

전기밥솥으로 저온보온한 쌀밥의 이취 발생 및 억제

박석규 · 고용덕* · 조영숙 · 손미예** · 서권일***

순천대학교 식품영양학과, *LG전자 리빙시스템 연구소,
경상대학교 식품영양학과, *동국전문대학 전통발효식품과

Occurrence and Repression of Off-Odor in Cooked Rice during Storage under Low Temperature Warming Condition of Electric Rice Cooker

Seok-Kyu Park, Yong-Duck Ko*, Young-Sook Cho,
Mi-Yae Shon** and Kwon-Il Seo***

Department of Food and Nutrition, Sunchon National University

**Living System Research Laboratory, LG Electric Co.*

***Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University*

****Department of Traditional Fermented Food, Tongkuk Junior College*

Abstract

The changes in physicochemical properties of cooked rice stored in an electric rice cooker at different temperature (63, 66, 69 and 72°C) were investigated. The growth of thermophilic bacteria was gradually increased in all samples with storage time up to 6 hours and increased rapidly afterward. The bacterial growth rate was higher during storage at low temperature than at high temperature, and the bacterial number generally reached the maximum at 18 hours of the storage. The number of bacteria in sample stored at 63°C was increased to 10⁶ CFU/g after storage for 6 hours. The heat treatment at 6 hours of storage decreased the bacterial number to 10⁴ CFU/g at 8 hours of storage. Bacterial number was gradually increased with storage time after the first heat treatment. When the sample was reheated after 8 hours of storage, the bacterial number was reduced to the level at which off-odor was not detected after storage for 24 hours. During the storage, moisture content of heat-treated sample was lower than that of sample stored at 63°C but higher than that of sample stored at 72°C. The L value of heat-treated sample was higher than that of the sample stored at 72°C, but lower than that of the sample stored at 63°C. The b value showed an opposite trend to the L value with regard to the storage temperature. Changes in texture were not remarkable during the storage for the sample heat-treated and stored at low temperature. The occurrence of off-odor and browning was depressed in the heat-treated sample, and the texture and overall eating quality were more acceptable than the samples stored at low temperature.

Key words: cooked rice, off-odor, thermophilic bacteria, heat treatment

서 론

취반이란 약 15% 수분을 함유한 쌀과 물의 비율을 중량으로 1 대 1.5로하고 열처리하여 수분함량의 비율 0.4~0.1이 증발되고 2.1~2.3의 중량비를 갖는 밥이 되는 단순한 조리과정이다. 이들의 수치는 쌀의 종류 및 저장기간, 취반량, 취반기의 종류, 가열량, 열의 매체, 가족의 선호도 등에 따라 변동될 수 있다^(1,2). 기존의

시판 전기밥솥의 쌀밥은 보온시간이 경과함에 따라 수분증발과 전분의 노화에 의한 식미 및 조직감의 저하, 소화율의 감소, 갈색화 및 이취의 발생 등 품질이 저하되는 여러가지 문제점이 나타난다^(1,2). 그 중 황변의 주 원인은 식품성분간의 비효소적 갈변반응에 의한 것으로, 이는 고온에 의한 수분의 증발로 촉진되고, 특히 밥의 표면조직이 파괴되거나 밥알의 내용물이 많이 용출되었을 때는 갈변반응을 유발하는 물질이 많아지게 되므로 황변현상은 더욱 빨라지게 된다⁽³⁾. 그 외 황변의 원인으로는 고온성 아포형성균의 성장에 의해서도 그 영향이 있는 것을 확인할 수 있었는데,

Corresponding author: Seok-Kyu Park, Department of Food and Nutrition, Sunchon National University, 315 Maegok-dong, Suncheon, Chonnam 540-742, Korea

이는 이들 원인균이 밥솥에서 성장되면서 갈변 반응성 물질(주로 질소화합물)을 균체외로 분비함으로 황변현상을 더욱 촉진하는 것으로 추정된다⁽⁴⁾. 밥의 보온 방법중 고온보온(75~76°C)은 수분증발에 의한 밥의 건조(경화현상) 및 황변 등으로 밥의 조직감 및 식미가 감소하는 문제점이 있다⁽⁵⁾. 따라서 밥의 백화현상이 유발되지 않는 범위내에서 가능한 저온(63~72°C)으로 보온하면 고온보온에서 나타나는 밥의 경화 및 황변 현상을 억제하고, 고온보온에 비하여 밥솥 내부의 수분증발을 억제시킬 수 있다⁽⁴⁾. 그러나 밥의 저온보온은 많은 장점이 있음에도 불구하고 보온온도가 낮을수록 고온성 냄새유발균주의 급격한 증식으로 인하여 이취를 생성하는 문제점이 있다⁽⁶⁾. 따라서 본 연구자들은 이런 점을 동시에 개선하기 위하여 저온 및 고온에서 일정한 온도로 보온하기 보다는 저온보온을 하면서 간헐적으로 아포형성균의 영양세포로 전환할 때에 열충격을 가하는 저온 변온보온의 조건을 구하고, 그 조건에 따른 밥의 보온중 식품학적 특성에 대한 기초적인 조사를 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용하는 쌀은 1996년 수확한 동진 계화미(간척지 쌀, 청결미, 일반계)를 구입하여, 600 g씩 나누어 밀봉하고 전 실험기간 동안 4°C에서 냉장보관하면서 사용하였다.

취반 및 보온

쌀 600 g을 수세한 후 1.4배(w/w)의 물을 가하여 Fig. 1과 같은 가열공정으로 전기보온 밥솥(LG전자, RJ-IH181H, 전자유도가열)에서 취반하고(수분 58.4%, 노화도 5.3%), 주걱으로 45초 동안 밥을 고르게 섞은 다음에 밥솥의 온도를 각각 달리 조절(63, 66, 69 및 72°C)하여 보온하였으며, 대조구는 취반직후의 시료를 사용하였다. 보온시간이 다른 시료를 동시에 평가하기 위하여 대조구보다 각각 해당시간 만큼 일찍 취반이 완료되도록 하였다. 또한 정온 보온은 일정한 온도에서 지속적으로 보온하였으며, 변온 보온은 낮은 온도(63°C)로 보온하다가 고온성 미생물의 증식에 의한 문제로 되는 시점에 다시 취사키를 눌러 80°C 부근으로 급상승시켜 고온 열처리를 적당한 시간(10~15분)동안 실시한 후(1차 열처리: 보온 6시간 후, 2차 열처리: 14시간 후에 실시함), 다시 저온보온을 반복적으로 유지시켰다(Fig. 2). 보온온도는 온도측정기(LG전자, Hybrid recorder)를 이용하여 밥솥 내부 밥의 중앙부근(3 cm 깊이)에 센서를 위치하여 확인하였다.

고온성 총균수

전기밥솥으로 취반된 쌀밥을 각기 다른 온도에서 보관하면서 6시간 간격으로 무균적으로 채취하여 멸균 생리식염수에 넣고 잘 으갠 후 전분이 1% 함유된 nutrient agar (NAS) 배지에 도말하여 60°C의 배양기에서 배양한 후 고온성 총균수를 측정하였다.

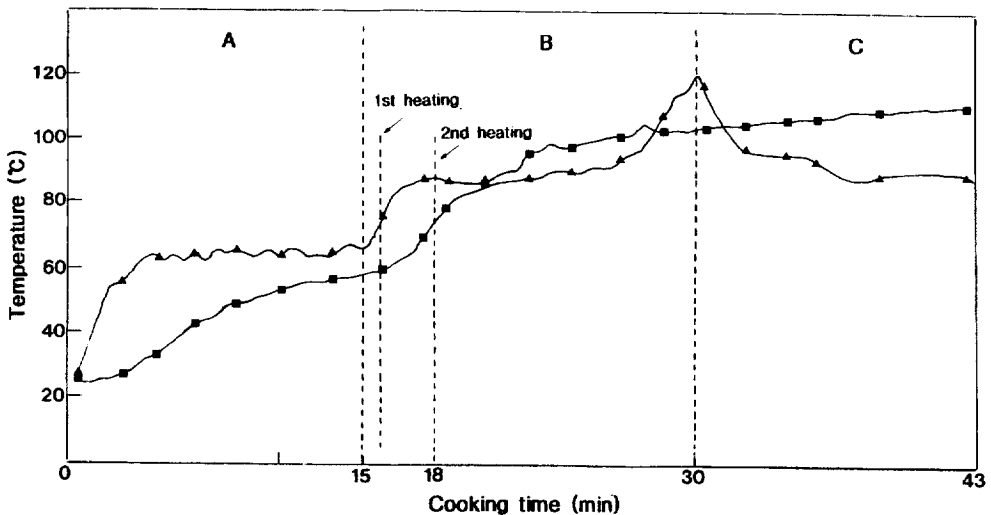


Fig. 1. Cooking condition of milled nonwaxy rice in electric rice cooker. ■—■: bottom temp., ▲—▲: top temp., A: swelling time, B: heating time, C: the proper degree of cooking.

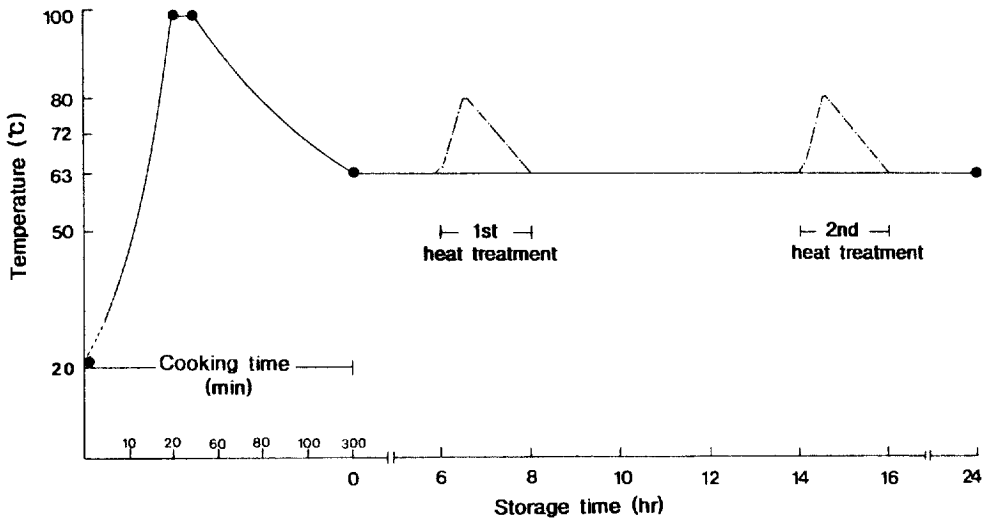


Fig. 2. Temperature profile of cooked rice during storage in electric rice cooker.

수분함량

쌀밥을 균일하게 혼합하여 약 3 g씩을 취한 후 상압 건조(105°C)시켜 건조감량에 의한 수분함량을 측정하였다.

색도

쌀밥 20 g씩을 밥솥의 중앙부에서 균일하게 혼합된 것을 취하여 Hunter 색차계(Minolta 250, Japan)를 사용하여 L (lightness), a (redness) 및 b (yellowness)값을 각각 3회 반복하여 측정하였다.

텍스처

취반된 밥을 밥알상태로서 rheometer (CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)의 Zig를 이용하여 strength ($\text{max. wt.} \times 980.665 \text{ dyne/cm}^2$), hardness (strength \times sample height/distance) 및 cohesiveness를 측정하였다. 기기의 조건은 load cell 10 kg, table speed 60 mm/min, chart speed 20 mm/min, clearance 0.4 min, probe의 직경 25 mm, 원형 sample의 height 및 width는 각각 20, 35 mm이었다.

관능검사

밥의 변색을 포함한 식미특성과 품온변화를 최소화하기 위하여 흰색 사기그릇에 밥을 50 g씩 담아 보온 용기에 넣고, 순천대학교 식품영양학과 교수 3명 및 학생 8명을 통하여 관능검사를 실시하였다. 관능검사의 평가 항목 및 순서는 이취, 황변도, 조직감, 외관 및 종합적인 기호도의 5가지 순으로 하였고, 평가방법은

5점 채점법으로 하였다. 즉, 이취 및 황변도는 가장 심할 때를 +5로 하고 전혀 없을 때를 +1로 하였으며, 조직감(밥이 촉촉하고 점성이 있으며 적당한 경도를 가질 때), 외관(덩어리가 지지않고 윤기가 있으며 적당하게 퍼졌을 때) 및 종합적인 기호도(상기의 전체 항목을 고려할 때)는 매우 좋을 때를 +5로 하고 매우 나쁠 때를 +1로 하였다.

결과 및 고찰

보온온도에 따른 고온성 세균수의 변화

취반미의 보온온도 및 변온에 따른 고온성 세균의 변화를 조사한 결과는 Fig. 3과 같이 취반후 뒤섞은 다음(초기균수 40 CFU/g 이하), 보온시간이 경과함에 따라 고온성 세균수가 증가하기 시작하여 보온 6시간 이후에는 급속하게 증가하였는데, 보온 6시간 때에는 66°C의 보온구에서 63, 69 및 72°C의 보온구보다 고온성 세균수가 많았으나, 그 시간이후 부터는 보온온도가 낮을수록 균의 증식속도가 빠르게 나타났으며, 대체로 18시간 부근에서 균수가 최대로 되는 경향이였다. 이와 같은 점을 근거로하여 63°C의 저온에서 보온하면서 이취를 생성하는 고온성 미생물의 성장을 억제하기 위하여 보온 6시간때에 1차 열충격(10~15분)을 한 결과, 보온 6시간때 균수가 10⁶ CFU/g이었던 것이 8시간때에는 10⁵ CFU/g이하로 줄어들었으며, 그 이후에는 다시 점차 증가하여 보온 14시간이후에는 냄새가 나기 시작하는 것으로 생각되는 균수에 도달하였다. 따라서 이취 발생 1시간 이전에 1차 열충격을

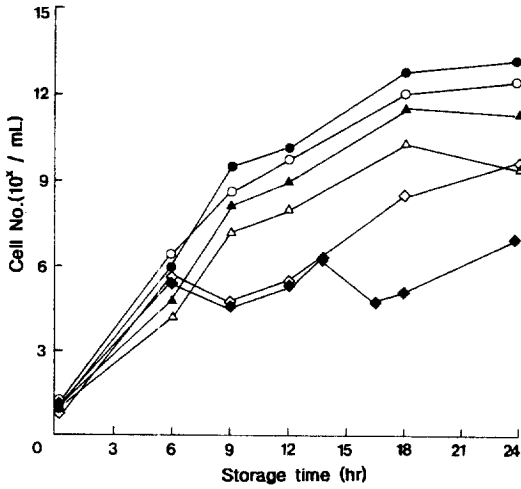


Fig. 3. Influence of heat shock on the growth of thermophilic bacteria from cooked rice during storage at low temperature (63-72°C). ●-●: 63°C, ○-○: 66°C, ▲-▲: 69°C, △-△: 72°C, ◇-◇: single heat treatment, ◆-◆: double heat treatment.

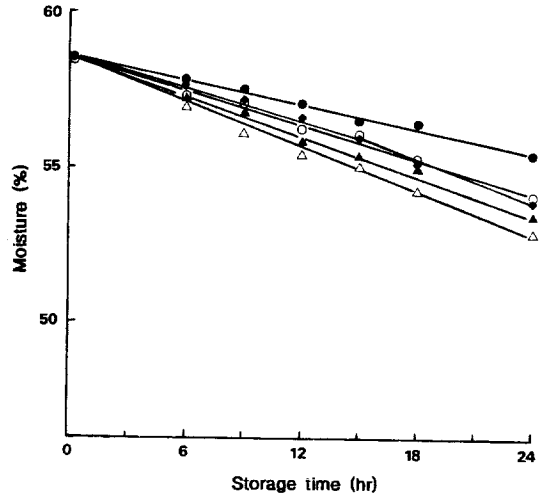


Fig. 4. Changes in moisture content of cooked rice during storage at low temperature.

가하고 다시 보온온도(63°C)로 떨어진 6시간(처음보온 14시간) 후 2차 열충격을 하여 균수를 측정할 결과 보온 24시간때까지 이취를 생성하기 시작하는 균수로 추정되는 값보다 낮게 나타났다.

본 연구자들은 전기밥솥의 이취발생 주요 세균으로 백미의 표면 틈에 있는 내열성 포자형성균인 *B. acidocaldarius*, *B. licheniformis*, *B. coagulans*를 동정할 수 있었는데⁽⁴⁶⁾, 다른 보고자들의 경우 밥의 부패는 *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. cereus* 등이 관여하며 밥이 된 후에도 10¹~10² CFU/g가 남게 되어 실온중에 이들 포자의 발아와 번식에 의한다고 하였는데, 전기밥솥의 보온 조건하에서는 균증식도와 이취발생의 상관성을 조사하지 않았다⁽⁹⁾.

수분함량의 변화

취반미의 보온온도 및 변온에 따른 수분함량의 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같이 보온시간이 경과함에 따라 수분함량은 점차 감소하였으며, 저온보온에서 63°C의 보온은 72°C에 비하여 수분감소량이 약간 낮았다. 또한 변온처리구의 수분 함량은 63°C정온 보온보다는 낮았으나 72°C정온보다는 높게 나타났다. 민 등⁽¹⁰⁾은 정백미를 취반할 때 적절한 수분 함량은 백미 중량의 1.46배로 할 경우, 밥의 수분이 62.3% 일 때가 좋다고 보고하였는데, 본 실험의 경우는 이 결과보다 수분함량이 약간 낮았는데 이는 백미중량의 1.4배로 취반한 때문인 것으로 생각된다.

색도의 변화

Hunter 색차계를 사용하여 취반백미의 보온온도별 색도의 변화를 조사한 결과(Table 1), 명도(L)는 취반 직후의 66.7~66.9에서 보온시간이 경과함에 따라 점차 감소하였으며, 보온온도가 낮을수록 낮은 값을 나타내는 경향이였다. 적색도(a)는 취반직후 -3.30~-3.33에서 보온함에 따라 약간씩 증가된 (-) 값을 모두 나타내었고, 황색도(b)는 취반직후 +1.62~1.65에서 보온함에 따라 증가된 (+) 값을 모두 나타내었으며, 보온시간이 경과할수록 증가하는 경향이였다. 또한 변온처리

Table 1. Changes in Hunter color index of cooked rice during storage at low temperature

Temp. (°C)	Color index	Storage time (hr)				
		0	6	12	18	24
63	L	66.65	65.87	65.62	66.12	66.08
	a	-3.30	-3.17	-3.36	-3.22	-3.08
	b	+1.62	+1.64	+2.51	+2.86	+3.62
66	L	66.65	66.79	66.41	66.06	66.02
	a	-3.33	-3.26	-3.22	-3.14	-3.10
	b	+1.64	+2.45	+2.51	+2.95	+4.10
69	L	67.21	66.83	65.77	65.86	64.94
	a	-3.42	-3.34	-3.15	-3.37	-3.09
	b	+1.70	+2.41	+2.51	+3.77	+4.20
72	L	67.41	67.03	66.65	66.06	64.69
	a	-3.25	-3.43	-2.92	-3.16	-3.00
	b	+1.71	+2.49	+2.91	+3.63	+4.24
Heat treated	L	66.65	65.52	66.62	65.41	65.03
	a	-3.30	-3.12	-3.05	-3.29	-3.17
	b	+2.50	+2.60	+2.61	+3.28	+4.17

구의 색도중 명도는 72°C보온구보다는 높았고, 63°C 보온구보다는 낮은 경향이었고, 황색도는 명도와는 반대경향이었으나, 크게 유의적인 차이는 알수 없었다. 이 등⁽⁵⁾은 보온시간이 경과함에 따라 명도(L)가 점차 감소하였고, 보온온도가 낮을수록 높은 값을 나타내었으며, 적색도는 모두 (-)값을, 황색도는 모두 (+)값을 나타내었으며, 보온시간이 경과할수록 황색도 값은 증가한다고 보고하였는데 이는 본 결과와도 일치하였다.

텍스처의 변화

Rheometer를 이용한 백미 취반 후 각 보온온도 및 변온에 따른 strength, hardness 및 cohesiveness에 관한 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다. strength는 처음에 63, 66, 69, 72°C 및 변온에서 각각 104.10, 104.50, 103.89, 103.11 및 105.05이었으나, 보온시간이 경과할수록, 온도가 높을수록 유의적인 차이가 없었으나, hardness는 처음에 각각의 온도에서 82.12, 82.44, 81.38, 83.25 및 80.65이었으며, 보온시간이 지날수록, 온도가 높을수록 증가하는 경향이였다. 또한 cohesiveness는

각각의 온도에서 처음에 1.05, 1.06, 1.05, 1.03 및 1.07이었으나, 보온시간이 경과함에 따라 점차 낮은 경향이였으나, 저온정온 및 변온에 따른 유의적인 차이는 없었다. 이와같은 결과는 이 등⁽⁵⁾의 백미밥 보온중 hardness는 보온시간이 지날수록, 온도가 높을수록 증가한다는 보고와는 유사하였지만, 황 등⁽¹¹⁾의 취반백미 보온중 저장기간이 길어질수록 hardness가 감소하며 온도가 낮을수록 더 큰 감소를 나타낸다는 것과는 상이하였는데, 그 이유로는 취반할 때의 쌀 종류, 가수율, 보온온도 및 취반가열법 등에 따라서 약간씩의 차이가 있는 것으로 생각된다.

관능검사

백미 취반후 각 보온온도별 저장중 이취, 황변도, 조직감, 외관 및 종합적인 기호도에 관한 경시적인 관능검사를 실시한 결과는 Fig. 5와 같다. 이취는 보온 66°C에서 6시간 이후부터 나타나기 시작하였고 12시간 이후는 63 및 66°C에서 심하게 나타났으며, 69 및 72°C에서도 나타나기 시작했으나, 변온처리구에서는 거의 없었다. 그후 보온시간이 경과함에 따라 각 시험구에서 이취의 발생이 점점 더 심하게 나타났고, 저온보온중 온도가 높을수록 이취 발생정도가 작은 경향이였으나, 변온처리구에서는 다른 시험구에 비하여 훨씬 적게 발생하였다. 저온보온중 황변은 6시간 이후부터 시간이 경과함에 따라 증가하여 9시간 이후에는 급속하게 증가하였으나, 변온처리구에서는 다른 시험구에 비하여 그 정도가 훨씬 적었다. 저온보온중 조직감도 보온시간이 경과함에 따라 경시적으로 점차 감소하였고, 보온온도별로 큰 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 변온처리구는 저온보온보다 그 정도가 적었으며, 외관도 조직감과 같은 경향이였다. 또한 종합적인 기호도는 이취 때문에 저온보온중 보온온도가 높을수록 좋게 나타났으며, 변온처리구는 이취의 발생정도가 적은 까닭에 저온보온에 비하여 밥맛이 훨씬 좋게 평가되었다. 이 등⁽⁵⁾은 60, 70 및 80°C에서 쌀밥의 보온시 보온시간이 경과함에 따라 갈색화가 심하게 나타나 본 결과와 일치하였으나, 이취의 경우는 온도가 높을수록 강하게 나타난다고하여 본 결과와는 조금 상이하였으나, 이는 실험온도 차이에 따른 것으로 생각된다. 황변도는 보온시간이 경과함에 따라, 보온온도가 높을수록 높게 나타났고, 외관은 보온온도가 높을수록, 시간이 경과할수록 좋지 못하게 나타났다. 종합적인 기호도는 저온보온할 때가 더 좋게 나타났다고 보고하여 본 결과와 일치하지 못하였으나, 본 결과에서는 실험구가 모두 저온보온간의 비교였고,

Table 2. Changes in texture of cooked rice during storage at low temperature

Temp. (°C)	Storage time (hr)	Strength (10 dyne/cm ²)	Hardness (10 dyne/cm ²)	Cohesiveness
63	0	104.10	82.12	1.05
	6	105.59	81.59	1.06
	12	104.90	82.17	0.88
	18	105.88	82.90	0.88
	24	105.22	82.96	0.84
66	0	104.50	82.44	1.06
	6	105.27	82.63	1.02
	12	105.30	82.51	1.02
	18	104.21	82.35	0.85
	24	105.98	83.21	0.84
69	0	103.89	81.38	1.05
	6	104.21	81.56	1.04
	12	103.33	83.21	1.03
	18	105.57	82.80	0.92
	24	106.10	83.11	0.82
72	0	103.11	83.25	1.03
	6	102.90	83.21	1.02
	12	104.72	84.33	0.91
	18	104.82	84.92	0.88
	24	106.12	85.10	0.82
Heat treated	0	105.05	80.65	1.07
	6	104.23	80.88	1.05
	12	105.11	81.35	1.03
	18	106.14	81.37	1.02
	24	106.10	82.12	0.94

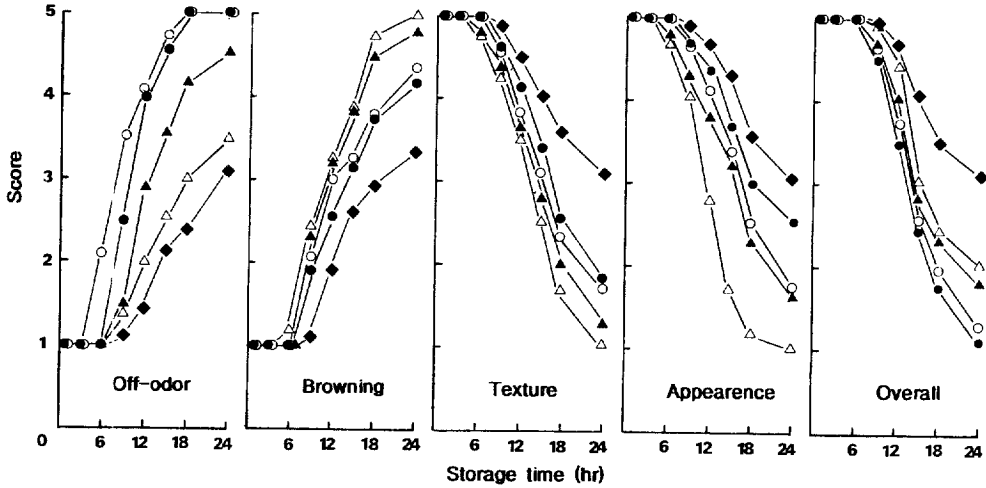


Fig. 5. Changes in sensory properties of cooked rice during storage at low temperature.

24시간까지 보존하여 이취의 생성이 주도적으로 작용한 것 때문으로 생각된다.

요 약

취반후 저온보온(63, 66, 69, 72°C) 및 변온에 따른 쌀밥의 이화학적 특성을 측정하였다. 보온시간이 경과할수록 모든 시험구에서 고온성 세균이 증식하기 시작하여 6시간째부터 균수가 급속하게 증가하였고, 저온보온중 보온온도가 낮을수록 세균의 증식속도가 더 빨랐으며, 대체로 보온 18시간 부근에서 평균수가 최대로 되는 경향이였다. 또한 고온성 세균수가 보온 6시간때에 10⁶ CFU/g이었던 것이 1차 열충격 후 보온 8시간째에는 10⁵ CFU/g이하로 줄어들었으나, 그 이후에 점차 증가하였고, 이를 다시 보온 6시간 이후에 2차 열충격을 한 결과 24시간 보온 때까지 이취를 생성하는 것으로 추측되는 균수 이하로 고온성 균의 성장을 억제하여 이취의 생성을 방지할 수 있었다. 변온 보온중 수분함량은 63°C보온보다는 낮게 나타났으나, 72°C보온보다는 높게 나타났고, 명도(L)는 변온보온 시가 72°C보온시보다 높았고, 63°C보다는 낮았으며, 황색도(b)는 명도와 반대경향이였다. 밥의 보온중 텍스처는 보온온도 및 변온에 따라 유의적인 변화는 없었으며, 관능검사서서 변온보온은 저온보온에 비하여 이취 발생 및 황변도가 억제되었으며, 조직감 및 종합적인 기호도가 더 좋게 평가되었다.

문 헌

1. 檜作 進: 炊飯とでんぷんの老化. 調理科學, 3(4), 225 (1970)
2. 박석규, 고용덕, 최옥자, 손미예, 서권일: 압력 취반 백미의 전기밥솥 보온중 노화도의 변화. 한국식품과학회지, 29(4), 705(1997)
3. 박석규: 압력밥솥의 보온 및 취반조건에 따른 식미의 변화. LG전자 산학협력 보고서, (1995)
4. 박석규: 밥의 보온중 이취 및 변색의 원인분석에 따른 대책연구. LG전자 산학협력 보고서, (1996)
5. 이영주, 민봉기, 신명곤, 성내경, 김광옥: 전기보온밥솥으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성. 한국식품과학회지, 25(5), 487 (1993)
6. 박석규, 성치남, 고용덕, 이상원, 조용운: 쌀밥 보온중 이상취 발생 원인 미생물의 분리 및 동정. 한국식품영양과학회 제40차 학술발표회초록 (1996)
7. Summer, J.B.: Dinitrosalicylic method for glucose. *J. Biol. Chem.*, 60, 393 (1925)
8. Association of Official Analytical Chemists: *Official Method of Analysis*, 15th ed., Washington D.C. (1990)
9. 유태종, 심우만, 조상준: 식품미생물학, 문운당, 서울, p.280 (1986)
10. 민봉기, 홍성희, 신명곤, 정진: 밥의 압출시험에 의한 취반가수량 결정에 관한 연구. 한국식품과학회지, 26(1), 98 (1994)
11. 황진신, 김중곤, 변명우, 장학길, 김우정: 쌀품종에 따른 쌀밥의 물리적 및 관능적 특성 연구. 쌀밥의 저장이 텍스처에 미치는 영향. 한국농화학회지, 30(2), 118 (1987)

(1997년 2월 13일 접수)