

연구노트

식빵의 굳기 측정을 위한 측정 조건에 관한 연구

신선화¹ · 최원석^{1,*}

¹한국교통대학교 식품공학전공

A study on the measurement conditions for measuring the toughness of bread

Sun-Hwa Shin¹ and Won-Seok Choi^{1,*}

¹Department of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation

Abstract The maximum cutting force (MCF) was measured and analyzed under various conditions using a Miller/Hoseney toughness rig to measure the toughness of bread due to aging. In the bread crust, the MCF increased significantly as the cross-head speed increased, and different type of significant difference between the samples were observed under some measurement conditions ($p < 0.05$). Within the bread, the MCF increased significantly as the cross-head speed increased at the same penetration ratio, and the significant differences between the samples did not change even if the cross-head speed changed regardless of the penetration ratio. In conclusion, when using this method to measure the toughness of bread (apart from the crust), the MCF varied with the changing measurement conditions; however, the significant difference between the samples did not change. Thus, MCF can be considered a useful and reliable parameter when measuring the difference between the samples.

Keywords: Miller/Hoseney toughness rig, maximum cutting force, measurement condition, significant difference

서 론

식빵은 밀가루 또는 다른 곡분을 주원료로, 효모, 식염, 계란, 물 등을 첨가하여 발효시킨 후 구운 것으로, 약 12,000여 년의 역사를 가진 가장 오래된 가공식품 중의 하나이며, 전 세계적으로 널리 소비되는 주요 식품이다(Kim과 Lee, 2009; Kim 등, 2011; Kim 등, 2017; Shin 등, 2017; Yoon 등, 2014). 쌀밥을 주식으로 하는 우리나라 사람들도 맛벌이 부부와 독신 인구증가, 분주한 일상생활 등으로 인한 식단의 간편화 추구, 서구화된 식생활 및 식생활의 다양화 등으로 식빵의 소비가 크게 증가하고 있으며, 토스트, 샌드위치 등 다양한 형태로 식빵을 섭취하고 있다(Ju 등, 2003; Kim과 Lee, 2015; Yoon 등, 2014).

빵류의 국내 생산 규모는 2012년 약 1조 9천 억원 정도에서 2016년 약 2조 5천 억원 으로 약 12% 정도 증가하였으며, 1인당 하루 빵 섭취량은 2012년 18.2 g에서 2016년 20.9 g으로 5년 사이 약 15% 증가하였다(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2018).

한편, 지금까지의 빵에 대한 국내연구는 건강 지향적 첨가물과 천연물질 첨가를 통한 기능성 또는 저장성 향상연구가 대부분이었으며(Kim 등 2017; Lee 등, 2005; Lee와 Joo, 2012), Lagrain

등(2008)과 Yoon 등(2015)이 amylase가 빵의 조직감과 내부구조에 미치는 영향에 관한 연구를 수행하는 등, 식빵의 조직감(식감)에 대한 연구 또한 없지 않았으나, 기능성 또는 저장성 향상연구에 비해 조직감에 관한 연구는 드물었다.

빵은 저장 중 수분함량의 감소 및 조직감이 단단해지는 노화 현상이 나타나, 이를 억제하기 위한 여러 연구가 이루어지고 있다(Bae 와 Lee, 2018; Hur와 Shin, 2019; Kim 등, 2000; Kim 등, 2013). Miller와 Hoseney(1997), Miller 등(2003)은 Miller/Hoseney Toughness 장치를 이용하여 microwave oven으로 재가열한 식빵을 재료로, 노화로 인한 굳기(Toughness)를 측정하였다. 이들은 식빵 내 gluten network의 크기를 감소시키면 노화로 인한 단단함을 감소시킬 수 있다고 제안하면서, 이러한 단단함을 측정하는 데 있어, Miller/Hoseney Toughness 장치를 이용하였는데, 이 경우 얇은 와이어를 사용하여 측정하였기 때문에 Roger 등(1990)과 Dahle와 Montgomery(1978)가 개발한 측정 방법보다 민감도가 높아 효과적이라 언급하였다.

Miller/Hoseney Toughness 장치를 이용 시, Texture Analyser 기기를 사용하며, 이 기기는 인간의 씹는 동작을 모방한 경험적(empirical) 측정기기로, 측정조건에 따라 시료들 사이의 유의차가 달라질 수 있다(Shin과 Choi, 2020; Shin과 Choi, 2021; Choi와 Seo, 2016). 따라서 어떤 측정조건에서 측정하는 것이 관능검사 결과와 유사한지에 대해 관능검사를 실시한 후 비교 분석하여 특정 측정조건을 선택하는 것이 바람직하나, 지금까지 Miller/Hoseney Toughness 장치를 이용한 논문 중 이러한 실험 결과를 발표한 논문은 확인된 바 없다.

본 논문에서는 식빵의 품질변화에 있어 매우 중요한 요소 중의 하나인 노화 등으로 인한 단단함을 물리적으로 측정하는 데 효과적인 것으로 알려진 Miller/Hoseney Toughness 장치를 사용

*Corresponding author: Won-Seok Choi, Department of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong-gun, Chungbuk 27909, Korea
Tel: +82-43-820-5249

Fax: +82-43-820-5240

E-mail: choiws@ut.ac.kr

Received September 16, 2021; revised December 1, 2021;

accepted December 13, 2021

하여, 여러 측정조건에서의 측정값들을 비교·분석함으로써, 식빵의 굳기를 측정하는 표준화된 방법을 마련하는데 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

경기도 용인 및 충청북도 청주 시내에 위치한 대형마트에서 시판되고 있는 4개 상표의 흰 식빵제품(plain bread a; PBA (108.6 mm×121.7 mm×14.8 mm), plain bread b; PBB (103.8 mm×105.3 mm×12.9 mm), plain bread c; PBC (108.9 mm×106.2 mm×11.4 mm), plain bread d; PBD (104.6 mm×113.4 mm×15.1))을 실험재료로 사용하였으며, 동일 상표 제품임에도 불구하고 제조일자에 의한 품질 편차를 줄이고자 동일 상표 제품마다 유통기한이 다른 5-6개의 제품을 구매하여, 이들 측정값의 산술평균값을 사용하여 제품의 대표성을 부여하였다.

굳기(toughness) 측정

빵의 굳기(Toughness)는 Texture Analyser (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd, Godalming, Surrey, UK)와 Miller/Hosoney Toughness Rig (Stable Micro Systems Ltd)를 이용하여 얇은 절단 와이어(aluminum steel 재질, 지름 0.082 mm)로 낱개 빵 하나를 침투(절단)하는 데 필요한 힘의 크기(N)를 측정하였다(Miller와 Hosoney, 1997, Fig. 1). 이 장치는 절단 와이어(A), 외부 베이스 플레이트(B) 및 내부 베이스 플레이트(C)의 세 부분으로 구성되어 있고, B와 C 장치에는 절단 와이어(A)가 통과할 수 있도록 중앙에 수직 슬롯(D)이 있다. 절단 와이어(A)와 베이스 플레이트(B, C)는 각각 Texture Analyser의 로드셀 부분(E)과 베이스(F)에 고정되었다.

겉껍질(crust)이 제거되지 않은 상태의 빵을 B와 C 사이의 내부(G)인 슬롯 중앙에 집어넣은 다음, 외부 베이스 플레이트(B)와

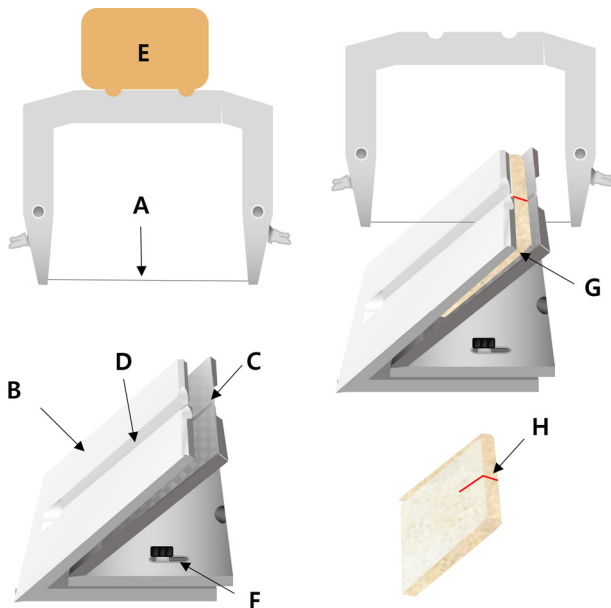


Fig. 1. Schematic figure for Miller/Hosoney Toughness Rig. A; Cutting wire, B; Outer angled base plate, C; Inner angled base plate, D; Vertical slot, E; Texture Analyser, F; Connection part with Texture Analyser base, G; Slice of bread, H; Cutting part of the bread

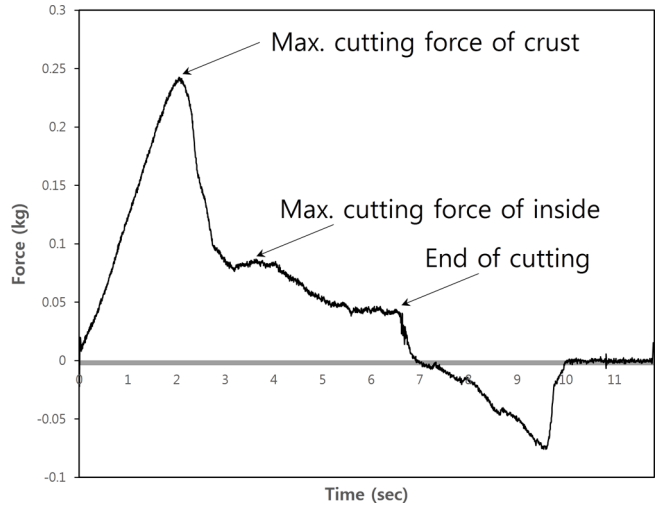


Fig. 2. Cutting force curve of the crust and the inside of a commercial plain bread sample by Miller/Hosoney Toughness Rig.

내부 베이스 플레이트(C)를 빵이 변형되지 않을 정도로 밀착시켰다. 경험적 조직감 측정기기인 Texture Analyser 기구로 측정된 측정값은 측정조건에 따라 유의적으로 달라질 수 있으며, 때로는 측정조건에 따라 시료간 유의차도 달라질 수 있다(Choi와 Seo, 2016). 본 실험에서는 Texture Analyser 로드 셀(E)에 부착된 절단 와이어(A)의 이동속도를 1 mm, 3 mm 및 5 mm/sec 로 달리하여 측정하였으며, 빵 내부로의 침투거리(H)는 빵 전체 길이의 30% 또는 50%로 하여, 여러 측정조건에서 실험을 수행하였다. Trigger force는 10 g으로 설정하였고, 절단 와이어(A)가 빵의 겉껍질에서부터 내부로 침투하면서 측정되는 절단력(kg)을 측정하여 빵의 굳기 척도로 정의하였으며(Miller와 Hosoney, 1997), 겉껍질을 통과할 때의 최대값과 빵 내부를 통과하면서 나타나는 최대값을 각각 측정하였다(Fig. 2).

상온(~24°C)에서 실험하였고, 유통기한이 다른 동일상표 제품에 대해 각 상표마다 측정횟수는 최소 27회 이상이 되도록 반복 실험하였다. 식빵의 두께 차이로 인해 측정값의 차이가 발생할 수 있어, 측정값을 두께로 나누어(kg/mm) 표준화하였다.

통계분석

본 실험의 측정 결과에 대한 통계분석은 SPSS 통계프로그램 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, 측정조건 차이에 의한 4개 상표 시료들의 최대 절단력 측정값들 사이의 유의차 분석은 일원배치 분산분석(one way analysis of variance)을 95% 신뢰수준에서 수행하였다. 시료들 사이에 유의적 차이를 확인하기 위해 등분산 검정을 실시한 후, Scheffe나 Games-Howell의 다중비교검정방법을 이용하여 사후 분석을 진행하였다.

결과 및 고찰

본 실험은 관능검사 결과와 상관관계가 높은 특정 측정조건을 선택하기에 앞서, 먼저 시료간 유의차 발생이 시료특성 차이에 아닌 측정조건 차이에 의해 발생할 수도 있는지를 확인하고자, 여러 측정조건에서 식빵의 굳기를 측정하여 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

식빵 겉껍질을 통과하면서 나타나는 절단력 최대값의 경우, 절

Table 1. Maximum force to cut the crust and the inside of four commercial plain bread samples as a function of penetration ratio and cross-head speed in cutting test

Test conditions ¹⁾		Max peak force (kg/mm) of bread samples				
		CBA ²⁾	CBB	CBC	CBD	
Crust	1 mm/s	0.014±0.004 ^{3)Bc}	0.020±0.004 ^{Ac}	0.016±0.004 ^{Bb}	0.010±0.002 ^{Cc}	
	3 mm/s	0.020±0.006 ^{Bb}	0.026±0.005 ^{Ab}	0.019±0.006 ^{Ba}	0.013±0.002 ^{Cb}	
	5 mm/s	0.029±0.014 ^{Aa}	0.033±0.008 ^{Aa}	0.022±0.006 ^{Ba}	0.016±0.002 ^{Ca}	
Inside	30%	1 mm/s	0.015±0.002 ^{Bb}	0.023±0.003 ^{Ac}	0.013±0.002 ^{Bc}	0.010±0.001 ^{Cd}
		3 mm/s	0.020±0.004 ^{Bab}	0.030±0.005 ^{Aab}	0.016±0.003 ^{Babc}	0.013±0.001 ^{Cc}
		5 mm/s	0.025±0.006 ^{Ba}	0.038±0.006 ^{Aa}	0.020±0.003 ^{Ba}	0.015±0.001 ^{Cab}
	50%	1 mm/s	0.015±0.003 ^{Bb}	0.020±0.002 ^{Ac}	0.015±0.003 ^{Bbc}	0.011±0.001 ^{Cd}
		3 mm/s	0.021±0.003 ^{Ba}	0.030±0.004 ^{Ab}	0.018±0.004 ^{Bab}	0.014±0.002 ^{Cbc}
		5 mm/s	0.023±0.004 ^{Ba}	0.034±0.005 ^{Aab}	0.019±0.003 ^{Ba}	0.016±0.001 ^{Ca}

¹⁾Penetration ratio (%) and cross-head speed (mm/s)

²⁾CBA; commercial bread a, CBB; commercial bread b, CBC; commercial bread c, CBD; commercial bread d

³⁾Means±SD (n>27)

^{A-C}Values in a row followed by different letters are significant different ($p<0.05$).

^{a-c}Values in a column (crust or inside separate) followed by different letters are significant different ($p<0.05$).

단와이어 장치의 이동속도가 증가함에 따라 CBC시료 중 일부 측정조건 값을 제외한 모든 시료에서 유의적으로 증가하였다(Table 1, $p<0.05$). 한편 시료들 사이의 유의차는 이동속도가 증가함에 따라 일부 측정조건에서 다르게 나타났다. 즉, 1 mm/s와 3 mm/s의 이동속도에서는 시료 사이의 유의차가 동일하게 나타난 반면, 5 mm/s의 이동속도에서는 시료 간 유의차가 다르게 발생하였다 (Table 1). 결론적으로, 겉껍질의 절단력 최대값은 측정조건인 이동속도의 변화에 의해 시료사이의 유의차가 달라질 수 있음을 보여주었다.

식빵 내부에서의 절단력 최대값을 침투율(30, 50%)과 이동속도를 달리하여 측정한 결과, 동일 침투율에서 이동속도가 증가함에 따라 대부분의 시료에서 절단력 최대값이 유의적으로 증가($p<0.05$)하는 경향을 보였으나, 동일 이동속도에서 침투율 변화는 절단력 최대값들 사이에 유의적 차이가 나타나지 않았다(Table 1). 이러한 차이는 이동속도 변화율은 5배(1 mm/s→5 mm/s)인 반면, 침투율의 변화율은 약 1.6배(30%→50%)로 변화율의 차이에 기인할 수도 있을 것으로 사료된다.

한편, 절단력 최대값의 절대값 변화가 아닌, 시료 사이의 유의차 변화 관점에서 측정조건 변화에 대한 영향을 살펴보면, 침투율 30와 50% 모두에서 이동속도가 증가하여도 시료 간 유의차는 전혀 변화하지 않은 결과가 나타났다(Table 1). 이는 측정조건 변화에 따라 시료 간 유의차 변화가 나타난 다른 연구에서와는 달리 측정조건이 시료 간 유의차에 영향을 주지 않은 경우로, 시료를 측정함에 있어 특정 측정조건을 선택 시 이에 대한 이유를 언급할 필요성이 낮아짐을 의미하며, 따라서 다른 측정방법보다 편리하고 시료간 유의차 판정에 대한 신뢰도가 높은 측정방법이라 할 수 있겠다(Shin과 Choi, 2020; Shin과 Choi, 2021).

Miller와 Hosene(1997) 그리고 Miller 등(2003)은 Miller/Hosene Toughness 장치를 사용하여 5 mm/sec의 이동속도로 식빵내부 85 mm까지 침투하여 측정된 절단력 최대값을 근거로, 각각 1% glycerol mono rizinolat와 8% oat fiber가, 그리고 1-3% gliadin, 2-3% wheat protein isolate와 1-2% protease-hydrolyzed gluten 첨가가 microwave 가열로 발생한 식빵의 단단함을 감소시켰다고 보

고하였으나, 이 측정조건을 선택한 이유에 대해서는 아무런 언급을 하지 않았다.

결론적으로, 노화 등에 의한 식빵의 굳기(단단함)의 변화를 측정함에 있어 Miller/Hosene Toughness 장치의 사용할 경우, 민감도가 높고, 편리하여 다른 측정 방법보다 효과적이긴 하나, 식빵 겉껍질의 굳기를 측정 시 절단와이어 장치의 이동속도가 달라짐에 따라 절단력 최대값이 변화할 수 있으며, 이로 인해 시료들 사이의 유의차도 변화할 수 있음을 확인하였다. 한편 식빵 내부의 굳기를 측정할 경우, 측정조건 변화에 의해 절단력 최대값은 변화하나 시료간 유의차는 변화하지 않아, 시료간 유의차를 판단하는 실험의 경우 본 실험범위내에서는 매우 편리하고 신뢰도가 높은 실험 방법으로 사료된다.

요 약

노화 등으로 인한 식빵의 굳기(toughness) 정도를 측정하고자 Miller/Hosene Toughness 장치를 이용하여 여러 측정조건(이동속도 및 침투율 변화)에서 절단력 최대값을 측정하여 분석하였다. 식빵 겉껍질에서는 이동속도가 증가함에 따라 절단력 최대값이 유의적으로 증가하였으며, 시료들 사이에서의 유의차는 일부 측정조건에서 다르게 나타났다. 식빵 내부에서의 측정값은 동일 침투율에서는 이동속도가 증가함에 따라 대부분의 시료에서 절단력 최대값이 유의적으로 증가하였으며, 시료들 사이에서의 유의차는 침투율에 상관없이 이동속도가 달라져도 변화하지 않았다. 결론적으로 본 실험 방법으로 식빵 내부의 굳기를 측정할 경우 측정조건변화에 의해 절단력 최대값은 달라지나, 시료간 유의차는 변화하지 않아, 시료간 유의차를 판단하는 경우 본 실험 범위 내에서 매우 편리하고 신뢰도가 높은 실험으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1D1A1B07048619).

References

- Bae DS, Lee JS. A study on the quality characteristics of rice bread containing trehalose. *J. Korean Applied Sci. Technol.* 35: 568-577 (2018)
- Choi WS, Seo HS. Variations in the texture properties of cooked rice as a function of instrumental parameter conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 521-524 (2016)
- Dahle LK, Montgomery EP. A method for measuring strength and extensibility of bread crumb. *Cereal Chem.* 55: 197-203 (1978)
- Hur CK, Shim KH. Storage stability of sourdough bread with lactic acid bacteria culture solution and cinnamon extract. *Korean J. Food Preserv.* 26: 17-26 (2019)
- Ju IO, Jung GT, Ryu J, Choi JS, Choi YG, Kim YS. Bread quality with boiled wax gourd. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 195-200 (2003)
- Kim BR, Choi YS, Lee SY. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 241-247 (2000)
- Kim MJ, Kim KBWR, Lee CJ, Kwak JH, Kim DH, Sunwoo C, Jung SA, Kang JY, Kim HJ, Choi JS, Choi HD, Ahn DH. Effect of sargamianum extract on shelf-life and improved quality of morning bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 723-728 (2011)
- Kim KE, Lee YT. Effect of additives in making frozen rice dough on the quality of rice bread. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1438-1443 (2009)
- Kim WM, Lee GH. Comparison of imported wheat flour bread making properties and Korean wheat flour bread making properties made by various bread making methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 434-441 (2015)
- Kim WM, Oh ST, Song MR, Kim KH, Lee GH. Physical properties of pan bread made with various amounts of squeezed danggui leaf juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 971-978 (2017)
- Kim HJ, Shin SK, Kim MR. Storage quality characteristics of bread added with dried mulberry pomace. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1972-1980 (2013)
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2018 Processed food segment market status (Bread Market). Yaelim Press, Naju-si, Jeollanam-do, Korea. pp. 46-80 (2018)
- Lagrain B, Leman P, Goesaert H, Delcour JA. Impact thermostable amylases during bread making on wheat bread crumb structure and texture. *Food Res. Int.* 41: 819-827 (2008)
- Lee HJ, Joo NM. Optimization of pan bread prepared with ramie powder and preservation of optimized pan bread treated by gamma irradiation during storage. *Prev. Nutr. Food Sci.* 17: 53-63 (2012)
- Lee SH, Yun MS, Lee JH, Min SG, Lee SK. Quality characteristics of white pan bread with olive oil. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 3: 217-221 (2005)
- Miller RA, Hosney RC. Method to measure microwave-induced toughness of bread. *J. Food Sci.* 62: 1202-1204 (1997)
- Miller RA, Maningat CC, Bassi SD. Effect of gluten fractions in reducing microwave-induced toughness of bread and buns. *Cereal Foods World* 48: 76-77 (2003)
- Rogers DE, Doescher LC, Hosney RC. Texture characteristics of reheated bread. *Cereal Chem.* 67: 188-191 (1990)
- Shin SH, Choi WS. Variations in textural parameter values of tofu due to different measurement conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 49: 646-651 (2020)
- Shin SH, Choi WS. Variation in significant difference of sausage textural parameters measured by texture profile analysis under changing measurement conditions. *Food Sci. Anim. Resour.* 41: 739-747 (2021)
- Shin HK, Lee JH, Lee SK. Characteristics of white pan bread with roasted rice bran. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 401-407 (2017)
- Yoon SJ, Cho NJ, Lee SJ, Moon SW, Jeong YH. Effects of maltogenic amylase on textural properties of dough and quality characteristics of white pan bread. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 752-760 (2015)
- Yoon HS, Kim JW, Kim SH, Kim YG, Eom HJ. Quality characteristics of bread added with aronia powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 273-280 (2014)