

## 미국종합처리장에서 수집한 2011년산 쌀과 부산물의 *Fusarium* 곰팡이독소 오염 실태

이수형 · 이데레사 · 김미자 · 유오숙 · 임현진 · 류재기\*

국립농업과학원 유해생물팀

### Survey on Contamination of *Fusarium* Mycotoxins in 2011-harvested Rice and Its By-products from Rice Processing Complexes in Korea

Soohyung Lee, Theresa Lee, Mija Kim, Ohsuk Yu, Hyunjin Im and Jae-Gee Ryu\*

Microbial Safety Division, National Academy of Agricultural Science-Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

(Received on November 4, 2013; Revised on November 28, 2013; Accepted on November 28, 2013)

To investigate *Fusarium* mycotoxin contamination in rice samples from rice processing complexes (RPCs), paddy rice and rice-milling products such as husks, brown rice, blue-tinged rice, broken rice, rice bran, discolored rice, and polished rice were collected from nationwide in 2012. Three hundred seventy one samples of rice and its by-products were analyzed for three trichothethenes including nivalenol (NIV), deoxynivalenol (DON), and zearalenone (ZEA) by LC/MS. Discolored rice samples were found to have the highest contamination of DON, NIV or ZEA, followed by broken rice. Polished rice samples were largely free from mycotoxins, except three samples which were contaminated with NIV or DON at safety level. The rice by-product samples were contaminated at higher level and frequencies than polished rice samples.

**Keywords :** *Fusarium*, Mycotoxins, Rice, RPCs

## 서 론

쌀은 아시아와 태평양 지역 대부분의 나라에서 주로 재배하며, 밀, 옥수수과 함께 세계적으로 중요한 주식의 하나이다. 우리나라의 벼 재배면적은 849천 ha, 생산량은 389만 8천 톤으로서 곡물 중 가장 많이 생산되고 있다. 쌀 생산량 중 평균 15%가 수확 후 관리과정에서 손실된다(FAO, 2002). 부적절한 곡물 저장과 도정은 곰팡이와 같은 유해한 생물이 오염되기 쉬운 조건을 제공할 수 있다. 이러한 유해 생물은 생산물에 영양성분과 풍미의 변화를 유발할 뿐만 아니라 곰팡이독소를 생성할 수 있는 위험이 있다. 이러한 곰팡이독소는 가축이나 사람에게 중독증 발생과 연관되어 있다. 곰팡이독소에 의한 중독증은 곰팡이독소에 오염된 식품물을 섭취한 결과이며, 사망이

나 면역력 저하, 알레르기, 구토, 설사 등의 건강에 부정적인 영향을 가져올 수 있다(Turner 등, 2008).

쌀은 독소생성 곰팡이가 오염되기 쉬우며, 이들 곰팡이가 생성하는 2차 대사산물인 곰팡이독소가 오염될 수 있는 곡물중의 하나이다(Makun 등, 2007). 우리나라 쌀에 주로 오염되는 독소생성 곰팡이 속으로는 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* 등이다(Son 등, 2011). 이들 독소생성 곰팡이들은 주로 저장 중에 오염되지만 *Fusarium*속과 *Alternaria*속 곰팡이는 벼 재배 포장에서 병을 일으키거나 오염된다(Reddy 등, 2008).

벼 붉은곰팡이병은 우리나라를 비롯한 아시아 온대지역의 벼 재배 국가에서 맥류 붉은곰팡이병원균인 *Fusarium* 균에 의해 개화기 이후에 주로 발생하며, 벼 이삭에 이삭 마름증상을 일으켜 쌀의 품질을 저하시킨다(Shim 등, 2005). 한편 맥류 붉은곰팡이병의 발생정도는 포장에서 수확한 밀의 DON 독소함량과 정의 상관을 보였다(Paul 등, 2006). 따라서 포장에서의 붉은곰팡이병 발생정도는 출수기 이

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0441, Fax) +82-31-290-0407

Email) jgryu@korea.kr

후의 기상상황에 따라 매년 달라질 수 있으므로 *Fusarium* 곰팡이독소의 자연발생 정도 또한 매년 다르다고 할 수 있다(Ryu 등, 2011). 또한 수확후 온도와 습도 등 저장조건에 따라 곡물에 오염된 *Fusarium*균의 생육에 영향을 줄뿐 아니라 독소의 발생량이 달라진다.

포장에서 재배하여 수확한 벼는 쌀을 만드는 도정 과정에서 왕겨, 청치미, 미강, 싸라기, 색채미 등의 부산물이 생산된다. Lee 등(2012)은 우리가 주식으로 먹는 쌀은 곰팡이독소로부터 안전하다고 하였다. 그러나 Park 등(2004)은 2002년 7-8월 서울의 식료품 상점에서 구입한 쌀 88개 시료 중 아플라톡신 B1의 오염은 5.7%의 시료에서 평균 4.3 ng/g의 검출농도를 보였다. 같은 시료에서 오크라톡신 A(OTA)의 경우에는 일부 시료가 유럽연합의 허용기준을 초과한다고 보고하였다(Park 등, 2005). 또한 2007년과 2008년에 시판중인 쌀과 현미 각각 62점과 44점을 분석한 결과, 데옥시니발레놀(DON)은 쌀에서 8.1%, 현미에서 13.6%가 검출되었고, 제랄레논(ZEA)은 쌀과 현미시료의 5.8%, 14.0%가 각각 검출되었다. 이들 독소의 검출최대치는 DON이 0.006 mg/kg, ZEA가 0.0025 mg/kg으로 모두 낮은 수준이었다(KFDA, 2009). 한편 전국 미곡종합처리장에서 저장중인 2007년산 벼와 가공부산물 각각 50여점을 대상으로 *Fusarium* 곰팡이독소인 DON, 니발레놀(NIV), ZEA의 오염실태를 2008년 6월에 채집하여 조사한 결과, DON은 쌀과 현미시료의 0%, 4%가, NIV은 2%, 20%가, ZEA은 0%, 27%가 각각 검출되었다. 이들 독소의 검출최대치는 DON 0.161 mg/kg, NIV 0.569 mg/kg, ZEA 0.235 mg/kg으로 모두 낮은 수준이었다(Lee 등, 2011). 농가에서 채집한 2009년산 벼를 대상으로 DON, NIV, ZEA, 푸모니신의 자연발생을 조사한 결과 총 32점의 시료 중 13점이 ZEA에 오염(검출 최대치, 0.173 mg/kg)되었고, DON과 NIV, 푸모니신은 각 1개 시료에서 미

량 검출되었다(Lee 등, 2010). 이러한 독소의 자연발생에 대한 연구결과가 조사대상 시료의 수집시기와 지역에 따라 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

우리와 환경이 비슷한 일본도 2002년부터 2011년까지 자국산 곡물의 곰팡이독소를 분석한 결과 소맥 중 DON은 0.018-0.18 mg/kg, NIV은 0.010-0.092 mg/kg, ZEA은 0.0007-0.013 mg/kg이고, 쌀(현미)중 OTA은 2005년부터 2009년까지 모두 정량한계인 0.0003 mg/kg 미만이었다.(Japan MAFF, 2013).

농촌진흥청에서는 2007년산 벼의 쌀과 현미, 청치미, 색채미를 포함한 부산물을 전국 50여개 미곡종합처리장에서 수집한 시료를 조사한 결과, 쌀은 *Fusarium* 곰팡이독소인 DON, NIV, ZEA에 대해 안전하였지만, 부산물인 청치미와 색채미는 대부분의 시료가 오염되어 있었다(Lee 등, 2011). 또한 Sales 등(2005)의 조사에서는 벼 도정 과정에서 아플라톡신이 감소하는데 부산물인 왕겨, 미강 중 미강이 가장 높았음을 보고하였다. Reddy 등(2008)도 미강이 *Aspergillus* sp.가 오염되기 쉬워서 아플라톡신의 오염이 높다고 하였다. 따라서 본 논문에서는 2007년 조사 대상에 원료벼 및 왕겨, 미강, 싸라기를 추가하여 미곡종합처리장에 보관중인 2011년산 쌀과 모든 부산물 시료와 쌀을 수집하여 *Fusarium* 독소의 자연발생을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**시료수집.** 전국 47개 미곡종합처리장을 대상으로 2011년산 쌀 및 벼, 왕겨, 현미, 청치미, 싸라기, 미강, 색채미 등 쌀과 부산물을 1 kg씩 총 371점을 2012년 2-3월에 채집하였다(Table 1).

**곰팡이독소 표준품 및 시약.** 곰팡이독소 분석을 위한 표준품은 Biopure(Biopure, Tulln, Austria)사에서 구입하였

**Table 1.** Rice and its by-product samples collected from rice processing complexes in 2012

Province	Rice <sup>a</sup>							
	Paddy	Husk	Brown	Blue-tinged	Bran	Broken	Discolored	Polished
Gyeonggi	9	9	8	8	9	9	9	9
Gangwon	5	5	4	5	5	5	3	5
Choongbuk	5	5	5	5	5	5	5	5
Choongnam	4	4	4	4	4	4	4	4
Chunbuk	4	4	4	4	4	4	4	4
Chunnam	7	7	7	7	7	7	7	7
Gyeongbuk	6	6	6	6	6	6	6	6
Gyeongnam	7	7	7	7	7	7	7	7
Total	47	47	45	46	47	47	45	47

<sup>a</sup>All rice and its by-product samples were grown in 2011.

다. 추출용 용액인 아세토나이트릴(ACN)은 일급의 대정사(시흥시, 한국) 제품을, 이동상 용액에 사용된 물과 메탄올(MeOH)은 HPLC 급으로 Merck사(Darmstadt, Germany) 제품을 구입하였다.

**시료 전처리 방법.** 시료 전처리는 곰팡이독소의 다성분 분석에 사용하는 QuEChERS법(Cunha와 Fernandes, 2010; Rasmussen 등, 2010; Heidtmann-Bemvenuti 등, 2012; Trebstein 등, 2009; Zachariasova 등, 2010)을 응용하였다. 즉 시료 5 g을 50 ml 코니컬 튜브에 넣고, 추출 혼합용액 17.5 ml(0.1% formic acid가 첨가된 물 7.5 ml와 ACN 10 ml)과 Ceramic Homogenizer 를 넣고, 1시간 동안 진탕기로 추출한다. 추출된 시료에 NaCl 1 g과 MgSO<sub>4</sub> 4 g을 넣은 다음 다시 1분간 vortex로 혼합한 다음 코니컬 튜브를 4°C 10분간 3600 rpm 이상으로 원심분리 한다. 원심분리 후 상등액층인 ACN층에서 5 ml를 Primary Secondary Amine(PSA) 50 mg과 MgSO<sub>4</sub> 150 mg이 들어간 15 ml 튜브에 넣고 vortex를 1분간 한다. 상등액 중 2 ml를 테스트 튜브에 넣고 농축한 뒤 1 ml의 ACN:water = 5:5 혼합용액으로 용해한 후 0.2 µm 실린지 필터로 여과한 후 여과액을 LC-MS 분석에 사용하였다.

**기기 및 분석조건.** 분석기기는 분리를 위해서 Waters e2695 separation module과 정량을 위해서 Waters 3100 MS detector를 사용하였다. column은 Zobax SB-Aq C18(Agilent, 5 µm 3.0×150 mm)를 썼고, 이동상 용매는 5 mM ammonium formate가 첨가된 물과 100% MeOH를 농도구배(gradient) 조합하여 사용하였다. 유속은 0.5 ml/min였고, column 온도는 40°C, 주입량은 5 µl이었다.

질량분석기의 검출조건은 ESI negative 모드를 사용하였고, Capillary는 3000 V, Cone은 20 V였으며, Source 온도는 150°C, Desolvation 온도는 400°C였고, Cone gas 유

량은 50 l/h, Desolvation gas 유량은 800 l/h으로 분석조건은 Table 2와 같다.

## 결과 및 고찰

분석법의 회수율과 정량한계는 Table 3과 같이 0.1 mg/kg, 0.5 mg/kg, 2 mg/kg의 3 수준에서 각 3회 반복 실험한 결과 24–81%였고, 재현성은 4–13%였으며, 정량한계는 0.01 mg/kg이었다.

47개 미곡종합처리장에서 채집한 쌀과 도정부산물 시료 중에 존재하는 *Fusarium* 곰팡이독소를 2012년 4월에 분석하였다. 독소 중에서는 NIV의 오염빈도는 4–56%로 모든 쌀과 부산물 시료에 오염되었으나, DON 왕겨와 청치미에서는 오염되지 않았으며 이를 제외한 시료의 오염빈도는 2–38%로 NIV에 비해 발생이 적었다. ZEA은 왕겨, 청치미, 싸라기, 백미에서는 검출되지 않았으며, 현미에서 상대적으로 많이 발생하였으나 검출최대치는 0.072 mg/kg으로 매우 낮았다(Table 4). 한편 현미와 도정부산물인 색채미, 미강, 싸라기에서 두 개 이상의 독소가 동시에 중복 검출되었다. 이중 DON과 NIV 독소가 중복 검출된 시료는 18개 시료로 가장 많았으며, 이중 15개 시료가 독소가 가장 많이 오염되었던 색채미이었다. 이외에도 DON + ZEA, NIV + ZEA, DON + NIV + ZEA 중복 검출시료는 각각 1개 시료이었으며, 모두 색채미에 오염되어 있었다(Table 5). 독소가 시료에 중복 오염되어 있다는 것은 인축이 섭취하였을 때 단일한 독소에 오염되었을 때보다 더 강한 독성을 보일 수 있다. Codex(2006)에서 아플라톡신의 허용기준이 단일독소에 대한 개별 기준에서 아플라톡신 총량기준(B1, B2, G1, G2)으로 변경된 것처럼 *Fusarium* 곰팡이독소의 중복오염에 대한 독성연구가 진행되어야 할 것이다.

식용으로 사용하는 현미와 백미의 독소별 검출 최대치는 DON 0.057 mg/kg, NIV 0.139 mg/kg, ZEA 0.072 mg/kg으로 오염정도가 매우 낮았다. 도정 부산물인 왕겨, 청

**Table 2.** Selected ion monitoring mode setting for analytical method

Mycotoxins <sup>a</sup>	Selected ions (Da)	Cone (V)	ES
NIV	281.26	46	–
	311.26	34	–
	357.26	24	–
DON	265.26	44	–
	295.26	30	–
	341.32	22	–
ZEA	131.1	84	–
	175.1	74	–
	317.32	50	–

<sup>a</sup>NIV: nivalenol, DON: deoxynivalenol, ZEA: zearalenone.

**Table 3.** Recovery and quantification limit of analytical method<sup>a</sup>

	Recovery (%)			LOQ (mg/kg)
	Paddy rice	Bran	Polished rice	
DON <sup>b</sup>	58 ± 6	62 ± 7	72 ± 4	0.01
NIV	44 ± 4	24 ± 19	44 ± 10	0.01
ZEA	181 ± 13	52 ± 3	109 ± 9	0.01

<sup>a</sup>Average recoveries (%) and LOQ (mg/kg) for the mycotoxins in this study were obtained from spiked paddy rice, bran and polished rice samples using QuEChERS procedure and LC/MS analysis (n = 9).

<sup>b</sup>DON: deoxynivalenol, NIV: nivalenol, ZEA: zearalenone.

**Table 4.** Natural occurrence of *Fusarium* mycotoxins in rice and by-products

Rice or by-product	Mycotoxins <sup>a</sup>	No. (%) of positive samples	Mean level (range) (mg/kg) in positive samples
Paddy rice (n = 47)	DON	1(2)	0.062(0.062)
	NIV	6(13)	0.035(0.011-0.055)
	ZEA	1(2)	0.102(0.102)
Husk (n = 47)	DON	0(0)	0(0)
	NIV	6(13)	0.090(0.049-0.146)
	ZEA	0(0)	0(0)
Brown rice (n = 45)	DON	1 (2)	0.057(0.057)
	NIV	2 (4)	0.099(0.059-0.139)
	ZEA	13 (29)	0.023(0.012-0.072)
Blue-tinged rice (n = 46)	DON	0(0)	0(0)
	NIV	12(26)	0.127(0.053-0.618)
	ZEA	0(0)	0(0)
Bran (n = 47)	DON	3(6)	0.157(0.131-0.186)
	NIV	6(13)	0.062(0.045-0.123)
	ZEA	0(0)	0(0)
Broken rice (n = 47)	DON	2(4)	0.143(0.028-0.257)
	NIV	10(21)	0.116(0.013-0.474)
	ZEA	0(0)	0(0)
Discolored rice (n = 45)	DON	17(38)	0.344(0.059-2.195)
	NIV	25(56)	0.843(0.021-4.358)
	ZEA	3(7)	0.042(0.032-0.061)
Polished rice (n = 47)	DON	1(2)	0.047(0.047)
	NIV	2(4)	0.044(0.042-0.046)
	ZEA	0(0)	0(0)

<sup>a</sup>DON: deoxynivalenol, NIV: nivalenol, ZEA: zearalenone.

치미, 미강, 찌라기, 색채미의 독소오염은 색채미가 DON 오염율 38%, 평균 오염농도 0.34 mg/kg, NIV 오염율 56%,

오염농도 평균 0.84 mg/kg, ZEA 오염율 7%, 오염농도 평균 0.04 mg/kg으로 가장 많이 오염되었고, 찌라기 순이었다. 왕겨, 청치미, 미강 등은 상대적으로 적게 오염되었다.

Lee 등(2011)의 2007년산 벼 부산물인 청치미, 색채미의 독소오염 조사결과와 본 연구결과를 비교하면, 오염율의 경우 DON은 68%(2007년), 38%(2011년), NIV는 100%(2007년), 56%(2011년), ZEA는 98%(2007년), 7%(2011년)로 2007년산에 비해 2011년산 부산물의 독소오염율이 낮았으며, 오염농도의 경우 DON의 검출 최대치는 2007년산과 2011년산 각각 1.355 mg/kg, 2.195 mg/kg, NIV는 각각 4.180 mg/kg, 4.358 mg/kg, ZEA는 각각 3.305 mg/kg, 0.061 mg/kg으로 DON과 NIV는 비슷하였지만, ZEA는 2011년산 부산물이 낮았다.

Lee 등(2010)은 2009년산 농가에서 채집한 벼를 대상으로 DON, NIV, ZEA의 자연발생을 조사하였는데, 총 32점의 시료 중 13점에서 ZEA이 미량(0.008–0.173 mg/kg) 검출되었고, DON과 NIV는 각 1점의 시료에서만 미량(각각 0.122 mg/kg, 0.133 mg/kg) 검출되었다. 본 연구에서의 도정하지 않은 원료벼 47개 시료의 독소 조사결과를 보면, NIV 독소가 6개 시료에서 0.011–0.055 mg/kg 검출되었고, DON과 ZEA 독소는 각각 1개 시료에서 미량(각각 0.062 mg/kg, 0.102 mg/kg) 검출되었다. 이와 같이 2009년산 원료벼에는 ZEA 독소가 2011년산 원료벼에는 NIV 독소가 많이 검출되었다. 이러한 결과는 독소를 생산되는 시기인 수확전 재배포장의 기상환경이 해에 따라 다르기 때문일 것으로 생각되었다.

도정하기 전의 원료벼의 곰팡이독소 오염정도는 도정 최종산물인 백미의 오염정도에 비해 높지만 색채미나 찌라기에 비해서는 낮았다. 이는 붉은 곰팡이병원균에 감염된 곡물은 주로 붉은색으로 변하여 색채미로 걸러지거나 이삭마름증상으로 인해 도정과정 중에 찌라기로 되기 쉬운 때문일 것으로 생각된다.

본 조사에서 미강의 독소오염은 도정과정에서 진행될수록 경우 Sales 등(2005)과 Thirumala-Devi 등(2002)은 도정 산물인 미강에서 아플라톡신의 검출이 가장 많았다고

**Table 5.** Natural co-occurrence of *Fusarium* mycotoxins in rice and its by-products

Rice or by-product	DON <sup>a</sup>	NIV	ZEA	DON + NIV	DON + ZEA	NIV + ZEA	DON + NIV + ZEA
Brown rice (n = 45)	1 <sup>b</sup>	2	13	1	0	0	0
Broken rice (n = 47)	2	10	0	1	0	0	0
Bran (n = 47)	3	6	0	1	0	0	0
Discolored rice (n = 45)	17	25	3	15	1	1	1
Total	23	43	16	18	1	1	1

<sup>a</sup>DON: deoxynivalenol, NIV: nivalenol, ZEA: zearalenone.

<sup>b</sup>Number of samples detected.

보고하였다. 그러나 본 연구결과는 색채미, 싸라기에 비해 *Fusarium* 곰팡이독소가 적게 검출되었다. 이것은 2011년산 벼의 경우 *Fusarium* 곰팡이독소의 자연발생이 미미하였기 때문에 비교하기에는 충분하지 않았다.

본 논문에서 전국 45개 미곡종합처리장을 대상으로 원료벼를 100%로 볼 때 2011년산 부산물 생성비율에 대한 설문조사 결과, 왕겨 평균 17.6%(최저 15%, 최고 20%), 청치미 평균 0.7%(최저 0.05%, 최고 2.5%), 싸라기 평균 0.7%(최저 0.23%, 최고 1.5%), 미강 평균 8.1%(최저 6.4%, 최고 9.9%), 색채미 평균 0.3%(최저 0.02%, 최고 1.2%), 백미 평균 72%(최저 69%, 최고 74.32%)이었다. 왕겨나 미강의 비율이 높았다. 또한 이들 도정 부산물은 가축의 사료용으로 쓰일 가능성이 있으므로, 앞으로도 도정 부산물에 대한 곰팡이독소의 오염정도를 지속적으로 조사할 필요가 있다.

## 요 약

미곡종합처리장에서 수집한 2011년산 쌀 시료 중 *Fusarium* 곰팡이독소의 자연발생을 조사하기 위해서, 벼, 왕겨, 현미, 청치미, 싸라기, 미강, 색채미, 백미 등의 시료를 2012년에 전국적으로 수집하였다. 371점의 시료에 대해 DON, NIV와 ZEA의 자연발생을 LC/MS로 분석하였다. 이중 색채미가 오염율과 오염도가 가장 높았고 다음이 싸라기였다. 백미는 3점이 DON, NIV에 안전한 수준으로 오염되었었지만 나머지는 곰팡이독소가 검출되지 않았다. 부산물은 백미보다 오염도나 오염율이 높았다.

## Acknowledgement

This study was carried out with the support of “Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ008635)”, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

Codex Alimentarius Commission. 2006. Proposed draft maximum level for total aflatoxins in almonds, hazelnuts and pistachios “Ready-to-Eat”. URL [ftp://ftp.fao.org/codex/Reports/Alinorm06/al29\\_12e.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Reports/Alinorm06/al29_12e.pdf)

Cunha, S. C. and Fernandes, J. O. 2010. Development and validation of a method based on a QuEChERS procedure and heart-cutting GC-MS for determination of five mycotoxins in

cereal products. *J. Sep Sci.* 33: 600–609.

FAO. 2002. Post-harvest losses: Discovering the full story. Chapter 3 - Survey and analysis of post-harvest losses. FAO Corporate Document Repository. URL <http://www.fao.org/docrep/004/ac301e/AC301e04.htm>

Heidtmann-Bemvenuti, R., Hackbart, H. C. D., de Souza, M. M., Badiale-Furlong, E., Dors, G. C. and Fagundes, C. A. 2012. determination of deoxynivalenol and zearalenone in natural and parboiled rice and their fractions using quechers and Hplc/Uv-Fl. *Quimica Nova.* 35: 1244–1249.

Japan Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries. 2013. Survey on natural occurrence of cereal mycotoxins in Japan during 2002–2011. URL [http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk\\_analysis/priority/kabidoku/tyosa/pdf/14\\_23.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/kabidoku/tyosa/pdf/14_23.pdf)

Korea Food and Drug Administration. 2009. Regulatory impact analysis-control limit in foods. (In Korean)

Lee, S. H., Son, S. W., Nam, Y. J., Shin, J. Y., Lee, S., Kim, M., Yun, J.-C., Ryu, J.-G. and Lee, T. 2010. Natural occurrence of *Fusarium* mycotoxins in field-collected maize and rice in Korea in 2009. *Res. Plant Dis.* 16: 306–311. (In Korean)

Lee, T., Lee, S., Lee, S. H., Shin, J. Y., Yun, J.-C., Lee, Y. W. and Ryu, J.-G. 2011. Occurrence of *Fusarium* mycotoxins in rice and its milling by-products in Korea. *J. Food Prot.* 74: 1169–1174.

Lee, T., Lee, S., Lee, J.-H., Yun, J.-C. and Oh, K.-S. 2012. Natural occurrence of mycotoxin and fungi in Korean rice. *Res. Plant Dis.* 18: 261–267. (In Korean)

Makun, H. A., Gbodi, T. A., Akanya, O. H., Salako, A. and Ogbadu, G. H. 2007. Fungi and some mycotoxins contaminating rice (*Oryza sativa*) in Niger State, Nigeria. *African J. Biotechnol.* 6: 99–108.

Park, J. W., Choi, S. Y., Hwang, H. J. and Kim, Y. B. 2005. Fungal mycoflora and mycotoxins in Korean polished rice destined for humans. *Int. J. Food Microbiol.* 103: 305–314.

Park, J. W., Kim, E. K. and Kim, Y. B. 2004. Estimation of the daily exposure of Koreans to aflatoxin B1 through food consumption. *Food Addit. Contam.* 21: 70–75.

Paul, P. A., Lipps, P. E. and Madden, L. V. 2006. Meta-analysis of regression coefficients for the relationship between *Fusarium* head blight and deoxynivalenol content of wheat. *Phytopathology* 96: 951–961.

Rasmussen, R. R., Storm, I., Rasmussen, P. H., Smedsgaard, J. and Nielsen, K. F. 2010. Multi-mycotoxin analysis of maize silage by LC-MS/MS. *Anal. Bioanal. Chem.* 397: 765–776.

Reddy, K. R. N., Reddy, C. S., Abbas, H. K., Abel, C. A. and Muralidharan, K. 2008. Mycotoxigenic fungi, mycotoxins, and management of rice grains. *Toxin Reviews* 27: 287–317.

Ryu, J.-G., Lee, S., Lee, S.-H., Son, S.-W., Nam, Y. J., Kim, M., Lee, T. and Yun, J.-C. 2011. Natural occurrence of *Fusarium* head blight and its mycotoxins in 2010-harvested barley and wheat grains in Korea. *Res. Plant Dis.* 17: 272–279. (In Korean)

- Sales, A. C. and Yoshizawa, T. 2005. Updated profile of aflatoxin and *Aspergillus* section *Flavi* contamination in rice and its byproducts from the Philippines. *Food Addit. Contam.* 22: 429–436.
- Shim, H.-S., Hong, S.-G., Hong, S.-J., Kim, Y.-K., Ye, W.-H. and Sung, J.-M. 2005. Detection of the fungi associated with rice ear blight from rice seeds in Korea. *Res. Plant Dis.* 11: 93–97. (In Korean)
- Son, S. W., Nam, Y. J., Lee, S.-H., Lee, S. M., Lee, S., Kim, M., Lee, T., Yun, J.-C. and Ryu, J.-G. 2011. Toxigenic fungal contaminants in the 2009-harvested rice and its milling byproducts samples collected from rice processing complexes in Korea. *Res. Plant Dis.* 17: 280–287. (In Korean)
- Thirumala-Devi K., Mayo, M. A., Reddy, G. and Reddy, D. V. 2002. Occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in Indian poultry feeds. *J. Food Prot.* 65: 1338–1340.
- Trebstein, A., Lauber, U. and Humpf, H. U. 2009. Analysis of *Fusarium* toxins via HPLC-MS/MS multimethods: matrix effects and strategies for compensation. *Mycotoxin Res.* 25: 201–213.
- Turner, N. W., Subrahmanyam, S. and Piletsky, S. A. 2008. Analytical methods for determination of mycotoxins: A review. *Analytical Chimica Acta* 632: 168–180.
- Zacharaiasova, M., Lacina, O., Malachova, A., Kostelanska, M., Poustka, J., Godula, M. and Hajslova, J. 2010. Novel approaches in analysis of *Fusarium* mycotoxins in cereals employing ultra performance liquid chromatography coupled with high resolution mass spectrometry. *Analytical Chimica Acta* 662: 51–61.