근적외선 분광분석기를 이용한 밀 품질 분석 및 계통 선발 응용

김경훈^{1*} · 강천식² · 최인덕³ · 김학신² · 현종내¹ · 박철수⁴

¹국립식량과학원 남부작물부, ²국립식량과학원, ³국립식량과학원 중부작물부, ⁴전북대학교

Analysis of Grain Characteristics in Korean Wheat and Screening Wheat for Quality Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy

Kyeong-Hoon Kim^{1*}, Chon-Sik Kang², In-duk Choi³, Hak-shin Kim², Jong-Nae Hyun¹, and Chul Soo Park⁴

¹Coarse Cereal Crop Research Division, NICS, RDA, Miryang, 627-803, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, WanJu-gun, 565-851, Korea

³Central Area Crop Breeding Division, NICS, RDA, Suwon, 441-707, Korea

⁴Department of Crop Science and Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

Abstract : Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) has been used as a rapid analysis tool to many components in cereal grains. This study was to investigate the potential NIRS application for determination of components in Korean wheat. Main components of wheat quality are protein content, moisture content, SDS-sedimentation volume and ash content. Wheat has screened for quality, hardness of seed by NIRS in CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). NIRS calibration was used as a rapid and simultaneous analysis method to determine the wheat quality components. A total of 282 wheat samples, collected from a wide range of Korean wheat cultivation region for 2 years, were analyzed by NIRS. NIRS calibration of individual components were developed using first derivation, second derivation and modified partial least-squares regression and internal cross validation method. As a result, calibration formula of protein was $y=0.937x+0.786$, calibration formula of moisture was $y=0.922x+0.911$, calibration formula of ash was $y=0.933x+0.08$, calibration formula of SDS-sedimentation volume was $y=0.947x+2.150$. NIRS calibration for wheat quality may be useful for determining protein($R^2 = 93.6$), moisture($R^2 = 91.6$), SDS-sedimentation volume($R^2 = 94.3$), and ash($R^2 = 93.4$). This study shows that 4 calibrations of NIRS is a useful application in the accurate and rapid determination of wheat quality. Therefore, NIRS could be used to rapidly determine the quality contents of wheat for grade evaluation in a purchasing of wheat cultivation region.

Keywords : Wheat, Near infra-red, NIRS, Grain, Quality

서 언

밀은 전 세계적으로 재배되는 작물로 3대 주식량의 하나이며 세계 곡물 생산량에서 쌀과 옥수수와 함께 매년 각각 약 6억톤씩 생산하고 있고, 주로 밀가루로 만들어 빵, 과자, 국수 등을 만드는 데 이용한다.

밀은 각각의 다양한 가공 용도에 맞게 사용하기 위하여 그 품질을 분석해야 하는데, 밀의 품질 관련 요인들인 수분, 회분, 단백질 함량 및 침전가 등을 AACC 분석법으로 각각 별도의

실험을 통해 이루어지고 있다(AACC 2000). 그러나 이러한 분석방법은 많은 노력과 시간이 소요되고 복잡한 시료 처리과정 이 요구되므로 현장에서 적시에 밀 품질을 분석하기가 어렵다는 단점이 있다(Kim et al. 2013). 또한 단백질 함량 분석 등의 경우에는 원맥이 아닌 분말 상태의 밀을 이용하여 분석을 해야만 하는 단점이 있다.

밀의 수분 함량은 밀 시료 전체 중량에 대한 수분이 차지하는 중량의 백분율로 정의되는 밀의 특성으로서, 곡실의 저장 상태에 영향을 줄 수 있다(Lee et al. 2002). 밀을 저장하는데 있어서 수분 함량이 높으면 저장 기간 동안 부패할 수 있으므로, 가급적 14% 이하의 수분함량을 지니고 있는 원맥을 수매하고 저장을 하고, 필요에 따라 추가적인 조질, 건조 과정 등을 통하여 가공한

*Corresponding author (E-mail address: k2h0331@korea.kr, Tel: +82-55-350-1173, Fax: +82-55-352-3059)

(Received on September 20, 2016. Accepted on October 26, 2016.)

다(Kang et al. 2014).

밀의 회분 함량은 밀 시료 전체 중량에 대한 회분 중량의 백분율로 표시되고, 시료를 완전히 연소시키고 남은 물질인 재의 양으로 측정한다. 밀 종실의 껍질은 배유부에 비하여 무기성분이 많으므로 껍질이 두꺼우면 회분 함량이 증가하게 된다(Halverson & Zeleny 1988). 회분 함량은 밀의 제분성능 및 제분기술과도 밀접한 관련이 있으며, 일반적으로 회분 함량이 증가할수록 밀가루의 색이 어두워지므로 소비자 선호도에 영향을 주기도 한다(Kang et al. 2010a).

밀의 단백질 함량은 함유된 질소의 양을 측정하여 단백질의 양으로 환산하고, 양적 및 질적인 측면에서 밀의 품질을 결정짓는 중요한 요소이다. 밀가루에 수분을 첨가하여 반죽하면 글루테인이 형성되면서 점성을 갖게 된다. 이는 서로 엉켜 그물코 구조를 형성하며 전분입자를 감싸서 다양한 반죽을 만든다. 글루테인은 전체 단백질 중 약 80%를 차지하는 저장 단백질로서 글리아딘(gliadin)과 글루테닌(glutenin)으로 구성되어 신장력과 탄력성에 절대적인 영향을 미친다(Kang et al. 2008). 이와 같이 밀의 단백질 함량은 생성되는 밀가루 반죽의 점성 및 탄성 등에 중요한 영향을 미치므로, 이는 밀가루의 가공용도를 구분하는 기준이 될 수 있다(Lee et al. 2002). 박력분 밀가루는 단백질을 8% 정도 포함하는 것으로 반죽의 점성이 낮아 부드럽고 바삭한 쿠키, 스펀지 케이크 등의 제과용으로 사용된다. 강력분 밀가루는 11~13%의 단백질을 함유하는 것으로 일반 제빵용으로 사용되며 박력분과 강력분의 중간 정도의 글루텐 강도를 갖는 중력분은 국수나 우동 등의 제면용으로 사용될 수 있다(Kang et al. 2010b).

밀의 침전가 함량(SDS-sedimentation volume)은 단백질의 질적 특성을 나타내는 측정값의 하나이고, 밀가루가 균일하게 용해된 용액을 제조하고 충분한 시간동안 방치하여 침전시킨 후 생성된 침전의 부피를 측정한다. 침전가는 밀가루의 단백질 용해도에 근거하여 단백질의 함량이나 질적인 특성에 따라 용출되는 단백질의 양이 달라지고 이에 따라 침강되는 속도가 달라지므로 침전부피가 달라진다는 사실에 기초하여 측정되는 값이다. 따라서, 이를 근거로 단백질의 특성을 파악하여 밀가루 단백질의 특성을 판별할 수 있으며, 일반적으로 침전가가 높을수록 단백질의 함량이나 질적인 특성이 제빵용에 적합하다(Kang et al. 2010b). 따라서, 측정된 밀의 침전가는 밀의 가공용도를 결정하는 또 하나의 인자로 적용할 수 있다.

근적외선 분광법은 1960년대 미국 농무성에서 처음 사용되면서 점차 응용하는 범위가 농업, 식품 및 사료분야에서부터 화학,

의학, 제약 및 섬유분야까지 폭넓게 활용되고 있다. 근적외선 분광분석법을 이용하여 농산물의 품질을 신속하게 판별하며 발전해왔으며, 그 응용분야도 확대되고 있는 추세이다(Chung & Kim 2000, Ferdinand & Thomas 2011). 국외에서는 밀 원맥, 백밀가루 그리고 통밀가루의 품질 분석시에 활용하고 있다(Williams 1979, Owens et al. 2009). 또한, 밀을 수확하는 기계에 근적외선 분광분석 기기를 설치하여 수확과 동시에 원맥의 품질을 파악하기도 한다(Fox et al. 2010). 국제옥수수밀연구소와 국내 연구소에서도 근적외선 분광법을 이용하여 토양 유기물 함량 측정, 한국 쌀과 일본 쌀의 품질 비교 및 돈분뇨 액비 성분 분석 등 다양하게 응용되고 있다(Cho et al. 2001, Choi et al. 2007, Kim 2004).

본 연구에서는 밀을 수확한 후 빠르고 간단하게 밀의 품질을 평가할 수 있는 방법을 찾기 위하여 근적외선 분광분석기를 이용하고자 한다. 원맥을 마쇄하지 않고 그 상태 그대로 분석이 가능할 뿐만 아니라 단 한 번의 근적외선 분광법만으로도 수분, 회분, 단백질 및 침전가 함량 등 밀 품질에 영향을 미치는 다양한 인자들을 동시에 분석할 수 있는 방법을 개발하여 계통 선발 및 산물수매처에서 응용하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험은 2011년과 2012년, 2년 동안 전국 산물수매처의 원맥과 보유한 품종 및 유전자원으로 수행하였다. 전국의 주요 산물수매처 원맥은 전라북도 김제, 전라남도 광주, 경상남도 합천과 사천에서 500g씩 2년간 수집하였다. 전라남북도 및 경상남도지역(김제, 장성, 사천 및 합천)의 산물과 전국 각지(전라남북도 150농가, 경상남북도 48농가, 충청남북도 57농가 및 경기 강원지역 27농가)의 원맥을 사용하였다. 산물은 산물수매처에서 500g씩 수집하였으며, 원맥은 전국의 재배지로부터 수집하였다. 2012년에 파종한 생산력 검정 시험 계통을 수확하여 검량곡선으로 품질을 확인하였다.

NIR 스펙트럼 수집

밀 시료를 정선 후 건전한 곡립 50립(또는 3g)을 취하여 근적외선 분광분석기(Bruker, MPA)의 측정병에 넣고, NIR 분광분석기의 광 측정 위치에 올려놓고, 근적외선을 조사하고 반사되는 빛을 받아들여 스펙트럼을 얻었다. 반사된 광의 세기는 조사한 광의 세기로부터 투과된 광의 세기를 뺀 값과 일치하며, 3회

Fig. 1. Wave range of moisture (A), ash (B), protein (C) and SDS-sedimentation (D) in NIR spectroscopy.

반복하여 측정된 스펙트럼을 저장하고, 시료를 교체한 후 각 시료에 대해 과정을 반복하였다.

밀 품질분석

정선된 원맥을 마쇄기(Udy cyclone sample mill, Fort Collins, CO, 미국)를 이용하여 마쇄하였다. 단백질은 질소/단백질 분석기(Kjeltec 8400, Foss)를 이용하여 전질소함량을 구한 다음 질소계수 5.7을 곱하여 산출하였고(AACC Method 46-30 방법), 밀 시료를 습식 수분 측정방법인 AACC Method 44-15A 방법으로 수분함량을 측정하였고, 회분은 AACC Method 08-01 방법으로 회화로를 이용하여 회분 함량을 측정하였다. 침전가는 SDS(Dodecyl sulfate of sodium)-침전시험(SDS-sedimentation test)방법을 이용하여 분석하였다.

검량식 작성과 검증

검량곡선을 작성하기 위하여 모든 시료에 대한 스펙트럼을 불러들여 1차 미분, 2차 미분 등의 통계분석으로 최적의 검량곡선을 생성하였다. 수분 검량곡선은 1차미분과 직선뺄셈법

(straight line subtraction)을, 회분 검량곡선은 1차미분과 벡터 정규화(vector normalization)를, 단백질 검량곡선은 1차 미분과 승법산포수정법(multiplicative scatter correction; MSC)을, 그리고 침전가 검량곡선은 1차미분을 주로 적용하였다. 검량곡선은 일반분석 데이터와 비교하여 오차를 최소화하도록 최적화하였고 성분별 파장 영역대는 Fig. 1과 같다. 수분 함량의 파장 영역대는 9311.1 ~ 4474.3이었고, 회분 함량의 파장 영역대는 8794.3 ~ 5191.7과 4597.7 ~ 4134.8이었으며, 단백질 함량의 파장 영역대는 9588.8 ~ 8100.0, 7644.8 ~ 6518.6, 6001.7 ~ 5392.3 및 4960.3 ~ 4489.7이었다. 침전가의 파장 영역대는 8886.8 ~ 8076.8, 7621.7 ~ 5986.3, 5361.4 ~ 4991.1 및 4505.1 ~ 4158.0이었다.

통계분석

이 실험에서 얻어낸 데이터는 SAS Ver. 9.1 program(SAS, 2002)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리구간의 통계적인 차이를 구명하였다.

Table 1. Moisture, ash, protein content and SDS-sedimentation of wheat grain of participated farmers by location in 2011 and 2012.

Province	No. of region	No. of farmer	Grain			
			Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	SDS-sedimentation (ml)
Chungcheongbuk-do	2	13	10.4 b [†]	1.53 abcd	12.5 bc	41.83 c
Chungcheongnam-do	2	26	11.1 ab	1.59 ab	12.8 bc	43.72 bc
Gangwon-do	1	8	13.6 a	1.47 cd	14.2 ab	47.00 ab
Gyeonggi-do	1	3	13.8 a	1.60 a	14.5 ab	45.22 bc
Gyeongsangbuk-do	1	3	9.7 b	1.48 bcd	12.1 c	44.31 bc
Gyeongsangnam-do	2	38	10.4 b	1.57 abc	12.1 c	41.94 c
Jeollabuk-do	5	25	11.5 ab	1.44 d	15.1 a	50.85 a
Jeollanam-do	5	59	11.8 ab	1.59 ab	13.7 abc	44.42 bc
Total/Mean	19	175	11.3	1.55	13.4	44.91

[†]Values followed by same letters are not significantly different at $P < 0.05$.

결과 및 고찰

농가 재배 밀의 원맥 특성

지역별로 수집한 원맥의 품질을 분석한 결과, 수분 함량은 산물수매시 함량에서 13% 이하로 낮추기 때문에 품질 분석에서는 평균 11.3% 함량을 나타냈다(Table 1). 강원도와 경기도의 원맥에서만 13.6~13.8%를 나타냈고, 나머지 지역의 원맥은 11.8% 이하로 나타났다. 수분 함량은 원맥의 건물량과 부의 상관이고, 밀의 품질을 결정하는 요인으로 작용하기 때문에 중요한 항목이다(Lee et al. 2002). 회분 함량은 전국 평균 1.55%로서, 경기도 지역의 원맥이 1.60%로 가장 높았고, 전라북도 지역의 원맥이 1.44%로 가장 낮았다. 회분은 껍질이 두껍거나 등숙 과정 중에서 불량한 경우에 제분하는 밀가루에 포함이 많이되어 함량이 높아진다(Halverson & Zeleny 1988). 그러므로 회분 함량이 높은 경기 지역의 밀 원맥은 껍질이 두껍거나 등숙이 불량했던 것으로 생각된다. 단백질 함량은 평균 13.4%로서, 전라북도 지역의 원맥이 15.1%로 가장 높았고, 그 다음은 경기도 지역, 강원도 지역의 순으로 각각 14.5%, 14.2%를 나타냈으며, 경상북도 지역과 경상남도 지역의 원맥은 단백질 함량이 12.1%로 가장 낮았다. 경상남북도에서는 조경밀 품종을 많이 재배하고 있고, 나머지 지역은 금강밀 또는 백중밀을 많이 재배하고 있다. 이들 품종은 육성 당시 금강밀과 조경밀의 단백질 함량이 다른 품종보다 12.0% 이상으로 높고, 백중밀은 9.0% 이하로 낮았다(Kang et al. 2006, Park et al. 2008, Song et al. 1997). 품종이 재배지역에 따라 본연의 특성을 발현하지 못하고 단백질 함량이

낮거나 높게 나타난 것은 재배 농가의 재배법이 각기 다른 것에 기인한 것으로 생각된다. 재배 농가의 시비량이 표준재배법보다 많이 사용되어 백중밀은 단백질 함량이 다소 높았고, 이러한 면용 품종인 백중밀로 가공된 국수의 경우 품질이 저하되므로 적정 시비에 대한 농가 컨설팅이 필요하다. 또한, 단백질 함량은 생육기간 중 여러 환경 요인인 토양, 기후와 강수량 등에 따라 6%에서 20%까지 변이를 보이기도 하는데, 종실 형성시기에 고온·다습하면 일반적으로 단백질 함량이 낮아지고, 저온·건조하면 높아지며, 토양 유기물 함량과 시비량이 높으면 단백질 함량이 높아진다(Halverson & Zeleny 1988). 침전가는 평균 44.91이었고, 전라북도 지역의 원맥이 50.85로 가장 높았으며, 충청북도 지역과 경상남도 지역의 원맥이 각각 41.83, 41.94로 낮게 나타났다. 침전가는 보통 단백질 함량과 정의 상관을 나타내고, 단백질의 질적 특성을 표현해주므로, 이러한 특성을 참고하여 가공시 밀가루를 용도별로 활용할 수 있도록 미리 품질을 알 수 있다.

NIR 검량선 작성

파장에 따라 형성된 그래프의 피크를 중심으로 함량을 수치화시켜 검량곡선을 확립하기 위하여 1차, 2차 미적분 방법 등으로 통계분석하여 최적화하였다. 수분 함량곡선은 1차미분과 직선 뺄셈법(Straight line subtraction)을, 회분 함량곡선은 1차미분과 벡터 정규화(Vector normalization)를, 단백질 함량곡선은 1차 미분과 승법산포수정법(multiplicative scatter correction; MSC)을, 그리고 침전가 곡선은 1차미분을 주로 적용하였다.

Fig. 2. NIR calibration of moisture(A), ash(B), protein(C) and SDS-sedimentation(D) in Korean wheat.

NIR 스펙트럼으로부터 얻은 데이터는 각 성분에 대한 함량 측정의 정확성을 검토하여 오차범위를 최소화하는 방향으로 최적화하였다. 이에 따라 얻어진 각 성분에 대한 검량곡선은 모두 90을 초과하는 R^2 값을 나타내었다. 단백질 함량 검량곡선은 93.6, 수분 함량 검량곡선은 91.6, 침전가 검량곡선은 94.3 및 회분 함량 검량곡선은 93.4의 R^2 값을 나타내었다. 이렇게 얻어진 각 성분의 함량에 대한 검량수식은 다음과 같다.

수분함량 : $y=0.922x+0.911$;

회분함량 : $y'=0.933x'+0.08$;

단백질 함량 : $y''=0.937x''+0.786$; 및

침전가 함량 : $y'''=0.947x''' +2.150$.

각 수식에서 x 내지 x'''은 각각 수분, 회분, 단백질 및 침전가에 대한 스펙트럼 값으로, 개별 샘플에 대한 스펙트럼 측정 후 파장 영역대의 스펙트럼을 최소자승법으로 수치화하여 수식에 적용하면 NIR 측정값인 y 내지 y'''이 수치화되어 함량을 측정할 수 있다. 각 성분에 대한 최적화된 검량곡선을 Fig. 2에 나타내었다.

NIR 측정값 검증

NIR 분광분석법의 최적화된 검량곡선에 대입하여 얻은 수분,

회분, 단백질 및 침전가를 비교하였다(Table 2). 수분 함량은 지역별로 9.6%~13.9%로 측정되었고, 오차범위는 -0.60~1.47로 나타났으며, 평균 0.27의 차이가 났다. 회분 함량은 지역별로 0.94%~1.62%로 측정되었고, 오차범위는 -0.02~0.65로 나타났으며, 평균 0.19의 차이가 났다. 단백질 함량은 지역별로 12.1%~15.3%로 측정되었고, 오차범위는 -1.40~0.49로 나타났으며, 평균 0.15의 차이가 났다. 침전가는 지역별로 44.17ml~47.69ml로 측정되었고, 오차범위는 -3.16~3.47로 나타났으며, 평균 0.52의 차이가 났다. 결과적으로, 밀 원액으로부터 NIR을 이용하여 측정한 값이 기존의 일반분석값과 비교하여 모든 성분에 대해 ± 0.5 (% 또는 ml) 이내의 오차범위 수준으로 측정됨을 확인하였다.

육성 계통 선발시의 NIR 검량곡선 응용

육성한 계통의 선발과정에서 농업적 형질뿐만 아니라 품질면에서도 신속하게 선별하고자 NIR 검량곡선을 이용한 근적외선 분광분석법을 적용하였다(Table 3). 2012년에 파종하여 2013년에 수확한 생산력 검정 본시험 20계통을 NIR 검량곡선으로 측정한 결과, 수분 함량은 10.5%~12.9%로 측정되었고, 평균

Table 2. Comparison of wheat grain quality with general analysis and NIR analysis in 2011 and 2012.

Province	Moisture(%)		Ash(%)		Protein(%)		SDS-sedimentation(ml)	
	NIR ^{††}	Error range	NIR	Error range	NIR	Error range	NIR	Error range
Chungcheongbuk-do	9.7 c [†]	0.70	0.95 c	0.58	12.6 cd	-0.06	43.35 c	1.52
Chungcheongnam-do	9.6 c	1.47	0.94 c	0.65	12.7 cd	0.06	44.18 bc	0.46
Gangwon-do	13.5 ab	0.13	1.48 ab	-0.01	13.7 abcd	0.49	45.78 ab	-1.22
Gyeonggi-do	13.9 a	-0.05	1.62 a	-0.02	14.5 ab	0.03	46.09 ab	0.87
Gyeongsangbuk-do	10.3 c	-0.60	1.22 bc	0.26	13.5 bcd	-1.40	46.76 a	2.45
Gyeongsangnam-do	10.0 c	0.40	1.57 ab	0.00	12.1 d	-0.01	45.41 abc	3.47
Jeollabuk-do	11.4 bc	0.10	1.38 ab	0.06	15.3 a	-0.17	47.69 a	-3.16
Jeollanam-do	11.8 abc	0.03	1.61 a	-0.02	13.9 abc	-0.17	44.17 bc	-0.25
Total/Mean	11.3	0.27	1.55	0.19	11.3	-0.15	45.43	0.52

[†]Values followed by same letters are not significantly different at $P < 0.05$.^{††}NIR : NIR analysis data**Table 3.** NIR analysis data of advanced yield trial wheat line at NICS in 2013.

Line	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	SDS-sedimentation (ml)
AYT01 [†]	12.2 ab ^{††}	1.64 a	13.0 ab	46.81 ab
AYT02	12.3 ab	1.47 ab	12.7 ab	43.32 ab
AYT03	12.2 ab	1.58 a	12.1 ab	40.72 ab
AYT04	12.2 ab	1.60 a	12.8 ab	47.28 ab
AYT05	11.3 ab	1.48 ab	15.0 ab	57.61 ab
AYT06	11.9 ab	1.50 ab	13.4 ab	49.65 ab
AYT07	12.3 ab	1.56 a	13.3 ab	47.77 ab
AYT08	11.7 ab	1.48 ab	14.1 ab	54.94 ab
AYT09	12.4 ab	1.50 ab	13.4 ab	48.65 ab
AYT10	12.9 a	1.49 ab	10.9 b	36.52 b
AYT11	12.3 ab	1.11 b	12.5 ab	55.20 ab
AYT12	11.7 ab	1.47 ab	15.9 ab	62.24 ab
AYT13	10.5 b	1.55 a	16.1 ab	66.50 ab
AYT14	11.5 ab	1.32 ab	17.2 a	68.19 a
AYT15	11.5 ab	1.49 ab	15.8 ab	62.32 ab
AYT16	11.9 ab	1.51 ab	12.7 ab	49.37 ab
AYT17	12.3 ab	1.53 ab	12.1 ab	42.10 ab
AYT18	12.8 a	1.66 a	11.8 ab	38.37 ab
AYT19	11.3 ab	1.58 a	14.6 ab	56.85 ab
AYT20	11.3 ab	1.34 ab	16.0 ab	62.21 ab
Mean	11.9	1.50	13.8	51.80

[†]AYT : Advanced yield trial^{††}Values followed by same letters are not significantly different at $P < 0.05$.

11.9%이었다. 보통의 건전한 원맥은 12.0%의 수분을 보유하는데, 측정된 결과 값도 이와 유사하게 측정되었으므로 수확 후 계통의 원맥 건조 및 저장 상태의 문제는 없었던 것으로 생각된다. 회분 함량은 1.11%~1.66%의 범위로, 평균 1.50%로 측정되

었다. 통밀 원맥의 회분 함량은 백밀가루보다 1.0% 정도 높게 측정되는데, 이는 종피 부분인 밀기울에 기인하는 것으로 생각된다. 단백질 함량은 10.9%~17.2%의 범위였고, 평균 13.8%로 측정되었다. 단백질 함량도 회분 함량과 마찬가지로 종피 부분의

밀기울에 포함되어 있는 질소 함량으로 인해 단백질 측정시 백밀가루의 함량보다 높게 측정된다(Kang et al. 2010a). 그러므로 NIR 검량곡선으로 측정되어 나온 단백질 함량 값 중에서 17.2% 값은 다소 높지만, 나머지 측정값은 실제 함량 수치와 유사하다. 침전가 함량은 36.52ml~68.19ml의 범위였고, 평균 51.8ml로 측정되었다. 이러한 측정 결과를 바탕으로 육성 계통 선발시의 참고 자료로 활용하였다. 이렇듯 육성한 밀 계통을 선발하는데 있어서 농업적 형질 위주의 선발에서 나아가 품질적인 면에서의 선별도 가능하게 되어 향후 유망 계통을 선발하는데 근적외선 분광분석법 기술을 사용하여도 좋을 것으로 생각된다.

적 요

전국의 밀 재배 지역별로 2년 동안 원맥 품질을 분석한 결과, 단백질 함량은 전라북도 지역에서 가장 높게 나타났고, 경상남도 지역에서는 다른 지역보다 적게 나타내었다. 회분 함량은 경기도 지역의 원맥이 가장 높았고, 전라북도 지역의 원맥이 가장 낮게 나타내었다. 모든 시료의 스펙트럼과 품질 분석값을 1차 미분, 2차 미분 등의 통계처리를 통하여 검량식을 작성하였고, 밀의 주요 품질인 수분, 회분, 단백질 함량 및 침전가 성분별로 각각의 검량곡선을 최적화하였다.

밀 원맥으로부터 NIR을 이용하여 측정한 값이 기존의 일반분석값과 비교하여 모든 성분에 대해 ± 0.5 (% 또는 ml) 이내의 오차범위 수준으로 측정됨을 확인하였다. 향후 NIR을 이용하여 원맥을 마쇄하지 않고 그 상태 그대로 분석이 가능할 뿐만 아니라 단 한 번의 측정만으로도 밀 품질에 영향을 미치는 수분, 회분, 단백질 및 침전가 품질 요인을 동시에 분석할 수 있게 되어 밀 유망 계통 선발 및 산물수매하는 현장에서 활용하고자 한다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 : PJ00875603) 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists 9th edn.
2. Cho SI, Bae YM, Yang HS, Choi SH. 2001. Measurement of soil organic matter using near infra-red reflectance. *biosystems engineering* 26:475-480.
3. Choi DY, Kwag JH, Park CH, Jeong KH, Kim JH, Song JI, Yoo YH, Chung MS, Yang CB. 2007. Basic study on the development of analytical instrument for liquid pig manure component using near infra-red spectroscopy. *Lives Hous and Env* 13:113-120.
4. Chung HI, Kim HJ. 2000. Near-infrared spectroscopy : principles. *Analytical Science and Technology* 13:1-14.
5. Ferdinand P, Thomas S. 2011. A rapid and sensitive method for the evaluation of cereal grains in bioethanol production using near infrared reflectance spectroscopy. *Bioresource Technology* 102:2834-2841.
6. Fox GP, Gary B, John S. 2010. "On-the-go" NIT technology to assess protein and moisture during harvest of wheat breeding trials. *Cereal Science* 51:171-173.
7. Halverson J, Zeleny L. 1988. Criteria of wheat quality : chemistry and technology. *American Association of Cereal Chemists* pp. 15-45.
8. Kang CS, Kim HS, Cheong YG, Kim JG, Park KH, Park CS. 2008. Flour characteristics and end-use quality of commercial flour produced Korean wheat and imported wheat. *Korean Food Preserve* 15:687-693.
9. Kang CS, Kim KH, Seo YW, Woo SH, Heo MR, Choo BK, Hyun JN, Kim KJ, Park CS. 2014. Current Regional Cultural Situation and Evaluation of Grain Characteristics of Korean Wheat I. Survey of regional cultural situation in Korean wheat cultivar growers. *Korean Crop Sci* 59:1-15.
10. Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YG, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010a. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars. I. Flour characteristics. *Korean J Breed Sci* 42:61-74.
11. Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YG, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010b. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars. II. End-use properties. *Korean J Breed Sci* 42:75-86.
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. Kim HI. 2004. Comparison of Korean and Japanese rice cultivars in terms of physicochemical properties(I) - The

- comparison of Korean and Japanese rice by NIR and chemical analysis. *East Asian Society Dietary Life* 14:135-144.
14. Kim KH, Kang CS, Seo YW, Woo SH, Heo MR, Choo BK, Hyun JN, Park KG, Park CS. 2013. Current Regional Cultural Situation and Evaluation of Grain Characteristics of Korean Wheat II. Grain Characteristics Collected in Domestic Wheat Cultivar Grown in Korea. *Korean Crop Sci* 58:239-252.
15. Lee CK, Nam JH, Kang MS, Ku BC, Kim JC, Park KG, Park MW, Kim YH. 2002. Current wheat quality criteria and inspection systems of major wheat producing countries. *Korean Crop Sci* 47:63-94.
16. Owens B, McCann MEE, McCracken KJ, Park RS. 2009. Prediction of wheat chemical and physical characteristics and nutritive value by near-infrared reflectance spectroscopy. *British Poultry Sci* 50:103-122.
17. Park CS, Heo HY, Kang MS, Lee CK, Park KG, Park JC, Kim HS, Kim HS, Hwang JJ, Cheong YG, Kim JG. 2008. A new white wheat variety, "Baegjoong" with high yield, good noodle quality and moderate to pre-harvest sprouting. *Korean J Breed Sci* 40:26-30.
18. SAS. 2000. SAS User's Guide. The Institute: Cary, NC.
19. Song HS, Nam JH, Park HH, Heo HY, Park MW. 1997. A new high milling, early maturing and white grain with good bread quality wheat variety "Keumkangmil". *Korean J Breed Sci* 29:500.
20. Williams PC. 1979. Screening wheat for protein and hardness by near infrared reflectance spectroscopy. *Cereal Chem* 56:169-172.