

## 한국 쌀과 일본 쌀의 물리화학적 특성 연구 (I) NIR을 사용한 한국 쌀과 일본 쌀의 품질 비교

김 혁 일

계명대학교 식품가공학과

### 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

Hyuk-II Kim

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu, 704-701, Korea

#### Abstract

A total of 40 Korean and Japanese rice varieties were evaluated for their main chemical components, physical properties, cooking quality, pasting properties, and instrumental measurements. Based on their quality evaluations, it was concluded that Korean and Japanese rice varieties were not significantly different in the basic components of NIR (Near Infra Red) data and the chemical analysis from the uncooked brown and milled rices. Korean rice had a little bit higher protein and amylose contents but much lower fat acidity than those of Japanese rice from the chemical analysis. From all the data of three different kinds of NIR methods, Korean and Japanese milled rice were very similar except the taste score. Japanese rice showed a slightly higher taste score, a little bit higher lightness and whiteness, but lower yellowness and redness than Korean one. From all those data of NIR and the chemical analysis, Korean and Japanese rices had very similar components except the fat content.

Key words : Brown rice, white rice, NIR, color, amylose.

#### 서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 밀과 옥수수과 더불어 세계에서 가장 중요한 곡물이며 대체로 한국의 경우 현미보다는 백미로 소비된다. 아시아 지역에서 전 세계 쌀 생산의 90% 이상이 생산되며, 그 중에서도 한국과 일본은 조리 후의 특성이 매우 유사한 아밀로오스 함량이 낮은 찰진 종을 선호한다. 일본시장의 경우 백미는 시장에서 아밀로오스 함량이 낮은 종이 취반, 섭취 시에 좋은 품종으로 선호된다. 그래서 대부분의 한국 종 쌀들도 일본에서 인기가 있는 종들을 들여와서 개량시킨 종들이 많이 시중에서 유통된다. 이러한 결과에 의하여 취반, 섭취, 가공의 특성을 향상시키기 위하여 많은 유사한 종들을 교배에 의하여 개발하였으며, 교배종에서 중요한 인자가 소비자의 입장에서 선호하는 취반, 섭취, 가공특성의 유사

종과 아밀로오스 함량이 낮은 종으로 교배하는 것이 매우 중요한 지표라는 보고가 있다. 그러나 유사한 종의 경우 화학적인 조성의 차이는 크게 없으나 서로 다른 가공 적성을 가진다는 많은 불평들이 있다 (Juliano 1998). 그러한 불평은 쌀이 함유하고 있는 성분 중 건물의 90% 정도가 복합 탄수화물인 전분으로 구성되어 있기 때문이다. 전분의 기능성은 기본적인 두 가지 성분인 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있어서 이 거대한 두 물질이 곡물 조직을 형성하기 때문에 물리적인 배열에 따라서 매우 다른 특성을 보여 줌은 자명한 일이다.

간단하고 빠른 분석 기구인 NIR 기구를 이용하여 좀 더 빠르게 소비자들이 원하는 품질의 특성을 알아내는 것은 매우 필요하다. NIR은 쌀 자체를 갈거나 다른 전처리 없이 직접 사용할 수 있는 장점이 있으며 시간적인 제약이 없기 때문에 생산자들이 간단히 품질을 측정하기에 안정맞춤인 동시에 경제적으로 매우 유용한 기구이다(Champagne et al 2001, Himmelsbach et al 2001, Shimizu et al 1999, Meadows and

\* Corresponding author : Hyuk-II Kim, Tel: 053-580-5541,  
E-mail: fikim@kmu.ac.kr

Barton 2002, Meullenet et al 2002).

쌀의 품질을 비교하기 위한 기본적인 지표로서 화학적인 성분을 조사하는 것은 쌀의 품질이 너무나 다양한 품질 측정 요소들을 가지기 때문에 기초적인 품질 요소를 규명하기에는 필수적이다. Ohtsubo et al(1987, 1993, 1995, 1998)에 의하면 쌀의 품질을 측정하는 것은 더 좋은 품종을 정확히, 더욱 쉽게 판단할 수 있으며 나아가 신 품종의 특성을 가공 적성에 맞게 분류하기 위한 작업이라고 하였다. 쌀의 품질을 측정할 때에 물리화학적인 특성 외에도 관능적 검사가 매우 중요한 지표이다. 그러나 관능검사의 경우 매우 많은 시료와 관능검사원의 훈련 등에 요하는 시간적인 제약, 경제적인 제약 때문에 쉽지 않다. 물리화학적인 검사는 관능검사에 비하여 직접적이지는 못하지만 간접적으로 화학적인 분석에 근거하여 쌀 품질을 추측할 수 있다.

또한 한국과 일본이 매년 쌀 소비가 점점 줄어드는 매우 유사한 현상(한국 1인당 84 kg/1년, 일본 1인당 65 kg/1년, 2003년)을 나타내며, 그래서 쌀의 품질은 더욱 중요한 의미를 가질 것이라 생각된다. 특히 한국의 경우 과거에는 쌀의 수율을 올리기 위하여 통일벼와 같은 Indica 계통의 쌀을 많이 생산하였으나 품질 면에서 소비자들의 선호도가 떨어져서 현재는 많이 생산되지 못하고 있는 실정이다. 통일벼의 아밀로오스 함량, 호화온도, 겉 점착성, 취반후의 경도 등이 다른 좋은 품질의 쌀과 별 차이가 없으나 섭취 시에 품질의 열화로 인하여 소비자들이 외면하게 되었다(Juliano BO 1998).

그러나 아직까지도 한국 산 쌀과 일본 산 쌀의 유사한 종(japonica 종) 특성을 여러 가지 물리 화학적인 근거에서 비교 검토한 논문이 거의 없다. 본 연구에서는 서로 다른 세 가지 NIR 기구를 사용하여 한국 쌀과 일본 쌀의 차이점을, 현미와 백미에서 관찰하였으며 또한 화학적인 품질특성의 차이를 NIR 기구에 의한 결과와 비교 검토하였다.

## 연구방법

### 1. 재료 및 도정

실험에 사용한 한국산 쌀은 종을 아는 19종의 멍쌀과 1종의 찰쌀(국립 농산물 검사소에서 2002년 5월에 분양 받음), 3종의 시판 중인 멍쌀(지리산, 예천, 철원 산), 2종의 시판 중인 찰쌀(예천, 지리산 산) (시판 멍쌀과 찰쌀은 경남 창원 농협 하나로 마트에서 2002년 5월에 구입), 일본산 쌀은 14종의 멍쌀과 1종의 찰쌀을 2001년 생산된 시료(일본 총합 식품연구소 2002년 6월 보유)를 사용하였다(Table 1). 시료들은 시험하기 전에 4℃에 저온저장하였으며 3가지 서로 다른 NIR 기구를 사용하여 도정 전(현미)과 도정 후(백미)의 품질을 측정하였으며, 물리 화학적인 특성을 비교하였다. 도정 전에 먼저

수분 함량을 유사하게 하기 위하여 수분을 대략적으로 14%로 조절하여 준 후 백미로의 도정은 Yamamoto 도정기(Rice Pal 31, Tendo, Japan)를 사용하여 10% (도감율) 또는 도정도 90%로 하였다. 다른 분석에 사용하기 위하여 가루로 하는데에는 UDY Cyclone mill (UDY Corp., Ft. Collins, Co. U.S.A)을 사용하였다.

### 2. 화학 조성

수분함량은 도정한 쌀을 135℃, 1시간의 오븐 건조법을 이용하였으며, 아밀로오스 함량은 요오드를 이용한 색차법(Juliano BO 1981)을 이용하였으며, 이 때 감자 아밀로오스(Type III, Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo. U.S.A)와 찰쌀 전분(Shimada Chemical Industry Co. Ltd., Japan)을 기본적인 아밀로오스와 아밀로펙틴 물질의 표준 물질로 사용하였다. 도정한 쌀의 베타 아밀라아제 활성( $\beta$ -Amylase activity)은 Megazyme International Ireland 사의 키트(kit)를 사용하였으며 쌀가루 (0.5g)를 Tris 완충액으로 pH 8.0로 조절하여 상온에서 1시간 방치 후 5,000 rpm으로 20분간 원심분리한 후, 상층부를 베타-아밀라아제 활성의 마이크로 에세이(Betamyl Reagent: Betamyl method, Megazyme International Ireland, Ltd., Wicklow, Ireland)에 사용하였다. 질소 함량은 켈달법(Kjeldahl method)을 사용하여, 단백질계수 5.95를 사용하여 단백질량을 구하였다. 지방산은 Ohtsubo (Ohtsubo et al 1987)가 Duncombe 방법(Duncombe, 1963)을 변형시킨 방법에 의하여 비색법으로 정량하였다. 표준 곡선은 0~1.1 mM의 표준 리놀레산(linoleic acid)을 톨루엔으로 녹인 것을 사용하였다. 회귀방정식(a regression equation)은 알지 못하는 시료의 지방산의 추측량에 의하여 준비되었다. 지방산은 100g의 쌀가루(건물량)에 함유된 자유 지방산의 중화에 요구되는 KOH의 mg량으로 표현하였다. 모든 분석 값은 세 반복의 결과의 평균값으로 표현하였다.

### 3. 현미와 백미의 NIR에 의한 측정

서로 다른 세 회사의 NIR 측정기(① Shimadzu Rice Analyzer RQ1 Plus, Tokyo, Japan; ② Satake Continuous Taste Analyzer(CTA-10A), Tokyo, Japan; ③ Kett An-700 Near Infrared Grain Tester, Tokyo, Japan)를 사용하여 현미, 백미의 수분, 단백질, 아밀로오스 등을 세 번을 측정하여 평균값을 구하였다. 현미의 경우 NIR에 의하여 지방산 측정이 가능하였으나 백미의 경우는 불가능하였다.

### 4. 맛 점수(Taste Score)

백미의 조리 후의 맛을 점수화하는 기구로는 Satake Rice Taste Analyzer (RINBO1A, Hiroshima, Japan)를 사용하였다.

Table 1. The rice varieties collected for research

|    | Variety              | Location  | Country | Note                              |
|----|----------------------|-----------|---------|-----------------------------------|
| 1  | Nampyung             | Haenam    | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 2  | Dongan               | Jangsung  | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 3  | Daesan               | Changwon  | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 4  | Daean                | Icheon    | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 5  | Dongjin              | Gimhae    | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 6  | Odae                 | Cheolwon  | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 7  | Ilmi                 | Naju      | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 8  | Ilpoom               | Asan      | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 9  | Choochung            | Gimpo     | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 10 | Hwasung              | Youngam   | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 11 | Joonghwa             | Danyang   | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 12 | Samchun              | Muju      | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 13 | Seohan               | Chungwon  | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 14 | Daejin               | Samchuck  | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 15 | Hwayoung             | Jinhae    | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 16 | Kumnam               | Hongsung  | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 17 | Sindongjin           | Gunsan    | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 18 | Junam                | Gimchun   | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 19 | Hoan                 | Jungup    | Korea   | Non-glutinous variety             |
| 20 | Dongjin Chalbye      | Dongin    | Korea   | Glutinous variety                 |
| 21 | Yechun Hyunmi        | Yecheon   | Korea   | Non-glutinous, commercial variety |
| 22 | Cheolwon Hyunmi      | Cheolwon  | Korea   | Non-glutinous, commercial variety |
| 23 | Jirisan Hyunmi       | Jirisan   | Korea   | Non-glutinous, commercial variety |
| 24 | Yechun Chapsal       | Yeshun    | Korea   | Glutinous, commercial variety     |
| 25 | Jirisan Chapsal      | Jirisan   | Korea   | Glutinous, commercial variety     |
| 26 | Jisedai Hiyokumochi  | Jisedai*  | Japan   | Glutinous variety                 |
| 27 | Jisedai Mirenishiki  | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 28 | Jisedai Soft 158     | Jisedai   | Japan   | Low amylose variety               |
| 29 | Jisedai Koshihikari  | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 30 | Jisedai Nihonmashari | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 31 | Jisedai Nipponbare   | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 32 | Jisedai Dontokoi     | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 33 | Jisedai Hinohikari   | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 34 | Jisedai Kinuhikari   | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 35 | Jisedai Hitohana     | Jisedai   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 36 | Ibaraki Koshihikari  | Ibaraki** | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 37 | Ibaraki Yumehitachi  | Ibaraki   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 38 | Ibaraki Kinuhikari   | Ibaraki   | Japan   | Non-glutinous variety             |
| 39 | Ibaraki Milkyqueen   | Ibaraki   | Japan   | Low amylose variety               |
| 40 | Ibaraki Akitakomachi | Ibaraki   | Japan   | Non-glutinous variety             |

\* Jisedai is not name of location, newly bred varieties in Japan.

\*\* Ibaraki is location name in Japan.

백미 20 g과 30 ml 증류수를 알루미늄 용기(윗 부분 지름 55 mm, 아랫 부분 지름 40 mm, 높이 55 mm)에 담아서 1시간 수침 후 전기밥솥(SR-ULH18, National Co., Ltd., Japan)에서 앞에서 설명된 바와 같이 두층의 덮개(외부층: 알루미늄 포일; 내부층: 과잉의 증기에 의하여 수분을 유실하지 않기 위하여 종이 시트 사용)로 윗 부분을 잘 막는다. 취반 후에, 시료를 petri-dish에 옮긴 다음에, 시료를 다시 개별적으로 플라스틱 봉지에 싼 후 공기가 밀폐되는 플라스틱 용기에 넣은 후에 2시간 상온(25°C)에서 방치 후에 Satake 맛 분석기에서 측정하였다. 상기의 모든 시료는 3번 반복 후에 평균 값을 계산하여 결과를 얻었다.

### 5. 백미의 색(Color differences)

백미의 색은 색차계 (Color Difference Meter: Minolta Spectrophotometer CM-3500d, Osaka, Japan)를 사용하여 L값 (색의 명도), a값 (적색도), 그리고 b값 (황색도)의 값을 얻었다.

### 6. 백미의 백도(Whiteness)

백미의 백도는 백도계 (Whiteness Meter: Kett Electric Laboratory C-300-3, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

### 7. 통계처리

Excel을 이용하여 평균, 표준편차, 최대, 최소 값을 산출하였으며, 한국산 백미와 일본산 백미의 서로간의 유의성을 비교 검토하기 위하여 Student's *t*-test를 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 화학적 조성

저장 중 쌀의 품질은 수분 함량에 크게 영향을 받는다. 수분 함량이 높을수록 품질의 더 빠른 속도로 질이 떨어지게 된다. 그렇기 때문에 쌀의 수분함량은 언제나 안전한 수준을 유지하여야 한다. 쌀의 수분함량은 저장 이외에도 도정 특성, 가공과 관능적인 쌀의 품질에 영향을 미친다 (Juliano et al 1981). Table 2에 보여주는 바와 같이, 한국 쌀의 수분 함량은 13.2~14.1% 였으며, 일본 쌀은 13.5~14.2%로서 모든 시료가 저장에 적합한 상태의 수분 함량을 가지고 있었다.

단백질은 전분에 이어 도정한 쌀에서 두 번째로 많은 성분이다. 쌀의 단백질 함량은 쌀의 종류에 따른 유전적인 특질 이외에도 비료, 토양, 물의 조절 등에 영향을 받는다 (Ohtsubo 1995). 일반적으로 도정된 쌀의 단백질 함량은 5~15% 정도로서 다른 함량을 지닌다. 많은 아시아 국가와 개발도상국에서는 도정된 쌀에서 식이 단백질의 많은 양을 취하기 때문에 성장 프로그램에서 영양가의 지표로 생각할 만큼 매우

중요하게 생각되어진다. 단백질의 양은 쌀의 조리 및 식미특성에 영향을 미치는데, 단백질의 양이 많을수록 조리 시에 단단하고 덜 차지다고 알려져 있다 (Okadome et al 1999). 한국산 멥쌀과 일본산 멥쌀의 경우 수분과 단백질 이외에는 기본적으로 한국산과 일본산 쌀 사이에 통계적으로 유의적인 차이는 없지만 한국산 멥쌀은 단백질 함량이 평균 6.17% (5.23~7.15%)로서 일본산 멥쌀의 평균 단백질 함량이 5.97% (5.14~6.69%) (Table 2) 에 비하여 약간 높은 편이었다. 한국산 찰쌀의 경우 단백질 함량이 평균 7.44%로서 멥쌀의 경우 6.17%에 비하여 높았다. 한국산 대안 쌀의 단백질 함량은 7.15%, 일본쌀 차세대 Nipponbare가 6.69%로서 각국의 가장 높은 단백질 함량을 나타내었으며 이는 이 (1970)의 보고와 유사하다. 반면 한국산 주남 쌀은 단백질이 5.23%로서 가장 낮았으며, 일본산의 경우는 Dontokoi 쌀이 5.14%로서 가장 낮았다 (Table 2).

쌀 전분에서 두 가지 성분 중의 한 가지인 아밀로오스는 취반 후의 쌀의 품질과 호화에 매우 큰 영향을 미친다. 일반적으로 쌀에서 아밀로오스 함량이 낮으면 취반 후에 연하고 찰진 밥인 반면에, 아밀로오스 함량이 높으면 단단하고 푸슬 푸슬하게 된다. 아밀로오스 함량을 기준으로 분류하면, 도정된 멥쌀의 경우 0~5%: 찰쌀, 5.1~10.0%: 매우 낮음, 10.1~20%: 낮음, 20.1~25.0%: 중간, 25% 이상: 높음으로 분류한다 (Juliano & Villareal 1993). 이와 같이 Juliano & Villareal (1993)의 분류에 따르면 한국산 2종의 찰쌀과 2종의 상업용 찰쌀, 일본산 2종의 멥쌀 (J Soft 158: 9.43%, I Milkyqueen: 7.00%)이 매우 낮은 아밀로오스 함량을 가졌으며, 다른 종들은 모두 낮은 아밀로오스 함량을 가지고 있음을 보여 주었다. 2종의 일본산 매우 낮은 아밀로오스 함량을 지닌 쌀을 제외하고 한국산 쌀의 아밀로오스 함량은 13.9~17.3%(평균 16.3%), 반면에 일본산 쌀의 경우는 13.5~17.1%(평균 15.3%)로서 한국산 쌀이 좀 더 높은 아밀로오스 함량(1.0%)을 가졌다. 전체적으로는 멥쌀의 경우 한국 멥쌀 평균이 일본 멥쌀 평균보다 2.0%정도 더 많은 것으로 나타났으나 일본의 경우는 저 아밀로스 2종을 포함한 경우이기 때문에 오히려 앞에서 제시한 1.0% 정도의 차이가 더 올바른 비교 값이 될 것이다. 찰쌀의 경우 2종의 한국 종은 -0.50%와 -0.34%, 1종의 일본 찰쌀이 -0.94%, 1종의 한국 종이 1.23% 였다 (Table 2). 여기에서 표시한 - 값은 아밀로오스 함량 측정 방법에서 값이 달라 질 수 있음을 유의하여야 한다.

지방산 함량의 경우, 일본산 멥쌀의 평균이 15.93 mg KOH/100 g d.w. flour 인데 비하여 한국산 멥쌀의 평균은 9.71 mg KOH/100g d.w. flour 로 화학적인 분석값 중에서 가장 큰 차이를 보여주었으나 통계적으로 ( $p < 0.05$ ) 본 결과 평균간의 차이가 없다고 나왔다. 찰쌀의 지방산 함량(38.9~165 mg

Table 2. Main chemical component of milled Korean and Japanese rices

| Korean White Rice     | Moisture(%) | Protein(%) | Amylose(%) | Fat acidity<br>(mgKOH/100g d.w.flour) | $\beta$ -Amylase<br>(BU/g d.w. flour) |
|-----------------------|-------------|------------|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1) Nampyung           | 13.96       | 6.87       | 15.11      | 5.7                                   | 0.186                                 |
| 2) Dongan             | 13.84       | 5.70       | 15.15      | 8.8                                   | 0.177                                 |
| 3) Daesan             | 13.58       | 5.84       | 15.40      | 7.9                                   | 0.265                                 |
| 4) Daeon              | 13.42       | 7.15       | 13.87      | 15.7                                  | 0.344                                 |
| 5) Dongjin            | 13.53       | 5.97       | 17.00      | 13.9                                  | 0.603                                 |
| 6) Odae               | 13.34       | 6.12       | 16.72      | 10.6                                  | 0.302                                 |
| 7) Ilmi               | 13.64       | 5.81       | 17.17      | 7.9                                   | 0.467                                 |
| 8) Ilpoom             | 13.70       | 5.77       | 16.88      | 5.7                                   | 0.219                                 |
| 9) Choochung          | 13.29       | 5.78       | 16.47      | 3.7                                   | 0.269                                 |
| 10) Hwasung           | 13.63       | 6.41       | 14.53      | 18.0                                  | 0.245                                 |
| 11) Joonghwa          | 13.31       | 6.18       | 16.76      | 3.9                                   | 0.162                                 |
| 12) Samcheon          | 13.22       | 6.83       | 17.33      | 7.5                                   | 0.341                                 |
| 13) Seohan            | 13.82       | 6.06       | 15.56      | 8.3                                   | 0.171                                 |
| 14) Daejin            | 13.68       | 6.29       | 16.43      | 13.0                                  | 0.215                                 |
| 15) Hwayoung          | 13.63       | 6.02       | 16.72      | 5.1                                   | 0.160                                 |
| 16) Kumnam            | 14.08       | 6.08       | 16.80      | 10.1                                  | 0.275                                 |
| 17) Sindongjin        | 13.62       | 5.75       | 16.59      | 4.1                                   | 0.336                                 |
| 18) Junam             | 13.58       | 5.23       | 17.05      | 4.7                                   | 0.337                                 |
| 19) Hoan              | 13.43       | 6.93       | 17.25      | 6.7                                   | 0.250                                 |
| 20) C-Yechun Hyunmi   | 13.61       | 6.00       | 17.25      | 14.0                                  | 0.384                                 |
| 21) C-Cheolwon Hyunmi | 13.52       | 6.52       | 15.81      | 11.9                                  | 0.400                                 |
| 22) C-Jirisan Hyunmi  | 13.73       | 6.45       | 16.84      | 26.5                                  | 0.314                                 |
| Mean                  | 13.60       | 6.17       | 16.30      | 9.71                                  | 0.292                                 |
| Std.                  | 0.22        | 0.46       | 0.94       | 5.40                                  | 0.108                                 |
| Max                   | 14.08       | 7.15       | 17.33      | 26.48                                 | 0.603                                 |
| Min.                  | 13.22       | 5.23       | 13.87      | 3.70                                  | 0.160                                 |
| Korean Waxy Rice      |             |            |            |                                       |                                       |
| 23) C-Yechun Chapsal  | 13.61       | 6.74       | -0.50      | 100.2                                 | 0.376                                 |
| 24) C-Jirisan Chapsal | 13.55       | 8.77       | 1.23       | 99.8                                  | 0.455                                 |
| 25) Dongjin Chalbye   | 13.15       | 6.80       | -0.34      | 38.9                                  | 0.456                                 |
| Mean                  | 13.44       | 7.44       | 0.13       | 79.62                                 | 0.429                                 |
| Std.                  | 0.25        | 1.15       | 0.95       | 35.28                                 | 0.046                                 |
| Japanese White Rice   |             |            |            |                                       |                                       |
| 1) J*. Mirenishiki    | 14.08       | 6.25       | 15.52      | 17.2                                  | 0.340                                 |
| 2) J. Soft 158        | 14.17       | 6.14       | 9.43       | 47.2                                  | 0.418                                 |
| 3) J. Koshihikari     | 14.18       | 5.31       | 15.19      | 19.8                                  | 0.297                                 |
| 4) J. Nihonmashari    | 13.85       | 6.04       | 16.02      | 31.2                                  | 0.582                                 |
| 5) J. Nipponbare      | 13.76       | 6.69       | 16.76      | 15.4                                  | 0.271                                 |
| 6) J. Dontokoi        | 14.11       | 5.14       | 14.33      | 15.1                                  | 0.229                                 |
| 7) J. Hinohikari      | 13.58       | 5.28       | 14.70      | 7.5                                   | 0.257                                 |
| 8) J. Kinuhikari      | 14.05       | 5.44       | 16.22      | 7.8                                   | 0.221                                 |
| 9) J. Hitohana        | 13.69       | 5.97       | 17.05      | 13.6                                  | 0.261                                 |
| 10) I*. Koshihikari   | 13.75       | 6.28       | 15.73      | 8.8                                   | 0.241                                 |
| 11) I. Yumehitachi    | 13.52       | 6.03       | 14.12      | 8.5                                   | 0.245                                 |
| 12) I. Kinuhikari     | 14.02       | 6.18       | 14.57      | 11.9                                  | 0.211                                 |
| 13) I. Milkyqueen     | 13.80       | 6.50       | 7.00       | 12.6                                  | 0.212                                 |
| 14) I. Akitakomachi   | 13.94       | 6.39       | 13.54      | 6.3                                   | 0.222                                 |
| Mean                  | 13.89       | 5.97       | 14.30      | 15.93                                 | 0.286                                 |
| Std.                  | 0.21        | 0.49       | 2.81       | 11.09                                 | 0.102                                 |
| Max                   | 14.18       | 6.69       | 17.05      | 47.24                                 | 0.582                                 |
| Min                   | 13.52       | 5.14       | 7.00       | 6.30                                  | 0.211                                 |
| Japanese Waxy Rice    |             |            |            |                                       |                                       |
| 15) J. Hiyokumochi    | 14.96       | 5.93       | -0.91      | 165.0                                 | 0.467                                 |
| p-value               | 0.0004      | 0.2438     | 0.0210     | 0.0681                                | 0.8748                                |

p-value is the probability of rejecting a null hypothesis with the observed value of a given test statistic.

J\*: Jisedai, I\*: Ibaraki.

KOH/100 g d.w. flour)이 멍쌀에 비하여 매우 높은 값을 보여 주었으며 이는 Uyen et al(2001)의 결과와 유사하였다.

베타 아밀라아제는 곡물 낱알이 발아나 맥아 제조 시에 신진대사가 가능하거나 발효성 당으로 전분의 완전한 분해에 증추적인 역할을 한다. 또한 전분의 디브랜칭 효소와 함께 말토오스 시럽제조에 매우 중요한 응용에도 기여한다. 베타 아밀라제는  $\alpha$ -(1-4) D-glucose 결합을 잘라준다. 한국산 동진 쌀이 가장 높은 베타 아밀라제의 활성 (0.603 BU/d.w. 1 g 쌀가루)을 보여 주었으며, 반면에 일본산의 경우는 차세대 Nihonmashari (0.582 BU/d.w. of 1 g 쌀가루)가 가장 높은 베타 아밀라아제 활성을 보여 주었다. 또한 찹쌀이 멍쌀에 비하여 높은 베타 아밀라제 활성을 보여 주었으며 한국산 쌀(평균 0.292 BU/d.w. 1 g 쌀가루)과 일본 쌀(평균 0.286 BU/d.w. 1 g 쌀가루)의 베타 아밀라제 활성의 평균 값은 매우 유사하였다 (Table 2). 한국산 찹쌀의 경우는 한국산 멍쌀에 비하여 47%, 일본산 찹쌀의 경우는 일본 쌀 멍쌀에 비하여 67% 정도 높은 것으로 나타났다.

쌀의 저장 시에 화학적인 성분의 변화 중 한 가지는 지방산의 증가이다. 그래서 지방산의 변화는 저장 중에 품질의 가치를 떨어뜨리는 중요한 지표로서 이용이 된다(Ohtsubo et al 1987). 이 실험에 사용된 지방산 측정 방법은 Duncombe 법 (Duncombe 1963)을 응용하여 Ohtsubo et al(1987)에 의하여 변형된 방법을 사용하였다. 이 방법은 매우 민감하며 재현성이 높으며 현미나 백미에 모두 사용이 가능한 방법이다. Table 2에서 각 시료의 지방산 함량을 측정한 결과, 일본산 차세대 Hiyokumochi(찹쌀)가 165 mg(KOH/100 g 가루)로서 가장 높은 값을 나타내었고, 한국산의 경우도 찹쌀이 평균 79.62 mg(KOH/100 g 가루)로서 멍쌀의 평균 9.71 mg (KOH/100 g 가루)보다 훨씬 많은 양을 보여주었다. 이 결과는 Taira (1985)의 찹쌀의 전 지방 함량이 멍쌀보다 높았다는 보고와 일치하며, 또한 Uyen et al(2001), 신효선과 이종용(1986)의 보고와도 일치한다. 일본산 쌀의 지방산 함량(15.93 mg KOH/100 g 가루)이 한국산 쌀의 지방산 함량 (9.71 mg KOH/100 g 가루)보다 높았다. 또한 저 아밀로오스 품종인 일본산 차세대 소프트 - 158 (47.2 mg KOH/100 g 가루), 차세대 니혼 마사리 (31.2 mg KOH/100 g 가루)의 지방산 함량이 매우 높았다. 찹쌀과 저 아밀로오스 종이 멍쌀에 비하여 지방산 함량이 높게 나타났다. 통계처리 결과 ( $p < 0.05$ ), 수분과 아밀로오스 함량에서 한국산과 일본산 쌀 사이에 유의적인 차이를 나타내었다.

## 2. 세가지 서로 다른 NIR을 사용한 현미와 백미의 분석

주된 화학 조성의 측정에 사용된 기계는 시료를 파괴하지

않고 측정할 수 있는 NIR 기기들이다. 이 방법은 빠르고 시료를 버리지 않는다는 장점이 있다. Table 3에 한국산 현미, 백미, 일본산 현미, 백미의 평균값과 표준편차를 서로 다른 세가지 NIR 기기를 이용한 결과를 보여주었다. 세 기기의 경우 수분, 단백질, 아밀로오스 함량, 지방산 등은 매우 유사한 결과를 보여 주었으나 맛 점수(taste score)는 서로 많은 차이를 보여 주었다. 일본산 쌀이 좀 더 높은 맛 점수를 나타냈으나 한국산 쌀과 크게 차이는 나지 않았다. 기기별 차이에서 본 통계는 현미의 수분과 단백질은 Shimadzu 기계가 평균 간의 유의 차이가 없었으나 Satake 기계와 Kett 기계는 유의 차이가 있었다(Table 3). 현미의 아밀로오스 함량, 지방산, 품질 값(맛 값)의 경우 Kett 기계는 유의차가 없었으나 Shimadzu, Satake 기계는 유의차가 있었다. 백미의 경우, 습 함량은 Kett 기계가 유의성이 없었으나 Shimadzu, Satake 기계는 유의성이 있었다. 단백질 함량의 경우는 이와 반대로 Kett 기계는 유의성이 있었으나 다른 두 기계는 유의성이 없었다. 아밀로오스는 세 기계 모두 유의성이 없었다. 맛 점수의 경우 Satake 기계가 유의성이 없었으며 다른 두 기계는 유의성이 있음을 보여 주었다.

수분과 단백질의 경우 화학적인 방법과 NIR 방법이 높은 결정계수 값을 보여주었다. 현미의 경우 수분과의 관계는 Fig. 1에서 Kett 장치가  $r^2=0.6965$ 로 화학적인 수분 분석 값과 가장 높은 결정계수를 값을 나타냈으며, 백미의 경우 Satake사의 NIR 장치가  $r^2=0.6688$ 로 가장 높은 값을 나타내었다(Fig. 2). 현미의 경우는 단백질의 경우 NIR 값과 화학적 분석 값과의 결정계수는 Kett 장치가  $r^2=0.8008$ 로 가장 높았으며 Shimadzu의 경우  $r^2=0.6831$ , Satake의 경우  $r^2=0.5983$ 이었으며(Fig. 3), Kett사의 NIR 장치가 가장 높은 결정계수를 나타내었다. 백미의 경우 Kett 사의 NIR 장치가  $r^2=0.6058$ , Satake사의 NIR 장치가  $r^2=0.5494$ , Shimadzu사의 장치가  $r^2=0.5342$ 로 유사하였으나 수분에 비하여 낮은 값의 결정계수를 보여 주었다(Fig. 4). 취반 전의 맛 점수와 취반 후의 맛 점수를 살펴 본 결과 현미의 경우는 Kett( $r^2=0.5853$ ), Satake( $r^2=0.5540$ ), Shimadzu( $r^2=0.5238$ )로 세가지 장치가 거의 유사하였다(Fig. 5). 백미의 경우는 Kett사의 NIR과 최종 맛 점수와와의 결정계수는  $r^2=0.6039$ , Shimadzu의 경우  $r^2=0.5260$ , Satake의 경우  $r^2=0.1191$ 로 나타났다(Fig. 6). 재미 있는 현상은 Satake와 같은 회사의 NIR 값과 맛 점수 기계의 상관 관계가 가장 낮았는데, 이유는 규명하지 못하였다. 그러나 아밀로오스와 지방산은 화학적인 분석값과 NIR 측정값이 거의 어떠한 상관관계도 보여 주지 못하였기 때문에 그림으로 표시하지 않았다. 이는 앞으로 NIR 기기를 제조 시에 아밀로오스 함량과 지방산의 화학적 분석 값을 좀 더 다양하고 정확하게 조사하여 기기개발에 이용하여야 되리라 본다. 이상의 결과에서 Kett사의 NIR 기기가 현미와 백미의

Table 3. Proximate analysis and taste score of Korean and Japanese brown and white rices by three different NIR machines

| Brown Rice |            |           |            |             |               |
|------------|------------|-----------|------------|-------------|---------------|
| Shimadzu   | Moisture   | Protein   | Amylose    | Fatty acid  | Taste Score   |
| Korea      | 13.70±0.31 | 6.82±0.45 | 24.25±0.53 | 5.00±0.00   | 61.13±2.38    |
| Japan      | 14.04±0.38 | 6.84±0.41 | 23.74±0.70 | 5.00±0.00   | 64.21±3.75    |
| p-value    | 0.082      | 0.9237    | 0.0273     | -           | 0.0127        |
| Satake     | Moisture   | Protein   | Amylose    | Fatty acid  | Taste Score   |
| Korea      | 13.44±0.47 | 7.59±0.49 | 19.24±0.36 | 15.11±2.03  | 73.45±3.74    |
| Japan      | 14.28±0.64 | 7.30±0.35 | 18.89±0.38 | 14.24±1.94  | 77.00±4.10    |
| p-value    | 0.0004     | 0.0464    | 0.0114     | 0.2071      | 0.0145        |
| Kett       | Moisture   | Protein   | Amylose    | Fatty acid  | Quality Value |
| Korea      | 13.90±0.34 | 7.75±0.44 | 18.87±0.13 | 25.57±0.67  | 66.30±2.40    |
| Japan      | 14.28±0.29 | 7.48±0.44 | 19.00±0.20 | 26.25±1.16  | 67.43±2.31    |
| p-value    | 0.0009     | 0.0786    | 0.0514     | 0.0584      | 0.1682        |
| White Rice |            |           |            |             |               |
| Shimadzu   | Moisture   | Protein   | Amylose    | Fatty acid* | Taste Score   |
| Korea      | 13.54±0.26 | 8.72±0.42 | 20.18±0.28 | -           | 52.45±1.84    |
| Japan      | 13.79±0.27 | 8.55±0.46 | 20.31±0.33 | -           | 54.29±2.55    |
| p-value    | 0.0103     | 0.2777    | 0.2349     | -           | 0.0300        |
| Satake     | Moisture   | Protein   | Amylose    | Fatty acid  | Taste Score   |
| Korea      | 13.39±0.37 | 6.83±0.42 | 19.47±0.43 | -           | 71.14±4.54    |
| Japan      | 13.78±0.38 | 6.86±0.44 | 19.56±0.41 | -           | 70.21±4.51    |
| p-value    | 0.0058     | 0.8660    | 0.5408     | -           | 0.5556        |
| Kett       | Moisture   | Protein   | Amylose    | Fatty acid  | Quality Value |
| Korea      | 14.45±0.30 | 8.67±0.40 | 19.77±0.15 | -           | 60.77±2.07    |
| Japan      | 14.70±0.30 | 8.25±0.51 | 19.89±0.17 | -           | 63.29±2.70    |
| p-value    | 0.5178     | 0.0151    | 0.0523     | -           | 0.0069        |

p-value is the probability of rejecting a null hypothesis with the observed value of a given test statistic.

\*Fatty acid of white rice can not be determined by the NIR method.

수분 및 단백질의 화학적인 정량과 가장 좋은 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

### 3. 백미의 백색도와 색의 차이

쌀의 백색도는 도정의 정도에 정의 상관관계가 있다. 백색도는 또한 어떤 쌀 종류의 유전적인 특성에도 영향을 받기도 한다. 찹쌀이 멥쌀에 비하여 더욱 백색도가 높다는 보고가 있다 (Juliano et al 1981). 평균적으로 일본산 쌀이 40.6으로 한국산 쌀(39.3)에 비하여 백색도가 조금 높았다(Table 4). 백색도 측정에서 보았듯이 색차계를 사용한 결과 찹쌀이 멥쌀에 비하여 더욱 밝은 색을 나타내었다(Table 4). 평균적으로 일본산 멥쌀이 76.1의 밝기를 가진데 비하여 한국산 쌀의 경우는 75.6의 밝기를 가졌다. 적색도의 경우 한국산 멥쌀(-0.01)

의 경우, 일본산 멥쌀(-0.33)에 비하여 높았으며, 황색도의 경우도 한국산 멥쌀(17.8)의 경우, 일본산 멥쌀(17.1)에 비하여 높았다. 또한 찹쌀이 한국산, 일본산 모두 멥쌀에 비하여 높은 적색도와 낮은 황색도를 나타내었다(Table 4). 의외의 결과로 아밀로오스 함량과 색차계를 사용한 명도의 값이 부(-)의 상관관계를 나타내었으며(Table 5), 특히 한국산 쌀의 경우 매우 높은( $r = -0.90$ ) 부의 상관관계를 가짐을 보여 주었으며 색차계의 명도와 백색도는 예상대로 양의 상관관계를 가짐을 알 수 있다. 그러나 많은 연구자들이 예상하는 단백질 함량과 상관관계가 없음은 좀 더 규명이 되어야 되리라 보여진다. 한국산과 일본산 쌀의 명도, 적색도, 황색도, 백도에서 모두 유의적인 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ).

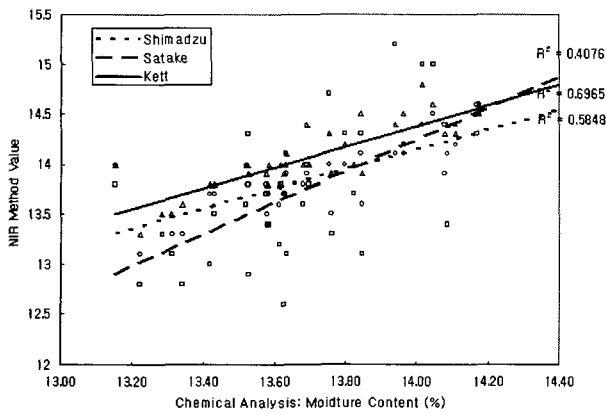


Fig. 1. Determination coefficient of moisture content of brown rice by NIR method and chemical analysis method.

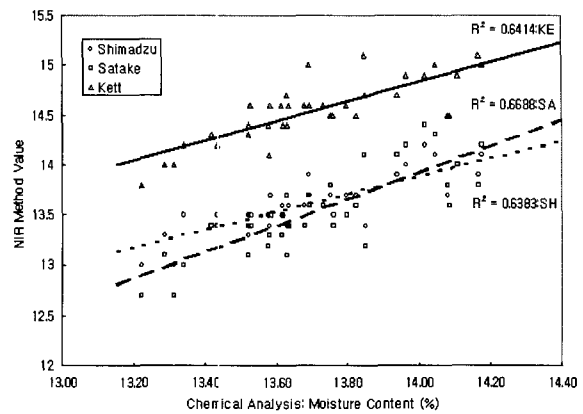


Fig. 2. Determination coefficient of moisture content of white rice by NIR method and chemical analysis method.

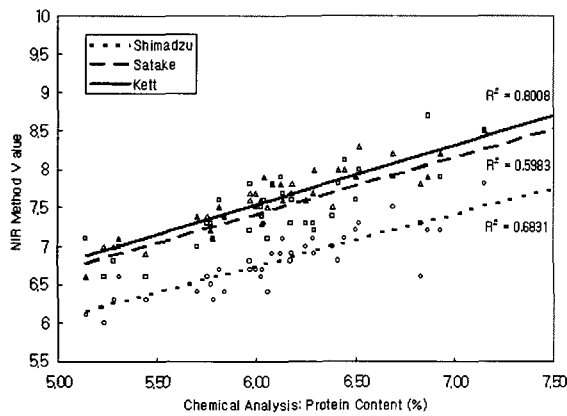


Fig. 3. Determination coefficient of protein content of brown rice by NIR method and chemical analysis method.

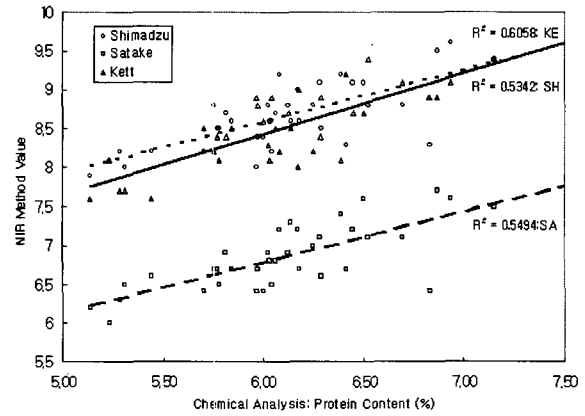


Fig. 4. Determination coefficient protein content of white rice by NIR method and chemical analysis method.

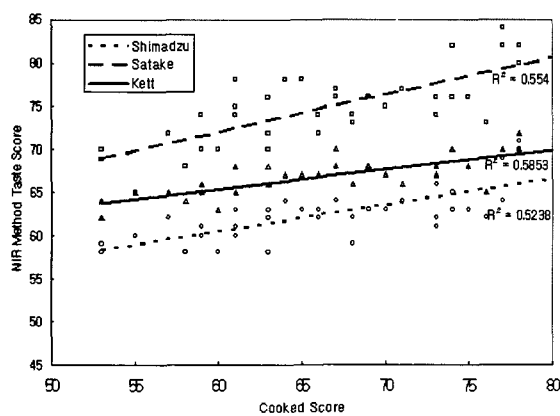


Fig. 5. Determination coefficient overall score of brown rice by NIR method and taste score by Satake taste machine.

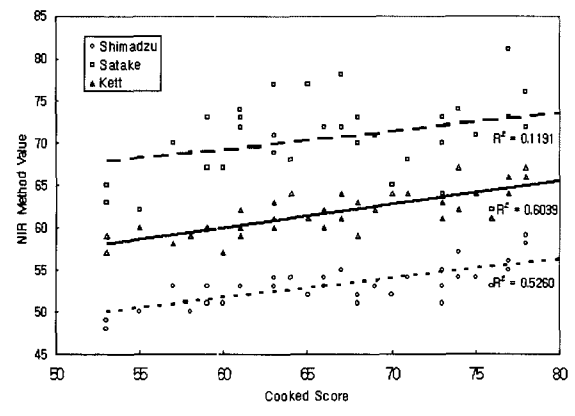


Fig. 6. Determination coefficient overall score of white rice by NIR method and taste score by Satake Taste machine.



**Table 4. Color difference and whiteness of Korean and Japanese white rices**

| Korean White Rice      | Minolta color meter |        |        | Whiteness |
|------------------------|---------------------|--------|--------|-----------|
|                        | L*                  | a*     | b*     |           |
| 1) Nampyung            | 75.2                | -0.11  | 17.8   | 39.3      |
| 2) Dongan              | 77.8                | -0.43  | 16.3   | 43.6      |
| 3) Daesan              | 75.5                | 0.22   | 18.7   | 38.7      |
| 4) Daean               | 74.6                | 0.21   | 19.0   | 36.9      |
| 5) Dongjin             | 75.4                | 0.28   | 17.7   | 39.4      |
| 6) Odae                | 75.2                | -0.16  | 18.2   | 38.6      |
| 7) Illmi               | 75.2                | 0.08   | 17.4   | 38.9      |
| 8) Ilpoom              | 76.6                | -0.30  | 17.6   | 40.6      |
| 9) Choochung           | 75.4                | -0.23  | 18.1   | 38.8      |
| 10) Hwasung            | 75.0                | 0.31   | 17.9   | 38.3      |
| 11) Joonghwa           | 75.8                | -0.12  | 18.5   | 39.8      |
| 12) Samchun            | 75.4                | 0.26   | 18.1   | 38.6      |
| 13) Seohan             | 75.1                | 0.01   | 18.0   | 38.8      |
| 14) Daejin             | 75.2                | 0.22   | 18.1   | 38.5      |
| 15) Hwayoung           | 77.2                | -0.62  | 16.4   | 42.7      |
| 16) Gumnam             | 74.4                | -0.03  | 17.4   | 37.9      |
| 17) Sindongjin         | 76.1                | -0.52  | 16.9   | 40.7      |
| 18) Joonam             | 76.4                | -0.33  | 17.2   | 41.0      |
| 19) Hoan               | 75.7                | 0.07   | 18.3   | 39.1      |
| 20) C-Yecheon Hyunmi   | 75.2                | 0.27   | 18.3   | 38.3      |
| 21) C-Cheolwon Hyunmi  | 75.1                | 0.40   | 18.3   | 38.1      |
| 22) C-Jirisan Hyunmi   | 75.1                | 0.22   | 17.5   | 38.7      |
| Mean                   | 75.6                | -0.01  | 17.8   | 39.3      |
| Std.                   | 0.81                | 0.29   | 0.68   | 1.6       |
| Max                    | 77.8                | 0.40   | 19.0   | 43.6      |
| Min                    | 74.4                | -0.62  | 16.3   | 36.9      |
| Korean Waxy Rice       |                     |        |        |           |
| 23) C-Yecheon Chapsal  | 80.4                | 0.84   | 17.0   | 47.5      |
| 24) C-Jirisan Chapsal  | 81.0                | 0.67   | 16.4   | 47.5      |
| 25) Dongjin Chalbye    | 82.7                | -0.04  | 15.0   | 51.2      |
| Mean                   | 81.4                | 0.49   | 16.1   | 48.7      |
| Std.                   | 1.21                | 0.47   | 1.00   | 2.1       |
| *C:-Commercial Product |                     |        |        |           |
| Japanese White Rice    |                     |        |        |           |
| 1) J. Mirenishiki      | 76.2                | -0.41  | 17.1   | 40.8      |
| 2) J. Soft 158         | 74.7                | 0.35   | 17.4   | 38.6      |
| 3) J. Koshihikari      | 75.6                | -0.06  | 17.1   | 39.4      |
| 4) J. Nihonmasari      | 76.0                | 0.35   | 17.2   | 39.8      |
| 5) J. Nipponbare       | 77.5                | -0.08  | 16.6   | 42.7      |
| 6) J. Dontokoi         | 76.7                | -0.50  | 16.7   | 41.5      |
| 7) J. Hinohikari       | 76.3                | -0.45  | 17.2   | 40.6      |
| 8) J. Kinuhikari       | 75.7                | -0.93  | 16.4   | 41.2      |
| 9) J. Hitohana         | 77.1                | 0.11   | 17.1   | 41.6      |
| 10) I. Koshihikari     | 76.1                | -0.68  | 17.1   | 41.2      |
| 11) I. Yumehitachi     | 75.7                | -0.69  | 17.6   | 40.2      |
| 12) I. Kinuhikari      | 75.9                | -0.83  | 16.8   | 40.5      |
| 13) I. Milkyqueen      | 77.1                | -0.14  | 17.6   | 41.0      |
| 14) I. Akitakomachi    | 75.3                | -0.61  | 17.5   | 39.7      |
| Mean                   | 76.1                | -0.33  | 17.1   | 40.6      |
| Std.                   | 0.76                | 0.42   | 0.36   | 1.0       |
| Max                    | 77.5                | 0.35   | 17.6   | 42.7      |
| Min                    | 74.7                | -0.93  | 16.4   | 38.6      |
| Japanese Waxy Rice     |                     |        |        |           |
| 15) J. Hiyokumochi:    | 82.7                | 0.24   | 15.0   | 52.2      |
| p-value                | 0.0440              | 0.0237 | 0.0003 | 0.0052    |

p-value is the probability of rejecting a null hypothesis with the observed value of a given test statistic.

L: Lightness, a\*: Yellowness, b\*: Redness.

**Table 5. Correlation between amylose and protein content with lightness, redness, yellowness, and whiteness (r-value)**

| Parameter                     | All   | Korean rice | Japanese rice |
|-------------------------------|-------|-------------|---------------|
| Amylose: Lightness            | -0.84 | -0.90       | -0.72         |
| Amylose: Redness              | -0.36 | -0.49       | -0.39         |
| Amylose: Yellowness           | 0.56  | 0.59        | 0.50          |
| Amylose: Whiteness            | -0.82 | -0.87       | -0.71         |
| Amylose Lightness: Redness    | 0.18  | 0.17        | 0.34          |
| Amylose Lightness: Yellowness | -0.78 | -0.81       | -0.83         |
| Amylose Lightness: Whiteness  | 0.99  | 0.99        | 0.98          |
| Amylose Redness: Yellowness   | 0.22  | 0.21        | -0.15         |
| Amylose Redness: Whiteness    | 0.09  | 0.10        | 0.24          |
| Amylose Yellowness: Whiteness | -0.84 | -0.85       | -0.89         |
| Protein: Lightness            | 0.29  | 0.42        | 0.04          |
| Protein: Redness              | 0.49  | 0.61        | 0.14          |
| Protein: Yellowness           | 0.06  | -0.12       | 0.21          |
| Protein: Whiteness            | 0.22  | 0.36        | 0.02          |

**요약 및 결론**

한국산 현미와 백미, 일본산 현미와 백미, 그리고 찰쌀 등 40 종의 시료를 사용하여 서로 다른 3가지 NIR 기기를 이용하여 나타난 결과와 화학적인 방법으로 정량에 의한 결과를 비교 검토하였다. 결과적으로 한국산 쌀과 일본산은 대체로 같은 Japonica 타입으로 매우 유사한 화학적 성분(단백질, 아밀로오스, 지방산 등)과 성질을 가진 것으로 보이며, 단지 일본산 저 아밀로오스종의 아밀로스 함량이 다른 종에 비하여 매우 낮았다. 단지 한국산 쌀이 일본산 쌀에 비하여 약간의 높은 단백질, 아밀로스 함량을 지닌 반면, 수분과 지방산, 맛 점수가 약간 일본산 쌀이 높았으며, 그 중에서 수분은 유의성이 있었다. NIR의 결과와 화학적인 분석 결과에서 보면 현미, 백미 모두에서 수분과 단백질과의 관계는 3가지 서로 다른 기종에서 좋은 상관관계를 보여 주었으나, 아밀로오스와 지방산의 결과는 아주 낮은 상관관계를 보여 주었다. 3종의 NIR 기기 중에서 Kett 기기가 화학적인 분석 결과와 가장 양호한 상관관계를 나타내었다. 색차계를 가지고 비교한 경우 색차계의 명도 결과가 아밀로오스 함량과 높은 부의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 단백질 함량과는 관계가 없음을 보여 주었다. 이는 많은 연구자들이 단백질 함량과 색의 관계가 상관관계를 가진다는 연구와는 매우 다른 결과를 보여주었으며, 아밀로오스 함량과 백색도도 색차계의 명도와

유사한 부의 관계를 보여 주었다.

## 문헌

- 이춘영 (1970) 쌀 단백질에 대하여. *식품과학회지* 21: 31-35.
- Champagne ET, Bett-Garber KL, Grimm CC, McClung AM, Moldenhauer KA, Linscombe S, McKenzie KS, Barton II. FE 2001. Near-infrared reflective analysis for prediction of cooked rice texture. *Cereal Chem* 78: 358-362.
- Duncombe WG (1963) *Biochem J* 88: 7.
- Himmelsbach DS, Barton II. FE, McClung AM, Champagne ET (2001) Protein and apparent amylose contents of milled rice by NIR-FT/Raman spectroscopy. *Cereal Chem* 78: 488-492.
- Juliano BO (1981) Physical and mechanical properties of rice. in *Rice Chemistry and Technology*. AACC, USA, 207-231.
- Juliano BO (1998) Varietal impact on rice quality. *Cereal Foods World* 43: 207-222.
- Juliano BO, Villareal CP (1993) "Grain quality evaluation of world rices", International Rice Research institute, Manila, Philippines, 205.
- Meadows F, Barton II. FE (2002) Determination of rapid visco Analyser parameters in rice by near-infrared spectroscopy. *Cereal Chem* 79: 563-566.
- Meullenet JF, Mauromoustakos A, Horner TB, Marks BP (2002) Prediction of texture of cooked white rice by near-infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. *Cereal Chem* 79: 52-57.
- Ohtsubo, K. (1995) Quality control. In "Rice Post-harvest Technology", The Food Agency, the Ministry of Agricultural, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan, 475-476.
- Ohtsubo K, Kobayashi A, Shimizu H (1993) Quality evaluation of rice in Japan. *J Agric Res Q* 27: 95-101.
- Ohtsubo K, Toyoshima H, Okadome H (1998) Quality assay of rice using traditional and novel tools. *Cereal Foods World* 43: 203-206.
- Ohtsubo K, Yanase H, Ishma T (1987) Colorimetric determination of fat acidity in rice-Relation between quality change of rice during storage and fat acidity determined by improved Duncombe method. *Rep Natl Food Res Inst* 51: 59-65.
- Okadome H, Toyoshima H, Ohtsubo K (1999) Multiple measurements of physical properties of individual cooked rice grains with a single apparatus. *Cereal Chem* 76: 855-860.
- Shimizu N, Katsura J, Yanagisawa T, Inou S, Withey RP, Cowe IA, Eddison CG, Blankeley AB, Kimura T, Yoshizaki S, Okadome H, Toyoshima H, Ohtsubo K (1999) Determination of apparent amylose content in Japanese milled rice using near-infrared transmittance spectroscopy. *Food Sci Technol Res* 5: 337-342.
- Shimizu N, Yanagisawa T, Okadome H, Toyoshima H, Andren H, Kimura T, Ohtsubo K (2001) Determination of maximum viscosity of milled rice flours using near-infrared transmittance spectroscopy. *Food Sci Technol Res* 7: 104-109.
- Shin HS, Rhee JY (1986) Comparative Studies on the Lipid Content and Neutral Lipid Composition in Nonglutinous and Glutinous Rice. *Korean J Food Sci Technol* 18(2): 137-142.
- Taira H (1985) Paddy and Rice. Bio-oriented industrial technology research advancement institution, 103-129.
- Uyen TT, Okadome H, Murata M, Homma S, Ohtsubo K (2001) Comparison of Vietnamese and Japanese rice cultivars in terms of physicochemical properties. *Food Sci Technol Res* 7: 323-330.

(2004년 2월 24일 접수; 2004년 4월 1일 채택)