

Bacillus sp. 발효를 이용한 감자 칩의 아크릴아마이드 저감화

- 연구노트 -

이중재¹ · 오명근¹ · 장운혁² · 이영승¹ · 진용익³ · 장동철³ · 김성환⁴ · 정운화¹ · 김미숙¹

¹단국대학교 식품영양학과, ²경희대학교 식품영양학과
³농촌진흥청 고령지농업연구소, ⁴중부대학교 식품영양학과

Reduction of Acrylamide Formation in Potato Chips Fermented by *Bacillus* sp.

Joongjae Lee¹, Myeonggeun Oh¹, Yoon Hyuk Chang², Youngseung Lee¹, Yong-Ik Jin³,
Dong-Chil Chang³, Sung-Hwan Kim⁴, Yoonhwa Jeong¹, and Misook Kim¹

¹Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

²Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

³Highland Agriculture Research Institute, RDA

⁴Department of Food Science and Nutrition, Joongbu University

ABSTRACT The market for potato chips has expanded due to increased consumption of seasoned potato chips. However, the deep-frying process facilitates development of a browning color and formation of acrylamide. The objective of this work was to minimize browning color and acrylamide formation by fermentation prior to deep-frying. Potato slices were fermented by using three *Bacillus* strains, *B. licheniformis* (BL), *B. methylotrophicus* (BM), and *B. subtilis*, for 6 h at 30°C. In all fermentation groups, contents of total sugars in potato slices decreased. The color of fermented potato chips improved compared to the control. BM potato chips showed the best color values (76.33 in L value, 5.67 in a value, and 34.79 in b value). All fermentation processes reduced levels of acrylamide in deep-fried potato chips. Fermentation of potato slices for 2 h by BL reduced up to 96.1% acrylamide content. It was concluded that the fermentation process can positively affect color development and acrylamide formation.

Key words: acrylamide, color development, *Bacillus*, fermentation, potato chip

서 론

감자는 세계 5대 식용작물 중 하나로 수확한 후 상온 또는 저온 저장고에 저장, 유통되어 식용으로 소비되고 있으며, 국내에서는 주로 조리용으로 감자가 사용되어왔다(1). 과거에 감자는 주로 주식으로 이용됐으나 최근에는 감자 칩, 감자튀김, 감자 스낵 등 가공식품 형태의 기호용 식품으로 다양하게 이용되고 있다. 2014년 하반기부터 조미된 감자 칩의 열풍으로 감자 칩의 수요가 급격하게 증가하였으며 소비자들의 관심이 증가하고 있다(2).

감자 칩의 품질에 영향을 미치는 인자로는 감자의 품종, 저장방법, 환원당 함량 등이 있으며, 칩 제조 시 튀김온도, 튀김시간, 슬라이스 두께 등이 있다(3). 특히 감자를 고온에서 가공처리 시 감자 속에 있는 환원당과 아미노태 질소화합물 사이에서 Maillard 반응이 발생하는데, 이는 감자 칩의 갈변을 일으키는 melanoidins을 생성할 뿐만 아니라 발암물질인 아크릴아마이드를 형성하므로 Maillard 반응을 저해

시키기 위한 연구가 진행되고 있다(4).

아크릴아마이드는 식품을 고온에서 조리할 때 생성되는 화학물질로 발암 가능성이 있는 물질이라고 2002년에 스웨덴 국립식품청(SNFA, Swedish National Food Administration)에서 최초로 보고하였다. 아크릴아마이드의 위험성이 알려진 이후 여러 국가에서 아크릴아마이드의 함량을 모니터링한 결과 프렌치프라이, 감자 칩, 비스킷 등 고온에서 유탄 처리한 가공식품에서 아크릴아마이드 함량이 높은 것으로 밝혀졌다(5). 이에 따라 아크릴아마이드를 감소시키는 방법에 관한 관심이 증대되면서 2013년에 유럽식품·음료산업협회(CIAA, Confederation of the Food and Drink Industries of the United Nations)에서는 식품 제조업체나 가정에서 아크릴아마이드를 감소시키기 위한 지침서를 제시하였다. 우리나라 식품의약품안전처에서는 아크릴아마이드의 안전 목표를 1 mg/kg 이하로 설정하여 식품업체에서 자율적으로 관리하도록 하고 있다(6).

식품 가공 중 생성되는 아크릴아마이드 함량을 줄이기 위하여 전구체인 아스파라긴이나 환원당이 적은 개량품종 된 감자를 사용하는 등 다양한 방법들이 시도되었다. Maillard 반응물질인 아스파라긴이나 환원당을 감소시켜 Maillard 반응을 억제하는 방법으로 칩 가공 시에 Maillard 반응 저해물

Received 23 October 2015; Accepted 6 November 2015

Corresponding author: Misook Kim, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Yongin, Gyeonggi 16890, Korea
E-mail: mkim5@dankook.ac.kr, Phone: +82-31-8005-3986

질을 처리하여 가공, 데치기(blanching), 산도 조절, 저온진공 가공 등이 있다. 이러한 방법들은 일부 실행 중이지만 비용이 많이 들거나 공정에 어려움이 있다고 하여(7,8) 감자 발효를 통해 아크릴아마이드를 감소시키는 방안이 제시된 바 있다. Manan 등(9)은 *Lactobacillus plantarum*으로 감자슬라이스를 발효시켜 환원당을 60% 감소시켰다고 보고하였다. 또한 Slinde 등(10)은 세 가지 종의 lactobacilli 변형 균을 이용하여 당근 슬라이스를 발효시켜 환원당 함량을 75% 감소시켰다고 보고하였다. 이전의 연구에서는 환원당 함량을 감소시켜 아크릴아마이드 저감화를 예측해 보았다면, Baardseth 등(11)은 *L. plantarum*으로 감자 스틱을 발효시켜 환원당 함량과 아크릴아마이드 함량을 감소시켰다. 해외의 감자 발효에 관한 연구는 *Lactobacillus* sp.를 이용한 연구가 주로 진행되어왔다.

본 연구는 청국장, 간장 등 콩 발효식품에 널리 존재하고 있으며, 생장력이 좋은 *Bacillus* sp.를 감자에 발효시켜 감자 칩을 제조하였을 때 색도와 아크릴아마이드 형성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

재료 및 방법

재료

감자(*Solanum tuberosum* L., Nonghyup, Sejong, Korea)는 2015년 6월 세종특별자치시 장기면에서 수확된 수미(Superior) 품종을 구입하여 4°C에서 냉장 보관하며 시료로 이용하였다.

Bacillus sp. 접종

미생물자원센터(Daejeon, Korea)에서 분양받은 *Bacillus licheniformis*(KCTC 1026, BL), *B. subtilis*(ATCC 6633, BS)와 간장에서 분리한 *B. methylotrophicus* MKSY2013 (BM)을 발효 균주로 선정하였다. BL, BS, BM은 nutrient broth(BD Difco, Sparks, MD, USA)에 접종하여 24시간 동안 배양기(HB-101S, Hanbaek Co., Ltd., Bucheon, Korea)에서 배양하였다. 균을 배양한 배지를 3,424×g-force, 5°C에서 30분간 원심분리 후 상등액을 제거하여 균을 분리하였다.

감자슬라이스 발효

감자를 물로 세척하여 껍질을 벗긴 후 Smart Multi Cutter(Progressive International Inc., Guangzhou, China)를 이용하여 1.5 mm 두께의 슬라이스로 절단하고 멸균 식염수에 1:2(w/v) 비율로 침지한 다음 상기 분리 균 $10^7 \sim 10^8$ cells/mL를 접종하였다. 감자슬라이스는 30°C로 설정한 배양기(HB-101S, Hanbaek Co., Ltd.)에서 6시간 동안 정치발효를 하였다. BM, BS, BL로 0, 2, 4, 6시간 발효시킨 감자슬라이스를 각각 급속 냉동시켜 동결건조 한 후 믹서기(BL120, Home Culture Appliances Ltd., Shenzhen, China)를 이용

하여 분쇄하였다. 분말을 밀봉하여 4°C에 보관하며 총당과 환원당 함량 측정 실험의 시료로 사용하였다.

감자 칩 제조

시간별로 발효된 감자를 10초간 물로 씻어 1분간 상온 건조한 후 튀김기(DS-100, Daeshin Co., Incheon, Korea)에서 한 부분(100 g)씩 총 네 부분을 180°C에서 2분간 유탕 처리하였다. 튀김기름은 팜유(Lotte palm oil, Lotte, Selangor, Malaysia)와 미강유(Serim rice bran oil, Serim, Yeongi, Korea)를 8:2로 혼합하여 이용하였다.

총당과 환원당 함량 측정

Phenol-sulfuric acid 법(12)을 모방하여 감자 분말 시료 1 g을 증류수 100 mL(w/v%)로 정용한 50배 희석한 용액을 1 mL 취한 후 5% phenol 1 mL와 진한 황산 5 mL를 가하여 혼합한 다음 30분간 반응시켜 분광광도계(Cary 60 UV-Vis, Agilent Technologies Inc, Santa Clara, CA, USA)로 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당 함량은 DNS(dinitrosalicylic acid) 법(13)을 모방하여 감자 분말 시료 1 g에 증류수 25 mL로 정용한 다음 30°C에서 424×g로 1시간 교반한 후 3,424×g-force, 5°C에서 20분간 원심분리한 용액의 상등액 1 mL에 DNS 시약 1 mL를 가해 끓는 수욕 상에서 10분간 발색시킨 뒤 535 nm에서 흡광도를 측정하였다.

아크릴아마이드 함량 측정

아크릴아마이드 함량은 식품의약품안전처 분석 방법(14)에 따라 액체 질량분석기(HPLC/MS/MS)에 MRM(multiple reaction monitoring)을 이용하여 분석하였다. 제조한 감자 칩을 믹서기(Home Culture Appliances Ltd.)를 이용하여 균질화한 후 1 g을 정밀히 취하여 50 mL 폴리프로필렌 코니컬 튜브에 넣고 내부표준용액 1 mL와 물 9 mL를 가한 다음 잘 혼합하여 진탕기에 넣어 636×g로 20분 동안 추출한 후 원심분리를 이용하여 19,080×g로 30분 동안 원심분리하였다. 이후 원심분리 하고 얻어진 물층 5 mL를 여과튜브에 옮기고 14,840×g로 10분간 다시 원심분리 하여 상등액을 얻었다. 메탄올 3.5 mL와 물 3.5 mL로 활성화시킨 OASIS HLB SPE 카트리지에 상등액 1.5 mL를 넣어 통과시킨 후 물 0.5 mL를 흘려버리고 물 1.5 mL를 용출시켜 모은 용액을 메탄올 2.5 mL와 물 2.5 mL로 활성화한 Bond Elut-Accucat SPE 카트리지에 1.5 mL를 넣은 후 처음 0.5 mL를 흘려버리고 이후 얻어진 1 mL를 액체 질량분석기(API 5000 LC/MS/MS System, AB Sciex Pte. Ltd., Woodlands, Singapore)의 분석 시료로 사용하였다. 질량분석기 분석조건은 Table 1과 같다.

색도 측정

각 시험군의 색도는 감자 칩을 믹서기(Home Culture

Table 1. HPLC/MS/MS instrument condition

Parameters	Condition
Tandem mass spectrometer	API 5000 LC/MS/MS system
HPLC Column	Agilent 1260 HPLC Full System Aqua C18 HPLC column (2×250 mm), 5 μm
Isocratic mobile phase	Water (0.1% acetic acid+0.5% methanol)
Flow rate	0.2 mL/min
Injection volume	20 μm
Ionization type	ESI (positive)

Appliances Ltd.)로 분쇄하여 균질화한 후 색차계(Model CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter 값(L=명도, a=적색도, b=황색도)을 측정하였다.

통계분석

실험 결과는 3회 반복으로 수행한 평균값과 표준편차로 나타냈고, 각 실험 결과에 대한 통계분석은 Minitab 16 (Minitab Inc., State College, PA, USA) 통계 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석을 시행하였다. 각 실험군 평균 간의 유의적 차이는 Tukey test로 검증하였다.

결과 및 고찰

발효 감자의 총당 및 환원당 함량

초기 접종 균수는 $7.5 \times 10^7 \sim 2.7 \times 10^8$ CFU/mL이며 발효 6시간 동안 균수와 pH 변화는 거의 없었다. 모든 실험군에서 pH는 5.72~6.11의 범위였으며 발효에 따른 큰 차이는 보이지 않았다(data not shown). 본 연구에서는 감자슬라이스를 식염수에 침지시킨 용액을 *Bacillus* sp.의 영양원으로 사용하였기 때문에 합성배지처럼 세균 성장을 위한 충분한 영양 공급이 이루어지지 않았을 것으로 생각한다. 이는 Palmen 등(15)의 연구에서 *Bacillus* sp.의 유도기가 pH 6.5에서 최소 7시간이었던 것과 비교하여 아직 유도기에 머물러 균체량과 pH 변화가 거의 없는 것으로 보인다.

당류는 감자의 발효과정 중 *Bacillus* 등 미생물의 대사 에너지로 이용되며 미생물이 생산한 효소의 작용으로 생성되거나 분해된다. 감자분말 총당 함량은 Table 2와 같다. 실험에 사용된 수미감자의 총당 함량은 34.32 ± 0.04 mg/g으

로 Kim 등(12)의 연구에서 나타난 수미감자의 총당 함량인 32.61 ± 1.15 mg/g과 유사한 값을 나타내었다. 모든 실험군의 총당 함량은 발효시간이 경과할수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 발효 6시간 동안 총당 함량은 29.84~51.45% 감소하였다. 특히 감자슬라이스의 총당 함량 감소 속도는 BS가 가장 빨라 발효 2시간 후 총당 함량은 23.60 ± 0.00 mg/g으로 감소하였으며, 6시간 후에는 17.04 ± 0.07 mg/g으로 약 50% 감소하였다. 감자의 총당 함량이 감소하는 것은 *Bacillus*가 생육하는 동안 생산되는 amylase에 의한 전분의 가수분해 때문이다(16). 이는 청국장을 제조하기 위하여 *B. amyloliquefaciens*를 접종하였을 때 6시간 이내에 amylase 활성이 높게 나타나 발효 초기에 전분분해가 일어나 총당 함량 감소에 기여하였다는 Lee 등(17)의 연구와 유사하였다. Amylase를 생산하는 대표적인 *Bacillus* sp.로는 *B. subtilis*, *B. stearothermophilus*, *B. licheniformis* 그리고 *B. amyloliquefaciens* 등이 있다고 알려졌다(18).

감자슬라이스가 발효하는 동안 총당 함량은 지속해서 감소하는 반면 환원당 함량은 감소하였다가 증가하는 현상이 나타났다. 가공 중 감자의 환원당은 아크릴아마이드의 생성 기전인 Maillard 반응을 일으키는 핵심인자로 작용한다(19). 감자의 환원당 함량은 품종별로 유의적 차이가 있으며 Kumar 등(20)은 저장조건이 감자의 당 함량 변화에 크게 영향을 미친다고 하였다. 본 연구에서 사용한 수미감자의 환원당 함량은 654 mg/100 g이었다. 국내 생산 감자의 환원당 함량은 조풍(1,210 mg/100 g)이 가장 높으며 세풍(1,160 mg/100 g), 수미(753 mg/100 g), 남서(322 mg/100 g), 대서(245 mg/100 g) 순이다(13). 미생물 발효를 통해 감자슬라이스의 환원당 변화를 관찰하였고, 그 결과는 Table 3과 같다. BL 감자슬라이스는 초기 4시간 동안 환원당 함량이 감소했지만 BM과 BS는 2시간 동안 감소한 후 모두 발효 6시간까지 증가하였다. 초기 환원당 감소는 감자슬라이스 내 존재하는 환원당을 *Bacillus* sp.가 성장에 필요한 기질로 이용한 결과이며, 이후 *Bacillus* sp.의 대사를 통해 생성된 amylase 활성 증가로 인해 환원당이 증가하였을 것으로 생각된다.

발효 감자 칩의 색도

발효시킨 감자슬라이스를 감자 칩으로 가공 후 색은 대조구와 큰 차이가 있었다(Fig. 1). Table 4는 감자 칩의 색도를 측정된 결과이다. Kaaber 등(21)의 연구에서는 가공 전 감

Table 2. Total sugar contents of potato during bacterial fermentation

Bacterial species ¹⁾	Fermentation period (h)			
	0	2	4	6
BL	$34.32 \pm 0.04^{a2)}$	29.49 ± 0.13^b	27.01 ± 0.07^c	18.75 ± 0.33^d
BM	34.32 ± 0.04^a	31.60 ± 0.11^b	27.16 ± 0.13^c	24.08 ± 0.07^d
BS	34.32 ± 0.04^a	23.60 ± 0.00^b	20.34 ± 0.00^c	17.04 ± 0.07^d

¹⁾BL, potato chips fermented by *B. licheniformis*; BS, potato chips fermented by *B. subtilis*; BM, potato chips fermented by *B. methylotrophicus*.

²⁾Means with the same letter in the same row are not significantly different ($\alpha=0.05$).

Table 3. Reducing sugar contents of potato during bacterial fermentation (mg/100 g)

Bacterial species ¹⁾	Fermentation period (h)			
	0	2	4	6
BL	654.40±8.97 ^{a1)}	425.92±6.74 ^b	273.52±8.12 ^c	364.76±6.52 ^d
BM	654.40±8.97 ^b	320.64±1.85 ^d	532.10±16.36 ^c	802.71±2.97 ^a
BS	654.40±8.97 ^b	334.38±4.42 ^d	495.02±12.54 ^c	743.53±26.52 ^a

¹⁾BL, potato chips fermented by *B. licheniformis*; BS, potato chips fermented by *B. subtilis*; BM, potato chips fermented by *B. methylotrophicus*.

²⁾Means with the same letter in the same row are not significantly different ($\alpha=0.05$).

자슬라이스의 환원당 함량이 낮을수록 감자 칩으로 가공 후에는 L 값이 증가하였고 a, b 값은 모두 감소하여 환원당 함량과 색도 간에 상관관계를 나타내었다. 마찬가지로 본 연구에서도 감자슬라이스의 환원당 함량과 감자 칩 색도 간의 경향성을 확인할 수 있었다. b 값과 환원당 함량에 따른 상관관계($R=0.479$, $P<0.001$)에서는 환원당 함량이 증가할

수록 b 값이 비례하여 증가하는 것을 알 수 있었다. Brands 등(22)은 고온에서 환원당과 아미노태 질소화합물이 Maillard 반응을 일으켜 갈색을 나타내는 melanoidins를 형성한다고 하였으며, 이러한 이유로 환원당 함량이 높을수록 melanoidins를 많이 형성하여 b 값이 높아진 것으로 생각된다. Rodriguez-Saona와 Wrolstad(23)는 순위법(ranking test)

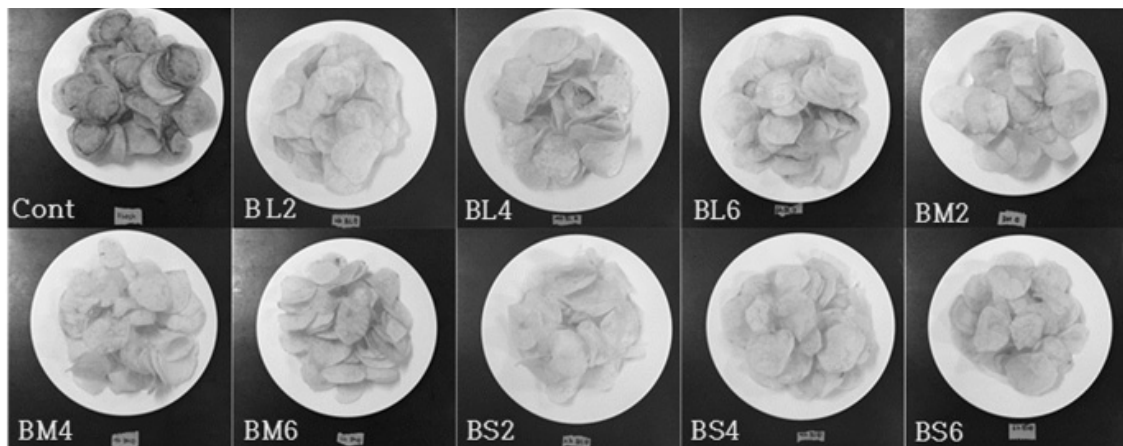


Fig. 1. Effect of fermentation on the color development of potato chips. Cont, non-fermented potato chips; BL2, potato chips fermented for 2 h by *B. licheniformis*; BL4, potato chips fermented for 4 h by *B. licheniformis*; BL6, potato chips fermented for 6 h by *B. licheniformis*; BM2, potato chips fermented for 2 h by *B. methylotrophicus*; BM4, potato chips fermented for 4 h by *B. methylotrophicus*; BM6, potato chips fermented for 6 h by *B. methylotrophicus*; BS2, potato chips fermented for 2 h by *B. subtilis*; BS4, potato chips fermented for 4 h by *B. subtilis*; BS6, potato chips fermented for 6 h by *B. subtilis*.

Table 4. Hunter color values of deep-fried potato chips

Bacterial species ¹⁾	Time ²⁾	L ³⁾	a	b
Control		59.22±0.02 ^{d4)}	13.38±0.03 ^a	38.44±0.06 ^a
BL	2	75.16±1.79 ^{ab}	5.07±1.16 ^d	31.95±0.79 ^f
	4	73.14±0.61 ^{abc}	7.59±0.15 ^{bcd}	35.00±0.97 ^{bcd}
	6	69.25±2.02 ^c	10.43±1.65 ^{ab}	34.92±1.12 ^{bcd}
BM	2	73.54±4.02 ^{abc}	6.65±2.62 ^{cd}	34.53±0.52 ^{cde}
	4	76.33±1.56 ^a	5.67±0.22 ^d	34.79±0.85 ^{cd}
	6	73.64±1.24 ^{abc}	6.79±1.02 ^{cd}	34.93±0.04 ^{bcd}
BS	2	73.51±3.73 ^{abc}	5.81±3.13 ^d	32.40±0.19 ^f
	4	72.86±0.16 ^{abc}	8.03±0.29 ^{bcd}	35.74±1.13 ^{bc}
	6	75.67±1.19 ^{ab}	5.87±0.18 ^d	36.83±0.92 ^{ab}

¹⁾Control, non-fermented potato chips; BL, potato chips fermented by *B. licheniformis*; BS, potato chips fermented by *B. subtilis*; BM, potato chips fermented by *B. methylotrophicus*.

²⁾Fermentation period (h).

³⁾Color measurement recorded as L, lightness; a, red; b, yellow.

⁴⁾Means with the same letter in the same column are not significantly different ($\alpha=0.05$).

을 이용하여 6개의 감자 칩 색도를 평가한 결과 가장 좋은 평가를 받은 감자 칩의 L 값은 68.70, a 값은 2.68, b 값은 26.09인 반면에 가장 좋지 않은 평가를 받은 감자 칩의 L 값은 49.89, a 값은 8.33, b 값은 16.69였으며, 색도 중 L 값의 증가가 중요하였다고 보고하였다. *Bacillus* sp.로 발효시킨 감자 칩의 평균 색도 값은 L 값 73.70, a 값 6.94, b 값 34.23으로 대조구에 비하여 L 값은 14.49 상승하였으며, a 값, b 값은 각각 6.44, 4.22 감소하여 대조구에 비해 감자 칩으로 적합한 색도를 나타내었다.

아크릴아마이드 함량

발효 감자 칩의 아크릴아마이드 함량을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. Friedman(24)의 연구에서는 시중에 판매되는 감자 칩의 환원당 함량이 30~3,200 µg/kg을 나타내었다. 본 연구에 시료로 이용된 수미감자를 감자 칩으로 가공한 결과 아크릴아마이드 함량은 3,893 µg/kg으로 높은 수치를 나타내었다. *Bacillus* sp.로 감자슬라이스를 2시간 발효시켜 감자 칩을 제조한 결과 BL은 2시간 후 아크릴아마이드 함량이 96.1%로 가장 많이 감소하였으며, BM은 4시간 발효 후 94.4%, BS는 2시간 발효 후 93.6% 감소되어 모든 발효 감자 칩에서 아크릴아마이드 함량이 큰 폭으로 감소된 것을 알 수 있었다. Baardseth 등(11)은 감자를 *Lactobacillus* sp.로 발효하여 아크릴아마이드 함량이 71% 감소한 프렌치프라이를 제조한 바 있다. Kim 등(25)은 lysine, glycine, cysteine 등을 이용하여 가공식품의 아크릴아마이드의 함량을 80% 이상 감소시켰으며, 이외에도 감자 자체 내 아크릴아마이드의 전구체 함량을 줄이는 방법, 가열하는 동안 아크릴아마이드 생성량을 줄이는 방법 등에 관한 다양한 연구가 시도되었다(7,26).

결론적으로 감자 칩의 아크릴아마이드 함량을 줄이기 위하여 도입한 *Bacillus* sp.를 이용한 발효는 간단하면서도 비교적 단시간 내 생성 가능한 아크릴아마이드 함량을 93% 이상 줄이는 데 효과적이었으며, 이러한 결과는 감자 칩 등

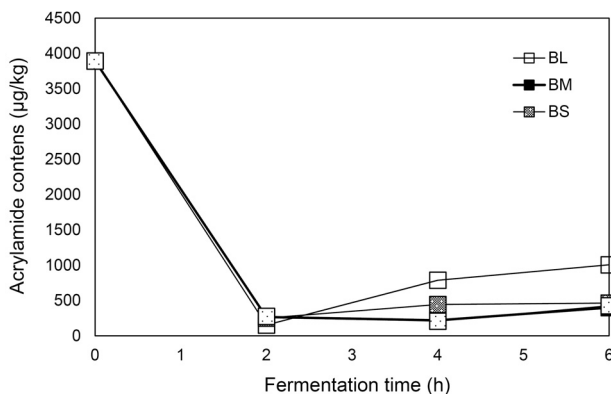


Fig. 2. Acrylamide contents of non-fermented and fermented potato chips. BL, potato chips fermented by *B. licheniformis*; BS, potato chips fermented by *B. subtilis*; BM, potato chips fermented by *B. methylotrophicus*.

고온에서 가열 처리하는 전분 가공식품 생산에서 안전성을 확보하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 *Bacillus* sp.를 이용하여 감자슬라이스를 발효시킨 후 성분을 분석하고, 감자 칩으로 가공하여 색도와 아크릴아마이드 함량을 알아보았다. *B. licheniformis*, *B. methylotrophicus*, *B. subtilis* 각각을 $7.5 \times 10^7 \sim 2.7 \times 10^8$ CFU/mL 접종하여 6시간 동안 발효한 결과 균수의 증가는 보이지 않는 유도기였음에도 불구하고 총당 함량은 감소하였으며, 환원당 함량 변화에 영향을 미쳤다. 감자 칩의 색도는 대조구에 비하여 실험구의 L 값이 증가하였으며, a 값과 b 값은 감소하여 감자 칩으로 적합한 색도를 나타내었다. 발효 감자 칩의 아크릴아마이드 함량은 평균 약 94% 감소하였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01123904)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ha JH, Ha SD, Kang YS, Hong KP, Bae DH. 2007. Microbiological, nutritional, and rheological quality changes in frozen potatoes during storage. *Korean J Food Sci Technol* 39: 663-668.
- Food news. 2014. How will be maintained boom of honey butter chips. <http://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=53159> (accessed Jun 2015).
- Kaur A, Singh N, Ezekiel R. 2008. Quality parameters of potato chips from different potato cultivars: Effect of prior storage and frying temperatures. *Int J Food Prop* 11: 791-803.
- Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, Robert MC, Riediker S. 2002. Food chemistry: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419: 449-450.
- Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Törnqvist M. 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem* 50: 4998-5006.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2014. Knowledge of food safety. http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/board/boardDetail.do?menu_no=268&bbs_no=bbs001&ntctxt_no=22266&menu_grp=MENU_GRP01 (accessed Oct 2015).
- Jung MY, Choi DS, Ju JW. 2003. A novel technique for limitation of acrylamide formation on fried and baked corn chips and in French fries. *J Food Sci* 68: 1287-1290.
- Kita A, Brathen E, Knutsen SH, Wicklund T. 2004. Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing. *J Agric Food Chem* 52: 7011-7016.
- Manan JK, Joshi GJ, Saxena AK, Kalra CL, Berry SK. 1987. Improvement in colour of deep fat fried potato chips from cold stored potatoes by lactic acid fermentation (*Lactobacillus plantarum*). *J Food Sci Technol* 24: 139-141.
- Slinde E, Skrede G, Aukrust T, Blom H, Baardseth P. 1993. Lactic acid fermentation influence on sugar content and col-

- our of deep-fried carrot chips. *Food Res Int* 26: 255-260.
11. Baardseth P, Blom H, Skrede G, Mydland LT, Skrede A, Slinde E. 2006. Lactic acid fermentation reduces acrylamide formation and other Maillard reactions in French fries. *J Food Sci* 71: C28-C33.
 12. Kim HN, Yu SY, Yoon WB, Jang SM, Jang YJ, Lee OH. 2014. Analysis of nutritional components and physicochemical properties of hot-air dried Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. *Korean J Food Sci Technol* 46: 73-78.
 13. Kwon OY, Kim HJ, Oh SH, Lee JH, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Park CS, Kim MR. 2006. Nutrient composition of domestic potato cultivars. *J East Asian Soc Dietary Life* 16: 740-746.
 14. Chung HW, Park SK, Choi D. 2007. Determination of acrylamide in food products. *Anal Sci Technol* 20: 164-169.
 15. Palmen TG, Scheidle M, Huber R, Kamerke C, Wilming A, Dittrich B, Klee D, Büchs J. 2013. Influence of initial pH values on the lag phase of *Escherichia coli* and *Bacillus licheniformis* batch cultures. *Chem Ing Tech* 85: 863-871.
 16. Oh HI, Eom SM. 2008. Changes in microflora and enzyme activities of *cheonggukjang* prepared with germinated soybeans during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 40: 56-62.
 17. Lee NR, Go TH, Lee SM, Hong CO, Park KM, Park GT, Hwang DY, Son HJ. 2013. Characteristics of Chungkookjang prepared by *Bacillus amyloliquefaciens* with different soybeans and fermentation temperatures. *Korean J Microbiol* 49: 71-77.
 18. Sivaramakrishnan S, Gangadharan D, Nampoothiri KM, Soccol CR, Pandey A. 2006. α -Amylases from microbial sources – an overview on recent developments. *Food Technol Biotechnol* 44: 173-184.
 19. Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. 2002. Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419: 448-449.
 20. Kumar D, Singh BP, Kumar P. 2004. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Ann Appl Biol* 145: 247-256.
 21. Kaaber L, Sundt TW, Slinde E. 1995. Production of chips from potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) with high sugar content using lactic acid fermentation. *Potato Res* 38: 39-45.
 22. Brands CM, Wedzicha BL, van Boekel MA. 2002. Quantification of melanoidin concentration in sugar-casein systems. *J Agric Food Chem* 50: 1178-1183.
 23. Rodriguez-Saona LE, Wrolstad RE. 1997. Influence of potato composition on chip color quality. *Amer Potato J* 74: 87-106.
 24. Friedman M. 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *J Agric Food Chem* 51: 4504-4526.
 25. Kim CT, Hwang ES, Lee HJ. 2005. Reducing acrylamide in fried snack products by adding amino acids. *J Food Sci* 70: C354-C358.
 26. Grob K, Biedermann M, Biedermann-Brem S, Noti A, Imhof D, Amrein T, Pfefferle A, Bazzocco D. 2003. French fries with less than 100 g/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. *Eur Food Res Technol* 217: 185-194.