

유산균이 *Aspergillus parasiticus*의 성장과 Aflatoxin B₁ 생성에 미치는 영향

이경민 · 김종규[†]
계명대학교 대학원 공중보건학과

The Effects of Lactic Acid Bacteria on the Growth and Aflatoxin B₁ Production of *Aspergillus parasiticus*

Kyung-Min Lee · Jong-Gyu Kim[†]

Department of Public Health, Graduate School, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
(Received March 4, 2005; Accepted April 1, 2005)

ABSTRACT

This study was performed to investigate the competitive effect of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum* on the growth and aflatoxin B₁ production of *Aspergillus parasiticus*. *Leu. mesenteroides* and *Lac. plantarum* were grown with *A. parasiticus* in a modified APT broth at 28°C for 9 days. It was observed that the growth of *A. parasiticus* got lower when the two bacteria were inoculated simultaneously than when the mold grew alone. The pH of mixed culture of *Leu. mesenteroides* and *Lac. plantarum* showed significantly lower value than the pH of the pure culture of *A. parasiticus* ($p < 0.05$). The acidity of the mixed culture group significantly increased compared with the control group (*A. parasiticus* alone group) ($p < 0.05$). The aflatoxin B₁ production was significantly decreased in the mixed culture group than in the *A. parasiticus* alone group ($p < 0.05$). *Leu. mesenteroides* showed the more efficient effect than *Lac. plantarum*. These results indicate that the two lactic acid bacteria have inhibitory effect on the growth and aflatoxin B₁ production of *Aspergillus parasiticus*.

Keywords: *A. parasiticus*, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum*, aflatoxin B₁

I. 서 론

Aflatoxin은 *Aspergillus parasiticus*가 생성하는 2차 대사산물로서 사람과 동물에 이상 생리작용이나 질병을 유발하는 물질이다.¹⁾ *A. parasiticus* 균주는 주로 고온 다습한 열대나 아열대 지방에서 발견되는데 수분 16% 이상, 온도 25~30°C 이상, 상대습도 80~85% 이상, 수분 활성도 0.80 정도에서 aflatoxin을 생성하며 탄수화물이 풍부한 쌀, 보리, 밀 및 옥수수 등의 곡류를 기질로 한다.²⁾ Aflatoxin은 특히 사람과 동물의 간에 대한 발암성 및 경변증을 유발하는 것으로 알려져 있고,³⁾ aflatoxin이 오염되기 쉬운 식품을 많이 섭취하는 지역일수록 간암과 간경변증의 발병률이 높다고 보

고되었다.⁴⁾ 뿐만 아니라 aflatoxin은 돌연변이성 및 기형발생성 등의 위해성으로 인해 전 세계적으로 관심이 주목되고 있다. 우리나라에서도 1969년부터 국내 연구자들이 한국인이 소비하는 식품 중 aflatoxin 생성능에 대한 검색을 시도한⁵⁾ 이래 최근까지 국내산 식품과 수입산 곡물 전반(쌀, 보리, 밀, 수수, 콩, 땅콩, 팥, 옥수수, 아몬드 등)에서 aflatoxin B₁이 검출되었다고 보고되었다.⁶⁻⁸⁾

Aflatoxin의 가장 중요한 특징 중의 하나는 강한 열저항성으로 270~280°C 이상으로 가열해야 분해되기 때문에 식품에 일단 오염되면 일반적인 조리방법으로는 독소가 완전히 제거되지 않는다. 이에 따라 식품 중의 aflatoxin을 관리하고 차단하기 위해 여러 가지 방법이 모색되어 왔다. 물리적 방법으로는 온도조절, 열에너지 이용, 햇빛에 노출 및 자외선 조사 등에 의한 방법 등이 연구되어 왔다.⁹⁻¹²⁾ 화학적 방법으로는 각종 약품과 억제제 등에 의한 약독화를 이용한 방법 등이 보고되

[†]Corresponding author : Department of Public Health, Graduate School, Keimyung University
Tel: 82-53-580-5469, Fax: 82-53-586-5469
E-mail : jgkim@kmu.ac.kr

었다.¹³⁻¹⁷⁾ 생물학적 방법으로는 환경 중에 공존하는 특정의 세균이나 다른 곰팡이 등이 aflatoxin 생성 곰팡이의 성장과 aflatoxin을 비롯한 mycotoxin의 생성을 억제시켰다는 연구 보고들이 있다.¹⁸⁻²⁰⁾ 그러나 이 방법들은 일부 효과가 있기는 하지만 원료 식품의 유효성분 파괴 및 변형 가능성, 화학약품 자체의 유독성 및 생태계 오염초래, 그리고 생물학적 부산물 등의 문제점이 유발될 수 있다.

한편 미생물간의 경쟁을 이용하는 방법은 위와 같은 문제를 유발하지 않아 안전성 및 경제성 측면에서 가장 바람직한 대응방법이 될 것으로 사려 되며, 이에 대한 집중 연구가 필요한 것으로 본다. Mycotoxin 생성능을 갖는 곰팡이들은 식품과 환경 중에서 대개 다른 미생물과 공존하고 있으며 함께 생육하는 미생물간의 상호작용은 영양물질의 이용정도에 의해서 변화되고 또 곰팡이의 성장과 mycotoxin 생성 및 축적을 촉진 또는 저해할 수 있는 산물을 생성하게 된다. 실제로 미생물 중 발효에 관여하는 몇몇 세균들은 곰팡이의 성장과 포자 형성에 영향을 미치는 휘발성 대사산물을 생성하는 것으로 알려져 있다.^{21,22)} 그중 발효 식품들에 존재하는 유산균은 산생성, 단백질분해, 향미(flavor) 생성, 그 외의 특징적인 대사생성물로서 비타민, 그리고 polysaccharide 항생물질 등을 생산하는 능력을 지니면서 동시에 식용이 가능하여 실용적인 목적에 다양하게 활용될 수 있다. 김치의 발효에 관여하는 주요균으로 적숙기의 김치(pH 4.3)에는 10^8 CFU/ml의 유산균이 있으며, 이때 김치의 주요 유산균은 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Lac. brevis*, *Lac. fermentum*, 그리고 *Pediococcus acidilactici* 등이 있다. *Leu. mesenteroides*는 김치의 초기발효에 관여하는 유산균으로 김치의 pH가 4.6-4.9 정도로 떨어지면 그 활동이 저해되고 다른 유산균인 *Lac. plantarum* 등이 계속해서 주도적으로 김치의 발효에 관여한다.

따라서 이 연구는 사람이 일상적으로 섭취하는 식품으로부터 aflatoxin에 대한 저항인자를 찾기 위한 시도의 일환으로서, 김치 발효에 주도적으로 관여하는 유산균 *Lec. mesenteroides* 및 *Lac. plantarum*이 *A. parasiticus*의 성장과 aflatoxin B₁ 생성에 미치는 영향을 관찰하고자 수행되었다.

II. 연구방법

1. 실험재료

1) 균주

실험에 사용된 균주로서 곰팡이는 aflatoxin을 생성하

는 *Aspergillus parasiticus* ATCC 15517을 American Type Culture Collection (ATCC)으로부터 분양받았다. 세균은 유산균인 *Leuconostoc mesenteroides* KCCM 11325와 *Lactobacillus plantarum* KCCM 11322를 한국미생물보존센터(KCCM)로부터 분양받아서 사용하였다.

2) 배지

실험에 사용한 배지로 *A. parasiticus*의 포자현탁액 조제를 위해서 potato-dextrose agar (PDA) (Difco Laboratories, Detroit, Michigan, U.S.A)를 사용하였다. *Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum*을 활성화시키기 위해서 DeMan Rogosa Sharp agar (MRS agar) (Difco Lab.)와 DeMan Rogosa Sharp broth (MRS broth) (Difco Lab.)를 사용하였다. 김치 유산균 2종과 곰팡이 배양을 위해 김의 방법⁹⁾을 변형하여 all purpose tween(APT) broth(Difco Lab.)에 glucose 7%를 첨가한 배지를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 곰팡이 균주 활성화 및 포자 현탁액 조제

ATCC로부터 분양받은 *A. parasiticus* ATCC 15517 균주를 PDA 사면 배지에 접종하여 28°C에서 10일간 배양한 후 3회 연속 계대 배양하여 충분히 활성화시켰다. 활성화된 균주를 PDA 평판 배지에 접종하여 28°C에서 8일 동안 배양한 후 포자 현탁액을 조제하였다. 평판에 형성된 포자에 멸균한 0.1% tween 80 용액 1 ml와 멸균수 5 ml를 가하고 강하게 흔들어서 포자를 씻어내는 조작을 3회 반복하였다. 다시 이것에 멸균수를 가하면서 현미경으로 검경하여 포자수를 10^6 ~ 10^7 /ml로 조절하여 접종에 사용하였다.

2) 젖산 균주 활성화

KCCM으로부터 분양받은 유산균 *Leu. mesenteroides* KCCM 11325와 *Lac. plantarum* KCCM 11322를 MRS broth에서 30°C에서 24시간동안 키워 멸균식염수에 100배 희석하고 MRS agar에 평판추가법으로 접종하여 30°C에서 48시간 배양하였다. 그 후 1 colony를 다시 MRS broth에 접종하여 2회 이상 계대 배양한 후 흡광광도계를 사용하여 660 nm에서 흡광도 0.3이 되도록 조정하여 사용하였다.

3) 배양

소형시험관(16×100 mm)에 변형 APT배지를 5 ml씩 가하여 온도와 압력이 각각 121°C, 15 kg/cm² 하에서 15분 동안 고압증기멸균하였다.

김치의 발효에 관여하는 세균과 곰팡이의 배양은 6가지 형태로 행하였다. 즉, *A. parasiticus*, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum*을 각각 단독배양, *Leu. mesen-*

*teroides*와 *A. parasiticus* 혼합배양, *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합배양, 그리고 *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus*를 혼합배양 하였다. 혼합배양시에는 *A. parasiticus* 포자현탁액 50 μl, 그리고 활성화시킨 유산균액 50 μl을 각각 접종하였다.

4) pH 및 젖산 산도 측정

김치 유산균을 접종한 배양액의 pH는 pH meter (Istek, Japan)를 이용하여 측정하였다. 김치 유산균을 접종한 배양액의 산도는 중화적정법에 의하여 측정하였다. 즉, 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 하여 0.1N NaOH 용액으로 적정하여 젖산(%)으로 환산하였다(AOAC 2000; 식품공전 2002).

5) *A. parasiticus*의 생육도 측정

김치 유산균을 혼합 접종한 배양액에서 *A. parasiticus*의 생육도는 건조균체 측정방법에 의해 실험하였다. 배양액을 살균한 후 균체(mycelium)를 취하여 탈이온수로 세척하고 건조기에서 50~55°C로 24시간 동안 건조시킨 다음 데시케이터에서 방냉하여 무게를 측정하였다.

6) Aflatoxin 분석

Aflatoxin 추출과 정량분석은 AOAC(Association of Official Analytical Chemists)법을 변형한 김의 방법²³⁾에 의거하여 수행하였다. 배양이 끝난 배양물을 시험관에 일정량 취하였다. 여기에 NaCl을 가하고, 동량의 methanol과 chloroform층을 분취한 후 다시 chloroform을 가하여 앞의 조작을 반복하고 24시간 동안 정치시켰다. Chloroform층을 합하여 질소 gas 하에서 증발시키고 그 잔류물을 aflatoxin 정성 및 정량을 위한 시료

로 하였다.

Aflatoxin의 정량분석은 HPLC를 이용하여 수행하였다. 상기와 같이 조제된 chloroform 추출잔류물에 trifluoroacetic acid를 가하여 유도체화시킨 후 여기에 주입 용매를 가하여 HPLC 분석을 위한 시료로 하였다.

3. 자료의 분석 및 통계 처리

자료의 분석과 통계 처리는 statistical analysis system (SAS)의 분산분석(analysis of variance, ANOVA) 및 Duncan's multiple range test로 각 실험군별 차이와 유의성을 검증하였다. 유의성 검증은 α=0.05 수준에서 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH 측정 결과

김치 주요 유산균 *Leu. mesenteroides* 및 *Lac. plantarum*과 곰팡이 *A. parasiticus*를 단독 또는 혼합 배양한 후 배양액의 pH를 측정된 결과는 Table 1과 같다. *A. parasiticus*, *Leu. mesenteroides* 및 *Lac. plantarum*을 각각 단독배양한 경우를 비교해 보면 *Leu. mesenteroides* 단독군과 *Lac. plantarum* 단독군 모두 *A. parasiticus*군(대조군)에 비해서 유의한 감소를 보였으나(p<0.05), 경향있는 차이를 보이지는 않았다. *Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum* 단독배양에서 대체로 3일째 감소하였다가 6일째 증가하였고 9일째 다시 감소하였다. 또 *Lac. plantarum* 단독군이 *Leu.*

Table 1. Changes of pH in APT broth inoculated with *A. parasiticus* and/or *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* during incubation at 28°C for 9 days

Group	Incubation time (days)			
	0	3	6	9
AP(control)	5.42 ± 0.03 ^a	6.15 ± 0.04 ^a	6.61 ± 0.10 ^a	6.89 ± 0.09 ^a
LM	5.41 ± 0.01 ^a	4.02 ± 0.01 ^d	4.05 ± 0.01 ^c	3.97 ± 0.02 ^c
LP	5.42 ± 0.01 ^a	3.92 ± 0.01 ^c	3.94 ± 0.02 ^d	3.88 ± 0.01 ^d
LM+AP	5.41 ± 0.01 ^a	4.26 ± 0.01 ^b	4.38 ± 0.03 ^b	4.93 ± 0.01 ^b
LP+AP	5.42 ± 0.01 ^a	4.07 ± 0.02 ^b	4.36 ± 0.01 ^b	4.89 ± 0.02 ^b
LM+LP+AP	5.43 ± 0.02 ^a	4.02 ± 0.01 ^d	4.41 ± 0.01 ^b	4.88 ± 0.01 ^b

AP: *Aspergillus parasiticus*

LM: *Leuconostoc mesenteroides*, LP: *Lactobacillus plantarum*

LM+AP: *Leu. mesenteroides* + *A. parasiticus*

LP+AP: *Lac. plantarum* + *A. parasiticus*

LM+LP+AP: *Leu. mesenteroides*+*Lac. plantarum*+*A. parasiticus*

Values represent the mean ± S.E. of three trials.

Values with different superscript letters in a column are significantly different from each other as determined by ANOVA and Duncan's multiple range test (p<0.05).

mesenteroides 단독균보다 전 배양기간 동안 더 낮게 측정되었다. *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus*, *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus*, 그리고 *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus*를 혼합배양한 경우 모든 혼합균에서 *A. parasiticus* 단독균(대조군)에 비해서 유의한 감소를 보였으며($p < 0.05$), 배양일이 길어질수록 증가하는 경향이 나타났다. 같은 배양일에서 *Lac. plantarum*와 *A. parasiticus* 혼합균이 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균보다 pH가 낮게 측정되었다.

2. 젖산 산도 측정 결과

김치 주요 유산균 *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus*를 단독 또는 혼합배양한 후 젖산 산도 측정결과는 Table 2와 같다. *A. parasiticus*, *Leu. mesenteroides* 및 *Lac. plantarum*을 각각 단독배양한 경우 비교해 보면 *Leu. mesenteroides* 단독균과 *Lac. plantarum* 단독균 모두 대조군에 비해서 유의한 증가를 보였으나($p < 0.05$), 경향 있는 차이를 보이지는 않았다. *Leu. mesenteroides* 단독균과 *Lac. plantarum* 단독균은 대체로 배양 3일째 증가하였다가 6일째 감소하였고 9일째 다시 증가하였다. 또 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus*, *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus*, 그리고 *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus*를 혼합배양한 경우, 모든 혼합배양군에서 대조군에 비해서 유의한 증가를 보였으며($p < 0.05$), 배양일이 길어질수록 감소하는 경향이 나타났다. 같은 배양일에서 *Lac. plantarum* 혼합균이 *Leu. mesenteroides* 혼합균보다 젖산 산도가 높게 측정되었다.

Table 2. Changes of acidity in APT broth inoculated with *A. parasiticus* and/or *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* during incubation at 28°C for 9 days

Group	Incubation time (days)			
	0	3	6	9
AP(control)	0.20 ± 0.00 ^a	0.20 ± 0.01 ^d	0.14 ± 0.00 ^d	0.09 ± 0.00 ^d
LM	0.21 ± 0.01 ^a	0.71 ± 0.00 ^{ab}	0.70 ± 0.01 ^a	0.80 ± 0.01 ^a
LP	0.21 ± 0.00 ^a	0.72 ± 0.01 ^{ab}	0.71 ± 0.01 ^a	0.82 ± 0.00 ^a
LM+AP	0.20 ± 0.00 ^a	0.59 ± 0.01 ^c	0.52 ± 0.00 ^c	0.27 ± 0.03 ^c
LP+AP	0.21 ± 0.00 ^a	0.70 ± 0.00 ^b	0.54 ± 0.00 ^b	0.29 ± 0.01 ^c
LM+LP+AP	0.20 ± 0.01 ^a	0.72 ± 0.02 ^a	0.51 ± 0.00 ^c	0.31 ± 0.01 ^b

AP: *Aspergillus parasiticus*.
 LM: *Leuconostoc mesenteroides*, LP: *Lactobacillus plantarum*.
 LM+AP: *Leu. mesenteroides*+*A. parasiticus*.
 LP+AP: *Lac. plantarum*+*A. parasiticus*.
 LM+LP+AP: *Leu. mesenteroides*+*Lac. plantarum*+*A. parasiticus*.

Values represent the mean ± S.E. of three trials.

Values with different superscript letters in a column are significantly different from each other as determined by ANOVA and Duncans' multiple range test($p < 0.05$).

3. *A. parasiticus*의 생육도 측정 결과

김치 주요 유산균 *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus*를 혼합배양한 경우 균체 성장 측정결과는 Fig. 1과 같다. 9일 배양기간 동안 모든 혼합균은 *A. parasiticus* 단독균(대조군)에 비해서 유의한 감소를 보였으며($p < 0.05$), 혼합균과 대조군 모두 배양일이 길

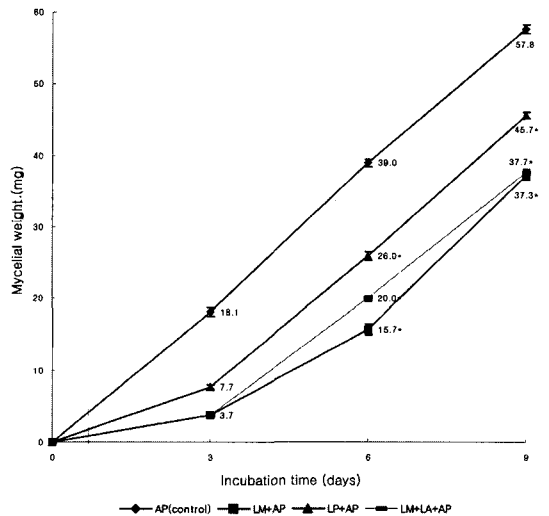


Fig. 1. Mycelial weight of *A. parasiticus* in APT broth contained *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* during incubation at 28°C for 9 days.

AP: *A. parasiticus*.
 LM+AP: *Leu. mesenteroides*+*A. parasiticus*.
 LP+AP: *Lac. plantarum*+*A. parasiticus*.
 LM+LP+AP: *Leu. mesenteroides*+*Lac. plantarum*+*A. parasiticus*.

어질수록 증가하는 경향이 나타났다. 3일째에는 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균 79.5%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 79.5%, *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합균 57.4%만큼 감소하였다. 배양 6일째에는 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균 59.7%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 48.7%, *Lactobacillus plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합균 33.3%만큼 감소하였다. 배양 9일째에는 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균 35.5%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 34.7%, *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합균 20.9%만큼 감소하였다. 몇 가지 유산균이 곰팡이의 성장을 억제한다는 보고가 있다. *Lactobacillus casei*가 *A. parasiticus*의 성장을 억제시키고, *Lac. casei*와 *Lac. bulgaricus*가 *Penicillium citrinum*의 성장을 억제시키며, 또 *Lactococcus lactictis* subsp. *diacetylatis*와 *Streptococcus thermophilus*가 곰팡이(*A. parasiticus* 및 *A. flavus*)에 억제효과를 가짐이 보고되었다.^{22,24} 메주 발효균 *B. subtilis*가 곰팡이(*A. parasiticus*)의 성장을 억제시켰다는 보고가 있다.²⁵

4. Aflatoxin B₁ 측정 결과

김치 유산균 *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus*를 단독 또는 혼합배양한 경우 aflatoxin B₁ 생성량을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 9일간 배양 기간 동안 혼합균과 *A. parasiticus* 단독균 모두 배양일이 길어질수록 aflatoxin B₁ 생성량이 증가하는 경향이 나타났다. 그러나 모든 혼합균이 *A. parasiticus* 단독균(대조군)에 비해서 유의한 감소를 보였다(p<0.05). 배양 3일째에는 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균 71.4%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 66.4%, 그리고 *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합균 46.7%만큼 aflatoxin B₁ 생성량이 감소하였다. 배양 6일째에는 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균 55.7%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 48.4%, 그리고 *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합균 36.6%만큼 aflatoxin B₁ 생성량이 감소하였다. 배양 9일째에는 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus* 혼합균 59.6%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 38.8%, 그리고 *Lac. plantarum*과 *A. parasiticus* 혼합균 21.6%만큼 aflatoxin B₁ 생성량이 감소하였다. 한편, 혼합배양시 배양액의 aflatoxin B₁ 생성량은 배양 9일 동안 평균 *Leu. mesenteroides*와 *A. parasiticus*

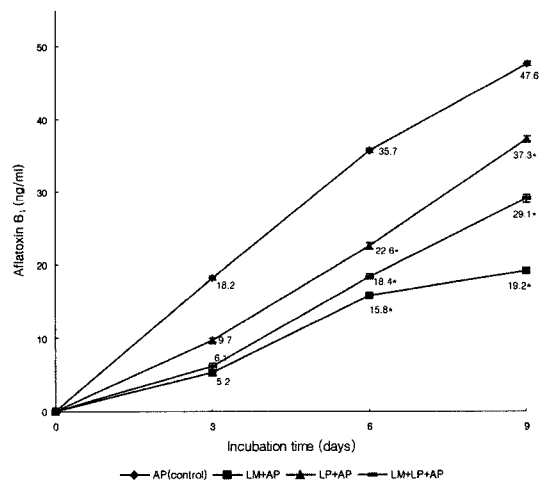


Fig. 2. Aflatoxin B₁ production by *A. parasiticus* in APT broth with contained *Leu. mesenteroides* and/or *Lac. plantarum* during incubation at 28°C for 9 days. AP: *A. parasiticus*. LM+AP: *Leu. mesenteroides*+*A. parasiticus*. LP+AP: *Lac. plantarum*+*A. parasiticus*. LM+LP+AP: *Leu. mesenteroides*+*Lac. plantarum*+*A. parasiticus*.

혼합균 62.2%, *Leu. mesenteroides*, *Lac. plantarum* 및 *A. parasiticus* 혼합균 51.2%, 그리고 *Lac. plantarum*와 *A. parasiticus* 혼합균 35.0%만큼 감소하였다(p<0.05). 강 등은 김치를 담가 숙성 7일 중 pH가 낮아지면서 4일째부터 여러 병원성 균수가 감소하다가 7일에는 완전히 저해된다는 결과를 보고하였다.²⁶ 또 김과 윤도 김치의 대장균군이 4일째부터 감소하다가 6일째에 완전히 억제되었음을 보고하였다.²⁷ 이 실험에서도 이와 같은 맥락으로 aflatoxin 생성 억제는 배양액의 김치의 pH 변화에 기인할 것으로 생각되지만 보다 자세한 연구가 필요하다.

강 등은 *B. subtilis*가 생산하는 길항물질에 의해 아플라톡신이 강하게 저지되었다고 보고하였고,²⁶ Karunataten 등은 *Lactobacillus* spp.가 *Aspergillus*속 곰팡이의 성장과 aflatoxin 생성량을 감소시킨다고 보고하였다.²⁰ 또 Wiseman과 Marth는 *Streptococcus lactis*와 *A. parasiticus* 혼합배양시 곰팡이의 성장과 aflatoxin 생성량이 감소되었다고 보고하였다.¹⁹ 이와 같이 유산균에 의한 항곰팡이 효과가 입증되고 있는데 유산균이 aflatoxin의 생산을 억제한다는 측면과 생산된 aflatoxin을 유산균이 분해한다는 추론이 있다. 후자의 경우에 대해서는 일부 연구자들은 aflatoxin이 유산균의 세포벽으로 흡착될 것이라고 제시하고 있다. 그러나 Coallier-

Ascah와 Idziak는 *S. lactis*에 대한 aflatoxin의 분해 정도가 충분하지 않다고 보고하여 이에 대한 메커니즘이 밝혀질 때까지는 단정하기가 어렵다.²⁸⁾

이 연구에서 *A. parasiticus*가 *Leu. mesenteroides* 또는 *Lac. plantarum*와 혼합배양되었을 때에는 곰팡이 성장이 억제되는데 이는 김치에 존재하는 경쟁미생물에 의하여 aflatoxin 생성이 억제될 수 있다는 바를 입증하는 것이다. 그러나 *Leu. mesenteroides*는 사람의 몸속에서 오래 생존하지 못하는 반면, *Lac. plantarum*은 내산성이 강하여 일반적인 사람의 직장 내 담즙농도인 0.075%에서도 균이 생존하는 것으로 보고되었고,²⁹⁾ 현재 산업적으로 발효유 제조에 이용되고 있는 다른 유산균들보다 활용도가 높은 것으로 보고되었다.³⁰⁾ 이 연구의 결과로부터 김치 뿐만 아니라 *Lac. plantarum*을 식품산업에서 활용가치를 더 높일 수 있는 과학적 근거를 제시하였다.

IV. 결 론

이 연구는 한국인이 가장 많이 섭취하는 배추김치 발효에 주도적으로 관여하는 유산균(*Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum*)이 *A. parasiticus*의 성장과 aflatoxin B₁ 생성에 미치는 영향을 관찰하였다. 유산균 *Leu. mesenteroides*와 *Lac. plantarum*을 단독 또는 *A. parasiticus*와 혼합배양한 결과, 배양액의 pH는 단독 또는 혼합 배양균이 대조군에 비해서 유의하게 낮아졌고, 젖산 산도는 대조군에 비해서 단독 또는 혼합균에서 유의하게 높아졌다(p<0.05). *A. parasiticus*의 건조균체량은 유산균 혼합균이 대조군에 비해서 유의하게 낮아졌으며, aflatoxin B₁ 생성량도 유산균 혼합균이 대조군에 비해서 유의하게 낮아졌다(p<0.05). 이로부터 김치 발효에 주도적으로 관여하는 두가지 유산균주는 유해 곰팡이인 *A. parasiticus*의 성장을 저해하며 또 aflatoxin B₁ 생성을 억제하는 효과가 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

- Smith, J. E. and Moss, M. O. : Mycotoxins, formation, analysis and significance. John Wiley & Sons, Chichester, 3-103, 1985.
- 이용욱, 정영채, 신광순, 신희선 : 최신식품위생학, 114-117, 1989.
- Newbern, P. M. and Rogers, A. E. : *J. National Cancer Institute*, **50**, 439, 1973.
- Grobstein, C. : Diet, Nutrition and Cancer: National Academy Press, 401-403, 1982.
- 이태령, 이상규 : 식품 중 유독성 대사산물에 관하여 (제1보)-수종의 한국대두 발효식품 중의 aflatoxin 유무의 검색에 대하여. *한국식품과학회지*, **1**(1), 78-84, 1969.
- 이용욱, 김종규 : 한국산 일부 곡류에 대한 aflatoxin B₁ 조사연구. *국민보건연구소연구논총*, **1**(1), 117-122, 1991.
- 손동화 : ELISA에 의한 농산물 중 aflatoxin 잔류조사. *한국식품위생학회지*, **12**(4), 192-193, 1997.
- 윤미혜 : 수입식품 및 국내식품 중의 aflatoxin 함유량 조사연구. *대한위생학회지*, **13**(2), 79-88, 1998.
- 김종규 : 자외선 조사에 의한 Aflatoxin 감소 효과-고체 배지를 중심으로. *대한보건협회학술지*, **26**(4), 497-502, 2000.
- Wei, R. D. and Chu, F. S. : Aflatoxin-solvent interactions induced by ultraviolet light. *J. Assoc. Office. Anal. Chem.*, **56**, 1425-1430, 1973.
- Altug, T., Yousef, A. E. and E. H. : Degradation of aflatoxin B₁ in dried figs by sodium bisulfate with or without heat, ultraviolet energy or hydrogen peroxide. *J. Food Prot.*, **53**(7), 581-582, 1990.
- Icibal, N. and Altug, T. : Degradation of aflatoxin in dried figs by sulphur dioxide alone and in combination with heat, ultraviolet energy and hydrogen peroxide. *Lebensm. Wiss. U. Tech.*, **25**, 294-296, 1992.
- 김종규 : 실험실 폐수 중 aflatoxin 감소를 위한 화학적 처리에 관한 연구. *한국환경위생학회지*, **18**(2), 52-56, 1992.
- 여현중, 김종규 : 화학적 처리가 옥수수의 aflatoxin 감소에 미치는 영향. *한국환경위생학회지*, **29**(5), 126-132, 2003.
- Cucullin, A. F. : Ammoniation of aflatoxin B₁. *J. Agr. Food Chem*, **24**, 408-414, 1976.
- Maerck, K. E. : Aflatoxin destruction in corn using sodium bisulfite, sodium hydroxide and aqueous ammonia. *J. Food. Prot.*, **43**, 571-574, 1980.
- Hagler, W. M. Jr. : Destruction of aflatoxin in corn with sodium bisulfite. *J. Food Prot.*, **45**, 1287-1291, 1982.
- Hurst, A. : Biosynthesis of the antibiotic nisin by whole *Streptococcus lactis* organisms. *J. Gen. Microbiol.*, **44**, 209-220, 1996.
- Wiseman, D. W. and March, E. H. : Growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* when in the presence of *Streptococcus lactis*. *Mycopathologia*, **73**, 49-56, 1981.
- Karunataten, A., Wenxenberg, E. and Bullerman, L. B. : Inhibition of mold growth and aflatoxin production by *Lactobacillus* spp. *J. Food Prot.*, **53**, 230-236, 1990.
- Weckbach, L. S. and Marth, E. H. : Aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* in a competitive environment. *Mycopathologia*, **62**, 39-45, 1977.
- El-Gendy, S. M. and Marth, E. H. : Growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* in the presence of *Lactobacillus casei*. *J. Food Prot.*, **44**(3), 211-212, 1981.
- 김종규, 강희양, 민경진 : HPLC에 의한 aflatoxin 분석법에 관한 연구 - 형광 및 자외선 흡광 검출의 비교.

- 한국환경위생학회지, **22**(1), 36-44, 1996.
24. 신동균, 이용욱, 김종규, 정덕화 : *Penicillium citrinum*의 생성과 citrinin 생성에 미치는 젓산균의 영향에 관한 연구. 한국식품위생학회지, **6**(3), 119-126, 1991.
 25. Kim, J. G., Lee, Y. W., Kim, P. G., Roh, W. S. and Hideharu Shintani : Reduction of aflatoxins by Korean soybean paste and its effect on cytotoxicity and reproductive toxicity -Part 1. *J. Food Prot.*, **63**(9), 1295-1298, 2000.
 26. 강길진, 정지현, 조정일 : *Bacillus subtilis*가 생산하는 길항물질에 의한 아플라톡신 생성균 억제. 한국식품위생안전성학회지, **15**(2), 122-127, 2000.
 27. 김종규, 윤준식: 김치의 숙성 및 발효중 오염지표미생물과 유산균의 변화 - 제1보. 한국환경위생학회지, **31**(1), 79-85, 2005.
 28. Coallier-Ascah, J. and Idziak, E. E. : Interaction between *Streptococcus lactis* and *Aspergillus flavus* on production of aflatoxin. *Appl. Env. Microbiol.*, **49**, 163-167, 1988.
 29. 박인숙 : 김치 유산균의 생리적 특성과 기능. 중앙대학교 박사학위논문, 1992.
 30. 이창호, 박희동 : 김치로부터 항돌연변이 물질을 생산하는 유산균의 분리 및 특성. 한국산업미생물학회지, **27**(1), 15-21, 1999.