

基于内参系统的阪崎肠杆菌实时荧光 定量 PCR 检测方法的建立

Establishment of real-time quantitative PCR assay for the detection of
Enterobacter sakazakii based on internal amplification control

王金凤 王建昌 胡连霞

WANG Jin-feng WANG Jian-chang HU Lian-xia

孙晓霞 陈志敏 姜彦芬

SUN Xiao-xia CHEN Zhi-min JIANG Yan-fen

(河北出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 河北 石家庄 050051)

(The Technical Center of Hebei Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Shijiazhuang, Hebei 050051, China)

摘要:根据阪崎肠杆菌 *ompA* 靶基因设计特异性引物和探针,并加入内参(IAC),建立能够实时监控反应过程的荧光定量 PCR 检测方法。结果表明,该方法对阪崎肠杆菌基因组 DNA 的最低检测限为 1 pg;对细菌的最低检测限为 1×10^4 CFU;对含有靶基因质粒的最低检测限为 10^3 拷贝;Ct 值与模板拷贝数均呈良好的线性关系($R^2=0.999$)。人工污染试验结果表明,在初始菌量为 10 CFU/25 g 奶粉样品时,采用水洗加试剂盒法和水煮法提取 DNA,阪崎肠杆菌均在增菌 10 h 时检出。研究结果为进一步优化和完善阪崎肠杆菌分子生物学方法的标准化提供了参考。

关键词:阪崎肠杆菌;*ompA*;实时荧光定量 PCR;内参

Abstract:Based on *ompA* gene sequence of *Enterobacter sakazakii*, the specific primer and probe were designed. An internal amplification control (IAC) was added and used to monitor the performance of reaction system. The assay could be used reliably to detect *E. sakazakii* genome DNA with the sensitivity of 1 pg. The detection limit for *E. sakazakii* was 1×10^4 CFU when used the DNA extracted by water boiling as the template. With the use of *ompA*, the detection limit can reach 10^3 copies. Through the standard curves of *ompA*, the quantification was linear between Ct and template copy number ($R^2=0.999$). For the artificially contaminated powdered milk with the concentration of 10 CFU/25 g, the *E. sakazakii* could be

detected after 10 hours culture when used the DNA extracted by commercial kit and water boiling. The *E. sakazakii* fluorescence quantitative PCR assay provides reference data for optimization and modification of the standardized molecular biochemical approach of *E. sakazakii*.

Keywords: *Enterobacter sakazakii*; *ompA*; real-time quantitative PCR; IAC

阪崎肠杆菌(*Enterobacter sakazakii*)于 2002 年被国际食品微生物标准委员会列为“严重危害特定人群生命或慢性实质性后遗症或长期影响”的致病菌^[1],是一种危害严重的食源性致病菌,尤其是对婴幼儿,主要引起新生儿脑膜炎、坏死性结肠炎和败血症等疾病,并伴有严重的神经系统后遗症和发育障碍等,死亡率高达 50% 以上^[2-3]。目前婴幼儿奶粉被认为是携带阪崎肠杆菌的主要食品种类。该菌自 2007 年成为中国食源性监测网重点监测对象。研究^[4]表明,中国乳制品阪崎肠杆菌检出情况为 1.20%~66.67%。广东省 2010~2013 年采集婴幼儿食品 1 140 份,阪崎肠杆菌的总检出率为 3.2%,每年均检出^[5]。因而建立阪崎肠杆菌快速、灵敏、简便的检测方法,是目前婴幼儿食品的迫切需求^[6-7],也是各级检验检疫部门在应对突发事件所必备的技术手段。

目前 GB 4789.40—2010 是中国婴幼儿配方、乳和乳制品中阪崎肠杆菌检测的国标方法,该方法以分离培养和生化鉴定为主,检测周期长,而且菌落观察存在主观因素的影响,特异性和灵敏度均不高。SN/T 1632.3—2013 规定了奶粉中阪崎肠杆菌(克罗诺杆菌属)的荧光 PCR 检测方法,在鉴定是阴性结果的前提下至少需要 3 d,如若为阳性,还需进一

基金项目:质检公益性行业科研专项(编号:201210128,201310126)
作者简介:王金凤,女,河北出入境检验检疫局技术中心兽医师,硕士。

通讯作者:王建昌(1981—),男,河北出入境检验检疫局兽医师,博士。E-mail:jianchangwang1225@126.com

收稿日期:2015-11-20

步进行生化验证。根据庞杏林等^[8]建立的常规 PCR 和实时荧光 PCR 两种方法,对 32 份奶粉样品进行阪崎肠杆菌的鉴定,比较两种 PCR 方法的符合率,结果阳性率均为 6.25%,结果相符。李雪玲等^[9]以阪崎肠杆菌 *zpx* 基因为靶基因,以人的 MICA 基因片段为扩增内标,建立扩增内标存在条件下阪崎肠杆菌实时荧光 PCR 快速检测体系,不仅可以提高准确率,还可有效地排除假阴性结果。张淑红等^[10]针对阪崎肠杆菌外膜蛋白 *ompA* 特异性基因片段,建立了 ES 的 LAMP 方法,灵敏度可达 8 CFU/mL。以上分子生物学方法更多是对纯培养物的检测分析,没有进行增菌时间和核酸提取效果的评价。但在实际样品检测过程中,样品基质会大大影响核酸提取效果,因此选择合适而高效的提取方法显得尤为关键。

本研究拟建立一种基于内参系统(IAC)的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 检测方法,该方法以高度保守的外膜蛋白(*ompA* 基因)为靶基因,以 BHK21 细胞的 *Nmi* 基因为扩增内参,实现了监测整个 PCR 反应过程的目的,使得结果更为可靠。同时本研究应用水煮法和商业化试剂盒法对模拟样品进行 DNA 的提取,进一步验证两种提取方法在阪崎肠杆菌实时荧光 PCR 检测中的灵敏性、特异性、可靠性,为阪崎肠杆菌的分子生物学检测提供可参考的数据。

表 1 本试验所用部分菌株信息[†]

Table 1 Information about part of strains in this study

菌种名称	来源	内参扩增	靶基因扩增
阪崎肠杆菌 <i>Enterobacter sakazakii</i>	ATCC29544	—	+
阪崎肠杆菌 <i>Enterobacter sakazakii</i>	本实验室分离	—	+
大肠埃希氏菌 <i>Escherichia coli</i>	CMCC44102	—	—
大肠埃希氏菌 O157:H7 <i>Escherichia coli</i> O157:H7	CICC21530	—	—
产肠毒素大肠埃希氏菌 <i>Escherichia coli</i> ETEC O78:K80	CICC10413	—	—
致泻大肠埃希氏菌 <i>Escherichia coli</i> EPEC O86:K61	CICC10412	—	—
单核细胞增生李斯特氏菌 <i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC19114	—	—
副溶血弧菌 <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	CICC21617	—	—
阴沟肠杆菌 <i>Enterobacter cloacae</i>	本实验室分离	—	—
大肠埃希氏菌 <i>Escherichia coli</i>	CICC23657	—	—
鼠伤寒沙门氏菌 <i>Salmonell</i>	CICC22956	—	—
乙型溶血性链球菌 <i>Streptococcus hemolytic-β</i>	CMCC10373	—	—
蜡样芽胞杆菌 <i>Bacillus cereus</i>	CICC10468	—	—
福氏志贺氏菌 <i>Shigella flexneri</i>	CICC21678	—	—
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureous</i>	ATCC6538	—	—
空肠弯曲杆菌 <i>Campylobacter jejuni</i>	ATCC33291	—	—

† —/+表示阴性/阳性结果。

表 2 实时荧光定量 PCR 中靶基因及内参基因引物探针序列

Table 2 Primers and probes for *ompA* gene and IAC

基因名称	引物探针序列	长度/bp
<i>ompA</i>	5'-CATGGTATGGCGTGCTGACT-3'	77
	5'-CAGCGAATACCGGAGAAACG-3'	
	5'-JOE-CTCTTCTAACATCGGCGACGA-Eclipse-3'	
IAC	5'- AATGGAGAAAGCCCCTGTGAAG-3'	115
	5'-TCACGTGAACCTGGAATTTGAC-3'	
	5'-CY5-CACTGCGCATCTAGTCCCCTGAAC-BHQ3-3'	

1 材料与方法

1.1 试验所用菌株

本试验所用部分菌株见表 1。

1.2 主要试剂和仪器

改良月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤—万古霉素(mLST-Vm)、胰蛋白胨大豆琼脂(TSA):北京陆桥技术有限责任公司;

细菌基因组 DNA 提取试剂盒:北京天根科技有限公司; GoTaq® Probe qPCR Master Mix 2×:普洛麦格(北京)

生物技术有限公司;

pMD 19-T Simple Vector:大连宝生物公司;

核酸蛋白测定仪:NanodropND-2000 型,美国 Thermo 公司;

梯度 PCR 仪:Mastercycler pro 型,德国 Eppendorf 公司;

荧光定量 PCR 仪:7500 型,美国应用系统生物公司。

1.3 引物和探针的设计

应用 DNASTar 软件对 GeneBank 已公布的多个 *ompA* 靶基因序列进行比对,确定保守序列。应用 Primer Express 3.0 对其中保守序列设计特异性引物和探针,靶基因扩增片段大小为 77 bp,内参扩增片段为 115 bp。所有引物、探针均由上海 Invitrogen 公司合成。序列见表 2。

1.4 扩增内参的构建

经比对分析,选择与其它细菌没有任何同源性的乳仓鼠肾细胞(BHK-21)的 *Nmi* 基因作为内参基因,设计内参引物和探针(序列见表 2),应用复合引物法^[11]构建扩增内参(IAC)。将内参片段与 T 载体连接,转化感受态细胞,挑取克隆菌 37 ℃ 振荡培养,经 PCR 鉴定将阳性克隆质粒送北京中科希林生物科技有限责任公司进行测序。将经鉴定同源性 100%的重组质粒测定浓度并换算成拷贝数,-20 ℃ 保存备用。

1.5 方法

1.5.1 阪崎肠杆菌基因组 DNA 的提取

(1) 水煮法提取细菌 DNA。方法:取 1 mL 经培养的菌液,8 000~10 000 r/min 离心 5 min,弃上清收集菌体。加入 100 μ L ddH₂O,充分振荡混匀,经沸水浴 10 min 后,12 000 r/min 离心 10 min,取上清即为 DNA 溶液。

(2) 水洗法加试剂盒法提取细菌 DNA。方法:取样品菌液 1 mL,10 000 r/min 离心 5 min,弃上清液收集菌体,加入 1 mL ddH₂O 重悬菌体,10 000 r/min 离心 5 min,以此离心洗涤重复 5 次,最后将带有菌体的沉淀按试剂盒操作提取 DNA,加 50 μ L ddH₂O 溶解。

1.5.2 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 反应体系的建立和优化 以阪崎肠杆菌 ATCC29544 基因组 DNA 作为模板,荧光定量 PCR 反应体系设置 25 μ L:2 $\times$ qPCR Master Mix 12.5 μ L,设定不同的引物浓度(0.2~0.8 μ mol/L),探针浓度(0.12~0.18 μ mol/L)进行实时荧光定量 PCR,筛选 *ompA* 最优的引物探针浓度组合。荧光定量 PCR 反应条件为:95 ℃ 30 s;95 ℃ 10 s,60 ℃ 35 s,35 个循环。在确立 *ompA* 最佳引物探针浓度的条件下,设定 IAC 探针浓度(0.12~0.18 μ mol/L),IAC 添加量($10^2\sim10^6$ 拷贝),反应条件同上,进行内参探针浓度和添加量的优化,选取 Ct 值最小且扩增效果最好的扩增曲线为最优浓度和添加量。

1.5.3 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 方法的特异性试验 提取表 1 中阪崎肠杆菌和其他病原菌的基因组 DNA,根据 1.5.2 中确立的最佳反应体系进行实时荧光 PCR 扩增检测,其中设定水为空白对照,根据扩增曲线判定引物探针的特异性。

1.5.4 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 方法的灵敏度 应用 Nanodrop 核酸蛋白分析仪测定试剂盒提取的阪崎肠杆菌基因组 DNA,对 DNA 进行 10 倍梯度稀释,至浓度范围在 $10^2\sim10^{-5}$ ng/ μ L,各取 1 μ L 上样量进行 *ompA*-IAC 实时荧光定量 PCR 扩增,确定检测方法对基因组 DNA 的最高灵敏度。

以平板计数法计算阪崎肠杆菌的初始菌落(1×10^8 CFU/mL),10 倍梯度稀释至 1×10^0 CFU/mL,水煮法提取各稀释度菌液 1 mL,50 μ L 灭菌水溶解 DNA,取 1 μ L 为模板进行 *ompA*-IAC 实时荧光定量 PCR 扩增,确定检测方法对纯培养菌液的最高灵敏度。

1.5.5 标准曲线的构建 以阪崎肠杆菌基因组 DNA 为模板,PCR 扩增 *ompA* 靶基因,连接到 T 载体,对菌液进行测

序验证。将鉴定 100%正确的菌液提取质粒,将质粒根据浓度换算成拷贝数。10 倍梯度稀释已知拷贝数质粒到 $1\mu\text{L}^{-1}$,分别取 1 μ L 质粒进行 *ompA* 实时荧光定量 PCR 反应,建立标准曲线,以评价所建立体系的扩增效率。

1.5.6 重复性和稳定性试验 分别抽取 4 个稀释度的阪崎肠杆菌 DNA 样本进行阪崎肠杆菌荧光定量 PCR 检测,每个稀释度做 3 次重复,根据 Ct 值计算变异系数。同时将本研究所用试剂、引物、探针、内参等配制相应检测试剂盒,-20 ℃ 条件下储存 6 个月或 12 个月再进行检测,观察试剂盒的稳定性是否发生改变。

1.5.7 对人工模拟污染样本的检测试验 取已知浓度的阪崎肠杆菌纯培养液,选取 5~50 CFU 的初始菌量分别添加到 25 g 奶粉(按 GB 4789.40—2010 检测为阪崎肠杆菌阴性)中,再添加到 225 mL mLST-Vm 中,每个添加量重复 3 次,同时设定空白对照(加 1 mL 生理盐水),37 ℃ 培养箱培养。前增菌时间分别设定为 6,8,10 h,不同时间点各取培养液 2 mL,分别按照水煮法和水洗法加试剂盒法进行细菌基因组 DNA 提取,各取 3 μ L 上样量进行荧光 PCR 检测。

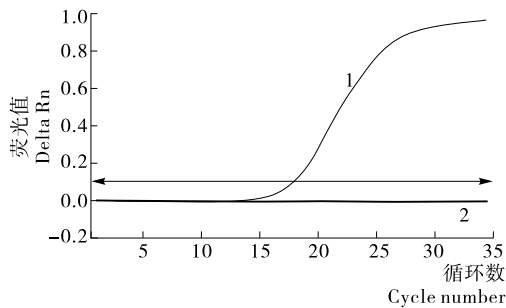
2 结果与分析

2.1 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 反应体系的优化

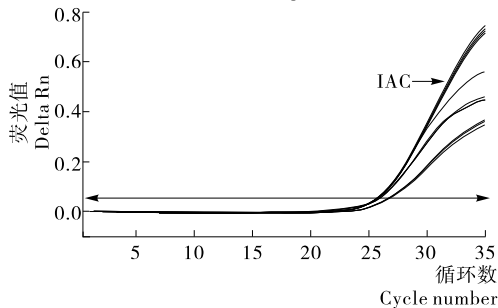
通过对阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 反应体系和条件的优化,最终确定靶基因引物 0.4 μ mol/L,IAC 探针浓度 0.18 μ mol/L,IAC 添加量为 10^5 拷贝时为最佳。

2.2 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 的特异性

如图 1(a)所示,阪崎肠杆菌出现了阳性扩增曲线,其它菌株均无扩增曲线,为阴性结果,说明本研究建立的检测方



1. 阪崎肠杆菌*ompA*靶基因扩增曲线 2. 表1中其它菌株扩增
(a) 阪崎肠杆菌*ompA*靶基因扩增结果



(b) 各反应体系中IAC扩增结果

图 1 阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 特异性结果
Figure 1 The specific test of *Enterobacter sakazakii* real-time PCR

法特异性良好。图 1(b)显示,各反应 IAC 均出现扩增曲线,说明反应体系中添加 10^5 拷贝 IAC 对所建立方法的特异性没有任何影响。

2.3 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 的灵敏性

由图 2 可知,以试剂盒提取的阪崎肠杆菌基因组 DNA,当浓度在 $10^2 \sim 10^{-3}$ ng/ μ L 时均出现扩增曲线,灵敏度可达到 10^{-3} ng(1 pg)。且无论反应中是否加入 10^5 拷贝 IAC,灵敏性不受影响。以 10 倍梯度稀释的浓度为 $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^4$ CFU/mL 的阪崎肠杆菌,通过水煮法提取基因组 DNA,检测灵敏度为 1×10^4 CFU。表明该方法同样可以检测水煮法提取的 DNA,对阪崎肠杆菌的检测限为 1×10^4 CFU。

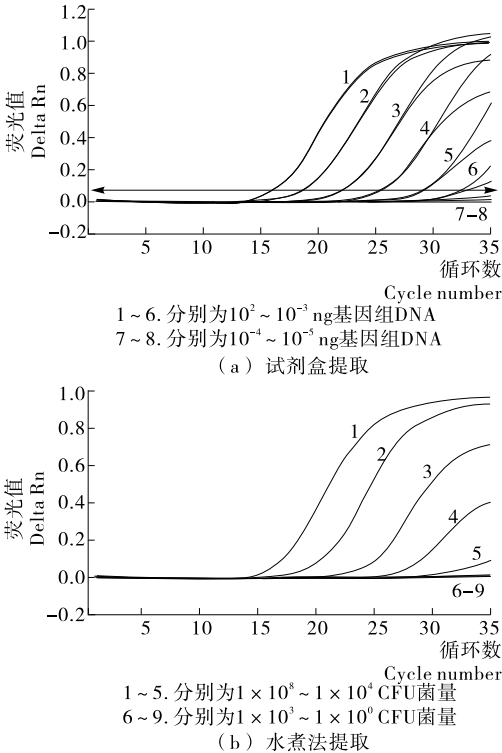


图 2 阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 灵敏性结果
Figure 2 The sensitivity test of *Enterobacter sakazakii* real-time PCR

2.4 阪崎肠杆菌荧光定量 PCR 标准曲线的建立

以 10 倍梯度稀释的标准质粒为模板构建阪崎肠杆菌标准曲线,结果斜率为 -3.299 ,反应效率为 1.009 , R^2 为 0.999 ,扩增效率良好。表明模板浓度在 $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^3$ 拷贝时呈良好的线性关系,最低可检测到 10^3 拷贝,结果见图 3。

2.5 基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 重复性和稳定性试验

以 4 个浓度 DNA 样本为模板进行的荧光定量 PCR 重复性试验,结果各浓度 Ct 值的标准差均小于 $1(0.24 \sim 0.86)$,计算所得变异系数小于 $5.0\%(1.2\% \sim 4.1\%)$,说明该方法的重复性好。将本方法的组装试剂在 -20°C 保存 6,12 个月后进行检测,灵敏性未发生改变,说明组装的试剂盒稳定性良好,期间经反复冻融之后,扩增效率良好。

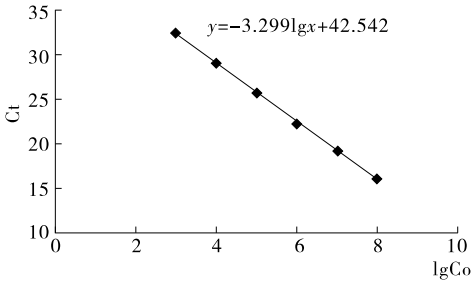


图 3 阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 的标准曲线
Figure 3 The standard curves of *Enterobacter sakazakii* real-time PCR

2.6 阪崎肠杆菌人工污染样品的检测

结果显示,空白对照和所有样品中 IAC 均有扩增,空白对照组靶基因无扩增,说明试验成立。检测结果表明,本研究建立的 *ompA*—IAC 实时荧光定量 PCR 方法,对于起始菌量为 $28 \sim 55$ CFU/25 g 奶粉,使用水洗加试剂盒法提取 DNA 作为模板检测时,在样品经 8 h 增菌后,即可从样品中检测到阪崎肠杆菌,见图 4(a);在使用水煮法提取 DNA 模板时,增菌时间要大于 10 h,才能从起始菌量为 $10 \sim 55$ CFU/25 g 的奶粉中检测到阪崎肠杆菌,见图 4(b);表 3 为人工污染奶粉样品检测的 Ct 值结果。

3 结论

本研究选取阪崎肠杆菌特异性靶基因 *ompA* 设计探针和引物,以 *Nmi* 基因作为内参,建立了基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光 PCR 检测方法,试验结果表明该方法不仅特异性强,且灵敏度高,在设定为 35 个循环的情况下,该方法对纯培养物的检测可达到 1 pg,对水煮法提取核酸的检测限为 10^4 CFU。检测时间仅需 2 h,前增菌时间大于 10 h。同时

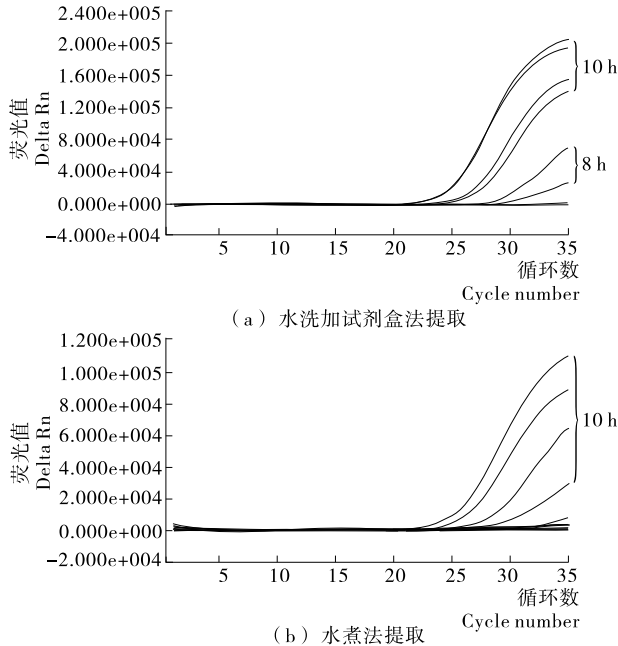


图 4 对人工污染奶粉样品中阪崎肠杆菌的检测结果
Figure 4 The detection results of *Enterobacter sakazakii* in the artificially contaminated powdered milk

表 3 对人工污染奶粉样品中阪崎肠杆菌 Ct 值的检测结果

Table 3 The detection results of <i>Enterobacter sakazakii</i> in the artificially contaminated powered milk (n=3)									
方法	6 h			8 h			10 h		
	10 CFU/25 g	28 CFU/25 g	55 CFU/25 g	10 CFU/25 g	28 CFU/25 g	55 CFU/25 g	10 CFU/25 g	28 CFU/25 g	55 CFU/25 g
试剂盒	未检出	未检出	未检出	未检出	31.26	29.27	26.34	25.38	24.41
水煮	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	31.26	28.72	25.30

IAC 的添加保证了检测结果的准确性和可靠性,在实际样品检测中,如果 IAC 扩增阴性,则需要对模板进行倍比稀释再进行检测,直到试验成立,或者重新对样本进行提取。

研究^[12-14]表明,为确保食源性致病菌检测方法的可靠性和有效性,添加一定量的扩增内参是非常有必要的。与 SN/T 1632.3—2013 相比,本研究添加了与其它细菌均无任何同源性的内参基因(*Nmi* 基因),最大程度上保证了扩增内参的特异性。同时与 GB 4789.40—2010 相比,本研究仅采用改良月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤—万古霉素(mLST-Vm)进行增菌,无需二次增菌,时间大于 10 h 即可,大大节省了检测周期。

人工污染样品检测结果显示,两种核酸提取方法均可用,但水洗法加试剂盒方法提取的模板 DNA 扩增 Ct 值较水煮法低,说明水洗加试剂盒提取效果要高于水煮法,因此,在实际样品检测中可以根据不同需求选择何种方法进行检测^[15]。

本研究建立基于内参的阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 方法具有快速、准确、结果可靠的优点,非常适合于大批量样品的快速检测,比较传统的培养方法可以大大提高工作效率和检出率,具有一定的推广价值。同时,该方法的建立为研究其他致病菌的分子生物学检测提供了新参考。

参考文献

[1] ICMSF. Microorganism in food number 7. Microbiological testing in food safety management[R]. Netherlands: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.

[2] GURTLE R J B, KORNACHI J L, BEUCHAT L R. Enterobacter sakazakii: A coliform of increased concern to infant health[J]. Intern J. Food Microbiol., 2005, 104(1): 1-34.

[3] HEALY ealy B, COONE Yooney S, O’ BRIEN S, et al. Cronobacter (*Enterobacter sakazakii*): an opportunistic foodborne pathogen [J]. Foodborne Pathog Dis., 2010, 7 (4):

339-350.

[4] QIN Xiao-ling, REN Guo-pu. Research advance of *E. sakazakii* in dairyproducts[J]. China Dairy Ind., 2011, 39(11): 45-46.

[5] 周少君, 邓小玲, 朱海明. 2010 年—2013 年广东省婴幼儿食品中阪崎肠杆菌污染情况调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24 (15): 2 248-2 251.

[6] 卢雁, 王森, 房玉国, 等. 婴儿配方粉中阪崎肠杆菌荧光定量 PCR 检测方法的建立[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(7): 47-56.

[7] KANDHAI M C, HEUVELINK A E, REIJ M W, et al. A study into the occurrence of Cronobacter spp. in The Netherlands between 2001 and 2005[J]. Food Control, 2010, 21 (8): 1 127-1 136.

[8] 庞杏林, 张健, 张颖. 婴幼儿配方奶粉中阪崎肠杆菌分子检测方法探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(2): 209-210.

[9] 李雪玲, 樊成, 陈勇, 等. 扩增内标在阪崎肠杆菌实时荧光定量 PCR 检测方法中的应用[J]. 食品工业, 2013, 34(11): 227-229.

[10] 张淑红, 吴清平, 徐晓可, 等. LAMP 法在阪崎肠杆菌快速检测中的应用[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 111-114.

[11] SIEBERT P D, LARRICK J W. PCR MIMICS: competitive DNA fragments for use as internal standards in quantitative PCR[J]. Biotechnology, 1993, 14(2): 244-249.

[12] SHI Xian-ming, LONG Fei, SUO Biao. Molecular methods for the detection and characterization of foodborne pathogens[J]. Pure and Applied Chemistry, 2010, 82(1): 69-79.

[13] HOORFAR J, MALOMY B, ABDULMAWJOOD A, et al. Practical considerations in design of internal amplification controls for diagnostic PCR assays[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2004, 42(5): 1 863-1 868.

[14] HOORFAR J, COOK N, MALOMY B, et al. Making internal amplification control mandatory for diagnostic PCR[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2003, 41(12): 5 835.

[15] 周阳, 祝长青, 郭云昌, 等. 不同食品基质中单核细胞增生李斯特氏菌核酸提取方法的比较[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(11): 1 205-1 211.

信息窗

英国安格利亚鲁斯金大学研究发现垃圾食品伤肾

据英国“今日医学信息网”近日报道,英国安格利亚鲁斯金大学生物医学研究者发现:吃太多垃圾食品或高脂饮食,会对肾脏造成伤害。

研究团队给老鼠喂食了 5 周高脂饲料,或让它们食用 8 周垃圾食品。研究者评估了这些饮食如何影响啮齿类动物的血糖水平,以及如何影响肾脏中的各种葡萄糖转运蛋白。结果表明,高脂饮食或垃圾食品会导致血糖升高,相当于发生了 2 型糖尿病,这可能导致糖或葡萄糖在血液中聚积。随着时间的推移,血糖上升会导致糖尿病肾病,肾器官无法再将废物从体内去除。

因此,研究者认为,不健康的饮食习惯与 2 型糖尿病的风险一样高,因为它们都会损害肾功能。这一结果可为降低血糖水平提供新策略或阻断肾脏中的葡萄糖转运蛋白,有助降低血糖水平,保护肾脏免受进一步损害。

(来源:www.foodmate.net)