

표면장력계를 이용한 밥의 끈기 측정방법 개발

목철균 · 이상기

경원대학교 공과대학 식품생물공학과

Development of Stickiness Measuring Method of Cooked Rice Using a Surface Tension Meter

Chulkyoon Mok and Sang Ki Lee

Department of Food and Bioengineering, College of Engineering, Kyungwon University

Abstract

An objective method for the measurement of the stickiness of cooked rice using a surface tension meter was developed and compared with a previous method. A cooked rice grain was set on an acryl grain holder sitting on the bottom plate of the meter. Another cooked grain was attached to the measuring arm of the meter via a hook and the measuring arm was lowered to touch just snugly on the bottom grain. Then the measuring arm was further lowered 3 steps (0.1 mm/step) and retrieved spontaneously. The resistance to retrieve the top grain was measured in mg and recorded as the stickiness. The stickiness measurement by the present method was simpler and more precise and showed a better correlation with the sensory stickiness and the water addition level in cooking than the previous method in which the top grain was attached to the bottom grain with a constant force. For the sensory analysis of the stickiness of cooked rice, chewing was more sensitive than pressing between fingers.

Key words: cooked rice, stickiness measurement, surface tension meter, sensory analysis

서 론

끈기(stickiness)는 밥의 식미특성을 결정짓는 중요한 인자로서(Juliano, 1979; 민봉기, 1993) 우리나라와 일본 등 극동지방에서는 끈기가 있는 밥을 선호하는 반면, 동남아시아와 서구에서는 끈기가 없는 밥을 선호하여 지역과 인종에 따라 선호하는 밥의 특성을 구분하는 요소로 작용한다(Carlson *et al.*, 1976). 일반적으로 밥의 끈기는 쌀의 품종과 취반방법 등에 의하여 많은 영향을 받는데, 특히 품종의 경우 우리나라 사람이 선호하는 쌀은 자포니카 계통의 쌀로서, 취반 후 밥의 끈기가 인디카계통보다 월등히 높아 밥알이 결합되고 입안에서 느끼는 끈기가 이들 지역의 관능특성에 맞기 때문이다.

밥의 끈기를 객관적으로 측정하는 방법은 Instron universal testing machine, rheometer 또는 texture analyzer

를 이용한 texture profile analysis (TPA)를 사용하는 데(Tsuji, 1981), 이 경우 plunger 를 사용하여 first bite 후 plunger를 복원시키는데 걸리는 저항을 부착성(adhesiveness)으로 측정하게 된다. 그러나 이들 기기의 감도가 크지 않아 부착성 측정을 위해서는 밥을 용기에 담아 bulk로 측정하게되며 따라서 개별 밥알의 끈기라기 보다는 다수의 밥알과 plunger의 결합력을 간접적으로 측정하게 된다. 이와 함께 TPA를 수행하려면 위에 열거한 고가의 장비가 필요하게 된다.

표면장력계의 저항측정 메카니즘을 이용한 밥알의 끈기 측정은 Lee와 Peleg (1988)에 의하여 최초로 시도된 바 있으나 2개의 밥알을 일정한 힘을 사용하여 부착한 후 떼어 내는데 걸리는 저항을 측정하는 방법이다. 그러나 일정한 힘을 사용하여 2개의 밥알을 부착시키는 방법은 고도의 훈련을 필요로 하고 실험자의 기술에 따라 결과의 재현성 및 정밀도가 크게 영향을 받게 된다. 따라서 본 연구에서는 표면장력계의 measuring arm의 moving mechanism을 이용하여 밥알의 부착을 기계적으로 제어하는 방법을 고안하여 재현성과 정밀도가 향상된 밥알 끈기의 경제적인 객관

Corresponding author: Chulkyoon Mok, Department of Food and Bioengineering, College of Engineering, Kyungwon University, San 65 Bokjung-dong, Sujung-ku, Sungnam 461-701, Korea

적 측정방법을 개발하고자 하였으며, 측정결과와 관능검사에 의한 끈기와의 상관성을 기존의 방법(Lee와 Peleg, 1988)과 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 쌀은 1996년 경기도 평택시 팽산농협에서 수확, 도정한 일반미를 시중에서 구입하여 사용하였다.

쌀의 취반

쌀의 취반은 김명환 등 (1997)의 방법을 토대로 쌀 60 g을 250 mL media bottle에 넣고 쌀 중량의 1.05~1.45배의 증류수를 첨가한 후 상온에서 30분간 침지하였다. Media bottle을 미리 물을 가하여 100°C로 가열한 전기밥솥(RF-4000, LG전기(주))에 넣고 30분간 취반한 후 전원을 차단하고 10분간 뜸들이기를 행하였다. 취반 후 bottle을 styrofoam plate 위에 거꾸로 세워 1시간 동안 방치하여 밥의 수분상태를 고르게 하고 실온으로 냉각하여 시료로 사용하였다.

끈기에 대한 관능검사

밥의 끈기에 대한 관능검사는 끈기측정에 대한 훈련을 받은 본 대학 식품생물공학과 학부생 및 대학원생 11명을 선발하여 실시하였으며 관능검사를 실시하기 전에 재차 교육을 실시하여 평가방법 및 평가기준을 상기시켜 주었다. 평가항목은 맛을 배제하고 끈기에 대해서만 측정하도록 하였으며 가수량과 품종에 대한 취반 후 밥의 끈기를 입안에서의 느낌과 손가락을 사용한 느낌으로 평가하였다. 입안에서의 평가는 일정량(약 5 g)의 밥을 어금니를 사용하여 씹었을 때 느껴지는 촉감을 제시한 평가기준을 이용하여 평가하게 하였다. 손가락으로 하는 검사는 엄지와 검지 사이에 넣고 눌렀을 때 느껴지는 부착성을 제시한 평가기준을 이용하여 평가하게 하였다. 평가기준은 아주 끈적거리다: 9점, 보통으로 끈적거리다: 7점, 적당히 끈적거리다: 5점, 끈적거리움이 약하다: 3점, 끈적거리움이 아주 약하다(거의 느껴지지 않는다): 1점으로 하여 평가하였다. 아울러 제시된 가수량을 달리한 시료 중 가장 적당한 끈기를 갖는 시료를 선택하도록 하여 가수량에 따른 끈기의 선호도를 평가하였다.

끈기의 기계적 측정

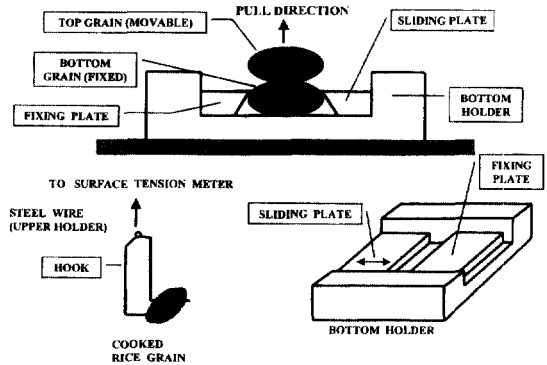


Fig. 1. Schematic diagram of stickiness measuring device on surface tension meter.

Lee와 Peleg(1988) 방법에 의한 끈기 측정: 밥알의 끈기를 측정하기 위하여 Fig. 1과 같이 Lee와 Peleg (1988)이 고안한 장치를 acryl로 제작하여 밥알 1개를 장치의 하부에 고정시키고 다른 밥알 1개는 hook을 사용하여 ANALITE surface tension meter (model 2141, McVan Instrument Pty Ltd., Mulgave North, Australia)의 measuring arm에 연결하였다. Hook에 연결한 밥알을 하부에 장치한 밥알에 올려 놓고 핀셋을 사용하여 약 25 g의 힘을 가하여 2개의 밥알을 부착한 후 표면장력계의 힘 측정기작을 이용하여 순간적으로 떼어 낼 때 걸리는 저항을 mg으로 측정하였다(방법 A).

끈기 측정방법 개발: 본 연구에서 개발한 끈기측정 방법은 Fig. 1의 Lee와 Peleg (1988)이 고안한 장치를 사용하되 밥알의 부착방법을 달리하였다. 즉 acryl holder의 하부에 밥알 1개를 장치하고 그 위에 hook을 연결한 밥알 1개를 measuring arm에 연결하고 measuring arm을 서서히 아래로 이동하여 holder에 장치한 밥알과 서로 닿게 한 후 다시 3 step (0.1 mm/step)을 이동시켜 밥알끼리 일정하게 접촉하게 하였다. 이후 표면장력계의 measuring arm을 순간적으로 위로 이동시켜 부착된 밥알을 떼어낼 때 걸리는 저항을 mg으로 측정하였다(방법 B).

통계처리

가수량 및 관능검사방법에 따른 밥의 끈기에 대한 관능검사 결과는 SAS program (SAS Institute, 1986)을 사용하여 Duncan의 중범위검정법으로 분석하였다. 기계적 방법에 의하여 5회 이상 측정된 밥의 끈기에 대한 결과를 Duncan의 중범위검정법으로 분석하였으며, 관능검사 결과와의 상관관계를 상관분석을 통하여 행하였다.

결과 및 고찰

밥알의 끈기에 대한 관능검사

밥알의 끈기에 대한 관능검사 결과는 Table 1과 같이 가수량이 증가함에 따라 관능적인 밥알의 끈기는 비례하여 증가하였으며 입으로 측정된 밥알의 끈기와 가수량과의 회귀직선방정식은 $stickiness = -11.84 + 13.45 \text{ WAL}$ ($r^2 = 0.7749$)이었으며 손가락으로 측정된 경우는 $stickiness = -12.10 + 13.91 \text{ WAL}$ ($r^2 = 0.6271$)로서 입으로 측정된 밥알의 끈기가 손가락을 사용하여 측정된 끈기에 비하여 높은 결정계수를 보여 가수량에 더욱 민감한 결과를 나타내었다. 또한 입으로 측정된 밥알의 끈기는 가수량 1.35배와 1.45배 사이에서는 유의적인 차이를 나타내지 않은 반면 가수량 1.05, 1.15, 1.25 및 1.35배 사이에서는 유의차를 보였다. 이에 반하여 손가락으로 측정된 끈기는 가수량 1.05배와 1.15배 및 1.35배와 1.45배 사이에서 유의차를 나타내지 않았으며 1.15, 1.25, 1.35배 사이에서만 유의적인 차이를 보였다. 한편 가수량에 따라 선호하는 밥의 끈기는 입을 사용한 경우와 손가락을 사용한 경우 모두 가수량 1.25배에서 가장 높은 빈도(45.5%)를 나타내어 끈기를 기준으로 한 적정 가수량은 쌀 중량의 1.25배임을 알 수 있었으며 이는 Watanabe *et al.* (1991) 등의 결과와도 일치하였다.

표면장력계를 사용한 밥알 끈기 측정

가수량이 증가할수록 밥알의 끈기는 증가하며 따라서 밥의 조직감은 취반시 가수량에 의해 결정되며 (Kainuma와 Ema, 1987; 금준석 등, 1993; 이영주 등, 1993), 취반시 필요한 가수량은 쌀의 물리, 화학적 성질 및 가열 조건, 가열 방법 등의 취반 조건에 의하여 달라질 수 있다(금준석 등, 1995; 김영경과 안승요, 1996; 김호영 등, 1996).

표면장력계를 사용하여 Lee와 Peleg (1988)의 방법

Table 2. Comparison of objective methods for the stickiness measurement of cooked rice at different water addition levels using a surface tension meter

| Water addition levels (WAL) (ml of water/g rice) | Stickiness (mg) | |
|--|-----------------|---------------|
| | Method A | Method B |
| 1.05 | 2659.8±397.9 A | 193.4±29.64 B |
| 1.15 | 2395.8±367.1 A | 263.0±78.97 B |
| 1.25 | 2065.8±542.4 A | 213.4±86.76 B |
| 1.35 | 2177.6±499.5 A | 356.4±46.72 A |
| 1.45 | 2457.6±875.3 A | 322.8±92.39 A |

(방법 A) 및 본 연구에서 개발한 방법 (방법 B)에 의하여 측정된 가수량에 따른 밥알의 끈기는 Table 2와 같다. 방법 A의 경우 가수량에 따른 끈기의 차이를 식별할 수 없었는데 이는 acryl holder의 하부에 밥알 1개를 장치하고 그 위에 hook에 연결한 밥알 1개를 올려 놓고 핀셋을 사용하여 약 25 g의 힘을 가하여 2개의 밥알을 부착하는 방법으로 이 방법을 사용하려면 실험자의 반복된 훈련이 선행되어야 하며, 실령 훈련자라 하더라도 25 g의 힘을 재현하는 데는 한계가 있고, 따라서 개인오차를 제거할 수 없으므로 정밀도가 낮았다. Lee와 Peleg (1988)은 끈기의 차이가 큰 품종의 쌀을 사용하여 가수량 0.75, 1.13, 1.50, 1.90에서 취반한 쌀의 부착성을 측정하였는데 쌀의 품종에 따른 차이는 측정할 수 있었으나 동일 품종에서는 가수량의 변화를 0.75~1.90으로 본 실험에서 가한 가수량의 범위보다 훨씬 큰 차이를 두었음에도 불구하고 가수량에 따른 끈기의 차이를 식별하는 데는 한계가 있었다. 따라서 동일 품종에서 관능적으로 큰 차이를 보이는 가수량의 범위(1.05~1.45)에서 취반한 밥알의 끈기 차이를 식별할 수 없는 것으로 나타났다.

반면에 본 실험에서 사용한 방법(방법 B)은 acryl holder의 하부에 밥알 1개를 장치하고 그 위에 hook을 연결한 밥알 1개를 measuring arm에 연결하고 measuring arm을 서서히 아래로 이동하여 holder에 부착한 밥알과 서로 닿게 한 후 다시 3 step (0.1 mm/step)을 이동시켜 밥알끼리 접촉하게 함으로서 접촉정도를 일정하게 유지할 수 있으므로 방법 A에 비하여 개인오차를 현저히 줄일 수 있었으며, 따라서 방법 A에 비하여 향상된 정밀도를 얻을 수 있었으며 가수량 1.25 이하와 1.35 이상에서의 끈기 차이를 식별할 수 있었다.

가수량 및 관능검사와의 상관분석

가수량, 관능검사에 의한 끈기, 방법 A 및 방법 B에 의한 끈기간의 상관계수는 Table 3에 나타난 바와

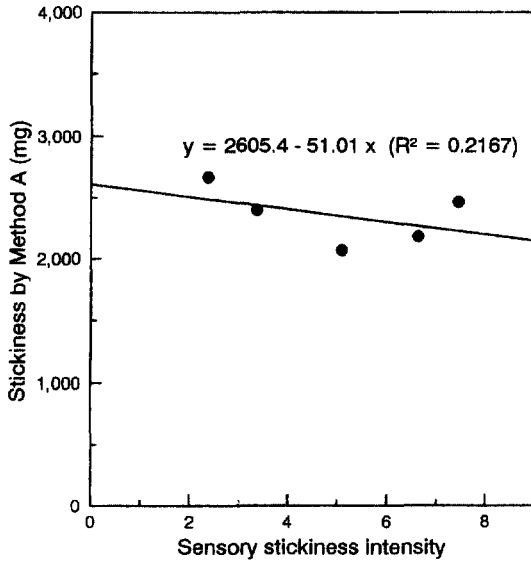
Table 1. Results of sensory analysis of the stickiness of cooked rice with respect to water addition levels

| Water addition level (WAL) (ml of water/g rice) | Mean stickiness intensity* | | Preference frequency (%) | |
|---|----------------------------|---------|--------------------------|--------|
| | mouth | finger | mouth | finger |
| 1.05 | 2.364 D | 2.455 C | 0.0 | 0.0 |
| 1.15 | 3.364 C | 3.545 C | 18.2 | 18.2 |
| 1.25 | 5.091 B | 5.727 B | 45.5 | 45.5 |
| 1.35 | 6.636 A | 7.091 A | 36.4 | 27.3 |
| 1.45 | 7.455 A | 7.636 A | 0.0 | 9.0 |

*Means with same letter(s) are not significantly different at 5% level.

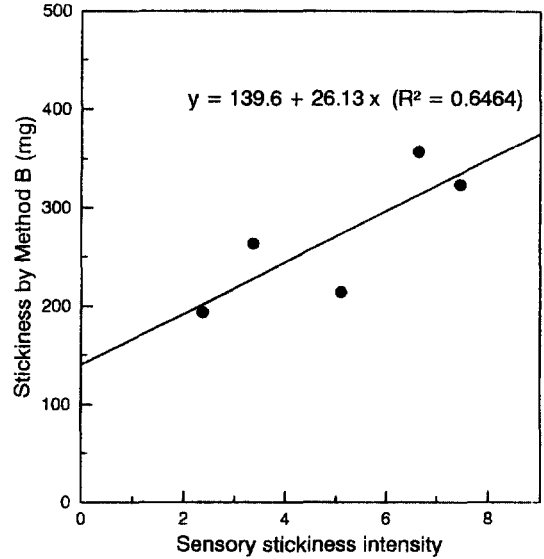
Table 3. Correlation coefficients among water addition level, sensory stickiness intensity and stickiness measured by method A and B

| | Sensory stickiness intensity | Stickiness by Method A | Stickiness by Method B |
|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Water addition level | 0.9936 | -0.4196 | 0.8002 |
| Sensory stickiness intensity | | -0.4655 | 0.8040 |
| Stickiness by Method A | | | -0.2631 |

**Fig. 2. Relationship between sensory stickiness intensity and stickiness measured by method A.**

같이 가수량과 가장 높은 상관관계를 보인 방법은 관능검사로서 상관계수 0.9936을 나타내었으며 방법 A는 -0.4196으로 오히려 부(負)의 상관관계를 보인 반면, 본 연구에서 개발한 방법 B는 상관계수 0.8002를 보여 방법 A에 비하여 월등히 향상된 밥알의 끈기 측정방법임을 알 수 있었다. 한편 관능검사에 의한 끈기와 방법 B간의 상관관계는 0.8040으로 높은 상관성을 보여 방법 B에 의한 밥알의 끈기를 기계적으로 측정하는 방법은 관능검사를 대체할 수 있음을 시사하였다.

관능검사에 의한 입안에서의 끈기와 방법 A에 의해 측정된 밥알의 끈기 간의 관계는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 방법 A에 의하여 측정된 밥알의 끈기는 관능검사 결과를 반영하지 못하여 관능적인 끈기를 기계적으로 측정하는 데는 적합한 방법이 아님을 알 수 있었다. 이에 반하여 본 연구에서 개발한 밥알의 끈기 측정방법(방법 B)은 Fig. 3과 같이 관능검사에 의한 끈기와 정의 상관관계를 나타내어 관능검사 결과를 충실히 반영할 수 있었으며 따라서 밥알의 끈기를 객관적으로 측정할 수 있는 방법임을 확인할 수

**Fig. 3. Relationship between sensory stickiness intensity and stickiness measured by method B.**

있었다.

요 약

표면장력계의 순간적 저항측정 메카니즘을 이용한 경제적이고 정밀·정확한 밥알 끈기의 객관적 측정방법을 개발하여 기존의 방법과 비교하였다. Acryl holder의 하부에 밥알 1개를 장치하고 그 위에 hook을 연결한 밥알 1개를 measuring arm에 연결하고 measuring arm을 서서히 아래로 이동하여 holder에 장치한 밥알과 서로 닿게 한 후 다시 3 step (0.1 mm/step)을 이동시켜 밥알끼리 일정하게 접촉하게 한 후 표면장력 측정 메카니즘을 사용하여 measuring arm을 순간적으로 위로 이동시킬 때 걸리는 저항을 mg으로 측정하는 방법(방법 B)은 기존의 일정한 힘으로 2개의 밥알을 부착하여 측정하는 방법(방법 A)에 비하여 간편하고 정밀하였으며, 가수량 및 관능검사에 의한 끈기와 높은 상관관계를 보였다. 밥알의 끈기를 관능적으로 측정하는 방법은 입으로 측정하는 방법이 손가락으로 측정하는 방법보다 높은 감도를 보였다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 경원대학교 학술연구비 지원을 받아 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

문헌

- 금준석, 이상효, 이현유, 김현정, 남영중, 김길중, 김길환. 1993. 밥공장 자동화를 위한 기술개발 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서. G1041-0366
- 금준석, 이창호, 백경혁, 이상효, 이현유. 1995. 한국산 쌀의 품종별에 따른 전분 및 취반 특성에 관한 연구. 한국식품과학회지. **27**(3): 365-369
- 김명환, 이상규, 김성곤. 1997. 첨가물에 따른 저장 쌀밥의 텍스처 특성. 한국농화학회지. **40**(5): 422-426
- 김영경, 안승요. 1996. Cellulase 처리가 쌀의 이화학적 특성 및 밥의 텍스처 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지. **28**(4): 720-729
- 김호영, 이현덕, 이철호. 1996. 쌀밥의 최적가수량 결정인자에 관한 연구. 한국식품과학회지. **28**(4): 644-649
- 민봉기. 1993. 취반조건이 밥의 조직감에 미치는 영향. 박사학위논문, 서울대학교 대학원
- 이영주, 민봉기, 신명곤, 성내경, 김광옥. 1993. 전기보온밥솥으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성. 한국식품과학회지. **25**(5): 487-493
- Carlson, R.A., R.L. Roberts and D.F. Farkas. 1976. Preparation of quick-cooking rice products using a centrifugal fluidized bed. *J. Food Sci.*, **41**: 1177-1179
- Juliano, B.O. 1979. The chemical of rice grain quality. *Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*. IRRI, Los Banos, Philippines. p69
- Juliano, B.O. 1985. Polysaccharides, protein, and lipids of rice, In: *Rice: Chemistry and Technology*. Juliano, B.O. (ed), Am. Assoc. Cereal. Chem., St. Paul, MN, U.S.A. p59
- Kainuma, Y. and S. Ema. 1985. The effect of ratio of water to rice on cooking. *日本家政學會誌*. **38**: 567
- Lee, S.-J. and M. Peleg. 1988. Direct measurement of the attractive force between individual cooked rice grains of sticky and flaky cultivars. *J. Food Sci.* **53**(4): 1113-1115
- Maningat, C.C. and B.O. Juliano. 1980. Starch lipids and their effect on rice starch properties. *Stärke*. **32**: 76
- SAS Institute, Inc. 1985. SAS User's Guide: Statistics, version 5 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
- Tsuji, S. 1981. Texture measurement of cooked rice kernels using a multiple-point mensuration method. *J. Texture Stud.* **12**: 93-105
- Watanabe, M., E. Arai, K. Honma, and S. Fuke. 1991. Improving the cooking properties of aged rice grains by pressurization and enzymatic treatment. *Agric. Biol. Chem.* **55**: 2725-2731