

**Congresso
Internacional da
Agroindústria
25 a 27 de setembro**



**Ciência,
Tecnologia e
Inovação: do
campo à mesa**

BACTÉRIAS ÁCIDO LÁCTICAS NA DESCONTAMINAÇÃO DE AFLATOXINAS EM LEITE BOVINO: UMA REVISÃO

LACTIC ACID BACTERIA IN THE DECONTAMINATION OF AFLATOXINS IN BOVINE MILK: A REVIEW

Rosana Basso Kraus¹; Pedro Rassier dos Santos²; Giniani Carla Dors³; Patrícia da Silva Nascente⁴;
Rafael Guerra Lund⁵

Resumo

As aflatoxinas são compostos químicos tóxicos produzidos por fungos do gênero *Aspergillus* que podem contaminar grãos e cereais, base para rações utilizadas em bovinos. A aflatoxina M₁, derivada da hidroxilação da aflatoxina B₁, é encontrada no leite, mas a aflatoxina B₁ também tem sido relatada e precisa ser avaliada, pois é mais tóxica que a aflatoxina M₁. Assim, o objetivo deste trabalho foi revisar o efeito do uso de bactérias ácido lácticas na descontaminação de aflatoxinas B₁ e M₁ presentes no leite e derivados lácteos. A aplicação de bactérias ácido lácticas em ensaios de descontaminação de aflatoxinas tem sido promissor. Entretanto, a redução dos níveis de aflatoxinas presente no alimento depende da bactéria que será utilizada, bem como sua concentração, meio onde será realizado o ensaio, nível de contaminação inicial, tempo de contato entre micro-organismo e a aflatoxina, e a estabilidade desta ligação.

Palavras-Chave: aflatoxinas B₁ e M₁, descontaminação, leite, processamento de alimentos.

Abstract

Aflatoxins are toxic chemical compounds produced by fungi of the *Aspergillus* genus that can contaminate grains and cereals, the basis for feed used in cattle. Aflatoxin M₁, derived from the hydroxylation of aflatoxin B₁, is found in milk, but aflatoxin B₁ has also been reported and needs to be evaluated, as it is more toxic than aflatoxin M₁. Thus, the objective of this study was to review the effect of the use of lactic acid bacteria in the decontamination of aflatoxins B₁ and M₁ present in milk and dairy products. The application of lactic acid bacteria in aflatoxin decontamination trials has been promising. However, the reduction in the levels of aflatoxins present in the food depends on the bacteria that will be used, as well as its concentration, medium where the test will be performed, initial contamination level, contact time between microorganism and aflatoxin, and the stability of this link.

Keywords: aflatoxins B₁ and M₁, milk, decontamination, food processing.

¹ Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Bioprospecção (PPGBBio), Universidade Federal de Pelotas, rosana_basso_kraus@hotmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Microbiologia e Parasitologia (PPGMP), Universidade Federal de Pelotas, rassier1907@gmail.com

³ Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Dr^a em Engenharia e Ciência de Alimentos, dorsgi@yahoo.com.br

⁴ PPGMP, Universidade Federal de Pelotas, pattsn@gmail.com

⁵ PPGBBio, Universidade Federal de Pelotas, rafael.lund@gmail.com

1. Introdução

As micotoxinas são substâncias resultantes do metabolismo secundário de algumas espécies fúngicas, principalmente *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (SWEENEY; DOBSON, 1998) e podem acometer diversas culturas agrícolas antes e/ou após a colheita, durante a secagem ou armazenamento (PITT; TANIWAKI; COLE, 2013). Dentre as micotoxinas de maior ocorrência nos alimentos destacam-se as aflatoxinas (AFLA), produzidas por fungos do gênero *Aspergillus*, principalmente *A. flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius* (PRANDINI et al., 2009), classificando-se em B (AFLAB₁ e AFLAB₂) e G (AFLAG₁ e AFLAG₂) (CREPPY, 2002).

O consumo de alimentos contaminados por AFLAB₁ pelos animais resulta na conversão de 0,3 a 6,2% em AFLAM₁, ou seja, ocorre a hidroxilação e os metabólitos hidroxilados são convertidos em AFLAM₁ sendo liberados através da urina e/ou leite (CREPPY, 2002). A presença destes contaminantes no leite afeta a segurança do alimento, pois são compostos cancerígenos e mutagênicos, representando um problema de saúde pública, (BENKERROUM, 2019; WHO, 2018). Consequentemente, inúmeros países elaboraram Limites Máximos Tolerados (LMT) destas micotoxinas em alimentos.

A partir destas considerações fica evidente a necessidade de buscar alternativas que minimizem a ocorrência deste perigo na obtenção do leite, pois as aflatoxinas são estáveis aos métodos de processamento (IHA et al., 2013). Este estudo tem por objetivo revisar o efeito do uso de bactérias ácido-láticas na descontaminação de aflatoxinas B₁ e M₁ presentes no leite e derivados lácteos.

2. Desenvolvimento

2.1 Aflatoxinas em Leite e Produtos Lácteos

O leite de boa qualidade deve apresentar baixos níveis de células somáticas e bactérias totais, ausência de micro-organismos patogênicos ou resíduos químicos como, por exemplo, antibióticos (BRASIL, 2018, 2018a). Além disso, a composição do leite cru ou pasteurizado deve ter teores mínimos de proteína, gordura e extrato seco desengordurado, os quais variam de acordo com o tipo de leite que será produzido (BRASIL, 2018) e em razão da raça do animal e do manejo (SOUZA; CARVALHO; MENDONÇA, 2010).

Além das legislações exigidas com relação à qualidade do leite, há a Resolução número 7, publicada em 18 de fevereiro de 2011, que estabelece o limite para AFLAM₁ para leite líquido ($0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$), leite em pó ($5,0 \mu\text{g kg}^{-1}$) e queijos ($2,5 \mu\text{g kg}^{-1}$) (ANVISA, 2011). Embora alguns trabalhos relatam a presença de AFLAB₁ no leite (GONÇALVES et al., 2018; SIBAJA et al., 2019; BECKER-ALGERI et al., 2020) a legislação só apresenta LMT para AFLAM₁. A legislação de alimentos para consumo animal preconiza que qualquer matéria-

prima a ser utilizada diretamente ou como ingrediente para rações destinadas ao consumo animal não ultrapasse 50 µg kg⁻¹ da somatória de AFLAs (BRASIL, 1988). As principais legislações internacionais para leite e produtos derivados, bem como de matérias-primas para consumo animal são da Comissão da Regulamentação da União Europeia (CRUE) e da *Food and Drug Administration* (FDA) (COMISSÃO DA UNIÃO EUROPEIA, 2020; FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2020).

As AFLAs têm como característica uma estrutura policíclica derivada de um núcleo cumarina juntamente com um sistema bifurano e uma pentanona (AFLAB) ou lactona (AFLAG) (BENNETT; KLICH, 2003). A *International Agency for Research on Cancer* (IARC) (1993) considera a AFLAB₁ um carcinógeno humano do grupo 1, enquanto a AFLAM₁ é um provável carcinógeno humano, pertencendo ao grupo 2B, em virtude da toxicidade da AFLAB₁ ser maior, quando comparada com a AFLAM₁ (CREPPY, 2002). As AFLAs têm efeito carcinogênico, teratogênico, hepatotóxico, imunossupressor, atingindo principalmente o fígado e, dependendo do nível de exposição, essa toxicidade pode ser aguda ou crônica (BENNET; KLICH, 2003). Além da toxicidade, são compostos altamente estáveis aos métodos de processamento como esterilização comercial, pasteurização ou fervura (AWASTHI et al., 2012; BAKIRCI, 2001; FERNANDES et al., 2012; GOVARIS et al., 2002; IHA et al., 2013).

A ocorrência de AFLAs têm sido relatada em grãos, rações e silagem de grãos (MOSS, 1998; O'BRIEN et al., 2005; SASSAHARA; NETTO; YANAKA, 2005; OMEIZA et al., 2018; DADZIE et al., 2019), sendo preocupante, uma vez que o sistema digestivo dos animais não é suficiente para degradar essas toxinas (OBREMSKI et al., 2009). A metabolização da AFLAB₁ ocorre no fígado, através de um conjunto de enzimas do citocromo P₄₅₀, que são consideradas hemoproteínas e têm como função a conversão desses compostos xenobióticos em moléculas mais hidrossolúveis (KLEIN et al., 2000; PEI et al., 2009). O principal metabólito formado é AFLAB_{1-8,9} epóxido, responsável pelos efeitos tóxicos agudos, mutagênicos e carcinogênicos e a AFLAM₁ (MURPHY et al., 2006).

A ocorrência das AFLAs é um problema mundial, e de acordo com estudo elaborado por Becker-Algeri et al. (2016), a partir de dados coletados até 2015, foi possível verificar que a incidência de AFLAM₁ em leite e derivados lácteos é relativamente mais baixa nos países europeus (Portugal, Turquia, Itália e Croácia), independentemente do tipo de amostra. No Brasil, devido à sua extensão, diferenças de clima e produção de leite e latícinos, os resultados da frequência variam conforme a porcentagem de ocorrência da micotoxina (30,7% a 100%) e sobre os níveis de contaminação encontrados (0,0018 a 4,1 µg L⁻¹).

Além dos efeitos tóxicos das AFLAs, a estabilidade durante o processamento é outra problemática que vem sendo avaliada, assim como a transferência e a distribuição destas

toxinas nos derivados lácteos (ALAHLAH et al., 2020; DEVECI, 2007; HASSANIN, 1994; LÓPEZ et al., 2001; SCAGLIONI et al., 2014; TADESSE; BERHANU; WOLDEGIORGIS, 2020). O Quadro 1 apresenta dados de ocorrência de AFLAM₁ e AFLAB₁ em leite e produtos lácteos nos últimos cinco anos.

Quadro 1. Frequência e ocorrência de aflatoxinas em leite e derivados lácteos relatadas na literatura.

País / Autores	Amostra	Frequência (%)	Mín - Máx	AFLAs
Costa Rica / Chavarri a et al., 2015	Leite	(3/70) 4,3 (22/70) 31,4 (44/70) 62,8 (1/70) 1,4	< 14 ng L ⁻¹ 20 – 50 ng L ⁻¹ 50 – 500 ng L ⁻¹ > 500 ng L ⁻¹	M ₁
	Queijo	(44/70) 62,8 (13/70) 18,6 (13/70) 18,6	< 23 ng kg ⁻¹ 20 – 50 ng kg ⁻¹ 50 – 500 ng kg ⁻¹	
Brasil / Sartori et al., 2015*	Leite UHT Leite em pó	(11/16) 69 (53/72) 74	0,005 – 0,042 µg kg ⁻¹ 0,08 – 1,19 µg kg ⁻¹	M ₁
Sérvia / Tomašević et al., 2015	Leite cru	(138/678) 20,3 (158/678) 23,3 (215/678) 31,7 (118/678) 17,4 (49/678) 7,2	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹ 0,51 – 1,0 µg kg ⁻¹ > 1,0 µg kg ⁻¹	M ₁
	Leite tratado termicamente	(121/438) 27,6 (174/438) 39,7 (131/438) 29,9 (12/438) 2,7	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹ 0,51 – 1,0 µg kg ⁻¹	
	Leite em pó	(45/67) 67,1 (5/67) 7,4 (5/67) 7,4 (1/67) 1,4 (11/67) 16,4	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹ 0,51 – 1,0 µg kg ⁻¹ > 1,0 µg kg ⁻¹	
	Iogurte	(14/56) 25,0 (20/56) 35,7 (22/56) 39,2	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹	
	Sorvete	(7/21) 33,3 (3/21) 14,2 (11/21) 52,3	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹	
	Fórmula láctea infantil	(31/33) 93,9 (2/33) 6,0	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹	
	Queijo branco	(8/47) 17,0 (11/47) 23,4 (26/47) 55,3 (2/47) 4,2	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹ 0,51 – 1,0 µg kg ⁻¹	
	Queijo duro	(6/27) 22,2 (5/27) 18,5 (8/27) 29,6 (2/27) 7,4 (6/27) 22,2	≤ 0,025 µg kg ⁻¹ 0,026 – 0,05 µg kg ⁻¹ 0,051 – 0,5 µg kg ⁻¹ 0,51 – 1,0 µg kg ⁻¹ > 1,0 µg/kg	

	Outros lácteos	(27/71) 38,0 (16/71) 22,5 (27/71) 38,0 (1/71) 1,4	$\leq 0,025 \mu\text{g kg}^{-1}$ $0,026 - 0,05 \mu\text{g kg}^{-1}$ $0,051 - 0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ $0,51 - 1,0 \mu\text{g kg}^{-1}$	
Irã / Bahrami ; Shahbazi; Nikousefat, 2016*	Leite cru bovino	(54/64) 84,3	$6,1 - 188,2 \text{ ng L}^{-1}$	M ₁
	Queijo	(25/40) 65,5	$52,5 - 272 \text{ ng kg}^{-1}$	
	Iogurte	(10/42) 23,8	$6,3 - 21,3 \text{ ng kg}^{-1}$	
Brasil / Gonçalves et al., 2017	Leite fresco	(24/52) 46,2 (4/52) 7,7 (3/52) 5,6 (19/52) 36,5 (2/52) 3,8	$\leq 0,09 \mu\text{g L}^{-1}$ $0,1 - 0,25 \mu\text{g L}^{-1}$ $0,26 - 0,49 \mu\text{g L}^{-1}$ $\geq 0,50 \mu\text{g L}^{-1}$ $> 1,00 \mu\text{g L}^{-1}$	M ₁
Paquistão / Iqbal; Asi; Malik, 2017*	Leite cru (verão)	(19/32) 59,4	$0,4 - 229,6 \text{ ng L}^{-1}$	M ₁
	Leite UHT (verão)	(16/25) 64,0	$0,4 - 190,8 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite em pó (verão)	(9/32) 28,1	$0,4 - 178,5 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite com sabor (verão)	(12/25) 48,0	$0,4 - 110,1 \text{ ng L}^{-1}$	
	Iogurte (verão)	(11/30) 36,6	$0,4 - 158,2 \text{ ng L}^{-1}$	
	Iogurte com sabor (verão)	(10/25) 40,0	$0,4 - 102,5 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite cru (inverno)	(29/42) 69	$0,4 - 345,8 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite UHT (inverno)	(26/35) 74,2	$0,4 - 302,9 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite em pó (inverno)	(12/32) 37,5	$0,4 - 278,4 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite com sabor (inverno)	(15/28) 53,6	$0,4 - 198,3 \text{ ng L}^{-1}$	
	Iogurte (inverno)	(15/36) 41,6	$0,4 - 196,3 \text{ ng L}^{-1}$	
	Iogurte com sabor (inverno)	(17/30) 56,6	$0,4 - 220,5 \text{ ng L}^{-1}$	
Brasil / Gonçalves et al., 2018*	Leite integral	(19/26) 73,1	$60 - 3670 / 40 - 150 \text{ ng L}^{-1}$	M ₁ / B ₁
	Leite desnatado	(7/11) 63,6	$40 - 1050 / 40 - 600 \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite semidesnatado	(9/12) 75	$90 - 1400 / - \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite em pó integral	(6/10) 60	$88 - 2800 / - \text{ ng L}^{-1}$	
	Leite em pó infantil	(0/3) 0	$-/- \mu\text{g kg}^{-1}$	
	Leite em pó integral – marca I	(10/17) 58,8	$32 - 724/- \mu\text{g kg}^{-1}$	
	Leite em pó integral – marca II	(11/16) 68,7	$213 - 2216 / - \mu\text{g kg}^{-1}$	
	Leite em pó integral – marca III	(17/17) 100	$1280 - 2896 / - \mu\text{g kg}^{-1}$	
Turquia / Sakin et al., 2018	Queijo Sürk	(1/30) 3,3	$< 0,035 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₁
		(13/30) 43,3	$< 0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₁
		(9/30) 30	$0,1 - 0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₁
		(3/30) 10	$0,25 - 0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₁
		(2/30) 6,7	$0,5 - 2 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₁
		(2/30) 6,7	$2 - 5 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₁
		(26/30) 86,7	$< 0,059 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₂
		(4/30) 13,3	$< 0,17 \mu\text{g kg}^{-1}$	B ₂
		(25/30) 83,3	$< 0,053 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₁
		(3/30) 10	$< 0,14 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₁
		(2/30) 6,7	$0,14 - 0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₁
		(5/30) 16,7	$< 0,061 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₂
		(6/30) 20	$< 0,16 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₂
		(6/30) 20	$0,16 - 0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₂
		(8/30) 26,6	$0,25 - 0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₂
		(5/30) 16,7	$0,5 - 2 \mu\text{g kg}^{-1}$	G ₂

		(5/30) 16,7 (9/30) 30 (13/30) 43,3 (3/30) 10	< 0,033 µg kg ⁻¹ < 0,07 µg kg ⁻¹ 0,07 – 0,25 µg kg ⁻¹ 0,25 – 0,5 µg kg ⁻¹	M ₁ M ₁ M ₁ M ₁
China / Xiong et al., 2018*	Leite pasteurizado	(11/131) 8,4 (42/131) 32,1 (23/131) 17,5 (12/131) 9,2 (43/131) 32,8	< 5 ng L ⁻¹ 5 – 49,9 ng L ⁻¹ 50 – 99,5 ng L ⁻¹ 100 – 199,9 ng L ⁻¹ > 200 ng L ⁻¹	M ₁
	Leite UHT	(53/111) 47,7 (56/111) 50,5 (2/111) 1,8	< 5 ng L ⁻¹ 5 – 49,9 ng L ⁻¹ 50 – 99,5 ng L ⁻¹	
Brasil / Sibaja et al., 2019*	Leite em pó integral	(30/30) 100	0,35 – 1,19 µg kg ⁻¹	M ₁
	Leite em pó desnatado	(6/6) 100	0,46 – 1,03 µg kg ⁻¹	
	Leite em pó sem lactose semidesnatado	(9/9) 100	0,33 – 1,18 µg kg ⁻¹	
	Leite infantil em pó	(6/6) 100	0,20 – 0,34 µg kg ⁻¹	
Brasil / Becker-Algeri et al., 2020	Leite integral UHT – PR	(35/93) 37,6	0,53 – 4,62 / - µg L ⁻¹	M ₁ /B ₁
	Leite integral UHT – SC	(35/93) 37,6	0,34 – 0,93 / 1,39 – 1,62 µg L ⁻¹	
	Leite integral UHT – RS	(23/93) 24,7	- / - µg L ⁻¹	
	Leite semidesnatado – PR	(24/61) 39,3	0,30 – 0,48 / - µg L ⁻¹	
	Leite semidesnatado – SC	(23/61) 37,7	0,33 – 0,51 / 1,69 – 8,8 µg L ⁻¹	
	Leite semidesnatado – RS	(14/61) 22,9	- / - µg L ⁻¹	
	Leite desnatado – PR	(30/74) 40,5	0,32 – 0,54 / - µg L ⁻¹	
	Leite desnatado – SC	(24/74) 32,4	0,34 – 0,42 / - µg L ⁻¹	
	Leite desnatado – RS	(20/74) 27,0	- / - µg L ⁻¹	
Líbano / Daou et al., 2020*	Leite cru	(289/701) 41,2 (123/701) 17,5 (93/701) 13,3 (196/701) 28	< 0,011 µg L ⁻¹ 0,011 – 0,024 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	M ₁
	Iogurte	(10/28) 35,7 (3/28) 10,7 (5/28) 17,9 (10/28) 35,7	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,01 – 0,024 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	
	Iogurte coado (Labneh)	(3/27) 11,1 (2/27) 7,4 (22/27) 81,5	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	
	Iogurte Ayran	(1/9) 11,1 (1/9) 11,1 (3/9) 33,3 (4/9) 44,4	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,01 – 0,024 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	
	Iogurte aromatizado	(3/10) 30 (3/10) 30 (1/10) 10 (3/10) 30	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,01 – 0,024 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	
	Queijo Halloum	(9/26) 34,6 (2/26) 7,7 (4/26) 15,4 (11/26) 42,3	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,01 – 0,024 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	
	Queijo Akkawi	(8/20) 40 (2/20) 10 (10/20) 50	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	

	Queijo Double Cream	(11/23) 47,8 (1/23) 4,3 (3/23) 13,0 (8/23) 34,8 (2/3) 66,7 (1/3) 33	< 0,01 µg L ⁻¹ 0,01 – 0,024 µg L ⁻¹ 0,025 – 0,05 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹ < 0,01 µg L ⁻¹ > 0,05 µg L ⁻¹	
Argélia / Moham medi- Ameur et al., 2020	Queijo Bulgarian & Chanklish			
Etiópia / Tadesse; Berhanu ; Woldegi orgis, 2020	Leite cru fresco	(45/84) 53,57 (35/84) 41,66 (3/84) 3,57 (1/84) 1,19	< 89 ng L ⁻¹ 89 – 300 ng L ⁻¹ 301 – 500 ng L ⁻¹ > 500 ng L ⁻¹	M ₁
China / Xiong et al., 2020*	Leite pasteurizado industrial Leite cru local Iogurte industrial Iogurte local Queijo industrial Queijo local Manteiga industrial Manteiga local	(56/56) 100 (52/52) 100 (83/83) 100 (10/10) 100 (72/72) 100 (10/10) 100 (72/73) 99 (6/10) 60	0,550 – 1,41 µg L ⁻¹ 0,029 – 2,159 µg L ⁻¹ 0,09 – 4,01 µg L ⁻¹ 0,07 – 4,76 µg L ⁻¹ 0,18 – 5,58 µg L ⁻¹ 0,08 – 3,86 µg L ⁻¹ 0,00 – 1,24 µg L ⁻¹ 0,00 – 0,91 µg L ⁻¹	M ₁
	Leite cru Leite pasteurizado Leite UHT	(100/133) 75,2 (337/410) 82,2 (77/98) 78,6	5,3 – 36,2 ng L ⁻¹ 5,1 – 104,4 ng L ⁻¹ 5,1 – 99,6 ng L ⁻¹	M ₁

* Os estudos apresentaram somente dados das amostras positivas. – amostra não detectada.

Visando garantir a segurança do alimento, métodos de descontaminação que proporcionem a remoção e/ou redução da micotoxina, sem a formação de resíduos tóxicos, mantendo o valor nutricional e as propriedades tecnológicas dos alimentos, tem sido estudados (CAMPAGNOLLO et a., 2016; PARK, 2002; SANTOS et al., 2014). Destacam-se os métodos biológicos que fazem uso de enzimas ou micro-organismos, tendo como principal vantagem a eficiência quando comparado com as metodologias que fazem uso de agentes químicos e físicos (FAZELI et al., 2009; WU et al., 2009).

2.2 Bactérias ácido láticas

Os micro-organismos mais estudados para descontaminação das AFLAs têm sido as bactérias ácido láticas (BAL), uma vez que são reconhecidas por serem organismos seguros e conseguirem se ligar com a toxina. As BAL são micro-organismos probióticos, que têm como característica a produção de ácido láctico, são Gram-positivas, não produzem catalase e oxidase, e podem produzir reuterina, reconhecida como antifúngico, quando há glicerol no meio que irá ocorrer à fermentação (DALIÉ; DESCHAMPS; FORGET-RICHARD, 2010; GOURAMA; BULLERMAN, 1995; LINDGREN; DROGOSZ, 1990). Os *Lactobacillus* spp. são um gênero das BAL amplamente utilizado em alimentos crus, mas também podem ser aplicados em alimentos fermentados para maior preservação destes (GOURAMA;

BULLERMAN, 1995). Além disso, estas bactérias fornecem propriedades funcionais e melhorias sensoriais ao produto (FABIAN et al., 2008).

A inibição do crescimento de micro-organismos produtores de AFLAs, bem como o efeito do uso de BAL tem sido avaliados em estudos *in vivo* (ABBÈS et al., 2016; CHEN et al., 2019; GOMAA; ABDELALL; EL-MAHDY, 2018; GUIMARÃES et al., 2018; JEBALI et al., 2018; NATEGHI et al., 2016; NDUTI et al., 2016; ONILUDE et al., 2005; SALAH-ABBÈS et al., 2015), e, alguns já comprovaram a capacidade dessas bactérias em reduzir ou degradar níveis da micotoxina *in vitro* (Quadro 2).

Quadro 2. Uso de bactérias ácido lácticas na descontaminação de aflatoxinas em leite e derivados lácteos.

Autores (ano)	Micro-organismo (s)	AFLAs / Meio de descontaminação	Principais resultados
Pierides et al (2000)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA1; <i>L. gasseri</i> ATCC 33323; <i>L. rhamnosus</i> GG; <i>L. rhamnosus</i> LC-705; <i>L. rhamnosus</i> 1/3; <i>Lactococcus lactis</i> ssp. ARH74	M ₁ (0,15 µg mL ⁻¹) / PBS, leite integral e leite desnatado	77,0% de redução com <i>L. rhamnosus</i> GG viável no período de 4 h em PBS. 76,1% de descontaminação usando <i>L. rhamnosus</i> LC-705 durante 24 h em PBS; 69,9 e 63,6% de diminuição em leite desnatado e integral.
Haskard et al (2001)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG; <i>L. rhamnosus</i> LC-705; <i>L. acidophilus</i> LC1; <i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> ; <i>L. acidophilus</i> ATCC 4356; <i>L. plantarum</i> ; <i>L. casei</i> Shirota; <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ; <i>L. helveticus</i> ; <i>Propionibacterium freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i> JS; <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ; <i>Streptococcus thermophilus</i>	B ₁ (10 ng mL ⁻¹) / PBS	<i>L. rhamnosus</i> GG e <i>L. rhamnosus</i> LC-705 ligaram 78,9 e 76,5% em 4 h respectivamente, e após lavagens com PBS mantiveram 49,5 e 37,8% da micotoxina.
Kabak; Var (2008)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> NCC 12; <i>L. acidophilus</i> NCC 36; <i>L. acidophilus</i> NCC 68; <i>L. rhamnosus</i> ; <i>Bifidobacterium bifidum</i> Bb13; <i>B. bifidum</i> NCC 381	M ₁ (5; 10; 20 ng mL ⁻¹) / PBS e leite	<i>B. bifidum</i> Bb13 viável em PBS, atingiu 26,6% de redução em 24 h com 10 ⁸ UFC mL ⁻¹ . O tratamento térmico das células não proporcionou diferença significativa, exceto para <i>L. acidophilus</i> NCC 12. O <i>B. bifidum</i> Bb13 obteve 25,94% (5,0 ng mL ⁻¹) e 27,3% (20,0 ng mL ⁻¹) de descontaminação nos ensaios com leite, para células viáveis ou não, respectivamente.

Bovo et al (2013)	<i>Lactibacillus plantarum</i> CTC368; <i>Enterococcus avium</i> CTC469; <i>Pediococcus pentosaceus</i> TR570; <i>L. delbrueckii</i> spp. <i>bulgaricus</i> LB340; <i>L. rhamnosus</i> HOWARU; <i>Bifidobacterium lactis</i> FLORA-FIT BI07; <i>L. gasseri</i> ATCC 33323	M_1 (0,15 μ g mL ⁻¹) no PBS) e (0,5 μ g L ⁻¹ no leite) / PBS e leite desnatado	O tratamento com calor teve maior capacidade de ligação com a aflatoxina, usando <i>L. rhamnosus</i> . A estabilidade do complexo foi mais estável nas células não viáveis. <i>L. bulgaricus</i> atingiu 65,6 e 69,1% de ligação em PBS com 15 min e 24 h; no ensaio em leite <i>B. lactis</i> obteve 37,6 e 32,54% de ligação em 4 e 37 °C.
Ghazvini et al (2016)	<i>Bifidobacterium bifidum</i> PTCC 1644; <i>Lactobacillus fermentum</i> PTCC 1744; <i>Aspergillus parasiticus</i> PTCC 5286	B_1 e G_1 (125 ppb); B_2 e G_2 (25 ppb) / Caldo tríptico de soja	<i>B. bifidum</i> diminuiu AFLAB ₁ , AFLAG ₁ , e AFLAG ₂ em 99,9% e AFLAB ₂ em 99,8%. <i>L. fermentum</i> reduziu em 99,9% todas micotoxinas. <i>B. bifidum</i> e <i>L. fermentum</i> reduziram o crescimento fúngico em 81,6 e 77%, respectivamente.
Sedaghat et al (2016)	<i>Lactobacillus plantarum</i> PIN; <i>L. plantarum</i> CAG23; <i>L. casei</i> D31; <i>L. pentosus</i> H39; <i>L. plantarum</i> NBRC 107151; <i>L. plantarum</i> KU13; <i>Aspergillus flavus</i> PTCC 5004 e <i>A. parasiticus</i> PTCC 5286	- / Queijo fresco	<i>L. plantarum</i> PIN (10^8 UFC mL ⁻¹) apresentou a melhor atividade antifúngica, proporcionando um atraso de 19 e 22 dias no crescimento de <i>A. flavus</i> e <i>A. parasiticus</i> , respectivamente a temperatura de armazenamento em 4 °C.
Ismail et al (2017)	<i>Lactobacillus plantarum</i> NRRL B-4496; <i>L. helveticus</i> ATCC 12046; <i>Lactococcus lactis</i> JF 3102; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> HR 125 ^a	M_1 (0,05; 0,1 μ g L ⁻¹) / Leite	Houve 100% de ligação com <i>S. cerevisiae</i> e <i>L. helveticus</i> na mistura com os quatro micro-organismos (10^{10} células mL ⁻¹ e 0,05 μ g L ⁻¹ de AFLAM ₁). <i>L. plantarum</i> e <i>Lactococcus lactis</i> obtiveram 80 e 76% de ligação. A concentração de 0,1 μ g L ⁻¹ de AFLAM ₁ gerou 92; 87; 85; 77 e 73% de ligação com <i>S. cerevisiae</i> ; a mistura de todos organismos, <i>L. helveticus</i> , <i>L. plantarum</i> e <i>Lactococcus lactis</i> , respectivamente.
Kamyar; Movassagh ghazani, (2017).	Grupo 1 – <i>Lactobacillus acidophilus</i> ; <i>Bifidobacterium BB-12</i> ; <i>Streptococcus thermophiles</i> ; grupo 2 – <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ; <i>Leuconostoc</i> ; <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> ; grupo 3 – <i>Debaromyces hansenii</i> ; <i>Kluyveromyces</i>	M_1 (150; 200 ; 250 ng L ⁻¹) / Kefir utilizando leite	O maior nível de diminuição da AFLA foi 65% aplicando <i>L. acidophilus</i> , <i>B. BB-12</i> , <i>S. thermophiles</i> e 200 ng L ⁻¹ .

	<i>marxians</i> subsp. <i>marxianus</i>		
Sarlak et al (2017)	CH-1 (<i>Streptococcus thermophilus</i> ; <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>); <i>L. acidophilus</i> LA-5; <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> Bb-12; <i>L. casei</i> LAFTI L26 e <i>L. rhamnosus</i> HN001	M ₁ (0,5 ppb) / Leite fermentado	<i>L. acidophilus</i> LA-5 (7 log UFC mL ⁻¹) e pH final fermentativo em 4,5 em 28 dias de armazenamento, descontaminou 98,8% da AFLA.
Taheur et al (2017)	Bactérias e leveduras isoladas de grãos e leite do kefir	B ₁ (1 µg mL ⁻¹) / Leite e em caldo Man, Rogosa e Sharpe e extrato de levedura peptona e dextrose	<i>Lactobacillus kefiri</i> e <i>Kazachstania servazzii</i> ligaram 80 e 74% da AFLAB ₁ em leite, respectivamente, a estabilidade do complexo liberaram 66 e 35%, após o tratamento em pH 7; 3 e 8.
Abdelmotil Ibrahim et al (2018)	<i>Lactobacillus plantarum</i> DSM 20174; <i>L. acidophilus</i> DSM 20079; <i>Bifidobacterium bifidum</i> DSM 20082; <i>Kluyveromyces lactis</i> CBS 2359; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 64712	M ₁ (50 ng mL ⁻¹) / PBS e leite	A maior redução foi utilizando o efeito combinatório das BAL tratadas termicamente na concentração de 5×10 ⁹ UFC mL ⁻¹ , conseguindo taxas de 87,9 e 90,9% em PBS e leite, respectivamente.
Barukcic et al (2018)	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB-12, <i>Lactobacillus casei</i> LC-01; cultura combinada ABT-5 de <i>L. acidophilus</i> La-2; BB-12 e <i>Streptococcus thermophilus</i> ; culturas comerciais de iogurte YC-380; mesófilos CHN-19; kefir XPL-1	M ₁ (50 ng kg ⁻¹) / Leite fermentado	<i>Lactobacillus casei</i> LC-01 obteve 58% de redução, proporcionando taxas de descontaminação de até 14 dias.
Delgado et al (2018)	A proteína avaliada isolada ou em combinação com <i>Debaryomyces hansenii</i> FHSCC 253H e/ou <i>Pediococcus acidilactici</i> fargo 35; <i>Aspergillus parasiticus</i> CECT 2682	B ₁ e G ₁ / Extrato de levedura, extrato de levedura enriquecido com cloreto de cálcio e queijo fermentado a seco	O tratamento com a proteína e <i>Debaryomyces hansenii</i> FHSCC 253H inibiu o crescimento do <i>A. parasiticus</i> de 5 até 15 dias, com concentrações de AFLAB ₁ menores que 4 ppb (LOD) e AFLAG ₁ menores que 1,5 ppb (LOD).
Ghanbari et al (2018)	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1058; <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> 1057; <i>Aspergillus parasiticus</i> ATCC 15517	Expressão do gene aflR / Microdiluição em caldo	A AFLAG ₂ foi inibida a níveis abaixo do limite de detecção e as AFLAB ₁ , AFLAB ₂ e AFLAG ₁ foram menos detectadas na exposição com <i>L. plantarum</i> , obtendo concentrações 50600; 2200; 25600 e 78400 ppb,

			respectivamente; A análise de PCR demonstrou redução na expressão do gene <i>aflR</i> , em ambas as BAL.
Kuharic et al (2018)	<i>Lactobacillus plantarum</i> SM1; <i>L. plantarum</i> SMB; <i>L. plantarum</i> MM; <i>L. plantarum</i> KM; <i>L. paracasei</i> KM; <i>L. rhamnosus</i> KM; <i>L. plantarum</i> SMA; <i>L. plantarum</i> SS1; <i>L. helveticus</i> S9; <i>Lactococcus lactis</i> 5MS1	M ₁ (0,5 µg L ⁻¹) / Leite	<i>L. plantarum</i> KM viável ou tratado termicamente foi capaz de ligar a AFLAM ₁ , obtendo 92,7 e 94,5% de ligação, respectivamente, em 4 h de cultivo.
Marrez et al (2018)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> CH-2; <i>Streptococcus thermophilus</i> CH-1; <i>L. rhamnosus</i> B-445; <i>L. plantarum</i> EMCC-1039	B ₁ (50 ng mL ⁻¹) / Leite integral e caldo Man, Rogosa e Sharpe	No caldo Man, Rogosa e Sharpe as maiores reduções de AFLAB ₁ ocorreram com <i>S. thermophilus</i> CH-1, seguido de <i>L. plantarum</i> EMCC-1039, com 65,7 e 57,7% de descontaminação. <i>L. plantarum</i> EMCC-1039, <i>L. rhamnosus</i> B-445 e <i>S. thermophilus</i> CH-1 propiciaram descontaminações de 85,2; 79,4 e 65,2%, respectivamente, no leite.
Sokoutifar et al (2018)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> PTCC 1643; <i>L. plantarum</i> PTCC 1058	M ₁ (180 pg mL ⁻¹) / Leite fermentado industrial e tradicional	<i>L. plantarum</i> PTCC 1058 apresentou maior eficiência a 37 °C com 100% de redução da micotoxina nos primeiros 10 dias para o leite fermentado tradicional e industrial.
Sevim et al (2019)	<i>Bifidobacterium bifidum</i> ATCC 35914; <i>B. animalis</i> subsp. <i>animalis</i> ATCC 27672; <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 10697; culturas iniciadoras de iogurte (<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> RSKK 04087 e <i>Streptococcus thermophiles</i> RSKK 01017)	M ₁ (100 ng mL ⁻¹) / Iogurte e PBS	A ligação da micotoxina em iogurte sem a suplementação da inulina obteve os melhores resultados com <i>B. bifidum</i> e <i>B. animalis</i> subsp. <i>animalis</i> após um dia de armazenamento com 60,8% de ligação. Após 10 dias de armazenamento <i>L. plantarum</i> e <i>B. bifidum</i> atingiram 55,1% de ligação. A adição de inulina obteve o máximo de ligação com <i>L. plantarum</i> e <i>B. bifidum</i> , 70,5% após um dia de armazenamento. O ensaio com PBS obteve resultados de ligação inferiores ao encontrado no iogurte.
Wochner et al (2019)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> La-5	B ₁ (3, 25 a 6,0 µg L ⁻¹) e M ₁ (1,0 a 2,0 µg L ⁻¹) / Leite	A maior redução de AFLAB ₁ foi utilizando a BAL, β-glucana e polidextrose atingindo 35,5%, e a redução de AFLAM ₁ foi de 71,5%. A

			melhor condição experimental foi $6,5 \mu\text{g L}^{-1}$ de AFLAB ₁ e $2,0 \mu\text{g L}^{-1}$ de AFLAM ₁ com tempo de incubação de 0 h e adição de probióticos e inulina (0,75%).
Gonçalves et al (2020)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ; <i>Lactococcus lactis</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	M ₁ (0,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$) / Queijo Minas frescal	As BAL obtiveram 94% de redução com 10 dias de armazenamento. Avaliando somente a levedura, atingiu-se 100% em 20 dias de armazenamento. As BAL e a levedura diminuiram 100% em 10 dias de armazenamento.

É possível observar no Quadro 2, que a aplicação de *Lactobacillus plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. bulgaricus* e *Bifidobacterium bifidum*, viáveis ou tratados termicamente, em leite ou derivados lácteos, têm resultados promissores de descontaminação. Gonçalves et al (2018) atingiu níveis de 40 a 3670 ng L⁻¹ de AFLAM₁ em leite, fazendo uso das condições experimentais desenvolvidas por Sarlak et al (2017), que obteve 98,8% de descontaminação em leite fermentado com contaminação inicial de 0,5 ppb para AFLAM₁, utilizando concentração inicial de BAL em 7 log UFC mL⁻¹ e temperatura de 40 °C com pH final em 4,5 e Taheur et al (2017), por meio do cultivo por 24 h a 25 °C, fazendo uso de leite contaminado com 1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de AFLAB₁, atingiu 80% de redução, demonstrando as possibilidades de reduções dentro das concentrações nas diferentes legislações vigentes. Porém, a redução destes contaminantes dependerá dos micro-organismos que serão utilizados, das concentrações de BAL e de aflatoxina presente, tempo de contato entre bactéria e aflatoxina e, a estabilidade deste complexo.

3. Considerações Finais

O uso de BAL em leite e derivados contaminados com AFLAM₁ e/ou AFLAB₁ com o objetivo de reduzir e/ou degradar estes contaminantes é uma alternativa promissora, demonstrada pelos estudos apresentados nesta revisão. Entretanto ainda é necessário elucidar o mecanismo de ação entre os micro-organismos e as aflatoxinas, bem como avaliar a estabilidade deste complexo a fim de garantir que estes compostos não ofereçam risco à saúde humana.

4. Referências

ABBÈS, S.; SALAH-ABBÈS, J. B.; JEBALI, R.; YOUNES, R. B.; OUESLATI, R. Interaction of aflatoxin B₁ and fumonisin B₁ in mice causes immunotoxicity and oxidative stress: possible protective role using lactic acid bacteria. **Journal of Immunotoxicology**, v. 13, p. 1 – 9, 2016.

ABDELMOTILIB, N. M.; HAMAD, G. M.; ELDERA, H. B.; SALEM, E. G.; SOHAIMY, S. A. E. Aflatoxin M₁ reduction in milk by a novel combination of probiotic bacterial and yeast strains. **European Journal of Nutrition & Food Safety**, v. 8, p. 83 – 99, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) número 7 de 18 de Fevereiro de 2011. Limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da União**. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2968262/%282%29RDC_07_2011_COMP.pdf/42310948-a1c5-4213-a467-1da97b8f4cae. Acesso em: 30 julho 2020.

ALAHLAH, N.; MAADOUDI, M. E.; BOUCHRITI, N.; TRIQUI, R.; BOUGTAIB, H. Aflatoxin M₁ in UHT and power milk marketed in the northern area of Morocco. **Food Control**, v. 114, p. 1 – 5, 2020.

AWASTHI, V.; BAHMAN, B.; THAKUR, L. K.; SINGH, S. K.; DUA, A.; GANGULY, S. Contaminants in milk and impact of heating: na assessment study. **Indian Journal of Public Health**, v. 56, p. 95 – 99, 2012.

BAHRAMI, R.; SHAHBAZI, Y.; NIKOUSEFAT, Z. Aflatoxin M₁ in milk and traditional dairy products from west parto f Iran: occurrence and seasonal variation with emphasis on risk assessment of human exposure. **Food Control**, v. 62, p. 250 – 256, 2016.

BAKIRCI, I. A study on the occurrence of aflatoxin M₁ in milk and milk products produced in Van province of Turkey. **Food Control**, v. 12, p. 47 – 51, 2001.

BARUKCIC, I.; BILANDZIC, N.; MARKOV, K.; JAKOPOVIC, K. L.; BOZANIC, R. Reduction in aflatoxin M₁ concentration during production and storage of selected fermented milks. **International Journal of Dairy Technology**, v. 71, p. 734 – 740, 2018.

BECKER-ALGERI, T. A.; CASTAGNARO, D.; BORTOLI, K.; SOUZA, C.; DRUNKLER, D. A.; BADIALE-FURLONG, E. Mycotoxins in bovine milk and dairy products: a review. **Journal of Food Science**, v. 81, p. R544 – R552, 2016.

BECKER-ALGERI, T. A.; SOUZA, C.; BORTOLI, K.; CASTAGNARO, D.; SCAGLIONI, P. T.; DRUNKLER, D. A.; DORS, G.; VALDERRAMA, P.; BADIALE-FURLONG, E. Seasonal variation of milk quality: physicochemical, microbiological, and toxicological. **Journal of Food Safety**, v. e12796, 2020.

BENKERROUM, N. Chronic and acute toxicities of aflatoxinas: mechanisms of action. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, p. 1 – 28, 2019.

BENNETT, J. W.; KLICH, M. Mycotoxins. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 16, p. 497 – 516, 2003.

BOVO, F.; CORASSIN, C. H.; ROSIM, R. E.; OLIVEIRA, C. A. F. Efficiency of lactic acid bacteria strains for decontamination of aflatoxin M₁ in phosphate buffer saline solution and skimmed milk. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p. 2230 – 2234, 2013.

BRASIL. Instrução Normativa (IN) número 76, de 26 de Novembro de 2018. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2018. Disponível em:

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 17 julho 2020.

BRASIL. Instrução Normativa (IN) número 77, de 26 de Novembro de 2018. Critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018a.** Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 17 julho 2020.

BRASIL. Portaria número 7, de 09 de Novembro de 1988. Baixa os padrões mínimos de matéria-prima destinada à alimentação animal. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1988.** Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 01 agosto 2020.

CAMPAGNOLLO, F. B.; GANEV, K. C.; KHANEGHAH, A. M.; PORTELLA, J.; CRUZ, A. G.; GRANATO, D.; CORASSIN, C. H.; OLIVEIRA, C. A. F.; SANT'ANA, A. S. The occurrence and effect of unit operations for dairy products processing on the fate of aflatoxin M₁: a review. **Food Control**, v. 68, p. 310 – 329, 2016.

CHAVARRÍA, G.; GRANADOS-CHINCHILLA, F.; ALFARO-CASCANTE, M.; MOLINA, A. Detection of aflatoxin M₁ in milk, cheese and sour cream samples from Costa Rica using enzyme-assisted extraction and HPLC. **Food Additives & Contaminants: Part B: Surveillance**, v. 8, p. 128 – 135, 2015.

COMISSÃO DA UNIÃO EUROPEIA. Comissão da Regulamentação da União Europeia número 165/2010 de 26 Fevereiro 2010. Determinação de teores máximos para certos contaminantes em alimentos, no que diz respeito às aflatoxinas. **Comissão da Regulamentação, 2010.** Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:050:0008:0012:EN:PDF>. Acesso em: 31 julho 2020.

CREPPY, E. E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. **Toxicology Letters**, v. 127, p. 19 – 28, 2002.

DADZIE, M. A.; OPPONG, A.; OFORI, K.; ELEBLU, J. S.; IFIE, E. B.; BLAY, E.; OBENG-BIO, E. Distribution of *Aspergillus flavus* and aflatoxin accumulation in stored maize grains across three agro-ecologies in Ghana. **Food Control**, v. 104, p. 91 – 98, 2019.

DALIÉ, D. K. D.; DESCHAMPS, A. M.; RICHARD-FORGET, F. Lactic acid bacteria – Potential for controlo f mould growth and mycotoxins: a review. **Food Control**, v. 21, p. 370 – 380, 2010.

DAOU, R.; AFIF, C.; JOUBRANE, K.; KHABBAZ, L. R.; MAROUN, R.; ISMAIL, A.; KHOURY, A. E. Occurrence of aflatoxin M₁ in raw, pasteurized, UHT cow's milk, and dairy products in Lebanon. **Food Control**, v. 111, p. 1 – 29, 2020.

DELGADO, J.; RODRÍGUEZ, A.; GARCÍA, A.; NÚÑEZ, F.; ASENSIO, M. A. Inhibitory effect of PgAFP and protective cultures on *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxins production on dry-fermented sausage and cheese. **Microorganisms – Open Access Journal**, v. 6, p. 1 – 16, 2018.

DEVECI, O. Changes in the concentration of aflatoxin M₁ during manufacture and storage of White pickled cheese. **Food Control**, v. 18, p. 1103 – 1107, 2007.

FABIAN, E.; MAJCHRZAK, D.; DIEMINGER, B.; MEYER, E.; ELMADFA, I. Influence of probiotic and conventional yoghurt on the status of vitamins B₁, B₂ and B₆ in Young healthy women. **Annals of Nutrition & Metabolism**, v. 52, p. 29 – 36, 2008.

FAZELI, M. R.; HAJIMOHAMMADALI, M.; MOSHKANI, A.; SAMADI, N.; JAMALIFAR, H.; KHOSHAYAND, M. R.; VAGHARI, E.; POURAGAHI, S. Aflatoxin B₁ binding capacity of autochthonous strains of lactic acid bacteria. **Journal of Food Protection**, v. 72, p. 189 – 192, 2009.

FERNANDES, A. M.; CORRÊA, B.; ROSIM, R. E.; KOBASHIGAWA, E.; OLIVEIRA, C. A. F. Distribution and stability of aflatoxin M₁ during processing and storage of Minas Frescal cheese. **Food Control**, v. 24, p. 104 – 108, 2012.

FOOD & DRUG ADMINISTRATION – FDA. CPG Sec. 527.400 whole milk, lowfat milk, skim milk – aflatoxin M₁. **Office of Regulatory Affairs and Center for Food and Applied Nutrition**, 2005. Disponível em: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/cpg-sec-527400-whole-milk-lowfat-milk-skim-milk-aflatoxin-m1>. Acesso em: 28 julho 2020.

FOOD & DRUG ADMINISTRATION – FDA. Sec. 683.100 Action Levels for Aflatoxins in Animal Food. **Office of Regulatory Affairs and Center for Veterinary Medicine**, 2019. Disponível em: <https://www.fda.gov/media/121202/download#:~:text=In%201969%2C%20FDA%20set%20an,to%20the%20lowest%20possible%20level..> Acesso em: 30 julho 2020.

GHANBARI, R.; AGHAEI, E. M.; REZAIE, S.; KHANIKI, G. J.; ALIMOHAMMADI, M.; SOLEIMANI, M.; NOORBAKHSH, F. The inhibitory effect of lactic acid bacteria on aflatoxin production and expression of aflR gene in *Aspergillus parasiticus*. **Journal of Food Safety**, v. 38, p. 1 – 6, 2018.

GHAZVINI, R. D.; KOUHSARI, E.; ZIBAFAR, E.; HASHEMI, S. J.; AMINI, A.; NIKNEJAD, F. Antifungal activity and aflatoxin degradation of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus fermentum* against toxigenic *Aspergillus parasiticus*. **The Open Microbiology Journal**, v. 10, p. 197 – 201, 2016.

GOMAA, E. Z.; ABDELALL, M. F.; EL-MAHDY, O. M. Detoxification of aflatoxin B₁ by antifungal compounds from *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus paracasei*, isolated from dairy products. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 10, p. 201 – 209, 2018.

GONÇALVES, L.; ROSA, A. D.; GONZALES, S. L.; FELTES, M. M. C.; BADIALE-FURLONG, E.; DORS, G. C. Incidence of aflatoxin M₁ in fresh milk from small farms. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 11 – 15, 2017.

GONÇALVES, K. D. M.; SIBAJA, K. V. M.; FELTRIN, A. C. P.; REMEDI, R. D.; GARCIA, S. O.; GARDA-BUFFON, J. Occurrence of aflatoxinas B₁ and M₁ in milk powder and UHT consumed in the city of Assomada (Cape Verde Islands) and Southern Brazil. **Food Control**, v. 93, p. 260 – 264, 2018.

GONÇALVES, B. L.; MUAZ, K.; COPPA, C. F. S. C.; ROSIM, R. E.; KAMIMURA, E. S.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C. H. Aflatoxin M₁ adsorption by non-viable cells of

lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae* strains in Frescal cheese. **Food Research International**, v. 136, p. 1 – 5, 2020.

GOURAMA, H.; BULLERMAN, L. B. Inhibition of growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* by *Lactobaacillus* species. **Journal of Food Protection**, v. 58, p. 1249 – 1256, 1995.

GOVARIS, A.; ROUSSI, V.; KOIDIS, P. A.; BOTSOGLOU, N. A. Distribution and stability of aflatoxin M₁ during production and storage of yoghurt. **Food Additives & Contaminants**, v. 19, p. 1043 – 1050, 2002.

GUIMARÃES, A.; SANTIAGO, A.; TEIXEIRA, J. A.; VENÂNCIO, A.; ABRUNHOSA, L. Anti-aflatoxigenic effect of organic acids produced by *Lactobacillus plantarum*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 264, p. 31 – 38, 2018.

HASKARD, C. A.; EL-NEZAMI, H. S.; KANKAANPAA, P. E.; SALMINEN, S.; AHOKAS, J. T. Surface binding of aflatoxin B₁ by lactic acid bactéria. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, p. 3086 – 3091, 2001.

HASSANIN, N. I. Stability of aflatoxin M₁ during manufacture and storage of yoghurt, yoghurt-cheese and acidified milk. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 65, p. 31 – 34, 1994.

IHA, M. H.; BARBOSA, C. B.; OKADA, I. A.; TRUCKSESS, M. W. Aflatoxin M₁ in milk and distribution and stability of aflatoxin M₁ during production and storage of yoghurt and cheese. **Food Control**, v. 29, p. 1 – 6, 2013.

IQBAL, S. Z.; ASI, M. R.; MALIK, N. The seasonal variation of aflatoxin M₁ in milk and dairy products and assessment of dietary intake in Punjab, Pakistan. **Food Control**, v. 79, p. 292 – 296, 2017.

ISMAIL, A.; LEVIN, R. E.; RIAZ, M.; AKHTAR, S.; GONG, Y. Y.; OLIVEIRA, C. A. F. Effect of diferente microbial concentrations on binding of aflatoxin M₁ and stability testing. **Food Control**, v. 73, p. 492 – 496, 2017.

JEBALI, R.; SALAH-ABBÈS, J. B.; ABBÈS, S.; HASSAN, A. M.; ABDEL-AZIEM, S. H.; EL-NEKEETY, A. A.; OUESLATI, R.; ABDEL-WAHHAB, M. A. *Lactobacillus plantarum* alleviate aflatoxins (B₁ and M₁) induced disturbances in the intestinal genes expression and DNA fragmentation in mice. **Toxicon**, v. 146, p. 13 – 23, 2018.

KABAK, B.; VAR, I. Factors affecting the removal of aflatoxin M₁ from food model by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v.43, p. 617 – 624, 2008.

KAMYAR, S.; MOVASSAGHGHAZANI, M. Reduction of aflatoxin M₁ in milk using kefir starter. **Iranian Journal of Toxicology**, v. 11, p. 27 – 31, 2017.

KLEIN, P. J.; BUCKNER, R.; KELLY, J.; COULOMBE, R. A. J. Biochemical basis for the extreme sensitivity of turkeys to aflatoxin B₁. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 165, p. 45 – 52, 2000.

KUHARIĆ, Ž.; JAKOPOVIĆ, Ž.; ČANAK, I.; FRECE, J.; BOŠNIR, J.; PAVLEK, Ž.; IVEŠIĆ, M.; MARKOV, K. Removing aflatoxin M₁ from milk with native lactic acid bacteria, centrifugation, and filtration. **Archives of Industrial Hygiene and Toxicology**, v. 69, p. 334 – 339, 2018.

LINDGREN, S. E.; DOBROGOŠZ, W. J. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 87, p. 149 – 164, 1990.

LÓPEZ, C.; RAMOS, L.; RAMADÁN, S.; BULACIO, L.; PEREZ, J. Distribution of aflatoxin M₁ in cheese obtained from milk artificially contaminated. **International Journal of Food Microbiology**, v. 64, p. 211 – 215, 2001.

MARREZ, D. A.; SHAHY, E. M.; EL-SAYED, H. S.; SULTAN, Y. Y. Detoxification of aflatoxin B₁ in milk using lactic acid bacteria. **Journal of Biological Sciences**, v. 18, p. 144 – 151, 2018.

MOHAMMEDI-AMEUR, S.; DAHMANE, M.; BRERA, C.; KARDJADJ, M.; BEM-MAHDI, M. H. Occurrence and seasonal variation of aflatoxin M₁ in raw cow milk collected from different regions of Algeria. **Veterinary World**, v. 13, p. 433 – 439, 2020.

MOSS, M. O. Recent studies of mycotoxins. **Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement**, v. 84, p. 62S – 76S, 1998.

MURPHY, P. A.; HENDRICH, S.; LANDGREN, C.; BRYANT, C.M. Food mycotoxins: an update. **Journal of Food Science**, v. 71, p. R51 – R65, 2006.

NATEGHİ, F.; NOORBAKHSH, F.; LOTFALİ, E.; REZAIE, S. Investigation the effects of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* on *aflR* gene expression in *Aspergillus parasiticus* by real time- PCR. **Iranian Journal of Public Health**, v. 45, p. 781 – 786, 2016.

NDUTI, N.; MCMILLAN, A.; SENEY, S.; SUMARAH, M.; NJERU, P.; MWANIKI, M.; REID, G. Investigating probiotic yoghurt to reduce an aflatoxin B₁ biomarker among school children in eastern Kenya: preliminary study. **International Dairy Journal**, v. 63, p. 124 – 129, 2016.

OBREMSKI, K.; ZIELONKA, L.; GAJECKA, M.; JAKIMIUK, E.; GAJECKI, M. Mycotoxins – dairy cattle breeding problem. A case report. **Bulletin Veterinary Institute in Pulawy**, v. 53, p. 221 – 224, 2009.

O'BRIEN, M.; O'KIELY, P.; FORRISTAL, P. D.; FULLER, H. T. Fungi isolated from contaminated baled grass silage on farms in the Irish Midlands. **FEMS Microbiology Letters**, v. 247, p. 131 – 135, 2005.

OMEIZA, G. K.; KABIR, J.; KWAGA, J. K. P.; KWANASHIE, C. N.; MWANZA, M.; NGOMA, L. A risk assessment study of the occurrence and distribution of aflatoxigenic *Aspergillus flavus* and aflatoxin B₁ in dairy cattle feeds in a central northern state, Nigeria. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 846 – 856, 2018.

ONILUDE, A. A.; FAGADE, O. E.; BELLO, M. M.; FADAHUNSI, I. F. Inhibition of aflatoxin-producing aspergilli by lactic acid bacteria isolates from indigenously fermented cereal gruels. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, p. 1404 – 1408, 2005.

PARK, D. L. Effect of processing on aflatoxin. In: Mycotoxins and Food Safety, 1 ed. New York: Kluwer Academic, v. 504, p. 173 – 179, 2002.

PEI, S. C.; ZHANG, Y. Y.; EREMIN, S. A.; LEE, W. J. Detection of aflatoxin M₁ in milk products from China by ELISA using monoclonal antibodies. **Food Control**, v. 20, p. 1080 – 1085, 2009.

PIERIDES, M.; EL-NEZAMI, H.; PELTONEN, K.; SALMINEN, S.; AHOKAS, J. Ability of dairy strains of lactic acid bacteria to bind aflatoxin M₁ in a food model. **Journal of Food Protection**, v. 63, p. 645 – 650, 2000.

PITT, J. I.; TANIWAKI, M. H.; COLE, M. B. Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of Food Safety Objectives. **Food Control**, v. 32, p. 205 – 215, 2013.

PRANDINI, A.; TANSINI, G.; SIGOLO, S.; FILIPPI, L.; LAPORTA, M.; PIVA, G. On the occurrence of aflatoxin M₁ in milk and dairy products. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, p. 984 – 991, 2009.

SAKIN, F.; TEKELİ, İ. O.; YİPEL, M.; KUREKCI, C. Occurrence and health risk assessment of aflatoxins and ochratoxin A in Sürk, a Turkish dairy food, as studied by HPLC. **Food Control**, v. 90, p. 317 – 323, 2018.

SALAH-ABBÈS, J. B.; ABBÈS, S.; JEBALI, R.; HAOUS, Z.; OUESLATI, R. Potential preventive role of lactic acid bacteria against aflatoxin M₁ immunotoxicity and genotoxicity in mice. **Journal of Immunotoxicology**, v. 12, p. 1 – 8, 2015.

SANTOS, M. C.; SOUSA, R. B.; OLIVEIRA, S. E. M.; LIMA, K. S. C.; LIMA, A. L. S. Micotoxinas e seu potencial como agentes de guerra. **Revista Virtual de Química**, v. 6, p. 761 – 778, 2014.

SARLAK, Z.; ROUHI, M.; MOHAMMADI, R.; KHAKSAR, R.; MORTAZAVIAN, A. M.; SOHRABVANDI, S.; GARAVAND, F. Probiotic biological strategies to decontaminate aflatoxin M₁ in a traditional Iranian fermented milk drink (Doogh). **Food Control**, v. 71, p. 152 – 159, 2017.

SARTORI, A. V.; MATTOS, J. S.; MORAES, M. H. P.; NÓBREGA, A. W. Determination of aflatoxins M₁, M₂, B₁, B₂, G₁ and G₂ and ochratoxin A in UHT and powdered milk by modified QuEChERS method and ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. **Food Analytical Methods**, v. 8, p. 2321 – 2330, 2015.

SASSAHARA, M.; NETTO, D. P.; YANAKA, E. K. Aflatoxin occurrence in foodstuff supplied to dairy cattle and aflatoxin M₁ in raw milk in the North of Paraná state. **Food and Chemical Toxicology**, v. 43, p. 981 – 984, 2005.

SCAGLIONI, P. T.; BECKER-ALGERI, T.; DRUNKLER, D.; BADIALE-FURLONG, E. Aflatoxin B₁ and M₁ in milk. **Analytica Chimia Acta**, v. 829, p. 68 – 74, 2014.

SEDAGHAT, H.; ESKANDARI, M. H.; MOOSAVI-NASAB, M.; SHEKARFOROUSH, S. S. Application of non-starter lactic acid bacteria as biopreservative agents to control fungal spoilage of fresh cheese. **International Dairy Journal**, v. 56, p. 87 – 91, 2016.

SEVİM, S.; TOPAL, G. G.; TENGILIMOGLU-METİN, M. M.; SANCAK, B.; KIZİL, M.

Effects of inulin and lactic acid bacteria strains on aflatoxin M₁ detoxification in yogurt. **Food Control**, v. 100, p. 235 – 239, 2019.

SIBAJA, K. V. M.; GONÇALVES, K. D. M.; GARCIA, S. O.; FELTRIN, A. C. P.; NOGUEIRA, W. V.; BADIALE-FURLONG, E.; GARDA-BUFFON, J. Aflatoxin M₁ and B₁ in Colombian milk powder and estimated risk exposure. **Food Additives & Contaminants: Part B**, v. 12, p. 1 – 8, 2019.

SOKOUTIFAR, R.; RAZAVILAR, V.; ANVAR, A. A.; SHOEIBY, S. Degraded aflatoxin M₁ in artificially contaminated fermented milk using *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus plantarum* affected by some bio-physical factors. **Journal of Food Safety**, v. 38, p. 1 – 12, 2018.

SOUZA, G. N.; CARVALHO, A. C.; MENDONÇA, L. C. **Qualidade do leite**. In: Manual de bovinocultura de leite. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: LK Editora, p. 545, 2010.

SWEENEY, M. J.; DOBSON, A. D. W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. **International Journal of Food Microbiology**, v. 43, p. 141 -158, 1998.

TADESSE, S.; BERHANU, T.; WOLDEGIORGIS, A. Z. Aflatoxin M₁ in milk and milk products marketed by local and industrial producers in Bishoftu town of Ethiopia. **Food Control**, v. 118, p. 1 – 10, 2020.

TAHEUR, F. B.; FEDHILA, K.; CHAIEB, K.; KOUIDHI, B.; BAKHROUF, A.; ABRUNHOSA, L. Adsorption of aflatoxin B₁, zearalenone and ochratoxin A by microorganisms isolated from kefir grains. **International Journal of Food Microbiology**, v. 251, p. 1 – 7, 2017.

TOMASEVIC, I.; PETROVIC, J.; JOVETIC, M.; RAICEVIC, S.; MILOJEVIC, M.; MIOCINOVIC, J. Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M₁ in milk and milk products in Serbia. **Food Control**, v. 56, p. 64 – 70, 2015.

WOCHNER, K. F.; MOREIRA, M. C. C.; KALLSCHNE, D. L.; COLLA, E.; DRUNKLER, D. Detoxification of aflatoxin B₁ and M₁ by *Lactobacillus acidophilus* and prebiotics in whole cow's milk. **Journal of Food Safety**, v. 39, p. 1 – 10, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Aflatoxins: aflatoxins pose a serious health risk to humans and livestock**. Suíça, n. 18.1, p. 1 – 5, 2018. Disponível em: https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Aflatoxins_EN.pdf. Acesso em: 01 agosto 2020.

WU, Q.; JEZKOVA, A.; YUAN, Z.; PAVLIKOVÁ, L.; DOHNAL, V.; KUCA, K. Biological degradation of aflatoxins. **Drug Metabolism Reviews**, v. 41, p. 1 – 7, 2009.

XIONG, J.; XIONG, L.; ZHOU, H.; LIU, Y.; WU, L. Occurrence of aflatoxin B₁ in dairy cow feedstuff and aflatoxin M₁ in UHT and pasteurized milk in central China. **Food Control**, v. 92, p. 386 – 390, 2018.

XIONG, J.; PENG, L.; ZHOU, H.; LIN, B.; YAN, P.; WU, W.; LIU, Y.; WU, L.; QIU, Y. Prevalence of aflatoxin M₁ in raw milk and three types of liquid milk products in central-south China. **Food Control**, v. 108, p. 2 – 5, 2020.