Micotossine nel mais utilizzato nell'alimentazione zootecnica: trasferimento ai prodotti di origine animale

Lucia Bailoni, Dipartimento di Scienze Animali - Università degli Studi di Padova

6.1 Il mais nell'alimentazione zootecnica: quali problemi legati alle micotossine

L'82% del mais coltivato in Italia è destinato all'alimentazione degli animali. Se a questa percentuale si aggiunge la quota (3,7%) di mais utilizzato come sottoprodotto dell'industria dell'amido nel settore dei mangimi, si raggiunge complessivamente un valore dell'86% circa di mais e derivati impiegati per uso zootecnico. L'impiego del mais come pianta intera, trinciato e insilato, e delle diverse parti botaniche (pastone di pannocchia) è diffuso nell'alimentazione dei bovini da latte e da carne e dei piccoli ruminanti, dove costituisce un alimento di grande interesse nutrizionale per le sue caratteristiche di elevata appetibilità e buona digeribilità dei principi nutritivi, oltre che di basso costo. La granella di mais, in diverse forme fisiche (intera, farina, fioccata, estrusa ecc.) rappresenta invece la fonte energetica per eccellenza delle diete ed è ampiamente diffusa sia nei monogastrici (suini, avicoli ecc.) che nei ruminanti.

Le problematiche relative alla presenza delle micotossine nel mais destinato all'alimentazione zootecnica devono essere considerate da due diversi punti di vista:

a) la salute e il benessere degli animali in produzione appartenenti alle differenti specie e categorie presenti nei diversi allevamenti (argomento che sarà discusso nel prossimo capitolo);
b) la tutela dei consumatori per quanto riguarda la sicurezza nel consumo di alimenti di origine animale (nonché quella degli operatori addetti alla manipolazione dei mangimi).

È evidente che si tratta di approcci alla problematica "micotossine" completamente diversi. Ad esempio, la presenza nel latte di livelli di aflatossina M1 superiori al limite di legge (M1>0,05 μg/kg) si verifica quando nella dieta della vacca da latte la concentrazione di aflatossina B1 è di molto inferiore rispetto ai valori che determinano la comparsa di sintomatologie aspecifiche (riduzione del consumo alimentare, riduzione della produzione di latte ecc.) o specifiche (lesioni epatiche ecc.) negli animali.

Le micotossine di cui si tratterà in questo capitolo sono le seguenti: aflatossine, ocratossine, tricoteceni, zearalenone e fumonisine (vedi Tab. 2, cap. 7) ma non è escluso che in futuro a queste non possano aggiungersene altre; si pensi, a tal proposito, che le fumonisine sono state isolate e caratterizzate per la prima volta nel 1988.

Prima però di entrare nel merito è necessario ricordare che esistono delle differenze fra gli effetti delle micotossine nei ruminanti e nei monogastrici, riassunte nel riquadro 1.

1. Effetti delle micotossine: differenze fra ruminanti e monogastrici

In generale i ruminanti mostrano una minore suscettibilità alle tossicosi rispetto ai monogastrici, grazie alle condizioni particolari dell'ambiente ruminale e al ruolo "detossificante" di alcuni microrganismi presenti nel rumine. Alcuni ceppi batterici utilizzano le micotossine per il loro metabolismo come fonte di energia, altri le trasformano in metaboliti meno tossici per l'animale. Così, ad esempio, nel latte si ritrova l'ocratossina α che è molto meno attiva dell'ocratossina A, composto da cui deriva proprio grazie ad una metabolizzazione che avviene già in sede ruminale. Purtroppo l'aflatossina B1 risulta molto resistente alle condizioni dell'ambiente ruminale e alla degradazione da parte della popolazione batterica (inferiore al 10%) e, anzi, svolge un'azione diretta e negativa sui microrganismi riducendone la crescita e l'efficienza.

Molti aspetti relativi alle regolamentazione dei livelli massimi ammissibili delle micotossine negli alimenti zootecnici e nei prodotti destinati all'alimentazione umana (di origine vegetale e/o animale), in Europa e nel resto del mondo non sono ancora ben definiti e armonizzati, come descritto nel capitolo 8.
Per gli *alimenti di interesse zootecnico*, e quindi anche per il mais e i derivati, attualmente sono previsti dei limiti massimi solo per l'aflatossina B1, in relazione al suo possibile trasferimento ai prodotti di origine animale. Per le altre micotossine, fino ad oggi, non sono imposti limiti massimi negli alimenti per animali né a livello comunitario né nazionale. Tuttavia, negli Stati Uniti, la Food and Drug Administration (FDA, Usa) ha indicato dei livelli massimi consigliati ("raccomandazioni") di micotossine negli alimenti, con particolare riguardo al mais e ai cereali, per le diverse specie e categorie animali (Tab. 1). Tali livelli sono ampiamente conservativi se confrontati con quelli in grado di determinare evidenti problemi tossicologici negli animali

Tab. 1 - Linee guida (USA) per la presenza di aflatossine, fumonisine e DON nel mais e nei cereali per uso zootecnico

Categoria e specie	Aflatossina nel mais	Fumonisine nel mais e derivati	DON nei cereali
Vacche da latte	20 ppb	30 ppm (<50% della dieta)	5 ppm (<40% dieta)
Bovini da carne (vitelli)	20 ppb	10 ppm (<50% della dieta)	5 ppm (<40% dieta)
Bovini da carne (ingrasso)	300 ppb	60 ppm* (<50% della dieta)	10 ppm** (<50% dieta)
Suini	20 ppb	20 ppm (<50% della dieta)	5 ppm (<20% dieta)
Suini (fase finale)	200 ppb		
Pulcini	20 ppb	100 ppm (<50% della dieta)	10 ppm (<50% dieta)
Polli adulti	100 ppb		
Galline ovaiole		30 ppm (<50% della dieta)	
Conigli		5 ppm (<20% della dieta)	
Cavalli		5 ppm (<20% della dieta)	
Animali da riproduzione	100 ppb		

*oltre 3 mesi di età; ** oltre 4 mesi di età

(vedi Fig. 1, cap. 7). Ogni cautela è comunque giustificata in quanto, a volte, livelli 'borderline' di micotossine, pur non determinando sintomatologia clinica negli animali, sono comunque in grado di incidere negativamente sulle performance zootecniche.

Riguardo ai *prodotti di origine animale* è necessario premettere che, sulla base delle attuali conoscenze, il rischio di assunzione di micotossine per l'uomo è di gran lunga inferiore rispetto a quello riferibile al consumo di alimenti di origine vegetale. Tuttavia, nel caso dei residui di aflatossina M1 nel latte la legge impone dei limiti particolarmente severi (0,05 μg/kg) perché tiene conto del notevole consumo di questo alimento da parte di categorie particolarmente esposte al rischio tossicologico (bambini, degenti, anziani). Questo limite, entrato in vigore dal 1 gennaio 1999, è giustificato dal fatto che la dose giornaliera di M1 in grado di produrre un rischio teorico di un caso di tumore su un milione di individui (1: 10^6) (PMTDI, Provisional Maximum Tolerable Daily Intake) è stata stimata pari a circa 0,2 ng per kg di peso corporeo. Pertanto la concentrazione tollerabile di M1 nel latte, considerati i livelli medi di ingestione giornaliera dovrebbe essere inferiore ad alcune decine di ng/kg.

In Italia una circolare del Ministero della Sanità ha fissato anche il limite della ocratossina A nella carne suina e nei prodotti derivati (vedi cap. 8).

6.2 Il mais nell'alimentazione dei ruminanti: trasferimento delle micotossine al latte e alla carne con particolare riferimento alle aflatossine

Tra gli alimenti di impiego zootecnico (Tab. 2) che contengono maggiori quantità di aflatossine (arachidi e derivati, panello di cocco, di palma, di lino, semi

Tab. 2 - Alimenti zootecnici a più alto rischio di contaminazione da aflatossine

Alimento	Rischio
Granella di mais	Medio o elevato
Farina estrazione germe di mais	Medio o elevato
Glutine di mais	Medio o elevato
Semola glutinata di mais	Medio o elevato
Arachide e derivati	Medio o elevato
Cocco panello	Medio o elevato
Palma panello	Medio o elevato
Lino panello	Medio o elevato
Semi di cotone	Medio
Cotone derivati (panello)	Possibile
Pastoni di mais	Possibile
Insilato di mais	Modesto - possibile
Orzo, frumento	Trascurabile
Fieni, foraggi verdi	Trascurabile

di cotone e derivati ecc.), il mais e i suoi derivati (germe di mais, glutine, semola glutinata) occupano un posto di primaria importanza.
Come già riportato nei capitoli precedenti, soprattutto se le condizioni climatiche sono particolarmente favorevoli allo sviluppo di funghi del genere *Aspergillus (A. flavus e A. parasiticus)*, la contaminazione da aflatossina B1 può essere elevata non solo in partite di mais di importazione ma anche nella granella di produzione nazionale (Tab. 3).

Tab. 3 - Contenuto di aflatossina B1 (μg/kg) in campioni di mais prelevati nel Nord Italia

Fonte	**Pietri *et al.*, 2004**					**Battilani *et al.*, 2005**
Anno	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2003**
Aflatossina B1 (μg/kg)						
- media	1,90	0,30	1,50	1,50	4,10	4,40
- valore minimo	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	--
- valore massimo	109	13	32	28	158	154,50

Riguardo alla contaminazione da aflatossine nell'insilato di mais, alimento di ampia diffusione nelle aziende zootecniche e ad elevata inclusione nelle diete (fino al 50% della sostanza secca ingerita), va ricordato che i processi di fermentazione creano condizioni ambientali (pH, umidità, temperatura, anaerobiosi) tendenzialmente sfavorevoli allo sviluppo dei funghi produttori di micotossine. Ricerche effettuate in Piemonte hanno evidenziato una ridotta presenza di aflatossina B1 nell'insilato di mais (in media 1,3 μg per kg di sostanza secca nel foraggio alla raccolta e 2 μg per kg di sostanza secca nei diversi punti di prelievo della massa insilata). Le concentrazioni di aflatossine più elevate sono comunque presenti nelle zone che presentano un visibile deterioramento aerobico.
Gli studi sulle modalità di trasferimento (carry over) dell'aflatossina B1 presente nelle diete destinate alle **vacche** in lattazione ad aflatossina M1 nel **latte** sono stati condotti da vari autori. In generale, quando si parla di carry over

Tab. 4 - Carry over di aflatossina B1 in vacche a diverso stadio di lattazione e diversa produzione

	Ingestione di AFB1 (μg/d)	**Produzione di latte (kg/d)**	**Concentrazione di AFM1 nel latte (μg/kg)**	**Escrezione di AFM1 nel latte(μg/d)**	**Carry-over (%)**
Inizio lattazione	39	39,5	0,06	2,4	6,2
Fine lattazione	34	16,6	0,04	0,6	1,8
Alta produzione	7	39,4	0,01	0,3	3,6
Bassa produzione	14	17,4	0,02	0,4	2,6
Alta produzione	33	39,3	0,03	1,2	3,8
Bassa produzione	36	16,8	0,05	0,9	2,5
Alta produzione	57	37,0	0,06	2,3	4,0
Bassa produzione	56	14,8	0,10	1,4	2,5

delle micotossine si intende il rapporto fra la quantità di micotossina escreta (ad esempio nel latte) e quella ingerita dall'animale, esprimendo entrambi i valori in μg/d (o mg/d). Nel caso specifico della aflatossina M1 nel latte, il carry over raggiunge valori variabili dall'1 al 3%. Esiste tuttavia una elevata variabilità individuale e di razza, anche se non sono ancora disponibili in letteratura dati conclusivi su questi aspetti. È ormai accertato invece che, a parità di quantità di micotossina ingerita, il tasso di trasferimento complessivo della B1 negli alimenti a M1 nel latte è più elevato ad inizio di lattazione rispetto ad una fase avanzata e nelle bovine ad alta produzione rispetto a vacche meno produttive. Questo risultato è legato alla diversa quantità di latte prodotto, in quanto se si considerano le concentrazioni di aflatossina M1 nel latte, le differenze sono abbastanza limitate (Tab. 4). Anche la presenza di patologie alla mammella può aumentare il carry over.

Dal punto di vista pratico, per stimare il trasferimento di aflatossina M1 in un'intera mandria è ormai ampiamente diffusa l'equazione proposta da Veldman *et al.* (1992):

Aflatossina M1(ng/kg di latte) = 1,19 x Aflatossina B1(μg/capo/d) +1,9

Secondo questa equazione con un'ingestione di aflatossina M1superiore a 40 μg/capo/d, si possono superare i limiti di legge di M1 nel latte pari a 0,05 μg/kg (vedi riquadro 2).

L'aflatossina M1 compare nel latte già nella mungitura successiva all'assunzione del pasto contenente alimenti contaminati (anche se sono necessari 2-3 giorni di somministrazione continua perché il livello di M1 si stabilizzi). Nel contempo, il passaggio ad una dieta non contaminata, garantisce una rapida riduzione dei livelli di M1 nel latte già a partire dalla mungitura successiva e il raggiungimento di valori vicini allo 0 nell'arco di 3-5 giorni.

2. Calcolo dei livelli di aflatossina B1 nella razione e di M1 nel latte

1) *Esempio di calcolo del livello di aflatossina M1 nel latte a partire da una data razione*
Considerando di includere il mais con un contenuto di B1 uguale alla soglia massima di tolleranza ammessa dalla legge (0.02 mg/kg pari a 20 μg/kg) in un mangime in quantità pari al 30%, si otterrà un mangime complementare con (20 x 0.30) = 6 μg/kg di B1. Se si somministrano all'animale 8 kg di mangime, la quantità di B1 ingerita giornalmente sarà 8 x 6 = 48 μg/d.
Utilizzando la formula: *Aflatossina M1(ng/kg di latte) = 1,19 x Aflatossina B1(μg/capo/d) +1,9*
si otterranno 59,02 ng di M1 pr kg di latte prodotto. Questo valore è superiore ai limiti di legge (50 ng/kg o 0,05 μg/kg).

2) *Esempio di calcolo del livello massimo di aflatossina B1 nella razione per rimanere al di sotto dei limiti di legge*
Utilizzando la formula: *Aflatossina B1(μg/capo/d) = (Aflatossina M1(ng/kg di latte) – 1,9)/1,19*
e considerando il limite di legge (50 ng/kg o 0,05 μg/kg), il contenuto massimo di aflatossina B1 nella razione sarà pari a 40,42 μg/d. Se l'inclusione del mangime nella razione è pari a 8 kg/d, la concentrazione massima di B1 nello stesso mangime non potrà superare 5 μg/kg (che è il limite attualmente previsto per i mangimi destinati a vacche in lattazione). Nel caso si utilizzasse direttamente il mais come materia prima nella razione in quantità di 3 kg/d per capo, il limite massimo di B1 sarà pari nel cereale a 13,5 μg/kg (inferiore al limite attualmente previsto per il mais per uso zootecnico).

Le strategie di prevenzione della micotossina M1 nel latte da parte dell'allevatore (sintetizzate nelle linee guida a fine capitolo) dovrebbero partire da un controllo periodico del tenore di M1 nel latte (ogni 15 giorni o comunque ad ogni modifica della razione). Se i livelli di aflatossina M1 superano 0,05 μg/kg (limite di legge), è necessario intervenire tempestivamente eliminando dalla razione i concentrati a rischio (mais, panelli e farine di arachide ecc.) sostituendoli con materie prime più sicure (farine di soia e girasole per l'apporto proteico, sottoprodotti della molitura, frumento, orzo per l'apporto di energia), modificando adeguatamente la formulazione della razione per soddisfare i fabbisogni delle bovine e mantenere i giusti rapporti fra i nutrienti. Se i livelli di M1 non superano i limiti di legge ma sono comunque vicini alla soglia massima è necessario controllare le nuove partite di mangimi semplici o composti introdotti recentemente nella razione, eventualmente sostituirli e far analizzare immediatamente i componenti più a rischio. In questi casi è possibile anche intervenire adottando altre strategie come alcuni trattamenti fisici della granella (vagliatura, spazzolatura, ecc., vedi cap. 4). È importante ricordare che la legislazione attuale non permette alcun trattamento chimico della granella, né la diluizione del prodotto contaminato. I metodi di decontaminazione che si possono adottare e che si basano sull'allontanamento delle particelle contaminate, devono soddisfare alcuni importanti requisiti, come riportato in un documento della FAO (vedi riquadro 3).

3. Caratteristiche dei metodi di decontaminazione degli alimenti

- Essere efficaci nel rimuovere/distruggere/inattivare le micotossine
- Non apportare, generare e lasciare residui tossici nei prodotti finali
- Conservare il valore nutritivo e l'appetibilità del prodotto senza alterare le proprietà tecnologiche
- Distruggere le spore fungine e il micelio
- Essere economici
- Essere semplici e non richiedere tempi lunghi di applicazione
- Essere a basso impatto ambientale

L'azione delle sostanze leganti, come gli allumino-silicati di sodio e calcio, zeoliti, carboni attivi, bentonite di sodio, argille, polimeri speciali (il cui uso è autorizzato dal Reg. (CE), n. 2439/1999 del 17 novembre 1999) si basa sulla capacità di adsorbimento di materiali inerti che si legano in modo stabile alle tossine riducendone l'assorbimento nel tratto intestinale. L'uso di queste sostanze negli allevamenti di vacche da latte deve essere attentamente valutato (considerando anche il costo, generalmente elevato), in quanto molti leganti hanno dato risultati positivi in prove effettuate *in vitro* o su animali monogastrici, ma hanno dimostrato una elevata variabilità di risposta quanto sperimentati su bovine in lattazione. Dal punto di vista pratico vale la pena ricordare che il legante va aggiunto e accuratamente miscelato all'alimento contaminato e non, ad esem-

pio, inserito nel carro miscelatore dopo aver introdotto tutti i componenti della dieta. Inoltre è necessario tenere in considerazione che il particolare meccanismo di azione di questi leganti, che si basa come sopra detto su un "intrapppolamento" di tipo fisico delle micotossine, può comportare un'azione sequestrante anche nei confronti di importanti nutrienti (alcune vitamine, minerali), per cui è consigliabile rivedere la formulazione della razione da questo punto di vista. A titolo di esempio si riportano in Figura 1 i risultati di una prova che prevedeva l'aggiunta di allumino-silicato alla dieta di vacche in lattazione.
Va infine ricordato che nel caso di presenza in azienda di partite di mais (o altre materie prime) con un elevato grado di contaminazione da aflatossina B1, è assolutamente sconsigliato somministrare questi alimenti ad animali che non sono in produzione, come vitelli/e o manze, in quanto la sensibilità alla aflatossina è più elevata negli animali giovani (vedi cap. 7).
Anche per il latte prodotto da animali da latte appartenenti ad altre specie si fa riferimento al limite massimo sopra riportato per il latte vaccino (0,05 μg/kg).
Sia nel **latte caprino** che **ovino** si ritrova, analogamente a quello bovino, la presenza di aflatossina M1 derivante dall'assunzione di alimenti contaminati da B1. Nel latte ovino la presenza di M1 può essere stimata a partire da una formula simile a quella vista sopra per le bovine:
Aflatossina M1(ng/kg di latte) = 1,36 x Aflatossina B1(μg/capo/d) +4,3
Da questa equazione emerge che per non superare il limite di legge (sempre pari a 0.05 μg/kg), la quantità di B1 somministrata giornalmente alle pecore non può superare i 34 μg/d. La concentrazione di B1 nel mangime quindi dovrà essere inferiore a 34, 45, 67, 134 μg/kg per quantità somministrate pari

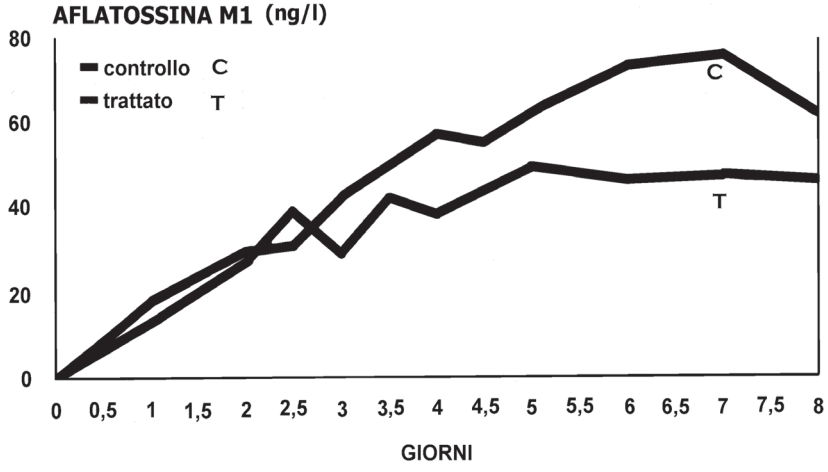

Fig. 1 - Effetto dell'aggiunta di allumino-silicato alla dieta sul tenore di aflatossina M1 nel latte

rispettivamente a 1 kg/d, 750 g/d, 500 g/d e 250 g/d.
In una prova effettuata somministrando alimenti naturalmente contaminati a **bufale** in lattazione, si è potuto osservare che nel latte di bufala oltre alla aflatossina M1 sono presenti anche le aflatossine M2, B1 e B2. La percentuale di escrezione rispetto alla quantità ingerita è risultata più elevata per la M2 (2%) e sensibilmente inferiore per le altre (0,2%, 0,05% e 0,2% rispettivamente per M1, B1 e B2). Indagini condotte sul latte di bufala prodotto in Campania, hanno rilevato una bassa percentuale di positività dei campioni analizzati (4% dei campioni con valori di B1 inferiori al limite di legge).
Una trattazione specifica merita anche la presenza di micotossine nei **prodotti lattiero-caseari**. In Europa alcuni paesi hanno fissato dei limiti nei formaggi senza distinzione fra le diverse tipologie (ad esempio la Svizzera: 0,250 μg/kg). A livello UE, non ci sono indicazioni precise sui formaggi e gli altri derivati del latte ma nel Regolamento (CE) n. 466/2001 nell'articolo 2 si precisa che *"nel caso di prodotti diversi da quelli indicati nell'allegato* (e quindi nello specifico nel latte) *che siano essi essiccati, diluiti, lavorati o composti da più di un ingrediente, il tenore massimo applicabile sarà quello indicato nell'allegato 1 (*cioè nello specifico per il latte*) tenendo presente rispettivamente le modifiche della concentrazione del contaminante causate dalla procedura di essiccamento o dalla diluizione, le modifiche della concentrazione del contaminante causate dalla lavorazione, le relative proporzioni degli ingredienti nel prodotto, nonché il limite analitico della quantificazione".* Sulla base di questa norma la regione Veneto, a seguito dell'emergenza del 2003, ha suggerito di adottare, per calcolare i limiti di aflatossina M1 nei formaggi, i coefficienti di trasformazione del latte in formaggio (riportati per i formaggi italiani nella G.U. n. 183 dell'8 agosto 2003). A titolo esemplificativo si riporta l'esempio di calcolo del tenore massimo di aflatossina M1 nell'Asiago Pressato, che presenta un coefficiente pari a 8,95, cioè una resa casearia pari all'11,2%:
Aflatossina M1 nel formaggio = 0,05 (limite aflatossina M1 nel latte) x 8,95 = 0,447 μg/kg.
In Italia inoltre è stata pubblicata in data 24 agosto 2004 la nota D.G.V.A/IX/25664/f.5.b.b.2/P del Ministero della Salute che fissa un limite di 0,45 μg/kg, quale valore provvisorio e riferito solo ai formaggi a pasta dura e lunga stagionatura (es. Parmigiano Reggiano).

Il trasferimento dall'alimento al latte è molto più basso nel caso di altre micotossine: ad esempio studi effettuati sulle *fumonisine* hanno indicato un valore medio di carry over dello 0,05% con punte massime dello 0,11% che portano a livelli di concentrazione finale della micotossina nel latte molto bassi (inferiori a 5-6 μg/l). Il *DON* non è stato ritrovato nel latte bovino in quantità

apprezzabile (<4 μg/kg) neppure somministrando dosi molto elevate (920 mg). Anche le *ocratossine* non destano preoccupazione per quanto riguarda il loro trasferimento nel latte vaccino in quanto sono riscontrabili in concentrazioni quantitativamente misurabili solo con assunzioni di micotossina in quantità pari a 50 mg per kg di dieta (o 1,66 mg/kg di peso vivo; inoltre, come già accennato precedentemente, prevale la forma alfa che non esprime la tossicità del composto progenitore. Nessun rischio per il consumatore è ravvisabile per gli eventuali residui di *zearalenone* nel latte. Infine per la *tossina T-2* è stato evidenziato un carry over molto variabile ma tendenzialmente basso (da 0,02 a 0,32%).
Mentre gli studi effettuati sulla presenza di micotossine nel latte sono numerosi, per quanto riguarda la *carne* e altri tessuti edibili, le sperimentazioni sono generalmente più limitate sia nei bovini che in altre specie da reddito. Al momento attuale non ci sono evidenze sperimentali che dimostrino un trasferimento delle *aflatossine* dall'alimento alla carne bovina in dosi ritenute pericolose per la popolazione. Il carry over riportato per le aflatossine nel fegato bovino è pari a 0,007% e risulta molto inferiore rispetto a quello relativo al fegato di altre specie come il pollo (0,083%) e il suino (0,125%). Riguardo alle *fumonisine*, solo un'esposizione prolungata e a dosi elevatissime di queste sostanze nella razione di vitelloni da carne (400 ppm di B1 e 130 ppm di B2, per 30 giorni) può determinare la comparsa della micotossina in alcuni organi e tessuti (2070 μg/kg nel fegato) e in quantità più contenute nella carne bovine (97,3 μg/kg nel muscolo).

6.3 Il mais nell'alimentazione dei suini e trasferimento delle micotossine alla carne con particolare riferimento all'ocratossina

I suini, a differenza di altre specie, sono molto sensibili alle ocratossine (vedi cap. 7) e tendono ad accumulare questa micotossina non solo nelle frattaglie (fegato, rene) ma anche nel muscolo e nel grasso. Il problema della presenza di ocratossina A (OTA) nella carne suina e nei prodotti della salumeria è abbastanza recente e sembrava riguardare soprattutto i suini allevati nei paesi del Nord Europa e dell'Est europeo. Un'indagine condotta recentemente ha però segnalato una non trascurabile presenza di OTA in prodotti di salumeria di vario tipo, cotti e crudi, reperibili sul mercato (Fig. 2). L'elevata stabilità dell'ocratossina A (vedi Tab. 1, cap. 7), fa supporre che questa micotossina possa ritrovarsi sia nei prodotti di salumeria ottenuti previa cottura (prosciutto, mortadella, würstel), che in quelli stagionati (prosciutto crudo, salame). Va sottolineato a questo proposito anche l'importanza di disporre di locali per la stagionatura dei salumi che siano caratterizzati da condizioni ambientali sfavorevoli alla possibile proliferazione dei funghi produttori di ocratossina.

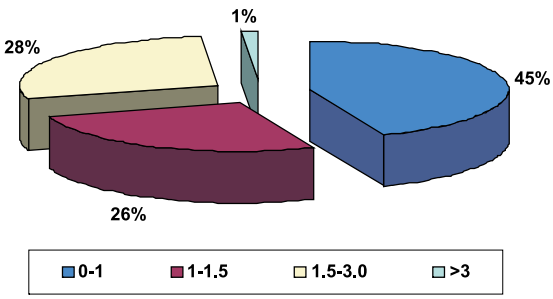

Fig. 2 - Presenza di OTA (ppb) in salumi prelevati dalla GDO (Zannotti *et al.*, 2001)

Le strategie di prevenzione e controllo di questa micotossina negli allevamenti suini sono legate essenzialmente ad un monitoraggio adeguato dei mangimi utilizzati in modo da poter intervenire tempestivamente se i livelli di ocratossina nella razione sono elevati. Esistono poi delle sostanze in grado di fungere da *competitors* con la ocratossina A (ad esempio la fenilalanina).
Pur non essendo "normate", anche le *fumonisine* possono trasferirsi dagli alimenti somministrati ai suini in accrescimento-ingrasso ai vari organi e tessuti. La somministrazione in via sperimentale di dosi consistenti di fumonisina B1 ai suini (100 mg/d) ha evidenziato un trasferimento in alcuni organi bersaglio (reni e fegato) ma livelli trascurabili in muscolo e grasso (26 e 2 μg/kg). Le sperimentazioni condotte fino a questo momento dai ricercatori dell'Università di Padova, indicano l'assenza di residui di fumonisina nel rene (che è considerato l'organo più a rischio) quando i suini vengono esposti a concentrazioni dell'ordine delle decine di ppm nell'alimento completo. Concentrazioni più alte sono già in grado di determinare una sintomatologia nei suini allevati e quindi l'animale è in questo caso sentinella del pericolo per il consumatore.
Come sopra ricordato relativamente alle *aflatossine*, la presenza di questa micotossina è molto bassa nella carne suina. In alcuni organi, come il fegato suino le aflatossine vengono trasferite in modo più diretto (carry-over dello 0,125%).

6.4 Il mais nell'alimentazione degli avicoli e trasferimento delle micotossine alla carne e alle uova

Le uova rappresentano il prodotto di origine animale tra i meno controllati per il potenziale rischio derivante dalla presenza di micotossine.
Riguardo al trasferimento di *aflatossine* dall'alimento all'uovo, i risultati di prove condotte da vari autori sono contrastanti (carry-over variabili da 0,0015%,

Linee guida per gli allevatori di vacche da latte finalizzate al controllo della aflatossina M1 (AIA, modificato)

Modalità di conservazione e distribuzione degli alimenti

Mais e derivati

Silomais e pastone di mais

Altri alimenti

Se il mais è prodotto in azienda, adottare tutte le buone pratiche di coltivazione, dalla scelta dell'ibrido all'epoca di semina e di raccolta (cap. 1)

Se il mais è essiccato in azienda, adottare le strategie per una efficace e rapida essiccazione, ad es. evitare la permanenza della granella umida in cumulo all'esterno, no ai cassoni in rete ecc. (tab. 4, cap. 4)

Durante le operazioni di trinciatura e insilamento, adottare tutte le buone pratiche per assicurare un corretto svolgimento dei processi di fermentazione

Durante lo stoccaggio:
- scartare partite con alterazioni visibili
- verificare se ci sono granelle rotte
- eventuale vagliatura
- controllare umidità (<14%) e temperatura (<15°C) della granella
- controllare presenza zone umide nei locali di stoccaggio
- pulizia dei locali di stoccaggio
- eventuali trattamenti con addititvi (ac propionico)
- eventuali trattamenti con insetticidi

Nell'insilato di mais:
- eliminare parti che presentano muffe e deterioramento aerobico visibile
- adeguare la velocità di avanzamento del fronte di taglio (10 cm in inverno, 20 cm in estate)
- nel pastone di granella la velocità di avanzamento del fronte dovrebbe essere 30 cm in inverno, 60-80 cm in estate)
- eventuali interventi con additivi

Evitare se possibile l'introduzione nella razione di alimenti a rischio aflatossine come derivati di arachidi,cocco, palmisti, cotone ecc. (tab. 2)

Se si acquistano mangimi complementari e altre materie prime dall'esterno richiedere garanzie sui prodotti come stabilito dal D.L. n. 149 del 10 maggio 2004 (tab. 7, cap. 8)

Prelievi di campioni di alimenti e di latte

Aflatossina B1 sugli alimenti

Quando?
Se si acquistano grosse partite di mais e altre materie prime a rischio.
Se si inizia una trincea (insilato)

Attenzione alle modalità di prelievo di campioni rappresentativi della massa (cap. 5)

Conservazione prima della consegna al laboratorio:
-mais a 4°C (refrigerato)
-insilati -18°C (congelato)

Aflatossina M1 nel latte

Quando?
Ogni 15 giorni oppure ad ogni variazione della razione (nuove partite, nuovi alimenti inseriti)

Prelievo dalla vasca di refrigerazione (dopo miscelazione)

Conservazione prima della consegna a -4°C

Metodo di analisi ELISA (screening) e HPLC (per conferma se positività)

Interventi sulla razione

Aflatossina M1nel latte > 0.05 μg/kg

Eliminare dalla razione il mais e sostituire con altri cerali aggiustando però la formulazione dell'intera razione

Ricontrollare aflatossina M1nel latte dopo 2-3 giorni

Se M1 < 0.05 μg/kg

Latte utilizzabile ai fini alimentari

Se M1 vicina al valore di 0.05 μg/kg

Possibile utilizzo di sostanze leganti
- miscelare direttamente sull'alimento contaminato (no nel carro miscelatore)
- verificare l'efficacia del prodotto
- aggiungere alla razione vitamine e minerali che possono essere adsorbiti dai leganti

Se M1 > 0.05 μg/kg

Controllare gli altri componenti della razione partendo da quelli a rischio

Se il livello di M1 nel latte è molto elevato l'uso dei leganti è sconsigliato

fino a 0%). Per quanto riguarda le *fumonisine*, ricerche effettuate somministrando fumonisine a galline ovaiole hanno evidenziato un trasferimento verso fegato e reni ma quantità irrilevanti negli altri organi e, soprattutto, nelle uova (<10-15 ng/g con somministrazioni *per os* di 2 mg per kg di P.V.). Per quanto concerne invece lo *zearalenone*, possibili residui di metaboliti (α e β zearalenolo) possono essere presenti nelle uova (tuorlo), nel fegato e nella carne se l'esposizione alla contaminazione è prolungata.
A seguito di questi risultati, non ancora definitivi, oltre ai leganti citati precedentemente, sono state messe a punto e testate anche altre sostanze (ad es. glucomannani esterificati) in grado di ridurre la concentrazione di micotossine (e in particolare di aflatossine) nelle uova con risultati molto positivi in prove effettuate in vitro (capacità di legare il 95% della tossina) ma non sempre concordanti in esperimenti effettuati in vivo, nei quali sembra giocare un ruolo determinante il tipo e il grado di contaminazione degli alimenti.

Riassumendo… Micotossine: rischio di contaminazione dei prodotti di origine animale

Ruminanti:

- *rischi principali:* trasferimento della aflatossina B1 degli alimenti a M1 nel latte, soprattutto quando nella dieta sono utilizzate alte percentuali di mais (contaminato) o altri alimenti considerati a rischio. Rischio limitato con silomais di buona qualità.
- *prevenzione:* controllo periodico del latte (limite massimo: 0,05 μg/kg), con eliminazione degli eventuali alimenti considerati a rischio e rimodulazione della dieta.

Suini:

- *rischi principali:* trasferimento della ocratossina nel fegato, nel rene, nel muscolo e nel grasso. Attenzione anche alla contaminazione di prodotti di salumeria sottoposti a cottura e stagionatura.
- *prevenzione:* controllo periodico dei mangimi utilizzati, intervenendo tempestivamente in caso di concentrazioni elevate.

Avicoli:

- *rischi principali:* possibile trasferimento di aflatossine all'uovo; possibili residui di metaboti di zearalenone nelle uova, nel fegato e nella carne.
- *prevenzione:* controllo periodico dei mangimi utilizzati, possibile utilizzo di sostanze leganti (glucomannani esterificati).