

특별 강연 2

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

최 해 춘

농촌진흥청 작물시험장

Physicochemical Characteristics and Varietal Improvement Related to Palatability of Cooked Rice or Suitability to Food Processing in Rice

Choi, Hae-Chune

National Crop Experiment Station, R.D.A., Suwon, 441-100, Korea

목 차

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. 서언 | 5. 쌀 품질개량 육종의 최근 성과 및
금후 전망 |
| 1. 쌀 품질 평가 요소 및 검정기술 현황 | 4. 쌀 가공적성 관련 이화학적 특성 |
| 2. 양질미 선발 기준과 식미 관련 이화
학적 특성간 상관 및 품종 변이 | II. 적 요 |
| 3. 밥의 노화관련 이화학적 특성 | Reference |
| 4. 쌀 가공적성 관련 이화학적 특성 | |

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

ABSTRACT : The endeavors enhancing the grain quality of high-yielding japonica rice were steadily continued during 1980s~1990s along with the self-sufficiency of rice production and the increasing demands of high-quality rices. During this time, considerably great progress and success was obtained in development of high-quality japonica cultivars and quality evaluation techniques including the elucidation of interrelationship between the physicochemical properties of rice grain and the physical or palatability components of cooked rice.

In 1990s, some high-quality japonica rice cultivars and special rices adaptable for food processing such as large kernel, chalky endosperm, aromatic and colored rices were developed and its objective preference and utility was also examined by a palatability meter, rapid-visco analyzer and texture analyzer.

The water uptake rate and the maximum water absorption ratio showed significantly negative correlations with the K/Mg ratio and alkali digestion value(ADV) of milled rice. The rice materials showing the higher amount of hot water absorption exhibited the larger volume expansion of cooked rice. The harder rices with lower moisture content revealed the higher rate of water uptake at twenty minutes after soaking and the higher ratio of maximum water uptake under the room temperature condition. These water uptake characteristics were not associated with the protein and amylose contents of milled rice and the palatability of cooked rice.

The water/rice ratio (in w/w basis) for optimum cooking was averaged to 1.52 in dry milled rices (12% wet basis) with varietal range from 1.45 to 1.61 and the expansion ratio of milled rice after proper boiling was average to 2.63(in v/v basis).

The major physicochemical components of rice grain associated with the palatability of cooked rice were examined using japonica rice materials showing narrow varietal variation in grain size and shape, alkali digestibility, gel consistency, amylose and protein contents, but considerable difference in appearance and texture of cooked rice.

The glossiness or gross palatability score of cooked rice were closely associated with the peak, hot paste and consistency viscosities of viscoprogram with year difference.

최 해 춘

The high-quality rice variety "Ilpumbyeo" showed less portion of amylose on the outer layer of milled rice grain and less and slower change in iodine blue value of extracted paste during twenty minutes of boiling.

This highly palatable rice also exhibited very fine net structure in outer layer and fine-spongy and well-swollen shape of gelatinized starch granules in inner layer and core of cooked rice kernel compared with the poor palatable rice through image of scanning electronic microscope.

Gross sensory score of cooked rice could be estimated by multiple linear regression formula, deduced from relationship between rice quality components mentioned above and eating quality of cooked rice, with high probability of determination.

The α -amylose-iodine method was adopted for checking the varietal difference in retrogradation of cooked rice. The rice cultivars revealing the relatively slow retrogradation in aged cooked rice were Ilpumbyeo, Chucheongbyeo, Sasanishiki, Jinbubyeo and Koshihikari. A Tongil-type rice, Taebaegbyeo, and a japonica cultivar, Seomjinbyeo, showed the relatively fast deterioration of cooked rice. Generally, the better rice cultivars in eating quality of cooked rice showed less retrogradation and much sponginess in cooled cooked rice. Also, the rice varieties exhibiting less retrogradation in cooled cooked rice revealed higher hot viscosity and lower cool viscosity of rice flour in amylogram. The sponginess of cooled cooked rice was closely associated with magnesium content and volume expansion of cooked rice. The hardness-changed ratio of cooked rice by cooling was negatively correlated with solids amount extracted during boiling and volume expansion of cooked rice. The major physicochemical properties of rice grain closely related to the palatability of cooked rice may be directly or indirectly associated with the retrogradation characteristics of cooked rice.

The softer gel consistency and lower amylose content in milled rice revealed the higher ratio of popped rice and larger bulk density of popping. The stronger hardness of rice grain showed relatively higher ratio of popping and the more chalky or less translucent rice exhibited the lower ratio of intact popped brown rice. The potassium and magnesium contents

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

of milled rice were negatively associated with gross score of noodle making mixed with wheat flour in half and the better rice for noodle making revealed relatively less amount of solid extraction during boiling.

The more volume expansion of batters for making brown rice bread resulted the better loaf formation and more springiness in rice bread. The higher protein rices produced relatively the more moist white rice bread. The springiness of rice bread was also significantly correlated with high amylose content and hard gel consistency.

The completely chalky and large grain rices showed better suitability for fermentation and brewing.

Our breeding efforts on rice quality improvement for the future should focus on enhancement of palatability of cooked rice and marketing quality as well as the diversification in morphological and physicochemical characteristics of rice grain for various value-added rice food processings.

Key words : rice, physicochemical characteristics, grain quality, high-quality japonica, quality evaluation, palatability, retrogradation, suitability to food processing

I. 서언

한국 벼 육종사에서 품질 개량 육종이 본격적으로 시작되고 그 체계를 잡기 시작한 것은 아마도 1970년대 초부터 「통일」 품종의 단점 개선 연구사업이 활발하게 전개되기 시작한 때 부터인 것으로 생각된다.

통일형 품종의 미질 개선 육종은 '통일'이 육성 보급된지 5년만에 쌀의 호화 온도와 아밀로스 함량을 낮추는 선발에 주력하여 거의 자포니카 양질미 품종의 식미와 비슷한 수준으로 개량시켰고 그 후 다시 10여년 세월이 더 경과되어서야 쌀의 외관 품질과 도정특성도 거의 자포니카 수준까지 개량시켜 놓았다(Park et al. 1994).

이러한 미질 개선 육종은 1970년대 중반이후 쌀 자급 생산이 지속되고 생활 수준의 향상과 더불어 소비자의 양질미에 대한 선호도가 점증함에 따라 자포니카 품종의 수량성 증대와 미질 개량에 박차를 가하게 되었다. 1990년대 초에 통일형 다수성 품종이 그 자취를 감추게 되면서 개량된 자포니카 우량 신품종들이 쌀 자급 생산의 자리를 메꾸게 되었고 우리 쌀의 질적인 면에서의 국제 경쟁력을 한결 높이게 되었다 (Choi et al. 1997, Kim et al. 1994).

그후 쌀의 취반 용도뿐만 아니라 여러 가지 쌀 식품의 가공 이용면의 활용도 증진을 위하여 대립미, 향미, 유색미, 양조미 등의 특수미 개발 연구가 활발히 전개되어 최근 많은 성과를 거두고 있다.

이에 저자는 최근 우리나라의 쌀 품질 고급화 및 다양화 육종의 성과를 바탕으로 식미 및 가공적성 관련 이화학적 특성을 살펴보고, 미질 평가기술 개선 및 관련 기초연구 성과를 분석 평가해 봄으로써 앞으로 우리 미질 개량 육종이 나아가야 할 길을 제시하고자 한다.

1. 쌀 품질 평가 요소 및 검정기술 현황

쌀 수량은 파종에서 수확에 이르는 과정에서 여러 가지 환경 및 재배적 요인에 의하여 결정되지만 식미는 식탁에 오르기 전까지 수확후 관리 및 도정과 취사와 같은 여러 가지 요인에 의해 지배를 받게 된다. 따라서 쌀 외관 및 식미가 양호한 쌀 상품을 생산하기 위하여 많은 소출을 내는 것보다 더욱 신경을 쓰지 않으면 안된다. 식미는 우선 밥맛 좋은 양질 품종을 선

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

택하는 것이 가장 중요하며 산지, 적정 재배시기, 기상요소, 수비시기 및 시비량 등의 재배·환경적 요인에 비교적 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 또한 식미는 수확후 건조 및 저장조건과 취식용기 및 방법에 따라 크게 영향을 받는다 (그림 1). 미질특성의 환경변이는 산간지와 평야지에 따라 그 경향을 크게 달리하였다 (Choi et al. 1994ab).

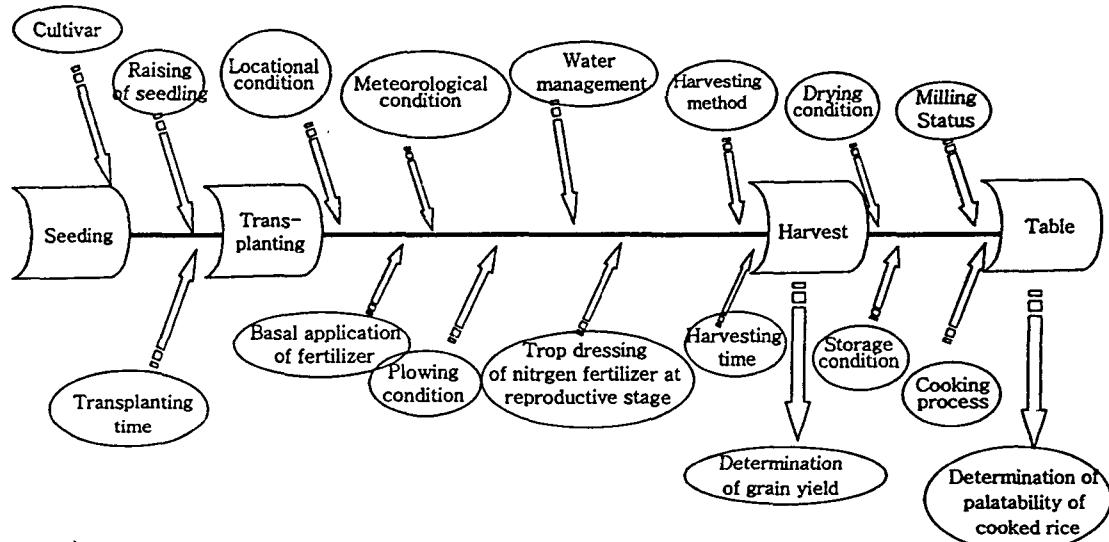


Fig.1. Various factors affecting the palatability of cooked rice.

그러면 미질을 구성하는 요인들은 어떠한 것인가를 표 1에서 살펴 보면 우선 시장성의 결정은 주로 외관품위 즉 쌀알 크기 및 모양, 투명도, 심복백정도, 색택, 신선도, 미등숙립 혼합률 등에 의하여 좌우되며 소비자의 기호성을 좌우하는 식미는 밥모양 및 윤기, 향취, 맛, 찰기, 질감 등에 따라 결정된다. 또한 도정특성은 벼 산물을 구매하여 이를 짹어 파는 업자에게는 바로 수익과 직결되기 때문에 매우 중요하게 취급되고 있는데 이는 정현 및 현백비율, 완전미율, 배아부착률 및 씨눈 상태 등이 주요 요소로 거론되고 있다.

최 해 춘

Table 1. Major components of rice grain quality

Item	Major quality components
Marketing quality	Grain size & shape, translucency, chalkiness, color, freshness, mixed ratio of poor ripened grains
Eating quality (Preference)	Appearance(glossiness), fragrance, stickiness, taste, texture
Processing quality	Milling recovery, head rice ratio, dehulled ratio, condition of eye (germ)
Nutritional quality	Digestion & utility efficiency, protein, lipid, vitamin, micro elements

양질미는 기호성이나 도정특성 뿐만 아니라 영양적인 우수성도 요구되는데 여기에는 쌀 식품의 소화흡수·이용성과 더불어 단백질·지질·비타민·무기질 및 기타 미량요소의 함유량을 들 수 있다.

쌀 품질은 이를 생산·이용하는 사람들의 입장에 따라 그 내용과 관점을 달리하며 그 중요성도 크게 다르다. 우선 생산자인 농민의 입장에서 보면 소출이 많이 나고 시장성이 높은 가격과 등급에 관심이 많은 반면 도정업자는 도정률과 완전미율에, 식품가공이나 영양 관계자는 가공 특성이나 영양가에, 판매업자나 소비자는 쌀 외관 품위 및 식미와 가격에 주로 관심을 보이게 된다.

따라서 쌀 품질의 양부를 평가할 때에 이와 같이 용도에 따른 상품적인 가치와 더불어 가공 및 영양적인 부가가치를 함께 고려하지 않으면 안된다. 미질에 대하여 객관적이면서 종합적인 평가를 제대로 내리기는 쉽지 않지만 특히 양질미 육종을 효율적으로 추진하기 위하여 그 동안 제안되고 조사 평가되어져 온 주요 항목들을 열거하고 그 검정기술 현황을 살펴본다.

1) 쌀 외관 품질 특성과 검정 조사 방법

쌀알의 크기는 현미의 길이, 너비, 두께에 의하여 나타내기도 하고 현미천립증으로 나타낼 수도 있으며 입형은 현미의 장/폭비로서 표현된다. 쌀알의 크기와 모양은 실물 크기의 10배로 확대시켜 투영시키는 확대투영기 (magnifying projector)와 caliper를 사용하여 그 신축 평균치로서 나타낸다. 최근에는 영상분석기 원리를 이용하여 일정 쌀표본을 펴서 옮겨 놓으면 쌀의

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

길이와 너비의 평균치와 변이를 계산하여 제시해 주는 편리한 기계가 개발되어 있다.

쌀 표본의 심복백 정도와 투명도는 대체로 달관조사를 통하여 등급척도(1-9)로 나타내기도 하며 표준 쌀표본과 비교한 투광률에 따라 상대적 비교치를 제시해 주거나 미등숙립이나 변색립 등 불완전미를 선별해 낸 다음 그 비율에 따라 평점을 제시해 주는 품질 판정기가 개발 이용되고 있다. 그러나 쌀 상품의 외관 품위를 객관적으로 종합적인 평점을 제공해 주는 바람직한 기기는 아직 개발되어 있지 않다.

2) 쌀의 물리적 특성과 검정기술

쌀의 식미나 가공 적성과 관련성을 가지고 있는 물리적 특성에는 상온 및 가열 흡수특성, 아밀로그램 특성, 알칼리붕괴도 및 호화온도, 호응집성, 경연질성 등이 있다. 쌀의 경도는 전분 조직의 치밀도나 등숙 속도와 관련성이 있으며 경도측정계나 Texture 분석계 등을 활용하여 쉽게 측정할 수 있다. 쌀의 상온 및 가열 흡수특성은 철강관에 완전등숙미를 넣고 상온수나 열탕에 15~20분간 침지시켰다가 흡수량을 건중에 대한 비율로 나타내면 된다.

백미의 알칼리붕괴도는 1.4~1.7% KOH용액에 침지하여 30°C 항온기에 23시간 정치한 다음 쌀알이 붕괴된 모양(펴짐도와 투명도)에 따라 1~7등급으로 달관조사하면 된다 (표 2) (Park et al. 1994). 이는 호화온도를 간접적으로 검정하는 수단으로 이용되기도 한다.

Table 2. Observational scale and its evaluation standard for digestion (spreading and clearing) of milled rice by alkali solution (ADV) and corresponding to gelatinization temperature (GT).

ADV	Observed status	GT
1	Grain not affected	
2	Grain swollen	High : 74.5~80°C
3	Grain swollen, collar incomplete and narrow	High-intermediate
4	Grain swollen, cracked, collar complete and wide	
5	Grain split or segmented, collar complete and wide	Intermediate : 70~74°C
6	Grain dispersed, merged with collar, some cleared	
7	Grain completely dispersed intermingled, and cleared	Low : below 70°C

최 해 춘

쌀가루나 전분의 호응집성은 쌀가루 120mg를 13x100mm의 시험관에 넣고 0.2ml의 95% 에 칠알콜에 0.025%(W/V) bromothymol blue를 녹인 용액으로 시료를 젖게 한 다음 2.0ml의 0.2N KOH를 넣어 vortex 혼합기로 고르게 섞이게 하여 8분동안 끓는 수조에 넣어 호화시킨다. 호화된 시료를 꺼내어 5분 후에 다시 vortex 혼합기로 잘 섞이게 한 다음 20분간 냉각시킨 젤이 든 시험관을 모눈종이 위에 눕혀서 1시간 동안 젤이 흘러간 길이를 재어서 mm단위로 나타내면 되는데 이때 호응집성은 젤 길이가 21~40mm는 경(hard), 41~60mm는 중(medium), 61~100mm는 연(soft)으로 분류한다 (Cagampang et al. 1973).

아밀로그램특성은 Brabender Amylography나 Rapid Visco Analyzer(RVA)를 이용하여 10~12% 쌀가루 현탄액을 30~50°C에서 93~95°C까지 점진적으로 온도를 상승시켰다가 일시 고온 상태 둔 다음 다시 30~50°C로 점차적으로 냉각시키면서 점도변화를 조사하여 (그림 2). 최고 점도 (peak viscosity : P), 최저점도 (hot viscosity : H), 최종점도 (cool viscosity : C) 등을 검정기기 기록지에 표시된 눈금에 따라 점도정도를 나타내고 이들간 차인 강하점도 (breakdown : P-H), 응집점도 (consistency : C-H), 치반점도(setback : C-P) 등의 점도를 나타낸 것이다.

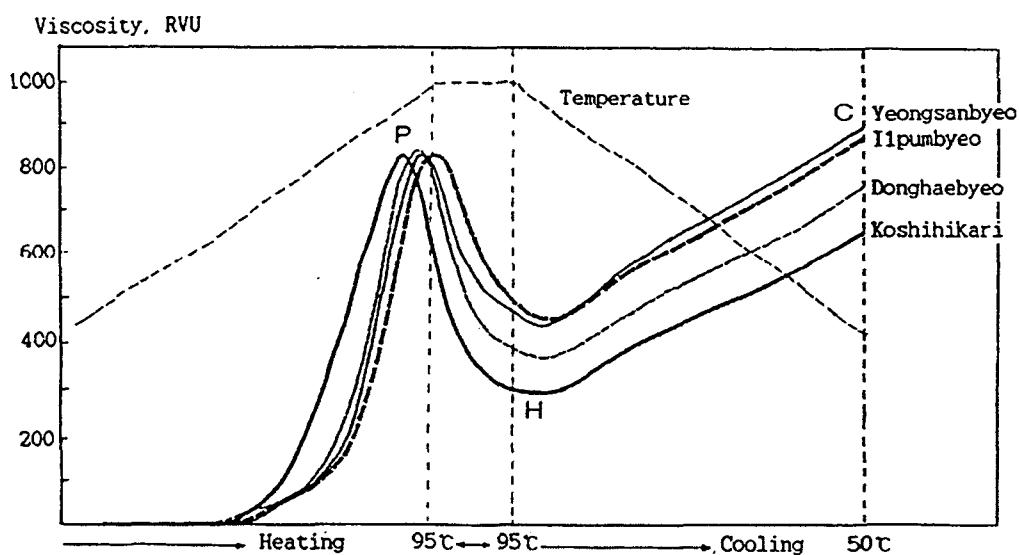


Fig. 2. Varietal difference in amylogram of milled rice flour.
P : Peak viscosity, H : Hot viscosity, C : Cool viscosity.

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

3) 쌀의 화학적 성분과 측정 방법

식미 및 가공 적성과 영양가와 관련성이 있는 화학 성분은 아밀로스함량, 단백질함량, 지질 함량, 무기질함량 (마그네슘(Mg), 칼륨(K), 인(P), 철(Fe) 등) 과 비타민 B₁, B₂, 나이아신 등 비타민 함량 등이다. 이 이외에도 미량이긴 하지만 오리자놀, 토코페롤, 이노시톨 등 생리활성 물질이 있으며, 향미에 함유된 각종 방향성 물질과 유색미에 함유된 안토시아닌 및 타닌계 색소 등이 있다.

백미의 아밀로스함량은 비색계(colorimeter)나 자동분석기(autoanalyzer)를 이용하여 쌀가루 호화액의 요드 정색도에 따라 함량을 측정하는 비색정량법이 주로 쓰여진다 (Juliano 1971, Choi et al. 1993).

쌀 전분호화액의 요드정색도는 아밀로스함량에 따라 최대흡광도(λ_{max})를 달리하여 찹쌀 품종은 522~527nm, 맵쌀 품종은 556~603nm의 변이를 보였으며 비슷한 아밀로스함량의 품종간에 최대흡광도를 달리하였다 (그림 3) (Kang & Choi 1993). 이러한 최대흡광도는 아밀로스 함량 뿐만 아니라 글루코스 쇄장에 따라서 크게 달라질 수 있는 것으로 생각된다.

단백질함량은 쌀가루를 습식분해시킨 시료를 마이크로케달(Micro Kjeldahl) 장치를 이용하여 분석한 전 질소함량에 5.95를 곱하여 얻는 방법을 쓰며, 좀더 신속 간편하게 측정하는 방법으로 염료결합력 검정(Dye-binding capacity : DBC) 및 뷔렛 검정(Biuret test)과 근적외 분광분석계 (Near-infra red spectroscopy : NIRS)를 이용한 비파괴적 검정법을 쓰기도 한다 (Juliano 1985, Oh et al. 1995).

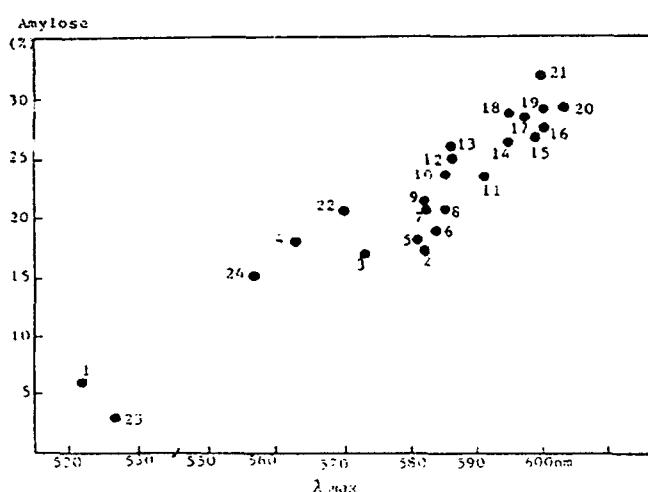


Fig. 3. Interrelationship between amylose content and wave length of maximum absorbance of starch-I₂ complex blue color.

최 해 춘

아미노산 정량은 쌀시료를 가수 분해시킨 다음 감압 건조시킨 것을 sodium citrate buffer로 용해시켜 아미노산 분석기로 분석하여 단백질 100g당 g수나 쌀 건중 100g당 g수로 나타낸다.

지질함량은 쌀 분쇄시료 1g을 원통여지에 넣고 충분히 건조시켜 빙 무게를 측정해 둔 Soxleht추출기의 프라스크에 에텔 또는 헥산을 넣은 다음 시료가 든 원통여지를 Soxleht 시료 실에 넣고, 통기장치가 된 방에 Soxleht 장치를 조립해 두고 냉각관에 수도를 연결시킨 다음 에텔이 들어 있는 프라스크부를 가열, 24시간 이상 시료의 지질을 에텔에 추출시켜서 추출이 끝나면 프라스크의 에텔을 회발시킨 후 남은 지질의 무게를 측정하면 된다. 지방산 정량은 가스크로마토그래피(Gas-chromatography)를 이용하여 추출한 지질을 헥산에 녹인 시료로 정량 한다 (Juliano 1985, Park et al. 1994).

Mg, K 등 미량원소는 쌀 시료를 농황산으로 습식 분해시킨 다음 원자 흡광 분광분석계로 측정한다.

향취성분은 휘발성 성분 추출장치를 이용하여 종류 추출한 다음 추출 농축시킨 시료를 모세관주 Gas-Chromatography-Mass-Spectrometry (GCMS) 분석을 실시한다.

4) 밥의 물리성 검정 및 식미 평가법

밥의 경도, 점성 등 물성을 측정하는 기계는 Texture analyzer, Plastometer, Texturometer, Tensipresser, Instron, Visco-elastograph 및 Rheograph-Micro 등이 있는데 이중에 앞의 여섯 가지는 거의 비슷하게 밥시료에 일정한 중량으로 누를 경우 감지부에 나타나는 경도 또는 탄성과 떨 때의 부착성을 측정하는 기계이고 Rheograph-Micro는 비파괴적인 수단으로 밥의 점탄성을 측정하는 기계이다.

Texture 분석계로 일정한 양의 밥시료나 밥알을 올려서 작동시키면 그림4와 같은 모양으로 두 번 눌렀다 뗀 곡선궤적이 나타나게 된다. 여기에서 H는 밥의 경도, -H는 점성, A₃면적은 부착성, A₂/A₁ 면적비는 응집성, a₂/a₁은 탄력성으로 표현하여 밥의 물성을 나타내며 식미와 밀접한 관련성이 있는 점성과 경도의 균형도(balance)인 -H/H를 밥시료간의 비교 척도로 사용하기도 한다.

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

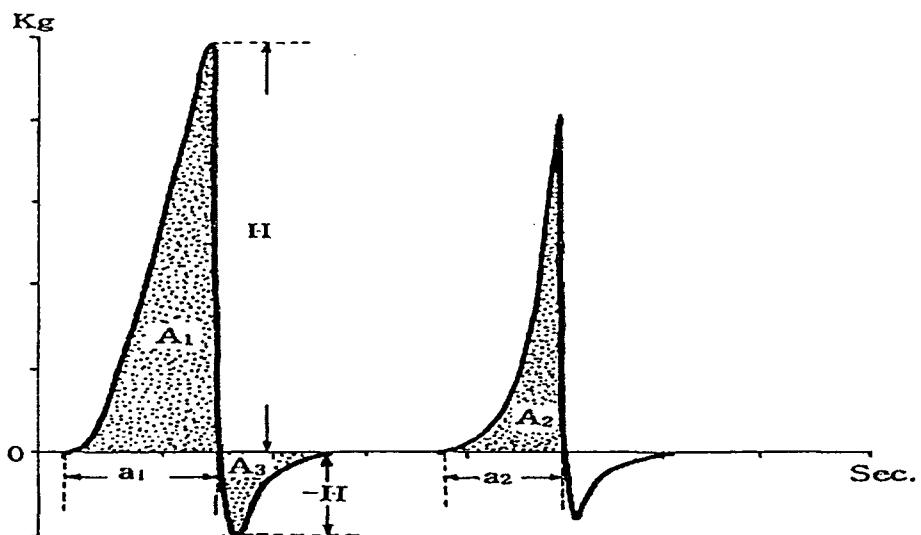


Fig. 4. A typical curve of texture analyzer, TAXT-2.

H : Hardness, -H : Viscousness, -H/H : Balance(B), A_2/A_1 : Cohesiveness(C), A_3 : Adhesiveness(A), a_2/a_1 : Springiness(S), $H \cdot C \cdot S$: Chewiness(CH), $A_3(-H)$: Stickiness(ST), CH · ST : TPI.

쌀밥의 식미 평가를 객관적으로 신속하게 수행하기 위하여 여러 종류의 식미계가 개발되어 이용되고 있다. 사다께, 니레꼬, 시즈오까 등에서 개발된 식미계는 쌀가루 또는 백미의 균적외선(NIR) 반사 및 흡수 spectrum과 식미 관련 특성간 상관성에 근거하여 식미치를 제시해 주는 기기이며 토요 미도메타는 백미를 단시간에 취반한 원판상의 반자미반에 전자파(가시광선)를 조사한 반사특성 즉 주로 밥의 윤기로부터 식미치를 제시해 주는 기기이다. NIRS 장치를 이용한 식미계는 적중률이 30~60%로 낮아서 실용성이 거의 없었으나 밥의 윤기 측정장치를 이용한 식미계는 실제 식미관능 평가치와 80% 이상의 적중률을 나타내어 식미의 객관적인 평가에 유용하게 이용되고 있다.

식미 관능평가는 잘 훈련된 남녀 동수의 20~50대 각 연령층이 고루 분포된 24명이상의 평가요원을 확보하여 표준 취사방법에 따라 지은 밥시료를 객관적인 조건에서 식미평가를 실시하게 한다. 시식 시료수는 1회에 4점을 한도로 정해진 기준 쌀밥과 비교 평가하게 하는데 시식순을 달리한 3~6개군으로 나누어진 panel에게 밥모양, 냄새, 맛, 찰기, 씹히는 질감(또는 경도), 총평으로 평점은 기준 쌀밥에 비해 나쁜 쪽으로 3~5단계 (-1~-3 또는 -5), 좋은 쪽은 3~5단계 (1~3 또는 5)로 평가케 하여 여기서 얻은 평균평점을 관능 평가치로 활용한다.

2. 양질미 선발 기준과 식미 관련 이화학적 특성간 상관 및 품종 변이

1) 양질미 선발 기준

한국 사람들은 4천년 이상의 긴 벼 재배역사를 통해서 점진적으로 쌀알이 둥글면서 밥이 상당히 찰기가 있는 쪽으로 선호하는 습성이 이루어져 있으며 이는 특히 쌀을 주로 밥의 형태로 만들어 여러 가지 반찬과 함께 숟가락이나 젓가락으로 먹게 되면서 더욱 찰기와 탄력이 있는 쪽을 선호하게 된 것으로 생각된다. 따라서 우리가 선호하는 양질미의 개발은 시장성을 좌우하는 쌀 외관품위와 식미의 양부에 따른 선발에 의해 이루어진다. 우리의 양질미 선발 기준을 보면 (표 3), 외관품위에서 현미 장폭비는 1.7~2.0, 백미천립중은 17~22g, 심복백 정도 (0~9)는 0~1, 투명도 및 색택이 양호한 것이다. 식미와 관련된 이화학적 특성에서는 아밀로스 함량은 20%이하, 현미 단백질함량은 7~9%, 알칼리 봉괴도(1~7)는 5~7 범위에서 선발이 이루어지고 있다. 식미는 밥이 윤기가 있고 밥알이 매끈하며 옅은 구수한 냄새가 있고 상당히 찰기가 있으면서 씹는 조직감이 부드럽고 탄력이 있으며 밥이 식어도 쉬이 굳어지지 않는 특성을 지닌 것이 바람직하다. 도정특성면에서는 정마율이 75%이상이 되면서 완전미율이 90%이상인 것을 선발 기준으로 삼고 있다.

Table 3. Selection criteria for developing a high-quality rice in Korea

Item	Quality components & Selection criteria
Grain appearance	Length/width ratio of brwon rice : 1.7~2.0 1000-grain weight of milled rice : 17~22g Chalkiness (White-core & white-belly) (0~9) : 0~1 Translucency & gloss (1~9) : 1~2
Physicochemical properties	Amylose content : below 20% Protein content of brown rice : 7~9% Alkali digestion value (KOH 1.4%) (1~7) : 5~7
Palatability of cooked rice	Appearance : Glossy & intact Fragrance : Weak aromatic Stickiness : Considerably sticky Taste & Texture : Good Retrogradation of cooked rice : Slow
Processing	Milling recovery from rough to polishing : Above 75% Head rice ratio : Above 90%

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

2) 식미 관련 이화학적 특성간 상관 및 품종 변이

품종에 따라서 상온이나 가열조건에서 물을 흡수하는 양의 경시적 양상이 차이가 나며 신·고미간이나 산지 및 연차간 변이가 큰 것으로 알려져 있다. 그럼 4에서 보면 벼 품종간 및 신·고미간에 저온흡수율의 경시적 변화 양상의 차이가 현저함을 알수 있다. 저온의 포화흡수는 대개 수심후 80분 경이지만 수심후 40분이면 거의 포화상태에 이르게 된다. 취반가수량의 품종변이를 표 4에서 보면 물에 불린 쌀일 경우 마른 쌀 무게의 약 1.1~1.3배, 마른 쌀일 경우 약 1.4~1.6배가 되어 품종에 따라 취반시 가수량이 크게 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

가열흡수량은 품종 변이가 마른쌀 무게의 약 1.18~1.27배가 되어 불린 쌀의 취반 가수량과 거의 비슷한 경향을 보였다. 이러한 상온 및 가열흡수율은 쌀의 호화특성 및 식미와 밀접한 관계를 나타낸다 (Choi et al. 1999).

Table 4. Classification of tested rice cultivars by proper water amount for rice cooking

Proper water amount adding on soaked milled rice (ml for 100g 12% moisture milled rice)	Corresponding rice cultivars
110~115	Sasanishiki
116~120	Dobongbyeo, <u>Cheongcheongbyeo</u> , <u>Yongjubyeo</u> , Chucheongbyeo
121~125	Ilpumbyeo, Hwaseongbyeo, Nagdongbyeo, <u>Samgangbyeo</u> , Odaebyeo, Anjungbyeo, <u>Chilseongbyeo</u> , Kinuhikari, Jimnibyeo
126~130	Jinbubyeo, <u>Nampungbyeo</u> , Gwanagbyeo
141~145	<u>Cheongcheongbyeo</u>
146~150	Odaebyeo, Anjungbyeo, <u>Yongjubyeo</u> , Obongbyeo, Chucheongbyeo, <u>Chilseongbyeo</u> , Jimnibyeo
151~155	Sasanishiki, <u>Nampungbyeo</u> , Ilpumbyeo, Dongjinbyeo, Hwaseongbyeo, <u>Samgangbyeo</u> , Kinuhikari
156~160	Gwanagbyeo, Nagdongbyeo
161~165	Dobongbyeo, Jinbubyeo

* The cultivars underlined are Tongil-type rices.

최 해 준

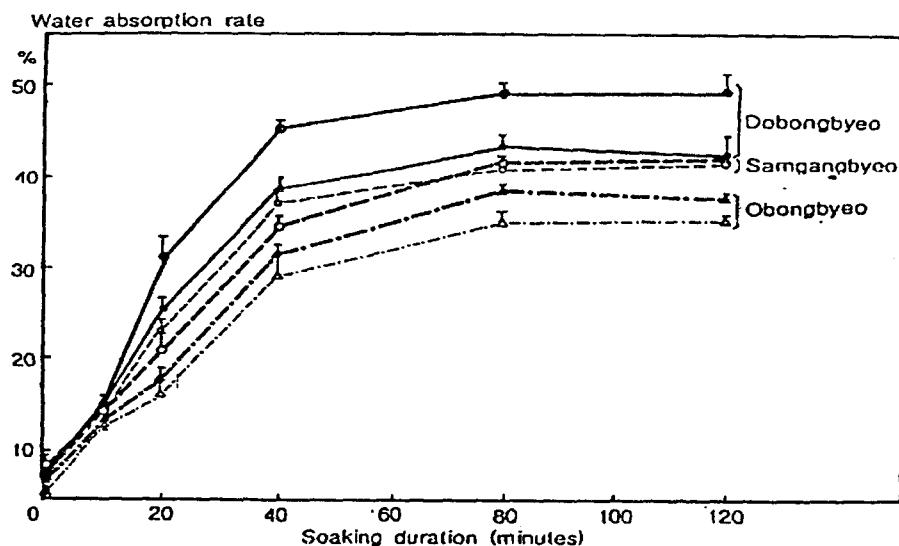


Fig. 5. Comparison of water absorption rate of milled rice during 120 minutes after soaking in cool tap water(10°C) among three typical rice varieties, and between new and old rices harvested in 1990 and in 1989, respectively.

Thick lines indicate the water absorbabilities of the new rice and thin lines point out those of the old one.

쌀의 이화학적 특성과 밥의 물리성 및 식미 간에는 표 5에서 보는 바와 같이 여러 연구자들의 결과에서 비슷한 경향으로 밀접한 관계를 나타내었다. 여기에서 특히 식미총평과 밀접한 관계를 나타낸 이화학적 특성은 아밀로스 함량, 단백질함량, 알칼리붕괴도, 비스코그램특성, 쥐반용출액 요드정색도 및 용출고형물량, Mg/K · N · A 등이었다. 아밀로스 함량은 주로 밥의 경도와 찰성, 호응집성과 Mg/K · N · A는 밥의 찰기, 단백질함량은 밥의 경도와 밀접한 상관을 나타내었다 (Choi et al. 1989, 1990, 1991, Chikubu et al. 1985, Juliano 1985, Hsu & Song 1988, Lee 1990, Horino 1989). 이러한 미질 특성 간 상관은 자포니카와 통일형 품종군 별로 나누어 살펴 보면(표 6) 단백질 함량과 알칼리 붕괴도 간이나 식미총평과 아밀로스함량 간 상관을 제외하고는 품종군에 따라 그 경향을 크게 달리하고 있음을 알 수 있다 (Choi et al. 1990).

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Table 5. Interrelationships between the physicochemical properties of milled rice and palatability components of cooked rice

Relevant characters	Correlation coefficients	Source
WUB - GPS	-0.33 *	Choi et al. (1991)
IBV - GPS	-0.75 **	Chikubu et al. (1985)
ESA - GPS	-0.57 **	"
Amylose content - Hardness	0.56 **	Choi et al. (1991)
" " "	0.59 **	Juliano (1985)
" " "	0.49 *	Hsu & Song (1988)
Amylose content - Adhesiveness	-0.60 **	Choi et al. (1991)
" " "	-0.82 **	Juliano (1985)
" " "	-0.89 **	Hsu & Song (1988)
Gel consistency - Adhesiveness	0.58 **	Choi et al. (1991)
" " "	0.40 **	Juliano (1985)
" " "	0.91 **	Hsu & Song (1988)
ADV - Adhesiveness	-0.51 *	Choi et al. (1991)
" " "	-0.53 *	Hsu & Song (1988)
Protein content - Hardness	0.29 *	Choi et al. (1991)
" " "	0.18 *	Juliano (1985)
Hardness - GPS	-0.80 **	Choi et al. (1991)
Adhesiveness - GPS	0.79 **	"
" - GPS	0.88 **	Hsu & Song (1988)
GPS - Protein content	-0.60 **	Choi et al. (1990)
" - " "	-0.37 *	Chikubu et al. (1985)
" - " "	-0.63 **	Hsu & Song (1988)
" - " "	-0.62 **	Lee (1990)
GPS - amylose content	-0.41 *	Choi et al. (1989)
" - " "	-0.56 **	Chikubu et al. (1985)
" - " "	-0.83 **	Hsu & Song (1988)
" - " "	-0.40 **	Lee (1990)
GPS - ADV	-0.28 *	Choi et al. (1990)
" - " "	-0.50 *	Hsu & Song (1988)
" - Crude ash	-0.50 **	Lee (1990)
" - Breakdown	0.42 *	Choi et al. (1989)
" - " "	0.68 **	Chikubu el al. (1985)
" - " "	-0.36 **	Lee (1990)
" - Consistency	-0.57 **	Choi et al. (1989)
" - Setback	-0.49 **	"
" - Peak viscosity	0.61 **	Chikubu et al. (1995)
Mg/K · N · A - Stickiness	0.79 **	Horino (1989)

WUB : Water uptake ratio of boiled rice, GPS : Global palatability score of cooked rice, IBV : Iodine blue value of cooking water, ESA : Extracted solid amount of cooking water, Hardness, Adhesiveness, Stickiness : Hardness, Adhesiveness and Stickiness of cooked rice, ADV : Alkali digestion value.

* , ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

Table 6. Difference in interrelationships among palatability and physicochemical properties of milled rice between japonica and Tongil-type rices

Relevant characters	Correlation coefficients	
	Japonica	Tongil-type
Mg - GPS	-0.093	-0.519**
K/Mg ratio - ADV	0.012	-0.424**
" - Amylsoe	0.393**	-0.004
" - Retrogradation	0.134	-0.490**
Protein - ADV	-0.385**	-0.366*
" - Amylsoe	-0.602**	0.174
" - Retrogradation	-0.073	-0.583**
" - ADV D	0.022	0.425**
" - Panel's var.	-0.251	-0.461**
ADV - GPS	-0.408**	0.095
" - ADV D	0.418**	-0.428**
" - Retrogradation	0.024	0.556**
" - Amylsoe	0.658**	0.327*
Amylose - GPS	-0.357*	-0.594**
" - Panel's var.	0.360*	0.292*
GPS - Panel's var.	-0.590**	-0.508**
Panel's var. - Retrogradation	0.387**	0.215

GPS : Global palatability score of cooked rice, ADV : Alkali digestion value.

ADV D : Difference between ADV in 1.0% and 1.4% KOH solutions.

Retrogradation : Difference of GPS between hot and cool cooked rice

Panel's var. : Panel's variation of GPS.

*, ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

또한 같은 공시 품종들의 생산 연도에 따른 미질 특성 간 상관을 표 7에서 보면, 알칼리봉고도, 아밀로스 및 단백질함량 간이나 쌀의 호화도와 취반 용출 고형물량 간의 상관을 제외하고는 연차 간에 미질 특성 간 상관이 크게 달라짐을 알 수 있다. 이러한 미질 특성과 식미 간 상관 관계를 바탕으로 식미추정 중회귀식을 얻은 결과를 표 8에서 보면 주요 설명 변수로 채택된 것이 '91년산미는 최저점도, 최고점도시 온도, 취반용출액 요드정색도, 호화팽창률, 최고 점도였지만 '92년산미는 밥의 점착성, 단백질함량, 아밀로펩틴 단/장쇄 비율, 응집점도율, Mg/K율 등으로 연차에 따라 큰 차이를 나타내었다 (Choi et al. 1997).

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Table 7. Correlation coefficients (*r*) between physicochemical or structural properties of milled rice and physical characteristics or sensory evaluating score of cooked rice in 1991 and 1992

Concerned characters	<i>r</i>		Concerned characters	<i>r</i>	
	1991	1992		1991	1992
GPS - Hot paste	-0.62*	0.34	ESA - Cohesiveness	0.65*	-0.21
- Consistency	-0.58**	0.06	Break down - Cohesiveness	0.62*	0.34
AP - Peak	-0.66*	0.59*	- Chewiness	0.58*	0.16
- Hot paste	-0.74**	0.31	Mg/K - Protein	0.04	0.63*
- Consistency	-0.64	-0.04	GC - Cool paste	-0.41	-0.58*
ADV - Amylose	0.72**	0.72**	- Peak	-0.55	-0.50
- Mg/K	-0.44	-0.84**	- Cool/Hot	0.60*	0.26
- Balance	0.15	0.59*	- Breakdown	-0.24	0.64*
- Peak	-0.58*	0.36	- Hot/Peak	-0.07	-0.62*
- GT	-0.71**	-0.20	- Consistency	-0.02	-0.70*
- Cool/Hot	0.65*	0.10	- Setback	0.20	-0.72*
Amylose - Mg/K	-0.56	-0.59*	- Cool/Peak	0.16	-0.72*
- Protein	-0.60*	-0.60*	Fr. I - Protein	-0.63*	-0.34
Mg - VER	0.67*	0.33	- IBV	-0.16	-0.75**
K - Fr. III	-0.59*	-0.15	- GPS	-0.30	-0.44
VER - ESA	0.56	0.28	Fr. II - Hot/Peak	-0.30	-0.62*
- Cohesiveness	0.75*	-0.31	- Setback	-0.39	-0.60*
- Chewiness	0.68*	-0.39	Fr. III - GT	-0.39	-0.67**
- TPI	0.64*	-0.34	- K	-0.63*	0.07
DG - ESA	0.60*	0.87**	- Adhesiveness	0.09	-0.80**
- IBV	0.15	0.60*	- Stickiness	-0.08	0.69*
- GT	-0.61*	0.07	- TPI	0.09	0.58*
- Cohesiveness	0.65*	-0.17	Fr. IV - Cohesiveness	-0.20	-0.60*
IBV - ESA	0.33	0.78**	Fr. IV/Fr. III - GT	0.33	0.54
- Hardness	0.86**	-0.49	- Cohesiveness	-0.17	0.63*
- Balance	0.65*	0.49	- TPI	-0.08	-0.58*
- Chewiness	0.64*	-0.47			

GPS : Global palatability score of cooked rice, AP : Appearance of cooked rice, ADV : Alkali digestion value, GT : Starting temp. of gelatinization, VER : Volume expansion rate of cooked rice, ESA : Extracted solid amount of cooking water, TPI : Textural palatability index, DG : Degree of gelatinization after short cooking, IBV : Iodine blue value of cooking water, GC : Gel consistency.

* ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

최 해 춘

Table 8. Multiple liner regression formula for indirect estimation of global palatability score of cooked rice

Year	Multiple linear regression formula	R ²
1991	$Y = -0.0106 X_1 + 0.3092 X_2 - 4.2392 X_3 + 0.3877 X_4 + 0.00145 X_5 - 21.839$ <p style="text-align: center;">Y : GPSS, X₁ : Hot paste, X₂ : Temperature of peak viscosity, X₃ : IBV, X₄ : VER, X₅ : Peak</p>	0.895
1992	$Y = -3.648 X_1 + 0.0264 X_2 - 0.247 X_3 - 0.855 X_4 + 1.986 X_5 + 0.986$ <p style="text-align: center;">Y : GPS, X₁ : Adhesiveness, X₂ : Protein, X₃ : Short/long chian ratio of amylopectin, X₄ : Consistency ratio, X₅ : Mg/K ratio</p>	0.974

GDP, IBV, VER : See Table 7. R² : Coefficient of determination.

알칼리붕괴도, 아밀로스 및 단백질함량이 거의 비슷하면서 밥맛에 차이를 나타내는 벼 품종들을 식미총평에 따라 구분한 다음 군간에 유의한 차이를 나타낸 여타 미질 특성을 표 9에서 살펴 보면 식미가 양호한 품종들이 보통인 품종들에 비해 양년 모두 호응집성이 약간 높으면서 강하점도는 높고 응집점도와 치반점도는 낮은 경향을 나타내어 비스코그램 특성이 중요한 지표 특성임을 알 수 있다.

Table 9. The physicochemical properties of rice grain related with the eating quality of cooked rice

Palatability of cooked rice	Corresponding cultivars	Grown year	Panel test (-3~3)		A.D.V (1~7)	Amylose (%)
			Appearance	Palatability		
Excellent	Ilpum, Dongjin, Hwaseong, Koshihikari	'91	0.72	0.65	6.8	18.6
		'92	0.34	0.41	6.8	19.5
		Mean	0.53	0.53	6.8	19.1
Good	Jangan, Seoan, Bonggwang, Chucheong	'91	0.25	0.25	6.8	19.0
		'92	0.13	0.04	6.7	19.2
		Mean	0.19	0.15	6.8	19.1
Fair	Yeongsan, Donghae, Palgong, Daechéong	'91	-0.26	-0.34	6.8	18.9
		'92	-0.06	-0.31	6.7	18.9
		Mean	-0.16	-0.33	6.8	18.9

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Protein (%)	Mg/K	Gel consistency (mm)	ESA (mg/g)	Amylogram properties (BU)		
				Breakdown	Consistency	Setback
6.89	0.263	58.4	39.9	501	413	-88
6.84	0.221	72.5	61.0	479	406	-74
6.87	0.242	65.5	50.5	490	410	-81
6.86	0.248	57.6	44.0	463	446	-16
7.13	0.225	70.9	66.8	440	407	-33
7.00	0.237	64.3	55.4	452	427	-25
6.82	0.268	57.6	50.0	453	454	0.8
7.30	0.238	65.8	49.8	421	419	-2.8
7.06	0.253	61.7	49.9	437	437	-1.0

A.D.V. : Alkali digestion value, ESA : Extracted solid amount during cooking

식미가 차이나는 세 품종의 아밀로펙틴 분획에서 글루코스 쇄장별 분포가 비슷한 경향을 보였지만 (그림 6), 표 10에서 보면 매우 미미한 차이 이기는 하지만 자포니카와 인디카 품종 모두 아밀로스 함량이 낮은 밥맛이 좋은 품종일수록 아밀로펙틴의 단/장쇄 비율이 약간 높은 경향을 보였다.

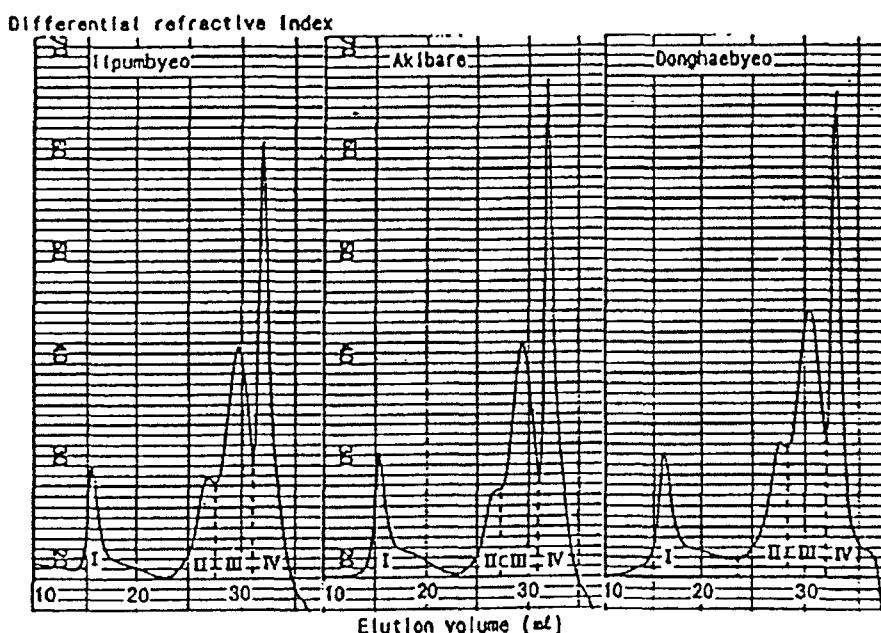


Fig. 6. Varietal difference in distribution of debranched starch fractions.

The rice starch was debranched by isoamylase treatment and weak alkali gelatinization and fractionized by HPLC.

최 해 춘

Table 10. Comparison of amylose, protein, and distribution of starch fractions debranched by isoamylase between rice varietal groups or rice cultivars

Eco-type	Cultivar	Amylose (%)	Protein (%)	Distribution of starch fractions debranched by isoamylase				Fr. IV/ Fr. III
				Fr. I	Fr. II	Fr. III	Fr. IV	
	Odaebyeo	19.0	7.7	5.8	12.3	36.9	44.9	1.22
Jap.	Hwaseongbyeo	20.9	6.8	13.0	9.7	35.0	42.3	1.21
	Chucheongbyeo	21.2	6.5	16.1	11.1	33.6	38.2	1.14
	Average	20.4	7.0	11.6	11.0	35.2	41.8	1.19
	Jungweonbyeo	17.8	7.9	7.8	8.7	36.2	47.3	1.31
Ind.	Yongjubyeo	18.0	8.3	9.3	10.1	37.3	43.1	1.16
	IR841-76-1	20.6	8.5	16.1	12.8	35.6	35.4	0.99
	Average	18.8	8.3	11.1	10.5	36.4	41.9	1.15

쌀알의 외곽층으로부터 총위별로 아밀로스 및 단백질 함량의 미립평균 함량 대비 지수로 나타낸 성적을 보면 (표 11) 식미가 양호한 일품벼가 다른 품종들에 비해 특히 쌀알의 외곽층에 아밀로스 함량이 상대적으로 낮은 경향을 보였는데 이는 우리가 챙을 때 찰기의 탄력성을 많이 느끼게 되는 밥 외곽층의 호화된 전분립이 일품벼가 다른 품종들에 비해서 더욱 미세한 그물모양의 스폰지상을 나타내고 있는 것과 무관하지 않는 것 같다 (R.D.A. 1992).

Table 11. Varietal difference in the relative proportion of amylose and protein content to average content of whole brown rice kernel on endosperm layers stratified by milling degree

Layer of endo- sperm	Milled part from outer layer of rice grain (W/W, %)	Relative proportion of amylose content to average amylose content of whole brown rice kernel (%)						Average
		Ilpum- byeo	Dongjin- byeo	Akibare	Mine- hikari	Donghae- byeo	Palgong- byeo	
L1	100-92	12.1	12.6	9.6	10.5	15.2	12.5	12.1 e
L2	92-87	51.0	62.3	57.9	57.0	62.8	63.1	59.0 d
L3	87-83	56.1	66.3	59.6	64.0	64.6	63.1	62.3 d
L4	83-78	72.0	70.3	67.4	68.0	70.7	67.5	69.3 c
L5	78-74	64.3	75.4	73.0	69.8	77.4	67.5	71.2 c
L6	74-65	71.3	83.4	77.5	74.4	82.3	75.6	77.4 b
L7	65-60	75.2	86.3	79.8	77.3	82.9	80.0	80.3 b
L8	60-0	126.1	120.6	124.7	125.0	120.7	123.8	123.5 a

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Relative proportion of protein content to average protein content of whole brown rice kernel (%)

Ilpumbyeo	Dongjinbyeo	Akibare	Minehikari	Donghaebyeo	Palgongbyeo	Average
161.1	163.9	161.4	169.7	167.1	159.3	163.8 a
157.6	151.4	148.2	155.3	155.7	153.5	153.6 b
148.2	151.4	148.2	147.4	149.4	153.5	149.7 bc
148.2	147.2	144.6	147.4	145.6	150.0	147.2 cd
144.7	144.4	144.6	139.5	138.0	150.0	143.5 de
141.2	144.4	138.6	139.5	138.0	143.0	140.8 ef
135.3	144.4	134.9	136.8	134.2	139.5	137.5 f
60.0	58.3	61.4	59.2	60.8	59.3	59.8 g

Same character in average column indicates nonsignificance at 5% level by

Duncan's multiple range test.

쌀을 철망시험관에 넣고 끓는 물에 담그어 물에 울어나는 용출액 요도정색도의 경시적 변화율을 보면 (그림 6) 식미 양호한 품종일수록 침지 20분까지 요도정색도의 상대적 변화율이 낮음을 알 수 있다. 용출액 중 단백질함량의 변화는 동진벼를 제외하고는 유의한 경시적 변화가 인정되지 않았고 식미와의 관계도 발견할 수가 없었다 (Choi et al. 1997).

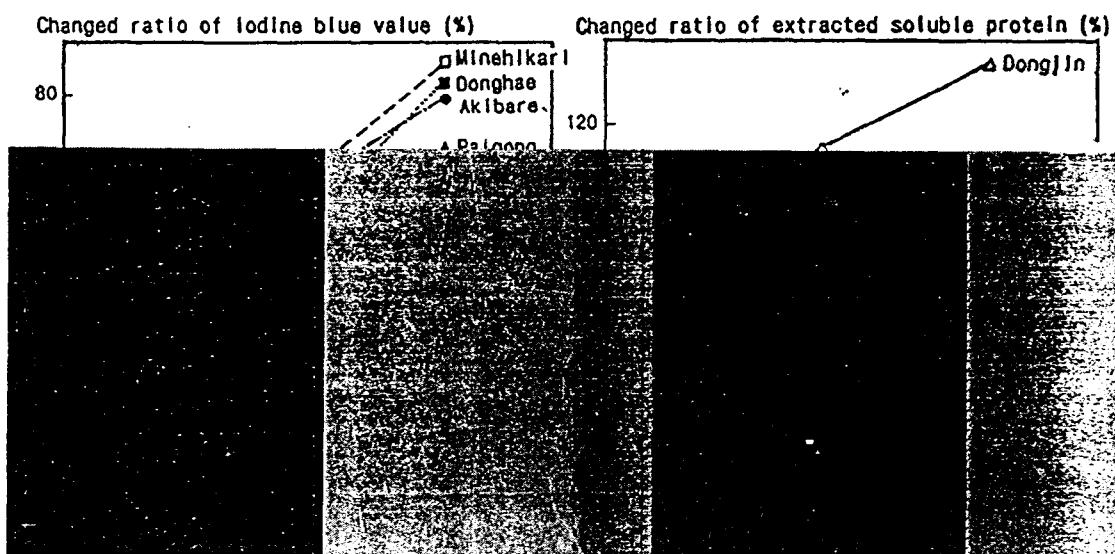


Fig. 6. Varietal difference in changed ratio of iodine blue value of extracted soluble amylose and of extracted soluble protein in cooking test of milled rice. The changed ratio was represented by the relative ratio to those at twenty five minutes after soaking the milled rice in boiling water.

3. 밥의 노화관련 이화학적 특성

밥의 노화는 호화된 전분립자가 다시 굳어지면서 맛과 찰기 및 조직감이 나빠지는 현상을 말하며 여기에 전분립을 구성하고 있는 아밀로스나 아밀로펩틴 분자의 결정화에 기인되지만 더욱 급속한 밥조직의 경화는 단백질 입자에 의하여 야기된다.

이러한 노화정도의 측정은 α -amylose-iodine 법이나 β -amylose-pullulanase 법 등 효소적인 방법으로 호화도를 측정하여 나타낼 수 있고 밥을 냉장 또는 상온 상태로 2~4시간 보관한 다음 texture 분석기를 이용하여 더운 밥에 대한 찬밥의 경화정도를 비교 계산한 지수를 나타낼 수도 있다.

주사전자현미경 사진으로 보아 일품벼와 같이 밥노화가 느린 품종의 밥은 농백과 같이 밥노화가 빠른 품종에 비해 냉장보관 상태에서 밥이 차게 되면서 특히 밥알 바깥층의 호화전분립자의 결정화 및 그물망의 응축정도가 덜 진전되었다.

찬밥의 노화정도가 찬밥의 탄력성이나 냉장보관에 따른 밥경도의 변화율과 유의한 상관성을 나타내지 않았지만 대개 밥맛이 좋은 품종의 쌀일수록 찬밥의 노화정도가 적은 경향이었고 찬밥의 탄력성이 높은 경향이었다(표 12). 찬밥의 노화정도가 심한 품종 쌀은 쌀가루의 신속 점도측정계에서 측정된 최저점도는 낮은 경향이었고 최종점도는 높은 경향이었다. 또한 찬밥의 탄력성이 높은 쌀은 마그네슘함량이 높은 경향이었고 밥이 용적팽창률이 낮았다. 밥의 냉장에 따른 경도변화율은 취반 중 밥알의 용적팽창 정도나 용출 고형물량과는 부의 상관관계를 나타내었다(표 13).

Table 12. Correlation coefficients between retrogradation properties and palatability of cooked rice

Character	HARD	RI	HDR	PA
Degree of retrogradation of cooled cooked rice (DR)	-0.393	0.720*	-0.296	-0.628*
Sponginess of cooled cooked rice (HARD)		-0.314	0.014	0.554*
Retrogradation index (RI)			-0.214	-0.373
Hardness-changed ratio of cooked rice by cooling (HDR)				0.274
Palatability of cooked rice (PA)				

*. ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Table 13. Interrelationship between retrogradation components of cooked rice and physicochemical properties

	Relevant characters	Correlation coefficients
Degree of retrogradation of cooled cooked rice	- Hot viscosity - Cool viscosity	-0.527 0.636
Sponginess of cooled cooked rice	- Magnesium content - Volume expansion of cooked rice	0.556 -0.666
Hardness-changed ratio of cooked rice by cooling	- Volume expansion of cooked rice - Solids amount extracted during cooking	-0.581 -0.574

4. 쌀 가공적성 관련 이화학적 특성

1) 쌀 퇴김성 관련 이화학적 특성

쌀의 형태, 크기, 심복백정도 및 투명도와 이화학적 특성이 다양한 벼 품종을 사용하여 현미 및 백미 퇴김성과 여러가지 미질 특성과의 상관 관계를 살펴 보았다. 퇴김성은 퇴김현미 및 퇴김백미의 용적증, 평균 퇴김률, 퇴김현미 정립률과 퇴김백미 용적팽창률 등으로 나타내었는데 품종간 변이가 매우 컸다.

대개 퇴김률이 높은 품종일수록 퇴김쌀의 용적증이 가벼워 퇴김성이 좋았으며 현미강도가 높은 경향이었다. 쌀가루 호화 젤(gel)이 냉각시에 빨리 굳어지지 않는 연질을 보이거나 아밀로스함량이 낮은 품종일수록 현미 및 백미의 퇴김률이 높고 퇴김쌀 용적증이 가벼우며 퇴김백미 용적팽창률이 높은 경향이었다. 아밀로스함량이 낮은 품종 중에도 지질함량이나 단백질함량 등의 영향으로 퇴김성이 좋지 않은 품종도 있었다.

퇴김현미 정립률은 퇴김률과는 다른 특성으로 찹쌀이나 심복백정도가 심한 품종일수록 낮은 경향을 나타내었다. 즉 배유에 공극이 많은 쌀일수록 고압에서 팽창시 지나치게 튀겨져서 모양이 크게 일그러진 것이 많았다(표 14).

Table 14. Correlation coefficients between popping characteristics and morphological or physicochemical properties of rice grain

Relevant characters		Correlation coefficients
Chalkiness (WB or WC)	- Ratio of intact popped brown rice	-0.585
Translucency	- "	-0.456
Hardness	- Ratio of popped rice	0.472
Gel consistency	- Bulk density of popped brown rice	-0.706
"	- Bulk density of popped milled rice	-0.776
"	- Ratio of popped rice	0.792
Amylose content	- Bulk density of popped milled rice	0.512
"	- Ratio of popped rice	-0.484
"	- Expansion rate in length of milled rice	-0.477
"	- Expansion rate in volum of milled rice	-0.475

WB : white-belly, WC : white-core in rice grain

2) 쌀국수 적성 관련 이화학적 특성

쌀가루와 밀가루를 반반씩 섞은 시료에 1% 소금물을 시료량의 40~45% 비율로 첨가한 다음 반죽기로 반죽하여 수동식 제면기로 국수를 제조하여 제면 및 조리면 특성을 조사하였다.

제면특성은 면대 형성정도(1~9)를 달관으로 조사하고 마른국수의 강인성(1~9)을 측정하여 나타내었다. 조리면 특성은 조리면 이절성(易切性)(1~9), 국수물 탁도(1~9) 및 용출고형물량을 조사하여 나타내었으며 조리면은 밀국수와 비교하여 외관, 냄새, 탄력, 맛 및 총평에 대한 관능검사를 실시하였다. 이러한 쌀국수 관련특성과 쌀의 여러 가지 이화학적 특성과의 관계를 분석하여 보았으나 거의 유의한 상관성을 나타내 보이지 않았고, 표 15에서 보는 바와 같이 쌀의 칼륨(K) 및 마그네슘(Mg) 함량이 높은 품종일수록 제면 총평이 낮은 경향이었고 제면이 양호한 것이 국수물의 용출 고형물량이 적은 경향이었다. 면대 형성이 나쁜 쌀 일수록 반죽하는 데 시간이 더 오래 걸렸고 마른 국수의 강인성이 컸다 (표 15). 제면특성과 조리면 품질특성은 서로 독립적인 특성으로서 두가지 특성이 모두 양호한 품종은 아밀로스 함량이 비교적 높은 인디카나 열대자포니카 품종 중에서 찾을 수 있었다.

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Table 15. Correlation coefficients between suitability for rice noodle and physicochemical properties of milled rice

Relevant Characters	Correlation coefficients
K content - Gross score of noodle making	-0.603*
Mg content - "	-0.553*
Extracted solid amount - "	-0.522
Doughing time - Acceptability to noodle formation	0.905**
Toughness of dried noodle - "	0.798**

*. ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively. Gross score of noodle making is mean estimate of acceptability to noodle formation and toughness of dried noodle.

3) 쌀빵적성 관련 이화학적 특성

벼 품종간에는 제빵성의 차이가 있으나 현미와 백미간에 뚜렷한 차이는 없었다. 그러나 품종에 따라서는 현미와 백미 쌀빵 특성에서 현저한 차이를 나타내는 것도 있었다. 예를 들면 찰벼인 한강찰벼는 백미로는 쌀빵을 만들 수 없었지만 현미로는 제빵성이 매우 양호하였다. 대체로 백미로 제빵성이 좋지 않은 품종들이 현미 제빵성이 양호한 경향이었다.

백미와 현미의 이화학적 특성과 제빵 적성간의 상관성을 살펴보면(표 16), 현미의 경우 반죽의 부피증가율이 큰 쌀일수록 폭신한 감이 있는 쌀빵 제조가 가능하였으며 백미의 경우 단백질함량이 높을수록 촉촉한 느낌의 쌀빵이 되는 경향이었고, 지질함량이 높을수록 빵기공의 크기가 작고 균일하며 탄력성이 떨어지는 쌀빵이 만들어지는 경향이었다 (Kang et al. 1997a).

최 해 춘

Table 16. Correlation coefficients among chemical properties of rice grain and various characteristics related to processing quality of rice bread

Relevant characters	Correlation coefficients	
	Brown rice	Milled rice
Protein content - Moistness of rice bread	-0.547	-0.783*
Fat content - Uniformity of porous cell size in rice bread	0.537	0.824*
- Sized of porous cell in rice bread	-0.637	-0.898**
- Springiness of rice bread	-0.351	-0.875**
Expansion of batters - Loaf formation of rice bread	0.859**	0.720*
- Size of porous cell in rice bread	0.301	0.703*
- Springiness of rice bread	0.761*	0.204
Amylose content - Springiness of rice bread	-	0.571*
Gel consistency - Springiness of rice bread	-	-0.652*
- Retrogradation of rice bread	-	0.572*
Alkali digestibility - "	-	-0.625*

*. ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

아밀로스 함량이 높을수록 호응집성이 경질일수록 쌀빵의 탄력성이 큰 경향이었고 호응집성이 연질인 쌀일수록 알칼리 붕괴도가 높은 즉 호화온도가 낮을 쌀일수록 쌀빵의 노화정도가 다소 큰 경향이었다 (표 16) (Kang et al. 1997b).

4) 발효적성과 관련된 미질 특성

쌀의 발효적성은 황국균(*Aspergillus oryzae*)이나 흥국균(*Monascus anka*)의 군사활착상태 및 흥색소 생성과 발효과정 중 당화 효소력가로서 평가할 수 있다. 보통쌀(일품벼)이나 중간찰(수원460호)보다 쌀 배유전체가 뽀얀멥쌀(수원461호)이 군사활착 밀도가 높고 발효향이 좋으며 당화 효소력가도 높은 경향이었다 (표 17).

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

Table 17. Mycelia rooting density and saccharogenic power during the processing of fermented rice using *Aspergillus oryzae*

Variety	E n d o s p e r m characteristics	Rooting density of mycelia		Saccharogenic power (mg/glucose/hr/g)	
		Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice
Suweon 460	milky, amylose : 9%	++	++	37.4	38.2
Suweon 461	opaque, amylose : 19.3%	+++	+++	41.6	45.4
Ilpumbyeo	translucent, amylose : 18.9%	++	+++	39.3	42.6

홍국발효미의 발효상태와 색상이 뽀얀메인 수원461호에서 가장 우수하였고 특히 red 와 orange 색상의 색소생성량이 각각 32%, 25%정도 높았다 (표 18). 이와같이 심백이 많이 차있는 불투명한 쌀일수록 쌀누룩이나 발효미 제조와 더불어 양질의 약탁주 생산에 알맞은 쌀이며 또한 쌀알이 굵고 단백질함량이 낮은 쌀이 더욱 양조에 유리한 것으로 알려져 있다.

Table 18. Pigment concentration of fermented rice using *Monascus anka*

Variety	Absorbance		
	400nm (yellow)	470nm (orange)	500nm (red)
Suweon 460	7.32	4.21	10.42
Suweon 461	13.72	11.50	19.70
Ilpumbyeo	14.34	9.31	14.84

최 해 춘

5. 쌀 품질개량 육종의 최근 성과 및 금후 전망

1970년대에 쌀의 자급달성을 위하여 통일형 다수성 품종이 많이 개발 보급되었을 때 재래의 자포니카 품종에 비해서 식미보다도 쌀알이 다소 가름하고 맑고 깨끗하지 못했던 것이 시장성 열세의 큰 흠이었다.

현미의 장/폭비가 자포니카 품종들은 대개 1.8~1.9인데 비해 통일형 품종들은 2.2~2.5로 뚜렷한 차이를 보였다. 따라서 통일형 품종의 장/폭비를 2.0이하고 낮추고 심복백이 거의 없이 맑고 투명한 외관 품질이 양호한 양질미 품종을 개발하는 데에 많은 노력을 기울였다. 이러한 노력의 결과 통일형 품종으로 장/폭비가 2.0이하이면서 심복백이 적은 중원벼, 칠성벼 등이 개발 보급되었으나 미립의 폭이 좁고 두께가 얕아서 자포니카 품종과는 명확하게 구분되었다. 그 동안 통일형품종은 미질면에서 쌀 외관 품위 뿐만 아니라 저 아밀로스, 저 호화온도 방향으로 선발되어 식미가 크게 개선되었다 (표 19).

Table 19. Achievement in grain quality improvement of Tongil-type and japonica rices

Eco-type	Cultivar	B r e d year	Brown rice grain (mm)			WC/WB (0-9)	GT	Amylos e	Pro-tei n	PC
			Length	Width	Thick-nL / ess					
Tongil-type	Tongil	1971	5.54	2.62	1.93	2.24	0/5	IL	23.3	8.7 A
	Milyang 23	1976	6.15	2.55	1.97	2.41	1/0	"	19.1	7.9 F
	Samgangbyeo	1982	5.51	2.48	1.88	2.22	1/2	"	17.4	7.6 F
	Jungwonbyeo	1984	5.10	2.68	1.79	1.90	1/1	"	16.7	7.8 G
Average			5.57	2.58	1.89	2.19	-	-	19.1	8.0
Japonica	Pungok	1936	5.16	2.91	2.06	1.77	1/1	L	18.2	7.6 F
	Jinheung	1962	4.88	2.58	2.18	1.89	1/1	"	19.8	7.7 F
	Dongjinbyeo	1981	5.05	2.94	2.00	1.72	0/1	"	18.0	7.3 G
	Ilpumbyeo	1990	4.96	2.71	2.07	1.83	0/1	"	18.9	6.7 E
Average			5.01	2.78	2.07	1.80	-	-	18.8	7.3

WC/WB : White-core and white-belly (chalkiness), GT : Gelatinization temperature,

IL : Intermediate low, L : Low, PC : Palatability of cooked rice, A : Acceptable,

F : Fairly good, G : Good, E : Excellent

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

자포니카 품종은 1970년대까지는 미질 특성상 별로 개선되지 못하였다가 1980년 이후부터 쌀 외관 품질과 식미 개선에 크게 힘을 기울이기 시작하였다. 미립의 크기나 형태는 지난 60여년간 거의 변화없이 현미 장/폭비 1.7~1.9, 현미천립중 19~23g 범위의 변이를 가진 중소립 종 단원립의 형태를 벗어나지 못했다. 도봉벼를 제외하고는 모든 품종이 호화온도가 낮았고 아밀로스함량이 17~20% 범위로 낮았다. 1980년대 이후 개발된 자포니카 품종들이 그전 품종에 비해 쌀 외관품질이 다소 개량되었고 특히 밥맛이 현저하게 좋아졌다 (표 19).

또한 최근에는 쌀 식품의 고급화 및 다양화를 위하여 특수미 품종들이 다수 개발 보급되었다. 현미천립중이 35g인 대립벼 1호, 심백미인 양조용품종 양조벼, 구수한 밥냄새가 진한 향미벼1호 및 2호와 향남벼, 향미찰벼인 아랑향찰벼 및 설향찰벼, 흑자색미인 흑진주벼 및 흑남벼 등이 그것이다 (표 20). 대립벼1호는 튀김과자나 양조용, 향미품종들은 밥맛을 증진시키기 위한 취반 혼입용이나 식혜용, 유색미품종들은 여러 가지 쌀 식품의 염색용이나 기타 천연색소 원료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

Table 20. Major characteristics of newly developed rice cultivars possessing the special properties of grain quality for the other utility beyond the cooked rice

Cultivar	Bred year	Heading	Culm length (cm)	Milled rice yield (kg/10a)	1000-grain weight	Brown rice L/W ratio	WC/WB (0-9)	Pericarp color	Aroma (0-9)	Amylose (%)
Daeribbyeo 1	'93	8.15	88	445	34.8	1.94	1/0	YW	0	19.5
Hyangmibyeo 1	'93	8.15	72	493	20.6	2.46	1/1	-	5	18.3
Hyangnambyeo	'95	8.11	82	503	21.3	1.81	0/0	-	3	17.7
Hyangmibyeo 2	'96	8.4	77	614	22.8	2.44	1/2	-	3	19.0
Yangjobyeo	'94	8.14	71	511	25.4	1.78	7/0	-	0	20.2
Aranghyangchalbyeo	'97	8.13	88	537	20.5	1.90	wx	-	3	0.0
Heugjinjubyeo	'97	7.25	80	405	17.0	2.22	-	BP	1	15.1
Heugnambyeo	'97	8.13	73	497	23.5	2.14	-	-	1	16.7
Seolhyangchalbyeo	'99	8.8	89	523	24.2	2.10	-	YW	3	0.0

WC/WB : White core/White belly, YW : Yellowish white, BP : Black purple.

최 해 춘

미질은 용도에 따라 미립의 형태나 이화학적 특성에서 다양한 변이를 요구하게 되며 쌀 식품의 가공성이거나 기호성이 어떤 단순한 유전적 특성에만 좌우되는 것이 아니라 많은 양적인 유전요소가 관여되고 있기 때문에 재배환경과 품종간 상호작용이 커서 육종적인 개량이 그리 쉽지 않다 (Choi et al. 1994ab).

취반용 양질미에서 요구되는 미질 특성은 우선 시장성면에서 심복백이 없이 맑고 둥글며 매우 옅은 황색이 도는 투명함과 윤기가 있고 도정률과 완전미율이 높으며 식미가 양호한 것이다. 또한 영양적인 면에서 단백질 함량이나 필수아미노산, 비타민류나 생리활성 미량요소 등을 식미에 크게 영향을 미치지 않는 범위에서 되도록 높게 유지하는 것이 바람직하지만 이는 도정시에 배아 부착률이 높은 특성을 지닌 품종을 개발하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

취반용 양식미 품종은 현재 식미가 양호한 일품벼나 주안벼 등이 지난 식미특성을 그대로 유지하면서 숙색을 개량하고 등숙률을 향상시키며 도정수율을 높이는 방향으로 개선시켜 나가야 한다. 또한 우리 재래종 중에서 새로운 양식미원 품종을 발굴하여 이용하고 기존 양식미 품종에서 인위적 돌연변이의 유기나 전분구조를 변경시킬 수 있는 이종유전자를 도입시키는 생물공학적 방법을 적용하여 아밀로펙틴의 구조를 변화시키면서 저 아밀로스 저 단백 저 호화 온도 방향으로 선발해 간다면 앞으로 더욱 한 단계 개선된 양식미 품종 개발이 가능해 질 것이다.

가공용 특수미는 그 용도에 따라 쌀의 형태나 이화학적 특성을 달리하여 가공적성 방향으로 개발하여야 한다. 따라서 식품의 종류에 따라 양질인 방향의 가공적성과 관련이 깊은 미질특성을 먼저 구명해 두지 않으면 소기의 육종적 성과를 얻기가 어렵다. 현재까지 부분적으로 연구 검토한 결과에 따라 양조미는 약간 대립이면서 심백이 많은 쌀이 쌀누룩용으로 적당한 것으로 알려져 있어서 그 방향으로 품종이 개발 되었고 또한 진행중에 있다. 찹쌀이나 뽕얀멥쌀은 또 다른 면에서의 양조용이나 식혜용으로 활용될 수 있을 것으로 전망된다. 튀김과자용은 저 아밀로스 대립미나 찹쌀 및 저 아밀로스 중간찰 등이 개발 보급될 예정이며 쌀국수용은 중고 아밀로스이면서 호응집성이 연질인 품종 개발이 추진되고 있다 (Choi 1990).

향미는 취반의 식미 증진용이나 식혜용과 과자, 빵, 크림 등의 드레싱 용으로 계속 발전시키며 유색미는 적갈색에서 흑자색에 이르는 다양한 개발로 여러 가지 쌀 식품의 천연색소원으로 활용할 수 있도록 할 것이며 고급화장품, 아이스크림이나 의약품 코팅 첨가 색소로 활용하는 길도 모색하고 있다.

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

또한 건강 기능성 쌀을 개발하는 연구도 추진되고 있는데 예를 들면 아토피성 피부염의 원인 단백질이 제거된 저 알레르겐 쌀이라든지, 황(S) 함유 필수아미노산함량이나 라이신함량 등이 높은 특수미나 신장병 환자에게 적당한 저 단백쌀이라든지, 현미밥용으로 식미가 양호한 저 아밀로스 중간찰이나 뽀얀멥쌀, 비타민이나 생리활성물질이 풍부한 거대배아미 등 실로 다양하다.

앞으로 이와 같은 다양한 쌀이 개발 보급되면 우리 쌀 식품의 고급화는 물론 쌀품질의 국제 경쟁력을 한 층 드높이는 결과를 얻게 될 것이다.

II. 적 요

1980~'90년대에 쌀의 자급생산이 지속되고 생활수준 향상에 따른 양질미 수요가 점증되면서 자포니카 다수성 품종의 미질 개선에 힘을 크게 기울이게 되었고 식미향상을 위한 육종연구와 효율적 평가 기술개발 연구에 박차를 가하게 되어 쌀의 이화학적 특성과 식미 및 밥 물리성간 상관과 식미의 객관적 평가방법 개발, 양식미 쌀 및 가공적성 특수미 개발 등 그 동안 많은 연구성과를 올리게 되었다.

1990년대에 밥맛이 매우 좋은 고품질 자포니카 품종과 대립, 심백미, 향미, 유색미 등 가공용 특수미 품종을 개발 보급하였고 식미와 용도에 대하여 식미검정계, 신속점도측정계 및 texture 분석계 등을 이용하여 검토하였다.

쌀의 상온흡수율 및 최대흡수율은 K/Mg율 및 알칼리 봉피도와 유의한 부의 상관성을 나타내었으며 가열흡수율이 높은 품종일수록 밥의 용적팽창률이 커졌다. 수분함량이 낮은 경질인 쌀 '일수록 침지 20분후의 상온흡수율과 최대흡수율이 더 높은 경향이었으며 이러한 흡수 특성은 쌀 단백질함량이나 아밀로스함량 및 식미와는 유의한 상관성이 없었다. 취반 적정가수량은 품종에 따라 마른 쌀 무게의 1.45~1.61배의 변이를 나타내었고 평균은 1.52배였으며 알맞게 취사된 밥의 부피는 평균 쌀 부피의 2.63배가 되었다.

쌀 형태, 알칼리봉피도, 호응집성, 아밀로스 및 단백질함량은 거의 비슷하지만 식미에 차이가 있는 자포니카 품종들을 사용하여 식미와 관련된 쌀의 이화학적 특성을 검토한 결과, 밥의

최 해 춘

윤기와 식미 총평은 생산 연도에 따라 호화점도 특성 중 최고점도, 최저점도 및 응집점도와 밀접한 관계를 나타내었다.

밥맛이 가장 좋은 일품벼는 쌀의 외층에 아밀로스함량 분포가 낮고 쌀을 열탕에 담근 20분간 울어난 용출액의 요드정색도가 낮고 증가정도도 완만하였다.

일품벼는 밥맛이 떨어지는 동해벼에 비해 밥알 횡단면의 주사형 전자현미경 사진에서 밥알 외층의 호화전분의 그물망이 매우 치밀하고 속층의 전분립의 호화정도가 양호하였다.

식미총평은 식미관련 이화학적 특성과의 관계를 이용한 중회귀식에 의해 매우 높은 결정계수로 추정이 가능하였다.

밥노화의 품종간 차이는 α -amylase-iodine 법으로 비교할 수 있었는데 노화정도가 적었던 품종은 일품벼, 추청벼, 사사니시끼, 진부벼 및 고시히끼리였다. 통일형 품종인 태백벼와 자포니카 품종 중 섬진벼가 비교적 밥노화가 빨랐다. 일반적으로 밥맛이 좋은 품종이 밥의 노화정도가 느렸으며 찬밥의 탄력성이 큰 경향이었다. 또한 밥노화가 느렸던 품종은 최저점도가 높았고 최종점도가 낮았다. 찬밥의 탄력성은 쌀의 마그네슘함량과 밥의 용적팽창률과 밀접한 관계를 나타내었다. 식은밥의 더운밥 대비 경도 변화율은 취반용출액의 고형물량과 취반용적 팽창률과 부의 상관을 나타내었다. 식미관련 주요 이화학적 특성은 밥의 노화와도 직접 간접으로 상관이 있는 것으로 평가되었다.

쌀의 여러 가지 식품 가공적성과 관련된 형태 및 이화학적 특성은 가공식품 종류에 따라 매우 다르다. 쌀 튀김성은 호응집성이 연질이거나 아밀로스 함량이 낮을수록 양호하며 지질함량이나 단백질함량이 높으면 좋지 않은 경향이다. 심복백 정도가 심할수록 튀김현미 정립률이 떨어지며 현미 강도가 높을수록 튀김률은 높은 경향이었다. 쌀국수는 밀가루와 50% 혼합시에 쌀의 칼륨 및 마그네슘함량이 높은 품종일수록 제면총평이 낮은 경향이었고 제면이 양호한 것이 국수물의 용출고형물량이 적은 경향이었다.

쌀빵 가공적성은 품종에 따라서 현미와 백미간에 현저한 차이를 나타내는 것이 있는데 현미에서 반죽의 부피 증가율이 큰 쌀일수록 푹신한 감이 있는 쌀빵 제조가 가능하였으며 백미에서 단백질함량이 높은 품종일수록 쌀빵이 더욱 촉촉한 느낌이 있는 경향이었다. 아밀로스함량이 높고 호응집성이 경질인 쌀일수록 쌀빵의 탄력성이 더 높은 경향이었다.

쌀의 발효 및 양조적성은 심복백이 심한 쌀이나 새로운 돌연변이인 뾰얀 맵쌀이 황국균이나

쌀 식미 및 가공적성에 관련된 이화학적 특성

홍국군의 군사활착 밀도가 높고 당화 효소력가도 높은 경향이었으며 쌀알이 대립이면서 단백질 함량이 낮은 쪽이 양조에 유리한 것으로 알려져 있다.

WTO 체제 출범이후 생산비와 가격면에서 경쟁력이 약한 우리 쌀이 살아남기 위해서는 품질의 고급화와 쌀 가공식품의 다양화 및 고기능성 개발을 추구할 수 밖에 없다. 따라서 이와 같은 노력을 벼 품종개발만으로 소기의 성과를 올리기 어렵고 쌀 식품의 고급화 및 다양화를 위한 여러 분야의 긴밀한 연구협력이 수반되지 않으면 안된다.

Reference

- Cagampang, G.B., C.M. Perez and B.O. Juliano. 1973. J. Sci. Food Agric. 24 : 1589-1594.
Chikubu, S., S. Watanabe, T. Sugimoto, F. Sakai, Y. Taniguchi, N. Manabe. 1985. Tenpun Kagaku (Starch Sci.) 32(1) : 51-60.
Chikubu, S. 1987. Eating quality of rice. National Federation of Rice, Tokyo.
Choi, H.C., J.S. Lee, J.H. Ji. 1990. 1989 Agricultural Research Reports of National Crop Experiment Station, R.D.A. (Rice) : 334-354.
Choi, H.C., J.H. Ji, J.S. Lee, 1991. 1990 Agricultural Research Reports of National Crop Experiment Station, R.D.A. (Rice) : 365-393.
Choi, H.C. 1990. Breeding strategy for enhancing the utility of rice. The Research and Extension 31(3) : 23-28.
Choi, H.C., S.Y. Cho, K.H. Kim. 1990. Korean Journal of Crop Science 35(5) : 379-386.
Choi, H.C., Y.H. Son and S.Y. Cho. 1993. Korean J. Crop Sci. 38(1) : 66-71.
Choi, H.C., J.H. Ji, J.S. Lee, Y.B. Kim, S.Y. Cho. 1994a. Korean J. Crop Sci. 39(1) : 27-37.
Choi, H.C., J.H. Ji, J.S. Lee, Y.B. Kim, S.Y. Cho. 1994b. Korean J. Crop Sci. 39(1) : 15-26.
Choi, H.C., H.C. Hong and B.H. Nahm. 1997. Korean J. Breeding 29(1) : 15-27.
Choi, H.C., J.H. Chi, S.Y. Cho. 1999. Korean. J. Crop Sci. 44(3) : 288-295.
Choi, H.C., H.C. Hong, S.Y. Cho. 1999. Korean J. Crop Sci. 44(4) : 355-363.
Horino T. 1990. J. Japan. Crop Sci. 59 (3) : 605-611.

최 해 춘

- Hsu, A.N. and S. Song. 1988. Proceedings of a symposium on rice grain quality : 91-104.
- Juliano, B.O. 1971. Cereal Sci. Today 16 : 334-340.
- Juliano, B.O. 1979. Proceedings of the workshop on chemical aspect of rice grain quality. IRRI. Philippines.
- Juliano, B.O. 1985. Rice Chemistry and Technology. AACC. 774p.
- Kang, M.Y., H.C. Choi. 1993. Korean J. Crop Sci. 38(6) : 413-523.
- Kang, M.Y., Y.H. Choi, H.C. Choi. 1997a. Journal of Korean Soc. Food Sic. Nutr. 26 (4) : 886-891.
- Kang, M.Y., Y.H. Choi, H.C. Choi. 1997b. Korean Journal of Soci. Food Sci. 13(1) : 64-69.
- Kim, K.H., H.C. Choi. 1990. '90 Counterplan for Open Trade 45 : 85-94. National Crop Experiment Station, R.D.A.
- Kim, K.H., S.Y. Cho, H.P. Moon, H.C. Choi. 1994. Korean J. Breed. 26(Supp.) : 1-15.
- Lee, Y.E. 1987. Physicochemical factors affecting cooking and eating quality of nonwaxy rice. Ph.D. thesis. Iowa State Univ. Ames, Iowa, U.S.A.
- Oh, S.K., H.C. Choi, H.P. Moon. 1995. RDA Journal of Agricultural Science ('94 Post Doc. Training Reports) 37 : 85-96.
- Park, R.K. et al. 1994. Crop quality improvement breeding. Rural Development Administration. 537p.
- Rural Development Administration. 1992. Development of new rice varieties and techniques improving the palatability of cooked rice to increase the consumption of rice. RDA Special Research Report. 143p.