

식품산업에서 물성분석장치의 활용 동향

On-trend utilization of rheological instruments in food industry

오임경 · 이수용*

Im Kyung Oh and Suyong Lee*

세종대학교 식품생명공학과 · 탄수화물소재연구소

Department of Food Science & Biotechnology and Carbohydrate Bioproduct Research Center, Sejong University

Abstract

Increasing attention has been paid to rheological approaches in the food industry due to great awareness of the quality control of foods by objective analysis. Therefore, a lot of food manufacturers started to make a great of effort to instrumentally investigate the rheological properties of foods. However, the appropriate utilization of rheological instruments in the field of food science has been met with numerous technical challenges because of the lack of fundamental knowledge and knowhow. In this article, a variety of rheological instruments conventionally used in the food industry are reviewed. In addition, new rheological instruments that have been rapidly growing in popularity are introduced for potential applications. This article

may provide an opportunity for the food industry to move toward the active utilization of rheological instruments.

Key words: food, texture, rheology, rheometer

서론

물성은 물질의 물리적인 특성(physical properties)을 나타내지만, 식품 산업에서의 물성은 일반적으로 리올로지(rheology)를 의미하고 있다. 리올로지에서 ‘rheo’는 ‘흐른다(flow)’라는 의미를 내포하고 있는데, 좀 더 명확히 하자면 외부의 힘을 받으면 액체 물질은 흐름(flow), 고체 물질은 변형(deformation)이 일어나기 때문에 리올로지는 물질의 흐름과 변형에 관한 학

* Corresponding Author: Suyong Lee
Department of Food Science & Biotechnology and Carbohydrate Bioproduct Research Center,
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 February 20, 2018; revised March 19, 2018; accepted March 20, 2018

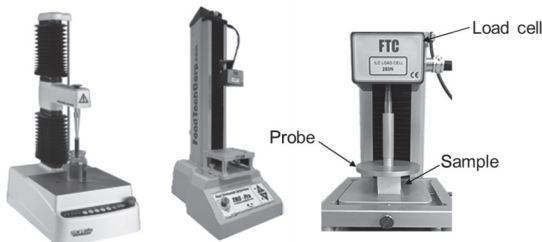


Fig. 1. Texture analyzer (Lee & Kim, 2017)

문으로 정의할 수 있다(Yoon 등, 2011).

식품 물성에서 흥미로운 사실은 다양한 식품에 대하여 대부분의 소비자들은 무의식 수준에서 공통적으로 기대하고 있는 물성 수준이 존재한다. 예로, 마요네즈의 높은 점도, 떡의 찰진 텍스처, 갓 구운 빵의 부드러운 식감, 탄력있는 면의 식감 등 특정한 식품에 대한 소비자들의 물성 기대치가 존재하기 때문에 식품 산업에서는 이를 만족시키기 위해 부단한 노력을 하고 있다. 하지만 현재까지도 실제 식품 산업에서는 식품 물성을 분석 시 객관적 수치를 바탕으로 한 과학적 방법을 적용하기 보다는 숙련자의 경험을 통한 주관적 판단에 많이 의존하고 있는 실정이다. 물론 오랜 경험에 바탕을 둔 물성 분석 기법도 매우 중요하지만, 최근 식품 산업이 대형화 및 글로벌화됨에 따라 정확히 물성을 측정하고 제어함으로써 다양한 소비자가 원하는 식품 물성을 일관되게 구현하는 것이 더욱 더 필요하다(Lee와 Kim, 2017).

식품 산업에서는 식품의 물성을 객관적으로 측정하기 위하여 다양한 장치들이 사용되고 있다. 이들 장치들은 식품에 대한 물성 정보를 직접적으로 주는 것이 아니라 고체 식품을 변형, 액체 식품을 흐르게 할 수 있는 힘을 가하고 이 때 얻어지는 힘, 거리, 면적 등의 물리적 단위를 가진 변수들을 측정하게 되며, 이 때 얻어진 물리적 변수를 토대로 식품의 물성을 분석할 수 있게 된다(Bourne, 2002). 따라서, 본 원고에서는 식품 리올로지학에 대변되는 식품 물성에 초점을 맞추어 식품 산업에서 식품 물성 분석을 위

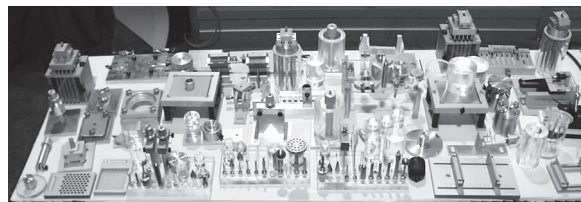


Fig. 2. Various probes of a texture analyzer (Lee & Kim, 2017)

해 사용되고 있는 다양한 분석 장치에 대한 현황을 소개하고자 한다.

본론

1. 텍스처 분석기(texture analyzer)

텍스처 분석기는 식품의 물성을 측정하기 위하여 식품 산업에서 가장 보편적 사용되는 대표적인 물성 분석 장치이다. 식품 시료를 텍스처 분석기(Fig. 1)에 올려놓고 로드셀(load cell)에 연결된 프로브(probe)를 상하 방향으로 움직임으로써 시료에 압축력(compression) 또는 인장력(tension)을 가하여 변형시키고 그에 따른 반응을 힘, 거리, 시간 등의 물리적 변수로 측정한다. 로드셀은 시료에 받은 힘을 일정한 전기신호로 변환시켜주는 일종의 변환기(transducer)로서 시료마다 매우 넓은 범위의 강도를 가지고 있기 때문에, 측정하고자 하는 시료 강도에 적합한 로드셀을 선택하여야 한다.

텍스처 분석기의 가장 큰 장점 중의 하나는 직접 접촉하여 시료에 힘을 가하는 프로브가 매우 다양하다는 것이다. 따라서, 측정하고자 하는 식품 종류 및 물성에 따라 수 많은 프로브(Fig. 2)가 이미 개발되어 사용되고 있어 puncture test, compression test, tensile test, bending-snapping test, cutting test, texture profile analysis 등의 다양한 측정이 가능하다. 또한 최근 고령 친화식품에 대한 관심이 높아지면서 일본의 Universal Food Design 또는 국내 KS 기준에 의거한 물성 단계

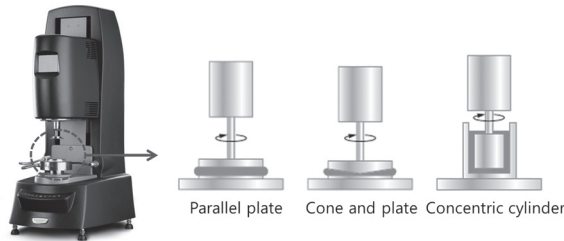


Fig. 3. Rheometer (Lee & Kim, 2017)

측정 시 texture analyzer가 활용되고 있다.

2. 레오미터(rheometer)

레오미터(rheometer)는 통상적으로 물체의 물성을 측정하는 기기 또는 장치를 통칭하고 있다. 하지만 물성 분야에서는 통상적으로 회전운동을 통하여 전단력을 가함으로써 시료의 점도와 점탄성을 모두 측정할 수 있는 장치를 가리킨다. Fig. 3은 전형적인 레오미터를 보여주고 있는데, 레오미터는 평판형(parallel plate), 원추-평판형(cone and plate), 원통형(concentric cylinder) 등의 다양한 fixture 장착하여 토크(torque)값을 측정한다(Mezger, 2014). 레오미터의 경우 액체부터 (반)고체까지 측정할 수 있는 시료의 범위가 매우 넓고, 점도 뿐만 아니라 점탄성 측정이 가능하고 온도에 따른 물성 변화를 측정할 수 있다. 따라서, 식품의 물성 측정에 매우 유용하지만 고가의 구입 비용 및 운영을 위한 숙련된 작업자가 필요하다.

한 가지 특이한 점은 국내 식품 분야에서 가끔씩 레오미터를 텍스처 분석기와 혼동하여 사용되기도 한다. 그것은 국내 특성 상 일본 기기들이 많이 사용되고 있는데, 일본 텍스처 분석기의 이름이 레오미터로 명명되어 있기 때문이다. 하지만 전 세계적으로 물성 분야에서 레오미터는 일반적으로 회전운동을 하는 물성 측정 장치를, 텍스처 분석기는 수직운동을 하는 물성 측정 장치를 가리킨다.

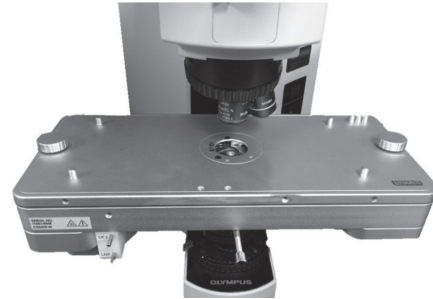


Fig. 4. Optical rheometer

3. 광학 레오미터(optical rheometer)

최근 계측 기기의 발전으로 다양한 장치들 간의 상호 결합이 이루어지고 있는데, 광학 레오미터는 앞서 설명한 레오미터와 현미경을 결합하여 시료에 힘을 가했을 경우 어떻게 변형이 일어나는지 그 구조 변화를 현미경으로 실시간 관찰할 수 있다. 특히 레오미터를 통해 측정된 물리적 측정값과 실제 이미지와의 연계를 통해 보다 설득력 있는 물성 분석이 가능하다. 현재 기존 레오미터에 광학 기능을 추가할 수 있는 부속품 뿐만 아니라, 평판 형태로 제작되어 독립적으로 현미경에 탈부착 가능한 장치들도 시판되고 있다(Fig. 4).

4. 점도계(viscometer)

액체식품은 힘을 받으면 흐름(flow)이 일어나게 되는데, 이러한 유동 특성을 나타내기 위하여 점도(viscosity)를 측정한다. 식품의 점도를 측정하기 위해 tube viscometer, orifice viscometer, fall ball viscometer, Bostwick consistometer 등 시료가 흐르는 시간 또는 거리를 측정하는 간단한 장치들 이외에도, 시료를 회전 교반 시 토크 값을 측정하여 점도를 구하는 회전형 점도계가 널리 사용되고 있다(Fig. 5). 앞서 설명한 레오미터(rheometer)를 사용하여 점도 측정이 가능하지만 고가의 비용으로 인하여 single spindle viscometer를 보편적으로 사용하고 있다. 이

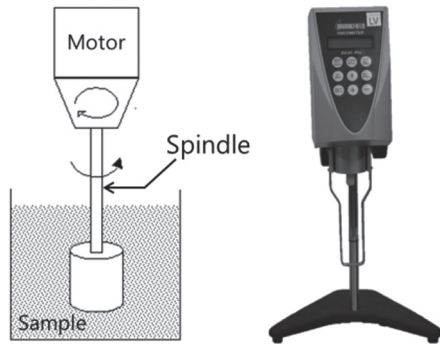


Fig. 5. Brookfield viscometer (Lee & Kim, 2017)

장치는 선택된 spindle로 시료를 회전시킴으로써 점도를 측정하는데, 일반 용기에 담긴 시료를 직접 사용하여 점도 측정이 가능하고, 그 사용법 또한 간단하여 식품 산업에서 흔히 사용되고 있다. 하지만, 사용하는 spindle에 따라 점도 값이 달라질 수 있기 때문에 사용된 spindle 번호, 회전속도(rpm) 정보가 항상 필요하다. Brookfield라는 회사에서 제조된 single spindle 점도계가 널리 사용되고 있어 Brookfield 점도계라는 명칭으로 통용되고 있다(Nielsen, 1998).

5. 신속점도계(rapid visco-analyzer)/아밀로그래프(amylograph)

신속점도계는 곡류 분말을 다루는 많은 식품 회사(스낵, 제분, 제면, 제빵 등)에서 널리 사용되는 물성 분석 장치로서 RVA 라는 약자로 흔히 불리고 있다(Fig. 6(a)). 이 장치는 곡류 분말(또는 전분)을 물에 섞은 현탁액을 교반하면서 가열과 냉각 동안의 점도를 측정하여 시료의 페이스트 특성(pasting property)을 분석할 수 있다. 이를 통하여 곡류에 포함된 전분의 호화 및 노화 특성을 비교적 짧은 시간에 분석 및 비교할 수 있다(Corsbie와 Ross, 2007).

아밀로그래프의 경우 신속점도계와 유사한 정보를 얻을 수 있지만 핀 형태의 교반기를 사용하며 측

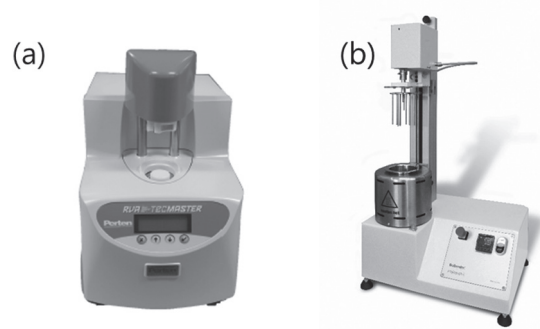


Fig. 6. Rapid visco-analyzer (a) and amylograph (b) (Lee & Kim, 2017)

정 시 필요한 시료 양과 측정 시간이 상이하다(Fig. 6(b)). 특히 아밀로그래프의 경우 밀가루의 특성을 분석하기 위한 목적으로 사용되기 시작하여 주로 제분 관련 분야에서 활용되고 있다. 최근에는 레오미터에 사용되는 부가 장치 중 starch pasting cell이라는 장치가 있어 이를 이용한 페이스트 특성 분석이 가능하다.

6. 패리노그래프(farinograph)/믹소그래프(mixograph)

패리노그래프(Fig. 7(a))와 믹소그래프(Fig. 7(b))는 밀가루의 반죽 특성을 분석하는 대표적인 물성 측정 장치로서 밀가루를 다루는 제분, 제빵, 제과, 제면 등의 산업체에서 널리 사용되는 장치이다. 패리노그래프의 경우 알파벳 Z자 형태의 반죽날이 반대 방향으로 돌아가면서 반죽 형성 동안의 토크(torque) 값을 측정한다. 특히, 최적의 반죽 형성을 나타내는 500 FU (Farinograph Unit)을 기준으로하여 수분흡수율, 반죽형성시간, 반죽안정도, 혼합저항지수 등의 다양한 물성 정보를 얻을 수 있다(Faridi와 Faubion, 1990).

믹소그래프는 핀 믹서(pin mixer)를 사용하여 밀가루 반죽을 형성하면서 패리노그래프와 유사한 밀가루 반죽의 물성 정보를 제공한다. 하지만 믹소그래

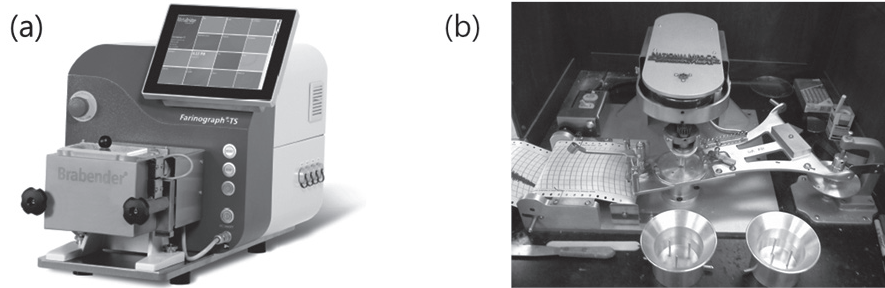


Fig. 7. Farinograph (a) and mixograph (b) (Lee & Kim, 2017)

프의 경우 패리노그래프의 500 FU에 해당하는 기준 값 없이 해당 배합에서의 반죽 물성 정보를 제공하기 때문에, 식품 산업에서는 패리노그래프를 활용한 밀가루 물성 분석이 주로 이루어지고 있다.

7. 믹소랩(mixolab)

식품의 물성을 분석하는 장치 중 비교적 최근에 개발된 믹소랩은 2개의 반죽날을 사용하여 밀가루를 혼합하면서 원하는 양의 물을 자동으로 공급하여 반죽을 형성하면서 이 때의 토크 값을 측정한다(Fig. 8). 패리노그래프의 500 FU와 같은 최적 반죽 상태를 나타내는 1.1 N·m 값을 가지고 있어 패리노그래프와 유사한 정보를 얻을 수가 있다(AACC, 2000). 하지만 패리노그래프에 비하여 믹소랩이 가진 장점은 온도 제어 장치가 있어 신속점도계와 같이 가열

및 냉각 동안의 반죽 물성 변화를 측정할 수 있다. 신속점도계의 경우 온도에 따른 현탁액 시료의 물성을 분석할 수 있지만, 믹소랩은 반죽 상태에서의 물성 분석이 가능하다.

8. 엑스텐소그래프(extensograph)/알비오그래프(alveograph)

엑스텐소그래프(Fig. 9(a))와 알비오그래프(Fig. 9(b))는 반죽의 물성 특히, 신장 특성을 분석하는 장치로서 제빵/제과/제면 관련 산업체에서 주로 사용되고 있다(Hou, 2010). 엑스텐소그래프는 반죽의 가운데 부분을 hook으로 반죽이 끊어질 때까지 아래 방향으로 잡아 당겨 그 때의 힘과 거리 값으로부터 신장 특성을 분석한다. 알비오그래프의 경우 엑스텐소그래프와 마찬가지로 반죽의 신장 특성을 분석하는 장치이지만 힘(또는 토크)를 측정하는 기존 장치와는 다르



Fig. 8. Mixolab (Lee & Kim, 2017)

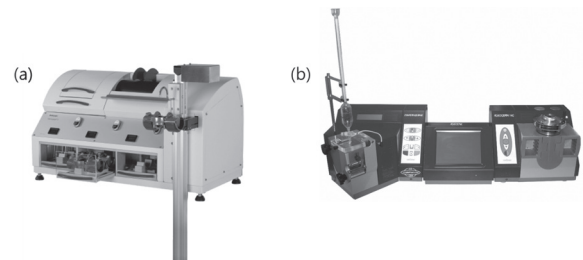


Fig. 9. Extensograph (a) and alveograph (b) (Lee & Kim, 2017)



게 압력을 측정하여 물성 정보를 제공한다(Faridi와 Faubion, 1986). 즉 반죽을 디스크 형태로 성형한 후 공기를 불어 넣어 팽창시키면서 압력을 측정하게 된다. 이는 반죽이 팽창하는 것과 유사하기 때문에 발효 또는 굽기 공정에서의 물성 분석 시 알비오그래프가 유용하게 사용될 수 있다.

결론

물성이라는 개념은 재료 공학 관련 분야에서 출발하여 현재 모든 분야에서 광범위하게 적용되고 있으며 식품 산업도 그 예외가 아니다. 식품 산업에서 식품 물성의 분석은 전통적으로 개인의 경험에 토대를 둔 숙련도 및 주관적 판단에 의존하여 왔고, 현재도 이러한 방식이 사용되고 있다. 하지만, 현재 대형화 및 자동화로 대변되는 식품 산업에서 품질 특성 관리 뿐만 아니라 공정 개선 및 신제품 개발을 위해 객관적인 물성 측정이 요구되어 이에 따라 물성 측정 장치에 대한 수요가 높아지고 있다. 본 논문은 현재 널리 사용되고 있거나 앞으로 활용 가능성이 높은 물성 기기들을 위주로 식품산업에서의 물성분석장치 현황을 소개하였다. 응용 분야에 특화된 맞춤형 물성 측정 장치의 개발이 필요한 시점에서 식품 물성 분야의 당면 문제점을 해결하고 공인 측정 방법으로 자리잡기 위해서는 숙련된 인력 양성 및 물성 관련

분야로의 관심이 요구되며 기계, 전자, 소재 등 다양한 분야와의 융합 연구가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 농림식품기술기획평가원 고부가가치식품기술개발사업(117079-03) 및 농촌진흥청 R&D 어젠다 연구개발사업(PJ01243602)의 지원에 의해 이루어짐.

참고문헌

- AACC. Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- Bourne M. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, San Diego, California, USA (2002)
- Corsbie GB, Ross AS. The RVA Handbook. AACC International Press, St. Paul, MN, USA (2007)
- Faridi H, Faubion JM (Eds.). Fundamentals of Dough Rheology. AACC International Press, St. Paul, MN, USA (1986)
- Faridi H, Faubion JM. Dough Rheology and Baked Product Texture. Van Nostrand Reinhold, NY, USA (1990)
- Hou GG. Asian Noodles: Science, Technology, and Processing. Wiley, Hoboken, New Jersey, USA (2010)
- Lee S, Kim YR. Food Rheology, Soohaksa, Seoul, Korea (2017)
- Mezger TG. The Rheology Handbook. Vincentz Network, Hanover, Germany (2014)
- Nielsen S. Food Analysis, Second Edition, Aspen Publishers Inc. Gaithersburg, Maryland, USA (1998)
- Yoon JR, Kim SS, Kim YR, Mok CK, Choi YJ. Food Physics. Sigma Press, Seoul, Korea (2011)