

저장방법에 따른 벼의 저장특성

이재석 홍헌기 강태환 리 혁 함택모 김유호 한충수

Storage Characteristics of Rough Rice by Storage Method

J. S. Lee H. K. Hong T. H. Kang H. Li T. M. Ham Y. H. Kim C. S. Han

Abstract

The objective of this study was to investigate the adequate storage method that was able to maintain the high quality of rough rice according to storage methods and period. The quality change of the rough rice during the storage period was evaluated by storage method such as cooling bin using winter cold air, ordinary temperature bin, freezing, refrigeration and indoor storage. Moisture content, brown rice whiteness, hardness, crack ratio and germination ratio were measured in this study. Moisture content of rough rice stored in cooling bin using winter cold air and ordinary temperature bin were decreased by 0.07% and 0.42%, respectively, which were lower than the other storage method. The hardness of brown rice increased in order of storage method such as winter cooling bin, normal bin, freezing storage, refrigeration storage and indoor storage. Crack ratio by indoor and ordinary temperature bin storage were increased by 2.68% and 3.63%, respectively, whereas cooling bin using winter cold air, refrigeration and freezing storage showed below 1.0%. The highest germination rate was found in cooling bin using winter cold air. As a result, cooling bin using winter cold air can be evaluated for the adequate storage method of rough rice.

Keywords : Rough rice, Winter cooling storage, Refrigeration storage, Freezing storage, Germination ratio

1. 서론

국내의 쌀 시장은 소비자의 식생활 구조 변화로 쌀 소비량이 감소하고 있는 시점에서 의무수입물량 중 2005~2010년까지 밥쌀용으로 10%에서 30%까지 시장에 판매해야 하므로 커다란 위기를 맞고 있다.

이러한 시장구조 변화에 따른 국내산 쌀의 경쟁력을 확보하기 위해서는 고품질 품종 개발 및 보급, 생산성 향상, 효율적인 가공공정 및 브랜드화 등과 같은 쌀의 고급화 전략이 효과적이라 할 수 있으며, 정부도 이러한 방향으로 정책을 추진하고 있다.

소비자에게 고품질의 쌀을 공급하기 위해서는 쌀의 품종

및 재배과정도 중요하지만, 수확 후 처리기술이 매우 중요하며, 특히 쌀의 저장방법과 과정은 생산된 쌀의 고품질을 유지 시키는데 매우 중요한 인자이다. 국내에서 양곡저장은 일반적으로 상온 양곡저장고, 사일로와 빈을 이용한 상온저장이 대부분으로 저장 중 감도와 변질 등이 발생될 수 있다(Han et al., 2001a; Lee et al., 2005).

저장고의 시설 미비 및 부적합한 저장방법은 저장 중에 양곡의 수분이 자연 감소되어 과건조 현상과 동할 증가, 발아율 감소 등으로 품질이 저하된다. 또한 저장기간이 길수록 수분은 더욱 감소되어 쌀의 조직이 매우 단단해져 도정 시 미강층을 제거하는데 시간이 길어지고, 과부하로 인하여 도정효율이 저하된다(Han et al., 2001b).

This work was supported by the research grant of Chungbuk National University in 2006. The article was submitted for publication on 2008-4-15, reviewed on 2008-6-13, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-6-15. The author are Jae Seok Lee, Research Assistant, KSAM member, RESTORATION KOREA INC., Hyun Ki Hong, Tae-Hwan Kang, He Li, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Tack Mo Ham, Shinhung Co., You Ho Kim, National Institute of Agricultural Engineering., and Chung Su Han, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University. Corresponding author: C. S. Han, KSAM member, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Chongju, 361-763, Korea; Tel: +82-043-261-2605; Fax: +82-043-271-2580; E-mail: <hansu@chungbuk.ac.kr>.

저장 중 양곡의 수분감소와 변질을 방지하고 품질유지를 위하여 저온저장에 대한 관심이 높아지고 있다. 일반 농산물의 장기간 품질 유지를 위하여 이용하고 있는 저온저장은 쌀의 경우도 품질유지와 장기 저장이 가능하며, 국내에서는 저온저장고를 이용하는 방법과 겨울철 자연냉기 및 곡물냉각기를 이용하는 방법 등이 활용되고 있다. 국내에 보급되고 있는 저온저장법 중 저온양곡저장고는 품질유지와 변질방지가 가능하지만, 초기 고정비가 높고, 운영비가 많이 소요되는 면이 있다(農林省, 1969).

한편 겨울철 자연냉기를 이용한 저장방법은 일본 북해도 지역에서 호퍼형 사일로에 많이 사용하고 있는 방법으로 고 품질 유지와 식미가 매우 우수한 것으로 보고하였다(川村, 2000). 국내에서는 원형 건조저장빈에 겨울철 자연냉기를 이용하여 저온저장하는 방법이 개발되어 2004년부터 보급되고 있다. 국내의 겨울철 자연냉기를 이용한 양곡 저장방법도 장기간 고품질 유지가 가능하고, 식미가 우수하며, 운영비가 적게 소요되어 효율적인 저장방법이라 보고하였다(Han et al., 2001a, 2002; Lee et al., 2005).

따라서 본 연구에서는 겨울통풍냉각빈저장, 상온빈저장, 냉동저장, 냉장저장, 실내저장방법 등을 이용하여 벼를 장기간 저장할 경우 저장기간에 따른 벼의 품질 변화를 비교하여 고품질 유지가 가능한 저장 방법을 규명하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 실험의 공시재료는 2002년 10월 충청북도 청원군 내수면에서 수확하여 내수농업협동조합 미곡종합처리장에서 수매한 산물 벼를 이용하였다. 시료 벼의 품종은 추청이고, 평균 초기함수율은 겨울철 자연냉각과 쿨링시스템을 이용한 통풍냉각 저온저장빈(이후 통풍냉각빈으로 칭함)의 시료가 16.72%, 상온저장빈(이후 상온빈으로 칭함) 시료는 15.73%이었다. 또한 냉동(-5℃), 냉장(10℃), 실내저장 시료는 저장실험 직전에 통풍냉각빈에서 각각 80 kg씩 채취하여 사용하였다.

나. 실험방법

통풍냉각빈(SSD-4000DC, 신흥강관, Korea)과 상온빈(SSD-4000D, 신흥강관, Korea)저장은 충청북도 청원군 내수읍 내수농업협동조합 미곡종합처리장에 설치된 400톤 건조저장빈을 이용하여 실시하였으며, 통풍냉각저장은 겨울철 냉기를 2회에 걸쳐 총 16시간 송풍하였고, 4월초에 상부 쿨링시스템을 작동하여 온도를 15℃ 내외로 유지하였다. 냉동저장과 냉

장저장은 각각 -5℃, 10℃로 설정된 냉동고(NS22C, Nongsan22c, Korea)와 냉장고(DK900, DAIKIN, Japan)에 벼를 포대(40 kg) 저장하였고, 실내저장은 직사광선을 피해 상온의 실험실에서 포대(40 kg) 저장하였다.

통풍냉각 및 상온빈의 시료 채취위치는 원형빈 중앙 1지점과 동, 서, 남, 북 방향 각각 2지점, 깊이 별로 빈의 곡물 표면으로부터 각각 500, 2750, 5000 mm(이후 상·중·하부로 표기함)에 설치한 증공봉을 통하여 총 33개소에서 시료를 채취하여 품질을 분석한 후 평균값으로 나타내었다(Lee et al., 2007).

통계처리는 Statistical Software인 MINITAB(Release 14, USA)의 이원배치 분산분석(Two-Way ANOVA)으로 검정하였다. 저장기간과 저장방법이 저장특성에 미치는 효과에 대한 유의성은 T-통계량 값에 대응하는 유의 확률인 P-값으로 나타내었고, 유의수준은 0.05 이내로 설정하였다.

다. 측정항목

채취한 시료 중 함수율을 제외한 다음 항목들을 실험용 현미기(SYTH88, 쌍용기계공업사, Korea)로 탈부한 후 비교 분석하였다.

1) 함수율

함수율은 실험용 건조기(ULE500, Memmert, Germany)를 이용하여 벼 10±0.5 gr을 135℃에서 24시간 건조한 후 중량비로 습량기준함수율(M₁₃₅, %)을 계산하고, 이 값을 벼 표준 함수율(M₁₀₅, %) 보정식 (1)로 환산하여 나타내었다(山下, 1975).

$$M_{105} = 100 - 1.0121(100 - M_{135}) \quad (1)$$

2) 현미 백도

현미 백도는 백도계(C300-3, Kett, Japan)로 10회 측정 후 평균값으로 나타내었다.

3) 현미 강도

강도는 현미 시료 중 완전립을 20립씩 선택하여 경도계(KHT-20N, FUJIWARA, Japan)로 압쇄강도를 측정 후 평균값으로 나타내었다.

4) 현미 동할미율

동할미율은 벼를 탈부한 후 동할미투시기(RC-50, Kett, Japan)로 시료별 50립씩 10회 측정하였고, 경동할과 중동할을 모두 측정 후 평균값으로 나타내었다.

5) 발아율

발아율은 벼를 세척하고, 세척시 침강하는 충실한 것을 선정하여 살레 바닥에 거름종이를 깔고 증류수로 충분히 적신 후, 시료별로 100립씩 2개의 살레에 놓고, 25°C 향온기(UP550, YOKOGAWA, Japan)에서 발아시켜, 100립에 대한 발아립의 비율로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

가. 저장기간에 따른 저장방법별 함수율 변화

그림 1에 저장기간에 따른 저장방법별 벼의 함수율 변화를 나타내었다.

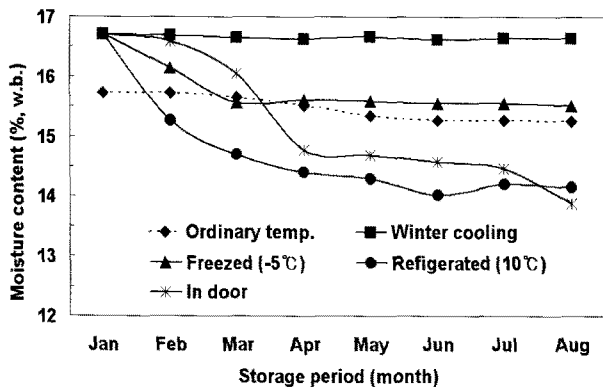


Fig. 1 Variation of moisture content by storage method during storage period.

그림에 나타난 바와 같이 저장기간이 경과함에 따라 약간의 차이는 있지만 함수율은 감소하는 경향을 나타내었고, 다른 저장방법에 비해 냉장 및 실내저장한 벼의 함수율이 크게 감소하는 경향을 나타냈다.

통풍냉각빈, 냉동, 냉장 및 실내저장한 벼의 초기함수율은 모두 16.72%이었고, 상온빈저장한 것은 15.73%이었다. 저장종료 후인 8월 하순의 함수율은 통풍냉각빈과 상온빈저장한 경우 각각 16.65, 15.26%이었고 냉동, 냉장 및 실내저장한 경우 각각 15.52, 14.15, 13.88%이었다. 이는 통풍냉각빈, 상온빈, 냉동, 냉장 및 실내저장한 벼의 초기함수율에 비하여 각각 0.07, 0.47, 1.20, 2.57, 2.84% 감소한 것으로 나타났다.

실내저장한 벼의 함수율 감소가 높은 이유는 3~5월과 7월 중순부터 8월까지 습도는 낮고 기온이 상승하면서 평형함수율까지 자연 건조되었기 때문이며(Keum et al., 2000; Lee et al., 2005), 냉장저장한 벼의 함수율 감소는 저온을 유지하기 위해 냉기 유입시 채워진 저온의 공기에 의하여 건조효과가 나타났기 때문이다. 따라서 벼의 상온 및 저온저장은 함수율

을 유지할 수 있는 상대습도 유지가 매우 중요하다.

통풍냉각빈저장 벼의 함수율은 겨울 통풍냉각 후 곡은 상승 방지를 위하여 외부 공기의 유입을 차단하고, 고온기의 저장기간 중 빈의 상부 공간 온도를 15°C 이하로 유지하여 함수율 감소가 상대적으로 낮아 고품질 유지가 가능한 저장방법으로 판단된다.

상기의 결과에 따라 저장방법이 벼 함수율 변화에 미치는 영향을 분석한 결과 검정통계량 P-값이 0.001로 유의수준 0.05보다 작기 때문에 저장방법에 대한 함수율 변화는 유의한 차이가 있음을 나타내었고, 저장기간이 함수율에 미치는 영향 역시 P-값이 0.001로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

나. 저장기간에 따른 저장방법별 현미 백도 변화

그림 2는 저장기간에 따른 저장방법별 현미 백도 변화를 나타낸 것이다.

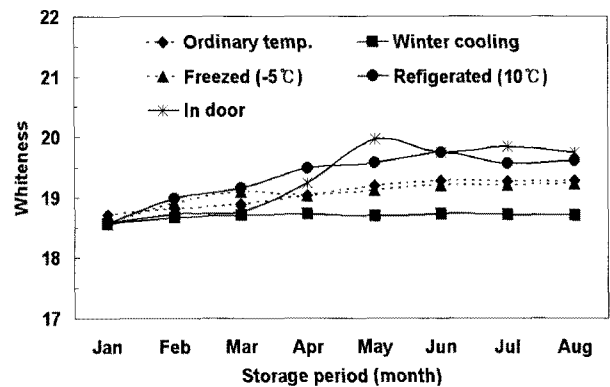


Fig. 2 Variation of brown rice whiteness by storage method during storage period.

그림에서 보는 바와 같이 백도는 저장기간이 경과함에 따라 미세하게 증가하는 경향을 나타내었다. 초기와 저장종료 후 백도는 통풍냉각빈과 상온빈저장의 경우 각각 18.57~18.73, 18.71~19.28이었고, 냉동, 냉장, 실내저장의 경우 각각 18.57~19.23, 18.57~19.61, 18.57~19.96을 나타내었다. 특히 냉장과 실내저장의 경우 초기시료와 최종시료와의 백도 차이가 1.04~1.39로 다른 저장 방법에 비해 약간 증가한 경향을 나타내었다. 이것은 저장기간 중 현미의 함수율이 감소하면 백도가 미세하게 증가하는 기기 특성상의 차이 때문이라 판단된다.

저장방법과 저장기간이 현미 백도의 변화에 미치는 영향은 검정통계량 P-값이 0.001로 유의수준 0.05보다 매우 작기 때문에 유의한 차이가 있어 통계학적으로는 저장방법 및 저장기간이 현미 백도에 영향을 미치는 것으로 검정되었지만, 실

제 유관 상으로는 차이가 없는 것으로 판단된다.

다. 저장기간에 따른 저장방법별 현미 강도 변화

저장기간에 따른 저장방법별 현미 강도 변화를 그림 3에 나타내었다.

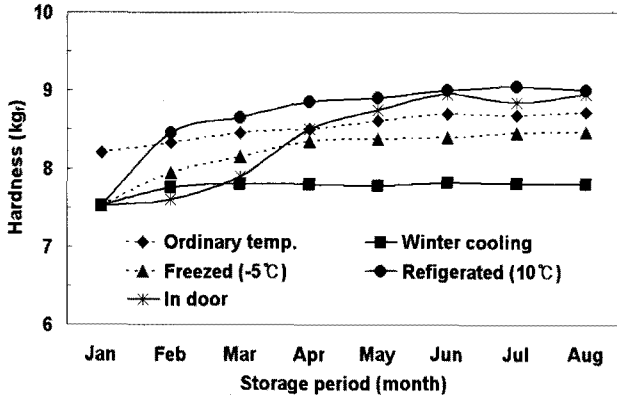


Fig. 3 Variation of hardness by storage method during storage period.

그림에서와 같이 현미 강도는 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 냉장저장 및 실내저장한 현미의 강도가 가장 크게 증가한 것으로 나타났다.

통풍냉각빈, 냉동, 냉장 및 실내저장한 현미의 초기 강도는 7.53 kgf 이었고, 상온빈저장한 것의 경우 8.20 kgf 이었다. 그리고 저장종료 후 8월 하순경 강도는 각각 7.80, 8.46, 9.00, 8.95, 8.72, kgf를 나타내었다.

저장 초기 강도에 비하여 강도가 가장 크게 증가한 것은 냉장저장으로 1.47 kgf 증가하였고, 다음이 실내, 냉동, 상온빈 및 통풍냉각빈저장 순으로 각각 1.42, 0.93, 0.52, 0.27 kgf 증가한 것으로 나타났다.

냉장, 실내 저장한 현미의 강도가 저장 종료 후 크게 증가한 이유는 앞에서 서술한 바와 같이 습도가 낮은 저온 및 상온의 공기에 장기간 노출 되면서 건조되어 조직이 경화되었기 때문이다.

한편 통풍냉각빈 및 냉동저장한 것의 강도는 다른 저장방법보다 비교적 강도가 낮아 도정효율이 양호할 것으로 판단된다.

저장방법과 저장기간이 현미 강도 변화에 미치는 영향도 검정통계량 P-값이 유의 수준보다 작게 나타나 강도 변화에 유의성이 있는 것으로 나타났다.

라. 저장기간에 따른 저장방법별 현미 동화미율 변화

그림 4는 저장기간에 따른 저장방법별 현미 동화미율 변화

를 비교하여 나타낸 것이다.

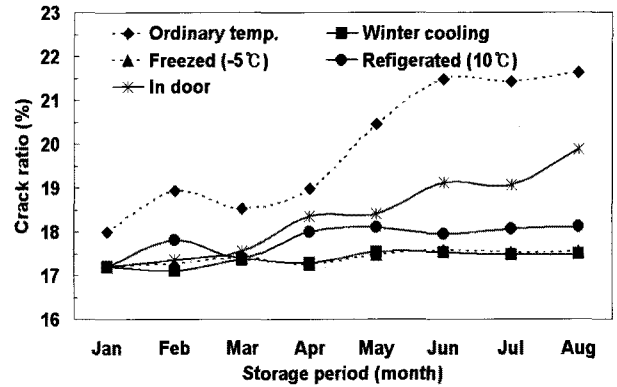


Fig. 4 Variation of crack ratio by storage method during storage period.

그림에 나타냈듯이 동화미율은 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하는 경향을 나타내었고, 상온빈 및 실내저장한 것의 동화 증가율이 다른 저장방법 보다 약간 높은 경향을 나타내었다.

통풍냉각빈, 냉동, 냉장 및 실내저장한 현미의 초기 동화미율은 모두 17.20%이었고, 상온빈저장한 것은 18.0%이었다.

저장 종료 후 동화미율은 통풍냉각빈, 냉동 및 냉장저장한 경우 초기 동화미율보다 각각 0.30, 0.35, 0.92% 증가한 것으로 나타났고, 실내 및 상온빈저장한 경우는 초기 동화미율보다 2.68, 3.63% 정도 증가한 것으로 나타났다. 이와 같이 저장 중에 증가한 동화미는 도정시 싸라기 증가의 원인이 되므로 전자의 저장방법이 품질 유지에 유리한 것으로 판단된다.

저장방법 및 저장기간에 따른 동화미율의 변화를 검정한 결과는 검정통계량 p-값이 0.001로 유의수준 0.05보다 작게 나타나 유의성이 인정되었다.

실내저장의 경우는 외기 온습도 변화에 따라 흡습과 건조가 반복되면서 현미의 내외부 응력 차이로 동화가 발생하고, 상온빈저장한 것은 봄철 이후 결로 방지를 위해 벼를 교반하고 송풍하는데 이때 건조되면서 동화가 발생한 것으로 판단된다. 따라서 봄철에 결로 방지를 위해서 송풍하는 것은 품질 유지에 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

마. 저장기간에 따른 저장방법별 발아율의 변화

그림 5에 저장기간에 따른 저장방법별 벼의 발아율 변화를 나타내었다.

그림에 나타낸 바와 같이 발아율은 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 상온빈저장과 실내저장한 것의 발아율은 6월 이후 더 낮아지는 경향을 나타내었다.

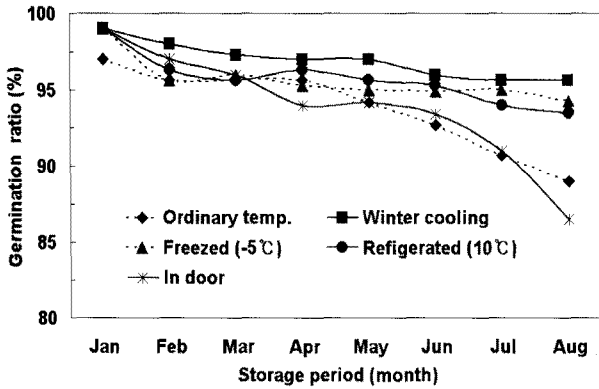


Fig. 5 Variation of germination rate by storage method during storage period.

통풍냉각빈저장과 냉동, 냉장 및 실내저장한 벼의 초기 발아율은 99.0%, 상온빈저장한 것의 초기 발아율은 97.0% 이었다. 저장 종료 후 8월 하순경 발아율이 양호한 저장방법은 통풍냉각빈저장, 냉동 및 냉장저장으로 초기 발아율에 비해 각각 3.3, 4.7, 5.5% 정도 감소한 것으로 나타났다.

저장 종료 후 발아율이 저조한 조건은 상온빈저장과 실내저장으로 각각 89.0, 86.5%를 나타내었으며, 초기 발아율에 비해 각각 8.0, 12.5% 정도 낮아진 것으로 나타났다.

한편 저장된 벼는 건조되었지만, 생물이기 때문에 저장 중에 계속 호흡작용을 하면서 자체 영양분을 소모한다. 상온저장한 벼는 기온이 상승하면서 곡온이 15°C 이상이 되면 호흡작용이 활발해지고, 영양분 소모도 많아지면서 발아력이 저하된다. 그러나 통풍냉각빈저장, 냉동 및 냉장저장한 벼와 같이 15°C 이하에서 저장하면 호흡작용은 거의 정지되면서 영양분 소모와 노화 현상이 억제되어 발아력과 품질이 양호한 상태로 유지된다(河野, 1980).

특히 통풍냉각빈저장의 경우 냉동 및 냉장저장과 같이 강제 송풍으로 저온을 유지하는 것이 아니라 겨울철에 냉각 후 밀봉한 상태로 5월 중하순까지 저온을 유지하면서 고온기에 저장빈 상부 공간만 냉각하므로 함수율 및 동할 변화가 적고, 발아율도 양호하게 유지된 것으로 판단된다(Lee et al., 2007).

저장방법과 저장기간이 발아율에 미치는 영향에 대한 유의성 검정결과 검정통계량 P-값이 유의수준 0.05보다 작게 나타나, 발아율과 저장방법 및 저장기간 사이에 유의성이 인정되었다.

4. 요약 및 결론

저장기간 중 벼의 곡온과 함수율은 쌀의 품질을 결정하는 중요한 요인이지만, 국내의 벼 저장방법은 저장기간 중에 온

도를 제어하지 않는 상온저장이 일반적이다.

쌀 시장이 개방되고 있는 현시점에서 상온 저장방법은 변질과 감모로 인하여 경제적인 손실은 물론, 쌀의 품질이 저하되어 수입산 쌀에 대한 경쟁력도 저하된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 국내에서는 저온 평창고를 이용하는 방법과 겨울철 자연냉기와 냉각시스템을 이용하는 저온저장 방법이 활용되고 있다.

그러나 저장방법에 따라 저장 특성이 다르기 때문에 본 연구에서는 겨울통풍냉각빈저장, 상온빈저장, 냉동저장, 냉장저장, 실내저장시 저장기간 동안 벼의 저장특성을 비교하여 품질 유지에 적합한 저장 방법을 제시하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 저장기간이 경과함에 따라 벼의 함수율은 감소하였고, 저장 종료 후 8월 하순의 함수율은 초기 함수율에 비하여 통풍냉각빈, 상온빈, 냉동, 냉장, 실내저장한 경우 각각 0.07, 0.47, 1.20, 2.57, 2.84% 정도 감소하였다.
- (2) 저장종료 후 현미 백도는 저장기간이 경과함에 따라 미세하게 증가하는 경향을 나타내었지만, 실제 유관 상으로는 차이가 없었다.
- (3) 현미 강도가 가장 크게 증가한 것은 냉장저장으로 초기 시료보다 1.47 kgf 증가하였고, 다음이 실내, 냉동, 상온빈 및 통풍냉각빈저장 순으로 각각 1.42, 0.93, 0.52, 0.27 kgf 증가하였다.
- (4) 저장 종료 후 동할미율은 통풍냉각빈, 냉동 및 냉장저장한 경우 초기 동할미율보다 각각 0.30, 0.35, 0.92% 정도 증가하였고, 실내 및 상온빈저장한 경우는 각각 2.68, 3.63% 정도 증가하였다.
- (5) 저장 종료 후 발아율이 양호한 저장 방법은 통풍냉각빈저장, 냉동 및 냉장저장으로 나타났고, 실내저장이 가장 낮은 것으로 나타났다.

따라서 감모 방지 효과와 강도 유지는 통풍냉각빈, 상온빈저장한 경우가 양호하고, 발아율, 동할미율 측면에서는 통풍냉각빈, 냉동, 냉장저장한 경우가 양호한 저장 방법이라 판단된다.

참고문헌

1. Han, C. S., J. S. Lee, H. P. Lee and T. M. Ham. 2001a. Storage characteristics of rough rice after cooling by cold-air in winter. Proceedings of the KSAM 2001 Summer Conference 6(2): 196-201. (In Korean)

2. Han, C. S., J. S. Lee, S. C. Cho, K. S. Yon, M. H. Kim, H. P. Lee, T. M. Ham and J. Y. Park. 2002. Storage characteristics of rough rice by storage methods. Proceedings of the KSFE 2002 Spring Conference. pp.111. (In Korean)
3. Han, C. S., K. S. Yon, T. H. Kang, H. Y. Jeon, H. K. Koh, J. D. So and D. B. Song. 2001b. Study on the conditioning of brown rice (I). J. of the KSAM 26(1):39-46. (In Korean)
4. Keum, D. H., H. Kim and Y. K. Cho. 2000. Desorption equilibrium moisture content of rough rice, brown rice, white rice and rice hull. J. of the KSAM 25(1):47-54. (In Korean)
5. Lee, J. S., C. S. Han, T. M. Ham and K. S. Yon. 2005. Low temperature storage of rough rice using cold-air in winter (I). J. of Biosystems Eng. 30(3):155-160. (In Korean)
6. Lee, J. S., H. K. Hong, H. Li, J. S. Park, T. M. Ham and C. S. Han. 2007. Low temperature storage of rough rice using cold-air in winter (II). J. of Biosystems Eng. 32(1):39-46. (In Korean)
7. 農林省 食糧研究所. 1969. 米の品質と貯藏, 利用. 食糧技術普及シリーズ 7:46-85.
8. 山下律也. 1975. 穀物の含水率測定方法基準についての提案. 農業機械學會誌 37(3):445-451.
9. 河野常盛. 1980. 米の低溫貯藏法の研究. プリンティング出版部. p.134.
10. 川村周三. 2000. 北海道における新規貯藏技術の確立. 北海道農業施設協會. pp.23-72.