

축산식품의 안전성을 둘러싼 제반문제에 대한 고찰(I)

편집기획실

서 론

국민들의 식생활 수준의 향상과 공중보건에 대한 인식의 고조로 축산식품의 안전성을 확보하는 일에 대한 관심이 증대되고 있다. 소비자들은 축산식품의 질을 저하시킬 수 있는 유해물질이 자신이 섭취하는 축산식품내에 들어있지 않기를 바라고 때문에 축산물 생산자들은 이러한 소비자들의 욕구를 충족시키기 위해 사료위생문제에 남다른 관심을 기울이지 않으면 안된다.

사료는 인간이 섭취하는 식품과 동일하게 유해물질이 포함되지 않는 완전사료가 되어야 하나 표 1에서 보는 바와 같이 축산물 및 그 가공품의 위생적 품질을 위협하는 요인들은 너무도 많이 도처에 도사리고 있다. 따라서 축산식품의 안전성을 확보하기 위해서는 이들 유해요인들을 효율적으로 통제할 수 있는 대책이 마련되어야 한다. 만일 축산물 생산자가 축산식품의 안전성 확보에 실패한다면 소비자들은 곰팡이독소나 살모넬라로 오염된 축산식품을 섭취하게 되고 이로 인해 수의공중보건학적으로 심각한 문제가 제기되기 때문에 사료위생의 중요성이 그 어느때보다도 강조되고 있다.

이러한 현장상황을 고려하여 본고에서는 축산식품의 안전성을 위협하는데 결정적인 기여를 하는 요인중에서 곰팡이독소의 일종인 Aflatoxin group과 살모넬라균, 사료첨가 및 치료용 항생물질에 대해 발표된 최신 신간서적과 논문들을 정리, 편집하여 수의사회원 여러분들께 참고자료로서 제공하고자 한다.

1. 곰팡이독소(Mycotoxins)

개 요

곰팡이독소(Mycotoxins)는 여러가지 곰팡이종(Fungal species)에 의해서 합성되어진 이차대사산물(Secondary metabolites)로서 곰팡이독소는 인간과 다른 온혈동물(Warm-blooded animals)에 병리학적 또는 바람직하지 못한 생물학적 반응을 야기시킨다(Yvonne, M ; 1984 ; Emanuel, B ; 1966). 그리고 곰팡이독소는 급·만성의 세포병변(Acute and chronic cellular lesions)을 일으킬 수 있는 그들의 다양한 화학구조와 특성 및 능력에 의해서 이들은 실제로 인간과 동물에 심한 장·단기영향(short and long-term effects)을 유도하는 것으로 알려진 독특한 그룹의 화합물을 형성할 수 있다.

곰팡이독소 대사산물(Metabolites)은 흔히 곰팡이의 공격을 받기 쉬운 식품속에 들어있는 오염물질(Contaminants)로서 섭취되고 질병발생과도 깊은 관련이 있다. 곰팡이독소와 곰팡이독소증(Mycotoxicoses)에 대해서는 Forgacs(1962), Forgacs와 Call(1962), Kraybill과 Shimkin(1964), McCalla와 Haskins(1964), Wogan(1965, 1966a, b), Symp·Mycotoxins·Foodstuffs(1965), Borker 등(1966), Feuill(1966 b), Hesseltine 등(1966), Legator(1966), Brook(1966), Wilson(1966), Hesseltine(1967), Mateles와 Wogan(1967 a, b), Ur-tani(1967), Schoental(1967), Robb(1990)의 우수한 Review Papers에 잘 기술되어 있다.

곰팡이독소중에서 Aflatoxin B₁은 가장 높은 독성과 발암성(Carcinogenicity)을 띤 가장 유독한 곰팡이독소이다. Aflatoxin B₁은 특히 땅콩,

표 1. 畜産物 및 그 加工品の 衛生的品質을 위협하는 要因의 概要

	飼料衛生	飼育衛生	(도축衛生)	畜産物加工衛生	畜産物流通衛生	食品衛生
生物學的的要因	곰팡이 및 곰팡이독소	蟲 寄生蟲 衛生動物		寄 生 病 原 環 境	蟲 微 生 物 由 來	腐 敗 菌
		(生 産)		(貯 藏) (加 工)	(流 通)	(調理)(攝食)
對 象	牧草·乾草 生鮮飼料 腐敗微生物	肉牛·乳牛 豚 食 鳥 採 卵 鷄	肉 牛 豚 食 鳥	食肉 各種肉製品 乳·乳製品 卵·卵製品	生鮮物 包裝物	
	非生物學的的要因	農 藥 飼料添加物 動物用醫藥品 環境汚染物	環境汚染物 殺蟲劑 殺 劑 殺菌劑 殺淨劑	(食品添加物) 容器包裝由來物質 誘起毒性物質		

옥수수 및 쌀, 보리, 수수와 밀 같은 기타 곡류에서 발생하고 있다. 젖소가 Aflatoxin B₁을 함유하고 있는 사료를 급여 받았을 때 젖소의 우유와 기타 낙농제품에서 독성대사산물인 Aflatoxin M₁이 발생되어 공중보건학적으로 심각한 영향을 미칠것이라는 우려를 낳고 있다.

(1) 사료의 곰팡이독소 오염과 그 대책

곰팡이독소의 천연오염의 성립(Hesseltine, 1978)

- ① 곰팡이가 모든 경우의 질병에 반드시 존재하여야 한다.
- ② 곰팡이가 질병에 걸린 숙주로부터 분리되어 순수배양물내에 성장하여야 한다.
- ③ 순수배양물의 곰팡이를 건강한 감수성을 띠는 숙주(A Healthy Susceptible host)에 접종하였을 때 특성의 질병이 재생되어야 한다.
- ④ 곰팡이가 실험감염된 곰팡이로부터 다시한번 회복될 수 있어야 한다.

(2) 곰팡이독소의 성립기준(Robb, 1990)

- ① 질병이 사료와 관련이 있어야 한다.
- ② 병리학적으로 중요한 곰팡이가 임상으로부터 분리되어서는 안된다.
- ③ 질병이 비전염성이어야 한다.
- ④ 질병이 비전파성을 나타내어야 한다.
- ⑤ 질병이 비감염이어야 한다.

⑥ 사료를 제거했을 때 가축이 향상의 증세를 나타내야 한다.

(3) Aflatoxin M₁

Aflatoxin이 발견된 직후 Allcroft와 Carnaghan (1963)은 Aflatoxin 잔류물이 사료와 함께 Aflatoxin을 섭취한 가축으로부터 우유와 다른 가축산물에서 존재할지도 모른다고 제안하였다.

Allcroft와 Carnaghan(1963)은 Aflatoxin에 오염된 사료를 섭취한 소로부터 나온 우유는 노령의 오리가 Aflatoxin 중독시 특징적인 병변을 나타내게하는 독성물질을 함유하고 있다고 보고하였다. 이보고가 있은후 곧 시험적으로 Aflatoxin M이라고 명명된 우유내독소(Milk toxin)을 탐지하고 정량하기 위한 연구가 착수하게 되었다. De Iongh 등(1964)과 Allcroft 등(1966)은 Aflatoxin M은 자외선조사(UVradiation)시 박동 크로마토그래피(Thin-layer Chromatography, TLC)판(plates)위에서 청색바이올렛 형광물질(A blue-Violet-fluorescent Compound)을 나타낸다고 보고하였다. Aflatoxin M은 구조는 paper chromatography에 의해서 분리되어질 수 있는 두가지 성분을 발견한 Holzappel 등(1966)에 의해서 밝혀지게 되었다. Holzappel 등(1966)은 이들 화합물을 Aflatoxin B₁과 B₂의 4-hydroxy 유도체(Derivatives) Aflatoxin M₁과 M₂라고 명명하였다.

Purohase와 Steyn(1967)은 Aflatoxin M의 형광성(fluorescence)은 Aflatoxin B₁ 형광성의 거의 3 배이기 때문에 Aflatoxin M₁의 정량측정은 TLC Plates위에서 Aflatoxin B₁ 기준(standards)라 비교에 의해서 얻어질 수 있다고 제안하였다.

비록 Stubblefiedl 등(1972) 이후에 Aflatoxin B₁과 M₁의 상대적인 형광성 강도는 TLC plates에서 거의 동등하였다고 보고하였을지라도 Purchase Steyn(1967)의 보고는 Aflatoxin M₁의 정량특정(Quantative measurement)의 시초가 되었다. 현재는 Aflatoxin M₁의 정량분석에 고속액체 크로마토그래피(High Performance Liquid Chromatography, HPLC)와 ELISA분석법을 이용하여 실시하고 있다.

비유가축의 사료에 충분한 Aflatoxin B₁을 함유할 때 이 가축으로부터 생성된 우유는 Aflatoxin M₁(AFM₁)을 함유할 수도 있다. Aflatoxin M₁ 독성과 우유내에서의 발암성물질(Carcinogenic Compound)의 존재는 낙농제품의 소비자들의 건강에 잠재적인 위협을 가하게 된다.

많은 경우에 우유내의 Aflatoxin M₁의 탐지(detection)는 우유의 처분을 초래함으로써 낙농업에 경제적 손실을 야기시킨다.

최근에는 Aflatoxin B₁의 새로운 hyaroty derivative 우유내에서 탐지되었는데 이 대사산물은 Aflatoxin M₄라고 명명되었다(그림 1). Aflatoxin M₄는 Aflatoxin M₁ 다음으로 특정우유내에 공동 존재하고 Aflatoxin M₁ 함량의 16%에 달하고 있다(Lafont 등, 1986).

Aflatoxin M₄는 또한 특정한 균속의 Aspergill-

us parasiticus에 의해서 *in vitro*로 생산된다. 시험결과에 의하면 Aflatoxin M₄는 Aflatoxin B₁과 M₁보다 더 독성을 나타내었다(Lafont Lafint, 1987) Aflatoxin M₄에 대한 지식은 현재 매우 제한되어 있기 때문에 이 독소에 대한 보다 깊은 연구가 요망되고 있다.

AFM₁은 간접오염에 의해서 인간식품으로 들어간다. AFM₁은 가축에 의해서 AFB₁이 오염된 사료를 섭취한 후에 신장이나 우유나 기타 낙농제품 등과 같이 가축의 기관이나 조직 및 축산물에서 발생되고 있다.

Aflatoxin B₁(AFB₁)의 수산화대산물인 AFM₁은 AFB₁에 오염된 사료를 섭취한 소의 우유에 출연하여 발암물질에 대해서 감수성이 높은 젖 먹이 아이가 이 우유를 섭취할 가능성이 높기 때문에 가장 엄격한 규제를 받고 있다(川村 理 등, 1990)(표 2~4).

Cook 등(1986)은 AFM₁은 AFB₁, B₂, G₁ 및 G₂의 혼합물을 접촉한후 2시간째에 그 존재가 반추위중에서 인정되었다고 보고하였다.

Trucksess 등(1983)은 Aflatoxicol, AFB₁ 및 M₁은 2두의 비유중인 소의 유즙, 혈장 및 적혈구중에서 발견되었다고 보고하였다.

Polan 등(1974)은 비유우에 10, 50, 250 또는 1,250ppb의 AFB₁을 함유한 사료를 급여시 AFB₁이든 사료를 중지후 2일째에는 유즙중에 AFM₁은 보이지 않았다고 보고하였으며 이 유즙중에 AFM₁을 검출하기 위해서는 적어도 15ppb가 필요하다고 결론지었다.

Richard 등(1983)은 도살전에 2.5주간 Aflatoxi-

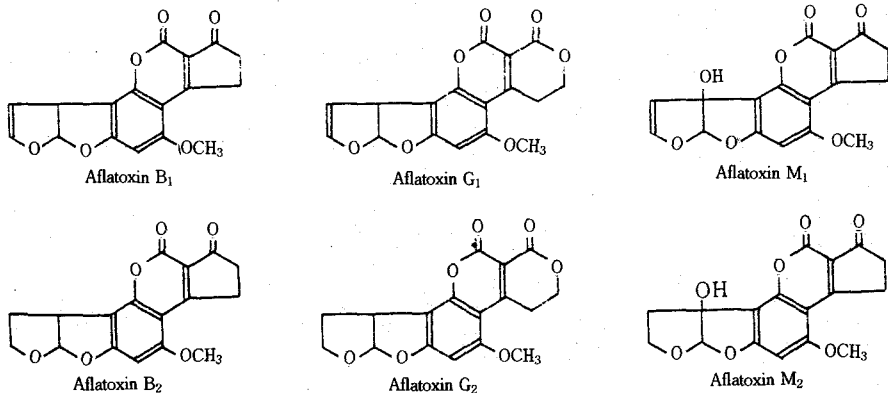


그림 1. Aflatoxin의 구조.

II 2. Occurrence of Aflatoxin M₁ in Milk ; Surveys carried out in the Late 1960s and in the 1970s (Brown, 1982)

Country	No. positive/ no. samples	Proportion positive ^a (%)	Range of concentrations ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Reference
South Africa	5/21	24	0.02-0.2	Rodricks & Stoloff(1977)
Federal Republic of Germany	28/61	46	0.04-0.25	Kiermeier(1973b)
Federal Republic of Germany	118/260	45	0.05-0.30	Polzhofer(1977)
Federal Republic of Germany	79/419	19	0.05-0.54	Kiermeier et al.(1977)
USA	191/302	63	trace->0.7	Stoloff(1980)
Belgium	42/68	62	0.02-0.02	Van Pee et al.(1977)
India	3/21	14	up to 13.3	Paul et al.(1976)
German Democratic Republic (winter)	4/36 0/12	11 0	1.7-6.5 <0.1	Fritz et al.(1977) Fritz et al.(1977)
German Democratic Republic (summer)	74/95 85/278	82 31	0.03-0.5 0.03-0.52	Schuller et al.(1977) Ministry of Agriculture, Fisheries and Food(1980)
Netherlands(winter)				
UK				

N.B. The percentages given should not be directly compared with each other because they also depend, of course, on the limits of detection of the methods of analysis used.

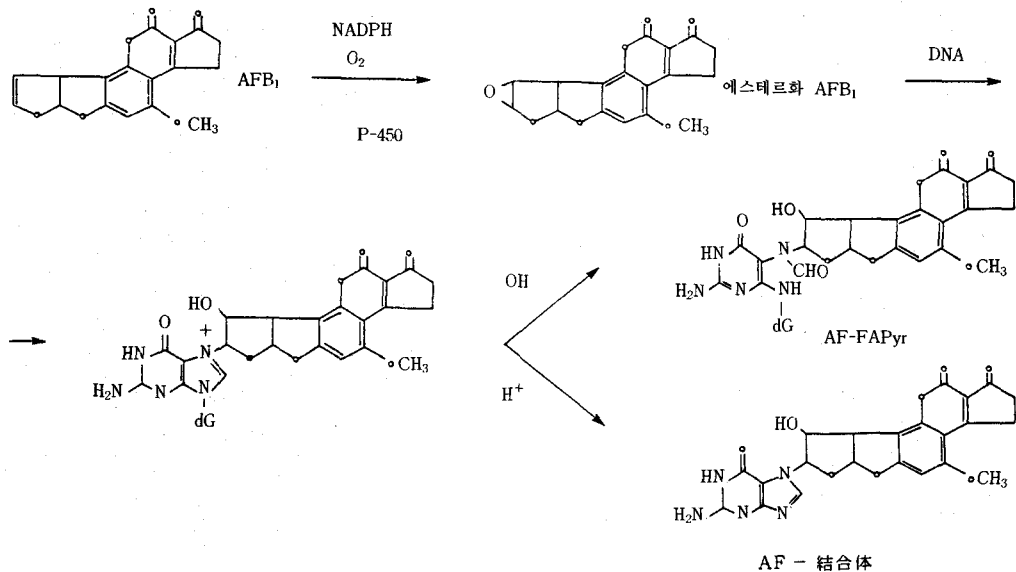


그림 2. AFB₁의 代謝活性化과 DNA와의 反應.

n을 함유하지 않은 사료를 급여시 그 소의 조직에서는 AFB₁ 및 AFM₁의 어느 독소도 검출되지 않은 것이 분명하다고 보고하였다.

(4) AFB₁의 간암발생기전

AFB₁은 자연계 최강의 발암물질로서 면역학

적 조사시 간염바이러스와 병행해서 간암발생의 원인물질의 하나로 간주되고 있다. 실질적으로는 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 수준의 AFB₁투여로 Rat 등에 감암을 유발시킬 수 있다. 이러한 발암기전은 말단 비스후란환(bisfuran)의 2중결합이 간장의 P-450계

표 3. Incidence of *Aspergillus flavus* and Aflatoxin-producing Fungi on Cheese

Cheese	No. or incidence ^a of strains			Reference
	No. samples	A. flavus	Aflatoxin producers	
Various(Canada)	24	1(A. flavus var. columnaris)	1(aflatoxin B ₁)	Van Walbeek et al. (1968)
Cheese and other dairy products	30	- ^b	2226	Torrey & Marth(1977a)
Cheddar	? ^c	-	1/349	Bullerman & Olivigni(1974)
Swiss cheese	11	1/183	1(B ₁ , B ₂)	Bullerman(1976a)
US cheeses	78	2/256	2(B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂)	Bullerman(1980)
US imported cheeses	75	11/479	11(B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂)	Bullerman(1980)
Gouda/Edam	355	0/486	-	Northolt et al.(1980)
Gouda/Edam	67	0	-	Northolt & Van Egmond (1982a)
Romanian cheeses	109	38	0/211	Mihai et al.(1970)
Teleme	94	-	1(B ₁)	Zerfiridis(1985)
Cheese	1	1	-	Vanderhoven et al.(1970)
Pepper cheese	1	1	1	Jacquent & Teherani(1974)
Gruyere	12	2	0	Jacquet et al.(1970)
St. Nectaire	?	Occasional	-	Dale & Guillot(1971)
Cheesecake(Poland)	1	+ ^d	-	Piskorska-Pliszynska & Borkowska-Opacka(1984)
Cottage cheese(Poland)	43	+	-	Burbianka & Stec(1972)
Kachkaval cheese	?	1	-	Dimitrov & Khadzhimitsev (1961)
Kachkaval cheese	?	+	-	Verdian(1981)
Poshekhonsky cheese	?	+	-	Verdian(1981)
Cheese(Yugoslavia)	?	1/100	1	Šutic et al.(1979)
Egyptian Roquefort cheese	62	260	39(B ₁ , B ₂)	Naguib et al.(1983)
Egyptian Damietta cheese	40	24	-	Mahmoud et al.(1983)
Egyptian cheese	1	2	2(B ₂)	El-Bazza et al.(1983)
Egyptian cheese	84	6	1	El-Bassiony et al.(1980)

^aBased on all strains of fungi isolated.

^c?, not stated.

^b-, not looked for.

^d+, present but incidence not quantitated.

효소로 에스테르화되고 이것이 開裂해서 DNA와 구아닌 잔기의 7위에 결합한다(그림 2).