

Sourdough의 기능성과 연구동향

Research Trend and Functionality of Sourdough

신소연, 손유미, 이지¹, 박정길², 서진호¹, 한남수*

So-Yeon Shin, Yu Mi Son, Ye-Ji Lee¹, Chung-Kil Park², Jin-Ho Seo¹, Nam Soo Han*

충북대학교 식품생명공학과, ¹서울대학교 식품생명공학과, ²SPC그룹 식품생명공학연구소

Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University,

¹Department of Food Science and Biotechnology, Seoul National University,

²Research Institute of Food and Biotechnology, SPC Group

1. 서론

최근 건강한 식생활에 대한 관심과 함께 제빵 산업에서도 변화가 나타나고 있는데 이는 기능성 빵 제품의 상품화를 시도하거나 sourdough(사워반죽)를 이용하여 빵의 품질을 향상시키고자 하는 것이다(1). Sourdough는 밀과 물을 혼합한 반죽이 유산균과 효모에 의해 발효되어 만들어진 신맛의 반죽인데, 기원전 2000년경 이집트에서 처음으로 만들어진 것으로 알려져 있다. 이집트인들은 곡물과 물을 혼합한 반죽의 부피가 시간이 지나자 증가한 것을 알았고 이것을 높은 온도로 구워 부드럽고 가벼운 빵을 만들었다. 이는 다양한 미생물이 반죽에 접종되어 발효로 이어졌던 것이다. 이 후, 기원전 800년경 sourdough는 이집트로부터 그리스로 전수되어 다양한 가공법이 개발되었다. 기원전 400년경 그리스인에 의해 프랑스에 처음으로 도입되었고, 중세로 이어지며 밀 생산지와 근접한 파리에서 sourdough를

이용한 빵 생산이 발전하였으며, 14세기에는 양조용 효모(brewer's yeast)를 발효에 이용하게 되면서 더욱 부드러운 sourdough를 제작하였다. 한편, 미국 서북부의 San Francisco의 상징인 sourdough 빵은 1849년 경 금괴의 발견과 함께 사람들이 몰려들기 시작하면서(Gold Rush), 빵집이 크게 늘어나게 되었고 이에 유명해지기 시작했다. 이의 특징으로는 발효에 사용되는 주된 효모가 내산성이 강한 *Kazachstania exigua* 라는 것과 San Francisco sourdough에서 새로운 유산균인 *Lactobacillus sanfranciscensis*가 분리되었다는 것이다(2). 이렇듯 sourdough는 이집트에서 그 역사가 시작되어 유럽과 미국에서 발전하였지만 오늘날 그 기능성이 입증되며 일본과 한국을 포함한 아시아에서도 각광을 받고 있다. 일본에서는 자국산 밀을 이용하여 Hoshino yeast라는 천연 효모를 자체 개발했고 이를 건조 분말화시켜 대규모 제빵공정 뿐만 아니라 일반가정에서도 손으로 직접 만든 천연 sourdough를 즐길 수 있게 되었다(3).

*Corresponding author: Nam Soo Han

Brain Korea 21 Center for Bio-Resource Development, Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea

Tel: +82-43-261-2567

Fax: +82-43-271-4412

E-mail: namsoo@cbnu.ac.kr

2. Sourdough의 특성

Sourdough 발효는 유산균과 효모가 주 발효미생물로 작용하며, sourdough의 기본이 되는 신맛의 주원인은 유산균으로부터 생성된 젖산에 의한 것이고 효모에 의한 알코올 발효 대사산물들은 빵에 풍미를 부여하고 기호성을 향상시킨다(1). Sourdough의 본질적인 특징은 내재한 유산균의 대사활성에 따라 결정된다. 예를 들면, 젖산 발효, 단백질분해(proteolysis), 휘발성 성분, 향균·향진균성 물질, 다당물질 생성 등이며 이것들이 sourdough 발효에서 가장 중요한 대사활성이라 할 수 있다(4, 5). 또한 sourdough의 미생물총과 제빵 특성에 영향을 미치는 요인으로는 종균의 종류와 유래, 적정산도와 원재료의 내인성 요인(탄수화물, 단백질, 미네랄, 지질, 유리지방산, 효소활성)과 생산 공정상의 각종인자(온도, 반죽수율(DY), 산소량, 발효시간)이다.

1) 반죽수율(Dough Yield, DY)

Sourdough는 다양한 점도를 가질 수 있는데, 고품 반죽으로 발효할 수도 있고 밀가루와 물로 만든 액체 형태로 발효가 가능하다. 밀가루와 물의 비율을 반죽수율(sough yield)라고 부르며, 다음과 같이 정의할 수 있다

$$\text{반죽수율(DY)} = (\text{밀가루 함량} + \text{수분 함량}) \times 100 / \text{밀가루 함량}$$

반죽수율(DY) 수치는 sourdough의 풍미에 큰 영향을 미치는데, 반죽이 고품일수록(즉, 반죽수율이 낮을수록) 초산이 많이 생성되며 상대적으로 젖산의 생성은 감소한다. 또한 산생성 속도(acidification rate)도 반죽수율에 의해 영향을 받는데, 수치가 높을수록 산생성 속도가 빠르며 이는 생성된 유기산이 주변으로 쉽게 확산되기 때문으로 추정된다.

2) 온도

온도는 sourdough 발효에 가장 중요한 요소로 반죽수율과 산생성속도(acidification rate), sourdough의 미생물군총에 영향을 준다. 이전에 만들어진 sourdough의 일부를 다음 발효에 접종하여 사용하는 backslop-

ping 방법을 사용할 경우, 온도의 역할은 더욱 중요한데, 이는 온도가 잘 조절되지 않으면 미생물군총의 일부가 계대 배양시 소실될 수 있기 때문이다(6). *Lactobacilli* 성장을 위한 최적의 온도는 strain에 따라 다르지만, 일반적으로 30~40°C로 알려져 있으며, 효모(yeast)의 최적 성장온도는 25~27°C이다. 일반적으로 온도가 높고, sourdough의 수분함량이 높을수록, 그리고 whole meal flour를 사용할수록, sourdough에서의 산 생성이 높아진다고 알려져 있다(7).

3) 종균 사용

Sourdough 발효에 사용되는 주된 미생물군총(microflora)은 크게 이상발효유산균과 정상발효유산균으로 나눌 수 있다. 일반적으로 사용하는 종균은 산 성분 및 향미 성분의 안정적인 생성을 위해 여러 종류의 유산균이 섞인 혼합물(mixture) 형태로 사용되고 있다.

4) 적정산도와 pH

반죽의 적정산도 및 pH는 sourdough 발효에 매우 중요하다. 발효 초기 단계에서는, 산도 및 pH가 일정하게 유지되는 반면, 발효 중간 단계에서는 효모로 인해 적정산도가 증가하게 된다. 반죽의 pH는 주로 첨가된 유산균에 의해 결정되고, 효모는 유산균에 의해 생산된 젖산에 의해서는 영향을 크게 받지 않으나 초산에 의해서는 상대적으로 큰 영향을 받는 것으로 보고되었다.

5) 원재료

Sourdough의 주된 기질인 밀가루 또한 sourdough 발효에 매우 중요한 요인으로 작용한다. 밀기울의 회분(ash) 함량은 배유(endosperm)의 회분함량에 비해 20배 가량 높은데(8) 밀기울 분획에는 유산균의 성장에 중요한 무기염류와 미세영양분을 더 많이 포함하고 있으며 회분은 총적정산도의 최고치를 높이므로 sourdough 시스템의 완충능력을 증가시켜 준다. 또한 밀가루의 amylase 활성이 증가할수록 미생물군총의 성장을 위한 더 많은 유리 당류를 제공하게 된다(6).

3. Sourdough의 미생물

Sourdough 발효와 관련 있는 유산균은 *Streptococcus*속, *Pediococcus*속, *Lactobacillus*속, *Enterococcus*속, *Leuconostoc*속, *Weissella*속 등이 포함된다(9). Sourdough 발효 과정에 있어 유산균은 젖산 생성 이외에도 EPS(exopolysaccharides), gamma amino butyric acid(GABA), 박테리오신(bacteriocin), ethanol, CO₂, acetic acid 등의 다양한 대사물질들을 생성한다(10). 이러한 물질들은 유산균의 단독 배양으로는 생산이 어렵고 또한 사용하는 유산균에 따라 생산량도 달라진다. 결국, 사용하는 균주에 따라 sourdough의 pH, 맛, 향 등이 함께 영향을 받게 된다. Sourdough와 관련된 대표적인 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulopsis holmii*와 같은 것들이 있으며 glucose, fructose, sucrose, maltose를 이용하여 CO₂와 같은 대사산물을 생성하여 빵의 부피를 증가시키는 역할을 한다(11). Sourdough는 많은 미생물이 제조 과정 및 구성성분들에 따라 다양한 상호작용을 하는 매우 복잡한 생태계라고 할 수 있다. 대부분의 sourdough는 유산균이 10⁸CFU/g 이상의 농도로 사용되며, 통상적으로 효모와 공생관계로 존재하고 이때 효모는 10배 이상 적은 균수가 사용된다(4). Sourdough에서 분리되거나, sourdough의 종균으로서 사용되는 미생물종은 *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella* 속들이며 그 중 가장 많은 종이 (> 23 species) *Lactobacillus*속에 속한다. Sourdough에서 발견되는 효모는 *Candida milleri*, *C. holmii*, *S. exiguous*, 그리고 *S. cerevisiae* 종에 속하는 것들이다(5). 이외에도 기타 효모로 *Hansenula anomala*, *Pichia anomala*, *P. saitoi*, *Saturnispora saitoi*, *Torulasporea delbrueckii*, *Debaryomyces hansenii*, *P. membranifaciens* 등이 있다(12).

4. Sourdough 발효

Sourdough 제조에서 유산균이 지나치게 증식하게 되면, 유산균은 젖산을 생산할 뿐만 아니라, 효모균의 증식에 필요한 영양원을 먼저 사용함으로써 효모의 생육을 억제하게 한다. 반대로 초기 효모수가 지나치게 많으면 유산균 첨가에 의한 발효 효과는 낮아진다. 따라서, 성공적인 sourdough를 제조하기 위해서는

발효도중 적절한 수준의 유산균과 효모의 생균수 확보가 매우 중요하다.

Sourdough는 발효 기술을 기준으로 3가지 유형으로 분류할 수 있다(Type I, Type II, Type III). Type I sourdough는 전통적인 기술 방법으로 생산되는데, 미생물을 활성 상태로 유지하기 위해 연속(매일) 계대 방식을 적용하며 일반적으로 30°C 이하의 온도에서 3단계 발효 공정으로 진행된다. 활성 상태의 미생물이라는 것은 대사활성이 높다는 것을 의미하며 이는 발효 시 가스 생성으로 확인할 수 있다(13). Type II는 대규모 공정에서 사용되는 방법으로 발효를 시작하기 위해 종균을 사용한다. 생산 공정을 가속화하기 위해 발효시간을 길게 하거나(2-5 days) 발효 온도(> 30°C)를 높이기도 한다(14). 호밀빵 생산공정에 대한 산업화의 필요성과 함께 보다 빠르고 효율적이며 조절 가능한 대규모 발효 공정의 수요로 인해 type II sourdough 발효기술이 개발되었다(9). Type II sourdough에는 제빵효모(baker's yeast) 이외에 *L. amylovorus*, *L. delbrueckii*와 같은 정상젖산균이 사용된다. 이렇게 생성된 sourdough는 24시간 발효 후, 반죽의 pH가 3.5 정도로 고농도의 산을 생성하게 된다. Type II sourdough 발효는 생산공정 요인들의 차이로 인해 조성 및 개체가 다른 미생물균총이 형성되는데, 절대정상발효젖산균인 *L. acidophilus*, *L. delbrueckii*, *L. amylovorus*(rye), *L. farciminis*, *L. johnsonii*, 절대이상발효젖산균인 *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. frumenti*, *L. pontis*, *L. panis*, *L. reuteri*와 *Weissella*(*W. confusa*) 종이 발견된다(15). Type III sourdough는 건조 공정을 견딜 수 있는 유산균을 첨가하여 제조하는 건조 반죽(dough)으로 정해진 종균 배양액을 이용하여 발효가 시작되며 이러한 유산균들은 종종 산성화제 첨가물이나 향미성분 수송체로 사용된다. 또한 Type II sourdough 공정과 마찬가지로 발효(leavening)을 위해 제빵효모를 첨가한다.

5. Sourdough의 맛을 결정하는 요인

Sourdough의 풍미는 발효 시 생성되는 비휘발성 및 휘발성 물질의 구성에 따라 크게 결정된다. 비휘발성 물질은 주로 유기산들로 pH를 낮추고 sourdough에 특유의 풍미를 부여하며 휘발성 물질로는 alcohol, aldehyde, ketone,

ester류 등이며 이들 역시 풍미 형성에 크게 기여한다.

1) 비휘발성 물질

유산균과 효소의 상호작용에 의해서 비휘발성 물질의 생성량 및 구성비율이 결정된다. 연속(Continuous) 발효에서는 *L. sanfranciscensis*와 *S. cerevisiae*가 공존할 때, 최적의 acetic acid가 생성되고 *Torulopsis holmii*는 *L. sanfranciscensis* 및 *S. cerevisiae*와 공존해 있을 때 반죽의 산성화가 촉진되며, *L. sanfranciscensis* 및 *L. plantarum*이 함께 존재할 때 유기산의 생성이 더욱 증진된다.

2) 휘발성 물질

Sourdough 발효에 미생물이 미치는 영향을 알아보기 위하여 효모를 단독으로 밀가루 반죽에 첨가했을 때, 1-propanol, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol 등이 주요 향기 성분으로 나타난 반면, *L. sanfranciscensis* CB1, *L. plantarum* DC 400, *S. cerevisiae* 141과 *S. exiguus* M14를 종균(starter)으로 사용했을 때에는 ethylacetate가 절대적인 향기 성분으로 나타났다. 반면, 유산균 단독 발효의 경우, diacetyl류와 carbonyl기가 주된 생성물이 된다. 효모만을 wheat bread에 적용한 경우, 7종의 주된 휘발성 물질(acetaldehyde, acetone, ethyl acetate, ethanol, hexanal, isobutyl alcohol, and propanol)이 확인되었으며 이 경우, *S. cerevisiae*를 사용시 *C. guilliermondii*에 비하여 더 많은 양의 휘발성 물질을 생성하였다. 또한, sourdough sponge에 효소를 추가하여 빵의 휘발성 성분 및 지질 산화물(예로 hexanal, 1-hexanol, 1-penten-3-ol, 1-pentanol, 2-heptanone, and 2-heptenal, 1-octen-3-ol)을 증가시키는 보고도 있다(16). Lipase, endo-xylanase 또는 α -amylase를 첨가하면 *Lb. hilgardii* 51B에 의해 초산(acetic acid) 생성이 촉진되었고 French yeast sourdough에서는 40가지 이상의 풍미 성분이 확인되었다. 20종 알콜류(alcohol), 7종 에스터류(ester), 6종 락톤류(lactone), 6종 알데히드류(aldehyde), 3종 알칸류(alkane)과 1종 황화합물 등이다(17). 또한, 발효중의 단백질 분해(proteolysis)를 통해 발생하는 유리아미노산(free amino acid)도 sourdough 빵의 제조과정에서 발생하는 휘발성 물질의 생성 패턴에

다양한 영향을 준다고 알려져 있다(18, 19).

6. Sourdough를 이용한 제빵의 장점

Sourdough는 발효가 진행되는 동안 생성되는 유기산 및 대사 산물에 의해 향미, 질감 및 반죽의 물성이 향상되고 저장 기간 중 일어날 수 있는 노화가 지연되어 저장성을 높일 뿐만 아니라 유해한 세균이나 곰팡이에 의한 오염의 위험성을 낮출 수 있다. 또한 sourdough는 다른 빵들에 비해 건강기능성 효과가 높은데, 이는 sourdough 내 유산균에 의해 체내 칼슘과 마그네슘 등의 무기염류의 흡수를 저해하는 피틴산 분해 효소가 생성되어 체내 무기 염류 흡수를 돕는 것으로 알려져 있다(20, 21).

1) Sourdough 내의 식이섬유(dietary fiber)

곡류 식품은 탄수화물, 단백질, 식이섬유와 다양한 비타민 등의 중요한 영양 공급원이다. 특히 식이섬유는 곡류에 있는 중요한 구성성분으로 여겨지고 있으며 더불어 곡류의 외피 층에 식이섬유와 함께 들어있는 올리고당, 파이토케미칼(phytochemical)등도 건강 기능성 효과가 밝혀지면서 주목을 받고 있다. 식이섬유의 하루 권장량은 25~30g인데, 일반적으로 서구식 식이 섭취 시에는 20g/day 이하의 양을 공급받을 수 있다. 그러므로 현재, 대부분의 사람들은 식이섬유의 섭취가 부족한 실정으로 이는 변비로 인한 비만, 대장암, 관상 동맥성 심장병, 제2형 당뇨병 등의 질병으로도 이어질 수 있다. 식이섬유는 주로 곡류의 겨(bran) 부분에 존재하는데 곡류의 겨를 제빵공정에 첨가하는 것은 건강 면에 있어서는 식이섬유 공급이라는 상당한 이점으로 작용할 수 있으나 반면 빵의 품질을 떨어뜨릴 수 있는 요인으로 작용하기도 한다(22).

2) Lactobacilli에 의한 EPS(exopolysacchride)생산

제빵 생산이나 냉동반죽 생산 시에 빵의 조직감이나 저장기간을 개선하기 위해 식물체 유래의 다당류를 첨가하는 것이 일반적으로 *Leu. mesenteroides*의 dextran이 산업현장에서 제빵 개선제로 많이 사용되

고 있다. 1 kg의 밀가루당 5 g의 dextran을 첨가하였을 때 밀가루반죽의 점탄성에 영향을 미쳤으며 또한 같은 수준의 reuteran이나 levan을 첨가한 경우보다 빵의 부피(volume)를 상당량 증가시켰다는 보고가 있다(23, 24). Lactobacili로부터 만들어진 polymer들을 첨가할 경우 반죽의 수분 흡수력(보유력), 반죽의 유동학(rheology) 특성이나 가공성(machinability), 반죽의 냉동 보관 시에 안정성, 빵의 부피, 빵의 노화에 이로운 영향을 미친다는 보고가 있다.

3) 영양학적 및 관능 특성 향상

빵의 주재료인 곡류에는 라이신, 트레오닌, 메티오닌, 트립토판과 이소류신과 같은 필수 아미노산의 함량이 낮다. 그러므로 곡류 위주의 식이 섭취 시에는 영양학적으로 필수아미노산이 부족하게 된다. 그러므로 sourdough 기술을 적용하여 밀과 같은 곡류 가공 시에 동결 건조한 미생물 배양액을 첨가하게 되면 영양학적으로는 섭취하는 단백질의 질을 개선시킬 뿐만 아니라 화학반응이나 미생물에 의해 산성화된 밀 반죽은 phytate 복합체를 용해할 수 있기 때문에 무기질의 이용성을 증가시킬 수 있다(25).

4) 풍미개선

발효빵의 풍미는 원재료, sourdough 발효 과정, 종균의 종류, 제빵 가공 환경에 의해 영향을 받는다. 젖산과 아세트산의 비율이 빵의 향을 결정하는 중요한 요소 중에 하나이고, 이것은 발효 미생물, 발효 온도, 밀가루의 종류에 의해 영향을 받는다. 밀가루 sourdough 빵은 긴 발효과정을 거치면서 밀가루 빵에 비해 더 풍부하고 깊은 향을 갖게 된다(7).

5) 반죽의 구조 및 빵의 품질

반죽의 발효과정은 탄성과 점성을 감소시키므로 제빵 공정시 sourdough 기술을 첨가하게 되면 탄성이 적은 더 부드러운 반죽을 얻게 되고 더불어 발효과정 중에 다양한 유기산이 생성된다. 이런 유기산들은 빵의 향미를 개선하고, 글루텐의 팽창을 도우며 가스의 보

유력을 늘림으로 인해 부피감과 품질이 좋은 생산이 가능해진다(26). 발효 과정 중에 만들어진 산(acid)은 반죽의 혼합 과정에 크게 영향을 미치므로 낮은 pH를 지닌 반죽은 혼합 시간을 줄이는 게 필요하다(27). 자연 공정에서 종균을 사용하여 잘 숙성 시킨 sourdough의 pH의 범위는 3.5에서 4.3이며 이때 사용되는 곡물가루의 회분 함량이 산성화에 가장 큰 영향을 미친다. 산은 밀가루 성분인 글루테닌의 용해도를 증가시키고 글루텐의 팽창력을 증가시킨다. 효모를 이용하여 만든 일반 빵과 비교하면 sourdough는 촉촉하고, 곡물들이 조밀하게 구성되어 있어 더욱 쫄깃한 식감을 준다.

6) 유통기한

제빵제품의 부패는 생산 이후에 대기내의 오염 미생물들이나 곰팡이 포자들에 의해 발생되는데 이는 경제적인 손실뿐만 아니라 소비자들의 건강을 위협하는 요소이다. Sourdough의 생산 시에 유산균을 접종하면 빵의 노화를 개선하는 긍정적인 효과를 준다(28). 첫째로, 빵의 부피를 개선하는 효과로 인해 노화율을 감소시킬 수 있다. Sourdough가 들어 있는 빵의 경우 시차열량주사계(differential scanning calorimetry)를 이용하여 측정한 결과 노화율이 감소했다는 보고가 있다(29). Sourdough와 관련된 유산균은 유기산, CO₂, 에탄올, 과산화수소, diacetyl, fatty acid, phenyllactic acid, reuterin과 fungicin과 같은 다양한 종류의 향균성의 물질을 만들어 낸다(30). 유기산 중에서도 이형발효유산균에서 만들어내는 아세트산과 프로피온산이 젖산보다 더 효과적인 것으로 알려져 있다(31).

7) 향균활성

일반 빵과 발효빵 제품은 부패 세균이나 곰팡이에 의해 오염이 되기 쉬운데 유산균은 항균과 향균균 활성을 가지고 있으므로 sourdough를 첨가하면 부패로부터 빵을 보호하는데 있어 효과적이다. 다양한 화합물(유기산, 과산화수소, diacetyl)과 더불어 *L. reuteri* LTH2584에 의해 생산되는 저분자 항생제 reutericyclin이나 박테리옌을 생산하는 유산균에 의해 다른 유해 미생

물의 생육이 저해될 수 있다(32). 유산균의 박테리오킨은 식품매개 병원균이나 *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*와 같은 식품 부패 미생물의 생육을 억제하는 것으로 알려져 있다. 박테리오킨을 직접 식품에 첨가제로 사용하거나 sourdough와 같이 박테리오킨을 생산하는 미생물을 종균으로 사용하게 되면 더욱 안전한 제품을 생산할 수 있을 뿐만 아니라 식품산업에서 화학 보존료의 사용을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다(30).

8) 향진균 활성

제빵 제품에서 대부분의 부패는 진균독소(myco-toxin)를 생산하여 공중위생의 문제를 일으키는 곰팡이들에 의한 것이다. 제빵 제품에 관련 된 부패 곰팡이의 종은 *Aspergillus*, *Cladosporidium*, *Endomyces*, *Fusarium*, *Monilia*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* 등이다(33). 곰팡이 생육 억제에 있어서 발효 대사 산물인 초산(acetic acid), 카프로산(caproic acid), 포름산(formic acid), 부티르산(butyric acid), 발레르산(valeric acid)의 혼합물들이 시너지 효과를 보이며 그 중에서도 카프로산(caproic acid)이 가장 큰 역할을 하고 *in vitro*상에서 *L. sanfranciscensis* CB1이 *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Molina*와 같은 빵 부패 곰팡이에 대한 생육 저해 효과를 보였다는 보고가 있다(34). *L. plantarum* ITM21B 균주에서 생산된 2종류의 향진균성 물질인 phenyllactic acid와 4-hydroxy-phenyllactic acid는 빵을 굽는 이후 공정에도 그 활성을 계속 유지 하는 것으로 확인되었으며 *Lactobacilli*가 생산하는 향진균 물질인 phenyllactic acid가 *Aspergillus niger*와 *Penicillium roqueforti*의 생육을 저해하는 데 강력하게 작용하며 빵의 유통기한을 7일 이상 연장시킬 수 있었다. 또한 *Lb. casei*, *Lb. pentosus*, *L. paracasei subsp. paracasei*, *L. coryniformis subsp. coryniformis* 등이 향진균물질인 fungicin을 생산하는 것으로 밝혀졌다(35-37).

7. 결론

Sourdough 기술은 비록 전통적인 고전방법이지만 현

대 제조공정과 결합하면 소비자들에게 더욱 건강한 제품을 제공할 수 있다. Sourdough 기술은 빵에 바람직한 조직감을 부여하며 높은 농도의 식이섬유 및 다당류를 포함하는 제품 생산에 효과적이므로 소비자의 기호를 한층 높일 수 있다. 또한 전분의 소화분해력을 늦추고 혈당 반응 속도를 낮춘 제품을 생산할 수 있으며 뿐만 아니라, 새로운 sourdough용 유산균 및 미생물 개발, 산도 최적화, 곡물과의 상호작용 조절등의 방법으로 조직감을 변형시킨 제빵 제품의 생산이 가능하므로 선택의 폭이 넓은 다양한 제품을 소비자들에게 제공할 수 있다. 또한 sourdough 기술을 제빵 공정에 적용 시에 향미 성분 물질들의 양을 증가시키므로 궁극적으로 소비자들의 만족도를 높일 수 있으며 sourdough의 향균, 향진균의 활성으로 제빵 제품의 보존료 사용을 감소시키거나 첨가하지 않을 수 있다. 따라서, sourdough 기술은 비스킷, 피자, 스낵 또는 다양한 종류의 곡류로 구성된 제품, 식이섬유가 풍부한 제품 등에 다양하게 적용 할 수 있어 건강에 유익하고 맛있는 간편한 식품을 제공하는 데 유용하여 장차 그 수요가 증가할 것으로 보인다.

우리나라에서는 대대로 쌀을 주식으로 식생활을 영위하였으나, 최근 식생활 형태 변화와 건강 지향적이며 자연 친화적인 제품 구매 성향을 띄는 소비자들의 증가로 다양한 건강상 이점을 갖는 동시에 화학 제품을 첨가하지 않은 천연 발효빵인 sourdough에 대한 관심이 높아지고 있다. 자연 발효법에 의하여 제조되는 전통적인 sourdough는 다양한 종류의 효모와 세균으로 혼합되어 있어 자칫 적절치 못한 작업 환경에서는 종종 다른 미생물에 의한 오염으로 풍미가 나빠지거나 산패취 발생 등의 문제점과 더불어 공간과 시간적 차이에 의해 일정한 수준의 제품을 재현하는데 어려움이 있을 수 있다. 따라서, 자연 발효빵의 오염 기회를 줄이고 균일한 수준의 제품 확보를 위하여 기능성과 안정성이 확보된 미생물 종균을 인위적으로 첨가하는 발효법의 개발이 필요하다. 현재 일부 제빵 업체에서도 제품의 차별화와 고급화를 추구하기 위해 수입한 종균을 사용하고 있다. 그러나 수입된 종균은 생산국의 기후와 제빵특성에 맞게 특성화되어 있어 국내 제빵 현실에 부합하는 품질특성을 갖는다. 따라서, 장기적으로 우리나라 환경과 원재료, 소비자 기호에 적합한 한국형 sourdough용 종균 개발이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- 김기주, 정현채, 권오진. Sourdough 로부터 젖산균과 효모의 분리 및 배양 특성. 한국식품영양과학회지 33: 1180-1185 (2004)
- Gobbetti M, Gänzle M. Handbook on Sourdough Biotechnology. Springer (2013)
- 안혜령, 이광석. 국내산 밀가루를 이용한 Sourdough 발효 식빵의 품질 특성에 관한 연구. 동아시아식생활학회지 19: 996-1008 (2009)
- Gobbetti M, De Angelis M, Amati P, Tossut P, Corsetti A, Lavermicocca P. Added pentosans in breadmaking: fermentations of derived pentoses by sourdough lactic acid bacteria. Food Microbiol. 16: 409-418 (1999)
- Hammes W, Gänzle M. Sourdough breads and related products. pp. 199-216. In: Microbiology of Fermented Foods. Springer (1997)
- Spicher G, Stephan H. Handbuch Sauerteig: Biologie, Biochemie, Technologie. Behr (1987)
- Brummer J, Lorenz K. European developments in wheat sourdoughs. Cereal Foods World (USA) (1991)
- Matz SA. Chemistry and technology of cereals as food and feed. Springer (1991)
- De Vuyst L, Neysens P. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. Trends Food Sci. Tech. 16: 43-56 (2005)
- 채동진, 이광석, 장기효. 스타터로 사용한 Probiotics-효모 비율을 달리 하여 제조한 Sourdough 제빵특성. 한국식품과학회지 43: 45-50 (2011)
- Chavan RS, Chavan SR. Sourdough Technology-a traditional way for wholesome foods: a review. Compr. Rev. Food Sci. F 10: 169-182 (2011)
- Succi M, Reale A, Andrighetto C, Lombardi A, Sorrentino E, Coppola R. Presence of yeasts in southern Italian sourdoughs from *Triticum aestivum* flour. FEMS Microbiol. Lett. 225: 143-148 (2003)
- Meroth CB, Walter J, Hertel C, Brandt MJ, Hammes WP. Monitoring the bacterial population dynamics in sourdough fermentation processes by using PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. Appl. Environ. Microb. 69: 475-482 (2003)
- Corsetti A, Settanni L. *Lactobacilli* in sourdough fermentation. Food Res. Int. 40: 539-558 (2007)
- Stolz P, Hammes WP, Vogel R. Maltose-phosphorylase and hexokinase activity in *lactobacilli* from traditionally prepared sourdoughs. Adv. Food Sci. 18: 1-6 (1996)
- Luning P, Roozen J, Moëst R, Posthumus M. Volatile composition of white bread using enzyme active soya flour as improver. Food Chem. 41: 81-91 (1991)
- Frasse P, Lambert S, Levesque C, Melcion D, Richard-Molard D, Chiron H. The influence of fermentation on volatile compounds in French bread crumb. Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie 25: 66-70 (1992)
- Collar C, Martinez CS. Amino acid profiles of fermenting wheat sour doughs. J. Food Sci. 58: 1324-1328 (1993)
- Collar C, Mascaros A, Prieto J, Benedito de Barber C. Changes in free amino acids during fermentation of wheat doughs started with pure culture of lactic acid bacteria. Cereal Chem. 68: 66-72 (1991)
- 정현채. Sourdough를 이용한 제빵의 특성. 한국식품과학회지 40: 643-648 (2008)
- 채동진, 이광석, 장기효. 유산균과 *Bifidobacterium longum*을 혼합 균으로 사용한 Flour Sourdough의 발효 특성. 동아시아식생활학회지 20: 743-750 (2010)
- Seibel W. Anrechening von Brot and Backverhalten. Getreide Mehl. und Brot. 12: 377-379 (1983)
- Tieking M, Kaditzky S, Gänzle M, Vogel R. Biodiversity and potential for baking applications of glycosyltransferases in *lactobacilli* for use in sourdough fermentation. Sourdough, from fundamentals to applications. Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium: 58-59 (2003)
- Tieking M, Ehrmann MA, Vogel RF, Gänzle MG. Molecular and functional characterization of a levansucrase from the sourdough isolate *Lactobacillus sanfranciscensis* TMW 1.392. Appl. Microbiol. Biot. 66: 655-663 (2005)
- Lopez HW, Duclos V, Coudray C, Krespine V, Feillet-Coudray C, Messenger A, Demigné C, Rémésy C. Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats. Nutrition 19: 524-530 (2003)
- Park Y-H, Jung L-H, Jeon E-R. Quality characteristics of bread using sour dough. J. Food Sci. Nutr. 13: 132 (2006)
- Hoseney RC. Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists (AACC) (1994)
- Legan J. Mould spoilage of bread: the problem and some solutions. Int. Biodeter. Biodegr. 32: 33-53 (1993)
- Corsetti A, Lavermicocca P, Morea M, Baruzzi F, Tosti N, Gobbetti M. Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species *Triticum durum* and *Triticum aestivum*) sourdoughs of Southern Italy. Int. J. Food Microbiol. 64: 95-104 (2001)
- Messens W, De Vuyst L. Inhibitory substances produced by *Lactobacilli* isolated from sourdoughs-a review. Int. J. Food Microbiol. 72: 31-43 (2002)
- Schnürer J, Magnusson J. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. Trends Food Sci. Tech. 16: 70-78 (2005)
- Hoeltzel A, Gaenzle MG, Nicholson GJ, Hammes WP, Jung G. The first low molecular weight antibiotic from lactic acid bacteria: reutericyclin, a new tetramic acid. Angew. Chem. Int. Ed. 39: 2766-2768 (2000)
- Keshri G, Voysey P, Magan N. Early detection of spoilage moulds in bread using volatile production patterns and quantitative enzyme assays. J. Appl. Microbiol. 92: 165-172 (2002)
- Corsetti A, Gobbetti M, Smacchi E. Antibacterial activity of sourdough lactic acid bacteria: isolation of a bacteriocin-like inhibitory substance from *Lactobacillus sanfrancisco* C57. Food Microbiol. 13: 447-456 (1996)
- Gourama H. Inhibition of growth and mycotoxin production of *Penicillium* by *Lactobacillus* species. LWT- Food Sci. Technol. 30: 279-283 (1997)
- Okkers D, Dicks L, Silvester M, Joubert J, Odendaal H. Characterization of pentocin TV35b, a bacteriocin-like peptide isolated from *Lactobacillus pentosus* with a fungistatic effect on *Candida albicans*. J. Appl. Microbiol. 87: 726-734 (1999)
- Magnusson J, Schnürer J. *Lactobacillus coryniformis* subsp. *coryniformis* strain Si3 produces a broad-spectrum proteinaceous antifungal compound. Appl. Environ. Microb. 67: 1-5 (2001)