

폐터널 저장 쌀의 이화학적 및 관능적 특성

문갑순[†] · 김미정 · 진명희 · 김수연 · 박소영 · 류복미

인제대학교 식품생명과학부, 인제대학교 식품과학연구소, 인제대학교 식의약생명공학과(BK21)

Physicochemical and Sensory Properties of Rice Stored in an Unused Tunnel

Gap-Soon Moon[†], Mi-Jeong Kim, Myung-Hee Jin, Su-Yeon Kim, So-Young Park and Bog-Mi Ryu

School of Food and Life Science and Food Science Institute, BK21 Smart, Food and Drug Center, Inje University

Abstract

This study was designed to examine the effectiveness of an unused tunnel as a rice storage place. The physicochemical changes of rice grains were investigated during 8-months of storage in the tunnel located at Kyungnam province, Korea. Two kinds of tunnel stored rices, NP(rice grown with no pesticides) and LP(rice grown with less pesticides) were compared with 5°C stored rice as a control. The peroxidase activities, as an index of freshness of rice grains, gradually decreased and NP appeared to be fresher than LP. Whiteness, grain wholeness, and chalkyness were less desirable for the tunnel stored rice than the control, with no significant difference of physicochemical properties, including the broken, damaged, colored rice, and contents of moisture, protein, and amylose. Palatability dropped below 70 in all three groups at later phase. The sensory evaluation showed that overall preference was slightly higher for the control but not significantly different from the other two groups. From all the evidences shown, unused tunnels may be an effective place for a long-term rice storage, since the average temperature inside the tunnel was maintained very constantly around 14.3°C and relative humidity was optimal for rice storage, especially during spring and summer seasons.

Key words: unused tunnel, storage of rice, physicochemical properties of rice grain, sensory evaluation

1. 서론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 우리나라뿐만 아니라 동남아시아를 비롯한 세계 여러 나라의 중요 식량 자원으로서, 양질의 원활한 공급은 식생활의 질과도 높은 상관도를 가지고 있다. 곡류 저장 중 저곡 해충에 의한 손실은 세계적으로 약 20%에 달하며 우리나라의 경우만 해도 수확 후 건조, 저장, 유통 과정을 통하여 손실되는 양은 상당할 것으로 여겨진다. 따라서 다수확품종 개발 등의 증산 노력도 중요하지만 수확 후 적절한 관리를 통하여 손실을 방지함으로써 곡류의 저장 안정성을 향상시키는 것도 간접적인 식량 증산 방안이 될 수 있다. 벼 저장 중 일어나는 물리적 변화로는 도정수율 및 흡수율의 저하, 취반시 팽창용적의 증가, 미반립의 경화 및 광택감소 등

이 있다. 화학적인 변화로는 지방산과 아밀로오스 복합체 형성에 의한 전분의 용해도 및 팽윤력 감소, 산도변화, 효소활성 저하, 불포화 지방산의 자동산화에 의한 고미취의 주성분인 hexanal 등 카르보닐 화합물의 증가, 단백질의 용해도 감소 및 환원당 및 비타민 등의 변화가 대표적으로 알려져 있다(Villareal RM 등 1976, Yelandur 등 1978) 특히, 저장 중 온도와 습도는 취반, 가공특성, 식미, 영양가 등 상업적 가치에 직접적인 영향을 주므로 효과적인 쌀 저장조건의 개발은 쌀의 품질 유지의 관건으로 지적되고 있다(Chrastil 1990, Zhout 등 2002, Kwon SJ 등 2006).

우리나라는 고온다습한 여름철에 벼의 품질이 급속히 떨어지므로 적절한 온, 습도를 조절할 수 있는 방안이 필요하다. 저장온도가 20°C를 넘어서면 벼의 호흡작용이 활발해지기 때문에 4~10월까지 약 7개월 정도가 품질 유지관건의 기간이라 볼 수 있다. 그러나 현재 국내에 온, 습도를 조절할 수 있는 저온창고가 극히 적어 4월 이후 온도 상승 시 급격한 품질저하가 나타난다. 현재 우리나라는 농민으로부터 수매 보관한 벼가 1,300만석에 달하

[†]Corresponding author: Gap-soon Moon, School of Food and Life Science, Inje University
Tel: 055-320-3234
Fax: 055-321-0691
E-mail: fdsnmoon@inje.ac.kr

므로 적절한 저장방법을 개발하여 쌀의 품질손상을 방지하는 것은 중요한 과제이다. 그동안 저장쌀의 품질열화를 방지하기 위하여 저온저장에 관심이 높아져왔으며 시중에 5°C에 저장한 브랜드쌀이 소비자로부터 높은 인기를 끌고 있다. 그런데, 우리나라 미곡종합처리장은 규모가 작고 시설도 미흡하며 328개소 중에서 설립된 지 7년이 경과된 업소가 301개로서 91.8%를 점하고 있는 현실이다. 또한 저장시설 중 비단열 사이로가 34.6%이고 저온 저장시설이 부족하여 수확기 산물벼의 상온 야적보관이 많을 뿐만 아니라 품질저하에 가장 결정적인 영향을 주는 고온다습한 여름철로 인하여 미곡의 품질관리가 지극히 어렵다고 지적되고 있다(Kim DC 2002).

통계청의 2008년 자료에 의하면 우리나라에는 현재 1,064개의 터널이 존재하며 이 중 1980년대 이전에 완공된 터널은 39개에 달한다(통계청 2008). 터널은 그 특성상 한번 완공되면 인위적으로 붕괴시키기 어려우므로 노후 등의 이유로 기존 터널을 대체할 새로운 터널이 만들어지면 구 터널은 폐쇄되기 쉽다. 페터널을 식품저장장소로 사용하고자하는 시도가 이루어지고 있는바 경북 청도 남성현의 감와인저장창고는 성공사례로 꼽히고 있고 각 기초단체에서도 페터널을 농산물 저장창고로 활용하기 위한 노력을 경주하고 있다. 본 연구는 페터널의 양곡저장창고로서의 가능성을 타진하기 위하여 페터널에 벼를 저장하는 방법이 쌀의 품질 향상에 어느 정도 기여할 수 있는지를 알아보기 위하여 디자인되었다.

II. 재료 및 방법

1. 폐쇄터널 환경 및 시료의 보관과 채취

본 연구에 이용된 페터널은 경남 김해시 진례면에 위치한 길이 486 미터, 폭 7.8 미터의 S터널로서 '경남지역 친환경쌀유통사업단'에서 수매한 경남지역 무농약 및 저농약 재배 벼를 저장하는 장소로써 활용되고 있다. 터널 내부 환경이 저장 벼의 품질특성에 미치는 영향에 대해 보고된 바가 전혀 없으므로 페터널의 양곡저장창고로서의 가치를 평가하기 위하여 11월부터 이듬해 7월까지 8개월 동안 연구가 진행되었으며 실험기간동안 페터널 내 온도, 습도의 변화를 자동온·습도 기록장치를 이용하여 5분마다 기록하였다. 터널에 저장한 쌀은 경남지역(거창, 하동, 남해, 김해)에서 수확한 무농약벼 혹은 저농약벼 8종이었으며 저장한 벼는 11월 저장을 시작한 이후 3개월이 경과한 시점부터 월 2회 샘플링을 실시하여 RPC에서 10분도미로 도정한 후 선도 측정 및 품질평가에 이용하였다. 페터널에 저장을 시작한 시점인 11월부터 2월까지의 저온저장이 자연스럽게 이루어지는 겨울철인데다 수확 후 시간의 경과가 많지 않았으므로 저장에 의한 품질의 열화는 상대적으로 낮을 것으로 예상되었다. 따라

서 저장 3개월 경과 이후의 시료에 대한 샘플링을 행하였다.

2. Peroxidase 활성에 의한 선도 측정

저장 벼의 선도를 peroxidase 활성으로 측정하였다. 쌀과 3% NaCl 용액을 1:1(W/V)의 비율로 균질화하여 거즈에 걸러 1,000 rpm에서 원심분리 후 상층액을 효소액으로 하였다. 0.05 M potassium phosphate buffer(pH 6.5) 2.4 mL에 추출한 효소액 0.15 mL와 150 mM guaiacol 0.3 mL을 가하고 100 mM H₂O₂ 0.15 mL를 넣고 혼합 후 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. Peroxidase 활성 1 unit는 1분 동안 470 nm에서 흡광도 1.0을 증가시키는 활력으로 계산하였다(Park HO 등 1990). 페터널에 보관한 벼 8종에 대하여 저장 개시 후 3개월부터 1개월 단위로 측정하여 6개월이 경과할 때까지 4회에 걸쳐 peroxidase 활성의 변화를 관찰하였다.

3. 쌀의 물리적·화학적 특성

페터널 저장 쌀의 전반적인 품위평가를 위하여 저장 기간에 따른 물리적 특성 및 화학적 특성의 변화를 관찰하였다. 페터널 저장 후 3개월이 경과한 시점부터 저장 8개월까지 주기적으로 시료를 채취(월 2회 샘플링)하여 RPC에서 10분도미로 도정한 후 식미분석기(RN-900, KAT, 일본)를 통해 식미도와 함께 쌀의 수분, 단백질, 아미로스 함량을 측정하였다. 식미분석기에 의한 쌀의 품질평가방법은 쌀의 여러 물리화학적 요인들을 평가하여 식미도를 계산하는 것으로서 상업적인 쌀의 품위판정에 널리 사용되고 있다(Champagne 등 1996). 본 실험에서는 식미도와 함께 저장 쌀의 백도, 완전미 비율, 균상질미, 파쇄미, 손상미, 변색미 등의 물리적 특성을 측정함으로써 장기간 페터널 저장이 쌀의 물리적 특성에 미치는 영향을 파악하였다. 페터널에 저장된 총 8개의 시료 중 무농약벼 4군 및 저농약벼 4군은 각각 NP(rice grown with no pesticides)와 LP(rice grown with less pesticides)로 통합하여 분석하였다. 여름의 시작 시점인 6월을 기준으로 하여 페터널 저장개시 후 3개월째인 3월부터 5월까지를 저장 전기로(storage phase I), 6월부터 8월까지를 저장후기로(storage phase II) 하여 물리적·화학적 특성치들의 저장기간별 평균값들을 대조군의 전·후기 평균값들과 비교하였다. 한편, 대조군으로 사용된 쌀은 시중에 유통되는 양질미의 하나로서 5°C에서 저장되는 쌀을 주기적으로 공급받아 실험에 사용하였다.

4. 쌀밥의 관능검사

쌀밥의 관능적 특성을 조사하기 위하여 기호도검사를 행하였다. 페터널요원은 식품영양학과에 재학 중인 대학원

생 15인으로 관능검사에 관한 절차 및 쌀밥의 향미와 질감의 평가 점수에 관한 신뢰도를 향상시키기 위하여 각 항목들의 강도에 관해 객관적인 평가를 내릴 수 있도록 충분히 훈련시킨 후 본 검사를 실시하였다. 8개월간의 저장 기간동안 페터널 저장쌀(NP) 및 5°C 저장쌀(대조군)로 밥을 지어 윤기, 색깔, 쌀알의 통통함, 끈적거림, 찰기, 구수한 맛, 구수한 냄새, 산패취, 군내 및 전체적인 선호도 10항목에 대해 7점 척도로써 비교 검사하였다.

5. 통계처리

페터널 저장쌀인 NP(무농약쌀) 및 LP(저농약쌀)의 저장 기간별(storage phase I, II) 물리·화학적 특성을 대조군의 저장특성과 비교하기 위하여 각각 독립표본 T-검정을 실시하였다. 또한, 페터널 저장쌀과 대조군 쌀로 지은 밥맛의 관능검사 항목들에 대해 독립표본 T-검정을 실시하였으며 통계적인 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 결정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 터널 내 온·습도 변화

터널 내 조절되고 있는 온도 및 습도를 측정된 결과 2005년 11월부터 2006년 7월까지의 페터널 내 온도는 14~15°C 사이로서 실험 기간동안 비교적 일정하게 유지

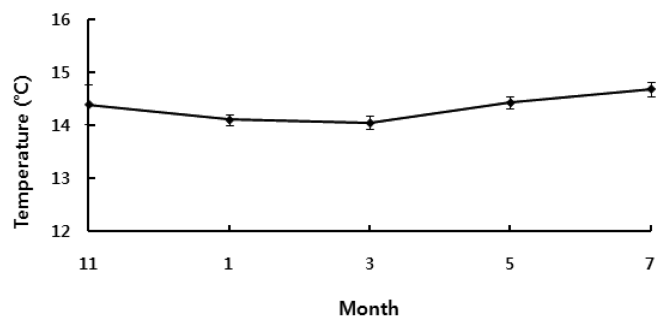


Fig. 1. Changes of temperature in unused tunnel from November to July.

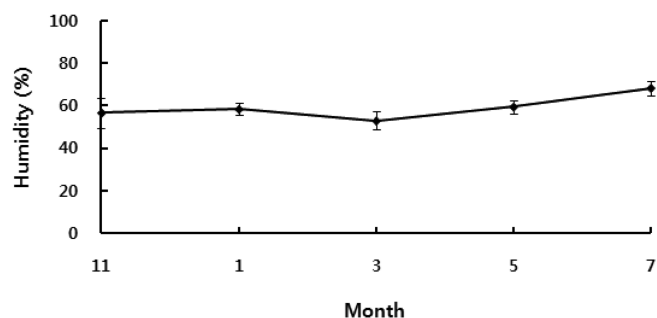


Fig. 2. Changes of humidity in unused tunnel from November to July.

되었고 평균 14.3°C를 나타내었다(Fig. 1). 터널 내 상대 습도는 11월부터 3월까지 낮게 유지되어 약 53%까지 떨어졌으나 이후 꾸준히 상승하여 5월 이후에는 70%에 가까운 습도를 나타내면서 우기동안 비교적 높게 유지되었다(Fig. 2).

양곡저장 시 생명력의 상실은 주로 온도와 수분함량에 달려있다. 곡물의 대사활동은 건조할수록 낮아지므로 저장 곡물의 함수율이 낮을수록, 저장온도가 낮을수록 안전하게 저장할 수 있다고 한다(Kim DC 2002). 벼는 함수율 15.5~16.5%에서 식미가 우수하나 15% 이상에서는 미생물 및 해충의 작용이 활발해지므로 Ihen은 15°C 이하의 온도로 유지하는 것이 미생물 및 해충의 생육을 저지시키는데 필수적이라고 밝히고 있다(Ihen 1971). Perez와 Juliano도 벼를 저장할 때 초기온도를 15°C로 유지하는 것이 쌀의 조직감 변화를 최소화할 수 있는 방안임을 밝히고 있다(Perez와 Juliano 1981).

양곡 저장 시 가장 문제가 되는 것은 곰팡이류이다. 이들은 함수율이 높아야 번식하기 때문에 상대습도 70~75%에 상당하는 평형수분을 가진 곡물에서는 자라지 못한다. 즉 양곡에 유입되거나 저장시 손상을 초래하는 주요 곰팡이는 25°C, 상대습도 80% 이상에서 번식이 빠르나 상대습도 70~75%에 상당하는 평형수분을 가진 곡물에서는 번식하기 어렵다. 따라서 터널 내 상대습도가 여름철에도 70% 미만을 나타내었다는 것은 페터널의 습도조건이 곡류를 저장하기에 매우 적절한 상태를 유지하고 있음을 나타낸다. 페터널 저장은 특히 온습도가 크게 증가하는 여름철에 쌀을 저장할 수 있는 효과적인 장소로 여겨지며 저장기간을 통틀어 평균 온습도의 표준편차가 매우 적은 것 또한 페터널의 장점으로 부각되었다.

2. 저장 기간에 따른 쌀의 신선도 변화

곡류의 선도를 나타내는 지표로서 peroxidase의 활성을 측정하였다. Peroxidase와 catalase 활성은 벼의 저장시 급격히 활성이 소실되고 측정방법도 간단하므로 벼의 저장시 품질열화를 나타내는 지표로 잘 사용되고 있다(Matsukura 등 2000). 벼 생산지역 및 농약의 사용정도에 따라 선택된 8종류의 쌀시료 중 시험기간까지 보관된 7종류의 쌀시료에 대해 peroxidase 활성을 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 저장개시 후 3개월 경과시점부터 6개월까지 4차례에 걸쳐 측정된 결과, 대부분의 시료에서 저장기간이 길어질수록 벼의 선도가 감소함을 알 수 있었으나 큰 폭의 변화는 나타나지 않았다. 단, 벼의 생산지나 생산 조건에 따라 peroxidase활성에 차이가 나타났는데 남해 무농약벼 및 거창 무농약 벼의 peroxidase 활성이 가장 높아 무농약 재배 벼의 선도가 저농약 벼에 비해 높은 것으로 나타났다. Matsukura 등(Matsukura 등 2000)이 catalase 활성 측정을 통한 벼의 선도를 측정

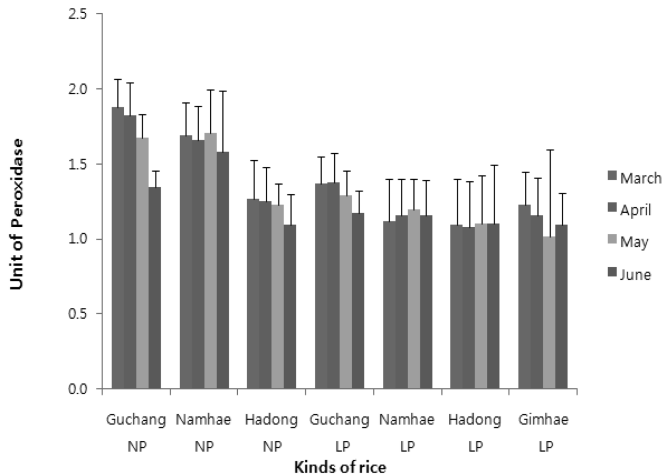


Fig. 3. Changes of peroxidase activities in tunnel stored rice measured from March to June.

한 결과 벼를 30℃에서 10주간 저장하였을 때 catalase 활성이 크게 변화하였으나 10℃ 저장벼의 경우 상당히 오랫동안 신선한 상태로 유지됨을 보고하고 있어 유사한 결과로 나타났다. 이 외에도 벼 저장시 α-amylase, β-amylase의 활성은 감소하고 protease, lipase, lipoxigenase 활성은 증가하는 것으로 보고되어 있다(Dhaliwal 등 1991). 이러한 효소활동의 결과 오래 보관한 쌀의 산패취의 원인이 되고 있다. Rehman ZU(Rehman ZU 2006)는 벼를 25℃, 45℃에서 6개월간 보관하면서 산도(acidity)를 측정 한 결과 온도가 높을수록 산도가 크게 증가하였으나 10℃에서는 전혀 변화가 없었다는 연구결과도 이를 뒷받침하고 있다.

3. 저장 기간에 따른 쌀의 물리적 특성

쌀의 저장 중 다양한 물리적 특성이 변화함은 많은

Table 1. Changes of physical characteristics of tunnel-stored rices and a control rice of high quality during eight months of storage period

Types	Storage Phase(months)		physicochemical properties of rice grain(%)					
	Phase	Mon	Whiteness	Wholeness	Chalky	Broken	Damaged	Colored
NP	I	3	38.6	98.8	0.5	0.6	0.1	0.0
		4	38.1	88.3	4.0	7.7	0.0	0.0
		5	38.5	93.5	3.1	3.4	0.0	0.0
		Mean±SD	38.4±0.3*	93.5±5.3	2.5±1.8	3.9±3.6	0.03±0.1	0.0±0.0
	II	6	40.8	94.2	3.0	2.6	0.2	0.1
		7	42.0	93.7	3.4	2.8	0.2	0.0
8		42.0	93.1	4.0	3.9	0.0	0.0	
	Mean±SD	41.6±0.7	93.7±0.5	3.5±0.5*	3.1±0.7	0.1±0.1	0.03±0.1	
LP	I	3	39.2	92.5	1.5	5.9	0.1	0.0
		4	38.9	95.0	1.4	3.6	0.0	0.0
		5	38.6	91.3	2.9	5.8	0.0	0.0
		Mean±SD	38.9±0.3	92.9±1.9*	1.9±0.8	5.1±1.3*	0.03±0.1	0.0±0.0
	II	6	39.3	91.5	3.0	5.1	0.0	0.0
		7	40.0	91.6	3.5	4.8	0.0	0.1
8		41.0	92.1	3.2	4.5	0.2	0.1	
	Mean±SD	40.1±0.9	91.7±0.3	3.2±0.3*	4.8±0.3*	0.07±0.1	0.07±0.1	
Control	I	3	41.0	98.2	1.1	0.7	0.0	0.0
		4	39.6	98.8	0.5	0.6	0.1	0.0
		5	39.9	97.4	0.7	1.9	0.0	0.0
		Mean±SD	40.2±0.7	98.1±0.7	0.8±0.3	1.1±0.7	0.03±0.0	0.0±0.0
	II	6	41.5	89.7	2.6	7.5	0.1	0.0
		7	40.0	97.4	2.3	3.0	0.1	0.1
8		40.1	95.0	2.1	2.5	0.2	0.1	
	Mean±SD	40.5±0.8	94.0±3.9	2.3±0.3	3.0±0.5	0.1±0.1	0.1±0.1	

Values are means of three replicates. NP: Rice grown with no pesticides, LP: Rice grown with less pesticides, Control: a high quality rice stored at 5℃. *For two storage phases I and II, mean values of tunnel rices were compared with the values of control rice using the t-test. The statistical significance was confirmed at p<0.05.

연구결과들이 입증하고 있다. 터널 저장 쌀의 물성을 관찰한 결과를 Table 1에 나타내었다. 백도(whiteness)는 NP의 저장전기 값이 대조군에 비해 유의적인 차이가 나타났으나($p < 0.05$) 그 외 대부분의 백도값이 40 정도를 나타내었으며 군간의 유의성은 없었다. 백도는 쌀의 등급을 분류하는 데 있어 중요한 지표로 사용되며 저장기간이 경과함에 따라 일반적으로 감소한다. Kim DC(Kim DC 2002)는 밥맛에 좋은 영향을 주는 백도의 기준은 38 이상은 되어야 한다고 제안하였고, Choi YH 등(Choi YH 등 2008)은 동진벼와 호진벼 모두 다 상온저장에 비해 저온저장 시($13 \pm 2^\circ\text{C}$) 백도 38 이상을 유지하는 기간이 모두 약 2배가량 연장되었다는 연구결과가 보고되었다. 본 실험에 사용된 페터널 저장쌀은 실험 전 기간에 걸쳐 백도값이 38 이상을 유지하였으므로 페터널 장기저장은 밥맛에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 완전미(wholeness) 비율은 쌀의 기준등급을 결정하는 가장 중요한 요소의 하나이다. 우리나라의 경우 특품일 경우 완전미 비율이 95.8~90% 이상, 상품은 91.5~85% 이상, 보통은 91.5~85% 미만으로 규격을 정하고 있다(농진청, 2006). 앞의 농진청 자료에 의하면 일본의 경우 최고급 쌀의 완전미 비율은 93.2%이고 우리나라 최고급 브랜드 쌀의 하나인 탑 라이스는 95% 이상을 유지하고 있다. 터널 저장 쌀의 경우 시료 간에 약간의 차이를 보이고 있으나 완전미 비율은 평균 92.97 ± 2.52 를 나타내어 전체적으로 2004년 우리나라 평균 완전미 비율인 86.8%를 크게 상회하고 있고, 일본의 기준인 93.2%에 근사한 값을 나타내었다. 한편, 대조군은 평균 $96.08 \pm 3.09\%$ 의 완전미 비율을 나타내어 매우 품질이 우수함을 알 수 있었다(Table 1). LP의 저장 전기의 완전미 비율은 $92.9 \pm 1.9\%$ 로 대조군의 $98.1 \pm 0.7\%$ 에 비해 낮게 나타났으나 그 외는 페터널쌀과 대조군 간에 완전미 비율은 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 특히, 저장 전기와 후기의 완전미 비율을 비교하였을 때, 대조군이 저장전기에 비해 저장후기에 완전미 비율이 크게 감소한 데 비해 페터널 저장쌀은 완전미 비율의 감소율이 낮게 나타나서 장기간 저장 시 페터널 저장의 장점이 더욱 부각될 수 있을 것으로 보인다. Choi YH 등(Choi YH 등 2008)은 14종의 현미에 대해 저장 온도별 쌀과 밥의 품질변화를 관찰하였는데 15°C 저장조건이 35°C 저장에 비해 현미의 배아활성정도, 도정된 백미의 완전미 비율이 높았고 쌀밥의 윤기 또한 높게 나타났으며 밥의 색도, 경도, 소화점도 등은 낮아 전체적으로 밥맛의 품질이 더 우수하였다고 보고하였다. 본 연구에 사용된 페터널의 내부온도는 Choi YH 등의 실험조건과 유사한 온도를 유지하였으므로 백도, 완전미 등의 비율 또한 유사한 경향을 나타낸 것으로 보인다. 분상질미(Table 1, chalky rice)는 저장 전기에는 대조군에 비해 차이가 나타나지 않았으나 저장후기에는 NP, LP 모두

대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 파쇄미(broken rice)는 NP는 대조군에 비해 차이가 나타나지 않았고 LP는 저장 전기 및 후기 모두 대조군에 비해 높게 나타났다. 페터널 저장쌀(NP, LP)이 대조군에 비해 분상질미와 파쇄미가 높게 나타난 것은 터널 내 낮은 습도로 인한 벼의 수분함량의 감소와 관련이 있을 것으로 추정된다(Fig. 2, Table 1). 손상미(damaged rice)와 변색미(colored rice) 비율은 군 간의 유의성이 관찰되지 않았다. 다만, 저장 후기에 있어 NP, LP 모두 변색미 비율이 소량 증가한 것은 장기저장에 따른 물리적인 변화로 보인다. 이는 Chrastil 등(Chrastil 등 1990)이 쌀가루 저장 시 색도가 크게 증가하였다는 결과와도 일치하는 패턴으로 보인다.

이상에서 살펴본 물리적 특성으로 볼 때, 페터널 저장 쌀은 품질특성이 우수하다고 알려진 대조군 쌀에 비해 물리적 특성들이 크게 뒤떨어지지 않는 것으로 나타났다. 다만 저장 전기(3~5월)의 습도가 너무 낮아 물리적 특성에 나쁜 영향을 미친 것으로 여겨지므로 일정한 온습도를 유지할 수 있는 조건을 설정한다면 페터널은 양곡의 저장창고로서 그 가능성이 더욱 높아질 것으로 보인다.

4. 저장 기간에 따른 쌀의 이화학적 특성

벼의 저장 중 이화학적 및 기능적 성질은 상당히 변화하고 온도 및 습도의 영향을 크게 받음은 앞에서 지적한 바 있다. 쌀의 식미를 나타내는 화학적 요소로는 단백질과 아밀로스, 수분량 및 마그네슘, 칼륨 등의 무기질 함량이 있다. 터널 내 저장 기간에 따른 쌀의 성분특성 및 식미치의 변화를 관찰한 결과를 Table 2에 나타내었다. NP와 LP의 저장 전기 및 후기의 평균치들을 대조군의 전기 및 후기 평균값과 비교한 결과 페터널 저장 쌀의 이화학적 특성과 대조군인 5°C 이온쌀 간에는 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 쌀은 단백질 함량이 높으면 영양 면에서는 우수하나 취반, 가공이용 관점에서는 색깔의 변화뿐만 아니라 흡습성, 전분의 호화 및 팽화가 억제되기 때문에 단백질 함량이 적은 쌀이 밥맛에서는 우수하다고 알려져 있다(Hamaker와 Griffin 1991, Lee JH 등 2001).

본 실험에 사용된 무농약쌀(NP)과 저농약쌀(LP)의 단백질 함량은 6.1~7.5%의 범위에 있었고, 전체 평균은 6.83 ± 0.50 로 나타났다. 쌀의 단백질 함량은 저장 중 크게 변화하지 않으나 용해도는 약간 감소하는 것으로 밝혀져 있다(Barber 1972). 단백질함량은 밥의 점착성과 관련되어 있으므로 밥맛과 매우 밀접한 관련이 있다고 한다(Juliano 1985). 농진청 자료에 의하면 일본의 경우 최고급 벼의 단백질함량은 6.4% 이하, 고급 벼 7.0%, 일반 벼의 경우 7.6%로 기준을 정하고 있고 국내 유통되는 고품격 쌀의 하나인 탑 라이스의 경우 6.5% 이하의 기준을 설정하고 있다(농진청 2008). 본 실험에서 페터널 저

Table 2. Changes of characteristics of tunnel-stored rices and PN rice of high quality during eight months of storage

Types	Storage phase(months)		physicochemical properties of rice grain(%)			
	Phase	Mon	Protein	Amylose	Moisture	palatability
T1(NP)	I	3	6.3	14.2	13.6	72.0
		4	6.1	17.1	13.7	73.0
		5	6.9	11.7	13.8	69.0
		Mean±SD	6.4±0.4	14.3±2.7	13.7±0.1	71.3±2.1
	II	6	7.3	11.1	14.2	68.0
		7	7.4	13.5	14.5	67.0
		8	6.7	15.3	14.0	65.0
		Mean±SD	7.1±0.4	13.3±2.1	14.2±0.3	66.7±1.5
T2(LP)	I	3	6.5	16.3	13.8	72.0
		4	6.2	17.2	13.7	73.0
		5	6.7	15.6	14.2	70.0
		Mean±SD	6.5±0.3	16.4±0.8	13.9±0.3	71.7±1.5
	II	6	7.0	14.6	14.0	68.0
		7	7.4	14.0	14.0	66.0
		8	7.5	12.2	13.8	65.0
		Mean±S.D	7.30±0.3	13.6±1.3	13.9±0.1	66.3±1.5
Control	I	3	5.5	19.4	14.8	78
		4	6.3	17.3	14.2	73
		5	6.4	14.5	13.6	71
		Mean±S.D	6.1±0.5	17.1±2.5	14.2±0.6	74.0±3.6
	II	6	6.4	14.5	14.0	74
		7	7.3	15.1	14.0	67
		8	7.4	12.3	13.8	66
		Mean±S.D	6.9±0.5	14.0±1.5	13.9±0.1	69.0±4.4

Values are means of three replicates. NP: Rice grown with no pesticides, LP: Rice grown with less pesticides, Control: a high quality rice stored at 5°C. *For two storage phases I and II, mean values of tunnel rices were compared with the values of control rice using the t-test. The statistical significance was confirmed at p<0.05.

장쌀의 평균 단백질함량은 일본 고급 벼의 범주에 속하는 것으로 나타났다.

한편, 페터널 저장쌀의 총 저장기간 동안 평균 아미로스 함량은 14.40±2.02였으며 범위는 11.1~17.2로 넓게 나타났다. 아미로스 함량은 밥맛과 가공특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 밝혀져 있다(Zhout 등 2002). 페터널에 저장한 벼의 아미로스 함량이 크게 차이가 나는 것은 벼의 생육조건이나 환경에 따른 차이에 기인한다고 사료된다.

벼의 수분 함량도 밥맛을 결정짓는 매우 중요한 요인으로서 벼의 적정 수분 함량이 15.0%, 도정을 위한 적정 수분함량이 15.8% 정도가 최적인 것으로 알려져 있다(Ihen 1971). 일반적으로 벼나 쌀의 저장기간이 증가할수록 물 결합능력이 감소하는데 이는 저장에 따른 수분함량의 감소와 더불어 단백질과 지방 성분들이 증가함으로써 물과의 결합력을 방해하는 것으로 알려져 있다(Webb

1980). 페터널 저장쌀의 수분함량은 13.6~14.5의 범위를 나타내었고 평균 13.94±0.26으로서 적정 수분량보다 낮은 것으로 나타났다. Lee JH 등(Lee JH 등 2001)의 실험에서 벼와 쌀의 형태로 4°C에서 1년간 저장한 시점에서 수분함량이 15.9%로 나타난 것과 비교해 볼 때 본 실험에 사용된 터널쌀과 대조군쌀은 모두 수분함량이 상대적으로 낮은 것으로 드러났다. 터널쌀들의 저장전기의 수분함량은 대조군에 비해 비교적 낮았으나 저장 후기에는 그다지 차이가 나타나지 않았다. 주목할 점은 저장기간이 경과함에도 불구하고 저장후기의 쌀의 수분함량이 그다지 변하지 않았다는 점인데 이는 터널 내 습도가 저장 전기 동안 상대적으로 낮고 저장 후기에는 높게 유지되었기 때문으로 사료된다.

식미치는 저장전기에 NP와 LP에서 각각 71.3±2.1, 71.7±1.5로 나타나 대조군의 저장전기 식미치의 평균값인 74.0±3.6에 비해 큰 차이가 없었으며 저장후기의 식미치는 모

든 군에서 저장전기에 비해 대폭 감소하였으나 실험군과 대조군 간의 유의적인 차이는 입증되지 않았다. 따라서, 페터널은 쌀의 저장고로서의 장점이 매우 높다는 것이 재확인되었다.

다수의 연구에서 드러난 바와 같이 저장온도가 높고 저장기간이 경과할수록 식미치와 백도 등 쌀의 품질특성에 지대한 영향을 주는 인자들에 변화가 나타나므로 저온저장은 쌀의 품질유지에 필수적이라 하겠다.

5. 페터널 저장쌀의 관능적 특성

페터널 저장쌀의 관능적 특성을 평가하기 위하여 페터널 저장쌀과 5°C 이온쌀로 지은 밥의 관능적 특성을 밥의 외관, 조직감 및 향미에 대해 비교하였다. 15인의 패널에 의해 평가가 이루어졌으며 윤기, 노란정도, 밥알의 온전함, 경도, 찰기, 구수한 맛, 구수한 냄새, 산패취, 군내, 전체적 선호도 10항목들에 대해 7점 척도로 평가한 결과를 Table 3에 나타내었다. 평가된 항목 중 윤기, 밥알의 온전함, 찰기 및 구수한 맛 항목들에 있어서는 대조군의 평균값들이 약간 높게 나타났으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 노란 정도와 경도, 산패취와 군내는 터널쌀로 지은 밥이 대조군에 비해 경미한 차이로 높게 나타났으며 통계적 유의성은 없었다. 전체적인 선호도는 대조군(5.2±1.0)이 터널쌀(4.6±0.8) 보다 높게 평가되었으나 t-test 분석 결과 군간의 유의성은 나타나지 않았다.

Lee JH 등(Lee JH 등 2001)은 벼와 백미를 4°C에서 3년간 저온저장하면서 쌀과 쌀밥의 이화학적 특성 및 쌀밥의 관능적 특성 변화를 관찰하였다. 19개 항목에 이르는 포괄적인 관능평가 결과, 저장기간이 경과할수록 밥알

의 온전도는 증가하였으나 윤기, 투명도, 부푼 정도는 감소하였으며, 구수한 향미, 우유향미, 삶은 달걀 흰자 향미 및 단맛은 감소하였으나 산패취, 쌀겨향미 및 젖은 마분지 향미는 증가하였다. 특히 관능적 텍스처 특성과 기계적 텍스처 특성간의 상관관계를 분석함으로써 쌀밥의 관능적 특성의 평가는 기계적인 텍스처 측정보다는 관능검사가 보다 예민한 방법임을 제안하고 있다. 쌀은 보통 수확 후 2~3개월까지 밥맛이 유지되나 저장 6개월 이후부터 경도가 증가되어 밥맛이 저하되며 저장하는 동안 인장강도, 파쇄경도가 증가되어 묵은 쌀로 지은 밥이 햅쌀밥보다 단단하고 끈기가 감소한다. 저장형태 또는 저장온도에 따른 쌀의 품질특성과 밥을 지었을 때의 관능적 특성에 관한 연구는 여러 편 발견된다. So KH 등(So KH 등 2000)은 백미를 정조 상태로 상온저장창고에 4년간 장기보관하면서 시험 때마다 즉시 도정하여 미곡의 관능적 품질특성을 관찰하였는데 입고시점에 비해 저장 1년째에 외관, 냄새, 부착성, 맛, 전반적 선호도 등이 가장 급격하게 감소하였으며 저장 3년 이후에는 관능적 품질이 현저히 저하되었다고 보고하였다. 따라서 쌀은 수확 후 첫 1년 동안 보관조건이 매우 중요하며 상온저장에 의한 품질저하가 급격하므로 저온저장을 통한 품질유지가 필요하다. Han SW 등(Han SW 2006)의 보고에 의하면 정조와 현미 형태로 벼를 보관할 경우 20°C에서 저장시 식미치의 감소가 가장 컸으며 그 다음이 상온저장, 15°C, 10°C 순으로 나타나 경제성을 감안할 때의 최적 저장 온도는 15°C 정도가 된다고 하였다. Kim SK과 Cho EJ(Kim SK와 Cho EJ 1993)는 백미를 30°C에서 저장할 경우 품질유지 기간이 1.3개월인 것에 비해 5°C에 저장하는 것은 3개월로 품질유지 기간이 상승한다는 결과를 보고하였으며 비슷한 결과가 이전 연구에서도 보고된 바 있다. 특히, 30°C 저장은 저장기간이 경과함에 따른 밥의 관능특성이 크게 감소하였으나 5°C 저장 쌀은 변화가 거의 일어나지 않았다. 쌀의 장기보관 장소로 선택한 페터널은 내부 온도가 평균 14.3°C임을 감안할 때 페터널은 장기간 쌀을 저장하더라도 식미치의 감소를 최소화하기에 적합한 환경이라고 사료된다. 쌀밥의 관능적 특성을 평가한 여러 연구를 종합하여 볼 때, 본 실험에서 시도한 페터널은 쌀 저장고로서 그 가치가 크다고 사료된다. 특히, 대조군으로 사용된 5°C 저장쌀은 국내에서 유통되는 고품격 브랜드 쌀의 하나이므로 페터널에 장기 보관된 쌀로 지은 밥이 고급 브랜드 쌀에 견줄 만큼 관능검사 결과치가 양호하게 나타난 것은 8개월간의 페터널 저장이 밥맛의 저하를 초래하지 않았다는 확실한 증거가 될 것으로 보인다.

Table 3. Sensory characteristics of cooked rice for different rice storage conditions

	Sensory Characteristics	Control ^a	Tunnel rice ^b	p-value
Appearance	Glossiness	4.4±1.2	4.0±0.6	0.14
	Yellowness	4.0±0.6	4.8±0.7	0.59
	Grain wholeness	4.8±0.7	4.6±1.4	0.45
Texture	Hardness	3.6±1.0	4.2±1.2	0.37
	Glutinousity	4.4±1.0	3.6±0.8	0.20
Flavor	Pleasant taste	4.8±1.0	4.6±1.4	0.81
	Pleasant smell	4.8±1.2	5.0±1.1	0.82
	Rancidity	1.0±0.6	1.4±0.5	0.70
	Yucky smell	1.0±0.6	1.4±1.0	0.83
Overall	Overall palatability	5.2±1.0	4.6±0.8	0.37

Data are expressed as mean±S.D. a: a high quality rice stored at 5°C, b: NP(Rice grown with no pesticides and stored in a tunnel). Control rice and tunnel rice were cooked after storage of 8 month at 5°C and unused tunnel, respectively.

IV. 요약

본 연구는 페터널의 양곡저장 창고로서의 가능성을 타

진하기 위하여 경남지역에서 수확한 무농약벼(NP) 혹은 저농약벼(LP) 8종을 페터널에 8개월 동안(11월~이듬해 7월) 보관하면서 월 2회 샘플링을 실시하여 10분도미로 도정한 후 쌀의 선도 및 품위특성을 평가하였고 5°C에 저장 유통되는 브랜드 쌀을 양성대조군으로 이용하였다. 페터널 저장쌀의 선도 평가를 위해 peroxidase 활성을 측정한 결과, 저장 후 3~6개월 동안 저장기간의 경과에 따른 선도의 감소가 소폭 나타났다. 단, 남해 무농약벼 및 거창 무농약벼의 peroxidase 활성이 가장 높아 무농약재배 벼의 선도가 저농약벼에 비해 높은 것으로 드러났다. 백도(whiteness)는 NP의 저장전기 값이 대조군에 비해 유의적인 차이가 나타났으나($p < 0.05$) 그 외 대부분의 백도값이 40 정도를 획득하였다. 완전미 비율은 LP의 저장 전기의 값이 $92.9 \pm 1.9\%$ 로 대조군의 $96.08 \pm 3.09\%$ 에 비해 낮게 나타났으나 대조군이 저장전기에 비해 저장후기에 완전미 비율이 크게 감소한 데 비해 페터널 저장 쌀은 완전미 비율의 감소율이 낮게 나타나서 장기간 저장 시 그 장점이 더욱 부각될 것으로 보였다. 분상질미(chalky rice)는 저장 전기에는 대조군에 비해 차이가 나타나지 않았으나 저장후기에는 NP, LP 모두 유의적으로 증가하였다. 파쇄미(broken rice) 비율은 NP와 대조군간에는 차이가 나타나지 않았고 LP는 저장 전기 및 후기 모두 대조군에 비해 높게 나타났다. 손상미(damaged rice)와 변색미(colored rice)비율은 군간의 유의성이 관찰되지 않았다. 이화학적 특성에 있어, NP와 LP의 단백질 함량은 7.1%, 7.3%로 나타났으며 페터널 저장쌀의 아밀로스 함량은 11.1~17.2로서 벼의 생육조건이나 환경에 따라 아밀로스 함량이 크게 차이가 남을 알 수 있었다. 페터널 저장벼의 평균 수분함량은 $13.94 \pm 0.26\%$ 로 적정 수분량보다 낮았으며 저장전기의 수분함량은 대조군에 비해 비교적 낮았으나 저장 후기에는 그다지 차이가 나타나지 않았다. 식미치는 저장전기에 NP와 LP에서 각각 71.3 ± 2.1 , 71.7 ± 1.5 로 나타나 대조군의 74.0 ± 3.6 에 비해 큰 차이가 없었으며 저장후기의 식미치는 모든 군에서 저장전기에 비해 대폭 감소하였으나 실험군과 대조군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 페터널 저장쌀과 5°C 이온쌀로 지은 밥의 외관, 조직감 및 향미에 대해 비교한 결과, 윤기, 밥알의 온전함, 찰기 및 구수한 맛은 대조군의 평균값들이 약간 높게 나타났다. 한편, 노란 정도와 경도, 산패취와 군내는 터널쌀로 지은 밥이 대조군에 비해 경미한 차이로 높게 나타났다. 끝으로 전체적인 선호도는 대조군(5.2 ± 1.0)이 터널쌀(4.6 ± 0.8) 보다 높았으나 10개의 전 항목에 있어 통계적 유의성이 나타난 항목은 없었다. 끝으로, 고온다습한 여름을 보내는 한국 실정에 있어서 페터널이라는 환경은 내부 온도 및 습도가 쌀 저장에 유리하게 유지되는 특성이 있었으며, 본 연구가 장기간 페터널 보관쌀의 품위특성을 보고하는 첫 사례임을 감안

할 때 이후 기관 및 학계의 폭넓은 관심이 요구된다.

V. 감사의 글

본 연구는 2000년도 인제연구장학재단의 연구비 지원으로 수행되었으며 연구비를 지원해주신 인제연구장학재단에 감사드립니다.

참고문헌

- 농진청. 2006. 쌀품질향상대책추진 및 탐라이스 보도자료 모음집 통계청 2008. 도로교량 및 터널현황
- Barber S. 1972. Milled rice and changes during ageing. In 'Rice: chemistry and technology', 1st ed.(D.F. Houston ed), AACC. St Paul. MN, USA. pp. 215-263
- Champagne ET, Richard OA, Bett KL, Grimm CC, Vinyard BT, Webb BD, McClung AM, Barton FE, Lyon BG, Moldenhauer K, Linscombe S, Mohindra R, Kohlwey D. 1996. Quality evaluation of US medium grain rice using a Japanese taste analyzer. Cereal Chem 73:290-294
- Choi YH, Kim SL, Jeong EG, Song J, Kim JT, Kim JH, Lee CG. 2008. Effects of low-temperature storage of brown rice on rice and cooked rice quality. Korean J Crop Sci 53:179-186
- Chrastil J. 1990. Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperatures. J Agric Food Chem 11:71-85
- Dhaliwal YS, Sekhon KS, Nagi HPS. 1991. Enzymatic activities and rheological properties of stored rice. Cereal Chem 68: 18-21
- Hamaker BR and Griffin VK. 1991. Potential influence of a starch granule associated protein on cooked rice stickiness, J Food Sci 56:1327-1329
- Han SW, Cho YC, Lee JH. 2006. Palatability of paddy rice as affected by storage conditions and temperature. Korean J Crop Sci 51:398-399
- Ihen, H. 1971. New knowledge on grain cooling, Muehle 108: 679-681
- Juliano BO. 1985. Criteria and test for rice grain qualities. In 'Rice chemistry and technology', (Juliano BO ed.), AACC. St Paul. MN, USA. pp. 443-524
- Kim DC. 2002. Post harvest technology for high quality rice. Food Preservation and processing industry 1:35-43
- Kim SK, Cho EJ. 1993. Effects of storage temperatures on the physicochemical properties of milled rice. J Korean Agric Chem Soc 36:146-153
- Kwon SJ, Song EJ, Kwon YR, Choi DC, Choi YG, Kwon TO. 2006. The rice quality and chemical characteristics affected by moisture content and drying delay time after harvest in rice. Korean J Crop Sci 51:35-41
- Lee JH, Kim SS, Suh DS, Kim KO. 2001. Effects of storage form and period of refrigerated rice on sensory properties of

- cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 33:427-436
- Lehman ZU. 2006. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. *Food Chem* 95:53-57
- Matsukura U, Kaneko S, Momma M. 2000. Method for measuring the freshness of individual rice grains by means of a color reaction of catalase activity. *J Japanese Soc Food Sci Tech* 47(7):523-528
- Park HO, Kim KH, Yoon S. 1990. A study of characteristics of pectinesterase, polygalacturonase and peroxidase in Kimchi materials. *Korean J Dietary Culture* 5:443-448
- Perez CM, Juliano BO. 1981. Texture changes and storage of rice. *J Texture Studies* 12:321-333
- So KH, Kim YS, Hong JS, Jeong JY, Cho CM. 2000. Characteristic of the rice quality with long-term storage of paddy. *Korean J Food Nutr* 13:21-27
- Villareal RM, Resurreccion AP, Suzuki LB, Juliano BO. 1976. Changes in physicochemical properties of rice during storage. *Starch* 28(3):88-94
- Webb BD. 1980. Rice quality and grades. In 'Rice: Production and utilization', Luh BS(ed), Avi Publication Company, Inc, Westport, Connecticut, USA pp. 343-565
- Yelandur M, Indudhara S, Chakrabhavi MS, Bhattacharya KR. 1978. Changes in the physicochemical properties of rice with aging. *J Sci Food Agric* 29(7):627-639
- Zhout Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. 2002. Aging of stored Rice: Changes in chemical and physical attributes. *J Cereal Sci* 35:65-78

2010년 4월 1일 접수; 2010년 4월 18일 심사(수정); 2010년 4월 18일 채택