

Research Note

## 텍스처 분석기를 활용한 즉석밥 물성 측정 방법의 상호 비교

김희수 · 오임경 · 양선경 · 이수용\*

세종대학교 식품생명공학과

### A Comparison of Rheological Measurement Methods of Instant Cooked Rice by a Texture Analyzer

Heesu Kim, Im Kyung Oh, Seonkyeong Yang, and Suyong Lee\*

Department of Food Science & Biotechnology, Sejong University

#### Abstract

Various rheological methods to measure the hardness of instant cooked rice by a texture analyzer were investigated and compared. Specifically, instant white rice samples with a wide range of hardness were subjected to four different rheological tests with disk, cylinder, rod, and cone probe whose results were inter-correlated. All the measurements demonstrated that the hardness of instant rice was reduced with increasing moisture content and showed negatively linear relationships. Out of the four tests applied in this study, the highest coefficient of correlation ( $R^2 = 0.9268$ ) was observed distinctly in the cone probe test, where both compressive and shear forces can be applied to deform individual rice grains. However, the cylinder probe test had the lowest coefficient of correlation ( $R^2 = 0.7247$ ) because it may be ineffective in causing direct deformation of individual rice grains. Furthermore, when the hardness values (N) were converted to stress (Pa), highly linear correlations ( $R^2 \approx 0.99$ ) were observed between the tests with similar probe geometry and force application.

**Key words:** instant rice, rheology, hardness, correlation, texture

## 서 론

쌀은 세계 3대 곡류 중 하나로서 도정 후 분쇄하여 가루 형태로 이용되기도 하지만 아직까지 주식인 밥의 형태로 소비되고 있다. 식생활의 서구화로 인하여 쌀의 소비는 급격하게 감소하고 있지만 가정간편식(HMR, home meal replacement) 시장이 커지면서 즉석밥, 냉동밥 등의 밥 관련 제품 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 가정간편식 시장은 라면을 제외할 경우 2017년 2.2조의 규모로서 전체 식품 카테고리에서 가장 높은 성장속도를 보여주고 있는데 특히, 냉동밥, 상품밥 등 밥 관련 제품들이 높은 성장률을 보여주고 있다(Lee, 2017). 이러한 식품 산업의 발전 추세에 따라 정확한 공정 제어 및 제품 관리를 통하여 소비자가 원하는 밥의 물성을 일관되게 구현하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해 밥의 물성을 객관적으로 측정하는 것이

필요하다.

식품의 물성을 측정하기 위해 다양한 방법 및 기기들이 개발되어 사용되고 있지만, 아직까지 공인된 방법은 없는 실정이고 밥의 경우도 그 예외가 아니다. 식품의 물성 측정 시 일정한 형태로 만들 수 있는 두부, 케이크, 치즈 등의 식품은 비교적 그 시료 준비가 용이하여 다양한 측정 기법들이 적용되고 있다. 하지만, 밥의 경우 많은 연구들이 관능평가(Kim & Kim, 2007; Lee et al., 2010)에 의존하고 있는 실정이다. 텍스처 분석기(texture analyzer) 등의 기기를 활용한 밥의 물성 측정도 수행되고 있지만 알갱이 형태 및 끈적끈적한 특성으로 인하여 제한된 물성 측정법이 보고되고 있다. 예로, 동일한 양의 밥을 원기둥 형태의 용기에 넣고 압축하거나(Park et al., 2005; Han et al., 2008), 일정 개수의 밥알을 압축하는 방법(Hwang et al., 2010; Yoon et al., 2012)이 사용되고 있다. 하지만, 아직까지도 밥의 물성을 효과적으로 측정하기 위한 다양한 시도는 부족하며, 측정 방법에 따라 다른 수치 값을 나타내고 있어 상호 비교 분석이 어려운 실정이다. 아울러, 끈적끈적한 특성부터 고들고들한 특성을 가진 밥 시료를 균일하게 준비하기 위한 실험적 절차도 개선되어야 한다.

본 연구에서는 다양한 경도를 가진 즉석밥을 4가지의 다

\*Corresponding author: Suyong Lee, Department of Food Science & Biotechnology, Sejong University, 209 Neungdong-ro Gwangjin-gu, Seoul, 05006, Korea  
Tel: 82-2-3408-3227; Fax: 82-2-3408-4319  
Email: suyonglee@sejong.ac.kr  
Received September 6, 2018; revised October 8, 2018; accepted October 15, 2018

른 probe (disk, cylinder, rod, cone probe)를 사용한 물성 측정법에 적용하여 즉석밥의 경도를 측정하였다. 그리고, 즉석밥의 수분함량과 경도와의 상관관계를 분석하여 각 물성 측정 방법의 특징을 분석하였고, 밥 시료의 경도를 응력(stress)으로 전환시켜 다양한 물성학적 측정 기법 사이의 상관관계를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

즉석밥 시료는 쌀 자체 특성 및 조리 방법에 따른 영향을 배제하기 위하여 동일 배치(batch)에서 생산된 멥쌀 즉석밥(cooked white rice, CJ Co., Seoul, Korea)을 구입하여 사용하였다. 다양한 경도를 가진 즉석밥을 제조하기 위한 조리방법으로서 전자레인지(MW735WB, Samsung Co., Newark, NJ, USA)와 데치기 처리를 이용하였고, 처리 시간은 예비 실험을 통하여 결정하였다. 먼저, 전자레인지 700 W에서 2분간 조리한 후, 2시간 실온에서 밀봉 방치된 즉석밥(200 g)을 중간 경도 시료로 사용하였다. 그 후 이 시료를 동일한 전자레인지(Samsung Co.)에서 각각 0, 2, 4 분 추가 조리 후 24시간 냉장 보관하여 높은 경도의 시료 3종을 제조하였다. 또한, 즉석밥(200 g)을 끓는 물(3,000 mL)에 1초, 12분, 30분 동안 데치기하여 낮은 경도의 시료 3종 제조하여 총 7가지의 경도를 가진 즉석밥 시료를 준비하였다.

### 밥의 경도 측정

즉석밥의 경도 특성은 500 N의 로드셀(load cell)을 갖춘 텍스처 분석기(TA.XT plus, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 사용하여 분석하였다. 4가지의 다른 probe (disk, cylinder, rod, cone probe)를 사용하여 아래와 같은 조건에서 각각 분석한 후 얻어진 힘-거리 그래프의 최대 힘 값을 경도(hardness)로 나타내었다.

Disk probe 측정법은 Hwang et al. (2010)의 방법을 토대로 각 즉석밥 시료에서 밥알 5개를 핀셋을 사용하여 옮기고, disk 형태의 probe (지름 50 mm)를 사용하여 60 mm/min의 속도로 40% 변형률(strain)이 되도록 압축하였다.

Cylinder probe 측정법은 Park et al. (2005) 및 Universal Design Foods (Japan Care Food Conference, 2018) 방법을 토대로 진행하였다. 먼저, 일정한 용기(지름 40 mm, 높이 25 mm)에 즉석밥 시료를 높이 15 mm가 되도록 담았다. 그 후, cylinder 형태의 probe (지름 20 mm, 높이 35 mm)를 600 mm/min의 속도로 용기 바닥과의 간격(clearance)이 5 mm가 되도록 압축하였다.

Rod probe 측정법에서는 가운데 6 mm의 구멍이 뚫린 일정한 용기(가로 26 mm, 세로 26 mm)에 즉석밥 시료를 높이 15 mm가 되도록 담았다. 그 후, rod 형태의 probe (지

름 5 mm)가 즉석밥 시료를 뚫고 통과할 수 있을 때까지 100 mm/min의 속도로 내려 주었다.

Cone probe 측정법은 Basu et al. (2010)의 방법을 토대로 밥의 물성 측정에 적합하도록 예비실험을 통해 개선되었다. 이 측정법은 90°의 각도를 갖는 perspex 재질의 cone probe와 이 cone probe와 정확히 들어맞는 용기로 구성되어 있다. 즉석밥 시료 4 g을 용기에 담아 위를 평평하게 다진 다음, cone probe를 100 mm/min의 속도로 용기 바닥과의 간격(clearance)이 2 mm가 되도록 압축하였다.

### 밥의 수분 함량 측정

즉석밥의 수분 함량은 시료를 105°C 열풍건조기(OF-12GW, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에 넣고 항량이 될 때까지 건조하여 측정하였다.

### 통계 처리

모든 실험은 5회 이상 반복되었으며, 얻어진 실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 또한, 측정방법 사이의 연관성을 알아보기 위해 SPSS (Version 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 Pearson 상관계수(correlation coefficient)를 구하였다.

## 결과 및 고찰

Fig. 1은 즉석밥의 경도 측정을 위해 시도된 4가지 측정 방법을 보여주고 있다. Fig. 1(a)에서 보여주고 있는 disk probe 방법의 경우 일반적으로 식품을 어금니로 저작(mastication)할 때의 환경과 유사한 방법으로서, 기존 연구(Hwang et al., 2010; Yoon et al., 2012)에서 보편적으로 사용되고 있다. 하지만, 한번에 섭취하는 밥의 양에 비하여 매우 적은 수의 밥알을 측정하기 때문에 전체 시료를 대표하기에는 부족함이 있고, 무엇보다도 측정을 위해 개별 밥알 시료를 골라 텍스처 분석기에 올려놓을 때 어려움이 존재한다. Fig. 1(b)의 경우 일정한 용기에 밥 시료를 넣고 cylinder probe를 사용하여 압축하는 방법으로서 특히, 일본에서 고령자 식품의 물성을 측정하는 Universal Design Food (UDF) 방법(Japan Care Food Conference, 2018)에 해당한다. 시료를 담은 용기가 있어 시료 준비가 매우 용이할 뿐 아니라 즉석밥을 가열 조리 후 부가적인 시료 준비 없이 포장 용기 상태로 바로 측정이 가능하다. 하지만, 용기 바닥과의 간격(clearance)을 5 mm로 유지하기 때문에 압축을 하더라도 밥과 같은 작은 알갱이에 개별 변형을 가할 수 없는 한계가 존재한다. Rod probe를 사용하는 측정 방법은 Fig. 1(c)에서 보여주고 있다. 이 방법의 경우 입안에서 송곳니 등을 통해서 식품을 저작하는 환경과 유사한 방법으로서 모양이 불규칙한 식품에 쉽게 적용이 가능하여 다양한 식품에 적용 가능하다. 덩어리 형태의 시료는

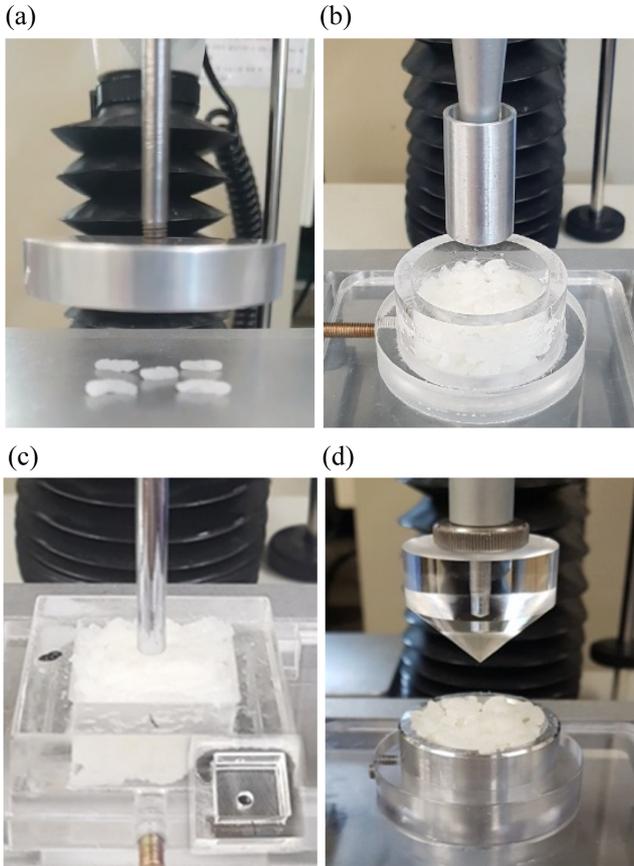


Fig. 1. Experimental scheme of hardness measurement of instant rice: (a) disk probe, (b) cylinder probe, (c) rod probe, and (d) cone probe.

평평한 판 위에 놓고 경도를 측정할 수 있고, 두께가 얇은 시료의 경우 중앙에 구멍이 뚫린 판을 사용하면 측정이 가능하다. 마지막으로 Fig. 1(d)는 cone probe를 사용하는 방법으로서 일반적으로 잼(Basu & Shivhare, 2010), 버터(Basu & Shivhare, 2010), 스프레드(Basu & Shivhare, 2010) 등의 퍼짐성을 측정하는 방법에 제한적으로 사용되고 있지만, 본 연구에서 처음으로 밥의 경도 측정에 적용되었다. 일정 시료를 담을 수 있어 시료 준비가 용이하고 무엇보다도, 시료를 눌러 힘을 가하면 압축(compression) 및 용기 벽을 따라 전단(shear) 변형을 가할 수가 있어 시료의 복합 변형이 가능하다.

4가지 다른 방법을 사용하여 즉석밥 시료의 최대 경도값을 측정하였고 그 결과를 Fig. 2에서 보여주고 있다. 특히, 즉석밥 시료의 수분 함량에 따른 경도를 비교하였다. Fig. 2(a)는 disk probe를 사용하여 얻어진 결과로서, 높은 수분 함량을 가진 시료의 경우 개별 밥알을 채취하여 측정하는데 어려움이 존재하여 수분 함량 83%의 시료는 측정에서 제외하였다. 시료의 수분함량에 따라  $R^2=0.8844$ 의 비교적 높은 선형도를 보여주고 있어 시료의 경도를 비교적 잘 측정할 수 있는 방법이라고 판단된다. 하지만, 높은 수분 함량의 시료 하나가 측정에서 제외되었듯이 밥알 형태를 유지하지 못하는 시료(죽 등)의 경우에는 적합하지 않는 것으로 판단된다. Fig. 2(b)는 cylinder probe를 사용하여 측정된 결과로서 수분함량에 따른 경도와와의 관계가  $R^2=0.7247$ 로서 측정 방법 중 가장 낮은 선형성을 보여주었다. 이러한 결과는 Fig. 1에서 언급되었던 것과 같이, 측정 방

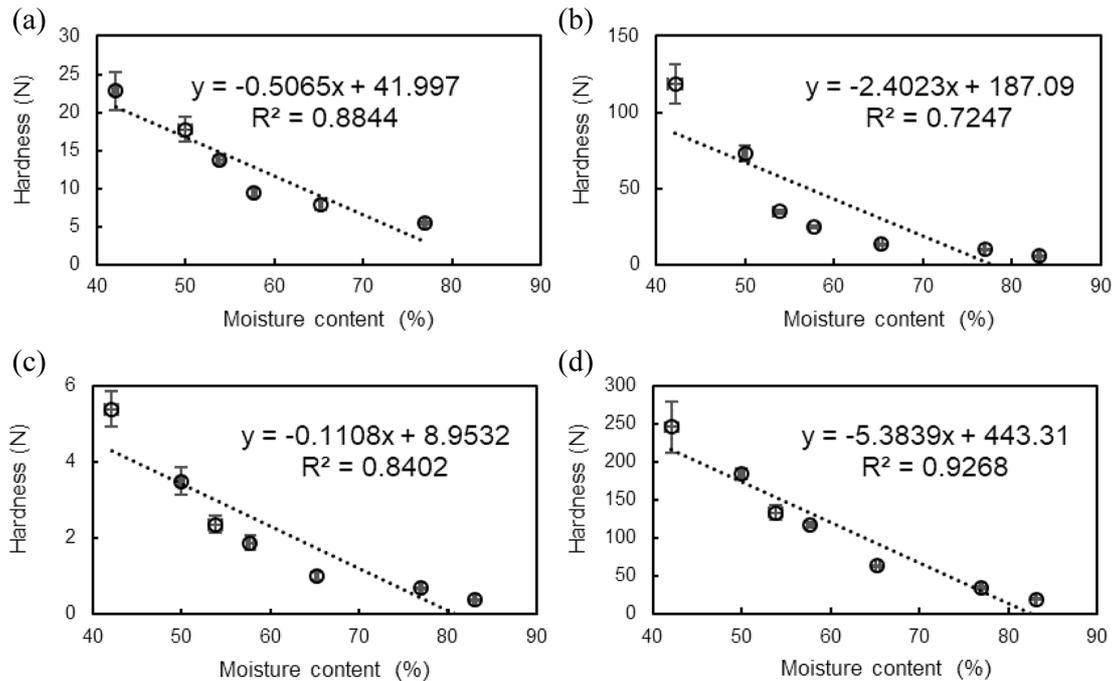


Fig. 2. Instrumental hardness of instant rice depending on moisture content: (a) disk probe, (b) cylinder probe, (c) rod probe, and (d) cone probe.

법의 특성 상 시료 전체를 압축시킬 뿐, 개별 밥알을 압축시키지 못하기 때문에 밥의 경도 측정 시 그 한계가 나타난 것으로 판단된다. Rod probe를 사용한 경우 수분함량에 따른 밥의 경도가  $R^2=0.8402$ 에 이르는 관계식을 보여주고 있어, disk probe와 유사한 선형 관계를 보여주고 있다 (Fig. 2c). 이는 rod probe가 판에 뚫린 구멍을 지나면서 압축력과 전단력을 통해 밥 알갱이를 개별적으로 변형시킬 수 있기 때문으로 판단된다. 하지만, rod probe의 경우 시료와의 접촉면적이 작아 시료가 유동성이 있거나, 경도가 매우 낮을 경우에는 측정하는데 어려움이 있을 수 있고, 시료의 불균일성이 클 경우 좀 더 많은 반복실험이 필요하다. 마지막으로 Fig. 2(d)는 cone probe를 사용 시 얻어진 결과를 보여주고 있다. 흥미롭게도  $R^2=0.9268$ 으로 4가지 probe를 사용한 결과 중 가장 높은 선형도를 보여주고 있다. 이것은 용기 바닥과의 간격(clearance)이 2 mm가 되도록 시료를 눌러 disk probe 방법과 같이 개별 시료 알갱이를 변형시킬 수가 있기 때문으로 판단된다. 특히, Fig. 1(d)에서 언급되었던 것처럼 시료를 압축 시 cone probe가 용기 표면을 비스듬히 지나감으로써 압축력과 전단력이 동시에 작용하여 밥 시료의 경도를 보다 효율적으로 측정할 수 있는 것으로 판단되어, 수분함량에 따른 밥 시료의 경도 차이를 가장 정확하게 나타내고 있다. 아울러, cylinder probe 방법과 마찬가지로 일정한 용기 형태로 되어 있어 일정량의 밥 시료를 용이하게 준비할 수 있고, 죽 등과 같이 유동성이 있는 시료에서부터 고두밥과 같이 밥 알갱이가 고들고들한 시료에도 적용할 수 있어 그 범용성이 크다고 할 수 있다.

식품의 물성을 분석하기 위해 사용되는 다양한 기기들은 일반적으로 물리량에 대한 정보를 제공하는데 이를 토대로 식품의 물성을 연관시킬 수가 있다. 특히, 식품을 변형시키는데 필요한 힘(force)을 측정하는 방법이 널리 사용되고 있다. 하지만, 측정하는 방법에 따라서 probe의 형태, 모양 등이 다를 경우 같은 시료라도 힘 값이 달라지기 때문에, 물성학적 관점에서는 N (또는 Kg)을 단위로 사용하기 보다는 힘이 작용하는 물체의 접촉 면적을 고려하여  $N/m^2$ 의 단위를 갖는 응력(stress)을 사용하고 있다(Lee & Kim, 2017). 따라서, Fig. 2에서 얻어진 결과를 응력의 형태로 나타내어 사용 probe에 따른 경도 결과를 상호 비교하였고 그 결과는 Fig. 3에서 보여주고 있다. 하지만, 4가지 방법 중 disk probe를 사용 시 밥알과의 접촉면적이 명확하지 않아 응력으로의 전환이 부정확할 수 있어 cylinder, rod, cone probe를 통해서 얻어진 3가지 결과만을 비교하였다. 측정값을 N 단위로 표현 시 전체 시료에 대한 경도 범위는 0.03-300 N으로 4 log cycle에 해당하는 넓은 범위를 보였지만,  $N/m^2$ 의 단위를 갖는 응력으로 전환 시  $1.0 \times 10^4$ - $4.0 \times 10^5 N/m^2$  범위의 2 log cycle 이내로 범위로 줄어들었는데 Fig. 3은 3가지 측정 방법에 대한 Pearson 상관관계

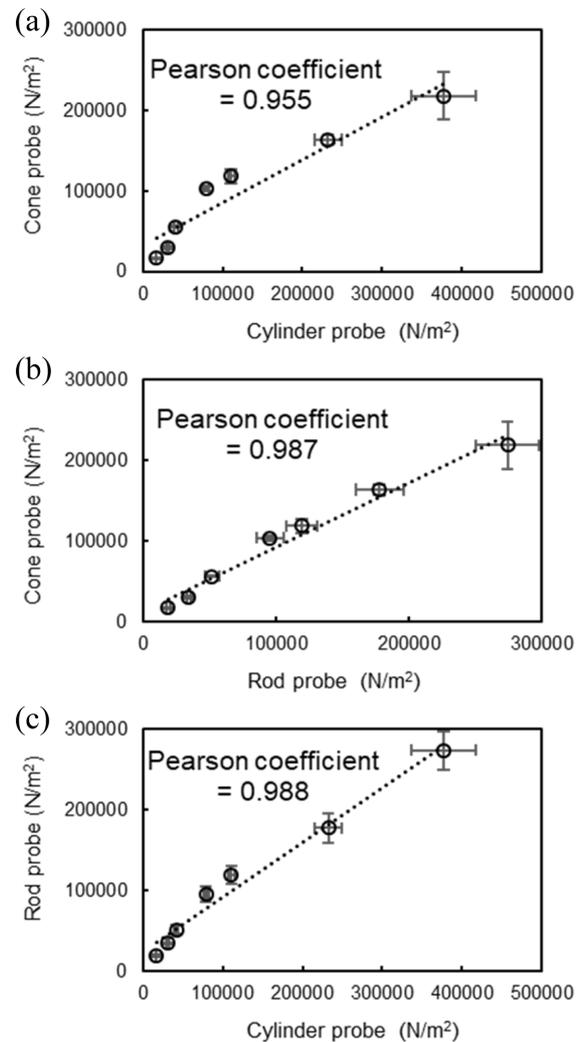


Fig. 3. Pearson correlation coefficients of stress between rheological methods of instant rice: (a) cone vs cylinder probe, (b) cone vs rod probe, and (c) rod vs cylinder probe.

를 보여주고 있다. 모두 상관계수가 1.0에 가까운 값을 보여 유의적으로 측정방법 사이에 매우 높은 상관관계를 나타내고 있다. 특히, cone과 cylinder probe에 비하여 cone과 rod probe 방법 그리고 rod와 cylinder probe 방법 사이에 더 높은 상관관계를 보여주고 있어, 사용하는 probe의 형태 또는 작용하는 힘의 유사성에 따라 좀 더 높은 상관관계를 보여주었다.

## 요 약

즉석밥의 물성을 효율적으로 측정하기 위한 방법을 모색하고자 다양한 경도를 가진 즉석밥을 대상으로 4가지 다른 물성 기법을 적용하고 그 경도 결과를 비교 분석하였다. 이를 위해 disk, cylinder, rod, cone probe를 사용한 물성 측정법을 즉석밥에 적용하여 이들의 상관관계를 조사하였

다. 모든 측정 방법에 대하여 수분함량에 따른 경도와의 상관관계를 분석한 결과 비교적 높은 음의 선형관계를 보여 주어 수분함량이 증가할수록 경도가 감소하는 패턴을 명확히 보여주었다. Cone probe 측정법의 경우 압축력과 전단력을 통한 개별 밥알 시료의 변형이 가능하여 가장 높은 상관관계를 보여주었고, disk probe 측정법 또한 높은 양의 상관관계를 보였지만 죽과 같이 유동성을 가진 시료에는 적용이 어려웠다. 더 나아가 측정된 힘 값을 응력 형태로 전환시켜 상호 비교한 결과 cone과 rod probe 방법 그리고 rod와 cylinder probe 방법의 Pearson 계수가 0.9에 가까운 높은 상관관계를 보여주었다. 본 연구를 통하여 얻어진 결과는 즉석밥의 물성 측정을 위한 다양한 기법을 좀 더 이해하는데 기여할 수 있을 것으로 판단되며, 다양한 형태의 즉석밥을 개발하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 아울러, 본 연구를 통해서 얻어진 기계적 측정 결과와 관능 평가 결과를 연관 지을 수 있다면 실제 식품 산업에서 활용될 수 있는 보다 의미 있는 결과를 제공할 수 있어 이에 대한 후속 연구가 필요하다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 R&D 어젠다 연구개발사업(PJ012436) 및 농림식품기술기획평가원 고부가가치식품기술개발사업(115003033WT011)의 지원에 의해 이루어짐.

### References

- Basu S, Shivhare US. 2010. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *J. Food Eng.* 100: 357-365.
- Han GJ, Park HJ, Lee HY, Park YH, Cho YS. 2008. Cooking techniques to improve the taste of cooked rice; Optimal cooking conditions for top rice cultivars. *Korean J. Food Cook Sci.* 24: 188-197.
- Hwang TJ, Lee WJ, Shin JC, Kim YJ, Kim SS. 2010. Texture, pasting and thermal properties of lodged rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 292-297.
- Japan Care Food Conference. 2018. Universal Design Foods. Available from: [https://www.udf.jp/about\\_udf/section\\_01.html](https://www.udf.jp/about_udf/section_01.html). Accessed Aug. 29. 2018.
- Kim DH, Kim HS. 2007. Sensory profiles of cooked rice, including functional rice and ready-to-eat rice by descriptive analysis. *Korean J. Food Cook Sci.* 23: 761-769.
- Lee DY. 2017. Growth of food industry from change of consumer's living environment : HMR market growth factor. *Food Sci. Ind.* 50: 33-38.
- Lee SH, Kim MY, Kim HY, Ko SH, Shin MS. 2010. Comparison of rice properties between rice grown under conventional farming and one grown under eco-friendly farming using hairy vetch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1684-1690.
- Lee SY, Kim YR. 2017. *Food Rheology: Principle and Application*. Soohaksa, Seoul, Korea.
- Park JD, Cho BK, Kum JS, Lee HY. 2005. Quality properties of cooked germinated-brown rice. *Korean J. Food Preserv.* 12: 101-106.
- Yoon MR, Oh SK, Lee JH, Kim DJ, Choi IS, Lee JS, Kim CK. 2012. Varietal variation of gelatinization and cooking properties in rice having different amylose contents. *Korean J. Food Nutr.* 25: 762-769.