

전통 대두발효식품 중에 존재하는 Ochratoxin A 생성균주의 특성

강성철 · 신현길 · 김종배 · 김창한 · 이상신*

진국대학교 축산가공학과, *한국교원대학교 생물교육학과

Characteristics of the Ochratoxin A Producing Fungi in Traditionally Fermented Korean Soybean Foodstuffs

Sung-Chul Kang, Heun-Kil Shin, Jong-Bae Kim, Chang-Han Kim and Sang-Sun Lee*

Department of Animal Products Science, Kun-kuk University

*Department of Biology Education Science, Korean National University of Education

Abstract

Fermented Korean soybean foodstuffs(12 samples of *meju*, 28 samples of *doenjang* and 28 samples of *kanjang*) which collected nation wide in Korea, were used to isolate of fungi. And the fungi producing ochratoxin A(OA) among isolated fungi were identified. Of total 222 fungi isolated in each samples, the production rate of OA was 17.7%(39/222). Four fungi out of 39 isolates which production OA showed a higher amount of ochratoxin A. From these results, four kinds of fungi producing large quantities of OA were *Penicillium spp.*, *Phialotubus microsporus*, *Eupenicillium lapidosum*, and *Paecilomyces variotti*, respectively. Four fungi showed the optimum growth at water activity(a_w) of 0.99, but production of OA was almost inhibited at a_w of 0.85. Furthermore, three fungi except *P. variotti* showed the optimum growth at 30°C, while OA production inhibited at same temperature. The optimal pH for toxin production except *P. variotti* was 6.5. Also, toxin production was not greatly influenced by pH.

Key words: ochratoxin A, *meju*, *doenjang*, *kanjang*

서 론

Ochratoxin A(OA)는 isocoumarin를 함유하는 강한 독성의 곰팡이 독으로서 실험동물에서 신장독⁽¹⁾, 간장독⁽²⁾ 및 체기형⁽³⁾을 일으키고 면역작용을 저해하며 사람에게 Balkan endemic nephropathy 등의 만성 신장질환을 일으키는 nephrotoxin이다. 지금까지 보고된 OA는 *Aspergillus*속 7종⁽⁴⁾과 *Penicillium*속 8종⁽⁵⁾ 등의 곰팡이에 의해서 생성되는 2차 대사산물이다⁽⁶⁾. 이러한 곰팡이는 각종 농산물⁽⁷⁾과 발효육제품 및 발효유제품 등에 오염되어 OA를 생성하므로^(8,9) 식품에 의한 직접적인 전이 및 사료의 오염에 의한 2차적인 전이에 의해 인체에 흡수가능성이 매우 높다. 특히 우리나라의 전통 발효식품인 된장, 간장은 대부분 가정에서 재래식 방법에 의해 제조되기 때문에 각종 유해 균류의 오염으로 인한 mycotoxin의 잔존 위험성이 대단히 높다^(10,11). 외국에서는 각종 곡류와 발효식품내에 ochratoxin의 오염사례가 보고되어^(6,12), 그 독성들이 밝혀짐에 따라 활발한 연구가 되고 있으나⁽¹³⁾ 국내의 연구는 대단히 미흡하여 그 연구는

일부 mycotoxin에 국한되어 있고, 발효식품인 메주, 된장 및 간장에서의 연구는 aflatoxin을 제외하고는 거의 보고된 바가 없다^(11, 14). 특히 메주는 곰팡이의 훌륭한 배지로서 다양한 mycotoxin 생성 가능성이 높다. 따라서 mycotoxin에 대한 활발한 연구를 통해서 아직도 대부분 재래식 된장 및 간장을 애용하는 국민들의 건강을 보호해야 할 것이다. OA의 생성량은 곰팡이의 종류, 생육 온도^(15, 17), a_w ⁽¹⁶⁾, pH 그리고 기질의 종류 등에 따라 다르며, 또한 접종 포자의 수⁽¹⁷⁾, 배양기간⁽¹⁷⁾ 등에 의해 생성량의 차이를 보인다.

본 연구는 우리나라에서 재래식 방법으로 생산되고 판매되는 메주, 된장 및 간장들을 전국에서 수집하여 시료로 사용하였다. OA 분석은 면역분석법 중 화학발광물질을 이용한 Chemiluminescence Immunoassay (CIA)를 정량에 응용하였다. 각 시료에서 OA 생성균주를 분리 동정하고, 분리된 균주중 OA를 다량 생성하는 균을 선정하여 pH, a_w 및 온도 등의 생육조건에서 이들 균주들의 OA의 생성 및 증식특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 이용된 시약인 complete Freund's adju-

Corresponding author: Heun-Kil Shin, Department of Animal Products Science, Kun-Kuk University, 93-1 Mojin-Dong, Seongdong-Ku, Seoul 133-701, Korea

Table 1. Water activity, pH and NaCl content of doenjang and kanjang samples*

Foodstuffs	Water activity	pH	NaCl
Doenjang	0.820±0.070	4.96±0.4	14.68±5.2
Kanjang	0.772±0.020	5.12±0.3	25.86±3.1

*The numbers of analyzed were 28 samples

vent, sephrose-4B-protein A, microperoxidase(MP-11) 및 streptomycin sulfate는 Sigma사(USA)의 것을, amino buthyl isoluminol(ABEI)는 LKB사(Wallacoy Turke, Filand) 제품을, potato dextrose ager(PDA), czapek solution agar(CSA), tartaric acid은 Merck사(Germany) 제품을 그리고 기타 배지나 시약은 모두 특급품을 사용하였다. 시료는 전국 각지에서 채래적인 방법으로 생산하여 유통되어 있는 메주(12), 된장(28) 및 간장(28)을 수거하였다.

메주 500g씩 수거하여 45°C에서 24시간 건조 후 분쇄기(Disc mill, Model BM-D-700)에서 1750 rpm으로 분쇄하고 진공포장기(Multivac/Switzerland)에서 진공포장하여 분석시까지 -70°C에 보관하여 사용하였고, 된장과 간장은 500g씩 수거하여 4°C에 보관하며 OA 분석에 이용하였으며 본 실험에 이용된 시료의 a_w , pH 및 소금함량은 Table 1과 같다.

Ochratoxin A의 다량 생성 4균주의 분리 및 동정

곰팡이 분리는 일반적인 방법에 따라 실시하였으며 곰팡이 분리를 위한 배지는 potato-dextrose agar(PDA)를 이용하였으며, 이때 다른 세균오염방지를 위하여 tartaric acid 및 streptomycin을 첨가하여 배지를 제조하였다.

메주, 된장 및 간장에서 분리된 곰팡이는 OA의 생성 유무를 확인하기 위해서 PDA에 접종하여 25°C에서 10일 동안 배양하였다. 배양된 균주를 아래에 기술한 OA의 추출 및 정량의 방법⁽¹⁰⁾에 의해 OA의 생성유무를 확인하여, OA의 생성이 확인된 균주를 분리 및 동정에 이용하였다. 특히 OA의 생성능이 우수한 4가지 균을 선정하여 동정한 후, OA 생성조건 실험에 이용하였다. 4균의 분리동정은 강⁽¹⁸⁾의 방법과 동일하게 실시하였다.

Ochratoxin A 추출 및 정량

25°C에서 10일간 각각의 조건에서 배양된 배지로부터 OA 추출은 agar plate 2개를 클로르포름 100 ml와 함께 vinyl bag에 넣고 stomacher로 4분 동안 균질화한 후 Whatman(No.1)과 anhydrous sodium sulfate를 이용하여 여과하였다. 여과된 추출액은 회전감압증류기(rotary evaporator ; Tokyo Rikiai, Japan)를 이용하여 40°C에서 농축시켰으며, 농축물을 메탄올 3 ml로 다시 녹이고 sodium phosphate buffer(PBS ; 0.05 M, pH 7.4)로 최종 메탄올 농도가 1% 이하가 되도록 희석하여 면역정량에

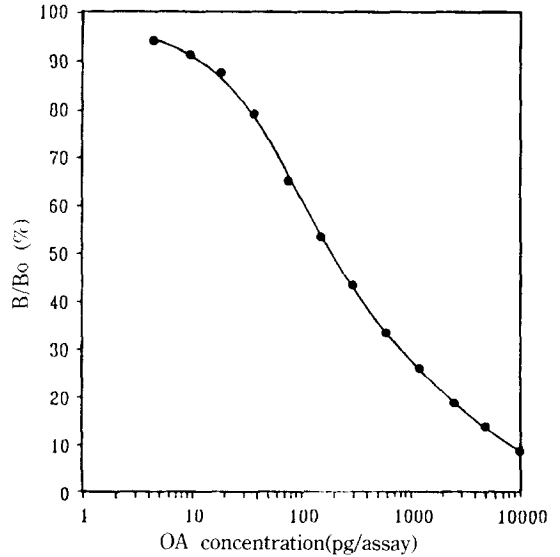


Fig. 1. Standard curve for ochratoxin A in solid phase chemiluminescence immunoassay

이용하였다.

OA 정량분석은 한⁽¹⁹⁾의 방법에 따라 화학발광물질을 이용한 chemiluminescence immunoassay(CIA)을 이용하였으며, OA의 정량을 위해 Fig. 1과 같이 표준곡선을 작성하여 시료정량에 이용하였다.

Ochratoxin A 생성균주의 온도, 수분활성도(a_w) 및 pH에 따른 toxin 생성량 조사

곰팡이의 OA 생성조건은 Northolt 등⁽¹⁶⁾, Bullerman 등⁽¹⁸⁾과 Bullerman⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 온도, 수분활성도 및 pH의 조건을 달리하여 이미 분리된 OA의 생성균주 중 비교적 OA의 생성량이 많은 4 fungi, 즉 *P. microsporus*, *Penicillium spp.*, *E. lapidosum*, *P. variotti*를 다음과 같은 배지를 조제하고 접종한 다음 배양조건을 달리하여 2주간 배양하였으며 OA의 생성량은 CIA로 측정하였다.

배지의 a_w 및 pH의 조건

배지는 Northolt 등⁽¹⁶⁾, Bullerman 등⁽¹⁸⁾과 Bullerman⁽¹⁵⁾의 방법을 응용하여 PDA를 선택하고 a_w 별 OA의 생성량을 조사하기 위하여 배지에 각각 NaCl과 glycerol을 첨가하여 a_w 0.80~0.99 사이를 0.05씩 차이를 두고 배지를 조제하였으며, 배지의 최종 a_w 는 NOVASINA-Electronic Hygrometer(EEJA-3/Zürich)로 25°C에서 3회 반복 측정하면서 조정하였다. pH별 OA의 생성량을 조사하기 위하여 배지를 멸균한 후에 45~50°C로 온도를 낮추어 10% tartaric acid와 NaOH(0.1~1 N)를 이용하여 pH를 3.5, 4.5, 5.5, 6.5 및 7.5가 되게 배지를 조제하였다.

Ochratoxin A 생성균주의 조건별 배양

Table 2. The colonies and isolates producing Ochratoxin A (OA) from various Korean traditional soybean fermented foodstuffs

Foodstuffs	Number of fungi isolated	Isolates producing OA	Percentage of fungi producing OA
Meju	83	16	19.3%
Doenjang	71	13	18.3%
Kanjang	68	10	14.7%
Total	222	39	average 17.6%

분리된 곰팡이 중 OA를 가장 많이 생성하는 4종의 선택된 곰팡이를 사면배지에 제대배양하여 충분히 활성화시킨 후 미리 멸균하여 준비된 tween 80(0.05%)액을 넣어 균질화하였고, 이 포자의 현탁액을 각각 m³당 10⁶ 수준으로 희석하여 각 plate에 0.1 ml씩 접종하였다. 접종된 각 plate는 a_w에 의한 OA의 생성량을 조사하기 위하여 NaCl로 a_w가 조정된 각 데시케이터에 넣어 이 데시케이터를 25°C에 14일간 배양하였으며, pH별 OA의 생성량을 조사하기 위하여 각각 pH가 조정된 plate에 곰팡이를 접종한 후 plate를 25°C에서 14일간 배양하였다. 또한 온도별 OA 생성량의 조사는, plate에 접종한 균을 5, 10, 15, 25°C 및 30°C에서 2주간 배양한 후 면역분석하였다.

결과 및 고찰

Ochratoxin A의 정량을 위한 표준곡선 작성 및 회수율 조사

항체를 희석하여 200 μl씩 polystyrene star tube에 coating하고 tracer와 OA를 경쟁반응시켜서 Fig. 1과 같이 표준곡선을 작성하였던 바, OA의 감도(sensitivity)는 20 pg/tube로써 이러한 결과는 Pestka 등⁽⁷⁾의 25 pg/tube와 한⁽¹⁹⁾의 20 pg/tube의 감도와 유사한 결과로서 OA의 측정에 우수한 표준곡선으로 사료된다.

Agar plate에서 OA의 회수율은 1 μg과 2 μg의 OA를 인위적으로 첨가한 후 잘 혼합하고 1시간 방치하여 충분히 흡수하게 한 다음 위에서 기술한 방법으로 100 ml의 메탄올을 첨가한 후 OA를 추출하고 최종적으로 메탄올 농도가 1% 이하가 되도록 희석하여 면역정량을 실시하였다. 그 결과 1 μg의 OA의 첨가는 92.3±6.2%로 나타났고 4 μg의 OA의 첨가는 91.1±5.4%로 나타났다. 따라서 이러한 결과는 양호한 편으로 실험에 이용한 후 손실량 만큼을 가해주어 그 오차를 줄였다.

Ochratoxin A 생성곰팡이 분리 및 동정

메주, 된장 및 간장에서 분리된 곰팡이는 222개로 colony 크기 정도 및 색깔은 다양하였다. 여기서 모양, 색깔 및 생육상태 등이 각각 다른 colony만을 다시 선택하였고, 선택된 균주를 PDA에 25°C에서 7일간 배양하여 OA의 생성여부를 측정하였으며 그 결과는 Table 2와

Table 3. Amount of Ochratoxin A and number of fungal isolates which produce ochratoxin A^a

Amount of ochratoxin A produced in two Petridishes (ng) ^b	Numbers of isolates producing ochratoxin A
20~100	13
100~200	18
200~500	6
500~2000	2

^aFungal isolates incubated on potato dextrose agar at 25°C for 10 days

^bDetermined ochratoxin A extracted from fungal isolates two grown potato dextrose by Chemiluminescence Immunoassay

같다. 전체적으로 30개의 메주, 된장 및 간장에서 육안으로 222개의 곰팡이를 분리하였고 39개의 곰팡이가 OA를 생성하는 것으로 판정되었으며 OA 생성 곰팡이율이 17.7%였다. 여기서 메주에서 분리된 OA의 곰팡이 생성률은 19.3%(16/83)로 가장 높게 나타났고, 간장은 14.7%(10/68)로 가장 낮게 나타났다. 위에서 분리된 OA 생성균주 39개를 PDA에 25°C에서 10일간 배양하였고, 배양된 곰팡이와 배양배지의 OA 분리정량은 Lee and Chu⁽⁶⁾ 및 CIA 방법⁽¹⁹⁾에 따라 OA를 정량하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 여기서 0.2 μg/2 petri dish 이상의 OA 생성률이 20.5%(8/39)로 나타났다. 이러한 결과는 전통 발효식품에서 이들 곰팡이들이 오염되어 OA의 생성조건에 따라 그 생성 가능성이 매우 높음을 알 수 있다. OA를 생성하는 39 분리균주 중에서 OA를 가장 많이 생성하는 4 분리균주를 선택하여 동정한 결과는 *Phialotubus microsporus*, *Penicillium spp.*, *Eupenicillium lapidosum*, *Paecilomyces variotti*이었다. 일반적으로 OA의 생성 대표균주인 *Aspergillus ochraceus*는 4 분리균주 내에 포함되어 있지 않았다.

분리균주의 생육특성

분리된 4 분리균주에 배양온도, 수분활성도 및 pH가 증식에 미치는 영향을 조사하였다. Table 4는 수분활성도(a_w)를 달리하여 25°C에서 14일간 OA 생성균주를 배양한 결과이다. 여기에서 a_w 0.99는 4 균주 모두가 잘 자랐지만 0.95에서 *E. lapidosum*이 다소 적게 자랐다. 0.90에서는 *Penicillium spp.*가 가장 많이 자랐고, *P. microsporus*과 *P. variotti*는 조금 적게 자랐고 *E. lapidosum*은 아주 약한 증식을 보였다. 그러나 a_w 0.85에서 *P. microsporus*과 *E. lapidosum*은 성장하지 않았고 *Penicillium spp.*와 *P. variotti*는 조금 성장하였다. 하지만 a_w 0.80에서는 어느 균주도 자라지 않았다. 위의 결과를 종합해 볼때 최저 증식 a_w는 *Penicillium spp.*와 *P. variotti*은 0.85이었으며 *P. microsporus*와 *E. lapidosum*은 0.90이었다. 따라서 본 시료의 이러한 증식 최저 a_w값을 볼때 조사된 간장의 a_w가 0.78 이하로서 이들의 균주는 간장에서 증식할 수

Table 4. The effects of water activity(a_w) on the growth of the isolates at 25°C for 14 days

a _w	<i>Phialotubus microsporus</i> spp.	<i>Penicillium</i>	<i>Eupenicillium lapidosum</i>	<i>Paecilomyces variotti</i>
0.99	+++	+++	+++	+++
0.95	+++	+++	++-	+++
0.90	+(-)	+++	-	++
0.85	-	+	-	+
0.80	-	-	-	-

Table 5. The effect of different temperature on the growth of the 4 isolates after 14 days of incubation

Temperature (°C)	<i>Phialotubus microsporus</i> spp.	<i>Penicillium</i>	<i>Eupenicillium lapidosum</i>	<i>Paecilomyces variotti</i>
5	-	-	-	-
10	-	+	-	++
15	+(-)	+-	+-	+-
25	++	++	++	++
30	+++	+++	++	++

없음을 Table 1에서 알 수 있다. 따라서 간장에서 분리된 곰팡이는 대부분 메주에서 기인된 것으로 본다. 각 균주의 온도에 따른 증식상태를 조사하기 위해서 4 곰팡이를 2주 동안 배양하였던 바 그 결과는 Table 5와 같다. 이들 균주가 모두 25°C에서는 성장이 잘 되었으며, 5°C에서는 성장이 모두 중지되었다. 또한 30°C에서는 *P. variotti*의 경우를 제외하고, 다른 3 균주는 잘 자랐다.

분리균주의 생육조건이 Ochratoxin A 생성에 미치는 영향

분리된 4 분리균주가 온도의 변화에 따른 OA의 생성량은 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 4 분리균주 중에서 *Penicillium spp.*가 가장 많이 OA를 생성하였다. *P. microsporus*는 30°C에서 많은 OA를 생성하였으며, 15°C 이하에서는 거의 생성하지 않았다. 그러나 *Penicillium spp.*는 30°C에서 OA의 생성능이 미약하나 25°C에서 OA가 가장 많이 생성하였으며, 10°C에서도 상당한 OA를 생성하였다. *E. lapidosum*은 OA 생성량이 전반적으로 적었고, *Penicillium spp.*는 OA를 10°C 이하에서도 다량 생성하므로 메주 발효 후에도 겨울 동안 보관시 5°C 이하로 냉장보관이 필요함을 알 수 있다. OA 생성과 증식관계를 비교해 볼 때 Table 5에서 *Penicillium spp.*는 30°C에서 활발하게 증식은 하였으나 Fig. 2에서는 OA의 생성량이 아주 낮은 것을 알 수 있어 OA 생성과 증식과는 일치하지 않음을 알 수 있다.¹⁶⁾

pH 변화에 따른 toxin의 생성량은 Fig. 3에서 보는 바와 같이, *P. microsporus*과 *Penicillium spp.* 그리고 *E. lapidosum*은 pH 6.5에서 OA의 생성량이 가장 많았고 *P. variotti*의 경우 pH 5.5 이하에서 OA의 생성량이 오히려 많았다. 이러한 결과는 *Penicillium spp.*가 pH 6.5에서

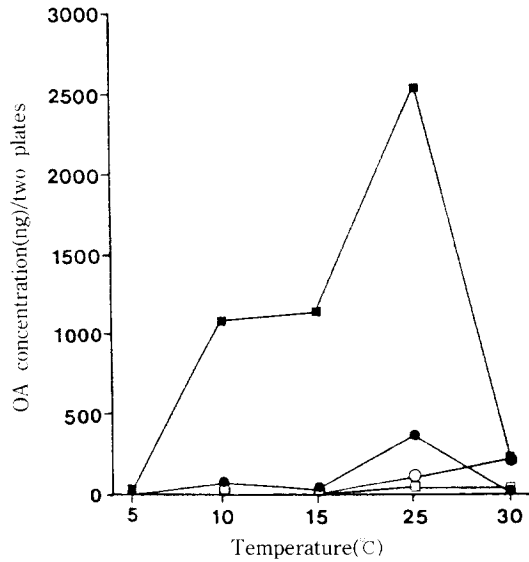


Fig. 2. Ochratoxin A production by 4 isolated strains on potato dextrose agar at different temperatures.

□: *Phialotubus microsporus*, ■: *Penicillium spp.*, ○: *Eupenicillium lapidosum*, ●: *Paecilomyces variotti*

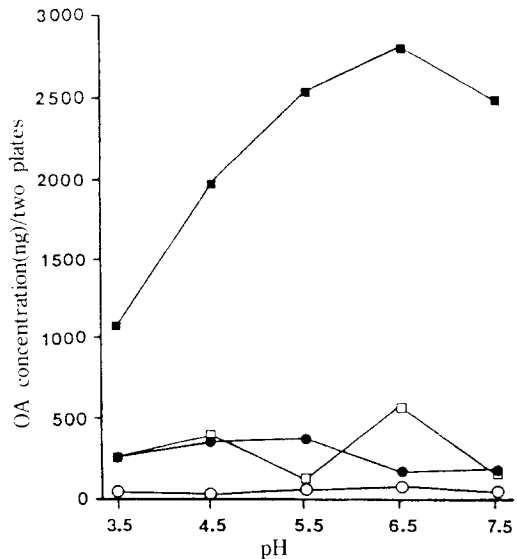


Fig. 3. Ochratoxin A(OA) production of 4 fungal strains after incubating at 25°C under different pH condition of potato dextrose

□: *Phialotubus microsporus*, ■: *Penicillium spp.*, ○: *Eupenicillium lapidosum*, ●: *Paecilomyces variotti*

가장 많은 OA를 생성했다는 Bullerman¹⁵⁾의 보고와 유사하다.

수분활성도를 달리하여 25°C에서 14일간 배양한 후 OA의 생성량을 조사한 결과, Fig. 4에서 보는 바와 같이

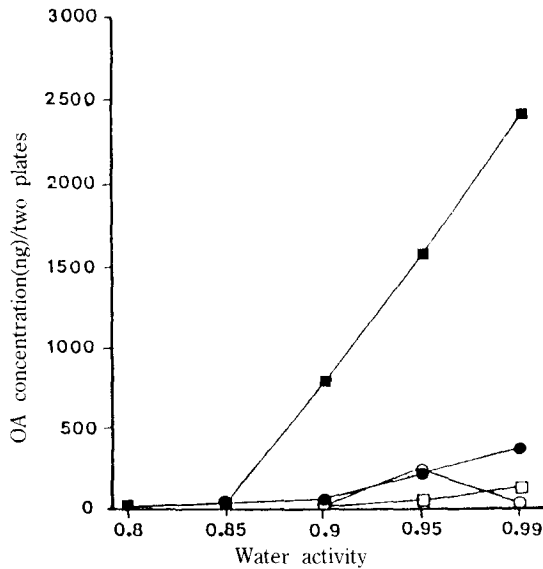


Fig. 4. Ochratoxin A(OA) production of 4 fungal strains after incubating at 25°C under various condition water activity of potato dextrose agar

□; *Phialotubus microsporus*, ■; *Penicillium spp.*, ○; *Eupenicillium lapidosum*, ●; *Paecilomyces variotti*

a_w 0.80에서는 OA가 전혀 생성되지 않았으며, 0.85에서는 *Penicillium spp.*와 *P. variotti*이 미량 생성되었고, 0.90에서는 *Penicillium spp.*를 제외하고는 미량 생성되었다. 또한 수분활성도가 0.95 이상에서는 *E. lapidosum*을 제외하고 모두가 OA 생성량이 급격히 증가하였다. 이와 같은 경향은 Northolt 등¹⁶⁾이 보고한 24°C에서 여러 균주의 a_w 에 따른 OA 생성량과 비교할 때 유사한 결과를 나타내었다.

이러한 곰팡이의 생성조건을 달리한 실험에서 얻은 결과는 실제 우리 전통간장과 된장에서 a_w 가 0.82 이하이므로 Table 1의 결과와 비교해 볼때 OA의 생성이 될 수 없으며, 수분활성도가 높은 메주 발효시에 여러 곰팡이의 오염에 의해 OA가 생성될 수 있을 것이다. 따라서 메주에서의 OA 생성 곰팡이의 증식억제가 전통 발효식품에서의 OA의 잔류를 막을 수 있는 중요한 방법이라 사료된다.

요 약

국내에서 재래적인 방법에 의하여, 생산 시판되고 있는 전통 발효식품인 메주(12종), 된장(28종) 및 간장(28종)을 수거하여 이들로부터 OA를 생성하는 fungi를 분리 및 동정하였고, 동정된 fungi 중 OA를 가장 많이 생성하는 4 isolates을 선택하여 이들의 생육과 OA 생성 특성을 조사하였다. 각 시료에서 분리해낸 222 fungi 중 OA를 생성하는 것은 39 isolates로, 곰팡이의 OA 생성

율이 17.7%(39/222)이며, 이들 중 가장 많은 OA를 생성하는 4 Fungi는 *Penicillium spp.*, *Phialotubus microsporus*, *Eupenicillium lapidosum* 및 *Paecilomyces variotti*이었다. 이들 균주는 a_w 0.99에서 가장 잘 자랐고 a_w 0.85에서 OA의 생성이 중지되었다. 또한 30°C에서 *Paecilomyces variotti*를 제외하고 빨리 증식하였으나 OA 생성은 30°C에서 억제되었다. Toxin 생성 최적 pH는 *Paecilomyces variotti*를 제외하고는 6.5이었으며 pH에 의해서 toxin 생성은 a_w 와 달리 영향을 크게 받지 않았다.

감사의 말

본 연구는 1990년도 미원재단 학술연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 사의를 표한다.

문 헌

1. Krogh, P., Hald, B., Plestina, R. and Ceovic, S.: Balkan (Endermic) nephropathy and food born ochratoxin A; Preliminary results of a survey of foodstuffs. *Acta. Path. Microbiol. Sect. B.*, 85, 238(1977)
2. Szczech, G.N., Carton, W.W. and Tuite, J.: Ochratoxin A toxicosis in swine. *Vet. Pathol.*, 10, 347(1973)
3. Hayes, A.W., Wood, R.D. and Lee, H.L.: Teratogenic effects of Ochratoxin A in mice. *Teratolog.*, 13, 11(1974)
4. Merwe, K.J., Steyn, F.S. and Fourie, L.: Mycotoxins. Part II.: The constitution of *Aspergillus ochraceus*. *J. Chem. Soc.*, Part V. 7083(1965)
5. Van W.W., Scott, P. and Thatcher, F.: Mycotoxin from foodborne fungi. *Can. J. Microbiol.*, 14, 131(1968)
6. Lee, S.S. and Chu, F.S.: Enzyme-linked immunosorbent assay of ochratoxin A in wheat. *J. AOAC*, 67, 45(1984)
7. Pestka, J.J., Steinert, B.W. and Chu, F.S.: Enzyme-linked immunosorbent assay for detection of ochratoxin A. *Appl. Environ. Microbiol.*, 41, 1472(1981)
8. Bullerman, L.B., Schroeder, L.L. and Park, K.Y.: Formation and control of mycotoxin in food. *J. Food Prot.*, 47, 637(1984)
9. Escher, F.E., Koehler, P.E. and Ayres, J.C.: Production of ochratoxin A and B on country cured ham. *Appl. Microbiol.*, 26, 27(1973)
10. 金容華, 皇甫丁淑, 李瑞來: 몇가지 韓國食品 중 aflatoxin의 檢出. *한국식품과학회지*, 9, 73(1977)
11. 李瑞來: 식품의 安全性 研究. *식품과학과 산업*, 21, 9(1988)
12. Dorminique, M.R., Slegers, G.A. and Van, C.H. Peteghem: Radioimmunoassay of ochratoxin A in barley. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50, 529(1985)
13. Deryck, S.P.P. and Basil, A.R.: Mycotoxin in animal feedstuffs; Sensitive TLC. Detection of aflatoxin, ochratoxin A, sterigmatocystin, zearalenone and T-2 toxin. *J. AOAC*, 62, 1265(1979)
14. 박건영, 문숙희, 백형석, 최홍식: 된장의 Aflatoxin B₁에 대한 항 돌연변이 효과. *한국영양학회지*, 19, 156(1990)

15. Bullerman, L.B.: Interactive effects of temperature and pH on mycotoxin production. *Lebensm. Wiss. U. Technol.*, **18**, 197(1985)
 16. Northolt, M.D., Vanegmond, H.P. and Paulsch, W.E.: Water activity and temperature. *J. Food Prot.*, **42**, 485 (1979)
 17. Häggblom, P.: Production of ochratoxin A in barley by *Aspergillus ochraceus* and *Penicillium viridicatum*; Effect of fungal growth time, temperature and inoculum size. *Appl. Environ. Microbiol.*, **43**, 1205(1982)
 18. 강성철 : 전통 발효식품 중에 존재하는 Ochratoxin A 분석과 생성균주의 분리 동정 및 생성조건에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문 (1991)
 19. 한재수 : Ochratoxin A의 생성조건 및 정량을 위한 면역분석법 개발에 대한 연구. 건국대학교 석사학위논문 (1990)
-
- (1991년 6월 12일 접수)