

정조 상태에서 투과법과 반사법을 이용한 백미 및 현미 성분의 비파괴 측정

권영립[†] · 조승현 · 송영은 · 이재흥 · 조종현

전라북도농업기술원

Nondestructive Measurement of Chemical Compositions in Polished Rice and Brown Rice using NIR Spectra of Hulled Rice acquired in Transmittance and Reflectance Modes

Young-Rip Kwon[†], Seung-Hyun Cho, Young-Eun Song, Jae-Heung Lee, and Chong-Hyeon Cho

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 570-704, Korea

ABSTRACT The purpose of this study is to measure fundamental data required for the prediction of rice quality and to develop regression models to predict protein, amylose, moisture and fatty acid contents, and Toyo taste meter value (TTMV) of brown and polished rice from hulled rice NIR spectra. NIR spectra of hulled rice measured in transmittance mode (850-1050 nm) and in reflectance mode (400-2500 nm) were used to predicted chemical compositions of brown rice and polished rice. For most chemicals, the transmittance spectra could provide better calibration results than the reflectance ones. Beside the Toyo taste meter value (TTMV), the hulled rice spectra could predict chemical contents with the determination coefficients higher than 0.8. Spectra of hulled rice measured in transmittance mode could be used for the prediction of chemical compositions in brown rice and polished rice precisely. However, taste value of polished rice was a constituent that was hardly to be predicted.

Keywords : rice, transmittance, reflectance, protein, moisture, taste, amylase, fatty acid

미질분석은 백미상태에서 실시하는데 정조 상태에서 외관특성이 양호하더라도 밥맛이 떨어지면 상품가치가 저하될 수 있다. 산물벼의 건조와 도정과정은 복잡하고 백미의 성분분석 과정도 복잡하기 때문에 일련의 과정을 간편화하고, 산물벼 수매와 동시에 정조 상태에서 현미와 백미의 성분을 분석함으로써 수매와 도정에 반영하여 고품질의 브랜

드 관리에 기여할 필요성이 있다. 현재 벼의 등급판정은 건벼상태에서 실시하므로 생벼수매시 건조시간과 비용이 많이 소요되는 문제점을 안고 있다. 앞으로 쌀 소비 형태는 품질위주의 경향이 더욱 두드러질 것이며, 수입쌀과의 차별화를 위해서는 밥맛에 의한 품질검정과 가격의 차등화가 필요하다고 생각한다. 한편 시료를 건조, 탈부, 선별, 정백가공하는 공정을 단축하고 신속한 판정을 위해서는 현미·백미를 이용한 성분 예측모델의 개발과 병행해서 수확 직후의 정조를 이용한 모델개발이 정밀도만 유지되면 바람직하다고 생각한다.

Marshall 등(1993)은 근적외선 분광분석계를 이용하여 도정수율 예측모델을 개발하였다. 김 등(1997)은 가시광선/근적외선 분광법을 이용하여 쌀의 정백수율을 측정하는 모델을 개발하였고, 다중 회귀모델이 우수한 것으로 보고하였다. 또한 Kim 등(1998)이 분광분석법을 이용한 현미의 함수율 및 단백질 함량 예측모델을 개발하여 그 결과가 우수하다고 보고하였다. Han 등(1998)은 생벼를 Milling기를 이용하여 분쇄한 후 현미·백미의 성분 및 수율 예측모델 개발에 관한 연구를 보고한 바 있다. 그러나 성분함량은 정조, 현미 그리고 백미상태에서 각각 다르다. 쌀의 식미 영향 인자 중 단백질은 주로 쌀의 외층 전분립에 둘러싸여 있고 투수성 및 팽윤성을 저하시켜 점도 등에 마이너스 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 쌀속에 포함되어 있는 단백질 함량을 건조와 도정과정을 거쳐서 분석하고 식미 또는 품질검정자료로 이용하기에는 시간과 비용이 너무 많이 요구되어 비경제적이므로 근적외선 분광법등을 이용하여 쌀의 성분 및 품질을 비파괴분석하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 등급판정과 밥맛 추정에 필요한 기초자료

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-839-0325
(E-mail) kyrkwon@hanmail.net <Received August 16, 2006>

와 근적외선 분광법을 이용한 분쇄하지 않은 정조상태에서 현미와 백미의 성분을 측정할 목적으로 수확 후 정조로부터 스펙트럼을 획득하였고 현미·백미의 단백질, 아밀로스, 지방산, 수분함량의 예측모델을 개발하여 그 정밀도를 비교·검토하였다.

재료 및 방법

공시시료의 수집 및 조제

본 연구에 사용한 공시시료는 2005년산으로 전북 익산, 정읍, 부안, 진안지방에서 총 273점을 수집하였다. 수집된 품종수는 동진1호벼 등 34품종이었다. 익산, 정읍, 부안지역에서는 재식거리를 30×14 cm로 5월 30일에 진안지역에서는 30×12 cm로 5월 20일에 3반복으로 이양하였다. 시비량은 질소-인산-카리를 익산, 정읍, 부안에서는 9-4.5-5.7 kg/10a로 하였으며, 진안지역에서는 10-6.4-7.8 kg/10a로 하였다. 질소는 기비-분얼비-수비를 50-20-30%로 분시하였고, 카리는 기비-수비로 70-30%, 인산은 모두 기비로 사용하였다. 잡초방제는 씨레질과 동시 론스타를 토양처리하였으며, 이양 후 30일에 노난매를 처리하였다. 기타는 전북 농업기술원 표준 재배방법에 준하였다.

근적외선은 가시광선과 중적외선 사이의 빛으로 700에서 2,500 nm 사이에 존재하고 있다. 근적외선에서 흡수는 주로 적외선에서 유래되는 -CH, -NH, -OH 등 작용기의 분자 진동 에너지의 결합대(1,950~2,500 nm)와 배음대(700~1950 nm)로 나타난다. 근적외선 분석계는 반사법과 투과법의 2가지 형태를 이용하고 있는데, 기기분석의 필요에 따라서는 특정파장대만 이용하고 있는 경우가 많다. 반사법은 6500(Foss NIRSystems, Silverspring) 모델을 이용하여 가시광선대를 포함한 400-2500 nm 사이의 스펙트럼을 하프 컵을 이용하여 2 nm 간격으로 수집했다. 투과법은 Infracore 1241(Foss Tecator, Hoganas, Sweden) 모델을 이용하여 성분측정에 적합하게 되어있는 특정파장대인 850-1050 nm 사이의 스펙트럼을 수집했다(Fig. 1). 투과법은 스펙트럼을 수집한 후 검량식 작성은 오딘 프로그램으로 변환 후 WinSIS 프로그램을 이용하여 작성하였다.

단백질과 아밀로스, 지방산, 수분, 식미치를 측정하기 위한 정조 시료는 스펙트럼을 수집한 후 시험용 현미기로 탈부하여 현미 성분을 구하고, 일부는 정백하여 백미 성분분석 시료로 사용하였다. 백미의 도정은 실험용 전자동 정미기(SY94+RAT2+2400, 쌍용, Korea)를 이용하여 현미 100~400 g을 정백을 91.5%가 되도록 중량비로 계산하여 입력

한 후 일정하게 압력을 주어 도정하였다.

SEC, SEP, Bias는 다음 식으로 나타낸다.

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum (x_i - y_i)^2}{n - p - 1}}$$

여기에서

X_i : 각각의 화학성분값,

Y_i : 각각의 NIR 측정값

n : 시료수

p : 보정계수에 이용한 Filter 의 수

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i) - (\bar{x} - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \bar{x} - \bar{y}$$

\bar{x} : 화학분석에 의한 평균값

\bar{y} : 근적외선분석에 의한 평균값

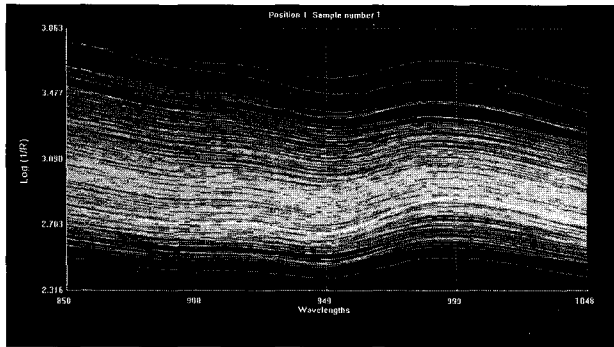
측정항목

단백질 함량은 Vario Max CNS(Germany)을 이용하여 측정하였다. 아밀로스와 지방산은 AN-700(Kett, Japan)을 이용하여 측정하였으며, 수분함량은 PB-3016(Kett, Japan)로 기계적 식미값은 MA-90B(Toyo, Japan)을 이용하여 측정하였다.

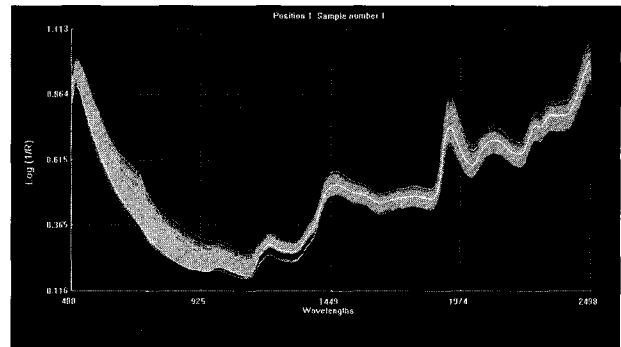
모델개발과 검증

근적외선 분석계를 이용하여 스펙트럼을 수집한 정조시료는 273개이고, 정조로부터 현미와 백미의 단백질, 아밀로스, 수분, 지방산 함량과 식미값의 예측모델을 개발하였다. 본 실험에 사용한 근적외선 분석계의 구조 및 측정방법에 관한 것은 MPLS 프로그램을 이용하여 정조로부터 현미·백미의 단백질, 아밀로스, 수분, 지방산 함량과 식미값의 예측모델을 개발하였다. 실험값은 화학적 분석(CNS)에 의한 현미·백미의 단백질 값과 아밀로스, 수분, 지방산 함량과 식미값을 사용하였다.

근적외선 분광분석기의 구동을 위하여 전용 프로그램인 Infracore International Software(WinISI Ver. 1.5 USA)를



Transmission



Reflection

Fig. 1. The spectrums by transmission and reflection method from hulled rice condition.

이용하였다. 기준 스펙트럼(Reference)은 항상 일정한 흡광도를 나타내는 ceramic plate를 이용하였다.

근적외선에서는 흡광도의 변위가 화학적, 물리적 성질의 변위에 비해 극히 미약하기 때문에 다양한 다변량 회귀분석법이 사용되고 있는데, MLR(다중선형회귀법) 방법은 보통 시료의 구성이 단순할 때 유용하며 측정성분이 독특한 흡수봉우리가 있을 때 장점이 있다. PLS(부분최소제곱법)방법으로 작성된 검량식은 흡수대들의 중첩으로 스펙트럼이 복잡하고 분석이 어려운 경우 많이 사용된다. MLR방법과 PLS방법을 비교한 결과 PLS 방법으로 작성된 검량식은 MLR방법보다 좀더 정확도가 높은 경향이었던 Kwon (2005) 등의 보고에 의해 회귀분석 방법은 조정된 부분최소자승법(modified partial least square method : MPLS)을 적용하였다. 예측모델의 정밀도는 표준오차(SEC)와 결정계수(r^2)로 나타냈고, 모델의 검정은 예측값의 표준오차(SEP), 결정계수 예측모델에 의한 예측값의 평균과 화학분석값의 평균과의 차이인 Bias로 나타났다. 검정의 척도인 SEP 및 r^2 는 개발된 회귀모델의 SEC 및 r^2 에 가까울수록, 즉 SEP는 작을수록 r^2 는 1에 가까울수록 Bias는 0에 가까울수록 회귀모델이 정확함을 의미한다.

수치러는 일반적으로 시료에 조사된 빛의 산란효과를 일차적으로 보정해주며, 회귀분석의 변수를 줄이고, 검량선을 안정하게 하는 필수적인 도구로서 시료를 전처리 해주는 효과와 크로마토그래프의 컬럼처럼 분리해 주는 효과를 발휘할 수 있다. 파장설정과 스펙트럼 전처리 는 최적의 조건에 따라 변화시킬 수 있는 부분으로 2 nm 간격으로 얻은 스펙트럼을 8 nm 간격으로 미분범위를 설정하였으며, 표준정규화와 디트렌딩(Standard Normal Variate and Detrend), 그리고 미분법은 1차 미분법을 설정하여 실행했다.

결과 및 고찰

분광분석법은 시료 내·외부의 상태에 따른 광학적 특성을 분석하여 농도를 비파괴적으로 분석하는 방법이다. 비파괴분석은 시료의 추출, 여과, 희석, 시약의 반응, 가열 등의 조작이 필요하지 않으며, 측정된 시료는 무손상 상태로 회수가 가능하다(Clarke *et al.*, 1992; Williams *et al.*, 1991). 동일 시료의 저장 및 가공 중의 변화상태를 관찰할 수 있고 시간이 절약되며 화학약품을 사용하지 않기 때문에 환경오염을 방지할 수 있는 장점이 있다. 또한 분광분석법 중 근적외선분광분석법은 다른 비파괴검사법에 비하여 품질 평가의 시스템을 구성하기 쉽고, 분석시 숙련된 기술을 요하지 않으며, 결과의 해석이 간편할 뿐만 아니라 저비용으로 측정시스템을 구성할 수 있는 장점이 있다(Hymowitz *et al.*, 1974; Marten *et al.*, 1983; Rubenthaler & Bruinsma 1979; Shenk *et al.*, 1981).

근적외선분광광도계를 이용하여 정조의 전대역 파장(400 ~ 2500 nm)에서 확산반사도(diffuse reflectance)를 구하고, 그 중 259개의 파장에서의 반사도(Log 1/R)를 성분함량분석이 요구되는 검량식에 대입하여 현미 및 백미의 성분함량을 분석하였다.

정조를 이용한 백미의 단백질, 아미로스, 수분함량, 식미값 예측 정밀도

근적외선 영역에서의 스펙트럼은 유기분자의 광에너지 흡수에 의해 얻어지는데 이들 흡수대에서는 O-H, C-H, N-H, C=O 등의 관능기는 화학결합이 다양하게 나타나며 이를 응용함으로써 수분, 단백질, 전분, 지방 등 복수의 성분을 동시에 신속하게 측정할 수 있다(Abrams *et al.*, 1987;

Clarke *et al.*, 1992). 단백질은 약 50개 이상의 L- α -아미노산이 펩티드결합으로 연결된 고분자 질소함유화합물의 총칭이라고 말할 수 있다. 단백질 함량은 쌀의 품질과 밥의 텍스처에 영향을 미쳐 단백질이 많을수록 밥이 단단하고 부착성이 떨어져 식미가 저하된다(Ishima *et al.*, 1974).

분쇄하지 않은 정조로부터 273 시료의 스펙트럼을 수집하고, 백미의 단백질 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 250과 261 시료의 CNS 화학분석값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.8255의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.3127을 나타냈다. 검증결과에서도 0.8414의 변이계수와 0.3215의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 높은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는 0.7904의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.3419를 나타냈다. 검증결과에서도 0.7455의 변이계수와 0.3762의 교차검증 표준오차값을 나타내 반사법에 비해 투과법에서 비교적 높은 정밀도를 나타냈다.

쌀의 성분인 전분은 아밀로스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있다. 아밀로스는 글루코오스가 α -1, 4결합으로 중합(重合)한 노르말사슬 모양의 다당류를 말한다. 분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 백미의 아밀로스 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 244와 253 시료의 화학분석값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.8559의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.1477을 나타냈다. 검증결과에서도 0.8493의 변이계수와 0.151의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 현미에 비해 높은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는 0.7679의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.1843을 나타냈다. 검증결과에서도 0.7511의 변이계수와 0.1907의 교차검증 표준오차값을 나타내 반사법에 비해 투과법에서 비교적 높은 정밀도를 나

타냈다. 이와 같은 결과는 Han과 Natsuga(1996)가 분말시료에서 보고한 백미의 0.86에 비해서 낮은 경향이나 현미의 0.83에 비해서는 높은 경향이었다.

쌀의 수분함량은 저장성은 물론 도정특성이나 밥의 식미에도 관계가 깊다. 도정과정에 있어서 원료벼의 수분함량이 낮을 때에는 싸라기 발생이 많아지며, 취반 전 수침 중에 파손이 쉽게 일어나 밥의 식미에 영향을 준다는 보고도 있다(손 등, 2002). 분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 백미의 수분함량 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 242 시료의 화학분석값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.8226의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.7448를 나타냈다. 검증결과에서도 0.8139의 변이계수와 0.7617의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 현미에 비해서 낮은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는 0.8435의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.6925를 나타냈다. 검증결과에서도 0.8207의 변이계수와 0.7407의 교차검증 표준오차값을 나타내 투과법에 비해 반사법에서 비교적 높은 정밀도를 나타냈다.

사람이 밥을 먹을 때 느끼는 맛을 식미라 지칭한다. 식미라는 기호성은 절대적인 것이 아니며, 식미를 검정하는 기계적인 방법도 여러 가지가 있으나, 본 실험에서는 밥의 윤기가 많을수록 밥맛이 좋다는 원리에 근거하여 밥의 윤기를 측정하여 이를 수치화한 방식으로 조사했다. 분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 백미의 기계적 식미값 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 257과 261 시료의 식미값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.3421의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 3.2491을 나타냈다. 검증결과에서도 0.3332의 변이계수와 3.2682의 교차검증 표준오차값을 나타내 낮은 정밀도를 나타냈다.

Table 1. Calibration and validation results for chemical compositions of polished rice. The calibration equations were developed from NIR spectra of hulled rice measured in transmittance and reflectance modes.

Method	Constituent	N	R ²	SEC	1-VR	SECV
Transmission	protein	250	0.8255	0.3127	0.8149	0.3215
	moisture	242	0.8226	0.7448	0.8139	0.7617
	TTMV [†]	257	0.3421	3.2491	0.3332	3.2682
	amylose	244	0.8559	0.1477	0.8493	0.1510
Reflection	protein	261	0.7904	0.3419	0.7455	0.3762
	moisture	249	0.8435	0.6925	0.8207	0.7407
	TTMV	261	0.4881	3.3743	0.3874	3.6916
	amylose	253	0.7679	0.1843	0.7511	0.1907

[†]TTMV : Toyo taste meter value, R² : Coefficient of determination, SEC : Standard error of calibration, 1-VR : 1-Variance ratio. SECV : Standard error of cross validation

반사법에서는 0.4881의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 3.3743을 나타냈다. 검증결과에서도 0.3874의 변이계수와 3.6916의 교차검증 표준오차값을 나타내 낮은 정밀도를 나타냈다. 이와 같이 NIR을 이용한 식미값의 예측 정밀도가 낮은 이유는 단백질과 같이 화학적인 성분 특성에 의해 예측하는 것과는 달리 식미값은 백미표면의 윤기를 물리적인 특성으로 판단하기 때문이라고 생각된다. 그러나 식미값은 주요성분과 밀접한 관계가 있기 때문에 식미값과 주요성분과의 관계를 검토하고, 식미에 영향을 미치는 성분과 예측모델의 정밀도를 높이는 연구가 계속적으로 필요하다.

정조를 이용한 현미의 단백질, 아밀로스, 수분, 지방산 함량 예측 정밀도

분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 현미의 단백질 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 252와 266 시료의 CNS 화학분석값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.9001의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.1797를 나타냈다. 검증결과에서도 0.8827의 변이계수와 0.1944의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 백미에 비해 높은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는

0.8286의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.2808를 나타냈다. 검증결과에서도 0.7275의 변이계수와 0.3535의 교차검증 표준오차값을 나타내 반사법에 비해 투과법에서 비교적 높은 정밀도를 나타냈다. 이러한 결과는 한(1998) 등도 분쇄 현미에서 0.82와 0.26을 보고한 바 있다.

분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 현미의 아밀로스 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 260과 273 시료의 화학분석값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.8321의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.1238를 나타냈다. 검증결과에서도 0.8237의 변이계수와 0.1266의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 백미에 비해서 낮은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는 0.7705의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.278를 나타냈다. 검증결과에서도 0.7359의 변이계수와 0.1799의 교차검증 표준오차값을 나타내 반사법에 비해 투과법에서 비교적 높은 정밀도를 나타냈다.

분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 현미의 수분함량 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 260과 264 시료의 화학분석값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.9553의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차

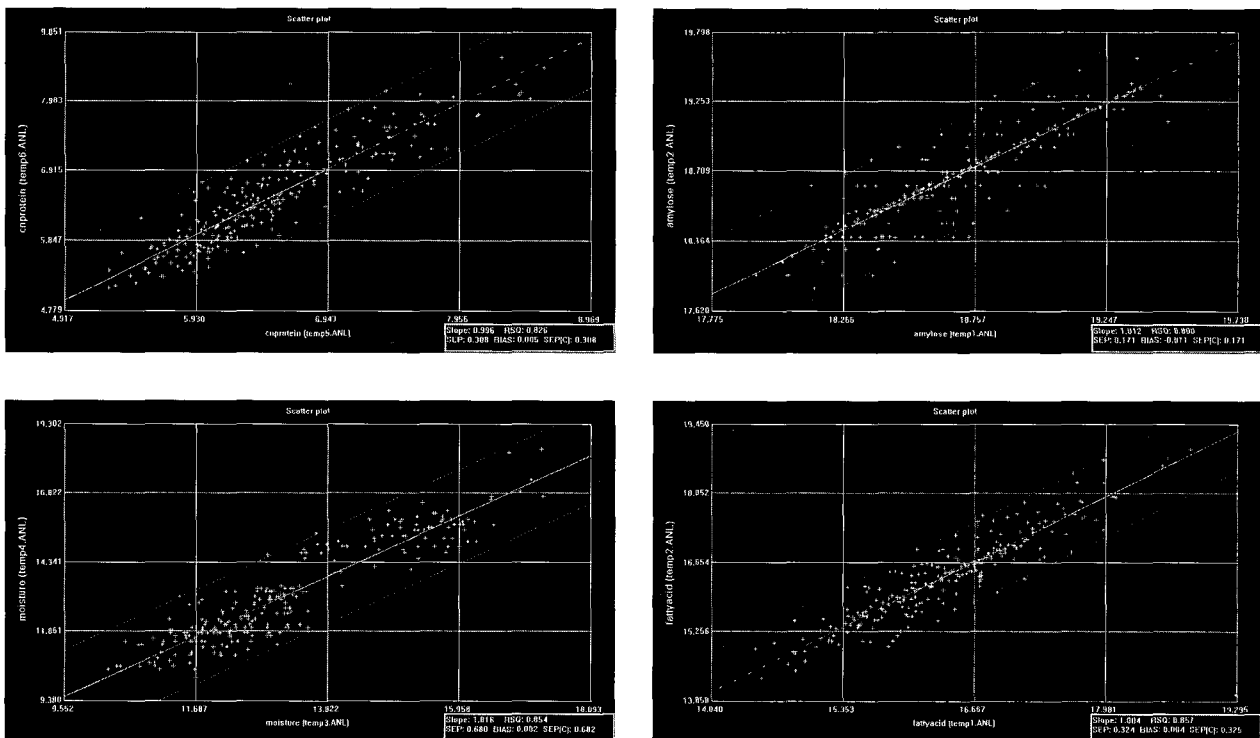


Fig. 2. Correlations between lab. and NIRS measurements for contents.

Table 2. Calibration and validation results for chemical compositions of brown rice. The calibration equations were developed from NIR spectra of hulled rice measured in transmittance and reflectance modes.

Method	Constituent	N	R ²	SEC	1-VR	SECV
Transmission	protein	252	0.9001	0.1797	0.8827	0.1944
	moisture	260	0.9553	0.3143	0.9460	0.3451
	amylose	273	0.8321	0.1238	0.8237	0.1266
	fatty acid	262	0.8077	0.3724	0.7948	0.3842
Reflection	protein	266	0.8286	0.2808	0.7275	0.3535
	moisture	264	0.9694	0.2626	0.9642	0.2840
	amylose	273	0.7705	0.2780	0.7359	0.1799
	fatty acid	257	0.9094	0.3510	0.8667	0.4253

(SEC)는 0.3143를 나타냈다. 검증결과에서도 0.9460의 변이계수와 0.3451의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 현미에 비해서 낮은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는 0.9694의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.2626를 나타냈다. 검증결과에서도 0.9642의 변이계수와 0.2840의 교차검증 표준오차값을 나타내 투과법에 비해 반사법에서 비교적 높은 정밀도를 나타냈다.

식품의 지질(脂質)에 함유되어 있는 지방산은 대부분 탄소수가 짝수인 직쇄형의 포화 및 불포화지방산이다. 쌀에 있어서 지방산도는 저장기간 중 계속 증가되는데 이는 지방의 산화에 의한 산패가 꾸준히 일어나는 결과이며 장기저장 쌀은 지방의 산패로 고미에 크게 영향을 끼친다. 분쇄하지 않은 정조로부터 얻은 273 시료의 스펙트럼을 이용하여, 현미의 지방산값 예측 회귀모델을 개발하기 위해서 262와 257 시료의 지방산값으로 검량식을 작성한 결과 투과법에서는 0.8077의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.3724를 나타냈다. 검증결과에서도 0.7948의 변이계수와 0.3842의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 높은 정밀도를 나타냈다. 반사법에서는 0.9094의 결정계수(r^2)를 나타냈고 표준오차(SEC)는 0.3510을 나타냈다. 검증결과에서도 0.8667의 변이계수와 0.4253의 교차검증 표준오차값을 나타내 비교적 투과법에 비해 높은 정밀도를 나타냈다.

근적외선은 전자기스펙트럼 중 780 nm에서 2500 nm 사이의 영역으로 분자구조에 관한 정보를 주는데, 흡수는 주로 적외선에서 유래되는 -CH, -NH, -OH 등 작용기의 분자 진동 에너지의 결합대(1,950~2,500 nm)와 1차에서 3차 배음대(700~1,950)로 나타난다. 본 연구에서 근적외선분석계는 반사법과 투과법의 2가지 형태를 사용하였는데, 반사법은 가시광선대를 포함한 400-2500 nm 사이의 스펙트럼을 투과법은 850-1050 nm 사이의 스펙트럼을 획득하여 비

교했다. 전자기스펙트럼은 엽록도계 SPAD 502(Minolta, Japan) Model 같이 Red LED(650 nm)와 Infrared LED(940 nm)의 두 파장만 이용하는 경우에서 보는 것처럼(Park *et al.*, 2004) 사용목적상 여러 가지 형태로 이용될 수 있는데, 투과법에서 850-1050 nm로 파장범위가 좁은 것에 비해 반사법의 400-2500 nm로 파장범위가 넓은 스펙트럼과 비교하여 예측모델을 작성한 결과 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

적 요

분쇄하지 않은 정조상태에서 현미와 백미의 성분을 측정할 목적으로 수확 후 정조로부터 스펙트럼을 획득하였고(투과법 : 850-1050 nm, 반사법 : 400-2500 nm) 현미와 백미의 단백질, 아밀로스, 지방산, 수분함량, 식미값의 예측모델을 개발하여 그 정밀도를 비교·검토하기 위해서 일련의 시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

투과법으로 정조의 스펙트럼을 수집한 후 현미의 단백질, 아밀로스, 지방산, 수분함량의 검량식을 작성한 결과 0.9001, 0.8321, 0.8077, 0.9553의 결정계수를 나타냈다. 백미의 단백질, 아밀로스, 수분함량, 식미값의 검량식을 작성한 결과 0.8255, 0.8559, 0.8226, 0.3421의 결정계수를 나타냈다. 반사법으로 정조의 스펙트럼을 수집한 후 현미의 단백질, 아밀로스, 지방산, 수분함량의 검량식을 작성한 결과 0.8286, 0.7705, 0.9094, 0.9694의 결정계수를 나타냈다. 백미의 단백질, 아밀로스, 수분함량, 식미값의 검량식을 작성한 결과 0.7904, 0.7679, 0.8435, 0.4881의 결정계수를 나타냈다. 이상의 결과에 의해서 단백질, 아밀로스, 지방산, 수분함량은 실용적인 결정계수를 얻었으나, 식미값은 결정계수가 너무 낮아 지속적인 연구가 필요하다고 판단하였다.

인용문헌

- Abrams, S. M., J. S. Shenk, M. O. Westerhaus, and F. E. Barton. 1987. Determination of forage quality by near infrared reflectance spectroscopy : Efficiency of broad-based calibration equations. *J. Dairy Sci.* 70 : 806-813.
- Clarke, M. A., E. R. Arias, and C. McDonald-Lewis. 1992. Near infra-red analysis in the sugarcane factory. Sugary Azucar. pres. at Ruspam Commun. Inc. USA.
- Han C. S. and M. Y. Natsuga. 1996. Development of a constituent prediction model of domestic rice using near infrared reflectance analyzer(1) -Constituent prediction model of brown and milled rice- *J. Korean Soc Agric. Machin.* 21(2) : 198-207.
- Han C. S., K. S. Yon, and J. R. Warashina. 1998. Development of a constituent prediction model of domestic rice using near infrared reflectance analyzer (II) -Prediction of brown and milled rice protein content and brown rice yield from undried paddy- *J. Korean Soc. Agric. Machin.* 23(3), 253-258.
- Hymowitz, T., J. W. Dudley, F. I. Collins, and C. M. Brown. 1974. Estimation of protein and oil concentration in corn, soybean, and oat seed by near infrared light reflectance. *Crop Sci.* 14 : 713-715.
- Ishima, T., H. Taira, and K. Mikoshiba. 1974. Effects of nitrogenous fertilizer and protein content in milled rice on organoleptic quality of cooked rice. *Rep. Nat. Food Res. Inst.* 29 : 9-15.
- Kim J. M., B. K. Min, and C. H. Choi. 1997. Development of rice milling ratio by visible/Near-infrared spectroscopy. *J. Korean Soc. Agric. Machin.* 22(1) : 333-342.
- Kim J. M., C. H. Choi, B. K. Min, and J. H. Kim. 1998. Development of prediction model for moisture and protein content of single kernel rice using spectroscopy. *J. Korean Soc. Agric. Machin.* 23(1) : 49-56
- Kwon Y. R., M. H. Baek, D. C. Choi, J. S. Choi, and Y. G. Choi. 2005. Determination of calibration curve for total nitrogen contents analysis in fresh rice leaf using the visible and near infrared spectroscopy system. *Korean J. Crop Sci.* 50 : 394-399.
- Marshall, W. E. and J. I. Wadsworth. 1993. Degree of Milling. *Rice Science and Technology.* Marcel Dekker, Inc. New York 139-176
- Marten, G. C., J. L. Halgerson, and J. H. Cherney. 1983. Quality prediction of small grain forage by near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Sci.* 23 : 94-96.
- Park, K. H., Pyun, C. H. and Han, J. P. 2004. Development of a digital chlorophyll meter II. Manufacturing of digital chlorophyll meter. *Korean J. Crop Sci.* 49 : 198-199.
- Rubenthaler, G. L. and B. L. Bruinsma 1979. Lysine estimation in cereals by near infrared reflectance. *Crop Sci.* 19 : 1039-1042.
- Shenk, J. S., I. Landa, M. R. Hoover, and H. O. Westerhaus. 1981. Description and evaluation of a near infrared reflectance spectro-computer for forage and grain analysis. *Crop Sci.* 21 : 355-358.
- Son J. R., J. H. Kim, J. I. Lee, Y. H. Youn, and J. K. Kim, H. G. Hwang, and H. P. Moon. 2002. Trend and further research of rice quality evaluation. *Korean J. Crop Sci.* 47(s) : 33-54.
- Williams, P. C., H. M. Corderiro, and M. F. T. Hamden. 1991. Analysis of oat bran products by near infrared reflectance spectroscopy. *Cereal Foods World* 36 : 571-574.