

장류에 접종된 *Bacillus cereus* 포자의 저감화 기법에 관한 연구

이남혁¹ · 조은지¹ · 오세욱² · 홍상필^{1*}

¹한국식품연구원 대사기능연구본부

²국민대학교 식품영양학과

Study on the Hurdle Technique for the Reduction of *Bacillus cereus* Spores in Doenjang and Gochujang

Nam-Hyouck Lee¹, Eun-Ji Jo¹, Se-Wook Oh², and Sang-Pil Hong^{1*}

¹Division of Metabolism and Functionality Research Functional Materials Research Group,
Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-900, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

Abstract

The effects of hurdle techniques on the reduction of *Bacillus cereus* spores in Doenjang and Gochujang were investigated. In our system, *Bacillus cereus* spores were artificially inoculated into Doenjang and Gochujang. Hurdle techniques used in this study were additives (3% ethyl alcohol-0.03% oregano extract), Joule heating (95°C for 5 min), and hydrostatic pressure (500 MPa for 5 min at 45°C). Additive-Joule (AJ) and additive-Joule-pressure (AJP) treatments for Doenjang resulted in a 2.80 log and 3.74 log reduction, respectively, while treatments for Gochujang resulted in a 4.71 log and 5.60 log reduction, respectively. This suggests a high synergistic effect of Joule heating with additive treatment in Doenjang and Gochujang. A combination of hurdles such as additives, Joule heating, and hydrostatic pressure also kept *Bacillus cereus* spore counts low during storage at 30°C. Therefore, *Bacillus cereus* spores inoculated into Doenjang and Gochujang can be effectively reduced through combined treatments, including AJ or AJP.

Key words: *Bacillus cereus*, hurdle, spore, Doenjang, Gochujang

서 론

최근 장류에서 *Bacillus(B.) cereus* 균이 식품안전을 위협하는 요인으로 주목되어 식품위생법 제 7조에 식품의 기준 및 규격(식품공전)에 장류 1 g당 10^4 이하로 기준치가 정해져 있어 이의 제어를 위한 많은 노력이 행해지고 있다(1).

*B. cereus*는 32~40°C의 중온성, 그람양성, 호기성, 10% 내염성 및 내열성으로 알려져 있으며 포자를 생성하며 식중독을 일으키는 유해균이다(2). *B. cereus*의 영양세포(vegetative cell)는 된장 등 고염 농도의 장류에 접종하고 난 후에 극한 환경으로 인해 검출이 잘 안 되는 것으로 알려져 있으나 포자(spore)의 경우에는 접종 후에도 검출되기 때문에 된장에 존재하는 *B. cereus*의 살균을 위해서는 영양세포가 아닌 포자를 중심으로 다루어져야 보다 실용적인 결과를 얻을 수 있을 것이다(3). *B. cereus* 영양세포는 pH 7.0과 5.5 사이에서는 거의 일정하나 그 이하에서는 급격히 떨어지며 7.5% NaCl 조건에서는 어떤 온도조건에서도 생장이 관찰되지 않고 있다(4). 술빈산, 안식향산, 초산, 개미산 및 젖산

등 유기산, nicin 등 bacteriocin 및 오레가노 등 허브추출물, 벤조인산, EDTA 및 polyphosphate 등에 의한 첨가물도 비활성 효과를 주는 것으로 알려져 있다(5). 그러나 포자의 경우에는 10^5 spore/mL가 zero base로 사멸되는 데 100°C에서 6분으로 알려져 있으나 오염원에 따라 열 저항성에도 차이가 있는 것으로 보고되고 있다(5).

한편 Leistner(6)는 미생물로부터 식품을 보존하기 위한 수단을 허들(hurdle)이라고 명명한 이후 허들은 온도(고온-열살균, 저온-보존온도), pH, Aw(건조, 고삼투), 산화환원전위, 가스환경(CO₂, O₂, N₂), 포장(진공, 무균), 압력(초고압), 전자파(초음파, 마이크로파, PEF), 미생물 및 보존제(유기산, 천연 보존제 등) 등 식품을 미생물의 공격에서 방어하는 수단으로 지금까지 약 수십여 가지 이상의 허들이 제시되고 있다(7).

허들처리법과 *B. cereus* 포자불활성화 연구와 관련하여 Yang 등(3)은 자몽추출물, EDTA와 열처리를 통해 *B. cereus* 포자 불활성화 상승효과를 보고하였고 Shin 등(8)은 열처리와 상업적인 항균제와의 병용처리에 의한 불활성화

*Corresponding author. E-mail: sphong@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9098, Fax: 82-31-780-9160

효과를 보고하였으며 이외에도 López-Pedemonte 등(9)은 치즈에 있어서 nisin이나 lysozyme 첨가와 초고압에 의한 *B. cereus* 포자의 불활성화 효과를 보고한 바 있다.

한편 된장의 품질도 열처리에 의해 색상이나 향미성분에 영향을 주기 때문에 단일한 방법으로 극한적으로 처리하는 것보다 hurdle technology를 적용하는 것이 물성의 변화를 최소화 하고 위해인자 저감효율을 극대화 할 수 있는 방법으로 기대되고 있다.

된장은 기본적으로 염농도가 15% 이상 높고 pH도 높은 조건이다. 된장의 보존성을 높이기 위한 허들설계는 품질에 영향을 주지 않거나 품질을 좋게 할 수 있으면서도 살균 혹은 항균처리를 적용하는 것이 유리할 것으로 판단되고 있다.

본 연구에서는 사전 실험결과와 기존에 보고를 종합하여 된장과 고추장에 대하여 *B. cereus* 포자를 집중하고 기존의 열처리방식과는 다른 Joule 가열법과 물리적 방법인 초고압 기술, 첨가물로서 미생물의 저감효과가 인정되는 에탄올 및 오레가노 추출물 등을 활용하여 *B. cereus* 포자에 대한 살균 효과와 저장 중의 변화를 검토함으로써 효과적인 미생물 살균에 대한 허들기술을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

시판 된장과 고추장(S사)은 성남시 소재 롯데백화점에서 구입하여 사용하였다. MYP 배지, egg yolk 및 supplement는 Merck(Rahway, NJ, USA)의 특급품을 사용하였고 기타 시약은 모두 특급을 사용하였다. *B. cereus*(ATCC 21772)는 50% glycerol stock로 보관 중인 균주를 사용하였다.

포자의 제조 및 접종

Yang 등(3)이 제시한 방법에 따라 제조하여 접종하였다. *B. cereus*를 nutrient broth에서 24시간 배양 후 nutrient agar(5 µg/mL MnSO₄ 포함)에 2 mL 접종하여 30°C, 3일간 배양하여 포자를 발생시켰으며, 0.1 M NaCl(0.1% triton X-100)을 이용하여 포자를 회수하고 4,000×g에서 20분 원심분리 하여 상등액을 제거한 뒤 saline으로 3회 반복 세척 후 최종 10 mL로 현탁하였다. 회수된 포자는 4°C에서 보존하고 실험 전에 80°C에서 10분간 처리하여 영양세포를 사멸한 후 된장 접종에 사용하였다. 포자의 확인은 Schaeffer와 Fulton 포자염색법(10)을 사용하였다. 회수된 포자의 최종 농도는 10⁷ spore/mL 수준이었다.

포자 접종 시료의 제조

10⁷ spore/mL 포자를 10⁵ spore/g이 되도록 된장 및 고추장에 첨가하고 미리 UV 살균 처리한 PE 필름에 충전한 후 stomacher mixer에서 충분히 혼합하여 사용하였다.

Joule 가열

Batch식 Joule 가열장비(Ohmic heater, Frontier engi-

neering, Tokyo, Japan)를 이용하여 살균 시험을 행하였다. Joule 가열장치는 출력전압 100~400 V까지 조절할 수 있으며, 주파수는 20 kHz의 고정형의 것을 사용하였다. 된장 2 kg을 20 cm×20 cm×20 cm 규격의 chamber에 채우고 온도를 설정하고 가열을 실시한 다음 95°C에 도달 후 5분 후에 시료를 채취하고 그대로 PE 필름에 포장하여 얼음물에서 급냉시켰다.

초고압 처리

진공포장 된 된장 및 고추장을 hydrostatic fluid medium으로 채워진 고압기(Quintus foodprocessor 6, ABB Autoclave System, Inc., Houston, TX, USA)의 chamber에 넣고 500 MPa 압력으로 5분간 처리하였으며, 이때 chamber의 온도는 45±3°C였다.

첨가물 처리

EtOH은 95% 주정을 활용하고 오레가노 추출물은 주정에 건조 오레가노 분말을 1%(w/v) 되도록 첨가한 후 overnight 한 다음 3,000×g에서 10분간 원심분리 하여 상등액을 된장 혹은 고추장에 대하여 3%(v/w) 되게 첨가하였다.

*Bacillus cereus*의 계수

MYP 배지 분석법(1)을 변형하여 계수하였다. 시료 10 g을 취하여 20 mL의 멸균 생리식염수를 가하여 2분간 고속으로 균질화하여 시험용액으로 하였다. 멸균 생리식염수를 사용하여 10배 단계희석액을 MYP agar에 0.1 mL씩을 도말하여 30°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 집락 주변에 lecithinase를 생성하는 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 선별하여 계수하였다.

저장시험

시료를 30°C incubator에 32일 동안 저장하고 일정 기간마다 시료를 채취하여 *B. cereus* 수를 측정하였다.

통계분석

실험은 모두 3회 반복하였고 자료의 통계분석은 SAS program(ver. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) (1999)을 이용하였으며 각 처리구 간의 유의성 검증을 위해 one way ANOVA를 실시한 후 처리군의 평균값 간의 비교를 위해 Duncan의 다중검정(multiple range test)을 이용하여 5% 수준에서 유의성 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

Hurdle technique에 의한 *B. cereus* 포자의 저감화 효과

Table 1에는 허들기술에 의한 장류의 *B. cereus* 포자의 저감효과를 극대화시키기 위하여 미생물 포자의 저감효과가 인정되는 요소기술들을 사전에 검토하여 그 결과를 제시하였다.

Table 1. Hurdles related to Doenjang and Gochujang

Hurdle	Application	Methods (range)
Aw	Yes	3% EtOH (95%)
Preservative	Yes	Oregano EtOH ext. 0.03%
Air	Yes	Vacuum packaging
Joule heating	Yes	95°C, 5 min
Hydrostatic pressure	Yes	500 MPa, 45°C, 5 min

허들의 요소기술로서 ①Aw(water activity) ②보존료 ③ air 존재유무 ④가열처리 및 ⑤고압처리 등 크게 5가지로 나누어 조사하였다. 그 결과, ①Aw 분야에서는 Takano와 Yokoyama(5)의 주정(EtOH)을 이용한 기술, ②보존제 분야에서는 Galli 등(11)의 천연향신료 추출물인 오레가노(oregano)를 이용한 기술, ③탈기분야에서는 고전적인 탈기 방법, ④열처리분야에서는 순간적이며 일률적인 열처리가 가능한 Joule 가열법(12), ⑤고압분야에서는 500 MPa 부근의 초고압을 이용한 기술(13-15) 등을 허들의 요소기술로서 활용하는 것이 효율적일 것으로 판단되었다.

다음은 이들의 요소기술 들을 허들기술로서 보다 효과적으로 활용하기 위하여 기술들의 조합방법을 검토하여 Fig. 1에 제시하였다.

Fig. 1에서와 같이 된장과 고추장에 대해 *Bacillus cereus* 포자를 접종하고 additive(EtOH/oregano 추출물) 첨가 유무구로 나누고 계속하여 Joule 가열처리 유무구 및 초고압처리 유무구로 나누어 처리구를 구성해 보면 전체적으로는 C(대조구), P(초고압처리구), J(Joule 가열처리구) 및 A(EtOH/oregano 추출물 처리구)의 단독처리구와 다음으로 JP(Joule 가열과 초고압처리), AP(additive와 초고압처리) 및 AJ(additive와 Joule 가열처리)의 2개 단위 복합처리구, 그리고 최종적으로는 AJP(additive와 Joule 가열처리와 초고압처리)의 3개 단위 복합처리구로 나뉘어져 단일기술들의 조합 효과(hurdle technology)를 충분히 비교할 수 있을 것으로 기대되었다.

Table 2의 된장의 경우 *B. cereus* spore 수는 단독처리구에서 대조구가 4.87 log인데 반하여 초고압처리구(P)는 4.81

Table 2. Effect of hurdle treatments on the *Bacillus cereus* spore counts in Doenjang and Gochujang

Treatments ³⁾	Samples (Unit: Log CFU/g ¹⁾)	
	Doenjang	Gochujang
Control	4.87±0.12 ^{a2)}	5.60±0.03 ^b
P	4.82±0.07 ^a	6.30±0.06 ^a
A	4.40±0.17 ^{ab}	5.60±0.22 ^b
J	3.55±0.03 ^{bc}	3.95±0.77 ^c
AP	4.40±0.05 ^{ab}	3.90±0.08 ^c
JP	2.83±0.06 ^{cd}	3.24±0.03 ^d
AJ	2.07±0.89 ^d	0.89±0.11 ^e
AJP	1.13±0.00 ^e	0.00±0.02 ^f

¹⁾Data represent means standard deviation of three measurement.

²⁾Mean with the same letter within a column are not significantly different (p<0.05).

³⁾Abbreviations are the same as in Fig. 1

log, additive 처리구(A)는 4.40 log, Joule 가열처리구(J)는 3.55 log로 나타나 단독처리구로서는 Joule 가열처리구만이 유의하게 1.32 log만큼 감소효과를 보였다. 2개 단위의 복합처리구에서는 AP(additive와 초고압) 처리구는 4.40 log였으나 JP(Joule 가열과 초고압) 처리구는 2.83 log로 2.04 log만큼의 감소 효과가 있었으며 AJ(additive와 Joule 가열)처리구는 2.07 log로서 2.80 log만큼의 감소 효과를 보여 AJ처리구가 2개 단위 복합처리구 중 가장 우수하였다. 계속해서 3개 단위 복합처리구인 AJP(additive, Joule 가열 및 초고압) 처리구는 3.74 log만큼의 가장 큰 감소효과를 보였다.

한편 Table 2의 고추장에서 대조구는 5.60 log를 보였으며 초고압처리구 6.30 log, additive 처리구 5.60 log, Joule 가열처리구 3.95 log로서 Joule 가열처리구에서 1.65 log만큼의 유의한 감소 효과가 있었다. 계속해서 2개 단위의 복합처리구에서는 AP(additive와 초고압) 처리구는 3.90 log였고 JP(Joule 가열과 초고압) 처리구는 3.24 log로서 대조구 대비 2.36 log만큼의 유의한 감소 효과가 있었으며 AJ(additive와 Joule 가열) 처리구는 0.89 log로서 대조구 대비 4.71 log만큼의 강력한 감소 효과를 보여 2개 단위 복합처리구 중에서

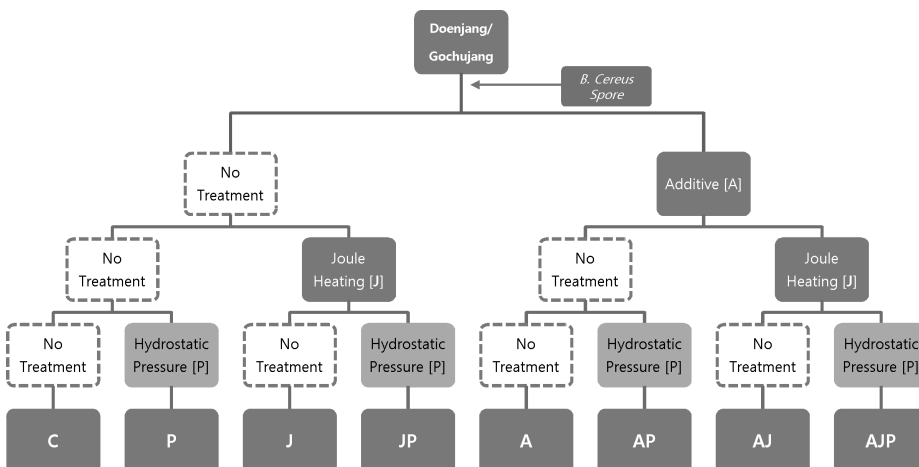


Fig. 1. Overall scheme for *Bacillus cereus* spore reduction experiment. C, Control; P, Hydrostatic pressure; J, Joule heating; A, Additives.

가장 우수하였다. 마지막으로 3개 단위인 AJP(additive, Joule 가열 및 초고압) 처리구에서는 포자가 검출되지 않아 모든 처리구 중에서 가장 우수한 것으로 평가되었다.

상기 된장 및 고추장의 결과를 종합해 보면 Joule 가열처리구는 A(에탄올과 oregano 추출물) 처리구와 함께 상당한 시너지효과를 보이는 것으로 판단되며 한편으로 기대되었던 초고압처리구는 부분적으로 유효하지만 타 허들과의 시너지효과는 상대적으로 낮은 것으로 평가된다.

본 연구에 적용된 Joule 가열은 식품자체에 전류를 통과시켜 얻어지는 저항열을 이용한 것으로 전압, 전류, 파형 및 주파수 등을 변환시켜 액상식품 등을 가열할 수 있는 기술로 식품의 내부저항열을 이용하므로 열전달 효율이 높고 신속하게 가열함으로써 열에 의한 품질변화를 최소화할 수 있는 것으로 알려져 있다(12). 된장과 고추장은 전도체 역할을 높여 줄 수 있는 염이 존재하기 하기 때문에 타 식품보다 Joule 가열 기술을 적용하기에 훨씬 유리하며 상기 결과에서와 같이 높은 시너지 효과가 나타나는 것으로 판단된다.

한편 초고압처리구는 미생물에 손상을 주지만 식품의 풍미에는 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있어 이상적인 살균방법이 될 수 있다(13). Chung(14)은 보통의 영양세포는 20~25°C, 400 MPa에서 파괴가 가능하지만 포자의 경우에는 그 이상이어야 한다고 하였으며 Lim 등(15)은 고추장을 680 MPa에서 처리한 고추장의 총균수는 초기에 다소 감소하였지만 저장 중 검출되지 않았는데 이는 초고압 손상을 받아 사멸한 것으로 보인다고 하였다.

초고압처리구는 즉각적인 효과보다는 세포 손상에 의해 저장 중 그 효과가 나타날 가능성을 기대할 수는 있으나 상기의 Joule 가열만큼의 큰 효과는 기대하기 어려운 것으로 생각된다.

Hurdle technique 처리 *B. cereus* 포자의 저장 중 변화

상술한 바와 같이 초고압처리구의 경우, 즉각적인 균의 효과적인 감소를 보기는 어렵지만 세포 손상에 의해 저장 중에 감소하는 사례(15)가 있고, 또한 균의 저감이 발생한 처리구라 하더라도 저장 중에 생육가능성도 있어서 본 연구에서는 상기의 다양한 허들처리구들에 대하여 30°C에서 32일간 저장하면서 포자의 거동을 평가하여 hurdle technique의 처리효과를 분명히 하고자 하였다.

Fig. 2의 된장의 경우 포자수는 처리구별로 절대치가 다르며 전체적으로 볼 경우 C(대조구), P(초고압처리구), A(첨가물처리구) 및 AP(첨가물과 초고압처리구)는 저장 중에 증식하는 경향을 보이고 있었으나 J(Joule 가열처리구), JP(Joule 가열+초고압 처리구), AJ(첨가물 및 Joule 가열처리구) 및 AJP(첨가물, Joule 가열+초고압 처리구)는 저장시간이 지남에 따라 초기수준과 유사하거나 다소 낮은 수준을 유지하였다. 상기의 결과로부터 A(첨가물), J(Joule 가열) 및 P(초고압) 병행 처리는 된장의 저장 중에도 낮은 포자수 수준을

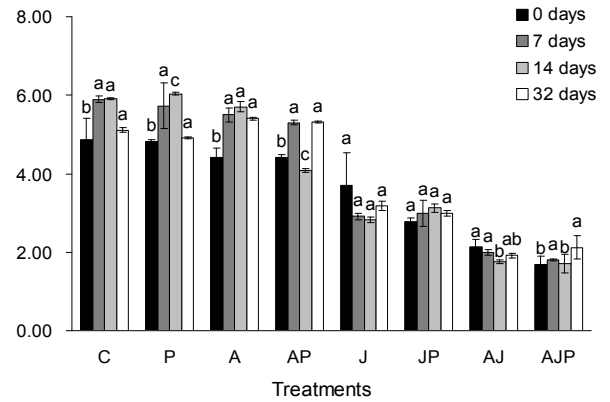


Fig. 2. Changes of hurdle treatments on the *Bacillus cereus* spore counts in Doenjang during storage time at 30°C.

유지하는 데에도 유효한 결과를 보여주고 있다.

한편 J(Joule 가열처리구)는 저장 중 포자증가 현상을 보이는 A(첨가물처리구)나 P(초고압처리구) 단독처리구와 달리 변화가 없음을 고려할 때 시너지 효과에 중요한 영향을 미치는 것으로 보인다.

Fig. 3의 고추장의 경우에도 C(대조구), P(초고압처리구), A(첨가물처리구) 및 AP(첨가물과 초고압처리구)는 된장의 경우와 마찬가지로 저장 중에 증식하는 경향을 보이고 있었으나 J(Joule 가열처리구) 및 JP(Joule 가열+초고압 처리구)는 저장시간이 지남에 따라 초기 수준과 유사하거나 다소 낮은 수준을 유지하였고 AJ(첨가물+Joule 가열처리구) 및 AJP(첨가물+Joule 가열+초고압 처리구)는 저장기간 중에 포자가 검출되지 않았다. 고추장의 결과도 된장의 경우와 같이 J(Joule 가열처리구)는 중요한 인자로 작용하는 것으로 보인다.

상기의 결과로부터 A(첨가물), J(Joule 가열) 및 P(초고압) 병행 처리는 된장 및 고추장의 저장 중에도 낮은 포자수 수준을 유지하거나 zero base를 유지하는데 유효한 효과를 발휘하는 것으로 보여 된장 및 고추장은 AJ(첨가물+Joule 가열) 및 AJP(첨가물+Joule 가열+초고압) 처리기법을 통해 유통 상 문제가 없을 만큼 *Bacillus cereus*의 살균이 가능

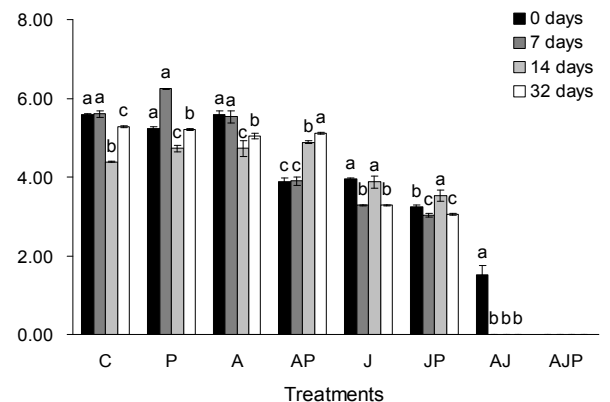


Fig. 3. Changes of hurdle treatments on the *Bacillus cereus* spore counts in Gochujang during storage time at 30°C.

할 것으로 판단된다. 그러나 Joule 가열 온도나 초고압 적용 범위의 압력을 현재 수준보다 더욱 낮출 수 있는 허들기술에 대한 추가적인 연구도 필요하다고 본다.

요 약

된장과 고추장에 대하여 *Bacillus cereus* 포자를 10^5 spore/g 접종하고 이의 저감화에 적용 가능한 허들로서 additive (95% ethanol 3%, 1% oregano 추출물 0.3%), Joule 가열(95°C, 5분) 및 초고압처리(500 MPa, 45°C, 5분)를 적용하여 *Bacillus cereus* 포자의 살균효과와 저장성을 분석하였다. 된장에 있어 AJ(additive+Joule 가열) 및 AJP(additive+Joule 가열+초고압) 처리구는 각각 2.80 log 및 3.74 log 감소효과를 보였고 고추장의 경우에는 각각 4.71 log 및 5.60 log 감소를 보여 Joule 가열처리구는 된장과 고추장에 있어서 additive 처리구와 함께 *Bacillus cereus* 포자의 살균에 상당한 시너지 효과를 나타내는 것으로 판단되었다. 한편 30°C 저장시험에서 additive, Joule 가열 및 초고압 병행 처리는 된장 및 고추장에서 낮은 수준의 포자를 유지하는 데에도 유효한 효과를 보여 AJ(additive+Joule 가열) 및 AJP(additive+Joule 가열+초고압) 처리기법은 된장 및 고추장의 *Bacillus cereus* 포자에 대한 효율적인 살균방법으로서 적용이 가능할 것으로 보였다.

감사의 글

본 연구는 2012년 농림수산식품기술기획평가원으로부터 기획과제인 “장류를 이용한 소스류 산업화 기술 개발” 연구 사업 지원에 의해 수행되어 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. KFDA. Common standards & specifications for general

- foods. http://www.kfda.go.kr/files/upload/eng/Article_2._Common_Standards__Specification_for_General_Foods.pdf
2. Fredric PM, Agnes FV, John MC. 2010. *Bacillus cereus*. McBrewster J, ed. Alphascript Publishing, USA. p 1-49.
 3. Yang SK, Kim JJ, Kim SJ, Oh SW. 2011. Synergistic effect of grapefruit seed extract, EDTA and heat on inactivation of *Bacillus cereus* spore. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1469-1473.
 4. Koo MS. 2009. *Bacillus cereus*: An ambusher of food safety. *Bull Food Technol* 22: 587-600.
 5. Takano M, Yokoyama M. 1998. *Inactivation of food borne microorganisms*. Shinshobou, Tokyo, Japan. p 87-106.
 6. Leistner L. 1978. Hurdle effect and energy saving. In *Food Quality and Nutrition*. Downey WK, ed. Applied Science Publishers, London, England. p 553-557.
 7. Leistner L. 2000. Minimally processed ready to eat and ambient stable meat products. In *Shelf Life Evaluation of Foods*. Man CMD, ed. An Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, USA. p 242-263.
 8. Shin HW, Lim YH, Lee JK, Kim YJ, Oh SW, Shin CS. 2008. Effect of commercial antimicrobials in combination with heat treatment on inactivation of *Bacillus cereus* spore. *Food Sci Biotechnol* 17: 603-607.
 9. López-Pedemonte TJ, Roig-Sagués AX, Trujillo AJ, Capellas M, Guamis B. 2003. Inactivation of spores of *Bacillus cereus* in cheese by high hydrostatic pressure with the addition of nisin or lysozyme. *J Dairy Sci* 86: 3075-3081.
 10. Schaeffer AB, Fulton MD. 1933. A simplified method of staining endospores. *Science* 77: 194.
 11. Galli A, Franzetti L, Briguglio D. 1985. Antimicrobials properties in vitro of essential oils and extract of spices used for foods. *Ind Aliment* 24: 463-466.
 12. Knirsch MC, dos Santos CA, de Oliveira Soares Vicente AAM, Christina Vessoni Penna T. 2010. Ohmic heating—a review. *Trends Food Sci Technol* 21: 436-441.
 13. Park JY. 2009. Hydrostatic pressure. *Food Industry* 210: 9-23.
 14. Chung YK. 2011. Inactivation of bacterial spores by high pressure and food additive combination. *J Life Sci* 21: 1094-1099.
 15. Lim SH, Kim BO, Kim SH, Mok C, Park YS. 2001. Quality changes during storage of *kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 611-616.

(2012년 10월 9일 접수; 2012년 12월 13일 채택)