

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450178

研究課題名(和文) 腎毒性カビ毒オクラトキシンAの麺類製造・調理中の挙動に関する研究

研究課題名(英文) Study on behavior during noodles production and cooking of nephrotoxic
mycotoxin, ochratoxin A

研究代表者

川村 理 (Kawamura, Osamu)

香川大学・農学部・教授

研究者番号：30204770

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：オクラトキシンA (OTA)は、腎毒性カビ毒で小麦類を汚染している。小麦類の約53%は麺類に加工されているので、麺類の製造・調理中のOTAの挙動を明確にすること目的とし実験を行った。讃岐うどん、ラーメン、とそばを製麺し、調理中のOTAの挙動を調べた。その結果、最適ゆで時間でいずれの麺でもゆで汁中に22～27%のOTAが溶出し、約73～78%のOTAが麺中に残存することを明らかにした。また、市販麺類を分析した結果、即席麺27検体中19検体(70%)からOTA(平均0.106 ppb)を検出したが、最高濃度でも0.469 ppbで、EUの規制値(3 ppb)の1/6以下であった。

研究成果の概要(英文)：Wheat was frequently contaminated with ochratoxin A (OTA), nephrotoxic mycotoxin. Because about 53% of wheat was processed into noodles in Japan, we intended to clarify the behavior of OTA during production and cooking of noodles.

Sanuki udon, ramen and soba noodles were produced and cooked, and OTA in noodles and water after boiling was analyzed. As the results, either noodle in the most suitable boiling time, 22-27% of OTA eluted to the boiling water and 73-78% of OTA remained in noodles.

We analyzed commercial noodles. As the results, from 19 (70%) out of 27 instant noodles were contaminated with OTA in an average of 0.106 ppb. The highest contaminated instant noodle (0.469 ppb) was less than 1/6 of the regulatory limits of EU (3 ppb).

研究分野：食品衛生学

キーワード：オクラトキシン A 麺類 マイコトキシン

1. 研究開始当初の背景

(1) オクラトキシン A (OTA) は、*Penicillium* 属や *Aspergillus* 属の約 20 種類のカビが産生するマイコトキシン(カビ毒)である。腎臓に集積性があり、鉄イオンと反応し活性酸素を発生させ、腎障害や腎臓がん性が指摘されている。1)生産菌の分布が熱帯から亜寒帯地方に広く分布していること、2)熱に対する安定性が高いこと、3)血中のタンパク質に結合し長期間ヒトや家畜の体内に残留することから、米、麦類などの穀物のみならず、加工品であるパスタや菓子類、コーヒー、ワイン、乾燥果実、チョコレートやソーセージなど多様な食品を汚染しており、ヨーロッパ諸国では麦類やワインの汚染が問題となっている。日本では設定されていないが、2008 年にコーデックス委員会は、小麦、大麦とライ麦に最大基準値 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ を設定した。また、EU では、パスタ・パンなど穀物類加工品に 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、ワイン・ブドウジュース：2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、干しぶどう：10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、乳児向け食品に 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以下の規制値を設定している。

(2)日本での OTA 汚染に関しては、1)ヒト血清汚染；申請者らは、日本で 4 年間述べ 185 名の血清中の OTA 汚染を調査した結果、低濃度(平均 68 pg/mL 、最大 278 pg/mL)ながら 85%という高頻度での日本人の OTA 汚染があることを明らかにし (Y. Ueno, O. Kawamura *et. al.*, *Food and Chemical Toxicology* 36, 445-449, 1998)、日本でも広範囲に OTA 汚染があることを初めて報告した。2)食品汚染；申請者らの報告などを受け、厚生労働省は平成 19 年までに 23 種、計 970 試料の調査を行った結果、EU の規制値を超えていた検体は 2 検体しかなく「すぐに健康被害が懸念される状況ではない」としている。しかし、平成 19 年の汚染調査と申請者が独自に行った汚染調査の結果を合わ

せ、OTA の摂取源と推定される食品は、小麦類が約 69%、コーヒーが 21%と推定されている。

日本での日本では、小麦はパン(46%)と麺類(52%)に加工後、摂取されている。麺類の小麦はうどん・そうめん類で 48%、ラーメンで 42%とそばのつなぎで 10%が消費されている。ラーメン場合はかん水(アルカリ性)を使用する、即席麺では油で揚げる、また、麺類は熱水中で茹でるので、食品へ加工・調理する工程で、アルカリ分解、加熱分解、熱水中への移行などで減衰する可能性がある。しかし、小麦消費の約半数を占める麺類の調理・調理工程での OTA の減衰に関する情報はほとんどなく、OTA の小麦汚染は明らかであるが、麺類からの OTA 摂取量は明確ではない。

2. 研究の目的

そこで、OTA を培養した高濃度汚染小麦を非汚染小麦で希釈し調製した人工汚染小麦粉を原料とし、麺類加工工程での OTA 減衰を調査する。すなわち、人工汚染小麦粉でうどん、ラーメン、そばに加工・調理し、これらの麺の製麺前後、油揚げ前後、ゆで時間毎の OTA 濃度を測定することによって、OTA の麺類加工・調理工程中の挙動を明確にすることを目的とする。また、市販麺類中の OTA 汚染調査も合わせて実施した。

OTA は初めとするカビ毒は、製粉工程(原麦 精白小麦粉)で約 50%程度減衰することはいくつかの研究報告があり、周知のことである。しかし、小麦粉から製麺加工・調理後の減衰に関する報告はかなり限定的であり明確ではない。また、実際の摂取量、すなわち、加工・調理での減衰を加味して規制値の設定を行うので、これらの知見を得ることは学術的に重要である。

3. 研究の方法

(1)大量のOTA自然汚染小麦粉の入手は困難なため、OTA生産菌を培養した原麦を作製し、これを非汚染小麦粉で段階的に希釈し、人工汚染小麦粉を調整した。

(2)この人工汚染小麦粉で、うどん、ラーメン、そば麵を製麵し、調理を行った。これらの製麵前後、油揚げ前後(即席麵の場合)、ゆで時間毎のOTA濃度を各工程でサンプリングを行い、麵中OTAをイムノアフィニティーカラム-HPLC(IAC-HPLC)法(川村理：香川大学農学部学術報告、57、35-41、2005)で測定し、OTAの減衰の有無とその割合を測定した。

うどんはOTA汚染中力小麦粉150gに食塩水(塩8.25g、水66g)を加え、讃岐うどん(麵の太さ(並切麵3mm×4mmと細麵直径2mm))を製麵した。サンプリングは製麵後、3、6、9及び12分間ゆで後に行った。

ラーメンは汚染小麦粉に水、食塩、かんすい(炭酸カリウム：炭酸ナトリウム：ポリリン酸ナトリウム：ピロリン酸ナトリウム=72：18：2：1)を加え、製麵した。また、即席麵は、幅1mm厚さ0.8mmの麵を作製した。次に160で2分間、油で揚げるフライ麵と80で30分間、熱風乾燥するノンフライ麵を製造し、両者の麵中のOTA濃度を比較した。

汚染小麦粉とそば粉を7:3で混合した7割そば作製した。それぞれの麵をゆで、麵中と茹で汁中のOTAの濃度を測定した。

(3)また、市販のうどん・そうめん類(43検体)、ラーメン(生麵26検体・即席麵(国内27検体、タイ28検体、中国29検体))とパスタ類14検体を収集し、IAC-HPLC法で分析し、汚染実態調査を行った。

4. 研究成果

(1) 麵類の製麵と調理中のOTAの挙動；

うどんでの挙動；並切麵の場合、製麵後

を100%とした時、うどんとゆで汁中のOTAの割合は、それぞれ、ゆで時間3分で89.3%と12.8%、6分で80.3%と18.5%、9分で77.7%と22.4%、12分で77.1%と27.1%であった。細麵の場合は、うどんとゆで汁中のOTAの割合は、それぞれ、ゆで時間3分で78.9%と16.1%、6分で71.4%と22.8%、9分で71.4%と25.5%、12分で62.4%と36.4%であった。この結果から、並切麵、細麵ともに最適ゆで時間(並切麵7~9分、細麵3分)では、約20%のOTAが減少することが分かった。

ラーメンでの挙動；アルカリであるかん水を加えた場合と加えない場合の製麵前後での優位なOTAの減少は認められなかった。また、最適ゆで時間である2分のとき、約27%のOTAがゆで汁中に溶け出すことが分かった。また、即席麵では、乾燥工程中のOTAの減少はほとんど無く、フライ麵中とノンフライ麵のOTA濃度にも有意差はなかった。

7割そばでの挙動；最適ゆで時間である2分茹でたとき21.0%のOTAがゆで汁中に溶け出し、その倍の4分茹でたとき29.8%のOTAがゆで汁中に溶け出した。以上の結果から、いずれの麵においても製麵中でのOTAの減少は認められなかった。また、最適ゆで時間で約20~27%のOTAがゆで汁に溶け出すことを初めて明らかにした。

(2) 市販麵類のOTA汚染調査；

香川県内で市販されていたうどん、ひやむぎ及びそうめん43検体分析した結果、10検体(23%)から微量のOTA(平均0.052µg/kg、0.018~0.089µg/kg)が検出された。最大汚染のうどんを毎日2玉(220g)食べた場合、OTAの摂取量は19.6ngであり、体重50kgの場合TDIの2.4%しかすぎず、健康上ほとんど問題ないと考えられた。

ラーメンでは、生麵類26検体では、19検体(73%)でOTA(平均0.122µg/kg、最小

0.068～最大 0.337 $\mu\text{g}/\text{kg}$)が検出された。国内市販即席麺では、27 検体中 19 検体(70%)で OTA(平均 0.147 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、最小 0.091～最大 0.469 $\mu\text{g}/\text{kg}$)が検出され、タイ市販即席麺では、28 検体中 16 検体(57%)で OTA(平均 0.163 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、最小 0.104～最大 0.288 $\mu\text{g}/\text{kg}$)が検出され、中国市販即席麺では、29 検体中 7 検体(24%)で OTA(平均 0.132 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、最小 0.0025～最大 0.207 $\mu\text{g}/\text{kg}$)が検出された。日本国内市販の即席麺が汚染頻度、平均汚染濃度が最も高かった。これらの国の市販即席麺のOTA汚染を始めて明らかにした。

しかし、最も汚染濃度の高かった国内市販即席麺を1日2袋食べた場合のOTAの摂取量は93.8 ngであり、体重50 kgのヒトのOTAのTDI(耐容1日摂取量)15 ng/ヒト/dayの12.5%に過ぎず、健康上ほとんど問題ないと考えられた。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

光元結花、川村 理：讃岐うどん調理中のオクラトキシン A の挙動と市販讃岐うどん・そうめん中のオクラトキシン A の汚染調査、香川大学農学部学術報告 69 , 27-30 (2017). 査読無

川村 理、光元結花：哺乳類細胞用恒温振とう培養機 CO₂ インキュベーションシェーカー CO2-BR-43FL を用いた抗体産生ハイブリドーマの大量培養法、香川大学農学部学術報告 68 , 33-35 (2016) 査読無

[学会発表](計1件)

Kawamura, O., Fang, X. Y., and Nagasawa, M. Occurrence of ochratoxin A in Japanese, Thai, and Chinese instant noodles (ramen), マイコトキシコロジー国際シンポジウム 2016, 2016年11月30日-12月2日, 東京大学弥生講堂

6 . 研究組織

(1)研究代表者

川村 理 (KAWAMURA, Osamu)

香川大学・農学部・教授

研究者番号：30204770

(4)研究協力者

光元結花 (MISTUMOTO, Yuka)

長澤 舞 (NAGASAW, Mai)

方 夏燕 (Fang Xia Yan)

堀田 あすか (HOTTA, Asuka)