

냉장 쌀의 저장 형태 및 기간에 따른 쌀밥의 관능적 특성

이주현 · 김상숙* · 서동순 · 김광옥

이화여자대학교 식품영양학과, *한국식품개발연구원 쌀이용연구센터

Effects of Storage Form and Period of Refrigerated Rice on Sensory Properties of Cooked Rice and on Physicochemical Properties of Milled and Cooked Rice

Ju Hyun Lee, Sang Sook Kim*, Dong Soon Suh and Kwang Ok Kim

Department of Foods and Nutrition, Ewha Womans University

*Rice Research Group, Korea Food Research Institute

The effects of storage form (paddy and milled rice) and storage period (1, 2, and 3 years) of rice at low temperature (4°C) on physicochemical properties of milled and cooked rice and sensory characteristics of cooked rice were investigated. The proximate compositions except moisture content of rice decreased as the storage period increased. Water binding capacity, solubility and swelling power of rice flour decreased with the extended storage period. In the amylogram, the initial pasting temperature, paste viscosity and breakdown of paddy rice flour slurry decreased after 2 years of storage. Moisture content of cooked rice increased while the amount of water evaporated during cooking decreased. These trends were obvious with the longer storage period. Lightness and yellowness of cooked rice were greatly changed after 3 years of storage, regardless of storage form. Texture profile analysis of cooked rice by Texture Analyzer revealed that hardness, fracturability, gumminess were gradually increased while adhesiveness decreased as the storage period of rice increased. A trained panel found that color intensity, intactness of grains, rancid flavor, rice bran flavor, wet cardboard flavor, hardness and chewiness of cooked rice increased with the longer storage period. However, glossiness, transparency, plumpness, puffed corn flavor, dairy flavor, boiled egg white flavor, sweet taste, adhesiveness to lips, smoothness and inner moisture decreased with the extended storage period up to 3 years. Instrumental hardness was highly correlated with sensory hardness.

Key words : rice, sensory properties of cooked rice, storage of rice

서 론

쌀밥의 식미는 쌀의 품종, 저장온도와 기간, 재배조건 및 취반 방법 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 특히, 쌀은 수확 후 저장되었다가 소비되며, 저장 중 물리화학적 변화가 발생하여 취반미의 품질이 저하되고 가공적성이 감소하기 때문에 쌀의 저장조건은 매우 중요하다. 쌀의 저장에 의한 물리화학적 특성의 변화로 수분 흡수 정도와 팽윤력이 감소하며, 쌀알의 인장강도 혹은 파쇄 강도가 증가하여 취반 시 밥의 경도가 증가하고 끈기가 감소한다⁽¹⁾. 또한 저장된 쌀은 벼, 현미 및 쌀과 같은 저장형태에 관계없이 취반 시 수

분 흡수와 부피가 팽창하는 경향이 있다는 보고도 있다⁽²⁻⁶⁾. 저장되었던 쌀로부터 제조한 쌀가루의 아밀로그래프 호화온도는 크게 변하지 않지만, 저장기간이 길어짐에 따라 호화점도는 증가하는 경향을 보이며 이러한 경향은 저장형태에 상관없이 나타난다고 보고되었다^(5,7,8).

쌀의 저장 중에는 지방질로부터 생성된 지방산이 아밀로오스와 복합체(complex)를 형성하여 전분의 용해도와 팽윤력을 감소시키고, 더 나아가 불포화 지방산의 자동 산화에 의해 형성된 카르보닐(carbonyl) 화합물 등은 단백질과 상호 작용하여 단백질의 용해도 또한 감소된다고 보고되었다^(4,7,9). 이러한 이유 때문에 저장에 의해 유리 지방산과 과산화물(peroxide value)가 증가할 뿐 아니라, 고미취(staled rice flavor)의 주된 성분인 카르보닐 화합물이 증가되는 것으로 알려져 있다^(9,10).

최근 들어 쌀의 품질저하를 방지하기 위하여 저온저장에 대한 관심이 증대되고 있으며 일본에서는 이미 저온 저장한 현미가 유통되고 있다. 현미와 백미상태로 저온 저장한 시료

Corresponding author : Kwang Ok Kim, Department of Foods and Nutrition, Ewha Womans University, 11-1 Daehyun-dong, Seodae-munku, Seoul 120-750, Korea
Tel: 82-2-3277-3095
Fax: 82-2-3277-3095
E-mail: kokim@mm.ewha.ac.kr

의 침지 시 수분 흡수도의 변화를 비교한 연구⁽¹¹⁾에서, 저장 기간 중 백미가 현미에 비해 그 감소 정도가 더 크게 나타났다 보고되었다. 저온 저장 시 제현하거나 정미시킨 상태로 저장하면, 비로 저장하는 경우에 비해 부피가 크게 감소하여 경제적이다. 그러나 저장 형태에 따른 저온저장 효과를 비교한 연구는 매우 제한되며 더욱이 비와 백미 상태로 저온 저장 중 쌀의 품질 변화를 관능적 묘사분석을 포함하여 포괄적으로 연구한 경우는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 비와 백미 상태로 저온에서 저장한 쌀과 쌀밥의 이화학적 특성을 조사하고, 묘사분석 방법을 이용하여 쌀밥의 관능적 특성을 평가하였으며, 주성분 분석을 통해 관능적 특성들 간의 상관관계를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 쌀 시료는 1995, 1996 및 1997년에 수확되어 각각 비와 백미 상태로 1~3년간 저장된 자포니카형의 전복 동진 품종이었다. 비 상태로 저장된 시료는 12분도미로 도정한 후 500 g씩 폴리에틸렌 봉지에 넣고 밀봉기(Lovero®, Whan Ju Co., Seoul)로 밀봉하여 냉장(4°C) 보관하면서 사용하였으며, 백미 상태로 저장된 시료는 동일 시료를 추수한 당해년도에 12분도미로 도정한 후 실험 전까지 폴리에틸렌지에 밀봉하여 냉장 보관하였다. 이화학적 특성을 관찰하기 위한 쌀가루 시료는 쌀을 Waring blender (Model 31BL91, Waring Products Division Dynamics Co., New Hartford, CT, USA)로 갈아 60 mesh 체를 통과시켜 제조하였으며, 제조 후 특성 평가를 하기까지 냉장보관(4°C)하였다.

쌀의 일반 성분 분석

쌀의 수분함량은 단일 수분계(Single Kernel Moisture Tester, CTR-800E, Shizuoka Seiki, Shizuoka, Japan)를 이용하여 측정하였고, 조지방과 조지방 함량은 AOAC⁽¹²⁾ 방법에 의해 정량하였다. 조단백질 함량은 단백질 자동분석기(Kjeltec Auto 1026 Analyzer, Tecator Co. Ltd., Hagan s, Sweden)를 이용하여 질소 함량을 구한 후 질소량에 5.95를 곱한 값으로 나타내었다.

쌀가루의 물 결합능력 측정

쌀가루의 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles⁽¹³⁾의 방법에 따라 쌀가루 2 g(건량 기준)에 대해 측정하였다.

쌀가루의 용해도 및 팽윤력 측정

쌀가루의 용해도와 팽윤력은 Leach 등⁽¹⁴⁾의 방법에 따라 쌀가루 0.5 g(건량기준)을 사용하여 60~90°C에서 측정하였다.

쌀가루의 pasting 특성 측정

쌀가루의 pasting 특성은 8% 쌀가루 현탁액을 제조하여 Brabender Visco/Amylograph(Model PT 100, Brabender Co., Duisburg, Germany)를 이용하여 Medcalf와 Gilles⁽¹³⁾의 방법에 의하여 측정하였다.

쌀밥의 제조

쌀밥을 제조하기 위하여 500 g의 쌀을 부서지지 않도록 가볍게 씻는 조작을 5회 반복한 후, 예비 실험 결과를 바탕으로 쌀과 물의 비율이 1:1.3이 되도록 물을 첨가하였다. 취반 시 수분 첨가량은 각 시료의 수분 함량을 고려하여 쌀의 건량 기준(14%)으로 계산하여 조정하였다. 수세한 쌀을 실온에서 30분간 침지한 후 취반/보온 겸용 전기보온밥솥(NZF-076T, Samsung Electronics Co., Seoul)으로 취반하였다. 전기보온밥솥의 취사 신호가 보온 신호로 바뀌는 순간부터 10분간 뜸들이기를 실시한 후, 밥솥 중심부의 밥만을 꺼내어 유리 용기(지름 25 cm, 높이 9 cm)에 담았다. 이지창을 이용하여 밥알이 부서지지 않게 주의하면서 5번 골고루 섞은 후, 5분간 방치하는 조작을 3번 반복하여 밥을 식혔다.

쌀밥의 색도 측정

쌀밥의 색도를 측정하기 위하여 쌀밥시료 12 g을 원통형 용기(지름 4 cm, 두께 1 cm)에 담고, 색도계(Chroma Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L, a 및 b값을 측정하였다. 이때 보정 판의 L, a 및 b값은 각각 96.86, -0.07, 2.02였다.

쌀밥의 기계적 텍스처 특성

쌀밥의 텍스처 특성은 Texture Analyzer(Model TA-XT2, Stable Micro System, Haslemere, UK)를 사용하여 다음과 같이 측정하였다. 쌀밥 12 g을 원통형 용기(지름 4 cm, 높이 1 cm)에 담아 성형한 후 꺼내어 plate 중앙에 높이가 평행이 되도록 놓고, Table 1에 나타난 조건으로 분석하였다. 시료를 두 번 압착하였을 때 얻어진 곡선으로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹성(gumminess) 및 복원성(resilience) 값을 구하였다.

쌀밥의 관능검사

쌀밥의 관능적 특성을 조사하기 위하여 정량적 묘사분석 방법⁽¹⁵⁾을 기본으로 하고 여기에 모든 특성에 대해 절대적인 표준척도를 제시하여 비교 평가하게 하는 스펙트럼 묘사분석 방법⁽¹⁶⁾을 일부 병행하여 사용하였다.

관능검사의 선정과 훈련: 관능검사에 관심이 많은 이화여대 식품영양학과 학부 및 대학원생 15명을 대상으로 12 세트의 삼점검사를 2회 반복 수행하여 관능검사에 필요한 감각의 예민도를 조사하였다. 이 결과 60%이상의 정답률을 보인 8명을 선발하였다.

훈련에 참여한 패널요원은 새로이 선발된 8명의 무경험 패널요원과 쌀밥의 묘사분석에 참여했던 경험이 있는 4명의 훈

Table 1. Texture Analyzer conditions for texture profiles of cooked rice

Test type	Two bite compression test
Distance format	60% strain
Test speed	1.7 mm/sec
Plunger diameter	25.0 mm
Pre-test speed	5.0 mm/sec
Post-test speed	10.0 mm/sec

Table 2. The definitions of the descriptive attributes for cooked rice

Sensory attributes	Definition
Appearance	
Yellowness	Degree of yellowish color
Glossiness	Amount of shine on the surface of cooked rice
Translucency	Degree of translucency
Intactness of grains	Degree to which the grains remain intact
Plumpness	Degree of plumpness of the rice kernels
Flavor	
Puffed corn	Aromatics associated with puffed corn
Rancid	Degree of rancid flavor
Dairy	A general term associated with aromatics of pasteurized cow's milk
Boiled egg white	Aromatics associated with sulfur compounds evolved from boiled egg white
Wet cardboard	Aromatics associated with wet cardboard
Rice bran	Aromatics associated with rice bran
Sweet taste	Fundamental taste sensation of which sucrose is typical
Texture	
Degree of agglomeration	Degree to which the sample holds together when separated into individual pieces with chopsticks
Adhesiveness of lips	Degree to which kernels adhere to the lips
Smoothness	Degree to which surface is devoid of roughness
Hardness	Force required to compress cooked rice using the molar teeth
Cohesiveness of mass	Degree to which the mass holds together during mastication
Inner moisture	Amount of moisture inside the kernel released upon chewing
Chewiness	Number of chews required to masticate cooked rice to be suitable for swallowing

련된 패널요원을 포함하여 총 12명이었던 훈련 과정을 통해 관능검사에 관한 생리적 원리 및 절차, 그리고 관능적 자극의 종류 및 강도에 관하여 이해시켰다. 또한 스펙트럼 묘사분석시 사용되는 표준 척도와 표준 척도에서 제시한 특성의 강도가 다른 식품들⁽⁶⁾을 관능검사원에게 제시함으로써 관능적 특성과 강도에 대한 개념을 인식시켰다.

위의 과정을 여러 차례 반복한 후, 쌀밥을 제시하여 외관, 향미, 텍스처에 대한 묘사용어를 개발하게 하였다. 즉, 관능검사원들은 쌀밥과 관련된 일련의 묘사용어를 나열한 다음, 이 용어에 대한 정의를 내리고, 표준물질을 결정하여 제시하는 과정을 수차례 토의하였다. 이 후 최종적으로 사용할 표준물질과 모든 관능검사원이 동의하는 19가지의 특성 용어 및 이에 대한 정의(Table 2)를 결정하였다. 이때 개발된 묘사용어의 개념을 정확하고 쉽게 인지시키기 위해 표준물질을 단독 또는 쌀가루와 혼합하여(Table 3) 제시하였다. 훈련된 정도를 파악하여 최종 관능검사원을 선정하기 위하여 쌀밥에서 중요하다고 생각되는 10가지 특성(황색도, 윤기, 투명도, 구수한 향미, 산패취, 삶은 계란 흰자 향미, 젓은 마분지 향미, 경도, 덩어리 응집성 및 내부 촉촉함)에 대해 3회

반복검사를 수행하였다. 그 결과 수행능력이 떨어지거나 다른 관능검사원과 매우 다른 경향을 보이는 검사원을 배제하여 최종 본 실험에 참여할 9명의 관능검사원을 선발하였다.

관능검사원 9명을 대상으로 2차 훈련을 실시하였다. 이 훈련은 관능검사원이 저장형태와 저장기간이 다른 6가지 쌀밥 시료의 특성에 익숙해지고 비교적 재현성 있는 결과를 보일 때까지 대회 1시간이상, 1주일에 3회씩 약 2개월 간 진행되었다. 훈련 도중 대부분의 관능검사원과 다르게 평가하는 관능검사원들은 개별적으로 묘사 용어의 정의를 이해하고 평가 방법에 익숙해지도록 보충 훈련을 실시하였다.

시료의 준비 및 제시: 관능 검사를 위한 쌀밥은 색도 측정을 위한 쌀밥과 동일한 방법으로 제조하였다. Ice cream scoop를 이용하여 약 40 g의 밥을 개인용 사기 용기(지름 9 cm, 높이 4 cm)에 담고 뚜껑을 덮은 후 칸막이와 조명이 조절되는 개인 검사대에 6개 시료를 한번에 제시하였다. 각 시료의 용기에는 난수표를 이용하여 추출된 숫자를 기입하였으며, 평가 시 입을 행굴 수 있도록 정수기(Doulton®, London, UK)를 통과시킨 물과 빨는 컵을 함께 제시하였다.

평가 내용 및 절차: 저장기간 및 저장형태가 다른 6가지의 쌀로 취반한 쌀밥에 대해 랜덤화 완전블록 실험계획법(randomized complete block design)을 적용하여 관능검사원 1인이 한번에 무작위로 배치된 6가지 시료를 모두 평가하도록 하였다. 평가 시에 사용된 척도는 15 cm 선척도로, 양쪽 끝에서 1.25 cm 들어간 지점에 양극의 강도(약·강)를 표시하였다. 평가원들은 향미, 텍스처 및 외관의 순으로 평가하였으며 척도 위에 각 특성별로 해당강도에 수직선을 긋고, 시료번호를 기입하도록 하였다. 외관을 제외한 모든 특성 평가는 색의 차이에서 오는 선입견을 배제하기 위하여 적색 광선 하에서 수행되었고, 외관 평가는 향미와 텍스처의 평가가 끝난 후 별도로 준비된 형광등 하에서 실시되었다. 모든 관능검사는 식사시간을 피하여 주로 오후 4시 전후에 실시하였다.

통계분석

이화학적 특성의 측정은 3회 반복 실시하였고, 쌀밥 시료간의 관능적 특성평가는 4회 반복 실시하였으며 이들 결과는 분산분석을 통해 분석하고, 평균값들에 대해 Duncan의 다중비교를 실시하였다. 또한 시료간의 차이를 요약하기 위해 총 19개의 관능적 특성을 지닌 6가지 시료의 평균값을 적용하여 주성분 분석(principal component analysis)을 수행하였다. 그리고 관능적 텍스처 특성과 기계적 텍스처 특성의 결과에 대해 Pearson's 상관 계수(r)를 계산하였다. 이상의 모든 통계분석은 통계패키지 SAS⁽¹⁷⁾를 사용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

일반성분

저장형태 및 저장기간에 따른 쌀의 일반성분은 Table 4에 나타난 바와 같이 저장기간이 증가할수록 수분함량이 유의적으로 감소하였고, 조단백질 함량은 유의적으로 증가하였으나 저장형태에 의한 차이는 보이지 않았다. 또한 조지방과 조회분의 함량은 저장형태 및 저장기간에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다. 일반적으로 쌀을 저장함에 따른 이화학적

Table 3. Reference samples for each sensory attribute of cooked rice

Sensory attributes	Reference samples	
	Weakest	Strongest
Appearance		
Yellowness	White paper ^a	Slight yellow paper
Glossiness	Cooked brown rice	Cooked waxy rice
Flavor		
Puffed corn		Rice flour + brown rice tea
Rancid		Rice flour + bran of stored rice
Dairy		Rice flour + milk, boiled
Boiled egg white		Rice flour + boiled egg white + water, boiled
Wet cardboard		Wet cardboard
Rice bran		Rice flour + rice bran
Sweet taste		Sucrose solution 2%
Texture		
Degree of agglomeration	Cooked brown rice ^b	Cooked waxy rice ^c
Adhesiveness to lips	Cooked brown rice	Cooked waxy rice
Smoothness	Stick cheese, cheddar	Cooked brown rice
Hardness	Soybean curd, hard	Frankfurter sausage, fresh
Cohesiveness of mass	Acorn starch gel	Cooked waxy rice cake
Inner moisture	Bread, white	Soybean curd
Chewiness	Ham	Frankfurter sausage, fresh

^aWhite paper with 94.19 L value, 1.03 a value, and -1.72 b value

^brice: water = 1 : 1.7

^crice: water = 1 : 1.1

성분의 변화는 크지 않으며 다만 저장 중 약간의 지방질 가수분해와 산화가 일어나고 저장기간이 증가할수록 유리 지방산 및 환원당의 생성이 증가한다고 알려져 있다^(5,8,10). 더구나 본 연구에서 사용된 쌀 시료는 냉장 저장한 것이므로 그 변화는 더 작을 것으로 사료된다.

쌀가루의 물 결합능력

저장에 따른 6가지 쌀가루 시료의 물 결합능력을 비교한 결과는 Table 5와 같다. 벼 상태로 저장한 시료의 경우, 저장 2년까지는 물 결합능력에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 저장 3년째에 유의적으로 감소하였다. 그러나 백미 상태로 저장된 시료의 경우에는 저장기간에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 저장 기간이 증가할수록 물 결합능력이 감소하는 경향이 나타나는 것은 수분함량이 감소하는 데 따라 단백질과 지방 성분들이 증가하여 물과의 결합

력을 방해한 것으로 사료된다⁽¹⁸⁾. 다른 연구들^(5,6)에서는 저장미의 물 결합능력은 저장 1년까지는 증가하다가 그 후에는 점차로 감소하는 경향을 보였다. 그러나 저장에 의해 쌀의 수분 흡수력이 증가했다는 상반되는 연구 결과도 보고되었다⁽¹⁹⁾. 본 실험에서는 벼로 저장한 경우, 저장 2년까지 그리고 백미로 저장한 경우에는 3년까지도 물 결합능력에 유의적인 차이를 보이지 않았는데, 이는 냉장 저장에 의하여 성분의 변화가 지연된 것으로 예측된다. 또한 벼 상태로 저장한 시료가 백미 상태로 저장한 시료에 비해 저장 2년까지는 물 결합능력이 컸으나 저장 3년째에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

쌀가루의 용해도와 팽윤력

저장형태 및 저장기간이 다른 6가지 쌀가루의 온도에 따른 용해도와 팽윤력을 비교한 결과는 각각 Fig. 1 및 2와 같다. 용해도는 온도가 증가함에 따라 증가하고 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데, 특히 쌀 상태로 저장한

Table 4. Proximate composition¹⁾ of rice (% , dry weight basis)

Storage form	Storage period (years)	Moisture	Crude protein ²⁾	Crude lipid	Crude ash
Paddy rice	1	16.00 ^a	6.97 ^d	0.36 ^b	0.22 ^{ab}
	2	14.67 ^b	6.33 ^f	0.39 ^b	0.19 ^b
	3	14.47 ^{bc}	9.19 ^a	0.49 ^{ab}	0.36 ^a
Milled rice	1	15.90 ^a	6.84 ^e	0.45 ^{ab}	0.21 ^{ab}
	2	14.87 ^b	7.37 ^c	0.51 ^{ab}	0.28 ^{ab}
	3	13.97 ^c	8.65 ^b	0.61 ^a	0.26 ^{ab}

¹⁾Means of 3 replicates. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

²⁾N5.95

Table 5. Water binding capacity¹⁾ of rice flour

Storage form	Storage period (years)	Water binding capacity (%)
Paddy rice	1	214.84 ^a
	2	218.48 ^a
	3	202.28 ^c
Milled rice	1	208.18 ^b
	2	208.61 ^b
	3	205.68 ^{bc}

¹⁾Means of 3 replicates. Values not sharing a superscript letter are significantly different (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

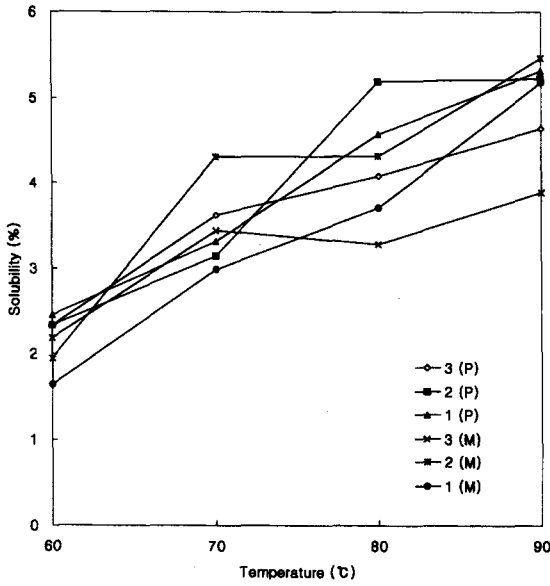


Fig. 1. Solubility patterns of rice flour
The numbers are the years of storage. P and M are paddy and milled rice, respectively

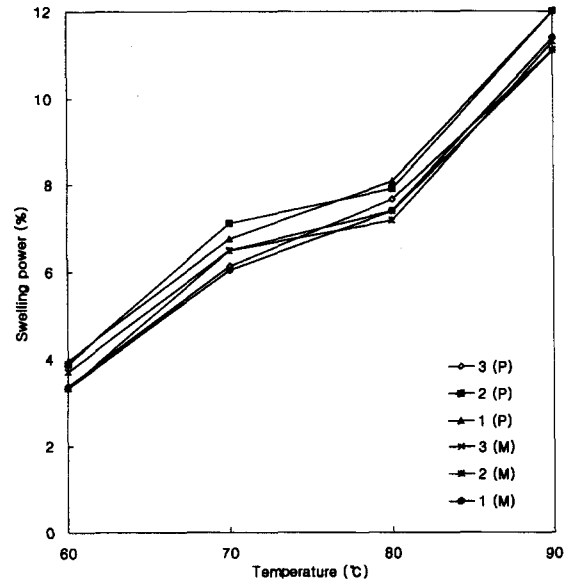


Fig. 2. Swelling power of rice flour
The numbers are the years of storage. P and M are paddy and milled rice, respectively

지 3년된 시료의 용해도가 다른 시료들에 비해 매우 낮음을 알 수 있다. 팽윤력의 경우도 용해도와 마찬가지로 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고 저장 기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였지만 저장 형태에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. Boilling 등⁽²⁰⁾은 백미의 저장 중 팽윤 정도는 일반적으로 저장에 따라 감소한다고 보고하였다. 그러나 저장 1년까지는 쌀의 수분 흡수와 팽윤력이 점차로 증가했다는 상반되는 연구 결과도 있었다^(5,6). 또 다른 연구에서는 저장온도 및 품종에 관계없이 저장기간이 증가함에 따라 팽윤력이 증가하는 양상을 보인다고 보고되었다⁽¹⁹⁾. 일반적으로 쌀의 저장 중 지방질로부터 생성된 지방산은 아밀로오스 나선 구조 내에서 아밀로오스-지방질 복합체를 형성할 수 있어 입자의 팽창을 저해하며, 온도가 증가할수록 complex 구조가 느슨해져 일정온도에 도달하면 전분 입자가 팽윤하기 시작하여 불분자를 흡수하는 것으로 알려져 있다⁽²¹⁾. 저장한 쌀은 취반 시에 쌀알이 쉽게 붕괴되지 않고, 저장 중의 세포벽의 변화가 햅쌀에 비해 쌀알의 팽윤을 저해한다는 연구도 보고되어⁽²²⁾ 연구자들 간에 의견이 일치되지 못하고 있다.

아밀로그래프에 의한 쌀가루의 pasting 양상

Brabender Visco/Amylograph에 의한 쌀가루의 pasting 특성을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 쌀가루의 초기 점성 증가 온도는 67.3°C~72.0°C이었으며 저장기간이 증가할수록 초기 호화온도가 낮았다. 특히 저장 1년 된 시료의 초기 호화온도가 유의적으로 높았으며 저장형태에 의한 유의적 차이는 보이지 않았다.

최고점도(P)는 373~429.5 BU를 보였는데, 벼 상태로 저장한 경우 저장 2년까지 최고점도에 있어서 거의 차이를 보이지 않다가 저장 3년째에 감소하는 경향을 보였다. 반면 쌀 상태로 저장한 시료의 경우 저장기간에 따른 유의적 차이는 보이지 않았다. 몇몇 연구^(5,7,8)에 따르면 쌀의 저장 중 쌀가루의 pasting온도는 크게 변하지 않으나, 호화 점도는 저장 중 증가하며 이러한 현상은 벼, 현미 및 백미에 관계없이, 또한 멥쌀과 찰쌀에 관계없이 공통적으로 나타나는 현상이다. 또한 Kumar와 Ali⁽²³⁾는 벼 상태로 각각 실온(20-33°C)과 냉장온도(4°C)에서 같은 기간동안 저장한 쌀가루의 호화점도는 실온에서 저장한 경우가 더 높은 값을 나타냈다고 보고하여

Table 6. Pasting properties^{1), 2)} of rice flour slurry

Storage form	Storage period (years)	Initial pasting temperature (°C)	Viscosity (Brabender unit, B.U.)						
			Peak (P)	At 95°C	At 95°C after 15 min (H)	At 50°C (C)	Consistency (C-H)	Breakdown (P-H)	Setback (C-P)
Paddy rice	1	71.00 ^{ab}	420.0 ^a	333.5 ^a	250.0 ^a	464.0 ^{ab}	214.0 ^a	170.0 ^c	44.0 ^a
	2	67.25 ^c	458.0 ^a	344.0 ^a	246.0 ^a	477.5 ^a	231.5 ^a	212.0 ^a	19.5 ^a
	3	68.20 ^{bc}	373.0 ^b	283.0 ^a	211.0 ^b	412.0 ^b	201.0 ^a	162.0 ^c	39.0 ^a
Milled rice	1	72.00 ^a	419.0 ^a	320.5 ^a	242.0 ^a	474.5 ^a	232.5 ^a	177.0 ^{bc}	55.5 ^a
	2	68.00 ^{bc}	420.5 ^a	321.0 ^a	222.5 ^{ab}	460.0 ^{ab}	232.5 ^a	198.0 ^{ab}	39.5 ^a
	3	67.85 ^c	429.5 ^a	310.5 ^a	230.0 ^{ab}	460.0 ^{ab}	230.0 ^a	199.5 ^{ab}	30.5 ^a

¹⁾8% (w/w, dry weight basis)

²⁾Means of duplicates. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05)

Table 7. Hunter color values¹⁾ of cooked rice

Storage form	Storage period (years)	Color		
		L	a	b
Paddy rice	1	71.51 ^b	-2.28 ^b	0.88 ^{cd}
	2	71.90 ^b	-2.17 ^a	0.59 ^d
	3	73.27 ^a	-2.39 ^c	1.92 ^{ab}
Milled rice	1	72.52 ^{ab}	-2.20 ^{ab}	0.97 ^c
	2	72.54 ^{ab}	-2.19 ^a	1.72 ^b
	3	73.15 ^a	-2.29 ^b	2.12 ^a

¹⁾Means of 3 replicates. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

실온에서의 변화가 더 큰 것을 암시하였다.

95°C에서의 점도는 저장형태 및 기간에 따른 유의적인 차이가 없었으며 95°C에서 15분간 유지시킨 경우 벼로 저장한 시료에서는 저장 3년째에 점도가 크게 감소하였으나 쌀로 저장한 경우에는 그 차이는 크지 않았지만 저장 2년째부터 감소하는 경향을 보였다. 또한 50°C에서의 점도는 벼의 경우 3년 저장한 시료에서 감소하는 경향을 나타내었다.

Consistency는 저장형태 및 저장기간에 따른 일정한 경향을 나타내지 않았으며 시료간에도 유의적인 차이가 없었다. Breakdown은 벼 상태로 저장한 시료의 경우에는 저장 2년째까지 증가하다가 저장 3년째에는 감소하는 경향을 보인 반면, 쌀 상태로 저장한 시료의 경우에는 저장 기간이 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 보였으나 시료간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 전분의 노화 경향을 나타내는 setback은 저장 기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 이 결과는 setback이 저장 6개월까지는 증가하다가, 결과적으로 저장 3년째에 도달할 때까지 꾸준히 감소하는 경향을 보인다는 보고를 뒷받침한다⁵⁾.

쌀밥의 색도

저장형태 및 저장기간에 따른 쌀밥의 색도는 Table 7과 같다. 이 실험 결과 쌀밥의 색도는 저장 형태에는 크게 영향을 받지 않으며, 저장 기간에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 백미와 벼 상태로 저장한 모든 시료에서 저장기간이 증가함에 따라 L값과 b값은 증가하며 a값은 감소하는 경향을 나타내어, 쌀의 노란색과 녹색이 저장기간에 따라 강하게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 현상은 저장기간이 증가함에

따라 쌀의 L값과 b값이 증가한다는 기존의 연구들^(11,19)과 일치하였다. 저장기간이 증가함에 따라 쌀의 노란색이 증가하는 것은 쌀의 단백질과 당 성분에 의한 마이야르(Maillard) 반응이 저장과정 중에 촉진되었기 때문으로 생각된다.

쌀밥의 기계적 텍스처 특성

저장형태 및 저장기간에 따른 쌀밥의 기계적 텍스처 측정치는 Table 8과 같다. 벼로 저장한 경우에는 저장기간이 증가함에 따라 경도, 부착성 및 겹성이 증가하였으며, 저장 2년까지는 이들 특성에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 3년째에는 큰 차이를 나타냈다. 백미로 저장한 경우에도 이들 특성이 저장기간에 따라 증가하는 경향을 보여 벼로 저장한 시료와 유사한 경향을 나타내었으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 경도, 부착성 및 겹성은 저장 2년째까지 백미로 저장한 시료가 벼로 저장한 시료보다 약간 큰 경향이 있었으나 저장 3년째에는 오히려 백미 저장 시료가 약간 더 작게 나타났다. 이러한 결과는 쌀의 저장 중 쌀알의 인장강도 혹은 파쇄 경도가 증가되므로 저장미로 취반한 밥은 햅쌀로 취반한 밥에 비해 경도가 증가한다는 보고^(4,9,24)와 일치하였으나 끈기가 감소된다는 이들 보고와는 약간의 차이를 보이며 이는 본 실험에 사용된 시료의 저장온도에 따른 차이에 기인한다고 본다. 탄성, 응집성 및 복원성에 있어서는 저장형태 및 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

쌀밥의 관능적 특성

저장형태 및 저장기간을 달리한 쌀로 취반한 쌀밥의 19가지 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 9와 같다. 외관 특성에서 색은 벼로 저장하여 2년된 시료를 제외하고는 저장기간이 증가함에 따라 노란정도가 강해졌다. 벼 상태로 2년 저장한 시료의 경우 노란정도가 가장 낮게 나타났으며, 이러한 현상은 색도계로 측정된 b값에서 벼로 2년 저장한 시료가 가장 낮은 값을 보인 것과 일치되는 결과로, 이는 시료상의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 윤기는 벼로 저장한 경우 2년째까지 큰 변화가 없었으나 3년째에는 크게 감소하였다. 반면 쌀로 저장한 경우에는 2년째에 윤기가 크게 감소하였다. 이러한 경향은 부푼정도 및 투명도에서도 동일하게 나타났다. 밥알의 온전도는 저장기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였는데, 이는 저장에 의한 쌀의 물 결합능력 및 팽윤력 감소에 일부 기인하는 것으로 생각된다.

쌀밥의 향미 특성 차이를 살펴보면, 저장기간이 증가할수

Table 8. Texture profile¹⁾ of cooked rice measured with a Texture Analyzer

Storage form	Storage period (years)	Attributes ²⁾					
		HD (g)	AD (g)	SP	CO	GU (g)	RE
Paddy rice	1	1828.4 ^b	-352.8 ^a	0.76 ^a	0.19 ^a	328.9 ^d	0.10 ^a
	2	1899.5 ^b	-380.6 ^a	0.75 ^a	0.18 ^a	348.4 ^{cd}	0.10 ^a
	3	2187.6 ^a	-443.9 ^b	0.77 ^a	0.20 ^a	423.5 ^a	0.09 ^a
Milled rice	1	2020.9 ^{ab}	-379.6 ^a	0.74 ^a	0.18 ^a	358.6 ^{bcd}	0.10 ^a
	2	2077.6 ^{ab}	-405.5 ^{ab}	0.76 ^a	0.19 ^a	396.1 ^{abc}	0.11 ^a
	3	2167.5 ^a	-385.0 ^a	0.76 ^a	0.18 ^a	398.6 ^{ab}	0.10 ^a

¹⁾Means of 3 replicates. Values not sharing a superscript letter in the same column are significantly different (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

²⁾HD, hardness; AD, adhesiveness; SP, springiness; CO, cohesiveness; GU, gumminess; RE, resilience

Table 9. Sensory characteristics¹⁾ of cooked rice

Attributes	Storage period (years)					
	Paddy rice			Milled rice		
	1	2	3	1	2	3
Appearance						
Yellowness	5.59 ^b	3.85 ^d	10.15 ^a	4.60 ^c	10.20 ^a	9.73 ^a
Glossiness	9.61 ^a	9.36 ^a	6.26 ^b	9.90 ^a	4.28 ^c	5.74 ^b
Transparency	8.72 ^a	9.44 ^a	6.41 ^b	8.37 ^a	4.80 ^c	6.43 ^b
Intactness of grains	6.83 ^c	8.03 ^{ab}	8.71 ^a	7.53 ^{ab}	7.98 ^{ab}	8.00 ^{ab}
Plumpness	9.80 ^a	8.43 ^b	5.84 ^{cd}	9.70 ^a	6.79 ^c	5.39 ^d
Flavor						
Puffed corn	10.46 ^a	8.38 ^b	4.29 ^d	9.94 ^a	7.05 ^c	4.74 ^d
Rancidity	3.77 ^d	4.89 ^c	10.04 ^a	4.03 ^d	7.33 ^b	9.91 ^a
Dairy	9.11 ^a	8.23 ^b	4.41 ^d	9.19 ^a	6.99 ^c	4.49 ^d
Boiled egg white	8.87 ^a	7.10 ^b	6.73 ^b	7.35 ^b	6.88 ^b	6.53 ^b
Rice bran	4.38 ^d	5.23 ^c	9.69 ^a	4.26 ^d	6.82 ^b	9.64 ^a
Wet cardboard	4.26 ^d	5.42 ^c	10.02 ^a	4.85 ^{cd}	7.50 ^b	9.51 ^a
Sweet taste	8.69 ^a	7.49 ^b	3.91 ^d	8.33 ^a	6.24 ^c	3.81 ^d
Texture						
Degree of agglomeration	9.19 ^a	8.07 ^b	5.33 ^c	7.56 ^b	6.02 ^c	6.31 ^c
Adhesiveness to lips	8.41 ^a	8.08 ^{ab}	6.38 ^c	8.85 ^a	7.69 ^{ab}	7.03 ^{bc}
Smoothness	9.13 ^a	8.22 ^b	4.68 ^d	8.62 ^{ab}	5.85 ^c	5.29 ^{cd}
Hardness	5.02 ^d	6.15 ^c	9.62 ^a	4.61 ^d	7.31 ^b	8.92 ^a
Cohesiveness of mass	8.72 ^a	7.91 ^{ab}	5.76 ^d	8.88 ^a	6.99 ^{bc}	6.43 ^{cd}
Inner moisture	9.01 ^{ab}	8.19 ^b	5.05 ^d	9.19 ^a	6.30 ^c	5.53 ^{cd}
Chewiness (number of chews)	18.25 ^b	18.56 ^b	20.92 ^a	16.83 ^c	19.94 ^a	20.19 ^a

¹⁾Means of 4 replicates. Values not sharing a superscript letter in the same row are significantly different (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

록 구수한 향미, 우유 향미, 삶은 달걀 흰자 향미 및 단맛이 감소하였으며, 특히 벼 상태로 저장한 시료에 비해 백미 상태로 저장한 시료는 저장 2년째부터 위와 같은 특성들이 보다 급격히 감소하였다. 그리고, 산패취, 쌀겨 향미 및 젖은 마분지 향미의 경우 저장기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였는데 이러한 특성들 역시 벼 상태로 저장한 시료에 비해 백미 상태로 저장한 시료에 있어서 저장 2년째부터 보다 현저히 증가하는 양상을 나타냈다. 저장미의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 성분 중의 하나는 지방질이며, 저장에 의하여 쌀의 지방질 가수분해 효소와 자동산화에 의한 각종 가수분해물 및 산화물이 증가하며, 결합 지질보다는 유리 지질의 변화가 관련되어 있다고 연구되었다⁽²⁵⁾. 또한 저장을 통해 취반미에서 고미취(staled rice flavor)의 특징적인 향미 성분인 카르보닐 화합물이 증가한다고 알려져 있으며, 특히 hexanal은 밥에 있어서 고미취의 주성분으로서 쌀을 30°C에서 75일간 저장한 경우와 40°C에서 60일 저장한 경우에 저장 전에 비해 그 양이 2배로 증가하였다고 보고되었다^(4,26). 본 연구에서는 산패취와 젖은 마분지 향미가 모두 저장에 의해 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 위에서 언급한 바와 같이 저장 중 증가하는 지방질의 산화 및 카르보닐 화합물들에 기인하는 것으로 생각된다. 백미로 저장한 경우에는 표면이 공기에 노출되어 산패가 일어나는데 비해, 벼로 저장한 경우 내부의 산패가 억제되고 후에 도정을 통해 표면 부위가 제거된다. 따라서 백미 저장 시료가 벼로 저장한 시료에 비해 바람직할 향미는 약하고 이취는 더 큰 것으로 생각된다.

텍스처 특성에 있어서는, 저장기간이 증가할수록 경도 및

씹힘성이 증가하였는데, 특히 백미로 저장한 시료의 경우 벼로 저장한 시료에 비해 저장 2년째부터 이러한 경향이 보다 현저하게 나타났다. 또한 멍치는 정도, 입술 부착성, 덩어리 응집성 및 내부 축축함의 특성은 저장기간이 증가함에 따라 감소했다. 벼 상태로 저장한 시료의 경우 저장 1, 2년에 비해 3년째에 이러한 특성들이 크게 감소하는 경향을 보였지만, 백미 상태로 저장한 시료의 경우 저장 2년째부터 보다 크게 감소하는 현상을 보였다. 멍치는 정도, 입술 부착성 및 내부 축축함 등은 쌀의 팽윤력 및 물 결합능력과 관련이 있는 특성들로, 저장기간의 증가에 따라 쌀의 팽윤력과 물 결합능력이 감소하는 데 기인한다고 본다. Moritaka 등⁽⁹⁾은 저장 중에 생성된 유리 지방산은 아밀로오스와 복합체를 형성하고, 지방질 산화에 의해 생성된 hydroperoxides는 단백질의 산화를 일으킬 수 있으며 이러한 현상들이 전분 입자들의 결합력을 강화시켜 취반 시 팽창을 억제하며, 밥의 경도를 증가시킨다고 보고하였다. 일반적으로 쌀밥의 텍스처에 영향을 미치는 인자로서 쌀에 함유된 전분의 성질 즉 쌀 전분의 호화온도와 아밀로오스, 단백질 및 지방함량이 고려된다. 또한, 쌀의 아밀로오스 함량은 찰기(stickiness)를 결정하는 가장 주된 인자이며, 쌀의 평균 수분함량과 높은 부의 상관관계가 있는 것을 알려져 있다⁽²⁷⁾. 본 실험에서 4°C에서 벼로 저장한 경우에는 2년까지 큰 변화가 없었으며 3년째에는 대부분의 특성에 있어서 유의적인 차이가 나타났다. 또한 쌀로 저장한 경우에는 쌀알의 온전도, 삶은 계란 흰자 향미 및 입술에 붙는 정도를 제외한 모든 특성에서 2년째에 저장 1년째와 유의적인 차이가 있었다.

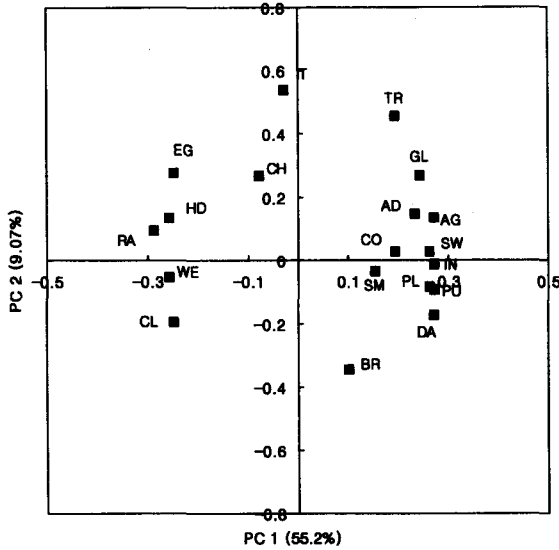


Fig. 3. Sensory characteristics of cooked rice on the 1st (x) and the 2nd (y) principal components

CL, color; GL, glossiness; TR, translucency; IT, intactness of grains; PL, plumpness; PU, puffed corn flavor; RA, rancid flavor; DA, dairy flavor; EG, boiled egg white flavor; BR, rice bran flavor; WE, wet cardboard flavor; SW, sweet taste; AG, degree of agglomeration; AD, adhesiveness to lips; SM, smoothness; CO, cohesiveness of mass; IN, inner moisture; HD, hardness; CH, chewiness

관능적 특성에 대한 주성분 분석

저장형태 및 기간을 달리한 쌀로 취반한 쌀밥의 19가지 관능적 특성 강도에 대해 각 시료의 평균값을 적용해 주성분 분석(principal component analysis)을 실시한 결과, 제 1 주성분(PC1), 제 2 주성분(PC2) 및 제 3 주성분(PC3)이 각각 총 변동의 55%, 9% 및 7%를 설명해주어 총 변동의 71%가 설명되었다. PC1(X축)과 PC2(Y축)에 대한 각 특성들의 부하된 (loading) 정도를 살펴보면(Fig. 3), PC1에 대해서 윤기, 부푼 정도, 구수한 향미, 우유 향미, 단맛 및 내부 촉촉함이 양(+)의 방향으로 높게 부하되어 있으며, 색, 산패취, 삶은 계란 흰자 향미, 젖은 마분지 향미 및 경도가 음(-)의 방향으로 높게 부하되었다. PC2에 대해서는 색, 부푼 정도, 구수한 향미, 우유 향미, 젖은 마분지 향미 및 쌀겨 향미가 음(-)의 방향을 부하되어 있었으며, 그 밖의 특성들은 양(+)의 방향으로 부하되어 있었으며, 특히 밥알의 온전도와 투명도가 양(+)의 방향으로 비교적 높게 부하되었다.

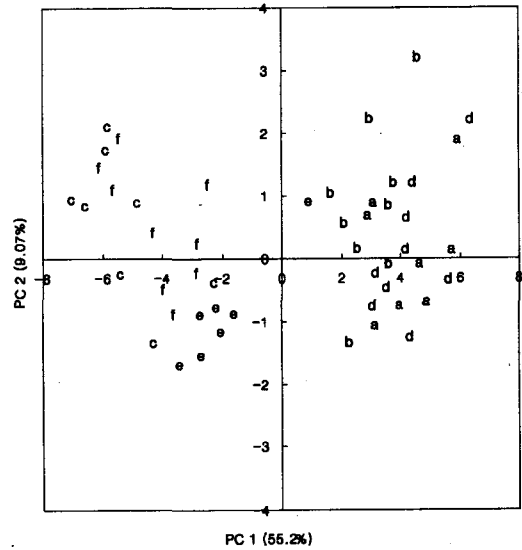


Fig. 4. Cooked rice with different storage form and storage period of rice on the 1st (x) and the 2nd (y) principal components

a, b and c, paddy rices stored for 1, 2 and 3 years, respectively; d, e and f, milled rice stored for 1, 2 and 3 years, respectively

PC1과 PC2에 대한 각 시료들의 점수 분포를 살펴보면(Fig. 4), PC1에 대해 주로 양(+)의 방향으로 분포해 있는 시료들은 벼나 백미 상태로 저장한지 1년된 시료로 나타났다. 또한 이들은 PC1(Fig. 3)에 대해 양의 방향으로 부하된 특성들에 대해 높은 값을 갖음을 알 수 있다. 그러나 PC1에 대해 음의 방향으로 부하된 특성들에 대해서는 매우 낮은 값을 나타내었다. PC1에 대하여 주로 음(-)의 방향으로 분포해 있는 시료들은 벼나 백미 상태로 저장한지 3년된 시료였다. 또한 이들은 PC1에 대해 음의 방향으로 부하된 특성들에 대해 매우 높은 값을 나타내며, 양의 방향으로 부하된 특성에 대해서는 상대적으로 매우 낮은 값을 나타내었다.

관능적 특성과 기계적 텍스처 특성과의 상관관계

저장형태 및 저장기간을 달리한 쌀로 취반한 쌀밥의 관능적 특성과 기계적으로 측정된 텍스처 특성간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 10과 같다. 관능적으로 측정된 멍치는 정도, 매끄러운 정도 및 내부 촉촉함은 기계적으로 측정된 부착성과 높은 양의 상관관계(0.86, 0.60 및 0.67)를 나타냈

Table 10. Pearson correlation coefficients (r) between textural characteristics by sensory panelists and by a Texture Analyzer

Sensory evaluation	Texture Analyzer				
	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
Degree of agglomeration	-0.74***	0.86***	-0.21	-0.26	-0.76***
Adhesiveness to lips	-0.31	0.39	-0.04	-0.32	-0.40
Smoothness	-0.52**	0.60**	-0.07	-0.34	-0.65***
Hardness	0.69***	-0.64***	0.27	0.27	0.74***
Cohesiveness of mass	-0.62**	0.72***	-0.32	-0.31	-0.70***
Inner moisture	-0.65***	0.67***	-0.25	-0.36	-0.74***
Chewiness	0.48*	-0.45*	0.19	0.44*	0.63**

*, ** and ***Significant at p<0.05, p<0.01 and p<0.001, respectively

고, 경도(-0.74, -0.52 및 -0.65)와 겉성(-0.76, -0.65 및 -0.74)과는 높은 음의 상관관계를 나타냈다. 그러나 관능검사로서 측정된 경도와 기계적으로 측정된 경도 이외의 동일한 특성을 비교해볼 때 상관관계수가 높지 않은 것을 관찰할 수 있었다. 또한, 관능검사 결과에서는 경도에 있어서 거의 모든 시료들이 유의적 차이를 보였으나, 기계적 측정 결과에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 쌀밥의 텍스처 특성 평가 시 기계적 측정에 비해 관능검사가 보다 예민한 방법임을 반영한다고 생각된다.

요 약

본 연구는 저장형태(벼, 백미) 및 저장기간(1~3년)에 따른 쌀과 쌀밥의 이화학적 특성 및 쌀밥의 관능적 특성을 조사하기 위하여 수행되었다. 저장기간이 증가할수록 쌀의 수분함량이 감소함과 동시에, 조희분, 조지방질 및 조단백질 함량이 증가하였다. 물 결합능력, 용해도 및 팽윤력은 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 아밀로그래프에 의한 pasting 양상을 살펴보면, 저장 기간이 증가함에 따라 초기 호화온도, 최고점도 및 breakdown값이 감소하는 경향을 보였고, setback값은 유의적 차이를 보이지 않았다. 저장형태와 저장기간이 다른 쌀로 취반한 쌀밥의 색도는 저장기간이 증가할수록 L값과 b값이 증가하는 경향을 보였다. 벼로 저장한 시료의 경우 저장 1, 2년에 비해 저장 3년째에 L과 b값이 크게 증가하였으나, 쌀로 저장한 시료는 저장 2년째부터 큰 증가를 보였다. 기계적으로 텍스처 측정시 저장기간이 증가할수록 쌀밥의 경도, 부서짐성 및 겉성이 증가하고, 부착성은 감소하였다.

쌀밥에 대한 묘사분석을 수행한 결과, 외관의 경우 저장기간이 증가할수록 밥알의 온전도가 증가하는 반면, 윤기, 투명도 및 부푼정도가 감소하였다. 향미 특성의 경우 저장기간이 증가할수록 산패취, 쌀겨향미 및 젖은 마분지 향미는 증가하였고, 구수한 향미, 우유 향미, 삶은 계란 흰자 향미 및 단맛은 감소하였다. 텍스처 특성의 경우 저장기간이 증가함에 따라 경도와 씹힘성이 증가하였고, 입술 부착성, 매끄러운 정도, 응집성 및 내부 촉촉함이 감소하는 경향을 보였다. 저장기간에 따른 변화는 벼로 저장한 시료에 비해 쌀로 저장한 시료에서 보다 급격하게 나타나 저장 2년째에 뚜렷한 차이를 보였다.

관능적 텍스처 특성과 기계적 텍스처 특성간의 상관관계를 분석한 결과, 관능적으로 측정된 멍치는 정도, 매끄러운 정도, 내부 촉촉함 특성은 기계적으로 측정된 부착성과는 양의 상관관계를 경도 및 겉성과는 음의 상관관계를 나타냈다. 그러나 경도 이외의 특성에서는 기계적 텍스처 특성과 관능적 텍스처 특성간에 상관관계가 매우 낮았다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 농림부에서 시행한 농림기술개발 사업의 연구비 지원으로 수행된 연구과제(벼의 수확 후 처리, 가공기술 개발; 쌀의 식미 기준 수식화 및 한국형 식미 판정 시스템 개발)의 일부로서 이에 깊이 감사드립니다.

문 헌

- Kunze, O.R. and Choudhury, M.S.U. Moisture adsorption related to the tensile strength of rice. *Cereal Chem.* 49: 684-696 (1972)
- Tani, T., Chikubu, S. and Iwasaki, T. Changes in chemical properties of rice during storage at controlled temperature. *Eiyo To Shokuryo* 16: 436-441 (1964)
- Barber, S. Milled rice and changes during aging. pp. 215-263. In: *Rice: Chemistry and Technology*. Houston, D.F. (eds.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1972)
- Shibuya, N., Iwasaki, T., Yanase, H. and Chikubu, S. Studies on deterioration of rice during storage. I. Changes of brown rice and milled rice during storage. *Jpn. J. Soc. Food Sci. Technol.* 21: 597-603 (1974)
- Induhara-Swamy, Y.M., Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R. Changes in the physicochemical properties of rice with aging. *J. Sci. Food Agric.* 29: 627-639 (1978)
- Pushpamma, P. and Reddy, M.U. Physico-chemical changes in rice and Jowar Durra stored in different agroclimatic regions of Andhra Pradesh. *Bull. Grain Technol.* 17: 97-108 (1979)
- Shin, M.G., Rhee, J.S. and Kwon, T.W. Effects of amylase activity on changes in amylogram characteristics during storage of brown rice. *Agric. Biol. Chem.* 49: 2505-2508 (1985)
- Villiereal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B. and Juliano, B.O. Changes in physicochemical properties of rice during storage. *Starch* 28: 88-94 (1976)
- Moritaka, S., Sawada, K. and Yasumatsu, K. Studies on cereals. VII. Relation between lipid content of milled rice and deterioration of rice flavors during storage. *Eiyo To Shokuryo* 24: 474-476 (1971)
- Yasumatsu, K., Moritaka, S., Bichu, S., Ishii, K., Shimazono, H. and Fuzita, E. Studies on cereals. II. Flavor deterioration of polished rice during storage. *Eiyo To Shokuryo* 18: 130-133 (1965)
- Cho, E.J. and Kim, S.K. Changes in physicochemical properties of brown and milled rice during storage. *Korean J. Agric. Chem. Soc.* 33: 24-33 (1990)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 11th ed. Association of Official Chemists, Washington, DC, USA (1970)
- Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 36: 534-544 (1959)
- Stone, H. and Sidel, J.L. Descriptive analysis. pp. 194. In: *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press, Orlando, FL, USA (1985)
- Munoz, A.M. and Civile, G.V. The spectrum descriptive analysis method. pp. 22. In: *Descriptive Analysis Testing*. ASTM Manual Series: MNL 13. Hootman, R.C. (eds.). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA (1992)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA (1992)
- Park, K.H. Effect of rice protein and lipid gelatinization properties, cooking quality and palatability of Korean rice. Ph. D. thesis, Kyunghee Univ., Seoul, Korea (1996)
- Chrastil, J. Chemical and Physicochemical changes of rice during storage at different temperature. *J. Cereal Sci.* 11: 71-85 (1990)
- Bolling, H., Hampel, G. and Elbaya, A.W. Studies on storage of milled rice for a long period. *Food Chem.* 3: 17-22 (1978)
- Goshima, G., Abe, M., Ohashi, K. and Tsuge, H. Amylographic reproducibility of defatted potato starch by the reintroduction of lipid. *Starch* 37: 10 (1985)
- Desikachar, H.S.R. and Subrahmanyam, Y. Expansion of new and old rice during cooked. *Cereal Chem.* 36: 385-391 (1959)
- Kumar, K.R. and Ali, S.Z. Properties of rice from paddy stored in cold and at room temperature. *Starch* 43: 165-168 (1991)
- Okabe, M. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J. Texture Studies* 10: 131-152 (1979)

25. Kim, Y.B., Han, W.N. and Yoo, T.J. Effects of rice weevil and mold on quality of stored rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 399-402 (1985)
26. Tsugita, T., Kurata, T. and Kata, H. Volatile components after cooking rice milled to different degree. *Agric. Biol. Chem.* 44: 835-840 (1980)
27. Kongseree, N. and Juliano, B.O. Physicochemical properties of rice grain and starch from lines differing in amylose content and gelatinization temperature. *J. Agric. Food Chem.* 29: 714-718 (1972)

(2001년 1월 22일 접수)