

## Aspergillus 속 곰팡이에 오염된 포도로 제조된 포도주 및 시판 포도주의 Ochratoxin A 함량

정성민<sup>1</sup> · 장은하<sup>1</sup> · 박서준<sup>1</sup> · 노정호<sup>1</sup> · 허윤영<sup>1</sup> · 류명상<sup>1</sup> · 정석태<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 과수과, <sup>2</sup>국립농업과학원 발효이용과

## Ochratoxin A Contents in Wine Made with *Aspergillus* sp. Infected Grapes and in Commercial Wines

Sung-Min Jung<sup>1</sup>, Eun-Ha Chang<sup>1</sup>, Seo-Jun Park<sup>1</sup>, Jeong-Ho Roh<sup>1</sup>, Youn-Young Hur<sup>1</sup>,  
Myeong-Sang Ryu<sup>1</sup> and Seok-Tae Jeong<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

<sup>2</sup>Fermentation & Food Processing Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-853, Korea

### Abstract

The *Aspergillus* sp. is well known as a fungus that causes black mold disease and secretes ochratoxin A (OTA). Our study found that infection by this fungus via inoculation onto grapes produced more severe symptom in wounded berries than in fresh berries. Furthermore, OTA contents were higher on the grape skins than in the fleshy portions of the grapes. OTA accumulated during the first 3 days after inoculation, but then gradually decreased. The OTA contents in wine made from 5 kg of grapes which included 400 g of infected grapes ranged from 0.17 to 0.37  $\mu\text{g/mL}$ . An investigation of 25 marketed commercial wines showed the OTA contents were  $<1.2 \mu\text{g/mL}$  which is lower than the limit of 2  $\mu\text{g/mL}$  established by the Korea Food & Drug Administration.

Key words : *Aspergillus* sp., ochratoxin A, grape, wine.

### 서 론

*Aspergillus*속의 식물병원균은 점착성이 강한 병원균으로 주로 살아있는 조직보다는 괴사한 조직에 많이 발생하고, *Aspergillus*속 균에 의한 포도의 부패병은 비교적 온도가 높고 습한 조건일 경우 발생하는 것으로 알려져 있다(Pearson & Goheen 1998). 일반적인 포도 재배 포장에서의 발생은 적은 편으로, 송이 줄기와 포도 알갱이의 연결 부위의 미세한 균열부분에 발생하며, 대부분은 조류 피해나 과일 찢개짐에 의해 생긴 상처 부위에서 많이 발생한다. 국내산 포도의 경우, 대부분 비가림 봉지 재배로 인해 송이에 발병하는 병이 매우 적지만, 외부 습도가 높은 불리한 기상 조건과 친환경 재배로 인한 약제 사용 감소로 발병률이 증가할 수 있다. 또한 토양 수분 관리 소홀로 인한 과일 찢개짐으로 인한 2차 감염을 일으키는 *Aspergillus*나 *Penicillium* 속의 병원균에 의해 감염이 증가할 수 있다.

Ochratoxin A(OTA)는 커피의 저장 중에 발생하는 *Asper-*

*gillus ochraceus*에서 처음 발견된(Van der Merwe *et al* 1965) 이래 포도에서 OTA를 생성하는 *Aspergillus*속 균주로는 *A. niger*, *A. carbonarius*, *A. ochraceus*, *A. japonicus*, *A. aculeatus* 등의 균주들이 보고되었다(Serra *et al* 2006, Varga *et al* 2006). 국제암연구소(IARC)에서는 OTA를 잠재적 인체 발암 가능 물질(Group 2B)로 규정하였고(IARC 1993), EU에서는 2004년 와인 및 포도주스에 포함된 OTA에 대한 기준(2  $\mu\text{g/kg}$ )을 설정하였다(European Union 2005). 우리나라에서도 2010년 와인 및 포도주스에 대한 기준치를 EU와 같은 수준으로 설정하여 곰팡이 독소에 대한 기준을 엄격히 적용하고 있다(Chung & Lee 2006). 외국의 경우 OTA의 발생 양상에 대한 연구는 물론 포도주에서의 저감 방법에 대한 연구, 포도 재배 과정 중에서의 환경 조절에 의한 저감 방법 등 다양한 각도에서의 연구가 진행되고 있다(Varga *et al* 2006, Battilani & Pietri 2002, Hocking *et al* 2007). 국내에서 작물별 유통 중 OTA 함량 연구에 있어서 고추(Kim *et al* 2009), 사료(Jang *et al* 2007), 옥수수(Lee *et al* 2008) 등에 대하여 안전하다고 보고된 바 있다.

식품의약품안전청의 보고서(Chung & Lee 2006)에서는 시

\* Corresponding author : Seok-Tae Jeong, Tel : +82-31-299-0560, Fax : +82-31-299-0554, E-mail : jst@korea.kr

판 포도주, 포도주스, 건포도에 있어서 OTA 검출율이 59.7%에 이르며, 검출 범위는 0.02~1.27 ng/g 수준임을 보고하였다. 시판 포도주에 OTA가 검출된다는 것은 포도주의 원료가 되는 포도에 OTA 생성균이 오염되었다고 유추할 수 있다. 현재까지 국내에서는 *Aspergillus*속 균에 오염된 포도송이에서 얼마나 많은 OTA가 생성되는지, OTA 독소에 오염된 포도송이를 사용한 포도주에서 얼마나 많은 OTA가 검출되는지에 대한 연구는 전문한 실정이다.

본 연구에서는 먼저 국립원예특작과학원 포도 재배 포장에서 분리한 *Aspergillus*속 균의 OTA 생성 여부를 분석하였으며, 포도송이 감염에 따른 OTA 생성량 그리고 포도송이에 생성된 OTA 독소가 포도주 제조 시 어떻게 영향을 미치는지에 대하여 조사하였다. 끝으로 국산 및 수입 포도주에 대한 OTA 함량을 조사함으로써 국내에서 유통되고 있는 포도주의 OTA 안정성에 대하여 조사하였는 바, 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 접종 균주 및 배양 방법

본 시험에 사용한 균주는 수원에 소재한 국립원예특작과학원 포도 재배 포장에 발생한 *Aspergillus* sp.와 대조균주로 농업유전자원센터에서 분양받은 균주(*A. niger* KACC 40280, *A. niger* KACC 41018, *A. carbonarius* KACC 41847)를 사용하였다. 병증이 있는 포도송이에서 분리한 병원균과 분양받은 병원균은 사용 전에 potato dextrose agar(PDA; Difco) 배지로 계대배양한 뒤 시험에 사용하였다. 즉, 배양이 잘 된 플레이트를 선택하여 균사 끝부분을 직경 5 mm의 cork borer로 채취하고 PDA 배지에 25°C에서 계대배양하여 7일 후 포자가 잘 형성된 것을 선발하여 포자현탁액( $1 \times 10^6$  CFU/mL)을 만들어 접종 시험에 사용하였다.

### 2. 시료 준비 및 균주 접종

포장에서 채취한 *Aspergillus* sp. 병원균과 분양받은 병원균 간의 독소 생성량의 차이를 확인하기 위해 수원에 소재한 국립원예특작과학원 포도 재배 포장의 포도 캠벨얼리 품종을 수확기에 10송이의 과립을 송이줄기가 부착된 상태로 가위로 절단하여 분리한 뒤 70% 에탄올에서 1분 침지, 0.4% NaOCl 수용액에서 1분 침지, 증류수 1회 침지하여 표면 살균하였다. 병 발생을 유도하도록 포화 습도 처리를 하였고, 그 방법은 다음과 같다. 포화 습도를 유지하기 위해 살균된 paper towel을 4장 겹쳐 깔고, 증류수로 적셔 놓은 plastic box(freezer lock 8510s, 락앤락, 한국)에 표면 살균된 과립을 균주별, 처리일 수별로 각각 30개씩 올려놓았다. 이후 각 균주별로 포자현탁액( $1 \times 10^6$  CFU/mL)을 분무기를 사용하여 1회씩 과립에 균일

하게 분무 집중하고, 밀봉한 뒤 항온기에 넣어 25°C에서 병 발생을 유도하였다. 접종한 뒤 매일 20여개의 과립을 채취하여 외부에 존재하는 병원균 균사 및 포자를 증류수로 닦아내고, 종자를 제외한 과피와 과육 부분을 메스를 이용하여 각 5 g씩 3반복으로 6일간 시료를 채취하였다.

상처 유무에 따른 발병 여부를 비교하기 위한 실험은 위와 동일한 방법으로 표면 살균한 뒤 메스로 과피 부분을 절개하여 과일 쪼개짐 상태를 가정한 포도송이, 200  $\mu$ L pipette tip으로 상처를 내어 조류의 가해 상황을 가정한 포도송이, 그리고 정상적인 포도송이를 각각 20개씩 위와 동일한 방법으로 plastic box에 포화 습도 처리를 한 뒤 포자현탁액을 분무 집중하였으며, 포도송이에서의 곰팡이 생육을 육안으로 확인하여 병의 발생률을 조사하였다.

### 3. Ochratoxin A의 추출 및 농축

포도 과피와 과육을 각각 5 g씩 50 mL tube에 넣고 10 mL의 0.5M phosphoric acid를 넣은 뒤 균질기(HG-15D, 대한과학, 한국)를 이용하여 마쇄하였다. 마쇄가 끝난 뒤 불필요한 과육과 과피 덩어리를 제거하기 위해 원심분리기에서 2,000 $\times$ g에서 5분간 원심분리 하였다. 원심분리한 혼합물은 상층액만 다른 50 mL 튜브에 옮겨 담고 20 mL의 dichloromethane을 넣어 10분 동안 교반하였다. 교반 후 phosphoric acid 층을 제외한 dichloromethane 층만을 취해 filter paper(No. 2, Advantec, Japan)로 걸러내고 그중 12 mL의 여과층을 질소농축기(N-1000 SW, EYELA, Japan)를 이용하여 농축시켰다. 포도주의 독소 분석은 포도주를 동결 건조한 뒤 메탄올에 녹여 0.45  $\mu$ m 필터로 여과한 뒤 위와 동일한 조건으로 분석하였다.

### 4. 포도주 제조 시험

포도주 제조시 *Aspergillus* sp.의 감염으로 오염된 포도의 혼입에 따른 포도주의 OTA의 함량을 확인하기 위해 정상적인 캠벨얼리 포도송이 11개(약 4.6 kg)에 *Aspergillus* sp.를 접종하여 5일이 경과되어 포자가 발생된 오염된 포도를 1송이(약 400 g)를 넣어 각 5 kg씩 3반복으로 총 15 kg을 시험 양조하였다. 포도주의 제조는 앞서 보고된 Chang *et al*(2008)의 방법에 의해 제조되었다. 발효 중 OTA의 함량 변화를 보기 위해 병증이 없는 정상적인 캠벨얼리에 가당을 하고 효모를 접종한 뒤 OTA를 0.5  $\mu$ g/L, 1  $\mu$ g/L로 인위적으로 참가한 시험구를 각각 5 kg씩 3반복으로 처리하였다. 포도주내 OTA 함량은 각 처리구 모두 효모 접종 후 25°C에서 15일간 발효시킨 뒤 착즙하여 20일간 숙성시킨 다음 시료를 채취하여 분석하였다.

### 5. Ochratoxin A 분석

OTA 분석은 Belli *et al*(2004)의 조건으로 HPLC(1525, Waters, USA)를 사용하여 분석하였다. 사용한 컬럼은 dC18(5  $\mu$ m At-

lantis, 3.9×150 mm, Waters, USA)이고, 이동상은 acetonitrile-water-acetic acid(57:41:2)를 분당 0.5 mL로 설정하였다. 농축된 시료는 메탄올 1 mL에 녹인 뒤 10 uL씩 주입하였다. OTA는 형광검출기(Waters 2475, USA)를 사용하여 excision 330 nm, emission 460 nm로 측정하였다. OTA 표준 물질은 OTA ELISA kit(기산바이오텍, 한국)에 포함된 OTA 표준품을 사용하여 표준 검량선을 만들고 농도를 비교하였다. OTA 분석에는 OTA 생성 곰팡이로 오염된 포도송이와 오염된 포도송이를 혼합하여 제조된 포도주, 그리고 시중에서 유통되고 있는 국산 포도주 16종과 수입산 포도주 9종을 수집하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 포도송이 상태에 따른 발병 정도

상처의 유무에 따른 이들 병원균의 과립내의 침입 양상을 확인하기 위해 포도송이 20개를 대상으로 표면 살균 후, 대조구, 과일 찌개짐 피해구(메스로 과피 부분을 절개), 조류 피해구(pipette tip으로 상처를 낸 것)로 나누어 병원균을 접종한 결과는 Table 1과 같다. 대조구보다는 과일 찌개짐 피해구, 조류 피해구가 더 많은 발병 과립을 나타냈었고, 과일 찌개짐 또는 조류 피해와 같은 상처가 있는 경우 2일이 경과하자 대부분의 과립이 *Aspergillus* sp.에 감염되어 포자를 형성하였다. 인위적인 과일 찌개짐 처리에 *A. carbonarius*를 접종한 결과, 상온에서 6일 경과 후 모든 과립에서 발병하고 인위적 상처처리가 없는 경우에도 50% 이상의 발병 과립을 보고하였는데(Leong 2005), 본 실험에서도 인위적 상처 처리가 없는 포도송이의 경우에도 포자가 형성된 과립들이 관찰되어 Leong(2005)와 유사한 결과를 나타내었다. 이는 25℃ 이상의 고온과 함께 포화 습도와 같은 불리한 환경이 *A. carbonarius*의 발병에 유리하며, 과일 찌개짐과 같은 포도 과립의 상처가 발병을 더욱 촉진함을 보여 준다. 따라서 성숙기 강우에 따른 과일 찌개짐이 많이 발생한 포도를 이용하여 포도즙, 포도주

**Table 1. Disease occurrences rate in grape berry inoculated by *Aspergillus* sp. under the different wounding type**

Treatment	Disease occurrences rate		
	1 day <sup>1)</sup>	2 day	3 day
Control	0.76±1.07 <sup>b2)3)</sup>	3.82±2.58 <sup>b</sup>	5.85±2.61 <sup>b</sup>
Bird wounding	5.28±1.80 <sup>b</sup>	81.36±16.07 <sup>a</sup>	99.10±1.27 <sup>a</sup>
Berry cracking	20.52±14.87 <sup>a</sup>	82.86±4.04 <sup>a</sup>	99.52±0.67 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Days after inoculation with *Aspergillus* sp..

<sup>2)</sup> Values with different superscripts within columns are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p<0.05$ .

<sup>3)</sup> Mean±standard deviation ( $n=3$ ).

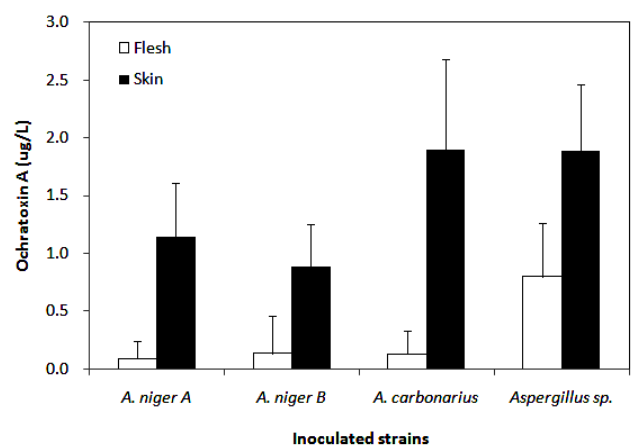
를 제조하는 경우, *Aspergillus* sp. 오염에 의한 OTA 생성 여부에 대하여 정밀한 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

### 2. 균주별 독소 생성

포도 재배 포장에서 분리한 균주와 분양받은 *Aspergillus* 속의 병원균을 동일한 조건 하에 포도에 분무 접종하여 과육과 과피에 존재하는 OTA의 함량을 비교해 보았을 때 모든 균주가 공히 과육보다는 과피에 해당 독소가 많이 존재함을 알 수 있었고, *A. niger* A 균주(KACC 40280)의 경우는 약  $1.14±0.46 \mu\text{g/kg}$ , B 균주(KACC 41018)는  $0.89±0.37 \mu\text{g/kg}$ , *A. carbonarius*(KACC 41847)는  $1.89±0.79 \mu\text{g/kg}$ 으로 나타나, 균주 간 OTA의 분비에 차이가 있음을 알 수 있었다(Fig. 1). OTA는 L-phenylalanine과 비슷한 특성으로 인해 tRNA와 결합하여 phenylalanine이 포함된 단백질 생성을 억제함으로써 세포대사에 이상을 가져오는 독성기작을 가지고 있다(Harris & Mantle 2001). 이와 같이 대부분의 부생성 식물병원균들은 식물세포에 침입 시 식물세포를 직접 괴사시킬 수 있는 독소를 분비하여 세포를 사멸시켜 식물체를 침입하고 병을 진전시키는 데, 과피 부분에 더 많은 독소가 존재하는 것은 이와 같은 원인으로 파악된다. 부생적인 침입을 주로 하는 병원균이지만 *Aspergillus* sp.의 경우 발병에 적합한 환경 조건이 주어지면 직접 각과 침입도 일으키는 것으로 알려져 있어(Pearson & Goheen 1998), 이와 같은 인위적인 포자현탁액의 접종과 같은 상황에서는 과피 부분을 괴사시켜 침입하기 위한 독소의 분비가 과육보다는 훨씬 더 많은 것으로 이해할 수 있다.

### 3. 오염된 포도송이에서의 OTA 생성

표면 살균한 포도 과립 표면에 *Aspergillus* sp.를 분무 접종



**Fig. 1. Ochratoxin A contents in grape berry flesh and skin after five days infection with *A. niger*(A: KACC 40280, B: KACC 41018), *A. carbonarius*(KACC 41847) and *Aspergillus* sp..**

하고, 경과일수 별로 과육과 과피의 OTA 함량을 조사한 결과(Fig. 2), 접종 후 3일 경과할 때까지 과피에 존재하는 독소의 함량이 식약청에서 고시한 기준치보다 훨씬 많은  $8 \mu\text{g}/\text{kg}$  수준이었고, 4일 후부터는 점차 감소하여 6일 경과 후에는  $2 \mu\text{g}/\text{kg}$  수준으로 감소하였다. 반면, 과육 부위에서는 OTA의 함량이 접종일자별로 큰 차이를 나타내지 않았다. Harris & Mantle는 PDA상에 접종한 *A. ochraceus*의 경우, 접종 후 약 8시간 이후부터 검출되기 시작하여 약 3일 후 가장 높은 농도를 나타낸다고 보고하였다. 일반적으로 *Aspergillus*속 병원균들의 OTA의 분비는 초기 단계에서 높게 나타나는 것으로 알려져 있는데, 본 결과에서도 병 발생의 초기 단계인 병원균 접종 후 3일간은 매우 높은 OTA의 함량을 나타내었고, 이후에는 큰 폭으로 조직 내의 OTA 함량이 감소하였다. 감소의 원인으로는 병원균 자체가 가지고 있는 detoxification enzyme에 의한 것이 보고되어 있는데(Varga *et al* 2000), 이는 OTA를 ochratoxin *a*의 형태로 변환하여 독성을 제거하는 것으로 알려져 있다. 또한 독성 분해의 능력은 비단 *Aspergillus*속 균뿐만 아니라 *Botrytis*, *Cladosporium*, *Alternaria* 등 포도에서 부생적으로 존재하는 다른 균류에도 존재하고 있음이 밝혀졌다(Leong 2005). 결론적으로 OTA의 위험 시기는 병원균이 포도송이에 침입하여 독소를 분비하는 초기 단계로 이 시기가 지나면 균류 자체의 독소 분해로 인해 독소 함량이 감소하는 것으로 이해할 수 있다.

#### 4. *Aspergillus* sp. 감염 포도 혼입 포도주의 OTA 함량

조류 피해나 과일 쪼개짐 등의 원인으로 *Aspergillus* sp.에 의해 감염된 포도가 혼입되어 양조된 포도주에서의 OTA 함량을 조사하기 위해, 포도오겜이 총 무게 5 kg에 대하여 *Aspergillus* sp.를 인위적으로 감염시킨 포도송이(400 g)를 혼입시켜 제조하였다. 오염된 포도 1송이가 혼입된 경우, 전체 무게

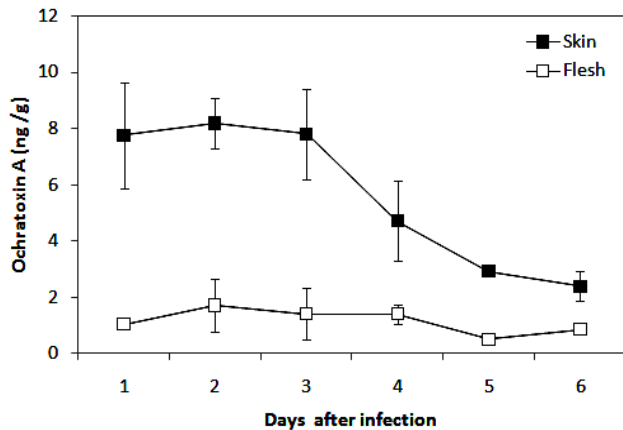


Fig. 2. Changes of ochratoxin A contents in grape berry skin and flesh infected by *Aspergillus* sp..

의 약 8%를 차지하였으며, OTA 함량은  $0.17 \sim 0.37 \mu\text{g}/\text{L}$ 의 범위를 보였다(Fig. 3).

양조 과정 중의 독소의 분해와 관련된 비교 분석을 위해 각각  $0.5 \mu\text{g}/\text{L}$ ,  $1 \mu\text{g}/\text{L}$  수준으로 OTA를 첨가한 경우  $0.5 \mu\text{g}/\text{L}$  처리에서는 발효 완료 후  $0.13 \sim 0.29 \mu\text{g}/\text{L}$  검출되었고  $1 \mu\text{g}/\text{L}$ 를 첨가한 경우에는  $0.72 \sim 1.44 \mu\text{g}/\text{L}$ 로 검출되었다. 또한 병원균의 접종이 없었던 대조구에서도 미량이나마 OTA가 검출되었다. Chang *et al*(2008)은 *Aspergillus* sp.에 의한 병증이 없는 상태에서도 OTA가 검출된다고 보고한 바 있는데, 이는 성숙기 이전에 감염된 것이 잔류하는 것이라고 설명하였으며, 본 시험의 경우에도 포도송이 내에 존재하는 미이화화된 병증 과립의 혼입에 의하여 무처리에서도 OTA가 미량 검출된 것으로 판단된다.

포도주에서의 OTA 함량은 발효가 진행될수록 감소하는 것으로 알려져 있으며, 다만 그 감소율은 최초의 포도 오겜이 상태에서의 OTA 함량이 높을수록 감소율이 급격하게 나타나고, 함량이 낮을수록 감소율이 적게 나타난다고 하였다(Leong 2005). Shiraz 품종으로 양조한 레드와인에서 포도 오겜이 상태에서  $4 \mu\text{g}/\text{kg}$  수준의 OTA가 압착 과정 중에 70%가 감소하는 것으로 조사되었다(Leong 2005). 본 양조 시험 결과로 볼 때 인위적인 OTA의 독소 첨가가 양조 단계 중 어느 정도의 감소는 있지만, 대체로 그 수준을 유지하는 것으로 보여 최초의 포도 상태가 포도주의 OTA 함량에 절대적으로 영향을 미치는 것으로 생각된다. 즉, 포도주에서의 OTA 함량을 줄이기 위해서는 원료가 되는 포도에서 *Aspergillus* sp.와 같은 OTA 생성 균주가 번식하지 않게 하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 우리나라의 기후 여건상 수확기의 강우와 관련하여 상품성이 떨어지는 포도를 재료로 양조를 하는 경우, 곰팡이 오염 포도송이에 대한 철저한 선별이 요구된다.

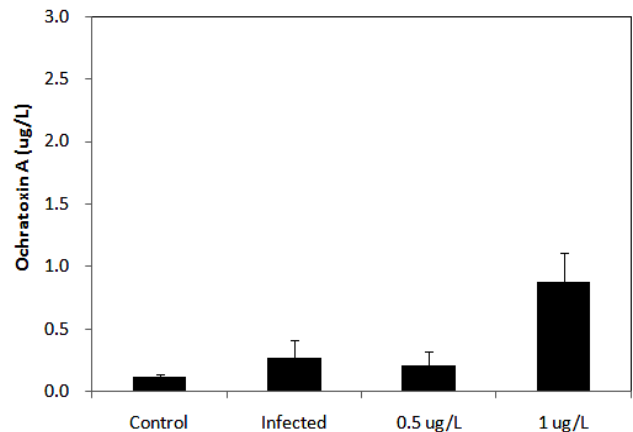


Fig. 3. Ochratoxin A contents in wines made by grapes infected with *Aspergillus* sp. and treated by different concentration of ochratoxin A.

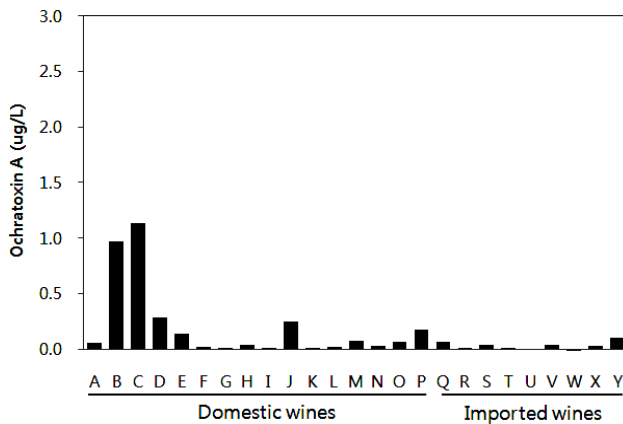


Fig. 4. Ochratoxin A contents in commercial wines.

### 5. 국내 유통 포도주의 OTA 함량

시중에서 유통되고 있는 국내산 포도주 16종과 수입산 포도주 9종의 OTA 함량 특성은 Fig. 4와 같다. 수집된 25종의 포도주를 분석한 결과, OTA 함량은 0.0~1.2  $\mu\text{g/L}$ 의 함량을 보여 분석에 사용된 모든 시료에서 식약청 허용 기준 2  $\mu\text{g/L}$ 보다 낮았음을 확인하였다. 국내산 16종과 수입산 9종의 비교에서 일부 국내산 포도주의 OTA 함량이 수입산보다는 다소 높았다. OTA 생성 곰팡이는 고온 다습한 기후에서 잘 번식하므로(Pearson & Goheen 1998), 건조한 기후대에서 생산되는 포도를 사용하는 수입산 포도주보다는 약간 높은 것으로 생각된다. 국내 포도주 생산업체가 18업체(사단법인 한국와인생산협회 등록업체)임을 감안할 때, 본 시험에 사용된 국내산 포도주 16종은 시중에 유통되고 있는 국산 포도주의 대부분을 분석한 것으로써 국내에서 생산되는 포도주의 OTA 함량은 식약청의 허용 기준 이하로 안전한 것으로 나타났다. 비록 허용 기준치를 초과하지는 않지만 수입산보다는 높은 함량을 보이며, OTA가 발암성이 있다는 것을 감안할 때 포도의 재배적인 측면에서 병원균 오염 포도송이의 발생을 근본적으로 억제할 수 있는 방법이 강구되어야 할 것이다.

### 요약 및 결론

*Aspergillus* sp.는 포도에서 검은곰팡이병을 일으키며, OTA 독소를 분비하는 것으로 알려져 있다. 포도 캠벨얼리 재배 포장에서 수집한 *Aspergillus* sp.는 포도송이에 접종할 때 정상 과보다는 상처가 난 포도에서 더 빠른 감염 속도를 보였으며, OTA의 함량은 과육보다 과피 부분이 더 많았다. 포도송이에 *Aspergillus* sp.를 접종하였을 때 OTA의 축적은 처음 3일간 증가되다가 이후 점차 독소 함량이 감소하였다. 포도주 제조 시 *Aspergillus* sp.로 오염된 포도송이가 전체 5 kg중에 400 g이 포함되었을 때, 포도주의 OTA의 함량은 0.17~0.37

$\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보였다. 국내에서 판매되고 있는 25종의 포도주를 수거하여 OTA 함량을 조사해 본 결과, OTA 함량은 1.2  $\mu\text{g/L}$  이하로 식약청 허용 기준 2  $\mu\text{g/L}$ 보다 시험에 사용한 모든 시료에서 낮았음을 확인하였다.

### 문헌

- Battilani P, Pietri A (2002) Ochratoxin A in grapes and wine. *European J Plant Pathol* 108: 639-643.
- Belli N, Ramos AJ, Sanchis V, Marin S (2004) Incubation time and water activity effects on ochratoxin A production by *Aspergillus section niger* strains isolated from grapes. *Letters Applied Microbiol* 38: 72-77.
- Chang EH, Jeong ST, Roh JH, Yun HK, Park KS, Choi JU (2008) Effect on wine quality of pre-treatment of grapes prior to alcohol fermentation. *Korean J Food Preserv* 15: 824-831.
- Chung SH, Lee KH (2006) Occurrence of ochratoxin A in food commodities. The annual report of Korea Food & Drug Administration(KFDA), Seoul Korea. pp 66.
- European Union (2005) Amending regulation (EC) 466/2001 as regards ochratoxin A. *Official J the European Union* 25, Brussel pp 5.
- Harris JP, Mantle PG (2001) Biosynthesis of ochratoxins by *Aspergillus ochraceus*. *Phytochem* 58: 709-716.
- Hocking AD, Leong SL, Kazi BA, Emmett RW, Scott ES (2007) Fungi and mycotoxins in vineyards and grape products. *Int J Food Microbiol* 119: 84-88.
- IARC (1993) Ochratoxin A. IARC (International agency for research on cancer) Monograph. 56 Lyon, France. pp 489.
- Jackson RS (2008) Wine science. Third Edition. Academic Press, Burlington, USA. pp 505.
- Jang HS, Kim DH, Lee KE, Lee C (2007) Survey of the presence of ochratoxin A in compound feeds and feed ingredients distributed in Korea. *J Food Hyg Safety* 22: 353-358.
- Kim DH, Jang HS, Kim YM, Ahn JS (2009) Survey for contamination and study for reduction of ochratoxin A and aflatoxin in red pepper. *J Food Hyg Safety* 24: 299-306.
- Lee SJ, Lee JH, Shin NH, Hyun JH, Moon YH, Lee SS (2008) Effects of steam flaking on *in situ* DM digestibility and aflatoxin and ochratoxin contents during storage of corns. *J Life Sci* 18: 1561-1569.
- Leong SL (2005) Black *Aspergillus* species: implications for ochratoxin A in Australian grapes and wine. *Ph D Thesis* University of Adelaide, Adelaide, Australia. p 175.
- Pearson RC, Goheen AC (1998) Compendium of grape disease.

- The American Phytopathological Society. St. Paul, USA. pp 27.
- Serra R, Mendonca C, Venancio A (2006) Ochratoxin A occurrence and formation in portuguese wine grapes at various stages of maturation. *International J Food Microbiol* 111: 35-39.
- Van der Merwe KJ, Steyn PS, Fourie L, Scott DB, Theron JJ (1965) Ochratoxin A, toxic metabolite produced by *Aspergillus ochraceus* Wilh. *Nature* 205: 1112-1113.
- Varga J, Kozakiewicz Z (2006) Ochratoxin A in grapes and grape derived products. *Trends Food Sci Technol* 17: 72-81.
- Varga J, Rigo K, Teren J (2000) Degradation of ochratoxin A by *Aspergillus* species. *Int J Food Microbiol* 59: 1-7.
- 
- 접 수: 2010년 11월 18일  
최종수정: 2011년 3월 15일  
채 택: 2011년 3월 29일