

鸡蛋生产环节沙门氏菌检测及洁蛋对蛋品质影响的研究

段忠意¹, 秦宇辉¹, 刘燕荣¹, 袁正东², 杨宁^{1,2}, 徐桂云^{1,2*}

(1. 中国农业大学动物科技学院, 畜禽育种国家工程实验室, 农业部动物遗传育种重点实验室, 北京 100193;

2. 国家蛋品工程技术研究中心, 北京 100081)

摘要: **目的** 对鸡蛋生产过程中沙门氏菌污染环节进行研究, 探明规模化蛋鸡养殖场鸡蛋生产中沙门氏菌污染状况和洁蛋效果。**方法** 选择规模化蛋鸡场一个, 对可能造成鸡蛋沙门氏菌污染的水、饲料、蛋网、传输带等环节的样本进行采样, 并取清洁前后的鸡蛋各 60 个, 分为两组, 每组中 30 个蛋用于当天检测, 另外 30 个, 在室温环境下放置 10 d 后检测。所有样品经前增菌和选择性增菌后, 提取细菌 DNA 进行鉴定。**结果** 水、饲料和清洁后的鸡蛋表面未检出沙门氏菌, 蛋网、传输带、未清洁的鸡蛋表面检出沙门氏菌, 进一步检测表明, 检出的沙门氏菌均不是肠炎沙门氏菌和伤寒沙门氏菌。鸡蛋放置 10 d 后检测, 未清洁组的蛋白高度和哈氏单位显著低于清洁组的蛋白高度和哈氏单位, 二者均显著低于当天检测的结果, 而各组的蛋壳强度差异均不显著。

结论 鸡蛋清洁涂膜处理后可以有效减少蛋壳表面沙门氏菌污染, 并延长鸡蛋的保存时间。

关键词: 鸡蛋; 清洁; 沙门氏菌; 蛋品质

Study on detection of *Salmonella* in egg production and influence on egg quality

DUAN Zhong-Yi¹, QIN Yu-Hui¹, LIU Yan-Rong¹, YUAN Zheng-Dong²,
YANG Ning^{1,2}, XU Gui-Yun^{1,2*}

(1. Department of Animal Genetics and Breeding, National Engineering Laboratory for Animal Breeding, Key Laboratory of Animal Genetics and Breeding of MOA, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. National Egg Engineering Research Center, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Objective To study *Salmonella* contamination in egg production of scaled farm and effects of egg cleaning. **Methods** Drinking water, feed, net, conveyor belts, 60 cleaned and 60 uncleaned eggs were sampled in a scaled farm. A half of cleaned and uncleaned eggs and all the other samples were detected on the same day, and the other half of cleaned and uncleaned eggs were detected after they were placed under room temperature for 10 d. The DNA of all samples was extracted for detection after pre-enrichment and selected enrichment of bacterium. **Results** *Salmonellae* was detected on the surface of net, conveyor belts and uncleaned eggs, except water, feed and cleaned eggs, and further detection proved them neither *Salmonella enteritidis* nor *Salmonella typhi*. Albumen height and Haugh units of uncleaned eggs were significantly lower than those of cleaned eggs after placed for 10 d, which of cleaned and uncleaned eggs were both significantly

基金项目: 国家蛋鸡产业技术体系(CARS-41)、教育部长江学者与创新团队发展计划“禽蛋及禽肉检测技术研究”(IRT 0945)

*通讯作者: 徐桂云, 教授, 硕士生导师, 主要从事家禽遗传育种与品质检测技术研究。E-mail: ncpt@cau.edu.cn

lower than those detected at the first day, but there were no significant difference among the four groups in egg strength. **Conclusion** The technique of egg cleaning could effectively reduce the *Salmonella* contamination on the surface of eggshell and extend the shelf life of eggs.

KEY WORDS: eggs; egg coating; *Salmonella*; egg quality

1 引言

自1885年Smith和Salmon首次分离出猪霍乱沙门氏菌以来,不断有沙门氏菌新的血清型被发现,目前已发现约2500种血清型^[1],广泛分布于世界各地,已成为世界范围内难以控制的细菌。在各种细菌性食物中毒中,由沙门氏菌引起的食物中毒病例在食物中毒中屡居首位^[2],2010年,美国因肠炎沙门氏菌污染问题而发生的鸡蛋召回事件,更是引起了社会公众对沙门氏菌污染和食品安全问题的广泛关注。随着人们生活水平的提高,对禽类产品,尤其是营养丰富而又廉价的蛋制品的消费比重日益增加,被细菌污染的禽类产品越来越成为沙门氏菌感染的重要媒介^[3],由此引发的食品安全性问题也一直是长期困扰养禽业发展的一个重要原因^[4]。另外,世界卫生组织(WHO)对肉鸡和蛋鸡群体中沙门氏菌感染的影响进行了风险评估,肠炎沙门氏菌(SE)和鼠伤寒沙门氏菌(ST)是全世界流行的主要沙门氏菌^[5]。能够引发人类严重疾病的伤寒沙门氏菌,近来仍常有报道^[6-8],发病率和死亡率虽逐年下降,但伤寒疫情仍然严峻^[9],被污染的水和食品仍是其重要的传播媒介。

鸡蛋因其营养丰富,适于微生物的生长,极易受到沙门氏菌的污染,未经清洗而直接上市的鸡蛋,蛋壳表面常含有大量的细菌。一些发达国家,如美国和加拿大等,提倡通过洗蛋来降低鸡蛋表面的细菌总量,而我国市场上所销售的鸡蛋大部分都是未经清洗、灭菌处理的鲜蛋^[4, 10-12],这可能会对公众健康构成潜在的威胁。

本试验选取清洁前后的鸡蛋,对其蛋壳表面进行沙门氏菌检测,并检测其常规蛋品质,以了解对鸡蛋使用清洁技术是否能够减少细菌污染,以及是否会影响蛋品质。由于沙门氏菌可以通过垂直和水平两种方式污染鸡蛋^[4, 13],为了查明大型养殖场中可能造成鸡蛋污染的水平因素,本试验对鸡舍内的水、饲料,以及鸡蛋产出后与鸡蛋接触的蛋网和传输带进行了沙门氏菌检测。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 样品

清洁前后的鸡蛋、水、饲料、蛋网和鸡蛋传输带棉拭子样本均取自德青源(北京)生态农场鸡舍内。

2.1.2 菌株

伤寒沙门氏菌标准菌株(CMCC(B)50071)购自中国食品药品检定研究院;肠炎沙门氏菌标准菌株(CVCC3377)由四川大学王红宁教授惠赠。

2.1.3 试剂

缓冲蛋白胨水(BPW)、亚硒酸盐胱氨酸增菌液(SC)购自北京路桥有限公司;DM1000 DNA Marker购自北京康为世纪生物科技有限公司,2×Taq PCR MasterMix 购自北京百泰克生物技术有限公司。

2.2 方法

2.2.1 样品的采取与处理

用灭菌的培养管从采集鸡蛋的鸡舍内接鸡的饮用水10 mL,在无菌操作台中吸取1 mL,置于盛有9 mL BPW的培养管中,做三个重复。

在采集鸡蛋的鸡舍养鸡笼的最上层和最下层的料槽内各取饲料约10 g,在无菌操作台中取约1 g,置于盛有9 mL BPW的培养管中,做三个重复。

蛋网棉拭子采样 鸡舍内共有5列鸡笼,在2、4列的最上层和最下层的前中后部位的蛋网上,共12个采样点,每点三个重复,用无菌棉拭子擦拭蛋网表面,然后将棉拭子置于盛有9 mL BPW的培养管中。

传输带棉拭子采样 在运转中的集蛋传输带上,每隔约5 min,用无菌棉拭子擦拭传输带表面,然后将棉拭子置于盛有9 mL BPW的培养管中。

蛋壳棉拭子采样 采集当天产清洁前后的鸡蛋各60个,以保鲜袋相互隔离。其中30个用于当天检测;另外30个,在室温环境下放置10 d后检测。首先,在无菌操作台中,用无菌棉拭子擦拭蛋壳表面,然后将棉拭子置于盛有9 mL BPW的培养管中。

2.2.2 前增菌与选择性增菌

前增菌 以上所有样品与 9 mL BPW 混匀后,在 37 °C 恒温培养箱中培养 20 h。

选择性增菌 取 1 mL 前增菌液,加入 9 mL 选择性增菌液 SC 中,在 37 °C 恒温培养箱中培养 20 h。

2.2.3 蛋品质检测

棉拭子擦拭完蛋壳表面后,所有鸡蛋进行蛋品质检测。检测指标为:蛋壳强度、蛋白高度、哈氏单位。

2.2.4 细菌 DNA 的提取

取选择性增菌液 2 mL,置于 Ep 管中,12000 r/min 离心 5 min,超纯水洗涤 2 次,用 0.2 mL 超纯水悬浮,水浴煮沸 15 min,放入冰中冷却 2 min,12000 r/min 离心 15 min,取上清液用作 DNA 模板。

2.2.5 PCR 检测

2.2.5.1 引物

用于检测伤寒沙门氏菌的引物,采用 Nagarajan 等^[14]根据 STY0312 基因、STY0313 基因至 STY0316 基因的序列设计的两对特异性引物,扩增产物分别为 384 bp 和 1.04 kb,引物序列如下:

第一对引物:

STY0312/SPA2476 (forward): 5'-ATGTTTCAGTAAATAGTGTCATTGCTTTTG-3';

STY0312/SPA2476 (reverse): 5'-TTGTAGCGCCGGAAATGATATTCT-3'。

第二对引物:

STY0313/SPA2475/t2576(forward): 5'-CTTGACGTACCGGTAGAGATATACTGGCT-3';

STY0316/t2574 (reverse): 5'-CTTTACATCTGTTCCGCCCCAGGCAAATAC-3'。

用于检测肠炎沙门氏菌的引物,采用樊世杰等^[15]根据 Prot6E 基因的序列设计的一对特异性引物,扩增产物为 175 bp,引物序列如下:

Prot6E-F: ACAGGGGACACAATAACCGTA;

Prot6E-R: TGCATCCCTGTCACAACATT。

用于检测沙门氏菌属的引物,采用蒋鲁岩等^[16]根据 hns 基因的序列设计的一对特异性引物,扩增产物为 152 bp,引物序列如下:

hns-1: 5'-TACCAAAGCTAAACgCgAgCT-3';

hns-2: 5'-TgATCaggAAATCTTCCgTTgC-3'。

2.2.5.2 PCR 反应体系与反应程序

检测伤寒沙门氏菌的 PCR 反应体系为 20 μ L,各组分如下: MasterMix 10 μ L,模板 DNA 1.5 μ L,两对引物各 0.2 μ L,双蒸水 7.7 μ L。其中,MasterMix 的主

要成分为: Taq 酶、dNTP、buffer 等。

检测肠炎沙门氏菌的 PCR 反应体系为 20 μ L,各组分如下: MasterMix 10 μ L,模板 DNA 1.5 μ L,引物 Prot6E-F 和 Prot6E-R 各 0.2 μ L,双蒸水 8.1 μ L。

检测沙门氏菌属的 PCR 反应体系为 20 μ L,各组分如下: MasterMix 10 μ L,模板 DNA 1.5 μ L,引物 hns-1 和 hns-2 各 0.2 μ L,双蒸水 8.1 μ L。

PCR 反应程序: 94 °C 5 min, 94 °C 40 s, 60 °C 40 s, 72 °C 50 s, 经 35 个循环,最后 72 °C 10 min。扩增产物于 1.5 % 的琼脂糖凝胶中电泳,观察结果。

3 结果

3.1 水和饲料沙门氏菌检测

对水的三个重复样品,最上层和最下层料槽中饲料的三个重复样品,分别进行沙门氏菌属,肠炎沙门氏菌,伤寒沙门氏菌的检测,未检测到沙门氏菌。部分检测胶图如图 1 所示,只有阳性对照出现了与目的片段大小一致的条带,所检测水和饲料样本均没有条带。

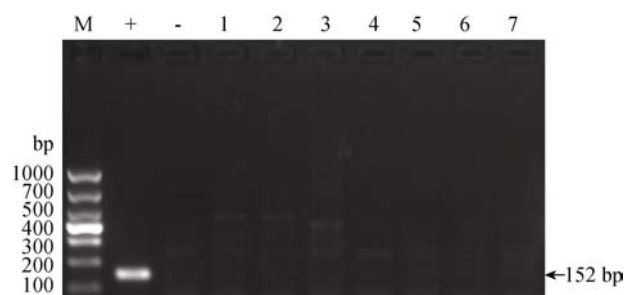


图 1 水和饲料沙门氏菌检测结果

Fig. 1 Detection of *Salmonella* in water and feed
M: Marker; +: 以肠炎沙门氏菌作为沙门氏菌属阳性对照; -: 沙门氏菌阴性对照; 1~3: 水样品; 4~7: 饲料样品

注 1: 沙门氏菌各血清型均含有沙门氏菌属特异性基因 hns, 本试验以肠炎沙门氏菌为沙门氏菌属的代表,作为沙门氏菌属阳性对照。

3.2 蛋网和传输带沙门氏菌检测

蛋网和集蛋传输带沙门氏菌检测结果,如表 1 所示。蛋网 36 个样本中共检测到 1 个样本为沙门氏菌属阳性,未检测到肠炎沙门氏菌和伤寒沙门氏菌。传输带 10 个样本中检测到 3 个样本为沙门氏菌属阳性,未检测到肠炎沙门氏菌和伤寒沙门氏菌。

表 1 蛋网和传输带沙门氏菌检测结果
Table 1 Detection of *Salmonella* on egg net and conveyor belts

	总沙门氏菌	肠炎沙门氏菌	伤寒沙门氏菌
蛋网	1/36	0/36	0/36
传输带	3/10	0/10	0/10

部分检测结果胶图见图 2、图 3、图 4。图 2 的检测结果显示,在对蛋网和传输带样本进行沙门氏菌属检测时,部分样本出现了与目的条带一致的条带,然后对其进行进一步检测,结果显示,这些沙门氏菌属阳性样本均为肠炎沙门氏菌和伤寒沙门氏菌阴性(见图 3、图 4)。

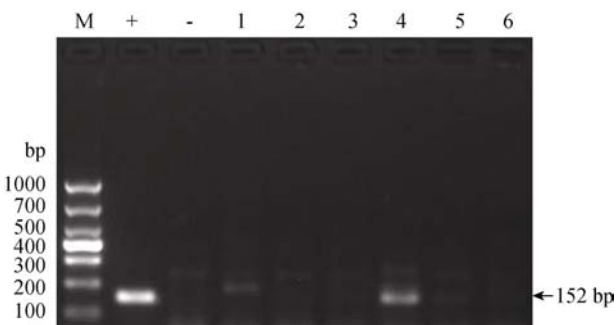


图 2 蛋网和传输带沙门氏菌属检测结果

Fig. 2 Detection of *Salmonella* on egg net and conveyor belts
M: Marker; +: 以肠炎沙门氏菌作为沙门氏菌属阳性对照; -: 沙门氏菌阴性对照; 1~3: 蛋网样品; 4~6: 传输带样品
注 2: 同注 1

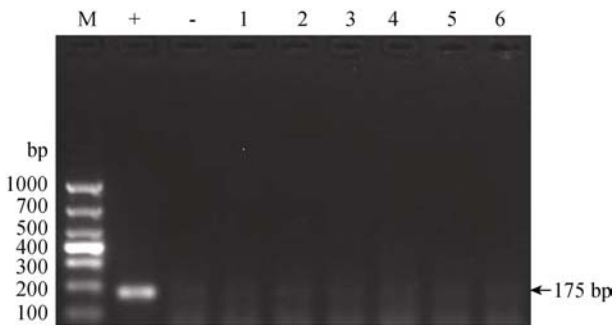


图 3 蛋网和传输带肠炎沙门氏菌检测结果

Fig. 3 Detection of *Salmonella enteritidis* on egg net and conveyor belts
M: Marker; +: 肠炎沙门氏菌阳性对照; -: 肠炎沙门氏菌阴性对照; 1~3: 蛋网样品; 4~6: 传输带样品

3.3 蛋壳表面沙门氏菌检测

蛋壳表面沙门氏菌检测结果,如表 2 所示。在当天检测的鸡蛋中,未经洁蛋处理的鸡蛋有三个为沙门氏菌属阳性,未检测到肠炎沙门氏菌和伤寒沙门

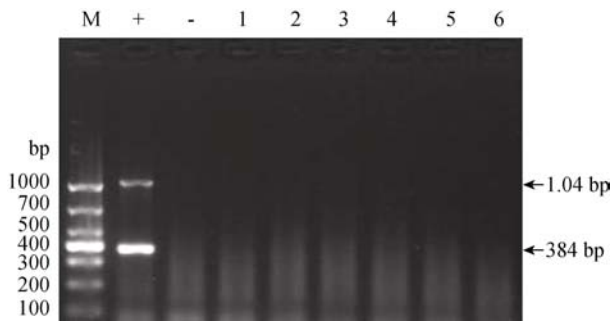


图 4 蛋网和传输带伤寒沙门氏菌检测结果

Fig. 4 Detection of *Salmonella typhi* on egg net and conveyor belts
M:Marker; +: 伤寒沙门氏菌阳性对照; -: 伤寒沙门氏菌阴性对照; 1~3: 蛋网样品; 4~6: 传输带样品

氏菌;清洁鸡蛋未检测到沙门氏菌。在放置 10 天后检测的鸡蛋中,未经洁蛋处理的鸡蛋有两个为沙门氏菌属阳性,未检测到肠炎沙门氏菌和伤寒沙门氏菌;清洁鸡蛋未检测到沙门氏菌。

3.4 蛋品质检测

蛋品质检测结果,如表 3 所示。未经洁蛋处理的鸡蛋和清洁鸡蛋放置 10 d 后检测,两者的蛋白高度和哈氏单位均显著低于当天检测的结果,各组之间的蛋壳强度没有显著性差异。未经洁蛋处理的鸡蛋和清洁鸡蛋相比,在取样当天检测的组中,两者的蛋白高度和哈氏单位没有显著性差异;在放置 10 天后检测的组中,未经洁蛋处理的鸡蛋的蛋白高度和哈氏单位显著低于清洁组的蛋白高度和哈氏单位。

4 讨论

鸡蛋无论是在体内形成的过程中,还是产出后,都有可能受到微生物的污染。如果鸡的饮水和饲料中含有沙门氏菌,沙门氏菌则会通过水和饲料进入鸡的食道,一部分直接侵入肠上皮细胞,然后由巨噬细胞携带,侵入并定植于输卵管,造成鸡蛋产出前就直接受到污染^[13, 17];另一部分则随粪便排出体外,极易沾染在蛋壳表面,引起蛋壳污染。在许多大型养殖场的鸡舍内,捡蛋已实行机械化操作。因此,在鸡蛋离开机体后,可能引起蛋壳表面沙门氏菌污染的主要是与其直接接触的蛋网和集蛋传输带。已有研究证明,沙门氏菌可以穿透蛋壳,污染鸡蛋内容物^[13, 18]。因此,本试验对鸡舍内的水、饲料,蛋网和集蛋传输带,以及蛋壳表面进行了沙门氏菌检测。结果显示,水和饲料未检出沙门氏菌。王红宁^[19]在对中西部蛋

表 2 蛋壳表面沙门氏菌检测结果
Table 2 Detection of *Salmonella* on eggshell

样品	当天检测			放置 10 d 后检测		
	总沙门氏菌	肠炎沙门氏菌	伤寒沙门氏菌	总沙门氏菌	肠炎沙门氏菌	伤寒沙门氏菌
未经洁蛋处理的鸡蛋	3/30	0/30	0/30	2/30	0/30	0/30
清洁鸡蛋	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30

表 3 蛋品质检测结果
Table 3 Detection of egg quality

	当天检测		放置 10 d 后检测	
	未经洁蛋处理的鸡蛋	清洁鸡蛋	未经洁蛋处理的鸡蛋	清洁鸡蛋
蛋白高度(mm)	6.47±0.22 ^a	6.64±0.23 ^a	4.76±0.22 ^c	5.46±0.23 ^b
哈氏单位	78.53±1.76 ^a	80.97±1.80 ^a	64.37±1.76 ^c	70.30±1.80 ^b
蛋壳强度(kg/cm ²)	3.343±0.170	3.274±0.167	3.406±0.167	3.571±0.167

注: 每组样本量 $n=30$; 同一行的数据标有相同字母的表示差异不显著, 标有不同字母的表示差异显著($P=0.05$)

鸡场沙门氏菌污染情况进行检测, 同样未在鸡的饮水中检测到沙门氏菌, 只在个别批次的饲料中检出沙门氏菌。本试验在蛋网、传输带和清洁前的蛋壳表面均检测出沙门氏菌。可能的原因之一是鸡群在入舍时就携带有沙门氏菌, 也就是引进雏鸡的种鸡场没有做到完全净化白痢沙门氏菌, 这是因为全进全出的现代养鸡方式, 确保了鸡群在入舍时, 舍内环境没有污染, 并且, 本试验检测进入鸡舍的水和饲料, 也未检出沙门氏菌。因此, 对种鸡群的沙门氏菌净化显得尤为重要。第二, 由于沙门氏菌属的菌种类型繁多, 在我国大气候中存在非致病性沙门氏菌的机率较大, 随机检测出非致病菌。

为减少鸡蛋沙门氏菌的污染, 除了对种鸡群实行沙门氏菌净化, 对水源、饲料、设备进行灭菌处理, 加强生产管理之外, 对鸡蛋本身进行清洗涂膜也很重要^[4]。本试验对鸡蛋清洁前后蛋壳表面沙门氏菌进行检测, 所有清洁后的鸡蛋蛋壳表面均未检出沙门氏菌, 清洁前的鸡蛋 60 个样本中, 共有 5 个样本检出沙门氏菌。因此对鸡蛋进行清洗涂膜对减少蛋壳表面沙门氏菌是有效的。

本试验还同时对比研究了使用鸡蛋清洁技术对蛋品质的影响。取样当天, 未经洁蛋处理的鸡蛋组和清洁鸡蛋组蛋品质没有显著性差异; 放置 10 天后, 两组的蛋白高度和哈氏单位均显著降低, 但清洁鸡蛋组的蛋白高度和哈氏单位显著高于未经洁蛋处理的鸡蛋组。因此, 鸡蛋清洗涂膜技术不但可以有效减少蛋壳表面沙门氏菌污染, 还可以延长鸡蛋保存时

间, 提高同样保存时间下鸡蛋的新鲜度, 这也被多位学者证明^[20-23]。另外, 据 Xie,Caner,Wardy 等^[20, 23-25]的研究, 鸡蛋清洗涂膜后可以增加蛋壳的强度, 减少破损。本试验中, 清洁前后的鸡蛋蛋壳强度没有显著性差异, 可能与本试验样本量小有关。

本试验对清洗后的鸡蛋进行涂膜, 所用材料为食品级白油, 符合国家标准 GB 4853-2008, 不影响鸡蛋的安全食用。另外, 鸡蛋清洗涂膜后会改变蛋壳表面的光滑度和粘度, 消费者能否接受这些变化, 对鸡蛋清洁技术是一个关键问题。Caner 对这一问题进行了研究, 发现对鸡蛋进行清洗涂膜后不会影响消费者的可接受性^[24]。随着人们对食品安全要求的不断提高, 由鸡蛋引发的食品安全问题日益受到人们的关注, 人们对清洁鸡蛋的需求也将不断增加。未来清洁鸡蛋的生产将是鸡群净化, 生产中灭菌管理和鸡蛋清洁技术等各个环节的综合控制。

参考文献

[1] Popoff MY, Bockemuhl J, Gheesling LL. Supplement 2002 (no. 46) to the Kauffmann-White scheme[J]. Res Microbiol, 2004, 155(7): 568-570.

[2] 王军, 郑增忍, 王晶钰. 动物源性食品中沙门氏菌的风险评估[J]. 中国动物检疫, 2007, 24(4): 23-25.

[3] 吴春艳, 王靖飞, 付朝阳, 等. 我国禽源性食品相关致病菌的污染机制及其防制[J]. 畜牧兽医科技信息, 2009, (12): 4-5.

[4] 徐桂云, 张伟. 鸡蛋沙门氏菌控制及其公共卫生意义[J]. 中国家禽, 2010, 32(22): 1-3.

[5] 徐桂云, 樊世杰. 家禽沙门氏菌感染现状及不同国家的防治策略[J]. 中国家禽, 2012, 34(09): 7-12.

- [6] 陈茂伟, 吴健林, 江建宁. 伤寒、副伤寒 79 例临床分析[J]. 热带医学杂志, 2006, 6(5): 570-572.
- [7] 谢旭, 王昕, 牟瑾, 等. 一起工厂伤寒爆发疫情的流行病学调查与分析[J]. 热带医学杂志, 2007, 7(08): 821-823.
- [8] 吴玉梅, 全凯锋, 万秀萍. 一起伤寒、副伤寒爆发的流行病学调查分析[J]. 实用临床医学, 2007, 8(07): 122-123.
- [9] 闫梅英, 梁未丽, 李伟, 等. 1995-2004 年全国伤寒副伤寒的流行分析[J]. 疾病监测, 2005, 20(8): 401-403.
- [10] 王文涛, 马美湖, 蔡朝霞. 鲜蛋清洁消毒技术的研究[J]. 家禽科学, 2008, (7): 41-45.
- [11] 王文涛, 马美湖. 国外鲜蛋清洗消毒关键技术[J]. 农产品加工, 2009, (7): 10-11.
- [12] 刘美玉, 王永霞, 孔德江, 等. 鸡蛋壳表面及蛋内容物的微生物污染情况分析[J]. 肉类研究, 2008, (03): 62-65.
- [13] 胡艳, 朱春红, 单艳菊, 等. 肠炎沙门菌污染鸡蛋的途径[J]. 中国家禽, 2011, (4): 40-44.
- [14] Nagarajan AG, Karnam G, Lahiri A, *et al.* Reliable Means of Diagnosis and Serovar Determination of Blood-Borne Salmonella Strains: Quick PCR Amplification of Unique Genomic Loci by Novel Primer Sets[J]. J Clin Microbiol, 2009, 47(8): 243-244.
- [15] 樊世杰, 李东锋, 段忠意, 等. 肠炎沙门氏菌污染饲料对鸡蛋安全的影响[J]. 中国家禽, 2012, 34(007): 11-15.
- [16] 蒋鲁岩, 陈光哲, 段宏安, 等. 应用 PCR 技术同步检测动物产品中的 4 种致病菌[J]. 检验检疫科学, 2003, 13(4): 7-9.
- [17] Okamura M, Kamijima Y, Miyamoto T, *et al.* Differences among Six Salmonella Serovars in Abilities to Colonize Reproductive Organs and to Contaminate Eggs in Laying Hens[J]. Avian Dis, 2001, 45(1): 61-69.
- [18] Messens W, Grijspeerdt K, L H. Eggshell penetration by Salmonella: a review[J]. World's Poultry Science Journal, 2005, 61: 71-85.
- [19] 王红宁. 蛋鸡沙门氏菌净化研究[J]. 中国家禽, 2012, 34(01): 37.
- [20] Xie L, Hettiarachchy NS, Ju ZY, *et al.* Edible Film Coating to Minimize Eggshell Breakage and Reduce Post-Wash Bacterial Contamination Measured by Dye Penetration in Eggs[J]. J Food sci, 2002, 67(1): 280-284.
- [21] Kim SH, No HK, Prinyawiwatkul W. Effect of molecular weight, type of chitosan, and chitosan solution pH on the shelf-life and quality of coated eggs[J]. J Food Sci, 2007, 72(1): S44-S48.
- [22] Suppakul P, Jutakorn K, Bangchokedee Y. Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs[J]. J Food Eng, 2010, 98(2): 207-213.
- [23] Wardy W, Torrico DD, No HK, *et al.* Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage[J]. International J Food Sci Technol, 2010, 45(12): 2659-2668.
- [24] Caner C, Cansiz O. Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality[J]. J Sci Food Agr, 2008, 88(1): 56-61.
- [25] Wardy W, Torrico DD, Jirangrat W, *et al.* Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage[J]. LWT-Food Sci Technol, 2011, (44): 2349-2355.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



段忠意, 男, 硕士研究生, 主要从事食品安全研究。

E-mail: dzy806@163.com



徐桂云, 教授, 硕士生导师, 主要从事家禽遗传育种与品质检测技术研究。

E-mail: ncpt@cau.edu.cn