Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 69 (1978)

Heft: 4

Artikel: Zur Ausscheidung von Aflatoxin M1 in die Milch und dessen Vorkommen in Milch und Milchprodukten - eine Literaturübersicht

Autor: Sieber, R. / Blanc, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983334

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **69**, 477—491 (1978)
Eingegangen 15. Juni 1978. Angenommen 6. September 1978

Zur Ausscheidung von Aflatoxin M_1 in die Milch und dessen Vorkommen in Milch und Milchprodukten — eine Literaturübersicht

R. Sieber und *B. Blanc*
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern
(Direktor: Prof. Dr. B. Blanc)

Einleitung

Im Jahre 1960 gingen in England nach dem Verfüttern von verschimmeltem Erdnußmehl Tausende von Truthühnern, Enten, Rebhühnern und Fasanen ein (1, 2). Aus dem Futter wurde das verantwortliche Toxin und gleichzeitig der Schimmelpilz *Aspergillus flavus* isoliert, der seinerseits diese toxische Substanz bilden konnte (3, 4). Nach dem Namen dieses Pilzes wurde das von ihm gebildete toxische Stoffwechselprodukt «Aflatoxin» genannt. Es konnten einzelne Komponenten charakterisiert werden, die nach ihrer Fluoreszenzfarbe im UV-Licht die Bezeichnung B (blau) und G (grün) erhielten und die sich in B_1, B_2, G_1 und G_2 unterteilen ließen (5—8).

Aus der Milch von Kühen, an die aflatoxinhaltiges Futter, ebenfalls verschimmelte Erdnüsse, verfüttert wurde, konnte eine weitere, für Entenküken toxische Substanz isoliert werden (9, 10), die zu den gleichen pathologischen Veränderungen der Leber wie die Aflatoxine führte. Ebenso war die Substanz aus einem toxischen Kuhmilchextrakt identisch mit einer Substanz aus der Milch von Ratten, die reines Aflatoxin B_1 erhalten hatten. Diese wurde als «Milchtoxin» bezeichnet (11). Auch *Butler* und *Clifford* (12) zeigten, daß das Aflatoxin B_1 in der Leber von Ratten in das «Milchtoxin» umgewandelt wurde. Später isolierten *Allcroft* et al. (13) dieses Toxin nach dem Verfüttern von reinem Aflatoxin B_1 an Schafe aus Urin, Blut, Leber und Niere, zeigten chromatographisch dessen Uebereinstimmung mit dem «Milchtoxin» von *de Jongh* et al. (11) und schlugen den Namen Aflatoxin M vor, weil es zuerst in Milch gefunden wurde. Es ließ sich in zwei blauviolett fluoreszierende Fraktionen zerlegen, die Aflatoxine M_1 und M_2 (14). Auch konnte bestätigt werden, daß das Aflatoxin M_1 in der Milch die gleiche Struktur hatte wie das Aflatoxin M_1 im Urin der Schafe (15). *Fehr* et al. (66) fanden jedoch in der Milch von Kühen und Ziegen vorwiegend Aflatoxin B_1, in geringerem Maße auch M_1. Weitere Untersuchungen gaben Aufschluß über die Ausscheidung von Aflatoxin M_1 bei Kuh und Schaf, nachdem diese die Aflatoxine

B_1, B_2, G_1, G_2 erhielten (16, 17). Nach oraler Verabreichung von Aflatoxin B_1 konnte in Urin und Kot von Rhesusaffen (18) und nach dem Verzehr von aflatoxinkontaminierten Nahrungsmitteln im Urin von Menschen (19) Aflatoxin M_1 nachgewiesen werden.

Die Struktur der verschiedenen Aflatoxine ist in Abbildung 1 zusammengestellt. Für ein vertieftes Studium des gesamten Fragenkomplexes (20—22), ebenso über die Bedeutung der Aflatoxine in der Milchwirtschaft (23, 24), sei auf verschiedene Monographien verwiesen. Im folgenden beschränken wir uns auf das Aflatoxin M_1 und beleuchten dessen Vorkommen in der Milchwirtschaft.

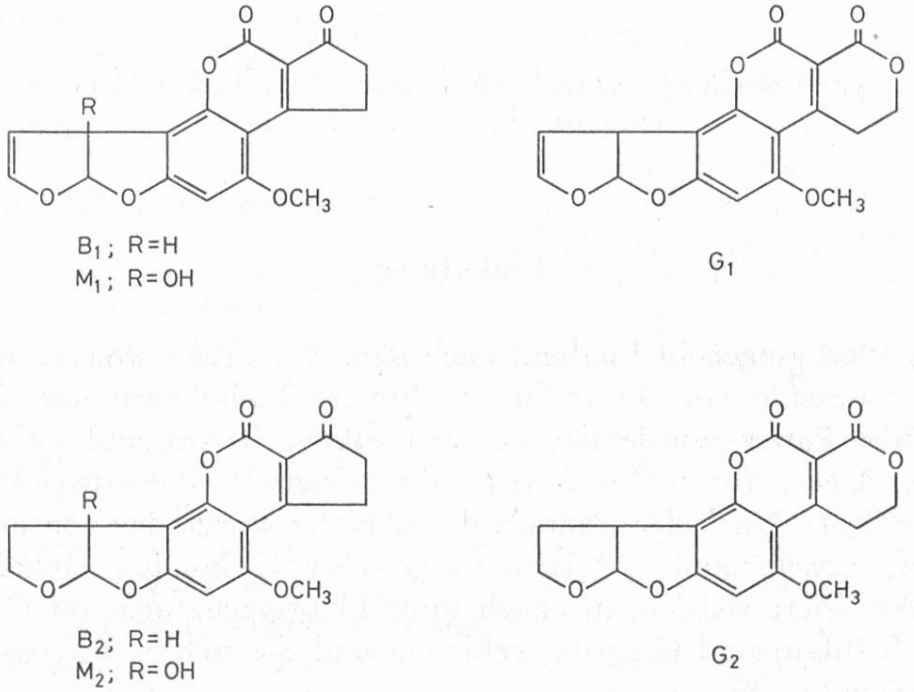

Abb. 1. Struktur der Aflatoxine B_1, B_2, G_1, G_2, M_1, M_2

Biologische Eigenschaften von Aflatoxin M_1

Die akute Toxizität des Aflatoxins M_1 ist der von B_1 ähnlich. So betragen die LD_{50}-Dosen bei eintägigen Entenküken nach oraler Applikation 0,3—0,5 mg/kg (25).

Neben der akuten Toxizität hat vielmehr die starke krebserzeugende Wirkung der Aflatoxine das Interesse auf sich gezogen. So wurde aus den Werten epidemiologischer Untersuchungen an Menschen in tropischen Ländern gefolgert, daß die unter schweizerischen Verhältnissen noch duldbare Aflatoxinaufnahme kaum über 1 ng/Mensch · Tag (= 1 Milliardstel g) erreichen sollte (26). Dabei ist das Aflatoxin M_1 etwa 4—10mal weniger kanzerogen als das Aflatoxin B_1 (26), wie Untersuchungen an der Regenbogenforelle (27—29) und an der Ratte (30) gezeigt haben. Nach *Barnes* (31) dagegen entwickelten Ratten, die während 2 Jahren eine Diät mit 50% gefriergetrocknetem Milchpulver (5,0 µg/kg Aflatoxin M_1) erhielten, keine Lebertumore. Studien an *Salmonella typhimurium* TA98 zeigten, daß

Aflatoxin M_1 gegenüber von Aflatoxin B_1 eine relative mutagene Wirkung von 0,032 aufweist (67).

Ausscheidung von Aflatoxin M_1

An Kühe verfüttertes Aflatoxin B_1 wird von den Mikroorganismen des Pansens nicht zu anderen fluoreszierenden Verbindungen umgewandelt (32) und erscheint bereits 2 Stunden nach der Verabreichung im Blut, wie mit radioaktiv markiertem ^3H Aflatoxin B_1 gezeigt werden konnte (33). Nach *Engel* und *Hagemeister* (45) werden 95% und mehr des verabreichten Aflatoxins vermutlich in den Vormägen abgebaut wie dies in *vitro*-Untersuchungen mit Panseninhalt zeigten oder in den Vormägen resorbiert und 2—5% erreichen den Darm. Bereits 5 Stunden nach der Aufnahme von aflatoxinkontaminiertem Futter konnte Aflatoxin M_1 in der Milch gefunden werden (16, 17, 33); nach anderen Autoren erst nach 12 bis 24 Stunden (34—37). Bei längerfristiger Verfütterung von Aflatoxinen erreicht die Aflatoxin-M_1-Ausscheidung nach 3 bis 4 Tagen ihre höchsten Werte (33, 38) und bleibt bei fortwährender Zufuhr konstant (34, 35); doch zeigen andere Untersuchungen keine stetige Ausscheidung (Tabelle 1) (36, 39) oder eine maximale Ausscheidung nach 5 bis 6 Tagen mit einem darauffolgenden Rückgang (45).

Tabelle 1. Prozentuale Aflatoxin-M_1-Ausscheidung in die Milch nach einer täglichen Aufnahme von 10 mg Aflatoxin B_1 bei einer einzelnen Kuh (39)

Woche	M_1-Ausscheidung in % des verfütterten B_1
1	0,69
2	0,49
3	0,79
4	0,79
6	1,01
7	1,05
8	1,30
10	0,82
11	0,77
12	0,99
14	0,87

Verschiedene Untersuchungen haben einen Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Aflatoxin B_1 und der Ausscheidung von Aflatoxin M_1 in die Milch aufgezeigt (16, 17, 33—45). In der Tabelle 2 sind dazu die verschiedenen prozentualen Werte angegeben. Es kann festgestellt werden, daß die Ausscheidungsquote größtenteils unter 1,5% liegt. Einzig *Masri* et al. (39) fanden unter 6 Kühen

ein Tier, das nach dem Verfüttern von 5 mg B_1/Tag über 38 Wochen in den ersten 16 Wochen zwischen 2,37 bis 3,94% der aufgenommenen B_1 als M_1 ausschied. Auch innerhalb einer genetisch stark verwandten Herde von Kühen konnte zwischen der geringsten und höchsten Ausscheidungsmenge ein Verhältnis von 1 : 6,75 festgestellt werden (37).

Tabelle 2. Ausscheidung von Aflatoxin M_1 in Abhängigkeit von der verzehrten Aflatoxin-B_1-Menge bei Kuh und Schaf

Autor	Ausscheidung von Afl.M_1 in % bezogen auf den Afl.B_1-Gehalt im Futter
Allcroft et al. (16)	0,35
Masri et al. (39)	1,56 (0,5—3,9)
Kuh 2	2,37—3,94
Neumann-Kleinpaul und Terplan (41)	1,39
Hoversland et al. (44) / McKinney et al. (38)	0,43—1,38
Kiermeier (36)	0,86
Kiermeier und Mücke (40)	0,18—0,39
Polan et al. (33)	0,00—0,30
Lafont und Lafont (42)	0,78—0,90
Engel und Hagemeister (45)	<0,6
Nabney et al. (17): Mutterschaf	0,25

Zwischen der täglichen Aufnahme von Aflatoxin B_1 und der Ausscheidung von Aflatoxin M_1 in die Milch ist eine lineare Beziehung festzustellen. Berücksichtigt man die Werte von *Polan* et al. (33), *van der Linde* et al. (34), *Allcroft* und *Roberts* (35), *Kiermeier* et al. (37), *McKinney* et al. (38), *Masri* et al. (39), *Kiermeier* und *Mücke* (40) und *Lafont* und *Lafont* (42), so läßt sich anhand der Regressionsanalyse die Gerade mit $y = -2{,}55 + 0{,}84\,x$ ($r^2 = 0{,}73$) ($n = 43$) beschreiben (Abb. 2). Bei den Arbeiten von *McKinney* et al. (38), *Masri* et al. und *Lafont* und *Lafont* (42) wurden die über mehrere Tage bzw. Wochen angegebenen Werte eines Tieres als Durchschnittswert in die Rechnung einbezogen. Es ist dabei zu beachten, daß diese Versuche meistens mit Mengen über 1 mg Aflatoxin B_1/Tag durchgeführt wurden mit Ausnahme von 0,875 mg (35), 0,1, 0,2, 0,6 mg (37), 0,046 und 0,250 mg (33), während bei einer Untersuchung von 105 Futtermittelproben ein Einzel- bzw. ein Mischfuttermittel einen maximalen Aflatoxin-B_1-Gehalt von 280 bzw. 300 µg/kg aufwiesen (46). Werden bei der oben erwähnten Regressionsanalyse die Werte über 30 mg Aflatoxin B_1/Tag als zu hoch weggelassen, so resultiert daraus: $y = -0{,}01 + 0{,}64\,x$ ($r^2 = 0{,}82$) ($n = 39$).

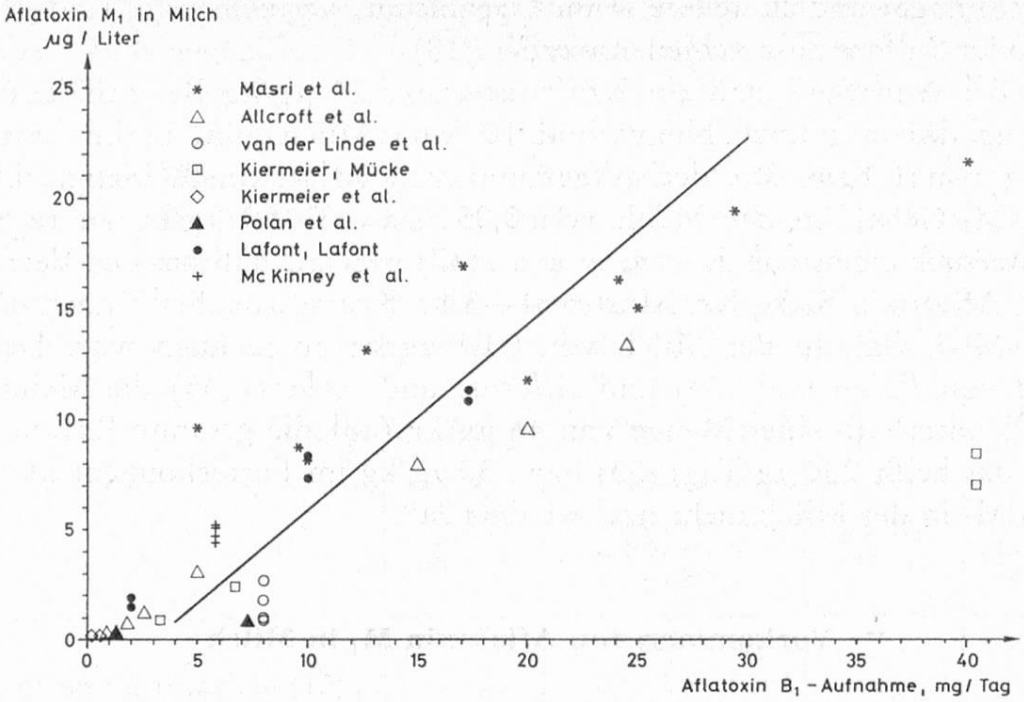

Abb. 2. Aflatoxin-M_1-Gehalt in Milch von Kühen, die unterschiedliche Mengen von Aflatoxin B_1 erhielten (Wert von Masri et al.: 80 mg B_1 nicht eingezeichnet).

Nach dem Absetzen der aflatoxinkontaminierten Ration oder von reinem Aflatoxin B_1 ist das Aflatoxin M_1 in der Milch nicht mehr nachweisbar*: nach zwei Tagen (33), nach etwa 2 bis 3 Tagen (37, 40), nach 3 Tagen (41), nach 3 bis 4 Tagen (34, 35, 38). Bei größeren Mengen an zugeführtem Aflatoxin B_1 dauert die Ausscheidung 4 bis 5 Tage (36, 40 45) und kann bis zum 9. (42, 66) bzw. 13. (37) Tage anhalten. Nach einer täglichen Zufuhr von 10 bis 40 mg über mehrere Wochen waren 7 Tage nach dem Absetzen noch 1—5 µg/kg (39, 43) und 9 Tage nach einer über 5 Tage dauernden Zufuhr von 17,25 mg/Tag noch meßbare Mengen (0,20 µg/kg zu finden (42). In Studien, bei denen nur eine einzige Dosis Aflatoxin an Kühe (16) und an laktierende Mutterschafe (17) gegeben wurde, konnte ebenfalls gezeigt werden, daß die Ausscheidung des Aflatoxin M_1 in die Milch nach 4 bzw. 5 Tagen beendet war. Im Urin konnten bei Kuh und Schaf nach 5 Tagen, im Kot nach 6 Tagen bei der Kuh und nach 8 Tagen beim Schaf noch meßbare Mengen von Aflatoxin nachgewiesen werden (16, 17). In diesen Untersuchungen zeigte sich auch, daß mehr als 90% der verfütterten Aflatoxine nicht in den Exkreten gefunden werden konnten. Nach *Engel* und *Hagemeister* (45) werden bei den Milchkühen weniger als 1% im Kot und bis zu 5% des verabreichten Aflatoxins im Urin und nach *Polan* et al. (33) 5% im Kot und 3,2% im Urin ausgeschieden. Es ist zu erwarten, daß über eine Demethylierung der Methoxylgruppe die Aflatoxine in nichtfluoreszierende und nichttoxische Stoffwech-

* Nachweisgrenze in µg/kg: 0,04 (36, 37, 40), 0,1 (38, 45), 0,2 (42), 0,33 (35), 0,6 (41), 1 (16, 17, 39, 43).

selprodukte umgewandelt, teilweise im Organismus verbleiben (68) oder als Glucuronide oder Sulfate ausgeschieden werden (18).

Unter der Annahme, daß ein Kraftfutter nur 10 µg/kg B_1 enthält, eine Kuh täglich 5 kg davon zu sich nimmt und 10 Liter Milch gibt, ist bei einer Metabolisierung von 1 bzw. 3% der aufgenommenen Aflatoxin-B_1-Menge mit einem Aflatoxin-M_1-Gehalt in der Milch von 0,050 bzw. 0,150 µg/kg zu rechnen. So haben Untersuchungen von *Kiermeier* et al. (37) gezeigt, daß bei der Verfütterung von 25 µg Aflatoxin B_1/kg Kraftfutter (4—5 kg Kraftfutter/Kuh) noch mit einem Aflatoxin-M_1-Gehalt in der Milch von 0,04 µg/kg zu rechnen war. Demgegenüber wird von *Polan* et al. (33) und *Allcroft* und *Roberts* (35) die Meinung vertreten, daß unterhalb einer Menge von 46 µg/kg (auf die gesamte Ration bezogen 15 µg/kg, das heißt 230 µg/Tag) (33) bzw. 50 µg/kg im Futterkonzentrat (35) kein Aflatoxin M_1 in der Milch mehr nachweisbar ist*.

Vorkommen von Aflatoxin M_1 in Milch

Futtermittel, vor allem Erdnußprodukte wie auch andere Oelsaatprodukte, sind häufig mit Aflatoxinen kontaminiert (39, 70). So sind nach *Hüni* (69) neben dem Erdnußmehl, das mit bis zu 5 µg/kg Aflatoxin verunreinigt sein kann, oft auch Maisgluten, Kokosmehl und Palmkernmehl jedoch mit geringeren Aflatoxinmengen kontaminiert, während Mais und Leinkuchen eine seltene und die übrigen verwendeten Futtermittel keine Kontamination an Aflatoxinen aufweisen; die Nachweisgrenze der angewendeten Methode liegt bei 2 µg/kg. Da nach dem Verzehr von aflatoxinkontaminierten Futtermitteln mit einem Carry over von 1% in die Milch zu rechnen ist, kann eine Aflatoxinverseuchung der Milch nur über Futtermittel verhindert werden, die keine oder nur geringe Mengen an Aflatoxinen enthalten. So existieren in verschiedenen Ländern bereits Vorschriften, die den maximalen Gehalt an Aflatoxinen in Kraftfuttermitteln für Milchvieh begrenzen, so in den Europäischen Gemeinschaften auf 20 µg/kg (47). In der Schweiz wurde von der Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Grangeneuve, mit Wirkung ab 1. August 1977 an die Futtermittelfabrikanten die Verordnung erlassen, daß «Erdnußprodukte mit nachweisbaren Aflatoxinmengen nicht für die Milchviehfütterung verwendet werden dürfen» (48). Als Folge dieser Verordnung ergab sich im Bereich der Mischfuttermittel folgende Entwicklung: im Winter 1976/77 (59 Proben) wurden in 7% und im Winter 1977/78: Oktober bis Dezember (489 Proben) in 35%, Januar bis Februar (298 Proben) in 60% der Proben keine Aflatoxine (Nachweisgrenze: 2 µg/kg) nachgewiesen, während bis zu 20 µg/kg Aflatoxin im Futtermittel in 54, 39 bzw. 26% der Proben ermittelt wurden (69).

Daß die Aflatoxinkontamination der Milch einen Zusammenhang mit der Verfütterung von Kraftmitteln aufweist, zeigt sich auch darin, daß in Milchproben der Monate November bis Mai eine größere Anzahl positiver Proben mit einem

* Nachweisgrenze: 0,33 ug/kg (35) bzw. Spuren = 0,01 µg/kg (33).

etwas höheren Durchschnittswert nachgewiesen wurde als in den Monaten Juni bis Oktober: 70% gegenüber 25% (49). Ebenso stellten *Kiermeier* et al. (46) einen qualitativen Zusammenhang zwischen dem Aflatoxin-B_1-Gehalt in Futtermitteln und dem Aflatoxin-M_1-Gehalt in der Milch fest. *Fritz* et al. (50) fanden 4 von 24 Milchproben der Monate Dezember bis April als aflatoxin-M_1-positiv: in allen 12 Milchproben des Sommers war es nicht nachweisbar (Nachweisgrenze: 0,1 µg/kg). Neben diesen Arbeiten haben noch andere Autoren Aflatoxin M_1 in Milch festgestellt (37, 54—55, 71), doch existieren ebenfalls Arbeiten, in denen Aflatoxin M_1 in Milch nicht nachgewiesen wurde (10, 51, 52) (Tabelle 3).

Tabelle 3. Aflatoxin M_1 in Milch

Autor	Anzahl Proben	Nachweisgrenze der Methode, µg/kg	Positiv. in %	Aflatoxine B_1, B_2, G_1, G_2 nachweisbar
Allcroft und Carnaghan (10)	19	biolog. Test, ohne Angaben	neg.	
Purchase und Vorster (54)	21	0,16	23,8	
Brewington et al. (51)	unbekannt	<1	neg.	
Kiermeier und Mücke (55)	61	0,04	46	
Lemieszek-Chodorowska (52)	31	0,05	neg.	
Kiermeier et al. (37)	165	0,04	22	
Paul et al. (53)	56	<1	7,1	kein B_1, B_2, G_1
Fritz et al. (50)	36	0,1	11	kein B_1
Kiermeier et al. (46)	419	0,02	18,9	nein
Polzhofer (49)	260	0,05	45	nein
Pée et al. (71)	68		61,7	

Vorkommen von Aflatoxin M_1 in Milchprodukten

Es ist zu erwarten, daß nach der Verarbeitung von aflatoxinkontaminierter Milch Aflatoxin M_1 in den Milchprodukten zu finden ist. Dabei sind aber die Ergebnisse über den Einfluß der Lagerung (Tabelle 4) und verschiedener Erhitzungs- und Trocknungsbedingungen (Tabelle 5) recht widersprüchlich. Ebenso verhält es sich mit den Ergebnissen in bezug auf die Aflatoxin-M_1-Verteilung auf Molke und Bruch bei der Käseherstellung, was hauptsächlich auf die Ausführung der Versuche, auf die unterschiedlichen Bestimmungsmethoden und die Darstellung der Resultate zurückzuführen sein dürfte (10, 38, 56, 58—61, siehe dazu auch 73). Einheitlicher sind die in der Literatur dargestellten Werte über die Aflatoxin-M_1-Verteilung bei der Butterherstellung: so verbleiben bei der Entrahmung der Milch rund 84 (57) bzw. ungefähr 75% (59) des Aflatoxin M_1 in der Magermilch und nach der Verbutterung sind rund 81 (57) bzw. 60 (59) bzw. 86% (60) in der Buttermilch und ungefähr 18 (57) bzw. 10 (59) bzw. 16% (60) in der Butter zu finden.

Tabelle 4. Veränderungen des Aflatoxin-M_1-Gehaltes in der Milch während der Lagerung bei verschiedenen Temperaturen (Angaben in µg/kg bzw. Abnahme in %)

Lagerungstemperatur °C	Art der Milch	Tage												Literatur
		0	3	4	6	7	8	12	17	50	68	100	120	
5	Roh, Past, UHT[a, b]		19—25%											57
4	Past[b]	1,7				1,6			1,8					56
0	Roh[a]	1,3		0,8			0,2	0,1						38
	Roh[a]	5,3		4,8			0,6	0,6						38
—18	Roh[a]					5,4		6,2			4,3	4,0	3,4	56
—18[c]	Roh[a]					6,0		6,4			5,3	3,8	3,0	56
—18	Roh[a]				7,8/1,8%									57
—18	Roh[b]				31,6%									57
—32	Roh[a]	5,0								2,9				38
	Roh[a]	5,3								2,2			0,7	38

[a] Natürlich kontaminierte Milch
[b] Milch mit zugesetztem Standard
[c] bei jeder Probeentnahme aufgetaut und erneut eingefroren

Tabelle 5. Einfluß verschiedener Erhitzungs- und Trocknungsbedingungen auf den Aflatoxin-M_1-Gehalt der Milch

Erhitzungs- bzw. Trocknungsbedingungen		Abnahme in %	Literatur
62°C, 30′	a	33	58
63°C, 30′	b	0/6/0	56
71°C, 40″	a	14/6	57
71°C, 40″	b	29	57
72°C, 45″	a	46	58
75°C, 40″	a	12	57
77°C, 16″	b	0	56
80°C, 45″	a	64	58
113—118°C, 30′	a	0	10
120°C, 15′	a	25/24	57
120°C, 15′	b	22/24/28	57
128—138°C, momentan	a	0	10
Sterilisieren	a	81	58
Konzentrieren	a	0	57
Walzentrocknung (verminderter Druck)	a	61	58
Walzentrocknung (4,9 kg/cm²)	a	76	58
Sprühtrocknung	a	86	58
Sprühtrocknung	a	13	57

[a] Natürlich kontaminierte Milch
[b] Milch mit zugesetztem Standard

Verschiedene Autoren haben Milchpulver, Joghurt und Käse auf den Gehalt an Aflatoxin M_1 untersucht (41, 49—53, 62—65, 71, 72). Es zeigte sich, daß mit einer unterschiedlichen Anzahl aflatoxin-M_1-positiver Proben gerechnet werden muß (Tabelle 6). So wurden bei Milchpulver neben Chargen, bei denen kein Aflatoxin M_1 nachgewiesen wurde (50—52, 63), auch solche gefunden, bei denen die Hälfte bis $^3/_4$ der Proben M_1-positiv waren (49, 62). Ebenso waren bei Joghurt und Käse, ausgenommen bei (64) und (72), mehr als die Hälfte der Proben positiv (43, 49, 65), wobei bei der Arbeit von *Kiermeier* et al. (65) in 54% der positiven Käseproben nur Spuren nachgewiesen werden konnten, die quantitativ nicht zu erfassen waren.

Im Interesse der menschlichen Gesundheit gilt es, die Kontamination der Milch mit Aflatoxin zu unterbinden. Die Aflatoxinverseuchung der Milch kann aber nur über die Verfütterung von aflatoxinfreien Futtermitteln verhindert werden.

Tabelle 6. Aflatoxin M_1 in Milchprodukten

Autor	Milchprodukt	Nachweisgrenze der Methode µg/kg	Anzahl Proben	Positiv. in %	Aflatoxine B_1, B_2, G_1, G_2
Brewington et al. (51)	Magermilchpulver	<1	unbekannt	neg.	
Neumann-Kl. und Terplan (41)	Trockenmilchprodukte		166	5	
Jung und Hansen (62)	Vollmilchpulver	0,2	58	50	
	Magermilchpulver	0,2	62	71	
Lemieszek-Chodorowska (52)	Milchpulver	0,05	13	neg.	
Lück et al. (63)	Milchpulver	1	56	neg.	kein B_1
Paul et al. (53)	Milchpulver	<1	16	6	B_1, B_2, G_1 neg.
Fritz et al. (50)	Milchpulver	0,5	18	neg.	1 Pr. B_1-pos.
Polzhofer (49)	Milchpulver	0,2	41	73	nein
Polzhofer (49)	Joghurt	0,06	54	82	nein
Lück et al. (64)	Käse	1	42	neg.	
Paul et al. (53)	Käse	<1	26	neg.	6 Pr. B_1-pos., 1 Pr. Spuren B_2
Polzhofer (49)	Frischkäse	0,1	80	34	nein
	Camembert	0,1	65	51	nein
	Hartkäse	0,1	77	75	nein
	Schmelzkäse	0,1	134	40	nein
Kiermeier et al. (65)	Käse	0,02	197	69	nein
Corbion und Fremy (72)	Camembert	2,5	100	1	kein B_1

Zusammenfassung

Diese Literaturübersicht befaßt sich mit der Frage der Ausscheidung von Aflatoxin M_1 in die Milch und dessen Vorkommen in Milch und Milchprodukten. Wegen ihrer starken kanzerogenen Wirkung sind die Aflatoxine, die toxische Stoffwechselprodukte gewisser Schimmelpilzarten sind, besonders gefürchtet. Aflatoxin B_1 in Futtermitteln wird von der Kuh in Aflatoxin M_1 umgewandelt und zu etwa 1% in die Milch ausgeschieden. Zwischen der Aflatoxin-B_1-Aufnahme im Futter und der M_1-Ausscheidung in die Milch läßt sich eine lineare Beziehung aufzeigen. In Milch und Milchprodukten wurden verschiedentlich Aflatoxin M_1 nachgewiesen. Die Verarbeitung von aflatoxin-M_1-kontaminierter Milch wird besprochen.

Résumé

Cette bibliographie est consacrée aux problèmes de la sécrétion de l'aflatoxine M_1 avec le lait et de sa présence dans le lait et les produits laitiers. Les aflatoxines sont des métabolites toxiques de moisissures; elles sont redoutées pour leur effet fortement cancérigène. L'aflatoxine B_1 des fourrages est transformée par la vache en aflatoxine M_1 qui est sécrétée avec le lait dans une proportion d'environ 1% de la quantité ingérée. Il existe une relation linéaire entre l'ingestion d'aflatoxine B_1 avec le fourrage et la sécrétion d'aflatoxine M_1 dans le lait. A plusieurs reprises on a constaté la présence d'aflatoxine M_1 dans le lait et les produits laitiers. L'utilisation de lait contaminé par l'aflatoxine M_1 comme lait de fabrication est discutée.

Abstract

This bibliography relates to the problems of aflatoxin M_1 secretion in milk and its presence in milk and dairy products. Aflatoxins are toxic metabolites from specific mould species; their strong cancerigenic effect makes them a particularly dangerous toxin. Aflatoxin B_1 in feed is transformed by the cow into aflatoxin M_1 and secreted in milk at a ratio of about 1%. There is a linear relation between aflatoxin B_1 intake with feed and aflatoxin M_1 secretation in milk. Aflatoxin M_1 has been found repeatedly in milk and dairy products. Processing of aflatoxin M_1-contaminated milk is discussed.

Literatur

1. *Blount, W. P.:* Turkey «X» disease. Turkeys **9**, 52, 55—58, 61, 77 (1961).
2. *Asplin, F. D.* and *Carnaghan, R. B. A.:* The toxicity of certain groundnut meals for poultry with special reference to their effect on ducklings and chickens. Vet. Rec. **73**, 1215—1219 (1961).
3. *Allcroft, R., Carnaghan, R. B. A., Sargeant, K.* and *O'Kelly, J.:* A toxic factor in Brazilian groundnut meal. Vet. Rec. **73**, 428—429 (1961).
4. *Sargeant, K., Sheridan, A., O'Kelly, J.* and *Carnaghan, R. B. A.:* Toxicity associated with certain samples of groundnuts. Nature **192**, 1096—1097 (1961).
5. *Asao, T., Büchi, G., Abdel-Kader, M. M., Chang, S. B., Wick, E. L.* and *Wogan, G. N.:* Aflatoxins B and G. J. Am. Chem. Soc. **85**, 1706—1707 (1963).

6. *van der Zijden, A. S. M., Koelensmid, W. A. A. B., Boldingh, J., Barrett, C. B., Ord, W. O.* and *Philp, J.:* Isolation in crystalline form of a toxin responsible for turkey X disease. Nature **195**, 1060—1062 (1962).
7. *Harteley, R. D., Nesbitt, B. F.* and *O'Kelly, J.:* Toxic metabolites of Aspergillus flavus. Nature **198**, 1056—1058 (1963).
8. *Asao, T., Büchi, G., Abdel-Kader, M. M., Chang, S. B., Wick, E. L.* and *Wogan, G. N.:* The structures of aflatoxins B and G_1. J. Am. Chem. Soc. **87**, 882—886 (1965).
9. *Allcroft, R.* and *Carnaghan, R. B. A.:* Groundnut toxicity. Aspergillus flavus toxin (aflatoxin) in animal products: preliminary communication. Vet. Rec. **74**, 863—864 (1962).
10. *Allcroft, R.* and *Carnaghan, R. B. A.:* Groundnut toxicity: an examination for toxin in human food products from animals fed toxic groundnut meal. Vet. Rec. **75**, 259—263 (1963).
11. *de Jongh, H., Vles, R. O.* and *van Pelt, J. G.:* Milk of mammals fed an aflatoxin-containing diet. Nature **202**, 466—467 (1964).
12. *Butler, W. H.* and *Clifford, J. I.:* Extraction of aflatoxin from rat liver. Nature **206**, 1045—1046 (1965).
13. *Allcroft, R., Rogers, H., Lewis, G., Nabney, J.* and *Best, P. E.:* Metabolism of aflatoxin in sheep: excretion of the «milk toxin». Nature **209**, 154—155 (1966).
14. *Holzapfel, C. W., Steyn, P. S.* and *Purchase, I. F. H.:* Isolation and structure of aflatoxin M_1 and M_2. Tetrahedron Letters **25**, 2799—2803 (1966).
15. *Masri, M. S., Lundin, R. E., Page, J. R.* and *Garcia, V. C.:* Crystalline aflatoxin M_1 from urine and milk. Nature **215**, 753—755 (1967).
16. *Allcroft, R., Roberts, B. A.* and *Lloyd, M. K.:* Excretion of aflatoxin in a lactating cow. Food Cosmet. Toxicol. **6**, 619—625 (1978).
17. *Nabney, J., Burbage, M. B., Allcroft, R.* and *Lewis, G.:* Metabolism of aflatoxin in sheep: Excretion pattern in the lactating ewe. Food Cosmet. Toxicol. **5**, 11—17 (1967).
18. *Dalezios, J. I., Hsieh, D. P. H.* and *Wogan, G. N.:* Excretion and metabolism of orally administered aflatoxin B_1 by rhesus monkeys. Food Cosmet. Toxicol. **11** 605—616 (1973).
19. *Campbell, T. C., Caedo, J. P. jr., Bulatao-Jayme, J., Salamat, L.* and *Engel, R. W.:* Aflatoxin M_1 in human urine Nature **227**, 403—404 (1970).
20. *Goldblatt, L. A.:* Aflatoxin. Scientific background, control and implications. Academic Press, New York, London 1969.
21. *Frank, H. K.:* Aflatoxine. Bildungsbedingungen, Eigenschaften und Bedeutung für die Lebensmittelwirtschaft. B. Behr's Verlag, Hamburg 1974.
22. Int. Agency for Research on Cancer: Aflatoxins. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man: Some naturally occurring substances **10**, 51—72. IARC, Lyon 1976.
23. *Lynch, G. P.:* Mycotoxins in feedstuffs and their effect on dairy cattle. J. Dairy Sci. **55**, 1243—1255 (1972).
24. *Kiermeier, F.:* The significance of aflatoxins in the dairy industry. IDF Ann. Bull., Doc. No. 98 (1977).
25. *Purchase, I. F. H.:* Acute toxicity of aflatoxins M_1 and M_2 in one-day-old ducklings. Food Cosmet. Toxicol. **5**, 339—342 (1967).
26. *Schlatter, C.:* Gesundheitsgefahr durch Aflatoxine in der Nahrung? Ernährungsinformation 2 (1977) der Schweiz. Vereinigung für Ernährung.
27. *Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., Wales, J. H., Landers, M. K.* and *Keyl, A. C.:* Aflatoxin M_1: a potent liver carcinogen for rainbouw trout. Fed. Proc. **29**, 568 (1970).

28. *Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., Wales, J. H., Landers, M. K.* and *Keyl, A. C.:* Hepatic carcinogenesis by aflatoxin M_1 in rainbouw trout (Salmo gairdneri) and its enhancement by cyclopropene fatty acids. J. nat. Cancer Instr. **53**, 1285—1288 (1974).
29. *Canton, J. H., Kroes, R., van Logten, M. J., van Schothorst, M., Stavenuiter, J. F. C.* and *Verhülsdonk, C. A. H.:* The carcinogenicity of aflatoxin M_1 in rainbouw trout. Food Cosmet. Toxicol. **13**, 441—443 (1975).
30. *Wogan, G. N.* and *Paglialunga, S.:* Carcinogenicity of synthetic aflatoxin M_1 in rats. Food Cosmet. Toxicol. **12**, 381—384 (1974).
31. *Barnes, J. M.:* Aflatoxin as a health hazard. J. appl. Bact. **33**, 285—298 (1970).
32. *Mathur, C. F., Smith, R. C.* and *Hawkins, G. E.:* Growth and morphology of Streptococcus bovis and of mixed rumen bacteria in the presence of aflatoxin B_1, in vitro. J. Dairy Sci. **59**, 455—458 (1976).
33. *Polan, C. E., Hayes, J. R.* and *Campbell, T. C.:* Consumption and fate of aflatoxin B_1 by lactating cows. J. Agr. Food Chem. **22**, 635—638 (1974).
34. *van der Linde, J. A., Frens, A. M.* and *van Esch, G. J.:* Experiments with cows fed groundnut meal containing aflatoxin. In: G. N. Wogan, Mycotoxins in foodstuffs, pp. 247—249. M. I. T. Press, Cambridge 1964.
35. *Allcroft, R.* and *Roberts, B. A.:* Toxic groundnut meal: The relationship between aflatoxin B_1 intake by cows and excretion of aflatoxin M_1 in milk. Vet. Rec. **82**, 116—118 (1968).
36. *Kiermeier, F.:* Ueber die Aflatoxin-M-Ausscheidung in Kuhmilch in Abhängigkeit von der aufgenommenen Aflatoxin-B_1-Menge. Milchwissenschaft **28**, 683—685 (1973).
37. *Kiermeier, F., Reinhardt, V.* und *Behringer, C.:* Zum Vorkommen von Aflatoxinen in Rohmilch. Deut. Lebensm. Rundschau **71**, 35—38 (1975).
38. *Mc Kinney, J. D., Cavanagh, G. C., Bell, J. T., Hoversland, A. S., Nelson, D. M., Pearson, J.* and *Selkirk, R. J.:* Effects of ammoniation on aflatoxins in rations fed lactating cows. J. Am. Oil Chem. Soc. **50**, 79—84 (1973).
39. *Masri, M. S., Garcia, V. C.* and *Page, J. R.:* The aflatoxin M content of milk from cows fed known amounts of aflatoxin. Vet. Rec. **84**, 146—147 (1969).
40. *Kiermeier, F.* und *Mücke, W.:* Einfluß der Qualität des Futtermittels auf den Aflatoxingehalt der Milch. XIX. Int. Milchw. Kongr. **1D**, 114—115 (1974),
41. *Neumann-Kleinpaul, A.* und *Terplan, G.:* Zum Vorkommen von Aflatoxin M_1 in Trockenmilchprodukten. Arch. Lebensmittelhyg. **23**, 128—132 (1972).
42. *Lafont, P.* et *Lafont, J.:* Elimination d'aflatoxine par la mamelle chez la vache. Cah. Nutr. Diét. **10**, 55—57 (1975).
43. *Keyl, A. C., Booth, A. N., Masri, M. S., Gumbmann, M. R.* and *Gagne, W. E.:* Chronic effects of aflatoxin in farm animal feeding studies. In: M. Herzberg: Toxic microorganisms, pp. 72—75. Proc. 1st U.S.-Japan Conf. Toxic Microorganisms 1970.
44. *Hoversland, A. S., McKinney, J., Selkirk, R., Cavanagh, G., Pearson, J.* and *Nelson, D. M.:* Aflatoxin studies with lactating and non-lactating dairy cows. J. Animal Sci. **37**, 253—254 (1973).
45. *Engel, G.* und *Hagemeister, H.:* Untersuchungen über den Verbleib von Aflatoxin B_1 im Verdauungstrakt von Kühen. Milchwissenschaft **33**, 21—23 (1978).
46. *Kiermeier, F., Weiß, G., Behringer, G., Miller, M.* und *Ranfft, K.:* Vorkommen und Gehalt an Aflatoxin M_1 in Molkerei-Anlieferungsmilch. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **163**, 171—174 (1977).
47. Europäische Gemeinschaft: Amtsblatt L38/31 vom 11. Febr. 1974.
48. Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Grangeneuve: Zirkularschreiben vom 19. Juli 1977 an die Mischfutterfabrikanten.

49. *Polzhofer, K.:* Aflatoxinbestimmung in Milch und Milchprodukten. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **163**, 175—177 (1977).
50. *Fritz, W., Donath, R.* und *Engst, R.:* Bestimmung und Vorkommen von Aflatoxin M_1 und B_1 in Milch und Milchprodukten. Nahrung **21**, 79—84 (1977).
51. *Brewington, C. R., Weihrauch, J. L.* and *Ogg, C. L.:* Survey of commercial milk samples for aflatoxin M. J. Dairy Sci. **53**, 1509—1510 (1970).
52. *Lemieszek-Chodorowska, K.:* (Detection and estimation of aflatoxin M_1 in milk). Roczniki Panst. Zakladu Higieny **25**, 489—494 (1974), zit. nach DSA **37**, 430 (1975).
53. *Paul, R., Kalra, M. S.* and *Singh, A.:* Incidence of aflatoxins in milk and milk products. Indian J. Dairy Sci. **29**, 318—321 (1976), zit. DSA **39**, 650 (1977).
54. *Purchase, I. F. H.* and *Vorster, L. J.:* Aflatoxin in commercial milk samples. S. Afr. med. J. **42**, 219 (1968), zit. nach DSA **31**, 94 (1969).
55. *Kiermeier, F.* und *Mücke, W.:* Ueber den Nachweis von Aflatoxin M in Milch. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **150**, 137—140 (1972).
56. *Stoloff, L., Trucksess, M., Hardin, N., Francis, O. J., Hayes, J. R., Polan, C. E.* and *Campbell, T. C.:* Stability of aflatoxin M in milk. J. Dairy Sci. **58**, 1789—1793 (1975).
57. *Kiermeier, F.* und *Mashaley, R.:* Einfluß der molkereitechnischen Behandlung der Rohmilch auf den Aflatoxin-M_1-Gehalt der daraus hergestellten Produkte. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **164**, 183—187 (1977).
58. *Purchase, I. F. H., Steyn, M., Rinsma, R.* and *Tustin, R. C.:* Reduction of the aflatoxin M content of milk by processing. Food Cosmet. Toxicol. **10**, 383—387 (1972).
59. *Grant, D. W.* and *Carlson, F. W.:* Partitioning behavior of aflatoxin M in dairy products. Bull Environm. Contam. Toxicol. **6**, 521—524 (1971).
60. *Stubblefield, R. D.* and *Shannon, G. M.:* Aflatoxin M_1: Analysis in dairy products and distribution in dairy foods made from artificially contaminated milk. J. Assoc. Offic. Analyt. Chemists **57**, 847—851 (1974).
61. *Kiermeier, F.* und *Buchner, M.:* Zur Verteilung von Aflatoxin M_1 auf Molke und Bruch bei der Käseherstellung. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **164**, 82—86 (1977).
62. *Jung, M.* und *Hansen, E.:* Ueber das Vorkommen von Aflatoxin M in Trockenmilcherzeugnissen. Food Cosmet. Toxicol. **12**, 131—138 (1974).
63. *Lück, H., Steyn, M.* and *Wehner, F. C.:* A survey of milk powder for aflatoxin content. S. Afr. J. Dairy Technol. **8**, 85—86 (1976).
64. *Lück, H., Wehner, F. C., Plomp, A.* and *Steyn, M.:* Mycotoxin in South African cheeses. S. Afr. J. Dairy Technol. **8**, 107—110 (1976).
65. *Kiermeier, F., Weiß, G., Behringer, G.* und *Miller, M.:* Ueber das Vorkommen und den Gehalt von Aflatoxin M_1 in Käsen des Handels. Z. Lebensm. Unters. -Forsch. **163**, 268—271 (1977).
66. *Fehr, P.-M., Bernage, L.* et *Vassilopoulos, V.:* Effet de la consommation de tourteau d'arachide pollué par Aspergillus flavus chez le ruminant en lactation. Lait **48**, 377—391 (1968).
67. *Wong, J. J.* and *Hsieh, D. P.:* Mutagenicity of aflatoxins related to their metabolism and carcinogenic potential. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **73**, 2241—2244 (1976).
68. *Hayes, J. R., Polan, C. E.* and *Campbell, T. C.:* Bovine liver metabolism and tissue distribution of aflatoxin B_1. J. Agr. Food Chem. **25**, 1189—1193 (1977).
69. *Hüni, K.:* Vortrag, Arbeitstagung «Gesundheitsgefährdung durch Aflatoxine», 20./21. März 1978 in Zürich.
70. *Lafont, P.* et *Lafont, J.:* Contamination de produits céréaliers et d'aliments du bétail par l'aflatoxine. Food. Cosmet. Toxicol. **8**, 403—408 (1970).

71. *van Pée, W., van Brabant, J.* et *Joostens, J.:* La détection et le dosage de l'aflatoxine M_1 dans le lait et le lait en poudre. Rev. Agric. **30**, 403—415 (1977).
72. *Corbion, B.* et *Fremy, J. M.:* Recherche des aflatoxines B_1 et M_1 dans les fromages de type «Camembert». Lait **58**, 133—140 (1978).
73. *Sieber, R.:* Zur Frage der Mykotoxine in Käse. Schweiz. Milchztg. **104**, 683 (1978).

Dr. R. Sieber
Prof. Dr. B. Blanc
Eidg. Forschungsanstalt
für Milchwirtschaft
Schwarzenburgstraße 155
CH - 3097 Liebefeld-Bern