

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 저장 쌀밥의 텍스처에 미치는 영향

김명환 · 김병용* · 김성곤**

단국대학교 식품공학과, *경희대학교 식품가공학과,

**단국대학교 식품영양학과

Effect of Sucrose Fatty Acid Ester or Oligosaccharide Addition on Texture of Stored Cooked Rice

Myung-Hwan Kim, Byung-Yong Kim*, Sung-Kon Kim**

Department of Food Engineering, Dankook University

*Department of Food Science and Technology, Kyunghee University

**Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

Abstract

The effects 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 4days at 20°C were analyzed by response surface methodology (RSM). The H of stored cooked rice decreased up to 2 days and then increased with increasing storage time. The concentrations of SE and OS to minimize the H values of stored cooked rice were 0.25% and 0.5%, respectively. SE had more influence on decrease in the H than OS. After 1.0~1.5 days of storage time, the -H and -H/H were minimized. The -H and -H/H decreased by addition of SE, whereas increased by addition of OS. Generally, the b/a decreased with increasing storage time.

Key words: sucrose fatty acid ester, oligosaccharide, texture, RSM, cooked rice

서 론

쌀밥의 종합적 기호도에 대한 텍스처의 기여율은 45.8%로서 맛(21.9%), 외관(19.75%) 및 향미(12.5%)보다 높은 가장 중요한 역할을 한다(김 등, 1996). 쌀밥의 선호하는 텍스처 성질들로는 말랑말랑, 쫄깃쫄깃, 부드러움 등을 들 수 있다(이와 박, 1992). 호화된 전분질 식품인 쌀밥은 적절한 수분함량과 온도에서 저장할 때 전분의 노화가 일어나 텍스처 변화를 일으키는 주 요인이 되며 동시에 맛이 떨어지고 소화가 지연되는 등의 품질저하 현상이 일어난다(최와 신, 1996). 이러한 품질저하 속도를 억제시키는 방안으로써 당류, 검류, 펜토산, 식이섬유, 전분분해효소, 지방질과 지방질 유도체, 단백질 및 염류 등을 첨가물로 이용한다

(Chang과 Liu, 1991).

저장온도와 시간에 따른 텍스처 변화로는 전기보온 밥솥으로 80°C에서 단시간(12시간) 저장하였을 때 단단함(firmness)과 결합성(cohesiveness)은 감소하였으나 부착성(adhesiveness)은 증가하였으며(이 등, 1993), 30°C에서 장기간(15일) 저장하였을 경우는 단단함과 결합성은 증가하였고 끈기(stickiness)는 감소하였다(Mitsuda와 Nakajima, 1977). 동결저장에서는 온도가 낮을수록 빙결정의 형성과 성장에 따른 전분의 노화와 조직감의 변화를 억제할 수 있었다(최와 이, 1995).

Mitsuda와 Nakajima (1977)는 0.5% 초산용액으로 취반한 쌀밥의 경우 30°C에서 15일간 저장하여도 좋은 텍스처를 유지하면서 노화, 곰팡이 번식, 갈변 등의 품질저하 현상이 나타나지 않았다. 문 등(1996)은 슈크로우스 지방산 에스테르를 쌀가루 겔에 2% (w/w) 첨가시킨 경우 20°C에서 6일간 저장하였을 때 노화도를 50%정도 억제시킬 수 있었으며 5% (w/w) 설탕을

Corresponding author: Myung-Hwan Kim, Professor, Department of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

첨가시켰을 때 20°C에서 3일간 저장 후의 노화도를 70%정도 억제 시켰다(최와 신, 1996). 김 등(1985)은 0.3% (w/w)의 축합인산염을 첨가시킨 쌀밥을 21°C에서 저장하였을때 노화와 단단함의 증가를 억제할 수 있었다.

본 실험에서는 전분 노화를 억제시키는 첨가물인 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당을 첨가시켰을 때 첨가물의 농도와 저장시간에 따른 쌀밥의 텍스처 특성을 반응표면법으로 분석하는데 있다.

재료 및 방법

재료

1995년 수확한 동진벼(*Oryza sativa* L.)를 구입하여 이물질과 쉐미(broken rice)를 제거한 후 쌀알들의 수분함량을 같게 하기 위하여 실온에서 24시간 전 cheesecloth위에 방치한 다음 평균 수분함량 14.3% (dry basis)인 쌀을 시료로 사용하였다.

첨가물 농도

쌀밥 제조시 첨가물의 첨가 가능 농도를 알아보기 위하여 10명의 훈련된 패널요원에게 삼점검사법을 실시하였다. 자당 지방산 에스테르와 이소말토올리고당의 농도는 각각 쌀 무게의 0.25, 0.5, 0.75, 1.0% (w/w)로 하여 시료를 만들었으며 2회 반복 실험을 통하여 외관과 식미에 있어서 대조구(control)와 5%내에서 유의성 차이가 나타나지 않는 농도 범위를 Rosseler 분석표로써 조사하였다.

침지 및 취반

쌀 16 g (± 0.017)을 100 mL 나사마개(screw cap)병에 담고 가수율을 1.40 (v/w)로 한 후 쌀무게 비의 0.25 및 0.5% (w/w)의 자당 지방산 에스테르(sugar fatty acid ester)또는 0.5 및 1.0% (w/w)의 이소말토올리고당(oligosaccharide)을 첨가시킨 다음 뚜껑을 닫고 실온(22°C)에서 30분간 침지 시켰다. 취반 공정은 미리 가열된 직경 30 cm, 높이 25 cm의 찜통 속에서 수증기를 이용하여 30분간 취반한 후 가열을 중단하고 10분간 뜸을 들였다.

저장

취반공정을 마친 다음 나사마개 병을 거꾸로 세워 biological oxygen demand (BOD)배양기에 넣은 후 20°C에서 0-4일간 저장하였다.

텍스처 측정

취반된 쌀밥의 텍스처 측정은 Okabe (1979)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. 탄성회복도(elastic recovery)는 두번째 압축시 쌀밥의 변형된 길이(b)와 첫 번째 압축시 변형된 길이(a)의 비(b/a)로써 나타내었다.

측정중 시료의 온도변화를 최소화하기 위하여 Mossman 등(1983)의 방법으로 실온(22°C)에서 비이커를 거꾸로 세워 30분간 방치시킨 후 나사마개 병 중앙 부분의 밥을 발취하여 측정하였다. 20°C의 저장 실험에서는 일정한 시간이 지난 다음 시료를 BOD 배양기에서 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.

실험설계 및 통계처리

본 실험에서는 3²요인 실험설계(factorial experiment design)를 사용하였다. 2가지 인자로는 저장시간(X_1)과 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당의 농도(X_2)를 이용하였다. 3가지 수준으로 저장시간은 0, 2 및 4일, 자당 지방산 에스테르는 0, 0.25 및 0.50% (w/w), 이소말토올리고당은 0, 0.5 및 1.0% (w/w)의 농도를 각각 이용하였다. 각 첨가물에 대하여 시료는 9개로 full factorial design을 이용하였으며 반응변수로서 경도(H), 끈기(-H), 끈기 대 경도의 비(-H/H) 및 탄성회복도(b/a)값을 사용하였다. 각 인자의 수준변화에 따른 쌀밥의 텍스처에 미치는 영향 정도를 조사하기 위하여 이차 다항 회귀곡선식 및 반응 표면법(response surface methodology, RSM) 등의 통계방법을 이용하였으며 모든 통계분석은 SAS (1993)로 처리하였다.

결과 및 고찰

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 저장중 쌀밥의 경도에 미치는 영향

저장시간(0-4일, X_1)과 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당의 첨가농도(X_2)에 따른 취반 후 20°C 저장중 쌀밥의 경도에 미치는 영향을 반응표면법에 의하여 분석한 결과 Fig. 1과 같다. 취반 후 쌀밥

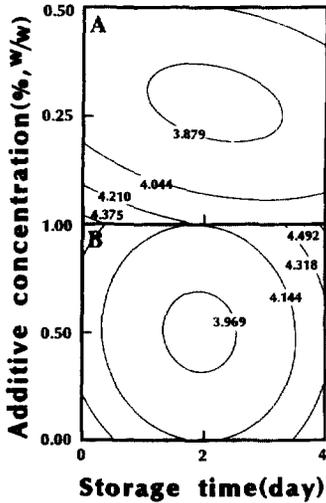


Fig. 1. Hardness of cooked rice as a function of storage time and additive concentration of sucrose fatty acid ester (A) and oligosaccharide (B).

의 평균 수분함량은 63.14% (wet basis)이었으며 첨가물의 최고농도 결정은 삼점검사법을 통하여 외관과 식미에 있어서 대조구와 5%내에서 유의성 차이가 나타나지 않는 범위의 농도로서 자당 지방산 에스테르는 쌀 무게의 0.5% (w/w)이었고 이소말토올리고당은 1.0% (w/w)이었다. 자당 지방산 에스테르 첨가 쌀밥은 농도에 관계없이 저장 2일째까지 감소하다가 그 이후에는 서서히 증가를 보였다. 농도에 따른 경도의 변화로는 대조구에서 0.25%로 농도가 증가함에 따라서 경도는 급격히 줄어들었으나 0.50%로의 증가 구간에서는 서서히 늘어났다. 쌀밥의 경도는 저장시간(X_1)보다는 자당 지방산 에스테르의 농도(X_2)에 더욱 민감한 변화를 보였고, 본 실험구간에서는 대조구의 취반 후 쌀밥이 최대 경도를 나타내었으며, 자당 지방산 에스테르의 농도가 0.25%, 저장시간이 2일째 되었을 때 가장 낮은 경도를 보였다. 이소말토올리고당 첨가 쌀밥의 저장시간에 따른 경도 변화로는 저장 2일째까지는 감소가 이루어지고 그 이후 증가를 나타내었다. 농도에 따른 경도 변화로는 0~0.5%까지의 농도 증가 구간에서는 감소를 보였으며 0.5~1.0% 증가 구간에서는 경도 증가를 나타내었다. 본 실험구간에서 저장 2일째, 0.5%농도의 쌀밥이 가장 낮은 경도를 보였으며 대조구와 1.0%농도의 쌀밥은 저장시간에 따른 경도변화가 비슷하게 나타났다. 쌀밥의 경도는 이소말토올리고당의 농도(X_2)보다는 저장시간(X_1)에 더욱 민감한 변화를 보였다. 첨가물의 종류에 따른 경도를 보면 자당 지방산 에스테르의 반응평균치(response mean)가

4.09 kg인 반면 이소말토올리고당의 반응평균치는 4.29 kg로 자당 지방산 에스테르 첨가가 경도 감소에 효과적이었다.

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 저장중 쌀밥의 끈기에 미치는 영향

저장시간(0~4일)과 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당의 첨가농도에 따른 취반 후 20°C 저장중 쌀밥의 끈기에 미치는 영향을 반응표면법에 의하여 분석한 결과 Fig. 2와 같다. 자당 지방산 에스테르의 경우 농도에 관계없이 저장시간이 길어짐에 따라서 저장 0~2일까지 서서히 감소하다가 저장 2~4일에는 증가를 나타내었다. 농도가 증가함에 따라서 끈기는 줄어들었으며, 0.375%의 농도와 저장 2일째 부근에서 최소치를 나타내었으며, 최대치는 대조구의 저장 4일째의 쌀밥이었다. 이소말토올리고당을 첨가한 쌀밥의 경우는 농도에 관계없이 저장 1.5일째 부근에서 낮게 나타났으며 그 이후에는 증가를 보였다. 농도에 따른 변화를 보면 0.50%에서 가장 높았으며 0.10%와 대조구 순으로 낮아졌다. 본 실험구간에서는 대조구의 1.5일째 쌀밥이 최저치를 나타내었고 0.50% 농도의 저장 4일째 쌀밥이 최대치를 보였다. 쌀밥의 끈기는 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당의 농도(X_2)보다는 저장시간(X_1)에 민감한 변화를 보였으며, 첨가물의 종류에 따른 끈기를 보면 자당 지방산 에스테르의 반응 평균치는 0.25 kg인 반면 이소말토올리고당은 0.36 kg로 상대적으로 높은 끈기를 보였다.

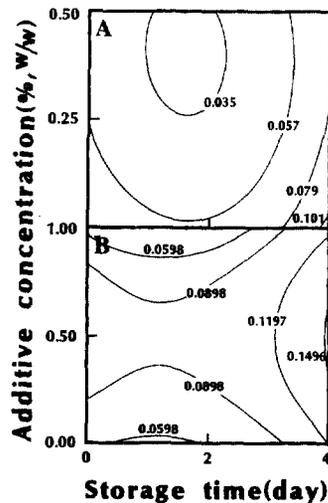


Fig. 2. Stickiness of cooked rice as a function of storage time and additive concentration of sucrose fatty acid ester (A) and oligosaccharide (B).

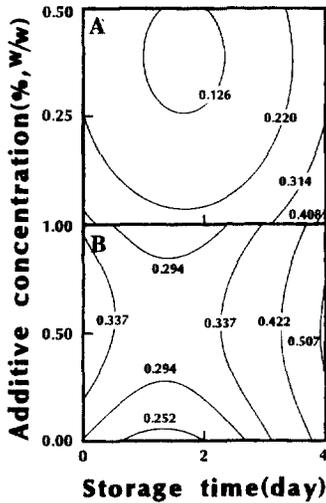


Fig. 3. Stickiness/Hardness of cooked rice as a function of storage time and additive concentration of sucrose fatty acid ester (A) and oligosaccharide (B).

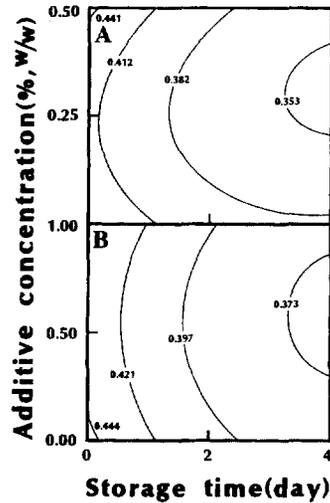


Fig. 4. Elastic recovery of cooked rice as a function of storage time and additive concentration of sucrose fatty acid ester (A) and oligosaccharide (B).

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 저장중 쌀밥의 끈기 대 경도의 비에 미치는 영향

저장시간 (0~4일)과 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당의 첨가농도에 따른 취반 후 20°C 저장중 쌀밥의 끈기 대 경도의 비(-H/H)에 미치는 영향을 반응표면법에 의하여 분석한 결과 Fig. 3과 같다. 반응치의 형태는 끈기의 반응치인 Fig. 2와 비슷하였으며, 자당 지방산 에스테르의 농도가 0.38%, 저장시간이 1.8일 일때 부근에서 최소치를 보였으며 대조구 4일째 최대치를 나타내었다. 쌀밥의 끈기 대 경도의 비는 자당 지방산 에스테르의 농도(X₂)보다는 저장시간 (X₁)에 더욱 민감한 변화를 보였다. 이소말토올리고당을 첨가한 쌀밥의 경우는 농도에 관계없이 저장 1일째 낮은 값을 보였으며 그 이후 저장 시간이 늘어남에 따라서 증가하였다. 저장시간에 관계없이 0.50%의 농도에서 높게 나타났으며, 저장시간(X₁)보다는 이소말토올리고당의 농도(X₂)에 더욱 민감함을 나타내었다. 첨가물 종류에 따른 반응평균치를 비교하여 보면 자당 지방산 에스테르의 경우는 0.065로 이소말토올리고당의 0.094보다 낮게 나타났다.

자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당 첨가가 저장중 쌀밥의 탄성회복도에 미치는 영향

저장시간(0~4일)과 자당 지방산 에스테르 또는 이소말토올리고당의 첨가농도에 따른 취반 후 20°C 저장중 쌀밥의 탄성회복도에 미치는 영향을 반응표면법

에 의하여 분석한 결과 Fig. 4와 같다. 첨가물의 농도에 관계없이 저장시간이 길어짐에 따라서 탄성회복도는 작아졌으며 자당 지방산 에스테르나 이소말토올리고당 첨가 쌀밥의 탄성회복도 변화 형태는 비슷하였다. 첨가물의 농도에 따른 탄성회복도의 변화로는 자당 지방산 에스테르의 경우 0.25%, 이소말토올리고당의 경우 0.5%에서 약간의 감소가 이루어졌으며, 저장시간(X₁)이 첨가물의 농도(X₂)에 비하여 쌀밥의 탄성회복도에 큰 영향을 보였다. 자당 지방산 에스테르와 이소말토올리고당의 반응 평균치는 각각 0.37과 0.38로 비슷하게 나타났다.

이차 다항 회귀곡선식의 적합도

독립변수(요인, X)인 저장시간(X₁)과 첨가물의 농도(X₂)의 변화에 대한 종속변수(반응치, Y)인 쌀밥의 경도, 끈기, 끈기 대 경도의 비 및 탄성회복도(Figs. 1~4)를 예측하기 위한 이차 다항 회귀곡선의 계수값을 계산한 결과 Table 1과 같다. 또한, 각 반응치에 대한 이차 다항 회귀곡선식의 적합도 검정을 한 결과(Table 2), 모든 반응치에서 자당 지방산 에스테르 첨가 쌀밥의 결과 보다는 이소말토올리고당 첨가 쌀밥이 높은 유의성을 나타내었으며, 경도가 가장 낮은 적합성을 보인 반면 탄성회복도가 가장 높은 적합성을 나타내었다. 경도, 끈기, 끈기 대 경도의 비에서는 이차 다항 회귀(quadratic)가 일차 다항 회귀(linear)보다 높게 나타났으며 이 두가지 회귀식이 결정 계수를 주도한 반

Table 1. Regression coefficients of second degree polynomials for four response variables

Coefficients	Hardness (H)		Stickiness(-H)		-H/H		b/a ¹⁾	
	SE ²⁾	OS ³⁾	SE	OS	SE	OS	SE	OS
A ₀ ^{4),5)}	3.8581	3.9402	0.1289	0.3249	0.0365	0.0981	0.3689	0.3889
A ₁	-0.0273	0.0273	0.0452	0.0763	0.0131	0.0257	-0.0333	-0.0024
A ₂	-0.0803	0.0078	-0.0585	0.0110	-0.0129	0.0007	-0.0046	-0.0330
A ₃	0.0983	0.3237	0.1332	0.1197	0.0324	0.0308	0.0143	0.0138
A ₄	0.0888	0.0173	-0.0025	-0.0063	0.0006	-0.0019	-0.0090	-0.0018
A ₅	0.2493	0.2052	0.0552	-0.0623	0.0105	-0.0365	0.0293	0.0119

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

²⁾Sucrose fatty acid ester

³⁾Oligosaccharide

⁴⁾These are coefficients of $Y=A_0+A_1X_1+A_2X_2+A_3X_1^2+A_4X_1X_2+A_5X_2^2$ and each independent variables, X_1 and X_2 , is transformed to -1, 0 and 1 as increasing the level.

⁵⁾Each independent variables, X_1 and X_2 represents storage time and additive concentration.

Table 2. Determination coefficients of the second degree polynomials for four response variables

Regression	Hardness (H)		Stickiness (-H)		-H/H		b/a ¹⁾	
	SE ²⁾	OS ³⁾	SE	OS	SE	OS	SE	OS
Linear	0.1158	0.0125	0.3895	0.4672	0.3982	0.3953	0.6775	0.9040
Quadratic	0.3850	0.7573	0.4938	0.4767	0.4559	0.4546	0.2134	0.0914
Cross product	0.0844	0.0031	0.0003	0.0020	0.0003	0.0014	0.0323	0.0017
Total regress	0.5852	0.7729	0.8836	0.9459	0.8544	0.8513	0.9232	0.9971

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

²⁾Sucrose fatty acid ester

³⁾Oligosaccharide

면, 탄성회복도에서는 일차 다항 회귀가 이차 다항 회귀보다 높았으며 역시 이 두가지 회귀식이 결정계수를 주도하였다.

항 회귀 곡선식의 적합도 검증을 한 결과 경도가 가장 낮은 적합성을 보인 반면 탄성 회복도가 가장 높은 적합성을 나타내었으며, 일차 다항 회귀(linear)와 이차 다항 회귀(quadratic)식이 결정계수를 주도하였다.

요 약

저장시간(0~4일)과 자당 지방산 에스테르(0~0.5%, w/w, SE) 또는 이소말토올리고당(0~1.0%, w/w, OS)의 첨가농도에 따른 취반후 20°C 저장중 동진벼 쌀밥의 텍스처에 미치는 영향을 경도(H), 끈기(-H), 끈기 대 경도의 비(-H/H) 및 탄성회복도(b/a)로써 측정하였고 반응표면법으로 분석하였다. 첨가물 농도에 관계없이 저장 2일째까지 H의 감소가 이루어졌으며 그 이후 증가하였다. 첨가물의 농도에 따른 변화는 SE와 OS의 경우 각각 0.25%와 0.5%의 농도에서 가장 낮은 값을 보였으며 SE 첨가가 OS 첨가보다 H 감소에 효과적이었다. 저장시간에 따른 -H와 -H/H 변화로는 첨가물 농도에 관계없이 1~1.5일 저장에서 가장 낮게 나타났다. 대조구에 비하여 SE 첨가는 -H와 -H/H를 감소시켰으나, OS 첨가는 -H와 -H/H를 전반적으로 증가시켰다. 첨가물의 농도에 관계없이 b/a는 저장시간이 길어짐에 따라서 감소하였다. 각 반응치에 대한 이차 다

문 헌

김일환, 이규한, 김성곤. 1985. 축합인산염이 밥의 노화 속도에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 17(4): 245-247.
 김호영, 이현덕, 이철호. 1996. 쌀밥의 최적가수량 결정인자에 관한 연구. 한국식품과학회지, 28(4): 644-649
 문세훈, 김정옥, 이신경, 신말식, 1996. 슈크로오스 지방산 에스테르와 대두유 첨가 쌀가루 겔의 노화. 한국식품과학회지, 28(2): 305-310.
 이영주, 민봉기, 신명곤, 성내경, 김광옥. 1993. 전기보온밥솥으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성. 한국식품과학회지, 25(5): 487-493.
 이지영, 구성자. 1994. 식이섬유 첨가가 전립의 특성에 미치는 영향에 관한 연구. 한국조리과학회지, 10(3): 267-276.
 이철호, 박상희. 1982. 한국인의 조직감 표현용어에 관한 연구. 한국식품과학회지, 14(1): 21-29.
 최성길, 이철. 1995. 동결속도 및 저장온도가 취반된 쌀의 노화도, 조직감 및 미세구조에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 27(5): 783-788
 최자란, 신말식. 1996. 당 첨가가 쌀가루겔의 노화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 28(5): 904-909.
 Chang, S. H. and L. C. Liu. 1991. Retrogradation of rice

- starches studied by differential scanning calorimetry and influence of sugars, NaCl and lipids. *J. Food Sci.*, **56**: 564-570.
- Mituda, H. and K. Nakajima. 1977. Storage of cooked rice. *J. Food Sci.*, **42**: 1439-1443.
- 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.
- Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. *J. Texture Studies*, **10**, 131-152.
- SAS. 1993. SAS/INSIGHT user's guide, version 6, second edition, Cary, NC, USA.