

벼의 공기 밀폐저장 특성

Airtight Storage Characteristics of Rough Rice

금동혁* 김 훈*
정희원 정희원
D. H. Keum H. Kim

1. 서론

우리 나라에서 생산되는 벼의 약 80%가 생산농가, 도정공장 및 미곡종합처리장에 보관되고 있다. 이 중에서 재래곳간과 임도정공장의 저장이 전체의 86%를 차지하고 있고, 보관상태가 양호한 개량곳간과 미곡종합처리장의 저장시설에 저장되는 물량은 14%에 불과하다. 미곡종합처리장에는 규모 600 ~ 1200톤 규모의 저장시설이 건설되었으나 저장시설의 부족으로 많은 곳에서 확장사업을 하고 있고, 더욱이 '95년도부터 산물수매 사업을 시작함에 따라 저장시설의 부족은 배가되고 있는 실정이다. 따라서 농가에서 저장할 수 있는 경제적 규모의 저장시설과 미곡종합처리장에서 장기저장시설 뿐 만 아니라 일시적인 저장시설의 개발과 확충이 시급한 실정이다.

곡물의 공기 밀폐저장기술은 외기 공기의 유입을 차단하여 저장고내의 산소량을 감소시키고 탄산가스량을 증가시켜 곡물의 호흡을 억제하는 동시에 해충, 미생물의 발생을 억제하는 기술이다. 본 연구에서는 곡물의 밀폐저장 기술이 활발히 연구되고 있는 이스라엘의 ARO(Agricultural Research Organization)와 밀폐저장시설 업체인 Haogenplast사에서 공동 개발한 기밀성, 수밀성 및 자외선에 대한 저항력이 강한 PVC로 만든 플렉시블 밀폐저장고를 벼 저장실험에 사용하였다. 본 연구의 목적은 밀폐저장고를 이용한 장기간의 벼 저장실험을 통해 저장고내의 산소 및 탄산가스 변화특성, 함수율 및 곡온 변화특성, 지방산도, 발아율, 동할율의 변화특성을 구명하여 공기 밀폐저장고의 적용성을 검토하는데 있다.

2. 재료 및 방법

2-1 공시시료

공시시료는 1996년 10월 경기도 용인지역에서 수확한 추정벼로써 포대당 40kg짜리 100포대(4 ton)를 공시시료로 하였다. 임의로 10포대를 선정하여 초기 함수율을 구하였다. 시료의 초기 함수율은 14.38%(w.b.)이다.

2-2 실험장치

본 연구에 사용된 공기 밀폐저장고는 상단과 하단의 두개의 플렉시블 큐브로 구성되며, 큐브의 밀폐를 위해 2중으로 된 고무지퍼를 사용한다. 저장고의 재질은 PVC이며, 두께는 0.83mm이다.

* 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

저장방법은 하단의 PVC를 저장위치에 설치하고 벼를 적재하여 상단의 PVC를 지퍼를 이용하여 밀폐한다. 공기 밀폐저장장치의 제원은 다음 표 1과 같다.

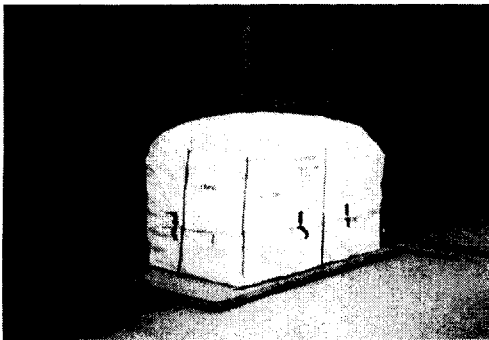
Table 1 Specification of airtight storage system

Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Volume (m ³)	Capacity (ton)	Weight (kg)
295	170	150	7.5	5	29.5

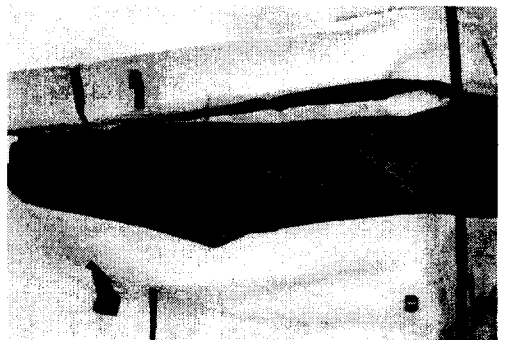
그림 1은 공기 밀폐저장고를 실험하기 위해 야외에 설치한 모습이다. 그림 1-(a)와 같이 저장고의 바닥에는 15cm정도의 목재를 깔아 배수를 할 수 있도록 하였으며, 직사광선과 비 등 자연조건의 영향을 직접 받는 곳을 실험장소로 선정하여 자연현상에 의한 벼의 품질 변화와 저장고의 특성을 알 수 있도록 하였다. 벼 100포대를 8단으로 적재하였고, 퇴적시 무너짐을 방지하기 위해서 가로적재와 세로적재를 병행하였다. 그림 1-(b)와 같이 상단과 하단 끝 부분의 2중의 지퍼를 결속하여 연결부위의 공기 유입이 없도록 하였다.

저장고의 최상단에는 왕겨를 30cm 정도의 퇴적고로 고르게 적재하여 직사광선의 직접 영향을 받는 상단의 벼를 보호하고 왕겨의 단열의 효과를 볼 수 있도록 하였다.

저장기간은 '96년 3월 24일에서 '96년 8월 30일까지 약 5개월 동안 실시하였다.



(a)



(b)

Fig 1. Photo of airtight storage system

2-3 실험방법

2-3-1 온도와 상대습도 및 산소·탄산가스 농도 측정

저장고내의 온도와 상대습도의 변화는 그림 2와 같이 상단, 중앙과 하단의 3지점과 외기의 1지점에 대해서 1시간 간격으로 측정하였다. 측정지점에 온습도 센서(HX 11V, USA)를 설치하고, 자료수집장치(DATASCAN 7327, U.K)를 거쳐 PC에 저장하였다.

저장고내의 산소와 탄산가스 변화량은 주사기를 이용하여 저장고내의 공기를 추출하여

O₂ · CO₂ Analyzer (M-8003, Denmark)를 이용하여 1주일 간격으로 측정하였다.

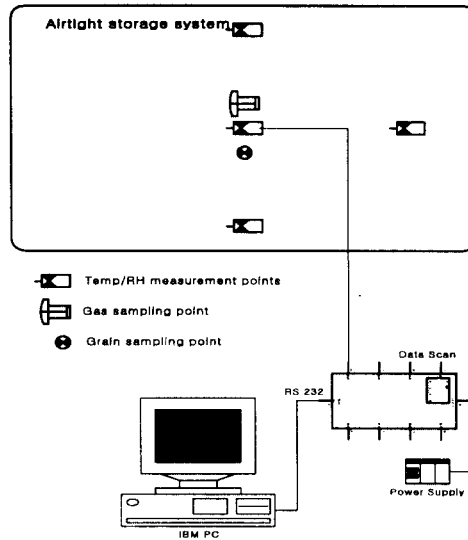


Fig 2. Points of temp & RH measurement and gas & grain sampling

2-3-2 저장 비의 품질실험

저장 비 100포대중 임의 10개 포대를 선정하여, 하단에 2포대 상단에 3포대 나머지는 고르게 분포시켜으며, 이 10포대에서 시료를 채취하였다. 채취한 시료에 대해서 저장전과 저장후의 함수율, 발아율, 지방산도, 동할율, 해충, 천립중과 제현율을 측정하였다.

또한, 저장고 중앙에 설치된 시료채취구에서 10일 간격으로 시료를 채취하여 저장기간 중의 품질변화를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 온도 및 상대습도의 변화

그림 3은 저장고내의 온도와 외기 온도의 변화이다. 외기 온도는 3월 하순경에 4℃에서 점차 상승하여 8월 하순경에 30℃까지 상승하였다. 저장고내의 온도는 상단에서 비교적 높게 나타났고 중앙 및 하단에서 낮게 나타났다. 저장고내의 온도는 3월 하순에서 6월초까지 12℃ ~ 18℃, 6월 중순부터 8월 하순까지는 23℃ ~ 30℃로 나타났다. 여름철 외기 온도가 상승하면서 저장고내의 온도도 동시에 상승하였지만, 외기 온도의 변화에 비하여 저장고내의 온도는 완만하게 상승하였다.

그림 4는 저장고내의 상대습도와 외기의 상대습도 변화를 나타내고 있다. 저장기간 중 외기 상대습도의 변화는 40%에서 100%까지 밤낮의 변화가 심하였으나, 저장고내의 상대습도는 60%에서 80%범위에서 일정하게 유지되었다.

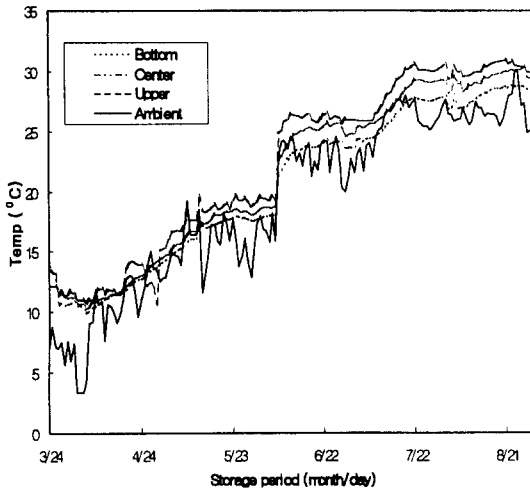


Fig 3. Temperatures changes during the storage period(24 Mar-30 Aug 1996) at four points.

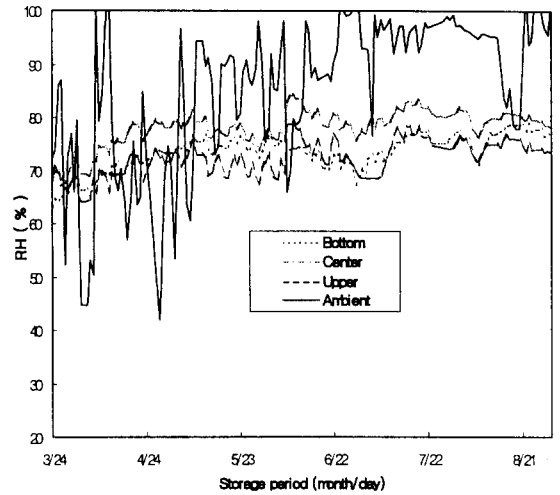


Fig 4. Relative humidities changes during the storage period(24 Mar-30 Aug 1996) at four points.

3-2 산소 및 탄산가스 농도 변화

그림 5는 저장고내의 산소와 탄산가스 농도변화를 나타낸 것이다. 저장시작 11주 후부터 탄산가스의 변화가 나타났으며, 비교적 발생량이 적은 0.6%정도로 측정되었다. 저장 21주부터는 탄산가스가 1.6%로 증가하였고 산소는 16%로 감소하였다.

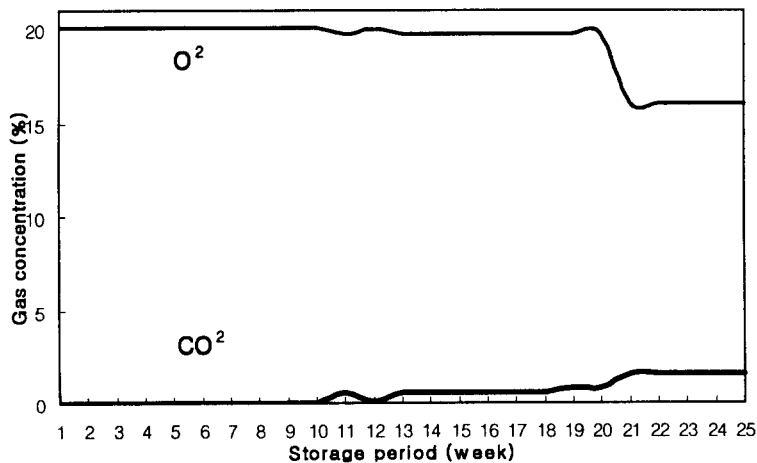


Fig 5. Gas changes during storage period(24 Mar-30 Aug 1996)

3-3 저장 비의 품질변화

그림 6은 저장 전후의 벼 함수율, 발아율, 지방산도, 동할율, 해충, 천립중, 제현율을 비교한 것이다. 함수율은 저장종료일인 8월 30일에 14.13%(w.b.)로 저장전에 비해 0.26%(w.b.) 감소되었으며, 발아율은 1.1%가 감소하였고, 지방산도는 10.18(mg KOH/100g), 동할율은 2.4% 증가하였다.

해충밀도는 저장초기에 벼 1kg당 5.3마리였으며, 저장종료 후에는 9마리로 증가하였다. 9마리 중 2마리는 생존한 유충이었으며, 죽은 7마리는 모두 성충이었다. 천립중량은 0.5g, 제현율은 0.04%가 감소되었다.

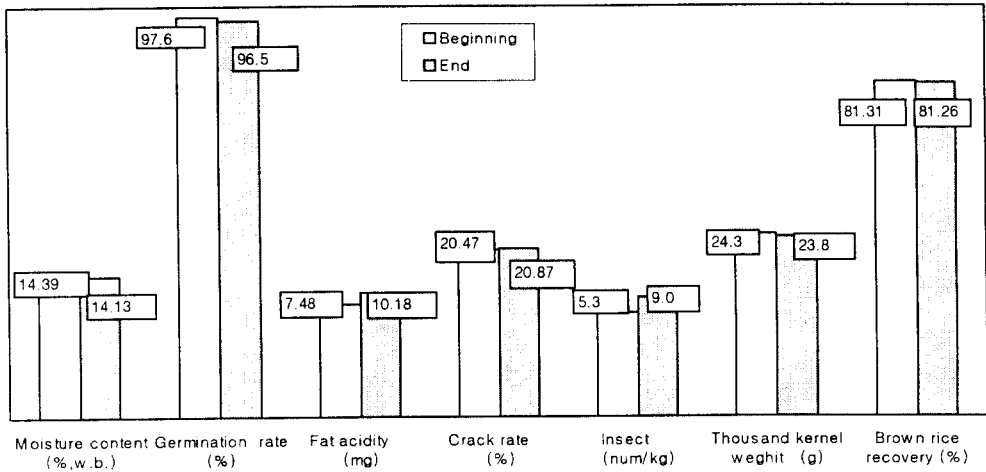


Fig 6. Sample results at the beginning and end of storage in airtight storage system

그림 7은 저장기간 중 채취 시료의 함수율 변화를 보여주고 있다. 저장시작 일인 3월 24일에는 함수율은 14.10%(w.b.)였고, 저장종료일인 8월 30일에는 14.24%(w.b.)로 나타났다. 측정된 시료의 함수율의 편차는 0.29%로 저장기간 중 함수율은 변화가 미비했음을 알 수 있다.

그림 8은 저장기간 중 벼의 지방산도 변화를 나타낸 것이다. 저장전의 지방산도는 7.57(mg KOH/100g)이었고, 저장 경과 150일 후에는 10.28(mg KOH/100g)으로 증가하였으나, 품질저하의 지표가 되는 20(mg KOH/100g)의 1/2수준으로 나타났다.

그림 9는 저장기간 중 벼의 동할율 변화를 나타내고 있다. 초기 동할율은 비교적 높은 24.8%, 저장 3개월 후인 6월 17일에는 25.2%, 저장종료일인 8월 20일에는 24.5%로 나타났다. 저장기간 중 벼의 동할율 변화는 미비한 것으로 나타났다.

이상과 같이 저장 기간동안의 함수율, 발아율, 지방산도, 동할율, 해충밀도, 천립중, 제현율의 변화는 모두 품질저하를 나타내는 기준이하의 값으로 저장 중의 벼의 품질변화는 매우 미비한 것으로 판단된다.

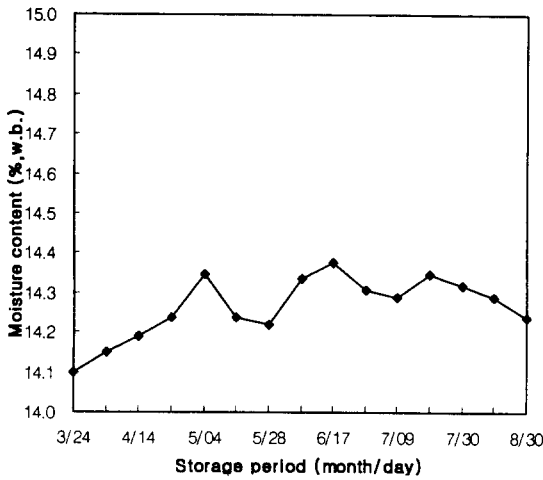


Fig 7. Moisture content changes during storage period(24 Mar-30 Aug 1996)

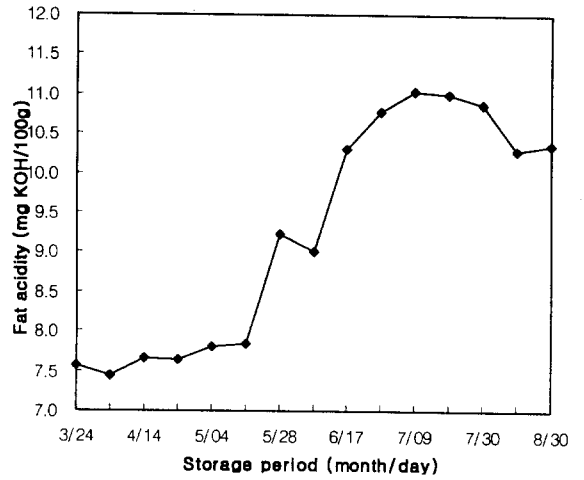


Fig 8. Fat acidity changes during storage period(24 Mar-30 Aug 1996)

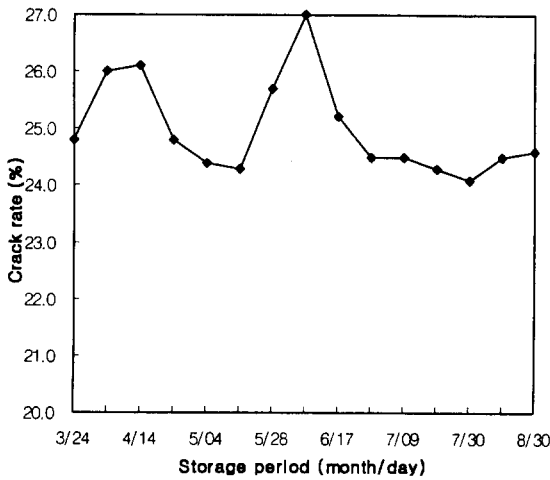


Fig 9. Crack rate changes during storage period(24 Mar-30 Aug 1996)

4. 요약 및 결론

벼 공기 밀폐저장고를 이용한 장기간의 벼 저장실험을 통해 저장고내의 산소 및 탄산가스 농도 변화특성, 곡은 및 상대습도 변화특성 및 벼의 품질변화 특성을 구명하기 위하여 본 연구가 수행되었다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

가. 저장기간 중의 외기 온도는 3월 하순경에 4°C에서 점차 상승하여 8월 하순경에 3

0℃까지 상승하였고, 저장고내의 온도는 3월 하순에서 6월초까지 12℃ ~ 18℃, 6월 중순부터 8월 하순까지는 23℃ ~ 30℃로 나타났다. 외기 상대습도의 변화는 40%에서 100%까지 밤낮의 변화가 심하였으나, 저장고내의 상대습도는 60%에서 80%범위에서 일정하게 유지되었다.

나. 저장벼의 함수율은 저장기간동안 0.5%(w.b.)이내에서 증감을 반복하였으며, 발아율은 97.6%에서 96.5%로 1.1% 감소하였으며, 지방산도는 7.7(mg KOH/100g)에서 10.2(mg KOH/100g)으로 증가하였다. 동할율은 약 0.4% 증가하였다. 해충밀도는 벼 1kg당 5.3마리에서 9마리로 증가하였으나, 9마리중 2마리는 살아있는 유충이었으며 7마리는 죽은 성충이었다. 천립중은 0.5g감소하였으며, 제현율은 거의 변동이 없었다.

다. 태양의 직사광선이나 외기의 고온 등에 의한 저장고의 변형과 설치류에 의한 피해는 나타나지 않았다.

라. 저장 중 벼의 품질에 영향을 주는 인자를 분석한 결과 벼의 품질변화는 미비한 것으로 판단되며, 벼의 저장상태는 매우 양호한 것으로 나타났다.

마. 저장고내의 산소 및 탄산가스 농도는 저장종료 후에 각각 16%와 1.6%로 나타났다. 이는 해충발생의 억제와 벼의 호흡율 감소 등의 효과를 예측할 수 있었다. 따라서 벼 저장에서 오는 손실율을 최소화 할 수 있어리라 기대한다.

바. 저장고내의 탄산가스는 1.6%로 낮게 나타났는데, 이는 저장벼의 초기함수율이 낮은 데서 기인하는 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 고태균, 금동혁 외 12. 1995. 미곡종합처리시설. 문운당
2. Bakke, Arkema and Donald B, Brooker. 1992. Drying and storage of grains and oilseeds. An AVI.
3. Digvir S. Jayas and Noel D.G. White. 1995. Stored grain ecosystems. Marcel Dekker. Inc.
4. 安部武美. 1997. 粳の貯藏における伝統的な竹製ピソと紙袋の比較研究. J. JSAM59(1)
5. Navarro, S., Kashanchi, V. and Bulbul, O. 1984. Airtight storage of wheat in a PVC covered bunker. Elsevier, Amsterdam.
6. Navarro, S., Donahaye, E. 1985. Plastic structures for temporary storage of grain. Asian Technical seminar.
7. Navarro, S., Caliboso, F.M. 1996. Application of modified atmospheres under plastic cover for prevention of losses in stored grain. final report.
8. Navarro, S., Donahaye, E. 1993. Preservation of grain by airtight storage. 5th Int. Cong. on Mechanization and Energy in Agriculture.