

종실과 밀가루 특성이 국수 면대 색깔에 미치는 영향과 철 함량 간이 검정

강천식* · 김경훈* · 최인덕* · 신상현* · 손재한* · 정영근* · 이춘기* · 박광근* · 박철수**†

*국립식량과학원, **전북대학교 작물생명과학과

Effect of Characteristics of Grain and Flour on Color of Noodle Dough Sheet and Simple Test for Fe Content in Korean Wheat Cultivar

Chon-Sik Kang*, Kyeong-Hoon Kim*, Induck Choi*, Sang-Hyun Sin*, Jae-Han Son*, Young-Keun Cheong*, Choon-Ki Lee*, Kwang-Geun Park* and Chul Soo Park**†

*National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Suwon 441-100, Korea

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

ABSTRACT This study was carried out to characterize the color of noodle sheet made from Korean wheat cultivars, which were then evaluated on grain and flour properties, in order to enhance the breeding-line selection for noodle wheat. In particular, a rapid method was applied to investigate the effects of iron (Fe) contents on the lightness of noodle sheet for the selection of breeding-lines with high Fe contents. Wheat flour lightness of Korean wheat cultivars had a negative correlation with ash ($r = -0.634$, $P < 0.01$), protein ($r = -0.635$, $P < 0.01$) and total polyphenols ($r = -0.493$, $P < 0.05$). The noodle sheet color showed a positive correlation with lightness, but a negative correlation with test weight, 1000 kernels weight, PPO activity and total polyphenol contents. Also, upon the wheat flour properties, the ash, protein and total polyphenol contents had a negative correlation with the lightness of noodle sheet, and this relation varied depending on the year and cultivars. The Fe content had a negative relation with the color of wheat flour and the lightness of noodle sheet, and the potassium hexacyanoferrate(II) trihydrate (PHT) test resulted in blue color. There was no correlation between Fe contents and the color of grains with PHT treatment, but after grounding the whole grains, a negative correlation was found between Fe contents and redness ($r = -0.665$, $P < 0.001$) and yellowness ($r = -0.658$, $P < 0.001$) of whole wheat flour with PHT treatment. On the other hand, the lightness of wheat flour with PHT treatment showed a negative relation with Fe content.

Keywords : wheat, noodles, color, Fe

국수는 제조가 간단하고, 가격이 싸기 때문에 한국을 비롯한 아시아에서 다양한 형태로 소비된다(Dick and Matsuo, 1988). 이러한 국수의 품질은 크게 삶은 국수의 식감과 색깔이 중요한데, 빵과 달리 국수는 소금 이외 첨가물이 없기 때문에 밀가루 특성이 국수 품질에 많은 영향을 미친다. 삶은 국수의 식감은 주로 밀가루의 단백질 함량과 아밀로스 함량이 영향을 미친다(Oh *et al.*, 1985b; Toyokawa *et al.*, 1989b; Park *et al.*, 2003). 국수 색깔은 소비자가 구매를 할 때 가장 먼저 고려하는 요인이기 때문에 매우 중요하고, 한국 소비자는 밝고 하얀색을 선호한다(Kang *et al.*, 2011). 제분율이 높아지면 손상전분 함량이 증가하여 국수 제조시 수분 함량이 증가하여 국수 색이 어두워 지고, 밀가루 입자가 크고 거칠면 국수 색이 어두워진다(Miskelly, 1984; Hatcher and Symons, 2000; Hatcher *et al.*, 2002). 밀가루의 단백질과 회분 함량이 높으면 국수 색은 어두워지고 탁해지며, 국수 색깔이 시간이 지나면서 어두워지는 것은 Polyphenol oxidase (PPO) 활성과 관련이 있다(Oh *et al.*, 1985a; Toyokawa *et al.*, 1989a; Baik *et al.*, 1994; Park *et al.*, 1997; Wang *et al.*, 2004).

국내 밀 품종에 있어서도 밀가루 특성이 국수 색깔에 미치는 영향은 이전의 외국 보고와 비슷한 경향을 나타내었으며(Kang *et al.*, 2008; 2010; 2011), 최근 들어 국내 환경에서 재배되는 밀 품종 및 계통에 대한 국수 색 향상을 위해 국수 색깔에 연관된 PPO 활성과 관련된 표지인자의 활용을 통하여 PPO 활성이 낮은 계통에 대한 선발이 이루어지고 있다(Kim *et al.*, 2011). 특히, 밀 종실의 미량원소 중 하나인

†Corresponding author: (Phone) +82-63-270-2533 (E-mail) pcs89@jbnu.ac.kr

<Received 24 July, 2013; Revised 20 January, 2014; Accepted 21 February, 2014>

철 함량은 밀가루 및 국수 색과 부의 상관을 나타내었다 (Kim *et al.*, 2011). 이러한 철은 헤모글로빈의 주성분으로 세포로 산소를 운반하고 세포에서 나온 이산화탄소를 제거하는 혈액소로 작용을 하기 때문에 매우 중요하다(Stein *et al.*, 2005). 철 결핍으로 발생하는 철 결핍성 빈혈(IDA, iron deficiency anemia)은 임산부의 영양이나 영·유아의 인지 능력과 신체 활동 손상과 밀접한 연관이 있으며, 전세계적으로 철 결핍이 일어나는 인구는 이십억명에 달하며, 주로 남아시아나 아프리카 지역의 임산부와 아이들의 40% 수준이 피해를 받고 있다(Stoltzfus *et al.*, 2004), 이러한 피해를 줄이기 위해서 피해 지역에 영양학적으로 우수한 곡물과 육류 소비를 유도해야 하지만 이를 위해서는 세계적인 지원과 노력 및 시간이 요구되기 때문에 이들 지역에서 재배 가능한 밀을 포함한 작물에서 철을 포함한 미네랄 함유량을 높이는 것이 매우 중요하게 대두되고 있다(Lyddon, 2004).

철 함량은 밀이 재배되는 토양을 비롯한 재배 환경 및 제분율에 영향을 많이 받는데, 재배 토양에 따라 같은 재배 품종도 4배 이상의 차이가 나기도 하며, 제분율에 따라서 밀가루의 철 함량도 차이가 난다(Monasterio and Graham, 2000; Ranum *et al.*, 2006). 철을 포함한 미네랄은 대부분 호분층과 배에 존재기 때문에 제분을 했을 경우 밀가루의 철 함량은 통밀가루에 비하여 함량이 낮다(Ozturk *et al.*, 2006). 빵을 만들면 발효 과정의 이스트의 영향으로 밀가루의 철 함량보다 3-10% 정도 함량이 증가하며, 국수에 있어서는 폴리페놀 효소와 반응을 통하여 면대 색이 어두워진다(Ortiz-Monasterio *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2011). 철 함량의 영양학적인 중요성과 가공제품에 미치는 영향 때문에 다양한 유전자원에 대한 평가가 이루어졌는데, 세계 밀 3,000 점에 대한 평가 결과, 재배밀의 철 함량 변이 폭은 좁았으며, 야생밀 자원이 재배밀에 비하여 높은 함량을 보였다(Monasterio and Grham, 2000; Oury *et al.*, 2006). 그러므로, 세계적으로 철을 포함한 미네랄 함량 증진에 대한 자원 선별과 재배법 관련 연구가 중요하게 대두되고 있다.

국내 밀 품종 육성에 있어서 최근 들어 가공적성에 적합한 품종 육성에 대한 연구가 수행 되고, 국수의 식미 향상이나 색깔 개선이 점차적으로 이루어지고 있고, 밀을 포함한 곡류의 영양학적 중요성 때문에 통밀가루 이용에 대한 관심도 높아지고 있다. 본 연구에서는 지난 4년간 재배된 국내 밀 품종의 국수 색깔 및 이와 관련된 종실 및 밀가루 특성에 대한 평가를 통하여 국내 재배 환경에서 국수 면대 색깔 향상을 위해 선별에 이용할 수 있는 방법을 선별하고, 특히 종실 특성 중에서 철 함량이 국수 면대 밝기에 미치는 영향을 평가하여 영양학적으로 우수한 고품질 철 함유 계통 선

발을 위한 간이검정법의 적용을 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구의 종실 및 밀가루 특성이 국수 면대 색깔에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험은 금강밀 등 22 품종을 2008년부터 2011년까지 4년간 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부 포장에서 재배하여 수확한 재료를 이용하였다. 철 함량 간이 검정을 위해서는 2011년에 재배된 금강밀을 포함한 28품종을 이용하였다. 국내 밀 품종은 전작조건으로 0.25 m × 6 m로 10월 중순에 파종하였으며, 시비 및 재배는 농촌진흥청 표준재배법에 따라 수행하였고 6월 중순에 수확하였다.

종실 특성

수확된 종실은 충분히 건조한 후 2.0 mm 체를 이용하여 정선하였다. 리터중은 정선된 종자를 1 L중 측정기(Seedburo Equipment Co., USA)를 이용하여 측정하였으며, 천립중은 종자계수기(Pfeuffer GmbH, German)을 이용하여 1,000립을 측정하여 무게를 조사하였다. 종실 분쇄는 0.25 mm 체가 장착된 Udy cyclone mill(Udy Co., Fort Collins, USA)을 이용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 반응법으로 측정하였다(Andrew, 2003). 15 ml 시험관에 증류수 1 ml을 넣고 분쇄 시료에서 추출한 상등액을 일정농도로 희석시킨 희석액을 500 μ l 첨가한 다음 Folin-Ciocalteu 반응액(10%)을 2.5 ml 첨가하고 3분간 반응을 시켰다. 반응 후 7.5% Na₂CO₃ 1 ml를 첨가하고 가볍게 진탕한 다음 1시간 동안 암실에 방치하였다. 반응 후 표준물질과 시료는 1 ml을 취하여 Shimadzu Biospec-1601 spectrophotometer(Shimadzu Co., USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid(Kanto Chemical Co., Japan)를 사용하여 얻은 표준 검량곡선으로부터 추출물의 총 페놀함량을 산출하였다. 종실의 PPO 활성 측정을 위하여 AACCI Approved Methods 22-85.01(AACCI, 2010)에 따라 L-DOPA assay 방법을 이용하였다. 종자 5립을 1.5 ml tube에 5 mM L-DOPA와 50 mM MOPS[3-(N-morpholino) propanesulfonic acid] 1.5 ml 용액을 한 시간 동안 회전시켜 섞이게 한 다음, 1 ml을 취하여 Shimadzu Biospec-1601 spectrophotometer(Shimadzu Co., USA)를 이용하여 475 nm에서 흡광도를 측정하였다. 종실의 철 함량은 분쇄 시료 1g을 Ternary solution(HNO₃ : H₂SO₄ : HClO₄ = 10 : 1 : 4) 10 ml에 혼합하고 200 °C로 가열하여 여과하는 전처리 과정을 하

고, 여과액을 ICP-OES(Agilent technologies, USA)로 측정하였다. 종피색 검정은 종자 20립을 1M NaOH 용액에 2시간 침지를 시킨 후 종피색이 밝은 노란색을 띠면 백립계로 붉은색을 나타내면 적립계로 분류하였다.

밀가루 특성

제분은 Bühler mill(MLU-202, Swiss)을 이용하여 AACCI Approved Methods 26-31.01(AACCI, 2010) 방법에 따라 수행하였으며, 제분된 밀가루는 10°C 저온실에 보관하여 실험에 사용하였다. 밀가루의 수분, 단백질과 회분 함량은 각각 AACCI Approved Methods 44-15.02, 46-30.01과 08-01.01(2010)에 준하여 측정하였다. 밀가루 색깔은 Minolta JS-555(Minolta Camera Co., Ltd, Japan)을 이용하여 명도(L), 적색도(a)와 황색도(b)를 측정하였다. 밀가루의 총폴리페놀 함량과 철 함량은 종실에서 측정된 방법과 동일하게 측정하였다.

국수 면대 색깔

밀가루 반죽은 밀가루(100 g)와 sodium chloride 용액을 혼합하여 pin mixer(National Mfg. Co., USA)를 이용하여 만들었으며, 반죽의 sodium chloride 함량은 2.0%로 맞춰주었다. 면대 형성을 위한 밀가루 반죽을 위한 가수량은 35%로 하였으며, 밀가루 반죽을 제면기(Ohtake Noodle Machine Mfg. Co., Japan)의 롤러 간격은 3 mm, 속도는 8 rpm으로 조정하여 펼쳐 주었다. 이 과정을 2회 반복하였다. 펼쳐진 반죽을 한 시간 뒤에 2.40, 1.85와 1.30 mm 틈의 롤러를 순서대로 통과시켜 면대를 형성하였고, Dial thickness gauge (Peacock Dial Thickness Gauge G, Ozaki Mfg. Co., Japan)를 이용하여 면대 두께를 측정하였다. 국수 면대의 색도는 면대를 플라스틱 용기에 밀봉하여 21°C에 저장한 이후 2시간이 경과한 후 면대 표면 3곳을 임의로 선정하여 Minolta JS-555(Minolta Camera Co., Ltd, Japan)을 이용하여 명도, 적색도와 황색도를 측정하였다.

철 간이 검정

2011년에 수확한 종실과 이를 분쇄한 시료와 밀가루를 이용하여 철 함량을 빠르게 검정할 수 있는 간이 검정은 potassium hexacyanoferrate(II) trihydrate(PHT)을 이용하여 검정한 Choi *et al.*(2007) 방법을 약간 변형하여 실시하였다. 즉, 6cm petri-dish에 종실 100립, 통밀가루 2 g, 백밀가루 2 g을 각각 넣은 다음 2% PHT와 2% hydrochloric acid를 1:1로 섞은 용액을 첨가하여 암실에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응 2시간 후 Minolta JS-555(Minolta Camera

Co., Ltd, Japan)을 이용하여 명도(L), 적색도(a)와 황색도(b)를 측정하였다.

통계 분석

모든 분석은 최소한 3회 이상 분석하였으며, 통계 분석은 SAS computer software package(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분석하였다. 분산분석은 PROC GLM을 이용하였고, 년차간, 지역간, 재배방법간 요인 분석은 오차항을 이용하였다. 상관 관계는 Pearson's correlation coefficients를 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

종실 및 밀가루와 국수 면대 색깔

국내 밀 품종 별 종실 및 밀가루 특성과 국수 면대 색깔의 특성은 연차간 변이 및 품종간 변이에 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 1). 리터중을 제외한 모든 특성은 품종과 연차간 변이에 영향을 받는 것으로 나타났다. 천립중, PPO 활성과 제분율의 품종 변이는 각각 87.88, 60.95와 84.96%로 나타났으며, 총 폴리페놀 함량, 단백질 함량, 철 함량, 밀가루 명도, 면대의 적색도는 80.03%이상으로 환경적인 변이를 많이 받는 것으로 나타났다. 외국 및 국내 환경에서도 종실 및 밀가루 특성과 국수 제조 특성은 유전적 및 환경적인 영향뿐 만 아니라 이들 상호 작용에 영향을 받는다(Lang *et al.*, 1998; Habernicht *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2004; Guttieri *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2012; Shin *et al.*, 2012). 국수 색깔에 관련된 PPO 활성 및 철 함량 또한 품종 특성과 환경적 영향을 받는다(Crosbie and Lambe, 1993; Baik *et al.*, 1994; Gaines *et al.*, 1996; Park *et al.*, 1997; Lang *et al.*, 1998; Monasterio and Graham, 2000; Ranum *et al.*, 2006).

품종간의 종실 특성을 비교한 결과(Table 2), 리터중과 천립중의 평균값은 각각 804.47g 과 40.22g이었으며, PPO 활성과 총 폴리페놀 함량 및 철 함량은 각각 0.80, 14.82 mg/g 과 3.50 mg/100g으로 나타났다. 서둔밀의 리터중은 744.50 g으로 국내 품종 중 제일 낮았으며, 조은밀은 831.58g으로 높았다. 천립중은 다홍밀이 33.01 g으로 낮았고, 그루밀은 48.80 g으로 가장 높았다. 다홍밀은 PPO 활성과 철 함량이 각각 0.35와 2.72 mg/100 g으로 낮았으며, 고분밀과 조은밀은 각각 1.43과 4.50 mg/100 g으로 높았다. 총 폴리페놀 함량은 그루밀이 16.85 mg/g으로 높았으며, 진품밀은 13.20 mg/g으로 낮았다. 철 함량은 리터중($r = 0.593^{**}$)과 PPO 활성($r = 0.531^{*}$)과 정의 상관을 나타내었다(Fig. 1). 리터중은 천립중 및 PPO 활성과 정의 상관을 나타냈으며(각각 $r = 0.461^{*}$

과 $r = 0.635^{**}$), PPO 활성은 총 폴리페놀 함량과 정의 상관관을 나타내었다($r = 0.588^{**}$). 이러한 결과는 국내 밀 품종의 이전 결과와 유사하였다(Kang *et al.*, 2011). 그러므로, 종실의 리터중은 환경적인 영향을 받기는 하지만 종실의 PPO 활성 및 총 폴리페놀 함량과 철 함량이 높은 계통을 선발에 중요한 지표로 활용이 가능할 것이기 때문에 이에

대한 향후 연구 및 검토가 필요하다.

밀가루의 품종별 특성을 조사한 결과(Table 3), 평균 제분율은 66.02%였으며, 금강밀이 74.56%로 높았으며, 청계밀은 59.43%로 낮았다. 회분과 단백질의 평균 함량은 각각 0.44%와 12.00%였으며, 연백밀과 조은밀의 회분 및 단백질 함량이 높았고, 밀성밀과 우리밀이 회분과 단백질 함량

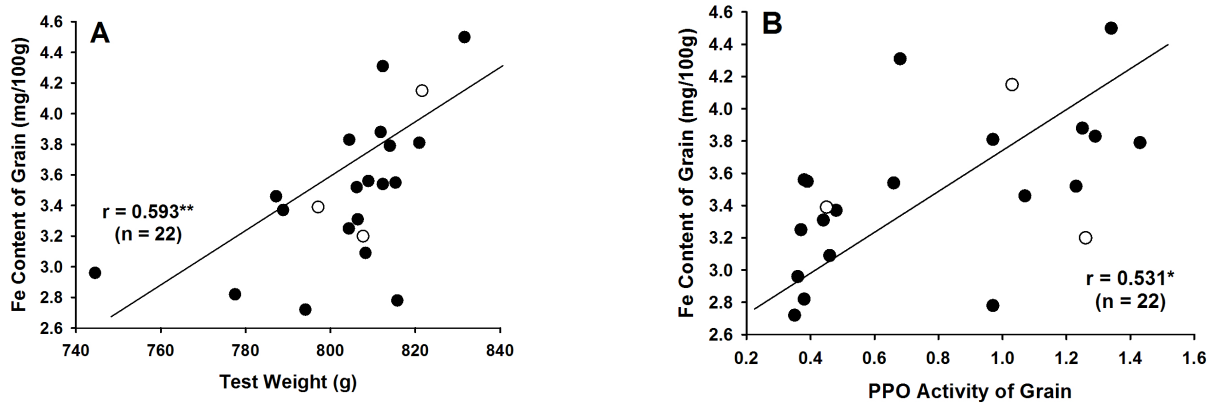


Fig. 1. The relationships between Fe content of grain and test weight (A) and PPO activity (B) of 22 Korean wheat cultivars with red grain color (●) and white grain color (○). * and ** mean $P = 0.05$ and $P = 0.01$, respectively.

Table 3. Flour properties of 22 Korean wheat cultivars grown in four years.

Cultivar	Flour Yield (%)	Ash (%)	Protein (%)	Total Polyphenol (mg/100 g)	Fe (mg/100 g)	Lightness
Alchan	66.78	0.44	11.13	10.75	1.95	90.42
Anbaek	65.73	0.49	12.91	11.45	1.79	89.68
Cheonggye	59.43	0.40	11.12	10.95	2.51	90.92
Dahong	61.32	0.41	10.38	11.12	1.76	91.24
Eunpa	65.53	0.44	11.90	10.88	1.74	89.87
Geuru	69.80	0.50	12.96	11.69	1.85	89.23
Gobun	66.65	0.46	13.03	11.30	2.00	90.02
Jinpoom	68.51	0.42	12.36	11.39	1.90	90.00
Joeun	67.62	0.47	14.97	12.69	2.00	90.01
Jokyung	72.81	0.50	12.22	11.70	1.86	90.67
Jonong	62.63	0.42	11.97	12.34	2.41	90.66
Jopoom	67.37	0.43	13.97	11.66	1.72	90.31
Keumkang	74.56	0.46	14.14	11.87	1.91	90.49
Milsung	63.53	0.37	11.65	11.35	1.55	91.00
Namhae	62.34	0.42	10.74	10.58	1.94	91.69
Ol	62.21	0.45	10.85	11.12	1.59	90.70
Olgeuru	66.14	0.38	10.63	10.34	1.72	91.72
Saeol	64.09	0.39	11.78	11.67	1.74	91.25
Seodun	69.35	0.46	11.66	10.92	1.63	89.92
Tapdong	66.13	0.46	11.71	11.07	1.91	90.32
Uri	63.93	0.42	9.79	9.87	1.56	91.79
Younbaek	70.31	0.53	10.54	11.58	1.89	90.46
LSD ^a	0.59	0.01	0.11	0.37	0.09	0.07

^aLeast significant difference ($P < 0.05$).

Table 1. Effects of year, genotype and their interactions on grain, flour and color of noodle dough sheet from 22 Korean wheat cultivars.

Source of variation	df	F-value ^a				
		Grain				
		Test Weight	1000 Kernel Weight	PPO Activity	Total Polyphenol	Fe
Year (Y)	3	7.24***	176.53***	237.59***	115.76***	19.18***
Genotypes (G)	21	1.94*	1878.11***	392.86***	9.21***	12.25***
Y × G	63	1.18	82.40***	14.15***	8.36***	5.32***

Source of variation	df	F-value				
		Flour				
		Flour Yield	Ash	Protein	Total Polyphenol	Fe
Year (Y)	3	38.15***	97.50***	5032.14***	164.16***	561.36***
Genotypes (G)	21	317.44***	64.33***	1005.40***	22.29***	56.53***
Y × G	63	18.03***	13.61***	250.45***	29.52***	8.33***

Source of variation	df	F-value				
		Flour	Thickness	Noodle Dough Sheet		
				Lightness	L	Color ^b
		a	b			
Year (Y)	3	9459.12***	355.68***	1683.59***	2060.61***	662.18***
Genotypes (G)	21	713.24***	141.87***	861.90***	145.02***	172.64***
Y × G	63	161.16***	20.13***	22.98***	22.63***	11.53***

** and *** are significant at $P = 0.05$, $P = 0.01$ and $P = 0.001$, respectively.

^bL*= lightness; a*= redness-greenness; b*= yellowness-blueness.

Table 2. Grain properties of 22 Korean wheat cultivars grown in four years.

Cultivar	Test Weight (g)	1000 Kernel Weight (g)	PPO Activity	Total Polyphenol (mg/g)	Fe (mg/100g)
Alchan	804.33	35.00	0.37	13.86	3.25
Anbaek	811.83	47.23	1.25	15.11	3.88
Cheonggye	808.92	35.93	0.38	14.16	3.56
Dahong	794.08	33.01	0.35	15.14	2.72
Eunpa	820.92	37.43	0.97	15.03	3.81
Geuru	804.42	48.80	1.29	16.85	3.83
Gobun	814.00	39.21	1.43	15.79	3.79
Jinpoom	815.33	39.64	0.39	13.20	3.55
Joeun	831.58	38.24	1.34	15.19	4.50
Jokyung	807.67	48.56	1.26	14.63	3.20
Jonong	806.17	45.66	1.23	14.36	3.52
Jopoom	812.33	39.69	0.68	14.21	4.31
Keumkang	821.58	47.44	1.03	15.89	4.15
Milsung	808.25	34.89	0.46	14.25	3.09
Namhae	777.50	37.84	0.38	14.84	2.82
Ol	787.17	40.09	1.07	14.49	3.46
Olgeuru	812.33	43.05	0.66	15.13	3.54
Saeol	806.42	37.06	0.44	15.07	3.31
Seodun	744.50	37.12	0.36	13.84	2.96
Tapdong	815.75	39.30	0.97	15.41	2.78
Uri	788.83	39.50	0.48	14.86	3.37
Younbaek	797.08	42.96	0.45	14.05	3.39
LSD ^a	36.28	0.30	0.06	0.74	0.38

^aLeast significant difference ($P < 0.05$).

이 낮았다. 평균 총 폴리페놀 및 철 함량과 밀가루 명도는 각각 11.27 mg/g, 1.86 mg/100 g과 90.57로 나타났으며, 총 폴리페놀 함량은 조은밀이 12.69 mg/g으로 높았고, 우리밀

은 9.87 mg/g으로 낮았다. 철 함량은 청계밀이 2.51 mg/100 g으로 높았고 밀성밀은 1.55 mg/100 g으로 낮았다. 밀가루 명도는 우리밀이 91.79로 높았고 그루밀은 89.23으로 낮았

Table 4. Characteristics of noodle dough sheet from 22 Korean wheat cultivars grown in four years.

Cultivar	Noodle Dough Sheet			
	Thickness (mm)	Color ^a		
		L	a	b
Alchan	1.76	83.39	-1.69	15.71
Anbaek	1.79	79.39	-1.99	17.45
Chunggye	1.76	82.86	-1.46	16.88
Dahong	1.76	83.53	-1.80	16.78
Eunpa	1.81	80.26	-1.60	17.28
Geuru	1.80	79.05	-2.04	18.00
Gobun	1.84	79.80	-1.43	16.78
Jinpoom	1.75	82.15	-1.99	17.93
Joeun	1.89	79.04	-1.18	17.00
Jokyung	1.77	81.95	-2.17	17.82
Jonong	1.77	80.15	-1.44	15.48
Jopoom	1.86	79.81	-1.74	18.13
Keumkang	1.88	82.10	-1.85	16.73
Milseong	1.69	83.49	-2.45	16.87
Namhae	1.77	82.67	-1.44	15.99
Oi	1.69	82.28	-1.80	18.75
Olgeuru	1.72	82.78	-2.10	16.89
Saeol	1.72	82.84	-1.98	16.38
Seodun	1.80	83.27	-1.93	18.27
Tapdong	1.83	80.85	-1.50	17.56
Uri	1.76	83.21	-1.89	17.48
Younbaek	1.81	82.32	-2.33	17.00
LSD ^b	0.01	0.15	0.07	0.18

^aL*= lightness; a*= redness-greenness; b*= yellowness-blueness; $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$.

^bLSD: Least significant difference(P = 0.05).

Table 5. Coefficient of correlation among grain characteristics, Fe and total polyphenol content, flour characteristics and properties of noodle dough sheet from 22 Korean wheat cultivars grown in four years.

Cultivar	Noodle Dough Sheet			
	Thickness	Color		
		Lightness	Redness-Greeness	Yellowness-Blueness
<i>Grain Characteristics</i>				
Test Weight	0.315	-0.503*	0.183	-0.189
1,000 Weight	0.240	-0.477*	-0.252	0.183
PPO Activity	0.430*	-0.811***	0.280	0.154
Total Polyphenol	0.347	-0.470*	0.152	-0.014
Fe	0.558**	-0.675***	0.224	0.142
<i>Flour Characteristics</i>				
Flour Yield	0.529*	-0.225	-0.329	0.272
Ash	0.540**	-0.479*	-0.056	0.334
Protein	0.720***	-0.717***	0.270	0.134
Total Polyphenol	0.430*	-0.565**	0.133	-0.069
Fe	0.239	-0.238	0.558**	-0.504*
Lightness	-0.513*	0.684***	-0.085	0.378

다. 제분율은 밀가루의 회분($r = 0.635^{**}$) 및 단백질 함량($r = 0.509^*$)과 정의 상관관계를 나타내었으며, 밀가루 명도는 회분($r = -0.634^{**}$) 및 단백질 함량($r = 0.635^{**}$)과 총 폴리페놀 함량($r = -0.493^*$)과 부의 상관관계를 나타내었다. 단백질 함량은 총 폴리페놀 함량과 정의 상관관계를 나타냈으며($r = 0.746^{***}$). PPO 활성은 총 폴리페놀 함량과 정의 상관관계를 나타내었다($r = 0.588^{**}$). 이러한 상관관계는 국내 및 외국 밀 품종의 결과와도 유사하였다(Baik *et al.*, 1994; Kang *et al.*, 2011). 국내 밀 품종의 밀가루 명도를 높이기 위해서는 밀가루의 회분 및 단백질 함량은 물론 총 폴리페놀 함량과 철 함량이 낮은 밝은 계통을 선발 해야 한다. 밀성밀, 다홍밀, 새올밀, 남해밀, 올그루밀과 우리밀은 낮은 리터중과 PPO 활성이 낮지만 총 폴리페놀 함량과 철 함량은 국내 밀 품종의 평균 수준을 나타내었기 때문에 국내 밀 품종의 밀가루 명도 개선을 위한 육성 모재로 이용이 가능할 것으로 생각되며, 그루밀과 조은밀은 제분율이나 밀가루 명도는 떨어지지만 총 폴리페놀 함량이나 PPO 활성은 높았고 철 함량 역시 높게

나타났기 때문에 국내 밀 품종의 영양성 증진을 위한 육성 모재로 이용이 가능할 것이다.

국수 제조 특성인 면대 두께와 색도를 평가한 결과(Table 4), 평균 면대 두께는 1.78 mm였으며, 평균 면대의 명도, 적색도 및 황색도는 81.82, -1.84와 17.15로 나타났다. 면대 두께 범위는 1.69 mm~1.89 mm였으며, 면대의 명도, 적색도 및 황색도 범위는 각각 79.04~ 83.53, -2.45~-1.18과 15.48~18.75로 나타났다. 면대 두께는 종실의 PPO 활성과 정의 상관관계를 나타내었고, 종실에서는 철 함량과 정의 상관관계를 나타내었고, 밀가루의 총 폴리페놀 함량과 정의 상관관계를 나타내었다(Table 5). 단백질 및 회분 함량은 면대 두께와 정의 상관관계를 나타내었고, 밀가루 명도와는 부의 상관관계를 나타내었다. 면대의 명도는 밀가루 명도와 정의 상관관계를 나타내었으며, 나머지 종실 특성과 밀가루 특성과는 부의 상관관계를 나타내었다. 면대의 적색도 및 황색도는 철 함량과 상관관계를 나타내었다. 이러한 상관관계는 이전의 결과와 유사하였다(Park *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2011). 일부 품종을 제외하

Table 6. Fe content of wholemeal and color of grain and wholemeal stained by potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate of 22 Korean wheat cultivars grown in 2011.

Cultivar	Fe		Color								
	(mg/100 g)		Grain			Wholemeal			Flour		
	Wholemeal	Flour	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Alchan	3.11	2.19	43.89	3.43	16.97	67.72	-2.16	13.75	78.82	-4.92	9.51
Anbaek	4.16	2.09	39.57	3.47	15.28	65.76	-4.07	12.74	74.99	-6.15	9.45
Chunggye	3.45	1.96	42.81	4.10	18.39	67.11	-2.75	13.74	79.79	-4.74	10.17
Dahong	2.71	1.87	42.74	4.74	18.35	68.40	-1.29	14.98	80.51	-4.34	10.11
Eunpa	3.76	1.86	42.03	4.97	18.29	65.27	-4.52	12.73	78.08	-4.77	10.63
Geuru	3.40	1.95	43.95	4.16	18.31	66.43	-3.31	13.15	78.00	-5.36	10.45
Gobun	3.37	2.27	42.82	3.26	16.22	66.22	-3.44	13.63	77.79	-4.67	9.45
Jinboom	3.18	2.02	43.22	3.27	16.08	66.44	-3.52	13.47	78.40	-4.89	11.27
Joeun	4.20	2.12	42.51	3.16	15.34	63.29	-5.47	11.36	73.57	-6.74	7.58
Jokyung	3.17	1.98	46.29	3.09	17.46	69.58	-6.01	11.13	75.48	-5.83	9.20
Jonong	3.76	2.12	45.86	3.36	18.22	67.37	-4.67	10.77	75.47	-4.33	7.81
Jopoom	4.23	2.24	43.09	4.40	17.70	65.48	-3.97	12.51	74.38	-5.32	9.27
Keumkang	4.32	2.15	46.93	3.79	18.88	69.44	-7.78	8.08	76.10	-5.55	8.65
Milseong	2.86	1.49	43.19	5.28	19.81	67.83	-4.12	12.66	76.74	-5.69	8.42
Namhae	2.78	2.13	45.04	3.99	18.51	68.25	-2.27	13.78	81.61	-3.59	10.49
Ol	3.50	1.63	46.62	4.56	20.34	68.20	-3.42	13.60	80.58	-4.22	11.43
Olgeuru	3.74	1.90	44.43	2.63	15.96	68.00	-3.88	11.97	78.52	-5.59	8.48
Saeol	3.24	1.90	45.19	6.63	22.33	67.38	-3.58	12.82	79.97	-4.63	9.27
Seodun	2.91	1.74	44.33	5.89	20.71	67.69	-4.08	13.41	77.40	-5.16	10.84
Tapdong	2.74	2.15	42.69	4.09	16.35	67.03	-2.43	13.52	78.76	-4.36	9.46
Uri	2.74	1.44	46.95	7.40	22.84	68.72	-2.27	13.64	78.14	-5.14	9.43
Younbaek	3.70	2.03	51.29	4.35	22.29	71.65	-5.76	11.40	76.72	-5.51	8.62
LSD ^b	0.21	0.11	0.54	0.36	0.47	0.37	0.18	0.20	0.70	0.27	0.32

^aL*= lightness; a*= redness-greenness; b*= yellowness-blueness.

^bLSD: Least significant difference($P = 0.05$).

고 국내 밀 품종은 단백질 함량이 10% 정도로 국수 제조에 적합하지만 국수 면대의 명도는 수입산 중력분에 비해 어두운데 이러한 단점을 극복하기 위해서는 밀가루 명도가 밝아야 하는데 이를 위해서는 PPO 활성이 낮은 계통이 유리하다(Baik *et al.*, 1994; Park *et al.*, 1997). 최근 들어 PPO 활성과 상관 있는 DNA 표지인자를 활용한 계통 선발이 국내에서도 이루어지고 있다(Kim *et al.*, 2012). 이러한 표지인자를 육종 초기 세대 선발에 적용한다면 국내 밀 품종의 국수 면대 색택 개선이 가능할 것으로 생각한다. 국수 면대의 명도가 총 폴리페놀 함량 및 철 함량과 부의 상관을 나타내기 때문에 국수 색택 개선을 위해서는 이들 함량이 낮은 계통 위주 선발이 이루어져야 하지만, 이들 형질은 영양학적

으로 중요하기 때문에 이들 함량이 높으면서 PPO 활성이 낮은 계통을 선발해야 한다. 또한 국수 면대 색택에 관련 있는 형질들은 재배 환경에 영향을 많이 받기 때문에 재배 적인 측면에서 관리에 대한 기술 개발이 필요하고, 등숙 환경이 외국 밀 재배 환경과 차이가 많이 나기 때문에 이에 대한 생리적인 분석도 필요하다.

철 간이 검정

철 함량은 영양학적으로 중요하지만, 밀가루 색 및 국수 면대와 부의 상관을 나타내고 있는데, 철 함량 분석에는 많은 시간과 노력이 필요하다. Choi *et al.*(2007)은 이러한 단점을 극복하기 위하여 철과 반응하여 푸른색을 내는 potassium

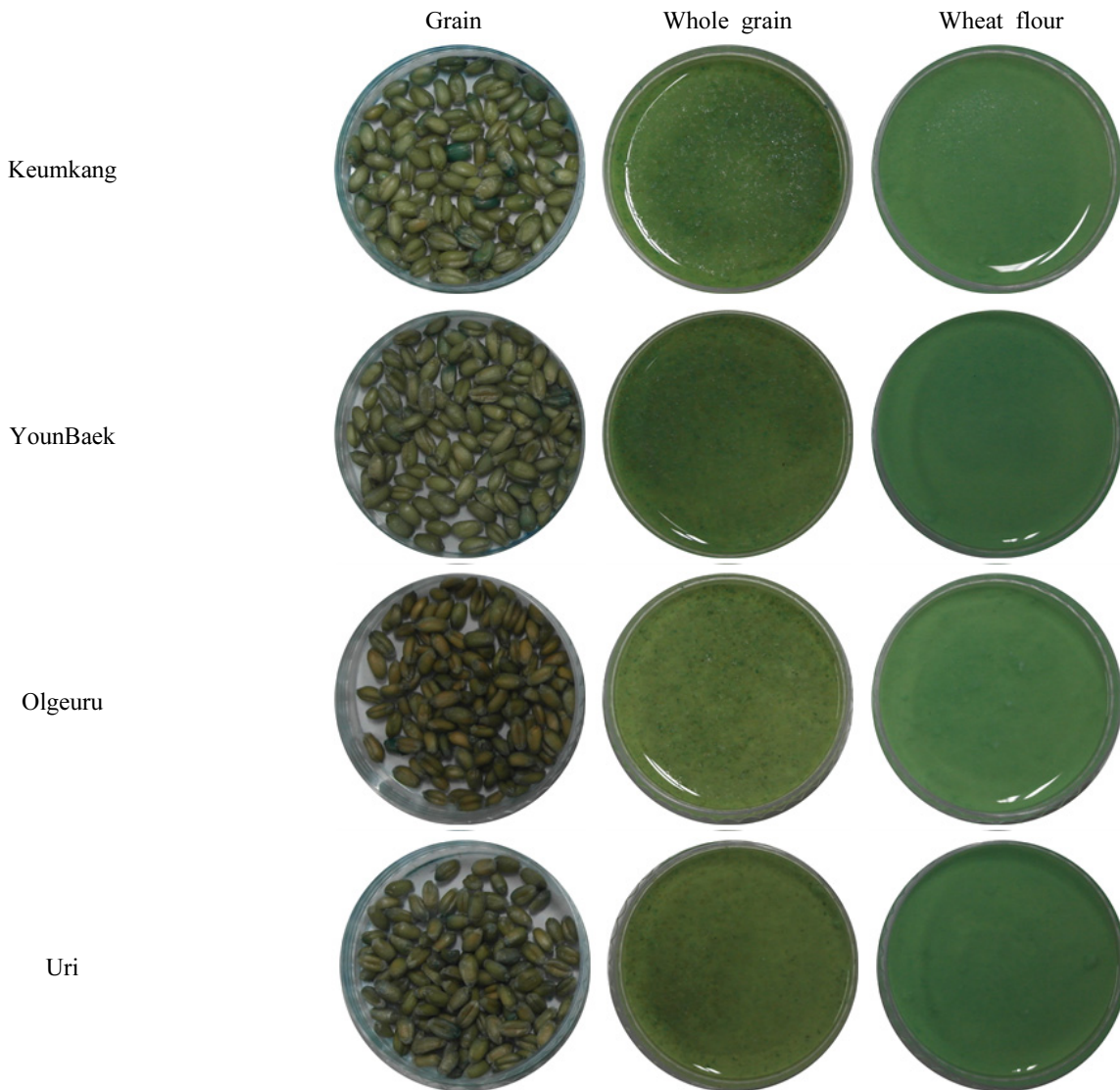


Fig. 2. Appearance of grain (A), wholemeal (B) and flour (C) stained by potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate.

hexacyanoferrate(II) trihydrate(PHT)를 종자에 처리하여 발색 정도를 통하여 종실의 철 함량을 검정하는 방법을 고안하였다. 이러한 철 함량 간이 검정을 국내 밀 품종에 적용하기 위하여 PHT 처리 후 염색한 종실, 통밀가루 및 밀가루의 색도를 측정하였다(Table 6). 2011년에 수확한 밀 품종의 평균 철 함량은 3.40 mg/100 g이며, 범위는 2.71~4.32 mg/100 g이었다. PHT를 처리 한 후에 측정된 종실의 명도, 적색도 및 황색도의 평균은 각각 44.01, 4.27과 18.21이었다. 명도의 범위는 종실 색도의 범위는 39.57~51.29였고, 적색도와 황색도의 범위는 각각 2.63~7.40과 15.28~22.84였다. 국내 밀 품종도 PHT 처리에 의해서 푸른색으로 염색은 되었지만(Fig. 2), PHT로 염색 후 색도를 측정한 결과 백립계 품종인 금강밀, 조경밀과 연백밀은 명도가 46.29이상으로 적립계 밀 품종에 비하여 높게 나타났다. 그러나 이들 백립계 밀 품종은 적립계 밀 품종에 비하여 PHT에 의한 염색 정도가 적었다(Fig. 2-A). 이렇듯 종실을 PHT로 염색하여 측정된 색도와 종실의 철 함량은 상관이 없었다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 종실을 분쇄한 후 PHT를 처리하여 색깔을 측정된 결과, 명도, 적색도 및 황색도의 평균은 각각 67.22, -3.76과 12.73이었다. 명도의 범위는 종실 색도의 범위는 63.29~71.65였고, 적색도와 황색도의 범위는 각각 -7.78~-1.29과 8.08~14.98였다. 종실의 철 함량은 PHT로 염색된 통밀가루의 적색도($r = -0.665^{***}$) 및 황색도($r = -0.658^{***}$)와 부의 상관을 나타내었지만, 명도와는 상관이 없었다. 그러나, PHT로 염색된 종실의 명도와 PHT로 염색된 통밀가루의 명도는 정의 상관을 나타내었지만($r = 0.800^{***}$, Fig. 3-A), 적색도와 황색도간에는 상관이 없었다. 이러한 결과는 철함량 간이 검정인 PHT로 염색하는 방법 측정은 종실을 이용하는 것 보다는 종실을 분쇄하는 것이 보다 좋은 것으로 나타났다.

밀가루에 철 함량과 PHT를 처리하여 색깔을 측정된 결과, 철 함량과 명도, 적색도 및 황색도의 평균은 각각 1.96 mg/100g, 77.77, -5.05과 9.59이었다. 밀가루의 철 함량 범위는 1.44~2.27 mg/100g이었고, 명도의 범위는 종실 색도의 범위는 73.57~81.61였고, 적색도와 황색도의 범위는 각각 -6.74~-3.59과 7.58~11.43이었다. 밀가루의 철 함량은 종실의 철 함량과 정의 상관을 나타냈지만($r = 0.433^*$, Fig. 3-B), PHT로 염색된 밀가루나 통밀가루의 색도와는 상관이 없는 것으로 나타났다. 그러나, PHT로 염색된 밀가루의 명도는 종실의 철 함량과 부의 상관을 나타내었다(Fig. 3-C). PHT로 염색된 통밀가루는 외관상으로 밀가루를 PHT로 처리한 것 보다 어둡게 나타났는데 이는 통밀가루에 종실의 껍질 부분이 포함되었고, 껍질 부분은 배유 부분 보다 많은

양의 철을 함유하고 있기 때문이다(Fig. 2-B, C). 통밀가루와 밀가루간에 철 함량의 차이가 품종 간에 나타나는데 이러한 차이를 검정하기 위한 간이검정법은 앞으로 개발이 필요할 것으로 생각된다.

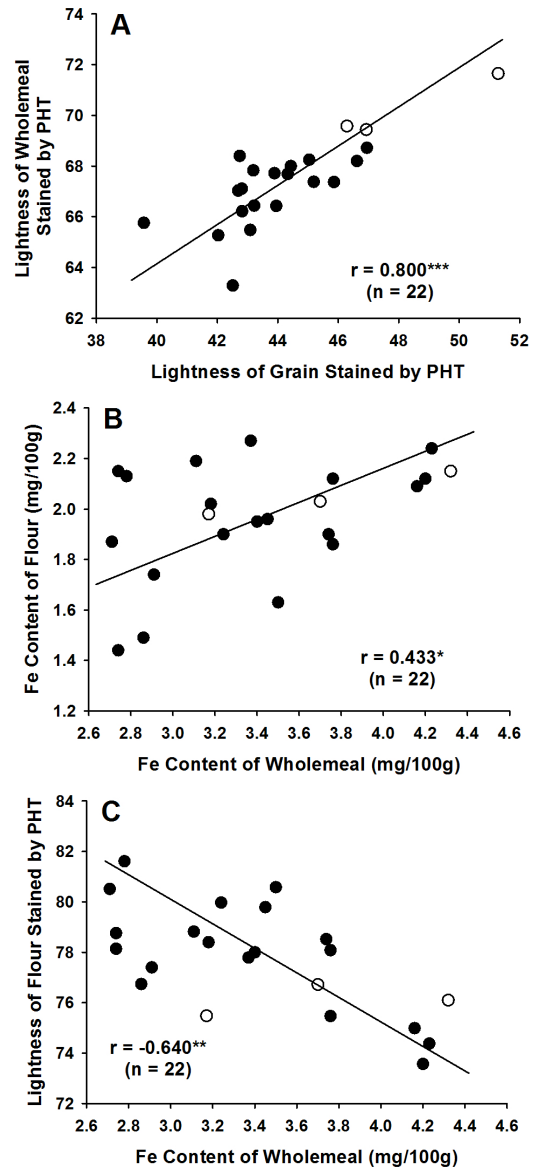


Fig. 3. The relationship between Fe content of wholemeal and Fe content of flour (A), Fe content of wholemeal and lightness of flour stained by potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate (B) and lightness of grain stained by potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate and lightness of wholemeal stained by potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate of 22 Korean wheat cultivars with red grain color (●) and white grain color (○).

적 요

본 연구는 국내 밀 품종의 국수 색깔 및 이와 관련된 종실 및 밀가루 특성 평가를 통하여 국수 면대 색깔 향상을 위해 선발에 이용할 수 있는 방법을 개발하고, 특히 철함량이 국수면대 밝기에 미치는 영향을 평가하여 영양학적으로 우수한 철 고함유 계통 선발을 위한 간이검정법의 적용을 위해 수행하였다. 국내 밀 품종의 밀가루 밝기는 회분($r = -0.634, P < 0.01$), 단백질 함량($r = -0.635, P < 0.01$) 및 총 폴리페놀함량($r = -0.493, P < 0.05$)과 부의 상관을 나타내었다. 면대 색깔은 밀가루 명도($r = 0.684, P < 0.001$)와 정의 상관을 보였고, 종실특성에서 리터중, 천립중, PPO 활성 및 총 폴리페놀 함량과는 부의 상관을 보였다. 또한 밀가루 특성에서 회분, 단백질 함량과 총 폴리페놀함량은 면대 밝기와 부의 상관을 보였고, 연차간 및 품종간 변이에 영향을 받는 것으로 나타났다. 철은 밀가루 색 및 국수 면대 밝기와 부의 상관을 나타냈고, 간이검정법으로 Potassium hexacyanoferrate(II) trihydrate(PHT) 처리를 한 결과 푸른색으로 염색되었다. 종실을 PHT로 염색하여 측정한 색도와 종실의 철 함량은 상관을 보이지 않았으나, 종실을 분쇄한 통밀가루에서는 PHT로 염색된 통밀가루의 적색도($r = -0.665, P < 0.001$)와 황색도($r = -0.658, P < 0.001$)와 부의 상관을 나타내었다. 또한 PHT로 염색된 밀가루의 밝기는 종실의 철 함량($r = -0.640, P < 0.01$)과 부의 상관을 나타내었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 아젠다 과제 PJ008756과 PJ906953 지원에 의해 이루어진 연구 결과의 일부임.

인용문헌

AACC International. 2010. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Available online only. AACCI: St. Paul, MN, USA.
 Andrew, L. W. 2003. Determination of total phenolics. 11.1.1-11.1.8. In: Current Protocol in Food Analytical Chemistry. Wrolstad, R.E. ed. John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK.
 Baik, B. K., Z. Czuchajowska, and Y. Pomeranz, 1995. Discoloration of dough for oriental noodles. *Cereal Chem.* 72:198-205.
 Choi, E. Y., R. Graham, and J. Stangoulis. 2007. Semi-quantitative analysis for selecting Fe- and Zn-dense genotypes of staple food crops. *J. Food Comp. Anal.* 20:496-505.
 Crosbie, G. B. and W. J. Lambe. 1993. The application of the flour swelling volume test for potential noodle quality to

wheat breeding lines. *J. Cereal Sci.* 18:267-276.
 Dick, J. W. and R. R. Matsuo. 1988. Durum wheat and pasta products. Pages 507-547. in: *Wheat: Chemistry and Technology*, Vol. 2, 3rd ed. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN.
 Gaines, C. S., P. L. Finney, and G. Rubenthaler. 1996. Milling and baking qualities of some wheats developed for eastern or northeastern regions of the United States and grown at the both locations. *Cereal Chem.* 73:521-525.
 Hatcher, D. W., M. J. Anderson, R. G. Desjardins, N. M. Edwards, and J. E. Dexter. 2002. Effects of flour particle size and starch damage on processing and quality of white salted noodles. *Cereal Chem.* 79:64-71.
 Hatcher, D. W. and S. J. Symons. 2000. Assessment of oriental noodle appearance as a function of flour refinement and noodle type by image analysis. *Cereal Chem.* 77:181-186.
 Kang, C. S., K. H. Kim, J. C. Park, K. H. Kim, K. G. Park, Y. K. Cheong, S. J. Yoon, and C. S. Park. 2011. Relationship between polyphenol oxidase activity and color of white salted noodles prepared from Korean wheat cultivar. *Kor. J. Breed. Sci.* 43:402-410.
 Kang, C. S., C. S. Park, J. C. Park, H. S. Kim, Y. K. Cheong, K. H. Kim, K. J. Kim, K. H. Park, and J. G. Kim. 2010. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars I. End-use Properties. *Kor. J. Breed. Sci.* 42:61-74.
 Kim, K. H., C. S. Kang, Y. K. Cheong, C. S. Park, K. H. Kim, H. S. Kim, Y. J. Kim, and S. J. Yun. 2011. Selection of Korean wheat germplasm with low polyphenol oxidase using polyphenol oxidase-specific DNA markers. *Kor. J. Breed. Sci.* 44:11-18.
 Lang, C. E., S. P. Lanning, G. R. Carlson, G. D. Kushnak, P. L. Bruckner, and L. E. Talbert. 1998. Relationship between baking and noodle quality in hard white spring wheat. *Crop Sci.* 38:823-827.
 Lyddon, C. 2004. Flour millers join to fight malnutrition. *World Grain*, 23:42-45.
 Miskelly, D. M. 1984. Flour components affecting paste and noodle colour. *J. Sci. Food Agric.* 35:463-471.
 Monasterio, J. I. and R. D. Graham. 2000. Breeding for trace minerals in wheat. *Food Nutr. Bulletin* 21:393-396.
 Oh, N. H., P. A. Sieb, A. B. Ward, and C. W. Deyoe. 1985a. Noodles IV. Influence of flour protein, extraction rate, particle size, and starch damage on the quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chem.* 62:441-446.
 Oh, N. H., P. A. Sieb, A. B. Ward, and C. W. Deyoe. 1985b. Noodles VI. Functional properties of wheat flour components in oriental dry noodles. *Cereal Foods World* 30:176-178.
 Ortiz-Monasterio, J. I., N. Palacios-Rojas, E. Meng, K. Pixley, R. Trethowan, and R. J. Peña. 2007. Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *J. Cereal Sci.* 46:293-307.
 Oury, F. X., F. Leenhardt, C. Remesy, E. Chanliaud, B.

- Duperrier, F. Balfourier, and G. Charmet. 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentration in bread wheat. *Euro. J. Agron.* 25:177-185.
- Ozturk, L. M. A. Yazici, C. Yucel, A. Torun, C. Cekic, A. Bagci, H. Ozkan, J. Braun, Z. Sayers, and I. Cakmak. 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. *Physiol. Planta.* 128:144-152.
- Park, C. S., B. H. Hong, and B. K. Baik. 2003. Protein quality of wheat desirable for making fresh white salted noodles and its influences on processing and texture of noodles. *Cereal Chem.* 80:297-303.
- Park, W. J., D. R. Shelton, C. J. Peterson, T. Martin, S. D. Kachman, and R. L. Wehling. 1997. Variation in polyphenol oxidase activity and quality characteristics among hard white wheat and hard red winter wheat samples. *Cereal Chem.* 74:7-11.
- Ranum, P., R. Mustafarov, R. J. Peña, A. Abugaliev, and A. Morgounov. 2006. Wheat, flour, and bread in Central Asia. *Cereal Foods World* 51:166-171.
- Stein, A. J., J. V. Meenakshi, M. Qaim, P. Nestel, H. P. S. Sachdev, Z. A. Bhutta. 2005. Analyzing health benefits of biofortified staple crops by means of the disability-adjusted life years approach—a handbook focusing on iron, zinc and vitamin A. HarvestPlus Technical Monograph No. 4. HarvestPlus, Washington, D.C.
- Stoltzfus, R. J., L. Mullany, and R. E. Black. 2004. Iron deficiency anemia. M. Ezzati, A.D. Lopez, A. Rodgers, C.J.L. Murray (Eds.), *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attribution to Selected Major Risk Factors*, vol. I World Health Organization, Geneva.
- Toyokawa, H., G. L. Rubenthaler, J. R. Powers, and E. G. Schanus. 1989a. Japanese noodle qualities. I. Flour components. *Cereal Chem.* 66:382-386.
- Toyokawa, H., G. L. Rubenthaler, J. R. Powers, and E. G. Schanus. 1989b. Japanese noodle qualities. II. Starch components. *Cereal Chem.* 66:387-391.
- Wang, C., M. I. P. Kovacs, D. B. Fowler, and R. Holley. 2004. Effects of protein content and composition on white noodle making quality:color. *Cereal Chem.* 81:777-784.
- Kang, C. S., Y. K. Cheong, S. L. Kim, D. K. Kim, J. G. Kim, and C. S. Park. 2008. Effect of polyphenol oxidase activity on discoloration of noodle dough sheet prepared from Korean wheats. *Kor. J. Crop Sci.* 53:187-195.
- Lang, C. E., S. P. Lanning, G. R. Carlson, G. D. Kushnak, P. L. Bruckner, and L. E. Talbert. 1998. Relationship between baking quality and noodle quality in hard white spring wheat. *Crop Sci.* 38:823-827.
- Habernicht, D., J. M. Martin, and L. E. Talbert. 2002. End-use quality of hard red and hard white spring wheat contaminated with grain of contrasting classes. *Cereal Chem.* 79:404-407.
- Souza, E. J., J. M. Martin, M. J. Guttieri, D. K. Habernicht, S. P. Lanning, R. McLean, G. R. Carlson, and L. E. Talbert. 2004. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. *Crop Sci.* 44:425-432.
- Guttieri, M. J., R. McLean, J. C. Stark, and E. J. Souza. 2005. Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheats for optimum bread and noodle quality. *Crop Sci.* 45:2049-2059.
- Park, C. S., H. S. Kim, D. H. Kim, J. N. Hyun, and C. S. Kang. 2012. Environment impacts of Korean and CIMMYT wheat lines on protein characteristics and bread making quality. *Kor. J. Crop Sci.* 57:1-11.
- Shin, S., C. S. Kang, J. U. Jeung, B. K. Baik, S. H. Woo, and C. S. Park. 2012. Influence of allelic variations of glutenin and puroindoline on flour composition, dough rheology and quality of white salted noodles from Korean wheat cultivars. *Kor. J. Breed. Sci.* 44:406-420.
- Park, C. S., C. S. Kang, Y. K. Cheong, J. W. Jung, and S. H. Woo. 2010. Influences of puroindoline genotypes on grain characteristics, physico-chemical properties of flour and end-use quality of Korean wheats. *Breed. Sci.* 60:233-242.