

한국과 일본의 자포니카종 쌀에 대한 이화학적 특성의 비교 및 관능품질의 추정에 관한 연구

홍원표[†] · 이성갑 · 박승남*

한경대학교 대학원 식품공학과

* 서울시립대학교 대학원 화학공학과, 육군사관학교 보급대장

Studies on the Comparison of Physicochemical Properties and the Presumption of Sensory Quality of Japonica Rice Varieties Cultivated in Korea and Japan

Weon-Pyo Hong[†], Seong-Kap Rhee and Seung-Nam Park*

Department of Food Science and Technology Graduate School, HanKyong National University

* Graduate School, Seoul Metropolitan University

Abstract

Twelve varieties of Korean rice and ten varieties of Japanese rice were selected. After being milled, they were analyzed about various physicochemical properties such as moisture, protein and amylose, α -amylase activity, gelatinization properties. And after being cooked with proper amount of water, texture and other physical properties were measured by Texturometer, Tensipresser and Rheograph-micro. Finally the sensory evaluation test was carried out. The results were as follows.

1. In case of protein contents, amylose contents and α -amylase activity, Korean rice had a slightly higher value than Japanese. As a consequence, Korean rice showed a little stronger hardness and a little weaker stickiness compared with Japanese rice.
2. Amylose contents showed very high correlation with other physicochemical properties and peak viscosity and gelatinization temperature of RVA, the ratio of stickiness to hardness (-H1/H1) of Texturometer and the $\tan \delta$ (the ratio of dynamic loss to dynamic viscoelasticity) of Rheograph-micro showed high correlation with other analyzed properties.
3. The (-/+)work balance of low compression test(25%) of Tensipresser analysis(texture analysis on the surface of cooked rice) and $\tan \delta$ of Rheograph-micro showed very high correlation with sensory evaluation results. By using this parameters as major independent variables, some trials to derive high confidence multiple regression equations were accomplished. By the equations it would be possible to make an approximate pre-estimate of eating quality for unknown japonica rice.

서 론

우리나라에서 주로 재배, 식용되고 있는 쌀은 자포니카(japonica)로 불리는 단립종으로, 중국, 인도, 동남

아시아 등지에서 재배되는 인디카(indica)로 불리는 장립종과 그 성분 및 특성 면에서 많은 차이를 보인다. 인디카쌀 및 자포니카쌀 간의 대표적인 차이점은 미립의 크기 및 길이, 단백질 함량, 전분질 중의 아밀

[†] Corresponding author : Weon-Pyo Hong

로오즈 비율 등과 이들 화학적인 성분들의 차이에 의한 취식 시의 조직감 등의 차이라고 할 수 있다¹⁻⁶⁾.

한국인들과 일본인들은 자포니카쌀을 주식으로 매일 섭취하고 있고, 각 품종들 간의 식미에 대한 차이를 확연히 느끼고 있으므로, 이들 자포니카 품종(변종, variety)들 간의 이화학적 특성과 식미특성의 차이에 대하여 자세히 연구할 필요가 있다.

신품종쌀 육종 등의 연구나 쌀의 가공 및 취반 적성을 높이기 위한 여러 연구들을 통하여 이러한 이화학적 특성 및 식미특성 등에 대한 많은 연구가 있었다⁷⁻⁹⁾. 또, 일본에서는 쌀의 이화학적인 특성치들을 근적외선 분광법 등으로 측정하여 이를 식미추정치로 변환시켜주는 식미추정기 등이 개발되어 있으나 아직 실제적인 관능검사에 의한 결정계수가 0.7 이하라고 하였다¹⁰⁻¹⁴⁾.

한국인들과 일본인들의 쌀밥에 대한 기호도는 대체로 유사한 것으로 알려져 있다. 그리고, 쌀밥의 맛이나 향 뿐만 아니라, 굳기(경도, hardness), 찰기 등의 미묘한 조직감의 차이에 대해서도 그 기호도가 민감하게 달라진다는 것도 이들 양 국민들의 공통적인 식미 특성으로 알려져 있다^{8-11,14)}.

본 연구에서는 12가지의 한국산 자포니카종 쌀 및 10가지의 일본산 자포니카종 쌀을 선택하여 단백질함량, 전분질 중의 amylose 비율의 분석, 호화특성 및 취반특성의 분석, Texturometer, Tensipresser, Rheograph-micro 등을 이용한 쌀밥의 조직감 분석, 관능품질 평가 등의 실험을 하고, 이들 식미평가치를 이화학적인 특성치로써 정확도 높게 설명할 수 있는 중회귀 모델을 만들어 보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

재배지역이 각기 다른 한국산 자포니카종 쌀 12종을 농촌진흥청 작물시험장에서, 일본산 자포니카쌀 10종을 일본의 식품종합연구소에서 수집 및 도정하여 4℃의 냉장실에 보존하였다. 각 분석시 Brabender Mill로 분쇄하여 사용하였다. 각 쌀 시료들의 품종명 및 산지는 Table 1과 같다.

2. 실험 방법

1) 수분, 조단백질 함량 분석

AOAC법¹⁵⁾을 개량한 마이크로켈달법¹⁶⁾을 사용하였고, 쌀 단백질의 질소환산계수는 5.95로 하였다.

2) 아밀로오스 함량 분석

Juliano에 의한 정미분말의 요오드비색법¹⁷⁾을 사용하였다.

3) α -아밀라제 활성 분석

松倉 등의 Blue-Starch법¹⁸⁾ 및 합성기질의 분해 및 착색을 이용한 Ceralpha법¹⁹⁾을 사용하였다.

4) Rapid Visco Analyzer를 이용한 호화특성 분석

분쇄한 쌀가루 3.5g(수분함량 14% 기준)을 RVA 용 용기에 취하여 증류수 25ml를 넣고, RVA(Rapid Visco Analyzer)²⁰⁾로 최고점도, 최저점도, 최종점도 및 호화개시온도 등을 측정하고, 이들로부터 break-

Table 1. The Variety names of Korean and Japanese japonica rice used in this study

Sample No	Variety names	Sample No	Variety names
Chucheong	Suwon Crop Station	Nagdong	Milyang Crop Station
Jinmi	Same as above	Kirara397	Hokkaido Crop Station
Hwaseong	Same as above	Yukihikari	same as above
Ilpum	Namyang Crop Station	Akihikari	Touhoku Crop Station
Jangan	Same as above	Sasanisiki	same as above
Seoan	Same as above	Koshihikari	Hokuriku Crop Station
Palgong	Milyang Crop Station	Hounenwase	same as above
Daechong	Iri Crop Station	Nipponbare	Chugoku Crop Station
Dongjin	Same as above	Nakatesinsenbon	same as above
Youngsan	Same as above	Hinohikari	Kyushu Crop Station
Donghae	Yeongdong Crop Station	Reihou	same as above

down (최고점도-최저점도), consistency(최종점도-최저점도), setback(최종점도-최고점도) 및 그들의 비를 계산하였다. RVA의 분석조건은 다음과 같다.

초기 설정 온도 : 30℃
 온도상승 및 속도 : 93℃까지 5.9분(10.68℃/분)
 최고온도 유지시간 : 93℃에서 7.0분
 온도하강 및 속도 : 30℃까지 5.9분(-10.68℃/분)
 최종온도 유지시간 : 30℃에서 3.0분

5) 취반한 쌀밥의 조직감 분석

정립 10g을 알루미늄 취반컵(40 ϕ × 60 ϕ × 55h)에 취하여 증류수 16ml을 넣고 25℃에서 1시간 침지한 후 취반컵을 전기취반기에 넣고 취반하고, 취반 완료 직후부터 15분간 뜸을 들인 후 취반컵을 꺼내어 나무 상자에 넣어서 서서히 방냉하였다. 약 2시간 가량 경과 후 실내 온도와 같아지면 다음의 각 조직감 분석을 실시하였다.

(1) Texturometer에 의한 조직감 분석

턱으로 밥을 씹는 것과 같은 형태로 조직감을 측정할 수 있게 디자인 된 Texturometer(Zenken Co. Japan)를 사용하였다. 시료당 5회 반복 측정하여 그 평균치를 구하였다²¹⁾.

(2) Tensipresser에 의한 조직감 분석

밥알의 표면에 대한 조직감의 측정을 위해 Tensipresser(Taketomo Denki Co. Japan)를 사용하였다. 시료당 10회 반복 측정하여 그 평균치를 구하였다²²⁾.

(3) Rheograph-micro에 의한 물성 분석

밥알이 일정 진동에 대하여 어떤 정도의 탄성, 점탄성을 나타내는지를 측정하기 위해 Rheographmicro(Toyo Seiki Co. Japan)를 사용하였다. 시료당 10회 반복 측정하여 그 평균치를 구하였다²³⁻²⁴⁾.

결과 및 고찰

1. 한국산 및 일본산 쌀의 이화학적 특성의 비교

한국산 및 일본산 자포니카쌀 들의 수분, 단백질, 아밀로오스 함량 및 α -amylase 활성 분석결과는 Table 2와 같다. 한국산 쌀 품종들의 단백질 및 아밀로오스 함량의 평균이 각각 6.7% 및 20.9%였고, 일본산 쌀 품종들은 각각 6.2% 및 18.4%였다. 그러나, α -amylase 활성에 있어서는 각 품종 간의 효소활성의 차이

Table 2. Moisture, protein, amylose contents and α -amylase activity of Korean and Japanese rice varieties

Variety names	Moisture content (%)	Protein content (%)	Amylose in starch (%)	α -Amylase activity (IU/g)
Chucheong	14.2	6.2	21.9	1.8
Jinmi	13.0	8.4	17.7	1.8
Hwaseong	13.8	6.6	22.8	1.7
Ilpum	13.9	6.1	22.8	1.8
Jangan	14.1	6.6	20.1	1.8
Seoan	14.0	7.3	19.4	1.8
Palgong	12.7	7.4	19.0	1.8
Daechong	14.4	6.8	21.3	1.9
Dongjin	14.3	6.0	21.8	1.9
Youngsan	14.1	6.7	22.2	2.0
Donghae	13.2	5.5	21.2	2.1
Nagdong	13.5	6.6	20.6	1.8
Mean	13.8	6.7	20.9	1.8
St. Dev.	0.5	0.8	1.6	0.1
Kirara 397	14.3	6.5	19.0	1.5
Yukihikari	14.7	6.5	18.2	1.3
Akihikari	13.9	6.0	18.3	1.1
Sasanishiki	13.2	5.7	16.1	1.2
Koshihikari	14.1	6.2	16.7	1.2
Hounenwase	13.1	8.1	17.6	1.0
Nipponbare	14.2	5.9	19.6	1.7
Nakateshinsenbon	14.6	5.4	18.1	1.6
Hinohikari	14.8	6.4	20.0	2.9
Reihou	14.2	6.6	22.5	1.5
Mean	14.1	6.3	18.6	1.5
St. Dev.	0.6	0.7	1.8	0.5

가 커서 최소 0.96 IU/g에서 최대 2.88 IU/g까지 분포하였다. 일반적으로 아밀로오스 함량이 적은(아밀로펙틴 함량이 많은) 쌀은 α -아밀라제 활성이 크다²⁵⁾.

RVA에 의한 호화특성 분석(Table 3)에서는 단백질 및 아밀로오스 함량에서 예측되었듯이, 한국산품종이 일본산 품종보다 최고점도가 다소 낮아 각각 330 및 362 RVU를 나타내었다. 그러나 양국 쌀 품종들의 최저점도 및 최종점도는 거의 비슷한 정도를 나타내어, 자포니카계 품종으로서의 유사성을 보였다. 결과적으로 일본쌀 품종보다 한국쌀 품종들이 breakdown

Table 3. Gelatinization properties measured by Rapid Visco Analyzer

Variety names	Peak viscosity (RVU)	Trough viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Consistency (RVU)	Setback ratio	Gelatinization temp. (°C)
Chucheong	299	106	280	193	174	0.9	65.0
Jinmi	320	112	253	208	141	0.8	68.6
Hwaseong	307	100	257	207	157	0.8	65.7
Ilpum	304	114	282	190	168	0.9	64.1
Jangan	355	154	290	201	136	0.8	68.5
Seoan	320	105	253	215	148	0.8	66.9
Palgong	369	127	281	242	154	0.8	69.9
Daecheong	324	110	269	214	159	0.8	69.3
Dongjin	334	99	255	235	156	0.8	66.7
Youngsan	332	131	307	201	176	0.9	67.0
Donghae	352	100	260	252	160	0.7	68.5
Nagdong	340	111	264	229	153	0.8	68.4
Mean	330	114	271	216	157	0.8	67.4
St. Dev.	22	16	17	20	12	0.1	1.8
Kirara 397	312	121	283	191	162	0.9	67.3
Yukihikari	336	113	270	223	157	0.8	66.3
Akihikari	380	137	293	243	156	0.8	70.8
Sasanishiki	377	121	269	256	148	0.7	69.8
Koshihikari	424	121	258	303	137	0.6	70.2
Hounenwase	391	115	251	276	136	0.6	71.4
Nipponbare	381	114	267	267	153	0.7	70.3
Nakateshinsenbon	392	118	271	274	153	0.7	67.8
Hinohikari	329	106	252	223	146	0.8	64.3
Reihou	294	112	288	182	176	1.0	64.9
Mean	362	118	270	244	152	0.8	68.3
St. Dev.	41	8	14	39	12	0.1	2.6

값이 다소 작았고(각각 216 및 244 RVU), setback ratio(최고점도에 대한 최종점도의 비)는 컸다(각각 0.82 및 0.76).

취반한 쌀밥의 조직감을 분석한 결과는 Table 4와 같았다. Texturometer를 사용한 조직감 분석에서는 한국산 쌀 품종들의 밥의 경도(hardness, H1)가 2.84 kgf/cm²로 일본산 쌀품종 보다 다소 컸고, 점도(stickiness, -H1)는 다소 작았다. 결과적으로 경도에 대한 점도의 비(-H1/H1, balance degree)는 한국쌀 0.844kgf/cm²이 일본쌀 0.874보다 작게 나타났다.

Tensipresser를 25% compression 조건으로 하여 밥알의 표면에 대한 조직감을 측정한 결과는 한국산 쌀

품종들의 경도(hardness(by peak) 및 (+) work(by area))가 일본산 쌀 품종들의 그것보다 조금씩 컸고(평균치 1.05E-1 kgf/cm², 1.96E~3 kgf.m/cm² 및 9.89 E-2 kgf/cm², 1.84E-3 kgf.m/cm²), 점도(adhesion (by peak) 및 (-)work(by area))는 한국산 쌀이 일본산 쌀보다 작았다. 따라서, 경도에 대한 점도의 비(Adh/H 및 (-/+)work)도 한국산 쌀이 0.173, 0.408로 일본산 쌀 0.209, 0.541보다 작게 나타났다.

일정한 진동에 대하여 밥알이 반응하는 탄성, 점탄성의 정도를 Rheograph-micro로 측정한 결과 한국산 쌀 품종들의 tan δ(the ratio of dynamic loss to dynamic viscoelasticity, 동적인 점탄성에 대한 동적인

Table 4. Texture and physical property analysis results

Variety names	Texturometer			Tensipresser(25% compression)						Rheograph-micro		
	H1 (kgf)	-H1 (kgf)	-H1/H1	Hard25 (kgf/cm ²)	(+)w25 (kgf.m/cm ²)	Adh25 (kgf/cm ²)	(-)w25 (kgf.m/cm ²)	Adh/H25	w(-/+)25	G' (kgf/cm ²)	G'' (kgf/cm ²)	tan δ
Chucheong	2.531	0.748	0.295	1.09E-01	2.04E-03	2.05E-02	7.77E-04	0.185	0.383	0.470	0.145	0.309
Jinmi	2.757	1.004	0.364	1.21E-01	2.12E-03	1.97E-02	8.28E-04	0.160	0.389	0.504	0.157	0.313
Hwaseong	3.115	0.579	0.186	1.27E-01	2.15E-03	2.29E-02	1.13E-03	0.182	0.532	0.420	0.121	0.288
Ilpum	2.967	0.828	0.279	8.47E-02	1.61E-03	1.50E-02	7.97E-04	0.177	0.510	0.348	0.108	0.312
Jangan	2.588	0.867	0.335	9.26E-02	1.86E-03	1.22E-02	3.95E-04	0.136	0.230	0.527	0.157	0.298
Seoan	2.811	0.893	0.318	1.16E-01	2.16E-03	1.61E-02	6.76E-04	0.137	0.306	0.416	0.124	0.298
Palgong	2.868	1.040	0.363	1.15E-01	2.25E-03	2.22E-02	9.86E-04	0.195	0.445	0.359	0.113	0.314
Daechyeong	2.738	0.963	0.352	9.28E-02	1.80E-03	6.47E-03	1.98E-04	0.074	0.120	0.546	0.149	0.275
Dongjin	3.188	0.744	0.233	1.26E-01	2.41E-03	2.42E-02	1.10E-03	0.196	0.469	0.473	0.139	0.295
Youngsan	2.906	0.822	0.283	1.03E-01	1.87E-03	1.91E-02	8.16E-04	0.186	0.457	0.485	0.129	0.267
Donghae	2.963	0.823	0.278	9.79E-02	1.79E-03	2.00E-02	7.98E-04	0.202	0.442	0.364	0.103	0.284
Nagdong	2.610	0.815	0.312	8.08E-02	1.49E-03	2.04E-02	9.12E-04	0.251	0.610	0.559	0.168	0.302
Mean	2.837	0.844	0.300	1.05E-01	1.96E-03	1.82E-02	7.84E-04	0.173	0.408	0.456	0.135	0.296
st.dev.	0.205	0.125	0.053	1.58E-02	2.72E-04	5.04E-03	2.67E-04	0.044	0.135	0.074	0.021	0.015
Kirara 397	2.555	0.849	0.332	9.87E-02	1.84E-03	1.97E-02	9.04E-04	0.203	0.517	0.544	0.174	0.320
Yukihikari	2.626	0.972	0.370	9.32E-02	1.81E-03	1.85E-02	1.21E-03	0.200	0.730	0.465	0.157	0.339
Akihikari	2.681	0.969	0.361	1.04E-01	2.08E-03	2.03E-02	9.00E-04	0.197	0.449	0.456	0.138	0.303
Sasanishiki	2.686	0.894	0.333	9.04E-02	1.65E-03	1.98E-02	8.38E-04	0.222	0.526	0.484	0.152	0.316
Koshihikari	2.597	0.911	0.351	8.47E-02	1.51E-03	2.26E-02	1.17E-03	0.270	0.808	0.417	0.132	0.318
Hounenwase	2.456	0.928	0.378	1.03E-01	1.86E-03	1.77E-02	7.19E-04	0.173	0.394	0.492	0.139	0.282
Nipponbare	2.441	0.973	0.398	9.54E-02	1.73E-03	1.73E-02	7.18E-04	0.186	0.455	0.489	0.140	0.286
Nakateshinsenbon	2.630	0.953	0.362	9.58E-02	1.78E-03	2.02E-02	8.69E-04	0.212	0.514	0.433	0.131	0.303
Hinohikari	2.911	0.645	0.221	1.02E-01	1.80E-03	2.43E-02	1.14E-03	0.239	0.661	0.401	0.127	0.316
Reihou	3.207	0.654	0.204	1.22E-01	2.37E-03	2.30E-02	8.10E-04	0.190	0.356	0.517	0.137	0.266
Mean	2.679	0.874	0.331	9.89E-02	1.84E-03	2.03E-02	9.28E-04	0.209	0.541	0.470	0.143	0.305
st.dev.	0.228	0.125	0.066	1.01E-02	2.35E-04	2.31E-03	1.82E-04	0.028	0.147	0.045	0.014	0.022

손실의 비)의 평균값이 0.296으로서 일본쌀 품종들의 그것(0.305)보다 다소 작은 것으로 나타났으나 그 차는 크지 않았다.

2. 이화학적 특성치들 사이의 상관관계 분석

각 이화학적 특성치들 간의 상관관계를 분석하여 그 상관계수를 Table 5에 나타내었다. 매우 좁은 범위의 특성치들을 상대로 한 분석임에도 불구하고, 아밀로오스 함량은 다른 특성 항목들과 매우 높은 상관관계를 나타내었다. 이 실험에서 사용된 22개 자포니카 품종의 전분질 중의 아밀로오스 함량은 1% 유의수준(99% 신뢰도)에서, RVA의 최고점도와 -0.70, 호화개시온도와 -0.63, 취반특성의 IBV와 0.52, Texturometer의 hardness와 0.64, stickiness와 -0.54(경도에

대한 점도의 비(-H1/H1)는 -0.65) 및 Rheograph-micro의 tan δ와 -0.56의 높은 상관관계를 보였다.

그러나, α-아밀라제 활성은 예상과 달리 아밀로오스(또는 아밀로펙틴) 함량과 상관관계를 보여주지 못했다. α-amylase는 amylose와 amylopectin의 1,4 linkage를 분해하여 전분질을 dextrin으로 변환시킴으로써 취반시 밥의 찰기를 증가시킨다. 쌀의 전분질의 전부가 아밀로펙틴인 찰쌀과 수확한지 오래되지 않은 햅쌀은 α-amylase 활성이 낮은 것으로 알려져 있다.

일반적으로 단백질함량은, 취반시 쌀 단백질의 변성으로 인하여, 최고점도와는 부(-)의 상관관계가 있고, hardness와는 정(+)의 상관관계가 있다¹⁾고 하였으나 본 실험에서는 아무런 상관관계가 없었다.

RVA에 있어서, 최고점도와 호화개시온도는 다른

Table 5. Correlation coefficients of physicochemical properties-1

	General Physicochemical Properties Analysis			Rapid Visco Analysis						Cooking Quality					
	Protein	Amylose	α -Amylase	Peak	Trough	Final	Breakdov	Consister	Setback	Gel temp	WUR	Exp. Vol	pH	Solid	IBV
Moisture	-														
Protein	-0.45	-													
Amylose		-													
α -Amylase	0.42		-												
Peak viscosity		-0.7		-											
Trough viscosity				0.42	-										
Final viscosity					0.68	-									
Breakdown		-0.66		0.93		-									
Consistency		0.72		-0.6		0.59	-0.59	-							
Setback		0.74		-0.9		0.49	-0.97	0.76	-						
Gel temperature		-0.63		0.79	0.41		0.71	-0.53	-0.72	-					
WUR		-0.45	0.55	0.42			0.52		-0.51		-				
Exp. Vol				0.51			0.49	-0.5	-0.54	0.55	0.58	-			
pH	0.46									-0.56			-		
Solid														-	
IBV			0.68											0.72	-
H1		0.64		-0.5			-0.4	0.46	0.45	-0.50					
-H1		-0.54		0.49	0.4					0.64			-0.47		
-H1/H1		-0.65		0.56	0.42		0.45	-0.41	-0.48	0.68			-0.43	-0.40	
Hard25		0.4									-0.43				
(+)w25							-0.41		0.41		-0.53				
Adh25													0.41		
(-)w25															
Adh/H25		-0.43					0.41				0.47				
w(-/+)25							0.42				0.49				
G'															
G''															
tan δ		-0.56													

(Significance level : $0.4 \leq \text{abs}(X) < 0.5$: 5%, $\text{abs}(X) \geq 0.5$: 1%)

Table 5. Correlation coefficients of physicochemical properties-2

	Texturometer			Tensipresser (25%compression)						Rheograph-micro		
	H1	-H1	-H1/H1	Hard25	(+)w25	Adh25	(-)w25	Adh/H25	W(-/+)25	G'	G''	tan δ
H1	-											
-H1	-0.51	-										
-H1/H1	-0.78	0.93	-									
Hard25	0.57			-								
(+)w25	0.55			0.95	-							
Adh25				0.43		-						
(-)w25						0.83	-					
Adh/H25						0.76	0.79	-				
w(-/+)25				-0.4	-0.5	0.52	0.84	0.84	-			
G'							-0.42			-		
G''	-0.46									0.88	-	
tan δ							0.51	0.41	0.59			-

(Significance level : $0.4 \leq \text{abs}(X) < 0.5$: 5%, $\text{abs}(X) \geq 0.5$: 1%)

이화학적 특성치와 비교적 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 밥알의 찰기에 대한 좋은 지표가 되는 최고점도와 breakdown값은 단백질 함량, 아밀로오스 함량이 적고, α -아밀라제 활성이 작을수록 크게 나타나며, 저장기간이 길수록 작아진다. 최종점도와 consistency는 아밀로오스 함량 및 밥알의 경도와 매우 높은 정(+)상관을 갖는다. Setback값은 전분의 노화(β 화)를 나타내주는 지표로서 고아밀로오스 쌀과 저아밀로오스쌀의 차이를 확연히 보여 준다²⁶⁾.

본 실험에서 최고점도는 Texturometer의 hardness와 -0.48, stickiness와 0.49 (stickiness/hardness 비는 0.56) 및 아밀로오스 함량과 -0.70의 상관관계를 나타냈다. setback ratio도 아밀로오스와 0.74의 매우 높은 상관관계를 나타내었고, Texturometer의 hardness와 0.45의 상관관계를 나타내었다. 호화개시온도는 아밀로오스 함량과 매우 높은 부(-)상관을 나타내는데, RVA의 다른 특성과 Texturometer의 hardness와 -0.50, stickiness와 0.64(stickiness/hardness비는 0.56)의 상관관계를 보였다.

WUR은 아밀로오스와 -0.45, Tensipresser의 hardness와 0.64의 상관관계를 나타내었고, 흡수팽창률(EV)은 WUR과 0.58의 상관관계를 보였을 뿐 다른 특성치들과는 상관관계를 보여주지 못했다. IBV는 예상대로 아밀로오스와 높은 상관관계를 보였다.

본 실험에서 가장 흥미있는 결과는 Texturometer의 balance degree(-H1/H1, stickiness/hardness)와 Rheograph-micro의 $\tan \delta$ (동적점탄성에 대한 동적손실의 비)가 다른 이화학적 특성치들과 높은 상관관계를 보여주었다는 것이다. Texturometer의 balance degree (-H1/H1)는 아밀로오스 함량과 -0.65, 최고점도와 0.56, 최저점도와 0.42, 그리고 호화개시온도와 0.68의 상관관계를 나타내었다.

Rheograph-micro의 $\tan \delta$ 값은 아밀로오스와 -0.56, IBV와 -0.53의 높은 상관관계를 보여 주었다. 이들은 모두 밥 조직감의 경도와 점도를 함께 표현해주는 수치들로서, 이 수치 하나로서 쌀의 다른 이화학적 특성치를 비교적 쉽게 예측 또는 비교할 수 있다는 것이다.

3. 쌀의 식미품질을 예측할 수 있는 Modeling System의 유도

이들 22개 쌀 품종들에 대한 식미평가를 실시하고 이 식미평가 결과를 바탕으로 이화학적 특성치와의 상관관계(correlation)를 구한 결과 Table 6과 같았다.

관능검사의 전체적인 식미평가치와 높은 상관관계

Table 6. Correlation coefficients of physico-chemical properties and sensory evaluation results

	Apearance	Flavor	Taste	Stickiness	Hardness	Total
Moisture	0.58	0.56	0.51	0.43	0.49	0.54
Protein			-0.46			-0.43
Amylose						
α -Amylase		0.54				
Peak viscosity						
Trough						
Final						
Breakdown						
Consistency						
Setback						
H1						
-H1		-0.56				
-H1/H1		-0.53				
Hard25						
(+)w25						
Adh25						
(-)w25						0.43
Adh/H25						
w(-/+)25			0.54	0.48	0.47	0.54
G'						
G''						
$\tan \delta$	0.49		0.54	0.67	0.47	0.58

(Significance level: $0.4 \leq \text{abs}(X) < 0.5$: 5%, $\text{abs}(X) \geq 0.5$: 1%)

를 보인 이화학적 특성 항목은 Tensipresser의 (-)work와 (-/+)work balance 및 Rheograph-micro의 $\tan \delta$ 값이었다(각각 0.43, 0.54 및 0.58). 이 특성치들을 주요 독립변수로 사용하여, 쌀 품종의 식미품질을 예측할 수 있는 몇 가지의 중회귀식을 유도하여 보았다. 이들 독립변수 외에 중회귀식의 결정계수를 높게 만들어 줄 수 있는 다른 독립변수를 찾기 위해 Fig. 1과 같은 주성분분석을 실시하였다.

먼저, Rheograph-micro의 $\tan \delta$ 값, 단백질 함량 및 아밀로오스 함량을 독립변수로 하여 <Equation 1>을 얻었다.

$$Y = -5.353 + 16.144X_1 - 0.166X_2 + 0.080X_3 \dots \dots \langle \text{Equation 1} \rangle$$

$$(X_1 = \tan \delta, X_2 = \text{protein content}, X_3 = \text{amylose content}, r^2 = 0.622)$$

일반적으로 자포니카종 만을 범주로 하여 식미치를

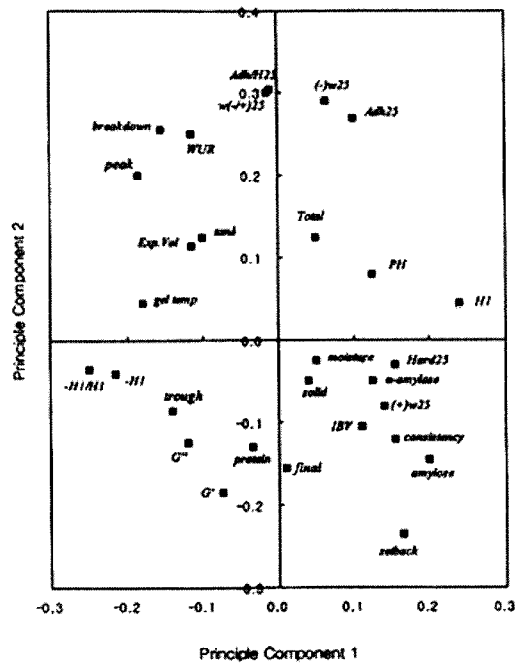


Fig. 1. Principle component analysis results of physicochemical properties of rice for the sensory evaluation results.

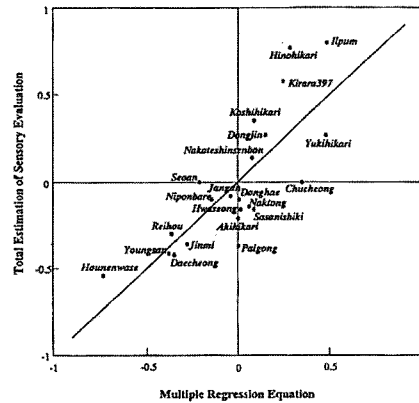
추정하는 회귀식을 구할 경우 대개 그 결정계수가 0.7 이하이다^{14,27)}. 따라서, 이번 실험에 의해 얻어진 이 회귀식도 상대적으로 신뢰도가 높은 것이라 할 수 있다.

아밀로오스 함량이 많으면 식미품질이 떨어지는 것이 일반적인 경향이나, 이 식에서는 그 반대의 현상을 나타냈는데 이는 시료로 사용한 쌀 품종들의 수가 적었고, 아밀로오스 함량 및 관능검사 평가치의 분포 범위가 좁아서 생긴 결과로 보인다. 이 식에서 아밀로오스 함량을 제외하고 회귀분석을 했을 때는 결정계수가 조금 낮아졌다. 본 실험에 사용된 쌀 품종들의 특성치($\tan \delta$, 단백질 함량, 아밀로오스 함량)를 위 회귀식에 대입한 것(x좌표)과 관능검사에 의한 식미치(y좌표)를 2차원 좌표 상에 그래프로 나타냈을 때 Fig. 2와 같았다.

두 번째로, Rheograph-micro의 $\tan \delta$ 값, 단백질 함량 및 α -아밀라제 활성을 독립변수로 하여, 한국인 패널에 의한 식미치를 추정할 수 있는 다른 중회귀식을 구해 보았다.

$$Y = -2.976 + 12.278X_1 - 0.190X_2 + 0.312X_3 \dots \dots \langle \text{Equation 2} \rangle$$

($X_1 = \tan \delta$, $X_2 = \text{protein content}$, $X_3 = \alpha\text{-amylase activity}$, $r^2 = 0.607$)



$$Y = -5.353 + 16.144X_1 - 0.166X_2 + 0.080X_3 (r^2 = 0.622)$$

$X_1 = \tan \delta$, $X_2 = \text{protein}$, $X_3 = \text{amylase}$

Fig. 2. Plotting of the relation between sensory evaluation scores and a model multiple regression equation (for Equation 1).

이번에는 Tensipresser의 (-/+)work balance와 RVA의 호화개시온도를 독립변수로 하여, 한국인 패널에 의한 식미치를 추정할 수 있는 중회귀식을 구해 보았다.

$$Y = 5.160 + 1.192X_1 - 0.084X_2 \dots \dots \dots \langle \text{Equation 3} \rangle$$

($X_1 = (-/+)$ work balance of 25% compression test of Tensipresser, $X_2 = \text{gelatinization temperature}$, $r^2 = 0.525$)

결론

한국 및 일본에서 각각 재배된 12가지의 한국산 자포니카종 쌀과 10가지의 일본산 자포니카종 쌀을 대상으로 식미와 관련된 수분, 단백질, amylose 함량, α -amylase 활성 및 호화특성 등의 분석을 하고 백반의 조직감 및 기타 물성측정과 관능검사 등을 실시하여 이들 간의 상관관계 및 관능품질을 추정할 수 있는 modeling system을 만들어 보았다.

1. 한국산 쌀은 일본산 쌀에 비하여, 단백질 및 amylose 함량이 다소 높았고, α -아밀라제 활성도 다소 높았다. 따라서, 한국산 쌀은 일본산 쌀에 비하여 RVA에 의한 호화특성 중 최고점도가 낮고 최종점도가 다소 높았으며, 밥알의 경도가 다소 컸고, 찰기는 다소 작게 나타났다.
2. 각각의 이화학적 특성들에 대한 상관관계에서, 아

- 밀로오즈함량은 예상대로 다른 이화학적 특성치와 매우 큰 상관관계를 보였고, 호화특성 중의 최고점도, 호화개시온도 및 Texturometer의 점도/경도의 밸런스도(-H/H) 및 Rheograph-micro의 $\tan \delta$ (동적점탄성에 대한 동적손실의 비) 등도 다른 이화학적 특성치와 큰 상관관계를 보였다.
3. Tensipresser를 이용한 저압축률(25%)시험(표면조직감 분석)의 점도/경도의 밸런스도(work(-/+)) 및 Rheograph-micro의 $\tan \delta$ 는 관능검사의 총괄평가지와 매우 높은 상관관계를 보여, 이들을 독립변수로 사용하여 다른 자포니카종 쌀의 관능 품질을 추정할 수 있는, 비교적 결정계수가 높은 중회귀식을 유도할 수 있었다.

참고문헌

- 신명곤, 민봉기, 김상숙 : 산지 및 품종별 벼 구분수매를 위한 쌀의 식미평가, 연구보고서, 한국식품개발연구원 (1994).
- Juliano, B. O. et al. : Rice Chemistry and Technology, 2nd ed., American Association of Cereal Chemists, Inc. (1985).
- Juliano, B. O. et al. : Relation of Starch Composition, Protein Content, and Gelatinization Temperature to Cooking and Eating Qualities of Milled Rice, *Food Technology*, p.1006~1011 (1965).
- Juliano, B. O. et al. : Some physicochemical properties of rice in southeast asia, *Cereal Chemistry* 41: 275~285 (1964).
- Perez, C. M. et al. : Hardness of Cooked Milled Rice by Instrumental and Sensory Methods, *J. Texture Studies*, 24: 81~94 (1993).
- Okabe, M. : Texture Measurement of Cooked Rice and its Relationship to the Eating Quality, *J. Texture Studies*, 10: 131~152 (1979).
- 최해춘 : 쌀을 알자, 신구문화사 (1997).
- 신명곤, 민봉기 : 쌀밥의 식미향상을 위한 취반기술 개발 연구, 한국식품개발연구원 (1993).
- 신명곤, 민봉기 : 한국인의 쌀밥 기호도별 취반 프로그램 개발에 관한 연구, 한국식품개발연구원 (1992).
- Ohtsubo, K. et al. : Quality Evaluation of Rice in Japan, *JARQ* 27: 95~101 (1993).
- Chikubu, S., et al. : Relation between Palatability Evaluations of Cooked Rice and Physicochemical Properties of Rice, *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 30:333 (1983).
- Chikubu, S., et al. : Establishment of Palatability Estimation Formula of Rice by Multiple Regression Analysis, *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 32:51~60 (1985).
- Yamagata, I. et al. : Comparison of the Rice Taste Analyzers, *精米工業*, 123: 10~20 (1990).
- 石谷孝佑, 大坪研一 : 米의 科學, 朝倉書店 (1995).
- AOAC : Official Methods of Analysis, Vol. II, 15th ed., AOAC Inc. (1990).
- 安井明美·堤 忠一 : 食品分析法: 日本食品工業學會·食品分析法編輯委員會編, 光琳, p.94 (1982).
- Juliano, B. O., *Cereal Science Today*, 16: 334 (1971).
- 松倉 潮, 加藤一郎, 平 春枝, 今井 徹 : 日本食品總合研究所研究報告, No.45, p.97 (1984).
- McCleary, B. V. and Sheehan, H. : Measurement of Cereal α -Amylase: A New Assay Procedure, *J. Cereal Science*, 6: 237~251 (1987).
- Newport Scientific : Guidebook about RVA Test.
- Suzuki, H. et al. : Conditions for Measuring Hardness and Stickiness of Cooked Rice Grains by Texturometer, *日本營養食糧學會誌*, 36: 199~202 (1983).
- Tsuji, S. : Texture profile Analysis of processed Foods using the Tensipresser and the Multipoint Mensuration Method, *J. Texture Studies*, 13: 135(1982).
- Otobe, K. et al. : Relation between Dynamic Visco-elasticity and Sensory Evaluation on Cooked Rice, *日本食品科學工學會誌*, 42: 748~755 (1995).
- Yoshi, Y. et al. : Evaluation of Varietal Properties of Cooked Rice Grains by Rheological Measurement, *日本食品科學工學會誌*, 40: 236~243 (1993).
- Lorenz, K. et al. : Long, Medium, and Short Grain Rices : Enzyme Activities and Chemical and Physical Properties, *Cereal Chemistry*, 55: 830~841 (1978).
- Juliano, B. O. : Cooperativetest on Amylography of milled rice flour for pasting viscosity and starch gelatinization temperature, *Starch*, 37: 40~50 (1985).
- Ohtsubo, K. : Studies on Evaluations of Chemical Components and Properties and on Suitable Utilizations of Rice and Other Gramineae Cereals, *日本食品科學工學會誌*, 42: 1046~1053 (1995).

(2001년 11월 15일 접수)