

취반조건과 취반 후 저장 시간이 쌀밥의 조직감에 미치는 영향

김명환[†] · 김성곤*

단국대학교 식품공학과

*단국대학교 식품영양학과

Influence of Cooking Condition and Storage Time After Cooking on Texture of Cooked Rice

Myung-Hwan Kim[†] and Sung-Kon Kim*

Dept. of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 300-714, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

Abstract

The effects of water to rice ratio(v/w) and immersion time as cooking conditions, and storage time after cooking on texture properties, hardness(H), stickiness(-H), stickiness/hardness(-H/H) and elastic recovery(b/a) of cooked rice were analyzed by response surface methodology(RSM). The H of the cooked rice without immersion and storage treatments decreased from 2.63kg_f to 2.14kg_f with increased the water to rice ratio from 1.250 to 1.500. At the water to rice ratio of 1.250, the H of the cooked rice without immersion processing increased from 2.63kg_f to 4.78kg_f with increased storage time from 0 to 4 day at 4°C. The -H and -H/H of the cooked rice increased with the ratio of water to rice increased, whereas those of cooked rice decreased with increased storage time. At 1.250 of the water to rice ratio, the -H and -H/H were approached to zero after 4 days of storage at 4°C. The b/a decreased with increasing the water to rice ratio, and with increasing immersion time. Storage time was the most significant factor affecting the all responses. However, the second and third significant factors were water to rice ratio and immersion time, respectively. Based on the coefficients of determination, all the four responses were highly fitted to the experimental data ($r^2 > 0.8140$).

Key words : cooking condition, storage time, texture, cooked rice

서 론

쌀밥의 품질 평가 항목으로서 조직감은 중요한 역할을 한다. 이러한 쌀밥의 조직감은 쌀의 성분 특성, 건조, 저장 및 도정 방법 등 쌀의 가공·저장 특성, 그리고 가수율, 침지, 가열 및 뜸 등의 취반조건과 방법, 취반 후 쌀밥의 저장 조건 등 여러 요인들에 의하여 좌우된다(1).

가수율에 관한 연구로 가수율이 증가함에 따라서 쌀밥의 경도(hardness)는 감소하는 반면 끈기(stickiness)는 증가한다고 하였다(2), 전기술으로 취반시 취반 용량이 증가함에 따라서 최적 가수율은 감소된다고 하였

다(3,4). 침지 조건에 대한 연구로는 침지 온도가 높아 지거나 침지 시간이 길어짐에 따라서 경도는 감소되는 반면 끈기는 증가한다고 하였다(5). 취반방법으로는 동일한 가수율 조건에서 압력솥 취반이 전기술 보다 경도와 끈기 모두 높게 나타났으며(6), 취반 후 쌀밥이 저장 조건 연구로는 저장 온도가 낮은 경우(4°C)에서는 저장 시간이 길어짐에 따라서 경도가 증가하지만 고온 저장(70°C)에서는 경도가 감소한다고 하였다(7). 고온 저장(80°C)에서는 저장 시간이 길어짐에 따라서 부착성(adhesiveness)이 감소되지 않는 반면 저장 온도가 낮아짐에 따라서 감소 정도가 커졌다고 보고하였다(8).

본 연구에서는 쌀의 취반시 가수율과 침지 시간 및

[†]To whom all correspondence should be addressed

취반 후 쌀밥의 저장 시간에 따른 조직감 변화를 반응 표면법(response surface methodology, RSM)에 의하여 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 쌀은 1994년 수확한 충청 쌀 (*Oryza sativa* L.)이었으며, 이물질과 깨미(broken rice)를 제거한 다음 각 쌀알들의 수분 함량을 같게 하기 위하여 실온에서 48시간 전 cheesecloth 위에 방치한 후 평균 수분 함량 13.6%(dry basis)인 쌀을 시료로 사용하였다.

침지 및 취반

쌀 8g (± 0.012)을 30ml 비이커에 담고 일정한 가수율(1.250, 1.375 및 1.500(v/w))과 침지시간(0, 30 및 60 분)별로 실온(21°C)에서 침지시켰다. 취반 공정은 알루미늄 호일로 뚜껑을 한 후 미리 가열된 직경 30cm, 높이 25cm의 찜통속에서 수증기를 이용하여 30분간 취반한 다음 가열을 중단하고 10분간 뜸을 들였다(9).

저장

취반 공정을 마친 쌀밥을 즉시 가로 10cm, 세로 15cm의 적층 필름 포장지(PET 12 μ m/Al 9 μ m/nylon 20 μ m)에 넣고 진공 포장을 한 후 저온실(cold chamber)을 이용하여 가속 저장 차원에서 4°C로 저장하였다.

조직감 측정

취반된 쌀밥의 조직감 측정은 Okabe(2)의 방법을 수정하여 행하였다. 즉 쌀밥 두알을 Rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co.)에 올려놓은 후 경도(hardness, H)와 끈기(stickiness, -H)를 측정하였고 이로부터 끈기 대 경도의 비(-H/H)를 구하였다. 탄성 회복도(elastic recovery)는 두번째 압축시 쌀밥의 변형된 길이(b)와 첫 번째 압축시 변형된 길이(a)의 비(b/a)로써 나타내었다.

측정 중 시료의 변화를 최소화하기 위하여 Mossman 등(9)의 방법으로 실온(21°C)에서 비이커를 거꾸로 세워 60분간 방치시킨 후 비이커 중앙 부분의 밥을 발체하여 측정하였다. 4°C의 저장 실험에서는 일정한 시간이 지난 다음 시료를 저온실에서 꺼내어 역시 60분간 실온에서 방치시킨 후 중앙 부분의 쌀밥을 측정하였다. 시료별 측정 회수는 9회이었다. Rheometer의 조작

조건은 최대 힘을 10kg_r로 하고, table speed는 30mm/min, chart speed는 60mm/min, clearance는 0.4min, probe의 직경은 20mm이었다.

실험설계 및 통계처리

본 실험은 3³ 요인 실험 설계(factorial experiment design)를 사용하였다. 3가지 인자로는 가수율(X_1), 침지시간(X_2) 및 저장 기간(X_3)을 이용하였으며, 3가지 수준으로는 각각의 요인에 대하여 1.250, 1.375 및 1.500(v/w), 0, 30 및 60분과 0, 2 및 4일로 하였다. 시료는 27개로 full factorial design을 이용하였으며 반응 변수로서 경도(H), 끈기(-H), 끈기 대 경도의 비(-H/H) 및 탄성 회복도(b/a) 값을 사용하였다. 각 인자의 수준 변화에 따른 쌀밥의 조직감에 미치는 영향 정도를 조사하기 위하여 분산분석, 이차 다항 회귀곡선식 및 반응표면법(response surface methodology, RSM) 등의 통계 방법을 이용하였으며 모든 통계분석은 SAS로 처리하였다(10).

결과 및 고찰

취반조건과 취반 후 저장 시간이 쌀밥이 경도에 미치는 영향

가수율, 침지 시간 및 저장 시간에 따른 쌀밥의 경도(H) 변화를 반응표면법에 의하여 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 가수율이 증가됨에 따라서 쌀밥의 경도는 감소하였다. 이와 같은 현상은 가수율이 증가함에 비례하여 취반 후 쌀밥의 수분 함량이 증가하며 그와 반비례하여 압출력(extrusion force)은 줄어든다는 결과(4)와 일치하였다. 침지와 저장을 하지 않은 경우의 가수율에 따른 경도 변화를 조사한 결과 가수율이 1.250에서 1.500(v/w)으로 증가함에 따라서 2.63kg_r에서 2.14kg_r로 감소하였다. 침지 시간의 증가 현상은 경도에 큰 영향을 못 미친 반면에 저장 시간이 길어짐에 따라서 경도가 증가하였다. 이 결과는 시간의 경과에 따라 노화 현상 즉 전분 분자들이 상호간에 수소결합으로 결합되는 과정으로 결정화 현상에 기인되었다고 사료된다. 본 실험에서는 저장 온도를 수분 함량이 약 60%인 쌀밥의 경우, 냉장 조건에서 노화 속도가 최대치를 보인다는 결과(1)를 토대로 가속 저장의 차원에서 4°C로 하였다. 가수율이 낮은 경우(1.250)가 높은 경우(1.500)에 비하여 저장 시간의 늘어짐에 따라서 경도 증가폭이 컸다. 침지를 하지 않은 경우 취반 후와 4일의 저장 시간이 지난 후 경도를 비교하여 보면 가수율

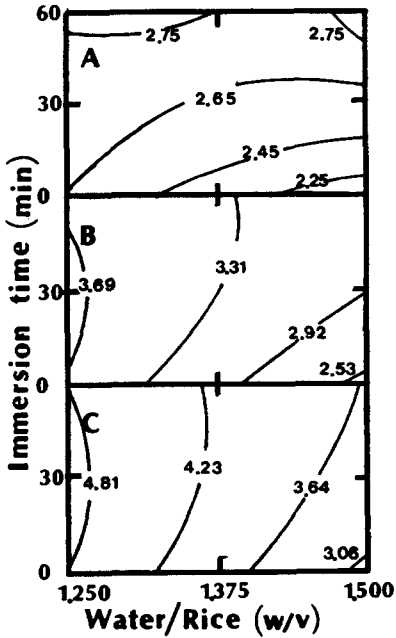


Fig. 1. Hardness as a function of water/rice, immersion time and storage time. A, B and C represent 0, 2 and 4 day of storage time at 4°C after cooking, respectively.

이 1.250인 경우 각각 2.63kg_f와 4.78kg_f로 나타난 반면 가수율이 1.500인 경우는 각각 2.14kg_f와 3.02kg_f로 나타났다.

가수율, 침지 시간 및 저장 시간에 따른 쌀밥의 경도에 미치는 영향 정도를 분산분석하여 알아본 결과 (Table 1), 본 실험 범위에서는 저장 시간이 경도에 가장 큰 영향을 미쳤으며 (prob.=0.0001), 가수율 (prob.=0.0006) 과 침지 시간 (prob.=0.1523) 순이었다.

취반조건과 취반 후 저장 시간이 끈기와 끈기 대 경도의 비에 미치는 영향

가수율, 침지 시간 및 저장 시간에 따른 쌀밥의 끈기 (-H)와 끈기 대 경도의 비 (-H/H) 변화를 반응표면법에 분석한 결과는 각각 Fig. 2와 3과 같다. 쌀밥의 조직감에서 끈기와 끈기 대 경도의 비는 경도와 더불어 중요한 인자로서 작용한다(2). 여기서 측정된 끈기 값은 점착력(adhesion) 보다는 응집력(cohesion)에 의해서 좌우된다(10). 가수율이 증가함에 따라서 끈기와 끈기 대 경도의 비 값은 증가하였다. 저장을 하지 않았을 경우 가수율이 1.250에서 1.500(v/w)으로 높아짐에 따라서 끈기는 0.28kg_f에서 0.32kg_f로 커졌고(Fig. 2), 끈

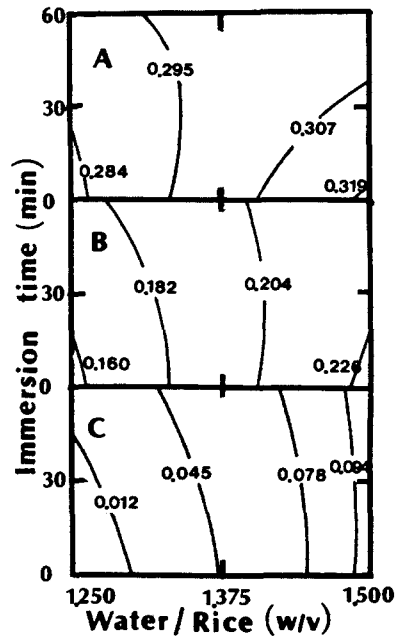


Fig. 2. Stickiness as a function of water/rice, immersion time and storage time. A, B and C represent 0, 2 and 4 day of storage time at 4°C after cooking, respectively.

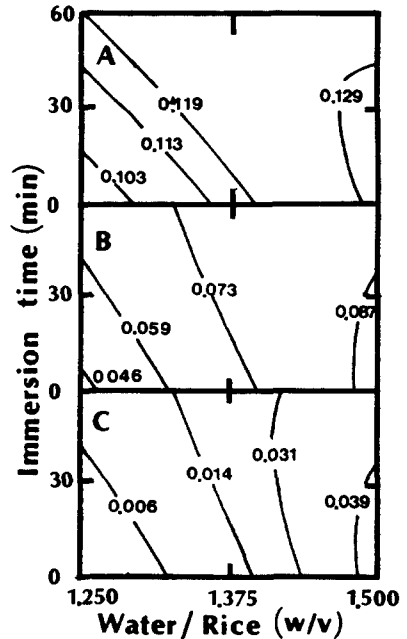


Fig. 3. Stickiness/hardness as a function of water/rice, immersion time and storage time. A, B and C represent 0, 2 and 4 day of storage time at 4°C after cooking, respectively.

Table 1. Analysis of variance for the effect of three variables on the four responses

Variables	Hardness(H)		Stickiness(-H)		-H/H		b/a ¹⁾	
	F-ratio	Prob.	F-ratio	Prob.	F-ratio	Prob.	F-ratio	Prob.
Water/rice(w/v)	11.17	0.0006	3.30	0.0567	5.86	0.0100	7.84	0.0031
Immersion time	2.07	0.1523	0.03	0.9677	0.33	0.7211	6.91	0.0052
Storage time	38.26	0.0001	58.41	0.0001	58.96	0.0001	12.55	0.0003

¹⁾The ratio of deformation length of the second bite(b) to deformation length of the first bite(a)

기 대 정도의 비는 각각 0.09와 0.13으로 높아졌다(Fig. 3). 반면에 저장 시간이 늘어남에 따라서 끈기와 끈기 대 정도의 비는 감소하였다. 특히, 낮은 가수율(1.250)인 경우에는 4일의 저장 시간이 지난 후에 끈기와 끈기 대 정도의 비 값은 거의 0에 가깝게 나타났다. 이는 저장 시간이 길어짐에 따라서 쌀밥의 끈기와 식감이 떨어진다는 결과(7,11)와 일치하였다.

가수율, 침지 시간 및 저장 시간이 쌀밥의 끈기와 끈기 대 정도의 비가 미치는 영향 정도를 분산분석하여 알아 본 결과(Table 1), 끈기와 끈기 대 정도의 비 모두 저장 시간이 가장 큰 영향을 미쳤으며 그 다음 가수율과 침지 시간 순으로 나타났다.

취반조건과 취반 후 저장 시간이 쌀밥의 탄성 회복도에 미치는 영향

Texture profile analysis(TPA) 실험을 할 때 탄성(elasticity 또는 springiness)값은 두번째 압축시의 변형된 길이(b)를 일반적으로 나타내지만 본 실험에서는 시료(쌀밥)별 높이의 차이에서 오는 b값의 오차를 최소화시키기 위하여 두번째 압축시 변형된 길이(b) 대 첫번째 압축시 변형된 길이(a)의 비(b/a)로써 탄성 회복도를 나타내었다(12).

가수율, 침지 시간 및 저장 시간에 따른 쌀밥의 탄성 회복도 변화(Fig. 4)를 본 결과 가수율 증가에 대한 탄성 회복도 감소는 저장을 하지 않은 경우에는 적었지만 저장 시간이 길어짐에 따라서 점점 커져, 저장 4일째 침지하지 않은 쌀밥의 경우 가수율이 1.250에서 1.500(v/w)으로 증가하면서 탄성 회복도는 0.37에서 0.29로 감소하였다. 침지 시간이 길어짐에 따라서 탄성 회복도는 증가 현상을 나타내었으며, 가수율 증가와 반대로 저장 시간이 길어짐에 따라서 증가 현상이 둔화되었다. 저장시간에 따른 탄성 회복도는 저장 2일째에서 가장 낮은 값을 나타내었으며 저장하지 않은 경우, 저장 4일째 순으로 점차 높아졌다.

분산분석을 통하여 각 요인들이 쌀밥의 탄성 회복도에 미치는 정도를 분산분석 한 결과(Table 1), 저장

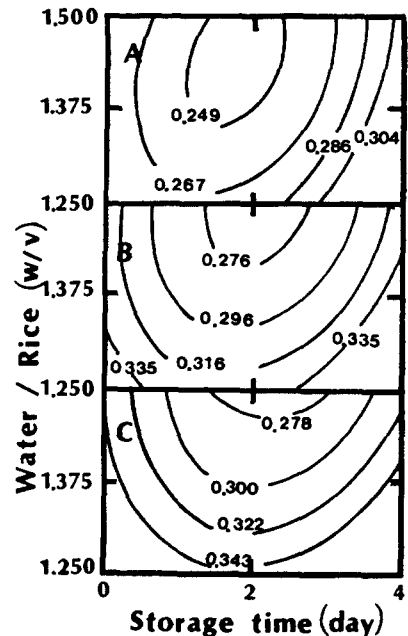


Fig. 4. Elastic recovery as a function of water/rice, immersion time and storage time.

A, B and C represent 0, 30 and 60 min of immersion time, respectively.

시간이 가장 커다란 영향력을 미쳤으며 그 다음 가수율, 침지시간 순으로 나타났다.

이차 다항 회귀곡선식의 적합도

독립변수(요인, X)인 가수율(X_1), 침지 시간(X_2) 및 저장 시간(X_3)의 변화에 대한 종속변수(반응치, Y)인 쌀밥의 경도, 끈기, 끈기 대 정도의 비 및 탄성 회복도를 예측하기 위한 이차 다항 회귀곡선의 계수값을 계산한 결과는 Table 2와 같다. 또한, 각 반응치에 대한 이차 다항 회귀곡선식의 적합도 검정을 한 결과(Table 3), 모든 반응치가 0.1%내에서 유의성 차이를 나타내었으며, 결정계수(r^2)는 0.8140 이상으로 모든 반응치에 대하여 높은 적합도를 나타내었다. 경도, 끈기 및

Table 2. Regression coefficients of the second degree polynomials for four response variable

Coefficients	Hardness(H)	Stickiness(-H)	-H/H	b/a ¹⁾
A ^{2, 3)}	3.311481	0.195556	0.075104	0.283319
A ₁	-0.407778	0.029444	0.015828	-0.025878
A ₂	-0.157222	0.002778	0.003656	0.024372
A ₃	0.754444	-0.123333	-0.050622	0.011111
A ₄	0.035556	-0.001667	-0.003528	0.012011
A ₅	0.176667	-0.007500	-0.006808	-0.011867
A ₆	-0.136111	0.001667	-0.001811	-0.010739
A ₇	-0.201667	0.017500	0.004958	-0.013283
A ₈	-0.130000	0.005000	-0.001233	-0.010150
A ₉	0.068889	-0.020000	-0.002344	0.055478

¹⁾The ratio of deformation length of the second bite(b) to deformation length of the first bite(a)

²⁾These are coefficients of $Y=A_0+A_1X_1+A_2X_2+A_3X_3+A_4X_1^2+A_5X_1X_2+A_6X_2^2+A_7X_1X_3+A_8X_2X_3+A_9X_3^2$ and each independent variables, X₁, X₂, and X₃, is transformed to -1, 0 and 1 as increasing the level

³⁾Each independent variables, X₁, X₂ and X₃, represents water/rice ratio, immersion time and storage time, respectively

Table 3. Determination coefficients of the second degree polynomials for four response variables

Regression	Hardness(H)	Stickiness(-H)	-H/H	b/a ¹⁾
Linear	0.8285	0.8534	0.8648	0.4062
Quadratic	0.0089	0.0072	0.0022	0.3257
Cross product	0.0645	0.0137	0.0148	0.0820
Total regress	0.9019	0.8743	0.8817	0.8140

¹⁾The ratio of deformation length of the second bite(b) to deformation length of the first bite(a)

끈기 대 경도의 비는 일차 다항 회귀식이 결정계수를 주도하며, 탄성 회복도에서는 일차(0.4064)와 이차(0.3257) 다항 회귀식이 결정계수를 주도하였다. 모든 반응치에 대하여 상호작용은 영향력이 거의 없었다.

요 약

쌀의 취반시 가수율과 침지 시간 및 취반 후 저장 시간에 따른 쌀밥의 조직감 변화를 경도(H), 끈기(-H), 끈기 대 경도의 비(-H/H) 및 탄성 회복도(b/a)로써 측정하였고 반응표면법으로 분석하였다. 침지와 저장을 하지 않은 경우 경도는 가수율이 1.250에서 1.500(v/w)으로 증가함에 따라서 2.63kgf에서 2.14kgf로 감소하였으며, 침지하지 않은 경우의 가수율이 1.250(v/w)일 때 저장에 따른 변화를 보면 저장하지 않은 경우와 4°C에서 4일 저장 후는 각각 2.63kgf와 4.78kgf로 나타났다. 끈기와 끈기 대 경도의 비는 가수율의 증가와 더불어 높아졌으며, 저장 시간이 늘어남에 따라서 감소하였다. 특히, 가수율이 1.250(v/w)인 경우에는 침지 시간에 관계없이 4°C에서 4일 저장 후 끈기와 끈기 대 경도의 비가 각각 0에 가깝게 나타났다. 탄성 회복도는 가수율 증가에 따라서 감소하였으며 침지 시간이 길어짐에 따라서 증가하였다. 가수율, 침지 시간 및 저장 시간에 따른 쌀밥의 조직감에 미치는 영향 정도를 분

산분석하여 알아본 결과 본 실험 조건에서는 모든 반응치에 대하여 저장 시간이 가장 큰 영향을 미쳤으며 그 다음 가수율과 침지 시간 순이었다. 이차 다항 회귀 곡선식에 대한 적합도를 결정계수로 조사한 결과 모든 반응치에 대하여 높은 적합도를 나타내었다($r^2 > 0.8140$).

문 헌

- Juliano, B. O. : Rice chemistry and technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, p.443(1985)
- Okabe, M. : Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. *J. Texture Studies*, **10**, 131(1979)
- 민봉기, 홍성희, 신명곤 : 쌀밥의 취반시 취반용량별 최적가수율 규명에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **24**, 623(1992)
- 민봉기, 홍성희, 신명곤, 정권 : 밥의 압출시험에 의한 취반가수율 결정에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **26**, 98(1994)
- 김명환 : 쌀의 침지조건이 취반후 조직감에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **24**, 511(1992)
- 김혜영, 김광옥 : 압력솥 및 전기솥 취반미의 관능적 특성. *한국식품과학회지*, **18**, 319(1986)
- 황진선, 김중균, 변명우, 장학길, 김우정 : 쌀 품종에 따른 쌀밥의 물리적 및 관능적 특성 연구. II 쌀밥의 저장 이 텍스처에 미치는 영향. *한국농화학회지*, **30**, 118(1987)
- 이영주, 민봉기, 신명곤, 성내경, 김광옥 : 전기보온밥솥

- 으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성. 한국식품과학회지, **25**, 487(1993)
9. Mossman, A. P., Fellers, D. A. and Suzuki, H. : Rice stickiness. I. Determination of rice stickiness with an Instron tester. *Cereal Chem.*, **60**, 268(1983)
 10. SAS : SAS user's guide, fourth edition, SAS Institute Inc., Cary, p.1457(1990)
 11. Kohlwey, D. E. : New methods for the evaluation of rice quality and related terminology. In "*Rice science and technology*" Marshall, W. E. and Wadsworth, J. I.(eds.), Marcel Dekker Inc., New York, p.177(1993)
 12. Ebata, M. and Hirasawa, K. : Studies on the texture of cooked rice. *Nippon Sakumotsu Gakkai Kiji*, **51**, 235(1982)

(1995년 11월 16일 접수)