

간장 저장중 암모니아와 pH가 Aflatoxin B₁의 파괴에 미치는 영향

박건영 · 이은숙

부산대학교 식품영양학과

Effect of Ammonia and pH on the Degradation of Aflatoxin B₁ during the Storage of Korean Soy Sauce(Kanjang)

Kun-Young Park and Eun-Suk Lee

Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan, 609-735, Korea

Abstract

The mechanisms of aflatoxin B₁(AFB₁) degradation by ammonia and alkaline pH during the storage of Korean soy sauces were studied. In the 0.05%, 0.1% and 0.5% of ammonia solutions, almost all of AFB₁(96-100%) was degraded after 2 to 24 hrs of incubation at 30°C. Increased levels of ammonia in both home made soy sauce(HMSS) and commercial soy sauce(CSS) caused slow increases in pH. The pH change was higher in CSS than in HMSS. The degradations of AFB₁ were not observed in the samples of HMSS, CSS, distilled water and 20% of NaCl solution during the storage, however, when the pHs of the samples were adjusted to 10, the toxin was completely removed in all samples. AFB₁ was stable at pH 5 and 7 in both buffer solutions and buffer solutions+0.2% ammonia, however, AFB₁ was degraded completely at pHs more than 9. AFB₁ was not degraded even at high concentrations of ammonia(0.2-1.0%) when the pH was maintained at 7 in the buffer solution. It indicated that ammonia content in the system was not important but the higher pH was the reason to degrade AFB₁. When the pHs of HMSS, CSS, buffersolution and buffer solution + 0.2% ammonia were adjusted to 5 and then reacted with AFB₁ for 5 days, the toxin was stable in all samples. However, when the pHs of the samples were adjusted to 7, about 60-70% of AFB₁ was degraded in HMSS and CSS after 5 days of incubation during which the pH was not changed, but AFB₁ in the buffer solution and buffer solution + 0.2% ammonia was not degraded at all in the same conditions.

서론

Aflatoxin(이하 AF라고 표기함)은 *Aspergillus flavus*와 *Aspergillus parasiticus*가 식품이나 사료를 저장하는 동안 이에 오염되어 생성하는 제2차 대사산물로 지금까지 알려진 발암물질중 가장 발암성이 강한 독성물질이다.⁽¹⁾ AF은 화학적 구조가 서로 유사한 12-13종이 자연에서 발견되

는데 이중에 Aflatoxin B₁ (AFB₁)은 그 독성과 발암성이 가장 강한 AF이다.⁽²⁾

우리나라의 재래식 된장과 간장은 자연발효에 의해 제조되므로 편재되어 있는 이들 유해 곰팡이들이 발효에 참여하여 이에 AF의 오염이 일어날 가능성을 배제할 수 없다. 특히 우리나라의 남부지역 같이 온도와 습도가 높을 경우 이균들의 특성으로 보아 메주발효시 관여할 수 있겠다. 실제로 김⁽³⁾등은 남부지역의 된장과 메주시

료에서 AF이 발견 됐다고 보고 한 바 있다. 그러나 지금까지 이들 식품으로 인한 국민 보건상 문제점을 일으킨 예는 크게 보고된 바 없었다.

AF분자는 일반 환경조건에서 상당히 안정하므로 일단 식품에 오염되면 그 파괴에 어려움이 있다. 그러나 AF은 자외선, 강산, 강염기, 산화제 그리고 Bisulfate등과 같은 화학물질에 의해 파괴 된다고 알려져 있다.⁽⁴⁾ Park등^(5,6)에 의하면 *A. parasiticus*와 이 균을 포함한 혼합균주로 배주를 발효시켰을때 발효중에는 상당량의 AF이 생성되었지만 숙성과정중에 특히 이들 배주로 무염간장을 제조할 때 1달 숙성 후 거의 100%의 AF의 파괴가 일어 났다고 하였다. 일반적으로 간장 숙성과정중 NH₃생성량은 증가 되는데^(7,8) 이때 무염간장 숙성중 NH₃의 생성량이 많았으며 pH도 가염간장 보다 높았다(p<0.05). 이는 NH₃ 또는 pH의 증가가 AF파괴에 관여되어 있었으리라고 추정 되었다. 그러므로 본 연구에서는 간장중에 있는 NH₃의 농도와 간장 숙성중 일어 날 수 있는 pH의 증가가 AFB₁의 파괴에 어떤 기작으로 관여하는가를 연구 하였다.

재료 및 방법

간장 시료

재래식 간장은 Lee⁽⁹⁾의 방법에 의해 재래식으로 제조 하였다. 즉 콩으로 배주를 만들어 자연 발효를 시킨후 소금물에 띄워 6개월동안 숙성한 다음 분리하여 시료로 하였다. 양조간장은 탈지 대두와 밀을 6:4로 혼합한 후 *Asp. oryzae*종균을 무게비로 0.1% 되게 접종한 다음 40℃에서 3일간 제균하고 20보메 식염수에 배주와 1:1로 되게 사입하고 27℃에서 6개월동안 숙성 발효 시킨 후 분리하여 사용하였다.⁽⁹⁾

Aflatoxin B₁용액 및 완충용액 조제

AFB₁(Sigma chemical Co., St. Louis, Mo, USA)을 methanol에 녹여 500ppm의 농도로 제조 하였으며 실험에 사용된 완충용액으로는 0.5M의 Succinate-NaOH(pH5)와 NaOH-NaH₂PO₄(pH7)

그리고 Na₂CO₃-NaHCO₃(pH 9-11)이었다.

간장의 Ammonical-N 측정

간장중 NH₃의 농도는 MgO방법에⁽¹⁰⁾따라 정량 하였으며 재래간장과 양조간장은 각각 0.22%의 NH₃를 함유하고 있었다.

암모니아에 의한 Aflatoxin B₁의 파괴 효과

0.05%와 0.1% 그리고 0.5%의 암모니아 용액을 28% NH₄OH(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 제조한 후 4 dram vial에 2.5ml씩 취한 후 AFB₁ 500ppm 용액에서 50 μ씩 취한 후 10ppm이 되게 하였다. 이것을 30℃의 암소에서 2, 4, 6, 24시간 반응 시킨 후 AFB₁의 파괴를 보았으며 이때 각 암모니아 용액의 pH를 pH meter(Perkin-Elmer Metrion III)로 측정하였다.

간장에서 암모니아 농도에 따른 pH의 변화

재래간장과 양조간장을 위의 농축 암모니아수를 이용하여 0.25%, 0.3%, 0.4%, 0.5%와 0.6%의 암모니아 농도가 되도록 조정한 다음 30℃의 암소에서 1일 방치한 후 이들 암모니아의 농도가 간장의 pH에 어떤 영향을 주는지 측정 하였다.

Aflatoxin B₁의 파괴에 있어서 pH의 효과

간장과 대조균인 증류수와 20% NaCl 용액을 6N-NaOH로 PH를 10으로 조절한 후 AFB₁을 첨가하고(10ppm) 30℃에서 1일 반응시켜 AFB₁의 파괴 정도를 보았으며 pH 5, 7, 9, 10, 11의 완충용액과 0.2% NH₃가 함유된 이들 완충용액에서 동일한 방법으로 반응시켜 AFB₁의 파괴 정도를 보았다.

pH 7과 9 에서 암모니아 농도에 따른 Aflatoxin B₁의 파괴 효과

암모니아의 농도가 0%(Control), 0.2%, 0.5%과 1.0%가 되게 조정한 pH 7과 9의 완충용액에 AFB₁이 10ppm 되게 첨가하여 30℃의 암소

에서 1일 방치한 후 AFB₁의 파괴 효과를 검토 하였다.

통계분석은 paired t-test를 사용하였다.

결과 및 고찰

pH 5와 7의 간장에서 Aflatoxin B₁의 파괴 효과

간장의 pH를 6N-NaOH로 5와 7로 조정 하였으며 대조군으로 pH 5와 7의 완충용액과 0.2%의 암모니아를 넣은 완충액을 조제하여 4 dram vial에 2.5ml씩 분취한 다음 AFB₁을 10ppm이 되게 첨가하고 30°C에서 5일간 반응시킨후 시료 들로 부터 AFB₁량을 측정하였다.

Aflatoxin B₁의 추출 및 정량

Park과 Bullerman⁽¹¹⁾의 방법으로 행하였는데 반응 후 vial에 든 시료에 2.5-4.0ml의 CHCl₃를 넣어 5분간 서서히 흔든 후 3회 반복 추출하였고 증발 건조한 다음 다른 vial에 옮겨 hood에서 CHCl₃를 날려 보낸 다음(N₂ gas 또는 hot plate이용) 정량할 시료로 준비하였다. TLC plate (20×20cm의 유리판에 0.25mm의 Silica gel 60G를 균일하게 입힌후 공기중에서 수분을 제거하고 110°C에서 2시간 활성화킴)에서 정량물질을 표준물질과 비교 정량하였는데 이때 전개용매로는 TEF(toluene : ethylacetate : 90% formic acid = 60:30:10)를 사용하였으며 전개후 Dual wave length TLC Scanner (Shimadzu, CS-930)에 의해 정량하였다. 분석시료는 3회 반복 실험을 하였으며 한개의 시료당 2번씩 측정하였다.

AF의 파괴 인자중 NH₃는 가장 실용적인 파괴 인자로 알려져 있는데 땅콩과 면실가루에 오염된 AFB₁은 고온과 고압하에서 암모니아 gas로 처리하면 거의가 파괴되며^(12, 13)이 때 NH₃를 AFB₁에 처리하면 AFB₁의 lactone carbonyl과 cyclopentenone ring이 파괴된 비형광성의 phenol 화합물이 만들어진다고 알려져 있다.^(14, 15) Table 1에서 보는 바와 같이 NH₃의 농도와는 크게 관계없이(0.05-0.5%) NH₃가 용액에 존재했을 경우 이미 2시간 후에 대부분의 AFB₁이 파괴되었다. AFB₁은 NH₃용액에 민감하여 소량의 0.05%의 NH₃존재하에서도 24시간 후에는 거의 완전한 AFB₁의 파괴 현상을 관찰할 수 있었다.

그러나 이때 이들 용액의 pH를 측정해 본 결과 10-11사이를 나타내어 NH₃는 pH증가의 원인이 되었음을 알 수 있었다. 일반적으로 재래식 된장과 간장을 제조할때 콩의 특성에 의해 다량의 NH₃생성을 기대할 수 있으며 숙성기간에 따라 NH₃량은 점차로 증가되며 이들은 발효시 생성되는 고린내의 원인으로도 알려져 있다.^(7, 8) 그러나 간장은 제조 과정중 생성되는 여러 유리아미노산 또는 유기산 등에 의해 완충능을 가지기에 NH₃의 농도에 따른 급격한 pH증가는 다소 영향을 받으리라 생각된다.

Table 1. Degradation of aflatoxin B₁ in the presence of different concentrations of ammonia during incubation at 30°C.

Incubation time(hrs)	Aflatoxin B ₁ stability(%) ^a				
	NH ₃ (%)	0	0.05	0.1	0.5
2		100±0.35 ^b	4.5±0.78	2.5±0.10	3.0±0.04
4		99.8±0.01	2.4±0.12	1.2±0.00	1.1±0.02
6		99.2±0.20	3.4±0.15	0.9±0.00	0.9±0.00
24		100±0.04	0.02±0.04	ND ^c	ND

^aPercentage of aflatoxin B₁ left after ammonia treatment.

^bValues shown are means ± standard deviations of three determinations.

^cNot detected.

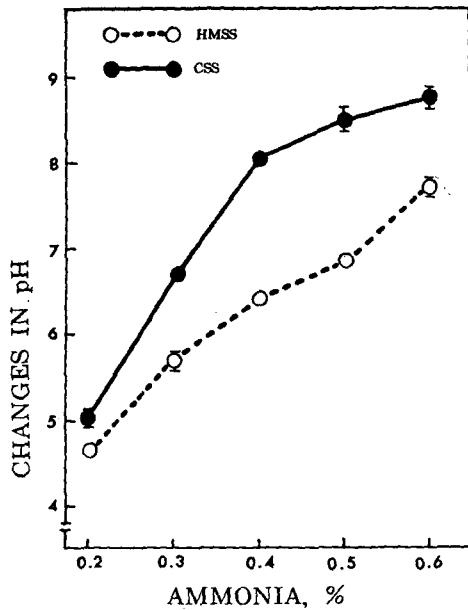


Fig. 1. Changes in pH when home made soy sauce (HMSS) and commercial soy sauce (CSS) contain different concentrations of ammonia. The vertical bars represent one standard deviation of three determinations.

간장내에서 암모니아의 농도를 다르게 하여 그 pH의 변화를 측정해 본 결과 증류수에서는 저농도의 NH_3 가 있어도 강 알카리 현상을 나타 내는 반면 간장에서는 상대적으로 낮은 pH변화

를 보이고 있다 (Table 1, Fig. 1). 이 실험에 사용된 간장 시료들의 NH_3 농도는 0.22%, pH는 4.8-5.0이었다. 양조간장의 경우 NH_3 의 농도가 0.3%로 증가될 때 pH는 7에 가까워 졌으나 재래간장은 그 완충능이 양조간장 보다 높아 pH의 증가가 낮았다. ($p < 0.01$, Fig. 1) Park⁶⁾등에 의하면 재래식 된장과 간장 제조과정에서 숙성 기간중 무염간장은 가염간장 보다 NH_3 의 생성량도 높았으며 pH가 상승하였는데(약 알카리성, $p < 0.05$)한달 숙성 후가염간장인 경우 AFB_1 의 파괴가 크게 일어나지 않았지만(2~69%) pH가 상승된 무염간장인 경우 간장 뿐 아니라 된장이 될 메주 자체에 크게 오염되어 있었던 AF도 거의다 (95~100%) 파괴되었다고 보고 하였다. 이와같이 간장 제조중 NH_3 농도와 pH의 증가는 AF의 파괴에 영향이 있는것으로 생각되며 이러한 요인들의 조절 역시 어느정도 가능하다고 할 수 있겠다.

Alkaline pH가 AFB_1 파괴에 미치는 영향을 관찰하기 위해 간장시료들과 대조군인 증류수와 20% NaCl용액에서 AFB_1 을 반응 시킨 결과 이들 시료자체의 pH에서는 안정 하였지만 pH를 10으로 증가 시켰을 때는 대조군에서는 물론 간장에서도 1일 반응 후 AFB_1 이 완전히 파괴되었다(Table 2). pH에 따른 AFB_1 의 파괴 정도를 더욱 정확히 검토 하기위해 pH 5, 7, 9, 10, 11

Table 2. Effect of alkaline pH(pH 10) on the degradation of aflatoxin B_1 in home made soy sauce, commercial soy sauce, distilled water and 20% NaCl solution after one day of incubation at 30°C.

Sample	Concentration of aflatoxin B_1 (ppm) ^a	
	Control ^b	pH 10
Home made soy asuce	9.74 ± 0.02 ^c	ND ^d
Commercial soy sauce	9.30 ± 0.22	ND
Distilled water	9.88 ± 0.13	ND
20% NaCl solution	8.86 ± 0.11	ND

^aOriginal concentration of aflatoxin B_1 was 10 ppm (25 ug / 2.5 ml of sample).

^bpHs of home made soy sauce, commercial soy sauce, distilled water and 20% NaCl solution were 5.0, 4.6, 6.8 and 6.0, respectively.

^cValues shown are means ± standard deviation of three determinations.

^dNot detected.

Table 3. Effect of pH on the degradation of aflatoxin B₁ in buffer solutions in the presence and absence of 0.2% ammonia after one day of incubation at 30°C.

Sample	Concentration of aflatoxin B ₁ (ppm) ^a					
	pH	5	7	9	10	11
Buffer solution ^b		9.68 ± 0.36 ^c	9.32 ± 0.05	ND ^e	ND	ND
Buffer solution +0.2% NH ₃ ^d		9.52 ± 0.34	9.28 ± 0.36	ND	ND	ND

^aOriginal concentration of aflatoxin B₁ was 10 ppm(25 ug / 2.5ml of sample).

^bBuffer solutions used were 0.5M of Succinate -NaOH(pH 5), 0.5M of NaOH-NaH₂PO₄(pH 7) and 0.5 M of NaHCO₃-Na₂CO₃(pH 9-11).

^cValues shown are means ± standard deviations of three determinations.

^dAfter addition of 0.2% ammonia, the pH was adjusted with the same buffer.

^eNot detected.

의 완충용액과 이들 완충용액에 0.2%의 NH₃를 함유한 용액에서 AFB₁의 파괴 효과를 검토하였다. Table 3에서와 같이 암모니아의 존재 유무와는 관계없이 pH 5와 7에서 AFB₁은 안정하였지만 pH 9 이상에서는 완전한 파괴 현상을 관찰할 수 있었다. 이곳에 나타내진 않았지만 NH₃ 대신에 NaOH로 동일한 실험을 한 경우도 같은 결과가 나타났었다. 이와같은 결과로 부터 NH₃가 AFB₁의 파괴에 직접 영향이 있다고 보기 보다는 NH₃로 인한 pH의 증가가 AFB₁의 파괴 원인이었다고 생각할 수 있겠다.

이 mechanism을 더욱 확인 하기 위해 pH 7 과 9의 완충용액에서 NH₃의 농도를 다르게 하

여 AFB₁의 파괴를 보았다. Table 4에서 보는 바와 같이 완충능만 충분하다면 pH7에서는 NH₃의 농도를 1%까지 올라더라도 AFB₁의 파괴는 일어나지 않았지만 pH 9에서는 NH₃의 농도와 무관하게 모든 시료에서 AFB₁이 파괴되었다. 그러므로 AFB₁의 파괴는 NH₃⁽⁵⁾이든 NaOH⁽⁶⁾이든 이로 인한 pH의 증가가 AFB₁의 반응성이 강한 lactone-pentenone ring을 파괴하여 비형광성의 파괴된 AF를 생성하였다고 판단되었다.

간장 자체의 pH에 따른 AFB₁의 파괴를 보기 위해 간장의 pH를 5와 7로 조정하였는데 pH 5의 간장에서는 30°C에서 반응 5일동안 AFB₁은

Table 4. Aflatoxin B₁ degradation in buffer solutions of pH 7 and 9 which contain different concentrations of ammonia after one day of incubation at 30°C

pH ^b	Concentration of aflatoxin B ₁ (ppm) ^a				
	NH ₃ (%)	0	0.2	0.5	1.0
7		9.30 ± 0.34 ^c	9.26 ± 0.36	9.07 ± 1.22	10.0 ± 0.92
9		ND ^b	ND	ND	ND

^aOriginal concentration of aflatoxin B₁ was 10 ppm(25ug / 2.5 ml of sample).

^bAfter addition of different amounts of ammonia to the solutions, the pH was adjusted with the same buffer.

^cValues shown are means ± standard deviations of three determinations.

^dNot detected.

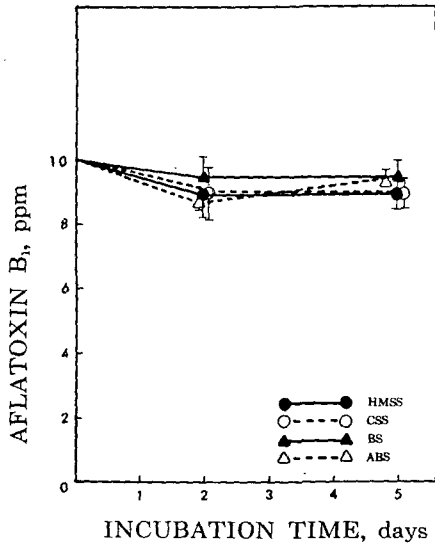


Fig. 2. Stabilities of aflatoxin B₁ at pH 5 of home made soy sauce(HMSS), commercial soy sauce(CSS), buffer solution (BS) and 0.2% ammonia in buffer solution (ABS) during incubation at 30°C. The vertical bars represent on standard deviation of three determinations.

상당히 안정하였다(Fig. 2). 그러나 동일한 조건에서 간장의 pH가 7이었을때 반응기간중 pH의 변화는 전혀 없었지만 60-70%의 AFB₁의 파괴 현상을 관찰할 수 있었다(Fig. 3). 이때 대조군인 완충용액과 완충용액에 0.2%의 NH₃를 넣은 용액에서는 AFB₁의 파괴가 일어나지 않았다. 이러한 사실은 간장의 경우 pH7에서는 NH₃의 존재와 완충능과는 관계없이 간장중의 또 다른 어떤 화합물(들)이 AFB₁의 파괴의 원인 인자가 되었음을 제시 하였다고 생각된다. 이 실험에서는 저장 기간이 5일이었지만 우리나라 재래식 간장을 담글시 이보다 훨씬 장기간의 숙성 시간이 필요하므로 숙성기간중 간장의 pH가 7로 가까와 지고 기간이 다소 길어진다면 더 많은 AFB₁의 파괴도 기대할 수 있겠다. 이에 가능한 파괴 인자의 하나로 갈색색소 화합물(Maillard reaction products)을 들 수 있는데 이는

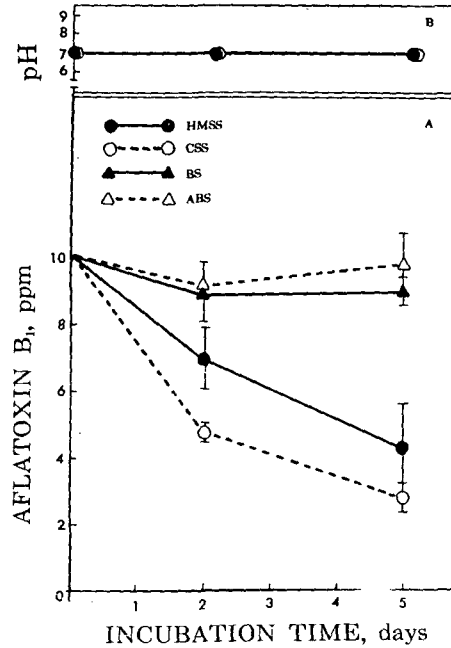


Fig. 3. Stabilities of aflatoxin B₁ at pH 7 of home made soy sauce(HMSS), commercial soy sauce (CSS), buffer solution (BS) and 0.2% ammonia in buffer solution (ABS) (panel A), and pH changes in HMSS(●) and CSS(○) (panel B) during incubation at 30°C. The vertical bars represent one standard deviation of three determinations.

간장내에서 강한 항산화적 특성을 보인다고 알려져 있다¹⁷⁾. 이곳에 결과는 나타내지 않았지만 이 갈색색소 화합물을 pH7의 완충용액에서 AFB₁과 반응시켰을 때 상당량의 AFB₁이 파괴되는 경향을 나타내었다.

간장에서 AF의 파괴는 NH₃로 인한 pH증가와 완충능 그리고 pH 7 근처에서는 간장의 pH뿐 아니라 간장내의 어떤 화합물(들)에 의해서도 AF의 파괴를 기대할 수 있다고 하겠다. 이러한 파괴 현상은 숙성기간중 간장 뿐 아니라 메주내에 있는 AF까지 거의 완전히 파괴 시키므로^{15, 6)} 재래식 된장과 간장 제조시 원료, 발효 및 숙성 방법을 잘 개발 시키므로 숙성기간중

pH 7에 가까운 간장을 제조한다면 이들 식품의 AF오염은 방지할 수 있다고 판단된다. 그러나 이에 관련된 연구가 더 필요하며 이러한 기작이 좀더 밝혀 진다면 우리나라 재래식 된장과 간장 제조시 우려되는 AF의 오염을 방지 할 수 있는 좋은 기초 자료가 되리라 생각된다.

요 약

간장저장중 암모니아와 pH가 Aflatoxin B₁(AFB₁)의 파괴에 미치는 영향을 검토하였다. 0.05~0.5%의 암모니아 용액에서 AFB₁은 30℃의 저장 하루만에 완전히 파괴되었으나 이때 이 용액들은 pH가 10-11정도로 증가 되었다. NH₃의 농도에 따라 간장의 pH는 증가 하였지만 간장내의 완충능 때문에 다소 완만하였다. 이때 양조간장은 재래간장에서 보다 그 pH증가 정도가 더 크게 일어났다. 간장시료들과 대조군의 증류수와 20% NaCl용액의 pH를 10으로 증가시켰을 때 AFB₁은 30℃에서 1일 반응 후 완전히 파괴되었다. pH 5, 7, 9, 10, 11의 완충용액에서 AFB₁의 파괴 효과는 pH 5와 7에서는 안정하였지만 pH 9 이상에서는 첨가한 AFB₁을 검출할 수 없었다. 여러농도의 NH₃(0.2-1.0%)를 함유한 pH 7의 완충용액에서 AFB₁은 NH₃의 농도와는 관계없이 저장 기간중 안정하였으나 pH 9에서는 파괴(100%)되었다. pH 5의 간장을 30℃에서 5일간 반응시켰을 때 AFB₁은 상당히 안정하였지만 pH 7의 간장 시료에서는 60-70%의 AFB₁의 파괴가 일어났으며 이때 간장의 pH는 전혀 변화가 없었다. 그러나 AFB₁은 pH 7의 완충용액과 0.2% NH₃를 함유한 완충용액에서는 5일의 저장기간중 안정하였다.

(본 연구는 부산대학교 연구비에 의해 지원 되었음)

문 헌

1. Bullerman, L.B.: Significance of mycotoxins to food safety and human health. *J. Food Prot.*, 42, 65(1979)
2. 박건영: Aflatoxin과 그 생성에 관련되는 주요인. *한국영양식량학회지*, 13, 117(1984)
3. 김용화, 황보정숙, 이서래: 몇가지 한국 식품중 Aflatoxin의 검출. *한국식품과학회지*, 9, 73(1977)
4. Marth, E.H. and Doyle, M.P.: Update on molds: Degradation of aflatoxin. *Food Technol.*, 33, 81(1979)
5. Park, K.Y., Lee, K.B. and Bullerman, L. B.: Aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* and its stability during the manufacture of Korean soy paste(Doenjang) and Soy sauce(Kanjang)by traditional method. *J. Food Prot.*, 51, 938(1988)
6. 박건영, 이규복: 재래식 된장, 간장제조중 Aflatoxin의 파괴에 관한 연구. 부산대학교 가정대학 연구보고, 13, 49(1987)
7. 장지현: 한국 간장의 당금중의 화학적 변화 및 당금기간에 대하여. *농화학회지*, 6, 8(1965)
8. Lee, C.H.: The effect of Korean soy sauce and soy paste making on soybean protein quality. Ph.D. thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark(1975)
9. 佐藤信: 食品の 熟成, 光琳, 東京, 237(1984)
10. *Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 14th ed. AOAC, Washington D.C., 17(1984)
11. Park, K. Y. and Bullerman, L.B.: Effects of substrate and temperature on aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus flavus*. *J. Food Prot.*, 46, 178(1983)
12. Dollear, F.G., Mann, G.E., Codifer, L.P.Jr., Koltun, S.P. and Vix, H.L.E.: Elimination of aflatoxins from peanut meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 45, 862(1968)
13. Gardner, H.K.Jr., Kiltun, S.P., Dollear, F. G. and Rayner, E.T.: Inactivation of aflatoxins in peanut and cottonseed meals by ammoniation. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 70(1971)

14. Cucullu, A.F., Lee, L.S., Pons, W.A. Jr. and Stanley, J. B.: Ammoniation of aflatoxin B₁: Isolation and characterization of a product with molecular weight 206. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 408(1976)
15. Lee, L.S., Stanley, J.B., Cucullu, A.F., Pons, W.A. Jr. and Goldblatt, L.A.: Ammoniation of aflatoxin B₁: Isolation and identification of the major reaction product. *J. Assn. Off. Anal. Chem.*, 57, 626(1974)
16. Kiermeier, F. and Ruffer, L.: Changes of aflatoxin B₁ in alkaline solutions. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 155, 129(1974)
17. 문갑순: 지방질의 산화에 미치는 양조간장의 항산화 작용에 관한 연구. 부산대학교 박사학위논문(1987)

(Received January 28, 1989)