

가열방법 및 곡류특성이 통곡의 팽화에 미치는 영향

박예주 · 이재권*

경기대학교 식품생물공학과

Effects of Heating Methods and Kernel Characteristics on the Expansion of Whole Grains

Ye-Ju Park and Jae-Kwon Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University

Abstract

Effects of heating methods (hot-air heating, roasting, and microwave radiation) and kernel characteristics on the expansion of whole grains from different botanical sources have been examined. Waxy brown rice which composed of hard endosperm with tightly adhering pericarps showed explosive expansion during heating. Scanning electron microscopy showed that starch granules in hard endosperm expanded during heating, forming porous internal structure. Meanwhile those in soft endosperm remained intact since moisture vaporized into the void surrounding the granules. Whole wheat which expanded to the least extent during heating showed the formation of large fissures between pericarp and seed coat, indicating improper rigidity of pericarps as well as endosperm texture for puffing. The degree of expansion and microstructure of kernel varied depending on the heating methods applied due to their different heat transfer characteristics. Hot-air heating resulted in the higher extent of expansion than roasting or microwave radiation. Whole grains heated by either roasting or microwave radiation showed not only similar extent of expansion but also internal microstructures, although roasting process created the formation of an agglomerated mass at the domain of endosperm due to the partial gelatinization of starches.

Key words: expansion, heating process, kernel property, microstructure, whole grains

서 론

도정하지 않은 곡물의 강층(bran)과 배아에는 비타민, 미네랄과 같은 필수 미량 영양소를 비롯한 식이섬유, 항산화 성분, 페놀화합물 및 식물스테롤(phytosterol) 등의 생리활성물질이 풍부하게 함유되어 있다. 이러한 유용성분들의 유익성으로 고혈압, 당뇨, 비만, 심혈관계질환, 소화기 암과 같은 생활 습관성 만성질환의 예방 및 개선효과가 확인되면서(Anderson et al., 2000; Smith et al., 2003; Seal, 2006; Yu et al., 2015; Song et al., 2016), 국내 통곡 소비는 지속적으로 증가하는 추세이다. 현재 통곡의 소비 형태는 주로 백미를 대체한 잡곡 또는 혼합곡 형태가 대부분이나 식습관의 서구화로 인한 쌀 소비 감소에 따라 최근에는 아침식사용 시리얼, 빵, 스낵 등과 같은 가공식품 형태의

통곡 소비가 증가하고 있다. AACC (2006b)에서는 통곡을 겉 껍질(husk)과 같이 먹지 못하는 부분을 제거한 알곡 또는 이를 분쇄, 조각, 박편한 것으로 강층, 배유, 배아를 그대로 유지하는 곡물 또는 가공 곡물로 정의한 바 있다. 또한 통곡의 안전성과 품질개선을 위해 강층을 제거하는 경우 강층 및 배아 손실이 각각 10% 및 2% 이하인 것을 통곡으로 정의하고 있다(Gibson et al., 2013). 이러한 정의 배경에는 가공과정에서의 과도한 강층 및 배아 손실은 통곡의 건강유익성을 담보할 수 없을 뿐만 아니라 통곡 가공 식품으로서의 원료 규격에도 부합하지 않기 때문이다. 지금까지 가공과정에서 발생하는 통곡의 강층과 배아 손실에 관한 연구는 대부분이 건식 도정 분야에 국한되어 수행되어 왔으며, 팽화 공정(puffing process)과 같이 과도한 손실이 예상되는 분야에서는 연구가 미흡한 실정이다.

가열에 따른 수분의 기화로 부피를 팽창시키는 팽화(puffing) 기술은 시리얼, 스낵 등의 제조에 사용되는 대표적인 곡류가공방법이다. 일반적으로 원물 상태의 곡류를 팽화하는 방법으로는 오븐팽화법(oven puffing)과 압력팽화법(pressure gun-puffing)이 이용되고 있다. 오븐팽화법은 급속한 가열로 수분이 확산되지 않고 내부에서 기화하여

*Corresponding author: Jae-Kwon Lee, Department of Food science and Biotechnology, College of Natural Science, Kyonggi University, Gwanggyosan-ro 154-42, Yeongtong-gu, Suwon, 443-760, Korea
Tel: +82-31-249-9654; Fax: +82-31-249-9650
E-mail: jglee@kyonggi.ac.kr

Received December 20, 2019; revised January 6, 2020; accepted January 11, 2020

약 2-5배의 부피 팽창을 일으키며, 압력 팽화법의 경우 고온 가열로 발생한 과열 수분이 급속한 압력 강하에 따라 기화하여 약 15-20배의 팽창을 일으키는 것으로 알려져 있다(Mishra et al., 2014). 그러나 이 같은 팽화 방법은 팽화 과정에서의 높은 팽창 수준에 따라 통곡에 적용 시에는 외피의 과도한 분리 제거로 인한 식이섬유 및 다양한 유용성분의 손실이 예상된다. 이에 본 연구에서는 기존 팽화법을 대체하여 통곡의 유용성분 손실을 경감할 수 있는 다양한 가열공정의 적용 가능성을 확인하기 위하여, 곡류특성이 상이한 국내산 통곡 7종(현미, 보리, 밀, 귀리, 수수, 찰 현미, 찰 조)을 열풍, 로스팅 또는 마이크로웨이브 가열하여 가열방법과 곡류특성에 따른 통곡의 팽화도와 구조변화를 확인하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서는 국내산 통곡 7종(현미, 찰현미, 보리, 밀, 귀리, 수수, 찰조)을 (주)광복농산(청주, 대한민국)에서 구매하여 4°C에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

곡류특성

통곡시료의 곡류특성으로는 수분함량, 배유특성(endosperm texture), 백립중(one hundred kernel weight), 용적밀도 및 밀도를 측정하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법(AACC 44-15, 2000)으로 측정하였고, 배유특성은 종으로 절단한 시료의 배유 내 투명한 경질배유(translucent hard endosperm)와 유백색 연질배유(opaque soft endosperm)의 분포 수준에 따라 경질, 연질 및 혼합배유로 육안 판정하였다. 백립중은 온전한 곡립 100개의 무게로서 구하였고, 용적밀도는 아마란스씨를 이용하는 종자치환법(AACC, 2000a), 밀도는 pycnometer (Model 2, InstruQuest Inc., Coconutcreek, FL, USA)를 사용하는 질소가스 치환법(Calxeta et al., 2002)을 사용하여 측정하였다.

가열처리

통곡시료 100 g을 열풍, 로스팅 또는 마이크로웨이브 가열하였고, 가열조건은 선행 예비실험에서 확인한 가열 후 풍미와 색상이 최적일 때의 온도와 시간으로 설정하였다. 열풍처리는 가정용 팝콘제조기(Model CPM-100WKR, Conair Far East Ltd., Hong Kong, China)를 사용하여 180-200°C의 열풍으로 1분 50초간, 로스팅은 커피 로스터(MSP-2004, Living Sense Co., Incheon, Korea)를 사용하여 200-230°C에서 3분 40초간, 마이크로웨이브 가열은 전자레인저오븐(MC28H5114, Samsung Electronics Malaysia Sdn. Bhd., Port Klang, Malaysia)을 사용하여 1,200 W에서 2분 40초간 가열하였다.

팽화도(Degree of expansion)

가열처리에 따른 통곡시료의 팽화도는 가열 전 시료부피 대비 가열 후 시료부피의 백분율로서 산출하였으며, 부피 측정은 아마란스씨를 사용하는 종자치환법(AACC 44-19, 2000)을 사용하였다.

미세구조

가열에 따른 통곡시료의 구조변화는 주사전자현미경(SEM, SNE-3000MB, SEC Co. Ltd., Suwon, Korea)을 사용하여 배유 중심부(central endosperm)와 외피주변 배유(peripheral endosperm)의 미세구조를 관찰하여 확인하였다. 통곡시료를 종으로 절단 후 카본 테이프에 부착하고 gold 코팅한 다음 가속전압 15 kV의 조건에서 관찰하였다.

통계분석

모든 결과는 3회 반복 측정하여 산출한 평균과 표준편차로 표시하였으며 통계분석은 SPSS 통계프로그램(SPSS Statistics 21, IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 후 Duncan의 다중비교법으로 유의성($p < 0.05$)을 검증하였다.

결과 및 고찰

곡류특성

통곡시료의 곡류특성 측정결과를 Table 1에 표시하였다. 수분함량은 현미와 찰 현미가 각각 14.8±0.1, 13.3±0.1%로서 11.1-12.4% 범위의 수분함량을 갖는 다른 통곡에 비해 다소 높은 것으로 확인되었다. 이 같은 시료의 수분함량은 침지, 가수와 같은 전처리가 불필요한 팽화에 적합한 수준으로서, 일반적으로 가열팽화는 수분함량 10-15%에서 최대 발생하는 것으로 보고되고 있다(Singh et al., 1999). 배유특성은 현미와 찰 현미의 경우 배유 대부분이 투명한 경질배유인 반면 보리, 밀, 귀리 및 찰 조는 연질배유로 구성되었으며, 수수는 경질과 연질배유가 혼재하는 형태를 나타내었다. 배유특성은 가열 시 발생하는 곡류의 팽화 수준을 결정하는 주요 인자로서, 팽화는 배유세포 내 공간 없이 단백질과 전분이 강하게 결합된 경질배유의 전분입자에서 발생하는 것으로 알려져 있다(Delcour & Hosney, 2010a). 통곡시료의 백립중은 밀과 찰조에서 각각 4.28 및 0.29 g의 최대 및 최소치를 나타내었고 나머지 시료는 2.08-2.64 g 범위의 유사한 백립중을 나타내었다. 일반적으로 백립중은 낱알이 크고 밀도가 높을수록 크며 외피, 배와 같은 비 배유부위(non-endosperm component) 대비 배유의 구성비가 클수록 높은 것으로 보고되고 있다(Rasper, 1991). 이에 따라 현저하게 작은 낱알 크기의 찰조를 제외하고, 시료 중 최대 백립중을 갖는 밀의 경우 다른 통곡에 비해 외피의 구성비가 상대적으로 낮을 것으로 예상

Table 1. Characteristics of whole grains

Sample	Characteristics				
	Moisture (%)	Endosperm texture ¹⁾	100 Kernel weight (g)	Bulk density (g/ml)	Density (g/cm ³)
Brown rice	14.8±0.1 ^a	Hard	2.26±0.02 ^d	0.50±0.01 ^b	1.44±0.00 ^a
Barley	11.9±0.2 ^d	Soft	2.64±0.02 ^c	0.51±0.00 ^b	1.42±0.00 ^b
Wheat	12.4±0.1 ^c	Soft	4.28±0.05 ^a	0.51±0.00 ^b	1.42±0.00 ^b
Oat	11.1±0.0 ^e	Soft	2.87±0.10 ^b	0.48±0.01 ^c	1.37±0.00 ^d
Sorghum	11.6±0.1 ^d	Mixed	2.58±0.06 ^c	0.49±0.00 ^b	1.37±0.01 ^d
Waxy brown rice	13.3±0.1 ^b	Hard	2.08±0.03 ^e	0.50±0.01 ^b	1.44±0.00 ^a
Waxy foxtail millet	11.5±0.1 ^d	Soft	0.29±0.00 ^f	0.67±0.01 ^a	1.39±0.00 ^c

¹⁾ Endosperm texture: Hard; hard endosperm, Soft; soft endosperm, Mixed; hard and soft endosperm.

^{a-f} Values with different superscripts within a column are significantly different ($p < 0.05$).

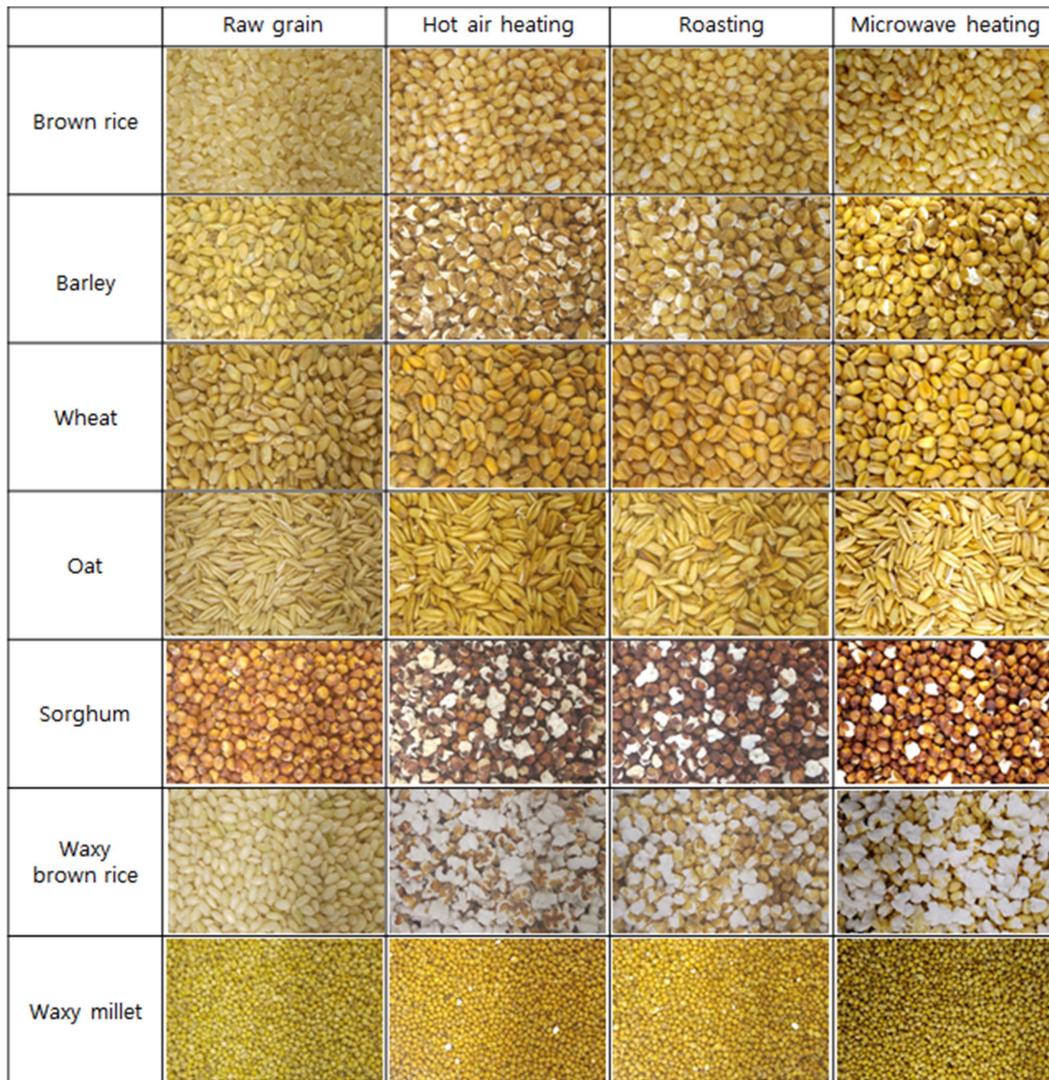


Fig. 1. Appearance of whole grains after different heat treatment.

된다. 용적밀도는 가장 작은 찰조를 제외하고 모두 0.48-0.51 g/mL로써 유사하였다. 한편 통곡시료의 밀도는 1.37-1.44 g/cm³ 범위로서, 경질배유로 구성된 현미와 찰 현미가 1.44 g/cm³의 다소 높은 값을 나타내었다.

팽화도

가열방법에 따른 통곡시료의 외관 형상을 Fig. 1에 표시하였다. 가열에 따라 찰현미, 보리, 수수는 파열과 함께 완전 또는 부분 팽화한 반면 현미, 밀, 귀리, 찰조는 외형 손

Table 2. Degree of expansion for whole grains heated with different processes

Sample	Degree of expansion (%)		
	Hot air heating	Roasting	Microwave heating
Brown rice	131.1±3.9 ^d	132.9±3.0 ^c	119.5±4.0 ^d
Barley	195.4±8.0 ^b	183.0±15.4 ^a	143.2±2.8 ^b
Wheat	128.7±4.0 ^d	134.9±1.0 ^c	129.4±2.4 ^c
Oat	127.3±6.1 ^d	137.0±1.1 ^b	121.9±0.0 ^d
Sorghum	176.3±7.5 ^c	123.3±11.1 ^c	102.3±5.0 ^c
Waxy brown rice	368.9±13.9 ^a	194.4±23.9 ^a	235.1±24.4 ^a
Waxy foxtail millet	108.8±1.6 ^c	107.8±1.6 ^d	100.0±0.0 ^c

^{a-c} Values with different superscripts within a column are significantly different ($p < 0.05$).

상 없이 낮은 수준의 부피 증가를 나타내었다. 이러한 결과는 팝콘과 일부 종의 수수, 기장을 제외하고 대부분의 통곡은 상압 가열 시 팽화하지 않고 낮은 수준으로 팽창한다는 Delcour and Hosney (2010b)의 보고와 유사하였다. 가열방법에 따른 통곡시료의 부피증가 수준을 팽화도로 산출하여 Table 2에 표시하였다. 찰 현미, 보리, 수수의 팽화도는 열풍, 로스팅 및 마이크로웨이브 가열에 따라 찰현미의 경우 368.9±13.9, 194.4±23.9 및 235.1±24.4%, 보리는 195.4±8.0, 183.0±15.4 및 143.2±2.8%, 수수는 176.3±7.5, 123.3±11.1 및 102.3±5.0%로서, 찰 현미, 보리, 수수의 순으로 높았으며 열풍처리에서 현저하게 높은 팽화도를 나타내었다. 한편 현미, 밀, 귀리는 가열방법에 따라 약 120-130% 범위의 낮은 팽화도를 나타내었고, 찰조의 경우에는

부피 팽창이 거의 일어나지 않는 것으로 확인되었다.

가열에 따른 통곡의 팽화 수준은 외피의 두께와 치밀도, 배유 내 경질과 연질배유의 분포비율, 전분의 아밀로오스 함량 등에 따라 영향을 받는다. 팝콘의 경우 가열 시 두껍고 치밀한 외피로 인해 수분이 고압의 과열증기 상태에 도달 후 내부 압력이 외피의 기계적 강도를 초과하는 약 177°C에서 폭발, 팽화한다. 이러한 팝콘의 팽화는 과열 증기가 경질배유 내의 전분입자 내부로 기화하여 발생하며, 빈 공간이 존재하는 연질배유의 전분입자는 팽화하지 않는 것으로 보고되었다(Hosney et al., 1983). 또한 전분의 팽화 수준은 아밀로오스 함량이 높을수록 낮으며 일반전분보다 찰전분에서 더 높은 것으로 알려져 있다(Matiz, 1993). 이에 따라 찰현미의 높은 팽화도는, 유사한 구조를 갖는 현미의 낮은 팽화도를 고려할 때, 전분입자의 팽윤을 제한하는 아밀로오스의 부재 때문으로 판단된다. 반면 찰전분으로 구성된 찰조의 경우에는 연질배유로서 팽화에 부적합한 외피특성으로 인해 팽화하지 않은 것으로 추정된다. 한편 일반전분을 함유하며 연질배유로 구성된 보리는 찰현미 다음으로 높은 팽화도를 나타내었는데, 이는 다른 통곡시료와 달리 외피 안쪽에 2-3겹으로 이루어진 호분층이 외피 역할을 하기 때문으로 사료된다. 이와 유사하게 수수는 치밀하게 곡립을 둘러싸는 외피의 구조적 특성에 따라 현미, 밀, 귀리와 달리 부분 팽화한 것으로 판단된다. 통곡시료의 팽화도는 가열방법에 따라 상이하나 열풍처리에서 가장 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 열 전달방식 차이에 의한 결과로 추정되며 이후 가열방법에 따른 시료의 미세 구조 관측실험을 통하여 이를 확인하였다.

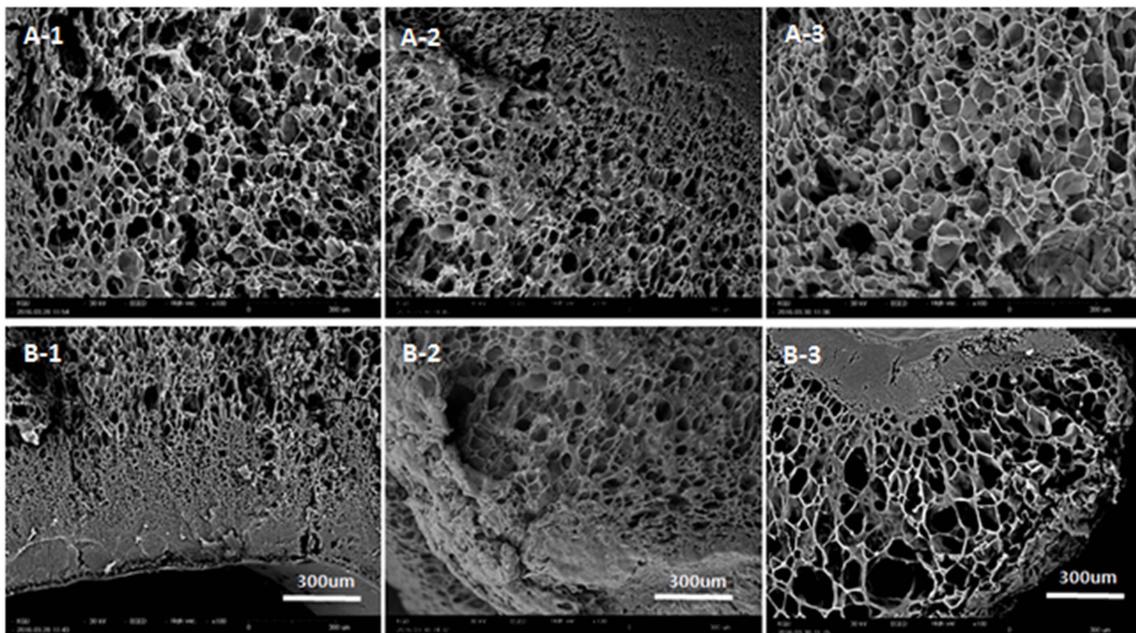


Fig. 2. Scanning electron micrographs of heated waxy brown rice. A: central endosperm, B: peripheral endosperm; 1: hot air heating, 2: roasting, 3: microwave heating.

미세구조

가열방법에 따른 통곡의 팽화 양상은 팽화도가 다른 찰현미, 수수, 밀을 시료로 하여, 배유 중심부와 외피주변에서의 구조변화로서 확인하였다. 시료 중 가장 높은 팽화도를 나타낸 찰현미는 가열방법에 관계없이 배유 중심부에 전분의 팽화로 형성된 기공 막이 기공을 둘러싸은 그물망 형태의 다공구조를 나타내었다(Fig. 2A-1, 2, 3). 그러나 이러한 다공구조 형상은 가열방법에 따라 다소 상이하여 열풍처리한 경우 로스팅, 마이크로웨이브처리 시료에 비해 큰 기공과 얇은 기공 막이 형성되고 기공 크기는 외피에 근접할수록 작은 것으로 관측되었다. 또한 외피와 호분층은 열풍처리 후에도 변화 없이 원형을 유지하여(Fig. 2B-1), 열풍처리에 의한 팽화는 배유 중심부에서 외피방향으로 진행되며 전분만이 영향을 받는 것으로 확인되었다. 한편 로스팅한 찰현미에서는 열풍처리와 달리 배유 중심부의 기공과 유사한 크기의 기공이 외피주변에 형성되었으며 특히 외피주변 배유에서는 외피와 함께 멩쳐진 덩어리 형태의 형상이 관측되었다(Fig. 2B-2). 이러한 구조형태는 접촉을 통한 열 전도로 빠른 전열속도를 갖는 로스팅의 가열특성에 따라 전분의 팽화는 배유 중심과 외피에서 균일하게 발생하나 외피주변의 전분은 팽화하지 않고 용융되는 것으로 판단된다. 마이크로웨이브 처리한 찰현미의 경우에는 팽화하지 않은 배유와 함께 다양한 크기의 기공이 관측되었다(Fig. 2B-3). 이러한 구조형태는 마이크로웨이브 조사에 따른 물 분자의 진동으로 빠르게 국소 강열 (localized superheating)하는 마이크로웨이브 가열특성으로 (Sumnu, 2001), 가열 시 시료가 균일하게 가열되지 않은

결과로 판단된다.

가열방법에 따른 수수의 내부구조 관측결과(Fig. 3), 열풍처리의 경우 찰현미와 유사한 형태의 다공구조가 배유 중심부에 형성되고, 다공구조 내의 작은 기공 안에는 호화되지 않은 입자형태의 전분이 관측되었다(Fig. 3A-1). 또한 외피주변 배유에는 중심부와 달리 외피방향으로 확장된 타원형의 기공이 관측되어, 열풍처리에 따라 수수는 찰현미와 동일한 양상으로 팽화하나 연질배유에서의 제한적 전분 호화로 인해 부분 팽화한 것으로 판단된다. 로스팅한 수수에서는 배유 중심과 외피주변에 작은 기공이 불균일하게 분포하며 파열로 인한 공간이 형성되고, 용융된 전분이 덩어리 또는 코팅 막과 같은 형상을 나타내었다(Fig. 3A-2, B-2). 한편 가장 낮은 팽화도를 나타낸 마이크로웨이브 처리에서는 배유 중심에 미세한 기공이 형성된 반면 외피주변 배유에서는 그 형태를 유지하여, 배유 중심부에서의 팽화 수준은 매우 낮으며 외피주변 전분은 호화되지 않는 것을 확인하였다(Fig. 3A-3, B-3). 이상의 결과로서 수수는 가열방법의 열 전달특성뿐만 아니라 배유특성에 따라 팽화도에서 차이를 보이며 상이한 구조를 나타내는 것으로 판단된다.

가열처리에 따른 밀의 내부구조 형태를 Fig. 4에 표시하였다. 가열 시 팽화하지 않고 낮은 수준으로 부피 팽창한 밀은 열풍처리의 경우 배유 대부분이 팽화하지 않고 다공구조와는 다른 형태의 크고 작은 공간이 내부에 형성되었고, 공간 내부와 주변에는 호화되지 않은 입자형태의 전분이 관측되었다(Fig. 4A-1, B-1). 로스팅 및 마이크로웨이브 처리한 경우 또한 이와 유사한 내부구조 형상을 나타내었

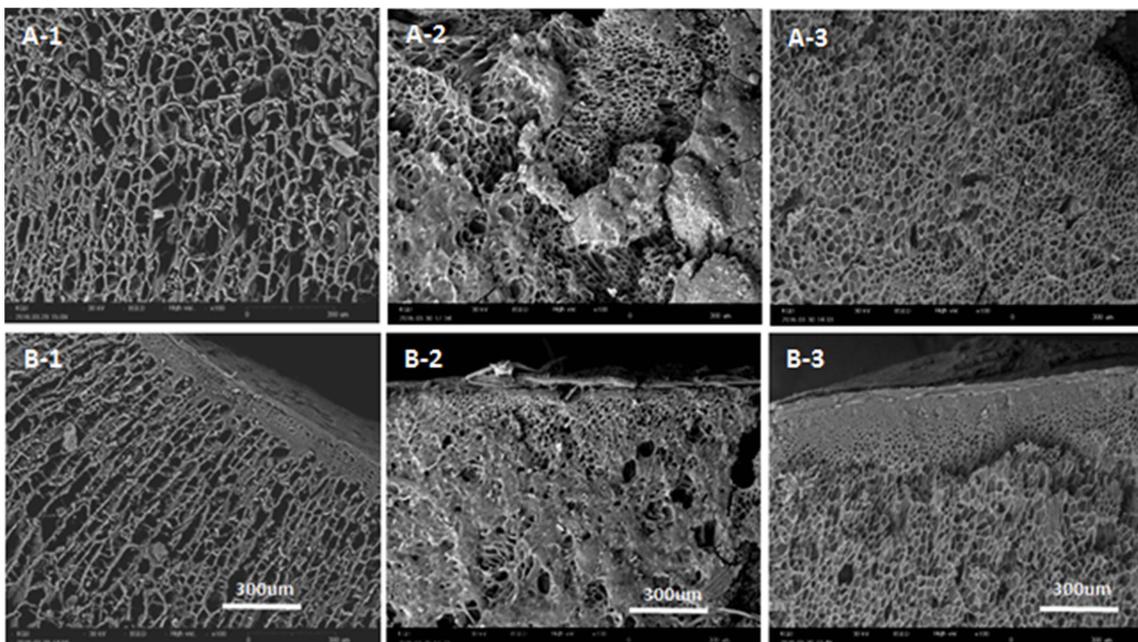


Fig. 3. Scanning electron micrographs of heated sorghum. A: central endosperm, B: peripheral endosperm; 1: hot air heating, 2: roasting, 3: microwave heating.

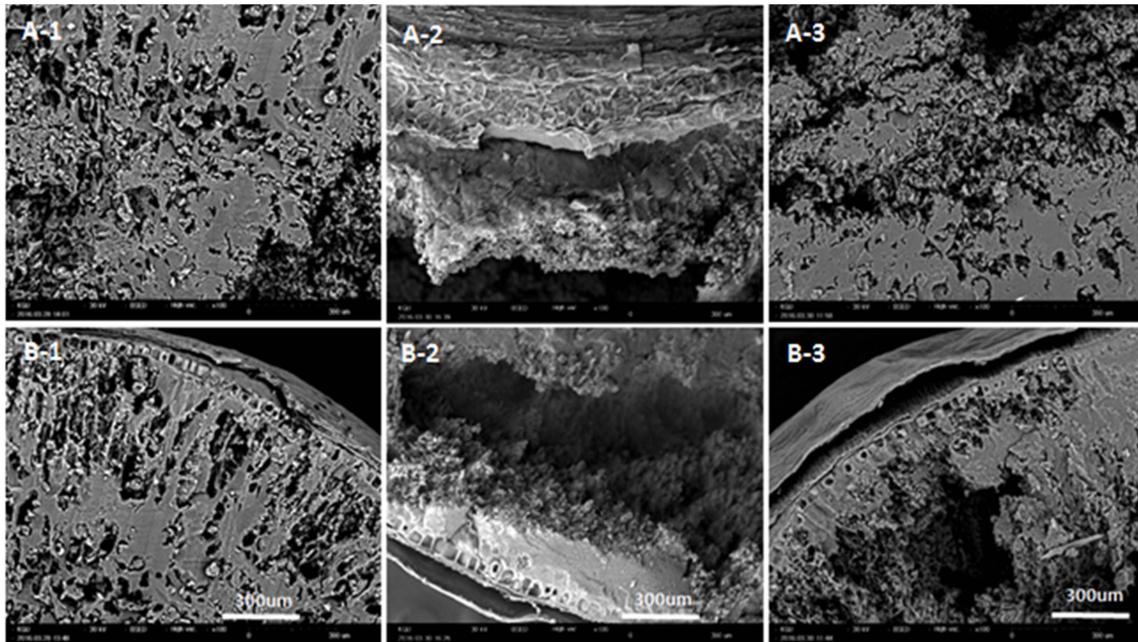


Fig. 4. Scanning electron micrographs of heated wheat. A: central endosperm, B: peripheral endosperm; 1: hot air heating, 2: roasting, 3: microwave heating.

으나 열풍처리와 달리 균열, 파열로 인한 큰 공간이 내부에서 관측되었다(Fig. 4A-2, 3). 이와 같은 구조형태는 가열 과정에서 발생한 증기가 전분 hilum을 통해 내부로 기화하지 않고 연결배유 내의 공간에 축적됨에 따라 팽화하지 않고 배유가 균열, 파열되었기 때문이다. 또한 밀의 외피층은 찰 현미 및 수수의 외피와 달리 가열에 따라 종피(testa)로부터 분리된 형상을 나타내어(Fig. 4B-2, 3), 결합력이 낮으며 치밀하지 않은 특성을 갖는 것으로 예상된다. 이와 같은 팽화에 부적합한 배유 및 외피특성에 따라 밀은 가열시 팽화하지 않고 낮은 수준의 팽화도를 나타낸 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 기존 팽화법을 대체하여 통곡의 유용성분 손실을 경감할 수 있는 다양한 가열공정의 적용 가능성을 확인하기 위하여, 곡류특성이 상이한 국내산 통곡 7종(현미, 보리, 밀, 귀리, 수수, 찰현미, 찰조)을 열풍, 로스팅 또는 마이크로웨이브 가열하여 가열방법과 곡류특성에 따른 팽화도와 구조변화를 확인하였다. 통곡의 팽화도는 열풍, 로스팅 및 마이크로웨이브 가열에 따라 찰현미, 보리, 수수의 순으로 높았으며 열풍처리에서 가장 높은 수준으로 팽화하였다. 반면 현미, 밀, 귀리는 약 120-130% 범위의 낮은 팽화도를 나타내었고, 찰조의 경우에는 부피 팽창이 일어나지 않았다. 이러한 팽화도 차이는 통곡 고유의 곡류특성에 기인한 결과로서, 팽화는 결합성, 치밀도와 같은 외피의 팽화 적합성에 따라 결정되며 팽화 수준은 배유 내 경질배유

의 구성비에 비례하여 높은 것으로 확인되었다. 가열에 따른 통곡의 내부구조는 가열방법의 열 전달특성에 따라 상이하였으며 전분 외의 외피, 호분층과 같은 비 배유부위는 구조변화에 영향을 미치지 않았다. 열풍처리의 경우 전분의 팽화 또는 호화는 경질배유 중심부에서부터 발생하며 로스팅의 경우에는 호화뿐만 아니라 외피 주변 전분이 용융되며 마이크로웨이브 조사에서는 불균일한 팽화가 발생하였다. 상기 연구결과를 통하여 열풍처리는 기존 팽화법을 대체하여 통곡 유용성분의 손실 없이 가공적성을 개선하며 식품소재로서 통곡의 활용성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 2018학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- AACC. 2000a. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (No. 44-15, No. 44-19). St. Paul, MN, USA.
- AACC. 2000b. Whole grain definition. *Cereal Foods World* 45: 79.
- Anderson JW, Hanna TJ, Peng X, Kryscio RJ. 2000. Whole grain foods and heart disease risk. *J. Am. Coll. Nutr.* 19: 291S-299S.
- Calxeta AT, Moreira R, Catell-Perez ME. 2002. Impingement drying of potato chips. *J. Food Process Eng.* 25: 36-90.
- Delcour JA, Hoseney RC. 2010a. Principles of cereal Science and technology. In: *Snack Foods*. AACC International Inc., St. Paul,

- MN, USA, pp. 249-252.
- Delcour JA, Hosney RC. 2010b. Principles of Cereal Science and Technology. In: Structure of Cereals. AACC International Inc., St. Paul, MN, USA, pp. 5-12.
- Gibson S, Ashwell M, Van der Kamp JW. 2013. Cereal foods and health – new results and science based nutrition guidelines. Complete Nutri. 13: 26-28.
- Hosney RC, Zeleznak K, Abdelrahman A. 1983. Mechanism of popcorn popping. J. Cereal Sci. 1: 43-52.
- Matz SA. 1993. Snack Food Technology (3rd ed.). Van Nostrand Reinhold, New York, USA, pp. 17-25.
- Mishra G, Joshi DC, Panda BK. 2014. Popping and puffing of cereal grains: A review. J. Grain Proc. Storage. 1: 34-46.
- Rasper VF. 1991. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: Handbook of Cereal Science and Technology. Lorenz KJ, Kulp K. (eds). Marcel Dekker Inc., NY, USA, pp. 595-601.
- Seal CJ. 2006. Whole grains and CVD risk. Proc. Nutr. Soc. 65: 24-34.
- Singh J, Singh N. 1999. Effect of different ingredients and microwave power on popping characteristics of popcorn. J. Food Eng. 42: 161-165.
- Smith AT, Kuznesof S, Richardson DP, Seal CJ. 2003. Behavioural attitudinal and dietary responses to the consumption of wholegrain foods. P. Nut. Soc. 62: 455-467.
- Song SH, Kang SM. 2016. Major components and health functionalities of brown rice, germinated brown rice, barley, and buckwheat. J. Food Eng. 20: 175-182.
- Sumnu G. 2001. A review on microwave baking of foods. Intl. J. Food Sci. Technol. 36: 117-127.
- Yu A, Park HY, Hong HD, Min JY, Choi HD. 2015. Changes in the nutritional components and immune-enhancing effect of glycoprotein extract from pre-and post-germinated barley seeds. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 511-516.

Author Information

박예주: 경기대학교 대학원생(석사과정)

이재권: 경기대학교 교수