

첨가물에 따른 저장 쌀밥의 텍스처 특성

김명환* · 이상규¹ · 김성곤²

단국대학교 식품공학과, ¹국방과학연구소, ²단국대학교 식품영양학과

초 록 : 자당 지방산 에스테르(sucrose fatty acid ester, SE, 0~0.5%, w/w) 또는 이소말토올리고당 (isomaltooligosaccharide, OS, 0~1.0%, w/w) 첨가가 취반 후 20°C 저장(0~12hr)중 동진벼 쌀밥의 조직감에 미치는 영향을 경도(H), 끈기(-H), 끈기 대 경도의 비(-H/H) 및 탄성회복도(b/a)로써 조사하였다. 저장시간이 길어짐에 따라 저장 쌀밥의 H는 감소하였고, 대조구 보다 SE를 첨가한 쌀밥은 전반적으로 낮은 경도값을 보였으며 OS를 첨가한 쌀밥은 8시간 저장 이후에 낮게 나타났다. 쌀밥의 -H 변화는 저장시간이 길어짐에 따라 첨가물의 농도에 관계없이 증가하였으며 SE를 첨가한 경우 저장초기에는 대조구에 비하여 작게 나타났으나 12시간 후에는 비슷하게 나타났다. OS를 첨가한 경우는 저장초기에 대조구와 비슷한 증가를 보였으나 저장말기에는 높게 나타났다. 저장시간에 따른 쌀밥의 -H/H 변화는 -H 변화와 같은 경향을 나타내었으며 쌀밥의 조직감이 가장 좋다는 -H/H값이 0.15~0.20의 구간에 들어가는 것은 대조구나 첨가물군 모두 10시간이 지난 후였다. b/a는 첨가물의 농도에 관계없이 저장시간이 길어짐에 따라 감소하였으며 대조구와 큰 차이는 나타나지 않았다. 4°C에서 15일간 저장 후 H는 대조구인 경우 5.83 kg인 반면 SE의 농도가 0.25 및 0.5%에서는 각각 5.58 및 5.43 kg로 나타났으며 OS의 경우 0.5%와 1.0% 농도에서 각각 5.73과 5.74 kg이었다.(1997년 7월 15일 접수, 1997년 8월 26일 수리)

서 론

쌀밥 저장중 텍스처 변화의 주 요인은 노화현상이며,¹⁾ 빵의 경우 20°C 온도에서 7일간 저장하였을 때 저장 초기의 단단함(firmness)보다 7~8배의 증가를 나타낸다.²⁾ 전분을 많이 함유한 식품의 노화속도는 전분을 구성하는 아밀로오스나 아밀로펙틴의 비율과 구조, 수분함량, 저장온도, pH 및 당, 산, 염, 지방질이나 계면활성제 등의 첨가물질들에 의하여 영향을 받는다.³⁾

Miura 등⁴⁾은 첨가물을 이용한 노화억제 연구로서 당을 첨가시킴으로써 탈수작용이 일어나 전분의 유효 수분 함량이 감소되어 노화를 억제할 수 있으며 30%의 멍쌀 전분 겔에 6% 폴리올(polyol)을 넣었을 때 전분 노화가 억제되었다고 하였다. 당에 따라 노화억제효과가 다른데 감자전분에서는 글루코오스와 슈크로오스는 효과적이지 못하나 프럭토오스는 노화억제효과가 크다.⁵⁾ 밀전분은 리보오스, 슈크로오스, 글루코오스 순으로 노화억제효과가 있다.⁶⁾ 아세트산을 쌀밥무게의 4.2%(v/w)농도로 첨가함으로써 저장중 단단함의 증가를 억제할 수 있으며⁷⁾ 인산염(polyphosphate)을 쌀 무게의 0.3%(v/w)첨가하였을 때 쌀밥의 노화속도는 늦어진다.⁸⁾ 동부콩 전분겔의 경우에는 염을 첨가시 저장시간이 지남에 따라 단단함이 직선적으로 감소한다.⁹⁾ 지방질과 전분의 상호작용에 의한 노화억제 작용으로서 지방질과 아밀로오스가 복합체를 형성할 뿐만 아니라 아밀로펙틴과도 지방질 복합체를 이루며, 전분의 노화 초기 과정에서 지방질의 효과에 관한 연구로 탈지한 쌀이나 전분이 탈지

하지 않은 것에 비하여 β형 결정형을 나타낸다.¹⁰⁾ 50%(w/w) 쌀가루 현탁액에 자당 지방산 에스테르와 이소말토올리고당을 각각 2%(w/w)와 5%(w/w) 첨가시 20°C에서 6일간 저장 후 대조구에 비하여 노화도를 각각 50%와 70% 억제시켰다.^{11,12)}

본 연구에서는 전분 노화를 억제시키는 첨가물인 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당을 침지공정중 첨가시켰을 때 취반 후 첨가물의 농도와 저장시간에 따른 쌀밥의 텍스처 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 쌀은 1995년 수확한 동진벼(*Oryza sativa L.*)로서 이물질과 채미를 제거한 다음 각 쌀알들의 수분함량을 같게 하기 위하여 실온에서 24시간 방치한 후 평균 수분함량 14.3%(건량기준)인 쌀을 시료로 사용하였다.

첨가물 유효농도 및 취반

침지 공정으로 쌀16g(±0.017)을 100 ml 나사마개(screw cap)병에 담고 가수율을 1.40(v/w)으로한 후 쌀무게비의 0.25 및 0.5%(w/w)의 자당 지방산 에스테르(sucrose fatty acid ester) 또는 0.5 및 1.0%(w/w)의 이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide)을 첨가시킨 다음 뚜껑을 닫고 실온(22°C)에서 30분간 침지시켰다. 이때 첨가물의 유효첨가 농도의 범위는 관능검사로써 외관과 식미에 있어서 대조

구와 5%내에서 유의성의 차이가 나타나지 않는 농도 범위로 결정하였다. 시료로는 자당 지방산 에스테르와 이소말토올리고당의 농도를 각각 쌀무게의 0.25, 0.5, 0.75, 1.0%(w/w)로 하였으며 10명의 훈련된 패널요원으로 삼점검사법을 사용하여 2회 반복실험을 하였다.¹³⁾

취반 공정은 미리 가열된 직경 30 cm, 높이 25 cm의 찜 통속에서 수증기를 이용하여 30분간 취반한 다음 가열을 중단하고 10분간 뜸을 들었다.¹⁴⁾

저장

취반공정을 마친 다음 Mossman 등¹⁴⁾의 방법으로 나사마개 병을 거꾸로 세워 biological oxygen demand(BOD)배양기에 넣은 다음 20°C에서 0~12시간 저장하였다. 저온에서 장시간 저장으로는 4°C의 저온고 (cold chamber)에서 15일간 저장하였다.

텍스처 측정

취반된 저장 쌀밥의 텍스처 측정은 Okabe¹⁵⁾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 비를 (-H/H)를 구하였다. 탄성회복도 (elastic recovery)는 두번째 압축시 쌀밥의 변형된 길이(b)와 첫 번째 압축시 변형된 길이(a)의 비(b/a)로 나타내었다.

측정중 시료의 변화를 최소화하기 위하여 Mossman 등¹⁴⁾의 방법으로 실온(22°C)에서 비이커를 거꾸로 세워 30분간 방치시킨 후 나사마개 병 중앙 부분의 밥을 발채하여 측정하였다. 20°C와 4°C의 저장 실험에서는 일정한 시간이 지난 다음 시료를 각각 BOD 배양기와 저온고에서 꺼내어 역시 30분간 실온에서 방치시킨 후 중앙 부분의 쌀밥을 측정하였다. 시료별 측정 회수는 10회였다. Rheometer의 조작조건은 최대힘을 10 kg로 하고, table speed는 30 mm/min, chart speed는 120 mm/min, clearance는 0.3 mm, probe의 직경은 20 mm이었다.

결과 및 고찰

쌀밥의 경도

첨가물의 유효농도 결정은 관능검사를 통하여 외관과 식미에 있어서 대조구와 5% 내에서 유의성 차이가 나타나지 않는 농도 범위로 자당 지방산 에스테르는 0.5%이었으며 이소말토올리고당의 경우에는 1.0% 이었다. 자당 지방산 에스테르 (0~0.5%, w/w) 또는 이소말토올리고당(0~1.0%, w/w) 첨가가 취반 후 20°C에서 0~12시간 저장중 쌀밥의 경도 (hardness, H)에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 1 과 같다. 취반 후 쌀밥의 평균 수분함량은 63.41% (습량기준)이었다. 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 농도에 관계없이 20°C의 저장온도에서 저장초기 8시간까지 급속한 감소를 나타내었으며 그 이후에는 완만한 감소를 보였다.

문 등¹¹⁾은 50%(w/w) 쌀가루 현탁액을 20°C에서 12시간

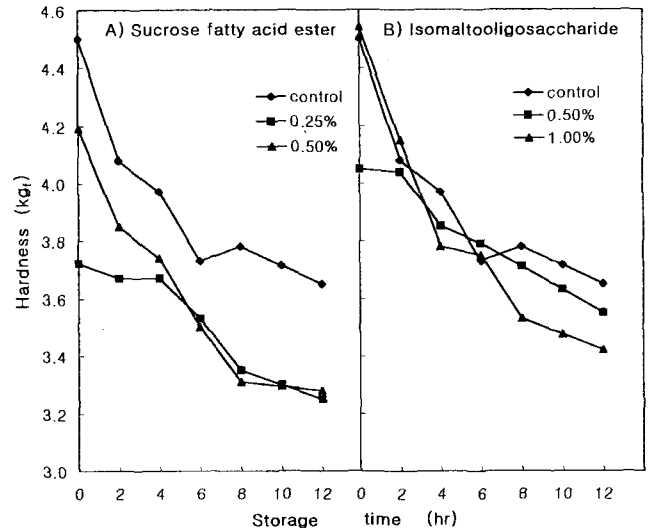


Fig. 1. Hardness of cooked rice as a function of storage time and additive concentration.

저장시 자당 지방산 에스테르를 0.5% 첨가하였을 때 약 5%의 노화가 이루어진 반면 대조구는 약 18%의 노화가 이루어 졌다고 하였다. 이는 자당 지방산 에스테르가 아밀토포스나 아밀로펙틴과 복합체를 형성하여 형성된 복합체는 전분내 물의 분포의 변화를 가져옴으로써 노화를 억제시키며 케익에 첨가하였을 때 부드러움성 및 부피 증가에 효과가 있다고 하였다.¹⁶⁾ 본 실험에서 쌀밥의 경도는 농도에 관계없이 감소하였으므로 전분노화에 따른 경도증가는 정확히 일치하지 않는다는 것을 알 수 있다. Mitsuda 등⁷⁾의 연구에서도 30°C의 온도에서 15일간 저장하였을 때 저장전 보다 오히려 쌀밥의 경도가 약간 감소한 결과를 보였다. 자당 지방산 에스테르 첨가 쌀밥의 경우 대조구에 비하여 저장 전 과정을 통하여 낮게 나타났으며 0.25% 농도와 0.50% 농도의 쌀밥을 비교하여 보면 저장초기 0~4시간까지는 0.25%의 쌀밥이 작게 나타났지만 그 이후에서는 0.50%의 쌀밥과 비슷한 경도를 나타내어 저장 12시간 후에는 약 3.3 kgf였으나 대조구는 약 3.7 kgf로 나타났다.

이소말토올리고당을 첨가한 쌀밥의 경우에는 저장초기의 0~6시간까지 1.0% 첨가 쌀밥은 대조구와 비슷한 경도 감소를 나타내었고 0.5% 첨가 쌀밥은 대조구나 1.0% 첨가 쌀밥에 비하여 감소율이 적었다. 저장 8시간 이후에는 대조구, 0.5%, 1.0% 순으로 경도가 낮았다. 이는 당이 antiplasticizer로 작용하여 유리전이온도를 더 높은 온도범위로 옮겨주고 증가된 유리전이온도는 결정핵의 성장률을 낮추는 결과¹⁷⁾를 가져오게되어 나타나는 현상이라 사료된다. 자당 지방산 에스테르 첨가 쌀밥에 비하여 이소말토올리고당 첨가 쌀밥이 저장 2시간 이후부터는 전반적으로 높은 경도를 나타내었다.

쌀밥의 끈기

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 취반 후 20°C에서 0~12시간 저장중 쌀밥의 끈기에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 이때, 발생하는 끈기는 쌀밥과 판(plate)간의 부착력(adhesion)보다는 쌀밥 자체의

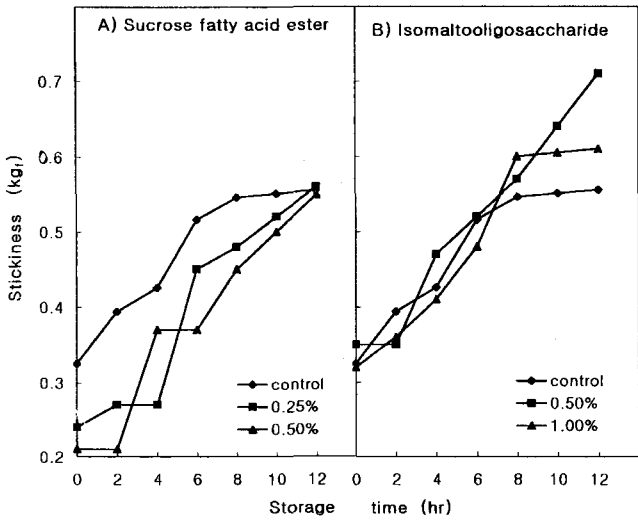


Fig. 2. Stickiness of cooked rice as a function of storage time and additive concentration.

응집력(cohesion)에 의한 것이다.¹⁵⁾ 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 농도에 관계없이 저장시간이 길어짐에 따라 끈기는 꾸준한 증가를 나타내었다. 자당 지방산 에스테르를 첨가한 쌀밥의 끈기는 대조구에 비하여 전반적으로 낮았으며 일반적으로 농도가 증가할수록 작은 값을 나타내었다. 자당 지방산 에스테르를 첨가한 쌀밥과 대조구는 저장 초기에는 큰 차이(0.21~0.33 kg)를 나타내었으나 저장시간이 길어짐에 따라 차이는 줄어들었으며 12시간 저장 후에는 거의 비슷하게 나타났다(0.55~0.56 kg).

반면에, 이소말토올리고당 첨가한 쌀밥의 경우에는 저장 초기에는 대조구와 비슷한 증가를 보였으나 저장 10시간 이후에는 차이를 보였으며 0.5% 첨가한 쌀밥의 끈기가 가장 높게 나타났고, 그 다음 1.0%와 대조구 순이었다. 이소말토올리고당 첨가한 쌀밥의 끈기는 자당 지방산 에스테르 첨가한 쌀밥에 비하여 저장기간중 전반적으로 높게 나타났다.

쌀밥의 끈기 대 경도의 비

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 취반 후 20°C에서 0~12시간 저장중 쌀밥의 끈기 대 경도의 비 (-H/H)에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 농도에 관계없이 20°C의 저장온도에서 저장시간이 길어짐에 따라 끈기 (Fig. 2)와 비슷한 증가를 나타내었다. 자당 지방산 에스테르를 첨가한 쌀밥의 끈기 대 경도의 비는 대조구에 비하여 저장 0~8시간까지는 낮았지만 저장 10시간 이후부터는 높게 나타났다. 끈기 (Fig. 2)에서는 저장 10시간 이후에도 대조구가 높게 나타났으나 끈기 대 경도의 비 (Fig. 3)에서 자당 지방산 에스테르 첨가 쌀밥이 높게 나타났다. 본 실험구간에서 관능검사 결과 조직감이 가장 좋다는 0.15~0.2 구간의 -H/H값¹⁵⁾은 자당 지방산 에스테르의 농도에 관계없이 저장 10시간 이후에 나타났다.

이소말토올리고당을 첨가한 쌀밥의 경우 저장초기에는 대조구와 비슷한 값을 보였으며 저장 8시간 이후에 대조구

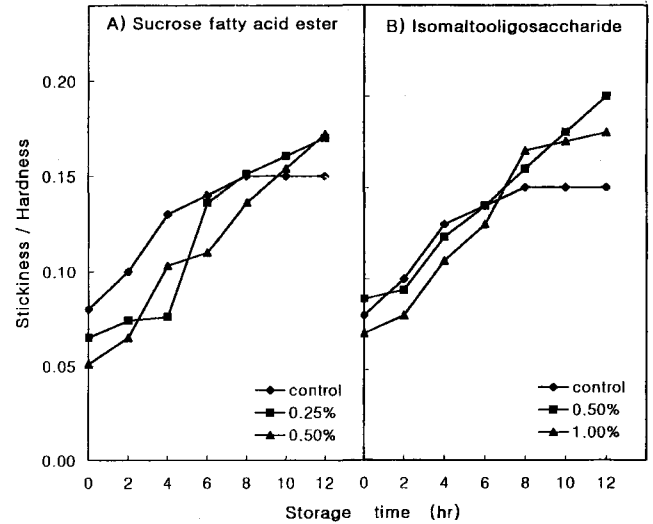


Fig. 3. Stickiness/Hardness of cooked rice as a function of storage time and additive concentration.

는 정체를 나타내었으나 이소말토올리고당을 첨가한 쌀밥은 지속적인 증가를 보여 대조구에 비하여 높은 값을 나타내었다. 0.15~0.2 구간의 -H/H값은 8시간 이후에서 나타났으며 이소말토올리고당을 첨가한 쌀밥과 대조구의 -H/H값의 분기점은 저장 7시간이었다. 이소말토올리고당 첨가 쌀밥의 -H/H값이 자당 지방산 에스테르 쌀밥보다 저장기간중 전반적으로 높게 나타났다.

쌀밥의 탄성회복도

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 취반 후 20°C에서 0~12시간 저장중 쌀밥의 탄성회복도 (b/a)에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. Texture profile analysis(TPA) 실험을 할 때 탄성 (elasticity 또는 springiness)값은 두 번째 압축시의 변형된 길이(b)를 일반적으로 나타내지만¹⁶⁾ 본 실험에서는 시료(쌀밥)별 높이의 차이에서 오는 b값의 오차를 최소화시키기 위하여 두 번째

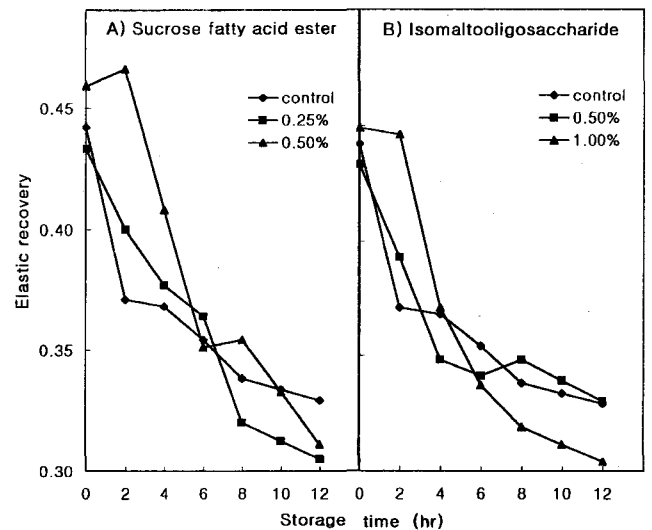


Fig. 4. Elastic recovery of cooked rice as a function of storage time and additive concentration.

Table 1. Hardness of cooked rice after 15 days storage at 4°C

Additive concentration (%, w/w)	Hardness (kg _f)
Control	5.83 ^a
Sucrose fatty acid ester	
0.25	5.58 ^b
0.50	5.43 ^b
Isomaltooligosaccharide	
0.50	5.73 ^a
1.00	5.74 ^a

^{a,b}Different superscripts in a column indicate significant differences (P < 0.05).

압축시 변형된 길이(b) 대 첫 번째 압축시 변형된 길이(a)의 비(b/a)로써 탄성회복도를 나타내었다. 자당 지방산 에스테르를 첨가한 쌀밥의 경우 농도에 관계없이 저장시간이 길어짐에 따라서 탄성회복도는 초기에 비하여 12시간이 지난 후에는 약 25~35% 정도의 감소를 보였다. 저장 초기(2~4시간)에는 자당 지방산 에스테르 첨가한 쌀밥이 대조구에 비하여 크게 나타났지만 저장 12시간 저장 후에는 대조구가 높게 나타났다.

이소말토올리고당을 첨가한 경우 0.50%의 농도 쌀밥은 대조구와 비슷한 감소 형태를 나타내었으나, 1.00%의 농도 쌀밥은 저장 초기에는 대조구에 비하여 높았으며 저장 말기에는 낮게 나타나 저장시간에 따른 감소율이 대조구나 0.50% 농도의 쌀밥에 비하여 컸다.

저온 장기간 저장시 첨가물이 쌀밥의 경도에 미치는 영향 4°C의 온도에서 15일간 지난 후 자당 지방산 에스테르(0.25, 0.5%, w/w) 또는 이소말토올리고당(0.5, 1.0%, w/w) 첨가가 취반 후 쌀밥의 경도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 대조구의 경도는 5.83 kg_f인 반면 자당 지방산 에스테르를 0.25% 와 0.5%를 첨가한 쌀밥의 경도는 각각 5.58 kg_f와 5.43 kg_f로써 농도 증가에 따라서 경도는 감소하였으며 5%내에서 모두 대조구와 유의성 차이를 나타내었다. 이소말토올리고당을 0.5%와 1.0% 첨가한 쌀밥의 경도는 각각 5.73 kg_f와 5.74 kg_f로 대조구에 비하여 약간 낮았으며 농도와 관계없이 비슷한 경도를 나타냈었고 5%내에서 유의성 차이를 나타내지 않았다.

참 고 문 헌

1. Luh, B. S. (1991) In Rice Production. 2nd Ed., Vol. 2,

Chap. 7, AVI Book, NY, U.S.A.

2. Stollman, U. and B. Lundgren (1987) Texture changes in White bread: Effect of processing and storage. *Cereal Chem.* **64**, 230~236.

3. 김동훈 (1990) 식품화학개론. p.103~118, 수학사, 서울, 한국.

4. Miura, M., A. Nishimura and K. Katsuta (1992) Influence of addition of polyols and food emulsifiers on the retrogradation rate of starch. *Food Structure*, **11**, 225~236.

5. Kohyama, K. and K. Nishinari (1991) Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1406~1410.

6. Ansan K. J., M. J. Miles, V. J. Morris, L. S. Bestford, D. A. Jarvis and R. A. Marsh (1990) The effect of added sugar on the retrogradation of wheat starch gels. *J. Cereal Sci.* **11**, 243~248.

7. Mitsuda, H. and K. Nakajima (1977) Storage of cooked rice. *J. Food Sci.*, **42**, 1439~1443.

8. 김일환, 이규한, 김성곤 (1985) 축합인산염이 밥의 노화속도에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **17**, 245~247.

9. Okechukwld, P. E., M. A. Rao, P. O. Ngoddy and K. H. Mcwatters (1992) Firmness of cowpea gels as a function of moisture and oil content and storage. *J. Food. Sci.*, **57**, 91~95.

10. Hibi, Y., S. Kitamura and T. Kuga (1990) Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice. *Cereal Chem.* **67**, 7~10.

11. 문세훈, 김정옥, 이신경, 신말식 (1996) 슈크로오스 지방산 에스테르와 대두유 첨가 쌀가루젤의 노화. 한국식품과학회지, **28**, 305~310.

12. 최차란, 신말식 (1996) 당첨가가 쌀가루젤의 노화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **28**, 904~909.

13. Stone, H. and J. L. Sidel (1985) Sensory Evaluation Practices. Academic Press, Inc., NY, U.S.A.

14. Mossman, A. P., D. A. Feller and H. Suzuki (1983) Rice stickiness. I. Determination of rice stickiness with an Instron tester, *Cereal Chem.* **60**, 286~292.

15. Okabe, M. (1979) Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. *J. Texture Studies.*, **10**, 131~152.

16. Pierce, M. M. and C. E. Walker (1987) Addition of sucrose fatty acid ester emulsifier to sponge cake. *Cereal Chem.*, **64**, 222.

17. Slade, L. and H. Levine (1987) In Recent Development in Industrial Polysaccharides. Gordon and Breach Science, NY, U.S.A.

18. Sherman, P. (1979) In Food Texture and Rheology, p. 201~221, Academic Press, NY, U.S.A.

Texture of Stored Cooked Rice by Additive

Myung-Hwan Kim*, Sang-Kyu Lee¹ and Sung-Kon Kim²(*Dept. of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea; ¹Agency for Defense Development; ²Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea*)

Abstract : The effect of sucrose fatty acid ester(SE, 0~0.5%, w/w) and oligosaccharide(OS, 0~1.0%, w/w) additions on texture properties, hardness(H), stickiness(-H), stickiness/hardness(-H/H) and elastic recovery (b/a) of cooked rice stored at 20°C were studied. The H of stored cooked rice decreased with increasing storage time. The addition of SE and OS showed lower H value than control throughout the storage period up to 12hrs and after 8hrs of storage time, respectively. The -H of stored cooked rice increased with increasing storage time. The -H value of SE added cooked rice showed much lower than that of the control in the early stage of the storage and then almost the same value as that of control. The control and SE or OS added cooked rice resulted the value of -H/H between 0.15 and 0.20, which had been found as acceptable textural parameters, after 10hrs of storage at 20°C. The b/a of stored cooked rice decreased with increasing storage time, but was not significantly affected by additives. After 15 days of storage at 4°C, the addition of SE had greater effect on the reduction of hardness of stored cooked rice than that of OS.

Key word : sucrose fatty acid ester, isomaltooligosaccharide, texture, cooked rice

*Corresponding author