

분쇄방법을 달리한 통곡 찰수수가루를 이용한 수수빵의 제조 및 품질 개선

류복미¹ · 김창순[†]

¹창원대학교 생활과학연구소, 창원대학교 식품영양학과

A Study on the Quality Improvement of Bread Using the Whole Waxy Sorghum Flours Prepared with Different Milling Methods

Bog-Mi Ryu¹ · Chang-Soon Kim[†]

¹Research Institute of Human Ecology, Changwon National University, Gyeongnam 641-773, Korea
Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Gyeongnam 641-773, Korea

Abstract

This study was conducted in order to investigate the properties of bread making and quality improvement when wheat flour is replaced with whole waxy sorghum flour. Sorghum flour, which was prepared with two types of milling methods of pin mill and ultra fine pulverization, was used at different levels ranging from 10, 20 and 30%, respectively. The pasting properties of peak viscosity, setback viscosity and pasting temperature of the composite flour containing pin-milled sorghum flour were higher than those of ultra fine pulverized sorghum flour. The volumes of sorghum bread were lower than that of wheat bread; moreover, they gradually decreased with increasing amounts of sorghum flour, which has inferior dough properties and therefore collapses in the oven. The use of vital gluten (12% based on sorghum flour weight) and emulsifier (SSL; sodium stearyl lactylate) increased the extensibility and resistance to the extension of the dough, thereby improving its rheological properties. Thus, the oven spring of bread containing sorghum was improved, demonstrating as loaf volume increase up to 15%. However, in the case of breads containing 30% sorghum flour, the loaf volumes were still unacceptably low. Therefore, the formula and the bread making process were further modified as follows: An increase of vital gluten (12%→18%) and shortening (3%→6%), a decrease of mixing time and dough fermentation temperature, and the addition of sorghum flour after gluten development during mixing. The above modifications resulted in the improvement of sorghum bread quality. Therefore, we suggest that pin-milled sorghum flour is more appropriate than ultra fine pulverized sorghum flour for making bread.

Key words: sorghum composite flour, milling method, oven spring, bread making

I. 서론

현대인들의 바쁜 일상과 식생활 형태가 서구화됨으로 인해 식생활의 편리함을 추구하고자 식사대용이나 간식으로 다양한 형태의 빵이 소비되고 있다. 제빵 시 밀가루만을 이용하던 과거와는 달리 건강에 관심이 높아짐에 따라 빵의 영양 기능성을 강화하기 위하여 밀가루 외에 귀리, 보리, 밀, 현미, 검정콩 등의 통곡이나 곡류 껍질의 식이섬유를 이용하기도 한다.

수수(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)는 쌀, 보리, 밀, 옥수수 다음으로 중요한 곡물로(Suhendro EL 등 2000) tannin과 같은 폴리페놀 화합물이 풍부한데, 통곡수수가

루는 껍질을 도정한 수수가루에 비해 총 페놀 함량이 2배 정도 높은 것으로 나타났다(Ryu BM과 Kim CS 2013). 수수를 식품에 활용한 연구로는 찰성, 메성 수수가루의 부분적 대체가 스펀지 케익의 품질에 미치는 효과(Chang HG와 Park YS 2005)와 차수수가루를 첨가한 설기떡의 품질에 관한 연구(Chae KY와 Hong JS 2006), 수수가루 첨가에 따른 머핀의 이화학적 특성(Kim HY 등 2012)과 품질특성(Im JG 등 1998), 통곡찰수수첨가 머핀의 품질특성(Bae HJ 등 2012) 등의 일부 연구가 있을 뿐이다.

밀 이외의 곡류들은 글루텐 단백질이 없으므로 제빵에 적합하지 않은데 수수도 다른 곡류와 마찬가지로 글루텐 단백질이 결여되어 있어 빵 반죽에서 글루텐 망상구조가 형성되지 않아 밀로 만든 빵과 같은 품질을 기대할 수는 없지만, 다량의 물을 첨가하여 dough가 아닌 batter 상태로 제빵이 가능하다는 보고가 있다(Taylor JRN 등 2006, Morad MM 등 1984, Onyango C 등 2011). 복합분의 사용이나 곡류껍질의 첨가는 영양가를 높이는 목적으로는

[†]Corresponding author: Chang-Soon Kim, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea
Tel: +82-55-213-3512
Fax: +82-55-281-7480
E-mail: cskim@changwon.ac.kr

바람직하나 글루텐 막 손상과 희석효과로 가스 보유력 감소를 가져와 빵 부피가 감소하고 내부 구조도 거칠게 되어 빵 품질 저하가 나타난다(Pomeranz 등 1977, Lai CS 등 1989). 이렇게 복합분을 이용한 빵 제조 시 나타나는 품질저하를 개선하기 위하여 여러 가지 다른 검질과 전분, 효소, 유화제, 쇼트닝 등을 첨가하거나 sourdough fermentation을 이용하기도 하였다(Kim KE와 Lee YT 2009, Schober TJ 등 2007). 수수에는 밀가루에 존재하는 glycolipid가 없고 수수 전분은 다른 전분에 비해 높은 호화온도(Nadia B 등 2009)로 고배합 케이크(high-ratio cake)에 일부 첨가 시 케이크 부피나 조직감이 열등하게 나타나므로 설탕 대신 포도당을 대체함으로써 품질이 개선될 수 있었다(Glover JM 등 1986).

전보(Ryu BM과 Kim CS 2013)에서 통곡 찰수수의 분쇄방법에 따라 수수가루의 입도, 겉보기 아밀로오스 및 손상전분 함량, 용해도, 팽윤력, 호화점도 특성 등의 물리화학적 특성에 차이가 있음을 보고하였다. 본 연구에서는 분쇄방법(핀밀, 초미분쇄)을 달리한 통곡찰수수가루를 농도별로 대체하여 제빵 적성을 알아보고, 부재료 첨가와 단계적인 제조 공정 변화를 통하여 수수빵의 품질이 개선됨을 밝히고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 수수는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 의해 재배된 황금찰수수로 통곡수수를 핀밀분쇄과 저온 초미분쇄하여 사용하였다. 핀밀분쇄는 pin mill(DK201, Sejung Tech, Daegu, Korea)을 이용하여 4,600 rpm으로 분쇄하였고, 저온초미분쇄는 저온초미분쇄기(HKP-02, Korea Energy Technology, Seoul, Korea)를 이용하여 시료의 온도상승을 억제하기 위해 분쇄기 온도를 -20°C로 설정하여 10,000 rpm으로 회전시켜 120 mesh의 필터를 장착하여 분쇄한 것을 국립식량과학원 기능성 작물부로부터 제공받았다(Seo MC 등 2011). 실험에 사용된 강력분(2011년, Daehan Flour, Incheon, Korea), 생이스트(2011년, Jenico, Gyeonggi-do, Korea), 설탕과 소금(2011년 CJ CheilJedang, Incheon, Korea), 탈지분유(2011년, Seoulmilk, Gyeonggi-do, Korea), 쇼트닝(2011년, Ottogi, Gyeonggi-do, Korea), 활성글루텐(2011년, SingSong, Yeongdeungpo, Korea), 유화제(2011년, Ilshinwells, Chungcheongbuk-do, Korea)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 호화점도 측정

시료의 호화점도 특성은 Rapid visco analyzer(RVA-3D, Newport Scientific, Sydney, Australia)를 이용하여 측정하

였다. 시료 3.0 g(14% moisture basis)을 aluminum canister에 넣고 총 중량이 28 g되도록 증류수를 첨가하였다. 각 시료는 처음 1분 동안 50°C까지 가열 후 분당 12°C로 가열하여 95°C까지 상승시키고 95°C에서 2.5분 동안 유지하였다. 또한 50°C까지 분당 12°C로 냉각하여 시료의 최고점도(peak viscosity), 점도 붕괴도(breakdown), 호화온도(pasting temperature), 노화도(setback), 최종점도(final viscosity)를 측정하였다.

3. 식빵 제조

빵 제조는 직접반죽법인 AACC 10-09 표준방법(1986)을 변형하여 사용하였다. 대조구(wheat control)로 사용한 빵의 기본 배합비는 강력분 100에 설탕 6%, 소금 1.5%, 탈지분유 3%, 쇼트닝 3%, 인스턴트 이스트 1.5%이며, 수수빵은 밀가루에 분쇄방법을 달리한 핀밀분쇄 통곡수수가루(P)와 초미분쇄 통곡수수가루(U)를 각각 10, 20, 30%로 대체하고 품질특성을 평가하면서 제빵 공정과 배합비를 단계적으로 변형, 수정하였다.

4. 반죽 물성 및 오븐스프링 평가

빵 반죽 완료 후 각각 10 g을 취하여 반죽의 신장성과 신장저항도를 Smewing J 방법(1995)에 따라 Texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, England) 본체에 SMS/Kieffer rig(Stable Micro System, Godalming, England)를 부착하여 adaptor, Kieffer dough & gluten extensibility Rig(A/KIE); distance, 85 mm; test speed, 3.3 mm/sec; data acquisition rate, 200 pps의 조건으로 측정하였다. 신장도(E)는 시작점으로부터 끝까지의 거리(mm), 저항도(P)는 그래프의 최고 높이로 하였으며 이들 비율을 신장저항도(P/E)로 표시하였다. 반죽 끈적임성(stickiness)은 Chen WZ와 Hosney RC(1995) 방법에 따라 Texture analyzer로 측정하였으며, 조건은 compression force 40 g, plexiglass probe 25 mm, test speed 2.0 mm/s, distance 10 mm로 하였다. 오븐팽창력(oven spring)은 He H와 Hosney RC의 방법(1992)을 변형하여 2차 발효 후 빵틀 내의 반죽높이와 오븐에서 구워낸 최종 빵 높이차를 오븐 내에서의 팽창정도로 나타내었다.

5. 빵의 품질 특성 평가

완성된 식빵은 실온에서 1시간 냉각시킨 후 부피와 무게를 측정하였다. 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법에 의해 구하였고 무게를 측정하여 비체적으로 나타내었다. 식빵의 색도는 표면(crust)과 내부(crumb)를 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)을 사용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)으로 나타내었다. 조직감은 빵 껍질을 제거한 빵 내부를 일정한 크기(45×35×30 mm)로 잘라 texture

analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 25 mm perspex cylinder probe (P/25P)로 pre-test speed : 2.0 mm/sec, test speed : 1.0 mm/sec, post-test speed : 5.0 mm/sec, time : 5 sec, distance : 50%의 조건으로 시료를 2회 연속적으로 압착시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 hardness, fracturability, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness, resilience 등을 10회 반복 측정하였다.

6. 통계 처리

실험결과는 SPSS 20 program을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하고 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료간의 유의차를 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 호화점도 특성

빵의 품질에는 밀단백질 함량과 품질 뿐만 아니라 전분의 역할도 매우 중요하다(Pomeranz Y 1988). 오븐에서 빵을 굽는 동안 전분의 호화과정을 통해 점도가 상승하고 겔화가 나타나면서 빵의 구조가 고정화되며 빵의 부피 및 내부 특성이 결정된다(Eliasson AC와 Larsson K 1993).

밀가루에 핀밀(P)과 초미분쇄(U)한 통곡 찰수수가루를 각각 10%, 20%, 30% 대체하여 호화점도 특성을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 호화점도를 측정한 결과 최고점도(PV)는 입자가 붕괴되지 않으면서 최대의 물을 흡수할 때의 점도로 동일한 수수가루 첨가 수준별로 비교할 때 초미분쇄보다 핀밀분쇄에서 모두 높게 나타났으며 20%

첨가수준까지는 대조구와 차이가 없었다. 점도붕괴도(BD)는 수수가루 30% 첨가 시 분쇄방법별로 차이가 없었으나 P10, P20이 U10, U20보다 높았다. 핀밀수수의 경우 최종 점도(FV)는 모든 첨가수준에서 대조구보다 높았고, 첨가량이 많을수록 최종점도가 증가하였으나 U20 이상에서는 낮아지는 경향이였다. 전분의 노화도를 나타내는 setback은 핀밀분쇄의 경우 모든 첨가 수준에서 대조구보다 높았으나 모든 초미분쇄 시료군은 오히려 낮아졌다. 이는 핀밀 수수가루의 아밀로오스 함량이 입자가 작은 초미분쇄 가루보다 다소 높아(Ryu BM과 Kim CS 2013) 호화 후 50°C로 온도가 내려가면서 아밀로오스 분자 간 수소결합 증가에 기인한 것으로 보인다(Yamamori M과 Quynh NT 2000). 수수첨가 시 호화개시온도(PT)는 대조구보다 낮아졌다. 전체적으로 초미분쇄 수수가루 첨가 시료군은 핀밀 수수가루 시료군에 비해 낮은 호화점도 특성을 나타내어 전보(Ryu BM과 Kim CS 2013)에서의 결과와 유사하였다.

2. 수수빵의 부피, 색도, 조직감 특성

수수가루를 10%, 20%, 30% 대체하여 만든 수수빵과 대조구(100% 밀가루)의 부피 및 색도는 Table 2에 나타내었다. 빵 부피는 대조구보다 수수 첨가군들에서 더 작았고, 수수 첨가량이 많을수록 부피는 감소하는 경향이였다. 대조구의 비체적 4.40인데 비해 P10, 20, 30의 비체적은 각각 3.60, 3.29, 3.22로 수수가루 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 초미분쇄의 경우도 첨가량이 많을수록 낮아졌으며 U10, U20의 경우 비체적은 각각 3.80, 3.49로 동일 대체비율의 핀밀 수수가루를 첨가한 P10, P20 비체적보다 높았으나 U30의 경우 2.58로 크게 낮아졌다. 수수

Table 1. RVA pasting properties on composite flours containing wheat and whole waxy sorghum flours

Samples	Viscosity (RVU)					PT (°C)
	PV	HPV	BD	FV	SB	
Wheat control	100.0±4.2 ^{ab}	59.5±3.5 ^{ab}	40.2±0.2 ^{ab}	121.3±3.8 ^{bc}	61.7±0.3 ^{cd}	79.8 ^a
P10	107.2±6.2 ^a	61.7±0.6 ^{ab}	45.5±6.2 ^a	125.9±1.0 ^{abc}	64.2±0.9 ^{bc}	64.0 ^b
P20	103.3±3.2 ^{ab}	60.3±1.9 ^{ab}	43.0±2.2 ^a	127.1±3.5 ^{ab}	66.8±1.6 ^{ab}	68.3 ^b
P30	94.4±1.6 ^{bc}	64.8±1.1 ^a	29.6±0.4 ^c	134.2±0.6 ^a	69.3±0.5 ^a	71.8 ^b
U10	97.1±1.2 ^{bc}	63.9±1.6 ^a	33.2±0.8 ^{bc}	122.9±1.4 ^{bc}	59.1±0.1 ^{de}	65.0 ^b
U20	90.8±0.4 ^{cd}	57.8±0.1 ^b	33.1±0.4 ^{bc}	117.6±1.4 ^c	59.9±1.4 ^{de}	65.1 ^b
U30	81.1±3.5 ^d	51.1±3.4 ^c	30.0±1.4 ^c	108.9±5.2 ^d	57.9±1.9 ^e	66.0 ^b

Values are means±S.D.

PV: peak viscosity, HPV: hot past viscosity, BD: breakdown, FV: final viscosity, SB: setback, PT: pasting temperature

Wheat control: wheat flour 100%

P10,20,30: pin mill whole waxy sorghum flour 10,20,30% + wheat flour 90,80,70%,

U10,20,30: ultra fine pulverized whole waxy sorghum flour 10,20,30% + wheat flour 90,80,70%

Different letters in column indicate statistically significant differences (p<0.05)

가루 첨가량이 증가할수록 수수빵 부피가 감소되는 것은 굽는 과정에서 호화가 이루어지면서 겔 강도가 낮아져 빵틀 내에서 반죽이 팽창하다가 오븐 내에서 꺼지는 현상이 발생하기 때문인 것으로 보인다. 뿐만 아니라 통곡 수수가루 대체로 인한 글루텐 희석효과와 수수껍질의 글루텐막 손상도 빵 부피 감소의 원인(Pomeranz Y 등 1977)으로 반죽물성의 개선이 요구된다.

빵 표면(crust)의 L 값은 수수 첨가량이 증가할수록 감소하여 어두워졌고, 적색도(a 값), 황색도(b 값)도 감소하였다. 빵 속(crumb)의 L 값은 수수 첨가군이 대조구에 비해 낮아졌고, 수수 첨가량이 증가할수록 더 감소하여 많이 어두워졌다. 분쇄방법별로 보면 초미분쇄 첨가군이 핀밀분쇄 첨가군보다 L값이 낮았는데, 전보에서(Ryu BM과 Kim CS 2013) 초미분쇄 수수가루가 핀밀분쇄 수수가루보다 미세 입도분포율이 높아져 입자표면의 빛 반사량 증가로 명도값이 큰 것과 상반된 결과로 호화과정을 거친 최종 빵에서는 다른 결과를 보였다. 빵 표면의 적색도 값은 군 간의 큰 차이가 없었으나 빵 속의 적색도는 대조구에 비해 크게 높아졌다. 이는 통곡수수에 함유된 붉은

색소에 의한 영향으로 보인다.

수수가루 첨가 빵의 조직감 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. 경도는 P10이 306.40 g으로 대조군 305.25 g과 유사하였지만 P20, 30에서는 353.33 g, 410.77 g으로 높아졌다. U10, 20은 290.28 g, 299.23 g으로 대조군보다 낮았으나 U30에서는 406.76 g으로 크게 증가해 단단해졌다. 핀밀분쇄 첨가군이 초미분쇄 첨가군보다 동일 첨가량에서 경도, 검성, 씹힘성이 높았다. 특히 부착성은 군들 간의 차이가 컸는데, P10, 20, 30에서 각각 0.06, -3.54, -10.36 이였고, U10, 20, 30은 각각 -0.53, -5.65, -35.11로 수수 첨가량이 많을수록 증가하였으며 핀밀분쇄보다 초미분쇄 첨가군에서 부착성이 더 높았고 초미분쇄 30%(U30) 첨가로 빵의 부착성이 크게 증가하는 결과를 보였다.

3. 수수 첨가빵의 품질 개선

빵 부피의 상승과 조직감 향상은 발효 동안 생성된 탄산가스를 포집 유지할 수 있는 빵 반죽 물성의 개선과 관련하며 반죽의 신장성과 신장저항성은 빵의 부피에 영향을 주게 된다(Kim YH 등 1996, Oh HJ와 Kim CS 2004).

Table 2. Volumes and Hunter color values of breads containing wheat and whole waxy sorghum flours

Samples ¹⁾	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Hunter color values					
				Crust			Crumb		
				L	a	b	L	a	b
Wheat control	105.13±0.99 ^c	462.50±15.58 ^a	4.40±0.17 ^a	50.50±1.30 ^a	15.40±0.27 ^a	28.88±0.82 ^a	77.82±0.79 ^a	0.830.14 ^g	18.57±0.45 ^a
P10	107.38±0.74 ^b	386.88±14.37 ^c	3.60±0.12 ^c	50.30±1.65 ^a	14.09±0.98 ^c	26.11±1.14 ^b	57.68±1.15 ^b	6.70±0.19 ^f	14.29±0.29 ^c
P20	107.25±0.53 ^b	355.50±8.45 ^d	3.29±0.07 ^d	48.42±1.18 ^b	13.55±0.34 ^d	22.97±0.80 ^c	48.76±0.90 ^d	9.30±0.26 ^d	14.49±0.44 ^{bc}
P30	107.5±0.70 ^b	346.25±12.74 ^d	3.22±0.12 ^d	46.10±0.60 ^c	14.29±0.47 ^c	21.68±0.49 ^d	43.67±0.80 ^c	10.88±0.19 ^b	14.48±0.20 ^{bc}
U10	106.81±0.70 ^b	406.25±11.26 ^b	3.80±0.11 ^b	48.47±1.08 ^b	14.56±0.24 ^{bc}	25.91±0.85 ^b	52.09±2.16 ^c	7.75±0.53 ^e	14.94±0.63 ^b
U20	107.13±0.74 ^b	374.38±22.58 ^c	3.49±0.21 ^c	42.82±1.33 ^d	15.00±0.44 ^{ab}	20.81±0.85 ^d	42.68±0.61 ^c	10.38±0.24 ^c	14.61±0.62 ^{bc}
U30	108.69±0.99 ^a	280.75±5.99 ^e	2.58±0.04 ^c	43.16±1.32 ^d	14.62±0.65 ^{bc}	19.66±1.24 ^c	36.82±1.52 ^f	12.02±0.40 ^a	14.26±0.41 ^c

¹⁾Refer to Table 1

Different letters in column indicate statistically significant differences (p<0.05)

Table 3. Texture properties of breads containing wheat and whole waxy sorghum flours

Samples ¹⁾	Hardness (g)	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Wheat control	305.25±86.63 ^{bc}	0.31±0.99 ^a	1.22±0.13 ^a	0.57±0.01 ^{bc}	172.93±46.24 ^{bc}	206.40±36.40 ^a	0.42±0.05 ^a
P10	306.40±37.63 ^{bc}	0.06±0.77 ^a	1.14±0.12 ^b	0.54±0.01 ^b	166.55±20.08 ^{ab}	188.16±21.79 ^{ab}	0.41±0.01 ^{ab}
P20	353.33±44.03 ^b	-3.54±2.02 ^{ab}	0.95±0.02 ^c	0.50±0.02 ^c	175.73±18.84 ^{abc}	166.77±14.84 ^c	0.30±0.02 ^c
P30	410.77±68.33 ^a	-10.36±4.86 ^c	0.88±0.02 ^c	0.49±0.01 ^d	199.62±33.18 ^a	175.49±25.94 ^{bc}	0.26±0.01 ^d
U10	290.28±44.03 ^c	-0.53±1.66 ^a	1.11±0.09 ^b	0.54±0.01 ^b	155.98±22.34 ^c	171.88±16.26 ^{ab}	0.39±0.01 ^b
U20	299.23±32.76 ^c	-5.65±3.04 ^b	0.94±0.01 ^c	0.50±0.01 ^c	150.70±15.40 ^c	140.87±12.59 ^d	0.30±0.01 ^c
U30	406.76±19.73 ^a	-35.11±8.34 ^d	0.80±0.01 ^d	0.45±0.01 ^c	184.22±9.03 ^{ab}	146.98±8.55 ^d	0.21±0.01 ^c

¹⁾Refer to Table 1

Different letters in column indicate statistically significant differences (p<0.05)

밀은 다른 곡류와 다르게 반죽과정에서 글루텐 필름 형성으로 발효과정에서 생성된 가스를 보유하고 굽는 과정에서 오븐 내 팽창을 가능하게 하는 유일한 특성을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 수수가루를 대체함으로써 나타나는 열등한 반죽물성과 함께 빵 부피가 감소하는 것을 개선하기 위하여 제빵공정과 배합비를 단계적으로 아래와 같이 변형, 수정하여 수수 첨가빵에 적합한 제빵 조건을 얻고자 하였다. 밀가루에 12% 정도의 글루텐이 함유되어 있는 것을 고려하여 수수첨가군은 수수가루 중량의 12%의 활성글루텐과 혼합분 중량의 0.5% 유화제(SSL)를 첨가하였고 대조구는 유화제만 동량 첨가하여 비교하였다.

1) 반죽 물성 평가

일반적으로 제빵 적성이 좋으려면 신장성과 신장저항성이 균형을 이루어야하는데 신장성이 크면 약한 반죽의 성질을 보이며, 가스 포집력이 낮다. 반대로 반죽의 강도를 나타내는 저항성이 크면 경직성의 반죽을 나타내어 발효팽창력이 낮아진다(Pylar EJ 1988a). 예비실험에서 빵 반죽에 통곡수수가루를 첨가할수록 반죽이 약해지고 신장성은 감소하며, 끈적임성은 증가하는 것으로 나타났다. 그러므로 가장 반죽물성이 열등하였던 수수가루 30% 첨가군 반죽의 신장저항성과 끈적임성을 알아보았다. 수수가루 첨가로 반죽의 저항도(peak force)와 신장성은 밀가루보다 낮아져 약한 반죽 물성을 보였다(Table 4). 이는 메밀가루나 메밀겉질(Chung JY과 Kim CS 1998), 찰보리가루(Ryu CH 1999)를 빵 반죽에 첨가하였을 때 반죽의 신장성과 신장저항성이 감소하여 약한 반죽이 되어 빵의 부피가 감소한다는 선행 연구결과와 유사하다. 신장저항성(P/E)은 P30이 0.51 g/mm로 대조군(0.65 g/mm)보다 낮았으나 U30은 0.82 g/mm로 대조군보다 높았다. 반죽의 끈적임성은 대조군이 1.82 g인데 비해 P30이 2.88 g, U30이 2.82 g으로 높아져 작업성이 열등한 것으로 나타났다. 이러한 반죽물성을 개선하고자 수수첨가 빵반죽에 활성

글루텐과 유화제를 첨가한 결과 U30의 경우 유의적인 차이를 보이지 않았으나 P30 반죽은 저항성이 12.27 g에서 23.18 g으로 크게 상승하여 P/E 값이 0.51에서 0.86으로 유의적으로 증가하였고, 반죽의 끈적임성은 2.88 g에서 2.40 g으로 감소하여 반죽 작업성이 다소 개선되었다. 대조구는 유화제 첨가로 반죽의 저항성은 27.45 g에서 30.54 g로 증가하고 신장성은 45.79 mm에서 43.44 mm로 감소하였다.

2) 부피와 조직감 특성

수수가루 30% 첨가군 반죽물성이 활성글루텐과 유화제의 첨가로 개선됨을 확인하고 모든 수수첨가군에 활성글루텐과 유화제를 각각 12%, 0.5% 첨가하여 수수빵의 품질 개선 효과를 알아보았다. 빵의 비체적은 P10, P20, P30의 경우 각각 3.60, 3.29 3.22였으나 유화제와 활성글루텐 첨가 후 4.30 3.92 3.53으로 증가하였고, 동일 첨가 수준의 U10, U20, U30의 비체적은 각각 3.80, 3.49, 2.58에서 4.20, 3.90, 3.35로 증가하여 빵 부피가 15% 까지 크게 증가하였다(Table 5). 또한 수수가루 10% 첨가빵의 비체적은 유화제 첨가 전의 대조구 비체적 4.40에 근접한 것으로 나타났다. 빵의 경도를 측정된 결과 활성글루텐과 유화제 첨가로 인해 수수첨가군들 모두 경도가 감소하였는데, 경도가 가장 높았던 P30은 410.77 g에서 314.04 g으로, U30은 406.76 g에서 273.63 g으로 감소하여 부드러워졌다. 부착성은 모두 증가하였는데, 활성글루텐과 유화제 첨가전 가장 부착성이 컸던 U30은 -35.11에서 -39.35로 큰 변화가 없었으나 P30은 -10.36에서 -39.23으로 크게 증가하였다. 탄력성과 검성, 씹힘성은 모든 수수첨가군들에서 감소하였다(Table 6). 이러한 결과로 활성글루텐과 유화제 첨가는 수수빵의 부피나 조직감 개선에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

3) 제빵공정과 배합비 수정

활성글루텐과 유화제 첨가로 반죽 물성이 개선되어 부

Table 4. Effect of gluten (G) and emulsifier (E) on the peak force, extensibility, P/E¹⁾ and dough stickiness

	Without GE			With GE		
	Wheat control	P30 ²⁾	U30 ²⁾	Wheat control ³⁾	P30	U30
Peak force (g)	27.45±8.21 ^a	12.27±0.97 ^d	16.74±2.03 ^c	30.54±5.35 ^a	23.18±6.36 ^b	17.79±3.41 ^c
Extensibility (mm)	45.79±9.39 ^a	24.29±3.05 ^{bc}	20.80±2.40 ^c	43.44±7.32 ^a	27.73±3.90 ^b	22.36±4.53 ^c
P/E (g/mm)	0.65±0.32 ^b	0.51±0.08 ^c	0.82±0.16 ^a	0.72±0.17 ^{ab}	0.86±0.28 ^a	0.81±0.16 ^a
Dough stickiness (g)	1.82±0.72 ^c	2.88±0.17 ^a	2.82±0.19 ^a	1.92±0.39 ^c	2.40±0.29 ^b	2.73±0.18 ^{ab}

¹⁾P/E: peak force/extensibility

²⁾Refer to Table 1

³⁾Wheat flour 100%+emulsifier

Different letters within row indicate statistically significant differences (p<0.05)

Table 5. Effect of vital gluten and emulsifier on volume of breads containing wheat and whole waxy sorghum flours

Samples ¹⁾	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)
Wheat control	104.81±0.99 ^d	513.13±21.03 ^a	4.90±0.24 ^a
P10	105.63±0.83 ^{cd}	453.75±10.60 ^b	4.30±0.11 ^b
P20	106.31±0.53 ^{bc}	416.25±20.13 ^c	3.92±0.19 ^c
P30	106.50±0.80 ^{bc}	376.25±11.57 ^d	3.53±0.12 ^d
U10	105.81±0.88 ^{bc}	445.00±23.60 ^b	4.20±0.19 ^b
U20	106.69±0.96 ^b	415.63±28.08 ^c	3.90±0.29 ^c
U30	108.38±0.99 ^a	363.13±7.53 ^d	3.35±0.08 ^d

¹⁾Refer to Table 1

Different letters column indicate statistically significant differences (p<0.05)

피가 증가하고 경도가 감소하는 효과를 보였으나 수수가루 첨가량이 많은 P30, U30은 반죽의 힘이 아직 부족하여 발효 후와 오븐 내에서 반죽이 팽창하였다가 꺼지는 현상이 나타나 이들 시료를 대상으로 제빵공정 개선 실험을 실시하였다. 수수 껍질의 섬유질에 의한 글루텐막의 손상을 고려하여 활성글루텐을 수수가루 중량의 12%에서 18%로, 쇼트닝은 기본 배합비 3%에서 6%로 크게 증가시켰고(Table 7), 반죽과정에서 강력분과 수수가루를 함께 혼합 반죽하는 대신 믹싱기에 재료 투입 시 수수가루 이외의 모든 가루재료를 먼저 넣어 믹싱하다가 글루텐이 약 70% 정도 형성되면 수수가루를 나중에 조금씩 첨가하여 반죽 믹싱을 완료하는 방법을 실시하였다. 또한 반죽 믹싱시간을 총 13분에서 10분으로 줄이고, 발효과정에서 과도하게 부풀었다가 주저앉는 현상을 막기 위해 반죽온도를 28±1°C에서 25±1°C로 낮추며 1차 발효시간은 60분에서 40분으로 단축하였다(Fig. 1). 그 결과 오븐 내에서 빵 반죽의 팽창정도를 나타내는 오븐스프링은 P30과 U30이 각각 -4.09, -3.83 mm에서 2.62, 0.94 mm로 증가하여

Table 7. Modified formula of yeast leavened containing wheat and whole waxy sorghum flours

Ingredients	Baker's Ratio (%)
Wheat flour	70
Sorghum Flour	30
Sugar	6
Salt	1.5
NFDM	3
Shortening	6
Instant dry yeast	1.5
SSL	0.5
Water	61
Gluten	5.4*

NFDM: Non fat dry milk, SSL: Sodium stearoyl lactylate
*18% of sorghum flour

오븐 내에서의 꺼짐 현상이 현저히 완화됨을 확인하였다. P30 반죽에서 그 개선 효과가 더 커서 비체적도 3.53에서 3.89로 크게 증가하였으나 U30에서는 큰 효과가 나타나지 않았다(Table 8). 빵을 굽는 동안 오븐스프링은 빵 내부구조의 안정성과 이산화탄소 가스의 포집능력과 관련이 있어 제빵 품질에서 중요한 요소라고 할 수 있다(Pyler EJ 1988b).

IV. 요약 및 결론

핀밀분쇄와 초미분쇄한 통곡 찰수수가루를 농도별(10, 20, 30%)로 대체하여 수수빵의 품질특성을 살펴보고 부재료 첨가와 단계적인 제조공정 변화를 통하여 수수빵의 품질을 개선하고자 하였다. 호화점도에서 최고점도와 노화도는 핀밀수수가 초미분쇄수수보다 모두 높게 나타났고, 호화개시 온도는 수수 첨가군들이 대조군보다 낮았다. 빵 부피는 수수첨가량이 증가할수록 감소하였다. 특

Table 6. Effect of vital gluten and emulsifier on texture properties of breads containing wheat and whole waxy sorghum flours

Samples ¹⁾	Hardness (g)	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Wheat control	167.80±10.76 ^b	1.19±1.57 ^a	1.05±0.048 ^a	0.55±0.01 ^a	92.39±5.99 ^b	97.08±7.17 ^{ab}	0.36±0.01 ^a
P10	206.70±21.43 ^b	-1.77±1.76 ^{ab}	0.94±0.01 ^b	0.51±0.02 ^b	104.53±11.94 ^b	98.11±10.98 ^{ab}	0.28±0.01 ^b
P20	211.89±82.08 ^b	-9.80±5.82 ^{bc}	0.84±0.03 ^c	0.46±0.28 ^c	98.59±39.17 ^b	83.10±33.70 ^{bc}	0.22±0.02 ^d
P30	314.04±95.32 ^a	-39.23±22.04 ^d	0.77±0.01 ^d	0.44±0.02 ^{de}	138.22±41.48 ^a	105.63±30.75 ^a	0.18±0.01 ^f
U10	219.95±23.66 ^b	-4.54±2.33 ^{ab}	0.91±0.01 ^b	0.51±0.01 ^b	111.31±11.27 ^b	101.74±9.56 ^{ab}	0.27±0.01 ^c
U20	219.46±46.06 ^b	-17.58±4.94 ^c	0.78±0.03 ^d	0.45±0.01 ^d	98.23±19.52 ^b	76.32±14.12 ^c	0.19±0.01 ^e
U30	273.63±36.64 ^a	-39.35±10.62 ^d	0.73±0.02 ^c	0.43±0.01 ^e	117.04±16.54 ^{ab}	85.53±12.71 ^{bc}	0.16±0.01 ^g

¹⁾Refer to Table 1

Different letters in column indicate statistically significant differences (p<0.05)



Fig. 1. Flow sheet of breadmaking

Table 8. Changes in the oven spring of breads containing wheat and whole waxy sorghum flours after modification of formula and bread making process

	Before modification		After modification	
	P30 ¹⁾	U30 ²⁾	P30	U30
Weight (g)	106.50±0.80 ^{bc}	108.38±0.99 ^a	106.13±0.64 ^c	107.88±0.64 ^{ab}
Volume (mL)	376.25±11.57 ^b	363.13±7.53 ^b	412.50±6.54 ^a	378.75±7.44 ^b
Specific volume (mL/g)	3.53±0.12 ^b	3.35±0.08 ^c	3.89±0.05 ^a	3.51±0.08 ^{bc}
Oven spring (mm)	-4.09±1.02 ^a	-3.83±1.76 ^a	2.62±1.68 ^b	0.94±1.48 ^c

^{1,2)}Refer to Table 1

Different letters within row indicate statistically significant differences (p<0.05)

히 초미분쇄 30% 첨가군은 빵 부피가 가장 작았고 부착성이 크게 증가하였다. 빵의 경도는 수수가루 첨가로 증가하였다. 수수빵의 색도 L값은 수수 첨가량이 증가할수록 감소하여 어두워졌고, 초미분쇄 첨가군이 편밀분쇄 첨가군보다 높았다. 수수가루 첨가량이 증가할수록 겔 강도가 낮아져 불안정하여 빵틀 내에서 반죽이 팽창하다가 오븐 내에서 꺼지는 현상이 발생하였다. 그러나 활성글루텐 12%(수수가루 중량 기준), 유화제 SSL 0.5% 첨가함으로써 반죽물성이 개선되면서 오븐팽창력이 커져 빵 부피가 15% 까지 증가하였다. 그러나 수수가루 30% 첨가군은 반죽의 힘이 아직 부족하여 추가적인 활성글루텐 증가가 요구되었다. 또한 제빵공정 개선과정으로 통곡수수가루를 글루텐 형성 후에 첨가하는 믹싱방법과 반죽믹싱시간을 줄이고(13→10분), 반죽온도를 낮추며(28→25°C) 1차 발효시간을 단축함으로써(60→40분) 오븐 내에서의 꺼짐 현상이 현저히 완화되어 오븐스프링이 증가하였다. 이러한 개선효과는 초미분쇄보다 편밀분쇄 시료에서 더 크게 나타났다. 따라서 수수빵 제조 시 수수가루는 초미분쇄보다 편밀분쇄가 더 적절할 것으로 보이며, 재료배합비 조절뿐만 아니라 반죽 시 수수가루의 투입시기 조정과 제빵 공정의 변화도 함께 이루어져야 빵의 품질 개선이 가능함을 알 수 있었다.

References

- AACC. 1986. Official method of the AACC. 8th ed. American association of cereal chemists, St. Paul, MN.
- Bae HJ, Ryu BM, Woo KS, Seo MC, Kim CS. 2012. Quality characteristics of muffins added with whole waxy sorghum flour. *Korean J Food Cook Sci* 28(4):473-478
- Chae KY, Hong JS. 2006. Originals : Quality characteristics of Sulgidduk with different amounts of waxy sorghum flour. *Korean J of Food Cook Sci* 22(3):363-369
- Chang HG, Park YS. 2005. Effects of waxy and normal sorghum flours on sponge cake properties. *Food Eng Prog* 9(3):199-207
- Chen WZ, Hosney RC. 1995. Development of an objective method for dough stickiness. *Food Sci Technol* 28(5):467-473
- Chung JY, Kim CS. 1998. Development of buckwheat bread: 2, effects of vital wheat gluten and water-soluble gums on baking and sensory properties. *Korean J of Food Cook Sci* 14(2):168-176
- Eliasson AC, Larsson K. 1993. Components in other cereals. in cereals in bread making. Marcel Dekker, New York, NY, USA p 203
- Glover JM, Walker CE, Mattern PJ. 1986. Functionality of sorghum flour components in a high ratio cake. *J Food Sci* 51(5):1280-1283
- He H, Hosney RC. 1992. Effect of quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. *Cereal Chem* 69(1):17-19
- Im JG, Kim YS, Ha TY. 1998. Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. *Korean J Food Sci Technol* 30(5):1158-1162
- Kim HY, Seo HI, Ko JY, Song SB, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Kim CS, Jeong HS, Woo KS. 2012. Physicochemical characteristics of the muffin added glutinous and non-glutinous sorghum (sorghum bicolor L. Moench) powder. *Korean J Food Nutr* 25(3):490-498
- Kim KE, Lee YT. 2009 Combined effects of vital gluten, gum, emulsifier, and enzyme on the properties of rice bread. *Food Eng Prog* 13(4):320-325
- Kim YH, Choi KS, Son DH, Kim JH. 1996. Rheological properties of dough with whole wheat flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25(5):817-823
- Lai CS, Hosney RC, Davis AB. 1989. Effects of wheat bran in breadmaking. *Cereal Chem* 66(3):217-219
- Morad MM, Doherty CA, Rooney LW. 1984. Effect of sorghum variety on baking properties of U.S. conventional bread, Egyptian Pita "Balady" bread and cookies. *J Cereal Sci* 49(4):1070-1074
- Nadia B, Naima B, Boubekour N, Claude D, Mohamed M, Barbara R, Marianne S. 2009. Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydr Polym* 78:475-480
- Oh HJ, Kim CS. 2004. Development of yeast leavened pan bread using commercial doenjangs(korean soybean paste): 2. correlation between factors relating with dough extensibility and bread quality in addition of Doenjang. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(5):880-887
- Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *Food Sci Technol* 44(3):681-686
- Pomeranz Y, Shogren MD, Finney KF, Bechte DB. 1977. Fiber in breadmaking effects on functional properties. *Cereal Chem* 54(1):25-41
- Pomeranz Y. 1988. Wheat: Chemistry and Technology. 3rd ed. Vol II. St. Paul, MN. USA pp 165-166
- Pylar EJ. 1988a. Baking science and technology. 3rd ed. Vol II. Sosland Publishing Co. Marriam, KS, USA p 850
- Pylar EJ. 1988b. Miscellaneous flours. In Baking science and technology. 3rd ed. Vol 1. Sosland Publishing Co. Marriam, KS, USA pp 402-404
- Ryu BM, Kim CS. 2013. Impact of milling method on quality parameters of waxy sorghum flour. *Korean J Food Cook Sci* 29(2):129-135
- Ryu CH. 1999. Study on bread-making quality with mixture of waxy barley-wheat flour 1. rheological properties of dough made with waxy barley-wheat flour mixture. *J Korean Soc*

- Food Sci Nutr 28(5):1034-1043
- Schober TJ, Bean SR, Boyle DL. 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. *J Agric Food Chem* 55(13):5137-5146
- Seo MC, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Kwak DY, Oh BG, Yoon YN, Nam MH, Jeong HD, Woo KS. 2011. Antioxidant compounds and activities of foxtail millet, proso millet and sorghum with different pulverizing methods. *Korean Soc Food Sci Nutr* 40(6):790-797
- Smewing J. 1995. The measurement of dough and gluten extensibility using the SMS/Kieffer rig and TA-XT2 texture analyser. Stable Micro Systems Ltd. Godalming, Surrey, UK. pp 1-3
- Suhendro EL, Kunetz CF, McDonough CM, Rooney LW, Waniska RD. 2000. Cooking characteristics and quality of noodles from food sorghum. *Cereal Chem* 77(2):96-100
- Taylor JRN, Schober TJ, Bean SR. 2006. Novel Food and non-food uses for sorghum millets. *J Cereal Sci* 44(3): 252-271
- Yamamori M, Quynh NT. 2000. Differential effects of Wx-A1,-B1 and-D1 protein deficiencies on apparent amylose content and starch pasting properties in common wheat. *Theor Appl Genet* 100(1):32-38

Received on Mar.18, 2014/ Revised on May9, 2014/ Accepted on May12, 2014