

오미자 발효액을 이용한 호밀 사워반죽(sourdough)의 발효 특성

변종범 · 이진실*
상명대학교 외식영양학과

Fermentative characteristics of rye sourdough containing *Omija* extracts

Jong-Beom Byun and Jin-Sil Lee*

Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

Abstract In this study, the fermentative characteristics of rye sourdough fermented with *Omija* extract were investigated. The pH and total titratable acidity, numbers of yeast and lactic acid bacteria, and expansion rate were measured. While the pH of *Omija* rye sourdough decreased from 5.60 to 3.86, the total titratable acidity significantly increased from 2.39 to 8.50 with fermentation time ($p < 0.05$). The numbers of yeast and lactic acid bacteria significantly increased for 18 h of fermentation period ($p < 0.05$). The expansion rate of *Omija* rye sourdough showed a maximum of 183%, more than 47% more than the highest value of rye sourdough (129%). These results suggest that the application of *Omija* extract for making sourdough could be a good way to decrease the sanitary risk especially for early stage of sourdough fermentation. In addition, *Omija* rye sourdough could contribute to improvement of baking quality such as volume increase and flavor improvement of rye bread.

Keywords: *Omija* extract, rye sourdough, yeast, lactic acid bacteria, expansion rate

서 론

호밀(*Secale cereale*)은 라이보리 혹은 흑밀이라고 불리는 곡물로 단백질, 지방질, 녹말, 회분, 식품섬유, 수분이 각각 15.9, 2.2, 68.6, 2.5, 23.8, 10.8%로 특히 다른 곡물에 섬유질이 풍부하다(1). 식이섬유의 종류로는 아라비노자일란(arabinoxylan), 프럭탄(fructan), 셀룰로오스, 베타글루칸 등이 있으며 이 중에서도 아라비노자일란과 프럭탄은 섬유질의 40%를 차지하며 제빵 시 중요한 역할을 한다(2).

사워반죽란 밀가루와 호밀 등 곡물 가루에 물을 첨가해 재료 자체가 가지고 있는 효모와 젖산세균에 의해 발효시킨 반죽으로 전통적으로 제빵 시 팽창제로서 사용해 왔다(3). 전통적으로 호밀로 빵을 제조할 경우는 항상 사워반죽을 사용했는데 그 이유는 발효를 통해 반죽의 pH가 낮아져 내인성 아밀라아제의 활성 감소로 반죽의 탄력성과 신장성을 높여줘 빵의 부피를 늘려줄 뿐 아니라 호밀빵 특유의 향미를 제공할 수 있기 때문이었다(4,5). 사워반죽을 이용해 빵을 만들 경우 풍미향상, 유해 곰팡이의 생육 억제와 노화 지연, 저장기간 연장, 반죽의 구조개선 및 영양학적 가치 증가 등 다양한 긍정적인 효과가 있다는 것이 밝혀졌다(5,6).

사워반죽에 관한 연구로는 미생물 종류(7), 향미성분(8), 영양

학적인 가치(9), exopolysaccharide (EPS)(10) 등에 관한 연구가 있으며 호밀 사워반죽에 관한 연구로는 젖산세균 community dynamics와 대사산물(11), 향미성분(12)에 관한 연구 등이 있다. 국내 연구로는 통호밀 첨가식빵의 혈당지수(glycemic index) 감소 효과(13), 호밀가루 첨가가 베이글(bagel)의 제빵과 저장특성에 미치는 영향(14) 등이 있으나 호밀 사워반죽 발효 과정 중의 변화에 대한 연구는 미미한 실정이다.

오미자나무(*Schizandra chinensis*)는 목련과에 속하는 목본식물로서 우리나라 중북부 지방에 분포되어 있고, 그 열매는 단맛, 신맛, 쓴맛, 매운맛, 짠맛 등 다섯 가지 맛을 내며 이 중 가장 주된 맛은 신맛으로서 높은 유기산에 기인한다(15,16). 오미자를 발효시키면 미생물에 의해 새로운 생리활성 성분의 생성, 독성의 감소, 알파아밀레이스(α -amylase) 억제효과, 항균효과 등이 나타나는 것으로 보고된 바 있다(17). 따라서 본 연구에서는 젖산세균과 유기산이 풍부한 오미자 발효액을 호밀 사워반죽 발효 초기에 첨가함으로써 호밀가루의 pH를 효과적으로 낮추고 부패균의 성장을 억제하여 발효를 효율적으로 유도하기 위해 할 목적으로 이용하였으며 이러한 과정을 통해 제조된 호밀 사워반죽의 발효특성을 분석함으로써 호밀빵 제조를 위한 기초 자료를 얻고자 시도되었다.

재료 및 방법

실험재료

오미자는 2014년 10월 경북문경 농가에서 구입하였으며, 설탕(Samyang, Seoul, Korea), 강력밀가루(Daehan Flour Mills Co., LTD, Seoul, Korea), 호밀가루는 Bob's Red Mill Natural Foods, Inc.(Milwaukie, OR, USA)의 organic dark rye flour를 구입하여 사용하였다.

*Corresponding author: Jin-Sil Lee, Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea
Tel: +82-2-2287-5353
Fax: +82-2-2287-0104
E-mail: jsleefn@smu.ac.kr
Received November 16, 2016; revised January 31, 2017; accepted January 31, 2017

일반성분 분석

호밀가루의 일반성분은 AOAC의 표준 분석법(18)을 이용하였다. 즉 수분함량 측정은 105°C 상압가열건조법, 조단백질 함량은 Micro-Kjeldahl 법을 이용한 단백질 자동분석기(Kjeltec 1030 Auto Analyzer, Tecator Co., Hogans, Sweden), 조지방 함량은 Soxhlet 추출법(IS-31-GWB15, Ilsin Lab, Yangjoo City, Korea)을 이용하였으며 총 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분을 뺀 값으로 계산하였다. 오미자 발효액의 당도는 굴절당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

오미자 발효액 제조

오미자 발효액은 오미자와 설탕을 1:1 비율로 섞어 살균된 유리병에 넣고 20-24°C 실내에서 3개월간 발효시킨 후 고형물을 제거한 후 살균된 유리병에 담아 실내온도(13-15°C)에서 3개월간 숙성시켰다. 숙성이 완료된 시료는 냉장 보관하면서 사용하였다.

호밀 사워반죽의 제조

사워반죽 제조방법은 An과 Lee(19)의 연구에서 제시한 mother sour 방법을 변형하여 제조하였다. 오미자발효액 첨가 호밀 사워반죽(이후 오미자 호밀 사워반죽으로 표시, rye sourdough fermented with *Omija* extract, ORS)은 호밀가루 100 g에 오미자발효액 100 g을 섞어 30°C에서 72 시간 동안 1차 발효를 시켰고, 1차 발효물 100 g에 호밀가루 100 g과 물 100 mL를 섞은 후 30°C에서 24시간 발효시켜 2차 발효물을 제조하였다. 3차 발효물은 2차 발효물 100 g에 호밀가루 100 g과 물 100 mL를 섞은 후 30°C에서 24시간 발효시켜 오미자 호밀 사워반죽을 완성시켰다. 호밀 사워반죽(rye sourdough, RS)는 호밀 가루에 오미자 발효액 대신 물을 첨가하여 제조하였다.

호밀 사워반죽의 pH 및 총산도 측정

오미자 발효액, 호밀가루, 오미자 호밀 및 호밀 사워반죽의 pH는 pH meter(Horiba D51, Horiba, Ltd., Kyoto, Japan)로 측정하였다. 각각의 시료 5 g에 증류수 45 mL를 첨가하여 vortex mixer(Vision Scientific Co., Daejeon, Korea)로 섞어주고 15분간 1,010 g에서 원심분리(VS-550, Vision Scientific Co., Ltd., Bucheon, Korea) 한 후 상층액을 취하여 3회 반복하여 측정하였다.

총산도는 각각의 오미자 발효액, 호밀가루, 오미자 호밀 사워반죽 시료 5 g에 증류수 45 mL를 넣어 섞어준 후 1,010 g에서 15분간 원심분리 후 상층액을 0.1 N 수산화소듐(NaOH)으로 pH가 8.3이 될 때까지 소요된 mL를 3회 반복하여 측정하였다.

호밀 가루, 오미자 발효물 및 호밀 사워반죽의 효모와 젖산세균수 측정

호밀가루와 오미자 발효물의 효모는 YM (yeast and mold count plate) petrifilm (3M Co., Maplewood, USA), 젖산균은 BCP agar (Eiken Chemical Co., Tokyo, Japan) 고체 배지에 도말하여 30°C에서 48시간 배양한 후 계수하였다. 호밀 사워반죽의 효모와 젖산세균수 측정은 30°C에서 24시간 동안 6시간 간격으로 발효시킨 3차 사워반죽 시료를 희석시키고 vortex mixer로 잘 섞어 준 후 위의 방법으로 계수하였다.

호밀 사워반죽의 팽창률 측정

사워반죽의 팽창률은 AACC 22-14(20) 방법을 변형시켜 3차 사워반죽을 각각 10 g씩 100 mL 메스실린더에 넣고 30°C (상대

습도 80%) 발효기(Mapo Co., Seoul, Korea)에서 발효 시키면서 3 시간 간격으로 24시간 동안 부피를 3회 반복 측정하였고 아래 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{팽창률(\%)} = \frac{(\text{발효 후 부피} - \text{발효 전 부피})}{\text{발효 전 부피}} \times 100$$

통계분석

모든 실험 결과는 SPSS 프로그램(SPSS 12.0 for windows, SPSS Inc.)으로 통계처리 하였으며 각 시료에 대한 유의성 검정은 분산분석 후 5% 유의수준에서 던컨시험(Duncan's multiple range test)과 독립표본 t 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분

호밀가루의 수분, 탄수화물, 조단백질, 조 지방 및 조회분의 함량은 각각 9.13, 77.30, 9.03, 2.15, 2.40%였으며 오미자 발효액의 당도는 54.33 brixo로 나타났다.

호밀 사워반죽의 pH와 총산도

오미자 발효액과 호밀가루의 pH는 각각 3.34, 7.36, 총산도는 각각 3.50, 0.97 mL인 것으로 나타났다. 오미자 발효액은 발효 기간을 거치며 pH는 낮아지고 총산도는 높아진 것으로 사료된다.

호밀 사워반죽의 pH는 발효 0, 6, 12, 18, 24시간이 각각 5.75, 4.22, 3.99, 3.92, 3.91, 오미자 호밀 사워반죽의 pH는 각각 5.60, 4.22, 3.98, 3.89, 3.86으로 발효 시간이 증가함에 따라 유의적($p < 0.05$)으로 감소하였다(Table 1). 오미자 발효액은 사워반죽 제조 초기 풍부한 미생물과 유기산으로 인한 낮은 pH로 호밀 가루의 pH를 효과적으로 낮추어 줄 수 있어 호밀만으로 사워반죽 제조 시 보다는 보다 위생적으로 안전하게 발효가 진행 될 수 있을 것으로 사료된다. Torrieri 등(21)은 EPS를 생산하는 젖산세균이 첨가된 밀가루 사워반죽의 pH는 4로 나타났으며 이는 발효 시 젖산세균에 의해 생성된 유기산에 의한 것이며 사워반죽을 첨가해 빵 제조 시 향미, 텍스처 및 저장기간에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고 하였다.

호밀 사워반죽의 총산도는 발효 0, 6, 12, 18, 24시간이 각각 2.17, 5.07, 6.40, 7.20, 7.73 mL, 오미자 호밀 사워반죽 총산도는 각각 2.39, 5.00, 6.83, 7.77, 8.50 mL로 발효 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 사워반죽의 총산도는 젖산세균들이 생성하는 젖산, 아세트산, caproic acid, 폼산(formic acid), 프로피온산(propionic acid), 뷰티르산(butyric acid) 및 n-발레르산(n-valeric acid)과 같은 유기산에 의해 높아지는 것이며 이러한 유기산들은 사워반죽의 발효, 글루텐 분해 및 전분분해 등에 영향을 주고 이를 이용한 빵의 향미를 제공할 뿐 아니라 항진균 효과가 있어 빵의 저장기간을 연장 시키는 역할을 한다(22,23). 따라서 오미자 발효액은 호밀 사워반죽의 발효를 도와 유기산의 생성을 증가시켜 제빵 시 향미 뿐 아니라 저장기간 연장 효과를 줄 수 있을 것으로 사료된다.

호밀 가루, 오미자 발효물 및 호밀 사워반죽의 효모와 젖산세균수 측정

오미자 호밀 사워반죽과 호밀 사워반죽의 효모 수와 젖산세균 수는 Table 2에 제시하였다.

Table 1. pH and total titratable acidity of rye sourdough fermented with and without *Omija* extract during fermentation time (Log CFU/g)

	Fermentation time (h)	RS	ORS	t-value
pH	0	5.75±0.01 ^{a1)}	5.60±0.01 ^a	17.386 ^{***2)}
	6	4.22±0.01 ^b	4.22±0.01 ^b	0.500
	12	3.99±0.01 ^c	3.98±0.00 ^c	4.000
	18	3.92±0.01 ^d	3.89±0.00 ^d	10.000 ^{**}
	24	3.91±0.01 ^e	3.86±0.01 ^e	10.607 ^{***}
TTA	0	2.17±0.03 ^c	2.39±0.02 ^c	-11.490 ^{***}
	6	5.07±0.08 ^d	5.00±0.00 ^d	1.512
	12	6.40±0.13 ^c	6.83±0.06 ^c	-5.200 ^{**}
	18	7.20±0.10 ^b	7.77±0.06 ^b	-8.500 ^{**}
	24	7.73±0.20 ^a	8.50±0.05 ^a	-6.379 ^{**}

¹⁾Means in column with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at the 5% level.

²⁾t-value: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

RS, rye sourdough; ORS, rye sourdough fermented with *Omija* extract

Table 2. Numbers of Yeast and LAB of rye sourdough fermented with and without *Omija* extract during fermentation time (Log CFU/g)

	Fermentation time (h)	RS	ORS	t-value
Yeast	0	7.17±0.02 ^{b1)}	7.33±0.05 ^d	-5.857 ^{**}
	6	8.00±0.01 ^a	7.96±0.04 ^c	2.055
	12	8.04±0.03 ^a	8.09±0.02 ^a	-2.433
	18	8.07±0.07 ^a	8.06±0.08 ^{ab}	0.272
	24	8.00±0.11 ^a	7.98±0.03 ^{bc}	0.297
LAB	0	8.48±0.09 ^b	8.86±0.01 ^c	-7.699 ^{**}
	6	9.05±0.09 ^a	9.36±0.04 ^a	-5.461 ^{**}
	12	9.15±0.03 ^a	9.43±0.04 ^a	-9.615 ^{***}
	18	9.16±0.06 ^a	9.34±0.10 ^a	-2.740
	24	9.08±0.07 ^a	9.21±0.01 ^b	-3.333 [*]

¹⁾Means in column with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at the 5% level.

²⁾t-value: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

RS, rye sourdough; ORS, rye sourdough fermented with *Omija* extract

효모 수

오미자 발효액과 호밀가루의 효모 수는 각각 3.43, 4.78 log CFU/g로 나타났다. 호밀 사워반죽의 발효 0, 6, 12, 18, 24시간의 효모 수는 각각 7.17, 8.00, 8.04, 8.07, 8.00 log CFU/g로 발효 6 시간까지는 유의적으로 증가 하였으나 그 이후에는 유의적 변화를 보이지 않았다($p < 0.05$). 오미자 호밀 사워반죽의 발효 0, 6, 12, 18, 24시간의 효모 수는 각각 7.33, 7.96, 8.00, 8.06, 7.98 log CFU/g로 발효 12시간 까지는 유의적으로 증가하였으나 그 이후에는 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 이와 같이 효모의 수가 증가하였다가 감소한 것은 발효과정 중 생성된 유기산들에 의해 사워반죽의 pH가 떨어지면서 효모의 생육이 억제되어 나타난 현상으로 사료된다. 사워반죽 내 젖산세균과 효모는 영양원에 대한 경쟁관계에 있기 때문에 과도한 젖산세균의 생육은 영양소의 결핍을 가져와 효모의 생육을 억제할 수 있다(24). 효모와 젖산세균의 공생과 경쟁속에서 생성된 알코올과 유기산은 빵의 풍미를 향상시키고 세균 증식을 억제해 빵의 보존 기간을 연장해주는 장점이 있는 것으로 보고되었다(25). 발효 초기에는 오미자 호밀 사워반죽에 존재하는 효모수가 호밀 사워반죽 보다 유의적($p < 0.05$)으로 높았다가 그 이후에는 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 발효 과정 중 젖산세균의 증가로 효모의 증식 효과가 감소한 것으로 사료된다.

젖산세균 수

사워반죽의 재료인 오미자 발효액과 호밀가루의 젖산세균 수는 각각 4.16, 4.82 log CFU/g로 두 가지 재료 모두가 젖산세균이 밀가루(2.56 log CFU/g)와 쌀가루(2.39 log CFU/g) 보다 높은 것으로 보아 호밀가루는 밀가루나 쌀가루 보다 사워반죽의 제조에 유리하다고 사료된다(26). 호밀 사워반죽의 시간대별(6시간 간격 24시간 동안) 젖산세균 수는 각각 8.48, 9.05, 9.15, 9.16, 9.08 log CFU/g로 발효 6시간 까지는 유의적으로 증가하였으나($p < 0.05$), 그 이후에는 유의적인 변화를 보이지 않았다. 오미자 호밀 사워반죽의 시간대별(6시간 간격 24시간 동안) 젖산세균수는 각각 8.86, 9.36, 9.43, 9.34, 9.21로 발효 6시간 까지는 유의적으로 증가 하였으나 그 이후 18시간까지는 정체 현상을 보였고, 이후 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 두 시료 간 젖산세균 수의 변

화 양상은 비슷한 패턴을 보였으나 대부분의 발효기간 동안 오미자 호밀 사워반죽에 존재하는 젖산세균의 수가 호밀 사워반죽 보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이러한 현상은 호밀 사워반죽 제조 시 오미자 발효액을 넣어줄 경우 효모 보다 젖산세균이 산성 pH에 대한 내성이 크기 때문에 나타난 것으로 사료된다. Vogelmann 등(27)은 곡류와 카사바로 만든 사워반죽에 69 log CFU/g의 젖산세균이 존재하며 젖산세균은 *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pontis*, *Lactobacillus spicheri*, *Issatchenkia orientalis*, 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*가 주된 종류였다고 보고하였다. 사워반죽에 존재하는 젖산세균들 중에서도 *Lactobacillus* 속은 항진균 효과가 뛰어나며 특히 *Lb. sanfrancisco* CB1는 *Fusarium*속, *Penicillium*속, *Aspergillus*속, *Monilia*속과 같은 다양한 곰팡이를 억제하는 것으로 보고되었다(28). 따라서 사워반죽내에 존재하는 젖산세균은 빵의 텍스처와 노화에 긍정적인 영향을 주는 유기산과 EPS와 같은 대사산물을 생성하여 반죽의 점탄성 개선, 부피 증가, 빵의 경도 감소 및 저장기간을 늘리는 기능 뿐 아니라 항진균 효과로 인해 그 가치는 높다고 하겠으며, 이러한 젖산세균의 성장에 도움을 주는 오미자 발효액은 사워반죽 제조 시 그 의미가 크다고 사료된다(29).

호밀 사워반죽의 팽창률

오미자 호밀 사워반죽과 호밀 사워반죽의 팽창률을 24시간 동안 3시간 간격으로 측정된 결과는 Fig. 1에 제시하였다. 두 가지 사워반죽 모두 발효 6시간까지는 유의적으로 증가한 이후에는 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$) 오미자 호밀 사워반죽은 팽창률 최고치가 183%로 호밀 사워반죽의 최고치인 129%보다 42%가 더 팽창된 것으로 나타났다. 변과 이(26)도 오미자 쌀가루 사워반죽의 팽창률이 쌀가루 사워반죽보다 높게 나타났다고 보고한 바 있다. 오미자 발효액은 당도가 54.33 brix로 당이 풍부해 오미자 호밀 사워반죽 내 젖산세균 수가 호밀 사워반죽 보다 유의적으로 많아 젖산세균이 생성하는 EPS의 양도 많을 것으로 사료되며 이로 인해 오미자 호밀 사워반죽의 팽창률이 호밀 사워반죽 보다 유의적으로 높은 것으로 사료된다. 젖산세균이 생산하는 EPS는 반죽의 점탄성을 제공하여 글루텐 함량이 적은 곡류로 빵

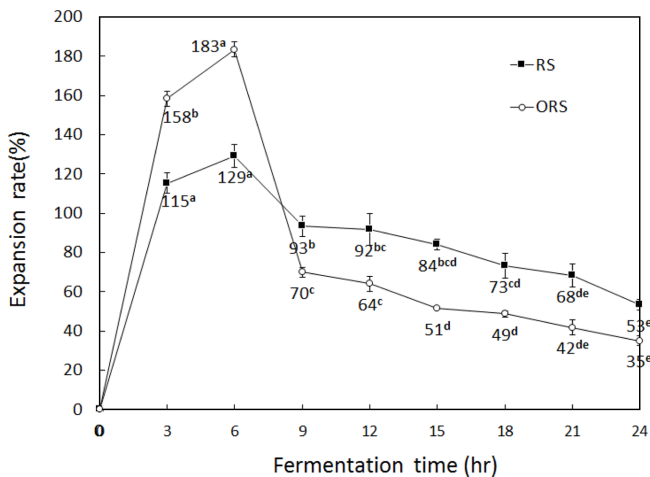


Fig. 1. Expansion rate of rye sourdough fermented with and without *Omija* extract during fermentation time. ^{a-e}Means with the different letter on line are significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level. RS, rye sourdough; ORS, rye sourdough fermented with *Omija* extract

을 제조할 경우 반죽 물성에 긍정적인 역할을 하는 것으로 알려졌다(21). 따라서 사워반죽 제조 시 젖산세균과 당이 풍부한 오미자 발효액을 첨가하는 경우 팽창률을 높이는데 긍정적인 효과가 있으며 발효 6시간에 최고치를 보인 것으로 보아 제빵 시 6시간 발효된 사워반죽을 사용할 경우 부피 증가 효과가 있을 것으로 사료된다. 반죽의 팽창률은 빵으로 구웠을 때의 상태를 빠르게 예측 할 수 있는 방법으로 이스트 농도, 재료의 종류, 젖산균, 지질, 당, 소금, 상대습도, 발효온도 및 혼합시간에 영향을 받는 것으로 보고되었다(30-32).

요 약

본 연구는 오미자 발효액을 이용하여 호밀 사워반죽을 제조하여 발효 특성을 살펴봄으로써 제빵 이용 가능성에 대한 기초 자료를 얻기 위해 시도되었다. 오미자 호밀 사워반죽과 호밀 사워반죽의 pH와 총산도, 효모와 젖산세균수, 팽창률을 측정하였다. 오미자 호밀 사워반죽과 호밀 사워반죽 모두 발효 시간이 경과 할수록 pH는 유의적으로 감소한 반면 총산도는 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 오미자 호밀 사워반죽에 존재하는 젖산세균수는 대부분의 발효기간 중에 호밀 사워반죽 보다 유의적으로 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 오미자 호밀 사워반죽의 팽창률은 최고치가 183%로 호밀 사워반죽의 최고치인 129%보다 47% 이상 팽창한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과 효모와 젖산세균이 풍부한 오미자 발효액을 호밀가루에 첨가하여 사워반죽을 제조할 경우 pH가 낮아져 발효 초기 부패균 억제 및 향진균 효과가 있을 것으로 사료되며 풍부한 효모와 젖산세균들로 인해 높은 팽창률을 보인 것으로 보아 오미자 호밀 사워반죽을 이용해 빵을 제조할 경우 부피 증가, 풍미향상 등 제빵 품질 개선에 기여할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 상명대학교 자연과학대학 연구소의 지원에 의한 것으로 이에 감사를 드립니다.

References

- USDA. National nutrient database for standard reference. Release 28 slightly revised May, 2016 Basic Report 20063, Rye flour, dark. Available from: file:///C:/Users/JS%20Lee/Downloads/food-sreport%20(2).pdf. Accessed Oct. 08, 2016
- Åman P, Andresson A, Rakha A, Andersson R. Rye, a healthy cereal full of dietary fiber. *Cereal Food World* 55: 231-234 (2010)
- Gänzle MG. Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food Microbiol.* 37: 2-10 (2014)
- Brandt MJ. Sourdough products for convenient use in baking. *Food Microbiol.* 24: 161-164 (2007)
- Arendt EK, Ryan LAM, Dal Bello F. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiol.* 24: 165-174 (2007)
- Hansen A, Schieberle P. Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends Food Sci. Technol.* 16: 85-94 (2005)
- Gobbetti M. Review. The sourdough microflora: Interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends in Food Sci. Technol.* 9: 267-274 (1998)
- Rehman S, Paterson A, Piggott JR. Flavour in sourdough breads: A review. *Trends Food Sci. Tech.* 17: 557 - 566 (2006)
- Poutanen K, Flander L, Katina K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiol.* 26: 693-699 (2009)
- Korakli M, Gnzle MG, Vogel RF. Metabolism by bifidobacteria and lactic acid bacteria of polysaccharides from wheat and rye, and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus sanfranciscensis*. *J. Appl. Microbiol.* 92: 958-965 (2002)
- Weckx S, Meulen RV, Maes D, Scheirlinck I, Huys G, Vandamme P, Vuyst LD. Lactic acid bacteria community dynamics and metabolite production of rye sourdough fermentations share characteristics of wheat and spelt sourdough fermentations. *Food Microbiol.* 27: 1000-1008 (2010)
- 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)
- Park MA, Lee JW, Shin MS, Ly SY. Glycemic index lowering effects of breads supplemented with resistant starch, whole rye grain and fructooligosaccharide. *Korean J. Commun. Nutr.* 12: 189-197 (2007)
- Yu SH. Effects of Rye flour on baking and storage properties of bagel. MS Thesis. Kyungwon University. Seongnam, Gyeonggi, Korea (2005)
- Jeong HS, Joo NM. Optimization of rheological properties for the processing of *Omija-pyun*(*Omija* jelly) by response surface methodology. *Korean J. Food Cook. Sci.* 19: 429-438 (2003)
- Oh SL, Kim SS, Min SY, Chung DH. Composition of free sugars, free amino acids, non-volatile organic acids and tannins in the extracts of *L. chinensis* M, *A. acutiloba* K., *S. chinensis* B. and *A. sessiliflorum* S. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 76-81 (1990)
- Cho HE. Studies on the biological activity of fermented *Omija* beverage and hot water extracts of *Omija*. MS Thesis. Silla University, Busan, Korea (2010)
- AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 16th ed. Method 991.43. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)
- An HL Lee KS. 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 (2009)
- AACC. Approved Methods of the AACC, 8th ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA (1983)
- Torrieri E, Pepe O, Ventorino V, Masi P, Cavella S. Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT-Food Sci. Technol.* 56: 508-516 (2014)
- Kline L, Sugihara TF. Microorganisms of the San Francisco sourdough bread process II: Isolation and characterization of undescribed bacterial species responsible for souring activity. *Appl. Environ. Microb.* 21: 459-465 (1971)
- Corsetti A, Gobbetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Russi L, Rossi J.

- sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J. Food Sci.* 63: 347-351 (1998)
24. Chae DJ, Lee KS, Jang KH. sourdough and bread properties utilizing different ratios of probiotics and yeast as starters. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 45-50 (2011)
 25. Lee JY, Lee SK, Cho NJ, Park WJ. Development of the formula for natural read-making starter. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 1245-1252 (2003)
 26. Byun JB, Lee JS. Physicochemical characteristics of rice sourdough fermented with *Omija* extract. *Korean J. Culin. Res.* 21: 218-228 (2015)
 27. Vogelmann SA, Seitter M, Singer U, Brandt MJ, Hertel C. Adaptability of lactic acid bacteria and yeasts to sourdoughs prepared from cereals, pseudocereals and cassava and use of competitive strains as starters. *Int. J. Food. Microbiol.* 130: 205-212 (2009)
 28. Corsetti A, Gobbetti M, Rossi J, Damiani P. Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria: Identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* CB1. *Appl. Microbiol. Biot.* 50: 253-256 (1998)
 29. Di Monaco R, Torrieri E, Pepe O, Masi P, Cavella S. Effect of sourdough with exopolysaccharide (EPS)-Producing lactic acid bacteria (LAB) on sensory quality of bread during shelf life. *Food Bioprocess Technol.* 8: 691 - 701 (2015)
 30. Birch AN, Petersen MA, Hansen S. The aroma profile of wheat bread crumb influenced by yeast concentration and fermentation temperature. *LWT-Food Sci. Technol.* 50: 480-488 (2013)
 31. Chiotellis E, Campbell GM. Proving of bread dough II: Measurement of gas production and retention. *Food Bioprod. Process.* 81: 207-216 (2003)
 32. Gandikota S, MacRitchie F. Expansion capacity of doughs: methodology and applications. *J. Cereal Sci.* 42: 157-163 (2005)