

쌀가루 분쇄 방법 및 입자 크기에 따른 백설기의 품질특성

이명기¹ · 손성호¹ · 정명근² · 김신태³ · 고종민⁴ · 한원영⁴ · 윤원병^{1,5*}

¹강원대학교 식품생명공학전공, ²강원대학교 생약자원개발전공, ³부산대학교 식물생명과학전공,
⁴국립식량과학원 두류유지작물부, ⁵강원대학교 농업생명과학연구원

Effect of Milling Methods and Particle Size on Rice Cake (*Baeksulgi*) Characteristics

Myeong Gi Lee¹, Sung Ho Son¹, Myoung Gun Choung², Sun Tae Kim³, Jong Min Ko⁴,
Won Young Han⁴, and Won Byong Yoon^{1,5*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University

²Department of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University

³Department of Plant Bioscience, Pusan National University

⁴Department of Functional crop, National Institute of Crop Science

⁵Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon National University

Abstract

The milling characteristics of rice using different milling methods (dry and wet) were investigated. Generally, average particle sizes of dry-milling flours were bigger than those of wet-milling flours due to low moisture content. Three theoretical models for milling, such as the Rittinger, Kick, and Bond model, were applied to characterize the milling process of rice. The wet-milling method showed higher value milling constants including Bond's work index. *Baeksulgi* was used to study the effect of the milling method and particle size on rice flour's physicochemical property (water content, color value, and texture). Moisture content and hardness of *Baeksulgi* were smaller as the particle size became smaller. L value of *Baeksulgi* was greater as the particle size became smaller. The energy requirement for the milling of grains to obtain a suitable size of particles was estimated by the grinding models. The results of our study might provide a systematic way to estimate the energy requirement to obtain a suitable particle size by milling.

Key words: dry-milling, milling characteristics, particle size, rice flour, wet-milling

서 론

쌀은 세계에서 가장 중요한 식량 작물 중 하나로서 우리나라를 비롯한 아시아 지역에서 주식으로 이용되어 왔다. 대부분 쌀밥으로 소비되고 있지만 최근 유아식품과 글루텐 프리 제품과 같이 새로운 식품의 도입으로 인해 쌀가루의 생산이 크게 증가하고 있다. 쌀가루는 국수, 아침 식사 시리얼, 베이킹 파우더를 넣지 않은 빵, 스낵, 크래커, 사탕과 같은 많은 종류의 식품 및 디저트를 생산하는 데 사용된다

(Bao & Bergman, 2004). 현재까지 보고된 쌀가루에 관한 연구결과 쌀 가공 식품의 품질은 쌀가루 분쇄조건, 즉 쌀의 수침시간, 쌀가루 입자 크기, 분쇄방법과 분쇄기의 종류 등에 의해 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(Kim & Bang, 1996; Kum & Lee, 1999; Chiang & Yeh, 2002).

분쇄는 식품 산업에서 널리 이용되는 단위 조작이다. 개발 도상국에서는 식품분말 처리를 위한 일반적인 방법이다 (Indira & Bhattacharya, 2006). 분쇄는 에너지 집약적인 공정이기 때문에 산업적인 측면에서 분말을 유용하게 사용하기 위하여 목표로 하는 입자 크기를 가진 분쇄물을 얻는데 요구되는 분쇄 에너지는 반드시 고려되어야 할 요인이다. 주어진 크기의 감소 공정에 필요한 최소한의 에너지를 결정하는 것은 어렵지만 Rittinger, Kick, Bond의 법칙과 같은 이론의 도움으로 분쇄 특성을 이해하는 것이 가능하다. 이러한 경험적 이론을 통해 분쇄 시 요구되는 에너지를 계

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Kangwondaehak-gil, Chuncheon-si, Gangwon-do, 200-701, Republic of Korea
Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-250-5565
E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr
Received September 16, 2014; revised October 20, 2014; accepted October 21, 2014

산하기 위한 방법은 여러 연구자들에 의해 보고되었으며 현재 널리 사용되고 있다(Walde et al., 2002; Djantou et al., 2007; Sharma et al., 2008; Lee et al., 2013).

쌀가루의 제조방법에는 기본적으로 건식과 습식분쇄가 있다. 수침 공정을 포함하는 습식 분쇄는 쌀가루를 만드는 전통적인 방법이지만 수침, 물의 추가, 필터링, 건조, 체질과 같은 다섯 가지의 특유 연속 공정을 포함하는데 이는 많은 장비와 인력을 필요로 한다. 또한 가루의 손실, 높은 물 소비, 폐수 처리, 높은 에너지 소비와 관련된 비용으로 인해 대체 방법이 요구된다. 반면 건식 분쇄는 물을 소비하지 않고, 폐수를 생성하지 않으며 또한 적은 에너지를 소모하는 장점이 있으나 일부 전분이 기계적 작업으로 인해 손상을 받는 것으로 알려져 있다(Nishita & Bean, 1982, Chen et al., 1999, Solanki et al., 2005; Sharma et al., 2008).

현재 쌀가루의 소비 증가에도 불구하고 쌀가루의 분쇄 특성을 연구하고 분쇄 방법 및 입자 크기에 따른 제품의 품질 특성에 초점을 맞춘 연구가 부족한 실정이다. 분쇄 시간에 따른 최종 입자 크기와 요구되는 분쇄 에너지를 알기 위해 분쇄 이론을 적용시키는 것은 공정 최적화를 위한 좋은 대안이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 분쇄 이론에 따라 건식 및 습식 분쇄 특성을 설명하여 입자 크기가 조절된 쌀 분말의 양을 예측하고 쌀의 분쇄 방법 및 입자 크기에 따라 백설기의 품질 특성차이를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 원료는 2012년에 강원도 홍천에서 생산된 멥쌀로 실험 동안 건조한 상온의 실내에서 보관하였다. 백설기 제조에 쓰인 소금(Sempio Corp, Seoul, Korea)과 설탕(Cheil Jedang Corp, Incheon, Korea)은 지역 상점에서 시판품을 구입하여 사용하였다.

분쇄공정

본 실험에는 건식 및 습식의 두 가지 분쇄 방법으로 쌀가루를 제조하여 사용하였다. 습식 쌀가루는 원료 백미 100 g을 1 L의 증류수에 넣고 상온에서 4시간 동안 수침시킨 후 100 mesh의 표준에 위에서 1시간 방치시켜 표면의 물기를 제거하고 이를 220 W dry grinder(FM-909T, Hanil electric, Seoul, Korea)를 이용하여 각 5, 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120초 동안 분쇄하여 제조하였다. 분쇄된 시료는 sieve shaker(CG-211-8, Chunggye, Seoul, Korea)에 12, 14, 16, 18, 30, 40, 60, 100 mesh 표준 체(1.7, 1.4, 1.18, 1.0, 0.6, 0.425, 0.25, 0.15 mm)를 설치하여 10분간 체질하였으며, 체질 후 각 mesh에 남아있는 쌀가루를 취해 무게를 기록하였다. 건식 쌀가루는 습식 분쇄 방법에서 침치 및

탈수 공정을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

각 mesh 체에서 취한 시료의 질량은 총 시료의 질량 비율로 변환하였다(Djantou et al., 2007).

$$L_2 = \sum_{i=1}^n \phi_i d_i \quad (1)$$

여기서 L_2 는 분쇄 후 쌀의 최종 입자 크기(mm), d_i 는 mesh의 평균 체 구멍 크기(mm), ϕ_i 는 d_i 를 통과한 입자의 질량 비율을 뜻한다(Walde et al., 2002).

쌀의 초기 크기는 50개의 쌀 알갱이를 vernier calipers (530-101, Mitutoyo Korea, Seoul, Korea)로 측정 후 평균 값을 구하였으며 오차는 ± 0.02 mm이었다. 초기 입자 크기와 최종 입자 크기에 따라 다음의 식을 이용하여 Rittinger, Kick, Bond 상수와 Work index를 계산하였다.

Rittinger's law

$$E = K_r \left[\frac{1}{L_2} - \frac{1}{L_1} \right] \quad (2)$$

Kick's law

$$E = K_k \ln \left[\frac{L_1}{L_2} \right] \quad (3)$$

Bond's law

$$E = K_b \left[\frac{1}{\sqrt{L_2}} - \frac{1}{\sqrt{L_1}} \right] \quad (4)$$

Work index

$$W_{ind} = \frac{K_b}{0.3162} \quad (5)$$

여기서 L_1 와 L_2 는 각각 쌀의 초기 입자 크기와 분쇄 후 평균 입자 크기를 뜻한다. K_b , K_k , K_r 는 각각 Bond, Kick, Rittinger 상수이며 E는 분쇄에 소비된 에너지, W_i 는 work index이다. Work index는 100 μ m의 mesh 크기를 통과하는 작은 입자 크기를 만들기 위해 필요한 에너지의 양으로 정의된다. 이러한 상수들은 분쇄에 필요한 에너지 요구량을 나타낸다.

백설기 제조

18 mesh체를 통과하나 30 mesh를 통과하지 않는 분쇄미를 18 mesh, 40 mesh를 통과하나 60 mesh를 통과하지 않는 분쇄미를 40 mesh, 60 mesh를 통과하나 100 mesh를 통과하지 않는 분쇄미를 60 mesh, 100 mesh를 통과한 분쇄미를 모아 100 mesh의 분획으로 하여 백설기 제조를 위한 쌀가루로 이용하였다. 백설기의 제조는 건식 및 습식 쌀가루의 초기 수분함량 대한 비율을 맞추기 위해 물의 첨가량을 달리하여 다음과 같은 배합비로 설정하였다(Table 1). 백설기의 제조는 각 쌀가루에 가수, 가염, 가당 후 20 mesh체를 통과시킨 후, 찰통의 물이 끓으면 틀에 담긴 반죽 시료를 넣어 센 불에서 20분, 약 불에서 10분간 증자하고

Table 1. Formulation of ingredients for *Baeksulgi* samples.
(Unit: g)

	Rice flour	Water	Sugar	Salt
Dry	300	150	30	3
Wet	300	75	30	3

10분간 뜸들인 후 실험에 사용하였다.

수분함량

분쇄방법 및 입자크기를 달리하여 제조한 백설기의 수분 함량은 시료 3g을 moisture analyzer(HS200M, Hansung, Seoul, Korea)를 사용하여 시료 별로 각 3회 반복 측정하여 그 평균값을 구하였다.

색도

분쇄 방법 및 입자 크기를 달리한 백설기의 색은 색도계 CR-200(Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적 색도), b(황색도) 값을 10회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었으며, 이 때의 표준색은 x 값이 94.4, y 값이 3129, z 값이 3200인 백색 표준판을 사용하였다.

조직감

분쇄방법 및 입자크기를 달리하여 제조한 백설기를 50 mm 직경의 실린더형 커터로 30 mm 높이로 균일하게 자른 후 Texture Analyzer(CT3, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 이용하여 조직감을 측정하였다. 측정 유형은 시료를 2회 반복 압착하여 결과를 얻는 TPA(Texture profile analysis)로 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 10회 반복 측정하여 평균값을 내었다. 50 mm 직경의 실린더 프로브(TA25/1000)를 이용하였으며, 이 때 모든 측정 조건은 trigger load 50 g, distance 15 mm, test speed 0.5 mm/s로 고정하여 측정하였다.

관능평가

쌀가루의 입자 크기에 따라 제조된 백설기의 쿠키의 관능 검사는 강원대학교 식품생명공학과 학생 20명을 대상으로 5 point hedonic scale로 수행하였다(1 = disliked extremely, 5 = liked extremely). 평가 항목은 외관(appearance), 조직감(texture), 맛/향(taste/odor), 씹기 정도(chewiness), 전반적인 기호도(overall acceptability)이며 각 항목에 대한 점수의 평균값으로 관능평가의 결과를 나타내었으며, one way ANOVA로 유의차 분석을 수행하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복하였으며, 실험결과 데이터의 통계분석은 MS-Excel 2013의 분산분석(ANOVA)을 이

용해 $p < 0.05$ 수준에서 시료간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

분쇄 방법에 따른 쌀의 분쇄 특성

건식 및 습식 분쇄 방법에 따른 평균 입자 크기는 식(1)을 이용하여 각 mesh 크기의 질량 분율을 측정하여 계산하였다(Fig. 1). 쌀의 초기 입자 크기는 3 mm(±0.2)이었다. 전체적으로 분쇄 시간이 증가할수록 모든 시료의 입자 크기는 감소하였다. 분쇄 전 원료 쌀의 수분함량은 8%인 것에 반해 수침공정을 거친 쌀의 수분함량은 33%이었기 때문에 습식 분쇄가 건식 분쇄에 비해 입자 크기가 더 작았다. 하지만 분쇄 시간이 60 s 이상이 되었을 때 습식 분쇄에서 추가적인 입자 크기의 감소를 보이지 않았는데 이것은 높은 수분함량으로 인한 입자의 응집이 발생했기 때문일 수 있다. Lee et al.(2013)은 수분함량을 조절한 콩의 분쇄 연구에서 높은 수분함량이 콩 입자에 응집현상을 일으켜 분쇄에 부정적인 영향을 미쳤다고 보고하였다. 반면 60 s 이전의 분쇄에서는 습식 분쇄가 건식 분쇄에 비해 훨씬 작은 입자 크기를 보였는데 이것은 높은 수분함량에 의해 쌀 알갱이의 경도가 감소하였기 때문이다. Jang et al.(1989)은 쌀의 수침 중 수분 흡수량이 증가하여 쌀의 부피가 증가하고 경도는 감소한다고 하였고 Lee et al.(2004)은 쌀의 수침 중 수분함량이 증가하여 쌀 전분 입자의 결합을 약화시키고 경도를 감소시켜 쌀을 분쇄할 때 입자 크기가 작아진다고 하였다.

식 (2)~(5)에서 소개된 분쇄 공정에 대한 이론적 모델에 따라 건식 및 습식 분쇄의 Rittinger, Kick, Bond, Work index와 같은 분쇄 특성을 Table 2에 나타내었다. 분쇄 공정은 에너지 집약적인 공정이기 때문에 에너지를 절약하기

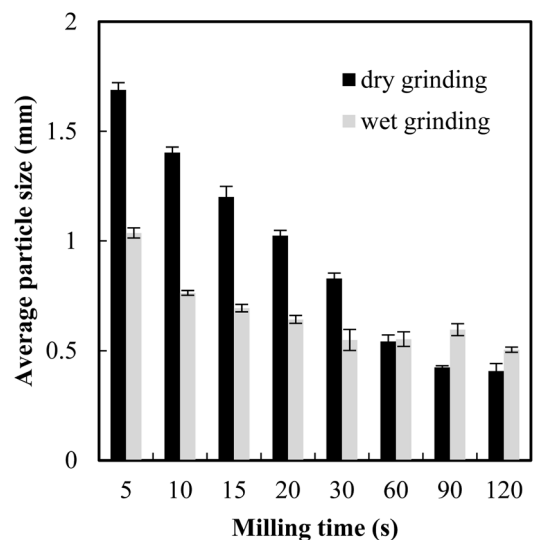


Fig. 1. Average particle size of rice by milling time.

Table 2. Milling characteristics of rice by milling method.

		dry-milling	wet-milling
Rittinger's	Constant K_r (kW h/kg)	0.027 ^{a1)}	0.041 ^b
	Energy (kW h/kg)	0.127 ^a	0.191 ^b
Kick's	Constant K_i	0.028 ^a	0.034 ^b
	Energy	0.131 ^a	0.159 ^b
Bond's	Constant K_b	0.057 ^a	0.077 ^b
	Energy	0.268 ^a	0.358 ^b
Bond's	Work index W_{ind} (kW h/kg)	0.182 ^a	0.243 ^b
	Energy	0.847 ^a	1.132 ^b

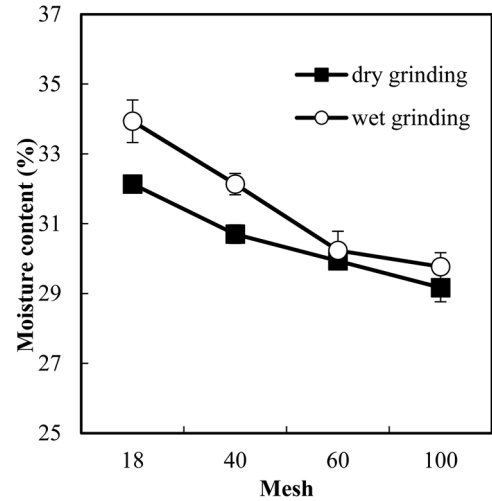
¹⁾Different letter superscripts in each row denotes significant ($p < 0.05$) differences.

위래 이러한 모델 상수를 계산할 필요가 있다.

비록 분쇄 초기 시간에는 수침에 의한 경도의 감소로 습식 분쇄의 입자 크기가 작았지만 분쇄 후기에는 건식 분쇄의 입자 크기가 더 작게 나타났다. 0.2 mm 입자 크기의 쌀가루를 얻는데 필요한 에너지를 식 (2)~(5)를 이용하여 계산한 결과 Table 2에서 볼 수 있듯이 분쇄 에너지는 수분함량이 높은 습식 분쇄에서 더 높았다. 최종 입자가 100 μm 의 mesh 크기를 통과하는 작은 입자 크기를 만들기 위해 필요한 에너지의 양을 나타내는 Work index 또한 같은 경향을 보였다. 이는 높은 수분함량에 의해 경도가 감소하고 그에 따라 높은 분쇄 에너지를 필요로 했다는 Lee et al.(2013)의 결과와 부합한다. 또한 Walde et al.(2002)도 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였는데 밀의 수분함량이 낮을수록 입자 크기를 감소시키는데 더 적은 에너지를 소비하였으며 Sharma et al.(2008)의 연구에서도 원물을 분쇄할 때보다 수분함량이 높은 찌쌀을 분쇄할 때 훨씬 높은 에너지를 소비하였다. 이처럼 수침에 의한 수분함량의 차이는 입자 크기 분포와 분쇄 에너지에 상당한 영향을 미칠 수 있는데 이러한 영향은 곡물의 종류 및 분쇄 조건 등에 의해 크게 달라진다. 때문에 효과적인 분쇄 장비 및 공정 설계를 위해 분쇄 이론을 바탕으로 분쇄 에너지 및 입자 분포를 고려해야 함을 알 수 있다.

수분함량

본 실험에서 분쇄방법과 입자 크기를 달리하여 제조한 백설기의 수분함량을 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 건식 및 습식 분쇄 쌀가루로 제조한 백설기는 18 mesh 입자 크기에서 각각 32.9, 22.9%였고, 100 mesh 입자 크기에서 각각 29.2, 29.8%의 수분함량을 나타내면서 입자 크기가 작을수록 수분함량이 낮아졌다. 특히 건식 분쇄 쌀가루로 제조한 백설기가 습식 분쇄의 경우보다 모든 입자 크기 범위에서 유의적으로 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 이전의 연구와도 일치하는 결과로써 Song and Oh(1992)는 입자 크기가 커질수록 쌀가루와 백설기의 수분함량이 높아졌다고 하였으며 Choi et al.(2005)는 습식 분쇄일 때

**Fig. 2. Moisture contents of Baeksulgi.**

33.7~34.8%, 건식 분쇄일 때 31.9~32.8%로 습식 분쇄로 제조한 백설기의 수분함량이 더 높게 나왔다고 하였다.

습식 분쇄 쌀가루를 이용할 때 최종 수분함량이 더 높은 이유는 건식 쌀가루에 비해 더 높은 수분흡수력을 가졌기 때문이며(Kum and Lee, 1999), Lee & Lee(2006)도 습식 분쇄한 쌀가루에서 수분흡수지수(WAI)가 더 높다고 하였다.

색도

분쇄방법과 입자 크기를 달리하여 제조한 백설기의 색도를 측정된 결과 적색도(a), 황색도(b)값에는 유의적인 차이가 발생하지 않은 반면 명도(L)값에는 시료간 유의적 차이를 보였다(Fig. 3). 건식 및 습식 분쇄 각각 75.7~78, 77.9~76.9의 값을 보이며 입자 크기가 감소할수록 L값이 높아지는 경향을 보였는데 이는 Nishita and Bena(1982)의

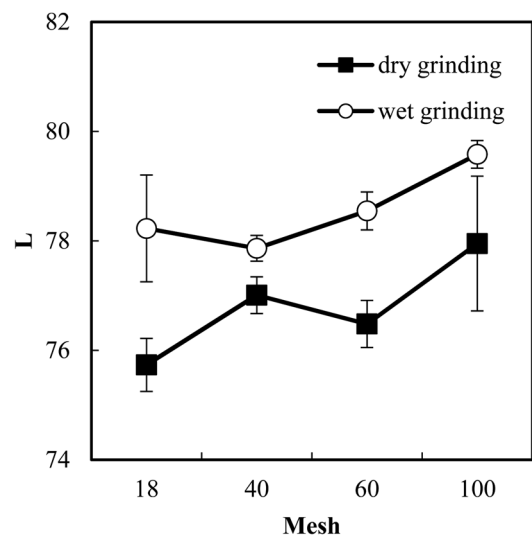
**Fig. 3. Changes in L-value of Baeksulgi.**

Table 3. Texture characteristics of Baeksulgi.

		Hardness (N)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (mJ)
Dry	18 mesh	13.9±2.29 ^{1)cd2)}	0.29±0.02 ^d	5.60±0.91 ^c	15.76±3.19 ^c
	40 mesh	19.03±3.26 ^b	0.31±0.03 ^c	7.60±1.99 ^{abc}	23.95±8.23 ^{abc}
	60 mesh	17.35±2.00 ^{cd}	0.35±0.04 ^{bc}	7.54±1.24 ^{bc}	24.53±5.45 ^{bc}
	100 mesh	15.86±2.97 ^d	0.41±0.06 ^a	7.48±2.31 ^{bc}	26.70±8.93 ^{abc}
Wet	18 mesh	23.95±4.47 ^a	0.30±0.03 ^c	8.40±2.27 ^{ab}	30.19±10.19 ^a
	40 mesh	25.69±3.62 ^a	0.30±0.04 ^c	9.07±1.47 ^a	31.28±6.45 ^a
	60 mesh	14.73±2.44 ^{bc}	0.39±0.05 ^{ab}	6.49±0.99 ^{abc}	21.04±3.87 ^{ab}
	100 mesh	13.36±4.12 ^{bcd}	0.41±0.06 ^a	6.81±2.68 ^{abc}	23.88±10.97 ^{ab}

¹⁾Values are mean±SD (n=10).

²⁾Different letter superscripts in each column denotes significant ($p < 0.05$) differences.

연구에서 쌀가루의 입자 크기가 미세해짐에 따라 L값이 증가한다고 한 것과 일치한다. 또한 습식 분쇄 쌀가루로 만든 백설기가 건식 분쇄 쌀가루로 만든 백설기보다 L값이 더 높았는데 Choi et al.(2005) 역시 습식 분쇄 쌀가루를 이용한 백설기의 L값이 높게 나타나 본 실험과 유사한 결과를 보였다. 이와 같이 습식 분쇄 백설기의 L값이 높은 이유에 대해 Kim & Shin(2007)은 수침과 분쇄로 헐거워진 미세한 입자가 입자 사이에 골고루 분포되는 채움 효과로 빛 흡수가 덜 이루어져서 색이 밝아졌기 때문이라고 하였다.

조직감

분쇄방법과 입자 크기에 따른 백설기의 조직감 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. Hardness는 18 mesh의 입자 크기보다 40 mesh에서 증가했다가 다시 입자 크기 감소와 함께 hardness도 감소하는 경향을 보였다. Song and Oh(1992)에 의하면 작은 입자들은 조직이 없고 전분 입자로만 된 비율이 많아서 붕괴의 정도가 쉽고, 큰 입자들은 아직 조직을 가진 것이 많아 붕괴의 정도가 낮기 때문이라고 하였다. 한편, 건식 분쇄의 경우 18 mesh에서 가장 낮은 hardness를 보였는데 이것은 낮은 수분흡수력을 가진

건식 분쇄에서 40 mesh 보다 큰 입자 크기는 충분한 조직을 형성하지 못한다는 것을 보여준다. 반대로 cohesiveness 값은 입자 크기가 작을수록 증가하는 경향을 보였고 분쇄 방법간의 유의적인 차이는 없었다. 한편 gumminess와 chewiness는 습식 분쇄의 경우 비교적 입자 크기가 큰 18, 40 mesh에서 높았고 60 mesh에서 감소했으며 건식 분쇄의 경우는 입자 크기 감소와 함께 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 분쇄 방법에 따라 적합한 조직감을 가진 입자 크기 범위가 달라졌음을 의미한다. 조직감 측정결과를 종합적으로 보면 침지 공정이 포함되고 수분함량이 높은 습식 분쇄는 18, 40 mesh에서 종합적으로 가장 높은 조직감 특성을 보이고 60 mesh 이상의 입자 크기에서 감소한 반면 건식 분쇄는 입자 크기 감소와 함께 조직감 특성이 지속적으로 높아지는 경향이 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같이 백설기의 조직감은 분쇄 방법과 함께 입자 크기에 큰 영향을 받는 것으로 나타났기 때문에 분쇄 방법과 입자 크기를 조절함으로써 다양한 조직감 특성을 가진 백설기를 제조할 수 있을 것으로 보인다.

관능평가

최적화 비율에 맞춘 백설기의 관능검사 결과를 Fig. 4에

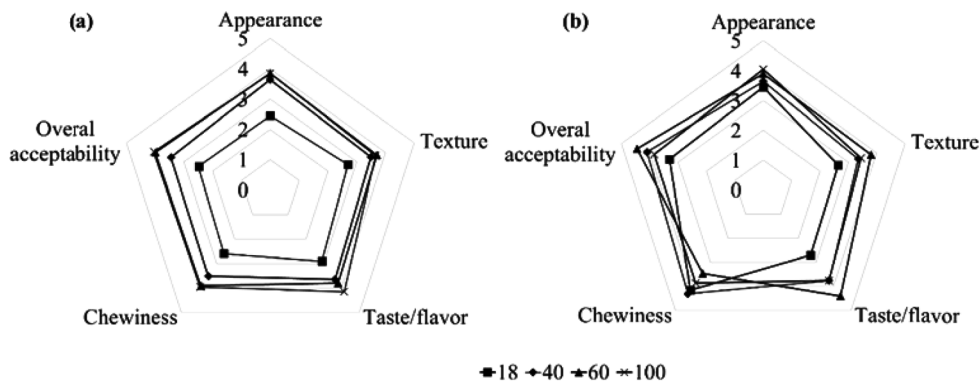


Fig. 4. Spider map of sensory properties of Baeksulgi. (a) dry-milling, (b) wet-milling.

나타내었다. 외관(appearance)은 입자 크기가 감소함에 따라 유의적으로 높은 값은 나타냈다. 특히 습식 분쇄방법으로 제조한 쌀가루를 이용할 때가 더 높았는데 이는 본 연구의 색도 결과에서 습식 분쇄이면서 입자 크기가 작을수록 L값이 높은 경향과 일치한다. 백설기의 경우 명도가 높을수록 외관에 대한 기호도가 높아지는 것으로 사료된다. 조직감(texture)은 건식 분쇄의 경우 입자 크기가 작아짐에 따라 유의적으로 증가했으며 입자 크기가 가장 작은 100 mesh에서 높은 값을 나타냈다. 반면 습식 분쇄방법으로 제조한 쌀가루를 이용한 백설기는 60 mesh에서 가장 높은 기호도를 보였으며 100 mesh에서 다시 유의적으로 감소하였다. 이러한 경향은 맛/향(taste/odor)에서도 같았다. 한편 쫄깃한 정도(chewiness)는 건식 분쇄의 경우 큰 입자 크기에서 비교적 낮은 평가를 받았으며 입자 크기가 커질수록 유의적인 증가를 보였고, 습식 분쇄의 경우는 큰 입자 크기인 18, 40 mesh에서 높은 값을 보인 후 감소하는 경향이 나타났다. 이와 같은 결과는 분쇄 방법에 따른 수분함량의 차이 결과로 설명될 수 있으며 수분 함량이 높을수록 쫄깃한 정도(chewiness)가 높게 평가됨을 알 수 있다. 전체적인 기호도(overall acceptability)는 건식 및 습식 분쇄방법 각각 100 mesh, 60 mesh 입자 크기에서 가장 높은 값이 나타나 분쇄 방법에 따라 차이를 보였다. 전반적으로 건식분쇄에 의한 쌀가루로 제조한 백설기의 경우 입자 크기가 작아질수록 관능적인 기호도가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났고, 습식분쇄로 제조된 쌀가루를 이용할 경우 입자 크기 감소에 따라 증가하다가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 분쇄 방법에 따라 선호되는 입자 크기가 달라짐을 의미한다.

요 약

쌀의 분쇄 시간에 따른 분쇄물의 양에 대한 연구를 수행하여 쌀의 분쇄 특성을 Ritinger, Kick, Bond의 이론으로 설명하였다. 분쇄시간이 길어질수록 평균 입자 크기가 작아졌으며 습식 분쇄의 경우 높은 수분함량으로 인해 쌀 전분 입자의 결합력이 약해졌기 때문에 분쇄 초기 시간에 건식 분쇄보다 쌀가루의 평균 입자 크기가 작았다. 하지만 분쇄 시간이 길어질수록 최종 입자 크기는 건식 분쇄에서 더 작게 나타났다. 산업적인 측면에서 입자 크기를 감소시키기 위해 필요한 분쇄 에너지는 공정을 설계하는데 가장 중요한 요인 중 하나이다. 분쇄 시간이 증가함에 따라 습식 분쇄가 건식 분쇄에 비해 요구되는 에너지량이 많았다. 습식 분쇄 쌀가루로 제조한 백설기는 건식 분쇄 쌀가루로 제조한 백설기보다 쌀가루의 수분흡수력이 높기 때문에 수분함량이 더 높게 나타났으며 또한 고온 입자분포로 인한 채움 효과로 건식 백설기보다 L값(명도)이 높게 나타났다. 조직감 측정 결과에 따르면 습식 분쇄의 경우 18, 40 mesh

에서 높은 조직감 특성을 보이고 60 mesh 이상의 입자 크기에서 감소한 반면 건식 분쇄는 입자 크기 감소와 함께 조직감 특성이 지속적으로 높아졌으며 이러한 경향은 관능적인 기호도 결과와 일치했다. 분쇄 방법 및 최종 입자 크기는 제품의 특성에 영향을 미치는 요인이 되기 때문에 분쇄 이론을 적용하여 분쇄 특성을 이해하고 원하는 크기의 입자 크기를 얻기 위해 필요한 최소한의 에너지를 예측하는 것은 중요하다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010046)의 지원에 의해 이루어진 것임

References

- Bao J, Bergman CJ. 2004. The functionality of rice starch. In: Starch in Food: Structure, Functional and Application. Eliasson AC. (ed). CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA, pp. 258-292.
- Chen JJ, Lu S, Lii CY. 1999. Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chem.* 76: 796-799.
- Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J. Cereal Sci.* 35: 86-94.
- Choi BK, Kum JS, Lee HY, Park JD. 2005. Quality characteristics of rice cake according to milling type and particle size. *Korean J. Food Preserv.* 12: 230-234.
- Djantou EB, Mbofung CM, Scher J, Desobry S. 2007. A modeling approach to determine the effect of pre-treatment on the grinding ability of dried mangoes for powder production (*Mangifera indica* var Kent). *J. Food Eng.* 80: 668-677.
- Indira TN, Bhattacharya S. 2006. Grinding characteristics of some legumes. *J. Food Eng.* 76: 113-118.
- Jang MS, Kim SK, Kim BN. 1989. Kinetic studies on hydration of Olchal and Hankangchalbyeo waxy rices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 313-319.
- Kim WS, Shin MS. 2007. The properties of rice flours prepared by dry- and wet-milling of soaking glutinous and normal grains. *Korean J Food Cookery Sci.* 23: 908-918.
- Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1026-1032.
- Kum JS, Lee HY. 1999. The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 148: 1542-1548.
- Lee MH, Lee YT. 2006. Bread-making properties of rice flours produced by dry, wet and semi-wet milling. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 886-890.
- Lee MK, Kim JO, Shin MJ. 2004. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time and particle sizes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 268-275.
- Lee YJ, Lee MG, Yoon WB. 2013. Effect of seed moisture content on the grinding kinetics, yield and quality of soybean oil. *J. Food Eng.* 119: 758-764.

- Nishita KD, Bean, MM. 1982. Grinding methods: their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* 59: 46-49.
- Sharma P, Chakkaravarthi A, Singh V, Subramanian R. 2008. Grinding characteristics and batter quality of rice in different wet grinding systems. *J. Food Eng.* 88: 499-506.
- Solanki SN, Subramanian R, Singh V, Ali SZ, Manohar B. 2005. Scope of colloid mill for industrial wet grinding for batter preparation of some Indian snack foods. *J. Food Eng.* 69: 23-30.
- Song JS, Oh MS. 1992. Effect of cooking with pressure cooker and particle size of rice flour on quality characteristics of pack-sulgi. *Korean J Food Cookery Sci.* 8: 233-239.
- Walde SG, Balaswamy K, Velu V, Rao DG. 2002. Microwave drying and grinding characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). *J. Food Eng.* 55: 271-276.