

불균일도정이 저장 중 쌀의 품질에 미치는 영향

김 훈 · 이현정 · 김의웅 · 이세은 · 윤두현[†]
한국식품연구원

Effect of Non-Uniform Milling on Quality of Milled Rice during Storage

Hoon Kim, Hyun-Jung Lee, Oui-Woung Kim, Se-Eun Lee and Doo-Hyun Yoon[†]
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

Uniform milling is regarded as a very essential technology to produce high quality milled rice in Rice Processing Complex. But, non-uniformly milled rice can be produced very easily because of unadequate operation methods of milling system and bad brown rice conditions. This study was conducted to find out the bad effect of non-uniform milling degrees and store temperatures on quality characteristics such as taste of cooked rice, fatty acidity, whiteness and so on of milled rice during storage. According to the increase of non-uniform milling degrees, the fatty acid acidity and b value were increased very rapidly, and taste of cooked rice and whiteness were decreased very rapidly during storage. And the general quality characteristics of milled rice were better at low temperature storage of 5°C than at high temperature storage at 25°C.

Key words : non-uniform milling, RPC, milled rice, storage

서 론

도정(搗精, milling)은 현미의 미강층과 배아를 제거하는 공정으로서 쌀의 품질과 도정수율에 큰 영향을 미친다(1). 미강의 제거정도 즉, 도정도(milling degree)가 부족할 경우 외관품위와 식미가 저하되는(2,3) 반면, 도정도가 지나치게 높을 경우 도정수율이 저하하게 되므로 미곡종합처리장(rice processing complex, RPC)에서 적정하게 도정하는 것은 고품질 쌀 생산 및 수율유지를 위해 대단히 중요하다.

도정능력이 1시간당 5톤인 RPC에서 쌀의 천립중(weight of 1,000 kernels)을 약 26 g, 1일 가동시간을 8시간, 연간 250일 가동한다고 가정할 경우, 1시간당 1.9억립, 1일 15.4억립, 연간 3,850억립 정도가 도정된다. 일반적으로 쌀 각 낱알의 위치에 따라 미강의 제거 정도가 균일하고, 같은 도정 배치(batch)내에서 각 낱알간의 미강제거정도가 균일하며, 도정 배치에 따라서도 미강제거정도가 일정한 도정을 균일도정(均一搗精, uniform milling)이라 한다. 한편, 낱

알의 위치 또는 낱알간의 미강제거정도가 일정하지 않아 도정편차가 발생하는 균일하지 않는 도정을 불균일도정(non-uniform milling)이라고 한다.

RPC의 정미시스템은 다수 정미기로 구성되어 있어 각 정미기에서 도정배분의 부적절한 설정, 회전속도 및 도정 압력 등 부적절한 운전조건, 현미 조건의 불량 등에 따라 불균일도정이 발생할 수 있다. 도정도는 백도와 밀접한 관계가 있어(4-6) RPC에서 고품질 쌀 생산을 위해서는 모든 도정 배치에서 백도 40~41 수준이 적정 도정도 조건으로 제시되고 있다(7). 그러나 일반적으로 각 배치에서 백도는 각 낱알 백도의 평균치 또는 벌크상태로 측정되므로 동일 배치에서 동일한 백도로 도정된 쌀의 경우에도 불균일도정이 발생된 경우 각 낱알의 도정도 또는 낱알의 각 지점에서 도정도는 차이가 발생한다.

국내외적으로 쌀의 도정조건에 따른 품질 및 식미특성에 관한 연구(2,3,7), 저장조건에 따른 품질특성(8) 등 많은 연구가 개별적으로 이루어졌지만 불균일도정으로 인하여 발생할 수 있는 식미의 저하 및 유통과정중의 품질저하에 관한 연구는 아직까지 찾아볼 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 불균일도정이 저장 중 쌀의 품질에

[†]Corresponding author. E-mail : yoon@skku.edu,
Phone : 82-31-780-9210, Fax : 82-31-780-9059

미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다. 이를 위하여 불균일도정 시료는 여러 가지 백도 조건별로 도정된 쌀을 혼합하여 동일 백도로 조제하였으며, 상온유통과 저온유통을 감안하여 25℃와 5℃로 저장하면서 저장기간에 따른 품질특성을 측정하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 시료는 충청 쌀로서, 2005년 10월 경기도 화성소재 수라청농협RPC에서 현미 상태로 구입하여, 색채 선별기(ACS-12, A-Mecs, Korea)로 정상립 현미만을 선별하여 도정한 후에 사용하였다. 현미의 초기함수율은 15.5% (w.b.)이었다.

도정 및 실험조건

현미를 시험용 마찰식정미기(VP-32T, Yamamoto, Japan)를 이용하여 백도 30, 35, 40, 45 및 50 범위의 5수준으로 도정을 한 후 흡선별기(TRG, Satake, Japan)를 사용하여 정립만을 선별하여 실험에 사용하였다.

불균일도정 시료는 백도 30과 50 및 백도 35와 45의 쌀을 일정한 비율로 혼합하여 백도 40으로 조제하여 각각 불균일도정 I(NUM-I) 및 불균일도정 II(NUM-II)의 시료로 하였다. 또한, 대조구로 균일도정(UM) 시료는 백도 40의 쌀을 공시하였다.

불균일도정 2수준, 균일도정 1수준의 시료를 폴리에틸렌(PE) 재질의 유통포장용지(20×30 cm, 두께 80 μm)에 약 1.2 kg 씩 담아 5℃와 25℃의 항온실(HK-BI025, 한국종합기계제작소)에 각각 8주간 저장하였다. 저장 중 1주일 간격으로 시료를 채취하여 함수율, 중량, 지방산가, 동할율, 백도, b값 및 관능검사를 실시하였다.

함수율 및 중량

함수율은 10 g 시료-135℃-24시간 측정법으로 측정하여 5 g 분쇄-105℃-5시간 표준측정법으로 환산하였으며(9), 중량은 전자저울(L110 Satorius, Germany)을 이용하여 측정 후 초기중량에 대한 백분율로 환산하였다.

지방산가

지방산가는 AACC방법(10)에 준하여 분쇄한 시료 10 g을 원통여지에 담아 탈지면으로 가볍게 충전한 후, 1시간 이내 Soxhlet방법으로 지방을 추출하였다. 추출용 용매로는 petroleum ether를 사용하였으며, siphoning 속도(3분당 1회)와 끓는점 범위(30~60℃)를 맞추어 16시간 동안 추출한 용액은 rotary evaporator로 용매를 제거하여 지방성분만을 취한 후 제조한 benzene alcohol phenolphthalein 용액 50 mL

로 재용해시키고 표준색인 분홍색이 될 때까지 0.0178N KOH로 적정하여 지방산가로 환산하였다.

동할율

동할율은 정립 250립에 대하여 동할립판별기(DC-50, SEIKI, Japan)를 이용하여 육안으로 측정하였다.

백도 및 b값

백도는 백도계(CR 300-3, kett, Japan)를 이용하여 5회 반복 측정하여 최대값과 최소값을 제외한 3회 측정치의 평균값을 사용하였다. 색도 b값은 색차계(CM-2500d, Minolta, Japan)로 측정하였다.

관능검사

백미 1000 g을 수압수세미(PR-7J, Aiho, Japan)를 이용하여 세미한 후 백미의 수분함량에 따라 가수량(백미 수분함량 14%기준, 가수량 1.45배)을 조정하여 30분간 침지한 후 전기밥솥(Samsung 850J, Korea)을 이용하여 취반하였다. 취반이 끝난 후 15분간 뜸을 들인 후 혼합하여 상온에서 냉각한 후 뚜껑이 있는 시료제시용 용기(8.5×4.5 cm, D×H)에 약 50 g의 밥시료를 분배한 후 관능검사를 실시하였다. 밥의 관능검사는 전문패널 30명이 관능적 특성(윤기, 색, 밥 이외의 냄새강도, 밥 특유의 맛, 강도, 탄력성, 경도, 낱알의 응집성, 부착성)과 외관, 향, 맛, 조직감 및 전반적인 품질 등의 평가항목에 대하여 9점 항목척도(1=대단히 낮음, 5=보통정도, 9=대단히 높음)를 사용하였다. 시료간 유의적인 차이를 검증하기 위해 분산분석을 하였으며, 시료간의 차이가 있는 경우 SNK 다중비교를 이용하였다(11).

결과 및 고찰

함수율 및 중량변화

동일조건의 현미로 도정하여도 백도가 높을수록 즉, 도정이 많이 진행될수록 도정과정중에 발생하는 마찰열로 수분손실이 증가하여 쌀의 함수율은 일반적으로 낮아지게 된다. 또한, 쌀은 일정한 조건의 공기 중에 장시간 노출시키면 평형함수율에 도달하게 된다.

Fig. 1과 같이 초기함수율은 균일도정의 15.1%에 비해 불균일도정I(13.7%)과 불균일도정II(14.5%)는 낮게 나타났다. 저장온도 5℃에서의 각 저장구별로 함수율 변화는 균일도정과 불균일도정에 따른 차이 없이 저장기간 동안 미비한 수준이었다. 저장온도 25℃에서는 5℃와 달리 저장기간 동안 다소 감소하였으며, 저장 8주후 균일도정은 0.7%, 불균일도정 I 및 II는 각각 0.5% 및 0.7% 감소하여 불균일도정에 따른 함수율 변화는 차이가 없는 것으로 나타났다.

불균일도정 별 저장온도 및 기간에 따른 중량 변화는

Fig. 2와 같이 저장온도 5°C에서는 변화가 미비하였고, 저장 온도 25°C에서는 불균일도정에 따른 차이 없이 감소하여 함수율 변화와 비슷한 경향으로 나타났다. 따라서 도정과정에서 불균일도정은 과도정이 발생하면서 균일도정에 비해 함수율 차이가 발생하였으며, 저장과정에서 함수율 변화의 차이는 나타나지 않았지만 초기함수율 차이가 지속적으로 유지되었다. 또한, 저장온도가 높을수록 함수율 및 중량감소가 크게 나타나 이는 온도가 높을수록 평형함수율이 낮은 결과와 일치하는 것으로 나타났다(12).

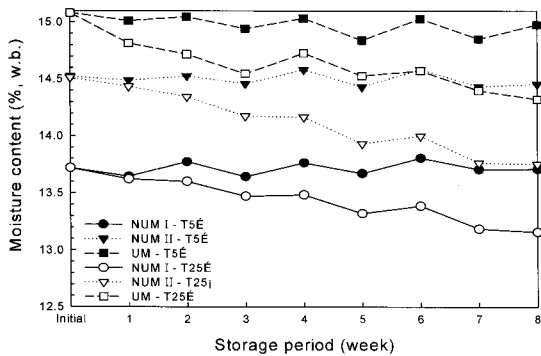


Fig. 1. Changes of moisture content of milled rice during storage according to non-uniform milling degrees.

NUM I - T5: mixed whiteness 30 and 50, storage temperature 5°C.
 NUM II - T5: mixed whiteness 35 and 45, storage temperature 5°C.
 UM - T5: whiteness 40, storage temperature 5°C.
 NUM I - T25: mixed whiteness 30 and 50, storage temperature 25°C.
 NUM II - T25: mixed whiteness 35 and 45, storage temperature 25°C.
 UM - T25: whiteness 40, storage temperature 25°C.

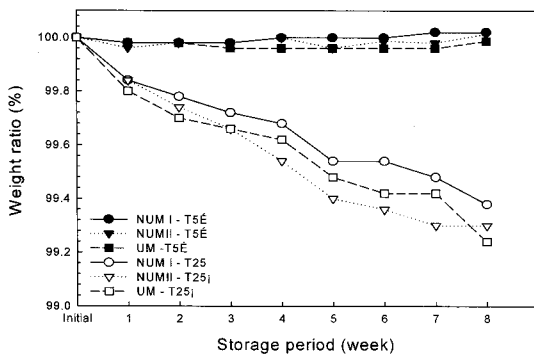


Fig. 2. Changes of weight of milled rice during storage according to non-uniform milling degrees.

Refer to Fig. 1.

지방산가 변화

불균일도정 별 저장온도 및 기간에 따른 지방산가 변화는 Fig. 3과 같다. 초기 지방산가는 균일도정, 불균일도정 I 및 II에서 각각 1.6, 4.3 및 2.8(mg KOH/100 g)로서 균일도정 시료에서 낮게 나타나 미강층에 주로 구성되어 있는 지방산가(4)가 적정하게 제거된 것으로 판단된다.

저장온도 5°C에서 저장 4주후 지방산가는 균일도정은 3.9로 변화가 거의 없었으나, 불균일도정 I은 점차 증가하여 8.6까지 증가하였다. 저장 8주후의 지방산가는 균일도정 및 불균일도정 II에서 각각 7.3 및 9.08로 증가하였고, 불균일도정 I은 초기에 비해 13.0 증가한 17.3으로 크게 증가하였다. 저장온도 25°C에서는 저장온도 5°C에 비해 지방산가가 크게 증가하였으며, 저장 8주후에 균일도정 및 불균일도정 II는 각각 13.4 및 14.5까지 증가하였다. 불균일도정 I은 저장 2주만에 10.0을 초과하여 저장 8주후에는 30.5로 크게 증가하였다. 따라서, 저장온도가 높거나 불균일도정이 발생할수록 지방산가는 크게 증가하여 품질에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

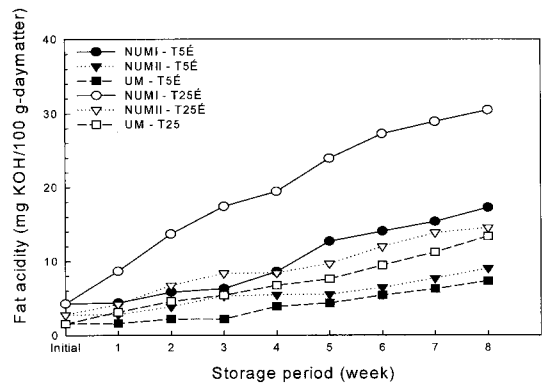


Fig. 3. Changes of fat acidity of milled rice during storage according to non-uniform milling degrees.

Refer to Fig. 1.

동할율 변화

불균일도정 별 저장온도 및 기간에 따른 동할증가율은 Fig. 4와 같다. 저장온도 5°C에서 저장 3주후 동할증가율은

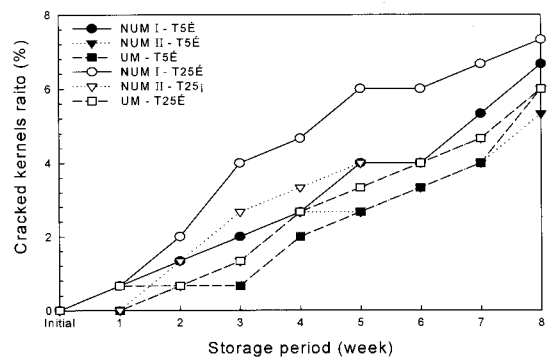


Fig. 4. Changes of cracked kernels ratio of milled rice during storage according to non-uniform milling degrees.

Refer to Fig. 1.

Table 1. Preparation conditions of material according to non-uniform milling degrees using composition of different whiteness milled rice and storage temperatures

Material name	Composition of different whiteness samples(-)	Storage temperature(°C)
NUM I -T5 ¹⁾	30+50	5
NUM II -T5 ²⁾	35+45	5
UM-T5 ³⁾	40	5
NUM I -T25 ⁴⁾	30+50	25
NUM II -T25 ⁵⁾	35+45	25
UM-T25 ⁶⁾	40	25

¹⁾Mixed whiteness 30 and 50, storage temperature 5°C, ²⁾Mixed whiteness 35 and 45, storage temperature 5°C.

³⁾Whiteness 40, storage temperature 5°C, ⁴⁾Mixed whiteness 30 and 50, storage temperature 25°C.

⁵⁾Mixed whiteness 35 and 45, storage temperature 25°C, ⁶⁾Whiteness 40, storage temperature 25°C.

균일도정은 0.7%로 변화가 거의 없었으나, 불균일도정 I 및 II는 점차 증가하여 2.0 및 1.3% 증가하였다. 저장 8주후 동할증가율은 불균일도정I의 경우 6.7%로 균일도정 및 불균일도정II의 6.0 및 5.3% 보다 높게 증가하였다. 저장온도 25°C도 5°C와 유사한 경향으로 나타났다. 따라서, 저장온도 및 불균일도정에 따라 동할증가율은 다소 차이가 나타났다.

백도 및 색도 변화

불균일도정 별 저장온도 및 기간에 따른 백도 변화는 Fig. 5와 같다. 초기 백도는 40.5 수준이었으며, 저장기간에 따라 점차 감소하는 경향으로 나타났다. 특히, 불균일도정 정도가 가장 심한 I의 경우 저장온도 5°C에서 저장 4주후 39.2, 저장 8주후 38.9 수준으로 감소하였으며, 저장온도 25°C도 비슷한 경향으로 나타났다.

Table 2. Result of sensory evaluation for cooked rice during storage according to non-uniform milling degrees

Sensory quality		Quality score ¹⁾ (initial)					
		5°C			25°C		
		NUMI-T5	NUMII-T5	UM-T5	NUMI-T25	NUMII-T25	UM-T25
Quality	Odor**	7.14 ^b	7.66 ^a	7.70 ^a	7.14 ^b	7.66 ^a	7.70 ^a
	Appearance***	6.26 ^c	7.47 ^b	7.90 ^a	6.26 ^c	7.47 ^b	7.90 ^a
	Taste***	6.37 ^b	7.23 ^a	7.44 ^a	6.37 ^b	7.23 ^a	7.44 ^a
	Texture***	6.26 ^b	7.07 ^a	7.37 ^a	6.26 ^b	7.07 ^a	7.37 ^a
	Overall quality***	6.19 ^b	7.21 ^a	7.49 ^a	6.19 ^b	7.21 ^a	7.49 ^a
Sensory quality		Quality score ¹⁾ (after 4 weeks)					
		5°C			25°C		
		NUMI-T5	NUMII-T5	UM-T5	NUMI-T25	NUMII-T25	UM-T25
Quality	Odor**	7.16 ^b	7.74 ^a	7.84 ^a	7.16 ^b	7.56 ^{ab}	7.76 ^a
	Appearance***	6.29 ^c	7.56 ^a	7.77 ^a	6.36 ^b	7.31 ^a	7.73 ^a
	Taste***	6.46 ^b	7.46 ^a	7.47 ^a	6.46 ^b	7.11 ^a	7.31 ^a
	Texture***	6.36 ^b	7.19 ^a	7.30 ^a	6.31 ^b	6.99 ^a	7.16 ^a
	Overall quality***	6.21 ^b	7.34 ^a	7.49 ^a	6.16 ^b	6.99 ^a	7.33 ^a
Sensory quality		Quality score ¹⁾ (after 8 weeks)					
		5°C			25°C		
		NUMI-T5	NUMII-T5	UM-T5	NUMI-T25	NUMII-T25	UM-T25
Quality	Odor**	7.36 ^{ab}	7.53 ^{ab}	7.81 ^a	7.14 ^b	7.53 ^{ab}	7.64 ^{ab}
	Appearance***	6.56 ^c	7.44 ^b	8.00 ^a	6.32 ^c	7.21 ^b	7.64 ^{ab}
	Taste***	6.52 ^b	7.25 ^a	7.60 ^a	6.19 ^b	7.15 ^a	7.37 ^a
	Texture***	6.32 ^c	7.18 ^{ab}	7.49 ^a	6.08 ^c	6.88 ^b	7.16 ^{ab}
	Overall quality***	6.34 ^c	7.21 ^{ab}	7.68 ^a	5.88 ^c	7.01 ^b	7.36 ^{ab}

¹⁾:1=very low, 9=very high.

^{abc}:values followed by the same letter are not significantly different.

*, **, ***:significantly at the p=0.05, p=0.01, p=0.001, respectively.

NUM I -T5 : mixed whiteness 30 and 50, storage temperature 5°C.

NUM II -T5 : mixed whiteness 35 and 45, storage temperature 5°C.

UM-T5 : whiteness 40, storage temperature 5°C.

NUM I -T25 : mixed whiteness 30 and 50, storage temperature 25°C.

NUM II -T25 : mixed whiteness 35 and 45, storage temperature 25°C.

UM-T25 : whiteness 40, storage temperature 25°C.

요 약

본 연구에서는 쌀의 불균일도정 조건이 저장중 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 불균일도정 2수준, 균일도정 1수준에 대하여 저장온도 5, 25°C 수준에서 8주간 저장하면서 함수율, 중량, 지방산가, 동할율, 백도, b값 등 품질특성과 관능검사를 수행하였다.

도정과정에서 불균일도정은 과도정이 발생하면서 균일도정에 비해 함수율 차이가 발생하였으며, 저장과정에서 함수율 변화의 차이는 나타나지 않았지만 초기함수율 차이가 지속적으로 유지되었다. 또한, 저장온도가 높을수록 함수율 및 중량감소가 크게 나타났다. 저장온도가 높거나 불균일도정이 심할수록 지방산가는 크게 증가하여 품질에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 동할증가율은 저장온도 및 불균일도정에 따라 다소 차이가 나타났다. 저장온도가 높고 불균일도정이 발생할수록 저장기간이 증가하면서 백도는 감소하고 b값은 다소 증가하는 경향을 보였다.

불균일도정 정도가 가장 심한 불균일도정 I의 경우 저장 전 관능검사서 균일도정 및 불균일도정 II에 비해 낮은 수준에서 유의적인 차이가 나타났으며, 저장기간이 증가하여도 동일한 결과이었다.

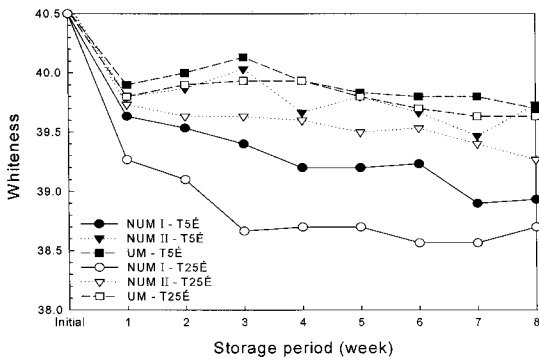


Fig. 5. Changes of whiteness of milled rice during storage according to non-uniform milling degrees.

Refer to Fig. 1.

b값의 변화는 Fig. 6과 같이 각 저장온도별로 서서히 증가하는 경향을 나타냈으며, 균일도정 보다 불균일도정 I, 불균일도정 II에서 b값이 보다 높게 증가하는 것으로 나타났다. 따라서, 저장온도가 높고 불균일도정이 발생할수록 백도는 감소하고 b값은 다소 증가하는 경향을 보여 제거되지 않은 미강이 저장과정에서 영향을 미친 것으로 판단된다.

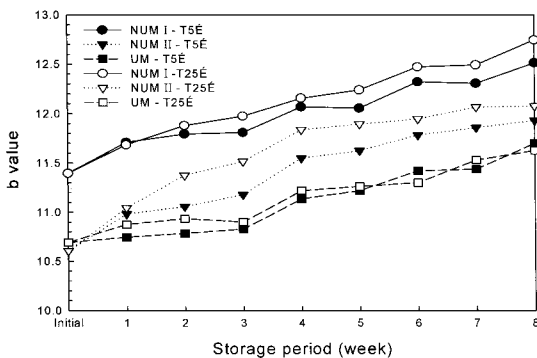


Fig. 6. Changes of b value color of milled rice during storage according to non-uniform milling degrees.

Refer to Fig. 1.

관능검사

불균일도정 별 저장온도 및 기간에 따른 취반미의 관능검사 결과는 Table 2와 같이 불균일도정이 심할수록 식미치는 낮은 것으로 나타났다. 불균일도정 I의 경우 저장 전 관능검사서 균일도정 및 불균일도정 II에 비해 낮은 수준에서 유의적인 차이가 나타났으며, 저장기간이 증가하여도 동일한 결과이었다. 불균일도정 II는 외관의 품질에서 균일도정과 유의적인 차이가 나타났으며, 다른 품질에서는 유의적인 차이가 발생하지 않았지만 전반적으로 낮은 수준이었다.

참고문헌

1. Yanase, H. (1989) 大型精米加工と品質. 日本農業機械學會誌, 51, 105-112
2. Kawamura, S. (1990) Rice milling, and quality and taste of milled rice(part 2). Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., 17, 25-49
3. Yanase, H. and Ohtsubo, K. (1985) Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice(Part 1). Rept. Natl. Food. Inst., 46, 148-161
4. Hosokawa, A., Ban, T., Yokosawa, I., Yanase, H. and Chikubu, S. (1995) Rice post-harvest technology. The Food Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan, p.22, 421-425
5. Kim, O.W., Kim, H. and Lee, S.E. (2005) Color modeling of milled rice by milling degree. Korea J. Food Preserv., 12, 141-145
6. Yamashita, R. (1993) New technology in grain post-harvesting. Farm Machinery Industrial Research Corp., Tokyo, p.89-92
7. Kim, O.W., Kim, H., Kim, D.C. and Kim, S.S. (2005) Determination of whiteness condition for efficient milling in Rice Processing Complex. J. of Biosystems Eng., 30, 242-248

8. Liu, H.J., Watanabe, K., Tojo, S., Sugiyama, T. and Makino, E. (2002) A study on the effect of storage conditions upon rice quality(Part 1). J. of the Japanese Soc. of Agr. Mach., 64, 52-60
 9. 山下律也 (1975) 穀物の含水率測定方法基準についての提案. 日本農業機械學會誌, 37, 445-451
 10. AACC. (1983) Fat acidity general method. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, U.S.A., AACC Method 02-01
 11. Kim, S.S., Lee, S.E., Kim, O.W. and Kim, D.C. (2000) Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. Cereal Chem., 77, 376-379
 12. Keum, D.H., Kim, H. and Cho, Y.G. (2000) Desorption equilibrium moisture content of rough rice, brown rice, white rice and rice hull. J. of the KSAM., 25, 47-54
-
- (접수 2006년 9월 21일, 채택 2006년 11월 24일)