

## 쌀 바구미와 곰팡이가 저장미의 품질에 미치는 영향

김영배 · 한원남 · 유태종

고려대 식품공학과

### Effects of Rice Weevil and mold on Quality of Stored Rice

Young Bae Kim, Won-Nam Han and Tai-Jong Yoo

Department of Food Technology, Korea University, Seoul

#### Abstract

Polished rice was stored for 24 weeks at  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  after infestation with rice weevil (*Sitophilus oryzae*), inoculation with a storage mold, or both treatment. The moisture contents of stored rice with and without rice weevil were 16.6% - 17.3% and 13.7% - 14.1% respectively. Fungal numbers were  $4.3 \times 10^6/g$  to  $7.2 \times 10^6/g$  with insects while no fungal growth occurred without them. There were considerable differences between rice weevil infested- and non-infested rice in rice kernel hardness, 1000 kernel weight, maximum viscosity on amylogram, reducing sugar content, fat acidity, and n-hexanal content in head space gas.

#### 서 론

곡류의 저장중 저곡해충에 의하여 손실되는 양은 세계적으로 20%에 달할 것으로 추산되며<sup>(1)</sup> 곰팡이 또한 중요한 원인으로서는<sup>(2)</sup> 우리나라의 변질미는 주로 *Aspergillus glaucus*종류가 가장 중요한 것으로 보고되어 있다<sup>(3)</sup>. 이들은 내전성 곰팡이로서 낮은 수분활성도에서도 생장이 가능하지만 14.5% 미만의 수분함량의 곡류에서는 억제되는 것으로 알려져 있다<sup>(4)</sup>.

한편 쌀 바구미는 저장미의 수분함량을 높이며<sup>(5)</sup> 특정 곰팡이와 협동작용을 유지한다고 보고<sup>(6)</sup>된 바 있다.

우리나라에도 저장미의 품질에 관한 많은 연구가 이루어졌으며 특히 지방질과 관련되어 있는 것이 주류를 이룬다. 쌀의 지방질 가수분해효소와 자동산화에 의한 각종 가수분해물질 산화물의 증가를 볼 수 있으며<sup>(7)</sup> 결합지질보다는 유리지질의 변화가 심하고<sup>(8)</sup> n-hexanal 등의 카보닐 화합물에 의한 古米臭가 발생한다<sup>(9)</sup>고 한다. 그러나 곰팡이나 쌀 바구미의 생장이 직접관련된 저장미의 품질의 변화에 관한 보고는 찾지 못하였다. 밀의 경우 바구미의 증식으로 곰팡이와 세균의 생장이 유도되며 이에 따라 지방산값이 급증하는 것으로 보고되고 있다<sup>(10)</sup>. 본 실험은 쌀 바구미와 곰팡이의 저장미에서의 생육과 이들이 저장미의 품질에 미치는 영향을 조사하여 쌀 저장방법의 개선에 일부 자료를 제공하고자 시도되었다.

#### 재료 및 방법

##### 시료의 처리

쌀 시료는 1982년 충남 논산지방에서 수확된 밀양 15호의 백미를 사용하였다. 5kg의 쌀에 쌀 바구미(*Sitophilus oryzae* L.)를 30마리, 곰팡이(*Aspergillus repens*)를  $1 \times 10^3/g$  수준이 되도록 접종하여 각각 바구미구 및 곰팡이구를 설정하고 이들을 동시에 처리한 혼합구와 무처리의 대조구를 플라스틱 용기(26×22×16cm)에 넣어 3월부터 9월까지 24주 동안  $28^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

##### 측정방법

수분함량, 환원당 및 지방산도는 AOAC법<sup>(11)</sup>에 따랐으며 곡립경도는 곡립경도계(木屋 제작소)로 40회 측정하여 평균값을 보였다. 아밀로그래프특성은 Brabender Amylograph를 사용하여 50g의 시료(40mesh이하)에 250ml의 물을 가하여 상법대로 측정하였다. n-hexanal은 250ml의 유리용기에 50g의 시료와 20ml의 포화식염수를 가하고 밀봉한 후 60°C의 수조에서 10분간 진탕하여 8ml의 head space gas를 뽑아서 gas chromatography로 분석하였다. liquid phase로서 8%TCEP(1, 2, 3-Tris(2-cyanoethoxy) propane)을 사용한 이외의 조건은 이등<sup>(12)</sup>의 방법과 동일하다. 천립중은 쌀알 1000개의 무게를 재어 건물중으로 표시하였다. 쌀 바구미의

생장은 100g중의 성충수를 5회 반복 측정하여 평균값을 보였으며 곰팡이는 전보(10)와 같이 측정하였다.

결 과

쌀 바구미의 생장 및 수분함량의 변화

쌀 바구미를 접종하지 않은 대조구와 곰팡이구에서는 실험기간중 쌀 바구미의 발생은 없었다. Fig. 1에 보인 것같이 바구미구와 혼합구에서는 비슷한 양상으로 쌀 바구미의 성충수가 증가하여 24주 후에는 각각 100g당 220 ± 12.6 및 155 ± 12.3마리에 달하였으며 두 처리간의 차이에 통계적 유의성은 없었다. 한편 수분함량은 대조구 및 곰팡이구에서 13.7~14.1%의 폭에서 큰 변화가 없었으나 바구미구 및 혼합구에서는 12주부터 증가하기 시작하여 24주 후에는 각각 17.3% 및 16.6%에 달하였다.

곰팡이의 생장

Fig. 2에 보인 것과 같이 곰팡이를 접종하지 않아도 대조구와 곰팡이구에서는 각각 8주 및 4주부터 측정되기 시작했으나 그 후 16주까지는 크게 증가하지 않았고 곰팡이구 및 혼합구에서도 접종한 수준에서 크게 증가하지 않았다. 그러나 16주 이후에는 대조구 및 곰팡이구에서는 계속 큰 변화가 없었던 반면에 바구미구 및 혼합구에서는 거의 대수적으로 증가하여 24주 후에 각각  $7.2 \times 10^6/g$  및  $4.3 \times 10^6/g$ 에 도달하였다. 특히 20주부터 증가된 곰팡이는 *Aspergillus repens*를 접종한 혼합구에서도 또한 접종하지 않은 바구미구에서도 모두 *Asper-*

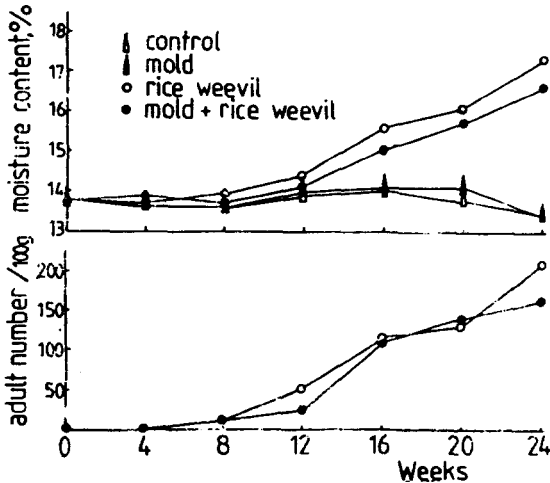


Fig. 1. Changes in number of adult rice weevils in 100g and in moisture content in mold-inoculated, rice weevil-infested and both treated rice at 28°C

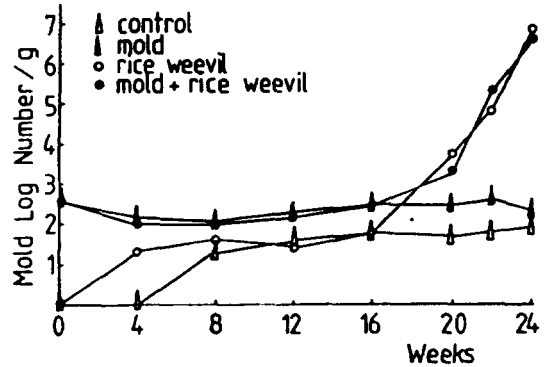


Fig. 2. Fungal growth on mold-inoculated, rice weevil-infested and both treated rice at 28°C

*gillus versicolor*만이 우세하게 나타났다.

천립중 및 곡립경도의 변화

Fig. 3에서 보인 것과 같이 바구미구 및 혼합구에서 대조구 및 곰팡이구에 비하여 심한 감소율을 보였다. 24주 후에는 저장초기에 비하여 대조구, 곰팡이구, 바구미구 및 혼합구에서 각각 8.5%, 7.8%, 15.0% 및 19.6%의 건량기준의 천립중이 감소하였다.

곡립경도의 변화는 Fig. 4에 보인 것과 같이 12주까지 지내서 뚜렷한 감소의 경향이 나타났으며 대조구와 곰팡이구에 비하면 바구미구와 혼합구에서의 감소율이 현저하게 심했다.

아밀로그래프 특성의 변화

Table 1에 나타낸 바와 같이 20주 동안의 호화개시온도 및 최고점도시의 온도는 모든 처리구에서 2°C 내외의 변화만을 보였다. 그러나 최고점도는 12주에서는 모든 처리에서 증가하였으나 20주에서는 대조구 및 곰팡이

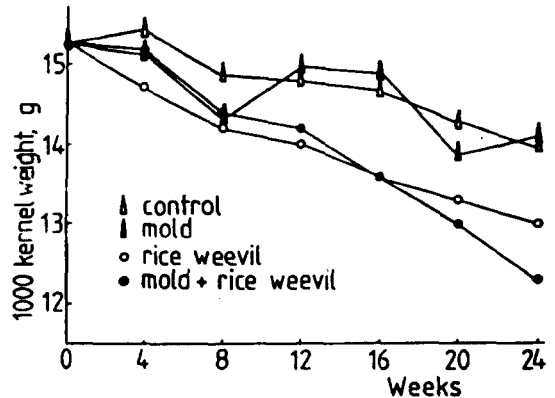
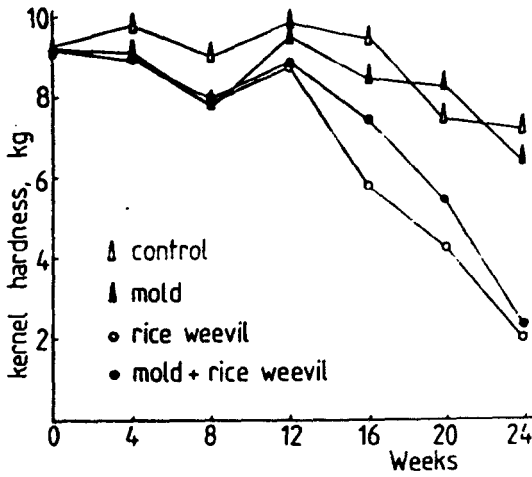


Fig. 3. Changes in 1000 kernel weight of mold-inoculated, rice weevil infested, and both treated rice at 28°C

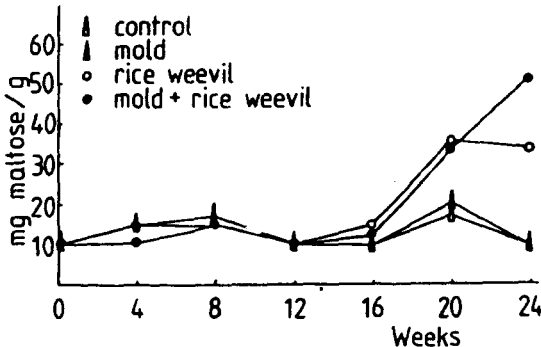
**Table 1. Changes in some characteristics on amylogram of mold-inoculated, rice weevil-infested, and both treated rice incubated at 28±2°C**

	Control			Mold		Rice Weevil		Mold and Rice Weevil	
Stored weeks	0	12	20	12	20	12	20	12	20
Temp. at the start of viscosity increase (°C)	64	63	63	63	63	63	65	63	66
Temp. at max. viscosity (°C)	94	94	95	94	95	95	96	94	96
Max. viscosity (BU)	630	840	865	845	860	740	660	800	620



**Fig. 4. Changes in kernel hardness of mold - inoculated, rice weevil-infested, and both treated rice at 28±2°C**

구에서만 조금씩 더 증가하였을 뿐, 바구미구 및 혼합구에서는 오히려 감소하여 저장초기와 비슷한 수준으로 환원되었다.



**Fig. 5. Changes in reducing sugar content in mold-inoculated, rice weevil-infested, and both treated rice at 28±2°C**

**환원당 및 지방산도의 변화**

환원당 함량의 변화는 Fig. 5에 보인 바와 같이 16주 이후에 뚜렷한 차이가 생기기 바구미구 및 혼합구에서 증가한 반면 대조구 및 곰팡이구에서는 24주후에도 크게 변화하지 않는 것으로 나타났다.

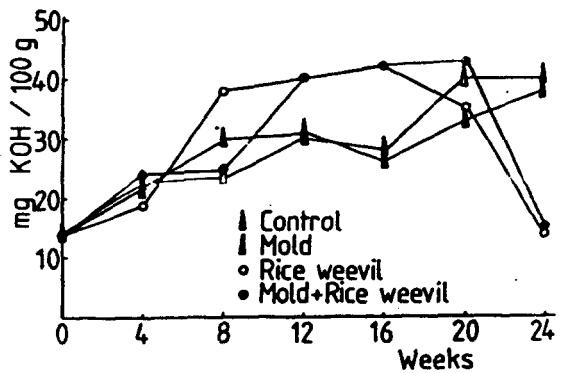
또한 Fig. 6에 나타낸 것과 같이 지방산도는 대조구 및 곰팡이구에서 각각 20주 및 24주 동안 서서히 계속적으로 증가한 반면에 바구미구 및 혼합구에서는 각각 8주 및 12주에 최고값에 도달하여 그 때부터 8주 동안 plateau를 이루고 이후 급격히 감소하였다.

**n-Hexanal 함량의 변화**

시료의 head space gas의 n-hexanal 함량은 Fig. 7과 같이 대조구 및 곰팡이구에서 24주후에도 저장초기에 비하여 대부분이 검출되었으나 바구미구 및 혼합구에서는 8주후부터 점차 감소하여 24주후에는 미량만이 검출되었다.

**고 찰**

저장미의 수분함량은 쌀 바구미의 1회 생활환이 지난 12주 후부터 증가하기 시작하였고 15%가 넘어선 16



**Fig. 6. Changes in fat acidity in mold-inoculated, rice weevil-infested, and both treated rice at 28±2°C**

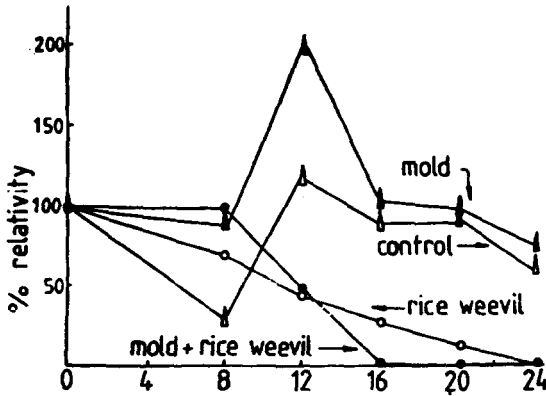


Fig. 7. Changes in n-hexanal content in head space gas of mold-inoculated, rice weevil-infested, and both treated rice incubated at 28±2°C

주부터 곰팡이가 생장하기 시작한 것으로 생각된다. 수분함량의 증가폭은 쌀 바구미의 숫자와 관계있다고 한 김과노<sup>(4)</sup>의 결론 및 6주 동안에는 쌀 바구미가 곰팡이 증식을 유도할 수 없다는 전보<sup>(14)</sup>와 본 실험결과는 모두 일치된 경향을 나타낸다. 곰팡이만을 접종한 경우 본 실험조건에서는 생장하지 못하여 모든 결과에서 대조구에 비하여 별 차이를 나타내지 못하였고 또한 쌀 바구미를 접종한 경우는 곰팡이 접종여부에 관계없이 저장후기에 곰팡이의 높은 생장을 보였기 때문에 환원당, 천립중, 곡립경도 및 아밀로그래프의 최대점도 등 대조구에 비하여 현저하게 다른 변화를 나타낸 것이 과연 곰팡이, 바구미 혹은 양쪽 모두중, 어느 것이 어느 정도의 원인이 되었는지를 파악함은 어려운 일이었다.

일반적으로 지방산도는 백미 저장시에 24주 동안에는 점차 증가하는 것으로 보고<sup>(15)</sup>되고 있으며 본 실험의 대조구, 곰팡이구도 같은 경향이다. 그러나 바구미에 의하여 곰팡이 증식이 없던 8~12주에 벌써 최고값에 도달한 것은 쌀알 표면의 상처 및 분말화로 지방산이 빨리 생성되었고 그 후에 급증한 곰팡이에 의하여 유리지방산이 감소된 것으로 생각된다.

한편 古米臭의 주원인으로 알려진 n-hexanal 함량도 바구미와 곰팡이의 존재하에서는 감소되며 이는 유리지방산의 소장과 관계가 있을 것으로 생각된다. n-hexanal은 일반적으로 식품의 산패도와 밀접한 관계를 가지며<sup>(16)</sup> 따라서 유리지방산이 곰팡이에 의해 감소함에 따라 n-hexanal의 함량도 감소한 것으로 생각된다. 또한 아밀로그래프의 최대점도의 감소 역시 곰팡이의 전분 가수분해 효소의 작용외에 유리지방산의 감소가 한 원인으로 믿어진다<sup>(14)</sup>.

요 약

28±2°C에서 24주 동안 저장한 쌀은 대조구 및 곰팡이를 접종한 경우에는 수분함량이 각각 13.7%~14.1%로서 곰팡이의 생장은 보이지 않았다. 바구미가 존재할 경우에는 수분함량이 16.6%~17.3%까지 증가하여 접종여부에 관계없이 4.3×10<sup>6</sup>/g~7.2×10<sup>6</sup>/g 수준까지 곰팡이가 생장하였다. 그 결과로 곡립경도, 천립중, 아밀로그래프의 최대점도 환원당, 지방산도, n-hexanal 함량도 대조구 및 곰팡이구에 비하여 현저한 차이를 나타내며 변화하였다.

사 의

본 연구는 한국과학재단의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Pimentel, D., Dritschilo, W., Krummel, J. and Kutzman, J. : *Sci.*, **190**, 754 (1975)
2. Sinha, R. N., Wallace, H. A. H. and Chebib, F. S. : *Ecology*, **50** (4), 537 (1969)
3. 김영배, 조덕현 : 한국농화학회지, **17**, 54 (1973)
4. Hearne, J. F. : *Food Technol.*, **18**, 318 (1964)
5. 김창환, 노용태; 고대논문집(자연), **12**, 7 (1970)
6. 현재선, 류문일 : 한국식품보호학회지 **13**, 71 (1974)
7. 김동훈 : 고대농립논집, **13**, 197 (1972)
8. 황보정숙, 이서래 : 한국식품과학회지, **8**, 74 (1976)
9. Yasumatsu, K., Moritaka, S. and Wada, S. : *Agr. Biol. Chem.*, **30**, 483 (1966)
10. Sinha, R. N. : *J. of Economic Entomol.* **77** (6), 1483 (1984)
11. A. O. A. C. : *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., p. 211 (1980)
12. 이정숙, 김영배, 고영태 : 한국식품과학회지, **17**(1), 51 (1985)
13. 김영배, 류문일 : 한국농화학회지, **25**, 252 (1982)
14. 김영배, 류문일 : 한국농화학회지, **25**, 257 (1982)
15. Fritsch, C. W. and Gale, J. A. : *J. of the American Oil Chem. SOC*, **54**, 225 (1977)
16. Yasumatsu, K., Moritaka, S. and Kakinuma, T. : *Agr. Biol. Chem.*, **28** (5), 265 (1964) (1985년 7월 22일 접수)