

희나리 태양초 고추로부터 분리한 곰팡이의 Mycotoxin 안전성

고희정, 류현정, 경규향

서울 광진구 군자동 98번지 세종대학교 식품공학과

2002년 8월부터 11월까지 전국 27개 지역에서 희나리 고추를 포함하고 있는 태양초 시료 40군을 수집하여 총 197주의 곰팡이를 분리하였다. 이 곰팡이들을 고체배지상에서의 번식속도, 분생포자의 모양 및 배양특성의 특성에 따라 6개의 group으로 나누었고 각 group에서 대표가 되는 30 균주를 임의로 선택하여 18S rRNA gene 염기서열을 분석하여 동정하였다. 희나리 곰팡이 중 에서 *Colletotrichum* 속 곰팡이가 66.5% (131/197)를 차지하여 가장 많이 분리되었고, 기타 *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* (28주, 14.2%), *Alternaria alternata* (17주, 8.6%), *Botryosphaeria ribis* (9주, 4.6%), *Aspergillus oryzae* var. *oryzae* (3주 1.5%) 및 *Fusarium incarnatum* (9주, 4.6%)이 동정되었다. 각 group에서 임의적으로 한 균주씩을 선택하여 현미에 배양한 뒤 쥐 (rat)에 투여시험한 결과 *A. alternata*를 접종한 사료를 먹인 실험동물이 2주 내에 모두 죽었으며 다른 곰팡이를 배양한 사료에는 특이한 영향이 없었다. *A. alternata* 곰팡이를 현미와 고추즙에 배양하여 주요 독소들을 분석한 결과 17주의 곰팡이 중 8주가 현미와 고추즙에서 많은 양 (현미: 488~1572 $\mu\text{g/g}$, 고추즙: 115~1050 $\mu\text{g/g}$)의 tenuazonic acid (TeA)를 생성하였다. alternariol (AOH)독소와 alternariol monomethyl ether (AME)는 현미에 배양했을 때만 흔적량 내지 소량씩이 관찰되었다. *Alternaria* 독소 중 altenuene는 현미와 고추즙 배지 모두에서 검출되지 않았다.

서론

곰팡이 번식에 의해 발생하는 희나리 고추는 건조 전에 품질에 이상이 없는 홍고추가 건조 중 수분 감소속도가 빠르지 않을 때에 곰팡이의 오염에 의해 나타나는 2차적인 현상이다. 희나리 고추가 탄저병에 걸린 고추나 덜 성숙된 고추를 건조시켰을 때 나타나는 현상으로 잘 못 알고 있는 사람도 많다. 태양초 (천일건조한 고추)를 만들기 위해 젖은 홍고추를 건조하는 중에

곰팡이의 오염과 번식이 일어날 수 있으며^{1,2)}, 곰팡이가 번식하면 고추는 껍이 물러지는 (soft rot) 현상이 나타나고, 껍은 고추는 보통 폐기되는 데 폐기하지 않고 건조시키면 탈/변색된 고추 즉, 희나리 고추가 된다. 탈/변색된 고추는 고추내부에 곰팡이 균사가 많이 포함되어 있으므로, 곰팡이독 (mycotoxin)과 같은 유해 대사물이 존재할 가능성이 있어 식품안전에 위협요인이 될 수 있다. 특히 가격이 낮은 희나리고추를 착색하여 판매하는 부정 고춧가루임을 알지 못하고 구입하여 장기간 섭취하는 경우에는 mycotoxin으로 인한 위해(hazard)가 매우 심각할 것으로 추정된다.

우리나라 국민들은 태양초의 우수한 색택이나 맛 때문에 화건초 (인공열풍 건조한 고추)보다 태양초를 선호하는 경향이 있어 태양초의 가격이 화건초 가격보다 약 50%정도 고가이다. 그러나 화건초는 빠른 건조속도 때문에 곰팡이 번식기회가 적어 곰팡이독 등으로 인한 건강위해 가능성은 낮을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 태양초 건조과정중에 나타나는 희나리 고추곰팡이를 분리·동정하고, 이들 곰팡이의 안전성을 확인하기 위해 동물투여시험과 독소 분석을 행하였다.

재료 및 방법

희나리 곰팡이의 분리 및 동정

전국 각지에서 수집한 건조된 희나리고추의 표면을 70% ethyl alcohol로 소독하고 껍어 절단한 뒤 고추과피 내부에 번식한 균사를 화염살균한 핀셋으로 떼어내 PDA에 접종하여 25℃에서 7일간 배양하였다. 동정을 위한 곰팡이의 18S rRNA gene 서열 분석은 MIDI Labs (Newark, DE, U.S.A.)에 의뢰하였다.

고추 곰팡이의 독성시험

6개 group 곰팡이 하나씩의 포자를 가열살균한 현미쌀에 접종하여 25℃에서 7일 동안 정치암배양하였다. 곰팡이를 배양한 현미는 동결건조시켜 분말화하여 4주령의 Sprague-Dawley 계 수컷 흰쥐(각 9마리)에 4주 동안 해당 식이(사료의 10%)를 증류수와 함께 자유로이 섭취하도록 하였다.

Alternaria 독소 분석

A. alternata (17주)를 현미와 고추즙에 각각 배양하여 독소를 추출하여 HPLC로 독소를 분석하였다³⁾.

결과 및 토의

18S rRNA gene sequence 분석을 통한 동정

40개 지역으로부터 수집한 희나리고추로부터 분리한 197주의 곰팡이를 동정한 결과 *Colletotrichum*속이 131주(66.5%)를 차지하였고 *D. phaseolum* var. *oryzae*가 28주 (14.2%), *A. alternata* 17주 (8.6%) 및 *F. incarnatum*과 *B. ribis*가 각각 9주(4.6%)씩이었으며 *A. oryzae*가 3주(1.5%)였다 (Table 2).

Table. 2. Identification of red pepper molds by 18S rRNA gene sequence analysis

Group	Identity	RNA Analyzed (number)	Total isolates (number)	Frequeny (%)
1	<i>Colletotrichum</i> sp.	15	131	66.5
2	<i>Diaporthe phaseolorum</i> var. <i>sojae</i>	6	28	14.2
3	<i>Alternaria alternata</i>	2	17	8.6
4	<i>Fusarium incarnatum</i>	2	9	4.6
5	<i>Botryosphaeria ribis</i>	2	9	4.6
6	<i>Aspergillus oryzae</i>	3	3	1.5
Total		30	197	100.0

실험동물 (Rat)을 이용한 고추곰팡이의 독성시험

9개의 곰팡이 (1 group 3개, 2 group 2개, 나머지는 각 group당 1개씩)에 대해 동물실험을 수행하였다. B-2 (Table 3) 곰팡이를 배양한 현미를 투여한 실험동물은 2주 내에 모두 폐사하여 치명적인 독성이 있는 것으로 사료되었으며, 이 곰팡이는 *A. alternata* 곰팡이인 것으로 동정되었다. B-2투여군의 경우 식이 투여 시작 후 10일째에 6마리, 11일째에 1마리, 그리고 12일째 나머지 2마리가 폐사하였다. B-2군 쥐들은 폐사하기 전에 사료 섭취량이 매우 적었으며, 장기를 관찰한 결과 위, 소장 및 간 등이 많이 부풀어 있었다. 실험동물에 미치는 *Alternaria* 곰팡이의 작용은 현재 연구중이다. *Alternaria* 독소는 밀, 옥수수, 땅콩 등의 농작물에서 빈번히 발견되는 독소로서 독성이나 기형을 유발시키고 대체로 세포독 작용을 지니고 있으며⁴⁾, *Alternaria* 독소 중 TeA는 Rat에 대해 LD₅₀이 168mg/kg인 것으로 알려져 있다.

대조군과 *F. incarnatum*을 포함한 그 밖의 실험군에서는 사망동물이 관찰되지 않았으며 특기할 만한 임상적 소견을 나타내지 않았다.

*Alternaria*속 곰팡이 (17주)의 독소생산

곰팡이를 배양한 현미를 사료에 혼합하여 투여하였을 때 실험동물이 폐사한 곰팡이(*A. alternata*)가 포함된 곰팡이 17주를 고추즙과 현미에 각각 배양하여 독소 분석을 한 결과 현미에 배양한 시료에서는 17주의 시료 중 TeA는 8주에서 488~1572 $\mu\text{g/g}$, AOH는 10주에서, AME는 9주에서 각각 흔적량 내지 소량씩 생산하였다.

한편, 고추즙에 배양하였을 때도 역시 현미에서와 동일한 곰팡이들이 TeA가 8개의 시료에서 다량 (115~1050 $\mu\text{g/g}$)이 생산되었고 그 외 독소는 검출되지 않았다. 현미에 배양하였을 때 고추즙에서 배양시 보다 독소의 종류와 그 함량이 더욱 높게 나타난 것은 고추즙보다 현미가 독소생성에 더 적합한 배지이기 때문으로 해석되었다. ALT는 두 배지 모두에서 생산되지 않았다.

Table 3. Production of mycotoxins by 17 strains of *Alternaria alternata* in red pepper and unpolished rice media.

Samples	ALT		AOH		AME		TeA	
	Pepper	Rice	Pepper	Rice	Pepper	Rice	Pepper	Rice
AA-5	-	-	-	△	-	-	-	-
B-1	-	-	-	△	-	△	404	768
B-2	-	-	-	△	-	△	459	1572
B-3	-	-	-	△	-	△	530	947
D-9	-	-	-	-	-	-	-	-
D-10	-	-	-	-	-	-	-	-
E-1	-	-	-	-	-	-	-	-
E-2	-	-	-	△	-	-	-	-
E-4	-	-	-	△	-	△	307	865
H-4	-	-	-	-	-	-	-	-
H-13	-	-	-	-	-	△	1050	1268
H-16	-	-	-	△	-	△	871	1067
J-2	-	-	-	-	-	-	440	488
J-5	-	-	-	△	-	-	-	-
KM-4	-	-	-	-	-	△	115	522
T-2	-	-	-	○	-	○	-	-
T-4	-	-	-	○	-	○	-	-

○: small amount (not quantified), △: trace amount, -: not detected

ALT: alternuene, AOH: alternariol, AME: alternariol monomethyl ether

TeA: tenuazonic acid

이상에서처럼 여러 곰팡이 종이 희나리고추에서 분리되었다. *F. incarnatum*을 포함하는 다른 많은 곰팡이가 실험동물 결과 특기할 만한 위해를 주지 않는 것으로 나타났으나 *A. alternata* 곰팡이를 번식시킨 사료 (현미 10%)를 투여한 실험동물을 모두 2주내에 폐사시킬 정도로 맹독성이었다. 17주중 4균주(D-9, D-10, E-1, H-4)를 제외한 13종이 적어도 흔적량의 독소를 생산하는 것으로 나타났다. 특히 B-1을 포함하는 8균주는 *Alternaria* 독소 중 TeA생상능력이 매우 강력하였으며, 이러한 곰팡이가 고추에 번식하게 되면 인체에 미칠 수 있는 영향이 매우 클 것으로 판단되어 주의를 요한다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술연구개발사업 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Chung, Y.O. and Yu, T.J. Studies on the growth of fungi isolated from red pepper fruits and decomposition of Capsaicin. K.J.N. 9(3): 230-236(1976)
2. Known, D.J., Jo, J.H., Kim, H.K. and Park, M.H. Establishment of long term storage condition of fresh red pepper paste. Korean J. food sci. technol 22(4): 415(1990)
3. Chung, I. M., Ju, H. J., Sim, S.C., Paik, S. B. and Yu, S. H.,: Survey and Control of the Occurrence of Mycotoxins from Postharvest Vegetables in Korea (II) Detection of Major Mycotoxins from Diseased Spice Vegetables(Onions, Garlics and Peppers)
4. Chang, D. S., Shin, D.H., Cheong, D. H. and Cheong, D.H., Lee, I.S. Food Hygiene and Sanitation. Chung Moongag pp. 112-134(1999)