

# Prévalence des fumonisines dans les aliments pour volaille en Algérie

Dahmane Mohammedi <sup>1\*</sup> Sarah Mohammedi <sup>2</sup>  
Moustafa Kardjadj <sup>2</sup>

## Mots-clés

Aliment pour animaux, alimentation des volailles, fumonisines, Algérie

© D. Mohammedi et al., 2021



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Accepted: 22 October 2021

Published: 20 December 2021

DOI: 10.19182/remvt.36814

## Résumé

Les fumonisines sont des mycotoxines produites par le genre *Fusarium*, et plus particulièrement *Fusarium verticillioides* (anciennement appelé *F. moniliforme*) et *F. proliferatum*. Elles ont une large distribution et une grande importance économique et sanitaire. Les plus courantes sont la fumonisine B1 (FB1) et la fumonisine B2 (FB2). La FB1 est un puissant cancérigène chez les animaux de laboratoire et elle est suspectée d'être à l'origine du cancer de l'œsophage chez les humains. Les fumonisines sont également considérées comme altérant l'intégrité intestinale chez la volaille, engendrant de l'entérite nécrotique responsable de diarrhées et réduisant les performances zootechniques. Cet article présente la prévalence des FB1 et FB2 dans des aliments pour volaille prélevés dans plusieurs sites (wilayas) en Algérie. La méthode d'analyse LC/MS/MS a été utilisée pour déterminer les concentrations de fumonisines. Les FB1 et FB2 ont été retrouvées dans les 69 échantillons testés, dont 11,60 % avaient des concentrations inférieures à 400 µg/kg, 53,62 % des concentrations inférieures à 3000 µg/kg et 34,78 % des concentrations supérieures à 3000 µg/kg. C'est la première étude en Algérie montrant qu'il serait important de rechercher les fumonisines dans les aliments pour volaille et d'éviter d'utiliser ceux dont les teneurs dépasseraient les seuils considérés comme élevés. Il serait donc justifié d'établir des limites de fumonisines à ne pas dépasser dans l'aliment pour volaille. Lors de pertes de performances et de dysfonctionnement du système immunitaire, les vétérinaires devraient rechercher la présence éventuelle de fumonisines.

■ Comment citer cet article : Mohammedi D., Mohammedi S., Kardjadj M., 2021. Prevalence of fumonisins in poultry feed in Algeria. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 74 (4): 207-211, doi: 10.19182/remvt.36814

## ■ INTRODUCTION

La recherche sur les fumonisines remonte à 1988, lors de l'identification d'une classe jusqu'ici inconnue de métabolites secondaires qui, à partir de ce moment, a été appelée « fumonisines » ; elle a permis la même année d'identifier leur structure chimique (Chulze et al., 1996). Au cours des premières isolations, ces toxines ont été récupérées dans des cultures de *Fusarium verticillioides* (anciennement appelé *Fusarium moniliforme*) infestant le maïs mais d'autres moisissures, comme *Fusarium proliferatum*, produisent également des fumonisines. Ces deux espèces sont des contaminants fréquents du maïs et se développent au champ, avant la récolte. Les fumonisines ont une analogie structurale avec la sphinganine et la sphingosine,

constituants du squelette hydrocarboné des sphingolipides. « Ces molécules assurent dans l'organisme plusieurs fonctions dont la croissance, la différenciation et la mort cellulaire » (Wang et al., 1991). Les fumonisines les plus courantes sont les B1, B2 et B3, la B1 étant la plus considérée en ce qui concerne la toxicité et la distribution. Dans leur forme libre, elles peuvent être facilement détectées mais cela peut ne pas être simple dans le cas des mycotoxines masquées (Dall'Asta et Battilani, 2016).

Une classification récente divise ces mycotoxines en formes matricielles (interactions covalentes avec les composants de la matrice, complexation ou emprisonnement physique avec les biopolymères de la matrice) et en formes modifiées (combinaison des deux) (Rychlik et al., 2014). Un exemple de mycotoxines associées à la matrice est celui des fumonisines emprisonnées dans des macroconstituants comme l'amylose ou l'amylopectine (Dall'Asta et Battilani, 2016). En revanche, ces derniers composés sont toujours formés par la modification des structures chimiques de base des mycotoxines libres. Cela donne lieu à des mycotoxines biologiquement modifiées (par exemple, par métabolisation fongique ou par des mécanismes de défense des

1. Ecole nationale supérieure vétérinaire, rue Issad Abbes, Oued Smar, Alger, Algérie.

2. ESSAIA, Beaulieu, Oued Smar, Alger, Algérie.

\* Auteur pour la correspondance

Tél. : +213 (0)55 99 32 29 ; email : mohammedidahmane@yahoo.fr

plantes) ou à des mycotoxines chimiquement modifiées (Rychlik et al., 2014). En ce qui concerne la fumonisine B1 (FB1), la toxicité a effectivement été associée à des effets néfastes sur le métabolisme des lipides, y compris les effets sur les phospholipides et les acides gras, des tendances ressemblant de près à celles observées dans les nodules hépatocytaires obtenus à l'aide de modèles d'initiation / de stimulation de cancer (Riedel et al., 2016).

Le mécanisme d'action de la toxicité des fumonisines chez les animaux semble être attribuable à la perturbation du métabolisme des sphingolipides. Les données actuelles indiquent que les fumonisines sont des inhibiteurs spécifiques du céramide synthétase (sphinganine/sphingosine N-acyltransférase), une enzyme-clé requise pour la synthèse de céramides et de sphingolipides plus complexes. L'inhibition de ce système enzymatique entraîne une augmentation des concentrations tissulaires de sphingolipides sphingosine (So) et sphinganine (Sa), ainsi qu'un changement du rapport Sa:So. Une augmentation du rapport Sa:So a été observée dans les tissus de poulets de chair, de dindons et de canetons recevant de la FB1 (Li et al., 2012).

Des anomalies du tube neural et un retard de croissance ont été observés chez les enfants (Missmer et al., 2006) exposés aux fumonisines. De nombreux rapports établissent un lien entre l'exposition élevée à la FB1 et les cas de cancer de l'œsophage chez les humains. Toutefois, la relation de cause à effet entre l'exposition à la fumonisine et le cancer chez les humains n'a pas encore été établie sans équivoque. La FB1 est considérée de ce fait comme un cancérigène du groupe 2B (possiblement cancérigène pour les humains ; IARC, 2002).

Chez les animaux, les symptômes de l'intoxication à la fumonisine sont divers. Après l'exposition, les porcs sont atteints d'un œdème pulmonaire porcin, les chevaux souffrent de lésions hémorragiques et liquéfiées du cerveau (leuco-encéphalopathie équine). Chez les animaux de laboratoire et d'élevage, la FB1 est un cancérigène puissant. En général, la volaille est relativement résistante à la toxicité des fumonisines comparativement aux porcs et aux chevaux (Li et al., 2012).

La DL<sub>50</sub> (dose létale administrée en une fois qui cause la mort de 50 % d'un groupe d'animaux d'essai, mesurant le potentiel toxique à court terme d'une matière) de la FB1 par injection dans la chambre à air d'œufs embryonnés a été établie à 18,7 µg par œuf. L'évaluation comparative de l'embryotoxicité a révélé une toxicité plus élevée de la FB1 que des FB2 ou FB3 (Henry et Wyatt, 2001). Chez la volaille, d'importantes différences de sensibilité aux effets nocifs des FB sont observées selon l'âge et l'espèce. Une augmentation des mortalités attribuables à la FB1 n'a été observée que chez les poulets de chair au cours des trois premiers jours de vie (125 mg/kg d'aliment) et chez les canards de 12 à 14 semaines (20 mg/kg d'aliment). Aucune mortalité n'a été enregistrée chez les poules pondeuses, les dindons ou les poulets de chair plus âgés nourris à des doses élevées de FB1 (200 mg/kg d'aliment) pendant plusieurs semaines (Kubena et al., 1999).

La présence de fortes concentrations de fumonisines dans les aliments pour poulets de chair (100 mg/kg) a une incidence sur leurs performances zootechniques. Les poussins de chair recevant un aliment contaminé par la FB1 à des doses allant de 100 à 400 mg/kg pendant deux à trois semaines montrent une diminution proportionnelle de leur consommation alimentaire et de leur gain de poids vif (Knap et al., 2010).

Dans des conditions expérimentales, aucun effet négatif sur les paramètres de performance zootechniques n'a été observé à des niveaux de contamination inférieurs à la teneur maximale recommandée en Europe de 20 mg FB1 et FB2 / kg d'aliment pour volailles ayant une teneur en eau de 12 % (European Commission, 2007). Cependant, l'augmentation du rapport Sa:So a clairement montré la toxicité de la

FB1 chez les poulets de chair lorsqu'elle est administrée à 20 mg/kg pendant trois semaines (Henry et Wyatt, 2001).

Cependant, dans les conditions d'élevage habituelles ou de terrain, les animaux sont constamment soumis à une variété de stress en plus des mycotoxines. Ceci les rend bien plus sensibles aux mycotoxines, donnant des symptômes même à des niveaux bien en dessous de ceux considérés comme dangereux par la réglementation ou dans des études scientifiques. Ainsi, une concentration de fumonisines supérieure à 3000 µg/kg représente un risque élevé pour la volaille de chair ou pour les poules pondeuses (Biomin, GmbH, Getzersdorf, Austria). De plus, une dose journalière maximale admissible temporaire pour les fumonisines a été fixée chez les humains à 2 µg/kg/jour en raison de l'absence d'effets indésirables observés sur la néphrotoxicité chez les rats mâles (WHO, 2015).

Antonissen et al. (2015) ont observé une augmentation du ratio Sa:So mais aussi des effets au niveau de l'intestin chez les poulets recevant 18 600 µg/kg d'aliment de FB1 et FB2 à l'âge de 1 à 23 jours. La hauteur des villosités et la profondeur des cryptes ont été diminuées au niveau de l'iléon et la population de *Clostridium perfringens* a été significativement augmentée. L'exposition aux fumonisines pourrait donc prédisposer les animaux à développer une entérite nécrotique. Afin de réduire l'exposition à la fumonisine, les autorités de plusieurs pays ont adopté des limites maximales ou des niveaux d'orientation recommandés pour le maïs et les produits à base de maïs (USFDA, 2001 ; Commission européenne, 2007) (Braun et Wink, 2018).

## ■ MATERIEL ET METHODES

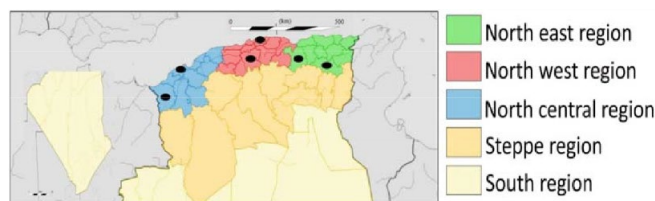
### Zone d'étude

L'Algérie s'étend sur 2 381 741 kilomètres carrés et compte 44 millions d'habitants. Pour les besoins de l'étude, le pays a été divisé en cinq régions (figure 1) : le Centre-Nord (35,3-36,8° N et 1-4,7° E) avec 10 wilayas, le Nord-Ouest (35-36,3° N et 2° O - 1° E) avec 10 wilayas, le Nord-Est (35,3-37° N et 4,7-8,5° E) avec 9 wilayas, la région steppique (33-35,3° N et 2° O - 8,5° E) avec 11 wilayas, et le Sud (Sahara) (19-33° N et 8,8° O - 12° E) avec 11 wilayas. La région steppique et la région saharienne ont été exclues de l'étude car l'élevage avicole y est très rare. Le climat est de type méditerranéen sur toute la zone Nord (étés chauds et secs, hivers humides et frais).

### Prélèvements des échantillons

Six wilayas ont été sélectionnées en raison de leur accessibilité pour effectuer les prélèvements : Oran, Tlemcen, Sétif, Batna, Médéa et Boumerdès. Les prélèvements ont eu lieu sur deux saisons : l'hiver, de janvier 2015 à février 2015 ; et l'été, de juin 2016 à juillet 2016. Au total, 69 échantillons d'aliments pour volaille (poulet de chair) ont été prélevés : 24 dans le Nord-Ouest, 23 dans le Centre-Nord, et 22 dans le Nord-Est.

Nous avons prélevé 100 g d'aliment à partir de dix sacs de 50 kg et les avons rassemblés pour constituer un échantillon de 1 kg d'aliment



**Figure 1 :** Carte d'Algérie montrant les trois zones de prélèvements d'échantillons d'aliment pour volaille // Map of Algeria showing the three sampling areas for poultry feed

complet dont la composition a été la même dans tous les élevages (maïs 61 %, tourteau de soja 29 %, son de blé 6 %) et l'avons placé dans un sac mentionnant les coordonnées de l'éleveur. Par ailleurs, nous avons considéré que les élevages industriels de petite taille avaient une bande de poulets inférieure à 10 000 poulets et que ceux de grande taille avaient une bande supérieure à 10 000 poulets.

### Analyse des échantillons

Les échantillons ont été placés dans des sacs en plastique scellés où ils ont été conservés à 4 °C pendant une semaine puis transférés en Autriche (University of Natural Resources and Life Sciences Center for Analytical Chemistry, Department IFA, Tulln) pour analyse sans traitement ultérieur.

Cinq grammes de chaque échantillon ont été extraits avec 20 ml de solvant d'extraction (SE) (acétonitrile/eau / acide acétique, 79:20:1, v:v:v) pendant 90 min à 180 tr/min à l'aide d'un agitateur rotatif (GFL 3017, Burgwedel, Allemagne). Ensuite, 500 µl de chaque extrait ont été transférés dans un flacon en verre de 1,5 ml contenant un volume égal de solvant de dilution (SD) (acétonitrile/eau / acide acétique, 20:79:1, v:v:v) et agités par vortex pendant 30 s. Puis, 5 µl de l'extrait dilué ont été injectés dans un système LC/ESI/MS/MS. Des expériences d'enrichissement ont été effectuées pour obtenir la gamme étalon et déterminer la récupération apparente des métabolites cibles. Trois échantillons les moins contaminés (0,25 g chacun), considérés comme des aliments non complétés, ont été enrichis chacun de 100 µl de multimétabolite étalon, bien mélangés et conservés à la température ambiante dans l'obscurité dans une hotte durant la nuit pour établir l'équilibre entre les métabolites et la matrice. Par la suite, 1 ml de SE a été ajouté et placé sur un agitateur rotatif à 180 tr/min pendant 90 min. Puis, 300 µl d'extrait ont été dilués avec 300 µl de SD et agités par vortex pendant 30 s, et 5 µl ont été injectés dans le système LC/ESI/MS/MS.

La détection et la quantification ont été effectuées à l'aide d'un système QTRAP 5500 LC/ESI/MS/MS (AB SCIEX, CA, USA) équipé d'une source d'ionisation par pulvérisation d'ions turbo (ESI) et d'un système CLHP (Agilent Technologies 1290 Infinity). La séparation

chromatographique a été effectuée à 25 °C sur une colonne Gemini C18 (Phenomenex, CA, USA). L'ESI-MS/MS a été réalisé en mode de surveillance de réaction multiple prévu à la fois en polarité positive (54 s) et négative (96 s) (temps de cycle = 1 s) avec deux injections distinctes dans l'appareil par échantillon en analysant deux réactions de fragmentation par analyse.

Avec des caractéristiques optimales de performance de la méthode, les mycotoxines ont été quantifiées à l'aide d'un étalonnage externe (pondéré 1/x) et les niveaux ont ensuite été ajustés en fonction de la récupération calculée à partir de la gamme étalon. Chaque mycotoxine présente dans les échantillons a été quantifiée en comparant l'aire relative à son pic à celle de l'étalon correspondant. Les limites de détection et de quantification ont été estimées à la concentration la plus faible dans les échantillons enrichis correspondant à un rapport signal-bruit respectivement de 3:1 et 10:1.

### ■ RESULTATS ET DISCUSSION

Cette enquête est la première sur la présence de fumonisines dans les aliments pour volaille en Algérie à l'aide d'une technique LC/MS/MS. Elle a concerné 69 échantillons d'aliments de poulet de chair provenant de différentes wilayas du pays, analysés pour les FB1 et FB2. Le profil de contamination par les mycotoxines a montré clairement que les fumonisines (FB1 et FB2) étaient des contaminants courants des aliments pour volaille en Algérie.

Les FB1 et FB2 ont été retrouvées dans tous les échantillons à différentes concentrations (tableau I). Ces concentrations ont été inférieures à 400 µg/kg dans 11,60 % des échantillons, inférieures à 3000 µg/kg dans 53,62 % d'entre eux et supérieures à 3000 µg/kg dans 34,78 %. Les écarts-types ont été calculés pour tous les échantillons sur la base de deux répétitions.

L'étude montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les régions, ni entre les tailles de l'élevage, ni entre les saisons (tableau I). En effet, les fumonisines sont des mycotoxines produites dans les champs, d'où leur nom « mycotoxines des champs », tout comme les

**Tableau I :** Répartition des concentrations de fumonisines (B1 et B2) dans l'aliment pour volaille selon la région, l'élevage et la saison en Algérie  
/// *Distribution of fumonisin (B1 and B2) concentrations in poultry feed according to region, farm and season in Algeria*

		N	FB1 et FB2 (µg/kg)		
			< 400	401-3000	> 3000
			N (Moy ± ET)	N (Moy ± ET)	N (Moy ± ET)
<b>Région</b>	<b>Wilaya</b>				
Nord-Est	Sétif, Batna	22	4 (244 ± 50)	13 (2100 ± 733)	5 (3919 ± 618)
Centre-Nord	Médéa, Boumerdes	23	2 (390 ± 3)	13 (1869 ± 769)	8 (3926 ± 492)
Nord-Ouest	Oran, Tlemcen	24	2 (234 ± 171)	11 (1775 ± 447)	11 (3902 ± 797)
<b>Taille de l'élevage</b>					
Petite		36	6 (263 ± 105)	18 (1868 ± 680)	12 (3864 ± 633)
Grande		33	2 (326 ± 93)	19 (1992 ± 675)	12 (3963 ± 692)
<b>Saison</b>					
Hiver (janv-fév 201)		36	3 (324 ± 88)	24 (1969 ± 701)	9 (3872 ± 780)
Été (juin-juil 2016)		33	5 (251 ± 105)	13 (1863 ± 633)	15 (3937 ± 579)
<b>Total (%)</b>		69 (100 %)	8 (11,60 %)	37 (53,62 %)	24 (34,78 %)

N : nombre d'échantillons ; Moy ± ET : moyenne ± écart-type. Anova pour l'effet région : non significatif (NS) (p = 0,58). Test de Student pour l'effet de la taille de l'élevage : NS (p = 0,22). Test de Student pour l'effet de la saison : NS (p = 0,17) /// N: number of samples; Moy ± ET: mean ± standard deviation. ANOVA for the region effect: not significant (NS) (p = 0.58). Student's test for the farm size effect: NS (p = 0.22). Student's test for the season effect: NS (p = 0.17)

aflatoxines (Chulze et al., 1996) ; par conséquent les conditions de leur stockage influent très peu ou pas du tout sur leur production.

Dans notre étude, tous les échantillons contenaient des concentrations de FB1 et FB2 inférieures aux niveaux réglementaires pour l'alimentation animale, comme observé en Tunisie (Ghali et al., 2009). Aucun échantillon n'a dépassé la teneur maximale autorisée aux États-Unis (100 000 µg/kg) ni même celle autorisée par l'Union européenne (20 000 µg/kg). Des travaux récents réalisés avec différentes mycotoxines en mélange montrent qu'une interaction synergique pourrait être observée entre les mycotoxines quand elles sont distribuées à des doses non toxiques (Magnin et al., 2016). L'administration d'un mélange d'aflatoxine B1, de zéaralénone, de fumonisines et de déoxynivalénone aux concentrations respectives de 102, 280, 5874, et 2039 µg/kg d'aliments distribués à des poulets pendant 42 jours conduit à différents dysfonctionnements biochimiques et à des atteintes fonctionnelles non rapportés dans la littérature aux doses individuelles de chaque mycotoxine. Il a été observé une augmentation du taux d'albumine, de l'ARN-messager, des cytokines inflammatoires IL1 et IL6, une diminution du taux de globuline, de l'immunoglobuline A, de l'interféron et des titres d'anticorps vaccinaux contre la maladie de Newcastle aux âges de 21 et 22 jours (Li et al., 2012).

Un peu plus du tiers des échantillons ont présenté des concentrations supérieures de FB1 et FB2 à 3000 µg/kg. Cette teneur est considérée comme présentant un risque élevé pour la volaille (Li et al., 2012) chez les poulets de chair et les poules pondeuses. La présence de fumonisines n'est pas réglementée en Algérie et les niveaux de concentration maximums n'ont pas encore été fixés. Ainsi, la présence de fumonisines que nous retrouvons dans l'aliment pour volaille pourrait en présence d'une perturbation du microbiote expliquer la forte incidence d'entérite nécrotique chez le poulet de chair en Algérie étant donné que les fumonisines sont responsables d'une perturbation de l'intégrité intestinale (Antonissen et al., 2015).

Mohammedi et Mohammedi (2014) rapportent que « de nombreux échecs vaccinaux sont observés malgré l'application des règles de [biosécurité] ; les coccidioses sont relativement fréquentes alors que l'aliment est correctement supplémenté en coccidiostatiques », et ceci pourrait être lié à la présence de fumonisines dans l'aliment à des doses subcliniques qui provoquent des perturbations métaboliques et immunologiques qui amplifient la gravité de la coccidiose (Antonissen et al., 2015 ; Grenier et al., 2017).

Comme l'adsorption efficace des fumonisines est pratiquement limitée à un pH acide, la biotransformation est la méthode de lutte la plus intéressante. Une bactérie *aMTA 144* isolée du sol est capable de transformer FB1 par dégradation enzymatique à l'aide de la fumonisine estérase, une enzyme du catabolisme bactérien, en un métabolite non toxique le 2-keto-HFB1 (Heinl et al., 2010). Cette enzyme a été récemment commercialisée sous le nom de FUMzym et autorisée par l'Union européenne pour l'utilisation dans les rations chez la volaille et le porc (Grenier et al., 2017).

## ■ CONCLUSION

La contamination des aliments pour volaille par les fumonisines est une menace importante pour la santé des poulets, les rendant sensibles aux différentes maladies virales contre lesquelles ils sont pourtant vaccinés. Il serait donc justifié d'établir des limites de fumonisines à ne pas dépasser dans l'aliment pour volaille. L'attention des vétérinaires devrait être attirée sur la présence éventuelle de fumonisines en cas de pertes de performances et d'atteinte du système immunitaire. Il serait souhaitable d'imposer des règles strictes de stockage des céréales chez les éleveurs en vue de réduire le développement de moisissures productrices de fumonisines. La prévention des entérites

nécrotiques et des coccidioses, dont les fumonisines sont responsables, permettrait de réduire les coûts de production de viande de volaille qui représente la protéine la plus consommée en Algérie.

## Remerciements

Les auteurs remercient la University of Natural Resources and Life Sciences Center for Analytical Chemistry (Department IFA, Tulln, Austria) pour sa contribution et collaboration permanente.

## Déclaration des contributions des auteurs

DM a coordonné les travaux de conception, la planification de l'étude et la mise en œuvre des analyses de laboratoire. SM et MK ont participé à l'interprétation des résultats.

## Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans conflit d'intérêts.

## REFERENCES

- Antonissen G., Croubels S., Pasmans F., Ducatelle R., Eeckhaut V., Devreese M., Verlinden M., et al., 2015. Fumonisin affect the intestinal microbial homeostasis in broiler chickens, predisposing to necrotic enteritis. *Vet. Res.*, **46**: 98, doi: 10.1186/s13567-015-0234-8
- Braun M.S., Wink M., 2018. Exposure, occurrence, and chemistry of fumonisins and their cryptic derivatives. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, **17**: 769-791, doi: 10.1111/1541-4337.12334
- Chulze S.N., Ramirez M.L., Farnochi M.C., Pascale M., Visconti A., March G., 1996. *Fusarium* and fumonisins occurrence in Argentinian corn at different ear maturity stage. *J. Agric. Food Chem.*, **44** (9): 2797- 2801, doi: 10.1021/jf950381d
- Commission européenne, 2007. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards *Fusarium* toxins in maize and maize products. *EU Official Journal*, **L255**: 14-17
- Dall'Asta C., Battilani P., 2016. Fumonisin and their modified forms, a matter of concern in future scenario? *World Mycotoxin J.*, **9** (5): 727-739, doi: 10.3920/wmj2016.2058
- Ghali R., Ghorbel H., Hedilli A., 2009. Fumonisin determination in Tunisian foods and feeds. ELISA and HPLC methods comparison. *J. Agric. Food Chem.*, **57**: 3955-3960, doi: 10.1021/jf803786h
- Grenier B., Schwartz-Zimmermann H.E., Gruber-Dorninger C., Dohnal I., Aleschko M., Schatzmayr G., Moll W.D., et al., 2017. Enzymatic hydrolysis of fumonisins in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Poult. Sci.*, **96**: 4342-4351, doi: 10.3382/ps/pep280
- Heinl S., Hartinger D., Thamhesl M., Vekiru E., Krska R., Schatzmayr G., Moll W.D., et al., 2010. Degradation of fumonisin B1 by the consecutive action of two bacterial enzymes. *J. Biotechnol.*, **145**: 120-129, doi: 10.1016/j.jbiotec.2009.11.004
- Henry M.H., Wyatt R.D., 2001. The toxicity of fumonisin B1, B2, and B3, individually and in combination, in chicken embryos. *Poult. Sci.*, **80**: 401-407, doi: 10.1093/ps/80.4.401
- IARC, 2002. Fumonisin B1. In: IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. IARC Press, Lyon, France, **82**: 301-366
- Knap I., Lund B., Kehlet A.B., Hofacre C., Mathis G., 2010. *Bacillus licheniformis* prevents necrotic enteritis in broiler chickens. *Avian Dis.*, **54** (2): 931-935, doi: 10.1637/9106-101509-resnote.1
- Kubena L.F., Harvey R.B., Buckley S.A., Bailey R.H., Rottinghaus G.E., 1999. Effects of long-term feeding of diets containing moniliformin, supplied by *Fusarium fujikuroi* culture material, and fumonisin, supplied by *Fusarium moniliforme* culture material, to laying hens. *Poult. Sci.*, **78**: 1499-1505, doi: 10.1093/ps/78.11.1499
- Li Z., Yang Z.B., Yang W.R., Wang S.J., Jiang S.Z., Wu Y.B., 2012. Effects of feed-borne *Fusarium* mycotoxins with or without yeast cell wall adsorbent on organ weight, serum, biochemistry and immunological parameters of broiler chickens. *Poult. Sci.*, **91**: 2487-2495, doi: 10.3382/ps.2012-02437
- Magnin M., Travel A., Bailly J.D., Guerre P., 2016. Effets des mycotoxines sur la santé et les performances des volailles. *Prod. Anim.*, **29** (3): 217-232, doi: 10.20870/productions-animales.2016.29.3.2961

- Missmer S.A, Suarez L., Felkner M., Wang E., Merrill A.H. Jr, Rothman K.J., Hendricks K.A., 2006. Exposure to fumonisins and the occurrence of neural tube defects along the Texas-Mexico border. *Environ. Health Perspect.*, **114** (2): 237-241, doi: 10.1289/ehp.8221
- Mohammedi D., Mohammedi S., 2014. Ochratoxine A dans les aliments, les fluides et les tissus de volaille en Algérie. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **67** (1): 35-39, doi: 10.19182/remvt.10157
- Riedel S., Abel S., Burger H., Van der Westhuizen L., Swanevelder S., Gelderblom W.C.A., 2016. Differential modulation of the lipid metabolism as a model for cellular resistance to fumonisin B1-induced cytotoxic effects *in vitro*. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids*, **109**: 39-51, doi: 10.1016/j.plefa.2016.04.006
- Rychlik M., Humpf H.U., Marko D., Dänicke S., Mally A., Berthiller F., Lorenz N., 2014. Proposal of a comprehensive definition of modified and other forms of mycotoxins including "masked" mycotoxins. *Mycotoxin Res.*, **30** (4): 197-205, doi: 10.1007/s12550-014-0203-5
- USFDA, 2001. Guidance for industry: Fumonisin levels in human foods and animal feeds. Background paper in support of fumonisin levels in corn and corn products intended for human consumption. USFDA, Washington, DC, USA
- Wang E., Norred W.P., Bacon C.W., Riley R.T., Merrill A.H. Jr., 1991. Inhibition of sphingolipid biosynthesis by fumonisins. Implications for diseases associated with *Fusarium moniliforme*. *J. Biol. Chem.*, **266**: 14486-14490
- WHO, 2015. Safety evaluation of food additives. WHO, Geneva, Switzerland, 378 p. (Food Additives Ser.; 70

## Summary

**Mohammedi D., Mohammedi S., Kardjad M.** Prevalence of fumonisins in poultry feed in Algeria

Fumonisin are mycotoxins produced by the genus *Fusarium*, especially *Fusarium verticillioides* (formerly called *F. moniliforme*) and *F. proliferatum*. They are widely distributed and have major economic and sanitary impacts. The most common ones are fumonisin B1 (FB1) and fumonisin B2 (FB2). FB1 is a potent carcinogen in laboratory animals and is suspected of causing esophageal cancer in humans. Fumonisin are also considered to alter intestinal integrity in poultry, leading to necrotic enteritis causing diarrheas and reducing animal performance. This article presents the prevalence of FB1 and FB2 in poultry feeds collected in several sites (wilayas) in Algeria. The LC/MS/MS analytical method was used to determine the concentrations of fumonisins. FB1 and FB2 were found in the 69 samples tested, of which 11.60% had concentrations below 400 µg/kg, 53.62% had concentrations below 3000 µg/kg and 34.78% had concentrations above 3000 µg/kg. This is the first study in Algeria showing that it would be important to screen poultry feeds for fumonisins and to avoid using feeds with levels above thresholds considered high. It would therefore be warranted to establish limits of fumonisins not to be exceeded in poultry feed. In case of performance losses and immune system dysfunction, veterinarians should investigate the possible presence of fumonisins.

**Keywords:** poultry feeding, poultry feed, fumonisins, Algeria

## Resumen

**Mohammedi D., Mohammedi S., Kardjad M.** Prevalencia de fumonisinas en los alimentos para aves en Argelia

Las fumonisinas son micotoxinas producidas por el género *Fusarium* y en particular *Fusarium verticillioides* (antiguamente llamado *F. moniliforme*) y *F. proliferatum*. Estas tienen una gran distribución y una gran importancia económica y sanitaria. Las más corrientes son la fumonisina B1 (FB1) y la fumonisina B2 (FB2). La FB1 es un potente cancerígeno en los animales de laboratorio y se sospecha que se encuentra al origen del cáncer de esófago en los humanos. Las fumonisinas son igualmente consideradas como alterantes de la integridad intestinal en las aves, generando una enteritis necrótica responsable de diarreas y de una reducción en los rendimientos zootécnicos. Este artículo presenta la prevalencia de FB1 y FB2 en los alimentos para aves recolectados en varios sitios (wilayas) en Argelia. El método de análisis LC/MS/MS fue utilizado para determinar las concentraciones de fumonisinas. Las FB1 y FB2 se encontraron en las 69 muestras examinadas, de las cuales 11,60% tenían concentraciones inferiores a 400 µg/kg, 53,62% concentraciones inferiores a 3000 µg/kg y 34,78% de las concentraciones superiores a 3000 µg/kg. Es el primer estudio en Argelia mostrando que sería importante buscar las fumonisinas en los alimentos para aves y evitar la utilización de aquellos cuyos niveles sobrepasarían los límites considerados como elevados. Sería entonces justificado el establecer límites de fumonisinas a respetar en los alimentos de aves. En caso de pérdidas de rendimientos y de disfuncionamiento del sistema inmunitario, los veterinarios deberían buscar la presencia eventual de fumonisinas.

**Palabras clave:** piensos, alimentación avícola, fumonisinas, Argelia

