

벼 고온저장시 발아율, 지방산도 및 Lipoxygenase 활성의 품종간 차이

김기영*[†] · 이건미** · 노광일* · 하기용* · 손지영* · 김보경* · 고재권* · 김정곤*

*작물과학원 호남농업연구소, **경희대학교 농학과

Varietal Difference of Germination, Fat acidity, and Lipoxygenase Activity of Rice Grain Stored at High Temperature

Ki-Young Kim*[†], Gun-Mi Lee**, Kwang-Il Noh*, Ki-Yong Ha*, Ji-Young Son*, Bo-Kyeong Kim*, Jae-Kwon Ko*, and Chung-Kon Kim*

*National Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

**Dept. of Agronomic, Kyunghee University, Suwon 446-701, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the germination rate, fat acidity and lipoxygenase activity of brown rice after storage of 6 and 12 weeks at high temperature (35°C) with fifteen Korean and two Japanese rice varieties. Germination rate in rough rice and palatability value in cooked rice by rice taster were lower with longer storage period, while protein content, fat acidity, and lipoxygenase activity in brown rice were higher with longer storage period. Fat acidity was negatively correlated with germination rate. However fat acidity was positively correlated with lipoxygenase activity. Seventeen varieties were classified into two groups on the basis of germination rate, fat acidity and lipoxygenase activity after 12 weeks' storage at high temperature; Group I including eleven varieties of Odaebyeo, Sangmiby eo, Unkwangbyeo, Ilpumbyeo, Nampyeongbyeo, Ilmiby eo, Donganbyeo, Jungsanbyeo, Koshihikari, Hitomebore and Chucheongbyeo showed high germination rate, low fat acidity and low lipoxygenase activity, while Group II including six varieties of Sindongjinbyeo, Hoanbyeo, Gye hwabyeo, Daeyabyeo, Hopyeongbyeo, and Dongin 1 showed lower germination rate, high fat acidity and high lipoxygenase activity.

Keywords : rice varieties, germination, lipoxygenase, fat acidity, high temperature storage

쌀은 수확 후 저장 및 도정을 거쳐 소비자에게 유통되므로 저장부터 유통까지 노화가 발생하게 된다. 쌀의 노화는 쌀의 물리적 특성과 화학적 특성의 변화를 포함하는 자연적인

현상(Barber, 1972)으로서, 이에 따라 취반, 가공특성, 식미, 영양가, 상업적 가치 등의 품질이 변하게 된다. 따라서 쌀의 저장조건 및 방법은 품질 유지에 매우 중요한 요인이 된다.

벼 저장 중 물리적 변화로는 도정수율의 저하, 흡수율의 저하, 취반시 팽창용적의 증가, 그리고 미반립의 경화 및 광택 감소가 일어나며 저장 중인 벼의 발아율이 저하 된다. 화학적인 요인으로는 지방산도, 효소활성, 고미취의 주성분인 hexanal, 환원당 및 비타민 등이 품질변화의 지표로 사용되어 진다(Yasumatsu *et al.*, 1966). 쌀의 이화학적성분들의 변화는 주성분 중에서 특히 지방에서 가장 먼저 변화가 일어나고 그 다음에는 전분의 변화가 일어나며 단백질이 가장 늦게 변화된다(Moritaka & Yasumatsu, 1972).

쌀의 저장이나 가공 중 지방질은 쉽게 가수분해나 산화를 일으켜 불쾌한 맛을 생성하여 쌀의 품질을 저하시키는 원인이 되고 있다(Webb, 1985). 이와 관련된 주요 화합물은 휘발성 alcohol류, aldehyde류, ketone류, ester류, amine류 및 phenol류 등으로서 쌀의 저장과정 중에 자동산화와 hemo-globin, myoglobin 등 heme화합물의 산화촉진제에 의한 산화 및 lipoxygenase의 촉매작용에 의해 생성되는 것으로 알려져 있다(Galliard, 1989).

우리나라 미곡종합처리장은 규모가 작고 시설도 미흡하다. 정부의 지원시책에 의해서 설치된 328개소 중에서 설립된지 7년이 경과된 업소는 301개로서 91.8%를 점하고 있다. 또한 저장시설 중에서 비단열(非斷熱) 사이로가 34.6%이고 저온 저장시설이 부족하여 수확기 산물벼의 상온 야적 보관이 많을 뿐만 아니라 품질저하에 가장 결정적인 영향을 주는 고온다습한 여름철로 인하여 미곡의 품질관리가 지극

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2162

(E-mail) kkyoung@rda.go.kr <Received November 14, 2006>

히 어렵다(성, 2006). 이러한 이유로 우리나라 쌀의 지속적인 품질유지와 고품질 쌀 생산에 많은 한계를 드러내고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 저장성 향상을 위한 품종육성의 기초 자료를 얻고자 국내 및 일본에서 육성 보급된 벼 품종을 이용하여 고온 저장조건에서 저장기간별 발아율, 지방산도, lipoxygenase 활성 및 이들 상호간의 관계를 검토하였다.

재료 및 방법

시험품종

시험재료는 조생종 4품종(오대, 상미, 중산, 운광), 중만생종 11품종(신동진, 추청, 일품, 남평, 호안, 동안, 계화, 대야, 호평, 동진1호, 일미벼)과 외래품종(히토메보레, 고시히카리)을 이용하였다.

재배 방법 및 종자 저장조건

17 품종을 공시하여 호남농업연구소 벼 육종포장에서 4월 26일 파종하여 6월 2일에 재식거리 30×15 cm로 3본씩 난괴법 3반복으로 이앙하였다. 시비방법 및 기타 비배관리는 농진청 벼 표준재배법에 준하였다. 시험재료는 조생종의 경우 출수 후 45일에, 중만생종은 50일에 각각 수확하여 수분함량 15%를 유지하기 위하여 음건하여 35℃ 생육상에 정조 500 g씩 polyethylene film에 밀봉하여 6주 및 12주간 저장 후 사용하였다.

수분함량 및 발아율 조사

수분함량은 단립분석기(PQ-510, Kett)를 이용하여 측정하였으며 17개 품종의 초기 평균 함수량은 14.9±0.45%였고 6주 및 12주 후 평균 함수량은 각각 13.4±0.43, 12.6±0.43%였다. 발아율은 25℃ 항온습기(multi chamber incubator, HK-MCI)를 이용하여 petri dish에 여과지(Advantec No 2, 90 mm)를 깔고 건설한 종자 100립을 3반복으로 치상, 7일간 배양시켜 조사하였다.

이화학적 특성 및 도요식미치

현미기(SYTH-88, 쌍용)를 이용하여 제현된 현미의 단백질 함량은 근적외선 성분분석계(AN-700, Near-infrared grain test, Kett, Japan)를 이용하여 측정하였다. 지방산도는 A.O.A.C (1970)의 방법에 준하여 2반복 측정하였다. 즉 40 mesh로 분쇄한 현미 시료를 10 g 취하여 50 mL benzen에 30분간 진탕시켜 유리 지방산을 추출한 다음 여과지(Advantec No 2,

90 mm)로 걸러서 여과액만 따로 모았다. 그 후 여과액 15 mL에 동량의 alcohol-phenolphthalein 용액을 혼합하여 0.0178 N-KOH 용액으로 표준색이 될 때까지 적정하였다. 지방산 도가는 시료(건물) 100 g의 유리 지방산을 중화시키는데 필요한 KOH의 양(mg)으로 나타내었다. 기계적인 식미치는 백미기(Stake THV, Yamamoto, Japan)를 이용하여 도정된 시료 33 g을 취하여 취반용 셀에 넣은 후 취반기(MB90A, Toyo, Japan)에서 10분간 취반한 후 5분간 뜸을 들이고 미도계(MA90B, Toyo, Japan)를 이용하여 식미치를 측정하였다.

Lipoxygenase 활성

현미를 곡류분쇄기(LM 3100, Japan)를 사용하여 40 mesh로 분쇄 후 얻은 가루 1 g에 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.0) 6 mL를 넣고 4℃에서 1시간 정치시켰다. 상정액을 취하여 원심분리기(미량원심분리기 MICRO 17R+, Micro High Speed Centrifuge)를 사용하여 15,000×g로 4℃에서 10분 동안 원심분리시킨 다음 얻은 상등액을 -80℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

Lipoxygenase 활성 측정용 기질로는 10 mM linoleic acid/0.2 M potassium phosphate buffer(pH 7.0)를 희석한 용액을 사용하였다. 기질조제를 위하여 70 mg의 linoleic acid를 칭량한 후, 여기에 동량의 Tween 20을 가하였다. 초음파(Power Sonic 410, Elma, DE/X-tra 70H)로 균질화 시키면서 0.2 M potassium phosphate buffer(pH 7.0) 25 mL를 5회로 나누어 기포가 생기지 않도록 첨가하였다. 균질화된 기질액을 tube에 1 mL씩 취하여 액체질소에 저장하여 냉동(-18℃ ~ -20℃) 보관하며 실험에 사용하였다. Lipoxygenase 활성 측정은 큐벳에 10 mM linoleic acid를 50배 희석한 용액 2.7 mL와 조효소액 0.3 mL를 넣고 반응시켜 생긴 과산화물을 234 nm(UV/Visible spectrophotometer, Ultrospec 4300pro, Amersham Bioscience, UK)에서의 흡광도 변화로 측정하였으며, 이때 측정온도는 25℃로 하였다. Blank는 큐벳에 기질 2.7 mL와 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.0) 0.3 mL를 첨가한 것으로 하였다. Lipoxygenase의 활성은 분당 0.001의 흡광도 증가를 1 unit로 하였다.

결과 및 고찰

조사 형질의 분산분석

35℃에서 6주 및 12주간 저장 후 발아율, 현미단백질 함량, 도요식미치에 의한 식미지수, 현미 지방산도 및 lipoxygenase의 활성 변화에 대한 분산분석 결과는 Table 1에

서 보는 바와 같다.

조사 형질 모두 저장기간 및 품종간 차이가 인정이 되었으며, 두 요인간의 상호작용도 있는 것으로 나타났다. 따라서 고온저장 후에 품질변화에 대한 연구는 저장기간 및 품종간 차이에 대한 복합요인을 검토함으로써 보다 더 정확한 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

발아율의 변화

국내 및 일본에서 육성된 벼 품종의 저장기간에 따른 발아율의 변화는 Fig. 1과 같다. 수확 후 초기 평균 발아율은 94.8%로 품종 간 차이가 인정되지 않았으나 35℃에서 6주 저장 후에는 평균 발아율이 77.7%, 12주 후에는 47.8%로써 저장기간이 길수록 발아율은 급격히 감소하였다. 품종 간 차이도 크게 나타나 35℃ 12주 저장 후 70% 이상의 발아율을 보인 품종은 중산벼, 추청벼, 고시히까리였으며, 50~70%의 발아율을 보인 품종으로는 오대벼, 상미벼, 운광벼, 일품벼, 남평벼, 일미벼, 히토펜보레였고, 발아율이 50% 이하로 낮은 품종은 신동진벼, 호평벼, 호안벼, 계화벼, 대야

벼, 동안벼, 동진1호였다. Kim *et al.*(2004)은 동진벼를 공시한 실험결과로 벼의 저장온도 및 함수율이 높을수록 발아율은 급격하게 저하하였다는 결과를 보고하였는데, 즉 저장 초기 발아율은 97% 수준이었으나, 함수율 22.2%인 정조를 30℃ 온도에서 25일간 저장한 후 발아율은 72.5%로 저하하였고, 81일 저장 후에는 0%를 나타냈다고 보고하였다. Son *et al.*(2002)에 의하면 발아율이 높으면 식미가 양호하다고 보고 하였다. 이 실험의 결과와 이미 보고된 결과를 고려할 때, 앞으로 고온 저장 시 발아율이 높게 유지 되는 벼 품종 육성을 통해 저온저장관리가 미흡한 경우 수확 후 쌀 품질 유지가 가능할 것으로 생각된다.

단백질, 도요식미치 및 지방산도의 변화

쌀의 단백질 함량이 높으면 영양 면에서는 우수하나 취반, 가공이용 관점에서는 색깔, 흡습성의 저하, 전분의 호화 및 팽화가 억제되기 때문에 단백질 함량이 적은 쌀이 밥맛에서는 우수하다는 연구결과가 보고된 바 있다(Choi, 2002).

고온저장 시 저장기간에 따른 벼 품종 간 현미 단백질 함

Table 1. Analysis of variation for germination rate, protein content, palatability value, fat acidity, and lipoxigenase activity of 17 varieties under high temperature storage (35℃).

Traits	Variety (V)	Storage period (SP)	V*SP
Germination rate (%)	**	**	**
Protein content of brown rice (%)	**	**	**
Palatability value by rice taster	**	**	**
Fat acidity of brown rice (KOHmg/100 g)	**	**	**
Lipoxygenase activity of brown rice (unit/mg protein)	**	**	**

**Significant at the 1% probability level

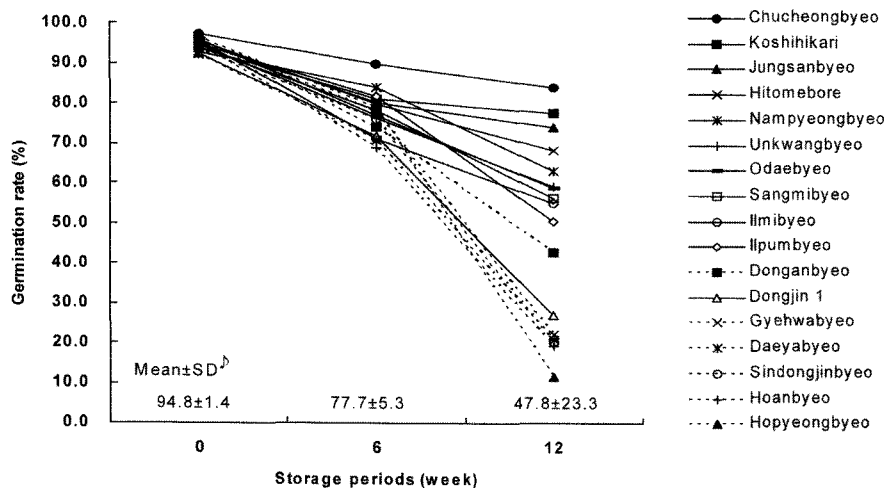


Fig. 1. Change of germination rate in 17 rice varieties according to storage periods at high temperature of 35℃. [▷] Standard deviation.

량 변화는 Fig. 2와 같다. 저장 전 17개 품종의 평균 현미 단백질 함량은 6.9%, 저장 후 6주에는 7.1%로 약간 증가하였으나 12주에는 8.8%로 저장 전에 비해 평균 1.9%의 급격한 증가를 보였으며 벼 품종 간 변이는 7.8~9.9%의 변이를 보였는데, 계화벼는 7.8%로서 다른 품종에 비해 낮은 경향을 보였으며 저장 전에 비해 단백질 변이 폭이 적은 품종이었으나 상미벼, 오대벼, 중산벼는 12주 저장 후에 급격한 증가를 보였다. 따라서 단백질함량은 저장기간이 길수록 증가하였으며 품종간 차이도 크게 나타났다.

도요식미계를 이용하여 식미를 측정된 결과, 저장 전 17개 품종의 평균 도요식미치가 72.5였는데 35°C에서 6주간 저장 후에는 64.6, 12주간 저장 후에는 57.5로 고온에서 저장기간이 길수록 식미가 직선적으로 저하하는 경향이였다.

또한 고온 저장시 식미저하정도는 품종 간 차이가 큰 것으로 나타났는데, 35°C에서 6주간 저장 후에 완만하게 감소를 하였으나 12주 후에 급격한 감소를 보인 품종은 대야벼, 동진1호, 일미벼, 히포메보레였고, 6주 후에는 급격히 감소를 하였으나 12주 후에 다소 완만한 감소를 보인 품종은 운광벼, 호안벼, 계화벼, 호평벼였다. 전체적으로 보아 12주 저장 후에 품종별 도요식미치는 49.4~66.3의 변이를 보였으며, 도요식미치가 58이상 유지된 품종은 오대벼, 신동진, 일품벼, 동안벼, 계화벼, 호평벼, 고시히까리, 히포메보레 등이었다(Fig. 3). Choi *et al.*(2005)은 식미치는 상온과 저온에서 모두 저장기간이 경과함에 따라 감소하였고 상온에 비하여 저온에서 전반적으로 높게 유지되었고 감소 폭도 적었으며 다른 요인보다 온도에 의한 차이가 크다고 보고한 바

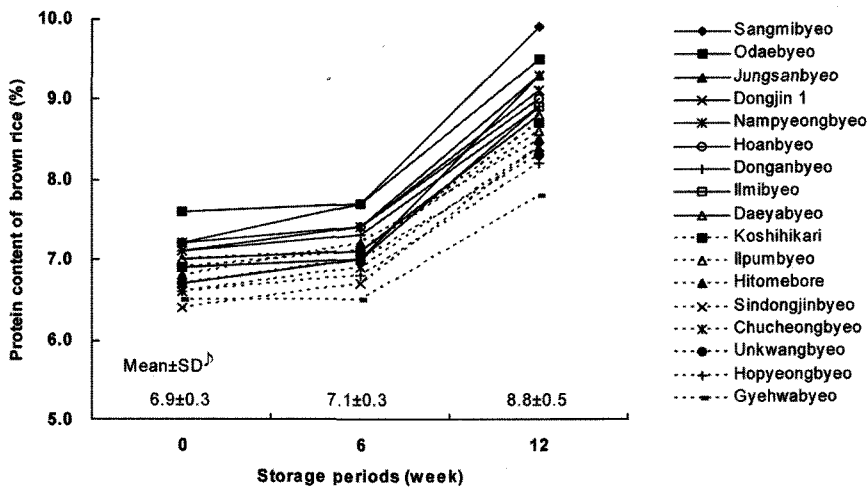


Fig. 2. Change of protein content in brown rice according to storage periods under high temperature of 35°C. ^b Standard deviation.

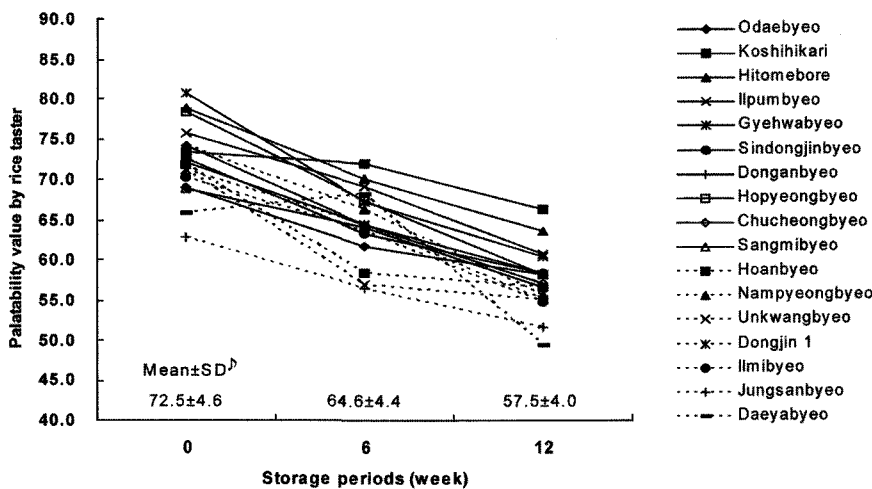


Fig. 3. Changes of palatability value according to storage periods under high temperature of 35°C. ^b Standard deviation.

있는데 저장기간에 의한 식미저하는 본 실험결과와 같았다.

고온저장시 저장기간에 따른 벼 품종 간 지방산도의 변화는 Fig. 4와 같다. 저장 전 17개 품종의 평균 지방산도는 8.3 KOHmg/100 g였으나 6주 및 12주 저장 후 지방산도 값이 각각 10.4 및 12.4 KOHmg/100 g로 증가하였다. 저장기간별 품종간의 차이도 크게 나타났는데 저장기간에 따라 급격히 증가한 품종은 신동진벼, 대야벼, 호평벼, 동진1호였으나 완만히 증가한 품종은 오대벼, 중산벼, 동안벼, 히포메보레였다. 6주 저장 후에는 완만하게 증가하였으나 12주에 급격히 증가한 품종으로는 계화벼 및 상미벼였다. 저장기간에 따라 지방산도가 크게 변화가 없었던 품종으로는 동안벼 및 히포메보레였다. Han *et al.*(1996)은 4, 20, 30, 40°C에서 6개월간 저장하면서 지방산가를 측정 한 결과 지방산가는 저

장온도가 높을수록 저장기간에 따라 증가하였다고 보고하여 본 실험과 같은 경향을 보였다. 지질은 저장성, 고미취의 원인으로 밝혀진 바 있으나, 취반미의 식미와 어떤 관계가 있는지는 앞으로 면밀한 검토가 요구된다.

Lipoxygenase 활성 변화

고온저장시 저장기간에 따른 lipoxygenase 활성 변화는 Fig. 5와 같다. 저장 전 lipoxygenase 활성은 11.6 unit/mg protein을 나타냈고 35°C에서 저장 후 6주 및 12주에는 각각 27.5 및 46.5 unit/mg protein로 저장기간이 길수록 lipoxygenase 활성은 증가하였다. 저장 전 lipoxygenase 활성이 가장 낮은 품종은 호안벼, 추청벼, 고시히까리 등이었고 상대적으로 높은 lipoxygenase 활성을 보인 품종으로는

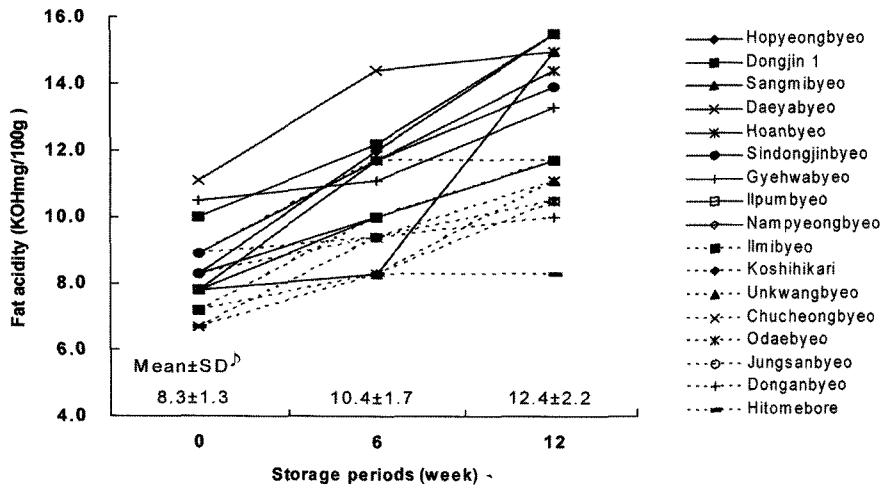


Fig. 4. Change of fat acidity in brown rice according to storage periods under high temperature of 35°C. ^b Standard deviation.

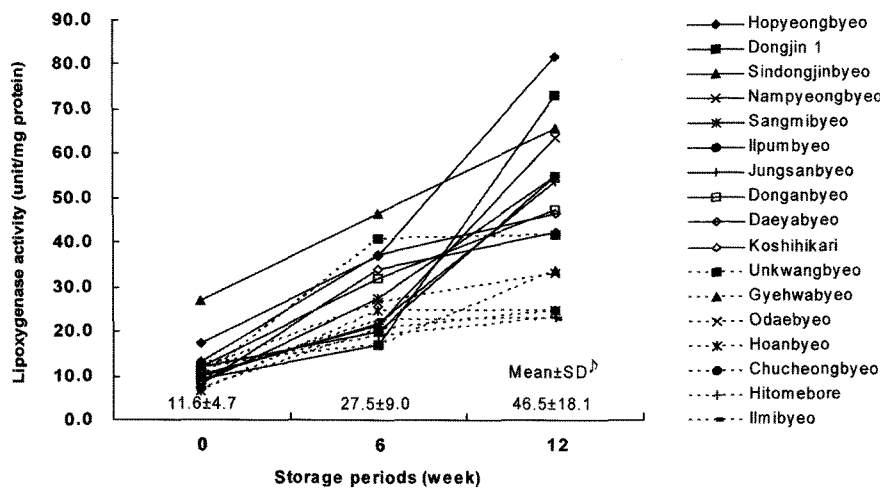


Fig. 5. Change of lipoxygenase activity in brown rice according to storage periods under high temperature of 35°C. ^b Standard deviation.

신동진벼였다. 6주 및 12주 저장 후에도 lipoxygenase 활성이 차이를 보이지 않은 품종으로는 호안벼, 추청벼, 히포메보레 및 일미벼였고, 저장기간별로 직선적으로 증가한 품종으로는 호평벼, 신동진벼 및 남평벼 등이었다. 6주 저장 후에는 완만한 증가를 하다가 12주에 급격히 증가한 품종으로는 동진1호, 일품벼 및 중산벼였고, 6주 후에 급격히 증가하였으나 12주 후에 완만히 증가한 품종으로는 운광벼 및 고시히까리 품종이었다. 12주 저장 후 호안벼, 추청벼, 일미벼, 히포메보레가 25 unit/mg protein 이하로 lipoxygenase 활성이 낮게 유지되었으며 이들 품종은 또한 저장 시 다른 품종에 비해 적은 변이를 보였다.

발아율, lipoxygenase 및 지방산도의 상관관계

쌀의 세포가 도정이나 고온처리 등의 물리적 손상이나 저장 중의 효소분해 등의 생물적 손상을 받으면 지질과 lipase 등이 접촉하여 glycerin과 지방산으로 분해된다. 그 유리지방산은 lipoxygenase에 의해 효소적 산화나 효소에 의한 자동산화를 받아 과산화 지질로 되어 hexanal 등의 aldehyde,

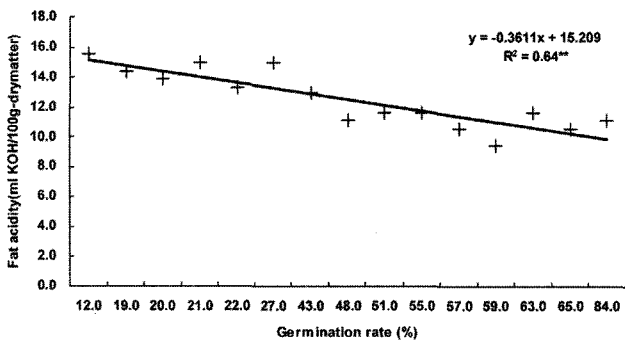


Fig. 6. Relationship between germination rate and fat acidity of rice stored at high temperature (35°C) for 12 weeks.

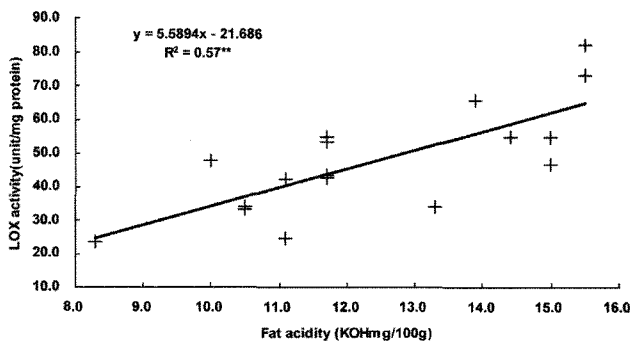


Fig. 7. Relationship between fat acidity and lipoxygenase activity of rice stored at high temperature (35°C) for 12 weeks.

ketone류를 생성하여 이들이 쌀의 고미취의 주 원인이 되고 있다(Yasumatsu *et al.*, 1966).

고온저장시 발아율, lipoxygenase 및 지방산도의 상관관계를 분석한 결과는 Fig. 6 및 7과 같다. 지방산도와 발아율 간에는 부의 상관성이 인정되었고 지방산도와 lipoxygenase의 활성과는 정의 상관성이 인정되었다. Lee *et al.*(1991)은 지방산도와 발아율은 부의 상관성이 인정되었다고 하여 본 실험과 같은 결과를 보였다.

본 실험에서 lipoxygenase의 활성과 지방산도와의 높은 정의 상관성은 lipoxygenase의 활성이 지방산도의 증가를 유도하여 쌀의 품질을 떨어뜨리는 한 요인으로 판단된다.

발아율, 지방산도 및 lipoxygenase 활성에 따른 벼 품종간 군집분석

저장 12주 후 조사된 발아율, 지방산도 및 lipoxygenase 활성을 이용하여 17개 품종을 군집분석 하였다(Fig. 8, Table 2). 국내 및 일본에서 육성된 벼 품종은 2개의 그룹으로 구분되었다. I군에 속하는 품종은 오대벼, 상미벼, 운광벼, 일품벼, 남평벼, 일미벼, 동안벼, 중산벼, 추청벼, 히포메보레 및 고시히까리 등 11개 품종이 포함되었다. I군에 속하는 품종의 발아율은 43.3~84.3%에 속하며 상미벼를 제외하고는 지방산도 값이 8.3~11.7 KOHmg/100 g였으며 lipoxygenase 활성은 23.0~53.9 unit/mg protein을 보였다. II군에 속하는 품종은 신동진벼, 호안벼, 계화벼, 대야벼, 호평

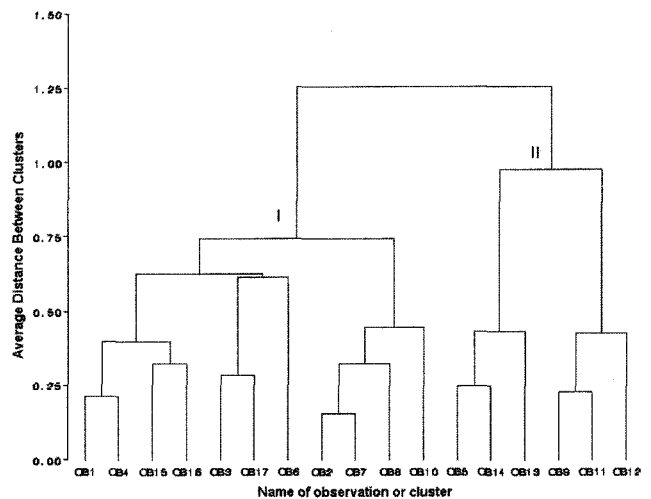


Fig. 8. Dendrogram of 17 rice varieties subjected to cluster analysis based on germination rate, fat acidity, and lipoxygenase activity examined after 12 weeks under high temperature storage (35°C).

Table 2. Characteristics of varietal groups by cluster analysis (Fig. 8) based on germination rate, fat acidity, and lipoxygenase activity examined at 12 weeks after high temperature storage at 35°C.

Group	Varieties	Germination rate (%)	Fat acidity (KOHmg/100 g)	Lipoxygenase (unit/mg protein)
I	Odaebyeo, Sangmibyeo, Unkwangbyeo Ilpumbyeo, Nampyeongbyeo, Donganbyeo Ilmibyeo, Jungsanbyeo, Chucheongbyeo Hitomebore, Koshihikari	43.0~84.3	8.3~11.7	23.0~53.9
II	Sindongjinbyeo, Hoanbyeo, Gyehwabyeo Daeyabyeo, Hopyeongbyeo, Dongjin 1	11.7~27.0	13.3~15.5	33.8~82.0

벼, 동진1호 등 6개 품종으로 발아율이 11.7~27.0%로 낮은 발아율을 보였고 지방산도는 13.3~15.5 KOHmg/100 g, lipoxygenase 활성은 33.8~82.0 unit/mg protein로 I군에 속하는 품종에 비해 높은 수치를 보였다. 국내에서 육성된 고품질 품종 중 신동진벼, 호평벼, 동진1호는 고온 저장 시 벼 품질의 저하가 우려되므로 저장방법 및 저장기간에 유의해야 될 것이며 고온 저장시 벼 품종의 발아율이 높고 지방산도 값이 낮은 품종을 육성하는 것이 안전 저장을 위한 하나의 방법으로 판단된다.

적 요

국내 및 일본에서 육성된 벼 품종을 고온 저장시 저장기간에 따른 발아율, 이화학적 특성, lipoxygenase의 활성 및 이들 상호관계를 검토하였다.

1. 고온저장(35°C)시 발아율, 현미 단백질, 지방산도 및 lipoxygenase 활성은 저장기간 및 품종 간 차이가 크게 있었으며 두 요인의 상호작용도 인정되어 저장기간별 품종 간 차이가 다르게 나타났다.

2. 고온저장에 의한 현미 단백질, 지방산도 및 lipoxygenase 활성은 저장기간이 길수록 증가하였던 반면, 발아율 및 도요식미치는 감소하는 경향이였다.

3. 지방산도와 발아율 간에는 부의 상관성이 지방산도와 lipoxygenase의 활성은 정의 상관성이 인정되었다.

4. 17개 품종을 발아율, 지방산도 및 lipoxygenase 활성을 고려하여 군집분석을 수행한 결과 2개의 그룹으로 구분되었다. I군에 속하는 품종은 오대벼, 상미벼, 운광벼, 일품벼, 남평벼, 일미벼, 동안벼, 중산벼, 추청벼, 히포메보레, 고시히카리 등 11개 품종으로 비교적 발아율이 높고 지방산도 및 lipoxygenase 활성이 낮았다.

인용문헌

성진근. 2006. 미국종합처리장(RPC)의 바람직한 경영개선방향. 농업경제연구 47(2) : 27-49.

AOAC. 1970. Fat acidity 14. 064, 14. 066. "Official methods of analysis of the association of official analytical chemists". 11th edition. p. 222.

Barber, S. 1972. In "Rice : Chemistry and Technology", Houston, D. F. (ed), 1st Ed., p. 215. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN.

Choi, H. C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. Korean J. Crop Sci. 47(S) : 15-32.

Choi, Y. H., J. I. Choung, Y. K. Cheong, Y. D. Kim, K. Y. Ha, J. K. Ko, and D. K. Kon. 2005. Storage period of milled rice by packaging materials and storage temperature. Korean J. Food Preserv. 12(4) : 310-316.

Galliard, T. 1989. Rancidity in cereal products. In Rancidity in Food, Allen, J. C. and Hamilton, R. J. (Ed.), Elsevier Applied Science, New York. p. 141.

Kim, O. W. and D. C. Kim. 2004. Safe storage period of paddy under different temperature and moisture content conditions. Korean J. Food Preserv. 11(2) : 257-262.

Lee, H. J., T. H. Kim, and W. B. Jeon. 1991. Grain aging and sensory changes influenced by milling and packaging in rice storage. Korean J. Crop Sci. 36(3) : 266-270.

Moritaka, S. and K. Yasumatsu. 1972. Studies on cereals. X. The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. Eiyo To Shokuryo. 25 : 59-62.

Son, J. R., J. H. Kim, J. I. Lee, Y. H. Youn, J. K. Kim, H. G. Hwang, and H. P. Moon. 2002. Trend and further research of rice quality evaluation. 2002. Korean J. Crop Sci. 47(S) : 33-54.

Webb, B. D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In rice. Chemistry and technology, 2nd ed., Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN. pp. 403-442.

Yasumatsu, K., Moritaka, S., and Wada, S. 1966. Studies on cereals. IV. Volatile carbonyl compounds of cooked rice. Agric. Biol. Chem. 30 : 478.