

아로니아 sourdough starter를 이용한 모닝빵의 품질특성 및 항산화 활성

심솔¹ · 박영주¹ · 이진호¹ · 정소연¹ · 임주진¹ · 유가현¹ · 김은겸¹ · 서희재^{1*}

¹선문대학교 식품과학과, 식품바이오융합 연구소

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Morning Bread- Containing Aronia Sourdough Starter

Sol Sim¹, Yeong-Ju Park¹, Jin-Ho Lee¹, So-Yeon Jeong¹, Ju-Jin Lim¹, Ga-Hyun Yu¹,
Eun-Gyeom Kim¹, Hee-Jae Suh^{1*}

¹Research Center for Food and Bio Convergence, Department of Food Science, Sun Moon University, Asan, Korea

(Received July 29, 2019/Revised August 20, 2019/Accepted September 18, 2019)

ABSTRACT - This study investigated the quality characteristics and antioxidant activities of morning bread containing various amounts of aronia sourdough starter. Morning breads were prepared with different volumes (0% (AS0), 15% (AS1), 25% (AS2), and 35% (AS3)) of aronia sourdough starter based on wheat flour. In AS3 group (35% added group), the specific volume and baking loss rate were the highest but the bread height was the lowest. When the aronia sourdough starter was added up to 25%, the expansion power, specific volume, and bread height were significantly increased ($P<0.05$). According to the added amount of sourdough starters, the lightness and yellowness of the morning bread were decreased, however, redness was increased ($P<0.05$). In the rheology analysis, hardness, gumminess, and chewiness were significantly decreased with increasing amounts of aronia sourdough starters ($P<0.05$). However, cohesiveness was the highest in the AS2 group (25% added group). In consumer preference, the highest scores were shown in AS2 group (25% added group) in color, texture, and appearance. The total polyphenol and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging ability were both significantly increased along with aronia sourdough content ($P<0.05$). In conclusion, morning bread with 25% aronia sourdough starter showed the best quality characteristics and antioxidant activities.

Key words : Morning bread, Aronia, Sourdough starter, Antioxidant activity, Quality characteristic

천연 발효빵은 기원전 36세기 부터 제조되기 시작되었을 것이라 추측되며, 19세기 중반 제빵용 이스트(*Saccharomyces cerevisiae*)가 시판될 때 까지 빵을 제조하는 주된 방법으로 이용되었다¹⁻³. 상업용 빵 효모가 이용되기 시작한 후, 제조상의 번거로움으로 sourdough를 이용한 천연 발효빵의 제조는 점차 줄어들게 되었지만⁴, 최근 sourdough의 가능성이 알려지게 되면서 천연 발효빵에 대한 소비자의 관심이 증가하고 있다^{5,6}.

북유럽에서 주로 제조되었던 sourdough를 이용한 빵은 거친 분말 형태의 밀 또는 호밀 가루에 물을 넣고 발효한 생성물을 이용하는 것으로, 곡물 재료에 함유되어 있던 효모와 젖산균이 탄수화물 발효를 유도하여 젖산, 초산, 알

코올 등을 형성하며 반죽이 팽창되는 특성을 이용한 것이다⁷⁻¹⁰. 반죽에 인위적으로 초산을 첨가하여 pH를 4.3-5.9로 낮추게 되면 반죽의 저항성(resistance)과 신장성(extensibility)이 감소되고¹¹, 반죽에 염산을 첨가하는 경우는 반죽의 탄력성(elasticity)이 저하되었다는 보고가 있다¹². 그러나 천연 발효에 의해 제조되는 sourdough의 경우에는 발효시 생성된 유기산이 오히려 반죽의 물성을 개량하고¹³, 빵의 수분 보유력을 향상시켜 노화를 방지하고¹⁴, 유해 곰팡이의 생육억제를 통한 저장기간 연장^{15,16} 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 최근에는 sourdough를 이용한 빵의 향미성분^{17,18}, 혈당지수(glycemic index) 감소 효과¹⁹, 인슐린 비의존형 당뇨병 및 심혈관질환 예방²⁰ 등 sourdough 빵의 기능성에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

천연발효 빵을 제조하기 위해서는 막걸리종, 맥주종, 누룩종²¹, 홍국종²² 등을 이용하거나 여러 가지 과일 액종과 밀가루를 넣고 제조하는 sourdough가 이용될 수 있다^{23,24}.

*Correspondence to: Hee-Jae Suh, Department of Food Science, Sun Moon University, Asan-si, Chungchengnam-do 31460, Korea

Tel: 82-41-530-2267, Fax: 82-41-530-2917

E-mail: suhhj@sunmoon.ac.kr

최근에는 블루베리, 무화과, 오미자 등을 이용한 sourdough 제조 및 이를 이용한 빵의 품질특성, 항산화 활성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다^{10,24,25}.

아로니아는 장미과에 속하는 기능성 베리류의 일종으로²⁶, 다른 베리류에 비해 안토시아닌이 매우 풍부히 함유되어 있으며²⁷, 건조물 중량 당 평균 1% 정도의 안토시아닌을 함유하므로 짙은 자줏빛을 나타낸다^{28,29}. 아로니아에 함유되어 있는 안토시아닌은 cyanidin과 3-*o*-galactoside, 3-*o*-glucoside, 3-*o*-arabioside, 3-*o*-xyloside 등이 결합한 배당체 형태로 존재하며^{28,30,31}, 시력개선효과, 항산화 작용, 동맥 경화 및 심혈관계 질환 예방, 암예방, 당뇨예방, 면역증진 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다³²⁻³⁶. 아로니아는 생리활성 물질을 풍부히 함유하고 있는 반면, 신맛과 떫은 맛이 강하기 때문에 생과로 이용하는 것 보다 가공용으로 개발할 필요가 있다³¹. 아로니아의 주산지인 폴란드 등에서는 다양한 식품이외에도 화장품 등에 아로니아를 활용한 예도 있지만³⁷, 우리나라에서는 아로니아즙 또는 분말을 첨가하여 양갱, 청포묵, 쿠키, 식빵, 머핀, 떡 등의 제조에 이용^{26,31,38-41}하는 정도이므로, 보다 다양한 방법으로 여러 가지 식품에 아로니아를 활용할 필요가 대두된다.

본 연구에서는 항산화 활성이 뛰어난 아로니아를 활용하여 천연 발효 sourdough를 제조하고, 다양한 첨가량으로 모닝빵 제조에 이용한 후, 그 품질특성, 기호성, 항산화 활성을 비교함으로써 아로니아 sourdough를 이용한 모닝빵의 제조조건을 확립하고자 하였다.

Materials and Methods

실험 재료

아로니아(*Aronia melanocarpa*, black chokeberry)는 2018년 10월 정농아로니아 농장(Jeonju, Korea)에서 수확한 것을 구입 후 -18°C에서 냉동 보관하여 사용하였다. 우리밀(Cheiljedang, Seoul, Korea), 밀가루 강력분(Daehan Flour Mills Co., LTD, Seoul, Korea), 버터(Lotte Milk Butter White, Seoul, Korea), 쇼트닝(Samyang, Seoul, Korea), 달걀(Maeil, Seoul, Korea), 소금(Singsongfood, Seoul, Korea), 설탕(Beksul, Seoul, Korea), 탈지분유(Seoulmilk, Seoul, Korea), 이스트(Jenico, Seoul, Korea)는 시판 제품을 구입하였다. 항산화 분석을 위한 folin & ciocalteu's phenol, Na₂CO₃, gallic acid, DPPH, etanol 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 총산도 측정을 위한 phenolphthalein, 0.1 N NaOH는 Daejung Chemicals & Metals Co.(Siheung, Korea)에서 구입하였다.

액종 및 Sourdough 제조

상온에서 72시간 건조시킨 아로니아 660 g에 설탕 230 g, 물 750 mL를 혼합하여 살균된 유리병에 넣고 27°C(75%)

로 고정된 incubator(IL-21, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에서 3일간(72시간) 발효시킨 후 60 mesh sieve로 걸러서 sourdough 제조를 위한 액종을 완성하였다. 이 액종 700 g, 우리밀 300 g, 설탕 15 g을 혼합한 후 살균된 유리병에 넣고 22°C(75%)로 고정된 incubator(IL-21, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에서 2일간(48시간) 발효하여 sourdough starter를 제조하였다.

모닝빵 제조

Table 1에 제시된 비율에 따라 밀가루 중량에 0%(AS0), 15%(AS1), 25%(AS2), 35%(AS3)의 sourdough starter를 첨가한 후 밀가루 강력분, 물, 이스트, 달걀, 버터, 설탕, 소금, 탈지분유를 넣고 직접제조법을 이용하여 4종류 모닝빵을 제조하였다. 버터를 제외한 모든 재료를 반죽기(200, LJ Stuart & Company, Sydney, NSW, Australia)에 넣고 저속으로 2분, 고속으로 5분 믹싱한 후 클린업 상태에서 버터를 첨가하고 고속으로 5분 더 믹싱하여 반죽을 완성하였다. 완성된 반죽을 볼에 넣어 30°C(상대습도 80%)로 조절된 발효기(FR-20, Salva Korea, Gyeonggi-do Gwangju, Korea)에서 30분 동안 1차 발효를 진행하였다. 이후 30 g 씩 분할하여 동그란 모양으로 성형한 후 상기의 발효기에서 동일한 조건으로 30분간 2차 발효를 하였다. 발효가 끝난 반죽은 윗불 180°C, 아랫불 180°C로 예열된 오븐(W1655×D1105×H490, Sung Dong Industry, Gwangju, Korea)에서 약 8분간 구웠다. 완성된 모닝빵을 실온에서 30분 냉각시킨 후 폴리에틸렌 용기에 옮겨 실온에서 보관하며 실험에 사용하였다.

pH, 총산도, 수분 측정

아로니아 발효액종, sourdough starter, 모닝빵 반죽, 모

Table 1. Ingredient composition of morning breads containing different amounts of aronia sourdough starter

Ingredients (%)	The contents of aronia sourdough starter (%)			
	0(AS0)	15(AS1)	25(AS2)	35(AS3)
Aronia sourdough starter	0	15	25	35
Flour	100	85	75	65
Water	17.5	17.5	17.5	17.5
Yeast	8	8	8	8
Egg	25	25	25	25
Butter	40	40	40	40
Sugar	12	12	12	12
Salt	2	2	2	2
Skim milk powder	6	6	6	6

닝빵의 pH를 측정하기 위해 각 시료 5 g에 증류수 45 mL를 첨가하여 vortex mixer(SI-0246A, Scientific industries, New York, USA)로 혼합하고 10,000 rpm에서 3분간 원심 분리(VS-550, Visionscientific Co, Daejeon, Korea)하였다. 상등액을 취하여 pH meter(S220, Mettler-Toledo, Seoul, Korea)로 pH를 3반복 측정하였다.

모닝빵의 총산도는 식품공전 방법을 변형하여 측정하였으며, pH 측정과 동일한 방법으로 제조된 원심분리 상등액을 취하여 phenolphthalein 3방울을 지시약으로 넣고 0.1 N 수산화나트륨(NaOH)으로 중화적정하였다. 소요된 0.1 N 수산화나트륨의 소비 mL를 측정하여 젖산으로 계산하였다⁴³⁾. 또한 모닝빵의 중량을 자른 후 단면 중간 부분 1 g을 정밀히 달아 수분측정기(MB45 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, Zurich, Switzerland)를 사용하여 120°C에서 수분함량을 측정하였다. 모든 시료는 3반복 측정하였다.

팽창력, 비용적, 높이, 굽기 손실률

모닝빵 반죽의 팽창력(expansion power)은 AACC 방법을 변형시켜 각 배합비율로 제조한 모닝빵 반죽(AS0, AS1, AS2, AS3)을 각 10 g씩 50 mL falcon tube에 넣고 표면을 평평하게 한 후 30°C(상대습도 80%)로 조절된 발효기(FR-20, Salva Korea, Gwangju, Korea)에서 15분 간격으로 발효 시키면서 45분까지 늘어난 부피를 측정 후 식(1)을 이용하여 산출하였다⁴³⁾.

모닝빵의 비용적(specific volume)은 빵을 구운 후 1시간 냉각하여 무게를 측정하고, 종자치환법⁴⁴⁾으로 부피를 측정 후 식(2)을 이용하여 산출하였다. 높이는 모닝빵의 중앙을 잘라 가장 긴 길이를 측정하였다. 굽기 손실률(baking loss rate)은 2차 발효까지 완료된 모닝빵 굽기 전의 무게를 측정하고, 구운 후 1시간 냉각한 후의 무게를 측정하여 식(3)을 이용하여 계산하였다. 모든 시료는 3반복 측정하였다.

$$\text{팽창력(mL)} = \{(n)\text{분 발효 DV}\} - \{(n-15)\text{분 발효 DV}\} \quad \text{식(1)}$$

$$\text{비용적(mL/g)} = \frac{\text{구운 후 BV(mL)}}{\text{굽기 전 BW(g)}} \times 100 \quad \text{식(2)}$$

$$\text{굽기손실율(\%)} = \frac{\text{굽기전 BW(g)} - \text{구운 후 BW(g)}}{\text{굽기 전 BW(g)}} \times 100 \quad \text{식(3)}$$

n = 15, 30, 45

DV: 반죽의 부피

BV: 모닝빵 한개의 부피

BW: 모닝빵 한개의 무게

총 페놀 분석

Sourdough starter 함량을 달리하여 제조한 모닝빵의 총 페놀 함량은 변형된 Folin-Ciocalteu방법⁴⁵⁾을 이용하여 측정하였다. 50 mL falcon tube에 분쇄한 모닝빵 2 g을 달아 80% ethanol 40 mL를 넣은 후 30°C의 water-bath(UC-20, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에서 30분간 추출하였다. 이후 10,000 rpm의 속도로 원심분리기(VS-550, Visionscientific Co., Daejeon, Korea)를 이용하여 10분간 원심 분리한 후 상등액을 0.45 µm membrane filter(Whatman Co.)로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

추출액 0.5 mL에 1 N Folin & Ciocalteu's phenol과 2% Na₂CO₃을 각각 3 mL씩 넣은 후 vortex mixer(SI-0246A, Scientific industries, New-York, NY, USA)로 1분간 혼합하고 30분 동안 상온에서 반응시켰다. 이후 spectrophotometer (Libra S22, biochrom Co., Cambridge, UK)로 720 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 0, 20, 40, 60, 80 mg/kg 농도로 조제한 후 위와 동일한 방법으로 실험하여 검량선을 작성하고 모닝빵 시료에서 얻은 결과를 대입하여 총 페놀 함량을 산출하였다. 모든 시료는 3반복 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

4 종류 모닝빵의 DPPH 라디칼 소거능을 비교하기 위해 Liang등⁴⁶⁾의 방법을 변형하여 이용하였다. 실험에 사용한 0.1 mM DPPH 용액은 spectrophotometer(Libra S22, Biochrom Co.)로 520 nm에서 흡광도를 측정한 값이 0.97-0.99가 되는 것을 사용하였다. 총 페놀 분석에 사용한 시료 추출액과 0.1 mM DPPH 용액을 각각 1.5 mL씩 혼합하여 암소(실온)에서 30분간 반응시킨 후 동일한 조건에서 흡광도를 측정하고 식(4)을 이용하여 DPPH 라디칼 소거능을 산출하였다. 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging(\%)} = \left(1 - \frac{\text{sample}}{\text{blank}}\right) \times 100 \quad \text{식(4)}$$

색도 측정

아로니아 sourdough starter 함량에 따른 모닝빵의 색 변화를 측정하기 위해 Joo등⁴⁷⁾의 방법을 이용하여 밝기(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 측정하였다. 모닝빵의 가로, 세로, 높이를 각각 3 cm, 3 cm, 1.5 cm로 일정하게 한 후 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때 표준백판의 보정값은 L=97.26, a=-0.07, b=+1.8 이었다.

조직감 측정

모닝빵 조직감은 Joo등⁴⁷⁾의 방법을 이용하여 texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemerd, UK)를 사용하여 측정하였으며, 시료는 1.5 cm³ 크기로 준비하였다. 조직감 특성으로는 경도(hardness), 탄력성

(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 선정하였고, 측정 조건은 pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, distance 7.0 mm 이었으며, 모든 시료는 10회 반복 측정하였다.

관능평가

아로니아 sourdough starter 함량 변화에 따른 모닝빵의 관능적 특성을 평가하기 위해 20-27세의 대학생 30명(남자 12명, 여자 18명)을 패널로 선정하였다. 색(color), 풍미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 전반적인 선호도(overall acceptability)에 대해 7점 척도로 측정하였다. 시료는 물과 함께 개별접시에 담아 제공하였으며, 한 개의 시료를 관능평가 후 물로 입을 철저히 헹구고 다음 시료가 평가되도록 진행하였다.

통계분석

실험결과는 SAS 9.1 program⁴⁸⁾을 사용하여 통계처리 하였으며, 분산분석(ANOVA) 실시 후 유의성이 있는 경우는 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검증 하였다 ($P<0.05$).

Results and Discussion

pH, 총산도, 수분 함량

아로니아 sourdough starter 함량을 달리하여 모닝빵을 제조하고 이의 품질 특성을 비교하기 위하여 pH, 총산도, 수분함량을 측정한 결과는 Table 2와 같이 나타났다. sourdough starter를 제조하기 위한 아로니아 발효액종의 pH는 4.58이었으며, sourdough starter는 4.02로 측정되었

다. Sourdough starter를 넣지 않은 대조군(AS0)의 pH는 5.66이었고, sourdough starter 첨가량이 15%(AS1), 25%(AS2), 35%(AS3)로 증가함에 따라 모닝빵 반죽의 pH는 5.46부터 5.15까지 유의적으로 낮아졌다($P<0.05$). 이는 sourdough starter에 발효산물인 젖산균 및 유기산이 많이 함유되어 있기 때문에 나타난 결과이며, Choi⁴⁹⁾ 및 Yoon 등⁵⁰⁾의 연구에서도 동일한 결과가 나타났다. Kim 등⁵¹⁾에 의하면 빵 반죽의 가스 보유력을 유지하기 위해서는 pH가 5.0-5.5 범위에 있어야 한다고 하므로, 본 연구의 sourdough starter를 첨가한 모닝빵 반죽이 이에 적합한 범위인 것을 알 수 있었다.

아로니아 sourdough starter를 첨가한 모닝빵의 수분함량은 대조군(AS0)이 25.1%로 나타났고, sourdough starter 첨가량이 증가할수록 수분함량도 26.6%-29.1%로 증가하였다($P<0.05$). 모닝빵의 pH는 대조군이 6.35이었으며, sourdough starter 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여($P<0.05$) Jung 등²⁴⁾의 결과와 유사하게 나타났다. 모닝빵의 총산도는 대조군(AS0)과 AS1은 0.36%이고, AS2와 AS3는 0.45%로 나타나 sourdough starter 첨가량이 15% 이상일 때 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다($P<0.05$). starter 첨가량이 증가할수록 발효산물인 유산균, 유기산 등의 영향으로 총산도가 높아지는 것은 선행연구에서도 다수 보고되었다^{3,24)}.

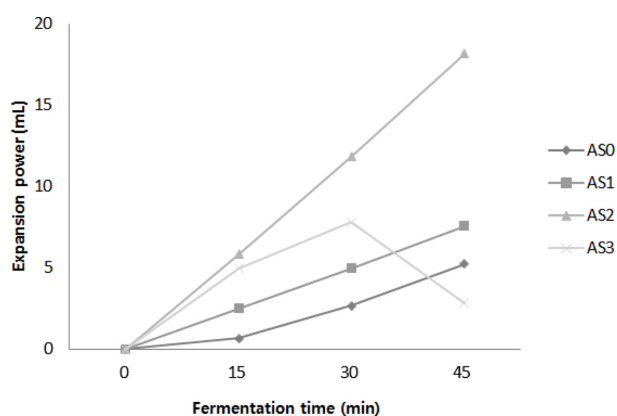
발효 팽창력

아로니아 sourdough starter를 함유한 모닝빵 반죽의 발효시간에 따른 부피 팽창력은 Fig. 1과 같이 나타났다. 대조군(AS0)과 sourdough starter를 15%(AS1), 25%(AS2) 첨가한 모닝빵은 45분 발효시까지 지속적으로 부피가 팽창하였으나($P<0.05$), starter를 35% 첨가한 AS3는 30분 발효

Table 2. pH, total titratable acid, and moisture contents of dough and morning breads containing aronia sourdough starter

		Dough ¹⁾					
	Fermented aronia	Sourdough starter	AS0	AS1	AS2	AS3	Significance
pH	4.58±0.02	4.02±0.01	5.66±0.01 ^a	5.46±0.02 ^b	5.21±0.01 ^c	5.15±0.02 ^d	***
		Breads ¹⁾					
	Moisture contents (%)		pH		TTA (%)		
AS0	25.10±0.54 ^{2)c3)}		6.35±0.02 ^a		0.36±0.00 ^b		
AS1	26.64±0.43 ^b		6.05±0.01 ^b		0.36±0.00 ^b		
AS2	28.47±0.72 ^a		5.75±0.02 ^c		0.45±0.00 ^a		
AS3	29.31±0.61 ^a		5.56±0.03 ^d		0.45±0.00 ^a		
Significance	***		***		***		

¹⁾AS0, AS1, AS2, and AS3 are dough or bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.
²⁾Data are expressed as mean±SD.
^{3)a-c}Values with different letters in the same row (dough) and in the same column (bread) are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.
 * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.



A0 : control (no added aronia sourdough starter)

A1 : morning bread dough added with 15% aronia sourdough starter

A2 : morning bread dough added with 25% aronia sourdough starter

A3 : morning bread dough added with 35% aronia sourdough starter

Fig. 1. Expansion rate of morning bread dough added aronia sourdough starter during fermentation time.

시 까지만 부피 팽창력이 증가하다가 이후 급속히 감소하였다. 이는 AS3반죽의 pH는 발효 전에 5.15로서 낮은 편이었기에, 발효시간이 길어지면서 pH가 5.0을 밑돌게 되고, 이로 인해 가스 발생력이 감소되었기 때문인 것으로 사료된다. Son 등⁵²⁾에 의하면 sourdough를 많이 첨가할 경우 pH가 낮아지면서 효모활성 및 가스발생량이 감소한다고 하였으며, An 등²³⁾의 연구에서도 sourdough를 10% 첨가할 경우 가장 높았던 발효율이 15% 첨가시에는 발효 30분경과 후부터 대조군보다도 낮은 발효율을 보였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구에서 발효 팽창력이 가장 높은 모닝빵은 sourdough starter를 25%(AS2) 첨가한 군이었으며, 다른 시료에 비해 유의적으로 높은 발효 팽창력을 나타내었다($P<0.05$).

높이, 비용적, 굽기 손실률

아로니아 sourdough starter 첨가량에 따른 모닝빵의 높이, 비용적, 굽기손실률은 Table 3과 같다. 모닝빵의 높이

는 발효 팽창력이 클수록 높게 측정되었고, 발효 팽창력이 가장 낮았던 AS3(35%첨가군)의 높이는 다른 모닝빵보다 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 비용적을 산출하기 위한 모닝빵의 부피는 세로 방향뿐만 아니라 가로방향의 부피 증가도 함께 측정하기 위해 종자치환법을 이용하여 측정하였다. 대조군의 비용적은 74.33 mL/g 이었으며, sourdough starter 첨가량이 증가할수록 비용적이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났는데($P<0.05$), 이는 발효 팽창력 및 높이가 starter 첨가량이 25%가 될 때까지만 증가하다가 35%에서는 감소하였던 것과는 조금 다른 결과이었다. Fig. 2에서 보듯이 AS3군은 높이는 낮지만 가로로 넓게 팽창하기 때문에 총 측정 부피가 커서 비용적이 크게 산출된 것이다. 모닝빵의 굽기손실률은 대조군이 5.61%이었고, starter 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가하여($P<0.05$), AS3의 경우 대조군의 2.4배에 달하는 13.3%로 나타났다. AS3(35% 첨가군)는 비용적과 굽기손실률이 다른 처리군에 비해 가장 크게 나타났는데, 이는 비용적이 클수록 중량 감소의 경향을 보이기 때문이다. Jung 등²⁴⁾의 연구 및 Lee 등⁵³⁾의 연구에서도 비용적이 클수록 굽기손실률이 크다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 굽기손실률이

Table 3. Height, specific volume, and baking loss rates of morning breads containing aronia sourdough starter

Breads ¹⁾	Height (cm)	Specific volume (mL/g)	Baking loss rates (%)
AS0	3.67±0.12 ^b	74.33±5.03 ^{2)d3)}	5.61±0.53 ^c
AS1	3.73±0.06 ^b	89.33±4.04 ^c	7.48±0.26 ^b
AS2	3.97±0.06 ^a	96.67±3.51 ^b	7.41±0.87 ^b
AS3	2.93±0.25 ^c	105.33±6.03 ^a	13.30±0.72 ^a
Significance	***	***	***

¹⁾AS0, AS1, AS2, and AS3 are bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.

²⁾Data are expressed as mean±SD.

^{3)a-c}Values with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

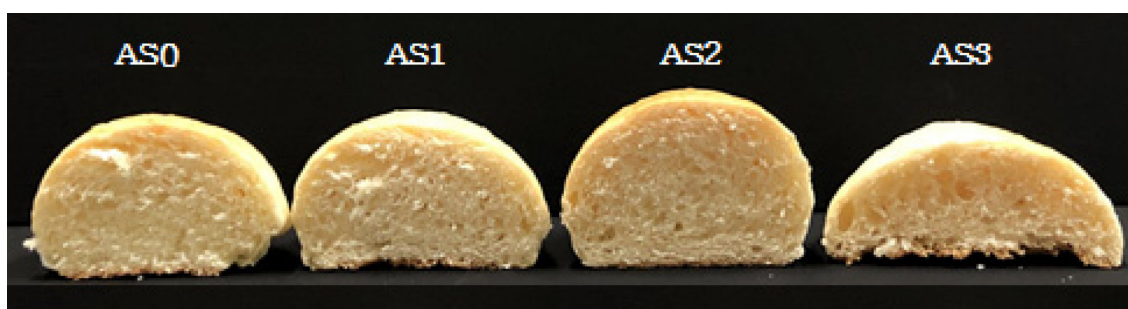


Fig. 2. Comparison of appearance after baking of morning breads containing different amounts of aronia sourdough starter. AS0, AS1, AS2, and AS3 are bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.

란 빵을 굽는 도중 수분이나 휘발성 유기산 등이 증발되기 때문에 중량이 감소되는 현상으로서, 본 연구의 경우 sourdough starter가 가장 많이 첨가된 AS3군이 수분과 휘발성 유기산을 가장 많이 함유했기 때문에 굽기손실률이 가장 큰 것을 알 수 있었다.

총 페놀 및 DPPH 라디칼 소거능

아로니아 sourdough starter 첨가량을 달리한 네 종류 모닝빵의 총 페놀, DPPH 라디칼 소거능은 Table 4와 같이 나타났다. 대조군(AS0)의 총 페놀 함량은 158.26 mg/g이었고, AS1(15%첨가군), AS2(25%첨가군), AS3(35%첨가군)가 순서대로 227.03, 242.31, 255.53 mg/g으로 나타나 sourdough starter 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량은 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 이는 아로니아 첨가량이 증가할수록 양갱과 양금, 머핀의 총 페놀 함량이 유의적으로 증가하였다고 보고한 Hwang과 Lee³¹⁾, Lee⁵⁴⁾, Park과 Chung⁵⁵⁾의 연구와 일치하는 결과이었다.

모닝빵의 DPPH 라디칼 소거능은 sourdough starter 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으나($P<0.05$) 그

증가 정도가 25% 첨가군(AS2)까지는 경미하게 나타났으며, 35% 첨가군(AS3)일 때 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 대조군의 DPPH 라디칼 소거능은 2.33%이었고, AS1, AS2가 각각 3.34%, 3.66%인데 반해 AS3는 7.27%로 대조군의 3배 이상 증가한 것을 알 수 있었다. 이와 같이 아로니아를 함유한 식품에서 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다고 보고한 선행연구에서는 아로니아 즙을 50-150 g(총량의 7.1-21.4%에 해당) 함유한 양갱²⁶⁾의 경우 대조구에 비해 1.7-3.5배까지 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다고 하고, 아로니아 분말을 1-4% 첨가하여 제조한 쿠키³⁹⁾는 17.03%에서 41.98%로 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과이었다. 아로니아에는 총 페놀을 비롯한 안토시아닌, 플라보노이드 등 항산화물질이 많이 함유되어 있기 때문에⁵⁶⁻⁵⁸⁾ DPPH 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성이 높게 측정되는 것으로 알려져 있다.

색도 및 조직감

아로니아 sourdough starter 첨가량이 많아짐에 따라 모닝빵의 색도 변화는 Table 5와 같이 나타났다. 붉은색 열매인 아로니아는 수용성 안토시아닌을 함유하고 있기 때문에 물에 잘 용출되어 발효종 및 sourdough를 제조하면 붉은 빛을 띠게 된다. 따라서 아로니아 sourdough starter 첨가량이 많아질수록 모닝빵의 적색도(a*)는 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 이에 반해 밝기(L*)와 황색도(b*)는 starter 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다($P<0.05$). 대조군(AS0)의 밝기(L*)는 76.86으로 나타났다으나 AS1, AS2, AS3의 밝기(L*)는 각각 73.11, 69.50, 64.61로 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 홍국 사워종⁵⁹⁾이나 김치 젓산균⁶⁰⁾과 같은 붉은색 성분을 첨가하여 식빵을 제조한 경우, 첨가물의 함량이 증가함에 따라 밝기(L*)는 유의적으로 감소하였고, 적색도(a*)는 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 한편, 막걸리 사워도우를 첨가하여 식빵을 제조한 Yoo 등⁴⁾은 대조군의 밝기(L*)가 82.22이었는데, 막걸리 사워도우

Table 4. Antioxidant activities of morning breads containing aronia sourdough starter

Breads ¹⁾	Total polyphenol (mg/g)	DPPH radical scavenging activity (%)
AS0	158.26±2.37 ^{2)d3)}	2.33±0.33 ^c
AS1	227.03±0.60 ^c	3.34±0.42 ^{bc}
AS2	242.31±1.00 ^b	3.66±0.32 ^b
AS3	255.53±1.17 ^a	7.27±0.72 ^a
Significance	***	***

¹⁾AS0, AS1, AS2, and AS3 are bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.

²⁾Data are expressed as mean±SD.

^{3)a-c}Values with different letters in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

Table 5. Color and texture properties of morning breads containing aronia sourdough starter

Breads ¹⁾	Color			Texture properties				
	L*	a*	b*	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
AS0	76.86±1.64 ^{2)a3)}	-3.84±0.13 ^d	21.90±1.14 ^a	264.23±12.43 ^a	0.83±0.03 ^b	0.64±0.03 ^b	172.78±5.05 ^a	145.18±6.19 ^a
AS1	73.11±0.64 ^b	-2.83±0.07 ^c	18.87±0.54 ^b	143.23±10.67 ^b	0.88±0.02 ^{ab}	0.66±0.01 ^b	96.87±6.44 ^b	85.19±5.88 ^b
AS2	69.50±1.74 ^c	-2.18±0.19 ^b	18.41±0.46 ^b	107.96± 7.71 ^c	0.92±0.02 ^a	0.70±0.01 ^a	75.77±6.12 ^c	68.30±4.95 ^c
AS3	64.61±1.21 ^d	-1.75±0.18 ^a	16.15±0.83 ^c	75.20± 8.54 ^d	0.95±0.01 ^a	0.65±0.02 ^b	47.59±3.77 ^d	45.19±6.92 ^d
Significance	***	**	***	***	*	**	***	***

¹⁾AS0, AS1, AS2, and AS3 are bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.

²⁾Data are expressed as mean±SD.

^{3)a-c}Values with different letters in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

첨가량을 늘린 식빵은 81.44-80.71로 밝기(L*)가 감소했다고 보고하였고, 밀가루 사워종을 첨가한 An 등의 연구²³⁾에서도 사워종 함량이 많아질수록 밝기(L*)가 75.93-74.98로 낮아졌다고 보고하여 감소폭은 차이가 있더라도 경향은 본 연구와 유사하였다.

Sourdough starter를 함유한 모닝빵의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)은 Table 5와 같다. 경도는 대조군에서 가장 높게 나타났고, sourdough starter 함량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 대조군의 경도는 264.23이었으나, 25% 첨가군(AS2)은 107.96이었으며, 35% 첨가군(AS3)은 75.20으로 나타나 대조군의 약 1/4 수준까지 경도가 감소한 것을 알 수 있었다. 이는 sourdough가 첨가되면서 반죽의 수분함량이 높아졌기 때문인 것으로 사료되며, 수분함량이 높을수록 빵에 촉촉함을 더해주고 노화를 방지한다는 것은 이미 여러 연구자들로부터 보고된 바 있다^{61,62)}. 탄력성의 경우는 sourdough starter를 25%, 35% 첨가한 경우에 대조군보다 더 좋은 것으로 나타나 starter 함량이 높아질수록 덜 단단하면서 탄력성이 있는 모닝빵이 제조된다는 것을 알 수 있었다. 응집성은 25% 첨가군(AS2)이 다른 처리군에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났고($P<0.05$), AS2를 제외한 나머지 모닝빵은 유의적인 차이가 없었다. 검성과 씹힘성은 대조군(AS0)이 가장 높았고, sourdough starter 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 대조군의 검성은 172.78이었으며 AS1, AS2, AS3 각각 96.87, 75.77, 47.59로 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 씹힘성도 이와 비슷한 감소폭을 나타내었으며 AS0, AS1, AS2, AS3 순서대로 145.18, 85.19, 68.30, 45.19로 나타나, sourdough starter 35% 첨가군은 대조군에 비해 검성과 씹힘성이 각각 1/4과 1/3 정도로 감소된다는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 sourdough 첨가량이 증가함에 따라 빵의 경도, 검성, 씹힘성은 감소하고, 탄력성과 응집성은 증가한다는 것을 Jung 등²⁴⁾의 연구에서도 동일하게 보고하였고, Yoo 등⁴⁾도 막걸리 sourdough 첨가량이 증가할수록 경도, 검성, 씹힘성이 유의하게 감소하였다고 보고하였다.

관능평가

아로니아 sourdough starter를 함유한 모닝빵의 소비자 선호도 평가 결과는 Table 6과 Fig. 3에 나타내었다. 4종류 모닝빵의 맛과 향에 대한 소비자 선호도는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 색의 경우는 starter 35% 첨가군(AS3)의 선호도가 제일 낮았고($P<0.05$), AS0, AS1, AS2(0-25% 첨가군)는 선호도에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 색차계 분석 결과에서는 starter 첨가량에 따라 적색도가 유의적으로 증가하였지만(Table 5), 관능평가에서는 35% 첨가군에서만 다른 처리군과의 차이가 인지됨을 알 수 있었다.

Table 6의 소비자 선호도 결과에서 4종류 모닝빵 간에 가장 차이를 보이는 항목은 조직감과 전반적인 기호도 이었다. 대조군에 비해 starter 15%(AS1)와 25%(AS2) 첨가군이 조직감과 전반적인 기호도 모두 유의적으로 높은 선호도를 나타내었고($P<0.05$), 35%(AS3) 첨가군은 대조군과 차이가 없는 것으로 나타나 sourdough starter 첨가량은 15-25%가 적당하다는 것을 알 수 있었다. 한편, 상기에서 언급하였듯이 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemerd, UK)로 4종류 모닝빵의 조직감을 분석한 결과(Table 5) starter 25% 첨가군(AS2)이 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness)은 높고 경도(hardness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)은 비교적 낮아 부드러우면서 조밀한 조직감을 갖고 있는 것을 알 수 있었는데, 관능평가 결과에서도 조직감 및 전반적인 기호도가 가장 좋은 것으로 나타났다. An 등²³⁾의 연구에서도 밀가루 sourdough 첨가 식빵 중 경도는 낮고 탄력성이 가장 큰 첨가군에서 소비자 선호도가 가장 좋았다고 보고하여 본 연구와 일치하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 아로니아 sourdough starter의 첨가량이 증가할수록 총페놀과 DPPH 라디칼 소거능이 모두 유의적으로 증가한다는 것을 알 수 있었으나, 35% 첨가군은 색에 대한 소비자 선호도가 가장 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 25% 첨가군의 경우 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness)이 가장 우수하며, 색, 조직감, 전

Table 6. Consumer preference test of morning breads containing aronia sourdough starter

Breads ¹⁾	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
AS0	4.55±1.35 ^{2)a3)}	3.69±1.87 ^a	3.86±1.75 ^a	2.59±1.30 ^b	3.31±1.56 ^b
AS1	4.86±1.06 ^a	3.69±1.79 ^a	4.41±1.57 ^a	4.59±1.21 ^a	4.69±1.07 ^a
AS2	5.14±1.68 ^a	3.83±1.47 ^a	4.34±1.26 ^a	4.48±0.99 ^a	4.59±1.32 ^a
AS3	3.07±1.25 ^b	3.48±1.50 ^a	3.97±1.18 ^a	2.79±1.68 ^b	3.07±1.39 ^b
Significance	***			***	***

¹⁾AS0, AS1, AS2, and AS3 are bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.

²⁾Data are expressed as mean±SD.

^{3)a-c}Values with different letters in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

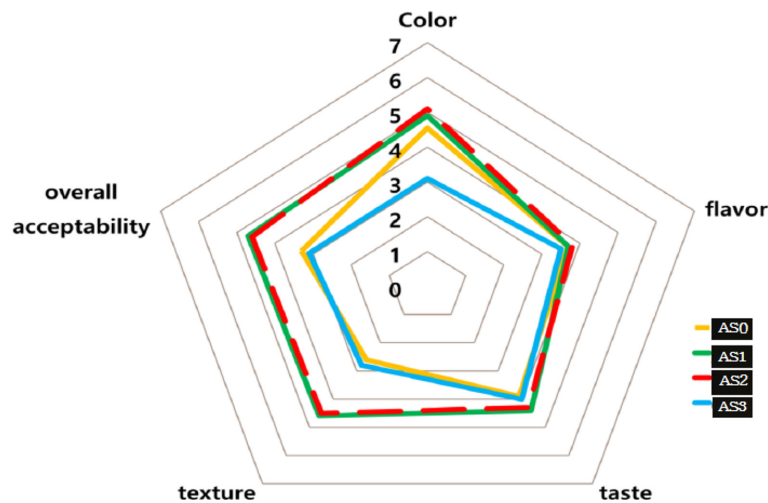


Fig. 3. Consumer preference profiles of morning breads containing different amounts of aronia sourdough starter. AS0, AS1, AS2, and AS3 are bread containing 0, 15, 25, and 35% of aronia sourdough starter, respectively.

반적인 기호도에서 소비자 선호도가 가장 높다는 것을 알 수 있었다.

국문요약

본 연구는 아로니아 천연 발효종을 사용하여 sourdough starter를 만들고, sourdough starter 첨가량을 0%, 15%, 25%, 35%로 증가하며 모닝빵을 제조할 때 starter 첨가량에 따른 품질특성, 항산화력, 소비자 선호도를 비교하기 위해 수행하였다. 아로니아 sourdough starter 함량이 증가할수록 모닝빵의 pH는 감소하였고, 총산도와 수분함량은 증가하였다. 비용적과 굽기 손실을 또한 sourdough starter 첨가량에 따라 유의적으로 증가하여 35% 첨가군(AS3)에서 가장 큰 굽기 손실을 나타내었으나($P<0.05$), 높이는 25% 첨가군(AS2)이 가장 높고 35% 첨가군에서 급격히 감소하였다. 발효 팽창력의 경우 0-25% 첨가군(AS0, AS1, AS2) 모두 45분까지 유의적으로 증가하였으나($P<0.05$), 35% 첨가군은 30분까지만 팽창력이 증가하다가 30분 이후에는 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 모닝빵의 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능은 아로니아 sourdough starter 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 향상되었으며($P<0.05$), 색도는 첨가량이 증가할수록 밝기(L^*)와 황색도(b^*)는 감소하고, 적색도는(a^*) 증가하였다($P<0.05$). 모닝빵의 조직감 측정 결과 응집성(cohesiveness)은 25% 첨가군이 가장 높고, 경도(hardness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)은 아로니아 sourdough starter 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮게 측정되었다($P<0.05$). 소비자 선호도 조사에서는 35% 첨가군의 색에 대한 선호도가 가장 낮았고, 15%와 25% 첨가군이 조직감과 전반적인 기호도가 좋은 것으로 나타났다($P<0.05$). 이상의 결과에서 아로니아

sourdough starter를 첨가한 모닝빵의 품질특성, 항산화 활성, 소비자 선호도를 모두 고려할 때에 sourdough starter는 밀가루 대비 25%를 첨가하는 것이 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다.

References

- Doerry, W., Sourdoughs and bread. in *Technical Bulletin*, American Institute of Baking. Vol. **XX**, Ch **7**, pp. 1-3 (1988).
- Anonymous, Leavened with life, Universal Foods LTD., Wisconsin, USA (1982).
- Lee, J.Y., Lee, S.K., Cho, N.Y., Park, W.J., Development of the formula for natural bread-making starter. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **32**(8), 1245-1252 (2003).
- Yoo, B.S., Quality Characteristics of bread made with *Makgeolli* sourdough. MS Thesis. Myongji University, Gyeonggi-do, Korea, pp. 3-4 (2017).
- Rocha, J.M., Malcata, F.X., Microbiological profile of maize rye flours, and sourdough used for the manufacture of traditional Portuguese bread. *Food Microbiol.*, **31**, 72-88 (2012).
- Lee, K.S., Park, G.S., Quality characteristics of bread containing sourdough using various grain flours. *Korean J. Food Cook Sci.*, **37**, 264-279 (2015).
- Gänzle, M.G., Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food Microbiol.*, **37**, 2-10 (2014).
- Kulp, K., Lorenz, K., Handbook of Dough Fermentations. Marcel Dekker, New York, pp. 23-42 (2003).
- Vuyst, L., Neysens, P., The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends Food Sci. Tech.*, **16**, 43-56 (2005).
- Choi, S.H., Quality Characteristics of Korean wheat bread prepared with substitutions of naturally fermented blueberry starters. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **23**, 546-560 (2013).
- Tanaka, K., Furukawa, K., Matsumoto, H., The effect of acid

- and salt on the farinogram and extensogram of dough. *Cereal Chem.*, **44**, 678-683 (1967)
12. Tsen, C.C., A note on effects of pH on sulfhydryl groups and rheological properties of dough and its implication with the sulfhydryl-disulfide interchange. *Cereal Chem.*, **43**, 456-460 (1966).
 13. Lee, U.G., Relearning theory of bakery focusing in industry. Monthly Bakery. *Korea Bakery Association*, **324**, 98-100 (1995).
 14. Sanz-Penella, J.M., Tamayo-Ramos, J.A., Haros, M., Application of bifidobacteria as starter culture in whole wheat sourdough breadmaking. *Food Bioprocess Technol.*, **5**, 2370-2380 (2012).
 15. Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., Dal Bello, F., Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiol.*, **24**, 165-174 (2007).
 16. Hansen, A., Schieberle, P., Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends Food Sci. Technol.*, **16**, 85-94 (2005).
 17. Rehman, S., Paterson, A., Piggott, J.R., Flavour in sourdough breads: A review. *Trends Food Sci. Tech.*, **17**, 557-566 (2006).
 18. Kirchhoff, E., Schieberle, P., Quantitation of odor-active compounds in rye flour and rye sourdough using stable isotope dilution assays. *J. Agr. Food Chem.*, **50**, 5378-5385 (2002).
 19. Park, M.A., Lee, J.W., Shin, M.S., Ly, S.Y., Glycemic index lowering effects of breads supplemented with resistant starch, whole rye grain and fructooligosaccharide. *Korean J. Commun. Nutr.*, **12**, 189-197 (2007).
 20. Bjorck, I., Lijeberg, H., Ostman, E., Low glycaemic-index foods. *Br. J. Nut.*, **83**, s149 (2000).
 21. Shin, E.H., Kim, K.J., Effect of lactic acid bacteria preferment addition on the quality of white bread. *J. of Res. Ulsan College*, **27(2)**, 459-470 (2001).
 22. Kim, Y.E., Paik, H.D., Kim, S.Y., Lee, J.H., Lee, S.K., Effects of liquid broth cultured with red koji on the rheological properties of white pan bread dough. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43(2)**, 235-239 (2011).
 23. An, H.L., Lee, K.S., Effects of adding sour-dough starter powder using Korean wheat flour on the quality of pan bread. *Korean J. of Cul. Res.*, **18(4)**, 183-198 (2012).
 24. Jung, K.T., Park, B.G., Lee, M.H., Quality characteristics of sourdough bread using fermented fig. *Culinary Science & Hospitality Research*, **23(4)**, 56-65 (2017).
 25. Byun, J.B., Lee, J.S., Fermentative characteristics of rye sourdough containing Omija extracts, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **49(2)** 168-172 (2017).
 26. Lee, J.A., Yoon, J.Y., The quality and antioxidant properties of cookies containing aronia powder, *Cul. Sci. & Hosp. Res.*, **22(5)**, 179-189 (2016).
 27. Jeppsson, N., Johansson, R., Changes in fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) during maturation. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, **73**, 340-345 (2000).
 28. Strigl, A.W., Leitner, E., Pfannhauser, W., Qualitative and quantitative analysis of the anthocyanins in black chokeberries (*Aronia melanocarpa* Michx Ell.) by TLC, HPLC, and UV/VIS-spectrometry. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, **201**, 266-268 (1995).
 29. Bridle, P., Timberlake, C.F., Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. *Food Chem.*, **58**, 103-109 (1997).
 30. Oszmianski, J., Sapis, J.C., Anthocyanins in fruits of *Aronia melanocarpa* (chokeberry). *J. Food Sci.*, **53**, 1241-1242 (1988).
 31. Hwang, E.S., Lee, Y.J., Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Yanggaeng with Aronia Juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **42(8)**, 1220-1226 (2013).
 32. Valcheva-Kuzmanova S.V., Belcheva A., Current knowledge of *Aronia melanocarpa* as a medicinal plant. *Folia Med. (Plovdiv)*, **48**, 11-17 (2006).
 33. Kulling, S.E., Rawel, H.M., Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)-A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med.*, **74**, 1625-1634 (2008).
 34. Hellström, J.K., Shikov, A.N., Makarova, M.N., Pihlanto, A.M., Pozharitskaya, O.N., Ryhänen, E.L., Kivijärvi, P., Makarov, V.G., Mattila, P.H., Blood pressure-lowering properties of chokeberry (*Aronia mitchurinii*, var. Viking). *J. Funct. Foods*, **2**, 163-169 (2010).
 35. Jakobek L, Drenjančević M, Jukić V, Šeruga M., Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries. *Sci. Hortic.*, **147**, 56-63.(2012).
 36. Gironés-Vilaplana, A., Valentão, P., Andrade, P.B., Ferreres, F., Moreno, D.A., García-Viguera, C., Phytochemical profile of a blend of black chokeberry and lemon juice with cholinesterase inhibitory effect and antioxidant potential. *Food Chem.*, **134**, 2090-2096 (2012).
 37. Sueiro, L., Yousef, G.G., Seigler, D., De Mejia, E.G., Grace, M.H., Lila, M.A., Chemopreventive potential of flavonoid extracts from plantation-bred and wild *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) fruits. *J. Food Sci.*, **71**, C480-C488 (2006).
 38. Hwang, E.S., Nhuan, D.T., Quality characteristics and antioxidant activities of cheong-pomook added with aronia (*Aronia melanocarpa*) Powder. *Korean J. Food Cook Sci.*, **30(2)**, 161-169 (2014).
 39. Lee, J.H., Choi, J.E., Quality characteristics and antioxidant activities of cookies supplemented with aronia powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **45(7)**, 1071-1076 (2016).
 40. Park, H.J., Chung, H.J., Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. *Korean J. Food Preserv.*, **21(5)**, 668-675 (2014).
 41. Yoon, H.S., Kim, J.W., Kim, S.H., Kim, Y.G., Eon, H.J., Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*), *Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **43(2)**, 273-280 (2014).
 42. KFSA, Korean Food Standard Codex. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea. Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?i_dx=263. Assessed July (2017).

43. AACC, Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association Cereal Chemists., St. Paul, MN, USA. Method 10-50D (2000).
44. Campbell, A.M., Penfield, M.P., Griswold, R.M., The experimental study of food. *Houghton Mifflin.*, **459** (1979).
45. Anouse A., Makris D.P., Kefalas P., Effect of principle polyphenol components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. *J. Agr. Food Chem.*, **49**, 5736-5742 (2001).
46. Liang X.L., Wang X.L., Li Z., Hao Q.H., Wang S.Y., Improved in vitro assays of superoxide anion and 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity of isoflavones and isoflavone metabolites. *J. Agr. Food Chem.*, **58**, 11548-11552 (2010).
47. Joo, S.Y., Choi, H.Y., Quality characteristics of morning bread containing with different ratios of rice and brown rice flour. *Korean J. Food Nutr.*, **30(6)**, 1252-1259 (2017).
48. SAS, SAS User's Guide. Ver. 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA (2005).
49. Choi, S.H., Quality characteristics of pan bread of domestic wheat flour with mixture of natural fermented starter and purple rice flour. Doctoral dissertation. Sejong University, Seoul, Korea (2012).
50. Yoon, H.N., Ma, E.B., Lee, S., Jeong, H.N., Choi, O.J., Quality characteristics of whole wheat flour sourdough bread using fermented sweet persimmon. *Korean J. of Soc. Food Cookery Sci.*, **214(1)**, 15 (2014).
51. Kim, Y.S., Chun, S.S., Tae, J.S., Kim, R.Y., Effect of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J. Soc. Food Cook Sci.*, **18**, 573-578 (2002).
52. Son, B.K., Effect of Italian sour dough containing wild yeasts and lactic acid bacteria on the quality of roll bread. MS thesis. Chungju University, Chungju, Korea (2004).
53. Lee, J.H., Kwak, E.J., Kim, J.S., Lee, K.S., Lee, Y.S., A study on quality characteristics of sourdough breads with addition of red yeast rice. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition.*, **36(6)**, 785-793 (2007).
54. Lee, J.A., Quality characteristics and antioxidant effects of white bean paste added aronia powder. *Culinary Sci. Hosp. Res.*, **23(3)**, 29-37 (2017).
55. Park, H.J., Chung, H.J., Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. *Korean J. Food Preserv.*, **21(5)**, 668-675 (2014).
56. Oszmianski, J., Sapis, J.C., Anthocyanins in fruits of *Aronia melanocarpa* (chokeberry). *J. Food Sci.*, **53**, 1241-1242 (1988).
57. Strigl, A.W., Leitner, E., Pfannhauser, W., Qualitative and quantitative analysis of the anthocyanins in black chokeberries (*Aronia melanocarpa* Michx Ell.) by TLC, HPLC, and UV/VIS-spectrometry. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, **201**, 266-268 (1995).
58. Slimestad, R., Torskangerpoll, K., Nateland, H.S., Johannesen, T., Giske, N.H., Flavonoids from black chokeberries, *Aronia melanocarpa*. *J. Food Compos. Anal.*, **18**, 61-68 (2005).
59. Lee, J.H., A study on quality characteristics of sourdough breads with addition of red-koji. MS thesis. Kyung-Hee University, Seoul, Korea (2007).
60. Lee, Y.K., Effect of kimchi homegenate and lactic acid bacteria on the quality of bread. MS thesis. Catholic University, Daegu, Korea (2002).
61. Jung, H.S., Noh, K.H., Go, M.K., Song, Y.S., Effect of leek powder on physicochemical and sensory characteristic of breads. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 113-117 (1999).
62. Kim, D.Y., Studies on antioxidative effects of fermented rice bran. MS thesis. Yeungnam University, Gyeongsangbuk-do, Korea, pp. 35 (2009).