

수확 후 곡류에 발생하는 진균독소의 탐색과 방제

1. 옥수수, 밀에서 분리한 *Penicillium*이 생산하는 주요 진균독소

오소영 · 정일민¹ · 백수봉¹ · 유승헌*
충남대학교 농과대학 농생물학과, ¹건국대학교 농과대학 식량자원학과

Survey and Control of the Occurrence of Mycotoxins from Postharvest Cereals

1. Mycotoxins Produced by *Penicillium* Isolates from Corn and Wheat

Soh Young Oh, Ill Min Chung¹, Su Bong Paik¹ and Seung Hun Yu*
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungnam National University,
Taejon 305-764, Korea
¹College of Agriculture, Kon-kuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT: A total of 26 and 55 isolates of fungi were isolated from corn and wheat samples collected from different markets in Korea, respectively. The number of *Penicillium* isolates from corn and wheat was 9 and 33, respectively. The *Penicillium* species isolated from corn were *P. chrysogenum* (3 isolates) and *P. oxalicum* (6 isolates), and from wheat were *P. aurantiogriseum* (16 isolates), *P. citrinum* (1 isolate), *P. commun* (4 isolates), *P. griseofulvum* (1 isolate), *P. verrucosum* (7 isolates), and *P. viridicatum* (4 isolates). Production of major mycotoxins in the yeast extract sucrose medium cultures of *Penicillium* isolates was analysed. *Penicillium* cultures were extracted with chloroform and purified by thin-layer chromatography (TLC), and high performance liquid chromatography (HPLC). Among 9 isolates of *Penicillium* from corn, 2 isolates of *P. chrysogenum* produced patulin, 1 isolate of the fungus produced patulin and citrinin, 2 isolates of *P. oxalicum* produced penicillic acid, 4 isolates produced penicillic acid and griseofulvin. Of the 33 isolates of *Penicillium* from wheat, 6 isolates of *P. aurantiogriseum* produced patulin, 8 isolates produced penicillic acid, 1 isolate produced patulin and penicillic acid, 1 isolate of *P. citrinum* produced citrinin and patulin, 2 isolates of *P. commun* produced brefeldin A and patulin, 1 isolate of *P. griseofulvum* produced brefeldin A, griseofulvin and patulin. Five isolates of *P. verrucosum* produced patulin, 1 isolate of the fungus produced penicillic acid, and 3 isolates of *P. viridicatum* produced penicillic acid.

Key words: corn, mycotoxins, *Penicillium*, wheat.

진균독소(mycotoxin)는 진균이 생산하는 2차 대사산물로 인체에 여러 종류의 중독증을 일으킨다. 지금까지 350여종의 진균이 생산하는 300종이 넘는 진균독소가 보고되어 있으나(1), 주요 진균독소들은 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Claviceps*, *Phoma*, *Myrothecium* 속 등의 대사산물로 알려져 있다.

수확 후 저장중인 곡류에서는 특히 *Penicillium*과 *Aspergillus*가 많이 보고되어 있으며 *Alternaria*와 *Fusarium*의 오염이 문제가 되기도 한다(4). *Penicillium*이 생산하는 진균독소로는 citreoviridin, citrinin, patulin, penicillic acid, rubratoxin 등이 잘 알려져 있고(3,7-9,22), *Aspergillus*가 생산하는 독소로는 aflatoxins, ochratoxins,

cyclopiazonic acid 등이 유명하다(12,15,24). 한편 *Alternaria* 독소 중 잘 알려진 것으로는 alternariol, alternariol monomethyl ether, tenuazonic acid 등이 있고(11,21,23), *Fusarium* 독소로는 trichothecenes, zearalenone, fumonisins 등이 있다(10,26,27).

독소생성균으로 오염된 곡류에서는 이 균들이 분비하는 진균독소가 검출되기도 하며 이런 곡류를 섭취할 경우 급, 만성 중독증상을 일으키게 된다. 진균독소에 의한 중독증은 영국, 미국, 러시아, 일본, 한국 등 세계 여러 나라에서 찾아볼 수 있다. 1940년대 일본에서 발생한 황변미(黃變米)사건은 외국에서 수입한 쌀에 오염된 *Penicillium*의 2차 대사산물에 의한 것이었고, 1940년대 소련에서 발생하여 다수의 사망자를 초래한 식중독 무백혈구증(ATA)은 *Fusarium*균이 생성하는 trichothecenes계

*Corresponding author.

대사산물에 의한 것이었으며, 1960년대 영국에서 발생한 칠면조의 집단죽음(Turkey X disease)은 *Aspergillus flavus*가 생산하는 aflatoxin에 의한 것으로 알려져 있다(28). 우리 나라에서는 1963년 *Fusarium graminearum*에 의한 맥류의 붉은곰팡이병이 심하게 발생하여 40~80%의 수확량 감소를 초래하였을 뿐 아니라 이 균에 감염된 맥류를 섭취한 사람과 동물에서 심한 중독증을 초래하여 큰 피해를 준바 있다(5, 6).

진균독소에 의한 식중독 및 중독사건은 비교적 다량의 독소를 섭취하였을 경우 나타나는 급성독성이며, 미량의 진균독소를 섭취하였을 경우 나타나는 만성독성에 관하여는 밝혀지지 않은 점이 많았었다. 그러나 최근 진균독소물질의 동정, 작용기작, 분석법 및 오염실태에 관한 정보가 모아지고 분자생물학의 발전에 따른 분자역학적 해석이 발전함으로써 부분적으로 알고 있었던 여러 가지 원인불명의 장애가 진균독소 오염과 관련된 것으로 밝혀지게 되었고 진균독소의 중요성에 대한 관심이 점점 커지게 되었다.

국내에서는 보리, 옥수수과 같은 곡류에서 분리한 *Aspergillus* 균주들의 진균독소 생성(13, 15), *Fusarium* 균주들의 진균독소 생성에 관한 보고가 있으며(16, 17, 20) 최근에는 몇 종류의 농산물에서 분리한 *Alternaria* 균주들의 진균독소 생성에 관한 보고가 있으나(14) 옥수수, 밀과 같은 곡류의 *Penicillium* 독소오염에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

본 연구는 수확 후 농산물에 발생하는 진균독소 탐색에 관한 연구의 일환으로 수확 후 저장 및 유통중인 옥수수과 밀에 발생하는 *Penicillium* 균주들의 진균독소 생성능을 조사하여 이를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

균분리 및 동정. 시중에서 옥수수 및 밀 종자 시료를 500 g씩 5곳에서 수집하였다. 수집한 시료를 각각 1% sodium hypochloride 용액으로 표면살균하고 감자한천배지(PDA)에 치상하여 22~28°C에서 4~5일간 배양한 후 *Penicillium*의 특징을 나타내는 균총을 선발하여 PDA 사면배지에 옮겨 배양하였다. 분리균을 동정하기 위하여는 Czapek yeast autolysate agar(CYA) 배지(24)에 접종하여 25°C 항온기에서 암상태로 7일간 배양한 후 균총의 특징과 형태적 특징을 조사하였고, Pitt(18), Singh 등(24)의 문헌을 참고하여 동정하였다.

균배양. 분리균의 진균독소 생성능력을 조사하기 위하여 yeast extract sucrose(YES) 액체배지에서 배양하였다. YES 배지의 조성은 yeast extract 20 g, MgSO₄ · 5H₂O 0.5 g, sucrose 150 g, water 1000 ml, trace metal solution 1.0 ml 였다(24). 삼각후라스크(200 ml)에 50

ml의 YES 액체배지를 넣고 살균한 후 PDA에서 전배양한 *Penicillium* 균총을 접종하여 25°C 암상태의 배양기에서 25일간 배양하였다.

Penicillium 진균독소의 동정. *Penicillium* 진균독소를 동정하기 위하여는 YES액체배지에서 배양한 배양여액을 chloroform으로 추출, 농축하고 이를 silica gel column에서 chloroform으로 용출시킨 후 TLC 및 HPLC 분석을 실시하였다.

TLC 분석에 사용한 용매계는 toluene:ethyl acetate:90% formic acid(50:49:1, v/v/v)와 chloroform:methyl alcohol(7:3, v/v) 및 benzene:methyl alcohol:acetic acid(18:1:1, v/v/v)를 이용하였으며, TLC에서의 Rf값과 발색반응을 표준독소와 비교하여 동정하였다. Citrinin(CT)은 TLC plates에 장파장의 UV광을 비추면 yellow fluorescence로 나타나며, 단파장의 UV광을 비추면 quenching spot로 나타났고, brefeldin A(BA)와 patulin(PA)은 장파장의 UV광에서는 반응이 없으나 단파장의 UV광을 비추면 quenching spot로 나타났다. Penicillic acid(PeA)는 암모니아 가스에 노출시킨 후 장파장의 UV광을 비추면 blue fluorescence로 나타나고 단파장의 UV광을 비추면 quenching spot으로 나타났으며, griseofulvin(GF)은 두 파장 모두에서 blue fluorescence로 나타났다.

HPLC 분석을 위하여는 TLC상의 독소부위를 긁어모은 후 acetonitrile을 가하여 독소성분을 추출하고 이를 HPLC 분석에 사용하였다. 분석에 사용한 칼럼은 역상칼럼 Phenomenex C₁₈이고 이동상 용매로 citrinin 분석에는 0.25 N phosphoric acid-acetonitrile(5:5, v/v), griseofulvin과 patulin 분석에는 acetonitrile-water(45:55, v/v), brefeldin A와 penicillic acid 분석에는 acetonitrile-water(60:40, v/v)를 사용하였다. Brefeldin A, citrinin, griseofulvin, patulin, penicillic acid의 검출을 위하여 각각 254 nm, 350 nm, 300 nm, 300 nm, 210 nm의 UV detector를 사용하였다.

공시한 표준독소는 brefeldin A, cyclopiazonic acid, patulin, citrinin, citreoviridin, penicillic acid, griseofulvin, penicillin G, rubratoxin B 등이었고 모두 Sigma사 제품을 구입하여 사용하였다.

결과 및 고찰

옥수수, 밀에서 분리한 진균의 종류. 옥수수 및 밀에서 분리한 진균은 Table 1과 같다. 옥수수에서는 26균주의 진균이 분리되었으며 그 중 *Penicillium chrysogenum*이 3균주, *P. oxalicum*이 6균주가 분리되었다. 밀에서는 모두 55균주의 진균이 분리되었고 그중 *P. aurantiogriseum* 16균주, *P. citrinum* 1균주, *P. commun* 4균주, *P. griseofulvum* 1균주, *P. verrucosum* 7균주, *P. viridica-*

Table 1. Number of isolates of fungi from corn and wheat collected from different markets in Korea

Fungi	No. of isolates	
	Corn	Wheat
<i>Penicillium</i> spp.		
<i>P. aurantiogriseum</i>	0	16
<i>P. chrysogenum</i>	3	0
<i>P. citrinum</i>	0	1
<i>P. commun</i>	0	4
<i>P. griseofulvum</i>	0	1
<i>P. oxalicum</i>	6	0
<i>P. verrucosum</i>	0	7
<i>P. viridicatum</i>	0	4
<i>Fusarium</i> spp.	15	2
<i>Alternaria</i> sp.	0	16
Others ^a	2	4

^aOthers included *Aspergillus* spp. and *Rhizopus* spp.

tum 4균주가 분리되었다. *Penicillium*균 이외에 옥수수에서는 *Fusarium*균이 많이 분리되었고(15균주) 밀에서는 *Alternaria*가 많이 분리되었으며(16균주) 그밖에 *Aspergillus*와 *Rhizopus*가 낮은 빈도로 분리되었다.

Penicillium 진균독소의 동정. 공시균주들이 생성하는 진균독소의 동정을 위하여 YES 액체배지에서 배양한 *Penicillium* 배양여액을 chloroform으로 추출한 후 TLC 분석을 한 결과 Table 2에서와 같이 brefeldin A(BA), citrinin(CT), griseofulvin(GF), patulin(PA) 및 peni-

Table 2. Rf values of TLC and HPLC retention time of *Penicillium* mycotoxins

Toxin ^a	TLC ^b Rf			HPLC ^c retention time (min)
	A	B	C	
BA	0.12	0.70	0.10	7.28
CT	0.32	0.37	0.16	7.70
GF	0.27	0.83	0.25	4.76
PA	0.36	0.73	0.18	7.47
PeA	0.33	0.75	0.14	5.68

^aBA: brefeldin A, CT: citrinin, GF: griseofulvin, PA: patulin, PeA: penicillic acid.

^bTLC was performed on silica gel pre-coated plates with a fluorescence indicator (Merck, Item No. 5715, TLC plates silica gel 60 F254) by using toluene-ethyl acetate-90% formic acid (50:49:1, v/v/v)(A), chloroform-methyl alcohol (7:3, v/v)(B), benzene-methyl alcohol-acetic acid (18:1:1, v/v/v)(C) as a solvent system.

^cHPLC was performed on a reverse phase column (Phenomenex C₁₈). 0.25 N phosphoric acid: acetonitrile (5:5, v/v) was used as mobile phase for the analysis of citrinin, acetonitrile: water (45:55, v/v) for griseofulvin and patulin, and acetonitrile: water (6:4, v/v) for brefeldin A and penicillic acid. The wavelength of the UV detector was set at 254 nm for detection of brefeldin A, at 350 nm for citrinin, at 300 nm for griseofulvin and patulin, and at 210 nm for penicillic acid.

cillic acid(PeA)의 생성이 확인되었다. Toluene-ethylacetate-90% formic acid(50:49:1, v/v/v), chloroform-methyl alcohol(7:3, v/v) 및 benzene-methyl alcohol-acetic acid(18:1:1, v/v/v) 용매계에서 주요독소들의 Rf 값을 보면 BA는 0.12, 0.70, 0.10, CT는 0.32, 0.37, 0.16, GF는 0.27, 0.83, 0.25, PA는 0.36, 0.73, 0.18, PeA는 0.33, 0.75, 0.14였다. 또한 HPLC 분석결과 BA, CT, GF, PA, PeA의 retention time은 각각 7.28분, 7.70분, 4.76분, 7.47분, 5.68분이었다.

Penicillium 균주의 독소생성능. 옥수수 및 밀에서 분리한 *Penicillium* 균주들의 진균독소생성능을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 옥수수에서 분리한 9개 균주 중 *P. chrysogenum* 2균주가 patulin을 생성하였고, 다른 1균주가 patulin과 citrinin을 동시에 생성하였으며, *P. oxalicum* 2균주가 penicillic acid만을 생성하였고, 다른 4균주가 penicillic acid와 griseofulvin을 동시에 생성하였다.

한편 밀에서 분리한 33 공시균주 중 *P. aurantiogriseum* 6균주가 patulin을 생성하였고, 8균주가 penicillic acid를 생성하였으며, 1균주가 patulin과 penicillic acid를 동시에 생성하였다. *P. citrinum* 1균주가 citrinin과 patulin을 동시에 생성하였으며, *P. commun* 2균주가 brefeldin A와 patulin을 동시에 생성하였다. 또 *P. griseofulvum* 1균주가 brefeldin A, griseofulvin, patulin을 동시에 생성하였으며 *P. verrucosum* 5균주가 patulin을 생성하였고, 다른 1균주가 penicillic acid를 생성하였다. 그리고 *P. viridicatum* 3균주가 penicillic acid를 생성하였다.

Citrinin은 신장독성(nephrotoxin)이 있는 진균독소로 신장을 손상시키고, 성장을 저해하며 결국 사망에 이르게 하는 것으로 보고되어 있으며(2, 25), 가축과 새의 주요독소로 알려져 있으나(6, 8) 사람의 건강에 미치는 영향에 대하여는 평가하기가 어렵다. 그러나 ochratoxin과 같은 다른 진균독소와 함께 작용할 경우(12) 독성의 상승작용이 우려되므로 주의를 요하는 독소이다. Patulin은 인축의 폐와 뇌에 출혈을 일으키는 것으로 보고되어 있고(2), penicillic acid는 쥐에 피하주사로 주입할 경우 종양을 유발하는 독소로서 *Penicillium*이 오염된 옥수수, 강낭콩 등에서 낮은 농도(5~230 ppb)로 검출되었다는 보고도 있다(19). 또 griseofulvin은 인축에 피부병을 유발하고, brefeldin A를 섭취하면 식욕저하와 설사를 유발하여 혼수상태가 되고, 호흡곤란과 전신마비를 초래하여 24시간 안에 죽게된다고 보고되어 있다.

최근 국내산 양파, 마늘에서 분리한 *Penicillium* 균주 중에 citrinin, patulin 및 penicillic acid를 생성하는 균주가 분포하고 있음을 보고한 바 있으나(29) 본 연구의 결과 옥수수, 밀과 같이 곡류에서 분리한 균주들은 양파, 마늘 분리균주들에 비하여 보다 다양한 종류의 진균독소를 생성함을 알 수 있었다.

Table 3. Mycotoxin production from the corn and wheat isolates of *Penicillium* in the yeast extract sucrose liquid medium

<i>Penicillium</i> species	Isolates number	Source	Mycotoxina production ^a				
			BA	CT	GF	PA	PeA
<i>P. chrysogenum</i>	PCO 302	Corn	ND	+	ND	+	ND
	PCO 308	Corn	ND	ND	ND	+	ND
	PCO 309	Corn	ND	ND	ND	+	ND
<i>P. oxalicum</i>	PCO 301	Corn	ND	ND	+	ND	+
	PCO 303	Corn	ND	ND	+	ND	+
	PCO 304	Corn	ND	ND	ND	ND	+
	PCO 305	Corn	ND	ND	+	ND	+
	PCO 306	Corn	ND	ND	ND	ND	+
	PCO 307	Corn	ND	ND	+	ND	+
<i>P. aurantiogriseum</i>	PFW 101	Wheat	ND	ND	ND	+	+
	PFW 104	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 105	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 107	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 109	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 110	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 111	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 115	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 116	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 117	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 122	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 123	Wheat	ND	ND	ND	ND	ND
	PFW 129	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 130	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
PFW 131	Wheat	ND	ND	ND	ND	+	
PFW 133	Wheat	ND	ND	ND	ND	+	
<i>P. citrinum</i>	PFW 102	Wheat	ND	+	ND	+	ND
<i>P. commun</i>	PFW 113	Wheat	ND	ND	ND	ND	ND
	PFW 114	Wheat	ND	ND	ND	ND	ND
	PFW 128	Wheat	+	ND	ND	+	ND
	PFW 132	Wheat	+	ND	ND	+	ND
<i>P. griseofulvum</i>	PFW 103	Wheat	+	ND	+	+	ND
<i>P. verrucosum</i>	PFW 106	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 108	Wheat	ND	ND	ND	ND	ND
	PFW 120	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 124	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 125	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 126	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
	PFW 127	Wheat	ND	ND	ND	+	ND
<i>P. viridicatum</i>	PFW 112	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 118	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 119	Wheat	ND	ND	ND	ND	+
	PFW 121	Wheat	ND	ND	ND	ND	ND

^aDetected by TLC and HPLC, BA: brefeldin A, CT: citrinin, GF: griseofulvin, PA: patulin, PeA: penicillic acid, ND: not detected.

요 약

시중에서 수집한 옥수수과 밀 종자에서 각각 26균주, 55균주의 진균을 분리하였다. 그 중 *Penicillium*은 옥수수에서 9균주, 밀에서 33균주가 분리되었다. 옥수수에서

분리된 *Penicillium*의 종은 *P. chrysogenum*(3균주), *P. oxalicum*(6균주)이었고 밀에서는 *P. aurantiogriseum*(16균주), *P. citrinum*(1균주), *P. commun*(4균주), *P. griseofulvum*(1균주), *P. verrucosum*(7균주), *P. viridicatum*(4균주) 등이 분리되었다. 분리한 *Penicillium* 균주들의 주요 진균독소 생성능을 조사하기 위하여 yeast extract sucrose 배지에서 배양한 후 배양여액을 chloroform으로 추출하고 TLC와 HPLC 분석을 통하여 순화하였다. 옥수수에서 분리한 9개의 균주 중 *P. chrysogenum* 2균주가 patulin을, 1균주가 patulin과 citrinin을 생성하였고, *P. oxalicum* 2균주는 penicillic acid를, 4균주는 penicillic acid와 griseofulvin을 생성하였다. 밀에서 분리한 33개 균주 중에서는 *P. aurantiogriseum* 6균주가 patulin을, 8균주가 penicillic acid를, 1균주가 patulin과 penicillic acid를 생성하였고, *P. citrinum* 1균주가 citrinin과 patulin을, *P. commun* 2균주가 brefeldin A와 patulin을, *P. griseofulvum* 1균주가 brefeldin A, griseofulvin, patulin을 생성하였다. 또한 *P. verrucosum* 5균주가 patulin을, 1균주가 penicillic acid를, *P. viridicatum* 3균주가 penicillic acid를 생성하였다.

감사의 말씀

이 연구는 1997년도 교육부 농업과학분야 거점연구소 육성사업에 의한 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부임.

참고문헌

- Betina, V. 1984. Biological effects of mycotoxins, In: *Mycotoxins-Production, Isolation, Separation and Purification*, ed. by V. Betina, pp. 25-36. Elsevier, Amsterdam.
- Blunden, G., Roch, O. G., Rogers, D. J., Coker, R. D., Bradburn, N. and John, A. E. 1991. Mycotoxins in Food. *Medical Lab. Sciences* 48: 271-282
- Carlton, W. W., Sansing, G., Szczech, G. M. and Tuite, J. 1974. Citrinin mycotoxicosis in beagle dogs. *Food Cosmet. Toxicol.* 12: 479-490.
- Christensen, C. M. and Kaufmann, H. H. 1965. Detection of stored grains by fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2: 69.
- Chun, J. H. 1963. Epidemiological survey of human mycotoxicosis caused by scabby cereals. In: *Research Report on Wheat and Barley Scab*, ed. by Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea, pp. 385-507. Ministry of Agriculture and Forestry, Seoul.
- Chung, H. S. 1975. Cereal scab mycotoxicosis in Korea and present status of mycotoxin research. *Kor. J. Mycol.* 3: 31-36
- El-Banna, A. A., Pitt, J. I. and Leistner, L. 1987. Production of mycotoxins by *Penicillium* species. *Syst. Appl. Microbiol.* 10: 42-46.

8. Friis, P., Hasselager, E. and Korgh, P. 1969. Isolation of citrinin and oxalic acid from *Penicillium viridicatum* and their nephrotoxicity in rats and pigs. *Acta Pathol. Microbiol. Scand.* 77:559-560.
9. Frisvad, J. C. and Filtenborg, O. 1990. Secondary metabolites as consistent criteria in *Penicillium* taxonomy and a synoptic key to *Penicillium* subgenus *Penicillium*. In: *Modern Concepts in Penicillium and Aspergillus Classification*, eds. by R. A. Samson and J. I. Pitt, pp. 373-384. Plenum Press, New York and London.
10. Gelderblem, W. C. A., Thiel, P. G., Jaskiewicz, K., Marasas, W. F. O., Horak, R. M., Vleggaar, R. and Kriek, N. P. T. 1988. Fumonisin-novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:1806-1811.
11. Harvan, D. J. and Pero, R. W. 1976. The structure and toxicity of the *Alternaria* metabolites. *Advances in Chem. Ser.* 149:344-355.
12. Krogh, P., Hald, B. and Pedersen, E. J. 1973. Occurrence of ochratoxin A and citrinin in cereals associated with mycotoxic porcine nephropathy. *Acta Pathol. Microbiol. Scand.* 81(Section B):689-695.
13. Lee, B. H. 1971. Productivity of aflatoxins by Korean industrial strains of the *Aspergilli*. *Konkuk Haksulji* 12:807-814.
14. Lee, H. B. and Yu, S. H. 1995. Incidence of *Alternaria* species in red pepper and sesame from Korea and their ability to produce mycotoxins. *Korea J. Plant Pathol.* 11:1-8
15. Lee, K. and Lee, S. R. 1974. Productivity of aflatoxin by *Aspergillus flavus* group isolated from deteriorated rice in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 6:168-175.
16. Lee, U. S., Jang, H. S., Tanaka, T., Hasegawa, A., Oh, Y. J. and Ueno, Y. 1985. The coexistence of the *Fusarium* toxins nivalenol, dextrynivalenol and zearalenone in Korean cereals harvested in 1983. *Food Addit. Contam.* 2:185-192.
17. Lee, Y. W., Kim, K. H. and Chung, H. S. 1990. Mycotoxin production by toxigenic *Fusarium* isolates obtained from the corn producing area in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 6:276-279.
18. Pitt, J. I. 1991. A Laboratory Guide to Common *Penicillium* species. pp. 1-187. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.
19. Pohland, A. E. 1993. Mycotoxins in review. *Food Addit. Contam.* 10:17-28.
20. Ryu, J. G. and Lee, Y. W. 1990. Mycotoxins produced by *Fusarium* isolates from barley in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 6:21-27.
21. Schade, J. E. and King, A. D. Jr. 1984. Analysis of the major *Alternaria* toxins. *J. Food Prot.* 47:978-995
22. Scott, P. M. 1977. *Penicillium* Mycotoxins. In: *Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses*, Vol. 1, ed. by T. D. Wyllie and L. G. Morehouse, pp. 283-356. Marcel Dekker, Inc., New York.
23. Seitz, L. M. 1984. *Alternaria* metabolites. In: *Mycotoxins-Production, Isolation, Separation and Purification*, ed. by V. Betina, pp. 443-455. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
24. Singh, K., Frisvad, J. C., Thrane, U. and Mathur, S. B. 1991. An Illustrated Manual on Identification of some Seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and their Mycotoxins. pp. 8-10. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Hellerup. Denmark.
25. Smith, J. E. and Moss, M. O. 1985. In: *Mycotoxins-Formation, Analysis and Significance*. Chichester, J. Wiley.
26. Tanaka, T., Hasegawa, A., Matsuki, Y., Ishii, K. and Ueno, Y. 1985 Improved methodology for the simultaneous detection of the trichothecene, deoxynivalenol and nivalenol in cereals. *Food Addit. Contam.* 2:125-137.
27. Thiel, P. G., Marasas, F. W. O., Sydenham E. W., Shephard, G. S. and Gelderblom, W. T. A. 1992. The implications of naturally occurring levels of fumonisins in corn for human and animal health. *Mycopathologia* 117:3-9.
28. Ueno, Y. and Kawamura, O. 1993. Recent advances on environmental toxicology of mycotoxins. *Jpn. J. Toxicol. Environ. Health* 39:173-188.
29. Yu, S. H., Oh, S. Y., Lee, H. B., Kim, B. R., Chung, I. M. and Paik, S. B. 1997. Survey and control of the occurrence of mycotoxins from postharvest vegetables in Korea I. Mycotoxins produced by *Alternaria* and *Penicillium* isolates from spice vegetables (onions, garlics and peppers). *Korean J. Plant Pathol.* 13:323-330.

(Received December 8, 1998)