쌀의 수확 후 관리현황과 개선방안

Present Status and Future improvement for Post-harvest of Rice

김동철(한국식품개발연구원 책임연구원)
Dong-chul Kim(Korea Food Research Institute)

1. 쌀농사 여건변화

우리의 생명줄인 쌀농사의 재배면적은 1997년 약 1,052,395 ha를 기준하여 계속 증가하여 2001년에는 약 1,083,125 ha까지 확대되다가 다시 감소하기 시작하여 2002년에는 약 1,055,186 ha로 감소하였다. 또한, 쌀 생산량은 1998년 약 3,540만 섬에서 2001년까지 증가했으나 2002년에는 약 3,421만 섬으로 감소하였다. 또한 영농규모는 0.5ha 미만 농가가 1995년 약 433천호(28.9%)였으나 2000년에는 432천호(33.8%)였고, 노동력의 노령화 역시 가장 큰 문제로 대두되고 있다. 쌀 소비량은 경제발달과 더불어 급변하는 식생활의 서구화, 여성인력의 사회진출 확대 등으로 최근 10년 동안 쌀의 소비량은 1인당 연간 119.6Kg('90)에서 83.2Kg('03)으로 매년 현저한 감소하고 있다. 또한, 도시민의 총 수입 중에서 쌀 구입을 위한 지출 비율도 1990년 5.4%에서 2002년에는 약 2% 이하로 나타나고 있다.

쌀을 주곡으로 하는 각 국가 마다 환경과 경제 여건 등에 따라 중요성은 다소 차이가 있겠지만 우리나라의 경우에는 쌀농사가 농업소득의 약 54%를 차지하고 있어 쌀 산업의 붕괴는 곧 우리 농촌과 농업의 붕괴로 이어질 수 있다는 것이다. 따라서 쌀농사가 살아남기 위해서는 소비자 지향적인 품종육성과 더불어 수확 후 관리기술의 정립을 통한 쌀의 품질 및 유통 기술의 차별화가 요구된다.

2. 벼의 수확 후 관리실태

가. 건조작업

곡물을 건조하는 목적은 크게 수확시기가 일정하게 정해진 탓에 식량으로서 연중 일정량 공급을 위해 중·장기 저장이 필요하고, 그 다음은 곡물을 즉시 가공할 수 있는 조건을 확보하는 것이다. 전자의 경우에는 저장기간에 따라 건조목표가 설정되나 대부분 곰팡이 발생을 억제할 수 있도록 약 15%까지 건조하는 방법이고, 후자는 기계적으로 껍질을 제거하여 가식할 수 있는 상태로 가공하기 위한 경도를 갖는 수분함량은 17~18% 정도이다.

1970년대 초반까지 예취한 벼를 논바닥에 펼쳐 놓고 건조하거나 또는 묶음으로 입건하여 약 18% 내외까지 1차 건조하는 방법이 이용되어 왔다. 이렇게 건조된 벼를 탈곡하여 멍석이나 도로변에서 목적하는 수분함량까지 천일건조 하는 것이 통상적인 건조방법이었다. 이와 같은 건조방법은 수확기의 기후조건에 따라 동할 또는 싸라기 발생이 매우 높을뿐더러 품질유지가 어려운 실정이었다. 그 후 1980년 초반부터는 자동탈곡기와 콤바인이 공급되면서 1차 건조 과정이 생략됨으로서 물벼 건조가 가장 문제점으로 대두되기 시작하였다. 당시 이러한 실정을 해결하는데 농가단위 산물 건조저장시설인 개량곳간이 개발되어 정책적으로 약 10만동까지 보급됨으로서 쌀농사에 커다란 변화를 갖고 왔다. 한편, 밥맛을 떨어진다는 소문으로 보급이 위축되었던 화력 건조기가

*Corresponding author : Tel: 031-780-9170 E-mail : krpck@kfri.re.kr

다시 보급이 활성화되기 시작한 때이다. 이어서 정부의 증산정책이 수확 후 손실방지 정책에 힘입어 1991년부터 보급되기 시작하여 2004년 현재 약 328개소의 미곡종합처리장(RPC, Rice Processing Complex)과 550개소의 건조저장시설(DSC ,Drying Storage Center)이 보급되면서 20톤 규모의 대형 순환식 건조기, 연속식건조기 및 빈(bin) 건조작업이 일반화되고 시작하였다.

수확 후 벼의 건조형태는 크게 기계건조와 자연건조로 구분되며 기계건조는 곡물 층에 열풍이나 상온공기로 건조하는 방법으로 건조기(순환식, 연속식)와 건조빈(사각 및 저장겸용 빈)이 여기에 속한다. 우리나라는 아직도 기계 건조비율이 약 50%(2002) 정도에 불과한 실정이며 일본의 90%에 비교하면 고품질 쌀 생산에 근본적인 문제점으로 대두되고 있다. 열풍건조 방법은 건조속도는 빠르나 높은 시설비 부담과 과열에 의한 곡물의 품질 손상을 주의해야 되며 높은 에너지가 소요된다. 반면, 상온통풍건조는 수확기의 고온 건조한 공기를 송풍기를 이용하여 곡물 층을 통과시켜 벼를 건조시키는 방법이다. 이 방법은 건조시간이 너무 길어 벼의 품질을 저하시키는 경우가 가끔 발생하므로 건조시간 단축을 위해 보조열원(2~3℃)을 이용하는 방법이 통용되고 있다. 그러나 열풍건조에 비해 건조시간이 길고, 기상조건에 영향을 받는 단점이 있으나 소요에너지가 낮다는 장점이 있다. 이러한 종합적인 문제를 해결하려고 제시된 것이 2단 건조방법이다. 즉, 열풍건조와 통풍건조를 번갈아 사용하므로 주어진 기간에 제한된 설비로 많은 곡물을 건조할 수 있다. 다시 말해서 열풍과 통풍건조의 장점을 극대화시킬 수 있는 셈이다. 이 요령은 열풍건조로 벼를 18% 까지 건조한 후에 통풍으로 15% 까지 마무리 건조하거나 통풍으로 건조한 후에 열풍으로 마무리 건조하는 것이다. 최근에는 곡물냉각기가 보급되면서 이를 활용한 2단 건조방법이 개발되어 건조기간을 2배 이상 늘리는 효과와 함께 고품질 쌀 생산에 기여하고 있다. 그리고 곡물건조기의 용량은 초기에는 2~3톤 규모였으나 건조작업의 효율성을 높이고자 10~30톤형 대용량 기종이나 연속식 건조기로 전환되고 있는 추세이다. 이는 밥맛에 중점을 두고 품종을 선택하는 경향 때문에 재배품종 선택의 폭이 좁아진 탓에 수확기간도 20일 내외로 크게 축소되고 있기 때문이다.

나. 저장작업

벼의 재배기간은 비교적 길고 수확기간은 짧기 때문에 식량으로 이용하기 위해서는 보존이 필수적이며 주식인 쌀을 다음 수확기까지 소비자에게 좋은 품질로 안정적으로 공급하는 것이 저장목적이라고 할 수 있을 것이다. 저장목적을 세분하면 종자용은 발아력을 유지, 공업용은 가공성 유지, 식량용은 맛과 영양학적인 성질을 보존해야 된다. 곡물은 저장 중에 품질저하 원인으로 호흡량의 증대, 구성성분의 분해, 미생물이나 해충의 발생에 의한 것이다. 이러한 저장성에 영향을 미치는 요소들은 온도, 습도, 수분 및 가스조성 등이 있다. 곡물저장은 환경을 조절하여 저장을 연장하는 소극적인 방법과 화학물질, 방사선 등으로 살균, 살충하는 적극적인 방법이 있다.

우리나라에서의 농가 단위의 벼 저장은 주로 통가리, 뒤주, 곳간, 등이 이용되어 왔으며, 저장환경이 미흡한 탓에 쥐 및 해충 등에 의한 약 25% 정도의 양적 질적 손실이 발생하는 것으로 조사된바 있다. 그러나 개량곳간이 보급된 '80년 초반부터는 그 손실은 약 3~5%로 크게 낮아지는 효과를 얻게 되었다. 한편, 정부양곡보관창고(2001.3)는 5,890동으로 587,313평이고 저장능력은 3,489,171톤이며, 이들 창고는 포대저장 방식을 택하고 있으며 약 5% 이상 손실이 발생하는 것으로 조사되고 있을뿐더러 입·출고 작업에 많은 노동력이 소요되는 문제점을 내포하고 있다.

RPC와 DSC의 저장시설은 50톤 형 사각빈을 기본으로 하여 철제 사일로를 보유하고 있으며 사일로의 용량은 200~500톤이며, 규모는 약 2~12기 정도로 다양한 형태의 시설을 보유하고 있다. 사일로의 형태는 크게 평면형과 호퍼형이 보급되고 있으며 특히, 300톤 규모 건조저장 겸용 사일로가 가장 널리 보급되어 있다. 이와 같은 저장시설들은 입·출고작업의 기계화는 물론 물량관리가 가능할뿐더러 저장 중에 원격으로 곡물의 온도와 수분 측정기록하고 환기작업이 가능한 시설이다. 또한, 최근에는 연중 식미가 우수한 쌀을 공급하기 위해 중저온 저장기술이 일반화되면

서 곡물냉각기를 이용한 저온냉각 저장방법이 활성화되고 있다.

한편, 산물저장시설은 벼의 생산량 대비 20% 미만이기 때문에 아직도 주로 농촌에 설치되어 있는 양곡보관창고에 저장되고 있기에 노동력에 의존하는 입·출고작업 때문에 어려움을 겪고 있다. 또한 기존의 포대누적저장방법은 저장기간 동안 해충 발생으로 훈증약품처리가 요구되어 안전성과 높은 관리비용 발생을 해결할 사항이다. 이밖에도 RPC에서의 부족한 저장시설을 해결하기 위해 도입된 1톤 플랙시블 컨테이너(톤백) 야적저장은 저장 중에 변질을 유발시키는 등 고품질 쌀 생산정책에 크게 역행하고 있다.

다. 가공작업

수확한 벼를 최상의 조건으로 건조, 저장했어도 가공기술이 떨어지면 고품질 쌀을 생산할 수 없다. 이처럼 모든 공정은 복합적으로 작용하고 있지만 지금까지는 건조 및 저장기술 보다는 가공기술이 더 중시되어 왔는데, 이는 식량이 부족했기 때문에 우선 질 보다는 양을 중시할 수밖에 없었고 그 것이 더 많은 경제적 이익을 얻을 수 있었기 때문이다. 그러나 쌀의 소비가 줄어들고 재고미가 쌓여가는 시대를 맞아 양 보다는 질을 중시하게 되었다. 즉, 가공기술은 도정수율 보다는 상품성 향상에 초점을 맞추고 있다. 이처럼 가공기술은 쌀이 부족하던 시기와 남아도는 시기에서 목표에는 차이가 있었다. 우리나라 도정공장들은 1980년대 현대화 작업을 실시하여 일부 대형 정부 및 개인 임도정공장 약 440여 개소는 시설을 개선했으나 수천개의 소규모 개인 임도정공장들은 규모의 영세성으로 낙후된 시설로 운영되어 왔다. 1991년 RPC가 보급되면서 대부분 통합 또는 폐쇄되어 지금은 328개소의 농협 및 민간 RPC 그리고 농협도정공장 및 개인 임도정공장으로 변화를 모색하였다. 그러나 지역적 필요에 의한 소규모 임도정공장이 많이 남아있으나 RPC가 갖고 있는 가공능력이 생산량 대비 약 70% 정도로 RPC가 가공작업의 중심이 되고 있다. RPC에서는 보다 좋은 품질의 쌀을 생산하려고 정선, 건조, 저장, 선별, 곡물온도측정 및 수분조절 등 다양한 장비 및 기술들을 활용하고 있다. 주요 기계장치로는 현미기, 분리기, 선별기, 정미기, 청결미기, 색채선별기, 소포장기 등이 있으며 최근에는 고품질쌀 생산을 위한 무세미 장치, 전기활성장치, 품질판정기 및 식미기 등을 설치하고 있다. 현재 사용되고 있는 정미시스템은 연삭정미기, 마찰정미기, 원패스 정미기 등이 주로 설치되고 있으며, 높은 수율에서 좋은 품질로 전환되면서 지역에 따라 선호하는 정미시스템의 종류는 다소 차이가 있다. 우리나라는 RPC 보급으로 관련 산업의 발달로 기계장치와 프랜트를 연간 약 1,000억 원 이상의 수출하고 있다.

3. 수확 후 쌀의 품질변화

수확한 물벼를 건조, 저장 및 가공하는 과정에서 다양한 품질변화가 발생하게 된다. 또한, 벼를 다음 수확기까지 안전하게 저장해야 식량으로서 그 가치가 유지되는 것이다. 안전저장기간(safe storage period)이라는 의미는 쌀에 대해서 일본식량연구소는 수요자 측면에서 이용상 허용될 수 있을 정도의 품질을 가진 기간으로 정의한다.

벼는 살아있는 생명체로서 백미로 가공되기 이전에는 계속호흡을 진행하고 있다. 저장중인 벼의 품질에 직접적으로 영향을 미치는 인자는 온도, 수분 및 저장기간이며, 간접적으로 영향을 미치는 인자는 미생물 및 해충 등을 들 수 있다. 벼의 저장성은 수분, 발아율 및 성분을 분해하는 효소와 분해된 성분을 측정하여 결정할 수 있다. 저장 중에 벼의 성분은 유리지방산, 인산, 아미노산 및 환원당으로 분해되므로 유리지방산도 변질의 지표로서 저장성을 결정하는 주요 인자가 된다. 따라서 벼의 건조저장 중 안전저장의 지표로는 발아율, 건물 중량손실률, 지방산가, 외관 등을 들 수 있다.

표 1은 벼의 저장 중 품질에 영향을 미치는 인자로서 발아율은 80%이상(종자: 85%), 호흡작용에 의한 건물중량손실률은 0.5% 이하, 지방산가는 20(㎖ KOH / 100g)이하이면서 외관이 양호하

고 이취가 없는 상태로 저장이 가능한 기간을 안전저장기간이라 한다.

벼는 수확 후에도 생명활동을 지속하기 때문에 호흡 및 대사작용에 의한 산화 및 성분 분해가 계속되어 양적, 질적 손실을 초래하고, 결국에는 상품성을 잃게 된다.

표 1. 벼의 저장 중 품질에 영향을 미치는 인자

항 목	의 미	품질로의 영향	지 표
발 아 율	생명력	식미, 광택(윤기) 등	80%
건물중량 손실률	호흡에 의한 탄수화물 감소	식미저하, 중량손실, 온도 및 수분 증가에 따른 추가 피해	0.5% (1등급) 0.75%(2등급) 1.0% (3등급)
지방산가	유리지방산 산패	식미저하, 고미취 발생	20 (㎖KOH/100g)
외 관	곰팡이의 번식	식미저하, 이취발생	유관판별
냄 새	곰팡이 번식, 지방산가 증가 등	식미저하, 이취발생	유관판별

가. 호흡에 의한 건물 중량손실

벼가 호흡할 때 건물인 탄수화물 1g이 분해하면 1.47g의 이산화탄소와 3.76kcal의 열이 발생되므로 벼의 저장 중에 발생하는 이산화탄소량이나 열량을 측정하여 건물중량 손실률을 계산할 수 있다. 건물 1kg당 1kcal의 열이 발생할 때 1kg의 건물중에서 0.26596g 즉, 0.026598%의 탄수화물이 분해되는 것을 의미하고, 이산화탄소 1g이 생성될 때 1kg의 건물 중에서 0.68182g 즉, 0.068182%의 탄수화물이 분해되는 것을 의미한다. 표 2는 저장 곡물의 수분과 곡온에 따른 호흡속도(Rs)을 나타낸 것이다. 표 4의 호흡속도를 이용하여 벼의 저장기간 중 자연감모량은 다음 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$\text{벼의 자연 감모량(톤)} = \frac{\text{저장톤수(톤)} \times \text{저장일수(일)} \times R_s}{1,470,000} \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

여기서, R_s : 호흡속도(CO_2 g/day·ton)

따라서, 수분이 17%인 벼 300톤을 7.5℃와 25℃로 각각 6개월간 저장하였을 때 호흡에 의한 감모량을 구하면,

$$\text{7.5℃ 저장} \quad \frac{300\text{톤} \times 180\text{일} \times 5.9027}{1,470,000} = 0.22\text{톤}$$

$$\text{25℃ 저장} \quad \frac{300\text{톤} \times 180\text{일} \times 63.4434}{1,470,000} = 2.33\text{톤이 된다.}$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 677.2\text{kcal}$$

1g 1.47g 0.6g 3.76kcal

표 2. 벼의 수분 및 곡물온도에 따른 호흡속도 Rs(CO_2 g/day·ton)

곡물 온도 (℃)	함수율(%, w.b.)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
5.0	0.1575	0.4029	0.9523	2.0673	4.1032	7.4342	12.3546	19.1255	28.3489	41.4147	59.9960	83.6433
7.5	0.2349	0.5950	1.3932	2.9981	5.9027	10.6163	17.5275	26.9799	39.8023	57.9312	83.7040	116.5310
10.0	0.3345	0.8351	1.9273	4.0881	7.9337	14.0660	22.8940	34.7439	50.5380	72.5319	103.3486	141.8974
12.5	0.4921	1.2167	2.7825	5.8524	11.2694	19.8387	32.0864	48.4282	70.1217	100.2781	142.5240	195.4185
15.0	0.7478	1.8402	4.1931	8.7975	16.9197	29.7900	48.2599	73.0745	106.3354	153.1122	219.5642	304.4244
17.5	1.0856	2.6466	5.9781	12.4403	23.7462	41.5238	66.8595	100.7036	145.8948	209.3477	299.4769	414.6763
20.0	1.5659	3.7829	8.4715	17.4880	33.1348	57.5525	92.1140	138.0221	199.0945	284.7144	406.3179	561.8877
22.5	2.2448	5.3744	11.9343	24.4426	45.9757	79.3294	126.2218	188.1641	270.2684	385.2052	548.4383	757.4579
25.0	3.1986	7.5908	16.7162	33.9716	63.4434	108.7593	172.0478	255.1926	365.0103	518.5293	736.5548	1015.9966
27.5	4.5310	10.6598	23.2832	46.9577	87.0800	148.3268	233.3063	344.3487	490.5063	694.5566	984.3564	1356.1417
30.0	6.3816	14.8859	32.2535	64.5622	118.9001	201.2567	314.7910	462.3624	655.9448	925.8667	1309.2493	1801.5626
32.5	8.9379	20.6744	44.4421	88.3057	161.5227	271.7147	422.6588	617.8357	873.0220	1228.4205	1733.2690	2382.1873
35.0	12.4499	28.5610	60.9192	120.1688	218.3363	365.0569	564.7824	821.7141	1156.5608	1622.3821	2284.1919	3135.6952

나. 발아율에 의한 저장가능 기간

저장 중 곡물의 발아력 저하는 내부적으로는 곡물자체의 대사와 외부적으로는 미생물의 영향에 의해 발생하며, 이들은 결국 저장온 도와 수분의 함수이다.

그림 1은 벼의 저장온도 및 수분에 따른 발아율의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 저장온도 및 수분이 높을수록 벼의 발아율은 급격하게 저하한다. 저장초기 발아율이 97% 수준이었지만, 저장온도 30℃, 수분 22.2%인 벼의 경우 저장 25일 후에 발아율은 72.5%로 저하하였으며, 저장 32일 후에는 27.3%로 급격하게 저하하였고, 저장 81일 후에는 0%를 나타냈다. 한편, 저장온도 10℃, 수분 16.1%인 벼의 발아율은 저장 626일 후에도 92% 수준을 나타내어 발아율 저하가 거의 없었다. 발아율이 80% 이상으로 유지되는 저장기간을 할 때, 저장온도 30℃, 함수율 22.2%인 벼의 저장가능 기간은 18~24일 정도에 불과하였으나, 저장온도 10℃, 수분 16.1%인 벼의 저장가능기간은 626일 이상으로 나타났다. 표 3은 저장온도 및 함수율별로 발아율이 80%이상으로 유지되는 저장기간을 나타낸 것이다.

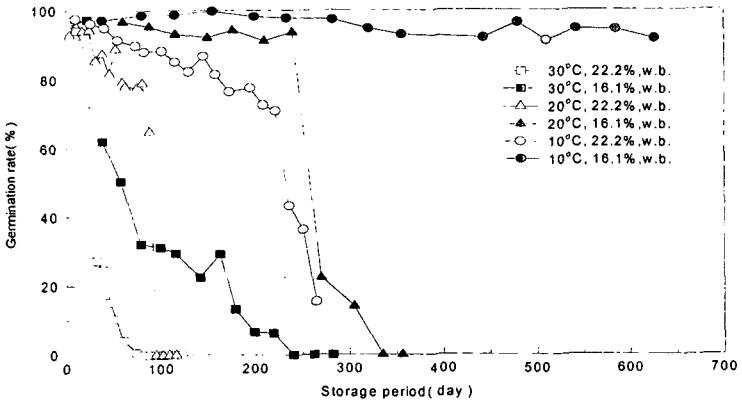

그림 1. 저장기간에 따른 벼의 발아율 변화

표 3. 발아율 80%를 기준으로 할 때의 벼의 저장가능기간(일)

초기함수율 (%,w.b.)	저 장 온 도(℃)		
	10	20	30
16.1	>626	240~269	23~38
17.7	480~509	240~261	16~33
20.6	257~282	207~219	19~25
22.2	158~172	63~75	18~24

다. 지방산가에 의한 저장가능 기간

쌀에는 oleic acid와 linolenic acid가 주 지방산인 중성지질로 구성된 약 1%정도의 지방질이 있다. 곡물의 저장중 지방은 쉽게 가수분해나 자동산화를 일으켜 고미취를 생성하거나 산가증가에 영향을 미친다. 가수분해는 지방질의 에스테르 결합에 작용하여 유리지방산을 생성하게 하는데 여기에는 lipase, lipoxidase 등의 여러 가지 효소들이 관여하고 있는 것으로 알려져 있으며, 특히 곡물의 온도와 함수율이 높을 경우 대단히 빨리 진행된다.

그림 2는 벼의 저장온도 및 저장함수율에 따른 지방산가의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 벼의 저장기간에 따라 지방산가는 증가하였으며, 특히 모든 저장 온도에서 초기 수분이 22.2%인 벼가 초기수분이 16.1%인 벼에 비해 지방산가가 급격하게 증가하여, 온도에 의한 영향보다는 수분에 의한 영향이 더 컸다.

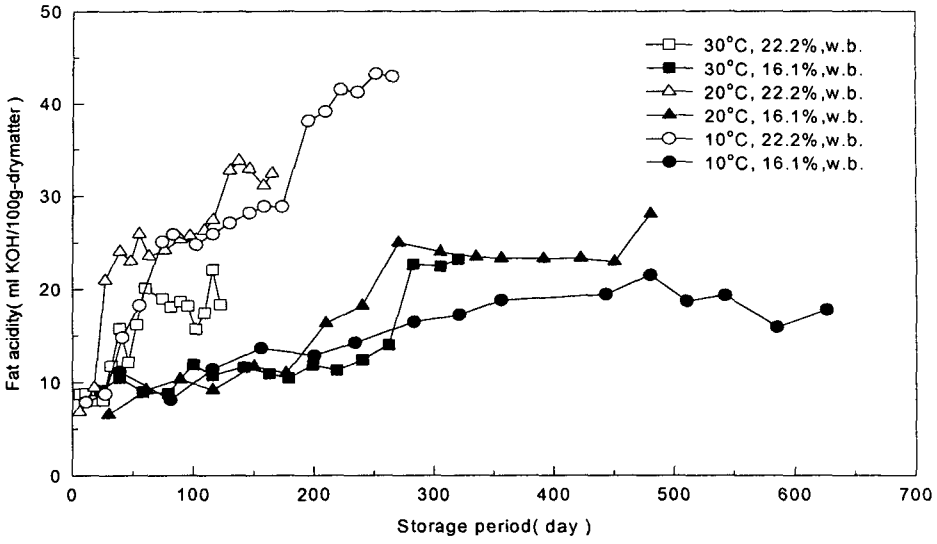

그림 2. 저장기간에 따른 벼의 지방산가 변화

표 4 는 저장함수율 및 저장온도별로 지방산가가 20이하로 유지되는 저장가능기간을 나타낸 것이다. 그림 2와 표 4 에서 알 수 있듯이 30℃저장구의 경우 10, 20℃ 저장구에 비해 초기수분에 관계없이 저장기간에 따라 지방산가가 오히려 낮게 나타났다. 이와 같은 경향은 함수율과 저장온도에 따른 벼의 지방산가의 변화에 대해 측정한 결과가 보고되어 있지 않아 명확하지는 않지만 저장중 건조로 인한 함수율의 저하와, 저장온도에 따른 지방질의 함량변화 등이 복합적으로 관여한 것으로 판단되었다.

표 4. 지방산가 기준 시 벼의 저장가능기간

초기함수율	저 장 온 도(℃)		
(%,w.b.)	10	20	30
16.1	>626	281 ~ 303	262 ~ 281
17.7	391 ~ 421	240 ~ 269	>240
20.6	179 ~ 199	172 ~ 192	>157
22.2	55 ~ 73	18 ~ 26	53 ~ 59

라. 외관변화에 따른 저장가능 기간

곡물의 저장 중 부패의 원인이 되는 곰팡이는 Aspergillus속의 10 ~ 15종과 Penicillium속의 여러 종이 있으며, 부패가 진행되면 곰팡이는 많은 포자를 생산하므로 육안으로 확인이 가능하다. 곡물 저장 중 곰팡이의 번식은 저장 온도, 습도 및 환경에 영향을 받는데 대부분의 곰팡이는 10℃ 범위에서는 번식이 적고, 25℃이상이거나 상대습도가 80%이상에서는 번식이 빠르게 진행되나 일정하지 않다.

벼의 저장온도와 수분이 높을수록 곰팡이 포자가 조기에 발현되었다. 온도 30℃, 수분 22.2%인 벼는 저장 18일 후에 변색립과 흰색 및 회색포자가 발현하였으며, 저장 46일 후에는 검정 및 푸른색 포자가 발현하였고, 60일 후에는 덩어리가, 109일에는 완전하게 부패한 것으로 나타났다. 저장온도에 따라 정도의 차이는 있지만 초기함수율 22.2%로 저장한 벼는 저장기간에 따라 빠르게

부패하였으나, 초기수분 16.1%로 저장한 벼에서는 저장기간이 증가할수록 변색립과 흰색, 회색 포자는 발현하였으나 저장기간 내에는 검정 및 푸른색 포자는 발현하지 않았다.

표 5는 벼의 함수율 및 저장온도별로 발아율, 지방산가, 외관을 기준으로 한 저장가능 기간중 최소가 되는 기간을 안전저장기간으로 나타낸 것이다. 저장온도 10℃에서 안전저장기간은 주로 외관변화에 의한 영향이 높았으며, 20℃에서는 발아율, 지방산가 및 외관, 30℃에서는 발아율 및 외관에 의한 영향이 높았다.

표 5. 발아, 산가, 외관에 따른 안전저장기간

초기함수율	저 장 온 도(℃)		
(%,w.b.)	10	20	30
16.1	510~541	177~209	23~38
17.7	305~334	61~80	16~33
20.6	142~162	54~72	19~25
22.2	27~40	18~26	11~17

이와 같이 벼의 안전저장기간은 벼의 수분과 저장온도에 따라 결정되는데, 온도가 낮을수록, 함수율이 낮을수록 안전저장기간이 길어짐을 알 수 있다. 일반적으로 수분 18% 수준의 벼는 10℃에 저장할 때 이론적으로는 약 1년 정도 저장이 가능한 것을 알 수 있다.

한편, 정상립과 함께 혼입된 미숙립은 함수율이 높아 쉽게 호흡하게 되고, 호흡에 발생된 열과 물은 주위 벼의 함수율 및 온도를 상승시켜 열주머니(hot spot)를 발생시키고, 곰팡이가 번식하면서 부패하게 되므로 실제 곡물의 안전저장기간은 정선상태, 피해립 및 미숙립의 혼입정도에 따라 차이가 발생하게 된다.

4. 관리기술의 문제점과 개선방안

품종선정, 육묘, 이양 및 재배과정을 거쳐 하나의 생명체로서 성숙한 낱알은 적기에 수확되지 못하면 강우에 품질저하가 유발된다. 또한, 적기에 수확 되었을 경우에도 쌀로 가공되기 이전 많은 과정을 거치는 동안 호흡작용과 더불어 효소, 미생물 등에 의한 성분분해 등에 의해 품질저하가 일어난다. 따라서 품질저하를 최소화할 수 있도록 신속하게 안전저장이 가능한 환경 여건을 조성해 주는 것이 중요하며, 이러한 과정이 수확 후 관리기술이다.

가. 품종의 지속성 및 적기수확

쌀을 주식으로 하는 민족이면서도 대부분의 소비자는 쌀을 구입함에 있어 지역에 대한 구술 정보는 있지만 품종에 대해서는 관심과 정보를 갖고 있지 못하다. 일본의 경우 1960년대 개발된 고시히까리 품종을 모르는 사람이 거의 없을 정도로 소비자로부터 사랑을 받고 있듯이 명품 품종을 육성하는 것도 경쟁력을 키우는 길이다.

생탈곡이 일반화되면서 적기 수확은 품질유지 측면에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 불과 20여일에 불과한 수확기간 동안 많은 부분에서 적기수확이 이루어지지 못하고 있다. 짧은 수확기간 동안 보다 많은 물량을 처리하려는 위탁사업자의 작업순번에 초점을 두고 진행되기 때문이다. 따라서 수확기 물관리 작업은 물론 과다한 작업 추진 등으로 품질저하가 많이 발생된다.

적기수확을 위해서는 계약재배 확대와 함께 품종 및 이양시기를 조절하여 수확기간을 30일 정도로 연장하는 방안을 강구해야 한다. 그리고 적기수확을 위해서는 우선, 충분한 수확기계의 확대 공급이 요구되지만 연간 가동률이 매우 낮아 생산농가에서의 기계구입은 현실성이 떨어진다. 따라

서 쌀을 지키고 유지한다는 차원에서 정책적인 배려와 함께 생산농가에 대한 적기수확의 중요성에 대한 반복교육이 필요하다.

물벼(20~28%)는 높은 수분과 수확기 높은 외기온도에 의하여 호흡작용이 매우 활발하여 벼의 온도를 높여 준다. 이는 건물 중량감소를 높이고, 발열로 벼의 온도를 더욱 높여 주는 악순환이 이루어지며 지방분해효소인 리파아제(lipase)에 활성화로 미강층의 지방산패로 산가가 급속하게 증가되어 변질될 수 있다. 그러므로 물벼는 수확하여 6시간 이내로 건조를 행하는 것이 바람직하다.

나. 건조 및 저장 시설과 기술

우리나라 벼농사의 약 2배 정도인데 일본은 공동건조시설인 라이스센터(RC), 드라이스토아(DS) 및 컨트리엘리베이터(CE)가 약 4,500개소가 운영되고 있다. 그리고 일본의 기계건조 비율이 95% 인데 비해 우리의 기계건조 비율은 50% 미만으로 수확기의 예측할 수 없는 기상조건을 감안 때, 고품질쌀 생산을 위한 건조여건은 매우 열악한 상태라고 할 수 있다. 또한, RPC 및 DSC에서의 건조형태는 일부 시설의 경우 시설의 처리능력을 2004년 1월 기준으로 총 생산량 대비 건조 35.9%(조곡 251만톤), 저장 18.4%(조곡 129만톤) 및 가공 68.6% (정곡 345만톤)로 농관원에서 보고하고 있다. 이는 건조한 벼를 건조물량에 포함했거나 시설의 처리능력 보다 과다하게 처리하고 있어 건조온도와 건조방법을 준수하지 않음을 나타내고 있다.

건조시간이 늦을 경우 즉, 송풍량이 낮은 상온통풍건조 작업을 행할 때 건조속도가 변질속도 보다 낮으면 앞서 설명한 물벼를 장기간 방치한 결과와 동일하다. 이러한 현상은 사일로 또는 사각빈 저장에서 흔히 발생되는 식미저하 또는 이취발생이나 탄화미 발생 등이다. 이것을 방지하려면 우선, 변질속도 보다 건조속도가 빨라야 함으로 상온통풍 건조시 곡물퇴적 높이를 가능한 낮게, 송풍량은 기준풍량 이상을 유지하도록 해야 한다.

한편, 벼의 건조 과정에서 품질지표는 동할율과 발아율이다. 벼의 건조속도가 빠를 경우 벼의 표면에서 제거되는 수분이 벼의 내부에서 표면으로 확산되는 수분보다 많아지게 되며, 이때 벼의 표면과 내부의 수분차이에 의해 동할이 발생하게 된다. 건조과정에서 발생되는 동할은 도정 과정 중에 싸라기가 될 가능성이 대단히 높아 수율의 감소를 초래하게 된다. 싸라기는 취반하면 과다한 수분흡수에 의해 점성 증가로 형태가 일그러지며, 식미가 떨어진다.

건조과정중 발아율 저하는 벼 내부 대사에 의해 발생되는 것으로 알려져 있으며, 발아율은 일정 비율을 유지하다가 일정시점에서 급격하게 저하하는 특징을 갖고 있다. 초기수분과 송풍온도에 따른 발아율 저하를 나타낸 것으로 초기 수분이 높을수록 송풍온도가 낮아야 함을 알 수 있다. 발아율은 생명력을 의미하는 것으로서 발아율은 곧 식미의 저하로 이어진다. 또한, 발아율이 저하할수록 식미가 저하하는 것으로 조사되고 있다. 발아율저하의 한계는 벼의 경우 가공 전까지의 발아율이 80%이상을 유지하는 것이 좋으며, 식미가 높게 유지되는 발아율 한계는 95%로 알려져 있다.

일반적으로 순환식 건조기의 경우 열풍온도를 45~50℃ 정도로 유지하는데 중요한 것은 곡물의 품온을 약 31℃로 유지하는 것이다. 연속조기식 건의 경우에는 건조기 보다 약 3배 정도로 가열시간이 길어 열풍온도를 40℃순환식 내외로 낮게 하는 것이 바람직하다. 품종 선정에서 소비자의 식탁에 이르기까지 체계적으로 품질을 관리하기 위해서는 우선, 50% 미만인 기계건조비율을 최소한 85% 이상 제고할 수 있어야 할 것이다. 건조시설은 품질관리가 비교적 용이한 RPC 또는 DSC의 확대보급이 바람직하나 전업농 중심의 건조시설 설치와 농가단위의 열풍건조기 보급을 병행해야 한다.

현재 RPC 및 DSC를 중심으로 설치되어 있는 산물 저장시설을 대폭 확대 설치하여 저장중에 품질유지가 가능하게 해야 할 것이다. 또한, 기존의 양곡보관창고를 산물저장시설로 전환하는 것이 바람직하다. 이것은 품질관리측면에서 중요할 뿐만 아니라 입·출고작업의 기계화는 시간과 노동력 대폭 절감할 수 있게 되어 경영에 도움이 될 수 있다. 또한, 일부 RPC 시설을 제외한 약

90% 이상의 물량은 곳간이나 양곡창고에서 포대로 상온 저장되고 있다. 저장된 곡물의 온도가 상승하게 됨에 따라 호흡이 더욱 왕성하게 되는 등 악순환이 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 환기작업이 필수적이나 기존의 포대 저장방식으로는 환기작업이 불가하여 미생물 또는 해충에 의한 변질로 커다란 경제적 손실을 받게 된다. 그리고 노동력에 의존한 입·출고작업은 많은 비용이 발생되는 등 효율적 운영이 불가하다. 일본의 경우는 생산량의 약 55% 정도를 현미상태로 저온저장시설에 보관하여 연중 식미가 균일한 좋은 쌀을 공급하고 있다. 벼의 저장방법은 저장기간에 따라 차이가 있으나 저장수분과 저장온도에 따라 품질에 많은 변화가 발생한다. 따라서 가능한 낮은 수분과 저장온도가 바람직하지만 경제성을 고려하여 저장할 벼의 수분과 저장온도를 결정토록 한다. 벼의 경우 15% 이상의 수분을 저장하려면 반드시 15℃ 이하인 중저온 저장을 실시하는 것이 좋다.

관행적인 상온저장에서 벼를 장기간 안전저장하기 위해서는 벼의 수분을 15% 이하로 건조해야 됨에도 불구하고 우수한 식미 조건을 충족시키기 위해 17~18%까지 건조된 벼를 저장하는 경우가 많이 있다. 상온에서 저장할 경우에는 호흡에 의해 품온이 상승하게 되고 건물 중량의 손실이 발생할 뿐더러 호흡 및 대사 작용에 의한 성분 분해로 상품성과 식품으로서 가치를 잃게 된다. 이처럼 쌀은 수분 15.5~16.5%에서 외관, 끈기 등이 우수하여 식미가 좋으나 해충 및 미생물의 번식으로 장기저장이 불가능하게 됨으로 연중 품질이 우수한 쌀을 공급하려면 반드시 저온저장이 요구된다.

다. 가공기술 개발 및 소포장 유통

우리나라에서 가장 체계화되지 못한 공정이 가공기술이라 할 수 있을 것이다. 국내에서의 가공기술에 대한 체계적인 연구는 거의 전무한 상태로 주로 일본의 기술을 응용한 정도이다. 또는 지금까지는 기술자 경험을 구두로 전수하는 정도에 불과했기에 우리쌀에 적절한 가공기술의 개발과 정립이 필요하다. 싸라기의 발생은 현미 온도가 낮을수록, 수분이 낮을수록 적어지게 되며, 동일 능력의 정미기에서 처리능력 즉, 도정능률은 현미의 온도 및 수분이 높을수록 커지게 된다. 따라서 川村(1991)은 식미, 완전미률 도정능률을 감안할 때, 최적 현미조건은 온도는 15~25℃, 수분은 15.5~16.5%라고 하였다. 이는 한국식품개발연구원에서도 수분 15.5~16.5%, 가공온도는 10~20℃정도가 품질이 우수한 좋은 쌀을 만들기에 가장 좋은 현미조건이라는 결과를 제시한바 있다.

쌀의 상품화 시대를 접해서 시중에 유통되고 있는 쌀의 백도는 32~44, 수분은 13.7~17.5% 범위로 연중 많은 차이가 있다. 또한, 완전미 및 다양한 기능성 쌀이 생산되고 있으나 객관적인 기준설정이 없어 소비자의 혼란이 가중되고 있다. 그리고 쌀의 포장 단위가 85% 이상이 20Kg로 구성되어 핵가족 단위에서 밥맛이 좋은 쌀을 공급하기가 어렵다. 또한, 도정도 중심의 가공기준을 상품기준인 백도기준으로 바꾸는 것이 보다 현실성이 있다. 일본의 경우에는 제품의 품질기준에서 백도를 40으로 하고 무세미는 처리방식에 의한 건식과 습식을 구분하여 탁도로 기준을 설정하고 있다.

백미가공에 다양한 가공기술이 적용되고 있는데 기술성을 검토할 필요가 있다. 실지로 시설에 투자된 비용에 비해서 효과가 미미한 기술도 있고, 기술을 제대로 활용하지 못하는 경우도 발생하고 있다. 그러므로 기종과 기술을 선택할 때는 반드시 사전에 전문가의 기술검토가 이루어져야 할 것이다.

라. 원료 및 제품의 품질관리 강화

고품질쌀 생산을 위해서는 원료벼, 현미 및 백미의 품질기준을 보다 수치화된 객관적인 기준 설정이 필요하다. 이제는 품종, 외관, 성분, 식미 및 가공특성 등을 종합적으로 고려한 기준이 필요

하며, 여기에 상당하는 품질관리 기술이 정착되는 것이 요구된다. 미국은 현미의 경우에는 5등급, 백미는 6등급으로 세분하여 평가하고 있고, 일본도 5등급으로 세분하여 평가하고 있다. 우리쌀의 품질 경쟁력을 향상시키려면 반드시 원료품질관리와 출하하는 제품의 철저한 품질관리가 없이는 소비자의 신뢰확보는 물론 경영개선을 할 수 없을 것이다. 따라서 객관적인 품질관리를 위해 벼의 품질검사에서 현미 품질검사로 조속한 전환이 필요하다. 또한, 외관 품위 검사 위주에서 수분, 단백질 및 아밀로우스 등 식미와 밀접한 관계를 갖는 성분을 품질기준에 포함할 필요가 있다. 쌀의 품질상태는 가격결정은 물론 소비자의 신뢰도와 직결됨으로 철저한 품질측정시스템 구축과 운영체계의 강화가 시급하다.

마. 부산물 활용기술의 보급 확대

미곡 부산물인 미숙립, 왕겨 및 미강의 효율적 활용방안이 강구되어야 한다. 부산물로 연간 약 100만 톤 이상이 발생되는 왕겨의 경우는 최근 환경오염 물질로 분류되는 등 효율적 처리에 어려움이 따르고 있다. 그리고 국내에서 유일한 부존유지자원인 미강은 연간 약 50만 톤이 생산되지만 퇴비 또는 단순한 사료로 이용되고 있어 부가가치를 높일 수 있는 활용방안이 강구되어야 한다. 한편, 소비자 지향적인 제품 생산으로 급속히 증가하고 있는 완전미 생산이 확대되면서 연간 50만 톤 정도로 발생될 있는 미숙립 및 싸라기를 식품소재로의 활용기술이 미흡하다.

미곡 부산물인 왕겨를 팽연화, 탄화 또는 분쇄하여 퇴비로 가공하여 경작지로 환원시켜 지력을 향상시켜야 할 것이다. 그리고 각종 상토로 활용하여 부가가치를 높여 주는 것이 필요하다. 또한, 완전미 생산량의 증가로 보다 많은 싸라기와 미숙립을 얻어지게 됨으로 이것을 식품가공용 전분 소재로 활용할 수 있도록 수집과 가공기술 개발이 요구된다. 이밖에 연간 50만 톤 정도의 미강을 신선한 상태로 수집하여 다양한 생리활성물질 분리 또는 식용유나 사료가공 등을 통해 부가가치 제고로 경영에 도움을 줄 수 있는 부산물 활용기술의 체계화가 필요하다.

바. 품질 및 유통기술의 차별화

쌀의 품질 차별화는 우수한 품종 선정과 체계적인 재배, 그리고 가능한 낮은 온도로 건조하고, 저온 저장 후에 가공하여 철저한 제품의 품질관리를 행한다면 기본적인 고품질 쌀을 생산할 수 있다. 여기에 친환경농법쌀과 기능성쌀 생산을 확대하고, 생장이력제도를 시행하여 안전성 강조한다면 품질의 차별화가 가능할 것이다. 한편, 유통기술의 차별화는 외기조건 즉, 계절에 따라 적정한 상미기간의 설정과 상미기간 내에 구입한 쌀을 소비할 수 있는 5Kg 및 10Kg 소포장 유통을 적극 추진하면 우리 쌀의 경쟁력을 한층 더 높일 수 있는 유통방안이 될 것이다.

참 고 문 헌

1. 김동철, 김의웅 등. 1998. 중저온 건조저장기법을 활용한 고품위 쌀 생산기술의 개발. 한국식품개발연구보고서, GA0062-0984.
2. 김동철, 김의웅, 금동혁. 1998. 벼의 호흡특성. 한국농업기계학회지 23(45) : 335-342.
3. 김동철, 김의웅, 금동혁. 1999. 벼 퇴적층 냉각 시뮬레이션. 한국농업기계학회지 24(1) : 31-40.
4. 고학균, 금동혁, 김동철, 김만수, 김명환, 김용현, 박경규, 박호석, 이종호, 장동일, 정종훈, 조영길, 한충수. 1995. 미곡종합처리시설 -이론과 실제-. 문운당.
5. 금동혁. 1986. 벼 건조과정 분석에 필요한 자료 및 관련식. 한국농업기계학회지 11(2) :

92-102.

6. 금동혁. 1999. 원형철제빈 저장벼의 곡온 및 품질변화예측. 성균관대학교 식품 및 농산가공시스템연구실.

7. 日本全農施設資材部. 1973. カントリーエレベーターのでびき. 東京. P210.

8. 川村周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(4報), 最適搗精方法と最適玄米條件. 北海道大學邦文紀要 17(4) : 517-530.

9. Baldo, R. 1987. Experience report on cold preservation of rice using Sulzer-Escher Wyss grain chillers. Internal Report. Sulzer-Escher Wyss, Lindau, Germany.