

# イムノアフィニティーカラム-HPLC法を用いた南アフリカ市販食品のアフラトキシンとオクラトキシンの汚染調査

誌名	香川大学農学部学術報告
ISSN	03685128
巻/号	70
掲載ページ	p. 7-13
発行年月	2018年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# イムノアフィニティーカラム-HPLC法を用いた南アフリカ市販食品のアフラトキシンと オクラトキシンの汚染調査

Xolani Nkosikhona Mhlongo・川村 理

## Occurrence of aflatoxins and ochratoxins in South African commercial foods by using immunoaffinity-HPLC methods

Xolani Nkosikhona Mhlongo and Osamu Kawamura

### Abstract

Sixty-one samples consisting of cereals (barley, maize, oats, sorghum and wheat), nuts (almond, Brazil nut, cashew, hazel, macadamia, pecan and pistachio) and beans (red bean and cowpea bean) from local retailers in Kwa-Zulu Natal region, South Africa were analyzed for the presence of aflatoxins (AFs) and ochratoxins (OTs) by using immunoaffinity-HPLC methods. AFB<sub>1</sub> was found in 12 samples (20%), the mean of positives was 9.28 µg/kg and the overall mean was 1.69 µg/kg. Six (86%) out of 7 macadamias were heavily contaminated with AFB<sub>1</sub> (3.20~44.56 µg/kg). All these 6 macadamias exceeded the limit of EU. Total AFs was found in 54 samples (89%), the mean of positives was 3.95 µg/kg and the overall mean was 3.59 µg/kg. Three (50%) out of 6 macadamias, which were heavily contaminated with AFB<sub>1</sub>, were beyond the limit of South African. Two (67%) out of 3 Brazil nuts were beyond the limit of South African. OTA was found in 7 cereals (11%), 6 oats and one wheat, the mean of positives was 0.32 µg/kg and the overall mean was 0.05 µg/kg. OTB was found in 17 samples (28%), the mean of positives was 1.45 µg/kg and the overall mean was 0.14 µg/kg. Nuts were not contaminated with OTA and OTB. Any samples were not exceeded the limit of EU.

The samples beyond the regulation value were only two Brazil nuts and six macadamias, total 8 (13%) out of 61 samples. These results were indicated that the AFs and OTs contamination of the South African commercial food was not so terrible except some nuts, Brazil nuts and macadamias.

### 緒 言

アフラトキシン (Aflatoxin, AF) 類 (図 1) は, *Aspergillus flavus* や *A. parasiticus* などのカビが生産する強力な肝発がん性物質であり, アフラトキシン B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), アフラトキシン B<sub>2</sub> (AFB<sub>2</sub>), アフラトキシン G<sub>1</sub> (AFG<sub>1</sub>) とアフラトキシン G<sub>2</sub> (AFG<sub>2</sub>) などが

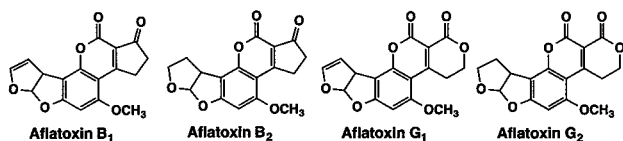


図1 アフラトキシン類の構造式

ナッツ類, 香辛料, トウモロコシを初めとする様々な食品を汚染している<sup>(1)</sup>. AFB<sub>1</sub>とその混合物は, 国際がん研究機関 (International Agency for Research on Cancer, IARC) により, グループ1 (ヒトに対する発がん性がある物質) に分類されており<sup>(2)</sup>, 南アフリカや日本を含め世界各国や国際機関において基準値が設定されている (表1) 最も重要なマイコトキシン (カビ毒) である.

オクラトキシン A (ochratoxin, OTA, 図 2) は, *A. ochraceus*, *A. carbonarius*, *Penicillium verrucosum*などが生産するマイコトキシンで主に腎臓障害などの毒性を有している. OTAは, 麦類, トウモロコシやこれらの加工品, ワイン, ビール, コーヒー, 乾燥果実, 肉類など広範囲な食品を汚染している<sup>(3)</sup>. OTAは, IARCにより,

表1 アフラトキシン類とオクラトキシンAの基準値 (抜粋)

国/国際機関	アフラトキシン類 (µg/kg)		対象食品
	AFB <sub>1</sub>	総アフラトキシン* <sup>1</sup>	
Codex委員会	-	10	直接消費乾燥イチジク, 木の实* <sup>2</sup>
アメリカ	-	20	全ての食品
EU	8	10	直接消費アーモンド, ピスタチオ, アプリコット
	5	10	直接消費ヘーゼルナッツ, ブラジルナッツ, ドライフルーツ, 香辛料
日本	2	4	穀類及びその加工品, 直接消費上記外の木の实
	-	10	全ての食品
南アフリカ	5	10	全ての食品
国/国際機関	オクラトキシンA (µg/kg)		対象食品
Codex委員会	5		
EU	5		未加工穀類
	3		穀類加工品
	10		干しぶどう, インスタントコーヒー
日本	5		焙煎コーヒー豆
	未設定		
南アフリカ	未設定		

\* 1 ; AFB<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>とAFG<sub>2</sub>の合計量

\* 2 ; アーモンド, ヘーゼルナッツ, ピスタチオ, ブラジルナッツ

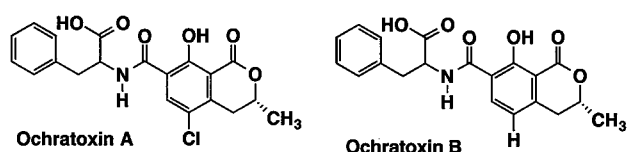


図2 オクラトキシンAとBの構造式

## 方 法

### 試験試料

2016年12月に, 南アフリカ東部クワズール・ナタール州で市販されていたナッツ類 (7種類34検体), 穀物 (5種類, 23検体) と豆類 (2種類, 4検体) の合計61検体。検体は全て粉碎し, その粉碎試料は, 分析まで-18℃で保存した。

### 試薬類

AF類標準品は, アフラトキシン混合標準液 (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> 各25 µg/mlアセトニトリル溶液, 和光純薬) を適宜希釈して用いた。OTAとOTB標準液は, 10 µg/mlアセトニトリル溶液 (Sigma-Aldrich) を適宜希釈して用いた。HPLC移動相には, HPLC用メタノールとアセトニトリル (和光純薬) を用いた。他の試薬は和光純薬の特級試薬を用いた。

### アフラトキシン類の分析

Kikuchiらの方法<sup>(6)</sup>に準拠して行った。すなわち, 粉碎試料10 gに2 gのNaClと50 mLのメタノール:水 (7:3, v/v) 加え, 30分間振とう抽出を行った。ろ過 (Advantec No. 5 C) 後, 蒸留水で3倍希釈し, ガラス繊維 (Advantec GA-55) でろ過した。このろ液10 mLをAFS. 6抗体 (抗AFモノクローナル抗体) 結合ゲルを0.3 mL詰めたIAC負荷した。カラムはダルベッコリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 5 mLで洗浄後, さらに5 mLの蒸留水で洗浄した。AF類は, 2 mLのメタノールで溶出した。溶出液は2 mLの蒸留水で希釈後, 10 µLを注入し

グループ2B (ヒトに対して発がん性がある可能性がある物質) に分類されている<sup>(2)</sup>。OTAの基準値は, 南アフリカや日本では設定されていないが, EUやコーデック委員会では設定されている (表1)。また, オクラトキシンB (OTB, 図2) は, OTAより弱いながらOTBと同様な毒性を有しており<sup>(4)</sup>, ワインなどから高頻度に検出されている<sup>(5)</sup>。

南アフリカは温帯に属し, 他のアフリカ諸国と比較して気温が低いので, マイコトキシン汚染の激しい地域ではないと考えられている。しかし, インド洋に面している東部は, 暖流のモザンビーク海流が流れているために冬でも平均最高気温が22℃以上の地域もあり, 年間を通してカビが繁殖可能な地域である。そこで, あまり報告されていない南アフリカのAF類とOT類の汚染状況を明らかにすることを目的として, 南アフリカ東部のクワズール・ナタール州で市販されていた食品61検体を収集し, イムノアフィニティーカラム (IAC)-HPLC法でAF類<sup>(6)</sup>とOTAとOTB<sup>(7)</sup>の汚染調査を行ない, これらのリスク評価を行った。

HPLC分析を行った。HPLCはいずれも（株）島津製作所のシステムコントローラー（SCL-10A<sub>vp</sub>）、送液ユニット（LC-20AD）、オートインジェクター（SIL-20A<sub>HT</sub>）、カラムオープン（CTO-10A）、蛍光検出器（RF-20A<sub>xs</sub>）とカラム（Shim-pack XR-ODS, 3.0 mm×100 mm）を用い、移動相には、水：アセトニトリル：メタノール（60:30:10, v/v/v）を使用し、流速は0.5 mL/min、カラム温度は50℃、波長は365 nm（励起）、465 nm（蛍光）で行った。

#### オクラトキシンAの分析

粉碎試料10 gに2 gのNaClと50 mLのメタノール：1%炭酸水素ナトリウム水溶液（7:3, v/v）を加え、30分間振とう抽出を行った。ろ過（Advantec No. 5 C）後、蒸留水で3倍希釈し、ガラス繊維（Advantec GA-55）でろ過した。以下の操作は、川村らの方法<sup>(7)</sup>と同様に行った。すなわち、このろ液10 mLをOTB-2抗体（抗OTAモノクローナル抗体）結合ゲルを0.3 mL詰めたIAC負荷した。カラムは10 mLのPBSで洗浄後、OTAは、3 mLのメタノールで溶出した。溶出液は減圧乾固、10 µLを注入しHPLCで分析した。HPLCはアフラトキシン類の分析

と同じものを使用し、移動相には、アセトニトリル：水：酢酸（40:58:2, v/v/v）を使用し、流速は0.5 mL/min、カラム温度は50℃、波長は335 nm（励起）、465 nm（蛍光）で行った。

#### 添加回収実験

粉碎試料にAF類とOTAが0.5から2.7 µg/kgになるようにAFまたはOTA標準液を添加し、上記の方法で抽出、IACでのクリーンアップ後、HPLCで定量した。

### 結果および考察

#### 添加回収実験

AF類の添加回収の結果を表2に、OTAとOTBの添加回収の結果を表3にそれぞれ示した。AF類の場合、7種類のナッツの平均回収率は82.1~106.3%、SDは0.0~6.7%、5種類の穀物の平均回収率は80.2~104.5%、SDは0.2~9.2%、2種類の豆類の平均回収率は82.0~106.0%、SDは0.2~1.7%であり、概ね良好であった（表2）。また、OTAとOTBの場合、7種類の

表2 アフラトキシン類の添加回収の結果

区分	試料	AF類添加量 (µg/kg)	試験数	平均回収率 ± SD (%)			
				AFB <sub>1</sub>	AFB <sub>2</sub>	AFG <sub>1</sub>	AFG <sub>2</sub>
	Almonds	0.5	3	84.8 ± 2.2	85.0 ± 2.0	89.0 ± 2.6	91.3 ± 1.3
		2.5	6	93.7 ± 3.0	98.2 ± 2.9	85.4 ± 4.2	95.8 ± 2.0
	Brazil nut	0.5	3	86.4 ± 1.0	85.8 ± 0.7	90.6 ± 0.3	90.6 ± 0.7
		2.5	3	104.5 ± 3.6	106.3 ± 2.4	92.7 ± 6.7	104.2 ± 6.3
	Cashews	0.5	3	86.4 ± 1.0	85.8 ± 0.7	90.6 ± 0.2	90.6 ± 0.7
		2.5	3	97.9 ± 4.4	100.8 ± 2.0	86.1 ± 4.8	98.5 ± 2.1
ナッツ	Hazelnut	0.5	3	84.4 ± 0.9	83.6 ± 1.0	85.2 ± 2.6	85.1 ± 0.5
		2.5	3	92.1 ± 0.0	98.3 ± 0.0	96.0 ± 0.0	99.6 ± 0.0
	Macadamia	0.5	3	84.1 ± 0.4	84.0 ± 0.7	90.0 ± 0.8	90.0 ± 0.8
		2.5	3	105.7 ± 6.9	103.4 ± 2.1	83.8 ± 0.1	95.8 ± 0.0
	Pecan	0.5	3	86.4 ± 1.0	85.8 ± 0.7	90.6 ± 0.2	90.6 ± 0.7
		2.5	3	97.9 ± 4.4	100.8 ± 2.0	86.1 ± 4.8	98.5 ± 2.1
	Pistachios	0.5	3	85.1 ± 5.8	85.6 ± 5.0	90.1 ± 4.8	91.6 ± 5.5
		2.5	3	102.4 ± 1.6	104.2 ± 2.9	85.8 ± 4.6	99.1 ± 1.8
	Barley	0.5	3	92.3 ± 3.3	84.4 ± 1.2	88.5 ± 1.1	89.8 ± 0.9
		2.5	3	96.7 ± 3.0	99.8 ± 1.3	89.9 ± 2.0	98.6 ± 0.5
	Maize	0.5	3	84.0 ± 1.1	84.4 ± 0.5	90.0 ± 1.2	90.7 ± 0.6
		2.5	5	101.6 ± 2.8	104.3 ± 1.9	102.8 ± 5.8	104.5 ± 1.9
穀物	Oat	0.5	3	83.8 ± 0.6	84.2 ± 0.9	86.7 ± 1.8	88.9 ± 0.9
		2.5	7	102.5 ± 2.5	104.2 ± 1.5	93.0 ± 9.3	100.4 ± 1.9
	Sorghum	0.5	3	83.9 ± 0.2	84.0 ± 0.5	87.8 ± 1.1	89.5 ± 0.3
		2.5	3	93.9 ± 1.2	96.9 ± 9.2	82.4 ± 7.1	100.4 ± 1.9
	Wheat	0.5	3	82.7 ± 0.0	83.5 ± 6.5	80.2 ± 0.7	87.8 ± 2.5
		2.5	3	101.9 ± 5.2	101.9 ± 1.4	93.7 ± 2.0	100.6 ± 1.2
豆類	Red bean	0.5	3	82.0 ± 0.4	82.9 ± 0.7	86.5 ± 1.7	88.7 ± 0.9
		2.5	3	98.0 ± 0.6	100.6 ± 0.6	86.0 ± 0.7	97.8 ± 0.4
	Cowpea	0.5	3	83.5 ± 0.0	83.3 ± 0.7	87.1 ± 0.6	89.7 ± 0.3
		2.5	3	98.0 ± 0.6	100.6 ± 0.6	86.0 ± 0.7	97.8 ± 0.4

表3 オクラトキシンAとBの添加回収の結果

区分	試料	OTAとBの添加量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	試験数	平均回収率 $\pm$ SD (%)	
				OTA	OTB
	Almonds	0.5	3	90.4 $\pm$ 3.3	94.8 $\pm$ 2.2
		1.1	6	94.2 $\pm$ 2.0	87.0 $\pm$ 1.9
	Brazil nuts	0.5	3	92.2 $\pm$ 2.2	98.4 $\pm$ 0.6
		1.1	3	103.3 $\pm$ 5.3	94.4 $\pm$ 3.8
	Cashews	0.5	3	90.0 $\pm$ 1.2	94.4 $\pm$ 1.2
		1.1	6	96.0 $\pm$ 3.4	104.1 $\pm$ 2.6
ナッツ	Hazelnut	0.5	3	89.9 $\pm$ 1.0	92.2 $\pm$ 0.9
		1.1	3	90.2 $\pm$ 0.0	102.2 $\pm$ 0.0
	Macadamia	0.5	3	89.9 $\pm$ 1.0	92.2 $\pm$ 0.9
		2.7	3	92.0 $\pm$ 1.0	85.0 $\pm$ 0.8
	Pecan	0.5	3	89.0 $\pm$ 4.2	82.0 $\pm$ 3.3
		2.7	3	90.0 $\pm$ 0.8	83.0 $\pm$ 0.2
	Pistachios	0.5	3	94.1 $\pm$ 0.2	96.2 $\pm$ 1.9
		2.7	3	93.0 $\pm$ 3.5	86.0 $\pm$ 2.5
	Barley	0.5	3	90.1 $\pm$ 1.8	85.2 $\pm$ 4.2
		2.7	3	87.0 $\pm$ 1.9	83.4 $\pm$ 7.6
	Maize	0.5	3	96.3 $\pm$ 0.0	102.1 $\pm$ 1.2
		2.7	3	94.0 $\pm$ 0.0	86.0 $\pm$ 0.0
穀物	Oat	0.5	3	99.1 $\pm$ 1.1	92.2 $\pm$ 1.9
		2.7	5	93.0 $\pm$ 5.9	86.0 $\pm$ 5.8
	Sorghum	0.5	3	94.2 $\pm$ 2.1	98.2 $\pm$ 1.4
		2.7	3	102.4 $\pm$ 1.6	86.0 $\pm$ 4.6
	Wheat	0.5	3	91.8 $\pm$ 1.5	97.9 $\pm$ 1.7
		2.7	3	96.0 $\pm$ 2.5	88.0 $\pm$ 2.5
豆類	Red bean	0.5	3	99.7 $\pm$ 2.1	90.9 $\pm$ 1.2
		2.7	3	93.0 $\pm$ 2.3	86.4 $\pm$ 4.1
	Cowpea	0.5	3	89.7 $\pm$ 0.2	98.8 $\pm$ 2.2
		2.7	3	90.1 $\pm$ 2.3	83.0 $\pm$ 2.0

ナッツの平均回収率は82.0~104.1%, SDは0.0~5.3%, 5種類の穀物の平均回収率は83.4~102.4%, SDは0.0~5.9%, 2種類の豆類の平均回収率は83.0~99.7%, SDは0.2~4.1%であり, 概ね良好であった(表3)。上記の結果から, 本法の妥当性を確認した。

#### 南アフリカ市販食品のAF類の汚染調査

AF類の汚染調査結果をまとめ, 表4に示した。AFB<sub>1</sub>汚染に関しては, 全61検体中12検体(20%)から陽性検体平均で9.28  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 定量限界値以下の検体を定量限界値の1/2として算出した全検体平均で1.69  $\mu\text{g}/\text{kg}$ を検出した。特にAFB<sub>1</sub>汚染がひどかったのが, マカダミアで7検体中6検体(86%)から3.20~44.56  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 陽性検体平均で16.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ のAFB<sub>1</sub>を検出した。これら6検体はすべてEUの基準値を超えており, うち5検体は南アフリカの基準値を超えており, 3検体は日本の規制値も超えていた(表5)。マカダミアは南アフリカが世界のトップ生産国で生産量と輸出量の30%を占めている<sup>(8)</sup>。マカダミアは南アフリカの主要な輸出農産物の1つであることから, 今後, AFB<sub>1</sub>汚染メカニズムを明確にして,

有効な対策を講じる必要がある。その他では, アーモンド, Red bean, ソルガムや小麦から基準値を下回るAFB<sub>1</sub>を検出した(表4)。

総AF汚染に関しては, 全61検体中54検体(89%)から陽性検体平均で3.95  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 全検体平均で3.59  $\mu\text{g}/\text{kg}$ を検出した。すなわち, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>とAFG<sub>2</sub>汚染は比較的高頻度であった。穀物や豆類の全検体平均は, それぞれ, 0.53と0.58  $\mu\text{g}/\text{kg}$ で南アフリカの基準値の約1/20程度であり, ほとんど問題とはならない。しかし, ナッツは, 全検体平均で5.93  $\mu\text{g}/\text{kg}$ で南アフリカの基準値の約60%であり, やや問題がある量が検出された。マカダミアの場合は, AFB<sub>1</sub>汚染がひどく6検体中3検体(50%)が南アフリカの総AFの基準値を超えていた。また, ブラジルナッツは, 3検体中2検体(67%)がAFB<sub>2</sub>またはAFG<sub>2</sub>に高濃度汚染されており, 南アフリカの総AFの基準値を超えていた(表5)。以上の結果から, 南アフリカ市販食品のAF類汚染に関しては, マカダミアのAFB<sub>1</sub>汚染とブラジルナッツの総AF汚染があるものの基準値を超えたのは61検体中8検体(13%)であり, 一部のナッツを除けば, それほどひどくないと考えられた。

表4 南アフリカ市販食品のアフラトキシン類の汚染調査結果

区分	検体	検体数	AFB <sub>1</sub> (µg/kg)				総AFs (µg/kg)			
			陽性数* <sup>1</sup>	陽性率(%)	平均±SD	最小-最大	陽性数* <sup>1</sup>	陽性率(%)	平均±SD	最小-最大
ナッツ	Almonds	7	1	14	3.37	3.37	7	100	0.74 ± 1.15	0.13 - 3.51
	Brazil nut	3	0	0	-	-	3	100	24.74 ± 10.2	9.85 - 35.72
	Cashews	7	0	0	-	-	7	100	0.22 ± 0.09	0.14 - 0.40
	Hazelnut	2	0	0	-	-	1	50	3.00	3.00
	Macadamia	7	6	86	16.01 ± 16.76	3.20 - 44.65	7	100	15.85 ± 17.94	0.23 - 51.52
	Pecan	5	0	0	-	-	5	100	0.90 ± 1.11	0.16 - 3.09
	Pistachio	3	0	0	-	-	0	0	-	-
	陽性検体	34	7	21	14.21 ± 14.84	3.20 - 44.65	30	88	6.87 ± 12.96	0.13 - 51.52
全検体平均* <sup>2</sup>				2.95 ± 8.84				5.93 ± 12.21		
穀物	Barley	3	0	0	-	-	1	33	0.53	0.53
	Maize	5	0	0	-	-	5	100	0.23 ± 0.14	0.07 - 0.48
	Oat	10	0	0	-	-	10	100	0.20 ± 0.06	0.12 - 0.32
	Sorghum	2	1	50	0.08	0.08	2	100	0.71 ± 0.58	0.13 - 1.29
	Wheat	3	2	67	0.50 ± 0.16	0.34 - 0.65	3	3	1.14 ± 1.09	0.34 - 2.68
	陽性検体	23	3	13	0.36 ± 0.23	0.08 - 0.65	20	87	0.37 ± 0.55	0.07 - 2.68
全検体平均* <sup>2</sup>				0.07 ± 0.14				0.53 ± 0.51		
豆類	Cowpea	2	0	0	-	-	0	0	-	-
	Red bean	2	1	50	1.52	1.52	1	50	1.52	1.52
	陽性検体	4	1	25	1.52		1	25	1.52	1.52
全検体平均* <sup>2</sup>				0.40 ± 0.75				0.58 ± 0.75		
全検体	陽性検体	61	12	20	9.28 ± 13.52	0.08 - 44.65	54	89	3.95 ± 10.12	0.03 - 51.52
	全検体平均* <sup>2</sup>				1.69 ± 6.75				3.59 ± 9.51	

\*<sup>1</sup>定量限界：0.05 µg AFB<sub>1</sub>/kg, 0.07 µg AFB<sub>2</sub>/kg, 0.25 µg AFG<sub>1</sub>/kg, 0.05 µg AFG<sub>2</sub>/kg\*<sup>2</sup>全検体平均は、定量限界値以下の検体は、定量限界値の1/2として算出した。

表5 アフラトキシン類の規制値を超えていた検体

検体	検体番号	アフラトキシン類 (µg/kg)				
		AFB <sub>1</sub>	AFB <sub>2</sub>	AFG <sub>1</sub>	AFG <sub>2</sub>	総AFs
Brazil nut	SABN1602	-	28.65	-	-	28.65
	SABN1603	-	-	-	35.72	35.72
Macadamia	SAMN1601	28.19	-	6.07	-	34.26
	SAMN1602 <sup>a</sup>	5.44	-	-	0.49	5.93
	SAMN1603	44.65	-	6.96	-	51.61
	SAMN1604 <sup>b</sup>	3.20	-	-	0.16	3.36
	SAMN1605	9.29	-	-	0.72	10.01
	SAMN1606 <sup>a</sup>	5.32	-	-	0.34	5.66

<sup>a</sup>；EUと南アフリカの規制値を超えていた検体<sup>b</sup>；EUの規制値のみを超えていた検体

## 南アフリカ市販食品のOTAとOTBの汚染調査

OTAとOTBの汚染調査結果をまとめ、表6に示した。OTA汚染に関しては、全61検体中7検体(11%)、エン麦6検体、小麦1検体)から陽性検体平均で0.32 µg/kg、全検体平均で0.05 µg/kgの微量のOTAを検出した。ナッツや豆類からは、検出されなかった。OTB汚染に関しては、全61検体中17検体(28%)から陽性検体平均で1.45 µg/kg、全検体平均で0.14 µg/kgのOTBを検出した。ナッツからは、検出されなかった。穀物の汚染頻度が高く、23検体中15検体(65%)でOTBを検出した。エン麦全てから0.62から3.40 µg/kgのOTBを検出し

た。エン麦のオクラトキシン汚染はしばしば報告<sup>(1)</sup>されているので他国の結果とほぼ同様であった。比較的汚染頻度の高かったOTAの穀物汚染は、陽性検体平均0.32 µg/kgで、EUの基準値の1/10程度であった。また、OTA最大汚染値は1.32 µg/kgであり、EUの基準値3 µg/kgを超えている検体はなかった。これらの結果から、南アフリカ市販食品は、微量なオクラトキシン汚染はあるものもほぼ問題のないと考えられた。

## 摘 要

あまりマイコトキシン汚染の報告ない南アフリカの市販食品61検体を収集し、イムノアフィニティーカラム-HPLC法でAF類とOTAとOTBの汚染調査を行った。AFB<sub>1</sub>は、61検体中12検体(20%)から陽性検体平均で9.28 µg/kg、全検体平均で1.69 µg/kgを検出した。特にAFB<sub>1</sub>汚染がひどかったのがマカダミアで、7検体中6検体(86%)から3.20~44.56 µg/kg、陽性検体平均で16.01 µg/kgのAFB<sub>1</sub>を検出した。これら6検体はすべてEUの基準値を超えていた。総AF汚染は、54検体(89%)から陽性検体平均で3.95 µg/kg、全検体平均で3.59 µg/kgを検出した。マカダミアの場合は、AFB<sub>1</sub>汚染がひどく6検体中3検体(50%)が南アフリカの総

表6 南アフリカ市販食品のオクラトキシンAとBの汚染調査結果

区分	検体	検体数	OTA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )				OTB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			
			陽性数* <sup>1</sup>	陽性率(%)	平均 $\pm$ SD	最小-最大	陽性数* <sup>1</sup>	陽性率(%)	平均 $\pm$ SD	最小-最大
ナッツ	Almonds	7	0	0	-	-	0	0	-	-
	Brazil nut	3	0	0	-	-	0	0	-	-
	Cashews	7	0	0	-	-	0	0	-	-
	Hazelnut	2	0	0	-	-	0	0	-	-
	Macadamia	7	0	0	-	-	0	0	-	-
	Pecan	5	0	0	-	-	0	0	-	-
	Pistachio	3	0	0	-	-	0	0	-	-
	陽性検体	34	0	0	-	-	0	0	-	-
全検体平均* <sup>2</sup>				0.02				0.01		
穀物	Barley	3	0	0	-	-	2	67	0.20 $\pm$ 0.02	0.18 - 0.21
	Maize	5	0	0	-	-	0	0	-	-
	Oat	10	6	60	0.36 $\pm$ 0.43	0.08 - 1.32	10	100	1.94 $\pm$ 0.90	0.62 - 3.40
	Sorghum	2	0	0	-	-	1	50	0.51	0.51
	Wheat	3	1	33	0.10	0.10	2	67	0.28 $\pm$ 0.06	0.22 - 0.34
	陽性検体	23	7	30	0.32 $\pm$ 0.41	0.08 - 1.32	15	65	1.39 $\pm$ 1.07	0.18 - 3.40
	全検体平均* <sup>2</sup>				0.11 $\pm$ 0.27				0.91 $\pm$ 1.09	
豆類	Cowpea	2	0	0	-	-	1	50	3.81	3.81
	Red bean	2	0	0	-	-	1	50	0.02	0.02
	陽性検体	4	0	0	-	-	2	50	1.92 $\pm$ 2.68	0.02 - 3.81
	全検体平均* <sup>2</sup>				0.02				0.96 $\pm$ 1.90	
全検体	陽性検体	61	7	11	0.32 $\pm$ 0.45	0.08 - 1.32	17	28	1.45 $\pm$ 1.25	0.02 - 3.81
	全検体平均* <sup>2</sup>				0.05 $\pm$ 0.17				0.41 $\pm$ 0.92	

\*<sup>1</sup>定量限界；0.04  $\mu\text{g}$  OTA/kg, 0.02  $\mu\text{g}$  OTB/kg

\*<sup>2</sup>全検体平均は、定量限界値以下の検体は、定量限界値の1/2として算出した。

AFの基準値を超えていた。また、ブラジルナッツは、3検体中2検体(67%)が南アフリカの総AFの基準値を超えていた。以上の結果から、南アフリカ市販食品のAF類汚染に関しては、マカダミアのAFB<sub>1</sub>汚染とブラジルナッツの総AF汚染があるものの基準値を超えたのは8検体(13%)であり、一部のナッツを除けば、それほどひどくなかった。

OTAは、61検体中7検体(11%、エン麦6検体、小麦1検体)から陽性検体平均で0.32  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、全検体平均で

0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}$ の微量のOTAを検出した。ナッツや豆類からは検出されなかった。OTBは、17検体(28%)から陽性検体平均で1.45  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、全検体平均で0.14  $\mu\text{g}/\text{kg}$ のOTBを検出した。ナッツからは検出されなかった。穀物のOTAは、陽性検体平均0.32  $\mu\text{g}/\text{kg}$ で、EUの基準値の1/10程度であった。また、EUの基準値を超えている検体はなかった。これらの結果から、南アフリカ市販食品は、微量なオクラトキシン汚染はあるものもほぼ問題のないと考えられた。

## 引用文献

- (1) Achaglinkame, M. A., Opoku, N., Amagloh, F.: Aflatoxin contamination in cereals and legumes to reconsider usage as complementary food ingredients for Ghanaian infants: A review. *J. Nutrition & Intermediary Metabolism*, 10, 1-7, (2017)
- (2) IARC: Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 56, 1-599 (1993).
- (3) Bui-Klimke, T. R., Wu, F.: Ochratoxin A and human health risk: a review of the evidence. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 55, 1860-9 (2015).
- (4) Mallya, A., Keim-Heuslera, H., Ambergb, A., Kurzc, M., Zepnika, H., Peter Mantled, Vflkela, W., Harde, G. C., Dekanta, G. C.: Biotransformation and nephrotoxicity of ochratoxin B in rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 206, 43-53 (2005).
- (5) Di Stefano, V., Avellone, G., Pitonzo, R., Capocchiano, V. G., Mazza, A., Cicero, N., Dugo, G.: Natural co-occurrence of ochratoxin A, ochratoxin B and aflatoxins in Sicilian red wines. *Food Addit Contam Part A*, 32, 1343-1351 (2015).

- (6) Kikuchi, B. A., Hashimoto, E. H., Hirooka, E. Y., 川村 理：ブラジルのトウモロコシ及び鶏用飼料のアフラトキシン汚染調査とそのリスク評価, 香川大学農学部学術報告 68, 25-31 (2016).
- (7) 川村 理, 鈴木 祐介, 佐々木 絢子:イムノアフィニティークラム-HPLC法による国内市販コーヒー製品のオクラトキシンAとBの汚染調査, 香川大学農学部学術報告, 67, 47-53 (2015).
- (8) International Nut & Dried Fruit: NUTS & DRIED FRUITS GLOBAL STATISTICAL REVIEW 2015/2016, 30-33 (2017)  
<http://www.nutfruit.org/files/tech/Global-Statistical-Review-2015-2016.pdf> (2017年10月31日確認)