

압력 취반 백미의 전기밥솥 보온중 노화도의 변화

박석규 · 고용덕* · 최옥자 · 손미에** · 서권일***
순천대학교 식품영양학과, *LG전자 리빙시스템 연구소,
경상대학교 식품영양학과, *동국전문대 전통발효식품과

Changes in Retrogradation Degree of Nonwaxy Rice Cooked at Different Pressure and Stored in Electric Rice Cooker

Seok-Kyu Park, Yong-Duck Ko*, Ok-Ja Choi, Mi-Yae Shon** and Kwon-Il Seo***

Department of Food and Nutrition, Suncheon National University

**Living System Research Laboratory, LG Co.*

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

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

Abstract

Changes in retrogradation degree of nonwaxy milled rice cooked at different pressure and stored in electric rice cooker at 74°C were investigated. The moisture contents of nonwaxy milled rice cooked at 1.0~1.9 atm and 1.2~1.5 water/rice ratio were 59.9~64.3%. When nonwaxy milled rice was cooked at high pressure, X-ray diffraction patterns of cooked rice exhibited the V-type having nearly no crystallinity. Retrogradation peak of cooked rice from DSC thermogram was observed in the temperature range of 41.9~62.4°C and was not appeared in cooked rice above 1.5 atm. During storage at cooker for 24 hr, retrogradation enthalpy of cooked rice was increased and retrogradation peak was not appeared above 1.7 atm. In cooking and storage of cooked rice, retrogradation degree measured by α -amylase-iodine method in high pressure gelatinized samples was lower than that in low pressure gelatinized ones.

Key words: pressure cooker, storage of nonwaxy cooked rice, retrogradation

서 론

쌀은 약 70~80%가 전분이기 때문에 가열에 의하여 호화되어 소화되기 쉬운 상태로 섭취되고 있다. 전분의 호화는 많은 물을 넣고 가열하는 것이 효과적이거나, 잘 지어진 밥은 유리된 수분이 없고 밥알의 내부까지 충분히 호화되어야 하므로 취반에 어려움이 있다. 밥의 식미는 쌀의 종류 및 품질이 같은 경우 가수량, 수침시간, 가열방법 등에 많은 영향을 받으며⁽¹⁾, 특히 가수량은 쌀의 수분함량, 취반기의 종류, 가족의 기호도 및 밥의 용도 등에 따라 다르고, 밥의 저장시 식미에도 영향을 미친다⁽²⁾. 최근 산업화와 생활의 간소화로 밥, 떡과 같은 전분질 식품의 상품화와 인스탄트화가 요구되고 있고, 전기보온밥솥의 사용으로 1일 1회 취반하는

인구가 늘어나고 있는데, 밥의 보온 중 나타나는 맛의 저하, texture의 저하, 소화율의 감소 등 품질이 저하되는 여러 가지 문제점이 나타나고 있다. 이러한 식미저하의 주된 원인은 노화라고 알려져 있는데 지금까지 노화의 기전, 억제방법 및 측정법은 명확하지 않다.

쌀밥의 노화에 대한 연구로는 쌀의 아밀로오스 함량이 높을수록 노화는 촉진되었고, 당알코올, 효소, 유화제, 천연발효 추출물 등을 첨가했을 때 노화가 억제되는 효과가 나타났다⁽³⁾. 쌀 중에 함유된 지질을 제거하거나, 재첨가하였을 때는 원래의 상태보다 노화가 억제된다고 하였다⁽⁴⁾. 櫛作⁽⁵⁾은 예비수침, 쌀의 외피에 존재하는 무기질 성분, 가열속도, 가열시간, 뜸들이는 시간, 밥의 보온시 온도와 수분이 노화에 크게 영향을 미친다고 하였다. 노화의 기전에 대한 최근의 연구에서 Levine 등⁽⁶⁾은 전분의 노화를 전분분자가 호화된 무정형 상태에서 시간과 온도와 수분 등의 요인에 의존하여 전분분자의 재결정화가 진행되는 비평형 고분자

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

재결정화 과정(non-equilibrium polymer recrystallization)으로 설명하였고, 수분함량이 보온온도에 따른 노화도를 결정하는데 중요한 요인이라고 보고한 바 있다. 그러나 요즈음 가정에서 전기보온밥솥을 많이 사용하고 있으나, 보온에 따른 쌀밥의 품질변화에 대한 연구는 몇편의 보고가 있을 뿐이다^(7,8).

따라서 본 연구에서는 취반방법이 다른 밥의 보온 중에 나타나는 노화특성을 검토하기 위하여, 압력이 각각 다른 솥에서 밥을 취반한 후 전기보온밥솥에 보온하면서 노화특성의 경시적인 변화를 X-ray, DSC 및 효소법을 통하여 검토하였다.

재료 및 방법

시료

쌀(동진벼, 일반미) 600 g을 수세하여 1.0, 1.1, 1.3, 1.5, 1.7 및 1.9기압의 가스 압력솥(LG전자 제작)에 넣고, 각각 최적 가수율인 1.5, 1.4, 1.4, 1.35, 1.2 및 1.2배의 물을 가하였다. 적절한 열량을 맞추기 위하여 강불에서 5분, 중불에서 4~7분, 약불에서 5~8분으로 다르게 가열한 다음, 뜸들이기 10분으로 취반하여 전기보온밥솥(LG전자, RJ-NF 180F)에서 75°C로 보온하였다. 보온 0, 6, 12, 24시간 째에 밥을 각각 취하여 4배 정도의 무수 에탄올을 즉시 가하고 막자사발에서 마쇄하여 탈수가 균일하게 되도록 한 후, 감압여과하여 실온에서 건조시킨 다음 마쇄하여 100 mesh를 통과시켜서 시료로 하였다.

수분함량의 측정

각 조건에서 취반한 밥의 수분함량은 상압 건조법⁽⁹⁾에 의하여 측정하였다.

X-ray 회절도에 의한 결정도

각 시료는 데시케이터에 보관하여 수분함량을 일정하게 한 후, X-ray diffractometer (D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여, target : Cu-K α , filter : Ni, voltage : 40kv, current : 20 mA, time constant : 1 sec, F. S.R.: 1 \times 10³ cp 조건에서 회절각도(2 θ) 4~40°까지 회절시켜 분석하였다.

시차주사열량기에 의한 노화도 측정

시차주사열량기(DSC, V4.0B Dupont 2,000)에 의한 노화도는 Krog 등⁽¹⁰⁾의 방법에 따라 측정하였다. 알루미늄팬에 시료와 물의 비율이 1:2가 되게 10 mg정도 시료를 취하고 밀봉하여 5시간 실온에 방치한 후,

20°C에서 120°C까지 10°C/min으로 가열하였으며 reference로는 empty pan을 이용하였다. 40°C에서 70°C까지의 온도범위에서 노화된 전분의 endothermic peak를 얻었고, 이를 이용하여 초기온도(T_i), 종료온도(T_f) 및 엔탈피(ΔH)를 구하였다.

α -Amylase-iodine법에 의한 노화도 측정

α -Amylase-iodine법에 의한 노화도는 Tsuge 등⁽¹¹⁾의 방법을 변형하여 측정하였다. 증류수 50 mL에 시료 250 mg을 가하고 균질기(Bio homogenizer M 133/1281-0, ESGE, Switzerland)를 이용하여 3분간 균질화한 뒤 균질화된 시료용액 5 mL에 증류수 3 mL, 0.1 M 인산완충용액(pH 6.0, 0.3% NaCl) 2 mL와 α -amylase (E.C. 3.2.1.1., type II-A, *Bacillus* sp., 1,400 unit/mg solid, Sigma Co., U.S.A.) 용액 2 mL (7 unit)를 넣은 후 37°C 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 여기에 4 N NaOH 5 mL를 첨가하여 효소반응을 정지시킨 다음 4 N HCl을 첨가하여 용액을 중성으로 만든 후 100 mL로 하였다. 그 중 10 mL를 취하여 요오드용액(0.2% I₂-2% KI, w/v) 5 mL를 넣고 반응시킨 다음 100 mL로 하여 실온에서 20분간 방치한 후 625 nm에서 흡광도를 측정하여 다음식에 의하여 노화도를 계산하였다. a, b 및 c는 각각 전체 밥의 분획 흡광도, 효소로 반응시킨 밥의 분획 흡광도 및 효소에 의해 완전히 분해된 밥의 분획 흡광도를 나타낸다.

$$\text{노화도}(\%) = 100 - \{(a-b)/(a-c) \times 100\}$$

결과 및 고찰

밥의 밥솥 보온중 수분함량의 변화

쌀 600 g을 1.0~1.9기압의 압력솥에서 각각의 최적 가수율인 1.5~1.2배의 가수량으로 취반하였을 때 밥의 수분함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 밥맛을 좌우하는 중요한 인자인 가수량은 쌀의 품종, 수분함량, 저장기간 및 취반기구 등에 따라 달라지며 가수량의 증가에 따라 밥의 수분함량이 증가하고 정도는 저하하며 점도는 커져 밥의 물리적인 특성에 영향을 미치게 된다⁽²⁾. 또한 전분질 식품의 수분함량은 노화에 매우 큰 영향을 주며 50~60% 수분함량에서 최대의 결정성이 나타나고, 노화정도는 호화 중의 수분함량이 아니라 노화과정 중에 함유된 물에 의해 조절된다고 하였다⁽¹²⁾. 1.0~1.9기압의 압력솥에서 1.2~1.5배의 가수량으로 취반하였을 때 밥의 수분함량은 59.9~64.3%로 나타났고, 가수량이 많을수록 솥의 압력 크기에 관계

Table 1. Changes in water content (%) of nonwaxy rice cooked at different pressure and stored for 24 hr at electric rice cooker

| Pressure (atm) | Water/rice ratio | Stored time (hr) | | | |
|----------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 6 | 12 | 24 |
| 1.0 | 1.50 | 64.33 | 63.29 | 63.00 | 62.93 |
| 1.1 | 1.40 | 63.70 | 63.02 | 62.49 | 62.32 |
| 1.3 | 1.40 | 63.78 | 62.94 | 62.32 | 62.05 |
| 1.5 | 1.35 | 62.83 | 62.35 | 62.02 | 62.13 |
| 1.7 | 1.20 | 59.89 | 59.12 | 59.50 | 58.84 |
| 1.9 | 1.20 | 59.95 | 59.27 | 58.71 | 58.26 |

없이 밥의 수분함량은 약간 높게 나타났다.

전기보온밥솥의 밥 보온중 수분함량은 보온시간이 경과함에 따라 점점 감소하였고, 변화의 정도는 상압솥에서는 6시간 째에 수분함량의 감소가 큰데 비하여 압력솥의 밥은 수분함량이 고르게 감소하였다. 그러나 보온중의 수분함량 변화는 1~2% 범위로 노화에 크게 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

X-ray 회절도

상압솥과 각 압력솥에서 취반하여 24시간 밥을 보온하면서 경시적으로 관찰한 밥의 X-ray 회절도는 Fig. 1, 2와 같다. 쌀이 호화되어 밥이 되면 결정성의 영역이 무정형으로 변화되기 때문에 X-ray peak가 소실되며, 아밀로오스와 지방질의 결합에 의해 형성된 복합체의 V도형 회절선이 나타난다. 상압솥, 1.1 및 1.3기압 압력솥에서 취반한 밥의 X-ray 회절도는 12.9°, 19.6°에서 약한 회절선을 나타내는 V도형을 나타내었

고, 1.5 기압 이상의 압력솥에서 취반한 밥은 결정성이 거의 없는 V도형을 나타내었다. 상압솥 및 압력이

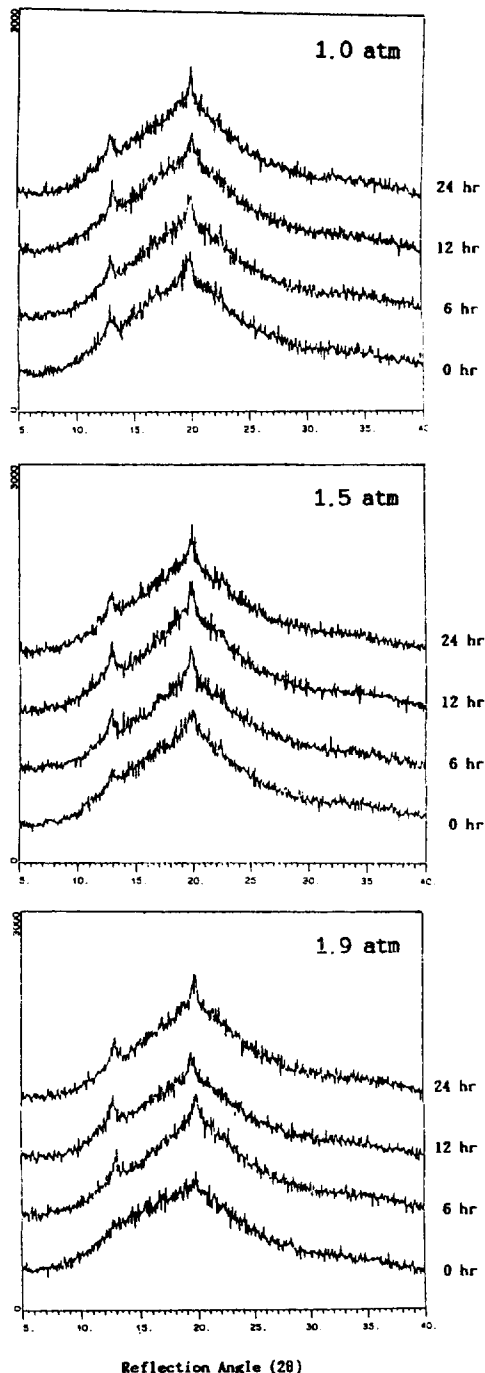


Fig. 2. Changes in X-ray diffraction patterns of non-waxy rice cooked at different pressure and stored for 24 h at electric rice cooker.

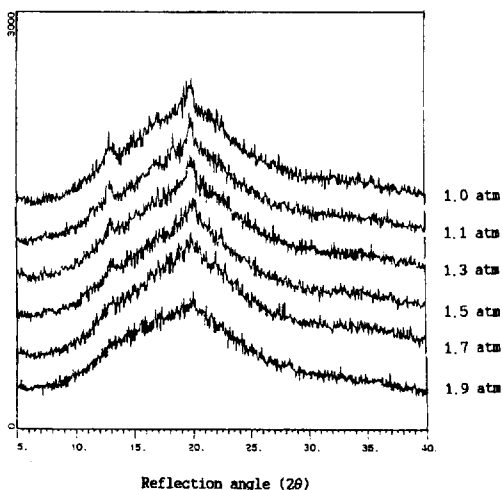


Fig. 1. Changes in X-ray diffraction patterns of non-waxy rice cooked at different pressure.

낮은 솥에서 취반한 경우 약한 peak가 나타나는 것은 쌀에 들어 있는 섬유질 등 다른 성분이 전분의 호화를 억제하였을 것으로 생각되나, 松本⁽¹³⁾은 시료 제조시 알코올로 탈수하는 과정에서 아밀로오스-알코올의 복합체가 형성되어 호화 직후에도 X-ray 회절선이 완전한 V도형으로 나타나지 않는다고 보고한 바 있다. 전기보온밥솥에 보온한 밥은 시간이 경과함에 따라 모든 시료구에서 6시간 째에 회절각도 12.9°, 19.6°에서 peak가 분명하게 나타났으며, 그 이후 회절선 peak의 차이가 거의 나타나지 않았다. 노화는 온도와 수분함량에 주로 영향을 받게 되는데, 밥의 경우 수분이 약 60% 정도로 노화에 충분한 수분함량을 지니나 전기보온밥솥의 온도가 74°C정도의 고온으로 유지되기 때문에 X-ray회절도상에서는 전기보온밥솥 보온시에 노화가 거의 나타나지 않는다고 생각된다.

시차주사열량기에 의한 노화도

상압과 각각의 압력솥에서 취반하여 보온밥솥에

24시간 밥을 보관하면서 경시적으로 관찰한 밥의 DSC thermogram의 특성치는 Table 2와 같다. 밥의 endothermic peak 개시온도는 41.9~47.0°C에 걸쳐 있고 종료온도는 58.2~62.4°C로 나타나 41.9~62.4°C의 범위에서 노화peak가 나타난다고 할 수 있다. Normand 등⁽¹⁴⁾은 50% 수분함량을 지닌 밀을 4, 20°C에서 2일 저장하였을 때 노화 peak가 40~60°C 범위에서 나타났다고 하였고, 여러 전분이나 곡류를 노화시켰을 때 나타나는 노화 peak 온도 범위도 본 결과와 비슷하였다. 노화의 정도를 나타내는 엔탈피는 상압솥에서 취반한 밥의 엔탈피가 0.09 cal/g으로 가장 높았고, 1.5 기압 이상의 압력솥에서 취반한 경우에는 peak가 나타나지 않았다. 위의 결과로 보아 고압의 압력솥에서 취반한 경우 호화가 충분히 되어 노화가 거의 일어나지 않는다고 생각되며 상압근처의 압력솥에서 취반한 경우 취반 직후에도 약간의 결정성을 가지고 있으나 전기보온밥솥의 보온 중에는 거의 노화가 일어나지 않는다고 할 수 있다.

Table 2. Degree of retrogradation of nonwaxy rice cooked at different pressure and stored for 24 hr at electric rice cooker by DSC method

| Stored time | Pressure (atm) | T _o ¹⁾ (°C) | T _c ²⁾ (°C) | ΔH ³⁾ (cal/g) |
|-------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 0 | 1.0 | 45.1 | 61.0 | 0.09 |
| | 1.1 | 45.5 | 61.4 | 0.04 |
| | 1.3 | 45.6 | 62.4 | 0.02 |
| | 1.5 | - ⁴⁾ | - | - |
| | 1.7 | - | - | - |
| | 1.9 | - | - | - |
| 6 | 1.0 | 41.9 | 61.8 | 0.12 |
| | 1.1 | 43.2 | 58.2 | 0.07 |
| | 1.3 | 42.1 | 61.3 | 0.04 |
| | 1.5 | 45.6 | 61.6 | 0.06 |
| | 1.7 | - | - | - |
| | 1.9 | - | - | - |
| 12 | 1.0 | 47.0 | 61.4 | 0.12 |
| | 1.1 | 46.9 | 61.0 | 0.07 |
| | 1.3 | 42.1 | 61.4 | 0.04 |
| | 1.5 | 45.8 | 61.4 | 0.04 |
| | 1.7 | - | - | - |
| | 1.9 | - | - | - |
| 24 | 1.0 | 45.1 | 60.8 | 0.13 |
| | 1.1 | 45.2 | 61.6 | 0.09 |
| | 1.3 | 45.7 | 61.4 | 0.09 |
| | 1.5 | 43.5 | 59.0 | 0.07 |
| | 1.7 | - | - | - |
| | 1.9 | - | - | - |

¹⁾T_o: Onset temperature.

²⁾T_c: Conclusion temperature.

³⁾ΔH: Enthalpy.

⁴⁾-: The endothermic peak was not detected.

α-Amylase-iodine법에 의한 노화도

상압 및 여러 가지 압력의 압력솥에서 밥을 취반하여 전기보온밥솥에 24시간 밥을 보온하면서 α-amylase-iodine법에 의해 측정된 노화도는 Table 3과 같다. 상압솥에서 취반한 밥의 노화도는 5.25%, 1.9기압 압력솥에서 취반한 밥은 0%로 나타나 고압의 압력솥에서 취반한 밥일수록 노화도는 낮게 나타났다. 김⁽²⁾은 가수량을 1.4배로 하여 압력솥과 전기솥에서 취반한 후 α-amylase-iodine법에 의하여 측정된 노화도는 각각 3.31, 6.04%이었으며, 또한 24시간 동안 실온에 방치한 후의 노화도는 각각 11.50, 16.25%라고 하여 전기보온밥솥에서 보온한 경우 실온에서 보다 노화가 훨씬 억제된다고 하였다. 전기보온밥솥에 밥을 보온하였을 때 시간이 경과함에 따라 노화도는 점점 증가하였고, 상압솥에서 취반하였을 때 보다 고압의 압력

Table 3. Degree of retrogradation (%) of nonwaxy rice cooked at different pressure and stored for 24 hr at electric rice cooker by α-amylase-iodine method

| Pressure (atm) | Water/rice ratio | Stored time (hr) | | | |
|----------------|------------------|------------------|------|------|------|
| | | 0 | 6 | 12 | 24 |
| 1.0 | 1.50 | 5.25 | 8.02 | 9.43 | 9.75 |
| 1.1 | 1.40 | 3.80 | 6.63 | 8.25 | 8.36 |
| 1.3 | 1.40 | 3.17 | 6.00 | 7.33 | 8.05 |
| 1.5 | 1.35 | 2.25 | 5.22 | 6.17 | 6.96 |
| 1.7 | 1.20 | 1.04 | 3.94 | 4.35 | 4.70 |
| 1.9 | 1.20 | 0.00 | 2.48 | 3.16 | 4.01 |

솔에서 취반한 밥일수록 앞의 다른 실험결과와 미찬가지로 노화도는 낮게 나타났다. 1.0~1.9기압 솔에서 취반한 밥을 전기보온밥솔에 보온하였을 때 6시간 경과한 경우 밥의 노화도는 2.48~8.02%, 12시간에는 3.16~9.43%, 24시간에는 4.01~9.75%정도의 노화도를 나타내었다. 김 등⁽¹⁵⁾은 쌀밥의 노화속도는 실온보온하였을 때가 고온보온하였을 때 보다 노화속도가 1.5배 빠르다고 하였다. 이와같이 밥의 노화를 측정하는 방법은 다양하며 각각의 특성을 지니므로 결과가 꼭 일치한다고 할 수는 없으나, X-ray회절법, DSC법, α -amylase-iodine법 등으로 노화특성을 측정하였을 때 X-ray회절법은 일반적으로 시료 제조시 알코올로 탈수하는 과정에서 알코올과 아밀로오스 복합체가 형성되어 회절선에 영향을 주는 단점이 있다. DSC법과 α -amylase-iodine법은 노화도를 측정하는 방법으로 주로 사용되고 있는데, DSC법의 경우 1.5기압 이상의 압력솔에서 취반한 밥은 노화 엔탈피가 뚜렷하게 나타나지 않아 비교가 어려웠다. 김⁽¹⁶⁾도 DSC법에 의해 노화도를 측정할 경우 엔탈피 값이 뚜렷하지 않다고 하였다. 본 실험결과로 보았을 때 노화도를 측정하는데 α -amylase-iodine법이 측정방법은 복잡하나 실험결과는 좋다고 생각되며, 밥을 고온보온하는 경우는 노화가 거의 일어나지 않으며, 특히 압력솔에서 취반한 밥은 덜 영향을 받는다고 생각된다.

요 약

압력이 각각 다른 솔에서 취반한 밥의 전기밥솔 보온중 일어나는 노화 특성을 실험한 결과, 1.0~1.9기압의 압력솔에서 1.2~1.5배의 가수량으로 취반하였을 때 밥의 수분함량은 59.9~64.3%로 나타났다. 압력이 높은 솔에서 취반한 밥일수록 X-ray 회절도상에서 결정성이 거의 없는 V도형을 나타내었다. DSC에 의하여 측정했을 때 41.9~62.4°C의 범위에서 노화peak가 나타났고, 1.5기압 이상에서 취반한 경우는 peak가 나타나지 않았다. 또한 보온시간이 길어질수록 노화엔탈피는 증가하였으나, 1.7기압 이상에서 취반한 경우는 peak가 나타나지 않았다. α -amylase-iodine법에 의한

취반지후나 보온중 밥의 노화도는 고압의 압력솔에서 취반할수록 낮게 나타났다.

문 헌

1. Seki, C. and Kainuma, Y.: A study of the rice cooking. (Part 2) Soaking time as a factor controlling rice cooking. *J. Home Economics Jpn.*, **35**(5), 228 (1982)
2. 김수경: 취반조건이 밥의 노화에 미치는 영향. 전남대학교 박사 학위논문 (1994)
3. 松永暁子: 米飯の老化に關する基礎的研究 - アミロース含量および添加物か米飯の老化にえる影響. 食に關する助成研究調査報告書, No. 4, 87 (1991)
4. Hibi, Y., Kitamura, S. and Kuge, T.: Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice. *Cereal Chem.*, **67**(1), 7 (1990)
5. 檜作 進: 炊飯とでんぷんの老化. *調理科學*, **3**(4), 225 (1970)
6. Levine, H. and Slade, L.: Water as a plasticizer (Physicochemical aspects of low-moisture polymeric system). Cambridge University Press, Vol. 3, p.79, (1987)
7. 이영주, 민봉기, 신명곤, 성내경, 김광옥: 전기보온 밥솔으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성. *한국식품과학회지*, **25**(5), 487 (1993)
8. 민봉기: 취반조건이 밥의 조직감에 미치는 영향. 서울대학교 박사 학위논문 (1993)
9. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.254 (1990)
10. Krog, N., Olesen, S.K., Toernaes, H. and Joensson, T.: Retrogradation of the starch fraction in wheat bread. *Cereal Foods World*, **34**, 281 (1989)
11. Tsuge, H., Tatsumi, E., Ohtani, N. and Nakazima, A.: Screening of α -amylase suitable for evaluating the degree of starch retrogradation. *Starch*, **44**, 29 (1992)
12. Zeleznak, K.J. and Hosney, R.C.: The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.*, **63**, 407 (1986)
13. 松本幸雄: 食品の物性, (第3集) デンプンの構造と物性. 食品資材研究會刊 p.109 (1977)
14. Normand, F.L. and Marshall, W.E.: Differential scanning calorimetry of whole grain milled rice and milled rice flour. *Cereal Chem.*, **66**, 37 (1989)
15. 김성곤, 변유량: 실온 및 고온저장시 쌀밥의 노화속도. *한국식품과학회지*, **14**, 80 (1982)
16. 김정옥: 저장온도와 수분함량이 쌀전분겔의 노화에 미치는 영향. 전남대학교 석사 학위논문 (1994)

(1997년 1월 31일 접수)