



## 이눌린 첨가량에 따른 빵 반죽의 리올로지 특성

김 영 선<sup>1</sup> · 이 정 훈<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>안산시 평생학습관, <sup>2</sup>신안산대학교 호텔조리과

### Rheological Properties of Bread Dough Enriched with Different Amount of Inulin

Youngsun Kim<sup>1</sup> and Jeonghoon Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ansan-City Lifelong Learning Center, Ansan 15585, Republic of Korea

<sup>2</sup>Dept. of Hotel Culinary Arts, Shinansan University, Ansan 15435, Republic of Korea

#### ABSTRACT

This study examined the influence of inulin at varying levels on the rheological properties of bread dough; 0, 3, 6 and 9% of bread flour based on baker's % were replaced with inulin. The rheological properties of the dough were evaluated by an analysis of the composition of the composite flour, farinograph, amylograph, viscograph, fermentation volume, pH, and total titratable acidity (TTA) of the dough. Composition analysis of composite flour revealed a moisture content of the control and tests to be 12.7~13.1%; the control showed the highest crude protein content that decreased with increasing level of inulin. On the other hand, there were no significant differences in the ash content between the control and tests. The farinograph characteristics of the wheat flour-inulin blends showed a significant decrease in water absorption from 64.4% to 48.0% with increasing level of inulin from 0 to 9%, but the consistency in the control and tests showed similar values. The addition of inulin decreased the level of water absorption, degree of softening but increased the dough development time, stability, and farinograph quality number (FQN). In amylograph and viscograph analysis, the presence of inulin also caused an increase in the initiation of gelatinization temperature but a significant decrease in viscosity upon pasting. The maximum viscosity, start of the holding period, start of the cooling period, end of the cooling period, end of the final holding period, breakdown and setback of the control wheat flour were higher than those of wheat flour-inulin. Those viscosities decreased significantly with increasing inulin content. In the fermentation volume of dough, the volume of the control wheat flour was higher than that of the wheat-inulin flour that decreased with increasing in the level of inulin during 3 hrs. fermentation. TTA showed the same results as the fermentation volume, but the pH showed opposite results to the TTA value. The present study indicated that the addition of more than 6% of inulin could have a negative effect in producing functional flour bread without altering its desirable rheological properties.

**Key words:** inulin, rheological properties, bread flour, dough

#### 서 론

빵이란 밀가루를 주재료로 하여 이스트와 기타 부재료로 반죽을 만들어 발효 후 굽기, 튀기기, 찌기 등으로 만든 제품을 말한다. 빵의 기본재료는 밀가루, 이스트, 소금, 물 등이고 검류, 탈지분유, 유지, 산화제, 밀 껍질, 유화제, 글루텐 등은 부재료로 빵의 영양가치, shelf-life, 관능 등을 개선시킬 목적으로 사용한다(Kaur K & Singh N 1999; Mettler E & Seibel W 1993). 빵은 영양가치 면에서 매우 중요하여 에너지원일 뿐만 아니라, 단백질, 지질 등을 공급하고, 미량 영양소로는 비타민 B군, 미네랄, 항산화제, 식물화학물질(phytochemicals)

등을 공급한다. 그러나 빵을 만드는 과정에서 영양성분이 증가하거나 감소되기도 한다(Dewettinck K 등 2008).

식이섬유란 식물 중 섭취 가능한 것이나, 전분이 아닌 탄수화물로 사람의 소장에서는 소화효소가 없어 소화 및 흡수되지 않고, 대장에서 완전히 혹은 부분적으로 분해되는 물질을 일컫는다(Ha MA 등 2000). 식이섬유에는 다당류, 소당류, 식물유래 물질들로 cellulose, hemicellulose, pectin 물질, hydrocolloids, 저항전분, 저항 소당류 등이 있다. 사람에게에는 에너지원이 되지 못하나, 대장에서 장내세균에 의해 분해되어 이용된다. 식이섬유가 사람의 건강에 유익한 효과를 내기 위해서는 하루 30~45 g을 섭취하도록 권장하고 있다(Champ M & Guillon F 2000). 식이섬유는 자연적으로 존재하는 식이섬유, 식품의 원료를 물리적·효소적·화학적 방법으로 처리하

\* Corresponding author : Jeonghoon Lee, Tel: +82-31-490-6103, Fax: +82-31-492-9992, E-mail: jhl9526@sau.ac.kr

여 얻는 식이섬유, 합성 탄수화물 polymer 식이섬유 등 세 가지로 분류하는데, 첫 번째 식이섬유보다는 두 번째 식이섬유가 건강에 유익한 효과를 제공하는 것으로 알려져 있다. 식이섬유가 부족한 식단은 변비를 증가시키고, 특히 관상심장병 위험이 증가되기 때문에, 식단에서 섭취량을 늘릴 것을 권장하고 있으며, 또한 식이섬유는 폐경기 이후의 여성들에게 유방암 위험을 낮추는데 중요한 역할을 하는 것으로 Yikyung P 등(2009)은 보고하였다. 최근 연구에서 Touyarou P 등(2012)은 식이섬유가 풍부한 빵을 아침에 섭취하면 포만감으로 허기가 줄어들어 섭취하는 음식 조절로 체중관리가 용이하다고 하였다.

이눌린은 다당류의 일종으로 국화과, 백합과 등의 근경이나 일부 구내연쇄구균의 세포 내에 교질상태로 함유되어 있다. D-fructose(약 98%)가  $\beta(2\rightarrow1)$ 로 결합한 과당 중합체로 말단기에는  $\alpha$ -glucose가 sucrose와 결합하고 있다. 뜨거운 물에는 잘 녹으나, 냉수나 알코올에는 잘 녹지 않고, 현탁액은 우유 빛으로 온도가 상승하면 맑은 노란색을 띤다. 가열시간, 온도에 따라 용액은 겔 형성 능력과 겔의 강도에서 차이를 나타낸다(Glibowski P & Wasko A 2008). 이눌린은 탄수화물의 일종으로 쥐나 사람에서 생리적·생물학적으로 건강을 증진시키고, 여러 질병위험을 덜어주는 기능이 우수하여 식품소재로 아주 중요하다. 또한, prebiotics로 식이에서 무기질 흡수에 도움을 주어 골밀도를 증가시키는 것으로도 많은 관심을 받고 있다(Scholz-Ahrens K & Schrezenmeir J 2007). 소장에서 분해·흡수되지 않고 대장에서 미생물에 의하여 발효되어 젖산, 단쇄지방산(프로피온산, 초산, 뷰티릭산 등) 등을 생성하여 장의 pH가 낮아지면 미네랄 성분의 용해도가 증가하여 쉽게 흡수된다(Ohta A 등 1995). Younes H 등(2001)은 이눌린과 저항전분이 쥐의 장에서 발효하는 것을 분석한 결과, Ca와 Mg의 흡수가 증가되어 골밀도 향상에 도움이 된다고 보고하였다.

빵 제조용 강력분에 식이섬유를 대체 첨가하면 빵의 영양과 반죽의 리올로지 특성에 영향을 미치는데(Manuel G 등 2003), 본 연구에서는 식이섬유인 이눌린이 기능이 우수한 것으로 밝혀져 식품산업에서 이용분야가 점차 확대되고 있기에, 이눌린을 빵 제조에 첨가 시 반죽의 리올로지에 미치는 영향을 분석하여 식이섬유가 첨가된 기능성 빵을 개발하는데 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

리올로지 분석용 재료는 강력분(대한제분, 인천, 한국), 생효모(조흥화학, 안산, 한국) 등을 사용하였다. 이눌린(Idea,

guadalajara, Jalisco ST, Mexico)은 흰색의 분말로 수분함량 0.5~4.0%, 회분함량 최대 1.0%, 과당 3.0~10.0%, 포도당 최대 3.5%, saccharose 최대 2.0%, 이눌린함량 88.0~94.0%, pH 4.0~6.0이었다.

### 2. 일반성분 분석

강력분에 이눌린을 0%, 3%, 6%, 9% 대체 첨가한 혼합분의 일반성분으로 수분, 단백질, 회분함량 등을 분석하였다. 식품공전(Korean Food Code 2002)의 일반성분시험법 중 수분함량은 건조감량법, 조단백질 함량은 세미마이크로 킬달법, 회분함량은 회화에 의한 회분측정법 등으로 분석하였다.

### 3. Farinograph 분석

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 farinograph 특성을 AACC 방법(54-21)(AACC 2000)에 따라 farinograph(No 183538, Type 860000, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)로 분석하였다. 미리 예열한  $30\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 의 farinograph mixing bowl에 혼합분 300 g을 넣고 기계를 작동하면서 그 래프 커브의 중앙이  $500\pm 20$  BU에 도달할 때까지 증류수를 가하여 흡수량을 조절하였다. 반죽의 견고성, 흡수율, 반죽형성시간, 안정도, 약화도, FQN(Farinograph quality number)의 값을 분석하였다.

### 4. Amylograph 분석

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 amylograph 특성은 AACC 방법(22-10)(AACC 2000)에 따라 amylograph (ASG-6, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 분석하였다. 혼합분 65 g을 증류수 450 mL에 현탁시켜 amylograph bowl에 넣고 bowl의 회전 속도를 75 rpm으로 조절하여  $25^{\circ}\text{C}$ 부터  $95^{\circ}\text{C}$ 까지  $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 비율로 온도를 상승시키면서 paste 특성 변화를 측정하였다. 측정개시온도  $25^{\circ}\text{C}$ 부터 시작하여 호화개시온도, 최고점도온도 및 최고점도의 특성 값을 5회 반복 측정하여 자료로 하였다. 호화개시온도는 초기점도가 10 BU에 도달하는 온도로 나타났다.

### 5. Viscograph 분석

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 호화 및 노화특성을 Brabender Viscograph(Viscograph E, Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Germany)를 이용하여 AACC 방법(61-01)(AACC 2000)에 따라 분석하였다. 혼합분 53 g을 증류수 450 mL에 현탁하여 측정용 bowl에 넣고 핀을 결합하였다. 회전 속도를 75 rpm으로 조정하고, 1분에  $1.5^{\circ}\text{C}$ 의 비율로  $30^{\circ}\text{C}$ 에서  $93^{\circ}\text{C}$ 까지 가열시키면서 1.5시간 동안 호화개시온도, 최고점도, 최고점도온도, Start of holding period, start of cooling

period, end of cooling period, end of final holding period, breakdown, setback을 5회 반복 측정하여 자료로 하였다.

## 6. 반죽의 발효력 분석

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분으로 만든 반죽을 발효시키면서 부피 변화를 측정하였다. 혼합분 300 g에 증류수 180 mL, 효모 7.5 g을 반죽기(VM-0008, DaeYung Co. Ltd., Seoul, Korea)에서 저속 3분, 중속 2분간 믹싱(VM-0008, DaeYung Co. Ltd., Seoul, Korea)하여 반죽을 제조하였으며, 이때 반죽온도는 27°C이었다. 반죽을 각각 100 g씩 취하여 동글리기 한 후 10 mL 단위로 표시된 원통형 유리 발효기(직경 5.5 cm × 높이 25 cm) 밑면에 넣고 뚜껑을 씌워 온도 37°C, 상대습도 75%의 인큐베이터에서 180분간 발효하면서 20분마다 반죽부피를 측정하여 cc로 나타냈다(Perssini D & Sensidoni A 2009).

## 7. 반죽의 pH 분석

반죽의 발효력 측정과 동일한 시료를 대상으로 180분 발효하면서 20분마다 pH 변화를 AACC 방법(02-52)(AACC 2000)에 따라 측정하였다. 반죽 10 g을 취하여 증류수 100 mL에 균일하게 용해 후 pH meter(MP 220, Mettler Toledo, Urdorf, Switzerland)의 센서를 시료에 담가 측정하였다.

## 8. 반죽의 총산도 분석

반죽의 발효력 측정과 동일한 시료를 대상으로 180분간 발효하면서 20분마다 총산도를 AACC 방법(02-31)(AACC 2000)에 따라 측정하였다. 반죽 20 g을 증류수 100 mL에 용해 후 10방울의 formaldehyde를 가하여 효모의 활성을 정지시키고, 0.1N-NaOH( $F=1.001$ ) (DaeJung Chemical & Metals Co. Ltd., Koryung, Korea) 용액으로 pH가 6.6이 될 때까지 적정하여 소모된 0.1N-NaOH mL를 총산도로 하였다.

## 9. 통계분석

각 항목에 대하여 3회 이상 반복 실험을 하였고, 결과는

평균값±표준편차(Mean±SD)로 나타냈다. 통계분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 던컨의 다중 범위시험법(Duncan's multiple range test)으로  $p<0.05$  수준에서 시료 간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 혼합분의 일반성분

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 일반성분으로 수분, 단백질, 회분함량 등을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분함량은 대조구와 이눌린 6% 첨가까지는 13.0~13.1%로 유의적 차이가 없었으나, 9% 첨가구는 12.7%로 다소 낮았다. 단백질 함량은 대조구가 12.4%이었고, 이눌린 첨가량이 많아짐에 따라 유의적으로 낮아져( $p<0.05$ ) 9% 첨가구가 11.3%이었고, 회분함량은 대조구와 시험구간에 유의적 차이가 없었다. 빵 제조에 적합한 강력분의 일반성분으로 수분함량은 14% 이하, 단백질함량은 11.5% 이상, 회분함량은 0.45% 이하인데(Lee JH 등 2015), 이 중 단백질 함량이 가장 중요하다. 본 실험에서 강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 수분함량은 이눌린 9% 첨가구에서 다소 낮은 것은 이눌린의 수분함량이 0.5~4.0%로 낮기 때문이며, 단백질 함량은 이눌린 첨가량이 많을수록 낮아졌는데, 이는 단백질이 함유되어 있지 않은 이눌린에 의한 밀 단백질의 희석 때문으로 생각된다. 반죽의 리올로지 특성은 빵 제조 공정을 예측하거나 품질을 제어하는데 효과적이라고 Song Y & Zheng Q (2007)는 보고하였다. Lemelin E 등(2005)은 밀 단백질 중 glutenin은 반죽 믹싱 동안 점탄성의 글루텐 막을 형성하여 발효 시 효모가 생성한 이산화탄소를 포집하여 반죽이 부풀게 된다고 하였고, Callejo MJ 등(1999)은 빵 제조에 글루텐을 첨가하면 흡수율이 높아져 유연성이 증가하고 견고함이 적어지며 노화가 지연된다고 하였다. 그러나 본 실험에서 이눌린 첨가량이 증가함에 따라 혼합분의 단백질 함량이 낮아져 빵의 부피가 작아질 것으로 생각된다.

Table 1. Composition of bread flour enriched with inulin

Composition	Control	Inulin (%)		
		3	6	9
Moisture (%)	13.1±0.06 <sup>1)a</sup>	13.1±0.04 <sup>a</sup>	13.0±0.04 <sup>a</sup>	12.7±0.02 <sup>b</sup>
Crude protein (%)	12.4±0.08 <sup>a</sup>	12.0±0.06 <sup>b</sup>	11.8±0.04 <sup>c</sup>	11.3±0.04 <sup>d</sup>
Ash (%)	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.41±0.02 <sup>a</sup>	0.41±0.02 <sup>a</sup>	0.42±0.005 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

## 2. Farinograph 특성

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 farinogram 특성으로 견고성, 흡수율, 반죽형성시간, 안정도, 약화도, FQN 등을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 반죽의 견고성은 대조구에 비하여 이눌린 3%와 9% 첨가구는 유의적 차이가 없었으나( $p<0.05$ ), 6% 첨가구는 다소 높았다. 흡수율은 대조구에 비하여 이눌린 첨가구들은 첨가량이 많을수록 유의적으로 낮아졌고, 9% 첨가구는 대조구보다 16.4%나 감소하였다( $p<0.05$ ). 반죽형성시간은 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 길어졌고, 안정도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 증가하였고 유의적 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 약화도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 감소하였고, FQN은 대조구에 비하여 첨가량이 많을수록 증가하였다. Peressini D & Sensidoni A(2009)는 빵 제조에 수용성식이섬유로 이눌린을 2.5~7.5% 첨가하여 반죽 리올로지와 품질에 미치는 영향을 평가한 결과, farinograph 분석에서 믹싱 시간과 안정도는 증가하였으나 흡수율은 감소하였는데, 분자량이 작은 이눌린은 설탕이나 올리고당과 같은 유효작용 때문에 흡수율이 낮아졌고, Meyer D & Peters B(2009)는 이눌린의 중합도에 따라서도 흡수율 정도가 달라진다고 설

명하였다. 안정도가 증가한 것은 이눌린 첨가로 반죽의 강도가 강해져 강도가 약한 밀가루에 도움이 되고, 반죽 특성 변화에 긍정적 영향을 주기 때문에 밀가루의 일부를 이눌린으로 대체가 가능하다고 하였다. Morris C & Morris GA(2012)도 이눌린을 밀가루 대비 1~4% 첨가하였을 때 반죽의 강도가 증가하여 반죽형성시간과 안정도가 증가하였다고 하였는데, 특히 이눌린 3% 첨가까지는 반죽형성시간에 유의적 차이가 없었으나 안정도는 증가하였다고 하여, 본 실험 결과와 일치하였다.

## 3. Amylograph 특성

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 amylogram 특성으로 호화온도, 최고점온도, 최고점도를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 호화온도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 높아져 유의적 차이가 있었고( $p<0.05$ ), 최고점도온도는 대조구와 이눌린 첨가구간에 유의적 차이가 없었다. 최고점도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 낮아졌다( $p<0.05$ ). 이눌린은 fructans로 수용성식이섬유로 분류한다. Goldstein A 등(2010)은 빵 제조에 식이섬유로 입자 크기가 다른 CMC를 0.1~10.0% 첨가하

Table 2. Farinogram characteristics of bread flour enriched with inulin

Items	Control	Inulin (%)		
		3	6	9
Consistency (FU)	496±12 <sup>1)ab</sup>	503±14 <sup>ab</sup>	516±10 <sup>a</sup>	498±10 <sup>ab</sup>
Water absorption (%)	64.4±0.2 <sup>a</sup>	58.4±0.4 <sup>b</sup>	50.7±0.2 <sup>c</sup>	48.0±0.6 <sup>d</sup>
Dough development time (min)	5.4±0.2 <sup>d</sup>	7.7±0.6 <sup>c</sup>	8.7±0.8 <sup>b</sup>	13.9±0.4 <sup>a</sup>
Stability (min)	12.1±0.5 <sup>c</sup>	20.3±0.8 <sup>b</sup>	28.6±1.0 <sup>a</sup>	28.2±1.2 <sup>a</sup>
Degree of softening (FU)	46±1.2 <sup>a</sup>	34±1.0 <sup>b</sup>	30±0.8 <sup>c</sup>	27±1.4 <sup>d</sup>
FQN	136±8.6 <sup>d</sup>	184±10.2 <sup>c</sup>	199±10.6 <sup>b</sup>	254±12.8 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

Table 3. Amylogram characteristics of bread flour enriched with inulin

Items	Control	Inulin (%)		
		3	6	9
Gelatinization temperature (°C)	70.0±0.4 <sup>1)cd</sup>	71.8±0.8 <sup>bc</sup>	72.9±0.8 <sup>b</sup>	74.3±0.4 <sup>a</sup>
Maximum viscosity temperature (°C)	98.3±0.8 <sup>a</sup>	98.0±0.6 <sup>a</sup>	97.8±1.0 <sup>a</sup>	97.9±0.6 <sup>a</sup>
Maximum viscosity (AU)	622±16 <sup>a</sup>	541±12 <sup>b</sup>	456±14 <sup>c</sup>	379±10 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

여 밀가루와 식이섬유의 상호작용을 연구하기 위하여 micro viscoamylograph로 호화특성을 분석한 결과, 식이섬유가 전분의 호화진행 과정에 영향을 주어 cellulose 양이 증가함에 따라 혼합분의 최고점도와 최종점도가 낮아졌다고 하였는데, 이는 본 실험에서 최종점도가 낮아지는 결과와 일치하였다. 전분의 점도 감소는 전분 팽윤 정도가 적어지는 것이라고 Collar C 등(2006)은 설명하였는데, 본 실험에서도 이눌린 첨가로 전분의 팽윤이 적어지는 것을 알 수 있었다. 여러 식이섬유 중 사과에서 추출한 것은 밀이나 귀리 껍질에서 얻은 것에 비하여 수분결합능력이 우수한데, 이것은 곡물 껍질과 과일 식이섬유 사이의 세포벽 구성분의 차이, 식이섬유 함량, 입자의 크기 등에 영향을 받기 때문이라고 Chen N 등(1988)은 설명하였으며, 사과 식이섬유는 20℃에서 80℃까지 온도가 상승함에 따라 점도가 낮아졌다고 설명하였다.

#### 4. Viscograph 특성

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분의 viscograph 특성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 호화개시온도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 높아져 유의적 차이가 있었다( $p<0.05$ ). Viscograph와 amylograph로 혼합분의 pasting

특성을 분석한 결과, 호화개시온도에 차이가 있어 viscograph에서 대조구가 시험구보다 약 2~4℃ 낮게 나타났다. Jang JK 등(2001)은 전분의 pasting 특성에 설탕이 미치는 영향을 DSC로 연구한 결과, 설탕 농도가 증가하면 전분의 호화온도가 상승한다고 하였고, Derby RI 등(1975)도 전분에 설탕을 첨가하면 설탕이 전분의 호화에 영향을 주어 점도와 겔 강도가 낮아지고, 설탕 첨가량이 증가하면 호화개시가 지연되어 호화온도가 상승한다고 하여, 본 연구에서 호화개시온도가 상승한 결과와 일치하였다. 혼합분의 최고점도를 나타내는 온도는 대조구와 시험구간에 유의적 차이가 없었으나, 최고 점도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 낮아져 이눌린이 강력분의 점도에 영향을 주었다. Start of holding period에서의 점도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 낮아져 최고점도 경향과 유사하였다. Start of cooling period에서 대조구와 시험구간의 온도는 92.4~92.5℃이었는데, 이때 점도는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 낮아졌으며 유의적 차이가 있었다( $p<0.05$ ). End of cooling period와 end of final holding period에서도 같은 경향을 보였고, 이때 대조구와 시험구간에 온도는 유사하여 유의적 차이가 없었다( $p<0.05$ ). 점도가 낮아지는 것은 다당류가 밀가루

Table 4. Viscogram characteristics of bread flour enriched with inulin

Items	Unit	Control	Inulin (%)		
			3	6	9
Beginning of gelatinization temperature	BU	16.0±1.0 <sup>1)b</sup>	16.7±0.8 <sup>b</sup>	18.5±1.2 <sup>a</sup>	18.0±1.4 <sup>a</sup>
	℃	64.4±0.8 <sup>c</sup>	64.9±0.6 <sup>c</sup>	66.2±0.4 <sup>b</sup>	68.1±0.6 <sup>a</sup>
Maximum viscosity	BU	352.5±8.6 <sup>a</sup>	327.0±6.4 <sup>b</sup>	289.5±4.8 <sup>c</sup>	264.3±4.2 <sup>d</sup>
	℃	88.7±0.4 <sup>a</sup>	89.1±0.6 <sup>a</sup>	89.2±0.6 <sup>a</sup>	89.3±0.8 <sup>a</sup>
Start of holding period	BU	252.5±8.4 <sup>a</sup>	239.3±6.8 <sup>b</sup>	214.0±4.6 <sup>c</sup>	198.3±6.4 <sup>d</sup>
	℃	92.8±0.8 <sup>a</sup>	92.8±0.6 <sup>a</sup>	92.9±0.4 <sup>a</sup>	92.7±0.4 <sup>a</sup>
Start of cooling period	BU	212.0±5.2 <sup>a</sup>	202.0±8.8 <sup>b</sup>	182.5±4.8 <sup>c</sup>	167.3±6.2 <sup>d</sup>
	℃	92.5±0.2 <sup>a</sup>	92.4±0.8 <sup>a</sup>	92.4±0.5 <sup>a</sup>	92.4±0.4 <sup>a</sup>
End of cooling period	BU	424.5±10.2 <sup>a</sup>	403.0±8.8 <sup>b</sup>	363.5±6.8 <sup>c</sup>	332.3±6.4 <sup>d</sup>
	℃	56±0.2 <sup>a</sup>	56.0±0.4 <sup>a</sup>	55.9±0.4 <sup>a</sup>	56.0±0.6 <sup>a</sup>
End of final holding period	BU	416±6.8 <sup>a</sup>	393.7±10.2 <sup>b</sup>	353±8.8 <sup>c</sup>	322.3±8.6 <sup>d</sup>
	℃	55.1±0.4 <sup>a</sup>	55±0.2 <sup>a</sup>	55.0±0.6 <sup>a</sup>	55.1±0.4 <sup>a</sup>
Breakdown	BU	140.5±2.6 <sup>a</sup>	125.0±4.8 <sup>b</sup>	107.0±8.2 <sup>c</sup>	97.0±6.4 <sup>d</sup>
Setback	BU	212.5±10.4 <sup>a</sup>	201.0±8.8 <sup>b</sup>	181.0±10.0 <sup>c</sup>	165.0±6.8 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

BU, brabender unit.

전분과 단백질의 결합을 방해하기 때문인 것으로 생각된다. *breakdown*은 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 낮아졌다. *Setback*도 대조구가 가장 높았고, 이눌린 첨가량이 많을수록 낮아 *breakdown*과 같은 경향을 보였다.

*Pasting* 특성 분석에서 *setback* 값은 전분의 노화정도를 예측할 수 있는 항목으로 값이 크면 전분의 노화가 빠른 경향을 보이는데(Leelavath K & Indiani D 1987), 본 실험에서 다당류인 이눌린 첨가로 *setback* 값이 낮아져 전분의 노화가 지연되어 빵 제조에 첨가 시 빵의 노화 진행에 긍정적 영향을 줄 것으로 생각된다. Dalgetty D & Baik B(2006) 및 Santos E 등(2008)도 완두콩 껍질, 렌즈콩, 병아리콩 등의 불용성 식이섬유를 밀가루에 첨가하여 빵 제조 시 호화온도 변화를 DSC로 측정된 결과 호화온도가 상승하였다고 하여, 본 실험에서 식이섬유의 하나인 이눌린 첨가량이 많을수록 호화개시온도가 상승한 결과와 일치하였다.

한편, Bárcenas ME 등(2009)은 여러 종류의 검류로 arabic gum, pectin, HPMC(hydroxypropyl methylcellulose) 등이 빵 반죽을 구성하고 있는 전분과 글루텐에 미치는 영향을 RVA로 분석한 결과, 호화온도는 대조구가 86.3°C이었으나, HPMC를 첨가한 것은 첨가량이 많아짐에 따라 다소 증가하였고, 최고점도는 낮아졌으나, *breakdown*, 최종점도, *setback* 값 등은 증가하였다고 보고하여 본 실험 결과와 상이하였다. 이는 HPMC와 이눌린을 구성하는 성분, 결합방법, 특성 등의 차이 때문으로 생각된다.

## 5. 반죽의 발효팽창력 특성

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분으로 만든 반죽의 발효팽창력 변화 특성을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 발효가 진행됨에 따라 발효부피는 달라져, 발효 40분에 대조구와 이눌린 3% 첨가구가 동일하였고, 6%와 9% 첨가구도 동일하였으나 대조구보다 다소 낮은 부피였다. 발효 80분 이후부터 대조구와 시험구간의 발효부피에 유의적 차이가 있어 대조구가 가장 큰 부피였고, 이눌린 첨가량이 많을수록 적은 부피를 나타내 유의적 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 이러한 경향은 발효 종말점까지 지속되어 발효 180분에 대조구가 가장 큰 부피를, 이눌린 9% 첨가구가 가장 작은 부피로 이눌린을 첨가하여 빵 제조 시 완제품의 부피에 영향을 줄 것으로 생각한다. Peressini D & Sensidoni A(2009)는 여러 가지 중합도가 다른 이눌린을 첨가하여 빵 반죽의 리올로지와 제품 특성을 연구한 결과, 반죽 발효 시 이눌린 첨가량이 많을수록 반죽팽창력이 적었는데, 이러한 원인은 이눌린 첨가로 반죽의 흡수율은 낮아지고, 상대적으로 고형분 함량 증가로 이눌린과 글루텐 망상구조 사이에서 형성되는 반죽의 탄성이 증가하여 발효 동안 반죽의 팽창을 저해하였기 때문이라고 설

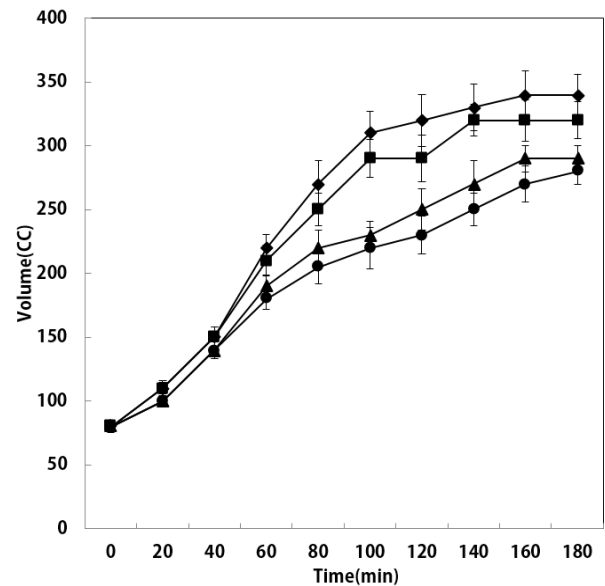


Fig. 1. Changes in dough volume according to fermentation time for bread flour dough enriched with inulin.

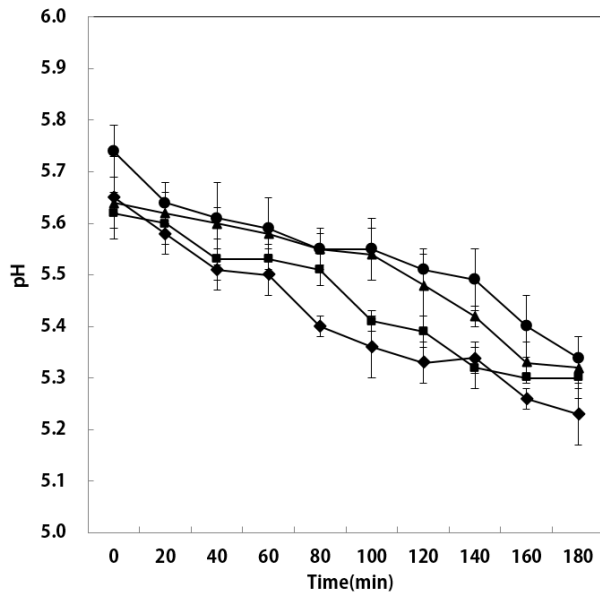
◆, Control; ■, Inulin 3%; ▲, Inulin 6%; ●, Inulin 9%.

Results were expressed as mean±S.D. of data obtained from four independent experiments ( $p < 0.05$ ).

명하였다. He H & Hosney RC(1991)는 밀, 호밀, 쌀, 옥수수 등 4종류 가루의 제빵 적성을 비교 분석한 결과, 밀가루만이 점탄성의 반죽을 형성하고 가벼운 조직의 빵이 되었으며, 1차 발효, 2차 발효, 굽기 동안 반죽에서 이산화탄소가 방출되는 것을 분석한 결과, 밀가루 반죽이 굽기 72°C까지 가스를 보유하였고, 다른 가루들은 1차 발효와 2차 발효 시에 방출되기 시작하여 가스 보유력이 적어 부피가 작은 빵이 되었다고 하였다. 이는 반죽이 글루텐 막을 형성하지 못하여 발효 시 이산화탄소 보유능력이 없기 때문으로, 본 실험에서 이눌린 첨가량이 많아짐에 따라 시험구들의 글루텐 함량이 적어 발효 부피가 작은 결과로 나타났다. 발효는 믹싱 다음 공정으로 반죽의 세포구조가 형성되어 이스트에 의한 이산화탄소 생성으로 부피가 증가하고, 숙성되어 복합적인 가스 기공을 형성한다고 Babin P 등(2006)은 설명하였다.

## 6. 반죽의 pH 특성

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분으로 만든 반죽의 발효 중 pH 변화 특성을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 발효 시작점에서 반죽 pH는 대조구와 시험구 간에 유의적 차이가 없었으나, 발효가 진행됨에 따라 대조구와 시험구 모두의 pH가 낮아졌다. 발효 40분에 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 pH가 높아 유의적 차이가 있었으나( $p < 0.05$ ), 6%와 9% 첨가구 간에는 유의적 차이가 없었다. 발효 120분



**Fig. 2. Changes in dough pH according to fermentation time for bread flour dough enriched with inulin.**

◆, Control; ■, Inulin 3%; ▲, Inulin 6%; ●, Inulin 9%.

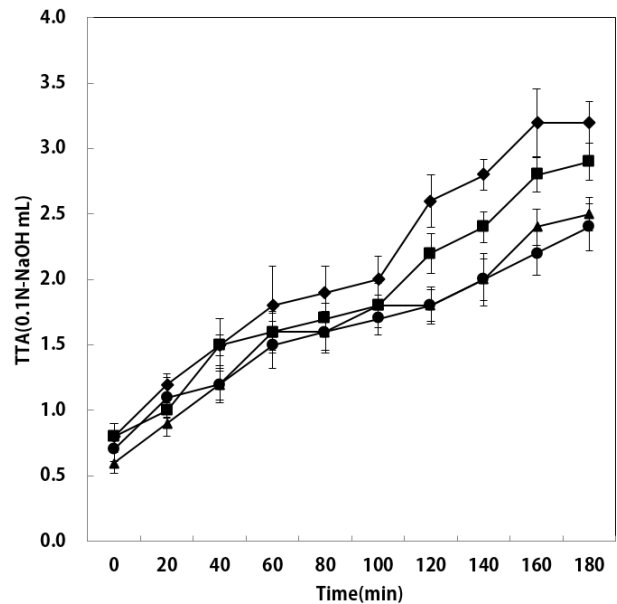
Results were expressed as mean±S.D. of data obtained from four independent experiments ( $p < 0.05$ ).

에도 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 pH는 높아 같은 경향을 보였다. 발효 180분에도 동일한 경향을 보여 대조구가 가장 낮았으나, 시험구들 간에는 유의적 차이가 없었다( $p < 0.05$ ). Rogers DE & Hosney RC(1989)는 Saltine Cracker 생산에서 18시간 스펀지 발효 동안 이산화탄소가 발생하고 pH가 5.6에서 4.1로 낮아졌으며, 밀가루 단백질이 변형되었다고 하였는데, 초기 반죽 pH는 본 실험과 유사하였으나, 발효 종말점의 pH는 본 실험보다 낮았는데, 이는 발효시간이 본 실험에서 3시간인 것에 비하여 18시간으로 길었기 때문으로 생각된다. 그러나 pH가 낮아지는 결과는 일치하였다. Tlapale-Valdivia AD 등(2010)은 믹싱이 부족한 반죽과 최적인 반죽을 발효시키지 않았을 때 최적인 반죽의 신전성은 증가하나, 두 반죽 사이에 pH 변화는 발생하지 않고, 발효하였을 경우에는 신전성과 pH가 낮아진다고 하였다. 이는 발효 동안 생성되는 이산화탄소 때문으로 생성된 이산화탄소가 반죽의 액체로 확산되어 carbonic acid로 전환되어 반죽의 pH가 낮아지고, 이로 인하여 단백질의 양전하가 증가하여 분자간의 상호작용이 약해지기 때문이라 하였다(Elmehdi HM 등 2003). 본 실험에서 대조구에 비하여 이눌린 첨가구들의 pH가 다소 높아 제품의 맛과 향이 부족할 것으로 생각된다.

## 7. 반죽의 총산도 특성

강력분에 이눌린을 대체 첨가한 혼합분으로 만든 반죽의

발효 중 총산도 변화 특성은 Fig. 3과 같다. 발효 시작점에서 총산도 값은 대조구와 시험구들 간에 유의적 차이가 없었으나, 발효가 진행됨에 따라 총산도 값은 증가하여 발효 40분에 대조구와 이눌린 3% 첨가구가 각각 1.5 mL이었고, 6%와 9% 첨가구는 다소 낮았다. 발효 120분에는 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많을수록 총산도 값이 적어 유의적 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 발효 종말점인 180분에도 동일한 경향을 보여 이눌린이 발효를 지연시키는 것으로 나타났다. 총산도는 반죽 발효 중 생성된 측정 가능한 산의 총량으로 pH 개념하고는 차이가 있어 동일한 pH의 반죽이라도 총산도 값은 달라질 수 있다(Lee JH 등 2015). Faqir MA 등(2010)은 반죽을 이스트로 발효하는 동안 생성된 여러 가지 유기산들 때문에 반죽의 pH가 낮아져 상대적으로 총산도 값은 높아지는데, 이스트를 1% 사용한 반죽의 발효 후 pH는 5.68이었고, 이 때 총산도는 1.8 mL라고 하였다. 본 실험에서 180분 발효 후 대조구의 총산도 값이 3.2 mL인 것에 비하여 Faqir의 연구 결과가 낮은 것은 효모 사용량과 발효시간 차이 때문으로 생각된다. Kati K 등(2012)은 밀기울을 20°C에서 2시간 발효 시 이스트를 첨가하지 않았을 때의 총산도는 4.6 mL이었으나, 효모를 첨가하였을 때는 5.9 mL로 효모 첨가 시 높았다고 보고하였다. 본 실험 결과보다 총산도 값이 높은 것은 발효시간과 총산도 측정 시 종말점을 결정하는 pH가 다르기 때문으로 생각된다.



**Fig. 3. Changes in dough TTA according to fermentation time for bread flour dough enriched with inulin.**

◆, Control; ■, Inulin 3%; ▲, Inulin 6%; ●, Inulin 9%.

Results were expressed as mean±S.D. of data obtained from four independent experiments ( $p < 0.05$ ).

## 요 약

밀가루의 0%, 3%, 6%, 9%를 이눌린으로 대체한 혼합분의 반죽 리올로지 특성 분석을 위하여 혼합분의 일반성분, farinograph, amylograph, viscograph, 반죽의 발효팽창력, pH, 총산도 등을 분석하였다. 혼합분의 일반성분 중 수분함량은 12.7~13.1%이었고, 단백질 함량은 대조구가 가장 높았고, 이눌린 첨가량이 증가함에 따라 낮아졌다. 회분함량은 대조구와 시험구들 간에 유의적 차이가 없었다( $p < 0.05$ ). Farinograph 분석에서 반죽의 견고성은 대조구와 시험구들 간에 유의적 차이가 없었고, 흡수율은 대조구가 64.4%로 가장 높았고, 이눌린 첨가량이 많아짐에 따라 적어졌다. 반죽형성시간, 안정도, FQN 등은 대조구에 비하여 이눌린 첨가량이 많아짐에 따라 증가하였으나 약화도는 감소하였다. Amylograph 분석에서 호화개시온도는 대조구가 가장 낮았고, 이눌린 첨가량이 많아짐에 따라 상승하였다. 최고점도온도는 유의적 차이가 없었으나 최고점도는 대조구가 가장 높았고, 이눌린 첨가량이 많아짐에 따라 감소하였다. Viscograph 분석에서 호화개시온도는 amylograph 결과와 유사하였고, 최고점도, Start of holding period, Start of cooling period, End of cooling period, End of final holding period의 점도는 대조구가 가장 높았고, 이눌린 첨가량이 많을수록 낮았다. Break-down과 setback 값도 대조구가 가장 높고, 이눌린 첨가량이 많을수록 낮았다. 발효팽창력은 3시간 발효 시 대조구의 부피가 가장 컸고, 이눌린 첨가량이 많을수록 작았다. 반죽의 pH는 대조구가 가장 낮았고, 총산도는 대조구가 가장 높았다. 이상의 실험으로 강력분에 이눌린을 6% 이하 대체 첨가는 대조구에 비하여 반죽의 리올로지 특성에 첨가구간 다소 차이는 있으나, 그 영향은 크지 않아 향후 빵 제조 시 품질 변화가 적을 것으로 예상된다.

## REFERENCES

- AACC (2000) American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of AACC. Saint Paul, Minnesota, USA. Methods 54-21, 22-10, 61-01, 02-52 (pH), 02-31 (TTA).
- Babin P, Della Valle G, Chiron H (2006) Fast X-ray tomography analysis of hubble growth and foam setting during breadmaking. *J Cereal Sci* 43(3): 393-397.
- Bárcenas ME, De la O-Keller J, Rosell CM (2009) Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). *J Food Engin* 94(3-4): 241-247.
- Callejo MJ, Gil MJ, Rodríguez G, Ruiz MV (1999) Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: Instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A* 208(1): 27-32.
- Champ M, Guillon F (2000) Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int* 33(3-4): 233-245.
- Chen N, Rubenthaler GL, Leung HK, Baranowski JD (1988) Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem* 65(3): 244-247.
- Collar C, Santos E, Rosell CM (2006) Significance of dietary fibre on the viscometric pattern of pasted and gelled flour-fibre blends. *Cereal Chem* 83(4): 370-376.
- Dalgetty D, Baik B (2006) Fortification of bread with hulls and cotyledon fibers isolated from peas, lentils and chickpeas. *Cereal Chem* 83(3): 269-274.
- Derby RI, Miller BS, Miller BF, Trimbo HB (1975) Visual observations of wheat-starch gelatinization in limited water systems. *Cereal Chem* 52: 702-713.
- Dewettinck K, Van Bockstaele F, Kühne B, Van de Walle D, Courtens TM, Gellynck X (2008) Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J Cereal Sci* 48(2): 243-257.
- Elmehdi HM, Page JH, Scanlon MG (2003) Monitoring dough fermentation using acoustic waves. *Food Bioproce* 81(3): 217-223.
- Faqir MA, Muhammad ZS, Muhammad IK, Imran P (2010) Sugar utilization behavior of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) types and doses on bread quality. *Nutr Food Sci* 40(4): 395-402.
- Glibowski P, Wasko A (2008) Effect of thermochemical treatment on the structure of inulin and its gelling properties. *Int J Food Sci Technol* 43(11): 2075-2082.
- Goldstein A, Ashrafi L, Seetharaman K (2010) Effects of cellulosic fibre on physical and rheological properties of starch, gluten and wheat flour. *Int J Food Sci Technol* 45(8): 1641-1646.
- Ha MA, Jarvis MC, Mann JI (2000) A definition for dietary fibre. *European J Clin Nutr* 54: 861-864.
- He H, Hosney RC (1991) Gas retention of different cereal flours. *Cereal Chem* 68(4): 334-336.
- Jang JK, Lee SH, Cho SC, Pyun YR (2001) Effect of sucrose on glass transition, gelatinization, and retrogradation of wheat starch. *Cereal Chem* 78(2): 186-192.
- Kati K, Riikka J, Arja L, Laura F, Emilia N, Susanna K,



- Vieno P, Kaisa P (2012) Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. *Cereal Chem* 89(2): 126-134.
- Kaur K, Singh N (1999) Effect of acetic acid and CMC on rheological and baking properties of flour. *J Food Quality* 22(3): 317-327.
- Korean Food Code (2002) Korean Food & Drug Administration. Seoul, Korea. pp 3-11.
- Lee JH, Yun MS, Bog JH, An HG, U HS, Lee GJ (2015) *New Science of Bread & Cake*. Jigumoonwhasa, Seoul, Korea pp 27-28, 114.
- Leelavath K, Indiani D (1987) Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. *Starch* 39(11): 378-385.
- Lemelin E, Branlard G, Salvo L, Lein V, Aussenac T, Daydé J (2005) Breadmaking stability of wheat flours: Relation between mixing properties and molecular weight distribution of polymeric glutenins. *J Cereal Sci* 42(3): 317-326.
- Manuel G, Felicidad R, Carlos AB, Pedro AC, Arancha A (2003) Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol* 216(1): 51-56.
- Mettler E, Seibel W (1993) Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: A response surface methodology study. *Cereal Chem* 70(3): 373-376.
- Meyer D, Peters B (2009) Enhancing the nutritional value of bread with inulin. *Agro Food Ind Hi-Tech* 20(3): 48-50.
- Morris C, Morris GA (2012) The effect of inulin and fructooligo-saccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food Chem* 133(2): 237-248.
- Ohta A, Ohtsuki M, Baba S, Adachi T, Sakata T, Sakaguchi EI (1995) Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligo-saccharides. *J Nutr* 125(9): 2417-2424.
- Peressini D, Sensidoni A (2009) Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *J Cereal Sci* 49(2): 190-201.
- Rogers DE, Hosney RC (1989) Effects of fermentation in saltine cracker production. *Cereal Chem* 66(1): 6-10.
- Santos E, Rosell CM, Collar C (2008) Gelatinization and retrogradation kinetics of high fiber wheat flour blends: A calorimetric approach. *Cereal Chem* 85(4): 455-463.
- Scholz-Ahrens K, Schrezenmeir J (2007) Inulin and oligofructose and mineral metabolism: The evidence from animal trials. *J Nutr* 137(11): 2513-2523.
- Song Y, Zheng Q (2007) Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. *Trends in Food Sci Technol* 18(3): 132-138.
- Tlapale-Valdivia AD, Jorge CP, Rosalva ME, Reynold RFR, Gustavo FGL, Georgina CD (2010) Dough and crumb grain changes during mixing and fermentation and their relation with extension properties and bread quality of yeasted sweet dough. *Int J Food Sci Technol* 45(3): 530-539.
- Touyarou P, Sulmont-Rosse C, Gagnaire A, Issanchou S, Brondel L (2012) Monotonous consumption of fibre-enriched bread at breakfast increases satiety and influences subsequent food intake. *Appetite* 58(2): 575-581.
- Yikyung P, Louise AB, Amy FS, Albert H, Arthur S (2009) Dietary fiber intake and risk of breast cancer in postmenopausal women: The national institutes of health-ARP diet and health study. *Am J Clin Nutr* 90(3): 664-671.
- Younes H, Coudray C, Bellanger J, Demigne C, Rayssiguier Y, Remesy C (2001) Effects of two fermentable carbohydrates (inulin and resistant starch) and their combination on calcium and magnesium balance in rats. *Brit J Nutr* 86(4): 479-485.

---

Date Received Apr. 2, 2019  
 Date Revised May 20, 2019  
 Date Accepted May 21, 2019