

된장에서 분리한 *Bacillus* sp. BCNU 9171에 의한 바이오제닉 아민 생산 저해

박여진, 주우홍*
창원대학교 생물학화학융합학부

Received: July 20, 2017 / Revised: November 1, 2017 / Accepted: November 17, 2017

Inhibition of Biogenic Amine Production by *Bacillus* sp. BCNU 9171 Isolated from Doenjang

Yeo Jin Park and Woo Hong Joo*

Department of Biology and Chemistry, Changwon National University, Changwon 51140, Republic of Korea

Biogenic amines such as histamine, tyramine, cadaverine, and putrescine may have detrimental effects on consumers' health; therefore, they must be considered hazardous substances in foods. In recent years, the application of microorganisms that can degrade biogenic amines has become an emerging method for reducing the amount of these amines in foods. Primarily, *Bacillus* sp. BCNU 9171 was isolated from Doenjang, a Korean traditional fermented soybean paste. The inhibitory effects of the cell-free supernatant (CFS) of *Bacillus* sp. BCNU 9171 on biogenic amine production by 4 amine-positive food pathogenic bacteria were investigated using high performance liquid chromatography (HPLC). Our results showed that 4 different CFS concentrations—10% [1 ml CFS + 9 ml histidine decarboxylase broth (HDB)], 25% (2.5 ml CFS + 7.5 ml HDB), 50% (5 ml CFS + 5 ml HDB), and 75% (7.5 ml CFS + 2.5 ml HDB)—reduced the biogenic amine production up to 87% compared with that of the control without CFS. These results suggested that it is advisable to use *Bacillus* sp. strain BCNU 9171 as a starter organism for the manufacture of fermented foods and to ensure food safety since it prevents the accumulation of high amounts of biogenic amines in fermented foods by amine-positive bacteria.

Keywords: *Bacillus*, biogenic amine, Doenjang, cell-free supernatant, starter

Biogenic amines (BAs)이란 *Bacillus* 속, *Escherichia* 속 등 기타 식인성 병원 미생물들, *Lactobacillus* 속 및 *Enterococcus* 속 등 주요 식품 미생물의 amino acid decarboxylase의 선택적인 작용에 의해 carboxyl기의 제거와 함께 생성되는 저분자량의 질소화합물로, monoamine류인 histamine과 tyramine, diamine류인 putrescine과 cadaverine 등이 보고되어 있다 [1–4]. BAs는 신체 기관의 성장, 대사과정 및 면역 시스템 등의 대사활동을 하는 과정에 필수적이며 보통 장 점막에서 생성되는 mono 또는 diamine oxidase에 의해 해독이 가능하지만 과량으로 섭취할 시에는 발한, 메스꺼움, 구토 및 설사 등의 증상을 일으킨다 [4, 5]. 특히 histamine은 홍조, 가려움

증 및 두드러기 등의 증상을 일으키고 tyramine은 편두통, 심박수 증가, 혈관 수축 등의 증상을 나타낸다 [4]. 미국에서는 가다랑어 및 참치와 같은 histamine 함량이 높은 생선의 경우 500 mg/kg 이하로 기준이 정해져 있지만, 우리나라는 아직 정확한 기준이 설정되지 않은 실정이므로 최근에는 BAs 함량을 최소화하려는 방향으로 제품을 개발하려는 추세이다 [6].

BAs는 다양한 발효식품에서 생성되며, 특히 단백질 함량이 높은 식품에서 발효과정이나 부패과정에 의해 다량 생성될 수 있다. 그 중 한국인이 많이 섭취하는 된장은 콩에 세균, 곰팡이 및 효모가 함께 작용하여 만들어진 전통 발효식품으로, 주요 미생물은 *Bacillus* 속이다 [7]. 된장은 특히 단백질이 풍부하기 때문에 발효과정 동안 BAs를 생성하는 데 이용될 수 있는 유리 아미노산의 증가로 과량의 BAs 생성으로 인해 안전성에 대한 우려가 제기되고 있다. Cho 등의 연

*Corresponding author

Tel: +82-55-213-3453, Fax: +82-55-213-3459

E-mail: whjoo@changwon.ac.kr

© 2017, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

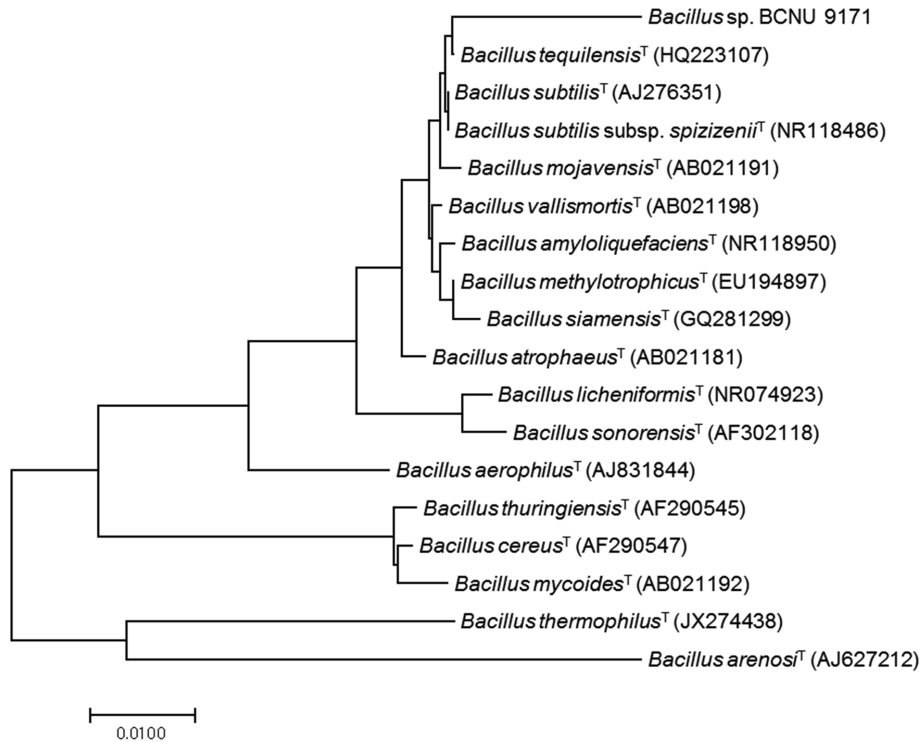


Fig. 1. Phylogenetic tree based on 16S rRNA sequences of *Bacillus* sp. BCNU 9171 with other *Bacillus* species type strain. The branching pattern was created by the neighbor-joining method. The numbers in parentheses indicate the sequence accession number of GenBank.

구에 따르면, 재래식 된장에서 putrescine, cadaverine, histamine, tyramine, spermidine과 spermine이 234.1–1453.7 mg/kg이 검출되었고, 개량식 된장에서는 180–295.5 mg/kg이 검출되었다[8]. 최근에는 BAs를 분해하는 *Pediococcus pentosaceus*가 된장에서 분리되었으며[2], *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *P. acidophilus*, *Streptomyces thermophile* 및 *Lactobacillus plantarum*을 이용한 putrescine, tyramine 및 histamine 생성 억제에 관한 연구도 보고되었다[9–12].

Bacillus 속 세균은 50년 이상의 오랜 기간 동안 산업적으로 사용되어온 생물자원으로서 여러 나라에서 프로바이오틱스 제품으로 판매되고 있으며, 특히 효소를 이용한 생물산업에 유용하게 이용되고 있다[13]. 전통 장류에서 *Bacillus* 속 세균은 발효에 관여하는 많은 세균 중에서 우점종에 해당되어 starter로 개발될 가능성이 높으며, 일부 균주들은 항생물질을 분비하여 항진균 및 항세균 작용을 나타낸다고 보고되어 왔다[14, 15]. 이러한 *Bacillus* 속의 특성을 이용하여 최근에는 *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* 및 *B. licheniformis* 등의 균주를 이용하여 BAs 함량의 감소를 확인한 바 있다[16–18]. 따라서 이 연구에서는 전통발효식품의 starter로 개발하기 위한 목적으로 BAs 함량을 감소시키는 다른 *Bacillus*

속 균주를 된장으로부터 분리하여 보고하고자 한다.

실험에 사용할 *Bacillus* 속 균주는 재래시장 또는 일반 가정에서 된장을 수집하여 분리하였다. 1 ml의 된장 시료를 0.9% (w/v) saline에 10배 희석하여 nutrient agar (NA) 배지에 100 μ l씩 도말하고 35°C에서 24–48시간 배양하여 순수분리하였다. 분리된 균주의 계통학적 위치 확인을 위해 16S 리보솜 RNA 염기서열을 분석하였고 Bioedit (ver. 7.2.6, USA)과 Mega program (Molecular Evolutionary Genetics Analysis ver. 7.0)을 이용하여 phylogenetic tree를 작성하였다[19, 20]. BAs의 분해능 확인을 위한 방법은 Ozogul의 방법[9]을 참고하였고, 아민 생성 세균으로 식중독 원인균인 *Escherichia coli* ATCC 10798, *Listeria monocytogenes* ATCC 15313, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 및 *Salmonella typhimurium enterica* serova Typhimurium ATCC 14028을 사용하였으며, 된장에 풍부하게 존재하는 histamine 생성을 확인하기 위한 배지로 histidine decarboxylase broth (HDB, 2 g peptone, 1 g beef extract, 5 g NaCl, 2.5 mg pyridoxal HCl 및 0.1% histidine/l)를 제조하여 사용하였다.

된장에서 분리한 균주를 10 ml nutrient broth (NB) 배지에 접종한 후 35°C에서 24시간 동안 배양하였다. Cell-free solutions (CFS)을 얻기 위해 원심분리(8,800 \times g, 20 min,

4℃)하고 0.22 μm 필터로 여과한 후, CFS의 농도는 10% (1 ml CFS + 9 ml HDB), 25% (2.5 ml CFS + 7.5 ml HDB), 50% (5 ml CFS + 5 ml HDB) 및 75% (7.5 ml CFS + 2.5 ml HDB)의 네 가지로 준비하고 대조군으로는 CFS를 첨가하지 않은 10 ml HDB를 사용하였다. 식중독균은 Luria-bertani broth (LB) 배지에 전배양하여 농도가 다른 시험관에 각각 0.5 ml씩 접종한 후 35℃에서 72시간 배양하였다. 5 ml 배양액에 6% trichloroacetic acid를 2 ml 첨가하고 원심분리 (3,000 ×g, 10 min)한 후, 필터하여 HPLC 분석에 시료로 이용하였다.

HPLC (LC-20AD series, Shimadzu, Japan)를 통해 식중독균에 의한 BA의 생성량(control)과 CFS 처리 후 BA의 함량(감소량)을 정량적으로 분석하였다. 시료 1 ml에 2 M sodium hydroxide 200 μl와 sodium bicarbonate 300 μl를 혼합한 후, 1%의 dansyl chloride를 첨가한 acetone 용액을 2 ml 혼합하고 40℃에서 60분 동안 유도체화 하였다. 여분의 dansyl chloride를 제거하기 위해 유도체화 한 시료에 25% ammonium hydroxide를 100 μl 첨가하고 25℃에서 30분 동안 반응시켰다. Acetonitrile을 통해 혼합물의 총 부피를 5 ml로 조정된 뒤 원심분리(3,000 ×g, 5 min, 4℃)하여 0.2 μm 필터로 여과한 후, HPLC 분석에 이용하였다. HPLC는 오븐 온도를 40℃로 설정하였고 ODS C18 (250 × 4.6 mm, 5 μm, Kanto Chemical Co., Inc., Japan) 컬럼을 사용하였다. 이동상은 0.1 M ammonium acetate (A)와 acetonitrile (B)을 이용하였으며 농도구배는 50:50으로 시작하여 19분에 10:90의 비율로 전개하였다. 유속은 1 ml/min이며 시료는 10 μl를 주입하여 254 nm에서 모니터링하였다[1].

뒤장에서 분리된 한 균주는 16S 리보솜 RNA 염기서열을 분석한 결과 *B. tequilensis*와 98% 상동성을 가지고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 포자를 형성하는 그람 양성균으로, *B. subtilis*와 밀접한 관계가 있으며 *Bacillus* 속 유용 미생물로 알려졌다. 선별된 균주를 BCNU 9171로 명명하였고 16S 리보솜 RNA 염기서열을 토대로 phylogenetic tree를 작성하였다(Fig. 1).

아민 생성 세균이 HDB에서 histamine을 생성하며 이어서 선별된 균주의 배양 상층액의 첨가로 인한 histamine 함량의 변화를 HPLC로 관찰하였다(Fig. 2). *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* 및 *S. typhimurium*이 생성한 histamine에 대해 *Bacillus* sp. BCNU 9171의 분해율을 계산한 결과, 4개의 식중독균에 대하여 모두 약 16.8–87.3%의 감소율을 확인할 수 있었다. 특히, *E. coli*에서 CFS 75%의 농도가 87.3%로 가장 많이 분해하였고, 이어서 50% 농도에서 68.1%의 감소율을 나타내었다. 먼저 *E. coli* 등 병원균의 BA의 생성률을 조사하였고 이어서 10%, 25%, 50% 및 75% 네 가지 농도의 *Bacillus* sp. BCNU 9171 배양 상층액의

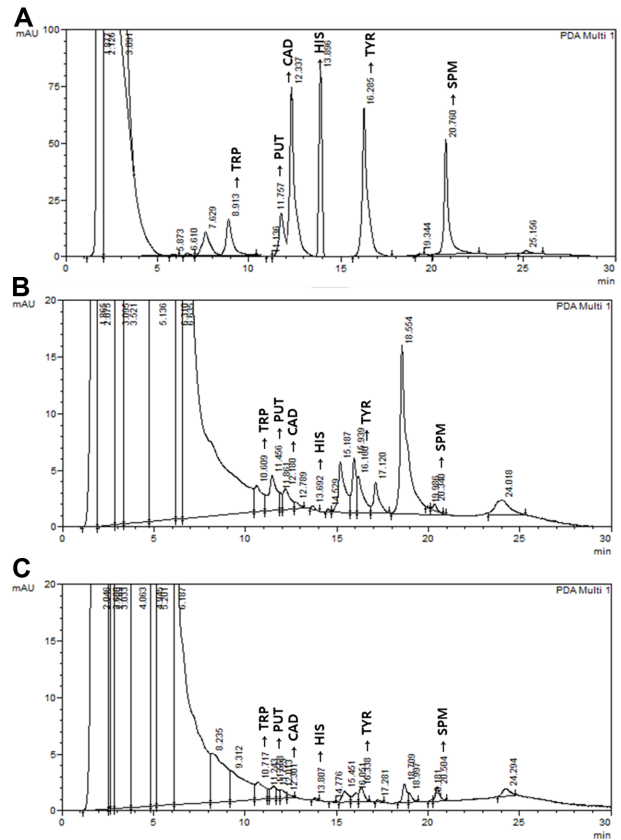


Fig. 2. Chromatograms by high performance liquid chromatography. (A) Chromatogram of standard biogenic amines solution; (B) chromatogram of biogenic amines produced by *E. coli*; and (C) chromatogram of biogenic amines by *E. coli* after treated with 75% CFS of *Bacillus* sp. BCNU 9171, containing tryptamine (TRP), putrescine (PUT), cadaverine (CAD), histamine (HIS), tyramine (TYR), and spermine (SPM).

histamine 외 tryptamine, putrescine, cadaverine, tyramine 및 spermine 생성에 대한 저해(분해)율을 측정하였다.

BA의 저해율(%) =

$$\left[1 - \frac{\text{(CFS 처리 후 BA의 양)}}{\text{(식중독균에 의해 생성된 BA의 양)}} \right] \times 100$$

Table 1은 *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* 및 *S. typhimurium*에서의 BA의 생성량을 측정된 결과로, *E. coli*의 경우 tyramine, histamine 및 putrescine 순으로 많이 생성하는 것으로 확인되었고, *Bacillus* sp. BCNU 9171에 의한 분해율은 histamine이 87.3%, tyramine이 62.8%까지 함량이 감소한 것이 확인되었다. *L. monocytogenes*의 경우에는 tyramine 및 putrescine 순으로 생성하였으며 *Bacillus* sp. BCNU 9171에 의해 cadaverine의 함량이 72.7%, histamine이 54.3%까지 감소된 것으로 확인되었다. *S. aureus*에서는

Table 1. Effect of CFS from *Bacillus* sp. BCNU 9171 on BAs production by food pathogens in histidine decarboxylase broth (mg/l).

Food pathogens	Concentration of BAs (mg/l)					
	TRP	PUT	CAD	HIS	TYR	SPM
<i>E. coli</i>						
Control	0.86 ± 0.06 ^{ab}	2.91 ± 0.32 ^a	0.52 ± 0.12 ^a	3.44 ± 0.05 ^b	7.07 ± 0.34 ^b	1.06 ± 0.27 ^a
10%	1.10 ± 0.07 ^b	2.81 ± 0.31 ^a	0.45 ± 0.13 ^a	1.68 ± 0.18 ^{ab}	4.34 ± 0.46 ^{ab}	0.95 ± 0.21 ^a
25%	1.06 ± 0.18 ^b	2.30 ± 0.27 ^a	0.44 ± 0.07 ^a	2.02 ± 0.05 ^{ab}	2.80 ± 0.19 ^a	0.88 ± 0.21 ^a
50%	1.05 ± 0.03 ^b	1.95 ± 0.33 ^a	0.40 ± 0.05 ^a	1.10 ± 0.08 ^{ab}	3.65 ± 0.03 ^{ab}	1.13 ± 0.18 ^a
75%	0.64 ± 0.04 ^a	1.69 ± 0.39 ^a	0.27 ± 0.04 ^a	0.44 ± 0.02 ^a	2.63 ± 0.04 ^a	0.58 ± 0.04 ^a
<i>L. monocytogenes</i>						
Control	0.76 ± 0.05 ^{bc}	2.13 ± 0.39 ^b	1.16 ± 0.04 ^b	0.93 ± 0.00 ^b	4.59 ± 0.10 ^b	1.53 ± 0.06 ^c
10%	0.49 ± 0.08 ^b	1.97 ± 0.06 ^{ab}	0.72 ± 0.31 ^{ab}	0.73 ± 0.06 ^{ab}	3.71 ± 0.05 ^{ab}	1.46 ± 0.23 ^c
25%	0.82 ± 0.14 ^c	2.15 ± 0.06 ^b	0.96 ± 0.21 ^{ab}	0.59 ± 0.16 ^a	3.59 ± 0.07 ^{ab}	1.14 ± 0.11 ^{bc}
50%	0.65 ± 0.05 ^{bc}	2.16 ± 0.36 ^b	0.42 ± 0.11 ^a	0.63 ± 0.03 ^{ab}	2.72 ± 0.07 ^a	0.94 ± 0.18 ^{ab}
75%	0.08 ± 0.01 ^a	1.20 ± 0.19 ^a	0.32 ± 0.04 ^a	0.43 ± 0.08 ^a	2.31 ± 0.04 ^a	0.60 ± 0.01 ^a
<i>S. aureus</i>						
Control	0.37 ± 0.07 ^b	2.62 ± 0.63 ^a	1.40 ± 0.32 ^b	1.07 ± 0.11 ^b	2.75 ± 0.36 ^c	3.77 ± 0.98 ^a
10%	0.23 ± 0.03 ^{ab}	2.58 ± 0.38 ^a	1.22 ± 0.05 ^{ab}	0.86 ± 0.03 ^{ab}	1.62 ± 0.08 ^b	3.78 ± 0.87 ^a
25%	0.24 ± 0.02 ^{ab}	2.46 ± 0.24 ^a	0.94 ± 0.03 ^{ab}	0.78 ± 0.09 ^{ab}	0.77 ± 0.06 ^a	2.59 ± 0.08 ^a
50%	0.21 ± 0.01 ^{ab}	2.30 ± 0.12 ^a	1.17 ± 0.10 ^{ab}	0.73 ± 0.11 ^{ab}	0.96 ± 0.15 ^{ab}	1.46 ± 0.54 ^a
75%	0.11 ± 0.00 ^a	1.58 ± 0.35 ^a	0.67 ± 0.17 ^a	0.52 ± 0.04 ^a	0.74 ± 0.11 ^a	3.04 ± 0.66 ^a
<i>S. typhimurium</i>						
Control	2.53 ± 0.21 ^b	1.88 ± 0.08 ^b	2.49 ± 0.44 ^b	1.18 ± 0.06 ^c	1.77 ± 0.17 ^c	2.97 ± 0.43 ^a
10%	2.62 ± 0.32 ^b	1.66 ± 0.36 ^{ab}	2.22 ± 0.38 ^{ab}	0.99 ± 0.10 ^b	1.80 ± 0.11 ^c	3.91 ± 0.09 ^{ab}
25%	0.43 ± 0.03 ^a	1.40 ± 0.23 ^a	2.28 ± 0.22 ^{ab}	0.82 ± 0.06 ^a	1.04 ± 0.21 ^b	3.84 ± 0.11 ^{ab}
50%	0.27 ± 0.10 ^a	1.33 ± 0.35 ^a	1.61 ± 0.30 ^{ab}	0.79 ± 0.01 ^a	0.26 ± 0.01 ^a	4.57 ± 0.23 ^b
75%	0.21 ± 0.04 ^a	1.08 ± 0.08 ^b	1.27 ± 0.04 ^a	0.68 ± 0.00 ^a	0.24 ± 0.08 ^a	5.93 ± 0.40 ^c

TRP, tryptamine; PUT, putrescine; CAD, cadaverine; HIS, histamine; TYR, tyramine; SPM, spermine. Control: HDB without CFS, Concentration: 10% (1 ml CFS + 9 ml HDB/1:9), 25% (2.5 ml CFS + 7.5 ml HDB/1:3), 50% (5 ml CFS + 5 ml HDB/1:1) and 75% (7.5 ml CFS + 2.5 ml HDB/3:1). Values are means ± SD from triplicate experiments. Values with different letters (a-c) are significantly different at $p < 0.05$.

spermine, tyramine 및 putrescine의 순으로 많이 생성되었고, tyramine이 최대 73.1%, histamine이 51.3%까지 감소되었다. *S. typhimurium*에서는 spermine, tryptamine 및 cadaverine 순으로 많이 생성되었으며 *Bacillus* sp. BCNU 9171에 의해 tyramine 함량이 최대 86.4%, histamine 함량이 최대 42.7% 감소된 것으로 확인되었다. 대체적으로 CFS 농도가 증가함에 따라 BAs 함량이 dose dependent 하게 감소하는 경향을 보였다. *B. tequilensis* 균주는 멕시코의 2,000여 년 된 수직경식 분묘에서 분리되어 신종으로 발표되었으나[7], *B. subtilis* group에 속하는 균주로 우리나라의 메주 및 된장에서 발견되고 있다[21]. 그러므로 추후 안전성 연구가 필요하나 현재로서는 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

최근 Kim 등[17]은 전통장류에서 분리한 *B. subtilis* 및 *B.*

amyloliquefaciens 균주들을 BAs이 첨가된 배지에 배양하여 분해율을 측정된 결과 histamine 분해율은 *B. subtilis*에서 27-46%, *B. amyloliquefaciens*에서 71%이며 최대 분해율은 cadaverine에서 93%였다. 또한 Oh 등[2]의 실험 결과에 따르면 전통장류에서 분리한 *P. pentosaceus*을 접종하여 24시간 배양 후 histamine 함량이 약 24%, tyramine 함량이 약 26%까지 분해되는 것으로 보고되었다. 따라서 본 실험에서 *Bacillus* sp. BCNU 9171 배양 상층액 처리 후 식중독균에 의해 생성된 histamine 및 tyramine의 양은 각각 16.8-87.3%, 19.2-86.4% 저해되는 것으로 나타났다. 비록 실험 방법이나 비교 방법 등에서 상이한 점이 많아 비교에 어려움이 있으나 전반적으로 보면 짧은 시간에 비교적 BAs의 분해율이 상당히 높은 것으로 판단되기 때문에 본 연구는 의미

가 있다고 사료된다. 또한 Bartholomew 등[22]의 연구에 따르면 histamine 함량이 200 mg/kg 이상인 경우 독성을 나타낸다고 여겨지며, Lee 등[23]에 의해 BAs을 분해하는 *L. plantarum*을 된장 발효에 starter로 적용한 결과 된장의 histamine 함량이 221 mg/kg에서 92 mg/kg으로 약 58%가 감소한 것을 관찰하였다. 이를 참고하였을 때 본 연구에 사용된 균주를 된장 제조에 이용 시 장시간의 발효공정으로 인해 현 실험 조건에서의 분해율보다 더 높은 분해율을 나타낼 것이며, 이로 인해 된장의 BAs 함량이 현저하게 줄어들 가능성이 있기 때문에 안전성에 큰 문제가 없을 것으로 사료된다. 그러나 된장 제조에 starter 균주로 적용하여 최적 발효조건 등을 확인하는 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 전통발효식품인 된장에서 분리한 *Bacillus* sp. BCNU 9171을 이용하여 식중독균이 생성하는 BAs의 분해를 관찰하였으며, 4개의 식중독균 모두에서 *Bacillus* sp. BCNU 9171 배양 상층액의 영향으로 인한 BAs 함량이 감소됨을 확인할 수 있었다. 이는 배양 상층액에 포함된 항균 물질 또는 BAs 분해 효소 등을 통해 감소된 것으로 판단되며, 본 결과로 향후 전통발효식품 제조 과정에서 BAs 저감화 균주를 starter로 사용할 수 있는 가능성을 타진할 수 있었다. 최근 식품 안전성에 관한 관심이 고조되고 있으며 전통발효식품의 높은 BAs 함량이 문제가 되면서 이러한 균주를 starter로 이용하기 위한 추가적인 연구와 앞으로도 BAs에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

요 약

Histamine, tyramine, cadaverine 및 putrescine과 같은 바이오제닉 아민은 소비자의 건강에 해로운 영향을 줄 수 있으므로 식품에서 독성 물질로 관리되어야 한다. 최근 몇 년 동안, 바이오제닉 아민을 분해할 수 있는 미생물의 적용은 바이오제닉 아민 함량의 감소를 위한 새로운 방법이 되고 있다. 먼저 *Bacillus* sp. BCNU 9171 균주를 한국 전통발효 된장으로부터 분리하였다. 4개의 아민 생성 식중독 세균들에 의한 바이오제닉 아민 생산에 대한 *Bacillus* sp. BCNU 9171의 배양 상층액(CFS)의 저해율을 HPLC를 사용하여 조사하였다. 본 실험 결과는 10% (1 ml + 9 ml HDB), 25% (2.5 ml CFS + 7.5 ml HDB), 50% (5 ml CFS + 5 ml HDB) 및 75% (7.5 ml CFS + 2.5 ml HDB)의 네 가지 CFS 농도가 대조군에 비해 4가지 아민 생성균에 대한 바이오제닉 아민 생산을 87%까지 감소시켰음을 보여주고 있다. 이 결과는 아민 생성균에 의한 발효 식품에 의한 다량의 바이오제닉 아민이 축적되는 것을 막기 위해 발효식품 및 식품 안전용으로 *Bacillus* sp. BCNU 9171를 starter 균주로 이용 가능하다는 것을 보여주고 있다.

Acknowledgments

This research is financially supported by Changwon National University in 2017–2018.

References

- Bai X, Byun BY, Mah JH. 2013. Formation and destruction of biogenic amines in Chunjang (a black soybean paste) and Jajang (a black soybean sauce). *Food Chem.* **141**: 1026-1031.
- Oh HH, Ryu MS, Heo J, Jeon SB, Kim YS, Jeong DY, et al. 2014. Characterization of biogenic amine-reducing *Pediococcus pentosaceus* isolated from traditionally fermented soybean products. *Korean J. Microbiol.* **50**: 319-326.
- Gardini F, Özogul Y, Suzzi G, Tabanelli G, Özogul F. 2016. Technological factors affecting biogenic amine content in foods: a review. *Front. Microbiol.* **7**: 1218.
- Karovicova J, Kohajdova Z. 2005. Biogenic amines in food. *Chemical Papers.* **59**: 70-79.
- Lorenzo JM, Munekata PES, Dominguez R. 2017. Role of autochthonous starter cultures in the reduction of biogenic amines in traditional meat products. *Curr. Opin. Food Sci.* **14**: 61-65.
- Mah JH, Han HK, Oh YJ, Kim MG, Hwang HJ. 2002. Biogenic amines in Jeotkals, Korean salted and fermented fish products. *Food Chem.* **79**: 239-243.
- Jeong DW, Kim HR, Jung G, Han S, Kim CT, Lee JH. 2014. Bacterial community migration in the ripening of doenjang, a traditional Korean fermented soybean food. *J. Microbiol. Biotechnol.* **24**: 648-660.
- Cho TY, Han GH, Bahn KN, Son YW, Jang MR, Lee CH, et al. 2006. Evaluation of biogenic amines in Korean commercial fermented foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**: 730-737.
- Toy N, Ozogul F, Ozogul Y. 2015. The influence of the cell free solution of lactic acid bacteria on tyramine production by food borne-pathogens in tyrosine decarboxylase broth. *Food Chem.* **173**: 45-53.
- Ozogul F, Tabanelli G, Toy N, Gardini F. 2015. Impact of cell-free supernatant of lactic acid bacteria on putrescine and other polyamine formation by foodborne pathogens in ornithine decarboxylase broth. *J. Agric. Food Chem.* **63**: 5828-5835.
- Ozogul F, Toy N, Ozogul Y, Hamed I. 2017. Function of cell-free supernatants of *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* strains on histamine formation by foodborne pathogens in histidine decarboxylase broth. *J. Food Process. Preserv.* **41**: e13208.
- Xie C, Wang HH, Deng SL, Xu XL. 2016. The inhibition of cell-free supernatant of *Lactobacillus plantarum* on production of putrescine and cadaverine by four amine-positive bacteria in vitro. *LWT - Food Sci. Technol.* **67**: 106-111.
- Yang SJ, Lee DH, Park HM, Jung HK, Park CS, Hong JH. 2014. Amylase activity and characterization of *Bacillus subtilis* CBD2 isolated from Doenjang. *Korean J. Food Preserv.* **21**: 286-293.

14. Heo SJ, Jeong KC, Lee HD, Jeong DW, Lee JH. 2017. Selection and characterization of *Bacillus* strains harboring the gene for biogenic amine degradation. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* **45**: 143-148.
15. Jeon SB, Ryu MS, Kim YS, Jo SW, Jeong DY, Uhm TB. 2013. Isolation and identification of *Bacillus* strains with antagonistic properties against film-forming yeasts overgrown in low salted soybean pastes. *Korean J. Microbiol.* **49**: 286-291.
16. Kim SY, Kim HE, Kim YS. 2017. The potentials of *Bacillus licheniformis* strains for inhibition of *B. cereus* growth and reduction of biogenic amines in cheonggukjang (Korean fermented unsalted soybean paste). *Food Control.* **79**: 87-93.
17. Kim YS, Cho SH, Jeong DY, Uhm TB. 2012. Isolation of biogenic amines-degrading strains of *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* from traditionally fermented soybean products. *Korean J. Microbiol.* **48**: 220-224.
18. Kim YS, Jeong JO, Cho SH, Jeong DY, Uhm TB. 2012. Antimicrobial and biogenic amine-degrading activity of *Bacillus licheniformis* SCK B11 isolated from traditionally fermented red pepper paste. *Korean J. Microbiol.* **48**: 163-170.
19. Saito N, Nei M. 1987. The neighbor-joining method, a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* **79**: 426-434.
20. Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ. 1994. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucl. Acids Res.* **22**: 4673-4680.
21. Gatson JW, Benz BF, Chandrasekaran C, Satomi M, Venkateswaran K, Hart ME. 2006. *Bacillus tequilensis* sp. nov., isolated from a 2000-year-old Mexican shaft-tomb, is closely related to *Bacillus subtilis*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **56**: 1475-1484.
22. Bartholomew BA, Berry PR, Rodhouse JC, Gilbert RJ, Murray CK. 1987. Scombrotoxic fish poisoning in Britain: features of over 250 suspected incidents from 1976 to 1986. *Epidemiol. Infect.* **99**: 775-782.
23. Lee YC, Kung HF, Huang YL, Wu CH, Huang YR, TSAI YG. 2016. Reduction of biogenic amines during miso fermentation by *Lactobacillus plantarum* as a starter culture. *J. Food Prot.* **79**: 1556-1561.