

- [5] Keramas G, Bang D D, Lund M, et al. Development of a sensitive DNA microarray suitable for rapid detection of *Campylobacter* spp. [J]. Mol Cell Probes, 2003, 17(4): 187-196.
- [6] Van de Giessen A W, Tilburg J J, Ritmeester W S, et al. Reduction of *Campylobacter* infections in broiler flocks by application of hygiene measures [J]. Epidemiol Infect, 1998, 121(1): 57-66.
- [7] Vandamme P, Van Doorn L J, al Rashid S T, et al. *Campylobacter hyoilei* Alderton et al. 1995 and *Campylobacter coli* Véron and Chatelain 1973 are subjective synonyms [J]. Int J Syst Bacteriol, Int J Syst Bacteriol, 1997, 47(4): 1055-1060.
- [8] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 4789. 9—2008 食品卫生微生物学检验 空肠弯曲菌[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 杨毓环, 洪锦春, 张巧姬. 空肠和结肠弯曲菌鞭毛蛋白基因 *flaA* 的检测 [J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(4): 315-317.
- [10] 何蕊, 黄金林, 许海燕, 等. 弯曲菌多重 PCR 检测方法的建立及其初步应用 [J]. 扬州大学学报, 2007, 28(1): 5-8.
- [11] 娜仁高娃, 陈霞, 吴聪明. 鸡源空肠弯曲菌和结肠弯曲菌的临床分离及多重 PCR 鉴定 [J]. 中国兽医杂志, 2010, 46(1): 38-39.
- [12] Yamazaki W. Sensitive and rapid detection of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* using loop-mediated isothermal amplification [J]. Methods Mol Biol, 2013, 943: 267-277.

论著

实时荧光 PCR 法检测奶制品中常见谷物成分

刘小艳¹, 傅春玲¹, 李培², 丁洪流², 金萍²

(1. 苏州大学医学部公共卫生学院, 江苏 苏州 215123; 2. 苏州市产品质量监督检验所, 江苏 苏州 215128)

摘要:目的 建立 Taqman 实时荧光 PCR 法对奶制品中掺加物大米、玉米、小麦、高粱、大麦等谷物源性成分的首筛检测体系。方法 以常见掺加物大米、玉米、小麦、高粱、大麦等谷物的叶绿体 *rbcL* 基因作为靶基因, 通过 BLAST 软件比对, 选择其同源保守区域设计引物和探针。经通用性、特异性、灵敏性试验对探针和引物可行性进行验证, 并通过模拟含谷物奶粉及市售奶类制品检测对其实际检测能力进行验证。结果 所建立体系可扩增大米、玉米、小麦、高粱、大麦等常见的谷物掺加物的 DNA 提取物, 与市售奶制品的主成分牛奶、羊奶以及其常见添加物香蕉、红枣、菠萝、草莓、西红柿、花生、大豆等动植物源性成分无交叉扩增 ($Ct > 35$)。对小麦纯 DNA 提取物检出限为 0.01 ng。对分别掺加 5 种谷物成分的模拟奶制品检出限均可达 0.5%, 对市售的 14 份奶类食品中的谷类成分的检测结果均与食品标签相符。结论 本研究建立的 Taqman 实时荧光 PCR 体系具有通用、相对特异、灵敏、实用等优点, 可用于奶制品中掺加或掺杂掺假谷物源性成分的快速定性检测。

关键词: Taqman 实时荧光 PCR; *rbcL* 基因; 谷物源性成分; 奶制品; 掺杂掺假; 食品安全

中图分类号: R155; R155.57; TS207.3 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2014)02-0123-05

DOI: 10.13590/j.cjfh.2014.02.005

Detection of common cereal ingredients in dairy products by real-time PCR method

LIU Xiao-yan, FU Chun-ling, LI Pei, DING Hong-liu, JIN Ping

(School of Public Health, Medical College of Soochow University, Jiangsu Suzhou 215123, China)

Abstract: Objective A Taqman real-time PCR was developed to detect cereal-derived ingredients adulterated in dairy products. **Methods** The universal primers and probe for cereals were designed according to the homogeneous region of *rbcL* gene by blasting the *rbcL* gene of rice, maize, wheat, sorghum and barley. And the assay was evaluated by universality and sensitivity test. Meanwhile, its practicability was verified using simulated samples and market samples. **Results** implicated that the primers-probe system could detect DNA fragments of rice, maize, wheat, sorghum and barley with no cross-reaction to banana, jujube, pineapple, strawberry, tomato, peanut, soybean, bovine, ovine which may occur in dairy products ($Ct > 35$). The detection limit was 0.01 ng for pure wheat DNA and 0.5% for each of five cereals in dairy mixtures. 14 market dairy samples were analyzed for cereal ingredients, and were all consistent with their food labels.

Conclusion The study suggested that the developed Taqman real-time PCR method was a rapid, sensitive and efficacious

收稿日期: 2013-09-12

基金项目: 苏州市科技支撑计划项目 (SS201126)

作者简介: 刘小艳 女 硕士生 研究方向为食品卫生 E-mail: girl_liu@126.com

通讯作者: 傅春玲 女 副教授 研究方向为营养与食品卫生 E-mail: fuchunling@suda.edu.cn

detection assay for cereal-derived ingredients in dairy products.

Key words: Taqman real time PCR; *rbcl* gene; cereals; dairy; adulterats; food safety

奶制品掺杂掺假、以次充好一直是影响奶制品安全的重要问题。其中以低成本的谷物源性成分掺入奶制品中冒充高价奶成分最为常见。从掺米汤、面粉、淀粉到糊精、植物蛋白,掺加手段越来越复杂。掺假方式也呈现多样化趋势,从掺单一物质到同时掺多种物质。这使得对奶制品的掺伪鉴别和安全监管变得越来越困难。目前对奶制品掺谷物源性成分的检测仍以传统化学方法最为常见^[1-3]。化学方法虽能检测出奶制品中掺加的淀粉形式或糊精形式的谷物源性成分,但灵敏度低,且存在人为判断误差,对于非淀粉形式的谷物源性成分的掺假难以检出,不能满足市场监管的要求。实时荧光 PCR 方法是以 DNA 为基础的一种检测技术,不受掺加形式的影响,可以进行快速、批量、自动、实时检测分析,具有灵敏度高、准确性好等优点,已广泛用于食品掺杂掺假的检测^[4-5]。本研究建立了基于 Taqman 实时荧光 PCR 法对奶制品中掺加谷物源性成分的通用性检测方法。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品

香蕉、菠萝、红枣、草莓、西红柿、花生、大豆、小麦粉、大米、高粱、玉米、大麦购自苏州各大型超市;鲜牛奶、鲜羊奶购自苏州某奶农处,于 -20 ℃ 保存备用,用于通用性和特异性检测。

在苏州市选取不同的大、中、小型超市分别抽样购买全脂奶粉、婴儿配方奶粉、纯牛奶、纯羊奶粉、奶酪、酸奶、婴儿奶米粉、乳清蛋白米粉、营养麦芽蛋白型固体饮料共 14 份奶类样品,用于方法的实际应用检测。

1.1.2 主要仪器与试剂

Bio photometer plus 核酸蛋白含量测定仪(德国 Eppen-dorf)、7500 fast real time PCR 仪(美国 ABI)、DKB-1915 型恒温水浴槽、JFSD-100 型粉碎机、冷冻离心机。

细胞组织基因组 DNA 提取试剂盒、植物基因组 DNA 提取试剂盒均购自天根生化科技有限公司, Taqman universal PCR master mix (美国 ABI)、PBS (磷酸盐缓冲体系, pH = 7.2) 购自友康基业生物科技(北京)有限公司、无水乙醇(分析纯)。

1.2 方法

1.2.1 样品制备

大米、高粱、玉米、大麦、大豆、花生样品经粉碎

机磨成粉,过 80 目筛,备用;香蕉、菠萝等水果样品采用组织研磨器加液氮研磨成粉,备用;奶酪用剪刀剪成细小颗粒,备用。不同样品分开处理,以防交叉污染。

1.2.2 DNA 提取

牛奶、羊奶等液体样品^[6]:取 10 ml 样品,1 500 × g 离心 15 min,去上清;将沉淀重新悬浮于 2 ml PBS 中,12 000 × g 离心 5 min,如此重复 3 次,最终将沉淀悬浮于 200 μl PBS 中。后按细胞组织基因组 DNA 提取试剂盒说明书操作步骤进行。

水果样品:取 1.2.1 处理好的样品约 50 mg,按照植物基因组 DNA 提取试剂盒说明书操作步骤进行。

奶粉、谷物、奶酪等其他样品:取 1.2.1 处理好的样品约 30 mg,按照细胞组织基因组 DNA 提取试剂盒说明书操作步骤进行,略作修改,使蛋白酶 K 消化时间由 1~3 h 延长至消化过夜。

1.2.3 引物和探针设计

根据 GenBank 所公布的大米、玉米、小麦、高粱、大麦 (D00207、Z11973、D00206、AM849341、X00630) 的 *rbcl* 基因序列,经 BLAST 软件比对后,取同源保守区域,利用 Primer express 3.0 软件设计引物及探针,见表 1。

表 1 引物探针序列

Table 1 Sequences of primers and probe		
引物探针	碱基序列(5'→3')	片段大小/bp
上游引物	TGTTGATTTATTGCGCGATGAT	
下游引物	CGGTATAACACCTGCGATGGA	94
探针	FAM-ATCGTTCGCGGTATCTTTTCACTCAGG-TAMARA	

1.2.4 实时荧光 PCR 反应

反应体系:ABI Taqman Gene Expression Master Mix, 12.5 μl;上、下游引物各 1 μl,荧光标记探针 1 μl,终浓度均为 0.4 μmol/L;模板 DNA (0.000 5~25 ng/μl) 2 μl;用灭菌双蒸水补齐至 25 μl。反应条件:50 ℃, 2 min;95 ℃, 10 min;95 ℃, 15 s;60 ℃, 1 min, 40 个循环。使用 7500 software V2.0.6 进行数据分析。

1.2.5 通用性和特异性试验

取小麦、大米、玉米、大麦、高粱、香蕉、红枣、菠萝、草莓、西红柿、花生、大豆、鲜牛奶、鲜羊奶样品提取 DNA 模板。调整模板浓度为 25 ng/μl,各取 2 μl,分别进行实时荧光 PCR 反应,以验证所设计的引物探针的通用性和特异性。

1.2.6 灵敏度试验

取小麦粉提取 DNA,用灭菌双蒸水 10 倍倍比

稀释,使 DNA 浓度为 0.000 5 ~ 5 ng/μl。取 2 μl 作为模板,每个浓度设 3 个平行,分别进行实时荧光 PCR 扩增。

为进一步检测该引物探针体系的灵敏度,将小麦粉和全脂牛奶粉配制成不同含量的模拟样品。使小麦粉在混合样中所占的质量分数分别为 30%、10%、5%、1%、0.5%。对每个混合样提取 DNA 模板进行实时荧光 PCR 反应。

1.2.7 模拟样品及市售奶制品中谷物成分的实用性检测

将米粉、玉米粉、高粱粉、大麦粉分别用全脂牛奶粉配制成 0.5% (W/W) 的模拟样品。同时,收集市场常见奶类食品共 14 份样品备用。提取其 DNA 模板进行实时荧光 PCR 反应,以进一步验证该引物探针体系的准确性和实用性。

2 结果与分析

2.1 通用性和特异性试验

由图 1 可知,所设计的引物探针体系对奶制品中常见的掺杂物小麦、大米、玉米、大麦、高粱 5 种谷物成分进行正常扩增, Ct 值在 18 ~ 22 之间,而对市售奶制品的主成分牛奶、羊奶及其常见添加物香蕉、红枣、菠萝、草莓、西红柿、花生、大豆等动植物源性成分未见有效扩增,其 Ct 值均 > 35,故以此作为阴性样品判断标准,可见该引物探针体系对奶制品中常见的谷物源性掺杂物小麦、大米、玉米、大麦、高粱等的扩增具有很好的通用性,而与奶制品标签中常被标明的主成分牛奶、羊奶以及其常见添加物香蕉、红枣、菠萝、草莓、西红柿、花生、大豆等无交叉扩增,表现较好的相对的特异性。这说明该引物探针体系的通用性和相对特异性结果能满足奶制品掺杂物谷物源性成分的通用性检测的要求。

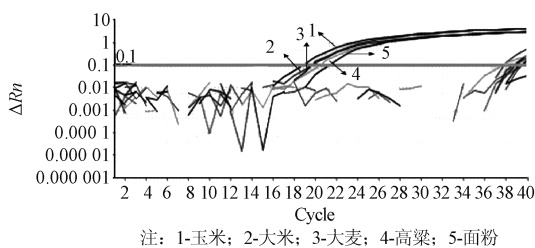


图 1 通用性试验扩增结果

Figure 1 The results for universality test

2.2 灵敏度试验

由图 2 可知,小麦粉 DNA 10 ~ 0.001 ng 均出现扩增曲线。根据通用性试验中的 Ct 值 > 35 阴性判定标准,因 0.001 ng 小麦 DNA 的 Ct > 35 不能作为

有效扩增,故该引物探针体系对小麦 DNA 的灵敏度确定为 0.01 ng。对质量百分比为 30%、10%、5%、1%、0.5% (W/W) 的小麦粉和奶粉混合样品 DNA 均出现扩增曲线, Ct 值在 19.3 ~ 26.0 (见图 3),可将该引物探针体系对模拟样品的灵敏度确定为 0.5% (W/W)。可见该方法对小麦 DNA 和掺杂物谷类的奶类混合制品均具有较高的灵敏度,可以满足定性检测需要。

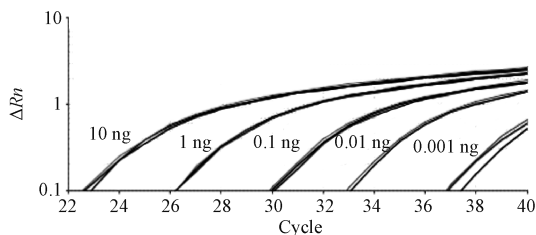


图 2 小麦粉 DNA 的实时荧光 PCR 检测灵敏度

Figure 2 Sensitivity result of wheat DNA with real-time PCR

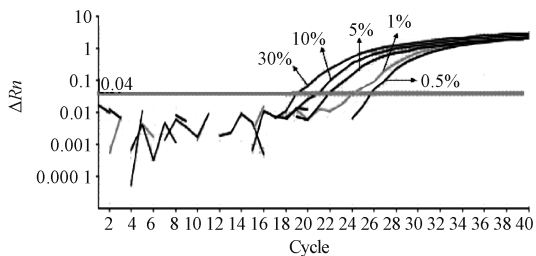
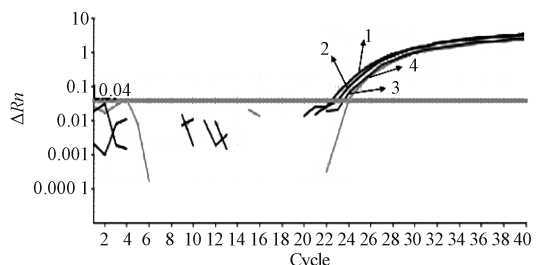


图 3 奶粉中不同质量分数的小麦粉成分的实时荧光 PCR 检测灵敏度

Figure 3 Amplification curve generated by different wheat powder percentage

2.3 模拟样品及市售奶制品中谷物源性成分的实用性检测验证

为进一步验证该引物探针体系的实用性和准确性,用所建立的引物探针体系,对米粉、玉米粉、高粱粉、大麦粉 4 种谷物源性成分的模拟混合样品进行检测,0.5% (W/W) 的米粉、玉米粉、高粱粉、大麦粉的模拟奶类样品均出现扩增 (见图 4)。这进一步证实了该引物探针体系的灵敏度为 0.5% 质量分



注: 1~4 分别为含量均为 0.5% 的玉米粉、高粱粉、米粉、大麦粉

图 4 模拟样品的实时荧光 PCR 检测结果

Figure 4 Amplification curve generated by model samples

数的奶粉混合模拟样品,同时也验证了该引物探针体系在对奶制品中掺加的谷物源性成分的检测具有可行性。

对购自苏州各不同超市的14份奶制品样品进行检测能力验证,结果见表2。该引物探针体系对

含有大米成分和麦芽提取物成分的含谷物源性成分的奶制品样品出现阳性扩增,而对其他不含谷物源性成分的样品均无阳性扩增,且检测判定结果与食品标签完全符合。说明该引物探针体系具有实用性,可用于奶类食品掺加谷物源性成分的检测。

表2 市售样品检测结果

Table 2 Test results of commercial samples

样品名称	标识主成分	样品数/份	Ct 值	检测结果	判定结果
纯牛奶、酸奶	生牛乳、鲜奶等	4	ND	-	与标识相符
全脂奶粉、纯羊奶粉、奶酪	生牛乳、鲜牛奶、乳粉、生羊乳等	5	ND	-	与标识相符
婴儿配方奶粉	生牛乳、乳清蛋白粉、脱脂奶粉、大豆磷脂等	2	35~39	-	与标识相符
婴儿奶米粉、乳清蛋白米粉	大米、全脂奶粉、酸奶粉、大豆蛋白、浓缩乳清蛋白等	2	21~23	+	与标识相符
营养麦芽蛋白型固体饮料	麦芽提取物、全脂奶粉、乳清粉、大豆蛋白粉等	1	29~30	+	与标识相符

注:ND为未检测到;-为未检测出谷物成分;+为检测出谷物成分

3 讨论

国外多利用 real-time PCR 技术对低价奶代替高价奶的掺假行为进行检测^[7-10],但涉及植物成分掺假的研究较少;而国内利用荧光 PCR 方法对奶类食品掺假的研究主要是针对植物类中大豆成分的检测^[11]。目前市场监督抽查奶制品是否掺杂掺假面粉、淀粉等植物成分主要是从感官和化学方法的角度来判断。这种方法灵敏度低、存在人为判断误差,且对于奶类产品中掺加非淀粉形式的谷物源性成分(如蛋白类物质)掺假不能检出,不能满足市场监督执法的要求。李亮等^[12]利用近红外光谱法检测牛奶中掺植物性填充物,但需要足够的专业知识建立模型才能进行分析;覃芳芳等^[13]利用普通 PCR 对牛奶中植物成分进行检测,但此方法具有普通 PCR 低通量、特异性差、易污染、需电泳等缺点。本研究建立的对奶制品中掺加谷物源性成分的实时荧光 PCR 法可以弥补上述检测的不足。

谷物成分是奶制品中常见的植物源性掺杂掺假物,种类繁多。为获得较好的通用性,本研究选择通用性较好的叶绿体 *rbcl* 基因作为靶基因^[14]。因大米、玉米、小麦、高粱、大麦最为常见且具有代表性,故本研究选择该5种谷物成分进行通用性检测。经试验证实,该引物探针体系对该5种谷物都具有较好的扩增,但对市场上奶制品标签中常被标识的主成分牛奶、羊奶以及其他常见添加物香蕉、红枣、菠萝、草莓、西红柿、花生、大豆等动植物源性成分无交叉扩增,表现出较好的相对特异性。进一步经灵敏度试验和实用性检测验证,本研究建立的引物探针体系灵敏度高,对小麦提取的纯 DNA 检出限为 0.01 ng,对模拟奶制品中5种谷物成分的检出限均为 0.5% 质量分数。本方法实用性强,在对市售奶制品的检测中,该体系只对含谷物源性成分的

奶制品样品出现阳性扩增,而对其他不含谷物源性成分的样品均无阳性扩增,且检测结果均与其食品标签相符。因此,本研究建立的 Taqman 实时荧光 PCR 体系具有通用、相对特异、灵敏、实用等优点,可用于奶制品中掺加谷物源性成分的快速定性检测,为市场监督部门和检验检疫部门防范相关食品掺假提供技术手段。

参考文献

- [1] 赵光华,胡京枝,金明奎. 乳品中常见掺假手段及其鉴别[J]. 质量监督与检验,2007(4):30-31.
- [2] 邓会玲,万宇平,贾芳芳,等. 乳品掺假快速检测的研究进展[J]. 乳品科学与科技,2011,34(6):284-287.
- [3] 王丹慧,王春苗,李梅,等. 原料乳及乳粉中糊精掺假的检测方法[J]. 中国乳品工业,2008,36(4):62-64.
- [4] Reid L M, Donnell C P, Downey G. Recent technological advances for the determination of food authenticity [J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17(7):344-353.
- [5] Logan J, Edwards K, Saunders N A. Real-time PCR: current technology and applications [M]. UK: Horizon Scientific Press, 2009:106-109.
- [6] Dalmaso A, Sacchi P, Bottero M T. Development of a real-time PCR assay for the detection of cow and donkey milk [J]. European Food Research and Technology, 2012, 235(1):47-52.
- [7] López-Calleja I, González I, Fajardo V, et al. Real-time Taqman PCR for quantitative detection of cows' milk in ewes' milk mixtures [J]. International Dairy Journal, 2007, 17(7):729-736.
- [8] Lopparelli R M, Cardazzo B, Balzan S, et al. Real-time Taqman polymerase chain reaction detection and quantification of cow DNA in pure water buffalo mozzarella cheese: method validation and its application on commercial samples [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(9):3429-3434.
- [9] Dalmaso A, Civera T, Neve F L, et al. Simultaneous detection of cow and buffalo milk in mozzarella cheese by real-time PCR assay [J]. Food Chemistry, 2011, 124(1):362-366.
- [10] Mininni A N, Pellizzari C, Cardazzo B, et al. Evaluation of real-time PCR assays for detection and quantification of fraudulent addition of bovine milk to caprine and ovine milk for cheese manufacture [J].

- International Dairy Journal, 2009, 19(10): 617-623.
- [11] 岳巧云, 陈定虎, 伍朝晖, 等. 实时荧光 PCR 在鉴别奶粉中掺入大豆成分的应用研究[J]. 食品科学, 2009, 30(12): 190-193.
- [12] 李亮, 丁武. 掺有植物性填充物牛奶的近红外光谱判别分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(5): 1238-1242.
- [13] 覃芳芳, 邓鸿铃, 郭新东, 等. 牛奶中植物成分的 PCR 检测方法研究[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 234-236.
- [14] 宁淑萍, 颜海飞, 郝刚, 等. 植物 DNA 条形码研究进展[J]. 生物多样性, 2008, 16(5): 417-425.

论著

双酚 A 对小鼠睾丸组织的损伤作用及对细胞凋亡的影响

包汇慧^{1,2}, 余锐萍², 耿雪¹, 贾旭东¹, 田纪景², 夏抗抗³, 高贤彪², 丁叶², 肖鹏², 杜芳²,
常玲玲², 岳卓², 毛晶晶², 陈建², 汪会玲¹, 支媛¹

(1. 国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室, 北京 100021;

2. 中国农业大学动物医学院, 北京 100193; 3. 北京市丰台区动物卫生监督所, 北京 100071)

摘要:目的 从毒性病理学角度了解双酚 A(BPA) 对小鼠睾丸组织病理损伤的作用, 为研究 BPA 毒性作用提供形态学依据。方法 选用 108 只 SPF 雄性 CD-1 小鼠, 称重后随机分为 4 个剂量组(0、100、300、600 mg/kg BW)。BPA 经口染毒 8 周, 取睾丸组织固定, HE 及免疫组化染色后进行光镜和电镜观察, 并进行半定量统计。结果 BPA 染毒 8 周后与对照组比较, BPA 300、600 mg/kg BW 组小鼠体重降低, 睾丸指数呈现下降趋势。光镜观察发现 BPA 染毒小鼠睾丸曲精小管支持细胞、各级生精细胞变性坏死、脱落, 精子数量减少; 透射电镜观察发现 BPA 引起睾丸生精细胞出现核固缩、顶体囊和顶体帽发育不良或发育畸形, 基膜增厚。免疫组化检测结果表明, 与对照组比较, BPA 染毒组小鼠睾丸组织 NF- κ B 表达量明显升高($P < 0.01$); BPA 300、600 mg/kg BW 剂量组 Caspase-3 表达量明显升高($P < 0.01$)。TUNEL 检测表明 BPA 染毒组小鼠睾丸凋亡阳性信号与对照组比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。结论 上述结果表明经口染毒不同剂量 BPA 对小鼠睾丸组织均产生了不同程度的损伤, 诱导睾丸组织细胞凋亡。

关键词: 双酚 A; 小鼠; 睾丸; 经口毒性; 病理损伤; 细胞凋亡; 食品污染物; 毒理学实验

中图分类号: R155; R99; Q955 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2014)02-0127-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2014.02.006

Effects of bisphenol A on morphology and cells apoptosis of testicle in mice

BAO Hui-hui, SHE Rui-ping, GENG Xue, JIA Xu-dong, TIAN Ji-jing, XIA Kang-kang,
GAO Xian-biao, DING Ye, XIAO Peng, DU Fang, CHANG Ling-ling, YUE Zhuo,
MAO Jing-jing, CHEN Jian, WANG Hui-ling, ZHI Yuan

(Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment of Ministry of Health, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective In order to investigate the effects of bisphenol A (BPA) on testicle tissue of mice from toxicologic pathological perspective, and provided morphological evidences of BPA toxicity. **Methods** 108 SPF CD-1 male mice were randomly allocated into four groups with BPA concentration of 0, 100, 300 and 600 mg/kg BW. All BPA groups were administrated orally with different doses for 8 weeks continuously. Then testicles were taken and fixed to perform pathological observation and analysis. **Results** After 8 weeks of BPA administration, body weight and testicle index of BPA groups were decreased compared to control group. Degeneration and necrosis were observed in sustentacular cell of seminiferous tubule, and spermatozoon number decreased. Karyopyknosis and maldevelopment were occurred at acrosome vesicle and cap of spermatogenic cells observed by TEM. Immunohistochemistry test showed that NF- κ B and Caspase-3 expression were up-regulated ($P < 0.01$ or $P < 0.05$) in BPA groups compared to control group. TUNEL test indicated that

收稿日期: 2014-01-05

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划支持项目(IRT0866); 高等学校博士学科点专项科研基金(20B0008110030)

作者简介: 包汇慧 女 助理研究员 研究方向为毒性病理学 E-mail: bhhdamao@126.com

通讯作者: 余锐萍 女 教授 研究方向为动物病理学、分子黏膜免疫学 E-mail: sheruiping@126.com