOH extract and MB1.5 was 31.04 and 58.18 $\mu\text{g/mL}$, respectively while that of ABTS was 33.25 and 54.15 $\mu\text{g/mL}$, respectively. The α -glucosidase inhibitory effects of molokhia powder EtOH extract and MB1.5 were 494.88 and 814.88 $\mu\text{g/mL}$, respectively. MB bread containing 1.5% molokhia powder showed antioxidative effects and α -glucosidase inhibitory activity, meaning that not only molokhia but also MB1.5 bread has the potential to prevent chronic degenerative diseases such as diabetes.

Key words: molokhia, quality characteristics, antioxidant activities, α -glucosidase inhibitory effect

서론

몰로키아(*Corchorus olitorius* L.)는 피나무과에 속하는 녹색 황색 채소로, 원산지는 열대 아시아 및 아프리카이며, 정식 학명은 '*Corchorus olitorius* L.'이다. 몰로키아는 항산화 작용, 콜레스테롤 저하, 변비 개선 등의 효능을 가지고 있으며, LDL 수용체가 결핍된(LDL receptor, LDL-R) knockout mice에서 혈중 콜레스테롤을 감소시켜 항동맥경화 활성이 있다고 보고되었다(Azuma 등 1999; Innami 등 1998; Hwangbo 등 2009). 몰

로키아에서 분리한 quercetin과 caffeoylquinic acid 등의 페놀성 물질이 항산화 작용이 있으며(Azuma 등 1999), 다당류인 점질성 mucilage가 풍부하게 함유되어 있어 콜레스테롤 저하에도 효과적이다(Innami 등 1998).

보리(*Hordeum vulgare* L.)는 쌀, 밀, 벼, 옥수수과 더불어 세계 4대 작물로써, 우리나라에서 쌀 다음으로 중요한 식량자원으로 생산되고 있다. 70년대까지 쌀과 함께 국민의 기본 식량으로 큰 비중을 차지하여 왔으며, 농지 이용률 제고에도 크게 기여해 왔다(Kim & Lee 2002; Lee & Jung 2003). 그리고 탄수

† Corresponding author: Ae-Jung Kim, Dept. of Alternative Medicine, Kyonggi University, Seoul 03752, Korea. Tel: +82-2-390-5044, Fax: +82-2-390-5078, E-mail: aj5249@naver.com

화물이 풍부하고 다양한 영양성분을 고르게 함유하고 있으며, 식용뿐만 아니라, 양조용, 사료용 등 여러 용도로 사용되고 있다(Rural Development Administration 2001). 보리는 탄수화물이 71~82%, 단백질이 8~10% 정도로 쌀의 단백질 함량인 6~8%보다 많이 함유되어 있고, 지질은 1~2% 정도 함유되어 있다. 보리에 함유되어 있는 식이섬유소 함량은 11.54% 정도이다(Kim YR 2009). 보리에 함유되어 있는 수용성 식이 섬유소는 pectin, gums, soluble hemicelluloses, β -glucan이 있으며, 위장 내용물의 점도를 증가시켜(Newman 등 1989) 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 효과가 있다. 그리고 β -glucan은 심장병의 위험을 감소시키고, 체내 혈중 콜레스테롤의 저하, 간의 콜레스테롤 축적 억제 및 변비 해소나 대장의 기능 향상에 도 효과적이다(Yang TG 2012).

최근 아시아에서 당뇨병 유병율이 급증하고 있어 사회, 경제 및 보건학적으로 심각한 문제가 되고 있다(King 등 1998; Harris 등 1998). 그 원인으로 영양상태의 불균형과 불규칙적인 생활 습관을 들 수 있다(Kim 등 2005). 제 6차 국민건강영양조사에 따르면 당뇨병 유병율은 2010년 9.7%에서 2013년 10.95%로 증가되었으며, 연령이 증가할수록 당뇨병 유병율이 높아져, 70세 이상에서 26.9%로 나타났으며, 노인 인구의 증가에 따른 당뇨로 인한 의료비 부담 증가로 당뇨병에 대한 관리가 필요한 실정이다. 2010년 국민건강영양조사(Ministry of Health and Welfare 2011) 보고에 따르면 우리나라에서 30세 이상 성인이 당뇨병으로 소비하는 총 진료비는 연간 약 1조 3천억 원으로 추정되며, 경제적인 부담이 큰 것으로 보고되어 있다.

이에 본 연구에서는 몰로키아의 항산화능과 α -glucosidase 저해활성은 측정하고, 몰로키아 분말을 첨가한 빵의 품질특성에 미치는 영향을 조사하여 식빵에 알맞은 몰로키아 분말의 첨가비율을 찾아내어 식미가 우수한 식빵 제조와 함께 그 기능성 효능 품질특성을 함께 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 몰로키아 분말 첨가 밀·보리 식빵 제조 및 품질특성

1) 실험재료

본 실험에 사용한 몰로키아(*Corchorus olitorius* L.)는 재료의 표준화를 위해 농업회사법인 자연생명 대체의학(주)에서 분말형태(Fig. 1)를 구입하여 시료로 사용하였다. 보리가루(Nonghyup, Seoul, Korea), 강력밀가루(Daehan Flour Mills Co, Seoul, Korea), 설탕(CJ Corp, Seoul, Korea), 이스트(Jenic, Seoul, Korea), 쇼트닝(Ottogi, Anyang, Korea), 탈지분유(Seoulmilk, Seoul, Korea), 소금(Hanjusalt, Ulsan, Korea)은 용산구에 위치



Fig. 1. Molokhia powder sample.

한 이마트에서 구입하여 실온에 보관하면서 사용하였다.

2) 제빵방법

몰로키아 분말 첨가량에 따른 빵 제조는 직접반죽법(AACC 2000)을 사용하였으며, 배합비는 Table 1, 제조공정은 Fig. 2에 제시된 바와 같다.

반죽 혼합은 믹싱기(A200C-2261, Hobart, Seoul, Korea)에 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 한꺼번에 넣고 혼합한 후, 클린업 단계에서 쇼트닝을 투입하고, 글루텐을 최종단계까지 믹싱하였다. 반죽이 완성된 후 발효기(EP-40, Daeyung, Seoul, Korea)에서 1차 발효(28°C, 습도 75~80%)를 30분 동안 하였으며, 1차 발효가 끝난 후 반죽은 각각 180 g 씩 분할하여 표면이 매끄럽도록 둥글리기 한 후, 마르지 않게 비닐을 덮은 상태에서 발효기에 다시 넣고 20분 동안 중간 발효시켰다. 이후 밀대를 이용해 가스를 뺀 반죽은 one-loaf로 성형하여 식빵(21.5 × 9.7 × 9.5 cm)에 넣어 팬닝한 후, 온도 38±1°C, 상대습도 80~85%의 발효실에서 2차 발효를 50분 동안 진행하였다. 이후에는 윗불 180°C, 밑불 190°C로 예열해 둔 전기오븐(FOD- 7103, Daeyung, Seoul, Korea)에서 30분간 구웠다. 구워진 빵은 틀에서 바로 꺼내어, 냉각팬에 놓고 실온에서 1시간 동안 식힌 후, 포장 비닐 백에 담아 실온에서 보관하였으며, 24시간이 지난 후 부터 실험에 사용하였다.

3) 색도 측정

몰로키아 분말 첨가 WBM 식빵의 색도 측정은 색도계(Color Reader Cr-10, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L값(lightness), a값(+redness), b값(+yellowness)으로 나타내었다. 사용된 표준 백색 판(standard plate)은 L=97.26, a=0.07, b=+1.86이었으며, 각 실험은 3회 반복하여 얻은 값을 이용하여 Mean±S.D.로 나타내었다.

Table 1. Formula of WBM bread prepared with molokhia powder

(%)

Groups	WBM ¹⁾	Molokhia powder	Sugar	Shortening	Salt	NFDM ⁸⁾	Yeast	Water
MB0 ²⁾	100.0	0.0	5.0	4.0	2.0	2.0	3.5	63.2
MB0.5 ³⁾	99.5	0.5	5.0	4.0	2.0	2.0	3.5	63.2
MB1.0 ⁴⁾	99.0	1.0	5.0	4.0	2.0	2.0	3.5	63.2
MB1.5 ⁵⁾	98.5	1.5	5.0	4.0	2.0	2.0	3.5	63.2
MB2.0 ⁶⁾	98.0	2.0	5.0	4.0	2.0	2.0	3.5	63.2
MB2.5 ⁷⁾	97.5	2.5	5.0	4.0	2.0	2.0	3.5	63.2

¹⁾ WBM: 90% Wheat flour and 10% barley powder mixture

²⁾ MB0: WBM bread without molokhia powder

³⁾ MB0.5: WBM bread prepared with molokhia powder 0.5%(w/w)

⁴⁾ MB1.0: WBM bread prepared with molokhia powder 1.0%(w/w)

⁵⁾ MB1.5: WBM bread prepared with molokhia powder 1.5%(w/w)

⁶⁾ MB2.0: WBM bread prepared with molokhia powder 2.0%(w/w)

⁷⁾ MB2.5: WBM bread prepared with molokhia powder 2.5%(w/w)

⁸⁾ NFDM: Non fat dry milk

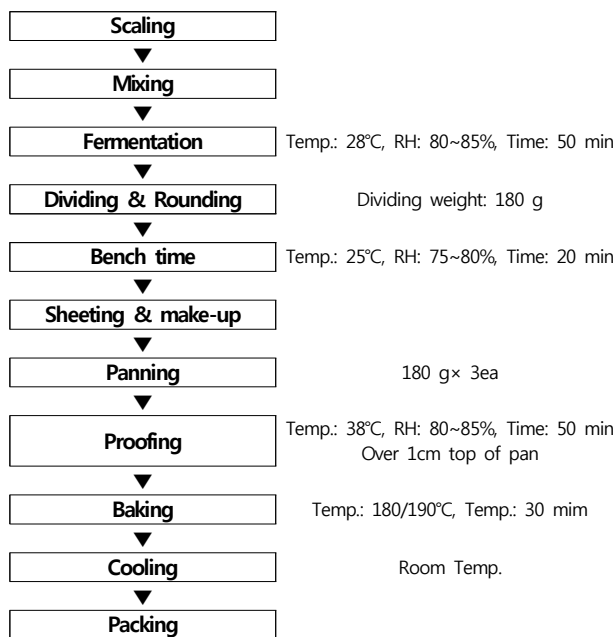


Fig. 2. Procedure for bread prepared with molokhia powder.

4) 빵 촬영

빵의 단면구조를 나타내기 위하여 실온에서 냉각시킨 식빵의 가운데 부분을 자르고, 디지털카메라(Lumix DMC-FX38, Panasonic, Osaka, Japan)를 사용하여 촬영한 뒤 단면 구조를 비교하였다.

5) 빵의 텍스처 측정

몰로키아 분말 첨가 WBM 식빵의 텍스처 물성 측정을 위해 몰로키아 식빵을 직경 2.5 cm × 높이 2.5 cm의 원형 크기

로 잘라 texture analyzer(TAXT Express V2.1, London, England)를 사용하여 3회 반복 측정하였고, 데이터는 평균값으로 나타내었다. 텍스처의 결과, 측정치는 stable micro systems(TAXT Express V2.1, London, England) 프로그램을 통해 결과 값을 도출하였고, TPA(Texture Profile Analysis) test 방법으로 경도(hardness), 탄력성(springiness), 점성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 응집성(cohesiveness)을 측정하였다.

6) 관능평가

WBM에 몰로키아 분말 첨가량(0%, 0.5%, 1.5%, 2% 및 2.5%)을 달리하여 제조한 식빵의 관능평가는 대학원생 20명을 대상으로 7점 척도법을 사용하여 평가하였다. 실험의 목적을 상세히 설명해준 후, 색, 맛, 향, 조직감 및 전반적인 기호도에 대하여 최고 7점부터 최저 1점까지 7단계로 관능평가를 실시하였다.

시료는 세 자리 숫자로 표기하였으며, 식빵의 겉껍질을 제거하고, 가로 3 cm × 세로 3 cm × 높이 1 cm의 크기로 자른 후 접시에 담아 물과 함께 제공하였고, 각 시료 테스트 후 물로 입을 헹군 후 다른 시료를 하였다.

2. 몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵의 항산화능 및 항당뇨능 측정

1) 추출물 제조

몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵의 추출물 시료를 얻기 위해 몰로키아 분말과 몰로키아 첨가 빵의 무게 대비 20배 부피의 70% 에탄올을 각각 첨가한 후, 교반기에서 150 rpm으로 24시간 추출시켜 여과(No. 2, Whatman, Maidstone,

England)하여 얻었다. 이렇게 2, 3차 추출액을 얻어 모두 혼합한 후 rotatory vacuum evaporator(HS-2005S-N, Hahn Shin Scientific Co. Kyounggi, Korea)로 용매를 증발시켜 50 mL까지 농축하여 동결 건조하여 분석용 시료로 사용하였다.

2) Total polyphenol 함량

몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵 추출물 시료의 총 페놀함량은 Folin-Denis 방법(Folin & Denis 1912)에 의하여 측정하였다. 추출물 1 mL씩을 취하여 2%(w/v) Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 정치한 후, 50% Folin 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 750 nm에서 흡광도(Tecan Infinite M200 Pro, GreenMate Bio, Seoul, Korea)를 측정하였다. 총 페놀 함량은 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선을 바탕으로 tannic acid(Sigma-Aldrich Chemicals Co., St. Louis, MO, USA)로 환산하여 나타내었다.

3) Total flavonoid 함량

몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵 추출물 시료의 총 플라보노이드 함량은 Davis WB(1947) 방법을 변형한 방법에 따라 측정하였다. 즉, 추출물 400 µL씩에 Diethylene glycol 4 mL를 첨가하고, 다시 1 N-NaOH 40 µL를 첨가한 후 37°C에서 1시간 반응 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 rutin(Sigma-Aldrich Chemicals Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 작성한 표준곡선을 바탕으로 rutin으로 환산하여 나타내었다.

4) DPPH radical 소거능

몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵 추출물 시료의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 라디칼 소거능은 Blois(Blois MS, 1958)의 방법을 변형하여 다음과 같이 실시하였다. 시료 100 µL씩에 0.2 mM DPPH 용액 100 µL를 가하여 암소에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자 공여 능력은 IC₅₀ 값으로 표현하였으며, 이때 대조용 시료로는 BHA를 사용하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 평균값으로 계산하였다.

5) ABTS radical 소거능

몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵 추출물 시료의 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 라디칼 소거능은 Pellegrin 등(1998)의 방법으로 측정하였다. ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 732 nm에서 흡광도 값이 0.70±0.03(mean±SE)가 되도록 1 × PBS로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 190

µL에 추출물 시료 10 µL씩을 가하여 흡광도의 변화를 측정하였다. 이때 대조용 시료로는 BHA를 사용하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 평균값으로 계산하였다.

6) α-glucosidase 저해활성

몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 빵 추출물 시료의 α-glucosidase 저해활성 측정은 Tibbot의 방법(Oh 등 2003)에 따라 측정하였다. 3 mM *p*-nitro-phenyl-α-D-glucopyranoside(PNPG)와 효소 α-glucosidase를 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)에 녹여 기질과 효소를 만들고, 기질과 효소는 각 20 µL씩 혼합하고, 대조군은 시료 대신 100 mM potassium phosphate buffer 20 µL 반응군에는 시료 20 µL를 넣어 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1N-NaOH 80 µL를 첨가하여 반응을 정지시킨 후 발색시켰다. 총 양을 맞추기 위해 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)를 40 µL 첨가하였다. Positive control로는 acarbose(Sigma-Aldrich Chemicals Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 실험하였으며, α-glucosidase 효소 활성측정은 생성된 *p*-nitrophenol(PNP) 양을 405 nm에서 ELISA reader (Tecan Infinite M200 Pro, GreenMate Bio, Seoul, Korea)를 이용하여 흡광도를 측정하여 다음의 식으로 저해율을 산출하였다.

$$\text{저해율(\%)} = [1 - (\text{반응구의 } p\text{-nitrophenol 생성량} / \text{대조군의 } p\text{-nitrophenol 생성량})] \times 100$$

3. 통계처리

통계처리는 SPSS 21.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용한 Duncan's multiple range test로 사후분석 후 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 몰로키아 분말 첨가 밀·보리 식빵의 품질특성

1) 빵의 크럼 색도와 외관

몰로키아 분말 첨가 수준에 따른 WBM 빵의 색도와 빵의 외관은 Table 2와 Fig. 3에 제시된 바와 같다.

명도를 나타내는 L(lightness)값은 대조군이 79.38±0.73으로 가장 높게 나타났으며, 몰로키아 분말 0.5%, 1%, 1.5%, 2% 및 2.5%로 첨가량이 증가할수록 각각 71.86±1.61, 68.53±0.43, 64.55±0.48, 58.89±0.62 및 57.83±0.91로 유의하게 감소하였다.

적색도(redness)를 나타내는 a값의 경우, 대조군이 -5.47±0.09로 나타났고, 몰로키아 분말 0.5%, 1.5% 및 2.5% 첨가량 증가 시 -6.83±0.10, -6.99±0.22 및 -6.72±0.20으로 유의하게 감소함을 보였다.

Table 2. Color values of WBM¹⁾ bread crumb added with different levels molokhia powder

Groups	L	a	b	ΔE
MB0 ²⁾	79.38±0.73 ^{8)a9)}	-5.47±0.09 ^a	17.77±0.66 ^c	81.53±0.57 ^a
MB0.5 ³⁾	71.86±1.61 ^b	-6.83±0.10 ^b	24.49±1.13 ^d	76.23±1.15 ^b
MB1.0 ⁴⁾	68.53±0.43 ^c	-6.92±0.07 ^b	27.31±0.97 ^c	74.10±0.76 ^c
MB1.5 ⁵⁾	64.55±0.48 ^d	-6.99±0.22 ^b	31.52±0.22 ^b	72.17±0.32 ^d
MB2.0 ⁶⁾	58.89±0.62 ^e	-6.96±0.24 ^b	31.44±0.84 ^b	67.12±0.96 ^e
MB2.5 ⁷⁾	57.83±0.91 ^e	-6.72±0.20 ^b	33.02±0.37 ^a	66.93±0.99 ^e

¹⁾ WBM: 90% Wheat flour and 10% barley powder mixture

²⁾ MB0: WBM bread without molokhia powder

³⁾ MB0.5: WBM bread prepared with molokhia powder 0.5%(w/w)

⁴⁾ MB1.0: WBM bread prepared with molokhia powder 1.0%(w/w)

⁵⁾ MB1.5: WBM bread prepared with molokhia powder 1.5%(w/w)

⁶⁾ MB2.0: WBM bread prepared with molokhia powder 2.0%(w/w)

⁷⁾ MB2.5: WBM bread prepared with molokhia powder 2.5%(w/w)

⁸⁾ Mean±S.D.(n=3)

⁹⁾ Means with different superscripts (^{a-f}) in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.



MB 0% MB 0.5% MB 1% MB 1.5% MB 2% MB 2.5%

Fig. 3. Products of WBM¹⁾ bread prepared with molokhia powder.

¹⁾ WBM: 90% wheat flour and 10% barley powder mixture

황색도(yellowness)를 나타내는 b값의 경우, 대조군이 17.77±0.66으로 나타났으며, 몰로키아 분말 첨가 수준 0.5%에서 2.5% 증가 시 24.49±1.13에서 33.02±0.37로 유의적으로 증가하였다. 이는 녹차 가루 첨가량이 증가할수록 명도와 적색도는 감소하고, 황색도는 증가한다는 결과들과 일치함을 보였다(Kim 등 2001; Kim WM 2015).

2) 빵의 텍스처

몰로키아 분말 첨가량에 따른 WBM 식빵의 물성은 Table 3과 같다. 경도(hardness)의 경우, 대조군이 166.76±25.83으로 나타났고, 몰로키아 분말 0.5%, 1.5% 및 2.5%씩 첨가량을 증가시킬 경우 각각 248.44±23.47, 426.10±24.69 및 834.63±52.84로 유의성 있게 빵의 경도가 증가되었다. 겹섬(gumminess)은 대조군이 131.27±18.10으로 나타났고, 몰로키아 분말 첨가 함

량이 증가한 MB1.5는 282.83±28.75, MB2.5는 549.54±28.70으로 유의하게 증가되었다. 또한 씹힘성(chewiness) 경우도 몰로키아 분말 첨가 수준이 증가할수록 유의적으로 증가되었는데, 0.5% 첨가 시 214.03±42.61, 2.5% 첨가 시 524.88±35.74까지 유의적으로 증가되었다. 응집성(cohesiveness)의 경우는 대조군이 0.79±0.02로 나타났고, 몰로키아 분말 1% 첨가 시 0.72±0.02, 2.5% 첨가 시 0.66±0.02로 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 탄력성(springiness)의 경우는 몰로키아 분말의 첨가 수준에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 감소하는 경향은 보여주었다. 이는 Kim 등(2005)이 보고한 모르헤이아 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성에서 모르헤이아 분말 첨가량이 증가할수록 경도, 겹섬이 증가하는 것은 일치하는 결과를 보였으나, 탄력성이 증가하는 것은 본 실험과 차이가 있었다.

3) 관능 평가

일반적으로 제품의 품질을 평가할 때나 소비자가 식품을 선택할 때 가장 먼저 제품의 관능적 요소를 선택의 기준으로 하여 직관적인 판단에 의해 평가하기 때문에 제품의 품질 가치 평가에 관능적 특성은 매우 중요한 성질이라고 할 수 있다(Gisslen W 2001).

몰로키아 분말 첨가량을 달리하여 제조한 WBM 식빵의 관능평가는 Table 4에 제시된 바와 같다. 빵의 내상 색상은 몰로키아 분말 0.5%에서 2%까지 첨가량 증가 시는 유의적으로 선호도가 높아졌으나, 몰로키아 첨가량 2.5% 첨가군에서는 색상 선호도가 유의적으로 선호도가 낮아짐을 알 수 있었고, 몰로키아 분말을 첨가하지 않은 대조군과 비교 시 1.5% 첨가군

Table 3. Textural characteristics of WBM¹⁾ bread added with different levels molokhia powder

Groups	Hardness	Springiness	Chewiness	Gumminess	Cohesiveness
MB0 ²⁾	166.76±25.83 ⁸⁾⁹⁾	1.03±0.09 ^{NS}	135.41±23.99 ^c	131.27±18.10 ^f	0.79±0.02 ^a
MB0.5 ³⁾	248.44±23.47 ^e	1.02±3.47	214.03±42.61 ^d	192.65±16.83 ^e	0.78±0.03 ^a
MB1.0 ⁴⁾	345.31±26.23 ^d	0.10±0.06	250.51±22.82 ^c	249.60±21.40 ^d	0.72±0.02 ^b
MB1.5 ⁵⁾	426.10±24.69 ^c	0.93±0.01	263.41±25.45 ^c	282.83±28.75 ^c	0.67±0.05 ^c
MB2.0 ⁶⁾	557.76±45.03 ^b	0.95±0.02	356.65±38.75 ^b	374.50±38.83 ^b	0.67±0.03 ^c
MB2.5 ⁷⁾	834.63±52.84 ^a	0.96±0.02	524.88±35.74 ^a	549.54±28.70 ^a	0.66±0.02 ^c

¹⁾ WBM: 90% Wheat flour and 10% barley powder mixture

²⁾ MB0: WBM bread without molokhia powder

³⁾ MB0.5: WBM bread prepared with molokhia powder 0.5%(w/w)

⁴⁾ MB1.0: WBM bread prepared with molokhia powder 1.0%(w/w)

⁵⁾ MB1.5: WBM bread prepared with molokhia powder 1.5%(w/w)

⁶⁾ MB2.0: WBM bread prepared with molokhia powder 2.0%(w/w)

⁷⁾ MB2.5: WBM bread prepared with molokhia powder 2.5%(w/w)

⁸⁾ Mean±S.D.(n=3)

⁹⁾ Means with different superscripts (a-f) in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{NS} Not significant

Table 4. Sensory evaluation of WBM¹⁾ bread added with different levels molokhia powder

Groups	Color	Flavor	Taste	Texture	Moistureness	Overall quality
MB0 ²⁾	4.78±1.20 ⁸⁾⁹⁾	4.22±1.20 ^{NS}	4.22±0.83 ^{cd}	5.22±1.30 ^a	5.11±1.27 ^{ab}	4.44±1.13 ^{ab}
MB0.5 ³⁾	3.11±1.45 ^b	4.11±0.60	5.00±1.12 ^{bc}	4.56±1.59 ^{ab}	4.89±0.60 ^b	4.00±1.66 ^{ab}
MB1.0 ⁴⁾	3.89±1.64 ^{ab}	4.11±0.78	5.78±1.20 ^{ab}	4.78±0.67 ^{ab}	5.33±0.71 ^{ab}	4.33±0.87 ^{ab}
MB1.5 ⁵⁾	4.89±0.60 ^a	4.22±1.09	6.11±1.05 ^a	5.33±0.50 ^a	6.11±1.05 ^a	4.67±1.66 ^a
MB2.0 ⁶⁾	4.33±1.00 ^a	4.33±1.00	4.22±0.97 ^{cd}	4.44±1.33 ^{ab}	5.67±1.12 ^{ab}	3.67±1.12 ^{ab}
MB2.5 ⁷⁾	2.89±1.32 ^b	4.44±0.73	3.56±0.73 ^d	3.78±0.83 ^b	5.13±1.46 ^{ab}	3.11±1.05 ^b

¹⁾ WBM: 90% Wheat flour and 10% barley powder mixture

²⁾ MB0: WBM bread without molokhia powder

³⁾ MB0.5: WBM bread prepared with molokhia powder 0.5%(w/w)

⁴⁾ MB1.0: WBM bread prepared with molokhia powder 1.0%(w/w)

⁵⁾ MB1.5: WBM bread prepared with molokhia powder 1.5%(w/w)

⁶⁾ MB2.0: WBM bread prepared with molokhia powder 2.0%(w/w)

⁷⁾ MB2.5: WBM bread prepared with molokhia powder 2.5%(w/w)

⁸⁾ Mean±S.D.(n=3)

⁹⁾ Means with different superscripts (a-f) in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{NS} Not significant

은 대조군과 비슷한 점수를 나타내었다. 풍미의 경우, 몰로키아 분말 첨가 수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 맛, 조직감, 촉촉함 및 전체적인 기호도에서는 1.5% 첨가군은 대조군과 비교 시에도 손색이 없을 만큼 높은 기호도를 나타내어, 식빵의 경우 몰로키아 분말 첨가량은 1.5% 수준이 적당한 첨가 함량임을 알 수 있었다. 이는 클로렐라를 첨가한 식빵의 품질특성(Jeong 등 2006)에서 클로렐라 분말을 첨가하였을 때 기존의 식빵 색을 탈피한 새로운 색에 대한 관심의 증가로 기호도가 증가하였다는 결과와 일치하는 경향을 보였다.

2. 몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가 식빵의 항산화능 및 항당뇨능

1) Total polyphenol 함량과 Total flavonoid 함량

천연물에 존재하는 polyphenol계 화합물들은 분자 내 phenol-ichydroxyl기가 효소 단백질과 같은 거대분자들과 결합하는 성질을 가지고 있기 때문에 항산화, 항심혈관 질환, 항암, 항골다공증 및 항당뇨와 같은 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Scalbert 등 2005; Sakihama 등 2002).

Table 5. Total polyphenol and total flavonoid contents of molokhia and MB 1.5 bread

Groups	Total polyphenol content (mg TAE ¹⁾ /g)	Total flavonoid content (mg RE ²⁾ /g)
Molokhia ³⁾	29.19±11.09	20.62±0.50
MB1.5 ⁴⁾	58.18± 3.70 ⁵⁾	33.25±0.35
<i>p</i> value	~* ⁶⁾	*

¹⁾ TAE: Taninic acid equivalent

²⁾ RE: Rutin equivalent

³⁾ Molokhia 70% EtOH extract

⁴⁾ MB1.5: 70% EtOH extract of WBM bread prepared with molokhia powder 1.5% (w/w)

⁵⁾ Mean±S.D.(n=3)

⁶⁾ * *p*<0.05 (by student's *t* test)

몰로키아 EtOH 추출 시료와 몰로키아 분말 첨가 식빵의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 Table 5에 제시된 바와 같다. 몰로키아 EtOH 추출 시료의 total polyphenol은 58.18±3.70 mg TAE/g, total flavonoid 함량은 33.25±0.35 mg RE/g이었으며, 몰로키아를 첨가한 빵의 관능평가 결과, 선호도가 높은 몰로키아 분말 첨가 식빵인 MB1.5의 total polyphenol 함량은 29.19±11.09 mg TAE/g으로 대조군의 58.18±3.70 mg TAE/g의 50.17%에 해당하는 높은 수준을 보였으며, MB1.5의 total flavonoid 함량의 경우는 20.62±0.50 mg RE/g으로 대조군(33.25±0.35 mg RE/g)의 62.02% 수준을 보였다. 이런 결과는 total polyphenol 함량이 48.1 mg GAE/g인 머큐베리 분말을 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 첨가한 파운드케익 연구결과에서 머큐베리 분말을 첨가량에 따라 파운드케익의 total polyphenol 함량이 27.8 mg GAE/g에서 42.2 mg GAE/g으로 유의적으로 증가하고, total flavonoid 함량도 머큐베리 분말 첨가량에 따라 유의적으로 증가하여 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다(Lee HJ 2014).

2) DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능

DPPH는 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 cysteine, glutathione과 같은 함황아미노산과 ascorbic acid, aromatic amine 등에 의해 환원되어 탈색되므로, 항산화 물질 측정에 많이 이용되고 있다(An 등 2004).

ABTS 분석법은 산화방지제가 ABTS 라디칼의 활성을 저해시키는 원리를 이용하는 방법으로 DPPH radical scavenging 과 비슷한 원리를 이용하여 측정한다. ABTS는 radical로서 존재하는 것이 아니므로 potassium persulphate를 이용하여 ABTS 라디칼을 생성시켜 소거활성을 측정한다(Sánchez- Moreno C 2002).

몰로키아 분말 EtOH 추출물 시료의 DPPH radical 소거능

Table 6. DPPH radical and ABTS radical scavenging activities of molokhia and MB 1.5 bread

	DPPH radical scavenging IC ₅₀ (µg/mL) ¹⁾	ABTS radical scavenging IC ₅₀ (µg/mL)
BHA ²⁾	9.65±0.11 ^{5)c6)}	17.83±1.72 ^c
Molokhia ³⁾	31.04±4.41 ^b	33.25±0.35 ^b
MB1.5 ⁴⁾	58.18±3.70 ^a	54.15±1.25 ^a

¹⁾ IC₅₀: Half-maximal scavenging concentration

²⁾ BHA: Butylated hydroxy anisole, as a positive control

³⁾ Molokhia 70% EtOH extract

⁴⁾ MB1.5: 70% EtOH extract of WBM bread prepared with molokhia powder 1.5%(w/w)

⁵⁾ Mean±S.D.(n=3)

⁶⁾ Means with different superscripts (^{a-c}) in the same column are significantly different at *p*<0.05 by Duncan's multiple range test.

과 ABTS radical 소거능은 Table 6에 제시된 바와 같다. 몰로키아 분말 EtOH 추출 시료와 몰로키아 분말 1.5% 첨가 식빵 추출물 시료의 DPPH radical 소거능(IC₅₀)은 각각 31.04±4.41 µg/mL와 58.18±3.70 µg/mL로 양성대조군(BHA: 9.65 µg/mL)에 비해 각각 31.09%와 16.59% 수준의 소거능을 보였다.

몰로키아 분말 EtOH 추출 시료와 몰로키아 분말 1.5% 첨가 식빵 추출물 시료의 ABTS radical 소거능의 경우는 각각 33.25±0.35 µg/mL와 54.15±1.25 µg/mL를 나타내어 양성대조군(BHA: 17.83 µg/mL)에 비해 각각 53.62%와 32.56% 수준의 소거능을 보였다. 이러한 결과는 DPPH radical 소거능에서 머큐베리 분말을 첨가한 파운드케익에서 머큐베리 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다는 Lee HJ(2014)의 연구와 같은 경향으로 나타났다.

3) α-glucosidase 저해활성

α-glucosidase는 α-amylase에 의해 분해되어진 당질을 최종적으로 단당류로 전환시킨다. 이러한 효소의 활성 저해는 당질 가수분해와 흡수과정을 지연시킴으로 식후 혈당 농도 상승을 억제시킨다(Cho & Choi 2013).

따라서 본 연구에서는 몰로키아 분말 EtOH 추출물 시료의 α-glucosidase 저해활성을 측정하여 Table 7에 제시하였다. 본 연구결과 몰로키아 분말 EtOH 추출물 시료와 MB1.5 식빵 추출물 시료의 α-glucosidase(IC₅₀)은 각각 494.88±8.47 µg/mL와 814.88±88.04 µg/mL로 대조군인 acarbose(329.71±11.39 µg/mL)에 비해 각각 67%와 40.46%의 저해활성을 보였다. 이는 짙신나물 열수 추출물의 α-glucosidase 저해활성 연구에서 짙신나물 열수 추출물 첨가에 따라 유의성 있게 α-glucosidase 저해활성을 보여준 결과(Kim 등 2013)와 같은 경향을 보여 몰로키아 분말 추출물도 α-glucosidase 저해활성 효과로 당뇨개선을 위한 천연소재 이용가능성이 기대된다.

Table 7. α -glucosidase inhibition of molokhia EtOH extract

Groups	α -glucosidase inhibitory effect IC ₅₀ (μ g/mL) ¹⁾
Acarbose ²⁾	329.71 \pm 11.39 ^{5)c6)}
Molokhia ³⁾	494.88 \pm 8.47 ^b
MB1.5 ⁴⁾	814.88 \pm 88.04 ^a

¹⁾ IC₅₀: Half-maximal scavenging concentration

²⁾ Acarbose: Positive control

³⁾ Molokhia 70% EtOH extract power

⁴⁾ MB1.5: 70% EtOH extract of WBM bread prepared with molokhia powder 1.5%(w/w)

⁵⁾ Mean \pm S.D.(n=3)

⁶⁾ Means with different superscripts (^{a-c}) in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

요약 및 결론

현대사회는 경제수준의 향상과 서구화된 식생활로 동맥경화증, 혈관 질환, 당뇨병 등과 같은 만성퇴행성 질환이 늘어남에 따라 이러한 질병 예방에 도움이 되는 기능성 식품에 대한 관심이 증가되고 있다. 따라서 본 연구에서는 항산화능과 α -glucosidase 저해활성이 우수한 몰로키아 분말을 밀·보리 혼합 식빵 제조 시 첨가하여 제조한 후 기능성 효과와 품질 특성을 함께 알아보고자 하였다.

몰로키아 분말의 첨가량(0~2.5%)에 따른 식빵의 색도 측정 결과, 몰로키아 분말의 첨가함량이 증가할수록 명도와 적색도는 감소된 반면, 황색도는 증가하였다. 빵의 텍스처 측정 결과, 경도, 검성 및 씹힘성은 몰로키아 분말 첨가 수준이 증가할수록 유의하게 증가되었으며, 응집성의 경우는 몰로키아 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의한 감소를 보였고, 탄력성에서도 몰로키아 분말의 첨가량이 증가함에 따라 감소되는 경향이 나타났다. 관능평가 결과는 몰로키아 분말 1.5%를 첨가한 WBM 식빵이 종합적으로 높은 선호도를 보였고, 대조군과도 유의적인 차이가 없을 정도로 높은 점수를 나타냈다.

몰로키아 EtOH 추출 시료의 total polyphenol 함량은 29.19 \pm 11.09 mg TAE/g, total flavonoid 함량은 20.62 \pm 0.50 mg RE/g이었으며, 관능평가 결과, 선호도가 높은 몰로키아 분말 1.5%를 첨가한 식빵인 MB1.5군의 total polyphenol 함량은 58.18 \pm 3.70 mg TAE/g으로 대조군(29.19 \pm 11.09 mg TAE/g)의 50.17% 수준을 보였다. MB1.5군의 total flavonoid 함량의 경우는 33.25 \pm 0.35 mg RE/g으로, 양성대조군(20.62 \pm 0.50 mg RE/g)의 62.02% 수준을 보였다. 몰로키아 분말 EtOH 추출 시료와 MB1.5군 식빵 추출물 시료의 DPPH radical 소거능(IC₅₀)은 각각 31.04 μ g/mL와 58.18 \pm 3.70 μ g/mL로 대조군(BHA: 9.65 μ g/mL)의 각각 31.09%와 16.59% 수준의 소거능을 보였다. 몰로키아 분말

EtOH 추출 시료와 몰로키아 분말 1.5% 첨가 식빵 추출물 시료의 ABTS radical 소거능의 경우는 각각 54.15 μ g/mL와 33.25 \pm 0.35 μ g/mL로 양성대조군(BHA: 17.83 μ g/mL)의 각각 53.62%와 32.56% 수준의 소거능을 보였다.

몰로키아 분말 EtOH 추출물 시료와 MB1.5군 식빵 추출물 시료의 α -glucosidase 저해능(IC₅₀)은 각각 494.88 \pm 8.47 μ g/mL와 814.88 \pm 88.04 μ g/mL로 양성대조군인 acarbose (329.71 \pm 11.39 μ g/mL)의 67%와 40.46%의 저해수준을 보였다.

이와 같이 몰로키아 분말과 몰로키아 분말 첨가빵에서 항산화능과 α -glucosidase 저해활성이 나타남으로써 몰로키아 분말의 당뇨 개선을 위한 천연소재 활용 및 이를 첨가한 MB1.5 식빵도 당뇨와 같은 만성퇴행성 질환 예방에 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- AACC. 2000. Approved methods of the American Association Cereal Chemists, 10th ed., The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA
- An BJ, Lee JT, Lee SA, Kwak JH, Park JM, Lee JY, Son JH. 2004. Antioxidant effects and application as natural ingredients of Korean *Sanguisorba officinalis* L. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47:219-226
- Azuma K, Nakayama M, Koshioka M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamauchi Y, Ito H, Higashio H. 1999. Phenolic antioxidant from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J Agr Food Chem* 47:3963-3966
- Blois MS. 1958 Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cho EK, Choi YJ. 2013. Antioxidant, antidiabetic, and anti-inflammatory effects of extracts and fractions from *Parthenocissus tricuspidata* stems. *Journal of Life Science* 23:b339-405
- Davis WB. 1947. Determination of flavanones in citrus fruits. *Anal Chem* 19:476-478
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12:239-243
- Gisslen W. 2001. Professional Baking. J one Wile & Sons Inc. New York. USA.
- Harris MI, Flegal KM, Cowie CC, Goldstein DE, Little RR, Wiedmeyer HM, Byrd-Holt DD. 1998. Prevalence of diabetes, impaired fasting glucose, and impaired glucose tolerance in U.S. adults. The Third National Health and Nutrition Examination Survey 1988-1994. *Diabetes Care* 21:518-524

- Hwangbo MH, Kim HJ, Lee IS, Chung TH, Kim I K, Shin HM. 2009. Protective effect of Vasopurus on atherosclerosis induced by dietary cholesterol in LDL mice. *Korean J Herbol* 24:49-53
- Innami S, Tabata K, Shimizu J, Kusunoki K, Ishida H, Matsuguma M, Wada M, Sugiyama N, Kondo M. 1998. Dried green leaf powders of Jew's mellow (*Corchorus*), persimmon (*Disophyros kaki*), and sweet potato (*Ipomoea batatas*) lower hepatic cholesterol concentration and increase fecal bile acid excretion in rats fed a cholesterol-free diet. *Plant Food Hum Nutr* 52:55-65
- Jeong CH, Cho HJ, Shim KH. 2006. Quality characteristics of white bread added with chlorella powder. *Korean J Food Preserv* 13:465-471
- Kim GS, Lee SY. 2002. The quality and storage characteristics of jeung-pyun prepared with *Opuntia ficus india* var. *sabolen* powder. *Korean J Soc Food Sci* 18:179-184
- Kim HH, Park GS. 2001. The sensory and texture characteristics of julpyun and sulgidduk in according to concentrations of green tea powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 11:498-505
- Kim HJ, Chang SK, Kim HJ. 2005. Properties and quality characteristics of the bread with added moroheiya powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21:416-421
- Kim SM, Lee YM, Kim MJ, Nam SY, Kim SH, Jang HH. 2013. Effects of *Agrimonia pilosa* Ledeb. water extract on α -glucosidase inhibition and glucose uptake in C₂C₁₂ skeletal muscle cells. *Korean J Food & Nutr* 26:806-813
- Kim WM. 2015. Effects of black glutinous rice flour and green tea powder on the antioxidative properties and bread making quality characteristics. MS Thesis, Hannan Univ. Daejeon. Korea
- Kim YR. 2009. Analytical comparison of physicochemical characteristic of hullness barley grown in different locations of Korea. MS Thesis, Sookmyung Womens's Univ. Seoul. Korea
- King H, Aubert RE, Herman WH. 1998. Global burden of diabetes, 1995~2025: Prevalence, numerical estimates, and projections. *Diabetes Care* 21:1414-1431
- Lee HJ. 2014. Antioxidant activity and properties characteristics of pound cake prepare using freeze dried maquiberry (*Aristotelia chilensis*) powder. *Korean J Food Nutr* 27:1067-1077
- Lee YT, Jung JY. 2003. Quality characteristics of barley β -glucan enriched noodles. *Korean J Food Sci Technol* 35:405-409
- Ministry of Health and Welfare. Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES)
- Newman RK, Newman CW, Graham H. 1989. Hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World* 34:882-886
- Oh JK, Shin YO, Shon HS, Seo RM. 2003. Effect of functional food including seaweeds extracts supplementation on hematological variables and antioxidant system. *Korean J Physic Edu* 42:895-903
- Pellegrin NR, Roberta YM, Catherine RE. 1998. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method in Enzymol* 299:379-389
- Rural Development Administration. 2001. 보리재배. 농촌진흥청 표준영농교본
- Sánchez-Moreno C. 2002. Review: Methods used to evaluate the free radicalscavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International* 8:121-137
- Sakihama Y, Cohen MF, Grace SC, Yamasaki H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: Phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology* 177:67-80
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr* 81:215S-217S
- Yang TG. 2012. Effects of particle size of flour on the characteristics of bread. MS Thesis, Korea Univ. Seoul. Korea

Received 13 July, 2015
 Revised 5 August, 2015
 Accepted 20 August, 2015