

黄曲霉毒素 M₁ ELISA 试剂盒的检测效果研究

李平^{1*}, 谢体波¹, 易重任¹, 魏丽丽¹, 王大敏¹, 张建宇², 欧翔², 陈芳², 罗先坤²

(1. 贵州勤邦食品安全科学技术有限公司, 贵阳 550009; 2. 贵阳市农产品质量安全监督检验测试中心, 贵阳 550009)

摘要: **目的** 为验证本公司生产的黄曲霉毒素 M₁ 酶联免疫法 (ELISA) 检测试剂盒的检测效果。 **方法** 用 ELISA 检测试剂盒对牛奶、酸奶、奶粉和干酪等 4 种样品中黄曲霉毒素 M₁ 的残留量进行检测, 并与高效液相色谱荧光检测法进行对照。 **结果** 该试剂盒对 4 种样品的最低检测限分别为 0.039、0.192、0.306、0.199 μg/kg(L), 试剂盒板内板间变异系数均小于 5%; 对 4 种样品做加标回收试验, 其回收率均在 93%~120% 之间, 变异系数均小于 10%; 该方法与高效液相色谱法检测实际样品的阴、阳性判断结果一致。 **结论** 该方法稳定、可靠、灵敏, 可满足食品中黄曲霉毒素 M₁ 残留快速检测的需要。

关键词: 黄曲霉毒素 M₁; 酶联免疫法; 高效液相色谱法; 牛奶

Research on detection results of aflatoxin M₁ enzyme-linked immune sorbent assay detection kit

LI Ping^{1*}, XIE Ti-Bo¹, YI Zhong-Ren¹, WEI Li-Li¹, WANG Da-Min¹, ZHANG Jian-Yu²,
OU Xiang², CHEN Fang², LUO Xian-Kun²

(1. Guizhou Kwinbon Food Safety Science-Technology Co., Ltd., Guiyang 550009, China; 2. Guiyang Supervision and Inspection Center of Agricultural Product Quality and Safety, Guiyang 550009, China)

ABSTRACT: Objective To verify the test effect of aflatoxin M₁ enzyme-linked immune sorbent assay (ELISA) detection kit developed by Beijing Kwinbon biotechnology company. **Methods** The method of ELISA was used to detect the residues of aflatoxin M₁ in milk, yoghurt, milk powder and cheese, and compared with high performance liquid chromatography (HPLC). **Results** The results showed that the minimum detection limitation of the kit for the 4 kinds of samples were 0.039, 0.192, 0.306, and 0.199 μg/kg (L), the coefficient of variation was less than 5%. The recovery of the method was in the range of 93%~120%, and the coefficient of variation was less than 10%. The judgments of positive and negative by ELISA were the same as those of HPLC. **Conclusion** This method was efficient, reliable and sensitive, and could meet the fast-test for the determination of aflatoxin M₁ residues in food.

KEY WORDS: aflatoxin M₁; enzyme linked immune sorbent assay; high performance liquid chromatography; milk

基金项目: 2013 创新人才计划项目([2013]209-01)、贵州省技术创新项目

Fund: Supported by 2013 Innovative Talents Scheme ([2013]209-01), Guizhou Technology Innovation

*通讯作者: 李平, 中级工程师, 主要从事食品安全快速检测技术的研究与开发。E-mail: 294173456@qq.com

*Corresponding author: LI Ping, Intermediate Engineer, Guizhou Kwinbon Food Safety Science-Technology Co., Ltd., Guiyang 550009, China. E-mail: 294173456@qq.com

1 引言

黄曲霉毒素 M_1 是动物在摄入被黄曲霉毒素 B_1 污染的饲料和食品后在体内产生的代谢物^[1], 可致癌、致畸、致突变, 其基本结构为二呋喃环和香豆素, 可溶于多种有机溶剂, 如氯仿、乙腈和甲醇等^[2,3], 存在于动物分泌的乳汁和尿液中。因此, 牛奶及其制品是易受黄曲霉毒素 M_1 污染的食品之一, 了解食品中黄曲霉毒素 M_1 的污染状况, 对保障人们的食品和健康安全具有重要意义。

黄曲霉毒素 M_1 的检测方法主要有高效液相色谱-串联质谱法、高效液相色谱法、荧光光度法和薄层色谱法等^[4-9], 但这些方法通常存在准确性较差、操作繁琐、灵敏度低、需要昂贵仪器等缺点, 不利于快速筛查和大范围应用; 酶联免疫法是抗体抗原特异性反应和酶与底物显色反应的催化作用结合起来测定黄曲霉毒素含量的免疫分析方法, 该方法样品处理简单, 结果准确稳定, 特异性强、干扰小、方便快捷, 灵敏度高且检测成本较低, 在黄曲霉毒素检测方面已得到广泛应用^[10-12]。目前市场上现有的黄曲霉毒素 M_1 ELISA 检测试剂盒有很多, 国外如 Charm Sciences, Inc. 公司生产的 Char II Aflatoxin Assay 试剂盒, 灵敏度为 0.025 ppb, 国内如上海必发生化科技有限公司生产的试剂盒对牛奶、奶粉的最低检测限为 5 ppt, 干酪为 50 ppt, 回收率为牛奶 95%、奶粉 95%、干酪 102%; 北京华安麦科生物技术有限公司生产的试剂盒的检测下限为 0.05 ppt, 回收率为牛奶 (90±15)%, 奶粉 (85±15)%, 试剂盒变异系数小于 10%(精密度); 我公司生产的试剂盒的最低检出限为牛奶 0.03 ppb, 试剂盒的板内、板间变异系数均小于 5%, 回收率均在 93~120%之间; 与其他公司生产的试剂盒相比, 我公司生产的试剂盒的检测下限稍高一些, 但该种检测方法是可行的。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 样品与试剂

纯牛奶、酸奶、奶粉、干酪均为市售; 黄曲霉毒素 M_1 (Aflatoxin M_1) ELISA 检测试剂盒(北京勤邦生物技术有限公司); 甲醇、石油醚、三氯甲烷、异丙醇(分析纯, 天津市富宇精细化工有限公司)。

2.1.2 仪器与设备

微孔板酶标仪(KHB ST-360, 上海科华实验系统有限公司), 振荡器(SHA-C, 金坛市白塔金昌实验仪器厂), 涡旋仪(QL-901, 海门市其林贝尔仪器制造有限公司), 离心机(DT5-2, 北京时代北利离心机有限公司), 微量移液器(美国 Thermo 公司), 高效液相色谱仪(Ultimate 3000, 美国 Thermo scientific 公司)。

2.2 方法

2.2.1 样品前处理方法

(1) 牛奶前处理方法

移取 50 mL 牛奶样本直接测定。

(2) 酸牛奶样本前处理方法

混匀结块的酸牛奶样本; 吸取 200 mL 混匀后的酸牛奶样本至 2 mL 聚苯乙烯离心管中; 加入 800 mL 去离子水, 用振荡器充分振荡至样本混匀; 取 50 mL 用于分析。

(3) 奶粉样本前处理方法

称取(1.0±0.05) g 奶粉样本至 50 mL 聚苯乙烯离心管中; 加入 8 mL 去离子水, 用振荡器充分振荡至奶粉全部溶解; 取 50 μ L 用于分析。

(4) 奶酪样本前处理方法

检测前将奶酪样本捣碎, 称取(1.0±0.05) g 奶酪样本至 50 mL 聚苯乙烯离心管中, 分别加入 3 mL 去离子水和 3 mL 乙腈, 用涡旋仪涡动至样本完全分散; 设定转速为 4096 r/min, 室温(20~25 $^{\circ}$ C)离心 5 min, 移取 3 mL 上层清液至 50 mL 聚苯乙烯离心管中, 加入 6 mL 二氯甲烷, 用涡旋仪涡动 15 s; 4096 r/min, 室温(20~25 $^{\circ}$ C)离心 5 min, 除去全部上层, 取 3 mL 下层有机相至 10 mL 洁净干燥玻璃试管中, 于 50~60 $^{\circ}$ C 水浴氮气流下吹干; 加入 1 mL 正己烷, 用涡旋仪涡动 1 min, 再加入 1 mL 复工作溶液, 用涡旋仪涡动 20 s, 室温(20~25 $^{\circ}$ C)离心 5 min; 除去上层有机相, 取下层水相 50 μ L 用于分析。

(5) 样本处理前注意事项:

(a) 实验中必须使用一次性吸头, 在吸取不同的试剂时要换吸头。

(b) 实验之前须检查各种实验器具是否洁净, 必须使用洁净实验器具, 以避免污染干扰实验结果。

(c) 未处理的牛奶样本需冷冻环境保存。

(d) 处理好的样本可于 25 $^{\circ}$ C 环境避光保存 4 h。

2.2.2 样品检测方法

回温: 将所需试剂(包括浓缩洗涤液和浓缩复溶

液)和酶标板取出,放置在实验桌上回温至室温(20~25)℃。

编号:样本和标准品对应微孔按序编号,记录标准孔和样本孔所在的位置。

工作液配制:根据需要量将酶结合物浓缩液用酶结合物稀释液按照1:10的体积比稀释。

加标准品/样品和酶结合物工作液:加标准品/样品50 μL到对应微孔中,再加入酶结合物工作液50 μL/孔,震荡混匀,用盖板膜盖板后置25℃避光反应30 min。

洗板:揭开盖板膜,将孔内液体甩干,加入洗涤工作液250 μL/孔,充分洗涤4~5次,每次间隔10 s,泼掉板孔内洗涤液,用吸水纸拍干。

显色:加底物液A液50 μL/孔,再加底物液B液50 μL/孔,震荡摇匀,用盖板膜盖板后置25℃避光反应15 min。

测定:加入终止液50 μL/孔,震荡摇匀,设定酶标仪于450 nm处,测定OD值。

2.2.3 黄曲霉毒素M₁含量测定

(1) 百分吸光率的计算

标准品或样本的百分吸光率等于标准品或样本的平均吸光度值(双孔)除以第一个标准品(0标准)的平均吸光度值,再乘以100%,即:百分吸光率(%) = $B/B_0 \times 100\%$

B—标准品或样本溶液的平均吸光度值

B₀—0 ppb 标准溶液的平均吸光度值

(2) 标准曲线的绘制与计算

以标准品百分吸光率为纵坐标,以黄曲霉毒素M₁标准品浓度(μg/L)的对数为横坐标,绘制标准曲线图。将样本的百分吸光率代入标准曲线中,从标准曲线上读出样本所对应的浓度,再乘以其对应的稀释倍数即为样本中黄曲霉毒素M₁的实际浓度。

2.2.4 试剂盒相关指标检测方法

分别对试剂盒的检测限、精密度、准确度进行试验,并将灵敏度、精密度和准确度与HPLC检测的灵敏度、精密度和准确度进行对比。

(1) 试剂盒检测限测定方法

分别对20份空白牛奶、奶粉、酸奶、干酪样品进行检测,计算黄曲霉毒素M₁浓度,以20份样品中黄曲霉毒素M₁浓度的平均值($\bar{x}$)和标准差(s)来表示检测限(LOD),即LOD = ($\bar{x}$) + 3s,为试剂盒检测限。

(2) 试剂盒精密度测定方法

取10个试剂盒,每盒随机取1块酶标板,每块酶标板中随机抽取20个微孔,测定0.27 μg/L标准溶

液的吸光度值(OD),计算变异系数。

(3) 样品准确度和精密度测定方法

向空白样品中加入黄曲霉毒素M₁标准品,使牛奶、酸奶、奶粉和干酪中黄曲霉毒素M₁浓度为0.1、0.5、2.0 μg/L,每种样品、每个浓度均做3个平行,按2.2.2操作方法测定,分别计算板内、板间变异系数及回收率。

2.2.5 仪器测定方法

参照国标GB/T18980-2003和GB/T23212-2008^[13,14]。

3 结果与分析

3.1 标准曲线的绘制

分别测定0、0.03、0.09、0.27、0.81、2.43 μg/L标准品的吸光度值,以黄曲霉毒素M₁标准品浓度的对数为横坐标,黄曲霉毒素M₁标准品的百分吸光率为纵坐标,绘制标准曲线。以黄曲霉毒素M₁标准品浓度的对数为横坐标,Ln[B/(B₀-B)]为纵坐标建立双对数直线拟合曲线,数学模型为Ln[B/(B₀-B)] = a + bLogC。从图1和图2中可知,标准曲线方程为:Y = -0.9293X - 0.7931, r² = 0.996,说明该黄曲霉毒素检测试剂盒的线性拟合关系良好。

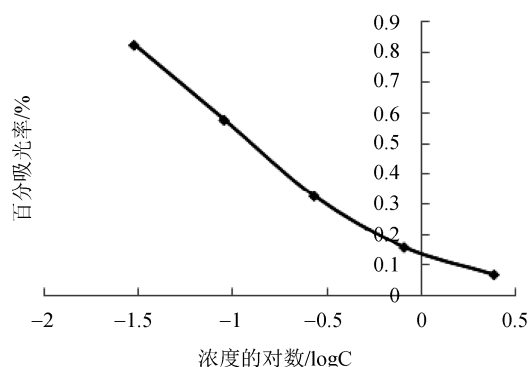


图1 标准曲线

Fig. 1 The standard curve

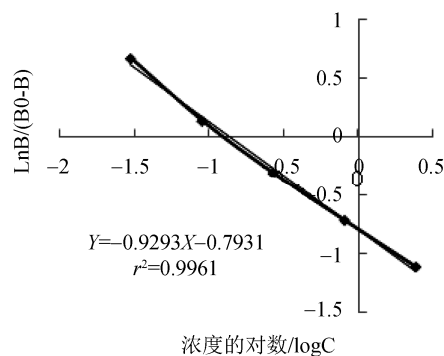


图2 标准曲线方程

Fig. 2 Standard curve equation

3.2 试剂盒检测限测定结果

按照试剂盒检测限测定方法,得到黄曲霉毒素 M₁ 检测试剂盒对牛奶、酸奶、奶粉和干酪样品的检测限。如表 1 所示,从表中结果可知,该试剂盒对牛奶、酸奶、奶粉和干酪几种样品的最低检测限分别为 0.029、0.147、0.243、0.153 μg/kg, 低于国家对食品中要求的黄曲霉毒素 M₁ 0.5 μg/kg 的限量标准,说明该试剂盒灵敏度较高。

3.3 试剂盒精密度测定结果

黄曲霉毒素 M₁ 检测酶标版的精密度测定结果如表 2, 由结果可知, 酶标版的板内变异系数在 1%~4% 范围内, 板内板间变异系数均小于 10%, 说明试剂盒重现性较好, 性能较为稳定。

3.4 样品准确度和精密度的测定结果

向牛奶、酸奶、奶粉和干酪 4 种空白样品中分别添加 0.1、0.5、2.0 μg/Kg 几种浓度的黄曲霉毒素 M₁, 每个浓度测 3 个平行, 同时做空白对照。分别计算标准偏差和回收率, 从表 3 中可知, 4 种样品的回收率均在 93%~120%之间, 变异系数均小于 10%, 符合《农业部文件》农医发[2005]17 号附件 2 中试剂盒备案参考证券标准中的第 4 点关于精密度和准确度的规定, 说明该黄曲霉毒素 M₁ 检测试剂盒的准确度和精密度良好。

3.5 ELISA 检测法与液相色谱荧光检测法(HPLC-FLD)结果比较

3.5.1 灵敏度比较

分别抽取市售牛奶、酸奶、奶粉和干酪样品各

5 份, 分别用 ELISA 检测试剂盒和 HPLC-FLD 检测法测定 20 份样品中黄曲霉毒素 M₁ 的残留量, 每份样品测 3 次, 求平均值。由表 4 可知, ELISA 试剂盒检测结果与仪器的检测结果复核率为 100%, 说明 ELISA 检测试剂盒的灵敏度较高, 且两种检测方法的同步性较好, 即 ELISA 检测法测定结果高的样品, HPLC-FLD 法测定结果也高; 检测的 20 个样品中黄曲霉毒素 M₁ 残留量均未超标, 合格率达到 100%, 说明相关部门加大了对食品安全的监管力度, 违法现象大大减少, 保障了人民的食品安全和健康。

3.5.2 准确度与精密度比较

在同等条件下, 对空白牛奶样品做黄曲霉毒素 M₁ 添加量为 0.5 mg/kg 的添加回收试验(其中, ELISA 试剂盒检测方法中, 随机选取 3 块酶标板, 每块板做 4 个平行), 比较 ELISA 试剂盒和色谱法的回收率和变异系数^[15]。由表 5 可知, 仪器检测方法的回收率在 98.59%~101.48%, 平均回收率为 99.59%, 变异系数为 1.338%; 同样添加浓度时 ELISA 试剂盒的回收率在 97.56%~105.98%之间, 平均回收率为 101.39%, 试剂盒板间变异系数为 2.54%; ELISA 法和 HPLC-FLD 法测定的结果基本一致, 符合度达到 100%, 说明我公司生产的试剂盒适用于牛奶及奶制品中黄曲霉毒素 M₁ 残留的检测; 与 HPLC-FLD 法相比, ELISA 检测方法样品前处理简单, 特异性好, 无需纯化浓缩, 简便快速, 污染较小, 灵敏度较高。

表 1 黄曲霉毒素 M₁ 检测限测定结果(n=3)
Table 1 Detection limit result of aflatoxin M₁ (n=3)

样品	检测均值 $\bar{x}$ (μg/kg(L))	标准差 (s)	最低检出限 LOD(μg/kg(L))
牛奶	0.029	0.004	0.039
酸奶	0.147	0.015	0.192
奶粉	0.243	0.021	0.306
干酪	0.153	0.015	0.199

表 2 精密度结果(n=3)
Table 2 Results of accuracy (n=3)

酶标板号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CV/%	2.13	1.56	2.38	3.69	3.57	1.07	1.75	2.33	3.81	1.94

表 3 样品准确度和精密度测定结果(n=3)
Table 3 Results of precision and accuracy on samples (n=3)

样品种类	加标/mg/kg(L)	均值/mg/kg(L)	标准偏差 (s)	回收率/%	CV/%
牛奶	0.1	0.094	0.002	94.33	1.62
	0.5	0.496	0.011	99.13	2.12
	2	2.055	0.048	102.7	2.32
酸奶	0.1	0.105	0.009	105.3	8.61
	0.5	0.505	0.008	101.1	1.65
	2	2.073	0.157	103.6	7.56
奶粉	0.1	0.108	0.003	107.7	2.84
	0.5	0.488	0.007	97.6	1.34
	2	2.103	0.011	105.2	0.52
奶酪	0.1	0.116	0.008	115.7	7.2
	0.5	0.506	0.01	101.2	2.01
	2	1.866	0.052	93.3	2.79

表 4 ELISA 试剂盒与仪器方法灵敏度比较(mg/kg(L))(n=3)
Table 4 Comparison of sensitivity between ELISA kit and HPLC (mg/kg(L))(n=3)

样品	方法	1	2	3	4	5
牛奶	ELISA	0.038	0.041	0.057	0.031	0.037
	HPLC-FLD	0.033	0.045	0.061	0.037	0.041
酸奶	ELISA	0.161	0.158	0.159	0.172	0.183
	HPLC-FLD	0.156	0.161	0.146	0.164	0.185
奶粉	ELISA	0.261	0.257	0.268	0.305	0.337
	HPLC-FLD	0.248	0.272	0.251	0.289	0.328
干酪	ELISA	0.174	0.161	0.184	0.231	0.179
	HPLC-FLD	0.151	0.154	0.168	0.218	0.167

表 5 ELISA 试剂盒与仪器方法精密度和准确度比较(n=4)
Table 5 Comparison of precision and accuracy between ELISA kit and HPLC-FLD (n=4)

分类	黄曲霉毒素 M ₁ 回收率/%				平均回收率/%	标准差(s)	CV/%
ELISA	99.98	98.23	97.56	101.7	99.36	1.851	1.863
	102.23	101.79	103.79	105.9	103.4	1.876	1.814
	97.86	103.46	105.98	98.23	101.4	3.992	3.937
HPLC-FLD	98.72	99.56	101.48	98.59	99.59	1.333	1.338

4 结 论

本研究采用 ELISA 法和 HPLC-FLD 法对牛奶、酸奶、奶粉和干酪 4 种样品中黄曲霉毒素 M₁ 残留量进行检测, 验证本公司生产的黄曲霉毒素 M₁ ELISA 检测试剂盒的检测效果, 并将其检测效果与高效液相色谱-荧光检测法做对比。结果表明, 黄曲霉毒素 M₁ ELISA 检测试剂盒检测灵敏度较高, 对牛奶、酸奶、奶粉、干酪 4 种样品的最低检测限较低, 远低于国家规定最高残留量; 与高效液相色谱-荧光检测法

相比,检测结果一致,复合率较高,且试剂盒检测用时较短(30 min),样品前处理方法简单,操作方便,检测设备投入少,耗能低,可满足对奶粉等样品中残留黄曲霉毒素 M_1 的快速检测。

参考文献

- [1] 陈曦,侯玉泽,蔡齐超,等.黄曲霉毒素 M_1 免疫学检测方法研究进展[J].中国免疫学杂志,2015,3(31):413-416.
Chen X, Hou YZ, Cai QC, *et al.* Review on the immunological detection method of aflatoxin M_1 [J]. Chin J Immunol, 2015, 3(31): 413-416.
- [2] Carlson M, Bargerion C, Benson R, *et al.* An automated, handheld biosensor for aflatoxin [J]. Biosensor Bioelectronic, 2000, 14(10): 841-848.
- [3] El Khoury A, Atoui A, Yaghi J. Analysis of aflatoxin M_1 in milk and yogurt and AFM₁ reduction by lactic acid bacteria used in Lebanese industry [J]. Food Control, 2011, 22(10): 1695-1699.
- [4] 李佐卿,章再婷,谢东华,等.免疫亲和柱高效液相色谱法快速测定牛奶和奶粉中黄曲霉毒素 M_1 、 B_1 、 B_2 、 G_1 、 G_2 [J].理化检验-化学分册,2005,41(6):406-408.
Li ZQ, Zhang ZT, Xie DH, *et al.* Rapid determination of aflatoxin M_1 B_1 B_2 G_1 G_2 in milk and milk powder by HPLC with an immunoaffinity column [J]. Physic Test Chem Anal (Part B: Chem Anal), 2005, 41(6): 406-408.
- [5] 张鹏,张瑜.高效液相色谱测定牛奶中黄曲霉毒素 M_1 [J].中国卫生检验杂志,2011,11(6):683.
Zhang P, Zhang Y. Determination of aflatoxin M_1 content in milk by high-performance liquid chromatography [J]. Chin J Health Lab Technol, 2011, 11(6): 683.
- [6] 王军淋,蔡增轩,任一平.超高效液相色谱-大体积流通池荧光法检测奶及奶制品中黄曲霉毒素 M_1 [J].浙江大学学报,2013,39(2):191-196.
Wang JL, Cai ZX, Ren YP. Determination of aflatoxin M_1 in milk by ultra-performance liquid chromatograph and fluorimetric detection combined with large volume flow cell [J]. J Zhejiang Univ, 2013, 39(2): 191-196.
- [7] 董彬,杨立新,李斌,等.多功能柱净化液相色谱-质谱-质谱法测定牛奶中黄曲霉毒素 M_1 [J].现代农药,2011,10(4):38-40.
Dong B, Yang L X, Li B, *et al.* Multifunctional column clean-up and determination of aflatoxin M_1 in milk by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Mod Agrochem, 2011, 10(4): 38-40.
- [8] 陈敏,王颖,顾其芳,等. SNAPTM 检测系统用于筛选牛奶中黄曲霉毒素 M_1 探讨[J].上海预防医学杂志,2004,16(1):5-6.
Cheng M, Wang Y, Gu Q F, *et al.* Exploration on the screening of aflatoxin M_1 in milks by SNAPTM System [J]. Shanghai J Prev Med, 2004, 16(1): 5-6.
- [9] GB 5413.37-2010 食品安全国家标准乳和乳制品中黄曲霉毒素 M_1 的测定[S].
GB 5413.37-2010 National food safety standard determination of aflatoxin M_1 in milk and milk products [S].
- [10] 廖妍俨,黄家岭.酶联免疫法检测牛奶中黄曲霉毒素 M_1 的应用[J].贵州化工,2012,37(4):33-34.
Liao YY, Huang JL. The application of enzyme-linked immunosorbent assay on aflatoxin M_1 in milk [J]. Guizhou Chem Ind, 2012, 37(4): 33-34.
- [11] 黄亚伟,魏光,王若兰,等.乳品中黄曲霉毒素 M_1 检测方法研究进展[J].食品质量安全检测学报,2014,5(3):770-775.
Huang YW, Wei G, Wang RL, *et al.* Review on detection methods of aflatoxin M_1 in dairy products [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(3): 770-775.
- [12] 万珊,朱曦,梁利妹,等.牛奶中黄曲霉毒素 M_1 常见检测方法比较[J].湖北畜牧兽医,2013,34(06):78-80.
Wan S, Zhu X, Liang LM, *et al.* Comparison of common detection methods of aflatoxin M_1 in milk [J]. Hubei J Anim Vet Sci, 2013, 34(06): 78-80.
- [13] GB/T 23212-2008 牛奶和奶粉中黄曲霉毒素 B_1 、 B_2 、 G_1 、 G_2 、 M_1 、 M_2 的测定 液相色谱-荧光检测法[S].
GB/T 23212-2008 Determination of aflatoxin B_1 , B_2 , G_1 , G_2 , M_1 , M_2 content in milk and milk powder HPLC-fluorescence detection method [S].
- [14] GB/T 18980-2003 乳和乳粉中黄曲霉毒素 M_1 的测定 免疫亲和层析净化高效液相色谱法和荧光光度法[S].
GB/T 18980-2003 Determination of aflatoxin M_1 content in milk and milk powder cleanup by immunoaffinity chromatography and determination by high-performance liquid chromatography and fluorometer [S].
- [15] 胡宏灿,韩飞,林悦楷,等. HPLC 与 ELISA 法测定牛奶中黄曲霉毒素 M_1 的比较研究[J].化学分析计量,2013,22(1):48-50.
Hu HC, Han F, Lin YK, *et al.* Comparison of HPLC and ELISA method in detection of aflatoxin M_1 in milk. [J]. Chem Anal Meterage, 2013, 22(1): 48-50.

(责任编辑:李振飞)

作者简介



李平,中级工程师,主要从事食品安全快速检测技术的研究与开发。
E-mail: 294173456@qq.com