

연구노트

기기적 측정조건을 달리하여 측정된 쌀밥의 조직감 특성 변화

최원석* · 서한석¹

한국교통대학교 식품공학과, ¹아칸소대학교 식품과학과

Variations in the texture properties of cooked rice as a function of instrumental parameter conditions

Won-Seok Choi* and Han-Seok Seo¹

Department of Food Science and Technology, Korea National University of Transportation

¹Department of Food Science, University of Arkansas

Abstract This study aimed to examine variations in the texture profile analysis (TPA) of cooked rice in relation to the instrumental parameter conditions. The TPA of four types of ready-to-eat, white rice products was conducted in two levels of compression ratio (30 and 70%) and cross-head speed (0.5 and 1.0 mm/s). The properties of the four rice products significantly or non-significantly differed, depending on the instrumental parameter condition. Agglomerative hierarchical clustering, based on the five TPA properties such as hardness, adhesiveness, cohesiveness, chewiness, and springiness, revealed that clustering of the four rice products varied with the instrumental parameter condition. Additionally, the ratio of adhesiveness to hardness, an index of rice texture quality, showed a variation depending on the two instrumental parameter conditions. In conclusion, our findings demonstrate that the texture profile, texture-based sample clustering, and the ratio of adhesiveness to hardness vary with the compression ratio and cross-head speed in the TPA.

Keywords: cooked rice, texture profile analysis, compression ratio, cross-head speed

서론

밀, 옥수수과 더불어 세계 3대 곡물 중 하나인 쌀은 한국을 포함한 아시아에서 오래전부터 재배되어 온 주요 주식작물이다. 한국에서 쌀의 재배면적은 2002년 이후 2015년까지 지속적으로 감소하고 있으나 쌀의 생산량은 크게 감소하고 있지 않아 단위면적당 생산량은 오히려 증가하고 있다. 쌀의 생산량은 전체 농업 총생산액의 약 18% 정도를 차지하고 있고, 최근 들어서 즉석쌀밥을 포함하여 쌀을 이용한 다양한 가공식품이 개발되고 있는 등 쌀의 중요성은 여전히 높다(1).

건강과 웰빙에 대한 관심이 고조되면서 소비자들은 쌀의 기능성과 관능적 측면에 보다 많은 관심을 보이고 있다. 이에 따라, 농민단체, 학계, 그리고 산업체에서는 관능적 기호도가 높은 쌀 품종을 육종 및 재배하고, 쌀밥의 관능적 기호도를 높일 수 있는 조리기구와 조리조건을 고안하는데 노력을 기울이고 있다. 쌀밥의 관능적 기호도는 조직감(45.8%)과 향미(21.9%) 특성에 가장 큰 영향을 받는 것으로 조사되어 있고(2), Lee와 Park(3)은 한국 소비자들 이 ‘말랑말랑’, ‘쫄깃쫄깃’, ‘부드러운’ 조직감 특성을 갖는 쌀밥을 선호한다고 보고하였다.

쌀밥의 조직감 측정은 사람의 감각기관을 활용한 관능검사뿐만 아니라 texture analyser, rheometer 그리고 instron 등의 기기로도 측정이 가능하다. 쌀밥 조직감의 기기적 측정은 여러 연구자들에 의해 수행되어 왔는데, 측정 시 대부분 낱알 2개(4), 3개(5), 10개(6), 또는 일정량의 쌀밥(7)을 대상으로 조직감을 측정하였다. 특히 한국에서는 여러 논문들이 낱알 2개 또는 3개를 대상으로 측정하였고, 반면에 기기의 측정조건(압착율, 탐침이동속도 등)은 매우 다양했던 것으로 조사되었다(8). 따라서 기기를 활용한 쌀밥의 조직감 측정에 관한 많은 연구가 보고되어 있음에도 불구하고, 기기 측정조건이 동일하지 않고, 측정조건을 실험여건에 맞게 참고문헌조건과는 다르게 일부 변경한 경우도 있어, 기존 연구문헌들의 수치결과를 직접 비교하는 것은 매우 어려운 실정이다. 더불어 앞서 언급된 조직감측정 기기들은 관능적 측정값과 상관성이 높고, 또한 객관성을 주목적으로 설계된 모방(imitation)적 측정기기들로(9), 측정조건의 변화에 따라 결과값들이 매우 유동적임에도 불구하고, 여러 논문에서 특정압착율과 탐침이동속도에서 측정된 결과값만으로 시료간 조직감 유의차를 언급하는 경우가 있어, 이는 다소 무리가 있다하겠다.

따라서 본 논문에서는 조직감 측정에 널리 사용되고 있는 모방적 측정기기의 하나인 texture analyser를 사용하여, 대표적 측정조건 변수인 압착율과 탐침이동속도를 달리하여 측정하는 것이 쌀밥의 시료간 조직감특성에 어떠한 유사성과 상이성을 보이며, 결과적으로 시료간 조직감 유의차에 어떠한 영향을 미치는지에 대해, 텍스처 프로파일 분석(texture profile analysis; TPA), 계층적 군집분석(agglomerative hierarchical clustering)과 ‘점착성/경도’ 비율 측정을 통해 알아보려고 하였다.

*Corresponding author: Won-Seok Choi, Department of Food Science and Technology, Korea National University of Transportation, jeungpyeong-gun, Chungbuk 27909, Korea
Tel: 82-43-820-5249
Fax: 82-43-820-5240
Email: choiws@ut.ac.kr
Received May 26, 2016; revised June 25, 2016;
accepted June 27, 2016

재료 및 방법

시료 및 방법

경기도 용인시내에 위치한 대형마트에서 시판되고 있는 4종류 (cooked rice a; CRA, cooked rice b; CRB, cooked rice c; CRC, cooked rice d; CRD)의 즉석 흰쌀밥 제품을 본 연구의 실험재료로 사용하였다. 각각의 즉석 흰쌀밥 제품을 전자레인지 (MW235, 700W, LG Electronics Inc., Changwon, Korea)를 사용하여 포장용기에 표시된 조리방법에 따라 2-3분 가열 후, 상온 (20°C)에서 2-3분 식혀 사용하였다.

텍스처 프로파일 분석

국내에서 보편적으로 사용되고 있는 Okabe의 3립 방법(5)으로 texture analyser (TA-XT2i, Stable Micro System Ltd., Godalming, Surrey, U.K.)를 사용하여 텍스처 프로파일 분석을 수행하였다(10). 지름 20 mm의 투명합성수지(lucite) 재질의 실린더 탐침(cylinder probe)을 사용하였으며, 압착 비율은 30%와 70%, 탐침 이동속도는 0.5 mm/s와 1.0 mm/s의 조건으로 실험을 수행하였다. 텍스처 프로파일 분석시 도출되는 여러 항목(parameter) 중 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness) 및 탄성(springiness)을 본 연구에서 사용하였다. 각 조건별로 시료당 5회 이상 반복 측정하였다.

통계분석

본 연구의 측정결과에 대한 통계분석은 SPSS 통계프로그램 (version 23.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 및 XLSTAT 프로그램(Addinsoft, New York, NY, USA)을 사용하였다. 각 조직감 특성에 있어서, 측정조건별 4종류 시료들의 조직감 특성에 대한 유의적 차이를 분석하기 위해 일원배치 분산분석(analysis of variance)을 95% 신뢰수준에서 수행하였다. 시료간 유의적 차이가 있을 경우, 던컨의 다중유의성검정(Duncan's multiple range test)를 사용하여 사후분석을 하였다. 또한, 측정조건별 4종류 시료들이 조직감 특성에 따라서 어떻게 군집화 되는지 알아보기 위하여 계층적 군집분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

측정조건에 따른 즉석쌀밥 제품의 TPA 결과 변화

측정조건에 따른 4종류의 즉석쌀밥 시료들에 대한 경도, 점착성, 응집성, 씹힘성 및 탄성을 측정한 결과는 Table 1과 같다

30% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건으로 측정 시, 경도, 응집성, 씹힘성에서만 4종류의 즉석쌀밥 시료들 간 유의적인 차이가 발생하였다. 이러한 경향은 70% 압착율과 1.0 mm/s의 측정조건에서도 유사하게 나타났다. 하지만, 구체적 시료간 유의적 차이는 측정조건에 따라 차이점을 보였다. 예를 들면, 경도에 있

Table 1. Variations in the textural properties of the four cooked rice samples as a function of compression ratio and cross-head speed in the texture profile analysis

Instrumental test condition ¹⁾	Cooked rice samples			
	CRA ⁴⁾	CRB	CRC	CRD
30%, 0.5 mm/s				
Hardness (g)	223.92±15.87 ^{2)a,3)}	176.47±19.26 ^b	148.34±33.42 ^b	229.11±14.37 ^a
Adhesiveness (g)	48.44±23.92 ^a	45.23±7.59 ^a	47.86±16.56 ^a	47.86±16.56 ^a
Cohesiveness	0.77±0.01 ^a	0.74±0.02 ^{1)ab}	0.71±0.03 ^b	0.77±0.03 ^a
Chewiness (g)	155.40±13.63 ^a	107.79±21.02 ^b	92.40±21.66 ^b	153.03±20.24 ^a
Springiness	0.90±0.04 ^a	0.83±0.09 ^a	0.88±0.02 ^a	0.86±0.04 ^a
70%, 0.5 mm/s				
Hardness	1791.60±165.79 ^b	1945.73±314.32 ^{ab}	1129.15±107.7 ^c	2244.66±213.85 ^a
Adhesiveness	155.02±32.80 ^a	194.04±34.38 ^a	179.14±69.31 ^a	209.07±53.10 ^a
Cohesiveness	0.42±0.03 ^{ab}	0.44±0.02 ^a	0.44±0.02 ^a	0.44±0.04 ^{ab}
Chewiness	467.62±107.85 ^b	597.14±149.60 ^{ab}	280.83±72.13 ^c	773.28±159.22 ^a
Springiness	0.62±0.07 ^b	0.69±0.07 ^{ab}	0.61±0.12 ^b	0.78±0.07 ^a
30%, 1.0 mm/s				
Hardness	188.26±20.77 ^{ab}	196.87±16.16 ^{ab}	164.99±25.89 ^b	215.72±28.99 ^a
Adhesiveness	23.28±10.32 ^{ab}	40.32±21.98 ^a	25.81±11.39 ^{ab}	18.65±8.75 ^b
Cohesiveness	0.78±0.03 ^a	0.78±0.02 ^a	0.68±0.02 ^b	0.76±0.03 ^a
Chewiness	122.62±17.95 ^{ab}	133.72±12.58 ^a	98.39±20.63 ^b	141.09±24.38 ^a
Springiness	0.83±0.05 ^a	0.88±0.04 ^a	0.88±0.07 ^a	0.86±0.06 ^a
70%, 1.0 mm/s				
Hardness	2095.07±343.19 ^b	1825.31±200.05 ^{bc}	1617.56±238.73 ^c	2513.50±231.35 ^a
Adhesiveness	89.88±23.88 ^a	126.74±28.42 ^a	132.59±37.02 ^a	133.20±34.21 ^a
Cohesiveness	0.47±0.02 ^a	0.44±0.01 ^b	0.44±0.01 ^b	0.45±0.02 ^{ab}
Chewiness	653.26±158.93 ^{ab}	612.95±74.73 ^{ab}	535.45±133.70 ^b	818.49±158.38 ^a
Springiness	0.71±0.08 ^a	0.77±0.03 ^a	0.75±0.10 ^a	0.72±0.08 ^a

¹⁾Compression rate (%), cross-head speed (mm/sec)

²⁾Mean±standard deviation

³⁾Means with different letters in a row represent a significant difference at $p < 0.05$.

⁴⁾CRA; cooked rice a, CRB; cooked rice b, CRC; cooked rice c, CRD; cooked rice d.

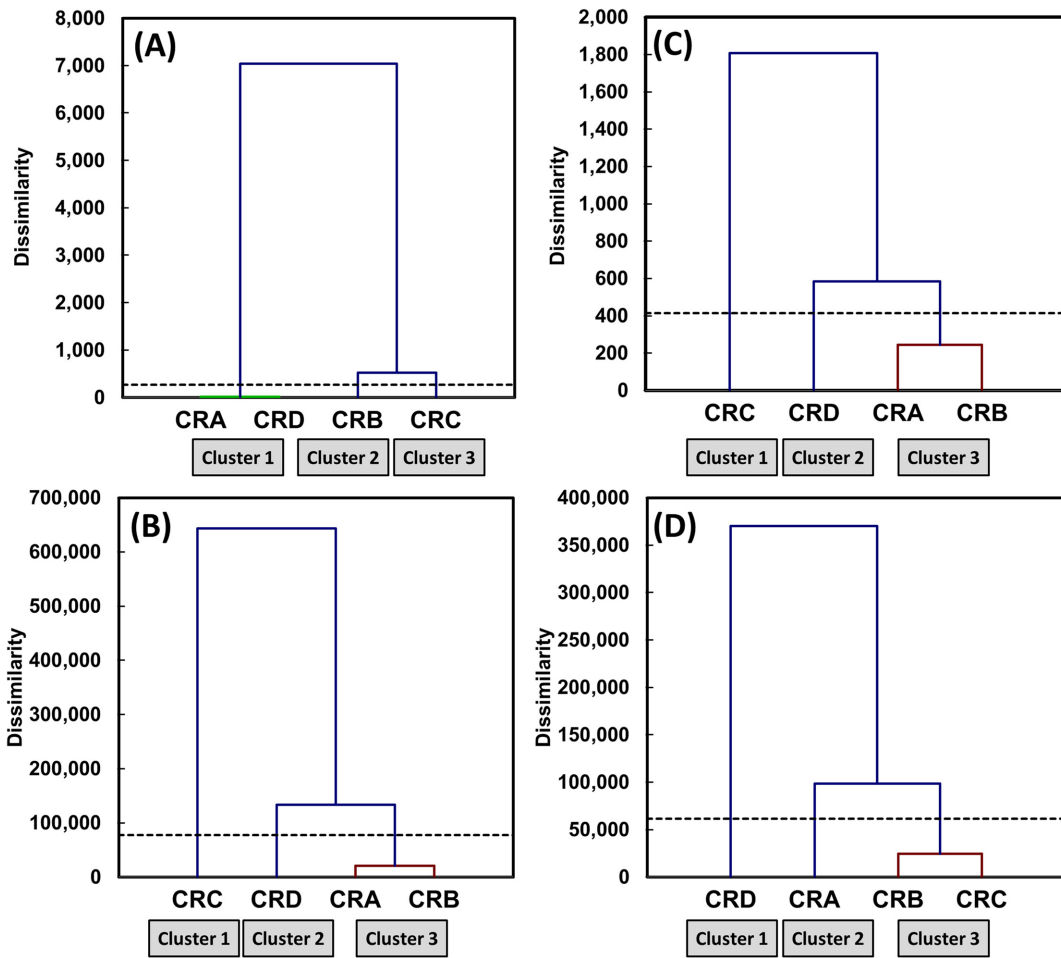


Fig. 1. Variations in the clustering of the four cooked rice samples as a function of compression ratio and cross-head test speed in the texture profile analysis. The four instrumental test conditions were: (A) 30% compression ratio and 0.5 mm/sec cross-head speed, (B) 70% compression ratio and 0.5 mm/sec cross-head speed, (C) 30% compression ratio and 1.0 mm/sec cross-head speed, and (D) 70% compression ratio and 1.0 mm/sec cross-head speed. CRA to CRD represent the four cooked rice samples. The dotted line represents the truncation level, leading to the clustering of the four cooked rice samples.

어서, 30% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도를 적용했을 경우, 시료 CRA와 시료 CRD가 유의적으로 가장 높은 경도를 보인 반면, 70% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도, 그리고 70% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도를 적용했을 경우에는 시료 CRD만이 유의적으로 가장 높은 경도를 보였다.

70% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도를 적용하여 즉석쌀밥 시료들의 조직감 특성을 분석했을 경우에는 경도, 씹힘성뿐만 아니라 탄성도 시료들 간에 유의적 차이를 보였다. 반면에 앞선 조건에서와는 달리, 응집성의 경우 시료 CRC가 이 측정조건에서만 다른 시료와 비교하여 유의적 차이가 나타나지 않았다. 경도의 경우 역시 시료 CRD가 가장 높았으나 시료 CRB와는 유의적인 차이를 보이지 않는 차이점이 나타났다. 한편, 씹힘성의 경우 시료 CRA와 특히 시료 CRC가 이 조건에서 다른 조건에서와 다른 유의적 차이를 보여주었다.

마지막으로, 30% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도를 적용했을 경우, 경도, 응집성, 씹힘성뿐만 아니라 점착성에서도 즉석쌀밥 시료들 간에 유의적인 차이를 보였다. 하지만, 70% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건에서 시료간 유의적인 차이가 나타났던 탄성은 이 측정조건에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 경도를 살펴보면 역시 시료 CRD가 가장 높았으나, 시료 CRB와

는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

측정조건에 따른 즉석쌀밥 제품의 군집화

앞서 언급된 대로, 4종류 즉석쌀밥 시료들의 다섯가지 조직감 특성들은 측정조건에 따라서 유의적인 차이를 보이거나 보이지 않았다. 다섯가지 조직감 특성을 종합적으로 고려하여, 측정조건에 따른 4종류 즉석쌀밥 시료들의 유사성과 상이성을 알아보기 위해, 다섯가지 조직감 특성치를 기반으로 하여 군집분석을 수행하였으며, 그 결과 4종류의 즉석쌀밥시료는 서로 다른 군집으로 분류가 되었다(Fig. 1).

30% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건을 적용했을 경우, Fig. 1의 (A)에서 보듯이 4종류의 시료들은 시료 CRA와 CRD (cluster 1), 시료 CRB (cluster 2) 그리고 시료CRC (cluster 3)의 세그룹으로 분류가 되었다. 반면에 70% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도 조건을 적용했을 경우 이와 상이한 결과를 보였다. 즉, Fig. 1의 (D)에서 보듯이 4종류의 즉석쌀밥 시료들은 시료 CRD (cluster 1), 시료 CRA (cluster 2), 그리고 시료 CRB와 시료 CRC (cluster 3) 의 세 그룹으로 분류가 되었다. 한편, 70% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건(Fig. 1(B))과 30% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도 조건(Fig. 1(C))은 동일하게 시료들

Table 2. Variations in the 'Adhesiveness/Hardness' ratio (\pm standard deviation) of the four cooked rice samples as a function of compression ratio and cross-head speed in the texture profile analysis

Instrumental test condition ¹⁾	Cooked rice samples			
	CRA ²⁾	CRB	CRC	CRD
30%, 0.5 mm/s	0.22 (\pm 0.11)	0.26 (\pm 0.06)	0.32 (\pm 0.08)	0.24 (\pm 0.12)
70%, 0.5 mm/s	0.09 (\pm 0.01)	0.10 (\pm 0.02)	0.16 (\pm 0.05)	0.09 (\pm 0.03)
30%, 1.0 mm/s	0.13 (\pm 0.06)	0.20 (\pm 0.10)	0.16 (\pm 0.06)	0.09 (\pm 0.05)
70%, 1.0 mm/s	0.04 (\pm 0.01)	0.07 (\pm 0.02)	0.08 (\pm 0.02)	0.05 (\pm 0.01)

¹⁾compression ratio (%), cross-head speed (mm/s)

²⁾CRA; cooked rice a, CRB; cooked rice b, CRC; cooked rice c, CRD; cooked rice d

을 분류하였다. 즉, 시료 CRC (cluster 1), 시료 CRD (cluster 2), 그리고 시료 CRA와 시료CRB (cluster 3)의 세 그룹으로 분류가 되었다. 하지만 유클리디안 거리를 바탕으로 한 상이성(dissimilarity) 값이 70% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건(Fig. 1(B))에서 더 크게 나타난 것을 감안하면, 이 측정조건이 30% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도 조건보다 즉석쌀밥 시료의 그룹화에 있어서 더욱 민감하게 작용함을 알 수 있었다.

측정조건에 따른 즉석쌀밥 제품의 '점착성/경도'값 변화

밥의 점착성(끈기), 그리고 점착성과 경도의 비(점착성/경도)는 쌀밥의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 보고되고 있으며, Okabe(5)는 쌀밥의 점착성/경도 비율값이 0.15-0.20일 때, 조직감이 가장 좋다고 보고하였다. 이를 근거로 Lee(11)는 가수율이 1.3 일 때 이 비율 조건을 만족하여 가장 좋은 조직감을 나타냈다고 보고하였고, Kim(12)은 이 비율을 근거로 적당한 조직감을 갖기 위한 쌀밥의 침지조건을 4에서는 10-40분, 23에서는 10-20분이라고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서는 측정조건에 따라 즉석쌀밥 제품의 '점착성/경도'값이 어떠한 변화를 보이는지 조사해보았다.

Table 2에서 보는 바와 같이 30% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건 및 70% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도 조건에서는 네 시료 모두 '점착성/경도'값이 0.15-0.20 범위에 들지 않았다. 하지만, 70% 압착율과 0.5 mm/s의 탐침이동속도 조건에서는 시료 CRC가 0.16의 '점착성/경도'값을 보였으며, 30% 압착율과 1.0 mm/s의 탐침이동속도 조건에서는 시료 CRC 뿐만 아니라 시료 CRB도 그 값이 0.15-0.20 범위에 드는 것을 볼 수 있었다. 즉, 상기 결과들은 압착율 및 탐침이동속도의 측정조건에 따라 동일한 즉석쌀밥 시료임에도 불구하고 '점착성/경도'값이 달라져, 어느 조건에서는 '점착성/경도'값이 0.15-0.20 범위에 들어 조직감이 좋은 쌀밥으로 평가될 수 있는 반면, 또 다른 측정조건에서는 그 값이 0.15-0.20 범위에 들지 않아 조직감이 좋은 쌀밥으로 분류되지 않을 수도 있다는 것을 의미한다 하겠다.

결론적으로 여러 식품에서 조직감 측정을 위해 사용되고 있는 모방적 측정기기를 사용하여 쌀밥의 조직감을 측정할 경우, 특히 시료 사이의 유의적 조직감 차이를 언급할 경우에는 어떤 측정조건을 사용하느냐에 따라 동일한 시료임에도 불구하고 시료사이에 유의성이 있거나 없을 수도 있음이 본 실험을 통해 입증되었다. 따라서 모방적 기기 측정을 통해 시료간 유의성 차이 유무를 언급함에 있어, 쌀밥의 관능적 조직감특성을 객관적으로 언급할 목적으로 기기적 측정을 수행한다면, 여러 분석을 통해 관능검사 결과와 가장 부합하는 측정 조건을 선택하는 것이 필요하며, 특정 측정조건을 설정 시 실험목적에 따라 여러 특성을 고려하여 적합한 측정조건을 설정하는 것이 매우 중요하다 하겠다.

요 약

쌀밥의 조직감 측정시 가장 보편적으로 사용되는 텍스처 프로파일 분석(TPA)에 있어서, 모방적기기인 texture analyser를 사용하여 측정조건, 즉 압착율과 탐침이동속도를 달리하면서 4종류의 즉석쌀밥 시료들에 대한 경도, 점착성, 응집성, 씹힘성 및 탄성을 측정하였다. 4종류의 즉석쌀밥 시료들은 압착율과 탐침이동속도가 달라짐에 따라, 각각의 조직감 특성에 있어서 시료들 사이에 유의적인 차이를 보이거나 보이지 않는 변화를 보였다. 또한, 다섯가지 조직감 특성을 모두 고려하여 군집분석을 수행했을 경우에도 측정조건에 따라서 4종류 시료들이 서로 다르게 그룹화되는 것을 볼 수 있었다. 더불어, 쌀밥의 조직감 평가시 사용되는 '점착성/경도'값도 측정조건에 따라 4종류 시료들이 서로 다른 값을 보여주었다. 이들 결과를 토대로, 쌀밥의 조직감 측정시 쌀밥의 관능적 조직감 특성을 객관적으로 언급할 목적으로 기기적 측정을 수행한다면, 여러 분석을 통해 관능검사 결과와 가장 부합하는 측정 조건을 선택하는 것이 필요하며, 특정한 기기적 측정조건을 설정할 경우 실험목적에 따라 여러 특성을 고려하여 적합한 측정조건을 설정하는 것이 매우 중요하다 하겠다.

References

1. Statistics Korea. 2015 Grain Consumption Update. Available from: <http://www.korea.kr/policy/pressReleaseView.do?newsId=156084894>. Accessed Apr. 25, 2016.
2. Min BK. Effects of cooking conditions on the textural characteristics of cooked rice. PhD thesis, Seoul National University, Seoul, South Korea (1993)
3. Lee CH, Park SH. Studies on the texture describing terms of Korean. Korean J. Food Sci. Technol. 14: 21-29 (1982)
4. Kim MH. Effect of soaking conditions on texture of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 511-514 (1992)
5. Okabe M. Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. J. Text. Stud. 10: 131-152 (1979)
6. Saleh MI, Meullenet JF. Effect of protein disruption using proteolytic treatment on cooked rice texture properties. J. Text. Stud. 38: 423-437 (2007)
7. Meullenet JFC, Gross J, Marks BP, Daniels M. Sensory descriptive texture analyses of cooked rice and its correlation to instrumental parameters using an extrusion cell. Cereal Chem. 75: 714-720 (1998)
8. Choi UK, Choi WS. A review on methods and conditions of mechanical test for texture of cooked rice. Food Indust. Nutr. 20: 18-21 (2015)
9. Choi WS. Microstructure-texture relationship in food and correlation between instrumental measurement and sensory evaluation. Food Sci. Ind. 44: 50-56 (2011)
10. Szczesniak AS. Objective measurements of food texture. J. Food Sci. 28: 410-420 (1963)
11. Lee SJ. Water addition ratio affected texture properties of cooked rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 25: 810-816 (1996)
12. Kim MH. Effect of soaking conditions on texture of cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 511-514 (1992)