적립계 저단백 수발아저항성 과자용 밀(*Triticum aestivum* L.) ‘고소’

강천식¹ · 정영근¹ · 김경훈¹ · 김학신¹ · 손재한¹ · 김경호¹ · 박종철¹ · 김대호² · 최진경³ · 배정숙⁴ ·
김기종¹ · 이춘기¹ · 박광근¹ · 박광근¹ · 김보경¹ · 박철수^{5*}

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 농업과학원, ³경남농업기술원, ⁴경북농업기술원,
⁵전북대학교 농업생명과학대학 작물생명과학과

A Wheat Variety, ‘Goso’ with Low Protein, Good Cookie, Red Grain Wheat and Resistance to Pre-harvest Sprouting

Chon-Sik Kang¹, Young-Keun Cheong¹, Kyeong-Hoon Kim¹, Hag-Sin Kim¹, Jae-Han Son¹, Kyong-Ho Kim¹,
Jong-Chul Park¹, Dae-Ho Kim², Jin-Kyeong Choi³, Jeong-Suk Bae⁴, Kee-Jong Kim¹, Choon-Ki Lee¹,
Kwang-Geun Park¹, Bo-Kyoung Kim¹, Ki-Hun Park¹, and Chul-Soo Park^{5*}

¹National Institute of Crop Science, RDA, Wanju, 565-851, Korea

²National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju, 565-856, Korea

³Jeollanamdo Agricultural Research & Extension Services, Jangsung, 515-804, Korea

⁴Gyeongsangbukdo Agricultural Research & Extension Services, Daegu, 702-708, Korea

⁵Department of Crop Science and Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, Korea

Abstract : ‘Goso’, a winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar was developed by the National Institute of Crop Science, RDA for end-use diversity. It was derived from the cross ‘Gobun/Ol’ during 1998. ‘Goso’ was released from the line named as ‘Iksan325’ in 2010 after yield trials test in conducted for three years from 2008. ‘Goso’ is an awned, semi-dwarf, red grain and soft winter wheat. The heading and maturity date of ‘Goso’ were similar to ‘Keumkang’. ‘Goso’ had similar test weight (799 g/L) and lower 1,000-grain weight (42.5 g) than ‘Keumkang’ (804 g/L and 46.7 g, respectively). ‘Goso’ showed resistance to winter hardiness and pre-harvest sprouting, which withering rate on the low ridge (4.4%) and lower rate of pre-harvest sprouting (4.0%) than ‘Keumkang’ (1.6% and 29.8%, respectively). ‘Goso’ showed lower flour yield (63.7%), protein content (9.8%), SDS-sedimentation volume (30.0 ml) and gluten content (7.2%) than ‘Keumkang’ (73.6%, 12.6%, 50.0 ml and 10.8%, respectively). It showed larger diameter (88 mm) and top-grade (5) of cookie than ‘Keumkang’ (79 mm and 2, respectively). HMW-GS compositions of ‘Goso’ were 2* in *Glu-A1*, 7+8 in *Glu-B1* and 2.2+12 in *Glu-D1*, respectively. GBSS composition of ‘Goso’ was same with ‘Keumkang’ and expressed wild type. *Pinb-D1* was wild type that was different in ‘Keumkang’. Average yield of ‘Goso’ in the regional adaptation yield trial test was 657 kg/10a in upland and 561 kg/10a in paddy field, which was 21% and 7% higher than those of ‘Keumkang’ (545 kg/10a and 524 kg/10a, respectively).

Keywords : Cookie, Goso, Keumkang, Wheat

서 언

밀은 종실내 함유되어 있는 글루텐 함량 및 종류에 의해서

다양한 제품을 만들 수 있어 식품의 주재료로 이용되고 있으며, 용도에 따라 과자용은 연질밀, 국수용은 중간질밀, 빵용은 경질밀로 구분되고 있다(Lim et al. 2007). 과자 제조는 기본적으로 밀가루, 설탕, 쇼트닝 및 화학 팽화제로 구성되며, 제품의 특성은 주재료의 이화학적 특성과 배합비율에 따라 결정되며 주로 연질 밀가루가 이용된다(Chang & Kim 2004).

국내 1인당 밀 소비량은 연간 32.3 kg 정도로 많지만, 밀

*Corresponding author (E-mail: pcs89@jbnu.ac.kr, Tel: +82-63-270-2533, Fax: +82-63-270-2640)

(Received on July 28, 2015. Revised on August 19, 2015.

Accepted on August 24, 2015.)

최근 소비자의 기호도가 다양해지고 있어 국산밀 품종도 용도의 다양화가 필요하다. 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 과자용으로 적합할 뿐만 아니라 답작작에 적합하고, 수발아와 도복에 강한 특성을 지닌 “고소”를 육성하여 이 품종의 육성 경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

육성 경위

국내 품종 중 과자용에 적합한 품종은 우리밀 (Ha et al. 1992)이 있으나 숙기가 늦어 논재배에 적합하지 않은 단점이 있어 농가에서는 재배를 하고 있지 않다. 이와 같은 문제점을 개선하고자 1998년도에 연질인 고분밀(Nam et al. 1997)을

Fig. 1. Pedigree diagram of wheat variety, "Goso".

Fig. 2. Pedigree chart of wheat variety, "Goso".

모본으로 하고, 숙기가 빠른 올밀(Park et al. 1977)을 부분으로 인공교배하여 SW98148 조합을 육성하였다. 경기도 연천에서 집단재배한 후에 계통을 전개하여 내한성이 강하고 초형과 수형이 양호한 SW98148-YB-9-2-4-1-3-1은 조숙계통으로 빠를 뿐만 아니라 수량성이 우수하여, 2006년에서 2007년까지 2년간 생산력 검정에 공시하였다. 생산력 검정에서 생육특성, 생리장해, 내병성, 내도복성, 수발아성 및 수량구성요소를 조사한 결과 그 특성이 우수하여 “익산325호”로 계통명을 부여하였다. 2008년부터 3개년 동안 밭 조건 2개소와 논 조건 2개소에서 지역적응시험을 수행한 결과, 숙기가 빠를 뿐만 아니라 추위와 수발아 저항성이 강하여 생산안정성이 우수하였다. 또한 밀가루 품질에서 단백질과 글루텐 함량이 낮고, 과자를 만들었을 때 과자직경이 크고 균열 정도가 우수하여 과자용으로 적합한 특성을 나타내 2010년 농작물 직무육성 신품종선정심의회에서 “고소”로 명명하였다. 그 후 국립종자원의 재배심사를 거쳐 2013년 종자산업법 제55조에 따라 품종보호 등록원부에 등록(품종보호 제4690호) 되었다. 육성 경위를 도식화하면 Fig. 1과 2와 같다.

농업형질 조사 및 품질 분석

본 연구는 2008년부터 2010년까지 3년 동안 밭 조건재배는 국립식량과학원(수원)과 경북농업기술원(대구)에서 수행하였고, 논 조건재배는 국립식량과학원 벼맥류부(익산)와 전남농업기술원(나주)에서 수행하였다(RDA 2008, 2009, 2010). 생육특성, 내한성, 내병성, 수발아 저항성, 붉은곰팡이병 및 수량구성요소를 조사하였으며, 조사 및 평가방법은 농업과학기술 연구조사 분석 기준(RDA 2012)에 준하였다. 품질 분석을 위해 제분은 Buhler 제분기(MLU-202, Switzerland)를 이용하였으며, 밀가루의 수분, 단백질과 회분함량은 각각 AACC 방법(2000) 44-15A, 46-30과 08-10의 방법에 준하여 측정하였다. 침전가는 밀가루 3.0 g을 이용하여 Axford et al. (1979)

의 방법에 준하여 측정 하였으며, 글루텐 함량은 10 g 밀가루에서 전체 글루텐 무게를 비율로 나타내었으며, 글루텐의 추출은 AACC 방법(2000) 38-10에 준하여 측정하였다. 반죽 특성은 10 g Mixograph(National Mfg. Co., USA)를 이용하여 AACC 방법(2000) 54-40A에 준하여 측정하였다. 밀가루 색도는 Minolta JS-555(Minolta Camera Co., Japan)을 이용하여 백도, 적색도와 황색도를 측정하였으며, 이를 각각 L(백도), a(적색도)와 b(황색도) 값으로 나타내었다. 아밀로스 함량은 Gibson et al. (1997)의 방법을 이용하여 측정하였으며, 호화특성을 알아보기 위해 AACC 38-10 방법(2000)을 이용하여 전분을 추출하였으며, Micro-viscoamylograph (Brabender Instruments Inc., Germany)를 이용하여 최고점도, 최저점도, 최종점도와 강하점도(최고점도-최저점도)를 측정하였다. 호화 조건은 초기온도를 50°C로 1분간 유지한 후 분당 12.16°C로 가온하여 95°C까지 올린 후 3분간 유지하고, 분당 12.16°C로 감온하여 50°C까지 내린 후 2분간 유지하였다. 고분자량 글루테닌(HMW-GS; High molecular weight glutenin subunits) 조성과 아밀로스 합성에 관여하는 GBSS(granule bound starch synthase)와 종실경도와 관련된 puroindolines 유전자 확인은 각각 Park et al. (2006)과 Nakamura et al. (2006)과 Bhavé & Morris (2008) 방법에 따라 실시하였다. 제과적성 평가는 Sugar snap cookie(AACC 2000)의 방법에 따라 측정하여 평가하였다.

결과 및 고찰

고유특성

고소밀의 고유 특성은 Table 1과 Fig. 3에서와 같이 파성은 II 형으로 금강밀(III형)과 다르고, 잎, 줄기, 이삭과 까락의 특성은 금강밀과 유사하다. 즉, 잎의 색은 녹색이며 폭은 중 정도이고, 다소 늘어지는 형태이다. 줄기 색은 밝은 노란색이

Table 1. Growth habit and morphological characteristics of “Goso”.

Variety	Vernalization	Leaf				Stem		Spike		Awn		Kernel	
		Color	Width	Angle	Length	Color	Thick	Color	Shape	Color	Length	Size	Color
Goso	II	G ^z	M ^y	M	M	LY ^x	M	LY	Rod	LY	M	M	R ^w
Keumkang	III	G	M	M	M	LY	M	LY	Rod	LY	M	M	W ^v

^zG: green

^yM: middle

^xLY: light yellow

^wR: red, Wv: white

Fig. 3. Comparison of some traits in “Goso” (Left) and “Keumkang” (Right). A: heading, B: maturity, C: Seed shape, D: Cookie.

Fig. 4. Test of pre-harvest sprouting of “Goso” (Left) and “Keumkang” (Right).

며 굵기는 중 정도이고, 이삭 색은 밝은 노란색이며 방추형 모양이고, 까락은 밝은 노란색이며 중간 정도의 크기이다. 종자는 중간 정도 크기이며 적색으로 금강밀(백색)과 차이를 보였다.

출수기와 성숙기

고소밀의 숙기관련 특성은 Table 2와 같이 출수기는 발 조건에서 4월 28일, 논 조건에서 4월 25일로 금강밀과 동일하다. 성숙기는 발 조건과 논 조건에서 각각 6월 7일과 6월 4일

로 금강밀과 비슷하다. 대구 지역의 출수기와 성숙기는 4월 22일과 6월 4일로 다른 지역에 비해 빨랐고, 수원의 출수기와 성숙기는 각각 5월 3일과 6월 11일로 다른 지역에 비해 느린 특성을 보였다. 이와 같은 결과는 출수기는 일장 및 온도에 영향을 받으며 수안밀(Kang et al. 2014a)에서 보고한 결과와 유사하였다.

간장 및 수량구성 요소

간장 및 수량구성 요소는 Table 3에서 보는 바와 같다. 고

소밀의 간장은 79 cm로 금강밀보다 5 cm 짧고, 수장은 9.4 cm로 금강밀보다 1.1 cm 더 길다. m²당 수수는 769개로 금강밀보다 54개 적으며 1수립수는 35개로 5개 더 많고, 리터 중은 799 g으로 금강밀과 비슷하며 천립중은 42.5 g으로 4.2 g 적은 중간립 크기이다.

재해저항성

재해저항성은 Table 4에서 보는 바와 같이 고소밀의 고사 주율은 4.4%로 금강밀보다 2.8% 높지만 내한성이 강한 특성을 나타냈고, 수발아율은 4.0%로 수발아에 강하여 생산안정성이 높을 것으로 생각된다. 붉은곰팡이병과 흰가루병은 금강

Table 2. Heading and maturity date of “Goso” in the regional yield trials.

Field condition	Location	Heading date (Mon. Day)		Maturity date (Mon. Day)	
		Goso	Keumkang	Goso	Keumkang
Upland	Suwon	5.03	5.04	6.11	6.11
	Daegu	4.22	4.23	6.04	6.03
	Mean	4.28 ^{a†}	4.28 ^a	6.07 ^a	6.07 ^a
Paddy	Iksan	4.25	4.25	6.04	6.05
	Naju	4.26	4.25	6.05	6.05
	Mean	4.25 ^b	4.25 ^b	6.04 ^b	6.05 ^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test

Table 3. Agronomic characteristics of “Goso” in the regional yield trials.

Variety	Culm length (cm)	Spike length (cm)	Number of spike/m ²	Number of grains/spike	Test weight (g)	1,000 grain weight (g)
Goso	79 ^{b†}	9.4 ^a	769 ^b	35 ^a	799 ^a	42.5 ^b
Keumkang	84 ^a	8.3 ^b	823 ^a	30 ^b	804 ^a	46.7 ^a

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Tolerance assessment of “Goso” to environmental stress in the regional yield trials.

Variety	Winter hardiness	Disease resistance (S, M, R) ^z		Sprout resistance	Loading (0~9)			
	Withered plant (%)	Scab	Powdery mildew	Pre-harvest sprouting (%)	Suwon	Iksan	Daegu	Naju
Goso	4.4 ^{a†}	S	S	4.0 ^b	1	1	0	1
Keumkang	1.6 ^b	S	S	29.8 ^a	2	3	0	2

^zS = susceptible, M = moderate, R = resistant

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test

Table 5. Flour yield and characteristics of “Goso” in the regional yield trials.

Variety	Flour yield (%)	Ash (%)	Protein (%)	SDSS ^z (ml)	Gluten (%)	Color of flour ^y		
						L ^y	a	b
Goso	63.7 ^{b†}	0.33 ^b	9.8 ^b	30.0 ^b	7.2 ^b	91.61 ^a	-1.11 ^a	7.41 ^b
Keumkang	73.6 ^a	0.46 ^a	12.6 ^a	50.0 ^a	10.8 ^a	90.12 ^b	-0.97 ^b	9.59 ^a

^zSDSS: SDS-sedimentation volume

^yL: lightness, a: redness (+) - greeness (-), b: yellowness(+) - blueness(-)

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test

밀과 같은 감수성을 보였고, 도복의 경우 익산 지역을 제외한 나머지 지역에서 금강밀과 비슷한 수준으로 낮아 내도복성이 높은 특성을 보였다.

품질특성

고소밀의 제분율은 Table 5에서 보는 바와 같이 63.7%로 금강밀보다 9.9% 낮았다. 이와 같은 결과는 과자용 밀가루는 제분율이 낮고 입자가 크다고 보고(Lorenz 1986)와 국산밀 품종 중 연질밀 특성을 나타내는 품종은 밀가루 입자가 작고 제분율이 낮다는 보고(Kang et al. 2010, Park et al. 2009, Kang et al. 2014b)와 유사하였다. 회분함량은 0.33%로 금강밀보다 낮으며 밀가루 색의 L 값은 91.61로 금강밀보다 밝다. 단백질 특성에서 단백질함량은 9.8%로 금강밀보다 낮고, 침전가와 글루텐함량은 각각 30.0 ml와 7.2%로 낮다. 반죽관련 특성(Table 6)에서 고소밀의 가수량, 반죽시간과 반죽안정성은 각각 60.0%, 3.23 min과 6.0 mm로 금강밀보다 가수량이 적고, 반죽시간이 짧으며 반죽 안정성도 낮다. 이와 같은 특성은 제과용은 국수용이나 빵용보다 단백질함량과 침전가는 낮으며 가수량이 적고 반죽시간과 반죽안정성이 낮다는 보고(Kang et al. 2010, Park et al. 2001, El-Hady et al. 1996)와 유사하였다. 아밀로스 함량은 24.5%로 금강밀과 비슷하고, 최고점도는 137.0 BU로 비슷하지만 Breakdown은 21.0 BU로 금강밀보다 낮다.

품질 관련 표지 인자 특성

밀 품질관련 표지인자에 대한 특성은 Table 7과 같다. 단백질 질적 특성을 나타내는 고분자량 글루테닌(HMW-GS) 조성은 2*, 7+8과 2.2+12 밴드 패턴을 보여 금강밀과 다른 조성을 나타냈다. 특히 D 계놈에서 국내 연질밀에서 흔히 나타나는 2.2+12 밴드를 보인다(Kang et al. 2014a). 아밀로스 함성에 관여하는 GBSS 조성은 금강밀과 같은 a형으로 아밀로스 함량이 많은 품종의 특성을 나타냈다(Kang et al. 2012). 밀 종실의 정도와 관련된 puroindolines의 조성은 *Pina-D1*과 *Pinb-D1*에서 모두 a형으로 금강밀과 다른 조성으로 제분율이 낮은 연질밀 특성(Behave & Morris 2008, Park et al. 2009)을 나타냈다.

제과특성

고소밀의 제과 특성은 Table 8에서 보는 바와 같다. 고소밀의 과자직경은 88 mm로 금강밀보다 9 mm 더 크고, 균열등급도 5등급으로 높다. 제과 적성평가에서 과자직경이 커야 할 뿐만 아니라, 균열등급도 역시 중요한 항목으로 인식되고 있다. 또한, 일반적으로 바삭거리면서 부드러운 과자를 만들기 위해서는 단백질 함량이 낮고, 점성이 낮은 밀가루가 적합하다는 보고와 유사하였다(Chang & Kim 2004, Kang et al. 2014b). 이와 같은 결과는 고소밀의 단백질 함량과 침전가는 낮고, *Glu-D1*에서 2.2+12 조성을 지녀 제과적성도 우수하게

Table 6. Rheological properties of dough and pasting properties of “Goso” in the regional yield trials.

Variety	Mixograph			Amylose (%)	Pasting properties (BU)	
	Water absorption (%)	Mixing time (min)	Mixing tolerance (mm)		Peak viscosity	Breakdown
Goso	60.0 ^{bt}	3.23 ^b	6.0 ^b	24.5 ^a	137.0 ^a	21.0 ^b
Keumkang	63.0 ^a	4.15 ^a	13.5 ^a	24.7 ^a	138.0 ^a	39.0 ^a

^tMeans with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test

Table 7. Subunits of HMW-GS, GBSS and puroindolines of “Goso”.

Variety	HMW-GS ^z				GBSS ^y		Puroindolines	
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Wx-A1</i>	<i>Wx-B1</i>	<i>Wx-D1</i>	<i>Pina-D1</i>	<i>Pinb-D1</i>
Goso	2*	7+8	2.2+12	a ^x	a	a	a	a
Keumkang	2*	7+8	5+10	a	a	a	a	b ^w

^zHMW-GS: high molecular weight glutenin subunit

^yGBSS: granule bound starch synthase

^xa: wild type

^wb: mutant

Table 8. Diameter and top-grade of cookie prepared from “Goso” in the regional yield trials.

Varieties	Sugar-Snap Cookie	
	Diameter (mm)	Top-grade (1~5)
Goso	88 ^{a†}	5 ^a
Keumkang	79 ^b	2 ^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test

Table 9. Yield of “Goso” in the regional yield trial.

Field condition	Location	Goso (kg/10a)				Keumkang (kg/10a)			
		2008	2009	2010	Mean	2008	2009	2010	Mean
Upland	Suwon	585	725	628	646	531	716	395	547
	Daegu	643	618	741	667	576	376	673	542
	Mean	614 ^{b†}	672 ^a	685 ^a	657^a	554 ^a	546 ^b	534 ^a	545^b
Paddy	Iksan	664	651	522	612	627	555	476	553
	Naju	610	526	394	510	605	420	462	496
	Mean	637 ^a	589 ^b	458 ^b	561^a	616 ^b	488 ^a	469 ^b	524^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5% significant level by Duncan's multiple range test

나타난 것으로 판단된다.

수량성

2008년부터 2010년 동안 3개년 간 밭 조건 2개소와 논 조건 2개소에서 실시한 지역적응성시험결과는 Table 9와 같다. 고소밀의 밭 조건 수량은 평균 657 kg/10a으로 금강밀보다 21% 증수되었고, 논 조건 수량은 561 kg/10a로 금강밀보다 7% 증수되었다. 지역적으로는 대구에서 667 kg/10a로 가장 많았고, 나주에서 510 kg/10a로 가장 낮은 수량을 나타냈다.

적 요

농촌진흥청 국립식량과학원에서는 용도별 품종의 다양화를 위해 답리작 적응 과자용 밀 품종 ‘고소’를 개발하였다. 고소밀은 1998년도에 연질인 고분밀을 모본으로 하고, 숙기가 빠른 올밀을 부분으로 인공교배하여 SW98148 조합을 육성하였다. 경기도 연천에서 집단재배 후 계통을 전개하여 초형과 수형이 양호하며 내한성이 강한 계통인 SW98148-YB-9-2-4-1-3-1을 2006년부터 2개년간 생산력 검정을 거쳐 ‘익산 320호’로 계통명을 부여하였다. 그 후 2008년부터 3개년 동안 지역적응성시험을 실시한 결과 숙기가 빠르며 수량성이 높고, 과자적성이 우수하여 2010년 농작물 직무육성 신품종심

의회에서 ‘고소’로 명명하였다. 고소밀의 파형은 II 형으로 춘파형이고, 엽색은 녹색이며 이삭은 방추형이고, 종자는 중간 크기로 적색이다. 출수기와 성숙기는 밭상태 조건에서 각각 4월 28일과 6월 7일, 논상태에서는 각각 4월 25일과 6월 4일로 비슷하다. 고소밀의 리터중(799 g/L)과 천립중(42.5 g)은 금강밀(804 g/L과 46.7 g)보다 낮고, 내한성(4.4%)과 수발아(4.0%) 저항성이 강하고, 내도복성이 높다. 고소밀의 제분율(63.77%), 단백질(9.8%), 침전가(30.0 ml)과 글루텐(7.2%) 함량은 금강밀(73.6%, 12.6%, 50.0 ml과 10.8%)보다 낮고, 과자적성이 우수하였다. ‘고소밀’의 HMW-GS 조성은 *Glu-A1*에서 2*, *Glu-B1*에서 7+8을 나타내 금강밀과 조성이 같았으나, *Glu-D1*에서 2.2+12가 발현되었다. GBSS 조성은 금강밀과 같은 야생형이고, *Pinb-D1*은 야생형으로 금강밀과 다른 특성을 나타냈다. 지역적응성시험에서 밭상태 수량은 657 kg/10a, 논상태 수량은 561 kg/10a로 금강밀보다 21%와 7% 증수하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제명: 생산안정성 증진 조숙 밀 품종개발, 과제번호: PJ008756022015)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. The Association: St. Paul, MN.
2. Axford DWE, McDermott EE, Redman DG. 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of bread making quality: Comparison with Pelschenke and Zeleny tests. *Cereal Chem.* 56: 582-584.
3. Bhavé M, Morris CF. 2008. Molecular genetic of puroindolines and related genes : Allelic diversity in wheat and other grasses. *Plant Mol. Biol.* 66: 205-219.
4. Chang HK, Kim JY. 2004. Physicochemical characteristics and sugar-snap cookie potentialities of Korean wheats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 754-760.
5. El-Hady EA, El-Samhahy, Seibel W, Brummer JM. 1996. Changes in gas production and retention in non-prepermented frozen wheat doughs. *Cereal Chem.* 73: 472-477.
6. Gibson TS, Solah VA, McCleary BV. 1997. A procedure to measure amylase in cereal starches and flours with concanavalin. *Am. J. Cereal Sci.* 25: 111-119.
7. Ha YW, Lee SY, Song HS, Heu HY, Nam JH, Sung BR. 1992. New early maturing, semi-dwarf, lodging resistant, high yielding and good quality soft wheat variety “Urimil”. *Res. Rept. RDA(U & I).* 34: 1-4.
8. Kang CS, Cheong YK, Kim KH, Kim HS, Kim YJ, Kim KH, Park JC, Park HH, Kim HS, Kang SJ, Choi HJ, Kim JG, Kim KJ, Lee CK, Park KG, Park KH, Park CS. 2014a. A wheat variety, ‘Sooan’ with good noodle quality, red grain wheat, higher winter hardiness and pre-harvest sprouting resistance. *Korean J. Breed. Sci.* 46: 260-267.
9. Kang CS, Jung JU, Baik BK, Park CS. 2012. Effects of allelic variations in *Wx-1*, *Glu-D1*, *Glu-B3* and *Pinb-D1* loci on flour characteristics and white salted noodle-making quality of wheat flour. *Cereal Chem.* 89: 296-306.
10. Kang CS, Jung JU, Baik BK, Park CS. 2014b. Relationship between physicochemical characteristics of flour and sugar snap cookie quality in Korean wheat cultivar. *Int. Food Res. J.* 21: 617-624.
11. Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YK, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars. I. Flour characteristics. *Korean J. Breed. Sci.* 42: 61-74.
12. Kang MS, Lee CK, Park DS, Ku BC, Park KG, Ko JM, Hyun JN, Kim JC, Nam JH, Suh DY, Kim SJ, Yun YS, Hwang JJ, Kim JG. 2006. A new white wheat cultivar, “Jokyoung” for bread making. *Korean J. Breed. Sci.* 38: 139-140.
13. Kang CS, Park KS, Park JC, Kim HS, Cheong YK, Kim JG, Park CS. 2008. Flour and end-use quality of “Charmdlerak” wheat, a Korean wheat. *Korean J. Food Preserv.* 15: 219-224.
14. Lim EY, Chang HK, Park YS. 2007. Physicochemical properties and the product potentiality of soft wheats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 412-418.
15. Lorenz K. 1986. The importance of flour particle size in the mechanical dough development bread process. *New Zealand J. Technol.* 2: 27-31.
16. MAFRA. 2014. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs statistical yearbook. pp.250-293.
17. Nakamura T, Shimbata T, Vrinten P, Saito M, Yonemaru J, Seto Y, Yasuda H, Takahama M. 2006. Sweet wheat. *Genes Genet. Syst.* 81: 361-365.
18. Nam JH, Park HH, Song HS, Heu HY, Park MW. 1997. A new high milling and yield wheat variety “Gobunmil” with good quality. *RDA J. Crop Sci.* 39: 108-112.
19. Nam JH, Song HS, Park HH, Heu HY, Park MW, Park KH, Rho CW, Nam SY, Ju JI, Park CB, Lee YS, Park SG, Kim DH. 1998. A new high milling, early maturity, semi-dwarf and white grain wheat variety “Keumkangmil” with good bread quality. *RDA J. Crop Sci.* 40: 81-87.
20. Park CS, Baik BK, Ha YW, Hong BH. 2001. Flour quality characteristics of Korean waxy wheat lines. *Korean J. Crop Sci.* 46: 360-366.
21. Park CS, Baik BK, Kang MS, Park JC, Park JG, Chung MG, Lim JD. 2006. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheats with 1Dx2.2+1Dy12 subunits in high molecular weight glutenin. *J. Food Sci. Nutr.* 11: 243-252.
22. Park CS, Heu HY, Kang MS, Lee CK, Park KG, Park JC, Kim HS, Kim HS, Hwang JJ, Chong YK, Kim JG. 2008. A new white variety, “Baegjoong” with high yield, good noodle quality and moderate to pre-harvest sprouting. *Korean J. Breed. Sci.* 40: 153-158.
23. Park CS, Kang CS, Park JC, Jung YJ, Cheong YK, Woo SH. 2009. Association of puroindolines genotypes and grain properties, milling performances and physical properties of flour in Korean wheats. *Korean J. Crop Sci.* 54: 249-259.

24. Park RK, Suh HS, Kim SC, Hur HS, Lee BH. 1977. New wheat variety, "Olmil". Res. Rep. RDA (U&I). 19: 97-101.
25. RDA. 2008. 2008 Project plan for collaborative research program to develop new variety of winter crop. pp.85-117.
26. RDA. 2009. 2009 Project plan for collaborative research program to develop new variety of winter crop. pp.79-114.
27. RDA. 2010. 2010 Project plan for collaborative research program to develop new variety of winter crop. pp.56-77.
28. RDA. 2012. Standard of research and analysis for agricultural technology. pp.339-365.