

食品中异物种类来源及检测技术评述

靳欣欣, 潘立刚, 王冬*

(北京农业质量标准与检测技术研究中心, 农业部农产品质量安全风险评估实验室(北京), 农产品产地环境监测北京市重点实验室, 北京 100097)

摘要: 为找出在食品从农田到餐桌各环节中应重点留意易混入的异物的尺度与种类, 本文整理了 2014~2015 年度 360 起中国大陆食品异物事件的相关新闻报道, 对发生异物事件的异物种类、食品种类进行了归纳, 对食品中异物尺度的分布进行了统计, 通过分析, 得出结论: 昆虫-生物类、金属类、毛发类及不明异物都是较为常见的异物; 精加工类食品是容易混入异物最多类型的食品; 在各类形状(块状、片状、条状)异物中, 0.5~3cm 尺度是最常出现的异物尺度, 从而为异物去除和异物检测方法的选择提供数据支持。本文还对容易混入的食品中异物及食品加工的食品原料、接触人员、设施设备、环境卫生各环节进行了评述, 并简述了食品异物检测的各种方法。

关键词: 食品; 异物来源; 检测方法

Review on the source and detection technology of foreign bodies in food

JIN Xin-Xin, PAN Li-gang, WANG Dong*

(Beijing Research Center of Agricultural Standards and Testing, Risk Assessment Lab of Agri-Products Quality and Safety (Beijing), Beijing Municipal Key Laboratory of Agriculture Environment Monitoring, Beijing 100097, China)

ABSTRACT: This article summarized 360 food impurity events related news during 2014~2015 in China. These incidents were cataloged by the types of foreign body and the food. The distribution sizes of foreign bodies were conferred. The conclusion showed that the insect, metal, hair and unknown foreign bodies were the common foreign bodies, and highly processed food was easily mixed with foreign bodies. The 0.5~3 cm was the most frequent size in foreign bodies of food. The purpose of this paper is to provide data support for the selection of foreign body removal and foreign body detection methods. Then sources of mixed foreign bodies were speculated, as well as the methods of detection were briefly introduced.

KEY WORDS: food; sources of foreign bodies; detection methods

1 引言

近几年, 食品安全问题引起了人们广泛的关注, 食品行业属于高投诉量行业^[1-3]。其中, 食品异物引发的消费者投诉比例相当大^[4,5]; 中国农业大学课题组整理了《2002 年

~2012 年中国食品安全事件集》, 莫名等^[6]在《事件集》中收集的 4302 个事件中筛选出 359 个针对超市顾客投诉的食品安全事件, 其中异物污染事件 71 个, 占 19.8%; 孙晓军等^[7]统计了 2005~2010 年度玄武区受理的 558 起餐饮食品安全投诉举报, 其中因混入异物而引发投诉的占 19.83%;

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2014BAD04B05)

Fund: Supported by the National Key Technology Support Program (2014BAD04B05)

*通讯作者: 王冬, 副研究员, 主要研究方向为振动光谱分析及化学计量学。E-mail: nirphd@163.com

*Corresponding author: WANG Dong, Associate Professor, Technical Beijing Research Center of Agricultural Standards and Testing/Risk Assessment Lab of Agri-Products Quality and Safety (Beijing), Shuguang Huayuan Zhonglu Road, Haidian District, Beijing 100097, China. E-mail: nirphd@163.com

日本国民生活中心发布数据称,自 2009 年度起截止 2015 年 1 月 1 日,全国的消费生活中心等接到的关于食品混入异物的投诉达到 16094 起^[8]。除了以上统计文献,网上关于食品中出现异物的报道随处可见:近几年成为食品安全关注热点的乳制品中,时有婴幼儿奶粉和包装牛奶、酸奶中出现异物的新闻;随着电商配送外卖的普及,外卖食品中出现异物的报道常见诸报端^[9]。

消费者的高投诉率必然会给企业造成很大的名誉损害,食品中出现异物本身也危害到消费者的健康^[10,11]。去除食品异物的方法包括了人工分拣和仪器检测^[12],这 2 种方法对于解决食品中异物这一棘手问题效果并不好。本文选取了异物报道中使用频率较高的关键词,在知名食品安全网站上整理收集了 2014~2015 年度 91469 条关于国内外食品相关的报道,并从中筛选出 381 条中国大陆食品异物事件的相关新闻,涉及到的异物事件总数为 360 起,其中可推算异物尺度的有 338 起。本文旨在找出食品异物的分布规律,为异物去除和异物检测提供支持。

2 异物事件发生的特征分布

对于初级农产品、初加工食品以及精加工食品这 3 类食品,从生产、物流、储存到销售的各个环节,都可能因人或设备等原因使食品中混入异物^[13],下面就异物的种类、发生异物事件食品的种类及异物尺度分布进行统计。

2.1 异物的种类分布

按异物种类对 360 起异物事件进行了统计,结果见图 1。

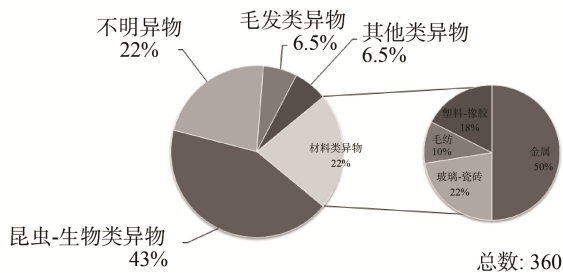


图 1 食品中异物种类分布图

Fig. 1 The distribution of the types of foreign bodies in food

由图 1 可知,昆虫-生物类异物的事件数量最多,占 43%;此次统计中的不明异物主要以饮品中无法直观辨别成分的沉淀为主,占 22%;毛发类异物占 6.5%;将金属、玻璃-瓷砖、塑料-橡胶、毛纺异物统一分类为材料类异物,总体占 22%;其他类异物为不常见的个案,如烟头、口香糖等。

2.2 出现异物的食品种类

将出现异物的食品种类按照食品加工形式进行分类,

结果见图 2。

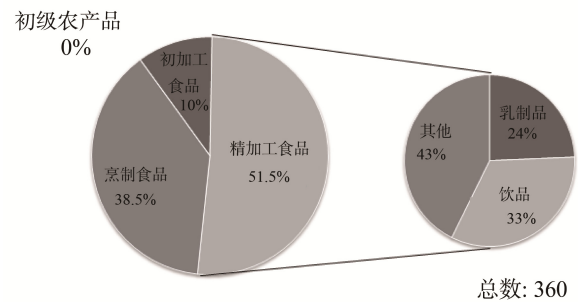


图 2 出现异物的食品种类图

Fig. 2 The distribution of the food types contained foreign bodies

由图 2 可知,首先异物事件发生最多的食品种类为精加工食品,占 51.5%。精加工食品是加工步骤较多、难以直观辨认所有原料的包装类食品,如速冻水饺、豆腐干、火腿肠、薯片等。此类食品在生产全过程中,参与的人员及设备较多,容易引发异物混入的问题。乳制品以及饮品,在统计精加工食品时被单独列出,主要是考虑到近几年因食品安全事件频发对这两类食品关注度较高,两类食品的异物事件分别占精加工食品异物事件的 24%和 33%;其次异物事件发生较多的为烹制食品,占 38.5%,烹制食品主要是指餐馆、熟食店、面点店、西点店提供的食品,如餐馆的菜肴、外带食物、现做的包子、面包、熟肉制品等^[14]。此类食品的加工与销售过程时间接近,权责易明晰,但由于缺少异物检测步骤,因而引发的异物事件较多,近年来,电商外卖送餐发展较快,相应的食品异物事件发生的频率也有提升^[15]。

再次对于加工步骤较少的初加工食品,其异物事件的发生率要低得多,占 10%。初加工食品主要指将食品原料经简单或初步加工后所得的产品,如面粉、面条、净菜、白条肉等。此类食品因加工步骤简单,接触的人员及设备较少,且消费者购买后会于食用前进行简单的处理,因而引发的异物事件较少。

最后,此次统计没有发现关于初级农产品类的异物事件的新闻。初级农产品是指种植业、畜牧业、渔业未经过加工的产品。由于初级农产品从采收到销售,所经步骤较少,且消费者会于购买后自行处理,即使有异物也会被去除,此次统计中没有相关异物事件新闻报道。

2.3 加工食品在不同尺度上的异物种类

在本文所研究的 360 起异物事件中,可推算异物尺度的有 338 起,其中加工食品异物事件有 63 起。本文旨在为异物去除的研究提供数据参考,初加工食品和精加工食品需要在生产加工环节进行异物检测,而烹制食品类没有异物检测环节,因而在以下统计去除了“烹制食品”类别。

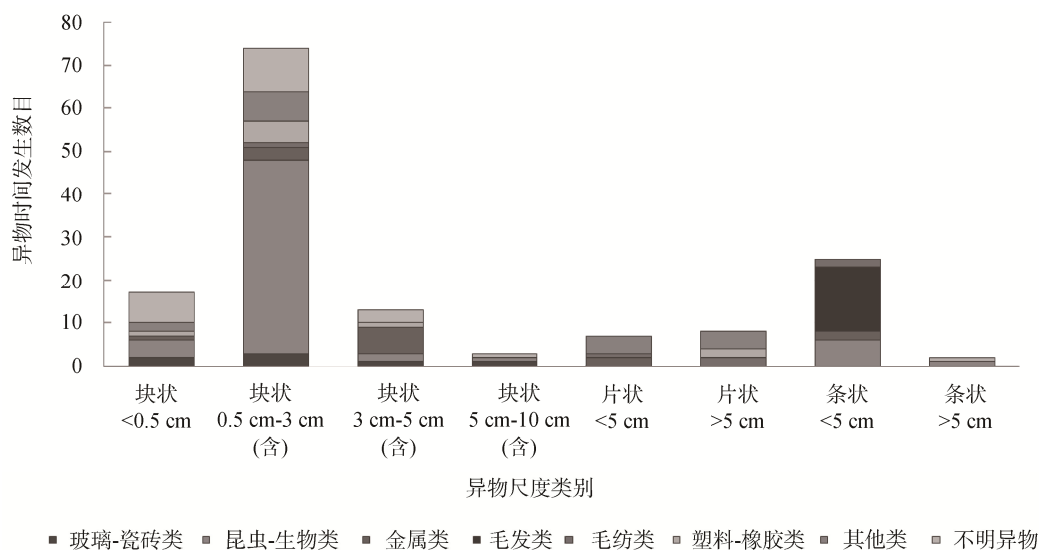


图 3 加工食品在不同异物种类的尺度分布图

Fig. 3 The size-distribution of the different foreign bodies in processed food

按照形状对食品异物进行划分,可主要分为块状异物、片状异物、条状异物 3 大类。其中,片状异物主要指刀片等厚度明显小于长宽尺寸的异物,条状异物则是以毛发类异物为主。按照空间尺度对食品异物进行划分,主要可分为<0.5 cm、0.5~3 cm、>5 cm 三大类。0.5 cm 与 3 cm 划分的依据主要参考 FDA 健康危害评估部规定:对存在长度为 7 mm 到 25 mm 的金属碎片产品采取相应措施^[16]。将异物事件发生数目对异物尺度类别作图,结果如图 3 所示,其中省去了对应尺度没有发生异物事件的异物类别。

由图 3 可见,就块状异物而言,尺度小于 0.5 cm 的异物中,不明异物占比较大(41.18%),这类异物主要曝出的异物事件是液态商品中的沉淀,生产方多以运输、保存条件不当产生沉淀来答复消费者,其次为昆虫-生物类异物,多以虫卵为主(23.53%);0.5~3 cm 尺度的异物中,以昆虫-生物类异物为最多(60.81%),其次为设备设施和人员接触容易带入的异物,即金属类、玻璃-瓷砖类、塑料-橡胶类和毛纺类异物,但所占比例不大(16.22%);而 3~5 cm 尺度的异物,金属类异物占比最高(46.15%),5~10 cm 的异物事件总数较小。就片状异物而言,各尺度发生的异物事件总数较小。就条状异物而言,尺度小于 5 cm 的异物中,占比最高的是毛发类(60.00%),其次为昆虫-生物类(24.00%);尺度大于 5 cm 的异物事件总数较小。综上所述,由图 1 及图 3 可知,昆虫-生物类、金属类、毛发类及不明异物都是较为常见的异物。

3 食品中异物的来源推断

在从工厂的最初原料到消费者食用的食品整个加工过程中,涵盖了原料采集、存储、物流、加工、包装、

销售各个环节。食品异物问题的来源由此可以总结为料、人、机、环,即食品原料、接触人员、设施设备、环境卫生^[17,19]。接下来,根据上述对食品异物的分析结合异物可能的来源,对食品异物去除重点环节做出推断。

3.1 食品原料中存在的异物

食品的主要原料是初级农产品。对于精加工食品,加工处理步骤较多,原材料混入的异物易被剔除;而对于初加工食品和烹制食品,来自原料中的异物是异物的主要来源,容易混入的异物包括蔬果和粮食中的泥沙、草叶和昆虫,畜食品中的毛发、砂石等,都是常见的来自于原料的异物。在不同的异物种类中,昆虫-生物类和毛发类异物常会出现在原料中,而砂石、草叶类的异物事件在此次统计中没有发现,推测其原因可能是由于该类异物容易在加工食物时被去除。

3.2 接触人员引入的异物

食品生产到食用的全过程都有人员的参与,该环节是最难以控制和规范的环节,对于精加工食品、初加工食品和烹制食品,接触人员都是异物事件发生的一个重要原因,违背相关卫生要求的行为都可能带入异物,这就需要做好市场监管、提高卫生意识。接触人员带入异物较多的是毛发类,此外还有私人物品的混入,包括金属类、毛纺类异物等。

另外根据图 2 中的数据,烹制食品和初加工食品在此次统计中出现异物事件的数目差别较大。两类食品较精加工食品而言,加工步骤较少,参与的加工人员及设备也较少,然而由于烹制食品缺乏异物检测步骤,在人员管理不规范的情况下,异物事件发生的可能性会明显增大。

3.3 设备设施引入的异物

设备设施带入异物的原因主要有:设备本身问题,如使用不达标、不合格设备,设备年久失修、老化破损、维护不佳、不按规定清洁等。这些都易造成设备本身的材料残片混入食品中。除加工设备外,清洁用品的使用也可能造成异物的混入,如清洁用品的开线、脱毛现象,清洁用品未按期更换会增加混入异物的可能性,因此除了按照规定进行管理外,可使用与所加工食品颜色有明显区别的清洁用品,便于辨识。精加工食品使用的设备设施较多,其异物来源的一个重要原因就是设备设施异物的混入;对于精加工食品、初加工食品和烹制食品,都可能发生清洁用品混入的异物。由此混入的异物可能为金属类、玻璃-瓷砖类、塑料-橡胶类、毛纺类等。由图1也可以看出,此类异物占有异物事件的22%。

3.4 环境卫生导致的异物

环境卫生包括食品生产过程各个环节的卫生情况,除加工过程外,仓储、运输和销售等过程的环境卫生也同样重要,应依照食品属性控制环境卫生的清洁度、干湿度、光照度和温度。对于精加工食品、初加工食品和烹制食品,环境卫生都是保证食品质量的重要因素。环境卫生不达标,易造成昆虫-生物类异物及微生物的滋生。由图1可知,昆虫-生物类异物是这次统计中最常出现的异物类别,占比43%。

4 食品异物检测方法评述

在食品加工过程中,异物检测及其去除步骤可有效降低食品中异物事件的发生率。目前食品异物的检测方法有以下几种^[20]。

过筛浮选技术:通过尺度和重量差别来分辨异物的技术。该技术可用于面粉工业与蔬菜加工中,该类技术发展的较早,其技术发展前景也较为有限,何向楠^[21]比较了几种不同检测方法检测面粉中的害虫碎片,浮选法可以达到85%的检测率,但不适于检测虫卵,且检测过程耗时繁琐。

金属探测技术:利用金属的导磁、导电性对其进行检测的技术。该方法应用广泛、技术成熟、设备经济,但仅局限在金属类异物上,且对于含水量较高的异物的检测灵敏度不够^[22],Tanaka等利用超导量子干涉仪原理进行食品中金属异物检测,可检测出直径0.3 mm的小钢球^[23,24]。

X射线透视技术:利用X射线在不同密度物质上具有不同的穿透力来分辨异物的检测技术,该技术在很多方面要优于金属探测器——灵敏度更高、可检测范围更广、对高含水量食品的异物检测能力优良,虽在塑料异物等的检测上仍有不足,但对于食品安全高要求的企业已越来越倾向于使用X射线异物检测机^[25-27],Shashishekar等利用双能量X射线技术可探测包装食品中直径0.5 mm以下的金

属异物^[28]。

光学检测技术:通过不同波段光对照射对象的反射、吸收、偏振不同的性质来分辨异物的检测技术,包括利用可见光^[29]和近红外光^[30,31]的检测方法^[32,33]。其中,可见光技术难以做到无损检测去除异物,而近红外光谱法尚存在较大局限——包括仅可检测食品表面、难以区分颜色没有明显差别的样品。随着计算机视觉技术的发展^[34],结合现有的X射线成像^[35,36]及红外成像^[37-39]技术,亦拓展了食品异物检测技术的空间,Nielsen等利用X射线暗场成像技术检测了混入生牛肉和奶油中的昆虫、纸片、烟头等异物,效果优于传统的红外透射法^[40]。

此外,利用核磁共振技术^[41-43]、超声波^[44-46]技术进行异物检测也有相关研究报道,但仍处于探索阶段。

近年来作为重要的交叉前沿领域的太赫兹技术,给技术创新、国民经济发展和国家安全提供了诱人的机遇,其在食品异物检测方面的应用也有研究报道^[47,48]。近日有新闻称,日本已研发出该技术的食品异物检测器^[49],并将在2020年左右实现商品化。

5 总结

食品中的异物污染一直是困扰食品企业、销售企业和餐饮企业的难点问题。食品异物所导致的高投诉率直接影响食品企业声誉。由本文统计研究可见:初加工食品和烹制类食品应重点留意来源于原料中的异物,如最常出现于原料中的昆虫-生物类和毛发类异物;对于精加工食品、初加工食品以及烹制食品,接触人员都是异物事件发生的一个重要原因,带入较多的异物种类有金属类、毛纺类等;精加工食品使用的设备设施较多,设备设施异物的混入是其混入异物的重要原因之一;对于精加工食品、初加工食品和烹制食品都可能因清洁用品的混入导致异物的出现;环境卫生的疏忽则易造成昆虫-生物类异物及微生物的滋生,对任何类别食品都易引发异物事件。

除提前预防以及事后检测外,完善的管理制度以及食品安全意识也是必不可少的^[50]。作为生产者和经营者,应该严格按照相关标准进行管理,从原料采购、运输、验收、贮存、加工、包装到销售的全过程中的场所、设施、人员都应符合卫生规范^[51,52],同时设立有关的溯源和追责制度^[53],以最大限度地减小食品异物事件的发生概率,这对于消费者和企业自身而言都是很有益处的。作为消费者,也应具备一定的食品贮存常识,按照食品特性和说明存放食品,也是对自身健康的负责。

参考文献

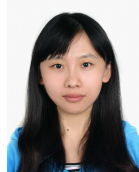
- [1] 2013年中国质量万里行投诉问题盘点[EB/OL]. <http://www.315online.com/tousu/report/310364.html>. 2014-3-14.
- The analysis of the complaint report in 2013 [EB/OL]. <http://www.315online.com/tousu/report/310364.html>. 2014-3-14.

- [2] 中国质量万里行 2014 年投诉分析报告[EB/OL]. <http://www.315online.com/tousu/report/333055.html>. 2015-3-12.
The analysis of the complaint report in 2014 [EB/OL]. <http://www.315online.com/tousu/report/333055.html>. 2015-3-12.
- [3] 中国质量万里行 2015 年投诉分析报告[EB/OL]. <http://www.315online.com/tousu/report/340727.html>. 2016-3-14.
The analysis of the complaint report in 2015 [EB/OL]. <http://www.315online.com/tousu/report/340727.html>. 2016-3-14.
- [4] 李红柳. 食品异物在质量投诉中比例的探讨分析[J]. 轻工科技, 2015, (8): 19-20.
Li HL. Discussion on the proportion of foreign bodies in food quality complaints [J]. J Light Ind, 2015, (8): 19-20.
- [5] 刘新鑫, 杨凌波. 食品生产企业的异物管理[J]. 商品与质量, 2014, (3).
Liu XX, Yang LB. Foreign body management in food production enterprises [J]. J Qual Goods, 2014, (3)
- [6] 莫名, 安玉发, 何志伟. 超市食品安全的关键监管点与控制对策——基于 359 个超市食品安全事件的分析[J]. 财经理论与实践, 2014, 35(187): 137-140.
Mo M, An YF, He ZW. An analysis of key regulatory points and control measures of supermarket food safety——based on 359 supermarket food safety incidents [J]. Theor Pract Flinanc Econ, 2014, 35(187): 137-140.
- [7] 孙晓军. 玄武区 2005-2010 年餐饮服务环节食品安全投诉举报的分析与探讨[J]. 医药论坛杂志, 2012, 33(9): 65-67.
Sun XJ. Analysis and discussion on the report of food safety in the food and beverage service in the 2005-2010 years of the Xuanwu area [J]. J Med Forum, 2012, 33(9): 65-67.
- [8] National Consumer Affairs Center of Japan. Overview of inquiries regarding foreign substances in food [N]. NCAC News, 2015, 26(7). http://www.kokusen.go.jp/e-hello/data/ncac_news26_7.pdf
- [9] 刘晶晶. 网上订餐如何保证食品安全[J]. 中国食品, 2015, (6): 60-61.
Liu JJ. Online meal ordering, how to ensure food safety [J]. China Food, 2015, (6): 60-61.
- [10] Hyman FN, Klontz KC, Tollefson L. Food and drug administration surveillance of the role of foreign objects in foodborne injuries [J]. Public Health Rep, 1993, 108(1): 54-59
- [11] Altkorn B, Rider G, Chen X, *et al.* Other significant hazards: food-related choking [J]. *Encycl Food Saf*, 2014, 110-116.
- [12] 马永娇, 蔡苍. 食品异物污染要防患于未然[J]. 食品安全导刊, 2009, (3).
Ma YJ, Cai C. To nip in the bud of food contamination [J]. China Food Saf Mag, 2009, (3).
- [13] 卢晓黎. 食品产业发展的保证: 关注食品生产环节安全[J]. 四川省情, 2012, (1): 30-33.
Lu XL. The guarantee of the development of food industry: focus on food production safety [J]. Custom Sichuan, 2012, (1): 30-33.
- [14] 刘斌财, 张志云, 赵建伟, 等. 沿海旅游城市卫生监督应用的管理模式对处理餐饮投诉的分析[J]. 现代预防医学, 2012, 39(1):167-168.
Liu BC, Zhang ZY, Zhao JW, *et al.* Analysis of processing from health supervision management on food complaints in coastal tourism cities [J]. Mod Prev Med, 2012, 39(1):167-168.
- [15] 程琳. 网上外卖 如何保证“舌尖安全”[J]. 食品安全导刊, 2015, (11Z).
Cheng L. Online takeaway, how to ensure “the safety of the tongue” [J]. China Food Saf Mag, 2015, (11Z)
- [16] Food and Drug Administration. Compliance Policy Guide. 555.425 [Z].
- [17] 虞伟晨, 蔡云升. 食品中异物的在线检测和控制[J]. 食品工业, 2002, 5: 33-35.
Yu WC, Cai YS. On line detection and control of foreign bodies in food [J]. Food Ind, 2002, 5: 33-35.
- [18] 孙兴权, 姚佳, 韩慧, 等. 中国食品安全问题现状、成因及对策研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, (1): 10-16.
Sun XQ, Yao J, Han H, *et al.* Present situation, causes and countermeasures for food security in China [J]. J Food Safe Qual, 2015, (1): 10-16.
- [19] Trafialek J, Kaczmarek S, Kolanowski W. The risk analysis of metallic foreign bodies in food products [J]. J Food Qual, 2016.
- [20] Xiaobo Z, Xiaowei H, Povey M. Non-invasive sensing for food reassurance [J]. Analyst, 2016.
- [21] 何向楠. 面粉中害虫检测技术的研究与比较[D]. 郑州: 河南工业大学, 2014.
He XN. Research and comparison of the detection technology of the pests in wheat flour [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2014.
- [22] 刘保彬, 戴文进, 高云华. 一种新型食品工业金属探测器的研制[J]. 仪表技术, 2009, (6): 39-40.
Liu BB, Dai WJ, Gao YH. Research and development of a new metal detector for food industry [J]. Instrum Technol, 2009, (6): 39-40.
- [23] Tanaka S, Fujita H, Hatsukade Y, *et al.* A food contaminant detection system based on high-Tc SQUIDS [J]. Super Sci Technol, 2006, 19(5): S280-S283.
- [24] Tanaka S, Ohtani T, Narita Y, *et al.* Development of metallic contaminant detection system using rf high-tcSQUIDS for food inspection [J]. IEEE Trans Appl Super, 2015, 25(3):1-4.
- [25] 胡阶明. 防止污染物的有效方法 [J]. 现代包装, 2014, (8):16-17.
Hu JM. Effective methods to prevent the pollution [J]. Mod Pack, 2014, (8): 16-17.
- [26] Edwards M. Detecting foreign bodies in food [M]. BocaRaton: CRC Press, 2004.
- [27] 食品制造工序中的异物分析[EB/OL]. <http://ibook.antpedia.com/166/s/1267-s.html>. 2015-9-10.
Food manufacturing processes in the foreign body analysis [EB/OL]. <http://ibook.antpedia.com/166/s/1267-s.html>. 2015-9-10.
- [28] Shashishekar N, Veselitz D. Application of dual-energy x-ray techniques for automated food container inspection[C]. American Institute of Physics Conference Series. American Institute of Physics Conference Series, 2016.
- [29] Reid W S. Optical detection of apple skin, bruise, flesh, stem and calyx [J]. J Agric Eng Res, 1976, 21(3): 291-295
- [30] Díaz R, Cervera L, Fenollosa S, *et al.* Hyperspectral system for the detection of foreign bodies in meat products [J]. Proc Eng, 2011, 25(1): 313-316.
- [31] 徐一茹, 刘翠玲, 孙晓荣, 等. 基于近红外和中红外光谱技术的小麦粉品质检测及掺杂鉴别方法[J]. 食品科学, 2014, 35(12): 128-132.
Xu YR, Liu CL, Sun XR, *et al.* Determination of wheat flour adulteration based on near- and mid-infrared spectroscopy [J]. Food Sci, 2014, 35(12): 128-132.
- [32] Chao K, Kim MS, Lawrence KC. Optical methods for food inspection [J]. Sens Instrum Food Qual.Saf, 2008, 2(2): 73-74.
- [33] 郭培源, 刘硕, 杨昆程, 等. 色谱技术、光谱分析法和生物检测技术在

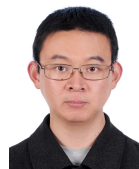
- 食品安全检测方面的应用进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, (8): 3217–3223.
- Guo PY, Liu S, Yang KC, *et al.* Progress in food safety detection using chromatographic techniques, spectroscopic techniques, and biological detection technology [J]. *J Food Safe Qual*, 2015, (8): 3217–3223.
- [34] 孙力, 林颢, 蔡健荣, 等. 现代成像技术在食品/农产品无损检测中的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, (3): 643–650.
- Sun L, Lin H, Cai JR, *et al.* Progress research of advanced iaging technique and its application in food and agricultural product non-destructive detection [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, (3): 643–650
- [35] Nielsen MS, Lauridsen T, Christensen LB, *et al.* X-ray dark-field imaging for detection of foreign bodies in food [J]. *Food Control*, 2013, 30(2): 531–535.
- [36] Li F, Liu Z, Sun T, *et al.* Confocal three-dimensional micro X-ray scatter imaging for non-destructive detecting foreign bodies with low density and low-Z materials in food products [J]. *Food Control*, 2015, 54: 120–125.
- [37] Jha SN, Narsaiah K, Basediya AL, *et al.* Measurement techniques and application of electrical properties for nondestructive quality evaluation of foods—a review [J]. *J Food Sci Technol*, 2011, 48(4): 387–411.
- [38] 孙玉侠, 荣臻, 王健, 等. 热成像技术在食品质量安全控制中的应用[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 318–321.
- Sun YX, Rong Z, Wang J, *et al.* Applications of thermal imaging in food quality and safety control [J]. *Food Sci*, 2013, 34(5): 318–321
- [39] Gowen AA, O'Donnell CP. Near infrared hyperspectral imaging for foreign body detection and identification in food processing [J]. *Spectrosc Eur*, 2013, 25(6): 6–11.
- [40] Nielsen MS, Lauridsen T, Christensen LB, *et al.* X-ray dark-field imaging for detection of foreign bodies in food [J]. *Food Control*, 2013, 30(2): 531–535.
- [41] 张锦胜, 林向阳, 阮榕生, 等. 磁共振成像之 SE 序列在猪肉质量评估中的应用——TR 值对成像质量的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 36–38
- Zhang JS, Lin XY, Ruan RS, *et al.* Study on the application of MRI in evaluation the quality of pork—the TR value's influence on its quality of imaging [J]. *Food Sci*, 2005, 26(9): 36–38.
- [42] 黄亚伟, 张令, 王若兰, 等. 核磁共振技术在果蔬中的应用研究进展[J]. 食品工业, 2015, (12): 237–240.
- Huang YW, Zhang L, Wang RL, *et al.* Processing of nuclear magnetic resonance technology in fruits and vegetables[J]. *Food Ind*, 2015, (12): 237–240.
- [43] 田靖, 王玲. 核磁共振技术在农业中的应用研究进展[J]. 江苏农业科学, 2015, (1): 12–16.
- Tian J, Wang L. Processing of nuclear magnetic resonance technology in agriculture [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2015, (1): 12–16.
- [44] Hægström E, Luukkala M. Ultrasound detection and identification of foreign bodies in food products [J]. *Food Control*, 2001, 12(1): 37–45.
- [45] Meftah H, Mohd AE. Detection of foreign bodies in canned foods using ultrasonic testing [J]. *Int Food Res J*, 2012, 19(2).
- [46] Yang P, Zhao B, Basir OA, *et al.* Measures of similarity and detection of miniature foreign bodies in packaged foods [J]. *Food Res Int*, 2007, 40(6): 742–747.
- [47] Ok G, Kim HJ, Chun HS, *et al.* Foreign-body detection in dry food using continuous sub-terahertz wave imaging [J]. *Food Control*, 2014, 42(3): 284–289.
- [48] Lee YK, Choi SW, Han ST, *et al.* Detection of foreign bodies in foods using continuous wave terahertz imaging [J]. *J Food Protect*, 2012, 75(1): 179–83.
- [49] 日本研发出利用太赫兹波的食品异物检测器,可探测苍蝇[EB/OL]. <http://www.tech-food.com/kndata/detail/k0193226.htm>. 2016-1-18. Japan developed the use of terahertz wave food foreign body detector, can detect flies [EB/OL]. <http://www.tech-food.com/kndata/detail/k0193226.htm>. 2016-1-18.
- [50] Canale A, Cosci F, Canovai R, *et al.* Foreign matter contaminating ethanolic extract of propolis: a filth-test survey comparing products from small beekeeping farms and industrial producers [J]. *Food Addit Contam*, 2014, 31(12): 2022–5.
- [51] GB 14881-2013 食品生产通用卫生规范[S]. GB 14881-2013 General hygienic standard for food production [S].
- [52] GB 31621-2014 食品经营过程卫生规范[S]. GB 31621-2014 General hygienic standard for food marketing [S].
- [53] 郝敬宇. 食品安全的现状分析及食品质量管理[J]. 食品安全导刊, 2015, (9Z): 27–28.
- Hao JY. Present situation of food safety and food quality management [J] *China Food Safe Mag*, 2015, (9Z): 27–28.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



靳欣欣, 硕士, 研究实习员, 主要研究方向为农产品安全。
E-mail: jxxjxxjxx0122@qq.com



王冬, 博士, 副研究员, 主要研究方向为振动光谱分析及化学计量学。
E-mail: nirphd@163.com