

근적외선분석계를 이용한 국내산 쌀의 성분예측모델 개발(I)⁺ - 현미와 백미의 성분예측모델 -

Development of a Constituent Prediction Model of Domestic Rice Using Near Infrared Reflectance Analyzer(I) - Constituent Prediction Model of Brown and Milled Rice -

한충수* 夏賀 元康**
정희원
C. S. Han M. Y. Natsuga

ABSTRACT

To measure the moisture content, protein and viscosity of brown and milled rice with Near Infrared Reflectance(NIR) analyzer, the comparison and analysis of the data from the chemical analysis and NIR analyzer were conducted.

The purpose of this study is to find out the fundamental data required for the prediction of rice quality and taste rank, and to develop a measuring method of constituents and physical characteristics of domestic rice with NIR analyzer.

The important results can be summarized as follows. 1. The r^2 and SEC of moisture calibration from brown rice powder were 0.87 and 0.09 respectively, those of milled rice powder were 0.95 and 0.08 respectively. 2. The r^2 and SEC of protein calibration from brown rice powder were 0.83 and 0.20 respectively, those of milled rice powder were 0.86 and 0.20 respectively. 3. The r^2 and SEC of viscosity calibration from brown rice powder were 0.36 and 15.50 respectively, those of milled rice powder were 0.55 and 12.98 respectively. Further study is required to develop better prediction model for viscosity. It is necessary the continuous study including wavelength selection, because r^2 is small for practical use.

4. The regression equation for one rice variety was nearly coincident with other. Therefore, it is required that the prediction model should be developed for the all rice samples.

주요 용어(Key Words) : 근적외선 분석계(Near Infrared Reflectance Analyzer), 백미(Milled Rice), 단백질 함량(Protein Content), 점도(Viscosity)

1. 서론

U.R협상타결로 1995년부터 최소시장 접근에 따라 국내쌀 소비량의 1%(51,307ton)의 쌀이 수입되면서 2002년도에는 3.5%(약 154,000ton)을

수입하여야 한다. 수입물량으로 볼 때 큰 문제가 아니라 생각할 수 있으나, 수입이 시작된 이상 완전개방에 대비하여 국내쌀의 경쟁력을 향상시켜한다. 경쟁력을 향상시키기 위해서는 생산비용의 절감과 소비자 기호에 맞는 고품질 쌀, 즉

+ 이 연구는 日本 (株)시즈오카 세이키(静岡製機)의 研究費 支援으로 수행된 것임.

* 충북대학교 농과대학 농기계공학과

** 일본 北海道大學 農學部 農業工學科(静岡製機 派遣 研究員)

식미(밥맛)가 좋은 쌀을 생산해야 한다(한 등 1994). 현재 벼 또는 쌀의 품질검정 기준은 외관과 함수율을 기준으로 하고 있지만 식미가 나쁘면 상품으로서의 가치가 저하되기 때문에 앞으로는 식미를 위주로 한 품질검정과 가격의 차등화가 필요하다고 판단된다.

쌀의 식미 영향 인자중 단백질은 주로 쌀의 외층 전분립을 둘러싸고 있고 투수성 및 팽윤성을 저하시켜 점도 등에 마이너스 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(日本食糧研究所, 1969). 그러나 쌀속에 포함되어 있는 단백질 함량을 화학적 분석방법에 의해 분석하여 식미 또는 품질검정 자료로 이용하기에는 시간과 비용이 너무 많이 요구되어 비경제적이므로 근적외선 분광법 등을 이용하여 농산물의 성분 및 품질을 비파괴 분석하는 연구가 진행되고 있다.

국내에서 근적외선 분광법을 이용한 곡물에 관한 연구는 문 등(1994)에 의해 쌀의 함수율과 단백질 분석이 가능하고, 지방과 아밀로스의 분석 정확도는 낮다는 연구결과가 발표되었고, 한 등(1994)이 전국을 대상으로 국내산 쌀에 대한 수분, 단백질, 점도, 수율 예측에 관한 연구결과가 발표되었다. 조 등(1994)은 밥의 노화도 측정에 근적외선 분광법의 응용 가능성을 발표하였다. 夏賀 등(1992, 1993)은 근적외선 분광법을 이용한 곡물의 성분측정 정밀도, 측정치의 변동요인, 건조·저장에 따른 품질 변동 등에 관한 연구를 수행하였다. 川村 등(1991)은 쌀의 식미분석에 근적외선 분광법을 응용하는 연구를 수행하였다. 한편 과채류에 대한 응용은 Dull 등(1992)과 Slaughter 등(1992)이 근적외선 분광법에 의해 각각 멜론과 복숭아의 당도 측정을 시도하였고, Cho 등(1993)은 핵자기 공명(NMR)을 이용한 머스크멜론의 비파괴 당도 측정에 관한 연구를 수행하였다. Makoto 등(1992)은 근적외선 분광법을 이용하여 단호박의 품질을 분석하는 연구를 수행하였다. 현재 여러종류의 근적외선 분석계가 시판되고 있으나 국내의 전국쌀을 대상으로 기초실험 및 실용상의 회귀모델이 확립되어 있지 않은 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 근적외선 분석계(NIR : Near Infrared Reflecta-

nance)를 이용하여 1993년산 현미 및 백미의 분말로부터 함수율, 단백질 함량 및 점도의 NIR 예측값과 화학 분석에 의한 측정값과의 정밀도를 비교·검토하여, 품질등급과 식미값의 예측에 필요한 국내 쌀의 기초자료 제공 및 근적외선분광법에 의한 국내 쌀의 성분예측 모델을 확립할 목적으로 이 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시시료의 수집 및 조제

본 연구에 사용한 공시시료는 콤팩트 수확중인 1993년산 물벼를 한 시료당 약 500~800g, 각도별로 10~30개씩 총 143시료를 수집하였다. 초기함수율은 16~29w.b.%의 분포를 나타냈다. 수집된 품종수는 약 25품종 이었고, 추청과 동진이 각각 42, 45시료로 가장 많았다. 수집된 물벼는 함수율이 14~16w.b.%가 되도록 실험실에서 음건(陰乾)하였다. 음건된 벼 400~600g을 현미기(한국, 쌍용기계, SY-88TR)로 탈부시켜, 진동체 입선별기(日本, 大屋製作所, S형, 스크린의 천공폭 : 1.85mm)로 10분간 진동시켜 식미나 품질에 영향을 미치는 미숙립, 싸래기 등은 선별한 후 완전현미만을 현미시료로 하였다. 정백은 세로형 마찰식정미기(일본, 山本製作所, VP-30T)의 유량과 압력을 일정하게 고정시킨 후 2~3회 정백하여 정백수율의 범위가 88~91.5%가 되게 가공하여 백미시료로 하였다(한 등 1994). 현미와 백미시료 각각 50g을 cyclone-mill(미국, Udy사, 3010-018)에 넣고 분쇄(스크린 0.5mm)하여 근적외선 분석용 시료로 하였다.

나. 측정항목

1) 함수율

곡물의 함수율 측정은 공시분쇄기로 분쇄한 시료중 80시료를 3g-135°-1hr 법으로 측정하여 표준측정법인 5g분쇄-105°-5hr법(한 등 1994)으로 환산하여 습량기준 함수율(w.b.%, 이하 %로 표시함)로 나타냈다. 환산식은 다음과

같다(夏賀 1992, 1993).

$$\text{합수율} (M_{105}) = 1.001 \times M_{135} - 0.3704 \quad (1)$$

M_{105} : 105°C에서 합수율, M_{135} : 135°C에서 합수율(%)

2) 단백질

켈달법을 이용하여 141시료의 질소량을 측정하고, 현미와 백미의 질소-단백질 환산계수 5.95를 곱하여 조단백질량을 구하였다.

3) 점도

점도(이후 RVA라 칭함)는 점도분석계(오스트레일리아, Newport Scientific Instruments & Engineering사, RVA-3D)를 이용하여 141시료를 측정하였다. 이 점도계의 교반용 모터의 속도를 유지하는 전류는 점성에 따라 0.2A까지 변화한다. 전류는 AD변환기를 통해 숫자로 출력된다. 이것을 Stiring Number라 하며 1SN는 약 10cp이다. 점도측정순서는 혼합회전날개가 장착된 점도측정용 용기에 분쇄시료 4g과 증류수 25ml를 첨가하여 점도계에 고정시킨다. 시료를 30°C로 조절한 후 시료온도를 상승시켜 40°C에서 2분간, 93.8°C에서 3.5분간 혼합회전날개(160rpm)의 회전 저항값을 측정하였다. 저항값중 최대값을 점도로 하였다(夏賀 1993).

다. 근적외선 분석계 및 분석

본 실험에 사용한 근적외선 분석계(미국, DI-CKEY-john사, INSTALAB 600)는 표준 파장 6종류와 옵션 파장 4종류가 내장되어 있는 고정 파장형 분석계이다. 그림 1에 근적외선 분석계의 구조 개략도를 나타냈고, 표 1에 표준 파장과 측정 대상물질을 나타냈다. 광원으로부터 조사된 빛은 렌즈에서 직사광선으로 되고, chopper disk에 의해 단속되며, 필터에서 필요한 파장만을 선택한다. 이 때 렌즈구멍을 통해 시료에 조사된 파장은 시료의 표면에서 확산·반사되고, 에너지는 유화납(PbS)검출기에 의해 검출된다. 시료가 담긴 용기는 회전하고 시료표면은 3°C

마다 120회 측정된다. 측정 평균값과 기준값과의 비교값을 반사율(R)로 하고, $\text{Log}(1/R)$ 의 형태로 출력한다. 각 파장의 $\text{Log}(1/R)$ 값과 화학분석에 의한 성분 값으로 중회귀분석 프로그램을 이용하여 성분분석의 예측 회귀모델을 개발한다.

이 프로그램에서는 회귀모델에 설명변수(파장의 사용수)를 최대 6개까지 지정할 수 있고, 결과는 전체 조합 중에서 표준오차(SEC)가 작은 순서로 출력된다. 분석계를 이용하여 측정된 시료는 141개이고, 합수율, 단백질, 점도에 대해 각각 1회씩 측정하였다.

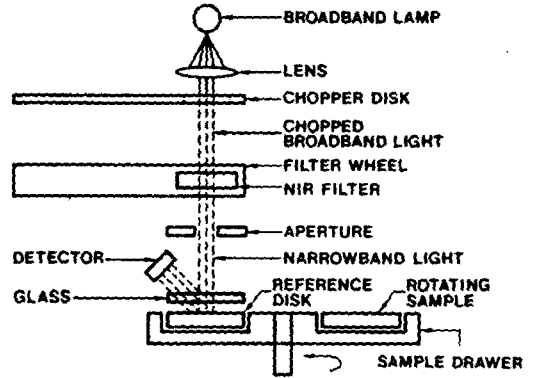


Fig. 1 Optical system of NIR analyzer.

Table 1 Wavelength and identification of standard filter

Filter No.	Wavelength (nm)	Identification
L 0	1 3 1 0	Oil, Fiber
L 1	2 2 3 0	Reference for oil
L 2	2 1 8 0	Protein, Starch
L 3	2 1 0 0	Moisture, Starch
L 4	1 9 4 0	Moisture
L 5	1 6 8 0	Reference, Alcohol

라. 성분 예측 회귀모델의 개발과 검증

성분 예측 회귀모델의 개발은 시료를 두 부류로 나누어 한 부류로 회귀 모델을 개발하고, 개

발된 식의 검정은 나머지 부류의 NIR 측정값을 개발된 회귀모델에 대입하여 얻은 예측값과 화학분석한 값을 비교·검토하였다. 화학분석은 함수율의 경우 80시료를 분석하고, 단백질 및 점도는 전체 시료에 대하여 분석하였다. 성분 예측 회귀모델에 대한 정밀도 척도는 표준오차(SEC : Standard Error of Calibration)와 결정계수(r^2 : Coefficient of determination)로 나타났다. SEC는 작고, r^2 은 1에 가까울수록 개발된 회귀모델의 정밀도가 높음을 의미한다. 회귀모델의 검정은 예측값의 표준오차(SEP : Standard Error of Prediction), 결정계수, 회귀모델에 의한 예측값의 평균과 화학분석값의 평균과의 차이인 Bias로 나타났다. 검정의 척도인 SEP 및 r^2 은 개발된 회귀모델의 SEC 및 r^2 에 가까울수록, Bias는 0에 가까울수록 회귀모델이 정확함을 의미한다. SEC, SEP, Bias는 다음식으로 나타낸다(夏賀 1993).

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

여기에서

x_i : 각각의 화학분석값,

y_i : 각각의 NIR 측정값

n : 시료수

p : 보정계수에 이용한 Filter의 수

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{(x_i - y_i) - (\bar{x} - \bar{y})\}^2}{n - 1}} \quad (3)$$

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \bar{x} - \bar{y} \quad (4)$$

\bar{x} : 화학분석에 의한 평균값

\bar{y} : 근적외선분석에 의한 평균값

3. 결과 및 고찰

가. 화학분석의 재현성

화학분석의 정밀도는 근적외선분석에 미치는 영향이 매우 크므로 동일 시료에 대한 성분분석의 재현성이 중요하다. 화학분석 값의 재현성을 표시하는 척도는 측정간의 표준편차(SDD : Standard Deviation of the Difference)로 설명하였다. 측정간의 표준편차가 0에 가까울수록 회귀선에 밀집하여 평행측정간의 오차가 작고 정확하게 화학분석이 됨을 의미한다(박, 1982, 夏賀 1993).

현미와 백미의 함수율에 대한 표준분석 결과 SDD값은 각각 0.0415와 0.0300이었고, 현미와 백미 단백질의 화학분석에 대한 SDD값은 각각 0.0474과 0.0507로 0에 가깝기 때문에 1회와 2회 측정간에 차이가 거의 없이 정확하게 화학분석이 됨을 알 수 있다.

백미의 점도(RVA) 측정결과 SDD값이 9.061로 앞에서 구한 단백질보다는 크지만, 점도 값의 범위가 374~459로 크기 때문에 1회와 2회 측정간의 화학분석이 정확하게 이루어졌다고 사료된다.

나. 현미 성분에 대한 예측 회귀모델

1) 현미 분말의 함수율 예측 정밀도

현미 분말로부터 함수율 예측 회귀모델은 표준 파장 6종류 중에서 2종류 이상 사용해도 표2에서와 같이 SEC가 현저히 작아지거나 r^2 이 크게 향상되지 않았다. 또한 예측값에 대한 표준오차와 결정계수도 크게 향상되지 않았다. 필요 이상의 파장을 사용한 회귀모델은 다중공선성(Multicollinearity) 문제가 발생하여 불안정한 것으로(夏賀 1993) 알려져 있기 때문에 함수율 예측 회귀모델의 변수로는 각각 2100, 1940nm의 2 파장만을 사용하였다. 37시료로 개발된 함수율 예측 회귀모델은 다음과 같다.

Table 2 Result of calibration and validation for used wavelengths

wavelengths	Calibration			Validation		
	n	r ²	SEC	n	r ²	SEP
2100, 1940	37	0.87	0.09	43	0.84	0.12
2100, 1940, 1310	37	0.89	0.08	43	0.84	0.11
2100, 1940, 1310, 1680	37	0.90	0.08	43	0.85	0.109

현미 함수율(%) = 14.8537 - 0.1501X₂₁₀₀ + 0.1326X₁₉₄₀ (5)

현미 함수율의 분포 : 12.57~13.83%

X₂₁₀₀, X₁₉₄₀ : 2100, 1940nm 에서 얻은 LOG(1/R)의 값

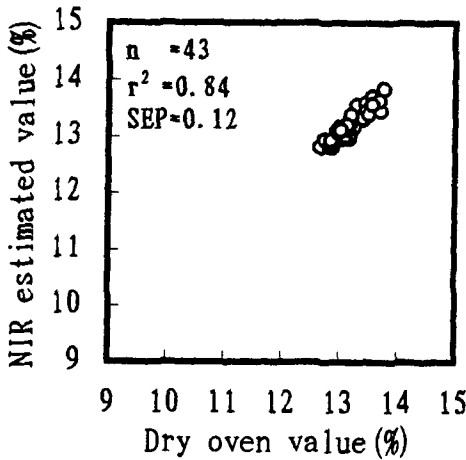


Fig. 2 Relationship between dry oven value and NIR estimated value for moisture contents in brown rice.

그림 2에 표준 건조법으로 측정된 함수율과 상기 근적외선 분광법을 이용한 함수율 예측 회귀모델로 예측한 함수율과의 관계를 나타냈고, 표 3의 상단에 함수율 예측 회귀모델의 정밀도와 검증후의 결과를 나타냈다.

그림과 표에 나타났듯이 37시료로 예측 회귀 모델을 개발했을 때 정밀도의 척도인 r²과 SEC는 각각 0.87과 0.09이고, 상기식을 이용하여 43 시료의 검증결과 r²과 SEP는 각각 0.84와 0.12로 전자와의 차이가 작기 때문에 회귀모델의 정밀

도는 매우 높다고 판단된다. 또한 회귀모델에 의한 예측값의 평균과 표준 측정법의 평균과의 차이인 Bias도 0에 가깝기 때문에 개발된 함수를 예측 회귀모델이 적절함을 알 수 있다.

Table 3 Comparison of calibration and validation results

Items	Results	Calibration			Validation			
		n	r ²	SEC	n	r ²	SEP	Bias
Brown rice	Moisture	37	0.87	0.09	43	0.84	0.12	0.01
	Protein	69	0.83	0.20	72	0.86	0.24	-0.08
	RVA	69	0.36	15.50	72	0.26	17.93	1.28

2) 현미 분말로부터 단백질과 점도의 예측 정밀도

현미 분말로부터 단백질과 점도 예측 회귀모델 개발에 이용한 근적외선 파장수의 선정과 검증은 앞에서 설명한 것과 같은 방법으로 실시하였고, 단백질 분석의 경우 파장을 3종류 이상, 점도는 4종류 이상 선택하여도 회귀모델의 정밀도는 크게 향상 되지 않았다.

단백질 예측 회귀모델 개발에 사용한 파장은 각각 2180, 2100, 1680nm이고, 점도의 경우는 2310, 2100, 2139, 2345nm이다. 69시료로 개발된 현미의 단백질과 점도 예측 회귀모델은 다음과 같다.

현미단백질(%) = 9.9114 + 0.7955X₂₁₈₀ - 0.6040X₂₁₀₀ - 0.2340X₁₆₈₀ (6)

현미 단백질의 분포 : 5.73~8.79%

X₂₁₈₀, X₂₁₀₀, X₁₆₈₀ : 2310nm, 2180nm, 1680nm에서 얻은 LOG(1/R)의 값

현미의 점도 = 570.831 + 21.536X₂₃₁₀ - 24.060X₂₁₀₀ + 38.775X₂₁₃₉ - 35.338X₂₃₄₅ (7)

현미 점도의 분포 : 374~466 × 10 cp

그림 3에 화학 분석법(켈달법)으로 측정된 단백질값과 상기 예측 회귀모델로 예측한 값과의 관계를 나타냈고, 그림 4에 점도계로 측정된 값과 상기의 점도 회귀모델로 예측한 점도값과의 관계를 나타냈다.

현미 분말로부터 단백질과 점도의 예측 회귀 모델 및 검증 결과의 정밀도를 표 3 중단과 하

단에 나타났다. 단백질 함량 예측식의 r^2 , SEC는 각각 0.83, 0.2로 비교적 높은 정밀도를 나타냈고, 검정 결과 r^2 과 SEP도 전자와의 차이가 작기 때문에 개발된 단백질 예측 회귀모델이 적절하다고 판단된다.

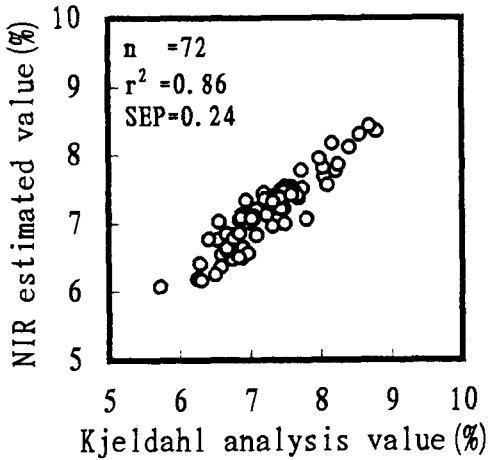


Fig. 3 Relationship between Kjeldahl analysis value and NIR estimated value for brown rice protein

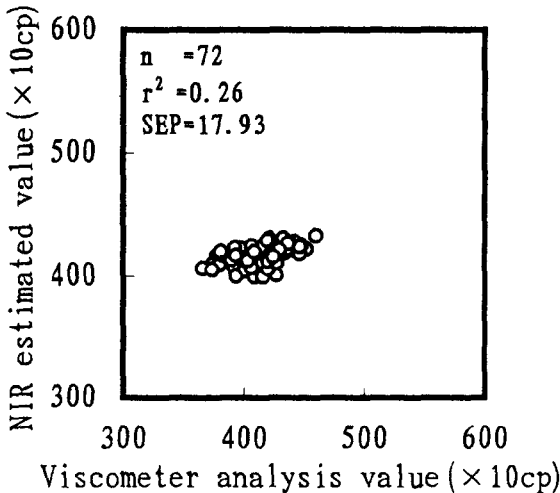


Fig. 4 Relationship between viscometer analysis value and NIR estimated value for brown rice viscosity

한편, 점도에 대한 정밀도는 SEC와 SEP가 각각 15.50, 17.93이고, Bias는 1.28로 함수율과 단백질에 비해 큰 값을 나타냈다. 점도 평균값 415.8을 고려하면 측정 가능성을 배제할 수는 없지만, r^2 값이 너무 낮아 근적외선 분광법을 이용한 점도 예측 회귀모델은 현재로서는 실용상에 있어서 적절하지 못한 것으로 판단된다. 그러나 점도는 품질과 식미판정시 중요한 인자로 아밀로오스의 함량이 낮을수록 증가하는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있기 때문에 두인자의 물리적, 화학적 특성을 연계하여 예측 정밀도를 높이는 연구가 필요하다.

다. 백미 성분에 대한 예측 회귀모델

1) 백미 분말의 함수율 예측 정밀도

백미 분말로부터 함수율 예측 회귀모델 개발에 사용할 파장 선택은 앞에서 설명한 현미에서와 같은 방법으로 실시하였다. 사용한 파장은 현미에서와 같은 2100, 1940nm였다. 38시료로 개발된 함수율 예측 회귀모델은 다음과 같다.

$$\text{백미 함수율(\%)} = 12.1153 - 0.1808X_{2100} + 0.1738X_{1940} \quad (8)$$

백미 함수율의 분포 : 11.78~13.46%

X_{2100}, X_{1940} : 2100, 1940nm 에서 얻은 LOG(1/R)의 값

그림 5에 표준 건조법으로 측정된 함수율과 상기 함수율 예측 회귀모델로 예측한 함수율과의 관계를 나타냈고, 표 4의 상단에 함수율 예측 회귀모델의 정밀도와 검정후의 정밀도 결과를 나타냈다.

표에서와 같이 69시료로 예측 회귀모델을 개발했을 때 정밀도의 척도인 r^2 과 SEC는 각각 0.86과 0.20이고, 상기식을 이용한 72시료의 검정 결과 r^2 과 SEP는 각각 0.92와 0.19로 검정 결과가 우수하기 때문에 개발된 회귀모델의 정밀도는 매우 높다고 판단된다. 또한 상기식에 의한 예측 평균과 표준 건조법에 의한 평균과의 차이인 Bias도 0에 가깝기 때문에 개발된 함수율 예측 회귀모델은 실용상에 있어서 충분한 정밀도가 있다.

Table 4 Comparison of calibration and validation results

Items	Results	Calibration			Validation			
		n	r ²	SEC	n	r ²	SEP	Bias
Milled rice	Moisture	38	0.95	0.08	42	0.95	0.08	0.00
	Protein	69	0.86	0.20	72	0.92	0.19	-0.005
	RVA	69	0.55	12.98	72	0.54	14.03	0.791

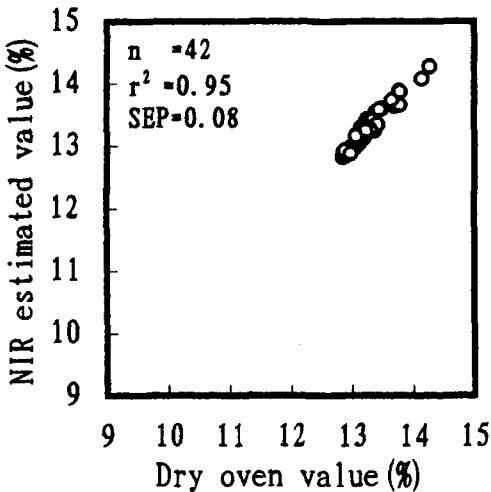


Fig. 5 Relationship between dry oven value and NIR estimated value for moisture contents in milled rice.

2) 백미 분말로부터 단백질과 점도의 예측 정밀도

백미 분말로부터 단백질과 점도의 예측 회귀 모델 개발에 사용한 파장은 각각 2310, 2180, 2100nm와 2230, 1940, 2139, 2345nm이고, 파장수를 이 이상 사용하여도 현미에서와 같이 정밀도는 크게 향상되지 않았다. 69시료로 개발된 백미의 단백질과 점도 예측 회귀모델은 다음과 같다.

$$\text{백미 단백질(\%)} = 13.179 + 0.3698X_{2310} + 0.6131X_{2180} - 0.9555X_{2100} \quad (9)$$

백미 단백질의 분포 : 5.32~8.13%

X₂₃₁₀, X₂₁₈₀, X₂₁₀₀ : 2310nm, 2180nm, 2100nm에서 얻은 LOG(1/R)의 값

$$\text{백미 점도} = 594.8044 - 33.5014X_{2230} + 15.1304$$

$$X_{1940} + 24.3829X_{2139} - 2.9736X_{2345} \quad (10)$$

백미 점도의 분포 : 374~448×10 cp

켈달법으로 측정된 단백질값과 상기식으로 예측한 단백질값과의 관계는 그림 6에 나타냈고, 점도계로 측정된 점도값과 상기식으로 예측한 점도값과의 관계는 그림 7에 나타냈다. 백미 분말로부터 단백질과 점도의 예측 회귀모델 및 검정 결과의 정밀도를 표 4 중단과 하단에 나타냈다.

단백질 함량 예측식의 r², SEC는 각각 0.86, 0.2이고, 검정 결과의 r²과 SEP는 0.92, 0.19로 특히 SEC와 SEP의 차이가 작고 Bias가 0에 가깝기 때문에 검정결과도 만족할 수 있을 뿐 아니라 실제로 응용이 가능한 것으로 판단된다.

한편, 점도에 대한 정밀도는 SEC와 SEP가 각각 12.98, 14.03이고, Bias는 0.79로 함수율과 단백질에 비해 큰 값을 나타냈다.

r²값은 0.55로 현미의 분석결과보다 약 20%정도 높은 정밀도를 나타냈기 때문에 물리적, 화학적 특성을 연계하여 예측 정밀도를 조금더 높이면 식미판정 자료로 실용화가 가능할 것으로 판단된다.

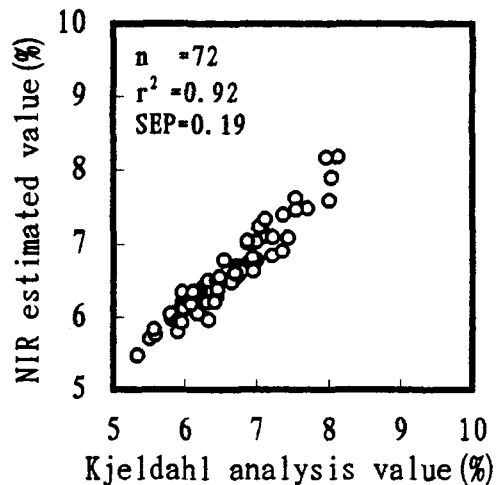


Fig. 6 Relationship between Kjeldahl analysis value and NIR estimated value for milled rice protein.

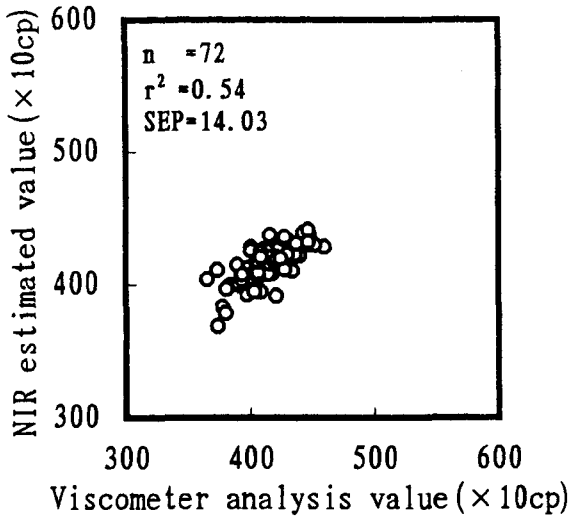


Fig. 7 Relationship between viscometer analysis value and NIR estimated value for milled rice viscosity

라. 품종별 단백질 예측 회귀모델

1) 동진·추청과 전체시료와의 백미 단백질 예측 정밀도 비교

여기에서는 시료수가 많은 대표적인 품종으로 동진과 추청을 각각 42점씩 선택하여 단백질 예측 회귀모델을 개발하고 검증한 결과와 앞절의 품종에 관계없이 69시료를 이용하여 개발한 예측 회귀모델과 검증결과의 정밀도를 비교·검토하였다.

파장은 앞절의 단백질 예측식에서와 같이 3파장을 사용하였고, 동진·추청·69시료의 단백질 예측 회귀모델 및 검증 결과의 정밀도를 표 5에 나타냈다. 검증결과에 대한 그림은 앞에서와 같은 경향이므로 생략한다.

표에서와 같이 품종별로 예측 회귀모델을 개발한 것이 69시료의 것보다 r²이 크고 SEC는 작아 정밀도가 약간 높은 경향을 나타냈고, 검증 결과는 약간의 차이는 있으나 반대의 경향을 나타냈다. 그러나 정밀도는 모두 충분한 것으로 판단된다.

Table 5 Comparison of calibration and validation results

Items		Results			Validation			
		Calibration	Validation					
		n	r ²	SEC	n	r ²	SEP	Bias
Milled rice	Dongjin	21	0.90	0.15	21	0.91	0.18	-0.04
	Chucheong	21	0.90	0.18	21	0.85	0.25	0.06
	All samples	69	0.86	0.20	72	0.92	0.19	-0.01

2) 동진과 추청의 단백질 예측 회귀모델의 상호 관계

앞절에서는 동진과 추청의 시료를 반으로 나누어 예측식 개발과 검정을 하였다. 여기에서는 동진과 추청 각각 42시료에 대한 예측 모델을 개발하고 상호간에 검증하여 정밀도를 비교하였다.

42점씩의 시료를 이용하여 개발된 단백질 예측 회귀모델은 다음과 같고, 141점의 전시료를 이용한 예측 회귀모델도 같이 비교·검토하였다.

$$\text{동진 백미 단백질(\%)} = 7.1973 + 0.4747X_{2310} + 0.6696X_{2180} - 1.0891X_{2100} \quad (11)$$

단백질의 분포: 5.74~8.01%

$$\text{추청 백미 단백질(\%)} = 8.1027 + 0.9744X_{2180} - 0.6474X_{2100} - 0.4738X_{1680} \quad (12)$$

단백질의 분포: 5.34~7.97%

$$\text{전체 백미 단백질(\%)} = 14.765 + 0.3538X_{2310} + 0.6580X_{2180} - 0.9850X_{2100} \quad (13)$$

단백질의 분포: 5.32~8.13%

X₂₃₁₀, X₂₁₈₀, X₂₁₀₀: 2310nm, 2180nm, 2100nm에서 얻은 LOG(1/R)의 값

동진의 단백질 예측 회귀모델(11)를 이용하여 추청의 단백질 함량을 검증한 결과와 추청의 단백질 예측 회귀모델(12)을 이용하여 동진의 단백질 함량을 검증과 예측 정밀도 결과를 표 6에 나타냈다. 표에 나타났듯이 동진의 회귀모델로 추청의 단백질 검증결과 및 추청의 회귀모델로 동진의 단백질 검증결과의 정밀도는 높게 나타났다.

141점의 전시료를 이용한 회귀모델의 경우 품종별 회귀모델과 비교해서 정밀도가 거의 같기 때문에 품종별로 예측모델을 개발하는 것보다

전시료를 대상으로 예측모델을 개발하는 것이 실용화하는데 간편하고 사용이 편리할 것으로 판단된다.

Table 6 Comparison of calibration and validation results

Items	Results	Calibration			Validation				
		n	r ²	SEC		n	r ²	SEC	Bias
Milled rice	Dongjin	42	0.91	0.16	Chuneong	42	0.85	0.23	0.10
	Chucheong	42	0.90	0.19	Dongjin	42	0.88	0.19	0.09
	All samples	141	0.90	0.19	All samples	114	0.90	0.19	

4. 결론

현미와 백미의 분말로부터 함수율과 단백질 및 점도 등을 근적외선 분광법으로 측정하기 위해 화학적 분석과 근적외선분석계에 의한 측정값을 비교·검토하였다. 또한 현미와 백미 분말에 의한 등급과 식미(밥맛) 예측에 필요한 기초자료 제공 및 근적외선분광법에 의한 성분 측정법을 확립할 목적으로 이 실험을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 근적외선 분광법을 이용한 현미, 백미분말로부터 함수율 예측 결과는 현미가 $r^2=0.87$, $SEC=0.09$, 백미가 $r^2=0.95$, $SEC=0.08$ 이었다.

(2) 현미, 백미분말로부터 단백질 예측결과는 현미가 $r^2=0.83$, $SEC=0.20$, 백미가 $r^2=0.86$, $SEC=0.20$ 이었다.

(3) 현미, 백미분말로부터 점도 예측 결과는 현미가 $r^2=0.36$, $SEC=15.50$, 백미가 $r^2=0.55$, $SEC=12.98$ 이었다. 백미 점도의 예측 정밀도가 현미의 정밀도 보다는 높았지만, 실용상에 있어서 r^2 이 낮기 때문에 과장선택을 포함해서 계속적인 연구가 필요하다.

(4) 품종별 단백질 회귀모델과 전시료를 이용한 회귀모델과의 정밀도는 거의 같기 때문에 전시료를 대상으로 예측모델을 개발하는 것이 실용화하는 데 간편하고 바람직하다.

참고문헌

1. 문성식의 2인. 1994. 한국산 쌀의 품질측정에 있어서 근적외선분광분석법의 응용. 한국식품과학회지 26(6) : 718~725.
2. 朴聖炫. 1982. 回歸分析. 大英社. 88~101.
3. 日本 食糧研究所. 1969. 米の品質と貯蔵利用.
4. 조승용의 2인. 1994. 근적외선분광분석법에 의한 밥의 노화도 측정. 한국식품과학회지 26(5) : 579~584
5. 川村周三 等. 1991. 近赤外分光法と官能試験法とによる米の食味評價. 日農機誌 53(6). 93~96
6. 夏賀元康, 川村周三, 伊藤和彦. 1992. 近赤外分光法による穀物成分測定の精度(第1報) 北海道産小麦の水分, ダンプク質, 灰分について. 日農機誌 54(1). 89~96
7. 夏賀元康. 1993. 近赤外分光法による穀物の品質測定に関する研究. 北海道大學 農學部 學位論文.
8. 韓忠洙外 6人. 1994. 米穀綜合處理場 理論과 實務. 농협전문대학
9. 韓忠洙外 2人. 1994. 韓國産米の品質改善に関する研究 (第1報), 近赤外分光法による生粉からの玄米・精白米のタンパク質含量と歩留の推定. 第53回 日本農機械學會年次大會. 201~202.
10. 韓忠洙外 2人. 1994. 韓國産米の品質改善に関する研究 (第2報), 近赤外分光法による玄米・精白米のタンパク質含量と食味値の推定. 第53回 日本農機械學會年次大會. 203~204.
11. Cho. S. I. 1993. Nondestructive sugar content measurement of intact fruit using spin-spin relaxation time(T2) measurement by pulsed H magnetic resonance. Transactions of the ASAE. 36(4): 1217~1221

12. Dull, G. G., 1992. Instrument for nondestructive measurement of soluble solids in honey-dew melons. Transactions of the ASAE. 35(2): 735~737
13. Magoto Murakami. 1992. Analysis of pumpkin quality by near infrared reflectance spectroscopy. The journal of the Faculty Agriculture Hokkaido University. 65(4): 259~366
14. Slaughter, D. C., 1992. Near infrared analysis of soluble solid in peaches. Paper No. 92-7056 ASAE. St. Joseph, MI 49085 USA



學位取得



姓 名: 朴 阪 圭
生 年 月 日: 1935年 7月 25日生
勤 務 處: 농업기계화연구소
取 得 學 位 名: 農學博士
學 位 授 與 大 學: 東國大學校 大学院
學 位 取 得 年 月 日: 1996年 8月 20日
學 位 論 文: Heat pipe의 原理를 利用한 施設溫度的 溫水暖旁 放熱器 開發