

食品中的亚致死致病菌修复及检测技术研究进展

宋金丽, 索标*, 王娜, 艾志录

(河南农业大学食品科学技术学院, 郑州 450002)

摘要: 食品中亚致死损伤细菌的存在不容忽视, 因为受损的细胞能够在适宜的条件下修复, 并且对选择性培养基敏感, 容易造成假阴性检测结果, 在食源性致病菌检测过程中需要将其考虑在内。然而, 目前关于该领域的研究综述尚少。本文对食品中亚致死损伤细菌的形成、修复及检测方法等进行了综述。开展该领域的研究, 对于食品安全控制技术和快速简便检测方法的开发具有重要的意义。

关键词: 亚致死损伤; 修复; 检测

Progress in recovery and detection technology for sublethal-injury pathogens in food

SONG Jin-Li, SUO Biao*, WANG Na, AI Zhi-Lu

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT: The presence of injured pathogens in food should not be ignored during safety detection, because of their capability of repair under suitable conditions and their sensitivity to selective medium which can cause false negative detection results. However, there are little studies on such researches. This paper reviewed the formation, characteristics, detection methods, and factors influencing on sublethal-injury pathogens. The research are meaningful for the development of food safety control technology, as well as the development of rapid and convenient detection methods.

KEY WORDS: sublethal-injury; repair; detection

1 前言

不管是食品厂家、监管机构还是消费者, 都十分关注食品微生物污染。食品中的微生物在长期进化过程中, 为了抵御各种不利环境的胁迫, 已逐渐演化出各自独特的抵抗胁迫能力^[1], 食品中微生物

经过加工、流通、贮藏等一系列过程处理后状态会发生改变。

目前研究认为, 微生物会呈现死亡、受损和未受损三种状态^[2], 在经物理和化学等保藏方法处理后, 存在的微生物细胞, 会包括死亡细胞, 受损细胞和未受损细胞。死亡细胞是由于食品保藏方式对微生物造

基金项目: 国家自然科学基金河南人才联合培养基金项目(U1204331)、河南省科技攻关重点项目(122102310310)、河南省教育厅科学技术研究重点项目(13A550486)

Fund: Supported by Henan Talent Training Joint Fund Project of the National Natural Science Foundation of China(U1204331), Science and Technology Research Key Program of Henan Province(122102310310) and Science and Technology Research Key Program of Education Department of Henan Province

*通讯作者: 索标, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品微生物分子生态与食品安全。E-mail: suobiao@gmail.com

*Corresponding author: SUO Biao, Ph.D, Associate Professor, College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, No.95, Wenhua Road, Zhengzhou 450002, China. E-mail: suobiao@gmail.com

成了致死或不可逆损伤,无论是在选择性培养基还是非选择性培养基上均不能正常生长的细胞;受损的细胞即为一定条件下的亚致死细胞,处理方法所造成的损伤是可逆性损伤,这些细胞能够在非选择性培养基中得到修复并增殖,但在选择性培养基上则会死亡;未损伤细胞能正常等量的生长在选择性和非选择性培养基上而不受任何影响^[3]。

通常情况下,如检测技术选择不当,得到的只是未受损细胞的数目。受损的细胞不能用选择性培养基进行检测,因此在选择性培养之前需要用非选择性培养基进行一个修复或恢复的过程^[4]。这也是目前食源性致病菌检测之前,大都需要经过非选择性修复培养后再经过选择性增菌这两步的主要原因^[5]。对受损细胞进行检测在一些领域非常重要,如食品的防腐保鲜,消费者的权益保护和安全生产。随着快速检测方法的发展,能够同时检测受损和非受损细胞,以及区分活细胞和死细胞来避免假阴性和假阳性的结果非常重要。

2 食品中的处理方式可以引起对致病菌的亚致死损伤

在食品工业中,食品的保藏需要先将食品中的微生物和酶类杀死或失活,以增强产品的安全性和稳定性。为了确保食品的安全性,热杀菌一直是食品工业中极为重要的杀菌钝酶方式。此外,随着生活水平的提高,消费者逐渐趋向于新鲜且保持原有天然风味的食品,对食品的新鲜、营养、安全要求越来越高,希望食品在加工过程中能保持其原有的品质,这就推动了速冻食品的发展和非热加工技术的研究开发。现如今的主要非热处理方式有高压脉冲电场、超高压、强磁脉冲、脉冲强光、超声波、高能射线、膜分离和活性包装等技术^[6],或者是将这些技术与一些化学试剂相结合^[7],国际学者对这些技术损伤微生物的研究产生浓厚的兴趣。不同的加工处理方法和贮藏环境对微生物的影响不同,国内外很多学者就处理方法和环境胁迫对微生物的影响进行了研究^[8,9]。

加工处理方法和贮藏环境可引起致病菌的亚致死损伤,目前研究比较多的为亚致死沙门氏菌、大肠杆菌、副溶血性弧菌等。致病菌遭受亚致死损伤时,细胞将发生一些变化,如:热可导致细胞膜受损,细胞内的蛋白质变性,调节细胞新陈代谢的生物酶失活^[10],亦可导致核酸分解,DNA受损。超高压处理可

使细胞膜形态结构造成明显的损伤,导致细胞膜通透性发生变化,细胞壁局部破坏、出现缺口,使得细胞质内含物泄露^[11]。电场杀菌技术可对致病菌细胞蛋白质造成损伤,从而引起细胞穿孔^[12]。革兰氏阴性菌细胞膜外的脂多糖分子经冷冻后受损^[13]。超声辐照会使酵母细胞原生质体与细胞壁脱离,细胞内部结构紊乱、细胞器受到破坏、细胞质变性,也会使细胞壁破损、膜穿孔,细胞内容物流出^[14]。现有的研究表明,细胞膜是冷冻、高温、辐射、高压脉冲电场等处理后细菌亚致死损伤的关键部位,亚致死细菌也常因细胞膜完整性的破坏而对另外一种胁迫因子更为敏感^[3]。大部分的受损细胞渗透调节能力受挫(表面结构和细胞质膜)使其对一些选择性成分或抗菌剂敏感。值得注意的是,细胞的损伤程度是不同的,并非所有的处理形式都能够得到可辨认的损伤。细胞的损伤程度与胁迫处理方式,细菌种类,食品的成分和粘稠度以及储藏条件有关^[15]。因此,为了开发受损细菌有效的修复方法,有必要将这些因素考虑在内。

3 食品中亚致死致病菌的修复与检测

多年以来,从加工的食品到环境的物品中,致病菌受损细胞的修复一直被微生物学家所关注。研究表明,无论微生物遭受什么样的处理,受损的细胞有以下特点:(1)修复的过程要先于增殖的过程;(2)在适宜的培养条件下,受损细胞得到修复;(3)处理方式不同,所需的最优温度和修复时间不同;(4)亚致死损伤的细胞对选择性成分敏感,完全修复的细胞对选择性成分有抵抗性^[4]。有些学者证实高压亚致死细菌的最佳修复温度比正常细菌的最佳适宜温度要低:亚致死副溶血性弧菌、单增李斯特菌、大肠杆菌的最佳修复温度分别为是 30 °C、15 °C、25 °C,而不是 37 °C^[16-18]。亚致死鼠伤寒沙门氏菌能够在胰蛋白胨大豆肉汤琼脂中生长,但是在紫罗兰色胆盐葡萄糖琼脂中检测不出来^[3]。因此,在分离和传统的计数前通常对受损细胞进行修复。

3.1 食品中的亚致死致病菌对检测结果的影响

亚致死致病菌的存在对检测结果有重要影响,一方面可能高估活性细胞存在的数目^[19],也有可能低估活性细胞存在的数目^[20]。传统的致病菌检测主要依赖于选择性平板培养和免疫与生化鉴定相结合

的方法。亚致死致病菌对选择性琼脂培养基中的选择性成分敏感, 可能会导致检测结果偏低或是出现假阴性结果。而亚致死细菌表面抗原结合位点的丧失, 将限制免疫学等方法在亚致死损伤细菌检测中的应用, 而分子生物学检测方法以核酸为检测靶点, 无法有效区别活细胞、死细胞以及亚致死细胞^[21], 这些在检测未损伤食源性致病菌中有效的方法, 在亚致死损伤细菌的检测中存在很大局限性。只有重视食品中亚致死损伤细胞的存在, 在检测之前采用合适的方法对有害微生物损伤关键部位进行修复, 才能真正实现食品的安全检测。

3.2 食品中亚致死致病菌的修复

通常情况下, 致病菌的亚致死损伤转变是可逆的, 受损细胞的修复在生长繁殖之前, 在修复过程中, 磷脂和核酸可再合成, 细胞内物质恢复到正常状态。研究表明受损细胞的延滞期要比正常细胞的延滞期长^[22], 这是因为受损的细胞在生长时需要对接部位进行修复, 合成蛋白质和核酸^[23]。对于热、冷冻、干燥和辐射损伤的亚致死菌而言, 细胞内核糖体和质膜的修复对细胞的恢复至关重要^[15]。通常情况下, 在适当的培养温度下, 受损的细胞在营养丰富的非选择性培养基中培养 2~4 h 就能得到修复^[24]。另外, 受损过程中损失的 RNA 的再合成对修复的第一阶段至关重要^[25]。致病菌的损伤使其致病能力消失, 然而, 细胞一旦得到修复仍会具有致病能力。

在修复过程中, 一些抑制物质将会影响受损细胞的修复机制, 如呼吸过程能够形成过氧化氢, 或者是培养介质中有过氧化物, 将会降低过氧化氢酶和超氧化物歧化酶的活性, 从而对受损细胞产生毒害作用。Martin 等^[26]报道选择性培养基中过氧化氢酶的出现克服了过氧化氢对微生物活细胞和受损细胞计数的不利影响。Rayman 等^[27]研究指出非选择性琼脂中添加丙酮酸盐能明显提高加热受损沙门氏菌的修复能力。在选择性培养基中添加吐温 80 和氯化镁以及铁元素可以推进受损微生物的修复。Murthy 等^[28]研究表明添加 Tween 80 和氯化镁的 VRB 琼脂明显比传统的 VRB 琼脂对冷冻受损的大肠杆菌的修复效果好。在细胞受损过程中, 细胞膜和核糖体因镁离子的流失而受损。Tween 80 作为液体表面活性剂, 将修复细胞质膜的损伤, 而氯化镁的添加补充了流失的镁离子。段学辉等^[29]对食品微生物检验中损伤大肠杆菌

的修复就行了研究, 结果显示: 氯化镁、丙酮酸钠及吐温 80 可以使亚致死损伤菌体在选择性培养基上不同程度的得以修复。因此, 开发增进损伤修复的快速方法可以将这些添加物质考虑在内。

3.3 食品中亚致死致病菌的测定方法

修复受损致病菌的一个理想方法包括正常菌的生长和受损菌的修复。非选择性的培养基允许受损和未受损的细菌共同生长, 但是在有多种菌存在的情况下, 不能区分目标致病菌。亚致死致病菌一般的检测方法分为固体培养基修复后检测法和液体培养基修复后检测法, 固体修复后检测法可以直接计数, 通常是选择性计数, 液体培养基修复检测法为亚致死损伤在液体培养基中修复后, 再用选择性培养基或是现在分子生物学方法进行检测。

3.3.1 基于固体培养基修复后的检测方法

传统的致病菌检测方法, 主要是利用选择性培养基对目标致病菌进行测定。但由于亚致死致病菌对选择性成分敏感, 需要将其修复后才可进行选择性检测。传统的固体培养基修复方法是将样品混合液在非选择性培养基中进行倾注或涂布培养, 培养条件为 25~37℃, 1~4 h。修复之后, 平板上覆盖 7~12 mL 的选择性琼脂, 可以对特定的微生物进行加强, 然后增殖。在培养过程中, 选择性成分渗透进非选择性培养基中, 给培养基营造选择性环境。因为细胞已经被修复, 它们将对选择性成分产生抗性, 生长增殖形成菌落^[4]。固体培养基修复后检测亚致死致病菌的方法可以看作是传统的固体选择性培养基检测法的改进。这种方法与液体培养基修复后检测亚致死致病菌的方法相比更加经济、直接。但是, 有些细菌可以形成非常小而且孤立的菌落, 这些菌落在覆盖的选择性培养基上生长较难。另外, 选择性培养基的温度能够对在非选择性培养基中修复过的目标菌产生影响, 食品中的抑制剂和成分可能影响其修复。目前的亚致死致病菌固体培养基修复后的检测方法包括平板倾注-覆盖法^[30]、平板表层-覆盖法^[31]、薄层琼脂法^[32](thin agar layer, TAL)、琼脂衬层法^[28](agar underlay method, Lutri plate recovery method)、四组薄层琼脂法^[33](four-compartment thin agar layer method, 4-TAL)和膜或者固体支撑法^[34,35](membrane or solid-support-based method)、膜过滤和疏水性网格膜过滤法^[36,37]。

3.3.2 基于液体培养基修复后的检测方法

这种培养法,通常将处理过的食品接种于非选择性培养基中进行修复,然后通过选择性琼脂培养基进行计数或者是通过聚合酶链式反应进行检测。修复后的选择性平板计数不仅仅包括修复过的受损菌,还包括未受损菌的增殖,尤其是在培养时间延长的情况下。因为在修复前,未受损细胞和非目标菌会增殖,这个过程不能满足有效的监管,尤其是通过平板计数时。

Kang等^[38]用2倍稀释法(twofold dilution method, 2FD)对总活菌数和大肠杆菌(包括亚致死损伤菌)进行计数,与琼脂培养方法相比,2FD法得到热损伤大肠杆菌的数目显著增多,并节约时间和空间,然而却不能对微生物进行进一步的分离测定。

许多学者认为胰蛋白胨大豆肉汤可对亚致死细胞进行修复^[39],因为里面所含有的多肽类有益于细胞膜的修复。液体培养可以对多种亚致死致病菌同时进行修复,获得的菌液可以进行快速多重检测,如多重聚合酶链式反应,节约了时间,是现如今亚致死致病菌检测方法的发展趋势。近年来,其他的检测亚致死损伤致病菌的方法也已有报道,例如活性染色法(采用 BacLightk bacterial viability 试剂盒,二醋酸羧基荧光素等)^[40],流式细胞计量术^[41],以及通过找到亚致死细胞的临界渗透压进行选择培养以确定其产生数量^[42]等,这些技术在食品安全检测中也具有一定的应用前景。

4 结 论

食品中细胞膜受损的亚致死致病菌给食品安全保障带来严重隐患,必须引起人们的足够重视,这是因为与处于正常状态的微生物一样,亚致死损伤致病菌在食品中广泛存在,且仍具有代谢活性和致病能力,在适宜条件下能够得到修复并增殖,而且由于其对选择性培养基敏感,因此容易给食品安全检测造成假阴性结果。只有重视食品中亚致死损伤细胞的存在,在检测之前采用合适的方法对有害微生物损伤关键部位进行修复,才能更有效地实现食品的安全检测。

参考文献

- [1] McMeechan A, Roberts M, Cogan TA, et al. Role of the alternative sigma factors sigma(E) and sigma(S) in survival of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium during starvation, refrigeration and osmotic shock [J]. J Med Microbiol, 2007, 153: 263-269.
- [2] Wesche AM, Gurtler JB, Marks B P, et al. Stress, sublethal injury, resuscitation, and virulence of bacterial foodborne pathogens [J]. J Food Prot, 2009, 72(5): 1121-1138.
- [3] Wuytack EY, Phuong LD, Aertsen A, et al. Comparison of sublethal injury induced in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium by heat and by different nonthermal treatments [J]. J Food Prot, 2003, 66(1): 31-37.
- [4] Wu VC. A review of microbial injury and recovery methods in food [J]. J Food Microbiol, 2008, 25: 735-744.
- [5] Nugen SR, Baeumner AJ. Trends and opportunities in food pathogen detection [J]. Anal Bioanal Chem, 2008, 391(2): 451-454.
- [6] 赵伟, 杨瑞金, 张文斌, 等. 高压脉冲电场对食品中微生物、酶及组分影响的研究进展 [J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 153-157.
Zhao W, Yang RJ, Zhang WB, et al. The progress on effects of pulsed electric fields on microorganisms, enzymes and constituents in food [J]. Food Mach, 2010, 26(3): 153-157.
- [7] 戚伟民, 钱平, 余坚勇, 等. 中性体系中超高压-Nisin 协同作用下的细菌致死机理 [J]. 微生物学报, 2011, 51(1): 35-42.
Qi WM, Qian P, Yu JY, et al. Synergistic inactivation of *Bacillus subtilis* by high hydrostatic pressure and Nisin at neutral pH [J]. Acta Microbiol Sinica, 2011, 51(1): 35-42.
- [8] Peng S, Tasara T, Hummerjohann J, et al. An Overview of Molecular Stress Response Mechanisms in *Escherichia coli* Contributing to Survival of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* during Raw Milk Cheese Production [J]. J Food Prot, 2011, 74(5): 849-864.
- [9] 方祥, 唐焕武. 超声波对几种常见肠道致病菌杀灭效果及其作用机理探讨 [J]. 声学技术, 2009, 28(4): 491-494.
Fang X, Tang HW. Killing effect of ultrasonic cleaner on several intestinal pathogens and its mechanism [J]. Tech Acoust, 2009, 28(4): 491-494.
- [10] Bluhm L, Ordal ZJ. Effect of sublethal heat on the metabolic activity of *Staphylococcus aureus* [J]. J Bacteriol, 1969, 97: 140-150.
- [11] Klotz B, Manas P, Mackey BM. The relationship between membrane damage, release of protein and loss of viability in *Escherichia coli* exposed to high hydrostatic pressure [J]. Int J Food Microbiol, 2010, 137(2): 214-220.
- [12] 王骁, 李中坚, 王小平, 等. 电场与放电杀菌技术应用于饮用水安全消毒的研究 [J]. 环境科学学报, 2013, 33(3): 730-735.
Wang X, Li ZJ, Wang XP, et al. Applications of electrical field

- and discharge in safe sterilization of drinking water [J]. *Acta Sci Circumstantiae*, 2013, 33(3):730-735
- [13] Ray B. Impact of bacterial injury and repair in food microbiology: its past, present and future [J]. *J Food Prot*, 1986, 49: 651-655.
- [14] 周丽珍, 李冰, 李琳, 等. 超声处理对酵母细胞的致死及相关影响[J]. *华南理工大学学报*, 2007, 35(12): 121-126.
Zhou LZ, Li B, Li L, *et al*. Effect of ultrasound on the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *J South China Univ Technol (Natural Sci)*, 2007, 35(12): 121-126.
- [15] Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. *Modern Food Microbiology* [M]. New York: Springer, 2005.
- [16] Anand CP, Kakimoto D, Sakata T. Growth and antibiotic susceptibility studies on *Vibrio parahaemolyticus* [J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1981, 47: 539-545.
- [17] Koseki S, Yamamoto K. Recovery of *Escherichia coli* ATCC 25922 in phosphate buffered saline after treatment with high hydrostatic pressure [J]. *Int J Food Microbiol*, 2006, 110: 108-111.
- [18] Bull MK, Hayman MM, Stewart CM, *et al*. Effect of prior growth temperature, type of enrichment medium, and temperature and time of storage on recovery of *Listeria monocytogenes* following high pressure processing of milk [J]. *Int J Food Microbiol*, 2005, 101: 53-61.
- [19] Ritz M, Pilet MF, Jugiau F, *et al*. Inactivation of *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* using high-pressure treatments: destruction or sublethal stress? [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2006, 42 (4): 357-362.
- [20] Hoefel D, Grooby W, Monis P, *et al*. Enumeration of water-borne bacteria using viability assays and flow cytometry: a comparison to culture-based techniques [J]. *J Microbiol Method*, 2003, 55 (3): 585-597.
- [21] Nocker A, Camper AK. Selective removal of DNA from dead cells of mixed bacterial communities by use of ethidium monoazide [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2006, 72(3): 1997-2004.
- [22] Perni S, Chalise PR, Shama G, *et al*. Bacterial cells exposed to nanosecond pulsed electric fields show lethal and sublethal effects [J]. *Int J Food Microbiol*, 2007, 120(3): 311-314.
- [23] Busta FF. Practical implications of injured microorganisms in food [J]. *J Milk Food Technol*, 1976, 39(2): 138-145.
- [24] 曾庆梅, 张冬冬, 韩抒, 等. 热损伤肠炎沙门氏菌的修复方法研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(23): 233-237.
Zeng QM, Zhang DD, Han S, *et al*. The Study on repair methods of thermal damage *salmonella enteritidis* [J]. *Food Sci*, 2009, 30(23): 233-237.
- [25] Meyer DH, Donnelly CW. Effect of incubation temperature on repair of heat-injured *Listeria* in milk [J]. *J Food Prot*, 1992, 55(8): 579-582.
- [26] Martin SE, Flowers RS, Ordal JJ. Catalase: the effect on microbial enumeration [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1976, 32: 731-734.
- [27] Rayman MK, Aris B, Dereza HBE. The effect of compounds which degrade hydrogen peroxide on the enumeration of heat stressed cells of *Salmonella Senftenberg* [J]. *Can J Microbiol*, 1978, 24(7): 883-885.
- [28] Murthy TRK, Gaur R. Effect of incorporation of tween 80 and magnesium chloride on the recovery of *coliforms* in VRB medium from fresh, refrigerated and frozen minced buffalo meat [J]. *Int J Food Microbiol*, 1987, 4(4): 341-346.
- [29] 段学辉, 魏斌, 傅奇, 等. 食品微生物检验中损伤大肠杆菌的修复研究 [J]. *食品工业*, 2011, (6): 89-91.
Duan XH, Wei B, Fu Q, *et al*. Recovery of Sublethal Injured *Escherichia coli* in Food Microbiological Examination [J]. *J Food Ind*, 2011, (6): 89-91.
- [30] Ray B, Speck ML. Enumeration of *Escherichia coli* in frozen samples after recovery from injury [J]. *Appl Microbiol*, 1973, 25(4): 499-503.
- [31] Speck ML, Ray B, Read RB. Repair and enumeration of injured *coliforms* by a plating procedure [J]. *Appl Microbiol*, 1975, 29(4): 549-550.
- [32] Kang DH, Siragusa GR. Agar underlay method for recovery of sublethally heat-injured bacteria [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1999, 65(12): 5334-5337.
- [33] Wu VC, Fung Daniel YC. Simultaneous recovery and detection of four heat-injured foodborne pathogens in ground beef and milk by a four-compartment thin agar layer plate [J]. *J Food Safe*, 2006, 26(2): 126-136.
- [34] Blackburn CW, McCarthy JD. Modification to methods for the enumeration and detection of injured *Escherichia coli* O157:H7 in foods [J]. *Int J Food Microbiol*, 2000, 55: 285-290.
- [35] Kang DH. Development of membrane filter holder (MFH) method for recovery of heat-injured *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Typhimurium* [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2002, 34(1): 62-66.
- [36] Goff JH, Claydon TJ, Iandolo JJ. Revival and subsequent isolation of heat-injured bacteria by a membrane filter technique [J]. *Appl Microbiol*, 1972, 23(5): 857-862.
- [37] Sharpe AN, Michaud GL. Hydrophobic grid-membrane filters: new approach to microbiological enumeration [J]. *Appl Microbiol*, 1974, 28(2): 223-225.
- [38] Kang DH, Siragusa GR. A rapid twofold dilution method for microbial enumeration and resuscitation of uninjured and sublethally injured bacteria [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2001, 33(3): 232-236.

- [39] Venkateswaran K, Shinoda S, Satake M, *et al.* Comparison of a fluorogenic assay with a conventional method for rapid detection of *Vibrio parahaemolyticus* in seafoods [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1996, 62(9): 3516–3520.
- [40] Hoefel D, Grooby WL, Monis PT, *et al.* Enumeration of water-borne bacteria using viability assays and flow cytometry: a comparison to culture-based techniques [J]. *J Microbiol Methods*, 2003, 55(3): 585–597.
- [41] Vives-Rego J, Lebaron P, Nebe-von-caron G. Current and future applications of flow cytometry in aquatic microbiology [J]. *FEMS Microbiol Rev*. 2000, 24: 429–488.
- [42] 顾艳洁, 赵伟, 杨瑞金, 等. 高压脉冲电场作用下亚致死酵母的存在与检测 [J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(7): 90–93.
Gu YJ, Zhao W, Yang RJ, *et al.* Existence and Detection of Sub-lethal *S. cerevisiae* cells under pulsed electric field treatment

[J]. *Food Ferment Ind*, 2012, 38(7): 90–93.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



宋金丽, 硕士研究生, 主要研究方向为食品安全与质量控制。

E-mail: songxin669@126.com



索标, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品微生物分子生态与食品安全。

E-mail: suobiao@gmail.com

“食品接触材料有害物质检测技术”专题约稿函

随着国家对食品安全问题重视程度的提高, 食品包装接触材料的安全性已成为食品安全的重要组成部分。食品包装材料中各类有害物质种类繁多, 包装材料与有害物质的检测技术显得越来越重要。如何根据我国食品消费特点判断及评估国内包装材料的安全性, 建立我国包装材料中污染物的安全限值, 成为食品安全检测领域急需讨论和解决的重要问题。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品接触材料有害物质检测技术”专题, 由湖南出入境检验检疫局王利兵研究员担任专题主编, 围绕“食品接触材料不稳定性有害物、食品以及模拟物中重要污染物、如何快速检测、迁移预测模型的建立及食品包装材料的安全性评价”等多方面展开讨论, 计划在 2013 年 8 月出版。

编辑部特向各位专家诚征惠稿, 综述、研究论文均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2013 年 7 月 15 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部