

수침처리 및 적외선 가열처리가 보리의 수화 및 관능 특성에 미치는 영향

강은정¹ · 전해리¹ · 최은희² · 이재권^{2*}

¹농촌진흥청, ²경기대학교 식품생물공학과

Effects of Steeping and Infrared Heating on Hydration and Sensory Properties of Barley

Eun-Jung Kang¹, Hye-Ri Jeon¹, Eun-Hee Choi², and Jae-Kwon Lee^{2*}

¹Rural Development Administration, National Academy of Agricultural Science

²Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University

Abstract

The effects of the steeping process and infrared heating conditions on the hydration and cooking properties of barley were studied. Barley grain treated with infrared heating alone showed a slight increase in water uptake regardless of infrared heating temperature and duration. Barley grain which steeped prior to infrared heating showed a higher extent of water uptake with increasing heating temperature than that of infrared heating alone. Rapid Visco Analyzer profiles revealed that the peak viscosity of barley starch decreased with increasing infrared heating temperatures in conjunction with the steeping process, indicating the occurrence of starch gelatinization. The spreadability and relative index of hardness of cooked barley increased with increasing heating temperatures in the presence or absence of the steeping process. The sensory test showed that the barley sample, steeped for 15 min then heated at 120°C, had the highest sensory scores among samples in all the measured sensory attributes.

Key words: Infrared heating, barley, Water uptake, spreadability, hydration, improved palatability

서 론

보리는 세계 생산량이 밀, 쌀, 옥수수 다음으로 대부분이 제맥(malting), 양조(brewing) 및 사료로 사용되며, 소량만이 일부 지역에서 식량으로 소비되는 작물이다(Kent and Evers, 1994; Ullrich, 2010). 국내에서 보리는 70년대까지 쌀과 혼합하여 주곡으로 소비되었으나, 80년대에 들어 국민의 식량소비구조가 변화함에 따라 식용으로서의 수요는 크게 감소하였다(Kim et al., 2012). 그러나 최근 well-being과 건강에 대한 국민의 관심이 높아지면서 보리의 우수한 건강기능성으로 보리소비는 점차 증가하는 추세이다(Jung et al., 2010). 보리의 건강기능성으로는 다양한 비타민과 미네랄 성분들의 함유와 함께 식이섬유인 β -D-glucan의 체지방 및 콜레스테롤의 저하 및 혈중 당의 흡수속도

지연작용 등이 있다(Newman et al., 1989; Kahlon et al., 1993; Oh and Lee, 1996).

곡류의 수화(hydration)가 수분확산(diffusion)에 의해 진행됨에 따라, 수화속도는 수침온도와 곡류의 구조, 경도(endosperm hardness) 및 크기에 따라 결정된다. 일반적으로 보리는 쌀에 비해 수화속도가 현저히 느리며, 이는 쌀보다 큰 보리의 곡립 크기와 단일 호분층의 쌀과 달리, 2~3층의 호분층으로 구성된 보리의 구조적 특성에 기인한다(Delcour and Hosoney, 2010). 따라서 보리는 쌀보다 긴 취반시간이 소요되며, 취반시간의 단축을 위해 일반적으로 수침과정을 거친다. 또한 쌀과 혼합 취반 시 쌀과 상이한 보리의 수화속도는 단단하고 부적합한 보리의 취반 식감을 초래하여, 이에 대한 개선이 필요하다(Lim et al., 2003; Lee et al., 2009). 현재 곡류의 수화속도를 높이는 방법으로는 즉석 쌀(quick cooking rice)과 같이 배유에 인위적 균열을 생성하여 수분의 이동통로로 하는 방법과 압맥, 할맥과 같이 수분확산거리를 단축시키는 방법 등이 산업적으로 사용되고 있다. 그러나 압맥, 할맥의 경우, 일반 보리와 비교하여 식이섬유 함량이 낮으며, 원곡의 형태에서부터 변형되어 기호도가 낮은 단점을 갖고 있다(Lee, 1992).

*Corresponding author: Jae-Kwon Lee, Department of Food Science and Biotechnology, College of Natural Science, Kyonggi University, San 94-6, Iui-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-760, Korea
Tel: +82-31-249-9654; Fax: +82-31-249-9650
E-mail: jglee@kgu.ac.kr

Received July 31, 2014; revised August 19, 2014; accepted August 21, 2014

적외선 가열공정(micronizing)은 파장 1.3~3.4 μm 의 적외선을 시료에 조사하여 분자진동에 의한 급속한 가열과 증기압 상승으로 고온 단시간에 시료를 가열하는 공정이다(Ratti and Mujumdar, 1995). 적외선 가열공정은 곡류, 두류 및 유지작물의 가공에서 전분호화에 의한 소화율 향상, 영양저해인자의 불활성화, 이취발생 방지등을 목적으로 이용되고 있다(Afzal et al., 1999; Fasina et al., 1999; Cenkowski et al., 2006; Fattah et al., 2013). 또한 최근에는 쌀, 밀, 두류 등을 적외선 가열하여 외형변화 없이 가열 조리시간을 단축시키는 방법이 상업적으로 제안되고 있으나, 이에 대한 보고는 매우 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 적외선 가열처리조건이 보리의 수화속도에 미치는 영향을 검토하고, 적외선 가열처리한 보리의 관능품질을 평가하여, 보리의 취반성과 관능성 개선을 위한 최적 처리조건을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 시판되는 도정 쌀보리(일반계)를 농협에서 구입하여 4°C 냉장보관하며 실험에 사용하였다. 보리시료는 수침처리 유무에 따라 수침 및 비 수침 처리군으로 구분하여 적외선 가열하였다. 수침시료는 보리 10 g을 상온(25°C)의 증류수 100 mL에 15, 30, 60분간 침지하여 제조하였다.

적외선 가열 처리

적외선 가열처리는 적외선 수분분석기(Infrared moisture balance, MA40, Sartorius Mechatronics, Gottingen, Germany)를 사용하여, 시료 약 20 g을 적외선 수분분석기의 시료 pan에 고르게 펼친 후 설정한 가열온도 및 시간에 따라 적외선 가열하였다. 적외선 가열처리 조건은 비 수침시료의 경우, 110, 120, 130°C에서 시료의 수분함량(9.4%, dry basis)이 각각 1, 3, 5% 감소할 때까지, 수침시료는 동일한 가열온도에서 수침 전의 수분함량(9.4%, dry basis) 도달까지 가열하는 것으로 설정하였다.

수분흡수도

수분흡수도는 시료를 15분간 상온의 증류수에 침지 후 과도한 표면수를 종이타월로 제거하고 105°C 상압건조법(AACC, 1995)으로 함수량을 측정하여 구하였다.

호화 특성

보리전분의 호화특성은 Rapid Visco Analyzer(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료는 Udy cyclone 분쇄기(Foss Tecator, S-26321, Hoganas, Sweden)를 사용하여 100 mesh 이하로 분쇄 후 12%(w/w)의 현탁액을 제조하여 1분간 50°C 유지, 4.5분 동안 95°C

까지 가열, 95°C에서 2분간 유지, 4.5분 동안 50°C로 냉각하는 RVA cycle의 점도변화를 측정하였다.

연화도(Degree of softness)

보리의 연화도는 취반 보리를 상온에서 1시간 방냉 후 투명 아크릴판 사이에 시료를 넣고, 5 kg의 무게로 30초간 압착 후 압착 전 시료의 단축 너비에 대한 압착 후 직경의 증가율을 퍼짐성(spreadability)으로 측정하여 연화도를 평가하였다.

$$\text{퍼짐성(Spreadability)} = \frac{\text{압착 후 시료의 반경(mm)}}{\text{압착 전 시료의 단축 너비(mm)}}$$

관능검사

관능검사는 훈련된 경기대학교 식품생물공학과 대학원생 7명을 패널로 하여 향, 맛, 식감, 외관 및 전반적인 기호도(overall eating quality)를 7단계 평점법으로 평가하여 측정하였다. 관능검사시료는 보리시료와 백미를 1:1의 비율로 혼합한 혼합곡 100 g에 증류수 115 mL을 가한 후 가정용 전기밥솥(DWLM-101, Daewoong Morningcom, Seoul, Korea)을 이용하여 20분 가열과 20분 뜸들이기를 하고 취반 후 1시간 방냉하여 관능평가에 사용하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Version 21, IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중 비교법으로 유의성($p < 0.05$)을 검정하였으며, 모든 실험의 측정치는 3회 반복 측정하여 산출한 평균과 표준편차로 표시하였다.

결과 및 고찰

적외선 가열에 의한 수분흡수도 변화

적외선 가열처리에 의한 수침 및 비 수침보리의 수분흡수도를 측정한 결과는 Fig. 1과 2에 표시하였다. 보리의 수분흡수는 적외선 가열처리에 따라 증가하나, 증가 정도와 양상은 수침처리 여부에 따라 상이하였다. 비 수침보리의 경우, 적외선 가열처리에 따라 수분흡수도는 21.3±0.55에서 최대 25.85±1.16%까지 증가하였으나, 가열온도 및 시간에 따른 시료간 수분흡수도는 유의적으로 차이가 없었다(Fig. 1). 이러한 결과는 전분호화가 제한된 수분함량에서는 진행되지 않는다는 Ghiasi et al.(1982)의 보고와 같이, 비 수침보리의 낮은 수분함량(9.4%, dry basis)으로 인하여 전분호화가 제한적으로 일어나기 때문으로 판단되었다. 따라서 비 수침보리의 수분흡수도 증가는 호화전분에 의한 흡습성(hygroscopicity) 보다는 적외선 가열과정에서 생성된 배유 균열(stress crack)에 의한 수분흡수 때문으로 예상되었다.

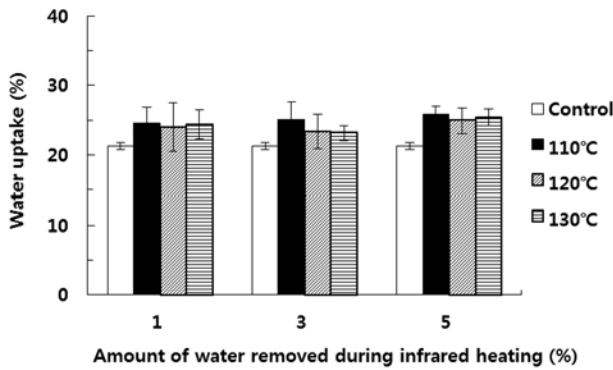


Fig. 1. Water uptake of infrared heated barley without steeping process.

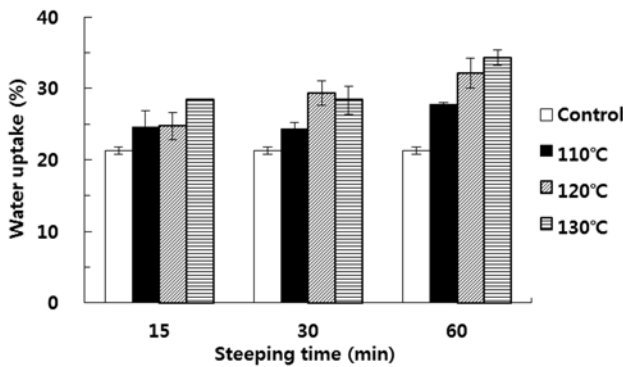


Fig. 2. Water uptake of infrared heated barley with steeping process.

반면 수침보리의 경우, 수분흡수도는 적외선 가열처리 온도와 시간뿐만 아니라 수침시간에 비례하여 증가하였으며, 증가 정도는 비 수침보리보다 더 큰 것으로 조사되었다 (Fig. 2). 최대수분흡수도는 보리를 60 분 수침 후 130°C에서 가열하였을 때의 34.3±1.05%로서, 이는 일반 보리를 2 시간 침지하였을 때에 해당하는 함수량이다(침지시간에 따른 보리의 함수율측정 예비실험 미 표시). 따라서 보리의 수분흡수능력은 수침과 적외선 가열의 병행처리에 의해 크게 증가하며, 이는 전분호화로 인한 흡습성 증가 때문으로 판단되었다.

일반적으로 곡류의 수분흡수도가 낮은 경우, 취반 후 전분호화도가 불충분하여 식감에서 문제가 발생한다. 이는 수분이 곡류 내부로 충분히 확산되지 못하여 취반 시 전분호화가 표면부위에서 주로 진행되며, 생성된 호화전분 층이 내부로의 열 전달을 저해하기 때문이다(Han et al., 2000). 따라서 보리의 취반 시 발생하는 부적절한 식감은 수침과 적외선가열의 병행처리에 의한 보리의 수화속도 증가로서 개선이 가능할 것으로 판단되었다.

적외선 가열에 의한 RVA 호화특성

적외선가열처리에 따른 보리의 RVA profile을 측정할 결

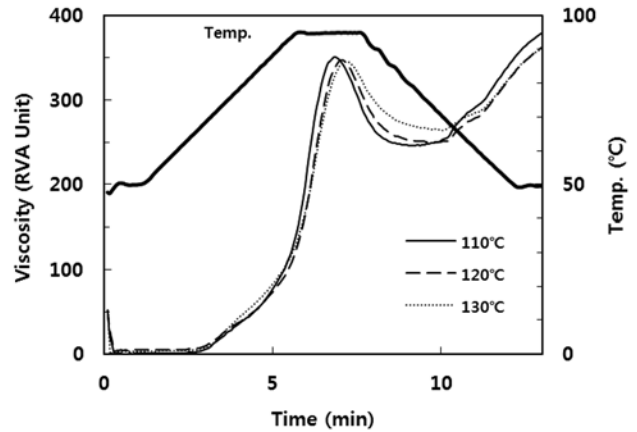


Fig. 3. RVA profiles of infrared heated barleys without steeping process; samples were heated at different temperatures for duration of water content decrease by 5%.

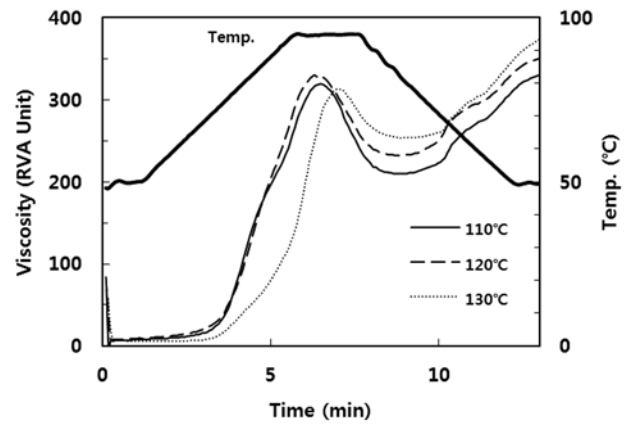


Fig. 4. RVA profiles of infrared heated barleys with steeping process; samples were infrared heated at different temperatures for duration of moisture decrease to initial moisture content.

과는 Fig. 3과 4에 표시하였다. 비 수침보리의 경우, 모든 시료에서 전분의 최대호화점도, 가열안정성 및 setback 점도는 상호 차이가 없는 것으로 조사되어, 적외선가열처리 온도는 비 수침보리의 전분호화에 영향을 주지 않는 것을 확인하였다(Fig. 3). 이러한 결과는 비 수침보리의 낮은 수분함량으로 인하여 가열온도에 관계없이 전분호화가 제한되기 때문으로, 비 수침보리의 수분흡수도 실험결과와도 일치하였다. 반면, 수침보리는 적외선 가열온도가 높아짐에 따라 최대호화점도는 다소 감소하며 setback 점도는 증가하는 양상을 나타내어 가열온도 증가에 따라 전분의 호화도가 증가하는 것을 확인하였다(Fig. 4). 또한 60 분 수침 후 130°C에서 가열한 보리시료의 경우, 전분의 최대호화점도 도달시간이 지연되었으며, 이는 호화과정에서 용출된 전분이 전분 표면 또는 주위에 작용하여 팽윤이 제한하기 때문으로 추정되었다. 그러나 비 수침보리시료의 RVA profile과 비교하여 수침시료의 최대호화점도 감소가 크지

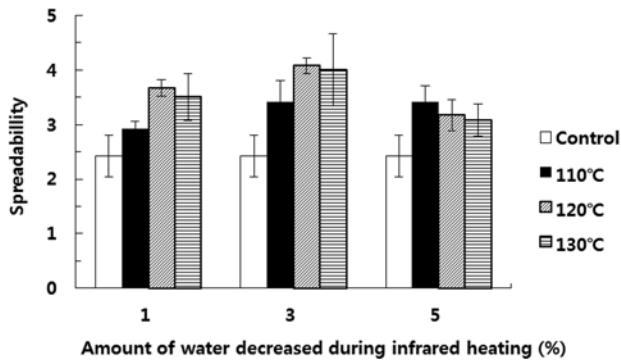


Fig. 5. Spreadability of cooked barley with steeping process.

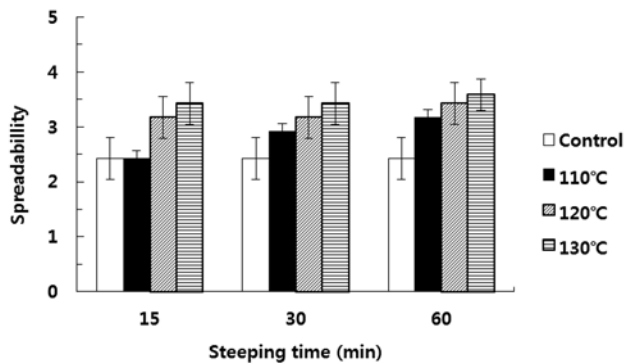


Fig. 6. Spreadability of cooked barley without steeping process.

않은 점을 고려할 때, 적외선 가열온도에 의한 전분호화는 부분적으로 발생하는 것으로 판단되었다.

취반 보리의 연화도

취반 보리시료의 퍼짐성 측정결과, 취반 보리의 조직은 적외선 가열처리에 따라 연화되는 것이 확인되었다(Fig. 5, 6). 비 수침보리의 경우, 퍼짐성은 모든 적외선가열조건에서 대조구보다 높았으며, 최대 퍼짐성은 120°C에서 수분함량 3% 감소까지 가열한 시료에서 4.08 ± 0.14 의 최대 측정치를 나타내어, 연화효과가 가장 높은 것으로 조사되었다(Fig. 5). 그러나 비 수침시료는 가열시간이 길어짐에 따라, 즉 수분함량 5% 감소까지 가열한 경우, 120, 130°C의 가열온도에서 퍼짐성은 감소하였다. 이러한 결과는 고온에서 가열시간이 길어짐에 따라 보리 표면의 급속한 수분증발로 표면경화(case hardening)가 발생하여, 취반 시 재수화(rehydration)가 지연되기 때문으로 추정된다. Afzal et al. (1999)은 보리를 FIR-convection 건조 시 열에 의한 표면경화로 입자 내부부의 열전도성이 감소하여 수분확산이 제한된다고 보고한 바 있다.

한편 수침보리의 퍼짐성은 수침시간이 길수록, 가열온도가 높을수록 증가하였으나, 그 정도는 상호간에 미미하였다(Fig. 6). 즉, 130°C에서 가열한 수침 시료의 퍼짐성은

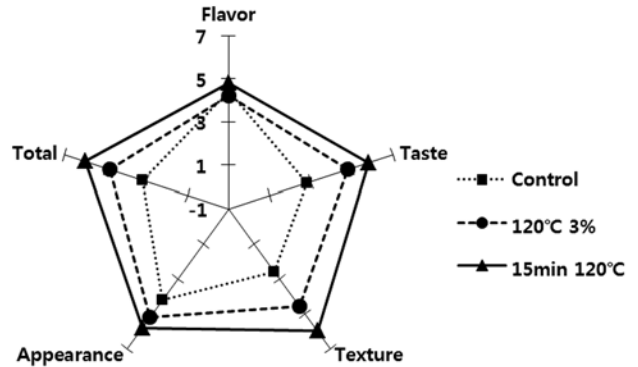


Fig. 7. Sensory test of cooked barley with or without steeping process at different infrared heating conditions.

수침시간이 길어짐에 따라 증가하여 3.42~3.58범위의 최대치를 나타내었으나, 퍼짐성의 증가에 미치는 수침시간의 영향은 크지 않았다. 또한 이러한 측정치는 120°C 가열시료의 퍼짐성 측정치(3.17~3.42)와도 유사하여, 퍼짐성은 가열온도가 높아짐에 따라서도 크게 차이가 나지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 이후 수침보리의 관능실험은 고온에서의 갈변화에 의한 색 및 향 변화를 최소화하며, 최대 퍼짐성에 근접하는 15분 수침 후 120°C 가열을 최적 처리조건으로 하여 이후 실험을 진행하였다.

관능성 평가

적외선 가열처리에 의한 수침 및 비 수침보리의 관능평가는 연화도 측정실험에서 가장 높은 측정치를 나타낸 시료, 즉 120°C에서 수분함량 3% 감소까지 적외선 가열한 비수침 시료와 15분 수침 후 120°C에서 수침 전의 수분함량 도달까지 가열한 수침시료를 표준조건에 따라 취반 후 대조구와 비교 평가하였으며, 그 결과는 Fig. 7과 같다. 적외선 가열처리 보리의 관능검사 점수는 수침 여부에 관계없이 외관, 향, 맛, 식감 및 전체 기호도의 모든 관능특성에서 대조구 보다 높게 측정되어, 적외선 가열처리에 의해 보리의 취반 관능성이 크게 개선되는 것을 확인하였다. 또한 수침과 적외선가열을 병행 처리한 시료는 식감, 맛 및 전체 기호도에서 비 수침시료 보다 높은 평점을 나타내어, 보리의 취반 식미는 적외선 가열 처리와 수침을 병행하였을 때 최대로 개선되는 것을 확인하였다.

요 약

본 연구에서는 보리의 취반 적성과 관능성 개선을 위하여 수침처리 및 적외선 가열조건의 영향을 검토하였다. 보리의 수분흡수도는 적외선가열 단독처리 또는 수침과 적외선가열의 병행처리 모두에서 크게 증가하였으며, 취반 후 보리의 연화도 또한 증가하였다. 또한 이들 시료를 백미와

혼합하여 취반 후 관능성을 평가한 결과, 식감의 개선에 의한 보리의 전체 기호도가 대조구 보다 크게 개선되는 것을 확인하였다. 또한 수침과 적외선가열을 병행 처리하였을 때 적외선가열 단독처리보다 우수한 관능특성을 갖는 것으로 조사되어, 보리의 취반성과 관능성 개선을 위한 최적조건은 15분간 상온수침 후 120°C에서 초기 수분함량까지 가열로 설정하였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 Novel-G 사업단의 기술 사업화 지원결과이며, 연구비 지원에 감사 드립니다.

References

- AACC. 1995. Approved Methods of American Association of the Cereal Chemists (No. 44-16), St. Paul, MN, USA.
- Afzal TM, Abe T, Hikida Y. 1999. Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley. *J. Food Eng.* 42: 177-182.
- Cenkowski S, Ames N, Muir WE. 2006. Infrared processing of oat groats in a laboratory-scale electric micronizer. *Canadian Biosys. Eng.* 48: 3.
- Delcour J, Hosoney RC. 2010. Principles of cereal science and technology. AACC International, St. Paul, MN, USA. pp. 12-15.
- Fasina OO, Tyler RT, Pickard MD, Zheng GH. 1999. Infrared heating of hulless and pearled barley. *J. Food Process. Pres.* 23: 135-151.
- Fattah A, Sadeghi AA, Nikkhah A, Chamani M. 2013. Effects of infrared irradiation on barley grain starch degradation in the rumen of sheep. *Sci. Res. Essays* 8: 992-995.
- Ghiasi K, Hosoney RC, Varriano-Marston E. 1982. Gelatinization of wheat starch. IV. Comparison by differential scanning calorimetry and light microscopy. *Cereal Chem.* 59: 258-262.
- Han SH, Choi EJ, Oh MS. 2000. A comparative study on cooking qualities of imported and domestic rices (Chuchung byeo). *Korean J. Food Cookery Sci.* 16: 91-97.
- Jung ES, Shin DH, Doo JK, Chae SW, Kim YS, Park YM. 2010. Status of mixed grain diet by people with diabetes in Jeollabuk-do and sensory evaluation of different composition of mixed grains. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 39: 1049-1055.
- Kahlon TS, Chow FI, Knuckles BE, Chiu MM. 1993. Cholesterol-lowering effects in hamsters of β -glucan-enriched barley fraction, dehulled whole barley, rice bran and oat bran and their combination. *Cereal Chem.* 70: 435.
- Kent NL, Evers AD. 1994. Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. pp. 2-17.
- Kim JG, Lee JH, Sung BR, Ko BR, Lee YT, Kwon TO. 2012. Current state of barley industry and counterplan against the abolition of procurement system of barley -I. Actual condition of the production of barley processed products and investigation on quality and price. *Korean J. Intl. Agri.* 24: 392-396.
- Lee MJ, Lee NY, Kim YK, Kin JG, Hyun JN. 2009. Cooking and pasting properties of split and pressed barley. *Korean K. Food Preserv.* 16: 830-837.
- Lee WJ. 1992. Changes in dietary fiber content of barley during pearling and cooking. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 80-182.
- Lim SB, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 32: 52-57.
- Newman RK, Newman CW, Graham H. 1989. Hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Food World* 34: 883-886.
- Oh HJ, Lee SR. 1996. Physiological function in vitro of β -glucan isolated from barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 689-695.
- Ratti C, Mujumdar AS. 1995. Infrared drying. Handbook of industrial drying. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA. pp. 567-588.
- Ullrich S. 2010. Barley: Production, improvement, and uses. Wiley-blackwell, Hoboken, NJ, USA. pp. 160-210.