

곡류 중 트리코테센 A형 곰팡이독소의 결정론적 위해평가

백옥진 · 윤석일^{1*}

상명대학교 화학과, ¹상명대학교 공업화학과

Deterministic Risk Assessment of Trichothecenes Type A Mycotoxin Through Cereal Intake for Koreans

Ockjin Paek and Seok Il Yun^{1*}

Department of Chemistry, Sang Myung University

¹Department of Industrial Chemistry, Sang Myung University

Abstract

This research was conducted to estimate the dietary exposure of trichothecene type A mycotoxins (T-2 and HT-2 toxin) and to assess the related risk for the Korean populations from the intake of cereals. The deterministic approach was used to estimate the dietary exposure. The amounts of trichothecene type A mycotoxins in 115 samples of cereals were determined by LC-MS/MS. The levels of trichothecene type A mycotoxins (T-2 and HT-2 toxin) in cereals ranged from: N.D.-37.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ for T-2 toxin and N.D.-5.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ for HT-2 toxin. The mean and 95th percentile for exposure to the dietary sum of trichothecene type A mycotoxins were 0.57 ng/kg b.w/day (LB), 1.39 ng/kg b.w/day (MB), 2.20 ng/kg b.w/day (UB), and 11.06 ng/kg b.w/day (LB), 13.95 ng/kg b.w/day (MB), 16.87 ng/kg b.w/day (UB) corresponding to 0.57 to 2.20% of the Total Dietary Intake (TDI) for the mean exposure and 11.06 to 16.87% of TDI for the 95th percentile exposure. Therefore, the overall exposure level of trichothecene type A mycotoxins for Koreans from cereal intake is unlikely to cause concerns to human health.

Key words: Trichothecene type A mycotoxins, T-2 toxin, HT-2 toxin, risk assessment, LC-MS/MS, cereals

서 론

트리코테센류 곰팡이독소 A형에 속하는 T-2와 HT-2 독소는 *Fusarium* (*F.*) 속에 의해 곡류에서 생성되는 곰팡이독소이다(EC, 2001). *Fusarium* 속 곰팡이독소 중에서 T-2 독소는 가장 독성이 강한 것으로 보고되어지고 있다(Lee et al., 2002; Kassim et al., 2011). T-2 독소는 생체 내에서 빠르게 HT-2 독소로 대사되기 때문에, 곡류 내 T-2 독소 함량을 조사하는 경우 시간과 장소에 따라 함량이 다르게 나타날 수 있다(Chun et al., 2009). 트리코테센류 곰팡이독소 A형인 곰팡이독소는 일반적으로 매우 안정된 화합물이므로 높은 온도에서도 쉽게 분해되지 않는다고 알려져 있으며(Bailly et al., 2005), 햇빛에도 안정적이고 중성이나 산성조건에서 안정성을 유지하고 섭취 후 위장에서 가수분해 되지 않는다(Rocha et al., 2005). 1930년에 alimentary

toxic aleukia (ATA)의 식중독성 무백혈구증 중독사고가 구 소련에서 발생하였고, 1987년도 인도와 1933년 중국에서도 트리코테센류 곰팡이독소에 오염된 밀가루나 쌀 등의 섭취로 인한 독소중독증이 발생하였다(Lee et al., 2012). 중독 증상은 복통, 구역질, 어지러움, 설사, 혈변 및 구토 등으로 섭취 후 1시간 내에 발생한다(Alexander et al., 2011)

일반적으로 노출을 피할 수 없는 식품 중 오염물질에 대한 인체안전노출을 결정한 참고치로는 대표적으로 JECFA (joint expert committee on food additives)에서 설정하는 일일잠정섭취허용량(tolerable daily intake, TDI)이다. TDI는 평생 동안 식이섭취로 인해 인체에 축적되어도 안전한 수준을 하루 동안 섭취 수준을 표기하였는데 이는 곰팡이독소와 같은 오염물질이 일정기간 동안 체내에 축적되기 때문이다. 트리코테센류 곰팡이독소에 대해 유럽연합에서 두 독소의 합으로 TDI를 0.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ b.w/day로 설정하였다(EFSA, 2011). 위해성 평가는 식품 등의 섭취를 통하여 위해요소가 인체에 노출되었을 때 발생할 수 있는 건강영향과 위해 발생 확률을 과학적으로 예측하는 일련의 과정이다(WHO, 2009).

본 연구는 우리나라 국민들이 많이 섭취하고 있는 곡류 중 트리코테센류 A형 곰팡이독소의 오염 수준을 파악하고

*Corresponding author: Seok Il Yun, Department of Industrial Chemistry, Sang Myung University, Seoul 110-743, Korea
Tel: +82-2-781-7530; Fax: +82-2-2287-0070
E-mail: yunsans@smu.ac.kr
Received July 21, 2015; revised August 10, 2015; accepted August 19, 2015

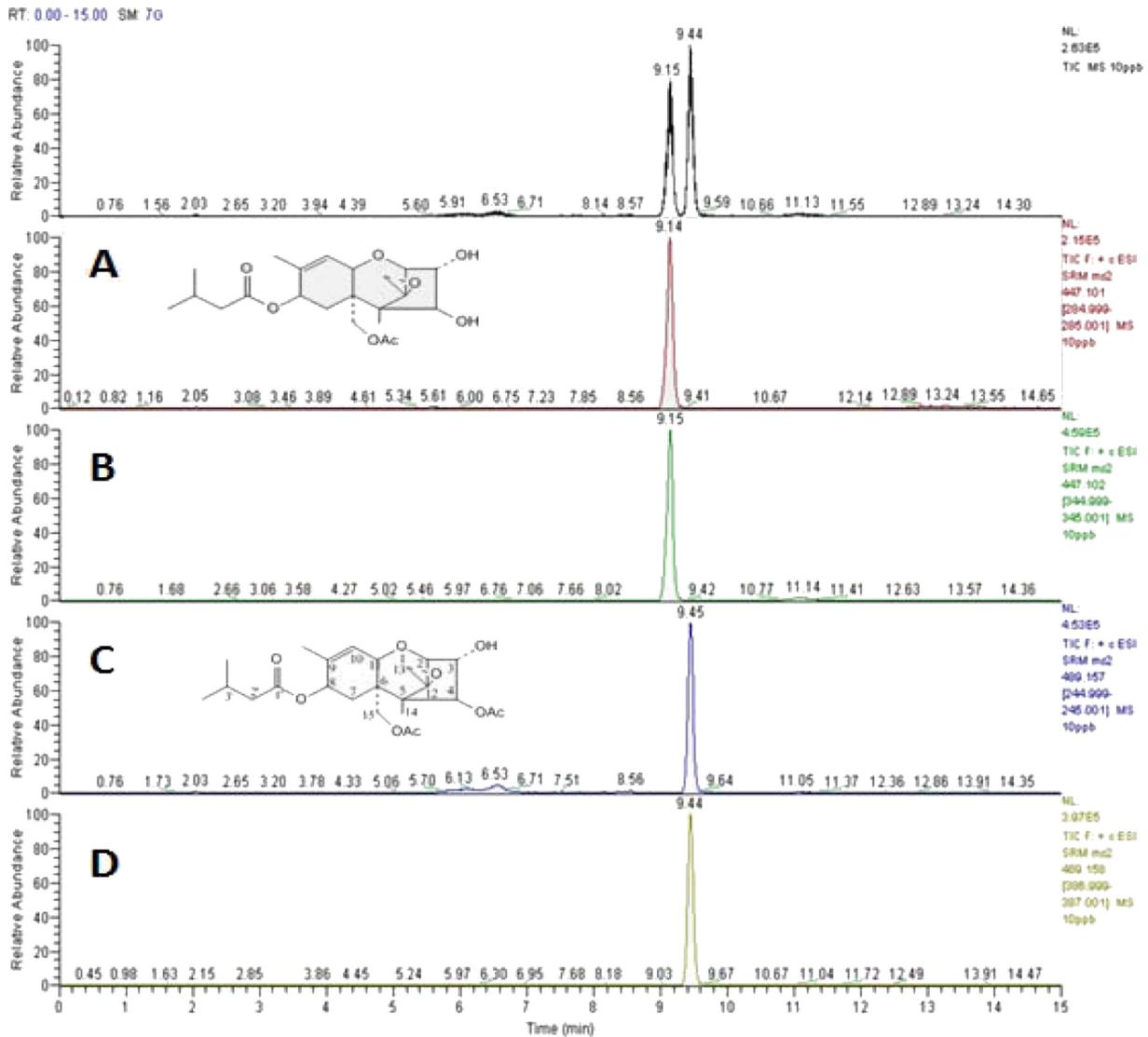


Fig. 2. LC-MS/MS chromatogram of T-2 and HT-2 toxins standard solution at 10 ug/kg. (A) m/z 285, (B) m/z 345, of HT-2 toxin, (C) m/z 245, (D) m/z 387 of T-2 toxin.

평가대상 인구집단의 트리코테센류 A형 곰팡이독소의 1일 인체노출량(ng/kg b.w./day) =

$$\frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{식품의 트리코테센류 A형 곰팡이독소의 오염도}(\mu\text{g/kg}) \\ \times \text{인구집단의 식품섭취량}(\text{g/day}) \end{array} \right\}}{\text{인구집단의 평균 체중}(\text{kg b.w.})}$$

(1)

결정론적 위해평가

위해성 평가는 유해오염물질의 독성과 인구집단 노출 간의 상관관계를 나타낸다. 식품 중 대상 유해오염물질의 노출량을 구하고, 설정된 인체안전노출기준과 대비하여 위해도를 구하여 전체 인구에 대해 위해성을 가지고 있는지 결정한다. 이러한 위해성 평가는 식품위생법 시행령 제4조 3

항(대통령령 제26180호, 2015.3.30 개정)(MGL, 2015) 및 CODEX의 “식품안전성 위해성평가역할에 관한 원칙(statement of principle relating to the role of food safety risk assessment)” (WHO, 2000)에 따라 수행하였다. 노출 평가는 트리코테센류 A형인 T-2와 HT-2 독소 오염도 합, 인구집단의 연령별 식품섭취량, 체중 값을 결정론적 방법에 의해 트리코테센류 A형 곰팡이독소에 노출량을 산출하여 수행하였다. 위해평가에 사용되는 결정론적 접근법은 단일 값을 사용하여 보수적으로 제한된 자료에서 단시간 내에 노출량 산출이 가능하며, 평가결과가 단일 값으로 도출되어 의사전달에 용이성이 있다. 다만, 단순화된 절차 및 많은 가정들을 전제로 하기에 불확실성이 존재한다(NIFDS, 2011).

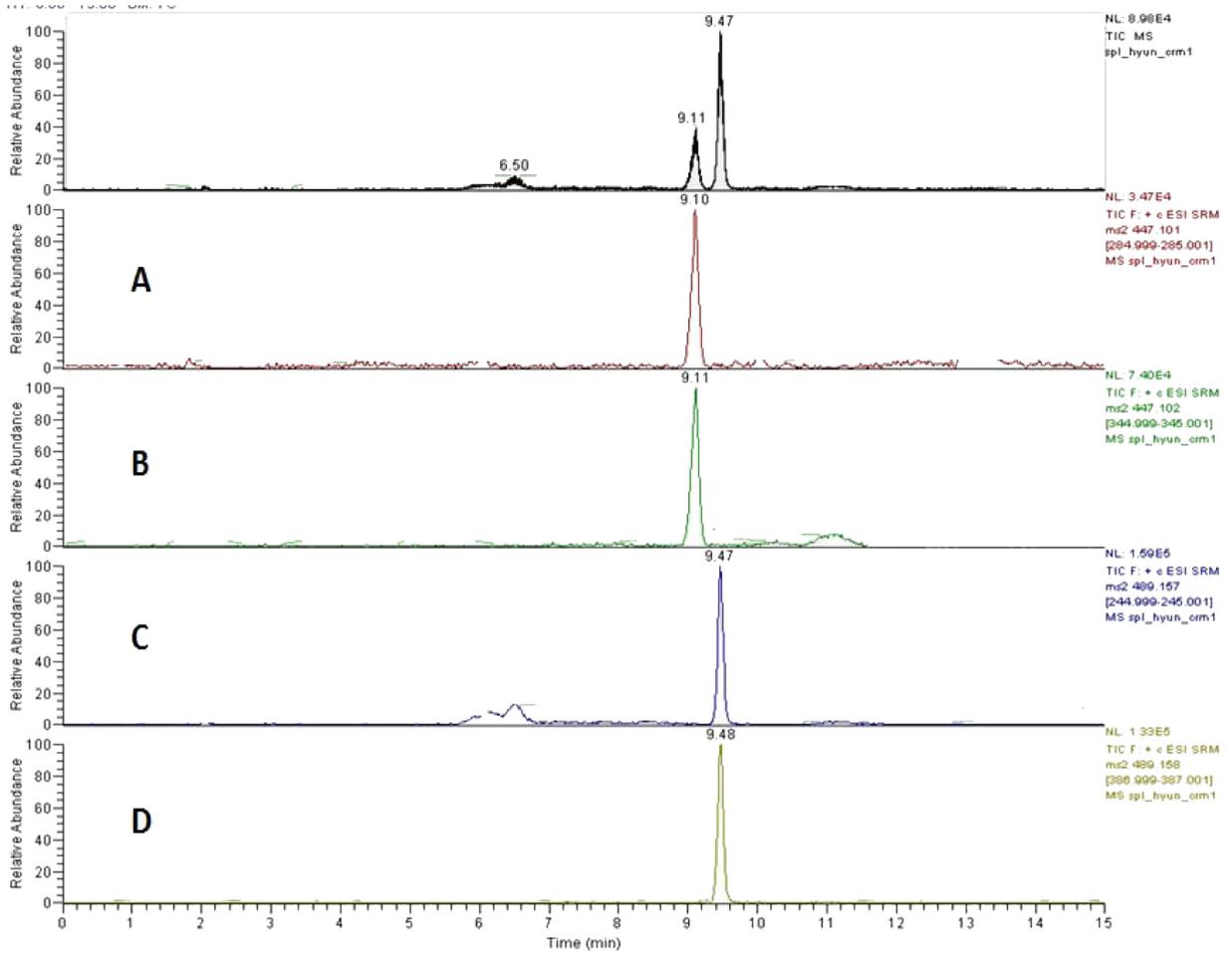


Fig. 3. LC-MS/MS chromatogram of fortified unpolished rice (10 ug/kg). (A) m/z 285, (B) m/z 345 of HT-2 toxin, (C) m/z 245, (D) m/z 387 of T-2 toxin.

위해도 결정

결정론적 방법(Determination approach)에 의해 추정된 전체 인구집단의 식이를 통한 트리코테센류 A형 곰팡이독소 노출량으로부터 WHO/FAO 합동 식품첨가물 전문가회의(The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서 제시한 TDI 대비 위해도(%)를 산출하여 노출 수준의 위해정도를 식 (2)로 확인하였다.

$$\text{위해도(\%)} = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{식품 섭취로 인한 트리코테센류 A형} \\ \text{1일 인체노출량(ng/kg b.w./day)} \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{JECFA의 트리코테센류 A형의 일일 잠정} \\ \text{섭취허용 인체노출량(ng/kg b.w./day)} \end{array} \right\}}$$

결과 및 고찰

식품 섭취량 및 체중

곡류 섭취에 의한 트리코테센류 A형 곰팡이독소 노출량 평가에서 식품섭취량은 큰 영향을 주는 요소이다. 국민건강영양조사에서 식품섭취조사는 24시간 회상법에 의한 식품 섭취 자료에 기초하여 1일 식품소비량을 일생 동안 평

균적으로 섭취한 식품의 1일 소비량으로 고려한다. 곡류 섭취를 통한 T-2와 HT-2 독소의 위험성은 장기간 동안에 걸쳐 나타내는 만성독성이기 때문에 한평생 기간에 걸친 일일 평균 노출 정도를 산출하여야 한다. 국민건강영양조사(KMHW, 2009)의 식품섭취량(1차코드 및 2차코드) 및 체중은 질병관리본부에서 발간된 제4기 2차년도(2008년), 제5기 1차년도(2009년), 2차년도(2010년) 자료를 가중치를 적용하여 SPSS 통계 프로그램(14.0 OK for Windows)으로 연령별 평균섭취량 및 극단섭취량(95th percentile)을 산출하였다. 평가 대상 곡류의 노출량 산출을 위한 전연령 및 연령별 식품섭취량은 Table 2에 나타내었다(KMHW, 2009).

우리나라 국민의 체중은 국민건강영양조사 중 건강 검진조사에 해당하며 조사자 및 영양조사 n=10,049 명을 대상으로 조사되었다. 전체인구집단 및 연령별 집단의 체중은 Table 3 과 같다. 전체인구집단의 트리코테센류 곰팡이독소 노출량을 추정 시 전체인구집단 평균 체중인 58.5 kg을 사용하였다.

곡류 중 트리코테센류 A형 T-2와 HT-2 독소 함량

9개 품목의 곡류 115건에 대한 트리코테센류 A형 곰팡

Table 2. Food daily intake of general population in Korea (all ages)

| Food | Daily intake (g/day) | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | mean | P1 | P5 | P10 | P25 | P50 | P75 | P90 | P95 | P99 |
| Common Millet | 0.23 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7.90 |
| Wheat Flour | 5.05 | - | - | - | - | - | 0.94 | 13.19 | 29.35 | 82.78 |
| Milled Rice | 179.78 | - | 31.28 | 56.00 | 101.91 | 168.83 | 241.20 | 316.24 | 366.64 | 482.82 |
| Barley | 6.82 | - | - | - | - | - | 8.56 | 21.74 | 32.36 | 63.64 |
| Sorghum | 0.49 | - | - | - | - | - | - | - | 3.33 | 11.01 |
| Maize | 3.38 | - | - | - | - | - | - | - | - | 93.40 |
| Foxtail Millet | 1.02 | - | - | - | - | - | - | 1.85 | 6.21 | 21.97 |
| Glutinous Rice | 6.23 | - | - | - | - | - | - | 18.77 | 35.20 | 95.27 |
| Unpolished Rice | 3.95 | - | - | - | - | - | - | 9.31 | 22.52 | 76.99 |

P1: 1 percentile, P5: 5 percentile, P10: 10 percentile, P25: 25 percentile, P50: 50 percentile, P75: 75 percentile, P90: 90 percentile, P99: 99 percentile

Table 3. Korean body weight by ages

| Group | Age (year) | All | 1-2 | 3-5 | 6-11 | 12-18 | 19-29 | 30-49 | 50-64 | ≥ 65 |
|-----------------|------------|------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | n | | 10,049 | 277 | 384 | 889 | 981 | 1,051 | 2,931 | 1,862 |
| Body weight, kg | | 58.5 | 12.5 | 18.2 | 33.5 | 57.3 | 64.3 | 65.0 | 63.4 | 57.9 |

이독소 함량을 LC-MS/MS로 구하였다(Table 4). 조사된 밀가루, 백미의 모든 시료에서 트리코테센류 A형 곰팡이독소가 모두 검출되지 않았다. 모든 옥수수 시료는 트리코테센류 A형 중 HT-2 독소가 검출되지 않았다. 트리코테센류 A형 중 T-2 독소(평균값)의 경우 수수(11.8 µg/kg), 옥수수(5.1 µg/kg), 기장(4.3 µg/kg), 조(4.2 µg/kg) 순으로 검출되었고, HT-2 독소(평균값)의 경우는 수수(5.2 µg/kg), 현미(2.6 µg/kg) 순으로 검출되었다. 곡류의 T-2 독소는 곡류 전체적으로 평균 0.263 µg/kg (N.D.-37.1 µg/kg), HT-2 독소는 평균 0.093 µg/kg (N.D.-5.4 µg/kg)의 수준으로 검출되었다. 트리코테센류 A형 곰팡이독소 합은 7.80 µg/kg (N.D.-7.80) 수준으로 검출되었다. 유럽연합에서 설정한 트리코테센류 A형 곰팡이독소 중 T-2와 HT-2의 합으로써 기준치(100 µg/kg)를 초과한 품목은 없었으며, T-2 독소의 경우 기장, 수수, 조(100%), 보리, 참쌀(92%) 순으로, HT-2 독소는 기장, 밀가루, 수수(100%), 현미(79%)으로 검출되었다.

이는 2009년 식약처에서 수행된 HPLC-FLD를 이용하여 분석한 곡류 중 T-2 독소 평균 함량(31.7-38.3 µg/kg) 및 HT-2 독소 평균 함량(22.8-28.8 µg/kg)보다 낮은 수준으로 확인되었다(Chun & Chung, 2009). 또한, 스페인에서 2008년에서 2010년까지 조사된 밀에서 T-2 독소 평균 함량(10 µg/kg) 및 HT-2 독소 평균함량(82 µg/kg)으로, 영국에서 2004년에서 2007년 동안 조사된 귀리 및 보리에서 T-2 독소 및 HT-2 독소의 평균 함량이 5-100 µg/kg, 20-100 µg/kg 수준으로 본 연구에서 조사된 수준보다 높았다.

곡류 중 트리코테센류 A형 곰팡이독소의 노출 및 위해 수준 곡류 섭취를 통한 전연령의 평균섭취량을 고려하였을 때

트리코테센류 A형 곰팡이독소 섭취량은 0.57 ng/kg b.w./day (LB), 1.39 ng/kg b.w./day (MB), 2.2 ng/kg b.w./day (UB)으로 TDI 대비 0.57% (LB), 1.39% (MB), 2.20% (UB) 수준이었다. 극단(P95) 섭취량을 고려하였을 때, 11.06 ng/kg b.w./day (LB), 13.95 ng/kg b.w./day (MB), 16.87 ng/kg b.w./day (UB)으로 TDI 대비 11.06% (LB), 13.95% (MB), 16.87% (UB) 수준이었다(Table 5). 따라서, 곡류 식이 섭취로 인한 우리나라 국민들의 트리코테센류 A형 곰팡이독소로 섭취 수준은 위해우려가 낮은 수준으로 평가되었다. 이는 유럽에서 2001년 JECFA에서 산출된 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2 독소와 HT-2 독소의 평균노출량(17 ng/kg b.w./day, T-2 독소 평균 섭취량: 8 ng/kg b.w./day, HT-2 독소 평균 섭취량: 9 ng/kg b.w./day), 북유럽의 평균 노출량 130 ng/kg b.w./day 보다 낮은 수준이다(Chun & Chung, 2009). 전연령의 평균섭취량을 고려하였을 때 곡류별로 살펴본 T-2 독소 및 HT-2 독소 노출 기여도는 LB의 경우, 현미 31.6%, 옥수수 17.5%, 보리 15.8% 순으로 나타나고, MB의 경우는 현미(31.9%), 옥수수(24.4%), 수수(13.3%) 기여율을 보이고, UB의 경우는 백미(55.4%), 현미(12.9%), 옥수수(7.9%) 순으로 기여율을 나타내었다(Fig. 4). 이러한 노출수준의 기여도 곡류가 변동되는 것은 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2 독소 및 HT-2 독소가 검출되지 않은 백미가 우리나라 국민들이 가장 많이 섭취하는 곡류로써, 그 섭취량을 반영하면 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2 및 HT-2 독소의 함량이 낮더라도 섭취기여율이 높게 나타났다.

위해평가의 불확실성

극단섭취집단(95th percentile)의 노출평가는 보통 극단 섭

Table 4. Occurrence of trichothecene T-2 toxin and HT-2 toxin in cereals

| Food group | N | Positive (%) ¹⁾ | LB/MB/UB ²⁾ | Σ T-2 +HT-2 toxins Concentration (µg/kg) | | | | |
|-----------------|-----|----------------------------|------------------------|--|--------|-------------------|--------|---------|
| | | | | Mean | Median | P75 ³⁾ | P95 | Maximum |
| Common Millet | 15 | 100 | LB | 2.489 | 2.633 | 4.298 | 4.398 | 4.721 |
| | | | MB | 2.514 | 2.633 | 4.298 | 4.398 | 4.721 |
| | | | UB | 2.539 | 2.633 | 4.298 | 4.398 | 4.721 |
| Wheat Flour | 15 | 50 | LB | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | - |
| | | | MB | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | - |
| | | | UB | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | - |
| Milled Rice | 11 | 13 | LB | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | - |
| | | | MB | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | - |
| | | | UB | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | - |
| Barley | 25 | 72 | LB | 0.790 | 0.700 | 1.185 | 1.229 | 1.261 |
| | | | MB | 0.835 | 0.700 | 1.185 | 1.229 | 1.261 |
| | | | UB | 0.880 | 0.700 | 1.185 | 1.229 | 1.261 |
| Sorghum | 15 | 100 | LB | 7.796 | 5.995 | 8.062 | 22.797 | 37.097 |
| | | | MB | 7.829 | 5.995 | 8.062 | 22.797 | 37.097 |
| | | | UB | 7.862 | 5.995 | 8.062 | 22.797 | 37.097 |
| Maize | 3 | 33 | LB | 1.690 | 0.000 | 3.722 | 5.122 | 5.176 |
| | | | MB | 1.856 | 0.250 | 3.784 | 5.122 | 5.176 |
| | | | UB | 2.023 | 0.500 | 3.847 | 5.122 | 5.176 |
| Foxtail Millet | 4 | 87 | LB | 2.442 | 2.537 | 4.254 | 4.376 | 4.429 |
| | | | MB | 2.474 | 2.537 | 4.254 | 4.376 | 4.429 |
| | | | UB | 2.505 | 2.537 | 4.254 | 4.376 | 4.429 |
| Glutinous Rice | 13 | 77 | LB | 0.759 | 0.679 | 1.194 | 1.255 | 1.282 |
| | | | MB | 0.817 | 0.679 | 1.194 | 1.255 | 1.282 |
| | | | UB | 0.874 | 0.679 | 1.194 | 1.255 | 1.282 |
| Unpolished Rice | 14 | 83 | LB | 2.681 | 2.389 | 5.034 | 5.185 | 5.528 |
| | | | MB | 2.732 | 2.389 | 5.034 | 5.185 | 5.528 |
| | | | UB | 2.783 | 2.389 | 5.034 | 5.185 | 5.528 |
| Total | 115 | | | | | | | |

¹⁾Positive (%): T-2 toxin or HT-2 toxins positive detection (%), ²⁾LB/MB/UB: Low Bound/Middle Bound/Upper Bound, ³⁾P75: 75 percentile, P95: 95 percentile

Table 5. Daily dietary exposure and %TDI of trichothescene type A mycotoxins by cereals intake

| Food group | T-2 & HT-2 content (µg/kg) | | | Food intake (g/day) | | Daily intake (ng T-2 & HT-2/day) | | | | | | %TDI | | | | | |
|-----------------|----------------------------|------|------|---------------------|--------|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | LB ¹⁾ | MB | UB | Mean | P95 | LB | | MB | | UB | | LB | | MB | | UB | |
| | | | | | | Mean | P95 | Mean | P95 | Mean | P95 | Mean | P95 | Mean | P95 | Mean | P95 |
| Common Millet | 2.49 | 2.51 | 2.54 | 0.23 | 7.90 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.34 |
| Wheat Flour | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 5.05 | 82.78 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.35 | 0.04 | 0.71 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.35 | 0.04 | 0.71 |
| Milled Rice | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 179.78 | 482.82 | 0.00 | 0.00 | 0.77 | 2.06 | 1.54 | 4.13 | 0.00 | 0.00 | 0.77 | 2.06 | 1.54 | 4.13 |
| Barley | 0.79 | 0.84 | 0.88 | 6.82 | 63.64 | 0.09 | 0.86 | 0.10 | 0.91 | 0.10 | 0.96 | 0.09 | 0.86 | 0.10 | 0.91 | 0.10 | 0.96 |
| Sorghum | 7.80 | 7.83 | 7.86 | 0.49 | 11.01 | 0.07 | 1.47 | 0.07 | 1.47 | 0.07 | 1.48 | 0.07 | 1.47 | 0.07 | 1.47 | 0.07 | 1.48 |
| Maize | 1.69 | 1.86 | 2.02 | 3.38 | 93.40 | 0.10 | 2.70 | 0.11 | 2.96 | 0.12 | 3.23 | 0.10 | 2.70 | 0.11 | 2.96 | 0.12 | 3.23 |
| Foxtail Millet | 2.44 | 2.47 | 2.50 | 1.02 | 21.97 | 0.04 | 0.92 | 0.04 | 0.93 | 0.04 | 0.94 | 0.04 | 0.92 | 0.04 | 0.93 | 0.04 | 0.94 |
| Glutinous Rice | 0.76 | 0.82 | 0.87 | 6.23 | 95.27 | 0.08 | 1.24 | 0.09 | 1.33 | 0.09 | 1.42 | 0.08 | 1.24 | 0.09 | 1.33 | 0.09 | 1.42 |
| Unpolished Rice | 2.68 | 2.73 | 2.78 | 3.95 | 76.99 | 0.18 | 3.53 | 0.18 | 3.60 | 0.19 | 3.66 | 0.18 | 3.53 | 0.18 | 3.60 | 0.19 | 3.66 |
| Total | | | | | | 0.57 | 11.06 | 1.39 | 13.95 | 2.20 | 16.87 | 0.57 | 11.06 | 1.39 | 13.95 | 2.20 | 16.87 |

¹⁾LB: Low Bound, MB: Middle Bound, UB: Upper Bound, P95: 95 percentile

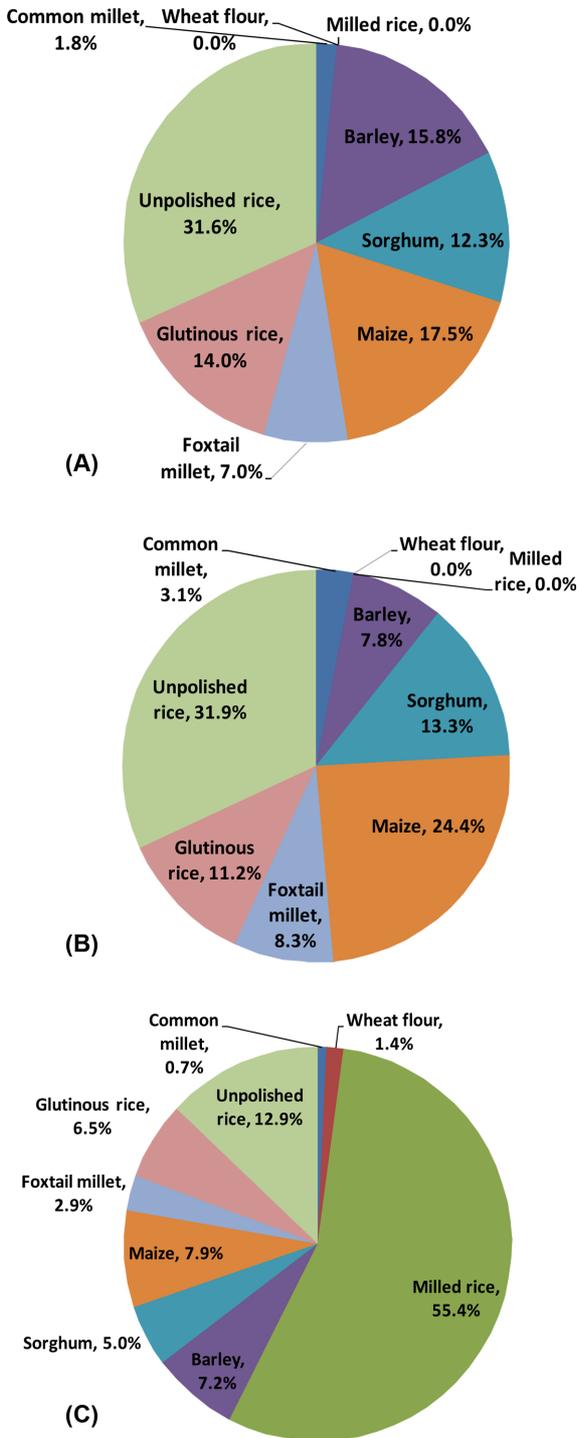


Fig. 4. Contribution ratio of dietary exposure to trichothecene type A mycotoxins of general population. (A) low bound, (B) middle bound, (C) upper bound.

취자가 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소에 오염된 곡류를 매일 섭취했을 때의 노출평가로서 실제 생활에서 흔히 발생하지 않는 상황을 반영한 것으로 결과값이 불확실성이 있다. 식품섭취량 조사는 24시간 회상법에 의해 조사된 식품 자료에 기초한 일일 식품소비량으로

일생 동안 평균적으로 섭취한 식품의 1일 소비량보다 높을 수 있는 제한점이 있다. 모든 식품에 대한 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소 함량 분석 및 이에 대한 위해평가가 이루어지지 않았기 때문에 본 연구결과에 불확실성이 있을 수 있다.

요 약

본 연구는 백미 등 9품목에서 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소의 함량을 구하고 전체인구집단의 곡류 섭취로 인한 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소의 노출 수준에 따른 위해성을 평가하고자 하였다. 우리나라 전체 인구집단의 트리코테센류 A형 T-2와 HT-2 독소의 노출수준을 산출하기 위해 결정론적 위해평가를 수행하였다. 산출된 노출량은 JECFA에서 제시한 TDI (100 ng/kg b.w./day) 대비 위해도(%)를 구하여 노출수준에 대한 위해정도를 파악하였다. 9품목 곡류 115건에 대한 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소의 함량은 LC-MS/MS를 이용하여 구한 결과 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소의 합으로 평균 7.80 µg/kg (0.00-7.80) 수준으로 검출되었다. 곡류섭취로 인한 전연령의 평균섭취량을 고려하였을 때 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소 섭취량은 0.57 ng/kg b.w./day (LB), 1.39 ng/kg b.w./day (MB), 2.2 ng/kg b.w./day (UB)으로 TDI 대비 0.57% (LB), 1.39% (MB), 2.2% (UB) 수준이었다. 극단(P95) 섭취량을 고려하였을 때 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소 섭취량은 11.06 ng/kg b.w./day (LB), 13.95 ng/kg b.w./day (MB), 16.87 ng/kg b.w./day (UB)으로 TDI 대비 11.06% (LB), 13.95% (MB), 16.87% (UB) 수준이었다. 따라서, 우리나라 국민들의 곡류 섭취로 인한 트리코테센류 A형 곰팡이독소인 T-2와 HT-2 독소 노출수준은 위해 우려가 낮은 수준으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 상명대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Alexander J, Benford D, Boobis A, Ceccatelli S, Cottrill B, Cravedi JP, Domenico AD, Doerge D, Dogliotti E, Edler L, Farmer P, Filipi M, Fink-Gremmels J, Furst P, Guerin T, Knutson HK, Machala M, Mutti A, Schlatter J, Rose M, Leeuwen RV. 2011. Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of T-2 and HT-2 toxin in food and feed. *EFSA Journal* 9: 1-187.
- Bailly JD, Tabuc C, Querin A, Guerr P. 2005. Production and stability of patulin, ochratoxin A, citrinin and cyclopiazonic acid

- on dry cured ham. *J. Food Prot.* 68: 1516-1520.
- Chun HS, Chung SH. 2009. Safety evaluation for mycotoxins in foods. The annual report of KFDA, Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 287-311.
- EC. 2001. Opinion of the Scientific Committee on Food on Fusarium toxins. Part 5 : T-2 toxin and HT-2 toxin (SCF/CS/CNTM/MYC/25 Rev 6 Final). Available from: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out88_en.pdf. (Accessed Aug.30, 2011), European Commission, Brussels, Belgium, pp. 3.
- Jaimea J, Fente CA, Franco CM, Cepeda A, Vazquez BI. 2004. A survey of the fungal contamination and presence of ochratoxin A and zearalenone on Spanish feed and raw materials. *J. Sci Food Agr.* 84: 832-840.
- Kassim N, Kim K, Mtenga AB, Song JE, Liu Q, Shim WB, Chung DH. 2011. A preliminary study of T-2 and HT-2 toxins in cereals sold in traditional market in South Korea. *Food Control.* 22: 1408-1412.
- KMHW. 2009. The Fourth Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV). 2008 Nutrition Survey II, Korean Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. pp. 8-208.
- Lee S, Kim M, Oh S, Chun HS. 2012. Fusarium trends in researches of Fusarium mycotoxins T-2 toxin and HT-2 toxin in domestic and foreign countries. *J. Food Hyg. Saf.* 27: 1-17.
- MFDS. 2014. The Food Code. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, pp.11.
- MGL. 2015. Food Sanitation Law, Enforcement decree of the Food Sanitation Act, presidential decree 26180, revised 2015. 03.30, Ministry of Government Legislation, Sejong, Korea. pp. 51-52.
- NIFDS. 2011. The Guideline for Risk Assessment. National Institute of Food and Drug Safety, Seoul, Korea, pp. 35.
- Qureshi MA, Brake J, Hamilton PB, Hagler WM, Nesheim S. 1998. Dietary exposure of broiler breeders to aflatoxin results in immune dysfunction in progeny chicks. *Poultry Sci.* 77: 812-819.
- Rocha O, Ansari K, Doohan FM. 2005. Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells, a review. *Food Addit. Contam.* 22: 369-378.
- Sofreza S, Dall'Asta C, Marchelli R. 2006. Recent advances in mycotoxin determination in food and feed by hyphenated chromatographic techniques/mass spectrometry. *Mass Spectrom. Rev.* 25: 54-76.
- WHO. 2000. Major element for exposure assessment of contaminants and toxins in food. ANNEX4 In: Joint FAO/WHO Workshop on Methodology for Exposure Assessment of Contaminants and Toxins in Food (WHO/SDE/PHE/FOS/00.5). June 7-8, World Health Organization, Geneva, Switzerland. pp. 1-2.
- WHO. 2009. Principles and Methods for The Risk Assessment of Chemical Substances. IPCS, Environmental Health Criteria 240, World Health Organization. pp. 3.