사업구분 : 경상기본	Code 구분 : LS0103	벼 (전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자 및 참여연구원(☎)
경기미 품질향상 연구	**'03～'04**	**경기도원 작물연구과 김희동(229-5760)**
쌀 품질 유지를 위한 저장방법 확립 연구	'03～'04	경기도원 작물연구과 한상욱(229-5775) (참여연구원) 조영철, 이원우, 채제천
색인용어	벼, 쌀, 저장, 품질, 식미	

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the palatability of rice during the storage periods at different storage conditions. In long-term storage(10 months) of paddy and brown rices, storage temperatures tested were 10℃, 15℃, 20℃ and ambient temperature. In another experiment for short-term storage(1～2 months), milled rice was stored at 5℃, 15℃, and room temperature conditions(living room and storage room) of ordinary apartment in spring, summer and fall seasons, respectively. Palatability value during the storage was measured by MA-30A(Toyo, Japan) every month for the long-term storage experiment and every 5 days for the short-term storage experiment.

Palatability value of brown rice was not significantly different from paddy rice at low temperature storage but it was lower compared to that of paddy rice at the ambient temperature storage as storage duration increased. The decrease of palatability value during storage was the highest at the ambient temperature treatment followed by 20℃ storage, but there was no significant difference between 10℃ and 15℃ storage. The relationship between palatability value and storage duration at ambient temperature was established by regression equation of $y=-0.1596X^2+0.5616X+74.633$ with $R^2=0.93$.

In short-term storage of milled rice, palatability value decreased more in summer season than spring or fall seasons. Low temperature storage at 5℃ and 15℃ was significantly more effective for maintaining palatability of stored rice compared to the room temperature storage. And no difference of the decreasing ratio of palatability during storage was found between 5℃ and 15℃ treatments. The palatability value by storage duration of milled rice at room temperature in summer season could be predicted by the linear equation of $y=-0.1298X+63.41$($R^2=0.98$).

Key words : Rice, Palatability, Storage.

1. 연구목표

WTO/FTA 전개에 따른 쌀 수입시장 개방과 국내 식생활 소비문화 패턴 변화로 쌀 산업은 큰 위기에 직면하고 있다. 특히 쌀 소비량이 급감하면서 소비자들은 최근 고품질 쌀에 대한 관심이 높아지면서 수확후 관리기술, 특히 저장조건 개선이 시급한 과제로 대두되고 있다. 쌀은 우리국민의 주식으로 연간 균일하게 소비되기 때문에 연중 균일한 품질의 쌀이 공급되어야 하는데 쌀의 저장조건 및 방법은 품질유지에 매우 중요하다. 벼 저장 중 품질에 영향하는 요인들은 물리적 요인(온도, 습도), 화학적 요인(수분, 산소, 산화), 생리적 요인(호흡, 발열, 효소작용), 생물적 요인(해충, 미생물, 쥐, 새) 및 공학적 요인(수확, 건조, 운반, 도정, 저장) 등을 들 수 있다. 특히 저장조건 중 온도와 습도가 높으면 저곡해충 발생 및 미곡의 양적, 질적 손실이 심할 뿐만 아니라 화학적 변화가 일어나 품질이 떨어진다(손 등, 2003). 김 등(1998)은 저장 중 관능적 품질의 변화는 13℃의 경우는 저장 6개월까지 차이를 나타내지 않았으나 38℃인 경우는 1개월, 상온 저장의 경우는 5개월 만에 상품성이 크게 저하 한다고 하였다. 저장 곡물의 생명력의 지표인 발아율도 1년 후 상온저장에서는 26%, 저온저장에서는 10% 감소되었다(김 등, 2004).

곡물의 품질 변이를 최소화 할 수 있는 저장조건은 곡물의 수분함량을 15% 이하로 유지하고 저장고내 온도를 15℃ 이하, 습도는 70% 이하가 되게 하고, 공기조성은 5~7%, 탄산가스는 3~5%로 유지시키는 것이 안전하다고 하였다(손, 2002). 한편 저장하는 동안 식미저하의 주요인은 완전하게 밝혀지지는 않았지만 지질의 가수분해 및 산화반응으로 인한 유리지방산의 증가, 휘발성 성분인 hexanal의 생성(한 등, 1996; 김 등, 1985), 지방산과 전분의 복합체형성, 아밀로오스의 함량감소, 쌀의 이화학적 성질 변화 등으로 알려져 있다. 쌀에 존재하는 지방질은 저장 중 쉽게 가수 분해나 산화를 일으켜 고미취를 생성하거나 산도 증가에 영향을 미치는데 고미취의 휘발성 주성분인 헥사날(n-Hexanal)은 저장온도가 높고 저장기간이 경과할수록 높아지며(한 등, 1996), 지방산도는 저장기간에 따라 증가되며 조제형태별로는 백미 〉 현미 〉 정조 순으로 증가폭이 크고 상온이 저온보다 높았다(이 등, 1997; 김 2004).

밥의 저장 중 맛과 품질의 변화에는 쌀 구성성분의 80%를 차지하는 전분이 끼치는 영향이 매우 커서 물을 가하여 가열하면 호화가 이루어지고 이때 물리적 변화가 일어난다. 고 등(1995)에 의하면 쌀 전분의 팽윤력, 용해도, 광 투과도, 요오드반응 및 총 아밀로오스 함량은 저장기간이 길고, 저온적습에서 보다 고온다습에서 저장하였을 때 낮은 경향이라고 하였다. 김 등(2004)은 RPC 저장벼의 시기별 품질조사에서 수분, 아밀로스함량, 백도가 4월 이후부터 떨어지기 시작하였고, 밥의 모양, 찰기, 냄새, 질감, 밥맛 모두 감소하였으며 식미치 또한 2월의 64.6에서 5~8월의 60.3~62.0로 감소한다고 보고하였다.

쌀의 식미는 훈련된 패널을 통하여 밥의 외관, 냄새와 맛, 조직감 등을 직접 평가하는 방법을 이용하여 왔으나 패널구성과 훈련 등 많은 시간과 노력이 필요로 하는 단점이 있다. 그 대안으로 비파괴 근적외분광분석법인 식미측정기가 개발되어 이용되고 있으며, 식

미측정기에 의한 식미치는 관능검사치와 유의한 정의 상관을 보이며 R^2의 값이 0.7~0.85로 상당히 높은 것으로 보고되고 있다(신, 1998; 송과 최, 1998; Takashi 등, 2000, 채 등, 2004).

저장 중 쌀의 품질변화에 대해서는 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔으나 식미에 관한 연구는 아직도 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 정조, 현미 형태로 10개월간의 장기저장과 유통 중 품질 변화상태 조사를 위해 백미 저장형태로는 계절별 1~2개월간의 단지저장 기간동안 상온 및 저온 저장시 식미치를 중심으로 식미 변화를 구명하고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

〈시험 1〉 미질 유지를 위한 저장방법 개선 연구

본 시험은 2003과 2004년에 경기도농업기술원 벼 시험포장에서 적기 수확한 추청벼, 일품벼, 고시히카리를 각각 수분함량이 15% 전후가 되도록 양건하여 품종별로 현미와 정조 상태로 40kg씩 PP포대에 담아 각 처리별 3포대씩 저장시료를 준비하였다. 2003년에는 준비된 정조를 농업기술원 곡물창고에 두었다가 월동 후 대기 평균기온이 10℃이상 되기 이전인 4월 5일에 각각 10℃, 15℃, 20℃의 저온저장고 및 상온저장고(곡물창고)에 저장하였으며, 2004년도의 경우에는 수확된 당년 12월 10일부터 2003년과 동일한 저장처리 조건으로 저장하였다. 저장고와 저장곡물의 온도와 습도를 측정하기 위하여 소형 온습도 자동기록계(HOBO H8-007-02, USA)를 사용하여 1시간 단위로 측정하여 최고, 평균, 최저 온도와 습도를 조사하였다. 품질 분석은 저장처리 직전과 그후 1개월 간격으로 처리별 저장고로부터 1kg씩 샘플을 채취하여 실시하였다.

〈시험 2〉 도정후 쌀 저장방법별 미질변이 구명

도정후 쌀 저장에 따른 미질특성을 구명코자 상온통풍저장고에 저장되어 있는 추청벼와 일품벼를 화성시 조암농협 RPC로부터 저장 시기별로 구입하여 10분도로 도정한 쌀을 이용하였다. 쌀 저장은 계절별로 춘계(4월 2일~5월 2일), 하계(7월 16일~9월 16일), 추계(9월 10일~10월 11일)로 나누어 3회 실시하였으며, 저장조건은 5℃, 15℃의 저온저장과 상온실내(아파트 거실조건), 상온실외(아파트 다용도실 조건)저장 등 4처리를 두었다. 쌀 포대 크기는 각 처리별로 5, 10, 20kg의 3수준으로 하였으며, 시험구 배치는 저장온도별 완전임의배치 3반복으로 하였다. 품질 분석을 위한 시료는 5일 간격으로 샘플을 채취하여 즉시 조사하였다.

시험 1과 2에서 품질관련 특성 중 완전립 비율은 광학적 방법으로 현미 및 백미의 형태를 분류할 수 있는 Single grain inspector(RN-500, Kett, Japan)를 사용하여 500립씩 측정하였고, 수분함량은 단립수분측정기(PQ-510, Kett, Japan)를 이용하였다. 저장기간에

따른 식미 변화를 주기적으로 조사하기 위하여 기계적 분석이 가능한 식미치 조사는 현재 일본에서 많이 사용되고 있는 식미검정기인 일본 Toyo사의 미도메타(MA-30A)와 Satake사의 취반식미계(STA1A)를 이용하였다. 미도메타는 쌀을 일정한 조건에서 호화시켜 밥알 표면의 보수막 특성을 근적외선으로 측정하여 밥맛을 간접 측정하는 기기로써 33g의 백미시료를 전용 고정틀 안에 준비한 후 호화용기에 넣은 다음 수온 80℃의 수조에서 12분간 호화시킨 후 2분간 뜸을 들여 식미치 값을 얻었다. 취반식미계는 백미 30g을 30분간 침지한 후 중량비 1.3배로 물을 넣어 약 25분간 취반하여 10분간 뜸을 들인 후 20분간 냉각된 8g의 밥을 측정용기에 담아 근적외선 식미측정 장치에 넣어 식미치를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

<시험 1> 미질유지를 위한 저장방법 개선 연구

가. 저장기간 중 온·습도 변화

벼는 도정 전까지 장기간 저장을 위하여 벼 또는 현미상태로 저장하게 되는데 이 경우 생명력이 살아 있어 저장환경의 영향을 크게 받으며, 온도와 습도는 쌀 품질에 영향하는 중요 요인으로 지적되고 있다. 그림 1은 저장기간 동안 각각의 저장방법별 저장고내 온도 조사결과를 나타내었다. 자동온도조절 장치가 설치된 저온저장고 내의 일평균온도는 저온저장 처리온도인 10, 15, 20℃로부터 ±1℃내에서 유지되었다. 상온저장 처리에 있어서는 평균기온이 외부온도의 변화에 따라 저장고내의 온도변화도 같은 경향이었다. 온도변화 정도는 여름에 비해 환절기인 봄과 가을에 크게 나타났고, 7~8월경에는 평균기온이 25~30℃의 가장 높은 온도 분포를 보였으며 2003년에 비해 2004년에서 높은 경향이었다. 저장고내의 온도나 습도가 높을 경우 호흡에 의한 양적 및 질적 손실이 발생하고, 화학적 변화가 심하게 일어나며 저곡해충과 미생물 발생이 조장되기 때문에 온·습도의 변화가 심하거나 높게 유지될 경우 품질유지에 악영향을 미친다고 하였다(손, 2002).

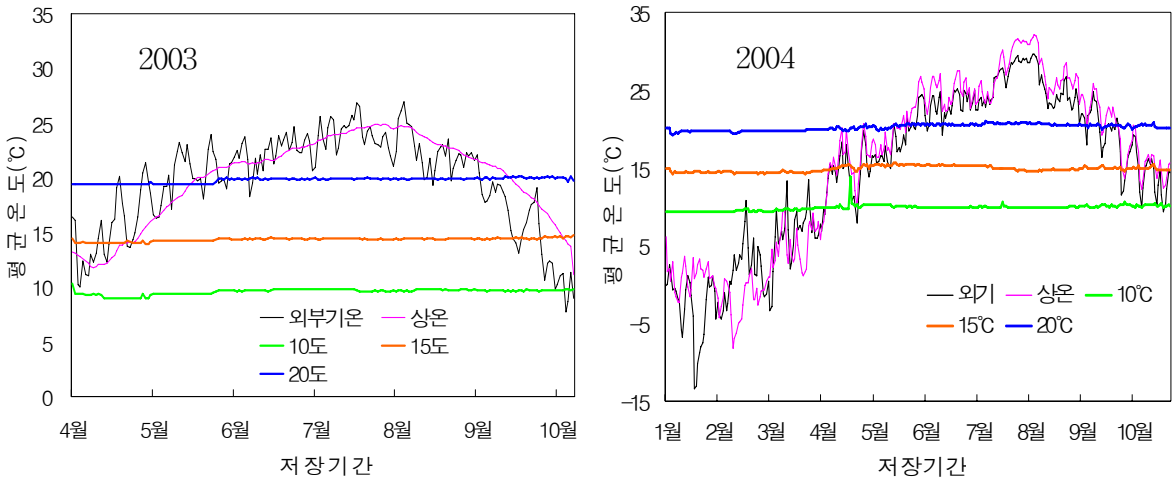

그림 1. 저장방법별 저장기간 중 저장고내 평균온도 변화

저장고내 습도는 저장 곡물의 품질 및 밥맛 변화를 최소화하기 위해서는 저장고내 습도를 70% 이하로 유지하는 것이 좋은 것으로 보고되어 왔다(손, 2002). 본 시험에서 저장고내 상대습도는 그림 2와 같이 저장방법별 저장기간에 따라 큰 차이를 나타냈는데 저장고내의 습도변화는 외부습도 변화 정도보다 훨씬 적게 나타났고 상온저장 처리에서 가장 큰 폭의 변화를 보였다. 2003년에는 20℃의 저장처리에서 가장 낮은 50~60%, 10℃의 처리에서 가장 높은 80~90%의 습도를 보였으나, 2004년에는 저장온도가 낮을수록 낮은 습도를 보여 연도별로 상이한 결과가 나타나 저장 중 품질변화의 주요 요인인 저장고내 습도 변화에 대하여 추후 면밀한 검토가 필요할 것으로 생각되었다.

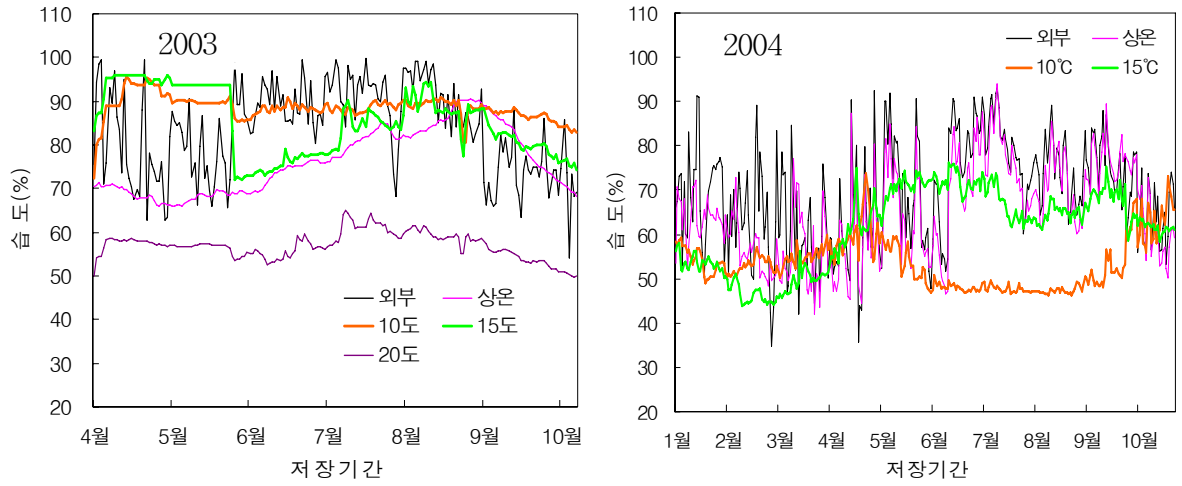

그림 2. 저장방법별 저장기간 중 저장고내 평균습도 변화

나. 저장기간 중 저장 곡물의 수분함량 변화

벼의 수분함량은 저장성은 물론 도정 특성이나 밥의 식미와 밀접한 관계가 있다. 수분함량이 높으면 미생물 번식이 용이하고 내부 성분의 이동과 효소작용이 활발해져 미질의 변화가 쉽게 되어 저장성을 떨어뜨리고 반대로 수분함량이 너무 낮으면 도정시 동할미가 발생하기 쉽고 취사시 수분흡수에 영향을 주어 밥맛을 떨어지게 한다(최 등, 1996, 최 등 2004). 본 시험에서 저장기간 중 벼의 수분함량 변화는 그림 3에서와 같이 20℃의 저장조건에서 수분 12~15%의 범위로 가장 큰 변화를 보였는데 이는 온도유지를 위하여 외부기온이 낮은 기간동안 가온장치가 가동됨으로써 수분저하가 발생된 현상으로 판단되었고, 15℃보다 10℃의 저장온도에서 비교적 적은 변화를 보였다. 상온저장에서도 벼 수분함량의 변화가 적어 10℃ 저장온도 조건에서의 변화와 유사한 경향을 나타냈는데 채 등(2004)이 저장온도를 달리한 연구보고에서도 저장 중 벼의 수분감소는 10℃ 〈 15℃ 〈 20℃ 순으로 크게 나타나 본 연구결과와 같은 경향이었다.

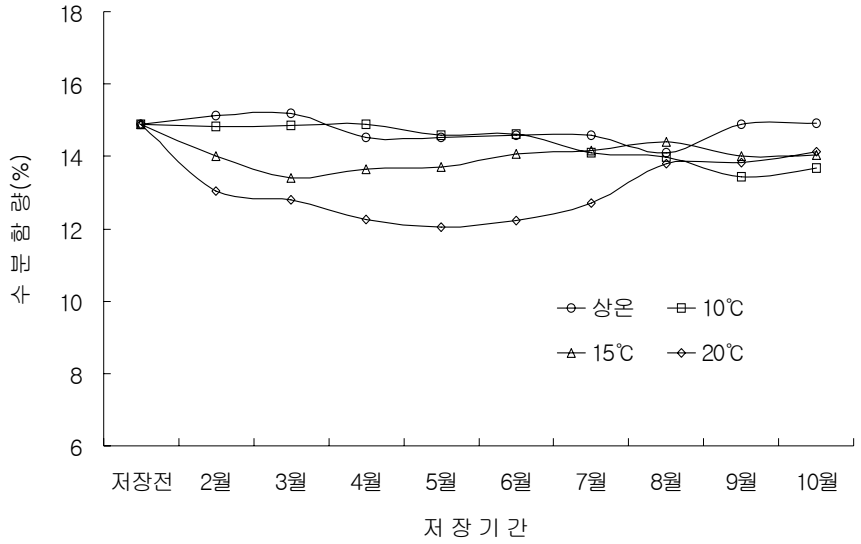

그림 3. 저장온도별 저장기간 중 저장 곡물의 수분함량 변화

다. 저장기간에 따른 기계적 식미치 변화

저장기간 중 쌀의 식미 변화를 측정하기 위하여 많은 시간과 노력이 드는 관능검사를 대신하여 식미 정도를 기계적 식미치로 나타낼 수 있는 식미계(STA1A, Satake, Japan)를 이용하여 저장기간 중 식미치의 변화를 조사한 결과는 그림 4와 같다. 저장형태에 따른 식미치 변화를 볼 때 2003년과 2004년 시험 모두 정조와 현미저장 간에 차이가 없는 것으로 나타났고 저장기간 중 식미치의 변화는 2차회기식의 결정계수인 R^2값이 0.84~0.98로 높은 설명도를 나타내었다. 그러나 상온 저장시 식미치의 변화는 그림 5와 같이 2003년과 2004년 모두 정조저장보다는 현미저장 형태에서 식미치의 감소가 현저 하였다. 4월부터 저장처리가 시작된 2003년에는 7월부터, 12월부터 저장이 시작된 2004년 시험에

서는 6월부터 정조저장과 현미저장간의 식미치 차이를 보이기 시작하였다. 이러한 결과를 볼 때 상온저장에서는 현미저장 보다는 정조저장이 식미 유지에 유리하며, 저온저장에서는 현미저장으로 하여 저장 곡물의 부피를 줄여 줌으로써 저장능력을 극대화하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

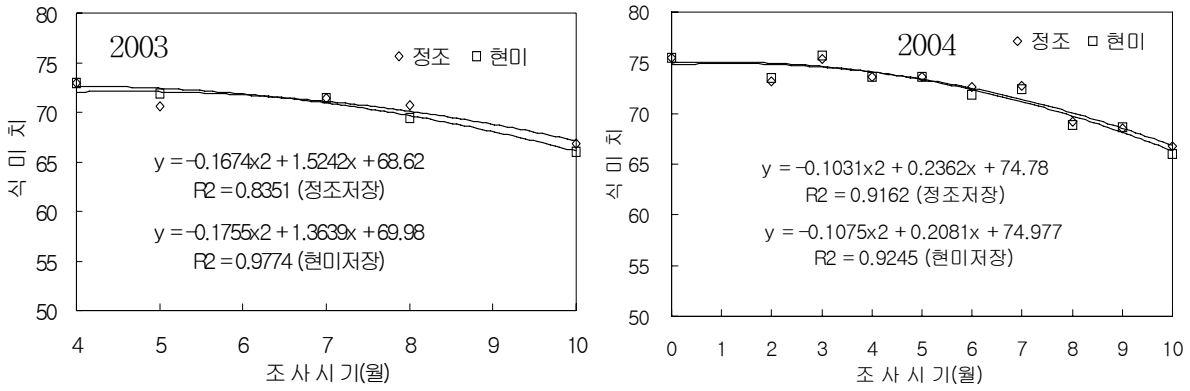

그림 4. 저장기간 중 저장형태에 따른 식미치 변화

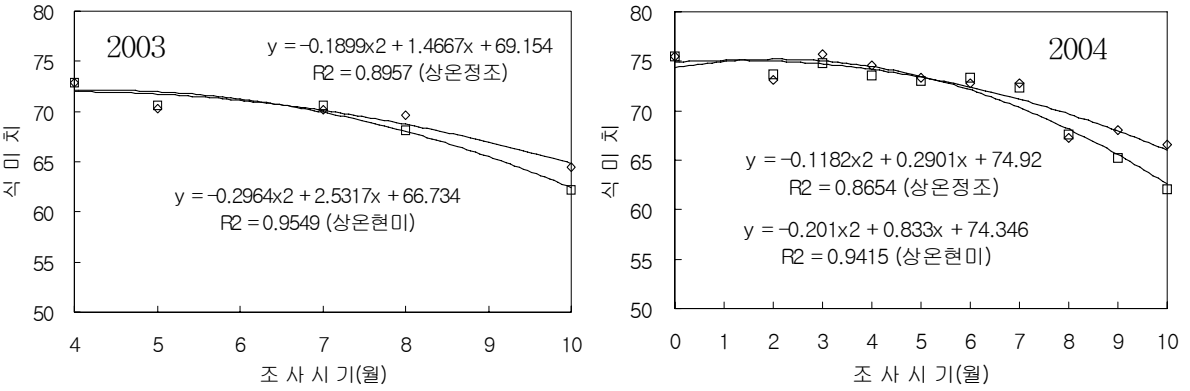

그림 5. 상온저장시 저장형태에 따른 식미치 변화

저장온도별 저장기간 중 식미치 변화는 그림 6과 같이 4월부터 저장처리가 시작된 2003년 시험에서 상온저장이 가장 식미치의 저하가 많았고 그 다음으로 20℃, 15℃, 10℃ 순으로 나타나 저장온도가 낮을수록 식미치의 저하가 적었다. 20℃ 저장의 경우는 상온저장과 유사한 식미치 변화를 보여 식미유지 효과가 적으므로 벼 저장온도로는 부적합할 것으로 판단되었고, 식미치 저하는 6월 이후부터 크게 나타나기 시작하였다. 그러나 10℃ 저장과 15℃ 저장온도 비교에서는 식미치 변화정도가 큰 차이를 보이지 않아 에너지 비용을 고려할 때 벼의 적정 저장온도조건은 15℃정도가 좋을 것으로 판단되었다.

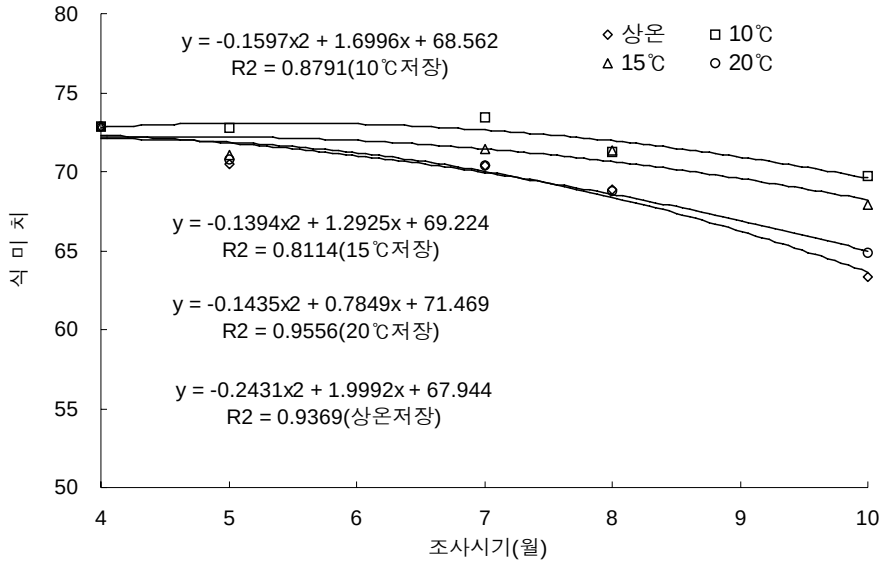

그림 6. 저장기간 중 식미치 변화(2003)

수확 후 당년 12월부터 저장처리가 시작된 2004년 실험결과에서도 저장방법별 식미치는 2003년과 유사한 변화를 보였다. 다만 20℃저장은 그림 7과 같이 상온저장에 비해 식미치의 저하가 빠르게 진행되어 식미유지를 위한 저장효과를 기대할 수 없었으며, 상온저장에서의 식미치 감소는 1차회귀식 $y=-0.1596X^2+0.5616X+74.633$이었고 이때의 R^2의 값은 0.93으로 높게 나타났다. 20℃ 저장이 상온저장에 비해 식미치의 저하가 저장 초기부터 심했던 이유는 상온저장이 겨울동안 낮은 온도에서 경과되는 것에 반해 같은기간 중 20℃의 높은 온도조건으로 경과되었기 때문으로 생각된다. 상온저장에서 나타난 식미치의 변화를 통해 본 12월부터 3월말까지 동계기간 중 식미치의 감소 정도는 1%이하로 나타나 저온저장의 필요성이 없는 것으로 확인 되었으나 4월부터 감소하기 시작하여 10월 조사에서는 저장전 기계 식미치 대비 13.8%의 감소율을 보여 장기저장 벼의 식미 유지를 위해서는 4월부터 15℃이하의 저온저장이 필요할 것으로 판단되었다. 김 등(2004)의 보고에서도 미곡종합처리장에 저장된 벼의 식미치가 2월에 64.6에서 8월에는 60.3으로 6.7%의 감소율을 보여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

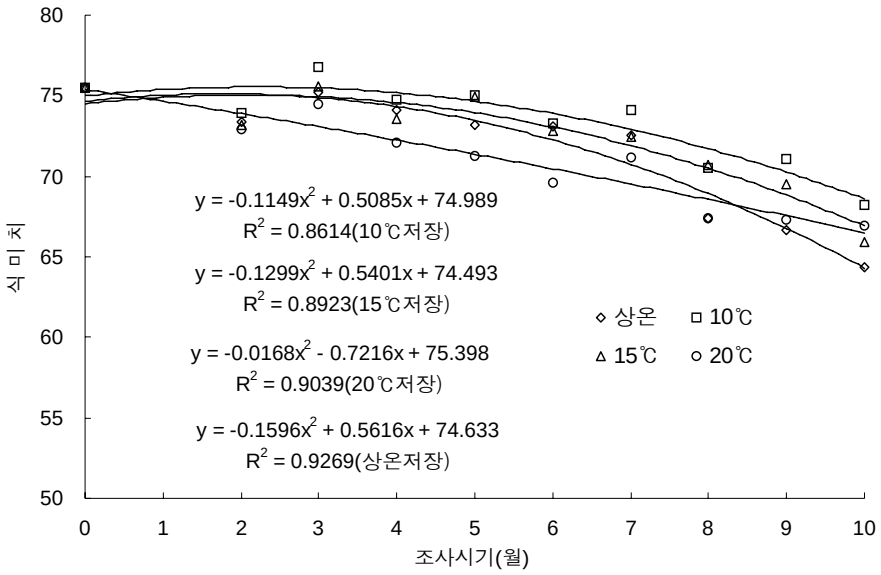

그림 7. 저장방법별 저장기간 중 식미치 변화(2004)

라. 저장기간 중 완전미율 변화

현미로 상온 저장시 완전미율 변화를 조사한 결과 그림 8에 나타난 바와 같이 저장기간이 길어질수록 현미의 완전미율이 감소하였으며, 이는 피해립(변형립)의 증가로 기인한 것으로 조사되었다. 또한 육안으로 관찰하였을 경우에도 상온에 저장된 현미의 표면이 저장전과 비교하여 탈색 및 변형이 많이 나타났으나 도정후의 백미 상태로 관찰하였을 때에는 저온저장처리와 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 완전미율은 품종별로는 일품벼에서 가장 낮았고 추청벼에서 높았으나 완전미율 감소정도는 품종간 유사한 결과를 보였다. 저곡해충의 발생에 있어서는 정조 형태로 저장시에는 상온저장을 포함한 모든 저장온도처리에서 전 저장기간 동안 저곡해충의 발생이 없었으나 현미의 형태로 상온 저장시 8월부터 발생되었다(표 1). 이러한 결과에 비추어 볼 때 상온저장의 경우에는 현미저장 보다는 정조 저장이 품질유지에 안정적일 것으로 판단되었다.

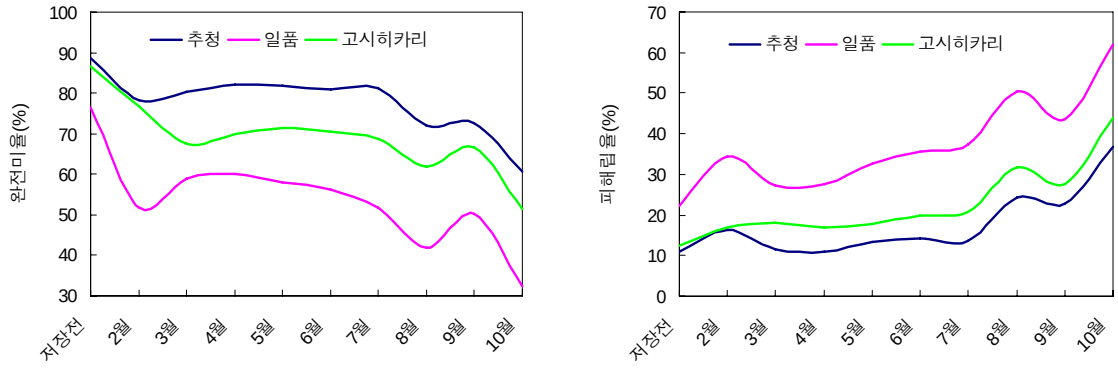

그림 8. 현미 상온 저장시 저장기간에 따른 완전미율 및 피해립율 변화(2004)

표 1. 저장방법별 저장기간 중 저곡해충 발생 상황

저장 형태	저장 온도	발생 여부	발생정도 (개/kg)	발생 시점
정 조	상온	X	X	X
	10℃ 15℃ 20℃	X	X	X
현 미	상온	○	5	8월~
	10℃ 15℃ 20℃	X	X	X

(X : 발생없음, ○ : 발생)

〈시험 2〉 도정후 쌀 저장방법별 미질변이 구명

가. 저장기간 중 온·습도 변화

쌀 저장시 품질변화에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 저장 곡물의 수분함량이며 그다음으로는 저장환경 요인인 온도와 습도를 들 수 있다. 아래 그림 9와 10은 계절별 저장처리 중에서 미질변화가 가장 클 것으로 예상되는 시기인 하계저장시 저장처리 기간동안의 온·습도 변화를 나타내었다. 저온저장 조건으로 처리된 5℃와 15℃의 저장고내 일별 온도변화는 시험기간 동안 안정적으로 유지되어 시험수행 조건에 적합하였음을 보여주었다. 상온저장에서는 상온실내 저장이 상온실외 저장에 비해 0.6℃정도 높게 경과 하였다(그림 9). 상대습도에 있어서는 상온실내 및 실외조건이 서로 유사한 변화를 보였고, 저장초기에는 적정수준인 70~75%에 비해 높게 경과되어 5℃와 15℃저장처리에 비해 고온다습으로 인한 쌀 품질변화의 원인으로 작용했을 가능성이 컸으며, 저장 30일 이후 습도변화는 처리간 뚜렷한 경향을 보이지 않았다(그림 10). 특히 5℃저장 처리에서는 초기 30일간의 습도는 낮았으나 타 처리에 비해 습도의 변화가 높게 나타났다.

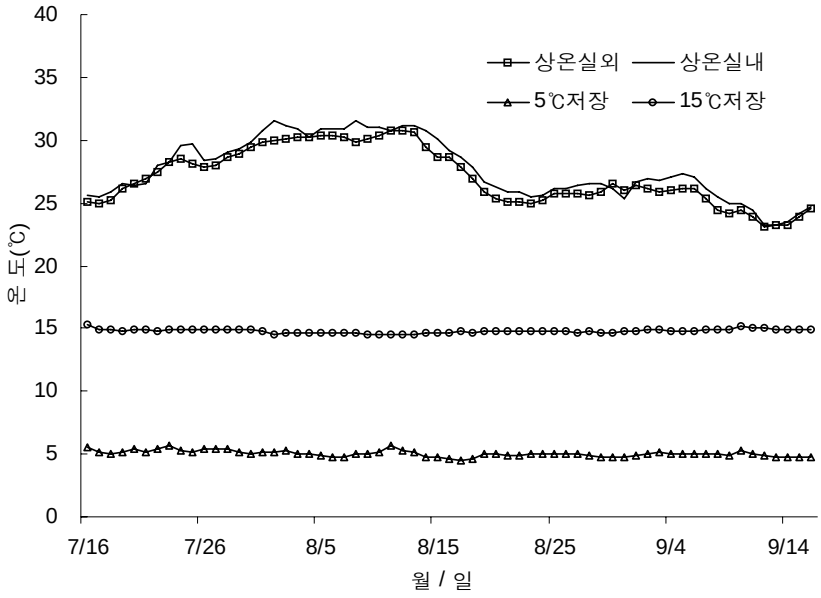

그림 9. 저장기간 중 온도변화

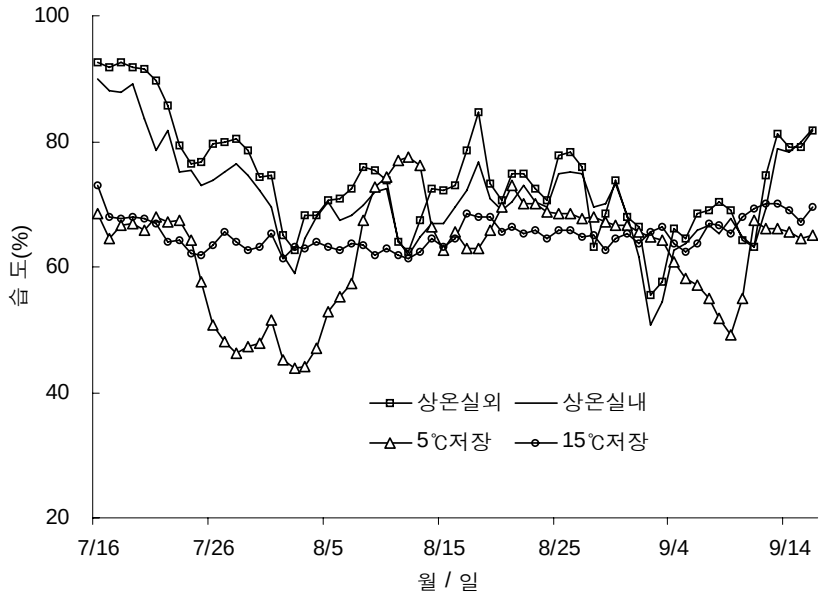

그림 10. 저장기간 중 습도변화

나. 저장기간 중 쌀 수분함량 변화

밥의 식미와 밀접한 관계가 있는 쌀의 수분함량은 시중에서 유통되고 있는 브랜드미의 경우 보통 14~16%이다(채 등, 2004). 저장시기별 쌀 수분함량 조사에서 하계저장(7~9월)과 추계저장(9~10월)에서는 저장기간의 경과에 따라 쌀 수분함량의 변화가 적게 나타났으나(자료제시 안함) 그림 11에서와 같이 춘계저장(4월)에서 큰 변화를 나타냈다. 춘계저장(4월)에 이용된 추청쌀과 일품쌀의 저장전 수분함량은 각각 14.7%, 14.5% 이었으며 수분함량은 두 품종 모두 상온실내저장에서 가장 많은 감소를 나타냈고 다음으로 상온실외저장, 15℃, 5℃의 순으로 나타났다. 쌀 수분함량의 감소가 많았던 상온실내저장과 실외저장의 경우 저장처리 30일 후에 쌀 수분함량이 각각 11.1~11.3%, 12.7~13.0%로 낮아 춘계저장에 있어서 쌀 수분함량 감소가 식미저하에 중요한 요인으로 작용할 것으로 추측되었다.

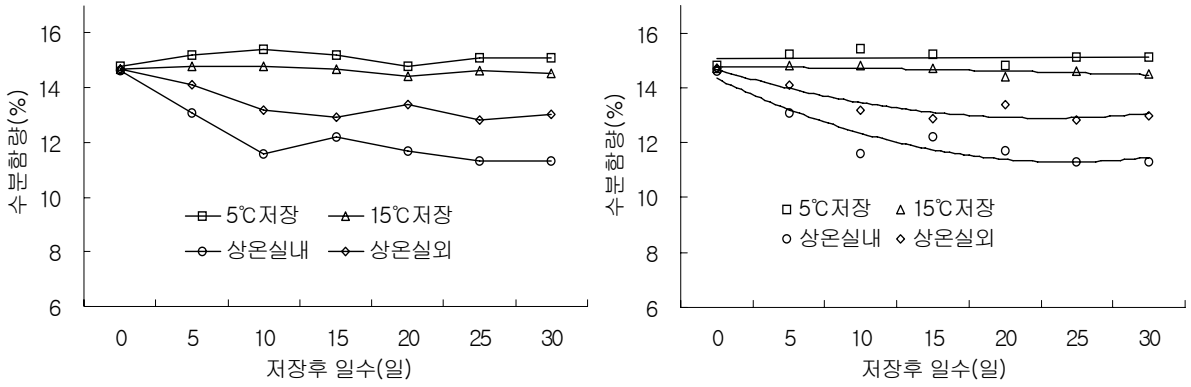

그림 11. 춘계 저장시 저장방법별 저장기간 중 쌀 수분함량 변화(좌, 추청벼; 우, 일품벼)

다. 쌀 저장방법에 따른 식미치 변화

쌀 저장기간 중 식미의 변화를 보고자 저장처리 시작부터 5일 간격으로 기계적 식미치(도요식미치)를 조사한 결과, 춘계 또는 추계 저장에 비해 고온다습한 환경의 영향 하에 있었던 하계저장에서 가장 많은 식미치의 저하를 보였다(그림 12, 13, 14). 추계저장의 경우 쌀은 적어도 수확 후 10개월 정도가 경과한 시료로써 저장전 식미치가 비교적 낮았으며 저장기간이 경과함에 따라 식미치가 저하되었다. 저장방법에 있어서는 상온실내저장이 실외저장에 비해 다소 낮은 경향을 보였다. 한편 저온저장 조건인 5℃와 15℃저장에서는 식미치 저하가 적었으며, 두 저온 처리 간 저장기간 중 식미치의 차이가 인정되지 않아 15℃저장에서도 쌀 구매 후 가정에서 소비하는 1개월 이내의 단기간 동안 저장시 식미유지에 효과적일 것으로 판단되었다. 채 등(2004)도 쌀을 25℃에서 7주간 저장 후 관능검사를 한 결과 5% 수준에서 유의한 감소가 인정되었으나 저장온도 5℃와 15℃에서는 유의한 차이가 나타나지 않아 본 결과와 유사한 보고를 한바 있다.

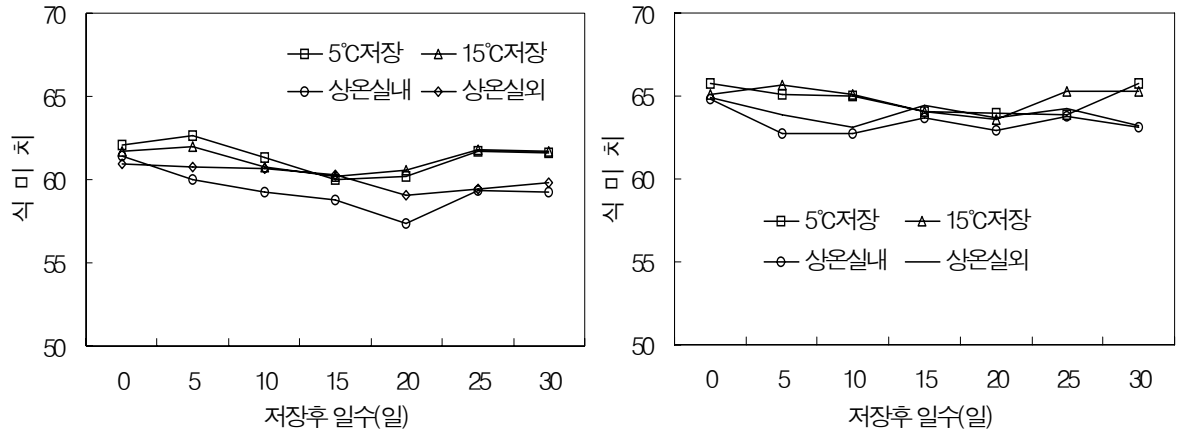

그림 12. 춘계 저장시 쌀 저장방법별 저장기간 중 식미치 변화(좌, 추청벼; 우, 일품벼)

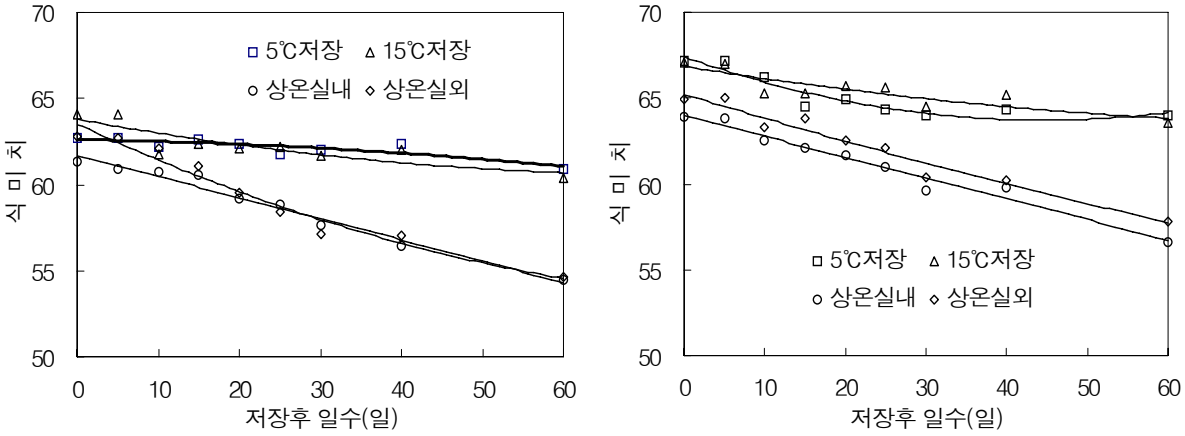

그림 13. 하계 저장시 쌀 저장방법별 저장기간 중 식미치 변화(좌, 추청벼; 우, 일품벼)

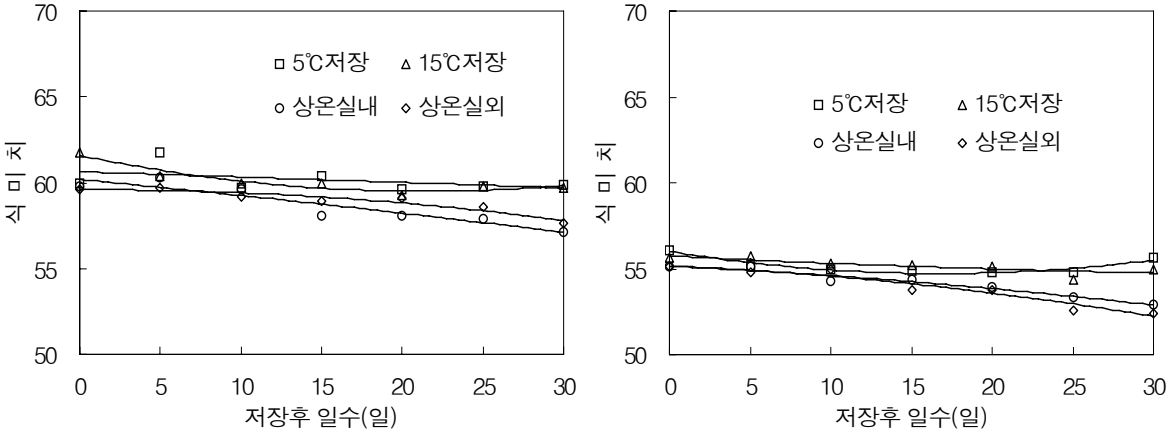

그림 14. 추계 저장시 쌀 저장방법별 저장기간 중 식미치 변화(좌, 추청벼; 우, 일품벼)

현재 대다수의 가정에서 쌀 구매 후 상온에 저장하여 소비하고 있는 것이 현실이므로 이와 같은 경우에 대한 계절별 식미치 변화를 비교하기 위하여 분석한 결과는 그림 15와 같다. 앞서 언급한 바와 같이 춘계저장에서는 식미치 감소정도가 다소 적은 2차회귀식인 $y=0.0037X^2-0.1548X+62.804(R^2=0.72)$, 하계저장에서의 식미치는 선형관계인 직선회귀식 $y=-0.1298X+63.41(R^2=0.98)$로 나타나 저장기간에 따른 식미치의 감소가 큰 것으로 나타났다. 추계 저장에서도 식미치의 감소는 $y=-0.0839X+57.691$로 결정계수 R^2값이 0.95로 높은 설명도를 보였다. 도출된 함수식을 이용하여 계산된 식미치 감소율은 쌀 저장 30일에 춘계, 하계, 추계 저장에서 각각 2.1%, 4.4%, 6.1%를 보였는데, 채 등(2004)은 저장 90일후에 7.6%, 180일에 12.8% 감소를 보고하였다. 이와 같은 결과로 유추해 볼 때 쌀을 구매하는 소비자의 입장에서는 비교적 식미의 저하가 큰 여름과 가을에는 가급적 소포장 단위로 쌀을 구매하는 것이 소비기간이 짧아 밥맛 유지에 유리할 것으로 생각된다.

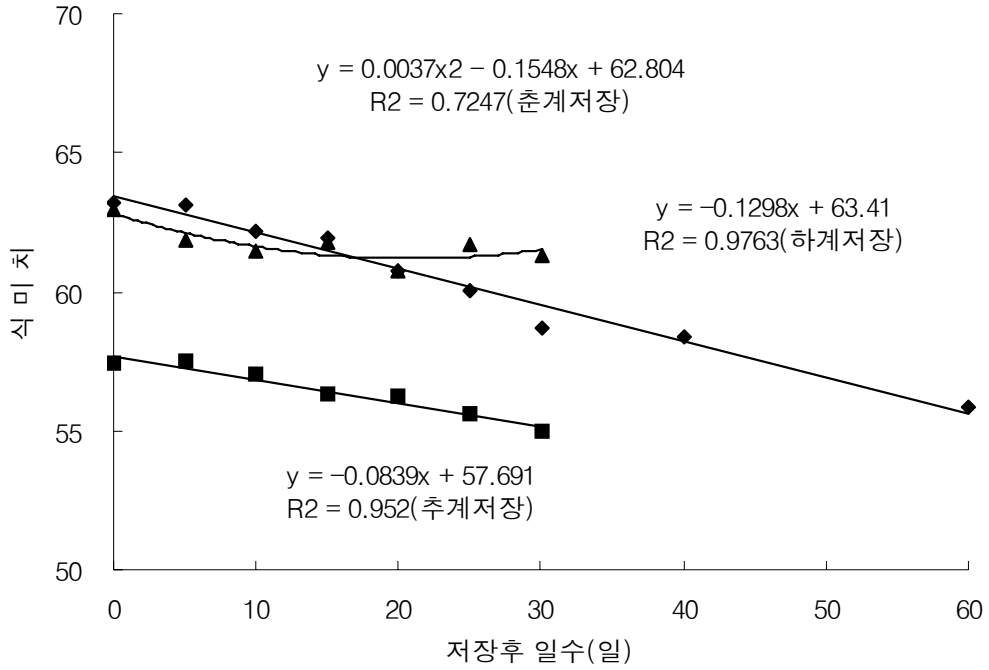

그림 15. 쌀 상온저장 중 계절별 식미치 변화

라. 쌀 저장방법별 저장기간에 따른 미곡해충 발생정도

미곡저장 중 해충 피해는 갉아 먹는 피해에 의한 양적 손실과 해충의 배설물에 의한 냄새 등의 간접 피해로 구분된다. 본 시험에서 저장 중 발생된 해충은 화랑곡나방, 화랑곡나방유충, 쌀바구미 등이었고 춘계 저장에서는 모든 처리에서 해충이 발생되지 않았으나 하계 및 추계 저장시 저온저장(5℃, 15℃)을 제외한 상온저장에서 발생되었다(표 2). 해충의 발생은 하계저장에서는 저장 후 15일부터, 추계저장은 저장후 20일부터 해충발생이 관찰되었고, 하계저장에서는 상온실외조건에서, 추계저장에서는 상온실내조건에서 발생이 많았다.

표 2. 하계저장(7~9월)시 저장기간에 따른 미곡해충 발생상황

(단위 : 마리수/kg)

저장시기	저장조건	저장후 일수(일)								
		0	5	10	15	20	25	30	40	60
하 계 (7~9월)	상 온 (실내조건)	0	0	0	0	0	0	1	2	11
	상 온 (실외조건)	0	0	0	2	1	3	6	19	39
추 계 (9~10월)	상 온 (실내조건)	0	0	0	0	9	17	43	-	-
	상 온 (실외조건)	0	0	0	0	8	7	21	-	-

쌀눈은 현미의 2~3%를 점하고 있으며 양질의 단백질과 비타민, 조지방 등 쌀 전체 영양소의 65% 이상을 포함하고 있을 정도로 좋은 영양원으로 알려져 있어(신 등, 1998) 최근에는 쌀눈이 남아있도록 도정하는 기술이 개발되어 배아미 형태로 시판되기도 한다. 그러나 쌀눈은 지방산 함량이 높아 산패가 쉬워 저장성이 떨어지기 쉽다. 본 시험에서도 하계저장의 상온저장에서 쌀눈의 변색이 관찰 되었다. 쌀눈 변색은 추청쌀에서는 발생되지 않았으나 일품쌀에서 저장 후 30일부터 발생이 시작되어 저장기간이 길수록 쌀눈의 변색이 심하게 나타났다(표 3). 따라서 도정 후 쌀눈의 부착이 많은 경우 온도와 습도가 높은 하절기에 저온저장 등 세심한 품질관리가 필요할 것으로 여겨진다.

표 3. 하계저장(7~9월)중 저장후 일수에 따른 쌀눈변색 정도

저 장 조 건	품종명	저장후 일수(일)				쌀눈변색(저장후 30일, 일품벼)
		25	30	40	60	
상 온 (실 내 조 건)	추청쌀	X	X	X	X	
	일품쌀	X	△	△	◎	
상 온 (실 외 조 건)	추청쌀	X	X	X	X	
	일품쌀	X	△	○	○	

※ 쌀눈변색 정도 : 변색없음 (×), 변색 약(△), 변색 중(○), 변색 상(◎)

앞서 그림 15에서 제시된 계절별 상온저장시 저장기간에 따른 식미치 감소를 예측할 수 있는 회귀식을 바탕으로 저장 중 미곡해충발생 등을 고려한 쌀 품질유지 가능일수를 산정한 결과, 춘계와 추계 저장시에는 20~25일, 하계의 경우 15일 이내로 추정되었다. 따라서 1인당 연간 쌀 소비량을 82kg, 가구당 4인 가족을 기준으로 산정한 적정 쌀 구매 단위는 춘계 20kg, 하계와 추계는 10kg으로 예측되었다(표 4). 특히 하계의 경우 브랜드 쌀 가공업체는 쌀 품질유지를 위해서 신속한 유통과 소포장 단위로 공급해야 하며, 구매자는 가정 내에서 소비기간 동안 식미 저하를 최소화하기 위해 저온저장이 필요할 것으로 판단된다.

표 4. 상온 저장시 식미유지를 위한 쌀 품질유지 가능일수 및 저장방법

시 기	문 제 점	쌀 품질유지 가능일수†	적정구매단위 (4인 기준)	추천 저장방법
춘계	· 쌀 수분 감소	20~25일 이내 다용도실(상온)	20kg 포대	다용도실(상온) 조건 수분감소 방지
하계	· 식미치 저하 · 미곡해충 발생 · 쌀눈 변색	15일 이내	10kg 포대	15℃이하 저온
추계	· 식미치 저하 · 미곡해충 발생	20~25일 이내 다용도실(상온)	10kg 또는	15℃이하 저온 또는 다용도실(상온) 조건

† 저장전 기계 식미치의 97%이상유지 가능한 기간 및 미곡해충 발생 고려일수

4. 적요

최근 쌀 소비의 급격한 감소, 쌀 재고량의 증가, 수입쌀의 국내시판 등으로 인해 그 어느 때 보다도 저장중 쌀 품질유지를 위해 수확후 안전 관리기술이 필요하다. 본 시험은 경기미의 경쟁력 제고를 위하여 저장중 쌀 품질변화를 구명하고자 저장방법별 저장기간에 따른 기계적 식미치 변화를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

〈시험 1〉 미질유지를 위한 저장방법 개선 연구

가. 저장형태에 따른 저장기간 중 식미치 변화는 정조와 현미저장 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 상온저장의 경우 정조저장이 현미저장에 비해 식미치 유지 효과가 높았다.

나. 저장온도별 식미치 감소 정도는 상온저장이 가장 많았고 다음으로 20℃ 〉 15℃ 〉 10℃ 순으로 나타났으며, 15℃와 10℃처리 간 식미치 변화는 유의한 차이를 보이지 않아 저장비용을 감안한 적정저장온도는 15℃로 판단되었다.

다. 20℃저장은 온도가 높은 하계저장기간 외에는 품질유지효과가 없었으며 저온저장할 경우 동계 상온저장 후 평균기온이 10℃가 되기 이전인 4월 초순이 적절한 저장처리 시기로 판단되었다.

라. 상온저장에서의 식미치 감소는 1차회귀식 $y=-0.1596X^2+0.5616X+74.633$으로 설명될 수 있었으며 이때의 R^2의 값은 0.93으로 높게 나타났다

〈시험 2〉 도정후 쌀 저장방법별 미질변이 구명

가. 쌀의 저장시기를 계절별로 시기를 달리하여 조사한 결과 춘계 또는 추계 저장에 비해 고온다습 조건인 하계저장에서 식미치의 저하가 높았다.

나. 저장방법별 식미치 변화는 상온실내저장에서 저장기간이 길어짐에 따라 높은 감소정도를 보였으며, 식미치 감소가 적었던 5℃저장과 15℃저장간의 식미치 감소차이가 없는 것으로 나타나 정조나 현미저장에서와 마찬가지로 쌀 저장에서도 1~2개월의 단기저장에서는 15℃가 적정저장온도로 판단되었다.

다. 상온저장 조건하에서 계절별 쌀 저장 중 저장기간에 따른 식미치의 감소를 추정할 수 있도록 함수식으로 나타낸 결과 춘계저장은 $y=0.0037X^2-0.1548X+62.804$, 하계저장은 $y=-0.1298X+63.41$, 추계저장은 $y=-0.0839X+57.691$이었으며 각각의 결정계수(R^2) 값이 0.72, 0.98, 0.95로 높은 설명도를 보인 회귀식을 얻을 수 있었다.

라. 위에서 도출된 계절별 저장쌀의 식미치 추정 회귀식을 바탕으로 저장전 식미치의 97%유지 가능일수를 산정한 결과, 춘계와 추계 저장시에는 20~25일, 하계의 경우 15일 이내로 추정 되어 쌀 유통 및 가정내 소비기간 동안 식미 저하를 최소화하기 위해서는 15℃ 이하의 저온저장이 필요할 것으로 판단되었다.

5. 인용문헌

채제천, 김병기, 김동철. 2004. 저장·유통중인 쌀품질의 변화 및 평가기준 설정연구. 농촌진흥청 농업특정연구사업 2차년도 완결보고서.

최태웅, 김완규, 국중락, 전 경우. 1996. 벼의 수분 정도별 저장성 및 식미조사. 국립농산물검사소시험소 시험사업보고서 1995. pp.14-18.

최윤희, 김영두, 이준희, 김상수, 고재권, 이재길, 김정곤. 2004. 정조 수분함량이 저장중 쌀 품질에 미치는 영향.한국작물학회 49(S1) pp.140-141.

한재경, 김관, 강길진, 김성곤. 1996. 현미의 포장 저장 중 지방산 조성 및 헥사날의 변화에 의한 저장성 예측. 한국식품과학회지 28(5):897-903.

김병삼, 박노현, 조길석, 강통삼, 신동화. 1988. 쌀 및 쌀가루 저장중 품질 안정성의 비교. 한국식품과학회지 20(4):498-503.

김재현, 손종록, 김기종, 이정일, 김제규. 2004.저장효율 증진을 위한 현미 저온저장의 효과. 한국작물학회 49(S1) pp.138-139.

고용덕, 최옥자, 박석규, 하희숙, 성낙계. 1995. 저장조건에 따른 쌀 전분의 이화학적 성질 변화. 한국식품과학회지 27(3):306-312.

김영배, 한원남, 유태종. 1985. 쌀 바구미와 곰팡이가 저장미의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지 17(5):399-402.

김영두, 최윤희, 박홍규, 백남현, 남정권, 김상수. 2004. RPC 저장 벼의 시기별 품질변화. 한국작물학회 49(S1) pp.164-165.

이춘기, 김기종, 윤인화, 김태영, 정근복. 1997. 미곡조제형태별 저온저장시험. 농진청작물시험장 시험연구보고서. pp.14-22

신동화, 정종구. 1998. 쌀눈 유지의 저장중 변화와 지방산 구성. 한국식품과학회지 30(1):77-81.

신명곤. 1998. 한국혀 쌀식미분석기의 개발과 활용. 한국산업식품공학회 심포지움. pp.129-143.

손종록. 2002. 고품질 쌀 유통정착을 위한 RPC 운영 및 유통쌀의 문제점과 개선방향. 쌀 수급안정 대책 세미나. pp.47-75

손종록, 채제천. 2003. 쌀 수입개방에 대응한 품질향상 기술대책. 한쌀회총서 제14권. pp.148-192.

송영주, 최해춘. 1998. 쌀의 주요화학성분에 관여하는 근적외 파장역을 이용한 식미평가. 한국작물학회 43(S1):77-78.

Takashi Mikami, Takashi Kashiwamura, Yoshinobu Tsuchiya and Naomichi Nishio. 2000. Palatability evaluation for cooked rice by a visible and near infrared spectroscopy. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 47(10):787-792.

6. 연구결과 활용제목

○ 쌀 품질유지를 위한 저장방법별 적정저장기간 설정(2004, 영농활용)

○ 유통쌀의 품질유지를 위한 적정 보관방법 설정(2004, 영농활용)