

2009~2011 における米国産 DDGS 中のマイコトキシン濃度調査  
Survey of Mycotoxins in U.S. Distiller's Dried Grains with Solubles from 2009 to 2011

Yanhong Zhang\* and John Caupert

Journal of Agricultural and Food Chemistry, Jan 18;60 (2): 539-543

DDGS は燃料用エタノール製造産業における重要な併産物 (co-product) で、安価な家畜用飼料原料として利用されている。一方で、マイコトキシンのようなリスク因子の存在が配合量の制限因子になっている。このため、2009 年から 2011 年まで米国・中西部のエタノール工場 8 事業所で製造された DDGS 67 サンプルについて 5 種類のマイコトキシン濃度を調査した。

分析に用いた DDGS は、工場毎に 2009 年 8 月から 2011 年 1 月までの間、1 か月間隔で採取してアフラトキシン (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> および G<sub>2</sub>)、デオキシニバレノール (DON)、フモニシン (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> および B<sub>3</sub>)、T-2 トキシンおよびゼアラレノン濃度を調査した。さらに、2010 年 8 月後半の連続する 14 日間に 2 工場から、原料のトウモロコシと DDGS を採取してそれぞれの DON 濃度を分析した。

分析は、アフラトキシン、DON およびゼアラレノンでは高速液体クロマトグラフィ (HPLC)、T-2 トキシンでは薄層クロマトグラフィ (TLC) を用いて行い、定量下限は各アフラトキシンが 1 μg/kg、DON、各フモニシンおよび T-2 トキシンが 0.1 mg/kg、ゼアラレノンが 0.05mg/kg であった。

その結果は、以下のとおりであった。

(1) アフラトキシン

2009 年 8 月および 10 月採取分では 8 工場中 5 工場のサンプルで、2009 年 12 月、2010 年 1 月および 2010 年 5 月採取分では 8 工場中 1 工場、2011 年 1 月採取分では 8 工場中 5 工場のサンプルからアフラトキシン B<sub>1</sub> が検出されたが、その他のサンプルからはアフラトキシン B<sub>1</sub> は検出されなかった。なお、すべてのサンプルからアフラトキシン B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> および G<sub>2</sub> は検出されなかつ

た。なお、これらの傾向は著者らが実施した 2006 年から 2008 年の調査結果とほぼ同様であった。

(2) フモニシン

ほとんどのサンプルからフモニシンが検出されたが、FDA および EC における馬およびウサギ用飼料のガイダンスレベル (5 mg/kg) を超えていたサンプルは全体の 6 %以下で、2006~2008 年の調査結果 (約 12 %) より低かった。

(3) T-2 トキシン

いずれのサンプルからも T-2 トキシンは検出されなかった。この結果は、2006~2009 年の調査結果と同様であった。

(4) ゼアラレノン

ほとんどのサンプルからゼアラレノンが 100~300 μg/kg の範囲で検出された。この結果は、2006~2009 年の調査結果 (100 μg/kg 以下) より高い傾向を示した。なお、ゼアラレノン濃度と DON 濃度の間の相関はそれほど強くなかった (R<sup>2</sup>=0.2643)。

(5) DON

すべてのサンプルから 0.3~12.3 mg/kg 検出された。このうち、1 工場から採取した 5 サンプル、他の 1 工場から採取した 3 サンプルでは FDA による家畜用飼料中のガイダンスレベル (5 mg/kg) を超えており、2006~2008 年の調査結果 (1 mg/kg 前後) より高い傾向を示した。

また、1 工場から採取した原料トウモロコシの DON 濃度の平均は 2.2 mg/kg、変動係数 (CV) は 19 %、DDGS の DON 濃度は平均 7.9 mg/kg (CV 19 %)、他の 1 工場から採取した原料トウモロコシの DON 濃度は平均 1.3 mg/kg (CV 25 %)、DDGS の DON 濃度は平均 4.4 mg/kg (CV

14 %) で、原料となるトウモロコシに含まれる DON は DDGS 中で約 3.5 倍に濃縮された。

表 1 DDGS 中のアフラトキシン B<sub>1</sub>, DON, フモニシン (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> および B<sub>3</sub> の合計値) およびゼアラレノン濃度

| 採取月  | 工場   |     |     |     |     |     |     |     |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| アフラトキシン B <sub>1</sub> (μg/kg, 定量下限 ; 1 μg/kg, B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> および G <sub>2</sub> は検出せず) |      |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009/08  | nd   | 1.2 | 1   | 1.3 | 2   | nd  | 1.4 | Nd  |
| 2009/10  | nd   | 1.2 | 1.1 | 1.4 | 1.3 | nd  | 1   | nd  |
| 2009/12  | nd   | nd  | nd  | nd  | 1.3 | nd  | nd  | nd  |
| 2010/01  | nd   | nd  | nd  | SN  | 1.5 | nd  | nd  | nd  |
| 2010/03  | nd   | nd  | nd  | nd  | SN  | nd  | nd  | nd  |
| 2010/05  | nd   | 1.1 | nd  | nd  | SN  | nd  | nd  | nd  |
| 2010/04  | nd   | nd  | nd  | nd  | SN  | nd  | nd  | nd  |
| 2010/09  | nd   | nd  | nd  | SN  | nd  | nd  | nd  | nd  |
| 2011/01  | nd   | 3.2 | 1.8 | nd  | 1.9 | nd  | 5.7 | 0.8 |
| DON (mg/kg)  |      |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009/08  | 1.0  | 1.3 | 2.4 | 0.3 | 1.9 | 2.7 | 1.3 | 2.1 |
| 2009/10  | 1.7  | 2.0 | 2.3 | 1.6 | 1.1 | 2.3 | 0.7 | 1.9 |
| 2009/12  | 12.3 | 2.6 | 3.6 | 5.6 | 2.7 | 2.4 | 2.0 | 3.0 |
| 2010/01  | 10.4 | 3.9 | 1.9 | SN  | 3.0 | 3.6 | 3.3 | 3.1 |
| 2010/03  | 9.4  | 3.1 | 2.4 | 6.3 | SN  | 3.9 | 3.0 | 3.3 |
| 2010/05  | 5.9  | 3.1 | 2.4 | 3.9 | SN  | 3.0 | 2.6 | 2.6 |
| 2010/07  | 9.1  | 3.0 | 2.7 | 5.0 | SN  | 3.0 | 3.1 | 3.1 |
| 2010/09  | 4.5  | 2.3 | 2.4 | SN  | 2.6 | 1.7 | 3.1 | 3.2 |
| 2011/01  | 2.1  | 0.8 | 0.5 | 1.7 | 0.4 | 1.0 | 0.6 | 0.3 |
| フモニシン (B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> の合計量 mg/kg, 定量下限 ; 0.1 mg/kg)                    |      |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009/08  | 0.8  | 5.2 | 8.9 | nd  | 1.8 | 1.8 | 5.4 | 3.3 |
| 2009/10  | 0.9  | 6.1 | 3.6 | 0.5 | 3.2 | 0.7 | 4.4 | 2.8 |
| 2009/12  | 0.8  | 0.6 | 3.7 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.5 |
| 2010/01  | 0.7  | 1.3 | 1.7 | SN  | 1.5 | 0.2 | 0.2 | nd  |
| 2010/03  | 0.7  | 0.7 | 2.2 | 0.2 | SN  | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 2010/05  | 0.3  | 0.5 | 1.7 | 0.2 | SN  | nd  | 0.3 | 0.2 |
| 2010/07  | nd   | 0.4 | 0.9 | nd  | SN  | nd  | 0.1 | nd  |
| 2010/09  | 0.3  | 0.4 | 1.4 | SN  | 1.1 | 0.1 | nd  | 0.3 |
| 2011/01  | 0.2  | 1.6 | 0.9 | nd  | 1.4 | nd  | nd  | nd  |
| ゼアラレノン (μg/kg, 定量下限 ; 0.05 mg/kg)  |      |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009/08  | 102  | 225 | 234 | 118 | 136 | 270 | 161 | 256 |
| 2009/10  | 101  | 229 | 119 | 70  | 75  | 216 | 72  | 142 |
| 2009/12  | 469  | 311 | 334 | 123 | 560 | 116 | 133 | 202 |
| 2010/01  | 407  | 389 | 290 | SN  | 245 | 209 | 114 | 261 |
| 2010/03  | 539  | 377 | 226 | 261 | SN  | 212 | 154 | 228 |
| 2010/05  | 285  | 472 | 297 | 189 | SN  | 161 | 117 | 309 |
| 2010/07  | 220  | 177 | 290 | 121 | SN  | 108 | 130 | 161 |
| 2010/09  | 299  | 220 | 230 | SN  | 244 | 113 | 61  | 263 |
| 2011/01  | 76.1 | nd  | nd  | nd  | nd  | nd  | nd  | nd  |

注) nd ; 検出せず, SN ; サンプル未入手

原文の表に関して Dr. Zhang に確認して訂正を行った

表 2 原料トウモロコシと DDGS 中の DON 濃度 (mg/kg)

| 採取日   | 工場 1   |      | 工場 4   |      |
|-------|--------|------|--------|------|
|       | トウモロコシ | DDGS | トウモロコシ | DDGS |
| 1     | 1.7    | 9.3  | 1.3    | 4.6  |
| 2     | 2.4    | 9.0  | 1.0    | 5.2  |
| 3     | 1.8    | 8.2  | 1.8    | 5.6  |
| 4     | 1.4    | 7.8  | 1.1    | 4.7  |
| 5     | 2.1    | 7.3  | 1.0    | 4.5  |
| 6     | 2.8    | 7.7  | 1.0    | 4.5  |
| 7     | 2.5    | 8.7  | 1.1    | 3.2  |
| 8     | 2.9    | 7.8  | 1.4    | 4.3  |
| 9     | 2.5    | 8.4  | 1.6    | 4.3  |
| 10    | 2.2    | 8.3  | 1.4    | 4.8  |
| 11    | 2.6    | 6.2  | 1.9    | 4.0  |
| 12    | 2.3    | 7.3  | 0.9    | 4.4  |
| 13    | 1.8    | 6.3  | 1.2    | 3.5  |
| 14    | 2.2    | 8.0  | 1.1    | 4.3  |
| 平均    | 2.2    | 7.9  | 1.3    | 4.4  |
| CV(%) | 19     | 11   | 25     | 14   |