

腐竹中掺杂掺假及非法添加物质检测方法的比较

曾逸凡*, 成 莲, 曾秀珊, 陈子凡, 李 炜

(河源市食品检验所, 河源 517000)

摘 要: 腐竹作为一种我国传统豆制品美食, 长期受到广大消费者的青睐。少数不法商家在腐竹生产、加工环节中进行掺入非法添加物质(硼砂、吊白块等)及掺杂掺假物质(淀粉等), 以达到提高腐竹生产率、节约成本、改善产品质量的目的。长期食用这类腐竹产品会对人体造成严重危害。本文从市场监管角度出发, 对常用腐竹中掺杂掺假及非法添加物质的检测方法进行对比, 分析各个检测方法的优点与缺点, 以为食品检验工作中对腐竹检测方法的选择提供参考。

关键词: 市场监管; 食品安全; 腐竹; 掺杂掺假; 非法添加; 检测方法

Comparison detection methods of adulteration and illegally added substances in yuba

ZENG Yi-Fan*, CHENG Lian, ZENG Xiu-Shan, Chen Zi-Fan, LI Wei

(Heyuan Institute of Food Inspection, Heyuan 517000, China)

ABSTRACT: Yuba is a traditional soybean food and is popular among Chinese consumers. In order to increase the productivity, reduce costs and improve the quality of yuba, a few illegal businesses choose to adulterate(starch) or add illegal substances(formaldehyde sulfoxylate, borax, etc) during the production and processing of yuba. Long-term intaking of those kinds of yuba will do serious harm to human body. This article compared different detection methods of dulteration and illegally added substances in yuba and analyzed their advantages and disadvantages from the perspective of market supervision, in order to provide some related suggestions for reference in yuba detection.

KEY WORDS: market supervision; food safety; yuba; adulteration; illegally added substances; detection methods

1 引 言

腐竹, 又名豆腐竹, 是煮沸的豆浆经过一定时间的保温, 浆面凝固产生的蛋白质-脂类薄膜, 经揭皮、干制后制得的一种非发酵豆制品, 是我国著名的传统食品, 也是河源地区最具地方特色的食品之一^[1,2]。腐竹色泽黄白, 油光透亮, 富含优质蛋白、异黄酮^[3]等对人体有益物质, 和其它大豆制品相比, 腐竹中蛋白质约占 40%、脂肪 20%, 具有较高营养价值^[4]。同时因其口感筋道、具有独特豆香且食用方法多样等特点, 长期受到广大消费者的青睐。

目前腐竹的生产很多采用手工作坊式制售^[5]。由于手

工作坊生产设备简单、劳动强度大, 且生产环境往往难以满足食品卫生的要求, 而腐竹生产工艺中的起皮、干制等环节均在开放空间中进行, 这使得腐竹在生产过程极易被环境中的杂质污染, 同时微生物、昆虫等生物污染也难以避免。再者, 腐竹生产大多以经验控制为主, 缺乏深入细致的研究, 致使腐竹品质不稳定, 产品质量参差不齐, 存在出品率低, 保质期及货架期短的问题李永吉^[6]。一些小作坊会向腐竹中加入非法添加物质, 以达到改善腐竹品质, 增加成品率, 节约成本的目的。

根据市场监督管理工作的特性, 基层单位需前往农贸市场以及餐饮经营场所开展现场监督, 所以在获得较为

*通讯作者: 曾逸凡, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 530148449@qq.com

*Corresponding author: ZENG Yi-Fan, Associate Engineer, Heyuan Institute of Food Inspection, South Gaoxin 4th Road, Yuancheng District, Heyuan 517000, China. E-mail: 530148449@qq.com

准确检测结果的前提下,找到一种操作简单、可实现快速判读及批量检验的方法显得尤为重要^[7]。本文从市场监管角度出发,选择腐竹中常见的非法添加物质(甲醛合次硫酸氢钠、硼砂)以及掺杂掺假物质(淀粉),对其常用的检验方法进行简要介绍和对比,分析每种方法的优点与缺点,以期对食品检验工作中对腐竹检测方法的选择提供参考。

2 腐竹中非法添加物质的检测

2.1 甲醛合次硫酸氢钠

甲醛合次硫酸氢钠(又称吊白块,分子式: $\text{CH}_2(\text{OH})\text{SO}_2\text{Na}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$),呈半透明白色结晶或小块,易溶于水,在加热状态下可分解为甲醛与二氧化硫。这 2 种分解产物具有较强还原性,是工业中常用的还原性漂白剂。其中甲醛可与的有机化合物发生反应烷基化反应,导致细胞中的蛋白质及核酸等物质发生变性^[8],而二氧化硫则可通过氧化作用破坏细菌蛋白质,夺取细胞内的氧气,并改变蛋白质构象。从而抑制微生物的生长,具有广谱杀菌能力。将吊白块运用于腐竹的生产中,可起到防腐、增白、改善色泽的作用^[9]。但是吊白块是一种强致癌物质,食用后会损害机体的某些酶系统,对肺、肝脏和肾脏损害极大^[10]。2008 年 12 月 12 日,国家卫生部将吊白块列入非食用物质名单之中,严禁在食品加工生产过程中使用吊白块^[11]。

在检测工作中鉴别食品是否经过吊白块处理,主要通过检测其分解产物甲醛与二氧化硫来实现,属于间接测定。若要判定试样是否经过吊白块处理,则应同时对甲醛以及二氧化硫这 2 种分解产物进行检测,综合 2 者测定结果再进行判定。

2.1.1 甲醛的测定

甲醛(HCOH)是一种无色的气体,具有强烈刺激气味,能与水及多种有机溶剂按任意比例混溶。人体摄入甲醛后,甲醛分子可以直接作用于细胞内蛋白质的氨基、巯基、羟基和羧基,生成多种次甲基衍生物,使蛋白质凝固而失去生物活性,进而导致细胞坏死,最终对机体造成伤害。人体食用含有甲醛的食品后可引起呼吸困难、头晕、呕吐、胃肠痉挛及消化道炎症等症状,有严重的毒副作用^[12,13]。

目前食品中甲醛的检测主要有液相色谱法、分光光度法、变色酸法以及间苯三酚法等方法^[14-17]。本文选取其中 3 种较为常用的方法进行比较与分析。

(1)显色反应

显色反应是利用甲醛与特定化合物反应,生产不同颜色或使原有色素褪色的原理,通过试剂颜色变化判断样品中是否含有甲醛的一种鉴定方法,颜色变化程度与甲醛含量成正相关。其中“间苯三酚法”被收录为国家水产行业标准^[18]。此方法为定性检测法,具有检测时间短、操作简便、结果判读容易等优点,但李紫薇等^[19]研究发现作为判定依据的橙红色物质在反应 80 s 达到峰值,15 s 后会出

衰退现象,故无法准确测定样品中甲醛的含量,仅适用于现场鉴定及快筛快检实验中^[20]。若检测为阳性结果,通常仍需通过分光光度法或色谱法进行定量检测。李紫薇等^[19]以此方法为基础,利用流动注射分析仪,精确量化注入分析仪的试剂体积及流速,稳定控制反应温度和时间,及时测定显色反应所生成的不稳定化合物的吸光值。结果显示甲醛质量浓度在 10 mg/L 以内与吸光度呈线性关系,检出限为 0.023 mg/L,测定结果与平行组乙酰丙酮法所测定结果相比较,具有良好的一致性。

(2)分光光度法

甲醛溶液在过量铵盐存在的情况下,可与乙酰丙酮溶液进行反应,生成 3,5-二乙酰基-1,4-二氢卢别啶(黄色),该物质在 413 nm 处具有最大吸收现象,可以用分光光度计测得其吸光度,然后根据事先绘制的标准曲线方程,计算得出甲醛的含量,最后间接算的甲醛次硫酸氢钠的含量,这种方法亦被称为“乙酰丙酮法”^[9]。朱洪梅等^[21]利用此方法对包括腐竹试样在内的多种食品进行检验,测得方法的回收率范围在 85.3%~90.2%之间,精确度高,证实此法可在实际操作中广泛应用。并且此法使用紫外分光光度计作为分析仪器,有着性能稳定,分析成本低、回收率好等优点,是目前甲醛测定应用最为广泛的一种方法,非常适于基层单位特别是针对农贸市场或现场检验中使用。其缺点是灵敏度相对较低,仅适用于甲醛含量较高样品的测定^[22]。

(3)液相色谱法

液相色谱法检测甲醛参照 GB/T 21126-2007^[23]《小麦粉与大米粉及其制品中甲醛次硫酸氢钠含量的测定》。冯建文^[24]使用此种方法对腐竹试样进行检测,实验测得甲醛含量在 0~52 μg 范围内线性关系良好,且精密度高、重现性好,可作为豆制品中甲醛含量的检测方法。但此方法前处理较为繁复,刘瑞芳等^[25]在国标方法基础上通过超声辅助提取,省去了正己烷萃取步骤,并直接向提取液中加入衍生剂,缩短了前处理时间。但仍需在 50 °C 水浴中进行 45 min 的衍生反应,实验耗时较长。同时此法所用仪器设备较多,具有分析成本较高,检验周期长的缺点,故仅适于实验室操作。

2.1.2 二氧化硫的测定

二氧化硫是一种无色气体,具有刺激性气味,可溶于水,形成亚硫酸。亚硫酸具有还原性,可破坏酶的氧化系统,阻止氧化作用,保护食品成色,并起到防腐的作用^[26]。如果人体过量摄入二氧化硫,则容易产生过敏反应,严重的可能会引发呼吸困难、腹泻及呕吐等症状,对脑及其它组织也可造成不同程度损伤^[27,28]。常用的检测二氧化硫的方法如下:

(1)盐酸副玫瑰苯胺比色法

二氧化硫溶于水后形成亚硫酸,其盐溶液与四氯汞

钠发生反应后生成较为稳定的络合物。该络合物与甲醛及盐酸副玫瑰苯胺作用,可生成紫红色的物质,其色泽的深浅与亚硫酸的含量成正比。将之与事先绘制的标准曲线进行对比,从而定量样品中二氧化硫的含量^[29]。戴志英等^[30]用此法与碘量法做比较,结果显示此法所得结果无显著差异。且比色法无需蒸馏、滴定步骤,操作简单方便。但此法线性范围窄,对于含量高的样品,需对试样进行数10倍稀释,且实验中使用的吸收液——四氯汞钠溶液含汞量较高,难于回收处理,容易造成环境中汞污染^[30]。

(2)碘量法

GB 5009.34-2016《食品安全国家标准 食品中二氧化硫的测定》^[31]中规定的食品中二氧化硫含量测定方法为碘量法。该测定方法灵敏度较高,取5g固体样品时,方法的检出限可达3.0mg/kg,方法的重现性、准确性均相对较高,值得进行推广应用^[32]。但由于此法经蒸馏操作,耗时较长,且须配备冷凝回流装置,设备较为复杂,较难适应现场检测的需求。

2.2 硼酸

硼酸($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)是一种化工原料,也是一种外用消毒剂、防腐剂,广泛应用工业、冶金及日化领域。硼酸遇水可生成十水硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$),有凝结现象,加入到食品之中可增强食品的持水性,增强食品的韧性、脆度,达到改善食品口感的目的^[33]。但硼砂会在脏器中蓄积,长期食用含有硼砂的食物可能造成慢性中毒,主要表现为厌食、秃发、乏力、皮炎、精神错乱和月经紊乱等^[34]。因此我国《中华人民共和国食品安全法》^[35]和《食品添加剂卫生管理办法》^[36]中明令禁止将硼砂添加到食品之中。食品中硼砂的测定方法有滴定法、分光光度法、旋光法、色谱法、荧光法、原子发射光谱法等^[37]。

2.2.1 焰色反应法

硼砂在浓硫酸作用下和乙醇在浓硫酸存在的条件下发生酯化反应,生成挥发性的硼酸酯,其挥发物在乙醇火焰中燃烧时产生特有的绿色火焰,该焰色反应可用来定性检验硼酸和硼酸根的存在^[38]。

此法利用硼元素的特征性焰色反应作为判定依据,具有操作简便,判定迅速的特点。尚无文献对其的反应条件、实验操作及检出限、重现性等问题进行论述,此法是否能作为食品中硼砂检测方法仍有待进一步的探究。

2.2.2 姜黄试纸法

姜黄试纸法是在姜黄色素比色法的原理基础上,将姜黄色素加载于试纸上制成姜黄试纸。检测时可将粉碎后的样品进行灰化,取部分灰分酸化溶解,随后浸入姜黄试纸,于60~70℃干燥。此时灰分中的硼酸会使得试纸显红色或橙红色,在其变色部分熏以氨即转为绿黑色,根据此显色特征判断试样中是否存在硼砂或硼酸^[39]。

但上述方法只能对样品中是否存在硼酸进行判定,为

定性检测,无法测量试样中硼酸的具体含量。张小村等^[40]通过姜黄素与硼砂反应的显色原理,对硼砂快速检测试纸条做出改进,改进后的试纸具有良好的性能,其检出限可达20mg/kg,并实现硼酸的半定量检测。这种方法操作较简单,检测人员无需经过专业训练。在检测样品量较大时,此法可以对样品进行快速筛查,非常适合基层单位开展市场监督管理工作。

2.2.3 姜黄色素比色法

姜黄色素比色法为GB 5009.275-2016《食品安全国家标准 食品中硼酸的测定》^[41]中规定的食品中硼酸含量测定方法。此法检出限为2.50mg/kg,具有重现性较好,精密度高的特点,但是同时存在操作繁琐,预处理耗时长、需要大型仪器等缺点,在一定程度上限制了其在现场快速检测中的应用,难以在基层检测中普及,而且实验中使用的萃取剂三氯甲烷易挥发,可与氧气生成剧毒的光气(碳酰氯)和氯化氢^[40]。黄忠意等^[42]选用低毒性的乙腈作为萃取剂,配合微波提取法,在保证精确度及回收率的同时可大幅缩减实验时间。

3 腐竹中掺入淀粉的检测

淀粉是腐竹生产加工中最为常见的掺杂掺假物质。腐竹的生产工艺中豆浆的制备包含过滤环节,可去除大豆中的不溶性淀粉,所以腐竹中只含有少量可溶性淀粉,故优质成品腐竹蛋白质含量高达42%~50%^[4]。一些腐竹生产者为了节约成本,提高经济效益,会在加工过程中掺入淀粉,从而大幅度提高腐竹的成品率^[43]。掺杂后的成品腐竹易碎、不耐煮,无法达到腐竹规定的感官要求,同时由于淀粉含量的增加,腐竹的持水性增加,导致保质期缩短,增加霉变风险^[44,45]。

检测食品中淀粉含量常用的方法有比色法、酶解法、酸解法和旋光法等^[46]。由于淀粉是由数量不等的葡萄糖分子脱水缩合而形成,是一种天然聚合物,因此将淀粉水解,以测定还原糖间接测定淀粉含量是常用的检测思路。菲林试剂法、蒽酮比色法是最为传统的测定方法。此外,利用淀粉与碘的特异性显色反应可快速对食品中是否含有淀粉进行快速鉴定。

3.1 碘显色法

将粉碎后的样品加入到水中,制成试样悬浊液,水浴后冷却至室温,直接滴入碘-碘化钾溶液,观察式样是否变为蓝色。此法方便快捷、特异性高,是最为高效的淀粉定性方法,适用于对试样的快速鉴定。但由于碘-碘化钾溶液对光照、氧气都较为敏感,容易失效,故现场实验之前应做好试剂的避光与储藏^[47]。

3.2 蒽酮比色法

在较高温度下,糖类被硫酸脱水形成糠醛或糠醛

衍生物, 该物质与葱酮脱水形成蓝绿色化合物。在一定浓度范围内, 溶液颜色与溶液浓度成正比。该蓝绿色化合物在 620 nm 处有最大吸收峰, 可通过分光光度计对其浓度进行测定, 对照事先绘制的标准曲线, 最终计算出样品中的淀粉含量^[48]。

此方法准确度较高、精确度良好。李晓旭等^[48]测得葡萄糖浓度在 0~0.1 mg/mL 范围内呈良好线性关系 ($r^2=0.9992$), 属微量法, 对实验操作技能要求较高, 如果样品淀粉含量过高则需选用其他检测方法^[49]。

3.3 酶解法和酸解法

关于食品中淀粉的测定, 国标 GB 5009.9-2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》^[50]中规定了酶水解以及酸水解 2 种检测方法。相较于第一法酶水解法, 第二法酸解法采用盐酸水解样品中的淀粉, 精确性、测定速度等方面优于酶解法^[48]。但是, 由于腐竹中含有较多蛋白质及脂类有机物, 这些有机物在酸性条件下同样也会发生水解, 其产物多肽、氨基酸和脂肪酸也具有一定的还原性, 可能造成检测结果偏大。而第一法中采用专一性较高的酶作为水解催化剂, 可以降低其他还原性物质的产生从而提高检测的准确度。

4 小 结

本文对腐竹这一平常的传统食品展开论述, 对其中可能使用非法添加物及掺杂掺假物质的定性、定量及国标检验方法进行了介绍和对比, 以期为食品检验工作中对腐竹检测方法的选择提供参考。每一种方法都有各自的优缺点及实用性, 在选择方法的时候应根据检验对象、操作环境、结果准确度及检验成本等角度进行考量, 最终找到最适合的检测方法。

参考文献

- [1] 朱石龙. 优质腐竹生产的工艺优化[D]. 南昌: 南昌大学, 2011.
Zhu SL. Process optimization of production of quality yuba [D]. Nanchang: Nanchang University, 2011.
- [2] 腐竹生产关键技术[N]. 吉林农村报, 2018-12-21(003).
The key technology of yuba production [N]. Jilin Rural Daily, 2018-12-21(003).
- [3] 王雅, 赵萍, 苏阿龙, 等. 不同大豆制品中大豆异黄酮含量的比较研究[J]. 中国食品工业, 2010, (5): 53-54.
Wang Y, Zhao P, Su AL, *et al.* The comparison study of soy isoflavone in soybean and soybean products [J]. Chin Food Ind, 2010, (5): 53-54.
- [4] 吴艳波. 腐竹的营养功效及鉴别技巧[J]. 现代农业科技, 2011, (8): 337, 339.
Wu YB. The nutritional value, health benefits of yuba and identification technique [J]. Mod Agric Sci Technol, 2011, (8): 337, 339.
- [5] 文连奎. 腐竹加工技术[J]. 技术与市场, 2006, (10): 26.
Wen LK. The technology of yuba production [J]. Technol Market, 2006, (10): 26.
- [6] 李永吉, 曾茂茂, 何志勇, 等. 腐竹加工技术及品质影响因素的研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 333-337.
Li YJ, Zeng MM, He ZJ, *et al.* Research progress of yuba stick processing technologies and factors affecting its quality [J]. Food Sci, 2013, 34(23): 333-337.
- [7] 李涛, 林芳, 王一欣, 等. 食品安全快速检测技术存在问题分析及解决措施[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(8): 3259-3262.
Li T, Lin F, Wang YX, *et al.* Problem analysis in food safety rapid detection and the solutions [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(8): 3259-3262.
- [8] 侯吉伦, 刘海金, 范兆廷. 福尔马林在水产养殖生产中的应用及毒副作用的预防[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(9): 126-130.
Hou JL, Liu HJ, Fan ZT. Application of formalin in aquaculture and prevention of its toxic and side-effect [J]. J Northeast Agric Univ, 2009, 40(9): 126-130.
- [9] 龚建康, 左安臣, 叶坪, 等. 市售面食中甲醛次硫酸氢钠的含量测定[J]. 广东化工, 2019, 46(4): 153-155.
Gong JK, Zuo AC, Ye P, *et al.* Determination of sodium formaldehyde sulfoxylate in commercial wheaten food [J]. Guangdong Chem Ind, 2019, 46(4): 153-155.
- [10] 蒋晨曦. 米粉中“吊白块”添加情况分析[J]. 现代食品, 2019, (3): 28-29, 32.
Jiang CX. Analysis of adding “diaobaikuai” in rice noodles [J]. Mod Food, 2019, (3): 28-29, 32.
- [11] 国家食品药品监督管理总局. 食品中可能违法添加的非食用物质和滥用的食品添加剂品种名单[Z]. 2018-4-27.
China Food and Drug Administration. List of potential illegal dietary supplements that contain inedible and unsafe ingredients [Z]. 2018-4-27.
- [12] 孙佳民. 食品中的甲醛及其预防措施[J]. 农业工程, 2013, 3(6): 102-105, 109.
Sun JM. Formaldehyde in foods and its preventive measures [J]. Agric Eng, 2013, 3(6): 102-105, 109.
- [13] 贾斌, 任红, 郭丽萍. 食品中吊白块及甲醛分析方法探讨[J]. 农产品加工(学刊), 2006, (3): 72-74.
Jia B, Ren H, Guo LP. Determination study of rongalite and formaldehyde in foodstuff [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2006, (3): 72-74.
- [14] 周众. 食品中甲醛测定方法的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2010.
Zhou Z. Determination of methanal in food [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2010.
- [15] 常红攀, 谭胜军. 在线衍生-高效液相色谱法测定食品中的甲醛次硫酸氢钠[J]. 化学分析计量, 2018, 27(6): 77-80.
Chang HP, Tan SJ. Determination of sodium formaldehyde sulfoxylate in food by HPLC combined with online derivatization [J]. Chem Anal Meter, 2018, 27(6): 77-80.
- [16] 刘敏, 冯小雨, 王丹, 等. 吉林市常见生鲜食品中甲醛含量的测定与分析[J]. 食品工业, 2017, 38(8): 291-294.
Liu M, Feng XY, Wang D, *et al.* Determination of formaldehyde content in common fresh foods and analysis in Jinlin city [J]. Food Ind, 2017, 38(8): 291-294.
- [17] 刘丽珍. 基于比色法的食品微量甲醛化学分析技术[J]. 淮南职业技术学院学报, 2019, 19(1): 1-2.
Liu LZ. The micro-chemical analysis based on spectrophotometry of methanal in Food [J]. J Huainan Vocation Tech Coll, 2019, 19(1): 1-2.
- [18] SC/T 3025-2006 水产品中甲醛的测定[S].

- SC/T 3025-2006 Determination of formaldehyde in aquatic products [S].
- [19] 李紫薇, 陆慧慧, 陶冠红. 流动注射分光光度法快速测定食品中微量甲醛[J]. 理化检验-化学分册, 2008, (6): 550-552.
Li ZW, Lu HH, Tao GH. Flow injection-spectrophotometric determination of micro-amounts of formaldehyde in foodstuffs [J]. Phys Test Chem Anal Part B, 2008, (6): 550-552.
- [20] 栾崇林, 朱冬范, 成再君. 全自动食品甲醛分析仪的研制及应用[J]. 分析实验室, 2010, 29(8): 106-108.
Luan CL, Zhu DF, Cheng ZJ. Development and application of an automatic analysis instrument for detection of formaldehyde in food [J]. Chin J Anal Lab, 2010, 29(8): 106-108.
- [21] 朱洪梅, 苏晓丹, 范琳琳, 等. 临汾常见食品中甲醛含量测定[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 303-308.
Zhu HM, Su XD, Fan LL, *et al.* Determination of formaldehyde content of common foods in Linfen [J]. Food Ind, 2018, 39(7): 303-308.
- [22] Nascimento CF, Santos PM, Pereira-Filho ER, *et al.* Recent advances on determination of milk adulterants [J]. Food Chem, 2017, 221(2): 1232-1244.
- [23] GB/T 21126-2007 小麦粉与大米粉及其制品中甲醛次硫酸氢钠含量的测定[S].
GB/T 21126-2007 Determination of sodium formaldehyde sulfoxylate in grain products [S]
- [24] 冯建文. 高效液相色谱法测定豆制品(腐竹)中吊白块的含量[J]. 职业技术, 2016, 15(6): 1-4.
Feng JW. The Determination of sodium sulfoxylate formaldehyde in bean products by HPLC [J]. Vocation Tech, 2016, 15(6): 1-4.
- [25] 刘瑞芳, 廖和菁, 胡礼渊, 等. 高效液相色谱法测定进口鱼柳中的吊白块方法研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 164-166.
Liu RF, Liao HQ, Hu LY, *et al.* Study on the determination method of the sodium formaldehyde sulfoxylate in imported fish fillet by HPLC [J]. Food Res Dev, 2016, 37(1): 164-166.
- [26] 李芳. 食品中二氧化硫的危害及检测方法[J]. 职业与健康, 2009, 25(3): 315-316.
Li F. Hazard and detection method of sulfur dioxide in food [J]. Occupa Health, 2009, 25(3): 315-316.
- [27] 岸. 食品安全风险解析: 关于在食品中使用二氧化硫的科学解读[J]. 福建轻纺, 2016, (9): 2-4.
An. Food safety risk analysis: An analysis on the use sulfur dioxide in food [J]. Light Text Ind Fujian, 2016, (9): 2-4.
- [28] 孟紫强, 李君灵. 二氧化硫生物学研究进展: 从毒理学到生理学[J]. 生理学报, 2011, 63(6): 593-600.
Meng ZQ, Li JL. Progress in sulfur dioxide biology: From toxicology to physiology [J]. Acta Physiol Sin, 2011, 63(6): 593-600.
- [29] 张汉鹏. 食品中二氧化硫的快速测定[J]. 科技创新与应用, 2012, (34): 94.
Zheng HP. Fast determination of sulfur dioxide in food [J]. Technol Innov Appl, 2012, (34): 94.
- [30] 戴志英, 徐文平, 郑惠华. 比色法与蒸馏法测定食品中二氧化硫残留量的比较[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(1): 28-29.
Dai ZY, Xu WP, Zheng HH. Comparative study on colorimetry and distillation in determination of sulfur dioxide of foods [J]. Chin J Health Lab Technol, 2014, 24(1): 28-29.
- [31] GB 5009.34-2016 食品安全国家标准 食品中二氧化硫的测定[S].
GB 5009.34-2016 National food safety standard-Determination of sulfur dioxide in foods [S].
- [32] 张帆. 蒸馏滴定法测定食品中二氧化硫的研究[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(13): 49-50.
Zhang F. Study on determination of sulfur dioxide in food by distillation titration method [J]. World Latest Med Inform, 2019, 19(13): 49-50.
- [33] 何建华, 宋立山, 张德伟. 小麦粉中硼砂的快速检测方法研究[J]. 粮食储藏, 2015, 44(5): 42-45.
He JH, Song LS, Zhang DW. Fast detection method of borax in wheat flour [J]. Grain Storage, 2015, 44(5): 42-45.
- [34] 胡颖, 汪倩, 谭量量, 等. 分光光度法快速测定食品中硼砂的含量[J]. 食品工程, 2013, (3): 44-47.
Hu Y, Wang Q, Tan LL, *et al.* Rapid spectrophotometric determination of borax in food [J]. Food Eng, 2013, (3): 44-47.
- [35] 中华人民共和国食品安全法[Z].
Food safety law of the People's Republic of China [Z].
- [36] 食品添加剂卫生管理办法[Z].
Measures for the hygienic administration of food additives [Z].
- [37] 郑鸿雁, 黄翠萍. 改良甲亚胺 H 酸法快速测定豆奶中硼砂[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(27): 257-259.
Zheng HY, Huang CP. Rapid determination for borax in soymilk by improve azomerthine H acid method [J]. J Anhui Agric Sci, 2013, 41(27): 257-259.
- [38] 燕翔. 改进硼化合物焰色反应的实验研究[J]. 化学教育, 2010, 31(12): 69-72.
Yan X. A Study of experimental improvement of flame test [J]. Chin J Chem Edu, 2010, 31(12): 69-72.
- [39] 张玉萍. 食品中非法添加硼砂(硼酸)的危害及检测方法[J]. 食品安全导刊, 2018, (1): 80-82.
Zhang YP. The hazard and detection of illegally added borax(boric acid) in foods [J]. Chin Food Saf Magaz, 2018, (1): 80-82.
- [40] 张小村, 程楠, 黄昆仑. 食品中硼砂快速检测试纸条的改进与应用[J]. 食品科技, 2016, 41(12): 277-282.
Zhang XC, Cheng N, Huang KL. Optimization and application of rapid quantitative test strip of borax in foods [J]. Food Sci Technol, 2016, 41(12): 277-282.
- [41] GB 5009.275-2016 食品安全国家标准 食品中硼酸的测定[S].
GB 5009.275-2016 National food safety standard-Determination of boric acid in foods [S].
- [42] 黄忠意, 张学英, 陈茵, 等. 食品中硼酸(硼砂)快速测定方法研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(2): 80-82.
Huang ZY, Zhang XY, Chen Y, *et al.* Research on the fast determination of boric acid(borax) in food [J]. J Cere Oils, 2019, 32(2): 80-82.
- [43] 李雪琴, 陈颖, 苗笑亮. 食品添加剂对腐竹得率和筋力的影响研究[J]. 粮油加工, 2006, (9): 79-80, 83.
Li XQ, Chen Y, Miao XL. Study on the influence of food Additives on yield and strength in yuba production [J]. Cere Oils Process, 2006, (9): 79-80, 83.
- [44] 杨纲权, 覃海肖, 何钦玲, 等. 广西桂平市社坡镇腐竹产业发展现状分析[J]. 市场论坛, 2016, (11): 32-34, 37.
Yang GQ, Qin HX, He QL, *et al.* An analysis of the development of yuba industry in Shepo town, Guiping city, Guangxi province [J]. Market Forum, 2016, (11): 32-34, 37.

- [45] GB/T 22106-2008 食品安全国家标准 非发酵豆制品[S].
GB/T 22106-2008 National food safety standard-Non fermented soybean product [S].
- [46] 孙清华, 张青, 刘建文, 等. 酸水解-斐林试剂法粗淀粉检测最适酸碱度探究[J]. 酿酒, 2015, 42(2): 15-21.
Sun QH, Zhang Q, Liu JW, *et al.* The most pH value study of the acid hydrolysis-fijian lin reagent method of law starch [J]. Liquor Mak, 2015, 42(2): 15-21.
- [47] 丰德新, 宋志军. 防止碘化钾溶液氧化变质的措施[J]. 实验室研究与探索, 1991, (3): 98.
Wei DX, Song ZJ. Effective measures for preventing potassium iodide [J]. Res Explor Lab, 1991, (3): 98.
- [48] 李晓旭, 李家政. 优化蒽酮比色法测定甜玉米中可溶性糖的含量[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(4): 24-27.
Li XX, Li JZ. Determination of the soluble sugar in sweet corn with optimized anthrone colorimetric method [J]. Stor Process, 2013, 13(4): 24-27.
- [49] 代立刚, 何焜, 王浩, 等. 谷物中总淀粉含量的测定方法[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(6): 38-42.
Dai LG, He Y, Wang H, *et al.* Determination methods of total starch content in grain [J]. Food Nutr Chin, 2013, 19(6): 38-42.
- [50] GB 5009.9-2016 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定[S].
GB 5009.9-2016 National food safety standard-Determination of starch in foods [S].

(责任编辑: 李磅礴)

作者简介



曾逸凡, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: 530148449@qq.com