

近赤外分光分析法에 의한 米質관련 성분 측정

黃興九* · 趙來光** · 孫再根** · 李壽寬*

Rapid Evaluation of Chemical Components of Rice Grain Using Near Infrared Spectroscopy

Hung Goo Hwang* · Rae Kwang Cho** · Jae Keun Sohn** and Soo Kwan Lee*

ABSTRACT : This study was conducted to establish the rapid evaluation method of chemical components of rice grain on the basis of non-destructive method. A near-infrared reflectance spectroscopic(NIRS) method was utilized, for the determination of amylose, protein, magnesium, and potassium content of rice. A multiple linear regression analysis for the data obtained by standard laboratory methods and NIRS method was carried out to make a calibration. The standard error of prediction for amylose, protein, magnesium and potassium content were 0.88%, 0.28%, 12.62mg and 10.79mg, respectively. It was concluded that the NIRS method can be useful the rapid determination of amylose, protein, magnesium and potassium content instead of the existing laboratory method.

Key Word : Rice, Grain quality, Chemical components, Rapid evaluation, NIRS

쌀의 品質이란 利用目的에 따라 그 내용, 평가항목 및 방법, 중요성이 다르나 쌀을 주식원으로 사용하는 우리나라의 경우 良質米란 食味特性이 양호한 밥맛 좋은 쌀로 이해되고 있다.

쌀의 品質에 관한 종래의 報告는 쌀의 구성성분^{4, 5,12,13,14,16}, 品種이 가지는 米質의 遺傳的 特性^{6,7,9, 16,22,24,27}, 栽培法 및 栽培環境에 따른 米質變異^{17,18, 19,28}, 수확, 건조, 저장 및 조제^{11,20}, 취반법²¹에 따른 미질변화에 대한 연구가 있으며 品質 評價方法으로는 화학적 및 기계적 분석을 통한 쌀의 理化學的 特性 檢定 및 밥의 物理性檢定과 밥의 외관, 색택, 찰기 및 밥맛을 직접 評價하는 食味官能 檢査方

法^{8,13,15,23,26}이 주로 이용되고 있다.

이러한 評價方法은 기존 재배품종들의 食味관련 특성의 객관적인 평가에 비교적 효율적으로 이용될 수 있으나 분석에 많은 양의 시료 및 시약이 필요하며 시간적, 경제적 비용이 수반되므로 많은 계통들을 대상으로 米質關聯 特性을 評價하여 良質系統을 선별하는 成分育種의 米質檢定 方法과 재배품종들의 쌀 品質을 등급화하여 유통시장에서 쌀 品質의 迅速한 評價 方法으로 적용하기에는 어려움이 있다.

그러므로 벼 品種育成 초기세대에 소량의 시료로 신속하게 여러가지 米質관련 특성을 평가하여 良質系統을 선별할 수 있는 檢定方法과 品質差等 수매

* 영남작물시험장(Yeongnam Crop Experiment Station, Milyang 627-130, Korea)

** 경북대학교 농과대학(Coll. of Agr., Kyungpook Univ., Taegu 702-701, Korea)

및 유통시 현장에서 신속하고 정확하게 品質을 평가할 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

非破壞分析法이란 분석 대상물의 원형을 파괴하지 않고 그 내용 및 성분을 분석 측정하는 기술로 농산물에서는 近赤外 分光 分析法이 주로 이용되고 있다. 미국과 캐나다에서는 '70년대 후반부터 소맥의 수분, 단백질분석과 대두의 수분, 단백질 및 지질 등의 분석에 이 방법을 공정분석법으로 채택하고 있으며^{25, 31)} 최근에는 많은 식품 및 사료의 品質分析과 관리에 널리 이용되고 있다.

쌀에 대한 近赤外 分光 分析法의 이용은 '80년대 후반부터 주로 연구되어져 최근에는 近赤外 分光 分析機를 이용한 食味計를 개발하여 실용화되고 있으며^{10, 29, 30)} 국내에서도 조¹⁾에 의해 近赤外 分光 分析法의 응용이 소개된 후 일부작물의 品質檢定에 이 방법의 이용 가능성이 보고된 바 있다.^{2, 3)}

본 연구는 近赤外 分光 光度計를 이용하여 쌀의 品質에 관여하는 성분들을 신속하고 간편하게 분석할 수 있는 방법을 확립코자 밥의 食味特性에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로 알려진 아밀로스, 단백질 및 무기성분인 마그네슘, 칼륨함량을 대상으로 近赤外 分光 光度計의 이용 가능성을 검토하여 얻어진 결과를 보고한다.

材料 및 方法

본 시험에 공시된 벼 品種은 낙동벼 등 69品種으로 1991년 6월 15일 영남작물시험장 포장에서 주당 1본씩 이양하여 普肥 수준으로 표준경중법에 따라 栽培하여 수확하였다. 수확된 벼는 수분함량을 15% 이하로 일광 건조하여 실험실용 현미기(Satake, THU)와 백미기(Yamamoto)를 사용하여 도정하였다. 도정된 백미는 Cyclone sample mill을 이용하여 쌀가루로 분쇄후 100mesh체를 통과시켜 분석에 사용하였다.

쌀의 구성성분 중 아밀로스함량은 Juliano의 비색정량법에 준하여 Spectrometer(Gilford, Stastar III)를 이용하여 620nm에서 흡광도를 측정하였고 단백질, 마그네슘(Mg), 칼륨(K)의 분석은 쌀가루

500mg을 H₂O₂-H₂SO₄로 습식 분해시켜 단백질함량은 micro-kjeldahl법에 따라 전질소함량을 定量하여 전질소함량(%) × 5.95 = 단백질함량(%)으로 환산하였고 Mg와 K함량은 원자 흡광 분광 광도계(Perkin-elmer, Model 2380)를 이용하여 각각 3반복으로 분석하여 평균치를 사용하였다.

近赤外 分光 分析은 경북대학교 농화학과 식량화학 연구실에서 실시하였으며 68品種의 쌀가루를 근적외 스펙트럼 측정용 시료 용기에 약 3g씩을 넣어 일정체적이 되게 조정하여 연구용 近赤外 分光 分析 裝置(Infra Alyzer 500C형, Bran & Luebbe사)에 정착한 뒤 IDAS(Infra Alyzer Data Analysis Software) 프로그램으로 미분변환 및 重回歸 分析을 실시하였다. 검량식 작성은 46品種의 화학분석치와 근적외 스펙트럼 데이터간의 重回歸 分析을 실시하여 쌀의 성분 측정에 필요한 검량식별 증상관계수 및 기존분석치와 近赤外 분석치간의 標準誤차를 구하였다. 얻어진 후보검량식의 측정정확도는 22품종의 성분을 실험실에서 분석하여 성분별로 반복간 오차가 큰 品種을 제외한 후 17-22점의 未知시료를 적용시켜 근적외 분석치와 화학분석치간의 標準誤差(Standard error of prediction)로서 판단하였다.

結果 및 考察

1. 供試材料의 성분 분석

近赤外 分光 分析法의 검량식 작성을 위해 供試한 벼 46品種의 쌀 성분 분석 결과는 표 1에서 나타난 바와 같이 아밀로스함량은 10.4%에서 22.5%의 분포로 평균 아밀로스 함량은 17.6%였고, 단백질함량은 4.79%에서 8.34%의 분포를 보였으며 평균함량은 6.69%였다. 무기성분인 Mg 함량은 45.53mg에서 142.6mg의 넓은 분포로 평균 Mg 함량은 92.3mg이었으며 K함량은 71.3mg에서 159.7mg의 분포로 그 평균치는 106.6mg이었다(표 1)

검량식 작성후 확인용 시료로 사용한 22品種의 성분 분석 결과는 표 2와 같이 아밀로스 함량은 15.2%에서 21.1%의 분포를 보였고 단백질 함량은 4.47%에서 8.68%의 분포를 보였다. 무기성분인

Table 1. Content of amylose, protein, magnesium and potassium of forty six varieties used for near-infrared spectroscopic analysis

No.	Variety	Amylose (%)	Protein (%)	Mg (mg/100g)	K (mg/100g)
1	Aichinokaory	19.50	5.57	60.20	91.40
2	Akidagomachi A	14.90	7.41	88.80	84.40
3	Akidagomachi B	13.80	8.24	90.67	83.13
4	Bukrukbanna	10.43	8.16	120.27	99.27
5	Hamkyung 13	17.73	5.42	140.13	155.93
6	Hokuriku 130	18.03	7.03	65.53	73.20
7	Donghaebyeo	18.43	7.02	60.13	76.47
8	Geumobyeeo	16.87	7.36	94.07	89.33
9	Gwangmyeongbyeo	22.50	6.79	92.47	127.40
10	Hwaseongbyeo	18.73	7.23	69.40	84.40
11	Hwayeongbyeo	17.47	6.68	58.27	82.39
12	Ipumbyeo	17.83	7.43	69.47	90.27
13	Jinmibyeo	17.77	7.03	63.20	86.80
14	Koshihikari	15.53	8.34	94.20	87.27
15	Milyang 95	17.90	7.41	81.00	80.87
16	Milyang 105	17.23	7.55	109.33	113.47
17	Milyang 109	17.37	7.24	115.13	129.27
18	Milyang 111	18.97	7.20	96.20	132.93
19	Milyang 113	16.30	7.48	122.27	134.00
20	Milyang 114	17.27	7.84	114.27	121.80
21	Milyang 116	17.97	7.13	98.07	150.20
22	Milyang 118	18.70	6.58	70.40	78.87
23	Milyang 119	17.47	7.18	87.00	89.40
24	Miyakaory	16.47	7.24	98.13	71.27
25	Nagdongbyeo	18.27	6.33	84.40	106.20
26	Sangjubyeeo	17.77	6.20	115.87	134.47
27	Sasanishiki	16.53	8.23	87.33	83.87
28	Seoanbyeo	17.20	7.71	70.33	74.47
29	Suweon 391	18.73	7.67	60.73	76.27
30	Aiguk	18.13	5.03	115.87	129.20
31	Damageum	18.73	5.18	123.13	128.40
32	Damajo	18.40	4.94	137.60	159.73
33	Gwangcheongjo	19.27	4.79	142.60	140.00
34	Gwangweonjo	19.17	6.07	123.80	106.07
35	Hwangokdo	19.97	5.23	129.27	130.47
36	Jinheung	17.77	5.04	105.20	139.80
37	Yongcheon	19.78	5.23	89.60	96.13
38	Yeongdal	14.57	7.71	45.53	86.67
39	Jaekyeun	20.03	4.84	110.60	138.27
40	Chilseongbyeo	16.87	6.47	78.27	118.87
41	Gayabyeeo	17.40	6.79	80.73	95.67
42	Milyang 23	18.63	6.45	75.33	101.47
43	Milyang 42	17.67	6.35	75.33	110.20
44	Milyang 46	15.53	6.11	64.60	91.33
45	Samgangbyeo	15.96	6.29	75.40	109.13
46	Weonpungbyeo	16.37	6.68	95.27	132.33
	Range	10.43-22.50	4.79-8.34	45.53-142.60	71.27-159.73
	Mean	17.56	6.69	92.30	106.58

Table 2. Content of amylose, protein, magnesium and potassium of 22 varieties used for near-infrared spectroscopic prediction

No.	Variety	Amylose (%)	Protein (%)	Mg (mg/100g)	K (mg/100g)
1	Chuncheongbyeo	18.97	7.51	70.47	87.67
2	Dongjinbyeo	18.37	6.46	-	84.93
3	Daecheongbyeo	-	7.49	65.27	69.00
4	BG 26	-	8.68	64.93	85.33
5	Kinuhikari	15.17	8.00	89.07	88.47
6	Milyang 107	16.43	7.68	126.00	125.53
7	Milyang 112	17.07	7.36	-	133.73
8	Milyang 115	-	7.88	104.93	121.73
9	Milyang 117	16.60	7.11	79.07	86.00
10	Palgongbyeo	16.43	6.13	88.07	119.67
11	Tamjinbyeo	19.43	6.51	-	81.87
12	Yeongdeongbyeo	18.63	7.37	75.73	75.07
13	Yeongnambyeo	-	6.67	62.07	84.33
14	Baikgyeongjo	18.47	4.47	120.20	134.67
15	Dadomaeg	19.70	6.07	124.87	124.73
16	Gujungjo	21.10	5.08	104.80	132.00
17	Noindari	19.10	5.36	133.47	110.87
18	Palldal	19.90	6.55	98.53	98.73
19	Chilseongbyeo	16.87	6.47	78.27	118.87
20	Milyang 30	17.47	6.34	80.40	122.27
21	Milyang 49	16.20	6.47	-	111.47
22	Weonpungbyeo	16.37	6.68	95.27	132.33
	Range	15.17-21.10	4.47-8.68	62.07-133.47	69.00-134.67
	Mean	17.90	6.74	92.30	105.87

Mg함량은 62.1mg에서 133.5mg의 분포를 보였으며 K함량은 69.0mg에서 134.7mg의 분포를 보여 확인용 품종들의 성분함량 범위가 검량식 작성용으로 공시한 품종들의 성분 함량 범위내에 해당되었다(표 2).

2. 近赤外 分光 分析法에 의한 성분분석

쌀의 아밀로스함량에 대한 검량식을 구하고자 공시된 39품종들의 근적외 스펙트럼으로 얻은 흡광도 데이터와 비색정량법으로 분석한 아밀로스함량치간의重回歸 分析을 실시하여 중상관계수 및 측정오차면에서 비교적 정확도가 높은 2과장에서

Table 3. Result of the multiple linear regression analysis for amylose content in rice

Used Wavelengths(nm)	R ^a	SEE ^b	SEP ^c
2208, 2044	0.76	0.88	0.882
2208, 2036, 2204	0.78	0.86	0.930
2208, 2036, 2204, 1988	0.80	0.84	0.975
2208, 2328, 2204, 1872, 2312	0.87	0.69	0.961
2209, 2328, 2204, 1872, 2312, 2308	0.88	0.68	1.080

a R : Multiple correlation coefficient
 b SEE: Standard error of estimation (n=46)
 c SEP: Standard error of prediction (n=17)

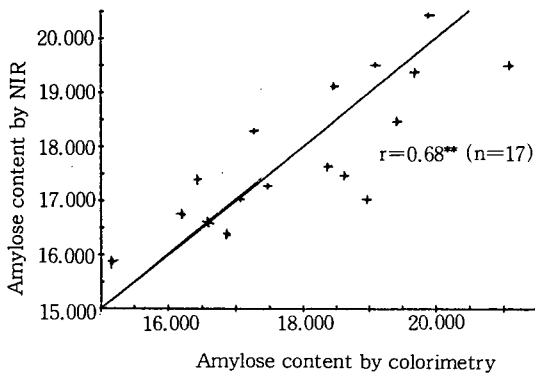


Fig. 1. Relationship between predicted amylose contents by NIR data at 2208 and 2044 and known amylose contents of 17 rice varieties.

6파장으로 구성되는 5개의 검량식을 얻었다.(표3) 그러나 이들 검량식의 정확도를 확인하기 위하여 비색정량법으로 분석한 17품종의 아밀로스 함량치를 각각의 검량식에 적용시켜 실행오차를 조사한 결과 2208 및 2044nm의 2파장으로 구성된 검량식에서 실행오차(SEP)가 0.882로 가장 낮아 측정 정확도가 가장 높게 나타났으며 비색정량법으로 분석한 아밀로스함량과 근적외 분광 분석기에 의한 측정 시간의 相關은 정의 유의한 相關을 보였으나 상관계수가 0.68로 타 성분에 비해 相關의 정도가 다소 낮게 나타났다(그림 1). 이는 확인용으로 공시한 17품종의 아밀로스함량 變異가 5% 정도로 좁기 때문인 것으로 여겨지며 Juliano¹⁶⁾는 동일시료의 아밀로스함량 분석에서 실험시간에 2.1-4.5%의

Table 4. Result of the multiple linear regression analysis for protein content in rice

Used Wavelengths(nm)	R ^a	SEE ^b	SEP ^c
1100, 1132	0.74	0.70	0.67
1128, 1144, 1156	0.84	0.57	0.48
2220, 2236, 2132, 2152	0.97	0.25	0.34
2220, 2236, 2128, 2152, 2092	0.98	0.23	0.28
2220, 2236, 2128, 2152, 2092, 2176	0.98	0.23	0.32

a R : Multiple correlation coefficient
 b SEE: Standard error of estimation (n=46)
 c SEP: Standard error of prediction (n=22)

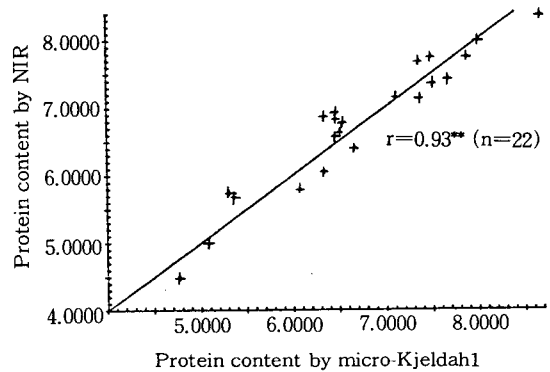


Fig. 2. Relationship between predicted protein contents by NIR data at 2220, 2236, 2128, 2152 and 2092nm and known protein contents of 22 rice varieties.

변이를 보인다고 報告한 바 있다.

단백질함량에 대해서도 46品種의 흡광도 데이터와 단백질함량간의 重回歸分析에 의해 2파장에서 6파장으로 구성되는 5개의 검량식을 구하였고(표4), 이들 각각의 검량식에 micro-kjeldahl 법으로 분석한 22품종의 단백질함량치를 적용시켜 본 결과 2220, 2236, 2128, 2152 및 2092의 5파장으로 구성된 검량식에서 실행오차가 0.28로 가장 낮아 측정 정확도가 가장 높게 나타났으며 micro-kjeldahl법으로 분석한 단백질함량과 近赤外 分光分析機에 의한 함량간의 相關은 상관계수가 0.93으로 매우 높은 정의 유의한 相關이 인정되었다(그림 2).

쌀의 無機成分 분석은 원자 흡광 분광 광도계로 분석한 46品種의 Mg 함량치와 근적외 스펙트럼의

흡광도 데이터간에重回歸分析에 의해 2과장에서 6과장으로 구성되는 5개의 검량식을 구하였고 이들 검량식에서 원자흡광 분광 광도계로 분석한 17品種 Mg함량치를 적용시켜 실행오차를 조사한 결과 1224, 1212, 1156 및 1204의 4과장으로 구성되는 검량식에서 실행오차가 12.62로 가장 낮아 정확도가 가장 높게 나타났다(표 5).

K 함량에 대한 검량식은 공식된 46品種들의 근적외 스펙트럼으로 얻은 흡광도 데이터와 K 함량치간의重回歸分析을 실시하여 중상관계수 및 측정오차면에서 2과장에서 6과장으로 구성되는 5개의 검량식을 얻었다(표 6). 그러나 이들 검량식의 정확도를 측정하기 위하여 원자 흡광 분광 광도계로 분석한 17品種들의 K함량치를 각각의 검량식에 적용시켜 실

Table 5. Result of the multiple linear regression analysis for magnesium content in rice

Used Wavelengths(nm)	R ^a	SEE ^b	SEP ^c
1104, 1128	0.56	20.82	22.20
1240, 1220, 1156	0.83	14.24	15.05
1224, 1212, 1156, 1204	0.85	13.33	12.62
1124, 1212, 1156, 1184, 2472	0.88	12.49	12.86
1224, 1212, 1156, 1180, 2180, 2204	0.92	10.60	12.75

- a R : Multiple correlation coefficient
- b SEE: Standard error of estimation (n=46)
- c SEP: Standard error of prediction (n=17)

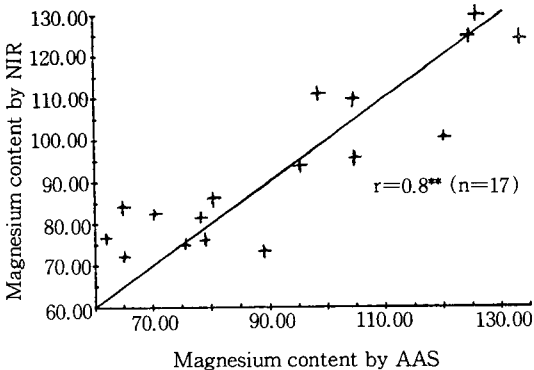


Fig. 3. Relationship between predicted magnesium contents by NIR data at 1224, 1212, 1156 and 1204nm and known magnesium contents of 17 rice varieties.

행오차를 조사한 결과 2304, 2292, 2260 및 1152의 4과장으로 구성된 검량식에서 실행오차가 10.79로 가장 낮아 측정정확도가 가장 높게 나타났다.

원자 흡광 분광 광도계로 측정된 Mg 및 K함량과 近赤外 分光 分析機에 의한 측정치간의 상관에서 Mg는 0.80, K는 0.83의 상관계수를 보여 두 성분 모두 높은 정의 유의한 相關이 인정되었다(그림 3, 4).

일반적으로 無機成分은 근적외 영역에서 흡수가 되지 않기 때문에 近赤外 分光 光度計로 측정이 불가능한 것으로 여겨져 왔으나 米粒중의 無機成分의 일부는 有機成分과 결합되어 있기 때문에 그 有機成分을 측정하여 간접적으로 無機成分의 측정을 어느 정도까지 가능하게 할 수 있다고 알려져 있고^{10,29)}

Table 6. Result of the multiple linear regression analysis for potassium content in rice

Used Wavelengths(nm)	R ^a	SEE ^b	SEP ^c
1104, 1128	0.66	19.16	19.86
2304, 2292, 2260	0.88	12.41	12.22
2304, 2292, 2260, 1152	0.89	11.76	10.79
2304, 2288, 1152, 2300	0.91	11.24	14.69
2304, 2212, 2236, 1428, 2224, 2328	0.94	9.16	12.85

- a R : Multiple correlation coefficient
- b SEE: Standard error of estimation (n=46)
- c SEP: Standard error of prediction (n=22)

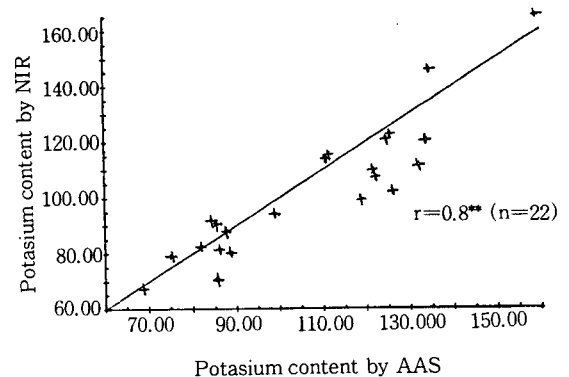


Fig. 4. Relationship between predicted potassium contents by NIR data at 2304, 2292, 2260 and 1152nm and known potassium contents of 22 rice varieties.

본 시험에서는 無機成分인 Mg와 K함량의 近赤外 分光 分析 결과 측정정확도가 높게 나타났다.

이상에서와 같이 지금까지 실험실내에서 복잡한 분석 방법에 의해서만 분석이 가능했던 쌀의 아밀로스, 단백질, Mg 및 K 함량들의 非破壞 分析 가능성 여부를 확인해 본 결과 실험실내의 분석치와 近赤外 分光 分析置 간에 정의 유의한 相關이 인정되었고 실험오차가 적어 측정정확도가 상당히 높게 나타나 이들 성분에 대한 분석이 가능함을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 稻津¹⁰⁾가 쌀의 전분, 단백질 및 회분함량을 近赤外 分光 分析法로 분석한 결과 이들 形質의 非破壞 分析이 가능하며 그 중 단백질함량의 측정 정확도가 가장 높다고 한 報告와 일치하는 경향이었고, 古川³⁰⁾는 쌀의 아밀로스, 단백질 및 Mg/K 당량비로 식미평가 추정식을 산정하여 近赤外 分光 分析法로 분석 가능성을 보고한 바 있어 이들 성분을 이용하여 신뢰성이 있는 식미평가 추정식이 산출된다면 非破壞 分析에 의한 쌀의 品質 評價가 가능할 것으로 생각된다.

摘 要

쌀의 理化學的인 성분분석과 관능검사에 의한 食味檢定으로 品質을 評價하는 방법은 많은 시간적, 경제적인 비용이 수반되므로 소량의 시료로 신속하고 정확하게 品質을 검정할 수 있는 방법이 확립되면 良質米 品種 육성의 선발 효율을 높이고 쌀 品質을 등급화하여 유통시장에서 品質 인증제 도입시 평가 방법으로 적용할 수 있을 것이다. 이러한 目的으로 벼 68品種을 공시하여 近赤外 分光 分析機를 사용하여 근적외 스펙트럼과 몇가지 이화학특성치간의 重回歸 分析에 의해 각각의 검량식을 작성하여 未知의 시료로 측정정확도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 아밀로스함량 분석에서는 1파장에서 6파장으로 구성되는 5개의 검량식을 얻었으나 2208 및 2044nm의 2파장으로 구성된 검량식에서 측정정확도가 높았다.

2. 단백질함량 분석에서는 2파장에서 6파장으로

구성되는 5개의 검량식을 얻었으나 2220, 2236, 2128, 2152 및 2092nm의 5파장으로 구성된 검량식에서 측정정확도가 높았다.

3. 무기성분인 Mg와 K 함량 분석에서는 각각 5개의 검량식을 얻었으나 Mg 함량은 1224, 1212, 1156 및 1204의 4파장 검량식에서 K 함량은 2304, 2292, 2260 및 1152의 4파장 검량식에서 각각 측정정확도가 높게 나타났다.

4. 확인용 시료의 理化學的 특성치와 近赤外 分光 分析機에 의한 측정치간의 相關에서 상관계수는 단백질함량(0.93), K함량(0.83), Mg함량(0.80), 아밀로스함량(0.68)의 순으로 높았고, 모든 성분에서 높은 정의 유의한 相關이 인정되었다.

引用文獻

1. 趙來光, 1987. 食品工業에 있어서 近赤外 分析法의 應用. 食品科學 20(4):4-12
2. 조래광·홍진환·김현구·박무현. 1990. 근적외 분광분석법에 의한 건조고추의 품질측정. 한국식품과학회지 22(6):675-680.
3. 조래광·손미령·안재진. 1991. 근적외 분광분석법에 의한 분말 고추중의 씨앗 및 꼭지혼입량의 신속한 측정. 한국식품과학회지 23(4):447-451.
4. 崔海椿·趙守衍·金光鎬. 1990. 쌀의 蛋白質含量과 아미노酸 造成의 品種間 차이와 環境變異. 韓作誌 35(5):379-386.
5. 崔海椿·趙守衍·池定鉉·朴來敬. 1991. 벼 品種의 기름 含量과 脂肪酸造成. 韓作誌 品質研究 3:1-8.
6. 崔相鎭·朴來敬·崔鉉玉. 1979. 쌀 아미로스含量的 遺傳 및 變異性에 關한 研究. 韓育誌 11(3):213-221.
7. 崔相鎭·崔鉉玉. 1980. 쌀 Alkali 崩壞性的 遺傳 및 變異性에 關한 研究. 韓作誌 25(2):15-22.
8. Delmundo, A. M., D. A. Kosco, B.O. Juliano, J. J. H. Siscar and C. M. Perez.

1989. Sensory and instrumental evaluation of texture of cooked and raw milled rice with similar starch properties. *Jour. of Texture Studies* 20:97-110.
9. 許文會·朴淳直. 1976. 쌀 배유의 Amylose含量에 미치는 Wx 因자의 Dasage 效果. *韓育誌* 5(1):32-36.
 10. 稻津脩. 1988. 北海道山米の食味向上による品質改善に關する研究. 北海道立 農業試驗場報告 No.66. 北海道立 中央農業試驗場
 11. 全遇滂·明乙在·李殷雄·權容雄. 1991. 벼의 乾燥溫度가 米質과 食味에 미치는 影響. *韓作誌* 36(4):345-350.
 12. Juliano, B. O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. *Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality*. IRRI. pp 69-90.
 13. Juliano, B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain quality, *Rice:Chemistry and Technology*, American association of cereal chemists. pp, 443-524.
 14. Juliano, B. O. 1992. Rice starch properties and grain quality. *Denpun Kagaku* 39(1):11-21.
 15. Juliano, B. O., C. M. Perez, S. Barber, A. B. Blakeney, T. Iwasaki, N. Shibuya, K. K. Keneaster, S. M. Chung, B. Laignelet, B. Launay, A. M. Delmundo, H. Suzuki, J. Shiki, J. Tokoyama, K. Tatsumimand, B. D. Webb. 1981. International cooperative comparison of instrument methods for cooked rice texture. *Jour. of Texture Studies*. 12:17-38.
 16. Juliano, B. O., C. M. Perez, A. B. Blakeney, T. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E. T. Lapis, V. V. S. Murty, C. M. Paule and B. D. Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Staerke* 33:157-162.
 17. 金基駿·金光鎬. 1987. 栽培環境이 다른 쌀의 理化學的 特性에 關한 研究. *韓作誌* 32(2):269-273.
 18. 金光鎬·朱鉉圭. 1990. 벼 品種의 栽培地域에 다른 米質特性變異 I. 米質特性의 地域 變異. *韓作誌* 35(1):34-43.
 19. 金光鎬·朱鉉圭. 1991. 벼 品種의 栽培地域에 다른 米質特性變異 II. 米質關連 形質 相互間의 關係. *韓作誌* 35(2):137-145.
 20. 權容雄·田遇滂. 1991. 벼의 貯藏에 있어 貯藏 期間, 倉庫 等級 및 搗精度가 밥맛에 미치는 影響. *韓作誌* 36(3):271-279.
 21. 權容雄·田遇滂·崔海椿. 1991. 不良食味 쌀에 대한 優良食味쌀 및 참쌀의 混合과 쌀의 品種間 混合이 밥맛에 미친 影響. *韓作誌* 36(4):351-359.
 22. Lee, B. Y, I. H. Yoon, I. Tetsuya, K. Ikuji and D. Tetsujiro. 1989. Cooking quality and texture of japonica-indica breeding type and japonica type, Korean rice. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 21(5):613-618.
 23. 李相孝. 1990. 韓國產 쌀의 理化學的 特性과 食味 評價에 關한 研究. 中央大學校 博士學位論文.
 24. 中川原捷洋. 1980. 米澱粉의 變異と 遺傳, 稻と米-品質 な巡つて. *農林水産省 農業研究 センター* pp. 31-56.
 25. Norris, K. H. and P. C. Williams. 1984. Optiminization of mathematical treatments of raw near-infrared signal in the measurement of protein in hard red spring wheat. I. Influence of particle size, *Cereal chem.* 61(2):158-165.
 26. Ohtsubo, J. J. H. Siscar, B. O. Juliano, T. Iwasaki and M. Yokoo. 1990. Comparative study of texturometer and instron texture measurement on cooked japanese milled rice. *Rep. Natl. Food Res. Inst.* 54:1-9.
 27. 奥野員敏·久保田基成. 1989. 米の タンパク質 と 脂質의 成分 育種. *農業技術* 44(7):37-42.
 28. 佐佐木康之. 1989. 稻の栽培條件と品質. 稻と米-品質 な活かよ. *農林水産省 農林研究 セン*

ターpp. 49-66.

29. 河野登夫・岩元睦夫. 1992. 米の食味計の原理につとこる. 日本食品機械研究會 12(2):15-22.
30. 吉川年彦・永井耕介・田中萬紀穂・松本修・澤正樹. 1992. 近赤外分光法による農産物の非破壊品質評價. 第4報 米の食味評價. 近畿中國農研 83:86-89.
31. Williams, P. C. and K. H. Norris. 1987. Near-Infrared technology in the agricultural and food industries. American association of cereal chemists Inc, St. Paul, Minnesota pp. 45.