

블루베리 천연 발효액종을 첨가한 우리밀 식빵의 품질 특성

최 상 호[†]

호남대학교 조리과학과

Quality Characteristics of Korean Wheat Bread prepared with Substitutions of Naturally Fermented Blueberry Starters

Sang-Ho Choi[†]

Dept. of Culinary Science, Honam University, Gwangju 506-714, Korea

Abstract

In this study, a natural fermentation starter formulation was developed for manufacturing Korean bread products by substituting baker's yeast with naturally fermented blueberry starters. As the incubation time of the blueberry extracts increased, the pH and total titratable acidity increased. The sweetness (brix%) of blueberry extracts containing various amounts of sugar were higher than the other sample. The result of alcoholicity for naturally fermented blueberry extracts, the fermented blueberry extract containing 20% sugar was highest. Lactic acid bacteria counts increased until the 4th day; however, it decreased from the 5th day, and viable yeast counts increased consistently until the 5th day. The volume for naturally fermented blueberry extracts increased as the incubation time increased. As the fermentation time of blueberry starters increased, the pH of bread dough decreased. The RVA analysis conveyed that wheat flour retrogradation was retarded by increasing the blueberry starter content. The weight of pan breads containing blueberry starters were higher than that of the control, while the volume, specific volume and baking loss rate were lower than those of the control. The moisture content of pan breads containing blueberry starter decreased as storage time increased. In analyzing the visible mold colony during 7 days of storage at 28°C, mold growth in pan breads containing the blueberry starter was retarded. The hardness of breads containing blueberry starters were significantly increased as storage time increased. The breads containing 50% naturally fermented blueberry starter have acceptable sensory properties. In conclusion, these results indicated that 50% of natural fermentation blueberry starter could be very useful as a substitute for yeast when making naturally fermented bread.

Key words : Blueberry, natural fermentation starter, Korean wheat bread, quality characteristics.

서 론

최근 식생활의 변화로 쌀 소비량은 점차 감소하고, 밀가루의 섭취가 증가하면서 빵의 소비도 지속적으로 증가하고 있다. 또한 생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심이 높아져 단순히 밀로만 만든 빵이 아닌 여러 기능성 성분을 추가한 건강빵이 출시되고 있다. 이러한 웰빙(well-being) 열풍을 타고 농약을 처리하지 않고 일체의 화학 첨가물을 함유하지 않는 우리밀을 사용한 빵 제품에 대한 관심이 증가하여 여러 가지 기능성 혼합 재료를 첨가한 밀 혼합분에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Kim *et al* 2008). 최근 제빵 산업은 소비자의 건강을 위해 자연친화적이고 건강지향적인 사워도우(sourdough) 빵에 대한 다양한 연구와 상품화가 진행되고 있는데, 이러한 사워도우는 제빵에서 제빵효모와 같은 팽창제

의 역할, 풍미, 소화성, 영양생리, 신선도 및 저장성 기능을 향상시키기 위해서 사용되고 있다(Kim & Chun 2008a). 사워도우 빵은 북유럽에서 곡류를 갈아 거친 상태의 분말에 물을 첨가하여 만들어졌던 오랜 역사를 가진 빵의 종류로(Lee *et al* 2003) 밀가루와 호밀 가루 등의 탄수화물이 야생효모와 젖산균에 의해 분해 및 발효되어 젖산, 초산, 알코올과 이산화탄소가 형성되어 부풀어 오른 반죽을 구운 것이다(Kulp & Lorenz 2003, Vuyst & Nneysens 2005). 이러한 사워도우 빵은 호밀 가루와 보리 가루 등의 첨가로 인하여 건강빵으로 인식되고 있으며, 상업용 효모를 이용한 일반적인 yeast-bread 보다 제품의 질감, 향, 관능적 특성 및 저장성 등이 우수하다고 한다(Corsetti *et al* 1998, Rouzaud & Martinez-Anaya 1993). 사워도우 발효 빵은 풍부한 향, 독특한 맛과 발효 시 생성되는 유기산에 의해 반죽의 물성이 개량되고(이응규 1995), 유해한 곰팡이의 생육을 억제하며(Shin & Kim 2001), 제품의 노화 억제에 의한 저장 기간을 연장할 수 있다는 장점이 있다(백상봉 1990, Lee *et al* 2001). 그러나 Starter는 각 나라의

[†] Corresponding author : Sang-Ho Choi, Tel : +82-62-940-5417, Fax : +82-62-940-5647, E-mail : baker@honam.ac.kr

기후와 풍토에 따라서 변화될 수 있으며, 사용하는 물의 온도, starter의 관리방법과 발효기간 등에 따라 달라지므로, starter를 만들기 위한 배합이 동일하더라도 똑같은 starter를 만들기는 어려우므로 그 나라의 환경에 맞는 starter를 제조하여 사용할 필요가 있다(An *et al* 2009). 그러므로 소비자의 다양한 기호와 제품의 고급화를 위해 sourdough starter를 수입하여 사용하기 보다는 우리 땅에서 재배되는 우리 농작물을 이용하여 우리의 제빵 현실에 적합한 starter를 개발할 필요가 있다(Shin & Jung 2003). 이에 관한 연구로는 sourdough 첨가 보리식빵에 관한 연구(Hong *et al* 2000, Ryu & Kim 2005), sourdough 대체가 빵의 품질 특성(Kim & Chun 2008a) 및 물리적 특성에 미치는 영향에 관한 연구(Kim & Hwang 2004), 유산균 발효액을 이용한 seed mash의 특성에 관한 연구(Lee *et al* 2009, Lee *et al* 2006), 유산균과 비피더스균을 사용한 sourdough의 발효특성(Chae *et al* 2010), 홍국 발효액종을 첨가 식빵에 관한 연구(Lee *et al* 2007, Lee *et al* 2008, Kim *et al* 2011) 및 우리밀을 이용한 sourdough stater 특성 및 식빵의 품질특성에 관한 연구(An *et al* 2009, An & Lee 2009) 등이 있다. 천연 발효액과 sourdough를 이용한 연구로는 건포도 천연 발효액을 이용한 연구(Kim & Chun 2008b, Kim & Chun 2009)가 있을 뿐 천연 발효액을 이용한 sourdough에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

한편, 블루베리는 진달래과(Ericaceae) 산앵도나무속(*Vaccinium*)에 속하는 북아메리카 원산의 관목성 식물로서 북미에서는 하이부시 블루베리(*V. corymbosum*), 로우부시 블루베리(*V. angustifolium*) 및 래빗아이 블루베리(*V. ashei*) 등의 세 종류가 상업적으로 중요한 과실로 재배되고 있다(Westwood MN 1993). 열매는 거의 둥글고, 1개가 1~1.5 g이며, 짙은 하늘색, 붉은 빛을 띤 갈색, 검은색이고, 겉에 흰 가루가 묻어 있다. 달고 신맛이 약간 있기 때문에 낫것으로 먹기도 하고, 주스·잼·통조림 등으로 가공되거나 제과원료로 폭넓게 이용되고 있다(Lee & Lee 2007). 블루베리 성숙 과실에는 기능성 물질인 안토시아닌과 카로티노이드 색소가 다량 함유되어 있어 항산화(Su & Chien 2007), 항당뇨(Martineau *et al* 2006) 및 항암작용(Parry *et al* 2006)이 뛰어나고, 또한 로돕신(rhodopsin) 재합성 작용의 활성화를 촉진하여 눈의 피로를 풀어주고, 시야를 맑게 한다고 한다(전라북도농업기술원 2009).

블루베리에 관한 선행 연구로는 블루베리의 페놀 성분의 활성 산소 라디칼의 흡수 효과(Zheng & Wang 2003), 블루베리 추출물의 항산화 효과(Kim *et al* 2005), 국내 시판 블루베리와 라즈베리의 영양성분 분석 및 항산화 활성(Jeong *et al* 2008) 등이 연구되었다. 그리고 블루베리를 식품에 접목한 연구로는 재료 배합비를 달리한 블루베리 떡(Oh JA 2008), 블

루베리즙 첨가량을 달리하여 제조한 과편(Lee DS 2009), 국내산 블루베리 첨가 머핀(Hwang & Ko 2010), 블루베리 분말 첨가 쿠키(Ji & Yoo 2010), 국내산 블루베리 잼 제조(Cho *et al* 2010), 블루베리 첨가 막걸리(Jeon & Lee 2011) 등이 보고되어 있을 뿐 블루베리를 이용한 식품 연구는 아직 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 기능성으로 우수성이 입증되고 있는 국내산 블루베리를 이용하여 천연 발효액을 제조하고 설탕 함량 차이에 따른 품질 특성을 비교하였다. 또한 블루베리 천연 발효액으로 제조된 sourdough starter를 첨가하여 우리밀 식빵을 제조한 다음, 이화학적 특성 및 저장성을 살펴 보았다.

재료 및 방법

1. 실험재료

천연 발효액 제조에는 블루베리(국내산, 파주 수원블루베리 농장), 설탕(백설), 물(제주 삼다수, 농심)을 사용하였으며, 우리밀 식빵 제조에 사용된 우리밀가루(한국제분), 버터(서울우유), 설탕(정백당, (주)제일제당), 식염(한주염업), 탈지분유(서울우유), 압착이스트(제니코), 물(제주 삼다수, (주)농심)은 대형 마트에서 구입하여 사용하였다.

2. 실험방법

1) 블루베리 천연발효액 제조 및 이화학적 특성

(1) 블루베리 천연발효액 제조

블루베리 천연발효액의 제조방법은 121℃에서 15분간 멸균처리한 병에 으갠 블루베리 200 g을 넣고 물 500 mL를 부은 후, 물 대비 0%, 10%, 20%, 30%, 40%의 설탕을 첨가하여 블루베리액을 제조한 다음, 27℃ incubator에서 5일간 배양한 발효액을 60 mesh 체로 여과하여 사용하였다.

(2) pH, 적정 산도 및 당도 측정

pH는 pH meter(Metrohn AG CH-91, Hanna, Mauritius)를 사용하여 측정하였고, 적정 산도는 시료 10 g을 취하여 증류수로 10배 희석시킨 후 0.1 N NaOH로 pH 8.2까지 적정하여 소모된 양을 lactic acid(% w/w) 함량으로 환산하여 적정산도(% w/v)로 표시하였다. 당도는 Abbe 굴절 당도계(Master-M, ATAGO, Japan)를 사용하여 측정하였다.

(3) 에탄올 측정

에탄올은 시료 100 mL를 증류한 다음, 0.1도 단위의 주정계(DongMyeong Inc., Korea)를 사용하여 측정하였다.

(4) 젖산균 및 효모 균수 측정

블루베리 천연발효액의 젖산균은 *Lactobacillus* MRS agar (Difco, USA) 배지, 효모는 potato dextrose agar(Difco, USA)를 각각 사용하였다. 먼저 시료 1 g을 취한 후 9 mL saline 용액에 10배 희석한 다음, homogenizer를 이용하여 균질화 시킨 후 평판 추가법에 의해 무균적으로 각 배지에서 도말하여 30°C에서 48시간 배양한 다음 나타난 각각 젖산균과 효모의 고유 colony 수가 30~300개 나타내는 평판배지를 선택하여 계측하였다.

(5) 발효율 측정

발효율은 반죽 직후의 원종을 100 g씩 채취한 후 반죽을 등글게 만들어 500 mL mess cylinder에 넣어 매 3시간마다 발효(30°C, 상대습도 80%)가 끝난 직후에 팽창된 반죽의 높이를 측정하여 부피(mL)로 발효율을 나타내었다.

2) 블루베리 천연 발효액종을 이용한 우리밀 식빵 제조 및 특성

(1) 블루베리 천연 발효액종 제조

블루베리 천연 발효액종은 Freund W(2006)의 multiple-stage 방법을 변형하여 제조하였다. 0일은 우리밀 300 g과 블루베리 천연발효액 300 g을 혼합한 직후, 1일은 27°C에서 24시간 배양하였고, 2일은 1차 배양된 블루베리 천연 발효종 600 g 중 300 g을 취하여 우리밀 600 g과 물 600 g을 혼합하여 다시 27°C에서 24시간 배양하였다. 3일차는 2차 배양된 우리밀 천연 발효종 1,500 g 중 600 g을 취하여 우리밀 1,200 g과 물 1,200 g을 혼합하여 27°C에서 24시간 동안 정치 배양하여 사용하였다.

(2) 블루베리액종 첨가 우리밀 식빵 제조

블루베리 천연 발효액종 첨가 우리밀 식빵 제조에 사용한 반죽의 배합비율은 Table 3과 같으며, 선행연구(Kim KJ 2003)를 참고하여 제조하였다. 제빵 제조 공정은 Finny KF(1984)의 방법을 수정한 직접 반죽법으로 시행하였다. 식빵 제조를 위한 배합비율은 밀가루를 100%로 기준하여 각 재료들을 Baker's percent로 나타내었고, 대조구를 기준으로 블루베리종을 각각 0%, 10%, 30%, 50% 및 70%로 첨가하여 제조하였다. 먼저 반죽기(Model HZ, Hobart Co. Ltd., USA)에 모든 재료를 한꺼번에 넣고 저속에서 2분, 고속에서 9분 동안 혼합하였다. 이때 반죽 온도는 27°C로 하였고, 1차 발효는 27°C, 상대습도 80%에서 3시간 동안 발효시킨 다음 500 g 씩 분할 후 등글리기를 하여 실온에서 20분간 중간발효시켰다. 반죽을 성형하여 38°C, 상대습도 85%의 발효기에서 2시간

동안 2차 발효를 한 후, 윗불 온도 180°C, 아랫불 온도 190°C로 맞춘 오븐(FDO-7102, Daeyung Bakery Machinery Co. Ltd., Korea)에 넣어 25분간 구웠다. 구워진 빵은 실온에서 완전히 냉각 후 polyethylene vinyl bag에 넣어 25°C에서 5일간 저장하면서 실험에 사용하였다.

(3) 반죽의 pH 측정

반죽의 pH는 직접 탐침봉을 꽂아서 측정하는 surface electrode method(Miller *et al* 1994)를 사용하였다. 즉, 반죽에 pH 탐침봉을 5 cm 깊이로 꽂고, 정확히 5초 후에 pH meter (PB-10, Sartorius, Germany)로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

(4) Farinograph 측정

Farinogram 특성 측정은 AACC법(1983)에 따라 farinogram-E(M81044, Brabender Co. Ltd., Germany)를 사용하여 측정하였다. Mixing bowl의 온도를 30±0.2°C로 조정하고, 밀가루 280 g(수분 14% 기준)과 25°C에서 4시간 발효한 각각의 발효액종 120 g을 첨가하여 혼합하는 동안 curve의 중앙이 500±20 B.U.에 도달할 때까지 흡수량을 조절하였다. 이 과정에서 수분 흡수율(water absorption), 반죽 형성시간(dough development time), 반죽 안정도(stability), 반죽 탄력도(elasticity) 등을 측정하였다.

Table 1. Formula for pan breads added with fermented blueberry starters

Ingredients	Samples ¹⁾				
	B0	B10	B30	B50	B70
Wheat flour	100	100	100	100	100
Blueberry starter	0	10	30	50	70
Water	65	61.75	55.25	48.75	42.25
Butter	5	5.6	5.75	6.25	6.75
Sugar	8	8.25	9.2	10	12.8
Powdered skim milk	2	2.1	2.3	2.5	2.7
Salt	2	2.1	2	2.5	2.7
Yeast	2.5	0	0	0	0

¹⁾ B0 : pan bread added with 0% naturally fermented blueberry starters.
 B10 : pan bread added with 10% naturally fermented blueberry starters.
 B30 : pan bread added with 30% naturally fermented blueberry starters.
 B50 : pan bread added with 50% naturally fermented blueberry starters.
 B70 : pan bread added with 70% naturally fermented blueberry starters.

(5) 반죽의 호화도 측정

점도 측정은 Rapid Visco Analyser(RVA, Model 3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3.5 g에 증류수 25 mL를 첨가하여 현탁액을 만든 후, 1분당 5°C의 속도로 25°C에서 95°C까지 가열한 다음, 다시 1분당 5°C로 95°C에서 50°C까지 냉각하였다. 호화 개시 온도, 최고점도, 최고점도 후에 나타나는 최저점도, 최고점도에서 최저점도를 뺀 값인 breakdown과 최종점도, 최종점도에서 최저점도를 뺀 값인 setback을 조사하였다.

(6) 식빵의 무게, 부피 및 비용적 측정

천연 발효종을 이용한 우리밀 식빵을 실온에서 1시간 방냉 후 전자저울을 사용하여 무게(g)를 측정하였고, 부피(mL)는 종자치환법으로 측정하였다. 2,940 mL 용기에 좁쌀을 가득 채운 후 식빵을 완전히 잠기게 하였을 때 흘러나온 좁쌀의 양을 측정하여 식빵의 부피를 구하였다. 비용적(specific volume, mL/g)은 부피(mL)를 식빵의 무게(g)로 나누어 구하였다.

(7) 굽기 손실율 측정

식빵을 구운 후 틀에서 분리하여 저울에 올려 굽기 전 반죽의 무게와 비교하였다. 각기 다른 세 개의 시료를 측정하여 평균값을 내어 사용하였으며, 굽기 손실율은 다음의 식으로 구하였다.

Baking loss rate(%) =

$$\frac{(\text{dough weight} - \text{bread weight})}{\text{dough weight}} \times 100$$

(8) 식빵의 저장 기간 중 품질변화(25°C, 5일)

① 수분함량 및 pH 측정

수분함량은 식빵 1 g을 취한 다음 적외선 수분측정기(FD-610, Kett Electric Laboratory, Japan)를 이용하였다. pH는 식빵의 crumb 부분 10 g을 증류수 50 mL에 넣고 5분간 균질화 한 후, 5분간 방치한 다음 상층액을 pH meter(PB-10, Sartorius, Germany)로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

② 곰팡이 발생 측정

식빵의 저장 중 곰팡이의 번식 정도를 육안으로 관찰하기 위하여 일정한 크기(5×5 cm)로 절단한 식빵을 3개씩 폴리에틸렌 백에 넣어 25°C에서 보관하면서 생성된 곰팡이를 5일

간 24시간 간격으로 계수하여 저장가능 기간을 비교하였다.

③ 색도 측정

색도는 시료 채취 후 색도계(CR-300, Minolta Co., Japan)를 사용하여 측정하였고, 각 시료의 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 3회 측정하여 평균값으로 나타내었으며, 이때 사용된 calibration plate는 L : 94.50, a : 0.3032, b : 0.3193이다.

④ Texture 측정

식빵의 texture 측정은 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 식빵을 실온에서 1시간 냉각 후 폴리에틸렌 백에 넣고 5일 동안 상온(25°C)에서 보관하며, 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 점착성(gumminess)을 측정하였다.

(9) 관능평가

각 시료를 만든 지 1시간 경과 후 무작위로 선정하였으며, 관능검사 요원은 일반 성인 50명을 선정하여 질문지에 외관, 향, 맛, 조직감, 전체적 기호도에 관능적 특성을 잘 반영하고 있다고 생각되는 점수를 표시하도록 하였으며, 기호는 9점 척도법으로 하였다(1점 : 매우 싫어한다, 5점 : 보통, 9점 : 매우 좋아한다).

3. 통계처리

모든 실험은 3회 반복 측정하였으며, 각 실험에서 얻은 결과는 SAS 9.1 프로그램을 사용하여 통계처리 하였다. 분산분석(ANOVA)과 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 통계적 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 블루베리 천연 발효액의 이화학적 특성

1) pH, 적정산도 및 당도 변화

블루베리 천연 발효액을 27°C에서 5일간 배양하면서 pH, 적정산도 및 당도 변화를 살펴본 결과는 Table 2와 같다. 담금 직후 pH는 2.75~2.96으로 나타났으며, 설탕 20% 첨가군의 pH가 가장 높았고, 설탕 30% 첨가군의 pH가 가장 낮았다. 설탕 무첨가군의 pH는 배양시간이 경과할수록 증가하다가 배양 4일째부터 감소하여 담금 직후보다 배양 5일째의 pH가 더 낮게 나타났다. 설탕 첨가군들은 배양 기간 동안 pH의 증가와 감소를 반복하였으나, 담금 직후보다 배양 5일째 pH가 더 높게 나타나 설탕 무첨가군과 차이를 보였다. 전반적으로

Table 2. Changes in pH, total titratable acidity and sweetness(brix%) of naturally fermented blueberry extracts containing different amount of sugar during incubation at 27°C

	Incubation time (days)	Samples ¹⁾					F-value
		BS0	BS10	BS20	BS30	BS40	
pH	0	^C 2.93±0.03 ^{a2)}	^D 2.85±0.05 ^b	^E 2.96±0.03 ^a	^D 2.75±0.05 ^c	^E 2.84±0.01 ^b	14.84 ^{***}
	1	^C 2.95±0.05 ^e	^A 3.61±0.01 ^c	^A 3.77±0.02 ^b	^A 3.90±0.04 ^a	^D 3.26±0.03 ^d	412.55 ^{***}
	2	^A 3.52±0.02 ^b	^B 3.21±0.01 ^d	^B 3.31±0.01 ^c	^A 3.91±0.01 ^a	^A 3.95±0.05 ^a	538.12 ^{***}
	3	^B 3.19±0.04 ^b	^C 3.06±0.03 ^c	^C 3.23±0.03 ^b	^C 3.18±0.03 ^b	^B 3.70±0.04 ^a	155.77 ^{***}
	4	^E 2.45±0.02 ^d	^B 3.19±0.02 ^c	^B 3.33±0.03 ^a	^B 3.26±0.02 ^b	^C 3.30±0.02 ^{ab}	823.38 ^{***}
	5	^D 2.56±0.03 ^d	^C 3.07±0.05 ^c	^D 3.13±0.01 ^b	^{BC} 3.22±0.01 ^a	^D 3.23±0.01 ^a	312.04 ^{***}
	F-value	420.89 ^{***}	177.20 ^{***}	404.16 ^{***}	660.60 ^{***}	489.98 ^{***}	
Total titratable acidity (w/v)	0	^D 0.32±0.02 ^a	^F 0.33±0.01 ^a	^D 0.20±0.00 ^b	^D 0.33±0.02 ^a	^E 0.19±0.02 ^b	60.34 ^{***}
	1	^D 0.33±0.01 ^b	^E 0.45±0.05 ^a	^D 0.21±0.01 ^c	^{CD} 0.38±0.03 ^b	^D 0.25±0.05 ^c	23.06 ^{***}
	2	^D 0.36±0.03 ^c	^D 0.51±0.01 ^a	^C 0.30±0.05 ^d	^C 0.42±0.02 ^b	^C 0.36±0.02 ^c	21.97 ^{***}
	3	^C 0.60±0.02 ^b	^C 0.69±0.03 ^a	^B 0.36±0.02 ^d	^B 0.57±0.01 ^b	^B 0.45±0.01 ^c	132.86 ^{***}
	4	^B 0.77±0.05 ^a	^B 0.81±0.02 ^a	^B 0.33±0.03 ^c	^D 0.36±0.04 ^c	^B 0.45±0.01 ^b	143.40 ^{***}
	5	^A 1.34±0.10 ^a	^A 1.11±0.01 ^b	^A 0.54±0.02 ^c	^A 1.02±0.05 ^c	^A 0.96±0.03 ^d	319.80 ^{***}
	F-value	640.63 ^{***}	351.92 ^{***}	64.40 ^{***}	209.61 ^{***}	307.25 ^{***}	
Sweetness (brix%)	0	^C 1.00±0.00 ^e	^B 9.00±0.10 ^d	^A 16.00±0.20 ^c	^A 20.90±0.10 ^b	^B 25.00±0.10 ^a	19,601.14 ^{***}
	1	^A 2.00±0.00 ^e	^B 9.00±0.00 ^d	^A 16.00±0.20 ^c	^A 21.00±0.20 ^b	^A 26.00±0.20 ^a	11,337.50 ^{***}
	2	^A 2.10±0.10 ^e	^A 9.20±0.10 ^d	^A 16.10±0.10 ^c	^B 20.00±0.00 ^b	^B 25.20±0.20 ^a	17,632.92 ^{***}
	3	^A 2.10±0.10 ^e	^B 9.00±0.00 ^d	^A 16.10±0.10 ^c	^A 21.00±0.20 ^b	^B 25.00±0.10 ^a	18,159.21 ^{***}
	4	^B 1.50±0.00 ^e	^C 8.50±0.10 ^d	^B 15.00±0.00 ^c	^B 20.00±0.10 ^b	^C 24.60±0.10 ^a	41,978.50 ^{***}
	5	^C 1.00±0.00 ^e	^D 8.00±0.05 ^d	^C 14.00±0.20 ^c	^B 20.00±0.10 ^b	^C 24.50±0.20 ^a	14,189.18 ^{***}
	F-value	249.90 ^{***}	111.69 ^{***}	95.48 ^{***}	46.09 ^{***}	43.05 ^{***}	

*** $p < 0.001$.

1) BS0 : fermented blueberry extract containing 0% sugar.

BS10 : fermented blueberry extract containing 10% sugar.

BS20 : fermented blueberry extract containing 20% sugar.

BS30 : fermented blueberry extract containing 30% sugar.

BS40 : fermented blueberry extract containing 40% sugar.

2) ^{a-e} Means with the same letter in low are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^{A-E} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

설탕을 첨가할수록 pH는 높았으며, 설탕 40% 첨가구의 pH가 가장 높게 나타났다. 적정산도는 제조 직후 0.19~0.33으로 나타났다으며, 설탕 40% 첨가구의 산도가 가장 낮게 나타났다. 모든 시료에서 배양 기간이 경과할수록 적정산도가 지속적으로 증가하였으며, 특히 설탕 무첨가구의 산도가 배양 5일째 1.34로 가장 높게 나타났다. 반면, 설탕 20% 첨가구가 배양 기간 동안 적정산도 변화가 가장 작았으며, 배양 종료 후의 적정산도 함량이 0.54로 가장 낮았다. 전반적으로 pH가 가장 낮았던 설탕 무첨가구의 적정산도가 가장 높았으며, pH

가 높았던 설탕 첨가구들의 적정산도가 낮게 나타났다. 발효액의 pH와 적정산도의 변화는 배양하는 동안 미생물에 의해 발효되면서 생성된 젖산과 초산 등의 여러 가지 산의 생성과 관계가 있으리라 생각된다. 블루베리 천연 발효액의 당도는 제조 직후 설탕 첨가량이 증가할수록 높아져 설탕 40% 첨가구의 당도가 25 brix%로 가장 높았고, 설탕 무첨가구가 1 brix%로 가장 낮았다. 건포도 천연 발효액 연구에서(Kim & Chun 2008b) 건포도 발효액의 당도는 배양 2일째까지 증가하다가 배양 3일째부터 점차 감소하였는데, 이런 당도의 변화는 발

효액 내에 존재하는 효모가 증식하면서 당분을 먹이로 하여 발효작용이 활발해지기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서도 저장 3일이 경과하면서 당도가 감소하여 이와 유사한 결과를 보였다.

2) 에탄올 함량

블루베리 천연 발효액을 5일간 발효시킨 후, 에탄올 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 블루베리 천연 발효액(BS0~BS40)의 에탄올 함량은 0.6~1.8%로 낮게 나타났으며, 설탕 무첨가구(BS0)가 0.6%로 가장 낮았고, 설탕 20% 첨가구(BS20)가 1.8%로 가장 높았다. 이러한 에탄올 함량은 효모의 생육과 관계가 있어 효모수가 가장 많이 계측된 설탕 20% 첨가구의 에탄올 함량이 가장 많았으며, 상대적으로 효모수가 가장 적었던 설탕 무첨가구의 에탄올 함량이 가장 적었다 ($p < 0.001$).

3) 젖산균 및 효모 균수

블루베리 천연발효액을 27°C에서 5일간 배양하면서 젖산균수를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 빵의 풍미는 젖산균이 생성하는 lactic acid와 acetic acid의 비율에 의해 좌우되며, 젖산균에 의해 단백질이 가수 분해되어 생성되는 각종 아미노산에 의해서도 큰 영향을 받는다고 한다(Galal *et al* 1977). Lactic acid와 acetic acid는 풍미와 저장성을 높이며, 특히 lactic acid는 풍미와 영양을 높이는 동시에 산성조건을 형성하여 대부분의 박테리아 성장을 억제한다고 한다(Kook SU 1996). 이러한 신맛과 독특한 풍미를 형성하는 젖산균은 2가지 종류가 있으며, 정상 발효균은 조직감을 좋게 하고, 탄력성이 좋은 빵을 만들며, 이상 발효균은 맛을 향상시키고, 팽창을 돕는 역할을 한다(Hong *et al* 2000, 백상봉 1990). 설탕 첨가

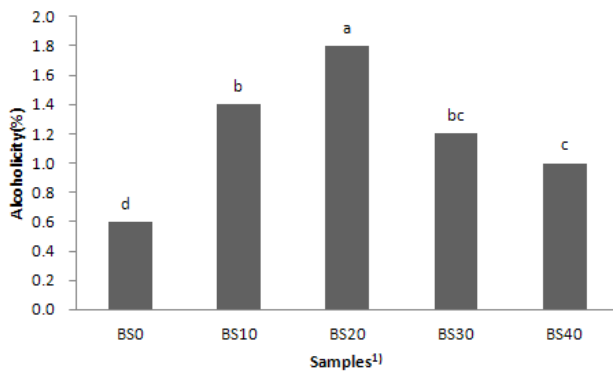


Fig. 1. Alcoholicity of naturally fermented blueberry extract after incubation for 5 days at 27°C.

1) Refer to the legend of Table 2.
 a~d Means with the same letter in bar are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

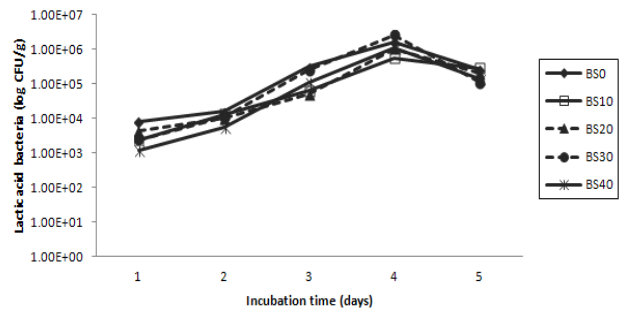


Fig. 2. The count of lactic acid bacteria in naturally fermented blueberry extract during incubation for 5 days at 27°C.

1) Refer to the legend of Table 2.

량을 달리한 블루베리 발효액의 젖산균은 배양 1일째 설탕 40% 첨가구가 1.20×10^3 CFU/g으로 가장 낮았고, 설탕 무첨가구가 8.50×10^3 CFU/g으로 가장 높았다. 배양 기간이 경과할수록 젖산균은 지속적으로 증가하여 배양 4일째 모든 시료에서 10^6 CFU/g 이상 계측되어 가장 높은 균수를 보였으나, 4일이 지나면서 10^5 CFU/g 이하로 다시 감소하는 경향을 보였다. 특히 설탕 30% 첨가구는 배양 초기 2.50×10^3 CFU/g였으나, 배양 기간이 경과할수록 2.62×10^6 CFU/g 까지 증가하여 가장 많은 변화를 보였다. 설탕 20% 첨가구는 4.30×10^3 CFU/g에서 1.06×10^6 CFU/g까지 증가하여 다른 시료들보다 젖산균의 변화가 가장 작았다. 배양 기간 동안 설탕 40% 첨가구의 젖산균 수($1.20 \times 10^3 \sim 1.11 \times 10^6$)가 가장 낮아 높은 당함량은 오히려 젖산균의 생육을 억제하는 것으로 사료된다.

블루베리 천연 발효액의 효모 균수를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 설탕 첨가량을 달리한 블루베리 천연 발효액의 효모 균수는 배양 1일 설탕 무첨가구가 1.02×10^4 CFU/g으로 가장 높았고, 설탕 첨가구들은 $1.50 \sim 4.24 \times 10^3$ CFU/g으로 낮게 나타났었다. 효모는 배양 기간이 경과될수록 꾸준히 증가하였으며, 설탕 무첨가구와 설탕 40% 첨가구는 배양 4일이 지나

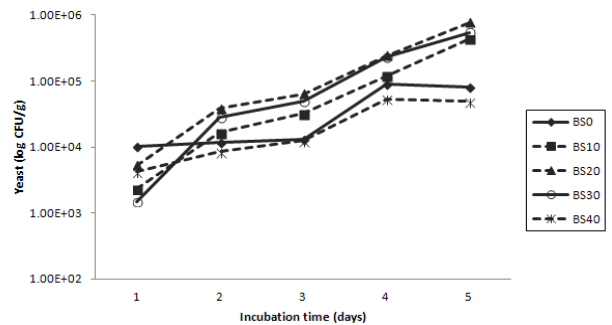


Fig. 3. The count of yeast in naturally fermented blueberry extract during incubation for 5 days at 27°C.

Refer to the legend of Table 2.

면서 다시 감소하였으나, 설탕 10%, 20%, 30% 첨가구들은 배양 5일까지 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히 설탕 20% 첨가구가 다른 시료들보다 더 많은 효모수가 계측되었으며, 배양 5일에는 7.65×10^5 CFU/g으로 가장 높게 나타났다. 설탕이 없을 경우, 젖산균은 어느 정도 잘 자랐으나 영양분을 필요로 하는 효모는 잘 자라지 못해 설탕 무첨가구의 효모 수가 상대적으로 낮게 계측되었으며, 설탕 40% 첨가구는 높은 당 함량이 오히려 효모의 생육을 저해하여 가장 낮은 효모 수를 가진 것으로 나타났다. 건포도 천연발효액 연구(Kim & Chun 2008b)에서 건포도액의 효모 수는 배양 5일까지 크게 증가하였다가 6일째부터 점차 감소하는 경향을 보였으며, 이러한 효모 수의 변화는 효모를 제외한 기타 미생물의 생장이 촉진되어 효모에 대한 영양원이 고갈되고, pH가 증가함에 따라 효모의 생장이 억제되기 때문이라고 하였다. 본 연구에서는 배양 5일까지만 측정하여 6일째 변화를 살펴볼 순 없었으나, 배양 5일까지 효모수가 지속적으로 증가하여 건포도 천연발효액과 유사한 결과를 보였다.

4) 발효율

블루베리 천연발효액의 발효율을 측정한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 발효율은 발효 시 생성되는 CO₂ 가스와 밀접한 관계가 있으므로 효모의 활성이 반영된다고 할 수 있다(Meignen et al 2001, Corestti et al 1998). 블루베리 천연발효액의 발효율에서 설탕 무첨가구(BS0)는 초기 10 mL에서 발효시간이 길어질수록 감소하여 13시간 경과 시 8 mL로 나타났으나, 설탕 첨가구들은 발효 10시간이 경과하면서 다소 증가하여(10~19 mL) 차이가 있었다($p < 0.001$). 설탕 무첨가구는 효모의 먹이가 되는 당원이 부족하여 반죽이 부풀지 못하는 것으로 생각된다. 특히 설탕 20% 첨가구는 초기 발효율이 10 mL였으나, 발효 7시간이 지나면서 증가하기 시작하여 발효 13시간 후 19 mL로 증가하였다. 전반적으로 효모수가 가장

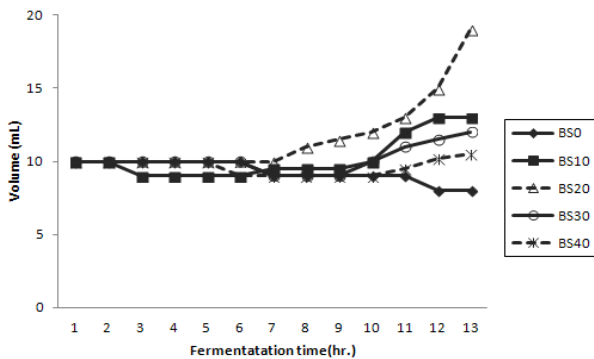


Fig. 4. Changes in volume of naturally fermented blueberry extract during fermentation at 27°C. Refer to the legend of Table 2.

많았던 설탕 20% 첨가구의 발효율이 가장 높아 효모의 작용이 발효율에 영향을 미친 것으로 생각된다. 블루베리 천연발효액의 발효율은 발효율이 낮고 시간이 오래 걸렸는데, 이는 블루베리 발효액의 낮은 pH가 효모의 작용을 억제한 것으로 사료된다. 이상으로 천연 발효액종 제조를 위한 블루베리 천연 발효액의 설탕 첨가량은 20%가 가장 적당하리라 판단된다.

2. 블루베리 천연 발효액종을 이용한 우리밀 식빵의 품질특성

설탕 첨가량을 달리한 블루베리 천연 발효액 중 제빵적성이 뛰어난 설탕 20% 첨가구를 이용하여 천연 발효액종을 만든 다음, 이스트 대체 10, 30, 50, 70%를 첨가하여 우리밀 식빵을 제조하여 그 품질특성을 살펴보았다.

1) 반죽의 pH

블루베리 천연 발효종을 첨가하여 제조한 우리밀 식빵 반죽의 27°C에서 1차 발효 동안 pH 변화를 살펴본 결과는 Fig. 5와 같다. 제조 직후 식빵 반죽의 pH는 대조구가 5.70, 블루베리액종 첨가구들이 5.45~5.83으로 나타나, 블루베리액종 10% 첨가구를 제외하고는 대조구보다 낮았다. 블루베리액종 첨가량이 많을수록 pH는 감소하였으며, 70% 첨가구가 가장 낮은 pH를 보였다($p < 0.001$). 발효시간이 30분 경과하면서 대조구의 pH는 지속적으로 감소하는 경향을 보였고, 블루베리액종 첨가구들도 발효시간이 지속될수록 감소하였다.

2) Farinograph

블루베리액종 첨가 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 farinograph 특성을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 대조구의 수분 흡수율은 63.0%였으며, 블루베리액종 첨가군은 57.0~25.0%로 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 수분 흡수율은 감소하였다.

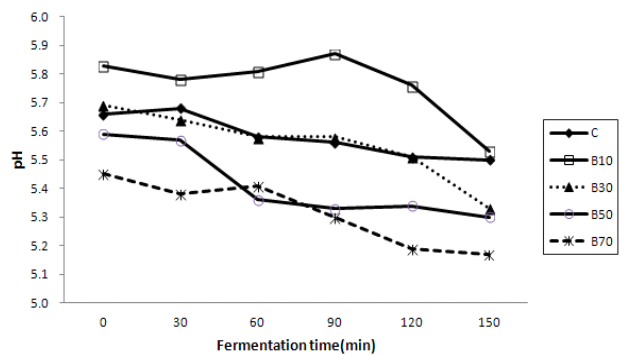


Fig. 5. Changes in pH for bread doughs prepared with naturally fermented blueberry starters during 1st fermentation time at 27°C. Refer to the legend of Table 1.

Table 3. Farinogram characteristics of wheat flour with fermented blueberry starters

Samples ¹⁾	Farinogram parameters					
	Water absorption (%)	Development time (min.)	Stability (min.)	Consistency (F.U.)	Elasticity (F.U.)	Degree of softening (F.U.)
C	63.0±0.5 ²⁾	8.15±0.01 ^a	23.30±0.02 ^a	74.0±0.5 ^a	160.0±2.5 ^d	50.0±0.3 ^d
B10	57.0±0.3 ^b	7.30±0.01 ^b	21.45±0.05 ^b	70.0±0.30 ^b	160.0±1.3 ^d	55.0±0.2 ^c
B30	46.0±0.2 ^c	6.00±0.01 ^c	18.00±0.03 ^c	65.0±0.2 ^c	170.0±1.5 ^c	55.0±0.1 ^c
B50	36.0±0.1 ^d	4.00±0.02 ^d	13.30±0.02 ^d	56.0±0.4 ^d	180.0±2.1 ^b	70.0±0.4 ^b
B70	25.0±0.4 ^e	1.30±0.01 ^e	10.00±0.03 ^e	46.0±0.1 ^e	200.0±2.3 ^a	85.0±1.5 ^a
F-value	6,471.82 ^{***}	14,198.4 ^{***}	90,413.2 ^{***}	3,469.09 ^{***}	211.16 ^{***}	1,220.59 ^{***}

*** $p < 0.001$.

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ a~e Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Sourdough를 이용한 제빵 특성에서(Chung HC 2008) sourdough 첨가량 증가 시 수분흡수율이 감소하였는데, 이는 sourdough의 양에 비례하여 흡수율이 낮게 나타난 결과라고 보고하였다. 본 연구에서도 블루베리액중을 첨가할수록 수분 흡수율이 감소하여 같은 결과를 보였다. 반죽생성시간은 대조구(8.15분)보다 블루베리액중 첨가구들이 더 낮았으며, 블루베리액중을 첨가할수록 시간은 짧아져 70% 첨가구가 1.30분으로 가장 짧았다($p < 0.001$). 반죽 안정도는 대조구가 23.3분, 블루베리액중 첨가구들이 21.45~10.00분으로 나타나, 블루베리액중 첨가구들의 안정도가 감소하였다($p < 0.001$). Chung HC (2008)의 연구에서 sourdough의 양이 많을수록 수화 속도나 반죽 도달 시간이 빨라져 본 연구 결과와 같았다. 또한 보리 sourdough를 만들어 제빵성 연구(Ryu & Kim 2005)를 한 결과, 젖산균을 처리한 실험구에서 수분 흡수율이나 안정도가 감소하는 것으로 나타나, 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 반죽의 강도는 대조구가 74.0 FU로 가장 컸고, 블루베리액중 첨가량이 증가할수록 감소하여 70% 첨가구의 강도가 46.0 FU로 가장 낮았다($p < 0.001$). 반면, 탄력도는 대조구와 블루베리액중 10% 첨가구 사이에서는 유의적인 차이가 없었으나, 블루베리액중 첨가량이 많을수록 대조구보다 더 높게 나타났었다($p < 0.001$). 반죽의 약화도는 대조구가 50.0 FU로 가장 낮았고, 블루베리액중 첨가량이 증가할수록 값이 커져 70% 첨가구의 약화도가 가장 높았다($p < 0.001$). Tsen CC(1966)은 반죽에 염산을 첨가하여 pH를 5.8에서 5.2 또는 4.8로 낮추면 반죽의 탄력성이 감소하고, 탄력성이 낮으면 약화도가 길어진다고 하였다. 본 연구에서 블루베리액중 첨가구들의 약화도가 길어진 것은 대조구보다 반죽의 pH가 낮기 때문이라고 생각된다. 유청 발효물을 첨가한 반죽의 경우 긴 반죽 생성 시간, 짧은 안정도, 긴 약화도 등으로 반죽의 안전성은 떨어

진다고 보고하였는데(Lee & Lee 2009), 본 연구에서는 짧은 반죽 생성시간과 안정도, 긴 약화도를 보여 다소 다른 결과를 보였다.

3) 반죽의 호화도(Rapid Visco Analyser) 특성

블루베리액중 첨가 반죽의 RVA에 의한 호화특성에서(Table 4) 호화개시온도는 블루베리액중 첨가구들이 89.75~92.25℃로 대조구보다(68.25℃) 더 높았으며, 블루베리액중 첨가량이 증가함에 따라 호화개시온도가 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 최고점도는 블루베리액중 10% 첨가구가 1518.0 RVU로 대조구(1498.0 RVU)보다 더 높았으나, 블루베리액중 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 블루베리액중 70% 첨가구의 경우 1,235.0 RVU이었다($p < 0.001$). 최저점도는 대조구(967.0 RVU)보다 블루베리액중 첨가구들(965.0~792.0 RVU)이 더 낮았으며, 블루베리액중 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 최종점도는 대조구가 1,998.0 RVU, 블루베리액중 첨가구들이 1,911.0~1,563.0 RVU였으며, 블루베리액중 첨가량이 증가할수록 최종 점도는 감소하였다($p < 0.001$). 전분 입자의 파괴 정도는 블루베리액중 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였으며, 노화 정도(setback)는 블루베리액중 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하여($p < 0.001$) 노화 지연 효과가 있음을 알 수 있었다. Kim & Hwang(2004)의 연구에서 Sourdough 분말 첨가구가 setback 값이 낮게 나타났으며, Kim *et al.*(2011)의 연구에서도 홍국 발효액중 첨가량이 증가할수록 setback 값이 낮아져 노화현상을 지연시킨다고 보고하여 본 연구와 같았다.

4) 우리밀 식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실을 블루베리 천연 발효액중 첨가 식빵의 무게, 부피, 비용적

Table 4. Rapid Visco Analyze r(RVA) on wheat flour with fermented blueberry starters

Samples ¹⁾	Initial pasting temp (°C)	Peak viscosity P (RVU)	Holding viscosity H (RVU)	Final viscosity F (RVU)	Break down P-H (RVU)	Set back F-H (RVU)
C	68.25±0.20 ^{e2)}	1,498.0±1.0 ^b	967.0±1.0 ^a	1,998.0±2.1 ^a	531.0±1.3 ^a	1,031.0±1.4 ^a
B10	89.75±0.25 ^d	1,518.0±2.3 ^a	965.0±3.0 ^a	1,911.0±2.2 ^b	553.0±1.0 ^b	946.0±5.2 ^b
B30	90.50±0.40 ^c	1,425.0±5.0 ^c	915.0±2.1 ^b	1,791.0±3.5 ^c	510.0±3.2 ^c	876.0±2.3 ^c
B50	91.40±0.30 ^b	1,317.0±3.2 ^d	845.0±4.0 ^c	1,662.0±2.4 ^d	472.0±1.4 ^d	817.0±2.4 ^d
B70	92.25±0.10 ^a	1,235.0±4.0 ^e	792.0±2.2 ^d	1,563.0±3.0 ^e	443.0±2.0 ^e	771.0±1.2 ^e
<i>F</i> -value	4,310.41 ^{***}	3,972.08 ^{***}	2,600.38 ^{***}	21,425.1 ^{***}	1,848.47 ^{***}	5,002.36 ^{***}

¹⁾ Refer to the legend of Table 1, ^{***} $p < 0.001$.

²⁾ ^{a~e} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 5. Weight, volume, specific loaf volume and baking loss rate of breads produced by naturally fermented blueberry starters

Samples ¹⁾	Weight (g)	Volume (mL)	Specific loaf volume (mL/g)	Baking loss rate (%)
C	442.0±3.0 ^{e2)}	1,725.0±3.0 ^a	3.90±0.02 ^a	10.60±0.10 ^a
B10	469.0±1.0 ^a	1,010.6±11.0 ^d	2.15±0.02 ^e	6.40±0.10 ^c
B30	470.0±2.0 ^a	1,145.0±5.0 ^b	2.43±0.005 ^c	6.00±0.10 ^d
B50	452.0±1.2 ^b	1,156.0±3.6 ^b	2.55±0.005 ^b	6.20±0.00 ^{cd}
B70	467.3±0.5 ^a	1,095.3±4.5 ^c	2.34±0.01 ^d	6.80±0.02 ^b
<i>F</i> -value	152.30 ^{***}	6,438.01 ^{***}	5,807.61 ^{***}	792.86 ^{***}

¹⁾ Refer to the legend of Table 1, ^{***} $p < 0.001$.

²⁾ ^{a~e} Means with the same letter in low are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

및 굽기 손실율을 측정된 결과는 Table 5에 나타내었다. 우리밀 식빵의 무게는 블루베리액종 첨가구들이 469.0~452.0 g으로 나타나 대조구(442.0 g)보다 블루베리액종 첨가구의 무게가 더 높았다($p < 0.001$). 특히 블루베리종 30% 첨가구의 무게가 가장 컸으며, 블루베리종 첨가량에 따른 무게 차이는 거의 없었다. 식빵의 부피는 대조구(1,725.0 mL)가 블루베리액종 첨가구들(1,010.6~1,156.0 mL)보다 더 컸으며, 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 부피도 증가하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 비용적은 부피가 가장 컸었던 대조구가 3.90 mL/g으로 가장 높았고, 부피가 가장 작았던 블루베리액종 10% 첨가구(2.15 mL/g)가 가장 낮았다. 굽기 손실율은 대조구가 10.60%로 가장 컸으며, 블루베리종 첨가군이 유의적으로 대조구보다 낮았으며($p < 0.001$) 블루베리액종 30% 첨가구의 굽기 손실율이 6.00%로 가장 낮았다. 굽기 손실율은 발효산물 중 알코올과 이산화탄소와 같은 휘발성 물질 등이 높은 열에 의하여 휘발되면서 수분이 함께 증발하는 것으로 정상적인 빵에서도 10~12% 정도 나타난다고 한다(Kim SY 2012). 대조구의 굽기 손실율이 10.60%로 정상적인 굽기 손실율이라 할

수 있으며, 발효종을 첨가한 실험구는 대체로 손실율이 적게 나타났는데, 건포도 천연발효액과 sourdough를 이용한 호밀 혼합빵(Kim & Chun 2008b)과 가바쌀겨 발효종 첨가 식빵(Kim SY 2012)의 결과와 유사하였다. 굽기 손실율이 적다는 것은 추후 빵의 저장과정 중 수분보유량이 많아 제품의 노화를 지연할 것으로 기대된다고 하겠다.

5) 천연 발효종 첨가 우리밀 식빵의 저장 기간 중 품질 변화

(1) 수분 함량 변화

천연 발효종 첨가 식빵을 25°C에서 5일간 저장하면서 수분 함량 변화를 살펴본 결과는 Fig. 6과 같다. 블루베리액종 첨가 식빵은 블루베리액종 첨가구들의 수분함량이 37.2~38.5%로 나타나 대조구보다 낮은 수분함량을 보였으며($p < 0.01$), 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 수분함량은 감소하였다. 저장 기간 동안 블루베리 첨가구들의 수분 함량은 서서히 감소하다가 3일이 지나면서 급격히 감소하여 저장 5일의 수분 함

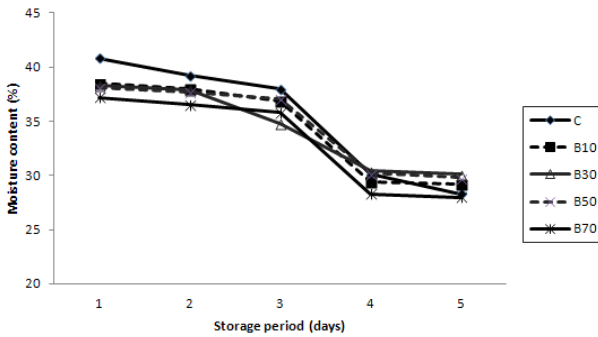


Fig. 6. Changes of moisture contents for pan breads produced by naturally fermented blueberry starters during storage period at 25°C.

Refer to the legend of Table 1.

량(28.0~30.1%)이 가장 낮았다. 그러나 저장 5일째 수분 함량이 블루베리 70% 첨가구(28.0%)를 제외하고는 대조구(28.3%)보다 다소 높은 수분 함량을 보여 저장 기간 동안 수분 함량 변화가 대조구보다 작았다.

(2) 곰팡이 발생

블루베리 천연 발효액종을 이용하여 제조한 우리밀 식빵을 25°C에서 7일간 저장하면서 빵 외부표면의 곰팡이 형성을 육안으로 관찰한 결과는 Table 6과 같다. 대조구와 블루베리액종 10% 첨가구는 저장 3일째 외부 표면에 곰팡이가 발생하였으며, 블루베리액종 30% 첨가구는 저장 4일째 곰팡이가 발생하였다. 블루베리액종 50%와 70% 첨가구는 저장 6일째 곰팡이가 발생하여 블루베리액종 첨가량이 많을수록 곰팡이 발생이 지연되는 효과가 있었다. 이는 젖산균이 생성한 젖산이나 초산 등의 유기산 등에 의해 미생물의 생육이 저해되어 보존기간이 연장되었다는 연구 결과(Kim & Chun 2009, Kim KJ 2003, Crowley & Schober 2002, Hong et al 2000, Kim et al 1997)와 유사하였다. Sourdough를 이용한 제

Table 6. Changes in visible mould colony on pan breads prepared with naturally fermented blueberry starters during 7 days of storage at 28°C

Samples ¹⁾	Storage period (days)						
	1	2	3	4	5	6	7
C	ND	ND	+	+	+	+	+
B10	ND	ND	+	+	+	+	+
B30	ND	ND	ND	+	+	+	+
B50	ND	ND	ND	ND	ND	+	+
B70	ND	ND	ND	ND	ND	+	+

¹⁾ Refer to the legend of Table 1, ND : not detected.

빵 적성 연구에서(Chung HC 2008) 대조구는 3일 만에 곰팡이가 발생하였으나, sourdough 첨가구는 6일 후에 곰팡이가 발생하여 대조구에 비해 약 3일의 보존기간이 늘어났으며, Sourdough 첨가 보리 식빵(Hong et al 2000)에서는 대조군은 96시간 경과 시 곰팡이가 발견되었으나, sourdough가 첨가된 빵에서는 144시간이 지난 후에도 곰팡이가 생기지 않아 starter 첨가군의 곰팡이 발생속도가 지연되어 저장성 개선 효과가 있다고 밝혀 본 연구 결과와 같았다. 이러한 결과는 블루베리 천연 발효액종을 첨가함으로써 빵의 저장성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

(3) 색도 변화

블루베리액종 첨가 식빵의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 7에 나타내었다. 명도 L값은 대조구가 66.87이었고, 블루베리액종 첨가구들이 63.90~70.82였으며, 블루베리액종 첨가량이 많을수록 명도 L값은 낮아지는 경향을 보였다($p < 0.001$). 대조구의 명도 L값은 저장 기간에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 블루베리액종 첨가구들도 저장 3일까지는 명도 L값이 증가하였으나 저장 기간이 경과할수록 감소하여 저장 기간에 따른 유의적인 차이는 있었다($p < 0.001, p < 0.01$).

적색도 a값은 대조구가 -1.47, 블루베리액종 첨가구들이 -0.78~-1.37로 나타나, 대조구보다 블루베리액종 첨가구들의 적색도 값이 더 높았다($p < 0.001$). 블루베리액종 첨가량에 따라 적색도 a값이 증가하여 시료간의 유의적인 차이가 있었으며($p < 0.001$), 이는 블루베리 색상이 적색도에 영향을 미친 것으로 생각된다. 저장 기간이 경과할수록 대조구와 블루베리액종 첨가구들의 적색도 a값은 유의적인 차이가 없었다. 황색도 b값은 대조구(9.43)보다 블루베리액종 첨가구들이 11.81~12.24로 더 높게 나타났다($p < 0.001$). 저장 기간 동안 대조구의 황색도 값은 유의적인 차이가 없었으나, 블루베리액종 첨가구들은 저장 3일까지 황색도 값이 증가하다가 저장 4일부터 다시 감소하여 저장 기간 동안 대조구와 차이를 보였다($p < 0.001$).

(4) Texture 변화

블루베리액종 첨가 식빵의 texture 변화를 측정된 결과는 Table 8과 같다. 경도(Hardness)는 블루베리액종 70% 첨가구가 2,778.4로 가장 높았으며, 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 대조구와 블루베리액종 첨가구들 모두 저장 기간이 길어질수록 경도가 증가하였다($p < 0.001$). Sourdough 첨가 보리식빵(Hong et al 2000)에서도 시간이 지남에 따라 경도가 증가하여 본 연구와 같은 경향을 보였다. 응집성(Cohesiveness)은 대조구가 0.447이었고 블루베리액종 첨가군이 0.190~0.241로 나타나 대조구가

Table 7. Color of pan breads produced by fermented blueberry starters during storage period at 25°C

Hunter Color Value	Samples ¹⁾	Storage period (days)					F-value
		1	2	3	4	5	
L	C	^A 66.87±0.47 ^{bc2)}	^A 69.75±2.51 ^a	^A 70.51±3.48 ^{ab}	^A 67.57±0.93 ^a	^A 67.40±2.32 ^a	1.55
	B10	^A 70.82±0.73 ^a	^A 72.31±0.59 ^a	^A 70.62±1.68 ^{ab}	^B 66.20±0.62 ^a	^B 66.16±0.89 ^a	24.80 ^{***}
	B30	^{BC} 68.02±0.46 ^b	^{AB} 70.95±1.55 ^a	^A 72.28±1.77 ^a	^C 64.75±3.79 ^a	^C 66.46±1.29 ^a	6.66 ^{**}
	B50	^{CD} 64.53±3.11 ^{cd}	^A 72.27±0.52 ^a	^{AB} 69.51±0.75 ^{ab}	^D 63.83±2.35 ^a	^{BC} 68.09±1.77 ^a	9.61 ^{**}
	B70	^C 63.90±0.56 ^d	^A 69.83±0.92 ^a	^B 66.87±2.46 ^b	^C 64.15±0.59 ^a	^{BC} 66.05±1.15 ^a	9.69 ^{**}
	F-value		10.63 ^{***}	2.31	2.41	1.7	0.94
a	C	^A -1.47±0.04 ^c	^A -1.74±0.10 ^d	^A -1.58±0.17 ^c	^A -1.71±0.04 ^d	^A -1.76±0.14 ^d	3.23
	B10	^A -1.37±0.01 ^d	^A -1.55±0.01 ^c	^A -1.39±0.04 ^c	^A -1.41±0.07 ^c	^A -1.40±0.24 ^c	1.16
	B30	^{AB} -1.08±0.05 ^c	^C -1.26±0.02 ^b	^B -1.14±0.08 ^b	^A -0.99±0.08 ^b	^{AB} -1.07±0.01 ^b	8.46 ^{**}
	B50	^A -0.89±0.01 ^b	^D -1.21±0.01 ^b	^B -1.06±0.04 ^b	^B -1.00±0.04 ^b	^C -1.12±0.04 ^b	37.86 ^{***}
	B70	^A -0.78±0.06 ^a	^A -0.91±0.08 ^a	^A -0.76±0.20 ^a	^A -0.75±0.09 ^a	^A -0.80±0.07 ^a	0.91
	F-value		144.26 ^{***}	86.07 ^{***}	17.75 ^{***}	85.74 ^{***}	22.74 ^{***}
b	C	^A 9.43±0.19 ^b	^A 9.58±0.71 ^b	^A 9.80±0.31 ^b	^A 8.95±0.34 ^b	^A 9.62±1.08 ^b	0.79
	B10	^B 12.11±0.27 ^a	^A 12.62±0.04 ^a	^A 12.87±0.41 ^a	^B 11.72±0.24 ^a	^B 11.78±0.07 ^a	12.52 ^{***}
	B30	^B 11.65±0.02 ^a	^A 12.84±0.31 ^a	^A 12.53±0.25 ^a	^B 11.96±0.34 ^a	^B 11.89±0.06 ^a	12.99 ^{***}
	B50	^B 12.24±0.63 ^a	^A 12.99±0.07 ^a	^B 12.33±0.19 ^a	^B 12.10±0.08 ^a	^B 11.99±0.19 ^a	4.64 [*]
	B70	^B 11.81±0.05 ^a	^A 12.94±0.29 ^a	^A 12.72±0.30 ^a	^B 11.76±0.11 ^a	^B 11.74±0.38 ^a	14.93 ^{***}
	F-value		38.18 ^{***}	45.65 ^{***}	54.08 ^{***}	82.59 ^{***}	10.96 ^{***}

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

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ ^{a-d} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

^{A-D} Means with the same letter in low are not significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

블루베리액종 첨가구들보다 더 높았으며($p<0.05$), 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 응집성이 증가하였다. 대조구와 블루베리액종 첨가구들 모두 저장 기간이 길어질수록 응집성은 감소하였다($p<0.001$). 탄력성(springiness)은 대조구(0.804)가 블루베리액종 첨가구(0.599~0.776)보다 더 높았고($p<0.001$), 저장 기간이 경과할수록 대조구를 포함한 모든 시료의 탄력성은 감소하였으며, 블루베리액종 첨가구들 중 50% 첨가구의 탄력성이 높게 나타났다. 식빵의 검성(gumminess)은 대조구가 0.127로 가장 낮았고, 블루베리액종 첨가량이 많을수록 검성은 증가하여 블루베리 70% 첨가구가 0.670으로 가장 높았다($p<0.001$). 모든 시료의 검성은 저장 기간 동안 다소 감소하긴 했으나 저장 4일부터 다시 증가하여 저장 5일의 검성이 가장 높았다($p<0.01$, $p<0.001$). 씹힘성(chewiness)은 대조구(1.114)가 블루베리액종 첨가구들(3.017~4.896)보다 더 낮았으며, 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 씹힘성은 증가하

여 블루베리액종 70% 첨가구가 가장 높게 나타났다($p<0.001$). 대조구와 블루베리액종 첨가구의 씹힘성은 저장 기간 동안 다소 감소하긴 했으나, 저장 4일부터 다시 증가하여 저장 5일의 씹힘성이 가장 높았다($p<0.01$, $p<0.001$).

6) 관능평가

블루베리액종 첨가 식빵의 기호도 검사 결과는 Table 9와 같이 입안에서의 느낌은 대조구보다 블루베리액종 10%와 50% 첨가구가 6.00으로 더 좋다고 평가하였으며, 시료간의 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$). 외관의 기호도는 대조구와 블루베리액종 50% 첨가구가 가장 높게 평가되어 유의적인 차이가 있었다($p<0.01$). 향미의 기호도는 대조구가 블루베리액종 첨가구보다 더 높았으며, 블루베리액종 첨가량이 증가할수록 향미의 기호도는 증가하였다($p<0.001$). 질감의 기호도는 대조구가 7.20으로 가장 높았고, 블루베리액종 첨가구

Table 8. Texture properties of pan breads produced by fermented blueberry starters during storage period at 25°C

Texture properties	Samples ¹⁾	Storage period (days)					F-value
		1	2	3	4	5	
Hardness (g/cm ²)	C	^C 285.0±24.0 ^{c2)}	^B 431.9±27.7 ^c	^C 309.8±57.0 ^d	^B 435.1±16.9 ^d	^A 552.4±60.5 ^c	20.52 ^{***}
	B10	^C 2,291.7±18.2 ^b	^B 3,376.8±12.2 ^a	^D 1,746.7±35.2 ^a	^B 3,436.8±20.5 ^c	^A 3,777.0±255.8 ^b	165.40 ^{***}
	B30	^B 2,716.4±141.1 ^a	^B 2,667.0±34.8 ^d	^C 1,364.7±6.75 ^b	^A 3,593.6±2.25 ^b	^A 3,673.8±81.24 ^b	469.13 ^{***}
	B50	^D 2,344.6±145.3 ^b	^C 3,259.1±124.2 ^b	^E 664.9±14.3 ^c	^B 4,093.6±62.0 ^a	^A 4,327.6±202.8 ^a	407.70 ^{***}
	B70	^D 2,778.4±65.4 ^a	^C 2,970.2±14.8 ^c	^E 682.9±29.2 ^c	^B 4,079.0±79.9 ^a	^A 4,323.4±43.5 ^a	2,288.25 ^{***}
	F-value		342.82 ^{***}	1,235.76 ^{***}	917.12 ^{***}	3,216.78 ^{***}	316.27 ^{***}
Cohesive- ness	C	^A 0.447±0.044 ^a	^A 0.416±0.006 ^a	^B 0.310±0.018 ^a	^A 0.298±0.034 ^a	^B 0.299±0.003 ^a	21.54 ^{***}
	B10	^B 0.190±0.006 ^c	^A 0.226±0.004 ^b	^A 0.214±0.009 ^d	^A 0.181±0.013 ^b	^B 0.191±0.015 ^c	9.50 ^{**}
	B30	^A 0.218±0.012 ^{bc}	^A 0.236±0.009 ^b	^A 0.236±0.014 ^{cd}	^A 0.192±0.003 ^b	^B 0.198±0.003 ^c	13.74 ^{***}
	B50	^B 0.233±0.024 ^{bc}	^B 0.219±0.023 ^b	^A 0.286±0.002 ^b	^C 0.161±0.007 ^b	^C 0.184±0.020 ^c	20.87 ^{***}
	B70	^A 0.241±0.001 ^b	^B 0.218±0.014 ^b	^A 0.246±0.010 ^a	^C 0.179±0.002 ^b	^A 0.235±0.008 ^b	28.71 ^{***}
	F-value		57.30 ^{***}	119.05 ^{***}	30.38 ^{***}	31.28 ^{***}	44.45 ^{***}
Springi- ness	C	^{AB} 0.804±0.010 ^a	^A 0.824±0.012 ^a	^B 0.782±0.006 ^{ab}	^B 0.791±0.025 ^a	^B 0.784±0.009 ^a	4.55 [*]
	B10	^C 0.599±0.022 ^c	^{AB} 0.684±0.021 ^b	^A 0.751±0.083 ^{ab}	^{BC} 0.625±0.025 ^c	^C 0.583±0.024 ^c	7.78 ^{**}
	B30	^A 0.776±0.073 ^a	^{AB} 0.691±0.033 ^b	^A 0.744±0.009 ^b	^B 0.626±0.048 ^c	^B 0.640±0.002 ^b	4.97 [*]
	B50	^B 0.681±0.008 ^b	^A 0.799±0.005 ^a	^A 0.792±0.031 ^{ab}	^B 0.656±0.008 ^b	^A 0.781±0.024 ^a	9.54 ^{**}
	B70	^C 0.670±0.018 ^b	^C 0.669±0.006 ^b	^A 0.825±0.009 ^a	^B 0.734±0.008 ^{ab}	^D 0.648±0.019 ^b	124.18 ^{***}
	F-value		17.14 ^{***}	14.12 ^{***}	1.97	13.21 ^{***}	71.43 ^{***}
Gumminess	C	^B 0.127±0.023 ^c	^A 0.178±0.027 ^c	^B 0.105±0.003 ^d	^B 0.127±0.010 ^d	^A 0.163±0.019 ^d	7.33 ^{**}
	B10	^C 0.435±0.010 ^d	^A 0.766±0.011 ^a	^D 0.373±0.012 ^a	^B 0.625±0.050 ^c	^A 0.724±0.007 ^c	150.51 ^{***}
	B30	^B 0.594±0.003 ^b	^B 0.628±0.033 ^b	^C 0.323±0.009 ^b	^A 0.691±0.011 ^{ab}	^A 0.725±0.028 ^c	177.69 ^{***}
	B50	^C 0.539±0.023 ^c	^{AB} 0.711±0.103 ^{ab}	^D 0.191±0.023 ^c	^B 0.656±0.008 ^{bc}	^A 0.801±0.027 ^b	66.18 ^{***}
	B70	^{BC} 0.670±0.018 ^a	^C 0.649±0.046 ^b	^D 0.169±0.048 ^c	^B 0.730±0.004 ^a	^A 1.018±0.024 ^a	252.13 ^{***}
	F-value		426.56 ^{***}	55.23 ^{***}	59.11 ^{***}	320.72 ^{***}	567.76 ^{***}
Chewiness	C	^{BC} 1.114±0.207 ^d	^A 1.586±0.260 ^c	^C 0.896±0.020 ^c	^{BC} 1.107±0.111 ^d	^{AB} 1.395±0.154 ^d	7.47 ^{**}
	B10	^D 3.017±0.171 ^c	^A 5.656±0.114 ^a	^D 2.996±0.248 ^a	^C 4.203±0.122 ^c	^B 4.559±0.240 ^c	106.75 ^{***}
	B30	^A 4.862±0.166 ^a	^A 4.595±0.539 ^b	^B 2.579±0.118 ^a	^A 4.730±0.478 ^b	^A 4.998±0.152 ^b	25.78 ^{***}
	B50	^C 3.970±0.223 ^b	^B 5.461±0.123 ^a	^D 1.655±0.158 ^b	^B 5.148±0.229 ^b	^A 6.607±0.422 ^a	165.12 ^{***}
	B70	^C 4.896±0.109 ^a	^C 4.692±0.271 ^b	^D 1.473±0.457 ^b	^B 5.777±0.134 ^a	^A 7.021±0.030 ^a	202.48 ^{***}
	F-value		229.84 ^{***}	87.36 ^{***}	35.15 ^{***}	151.91 ^{***}	261.73 ^{***}

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.¹⁾ Refer to the legend of Table 1.²⁾ ^{a-e} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).^{A-D} Means with the same letter in low are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 9. Sensory evaluation of pan breads produced by fermented blueberry starters

(N=50)

Sensory properties	Samples ¹⁾					F-value
	C	B10	B30	B50	B70	
Mouth feel	5.40±0.54 ^{2)a3)}	6.00±1.00 ^a	5.20±0.44 ^a	6.00±0.71 ^a	3.80±0.84 ^b	7.52 ^{***}
Appearance	6.40±1.14 ^a	5.40±0.89 ^{abc}	4.80±0.84 ^{bc}	6.00±0.78 ^a	4.20±0.83 ^c	4.93 ^{**}
Flavor	5.20±0.83 ^a	3.00±0.71 ^d	3.60±0.54 ^{cd}	4.20±0.87 ^{bc}	4.60±0.54 ^{ab}	7.32 ^{***}
Texture	7.20±0.44 ^a	4.20±0.44 ^c	2.80±0.44 ^d	5.40±0.55 ^b	3.60±0.55 ^c	61.42 ^{***}
Taste	5.60±1.14 ^{ab}	4.00±1.00 ^c	4.60±0.54 ^{bc}	5.80±0.44 ^a	4.80±0.83 ^{abc}	3.91 [*]
Overall quality	6.20±0.83 ^a	3.80±0.83 ^b	4.80±1.45 ^b	6.40±0.55 ^a	4.60±0.89 ^b	11.37 ^{***}

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.¹⁾ Refer to the legend of Table 1.²⁾ Hedonic scales (1 : extremely dislike, 5 : neither like nor dislike, 9 : extremely like).³⁾ a~d Means with the same letter in low are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

가 상대적으로 낮았으며, 이 중에서 블루베리종 50% 첨가구의 기호도가 높았다($p < 0.001$). 맛의 기호도는 블루베리종 50% 첨가구와 대조구가 높게 나타났으며, 블루베리 10% 첨가구가 가장 낮았다($p < 0.05$). 전반적인 기호도에서 블루베리종 50% 첨가구(6.40)와 대조구(6.20)가 가장 높게 평가되어 시료간의 유의적인 차이가 있었다($p < 0.001$).

요약 및 결론

본 연구에서는 블루베리를 이용하여 천연 발효액종을 제조하고 yeast를 대체하여 10%, 30%, 50%, 70%를 첨가한 우리밀 식빵의 품질특성을 살펴보았다. 설탕첨가량을 달리하여 27°C에서 5일간 배양한 블루베리 천연발효액의 pH는 배양 기간이 경과할수록 감소하였으나, 적정 산도는 증가하였다. 블루베리 발효액의 당도는 설탕첨가량이 많을수록 높았으며, 에탄올 함량은 설탕 20% 첨가구가 가장 높았다. 젖산균은 설탕 무첨가구가 가장 높았으며, 배양 기간이 경과할수록 증가하였다. 효모 수는 배양 기간이 경과할수록 꾸준히 증가하였으며, 설탕 20% 첨가구가 가장 많은 효모수가 계속되었다. 블루베리 천연발효액의 발효율은 효모수가 가장 많았던 설탕 20% 첨가구가 가장 높았다. 블루베리 발효액종을 이용한 우리밀 식빵 반죽의 pH는 블루베리액종 첨가량이 많을수록 낮았으며, 발효시간이 지속될수록 감소하였다. Farinograph 특성을 분석한 결과 블루베리액종을 첨가할수록 수분흡수율, 반죽 생성 시간과 반죽 안정도는 감소하였으며, 탄력도 및 반죽의 약화도는 높게 나타났다. RVA의 호화특성에서 호화개시온도는 블루베리액종을 첨가할수록 대조구에 비해 증가하였으나, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 전분입자의 파괴정도 및 노화정도는 감소하여 대조구와 차이를 보였다.

블루베리액종 첨가 식빵의 무게는 대조구보다 블루베리액종 첨가구가 더 높았으나, 부피는 대조구가 더 높았다. 굽기 손실율은 대조구보다 블루베리액종 첨가구가 유의적으로 낮게 나타났다. 저장 기간 중 품질 변화를 살펴본 결과, 수분 함량은 저장 기간 동안 감소하였으며, 블루베리액종 첨가구들이 대조구보다 수분 함량 변화가 작았다. 빵 외부 표면의 곰팡이 형성을 육안으로 관찰한 결과, 블루베리액종 첨가량이 많을수록 곰팡이 발생이 지연되어 저장성 개선효과가 있었다. 색도측정에서 블루베리액종을 첨가할수록 명도 L값은 감소하였으며, 적색도 a값과 황색도 b값은 증가하였다. Texture 변화를 측정한 결과 블루베리액종 첨가량이 많을수록 경도는 높았으며, 응집성과 탄력성은 대조구가 더 높았다. 겉성은 블루베리액종 첨가구들이 더 높았으며, 씹힘성도 블루베리액종을 첨가할수록 증가하였다. 관능검사서 입안에서의 느낌, 외관은 블루베리액종 50% 첨가구가 가장 높게 평가되었으며, 향미의 기호도는 블루베리액종을 첨가할수록 높게 나타났다. 질감의 기호도는 대조구가 가장 높았으나, 맛의 기호도와 전반적인 기호도에서 블루베리액종 50% 첨가구가 높게 평가되었다. 이상의 결과로 볼 때 블루베리 천연발효액 제조 시 적당한 설탕 첨가가 에탄올과 효모의 생육을 도우므로 적정 설탕첨가량은 20% 정도가 적합하리라 사료된다. 또한 블루베리 발효액종 50% 첨가구가 이화학적 및 관능적 특성에서 대조구보다 더 높거나 유의적인 차이를 보이지 않아, 제빵 시 yeast 대체 블루베리 발효액종 첨가량은 50% 정도가 가장 적절한 것으로 판단되었다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 호남대학교 학술연구비 지원을 받아

연구되었음.

문헌

- 백상봉 (1990). 건강빵류의 품질개선. 월간제과제빵. 비앤씨 월드, 서울. pp 34-45.
- 전라북도농업기술원 (2009) 기능성과수 블루베리의 품종특성, 번식 및 재배기술 연구. 농촌진흥청. pp 5-6.
- 이용규 (1995) 현장을 중심으로 다시 배우는 제과이론. 월간 베이커리. 대한제과협회. 324. pp 98-100.
- An HL, Heo SJ, Lee KS (2009) A study on the properties of sourdough starters using Korean wheat. *The Korean Journal of Culinary Research* 15: 37-46.
- An HL, Lee KS (2009) Study on the quality characteristics of pan bread with sourdough starters from added domestic wheat flours. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 996-1008.
- AACC (1983) Approved Method of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. St. Paul. p. 10-10A.
- Chae DJ, Lee KS, Jang KH (2010) Fermentation characteristics of flour sourdough using mixed lactic acid bacteria and *Bifidobacterium longum* as starters. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 743-750.
- Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW (2010) Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 319-323.
- Chung HC (2008) Properties of sourdough added bread. *Korean J Food Sci Technol* 40: 643-648.
- Corsetti A, Gobetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Russi L, Rossi J (1998) Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J Food Sci* 63: 347-351.
- Crowly P, Schober TJ (2002) The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *Eur Food Res Technol* 214: 489-496.
- Finny KF (1984) An optimized straight dough bread making method after 44 Years. *Cereal Chem* 61: 20-26.
- Freund W (2006) Starterkulturen und Sauerteigprodukte. In: *Handbuch Sauerreig* (edits. Brandt MJ, Gänzle MG, Spicher G). 6th ed. Behr's Verlag, Hamburg. pp 353-375.
- Galal AM, Johnson JA, Varriano-Marston E (1977). Lactic acid volatile (C2~C5) organic acids of Sanfrancisco sourdough french bread. *Cereal Chem* 55: 461-468.
- Hong JH, Kim KJ, Bang KS (2000) Effect of sourdough starter on the characteristics of rheological of barley bread. *Korean J Food Cookery Sci* 16: 358-362.
- Hwang SH, Ko SH (2010) Quality characteristics of muffins containing domestic blueberry (*V. corymbosum*). *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 727-734.
- Jeon MH, Lee WJ (2011) Characteristics of blueberry added *makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 444-449.
- Jeong CH, Choi SG, Heo HJ (2008) Analysis of nutritional compositions and anioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1375-1381.
- Ji JR, Yoo SS (2010) Quality characteristics of cookies with varied concentrations of blueberry powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 433-438.
- Kim G, Lee SJ, Hwang JK, Kim CJ, Ahn BH (1997) Effect of prppolis additions on the shelf-life and staling of white bread. *Korean J Food Sci Technol* 29: 982-986.
- Kim KJ (2003) Studies on the sourdough bread baking inoculated with isolated quality wild strains. *MS Thesis* Yeoungnam University, Gyeongsan. pp 8-9.
- Kim MY, Chun SS (2008a) Effects of sourdough on the quality characteristics of rye-wheat mixed bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 625-632.
- Kim MY, Chun SS (2008b) Quality characteristics of rye mixed bread prepared with substisutions of naturally fermented raisin extract and sourdough. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 87-94.
- Kim MY, Chun SS (2009) Changes in shelf-life, water activity and texture of rye-wheat mixed bread with naturally fermented raisin extract and rye sourdough during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 170-179.
- Kim SK, Lee SJ, Yoon JH, Lee SJ (2008) The effect of vital gluten and gum on the retrogradation of breads made with Korean wheat flour and sprouted brown rice. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 384-390.
- Kim SY (2012) A study on the quality characteristics of pan bread added with GABA rice bran sourdough. *MS Thesis* Yeoungnam University, Gyeongsan. p 13.
- Kim SY, Hwang SY (2004) Effects of sourdough powder on the physical properties of the bread flour. *Korean J Food Nutr* 17: 171-176.
- Kim TC, Bae KS, Kim IK, Chun HJ (2005) Antioxidative activities of solvent extracts from blueberry. *Korean J Oriental Physiolol Pathol* 19: 179-183.
- Kim YE, Paik HD, Kim SY, Lee JH, Lee SK (2011) Effects of liquid broth cultured with red *koji* on the rheological

- properties of white pan bread dough. *Korean J Food Sci Technol* 43: 235-239.
- Kook SU (1996) Development of starter cultures for the extension of the shelf life of bread. *Korean J Food Nutr* 9: 236-241.
- Kulp K, Lorenz K (2003) Handbook of Dough Fermentations. Marcel Dekker, New York. pp 23-42.
- Lee DS (2009) Quality characteristics of blueberry-pyun added with different amount of blueberry. *MS Thesis* Sejong University, Seoul. pp 4-10.
- Lee JG, Lee BY (2007) Effect of media composition on growth and rooting of high bush blueberry cuttings. *Kor J Hort Sci Technol* 25: 355-359.
- Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee KS, Lee YS (2007) A study on quality characteristics of sourdough breads with addition of red yeast rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 785-793.
- Lee JH, Kwak EJ, Lee YS (2008) Quality characteristics of sourdough breads added with red *koji* rice sourdough powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 333-341.
- Lee JH, Lee SK (2009) Effect of whey ferment cultured by *L. acidophilus* KCCM 32820 and *P. freudenreichii* KCCM 31227 on rheological properties of bread dough. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 795-800.
- Lee JY, Lee SK, Cho NJ, Park WJ (2003) Development of the formula for natural bread-making starter. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1245-1252.
- Lee MK, Kang SM, Lee SK (2006) Characteristics of flour ferment with seed mash containing wheat flour *koji* and lactic acid bacteria. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49: 97-102.
- Lee MK, Lee JH, Lee SK (2009) Rheological properties of bread dough added with flour ferments by seed mash and lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 346-351.
- Lee YK, Park IK, Kim SD (2001) Effect of lactic acid bacteria related to kimchi fermentation on the quality of bread. *J East Asian Soc Dietary Life* 11: 379-385.
- Martineau LC, Couture A, Spoor D, Benhaddou AA, Harris C, Meddah B, Leduc C, Burt A, Vuong T, Le PM, Prentki M, Bennett SA, Arnason JT, Haddad PS (2006) Anti-diabetic properties of the Canadian loubush blueberry *Vaccinium angustifolium* Ait. *Phytomedicine* 13: 612-623.
- Meignen B, Onno B, Glinas P, Infantes M, Guilois S (2001) Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food Microbiol* 18: 239-245.
- Miller RA, Graf E, Hosency RC (1994) Leavened dough pH determination by an improved method. *J Food Sci* 59: 1086-7087.
- Oh JA (2008) Quality characteristics of blueberrydduk by difference ratio of ingredients. *MS Thesis* Kyung Hee University, Seoul. pp 1-27.
- Parry J, Su L, Moore J, Cheng Z, Luther M, Rao JN, Wang JY, Yu LL (2006) Chemical compositions antioxidant capacities and antiproliferative activities of selected fruit seed flours. *J Agr Food Chem* 54: 3773-3778.
- Rouzaud O, Martinez-Anaya MA (1993). Effect of processing conditions on oligosaccharide profile of wheat sourdoughs. *Z Lebensm Unters Forsch* 197: 434-439.
- Ryu CH, Kim SY (2005) Study on bread making quality with barley sourdough in composite bread. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 733-741.
- Shin EH, Kim KI (2001) Effect of lactic acid bacteria preferment addition on quality of white bread. *Ulsan College Journal of Research* 27: 459-470.
- Shin EH, Jung SJ (2003) Optimization of bread fermentation with lactic acid bacteria & yeast isolated from kimchi. *The Korean Journal of Culinary Research* 9: 130-140.
- Su MS, Chien PJ (2007) Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of rabbitye blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation. *Food Chem* 104: 182-187.
- Tsen CC (1966) A note on effects of pH on sulfhydryl group and rheological properties of dough and its implication with the sulfhydryl disulfide interchange. *Cereal Chem* 43: 456-460.
- Vuyst L, Neysens P (2005) The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends Food Sci Tech* 16: 43-56.
- Westwood MN (1993) Temperate-zone Pomology. Timber Press, Portland. pp 100-101.
- Zheng W, Wang SY (2003) Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and ligoberries. *J Agr Food Chem* 51: 502-509.