

냉동 저장에 따른 제빵용 밀가루 반죽의 물리적 특성 변화

임중빈 · 이승영¹ · 한정숙¹ · 유상호 · 이수용*

세종대학교 식품공학과, ¹삼양제넥스 식품연구소

Physical Characterization of Wheat-based Bread Dough during Frozen Storage

Jongbin Lim, Seung Young Lee¹, Jung Sook Han¹, Sang-Ho Yoo, and Suyong Lee*

Department of Food Science & Technology, Sejong University

¹Samyang Genex Food R&D Center

Abstract

The quality attributes of wheat-based frozen bread dough were investigated before and after baking from the physicochemical point of view. Mixolab results showed that the water absorption, stability time, and development time of wheat flour were 59.20%, 8.77 min, and 5.41 min, respectively. The frozen storage of bread dough at -20°C for 2 weeks raised its values of extensibility and resistance to extension, and led to less viscous properties during fermentation. After baking, the bread prepared with frozen dough exhibited a significantly lower loaf volume by 11.19% mainly due to reduced yeast activity and degraded gluten network. Frozen storage produced bread with harder texture which could be correlated with lower loaf volume. In the case of bread color, the crust of the bread prepared with frozen dough was darker compared to freshly-made dough bread. This study provides fundamental information for better understanding of the physicochemical properties of bread dough during frozen storage.

Key words: frozen dough, bread, Mixolab, extensograph

서 론

전 세계적으로 냉동생지를 이용한 제품시장은 1950년대 부터 시작되었다. 현재, 냉동생지는 소비자들에게 신선한 제품을 제공 할 수 있고, 노동력이 절감되며, 재고 관리가 용이하고, 계획생산이 가능하다는 장점을 가지고 있어 (Autio & Sinda, 1992; Park et al., 2006) 그 수요가 증가 하고 있으며 이에 따라 그 시장 규모도 지속적으로 커지고 있다(Lee et al., 2001; Giannou & Tzia, 2007). 최근 국내 에서도 제빵 산업에서 냉동생지를 이용한 제품 생산 기술 이 큰 기술발전을 이루고 있으며, 고급 베이커리 제품으로 새로운 영역을 확장하고 있는 등 많은 각광을 받고 있다. 냉동생지는 밀가루 반죽을 동결 시킨 후 -18~-20°C 에서 냉동 저장하여 효모 및 효소의 활동을 억제시키고 글루텐 결합구조의 손상을 최소화하여 밀가루 반죽의 제빵 적성을

장기간 유지 보존하는데 그 목적이 있다(Karel et al. 1998; Hui, 2006). 하지만 냉동생지는 기존의 제빵공정 이외에 냉 해동 공정이 추가됨으로써 보다 복잡한 제어 공정이 필요 하며, 최종 제품을 제조 시 발효시간이 오래 걸리고, 빵의 부피가 감소하며, 조직감이 떨어지는 등의 품질 면에서도 여러 가지 문제점이 보고되고 있다(Kenny et al., 1999). 이는 냉동 과정 시 생성되는 얼음결정에 의한 세포막의 약 화에 따른 효모의 손상과 이로 인한 활성 저하, 냉동저장 중 반죽 내부의 글루텐 결합조직의 분해 등 다양한 요인으 로부터 발생될 수 있다(Hui, 2006). 이러한 냉동생지의 문제 점을 개선하기 위한 다양한 연구가 수행되어 왔는데 냉동 반죽 제조 시 검류(Lee et al., 2001; Sharadanant & Khan, 2003a), 유화제(Lee et al., 2004a; Park et al., 2006), 그리 고 산화제(Lee et al., 2004b) 등을 첨가하여 제빵적성에 미치는 영향을 평가하였으며, 효소적 처리를 통한 제빵적 성을 증진시킨 연구결과가 보고 되고 있다(Steffolani et al., 2012). 또한, 반죽의 냉동과 저장 조건에 따른 빵의 품 질 특성을 비교한 연구가 수행되었다(Lu & Grant, 1999; Koh, 2002; Yi & Kerr, 2009). 하지만 이러한 냉동생지의 기본적인 물성학적 특성을 분석하고, 이를 최종제품의 품 질 특성에 연관시키고자 하는 연구는 아직까지 제한적인

*Corresponding author: Suyong Lee, Department of Food Science & Technology, Sejong University, 98 Gunja-dong, Gwangjin-gu, Seoul, 143-747, Korea

Tel: +82-2-3408-3227; Fax: +82-2-3408-4319

E-mail: suyonglee@sejong.ac.kr

Received May 9, 2013; revised June 19, 2013; accepted June 19, 2013

실정이다. 이러한 냉동생지 및 그 최종 제품에 대한 물리적 특성 연구는 냉동생지 공정 제어 및 제품 개발에 필요한 기초 자료를 제공함으로써 냉동생지 제품의 품질향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 밀가루의 열물성 특성을 바탕으로 냉동생지를 제조 후 냉동 저장에 따른 물성특성을 분석하고, 최종 제품의 부피, 텍스처, 색상 등의 품질 특성을 분석하여 이들의 연관성을 평가하였다.

재료 및 방법

냉동생지 제조 및 제빵공정

본 실험에 사용된 냉동생지는 AACC 공인 방법(10-10.03)(AACC, 2000)을 토대로 하여 제조되었다. 배합비는 밀가루(Power high gluten flour, Pendleton flour mills, Chattanooga, TN, USA) 100%, 효모(Lesaffre Yeast Co., Milwaukee, WI, USA) 2%, 설탕(The Amalgamated Sugar Co., Boise, ID, USA) 6%, 소금(Morton Inc., Chicago, IL, USA) 1.5%, 쇼트닝(Criso, The J.M. Smucker Co., Orrville, OH, USA) 3%, ascorbic acid(J.T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA) 50 ppm로 되어 있으며 첨가되는 물 양은 Mixolab 결과에서 C1값이 1.1 Nm에 도달하도록 조절하였다. Swanson mixer(National Mfg. Co. Lincoln, NE, USA)를 사용하여 원료를 혼합 후 반죽(150 g)을 볼 형태로 만든 후 -40°C에서 냉동시킨 후 플라스틱 봉지에 넣어 -20°C에서 냉동 보관하였다. 2 주 후 냉동생지를 꺼내어 상온에서 1시간 동안 해동하였다. 그 후 발효기(30°C, 85% 습도)에 넣고, 105 분 및 155 분 후에 dough sheeter(National Mfg. Co. Lincoln, NE, USA)를 사용하여 편칭 후, 식빵 틀에 패닝하여 2 차 발효 하고 215°C 오븐에서 24분간 구운 후 상온에서 1시간 동안 냉각시켰다.

Mixolab에 의한 반죽의 열물성 특성

밀가루의 열물성학적 특성은 Mixolab(Chopin, Tripetteet Renaud, Paris, France)을 이용하여 측정하였다(Heo et al., 2013). 밀가루를 Mixolab bowl에 넣고 dough consistency (C1 값)가 1.1 Nm에 도달하도록 물을 첨가하였다. Chopin+ 프로그램에 따라 반죽 샘플을 혼합하면서 온도를 30°C에서 8분간 유지하고 4°C/min로 90°C 까지 15분간 가열하였다. 90°C에 도달한 후 7분간 일정한 온도를 유지하고 4°C/min로 5분간 냉각하여 50°C에서 5분간 유지하였다.

반죽의 신장특성 분석

Extensograph(Brabender, Duisburg, Germany)를 사용하여 밀가루 반죽의 신장특성을 분석하였다. 이 실험을 위하여 반죽을 제조 후 원통형 모양으로 성형한 뒤 냉동 저장하였다. 2 주간 냉동 저장된 반죽과 냉동하지 않은 제조 직후

의 반죽을 각각 30°C에 90분간 방치한 후 extensograph를 이용하여 신장도(extensibility, mm)와 신장저항도(resistance to extension, BU)를 구하였다.

부피 측정

제조된 빵 샘플의 부피는 레이저 부피 측정기(TexVol, Viken, Sweden)를 사용하여 측정하였고 일정한 부피(500 cc)를 가진 wooden block를 표준 부피 물질로 사용하였다.

텍스처 측정

냉동저장에 따른 빵의 텍스처 특성을 Texture analyzer(Texture Technologies Co., Scarsdale, NY, USA)를 사용하여 분석하였다. 시료를 일정한 두께(25 mm)로 자른 후 원통형 probe(지름 25 mm)를 2 mm/s로 20% engineering strain이 되도록 내려 얻어진 힘-거리 그래프로부터 경도(firmness)를 측정하였다.

색 측정

빵의 crust와 crumb의 색은 색차계(Chroma meter, CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였고 L^* (lightness), a^* (redness), 그리고 b^* (yellowness) 으로 나타내었다. 사용된 표준 백판의 값은 $L^*=94.6$, $a^*=0.313$, $b^*=0.319$ 이었다.

통계

모든 실험은 3 회 반복되었으며, 얻어진 결과는 SAS 프로그램 (SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산 분석(ANOVA)을 실시하였고 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

온도에 따른 밀가루의 열물성 특성은 Mixolab을 이용하여 분석하였다. Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 밀가루 반죽이 1.1 Nm(C1, Farinograph일 경우 500 BU)에 도달하도록 했을 때 필요한 수분 흡수율(water absorption)은 59.2%이었으며, 반죽형성시간(development time) 및 안정시간(stability time)은 각각 5.41 분, 8.77 분으로 관찰되었다. 반죽 혼합이 계속되면서 밀가루 반죽 내에 형성된 단백질 결합이 약화되어 토크(torque)값은 C2(0.52 Nm)까지 감소하였고, 이 후 온도 증가에 따른 전분 호화로 피크(C3 = 1.64 Nm)를 형성하였으며, 온도 감소에 따른 전분 노화로 토크 값이 C4에서 C5로 증가하였는데, 이와 같은 밀가루 반죽의 열물성학적 특성은 Rosell et al.(2007)과 Kahraman et al.(2008)의 연구 결과와 유사한 패턴을 보였다.

냉동 저장에 따른 반죽의 물성 특성을 extensograph를 사용하여 측정하였다. Extensograph는 일정한 형태의 반죽

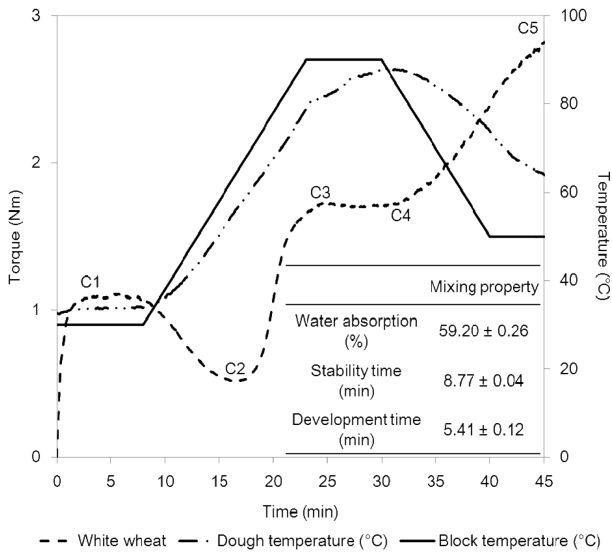


Fig. 1. Thermo-mechanical properties of wheat flour.

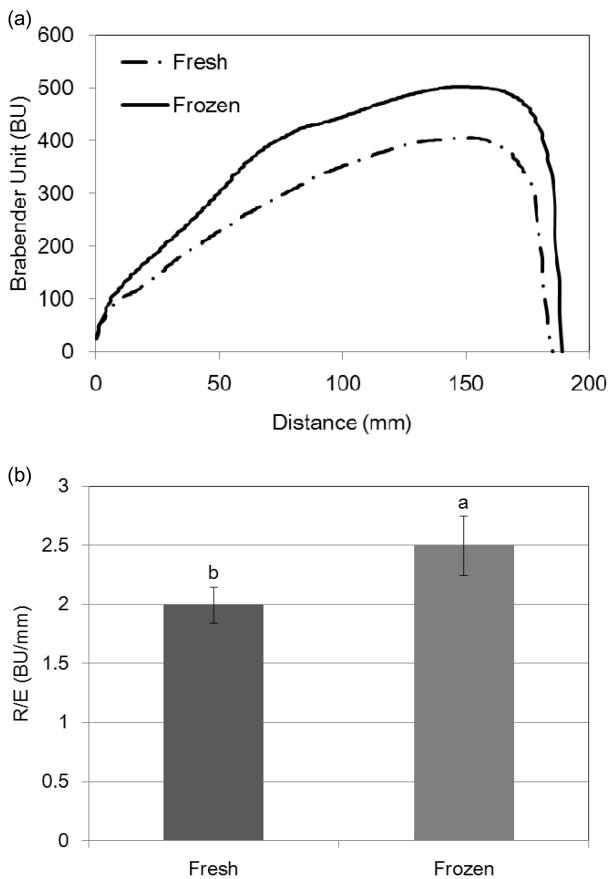


Fig. 2. Extensional properties of frozen bread dough (Means with different letters on the bars are significantly different at $p < 0.05$).

을 끊어질 때까지 잡아당겨 반죽의 신장특성을 분석하는 장치로서, Fig. 2는 냉동하지 않은 제조 직후의 반죽과 2주간 냉동저장 후 해동된 반죽 시료의 extensogram을 보

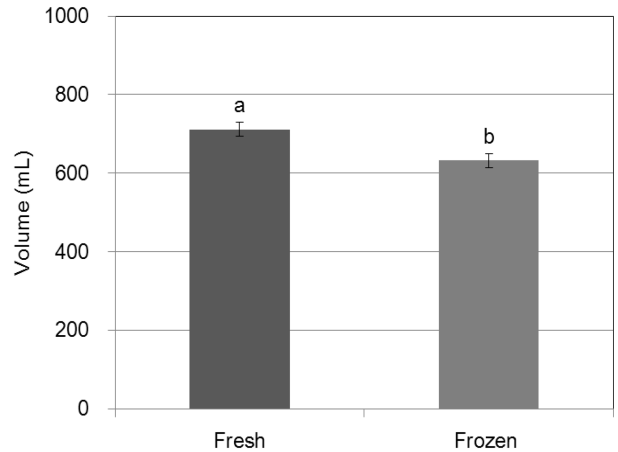


Fig. 3. Volume of bread prepared from frozen dough (Means with different letters on the bars are significantly different at $p < 0.05$).

여주고 있다. 냉동 저장하지 않은 대조구의 신장도(Maximum extensibility)와 신장저항도(Maximum resistance)는 각각 185.5 mm, 370.7 BU 인 반면, 2주 저장 후에는 197.2 mm, 492.7 BU로 증가하는 경향을 보였다. 특히, 신장저항도와 신장도의 비율인 R/E 값은 냉동하지 않은 반죽은 2.0인 반면, 2주 냉동 저장 후에는 2.5로 증가하여, 냉동 저장에 의해 반죽 샘플이 점성보다는 탄성적 특성이 우세해짐을 알 수 있었다. Extensograph의 경우 반죽을 30°C에서 90분간 방치 후 신장력을 측정하였는데, 그 동안 밀가루 반죽 내에 포함된 효모로 인하여 발효 공정이 진행된다. 따라서 발효과정 중 효모가 생산하는 이산화탄소로 인해 반죽 샘플 내부는 다공성 구조가 형성되면서 점탄성(viscoelasticity)이 감소하는데 특히, 탄성이 좀더 감소하여 전체적으로 점성의 비율이 증가한다고 보고되고 있다(Lee et al., 2004c). 하지만, 냉동 반죽의 경우 냉동 및 냉동 저장 과정에서 효모의 활성이 감소하고(Yi & Kerr, 2009), 이는 반죽 구조에 영향을 미침으로써 대조구 보다 높은 탄성 특성을 보이는 것으로 생각된다. Inoue et al.(1991)은 1주간 냉동 저장 후 반죽의 신장도가 증가하였다고 보고하였으며 Sharadanant & Khan(2003a)은 냉동 저장 기간이 길어질수록 반죽의 신장도가 증가한다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

부피는 빵의 중요한 물리적 특성 중 하나로서, 소비자의 제품 구입 선호도에 큰 영향을 미치고 있다. 따라서, 냉동 저장에 따른 빵의 부피 변화를 측정하였으며 그 결과는 Fig. 3에서 보여주고 있다. 냉동하지 않은 반죽으로 구운 빵의 부피는 711 mL인 반면 2주간 냉동 저장한 반죽으로 제조한 빵의 부피는 632 mL로서 약 11.19% 감소하였다. 이와 같이, 냉동 저장하지 않은 대조구 반죽으로 제조한 빵의 부피와 비교하여 2주간 냉동 저장된 반죽으로 만들어진 빵은 그 부피가 현저히 감소하는 경향을 보였다($p <$

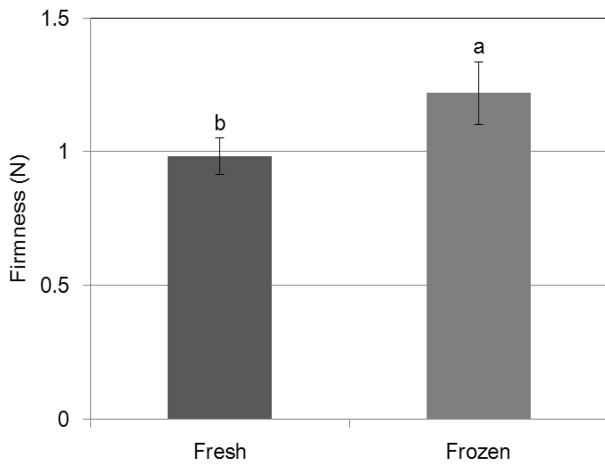


Fig. 4. Textural property of bread prepared from frozen dough (Means with different letters on the bars are significantly different at $p < 0.05$).

0.05). 이는 냉동 및 냉동 저장 과정에서 일어나는 얼음 결정과 효모에서 용출되는 glutathione과 같은 환원성 물질로 인하여 단백질의 disulfide 결합이 분해되어 gluten의 3 차원 구조를 변화시킴으로써 반죽의 가스 보유력이 약화되었기 때문이다. 아울러, 효모의 활성 저하로 인하여 냉동생지를 해동 후 발효하였을 때 발생하는 CO₂ 기체의 양이 매우 감소되어 반죽 내 공극이 완전히 팽창하지 못하여 대조구에 비하여 빵의 부피가 감소된 것으로 생각된다(Le-Bail et al., 2010). Yi & Kerr(2009)은 냉동 속도, 저장 온도, 그리고 저장 기간을 달리한 냉동 반죽을 사용하여 빵을 제조하였는데, 냉동 속도의 경우 빵의 부피에 큰 영향 요인은 아니었지만 저장 기간이 길어질수록 빵의 부피가 감소하였다고 보고하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 특히, 이 논문에서는 -20°C에서 냉동 저장 시 부피 손실이 가장 적게 일어남을 보였다.

2주간 냉동 저장된 반죽을 이용하여 제조한 빵의 텍스처를 측정하였고 이를 대조구와 비교하였다. 특히, 본 실험에서는 compression test를 활용하여 샘플을 수직 방향으로 압축할 때 필요한 가장 큰 힘(force) 즉, 경도를 측정하였다. Fig. 4에서 보여주는 바와 같이, 냉동생지를 이용한 빵의 경도는 1.29 N으로 대조구(1.02 N)에 비하여 높은 값을 보였으며 이는 유의적으로 차이가 있었다($p < 0.05$). 이와 같은 냉동저장에 따른 경도의 증가는 Fig. 3에서 보여준 부피 결과와 역의 상관관계를 보여주었는데 즉, 냉동생지로 제조된 빵의 경우 부피 감소로 인하여 조직이 치밀하고 밀도가 높아, 결국 경도가 증가된 것으로 생각된다. Lee et al.(2001)은 12 주간의 냉동 저장 기간에 따라 냉동생지를 이용하여 제조한 빵의 경도변화를 측정 해 본 결과 저장 기간이 길어 짐에 따라 빵의 경도는 증가하였다고 보고 하였으며 Lee et al.(2004a)은 첨가물이 첨가된 냉동반죽을 이용하여 제빵 시 대조구와 첨가구 모두 반죽의 저장 기간

Table 1. Color of bread prepared from frozen dough.

	Crust			Crumb		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Fresh	41.23a	20.08a	24.08a	86.81b	4.65a	17.58a
Frozen	37.65b	18.99b	19.82b	88.29a	4.63a	17.66a

Means with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$

이 길어질 수록 경도가 증가하였다고 보고하여 본 실험 결과에 상응하는 경향을 보였다.

색 또한 빵의 중요한 품질 요인 중 하나로서, 빵의 crust 및 crumb는 각각 균일한 황금빛의 갈색(golden brown) 및 크림색의 하얀색(creamy white)을 갖는 것이 바람직하다(Giannou & Tzia, 2007). 냉동생지를 이용하여 제조한 빵의 crust와 crumb의 색은 Table 1에서 보여주고 있다. 대조구 반죽으로 제조한 빵에 비하여 냉동생지 샘플의 crust 경우 L*, a*, 그리고 b* 값이 전반적으로 모두 감소되는 경향을 보였다. 특히, 색의 밝기를 나타내는 L* 값의 경우 41.2에서 37.6으로 감소하여 어두운 색상이 증가하는 것을 확인하였다. 냉동 저장 과정에서 반죽 내부의 효모 활성이 저하되어 발효 과정 동안 이용되지 못한 잔류 당류가 이러한 색상 변화를 초래한 것으로 생각된다. 아울러, 냉동저장 중 일어날 수 있는 전분 용출 및 분해된 텍스트린 또한 냉동생지로 제조된 빵의 어두운 색상에 기여한 것으로 생각된다(Yi, 2008). 앞선 연구에서 Sharadanant & Khan (2003b)은 다양한 검류를 첨가하여 냉동생지를 제조하여 빵을 구운 결과 검류 종류에 따른 정도 차이는 있었지만, 냉동저장이 길어질수록 색깔이 짙어지는 경향을 보여, 본 실험 결과와 유사한 패턴을 보여주었다. 이와는 반대로 crumb에 대한 L*, a*, 그리고 b* 값은 전반적으로 냉동 저장한 반죽으로 빵과 대조구 사이에 큰 차이가 없는 경향을 보였다.

요 약

본 연구에서는 냉동저장에 따른 제빵용 밀가루 반죽의 물리적 특성 변화를 분석하기 위하여, 냉동생지를 제조 후 2주간 -20°C에서 냉동 저장하면서 신장특성, 텍스처, 부피, 색상 등의 품질 특성을 측정하고 이를 냉동저장을 하지 않은 대조구와 비교하였다. Extensograph를 활용하여 냉동 저장한 밀가루 반죽은 신장도와 신장저항도가 증가하였으며 R/E도 증가함을 확인하였다. 냉동생지를 이용하여 빵을 제조한 경우 빵의 부피는 감소하고, 이에 따라 경도는 증가하였고 대조구와 비교하여 어두운 표면이 관찰되었다. 이러한 본 연구의 결과는 냉동 저장 반죽을 이용한 제품 제조 시 냉동생지의 물리학적 특성을 파악하여 그 품질을 개선 및 보완하는데 필요한 기초 자료로 활용 될 수 있을

것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 고부가 식품기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임(No. 312004-03-1-HD040).

참고문헌

- Autio K, Sinda E. 1992. Frozen doughs - rheological changes and yeast viability. *Cereal Chem.* 69: 409-413.
- Park BJ, Sihm EH, Park CS. 2006. Influence of emulsifiers and α -amylases on the quality of frozen dough. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 59-67.
- Giannou V, Tzia C. 2007. Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage - prediction of final product characteristics. *J. Food Eng.* 79: 929-934.
- Lee JM, Lee MK, Lee SK, Cho NJ, Kim SM. 2001. Effects of gums added in making frozen dough on the characteristics of bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 190-194.
- Hui YH. 2006. Handbook of food science, technology, and engineering. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA, pp. 117-1-117-6.
- Karel K, Klaus L, Brummer J. 1998. Frozen & refrigerated doughs and batters. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA, pp. 1-18.
- Kenny S, Wehrle K, Dennehy T, Arendt EK. 1999. Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough. *Cereal Chem.* 76: 421-425.
- Sharadanant R, Khan K. 2003a. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. dough quality. *Cereal Chem.* 80: 764-772.
- Lee JH, Choi D, Lee JK, Lee SK. 2004a. Effects of emulsifiers on properties of the bread made by the dough frozen after first fermentation. *J. Korean Soc. App. Bio. Chem.* 47: 107-112.
- Lee YC, Jeong HW, Yoon SK. 2004b. Effects of additives on the improvement of frozen dough quality. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 217-225.
- Steffolani ME, Ribotta PD, Perez GT, Puppo MC, Leon AE. 2012. Use of enzymes to minimize dough freezing damage. *Food Bioprocess Tech.* 5: 2242-2255.
- Yi J, Kerr WL. 2009. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Sci. Technol.* 42: 1474-1483.
- Lu W, Grant LA. 1999. Effects of prolonged storage at freezing temperatures on starch and baking quality of frozen doughs. *Cereal Chem.* 76: 656-662.
- Koh BK. 2002. Quality characteristics of wheat flour breads with the doughs frozen at the different freezing and storage conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 413-418.
- AACC. 2000. Approved methods of the AACC. 9th ed: American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Heo S, Lee SM, Shim JH, Yoo SH, Lee S. 2013. Effect of dry- and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles. *J. Food Eng.* 116: 213-217.
- Rosell CM, Collar C, Haros M. 2007. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the mixolab. *Food Hydrocolloid.* 21: 452-462.
- Kahraman K, Saktyan O, Ozturk S, Koxsel H, Sumnu G, Dubat A. 2008. Utilization of Mixolab® to predict the suitability of flours in terms of cake quality. *Eur. Food Res. Technol.* 227: 565-570.
- Lee S, Pyrak-Nolte LJ, Campanella O. 2004c. Determination of ultrasonic-based rheological properties of dough during fermentation. *J. Texture Stud.* 35: 33-52.
- Inoue Y, Bushuk W. 1991. Studies on frozen doughs. 1. effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. *Cereal Chem.* 68: 627-631.
- Le-Bail A, Nicolitch C, Vuillod C. 2010. Fermented frozen dough: impact of pre-fermentation time and of freezing rate for a pre-fermented frozen dough on final volume of the bread. *Food Bioprocess Tech.* 3: 197-203.
- Yi JH. 2008. Improving frozen bread dough quality through processing and ingredients. Ph. D Thesis. University of Georgia, GA, USA.
- Sharadanant R, Khan K. 2003b. Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. bread characteristics. *Cereal Chem.* 80: 773-780.