

基于香菇中二氧化硫天然本底成因对其栽培技术与法定检测方法的建议

覃志高^{1*}, 张倩勉¹, 李如栋², 李璐¹

(1. 广西-东盟食品药品安全检验检测中心, 南宁 530021; 2. 武警广西总队医院, 南宁 530003)

摘要: 香菇是世界第二大食用菌, 也是我国特产及出口量最大的食用菌之一, 自古以来都是我们餐桌上必不可少的美味佳肴。但由于其二氧化硫(SO₂)残留限量超标, 导致其出口极大受阻, 国内消费者也对其产生质疑, 从而对香菇产业造成严重影响。就目前情况来看, 商贩为了防虫、防腐、漂白、脱色用过量的硫磺熏蒸或用亚硫酸盐溶液直接喷洒香菇, 而选用的除硫技术不当造成香菇二氧化硫残留限量超标。近年来, 有较多的研究表明, 不同的栽培地区、栽培环境、栽培技术、培养基配方会对香菇中的二氧化硫残留存在天然本底的影响, 同时不同的检测方法所得的结果也存在较大差异。本文拟从上述因素对香菇二氧化硫残留限量及其天然本底成因对其栽培技术与检测方法进行综述, 以期今后国家相关标准、法律的制订提供参考。

关键词: 香菇; 二氧化硫; 残留量; 天然本底; 栽培技术; 检测方法

Suggestions on cultivation techniques and standard detection methods of *Lentinus edodes* based on natural background causes of sulfur dioxide in *Lentinus edodes*

QIN Zhi-Gao^{1*}, ZHANG Qian-Mian¹, LI Ru-Dong², LI Lu¹

(1. Guangxi-Asean Center for Food and Drug Safety Control, Nanning 530021, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Regional Corps Hospital, Chinese People's Armed Police Forces, Nanning 530003, China)

ABSTRACT: *Lentinus edodes* is the second largest edible mushroom in the world, and one of the most specialized and exported edible mushrooms in China, which has been an indispensable delicacy on our dining table since ancient times. However, due to the excessive sulfur dioxide (SO₂) residue limit, the export of *Lentinus edodes* is greatly hindered. *Lentinus edodes* is also questioned by domestic consumers, which has a serious impact on the *Lentinus edodes* industry. At present, in order to prevent insects, preserve, and bleach and decolorize the *Lentinus edodes*, excessive sulfur fumigation or direct spraying of *Lentinus edodes* with sulfite solution are used by vendors. The improper selection of desulfurization technology results in the excessive sulfur dioxide residue limit of *Lentinus edodes*. In recent years, many studies have shown that different cultivation areas, cultivation environments and cultivation techniques have a natural background effect on the sulfur dioxide residues in *Lentinus edodes*, and the results of different detection methods are also quite different. This paper discussed the limitation of sulfur dioxide

基金项目: 广西食品药品监督管理局[桂食药科 2018-10(直属)]

Fund: Supported by Guangxi Food and Drug Administration [Gui Food Division 2018-10 (Directly Under)]

*通讯作者: 覃志高, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向为食品安全检测与研究。E-mail: nnqzg@163.com

*Corresponding author: QIN Zhi-Gao, Master, Deputy Director Pharmacist, Guangxi-Asean Center For Food and Drug safety Control, Nanning 530021, China. E-mail: nnqzg@163.com

residue in *Lentinus edodes* and the causes of its natural background, in order to provide reference for the formulation of relevant national standards and laws in the future.

KEY WORDS: *Lentinus edodes*; sulfur dioxide; residue; natural background of sulfur dioxide; cultivation techniques; detection methods

1 引言

香菇[*Lentinus edodes* (Berk.)sing], 又名花蕈、香信、椎茸、冬菇、厚菇、花菇, 是世界第二大食用菌, 也是我国特产之一^[1]。香菇富含蛋白质、氨基酸、多种维生素和具有免疫调节作用的香菇多糖^[2]、微量元素等营养物质^[3], 具有悠久的栽培历史, 深受我国人民喜爱。一直以来, 我国的香菇产量与出口量均为世界第一, 其中 2014 年的产量为 769 万吨^[4](以鲜品计), 2016 年的产量为 898.3 万吨^[5](以鲜品计), 产量与出口量稳步增长。

在目前的栽培技术与检测技术条件下, 香菇中 SO_2 含量严重超标, 并在一定程度上阻碍了香菇产业的发展与出口。 SO_2 残留超标是近几年中国十大食品安全问题的首要问题, 甚至已经成为影响农产品安全的“最大杀手”^[6]。

截止目前, 国内大部分文献资料与日常报道均认为香菇中 SO_2 超标是由于不法商贩为了防虫、防腐、漂白、脱色、抗氧化用过量的硫磺熏蒸或用亚硫酸盐溶液直接喷洒香菇, 而后续除硫不足所导致。一些研究表明^[1,7,8], 部分新鲜采摘的香菇, 未经任何硫磺熏蒸或用亚硫酸盐溶液喷洒处理, 也检测出 SO_2 超标, 在已排除人为添加的前提下, 这一水平通常认为是在当前香菇栽培地区、栽培环境、栽培技术、培养基配方所带来的天然本底。

同时, 由于香菇的成分比较复杂, 且含有挥发性成分(香气), 当以食品国标法测定时(其检测原理为: 在密闭容器中对样品进行酸化、蒸馏, 蒸馏物用乙酸铅溶液吸收。吸收后的溶液用盐酸酸化, 碘标准溶液滴定, 根据所消耗的碘标准溶液量计算出样品中的二氧化硫含量)。一些挥发性物质也能够消耗一定量的碘标准溶液, 导致检测结果偏高^[7], 表明现行国标检测方法对香菇中 SO_2 检测的适用性较差, 需要研究开发其他更合适的检测方法。本文根据香菇中 SO_2 的天然本底成因对香菇栽培地区、栽培环境、栽培技术、培养基配方与检测方法进行综述, 以期今后国家相关标准、法规的制订及种植技术的优化提供参考。

2 SO_2 天然本底的来源

2.1 培养基中硫酸根的生物转化

香菇种植的培养基传统配方为“782011”^[9], 即: 木屑 78%、麸皮(或米糠)20%、石膏 1%、糖 1%, 在此基础上, 为了资源的充分利用、改良香菇的某些品质、或是提高香菇

产量、增强抗病能力等目的, 不同地区、不同的栽培人员对上述传统配方作了不同的调整, 如: 用其他植物材料(如大豆秸秆^[10]、红豆杉渣及剥皮枝条^[11]、莲子壳^[12]、玉米芯^[13]、香根草^[14])部分替换木屑, 糖有用白糖^[9]、红糖^[11]或者是不加糖^[15-17]。但所有这些报道^[9-17]及各种(原产地域^[18]、地理标志^[19])产品标准、无公害生产技术规程^[20,21]、测试指南^[22]所提到的香菇培养基的配方中无一例外均包含石膏(CaSO_4), 其用量占培养基的 0.5%~5%, 多数为 1%。在培养基中加入石膏, 主要提供钙和硫元素, 钙和硫有促进菌丝生长和抑制子实体形成的作用, 而达到增产目的^[23]; 亦可起到调节培养基的酸碱度和培养基定型, 以及香菇增香等作用^[1]。王伟等^[1]研究表明, 初始阶段, 香菇菌棒中不含亚硫酸根成分, 硫酸根的含量为 (28.93 ± 1.21) g/kg, 而经过整个香菇栽培期之后, 相应的旧菌棒中硫酸根的含量降至 (4.94 ± 1.82) g/kg, 含量约为原来的 17.1%, 硫酸根作为香菇的重要代谢组分被吸收了, 在后期的香菇样本中, 能够检测到硫酸根与亚硫酸根的存在, 然而其中的平衡关系很难利用线性关系来表述, 因为有相当一部分经生物代谢转换为含硫化合物(如香菇中的香气等挥发性物质), 或在生物代谢中最终以气体形态排到空气中; 另外, 在自然干燥条件下, SO_2 含量达 145.81 mg/kg; 而其以庆元县香菇为研究对象的产品标准亦将 SO_2 指标由 2003 年版^[18]的 50 mg/kg 修改为 2008 年版^[19]的 0.2 g/kg, 这一修改造成与国家标准^[24](0.05 g/kg)相矛盾的局面。本人参与的“香菇中二氧化硫天然本底值研究”的课题检测结果表明, 在广西境内 5 个不同地区新鲜采摘的 50 批香菇(每个地区各 10 批), 均检出 SO_2 , 含量分别为: 桂林 176.5 mg/kg、柳州 150.0 mg/kg、河池 55.9 mg/kg、贺州 35.1 mg/kg、百色 20.36 mg/kg, 平均 87.6 mg/kg。经调查核实, 前 2 个地区的培养基配方中均含石膏; 后 3 个地区的培养基配方则不含石膏而用碳酸钙替代; 含量稍稍超标的香菇, 其 SO_2 可能来自土壤或水源的污染。

2.2 硫酸根土质或水质来源

除了培养基中的硫酸根外, 土质或水质中也有可能存在硫酸根。硫酸铵常用于给农作物补充氮源^[25-28], 硫酸钾^[29,30]或硫酸镁^[31,32]也常用于给农作物补钙或补镁。由于农作物施以硫酸铵、硫酸钾或硫酸镁等化肥后不会全部被吸收而造成残留^[33,34], 残留率为 40%~70%, 农作物在吸收肥料中的养分离子后, 作为非必需营养物质的硫酸根的残留则更多^[35]。而在耕种过程中, 未经作物吸收利用部分则通过经

流、淋溶、反硝化、吸附和侵蚀等不同方式进入大气或沉留于土壤或进入水体^[36],造成更大范围的田地受到硫酸根的污染。所以,如果选用这些原本施过硫酸根或被污染硫酸根的田地来种植香菇或选用受污染的土壤作基底或被污染的水源来喷洒香菇,香菇则将硫酸根纳入其生长代谢过程,并将硫酸根部分转化成亚硫酸盐,最终出产的香菇中,以目前国家法定检验标准检出的 SO_2 必然偏高。

2.3 大气中 SO_2 的固化

大气中含有一定浓度的 SO_2 。有研究表明,我国 85% 的 SO_2 排放来源于以煤炭为主体的化石能源燃烧, SO_2 排放总量连续十几年保持在 1900 万吨以上^[37],2012 年峰值达到 2549 万吨^[38],煤炭使用一般是钢厂、金属冶炼厂、火力发电厂等^[39],另一个主要排放源是机动车尾气^[40], SO_2 已经成为空气中越来越严重的污染物之一^[39]。香菇在整个种植过程,对环境条件有一定的要求^[41],种植时必须基本满足这些要求,香菇才能正常的进行生长繁殖。同时,所选用的场地宜选在交通方便、水源优质、无污染的地方,远离工厂、饲养场、垃圾堆等^[42,43],距离在 2 km 以上^[44],以保证香菇的质量或达到无公害^[45]的要求。然而,在目前的技术条件下,香菇的种植环境普遍是一个非封闭体系,所以大气中的诸多因素对其生长造成的影响是不可避免的。

香菇在生长繁殖过程中,要与外界进行物质与能量的交换,这一过程除了主要在根部进行外,子实体也以“呼吸”^[46,47]的方式进行,即香菇通过呼吸与大气中的氧气、二氧化碳等物质与能量的交换, SO_2 也通过子实体的气孔进入香菇体内进行代谢并以结合态或游离态^[48]贮存起来,其贮存的量与其在大气中吸收的量呈正相关,也就是说,大气中 SO_2 浓度越高,该部分来源的 SO_2 在香菇体内的固化就越多。在大气受 SO_2 污染严重的地区(火力发电厂附近^[49]、交通繁华的机动车道路旁^[50]等)种植香菇,仅此影响就有可能导致其含量超标。

2.4 非 SO_2 的“表观含量”

除了上述 3 种来源,还有一种非 SO_2 造成的“表观含量”偏高情形—香菇体内存在的具有挥发性的风味物质。在香菇子实体的 6 个生长阶段中,共检测出 134 种挥发性风味成分,主要包括含硫化合物、醛类化合物和八碳化合物^[51];在香菇干制后共检出 61 种挥发性风味成分^[52],主要为醇类、含硫化合物、酸类、酯类、酮类、醛类、酚类、含氮化合物,这些挥发性物质的种类与数量因干燥方式不同而发生很大变化;而且,不同品种香菇的挥发性组分差异明显,不同栽培基质对香菇的风味具有明显的影响^[53];随着检测技术的发展,香菇中新的成分不断被发现^[54];这些挥发性风味成分是香菇香气或风味的来源,其含量的高低反映了香菇品质的优劣^[51]。然而,由于这些挥发性风味成分中相当部分具有还原性,导致以碘量法^[55]进行检测时,

该类物质也消耗一定量碘标准滴定溶液;同时,由于温度升高,有可能使香菇中发香基团的巯基转化为亚硫酸根^[56],从而造成检测结果偏高^[7],此时的“表观含量”实为 SO_2 与还原性物质之和,这些同时具备挥发性与还原性物质表现出的“ SO_2 ”含量应该在实际检测中予以排除。

3 SO_2 法定检测方法

3.1 滴定法

3.1.1 直接滴定法

对于本身为无色澄清,无挥发性成分及还原性物质干扰的样品,如白葡萄酒等,可用该方法检测。周霞等^[57]对该法进行了半微量化改进,减小取样体积,减弱有色葡萄酒或果酒中色素对滴定终点判断的影响,使半微量碘量法也适用于所有葡萄酒中 SO_2 的测定。由于 VC 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 NO_2^- 等具有氧化还原性的物质对测定结果存在影响,在测定前必须对样品进行处理,除去能与碘单质和碘离子起反应的物质^[58],方能用该方法测定,反之则不能,如食糖中含有还原糖而不能进行直接滴定,需要用蒸馏-碘量法滴定。

3.1.2 蒸馏-碘量法

目前, SO_2 检测国标法是 GB 5009.34-2016《食品安全国家标准 食品中二氧化硫的测定》^[59]所记载的蒸馏-碘量法,其是在 GB/T 5009.34-2003《食品中亚硫酸盐的测定》^[60]的基础上改名、改版、删除第一法(盐酸副玫瑰苯胺法)、保留第二法(将蒸馏法改为滴定法)、明确检测食品种类(适用于果脯、干菜、米粉类、粉条、砂糖、食用菌和葡萄酒等)、完善标准架构后形成。其原理是:在密闭容器中对样品进行酸化、蒸馏,蒸馏物用乙酸铅溶液吸收,吸收后的溶液用盐酸酸化,碘标准溶液滴定,根据所消耗的碘标准溶液量计算出样品中的 SO_2 含量。在实际检测工作中,对于含有挥发性芳香物的特殊样品,由于挥发性物质与 SO_2 一同蒸馏出来,并被冷凝到含有吸收液的滴定瓶中,参与或干扰了滴定,碘溶液滴定到终点时蓝色极不稳定,易褪色,不能保持 30 s,终点很难判定,因此许多检测者正想办法改进蒸馏-碘量法^[61],比如:为实现冷凝、充气、纯化馏出目标组分的技术协同效果,避免样品颜色干扰和人为判断误差,许彩霞等^[62]改为“壶式”蒸馏-电位滴定法;为弥补直接碘量法^[63]的不足,邱宏等^[64]用空气作载气、甲醛缓冲液作吸收液的改良碘量法;为了快速、批量测定,毛珏等^[65]、陆阳^[66]、胡文敏等^[67]采用凯氏蒸馏后,再分别以电子滴定器、自动电位滴定仪、传统法滴定;而胡华英^[68]则认为,蒸馏法由于香菇样品中成分复杂、挥发性芳香物质多,滴定终点无法准确把握,不适用于香菇中 SO_2 测定。在研究性的工作中,检验者可以根据具体情况选用不同的检验方法,但在国家食品安全监督抽检实施细则^[69]中, SO_2 的检测方法则唯一指定为 GB 5009.34-2016,即便是葡

萄酒^[63]也不能使用本身自带的方法,即使该方法可能更适用于该类食品,给承检机构带来极大的困难。

3.1.3 蒸馏-碱量法

该法亦称氧化法,是 GB/T 15038-2006^[63]所收录的分析方法,其原理为在一定的温度及酸度条件下,分离出 SO_2 , 并与 H_2O_2 发生氧化还原反应,通过用氢氧化钠标准溶液滴定生成的硫酸,即得到 SO_2 的含量。在低温(冰浴)时,检测的是游离型的 SO_2 ,之后在加热(微沸)时,检测的是结合型的 SO_2 ,两者相加,则为总 SO_2 含量。NY/T 1435-2007^[70]与中国药典^[71]也收录了此法,只是后 2 种方法为一次性测定总 SO_2 的含量,没有进行分步测定游离型与结合型。该方法能去除大部分挥发性成分的干扰,但低沸点的具有酸性的成分(即在冷凝状态下,仍与二氧化硫一起被氮气带出的挥发性酸性成分,如部分挥发性有机酸)的干扰仍然无法完全排除。该方法的缺点是装置比较复杂;操作比较繁琐;夹带装置需要检查试验^[70];初测结果不在一定范围内时,还需要用重量法或浊度法进行验证^[70];一次检测周期比较长,不利于批量检测;整个操作过程中,影响安全的因素比较多,需要有人值守;不具备目标分析物质的定性验证功能;这些因素极大地限制了该方法的使用与推广。

3.2 仪器法

3.2.1 分光光度法

该法亦称比色法或盐酸副玫瑰苯胺法,原为 GB/T 5009.34-2003 收录,后被 GB 5009.34-2016 所删除。其原理是亚硫酸盐与四氯汞钠反应生成稳定的络合物,再与甲醛及盐酸副玫瑰苯胺作用生成紫红色络合物,在 550 nm 波长处测定吸光度,与标准系列比较定量^[72]。该法之所以被现行国标删除,主要是由于出于诸多原因的考虑:①安全性,四氯汞钠吸收液是有毒试剂,对分析人员及环境均造成危害^[73]。②时效准确性, SO_2 可与基质复杂的食品中的醛、酮、糖^[60]等相结合,以结合型存在,当进行测定时,立即测定,得到的是游离型的 SO_2 ,放置足够时间后(如 72 h),才得到总的 SO_2 ;另外,样品在前处理的浸泡环节,往往需要 4~12 h 甚至更长时间,从而大大降低检测效率。③影响复杂性,该方法使用了 10 种试剂,其中四氯汞钠、氨基磺酸铵^[74]、甲醛^[75]、沉淀剂^[76](亚铁氰化钾、乙酸锌)、盐酸副玫瑰苯胺^[77]、二氧化硫标准溶液^[77]共 7 种试剂的使用量是否合适对结果都可能造成较大影响。另外,样品溶液本底颜色、溶液酸度、检测温度、显色时间^[74-77]是否合适,甚至使用以铬酸洗液清洗过的玻璃仪器^[78],都对检测结果影响很大,而这些因素的重现性与一致性都很难保证。然而,尽管分光光度法存在上述诸多影响因素,闵小珍^[79]认为,与其他方法相比,用盐酸副玫瑰苯胺法来对 SO_2 残留量进行检测依然有着特别之处;李亚等^[7]采用冲氮蒸馏-分光光度计法检测香菇中 SO_2 ,得到满意结果。结

合目前的参考文献,作为曾经的国标检测方法,直接将该法删除有“一刀切”之鲁莽,众多研究人员都就具体的食品分类对该法提出改良、改进意见与建议,如果对这些意见与建议加以汇总、整合、提升,应该可以解决该方法碰到的问题。

3.2.2 气相色谱法

中国药典^[71]收录了此法,其原理是将食品中的游离亚硫酸和总亚硫酸分别用适当的提取液提取后,取出一定量在密封容器中使之成为酸性挥发亚硫酸,取顶空气体,注入附有火焰光度检测器(flame photometric detector, FPD)的气相色谱仪中进行定量^[61],目前该方法报道不多,如山药^[80]、杏脯^[81]中 SO_2 检测。原本该法是比较精密、快速的检测 SO_2 含量,但一直没有得到推广,可能是由于以下原因造成:①样品均匀性,药典法中,样品取样量约 0.2 g,使用 20 mL 顶空进样瓶;山药取样量约 2 g,使用 20 mL 顶空进样瓶;杏脯取样量约 5 g,使用 450 mL 顶空进样瓶(用 450 mL 医用盐水瓶代替),对于食品来说,取量样过小,其均匀性与代表性无法保证,过大,又受到气相色谱目前技术的限制,像杏脯^[81]中 SO_2 检测,在实际检测工作中是无法开展,仅提供一种检测思路。②前处理的个体差异性,上述检测方法,样品的前处理均不一致,稳定剂的使用也不同,主要是受样品基质特性不同影响,如果能用一种或几种方法将对各类食品的前处理统一起来,该方法将得到极大推广。

3.2.3 离子色谱法

出口食品中亚硫酸盐的检测方法^[82]和中国药典^[71]均收录了此法,可见这是一个比较成熟而稳定的检测方法。为了扩大食品种类检测范围,一直以来研究人员不断对上述标准覆盖品种之外的其他类型的食品进行方法学研究,并取得较大进展,这些研究主要向 2 个方向开展:①亚硫酸盐法,出口食品中亚硫酸盐的检测方法即为该法的典型,王伟等^[83]、陆辰康等^[84]、毛黎娟等^[85]用该方法分别对香菇、干货制品、蘑菇中的 SO_2 进行检测都得到满意结果。该方法的特征是要加入甲醛作为亚硫酸盐的稳定剂,同时可以避免将食品中含有巯基的化合物转化为亚硫酸盐而影响测定准确性。②硫酸盐法,中国药典法中的离子色谱法为该法的典型,徐慧等^[86]、杨娜等^[87]、马宇春^[88]用该方法分别对瓜子、辣椒粉、干笋中的 SO_2 进行检测也到满意结果。比较这两个方法,亚硫酸盐法更适用于有挥发性干扰成分食品中 SO_2 的检测,硫酸盐法则适用于亚硫酸盐之外的其他食品检测。

3.3 非法定方法的研究

除了上述法定检测方法之外,还有其他研究性、前沿性的检测方法不断被人员研发出来,如张静等^[89]所列举的荧光法、电化学法、生物传感器法、快速检测法、化学发光法、动力学光度法等等,在此不再赘述。

4 结论与展望

本文通过对香菇中 SO_2 天然本底成因进行深入分析后指出,在无人工添加 SO_2 的情况下,香菇在生长代谢及后续的食品加工过程中,存在不同水平的内源性 SO_2 ,其来源于我国目前的香菇栽培技术、栽培环境、培养基配方,其引入量可达到国家标准限度值的 5~10 倍甚至更多,如果改良培养基配方、提高香菇栽培技术、选取优良的栽培环境,将能最大限度降低香菇中内源性 SO_2 的产生。下一步,将与相关部门及种植企业展开这方面的研究,以期香菇种植给出切实可行的方案。

另外,由于新版 SO_2 检测标准仅收录一种检测方法,且这一检测方法存在诸多的局限性,不能适用于目前所需检测 SO_2 的食品种类,不同食品中亚硫酸盐含量测定方法不尽相同,应根据不同产品各自特点,选择合适的分析方法^[61],每种检测方法都有其优缺点与适用范围,若所有检测方法都收录,应该能达到检测品种的全覆盖。建议从国家标准层面重新对上述现存的法定检测标准进行整合后,一同收录于新国标之中,使其能适应所有食品种类的检测。

参考文献

- 王伟,张玉,吴应森,等. BP神经网络模型在香菇中 SO_2 含量分析中的应用[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(5): 1012-1016.
Wang W, Zhang Y, Wu YM, et al. Application of sulfur dioxide content detection in mushrooms based on the back-propagation neural networks [J]. Acta Agric Zhejiangensis, 2011, 23(5): 1012-1016.
- 张红娟,李劼,唐丽丽. 采收贮藏温度及气体成分对鲜香菇品质的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(9): 1540-1544.
Zhang HJ, Li J, Tang LL. Effects of post harvest storage temperature and gas composition on the quality of fresh shiitake mushroom [J]. J Shanxi Agric Sci, 2018, 46(9): 1540-1544.
- Xu XF, Yan HD, Tang J, et al. Polysaccharides in *Lentinus edodes*: Isolation, structure, immunomodulating activity and future prospective [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2014, 54(4): 474-487.
- 耿建利. 对 2014 年度全国食用菌统计调查结果的分析[EB/OL]. (2015-12-17) [2018-12-20]. <http://www.cefa.org.cn>.
Geng JL. Analysis of the results of the 2014 national edible fungus statistical survey [EB/OL]. (2015-12-17) [2018-12-20]. <http://www.cefa.org.cn>.
- 耿建利. 附件6: 对2016年度全国食用菌统计调查结果的分析[EB/OL]. (2017-10-17) [2018-12-20]. https://mp.weixin.qq.com/s/YZ0VHiv9PiWmmGh3GRsv_g?
Qi JL. Annex 6: Analysis of the results of the 2016 national edible fungus statistics survey [EB/OL]. (2017-10-17) [2018-12-20]. https://mp.weixin.qq.com/s/YZ0VHiv9PiWmmGh3GRsv_g?
- 温艳霞. 二氧化硫在食品加工中的使用和安全现状分析[J]. 农产品加工, 2018, (9): 73-75.
Wen YX. Analysis on the use and safety of sulphur dioxide in food processing [J]. Farm Prod Process, 2018, (9): 73-75.
- 李亚,梁剑锋. 香菇中二氧化硫检测问题的探讨[J]. 粮食与食品工业, 2018, (25): 63-66.
- Li Y, Liang JF. Discussion on the detection of sulfur dioxide in *Lentinus edodes* [J]. Cereal Food Ind, 2018, (25): 63-66.
- 顾宇翔,王丁林,陈羽菲. 食品中天然存在的食品添加剂成分综述[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(6): 2312-2317.
Gu YX, Wang DL, Chen YF. Review on naturally contained food additives in food [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(6): 2312-2317.
- 史铁范,任冰,杜顺刚. 香菇优质高效的制种技术[J]. 食药菌, 2012, 20(2): 104-105.
Shi YF, Ren B, Du SG. High quality and efficient seed production technology of *Lentinus edodes* [J]. Edible Med Mushrooms, 2012, 20(2): 104-105.
- 张玉梅,胡润芳,陈伟,等. 大豆秸秆栽培香菇研究[J]. 福建农业学报, 2017, 32(11): 1234-1238.
Zhang YM, Hu RF, Chen W, et al. Utilization of soybean straws for cultivating *Lentinula edodes* [J]. Fujian J Agric Sci, 2017, 32(11): 1234-1238.
- 陈丽,叶晓星,甘庆军,等. 红豆杉栽培香菇配方试验[J]. 食用菌, 2013, (2): 31-32.
Chen L, Ye XX, Gan QJ, et al. Formula test of *Lentinus edodes* cultivated by *taxus chinensis* [J]. Edible Fungi, 2013, (2): 31-32.
- 戴和珍. 不同培养料配方对香菇产量的影响[J]. 现代农业科技, 2015, (16): 81, 84.
Dai HZ. Effects of different culture material formulas on yield of *Lentinus edodes* [J]. Mod Agric Sci Technol, 2015, (16): 81, 84.
- 李九英,魏银初,班新河,等. 木屑培养基中添加玉米芯栽培香菇试验[J]. 食用菌, 2013, (2): 30-31.
Li JY, Wei YC, Ban XH, et al. The experiment of cultivating *Lentinus edodes* with corn cob in sawdust medium [J]. Edible Fungi, 2013, (2): 30-31.
- 蒋德俊,陈燕,聂天南. 香根草代料栽培优质香菇的配方试验[J]. 食药菌, 2011, 19(4): 33-35.
Jiang DJ, Chen Y, Nie TN. Formula test of vetiver substitute for cultivating high quality *Lentinus edodes* [J]. Edible Med Mushrooms, 2011, 19(4): 33-35.
- 曹德宾,王广来,张克著,等. 富硒香菇栽培关键技术[J]. 食用菌, 2017, (5): 65-67.
Cao DB, Wang GL, Zhang KZ, et al. Key techniques of selenium-enriched *Lentinus edodes* cultivation [J]. Edible fungi, 2017, (5): 65-67.
- 刘敏,齐悦歌,申小燕,等. 柿木屑基质下香菇培养基的优化[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2016, 32(2): 180-183.
Liu M, Qi YG, Shen XY, et al. Optimization of the cultivation medium for *Lentinus edodes* based on persimmon wood chips [J]. J Hebei Univ (Nat Sci Ed), 2016, 32(2): 180-183.
- 刘俊杰,宋莹,刘岩岩,等. 香菇品种栽培比较试验研究[J]. 园艺与种苗, 2016, (9): 25-27.
Liu JJ, Song Y, Liu YY, et al. Comparative study on cultivation of *Lentinus edodes* varieties [J]. Horticult Seed, 2016, (9): 25-27.
- GB 19087-2003 原产地域产品 庆元香菇[S].
GB 19087-2003 Product of designations of origin or geographical indication-Qingyuan xiang gu [S].
- GB/T 19087-2008 地理标志产品 庆元香菇[S].
GB/T 19087-2008 Product of geographical indication-Qingyuan xiang gu [S].

- [20] DB13/T 1148-2009 无公害地栽香菇生产技术规程[S].
DB13/T 1148-2009 Technical regulations for producing *Lentinus edodes* in a pollution-free land [S].
- [21] DB14/ T555-2010 无公害食品 香菇生产技术规程[S].
DB14/ T555-2010 Pollution-free food-Technical regulations for *Lentinus edodes* production [S].
- [22] NY/T 2560-2014 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 香菇[S].
NY/T 2560-2014 Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability-Xianggu [S].
- [23] 杨瑞长, 刘明英. 米粉和石膏对香菇的增产作用[J]. 食用菌, 1987, (5): 22.
Yang RC, Liu MY. Effect of rice flour and gypsum on yield increase of *Lentinus edodes* [J]. Edible Fungi, 1987, (5): 22.
- [24] GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760-2014 National food safety standard-Standard for the use of food additives [S].
- [25] 傅成诚, 张建. 不同剂量尿素、硫酸铵处理对土壤 Pb、Zn、Cd 形态分布的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(6): 263-269.
Fu CC, Zhang J. Effects of different doses of urea and ammonium sulfate on speciation distribution of Pb, Zn and Cd in Soil [J]. Jiangsu Agric Sci, 2017, 45(6): 263-269.
- [26] 蒙洋, 边佳伟, 夏克扎·吐尔逊, 等. 不同施肥处理对苜蓿品质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018, (11): 162-168.
Meng Y, Bian JW, Shakeza Tuerson, et al. Effects of different fertilization treatment on the quality of alfalfa [J]. Heilongjiang Animal Sci Veterinary Med, 2018, (11): 162-168.
- [27] 马红红, 张敏娜, 马兴旺, 等. 施用硫酸铵对饲料玉米养分吸收和产量构成的影响[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(8): 1429-1436.
Ma HH, Zhang MN, Ma XW, et al. Effects of ammonium sulfate application on nutrient absorption and yield composition of feed maize [J]. Xinjiang Agric Sci, 2017, 54(8): 1429-1436.
- [28] 王炎, 翁涛, 张玉平, 等. 添加不同形态化学氮肥对杏鲍菇菌渣堆肥的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2018, 44(2): 183-187.
Wang Y, Weng X, Zhang YP, et al. Effects of adding different chemical nitrogen fertilizer on the composting of spent mushroom substrate of *Pleurotus eryngii* [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci Ed), 2018, 44(2): 183-187.
- [29] 贺志文, 李灵芝, 任瑞娟, 等. 不同钾肥种类及配比对大棚番茄产量及品质的影响[J]. 江西农业学报, 2018, 30(7): 73-76.
He ZW, Li LZ, Ren RX, et al. Effects of different kinds and proportions of potassium fertilizer on yield and quality of tomato in greenhouse [J]. Acta Agric Jiangxi, 2018, 30(7): 73-76.
- [30] 梁宇, 王立仙, 张忠兰, 等. 生物肥与钾肥配施对冬枣生长及土壤理化性状的影响[J]. 山东林业科技, 2017, 232(5): 1-5.
Liang Y, Wang LX, Zhang ZL, et al. Effects of bio-organic and potassium fertilizer combinations on winter jujube growth and soil physico-chemical property [J]. Shandong Forest Sci Technol, 2017, 232(5): 1-5.
- [31] 黄翠菊, 王正福, 王海波, 等. 硫酸镁不同浓度对葡萄缺镁症的防治效果[J]. 农业科技通讯, 2018, (6): 217-219.
Huang CJ, Wang ZF, Wang HB, et al. Effect of magnesium sulfate at different concentrations on the prevention and treatment of grape magnesium deficiency [J]. Agric Sci Technol Commun, 2018, (6): 217-219.
- [32] 龙胜碧, 王坤, 黄万花, 等. 硫酸镁不同用量对马铃薯产量及性状的影响[J]. 耕作与栽培, 2018, (1): 27-28, 11.
Long SB, Wang K, Huang WH, et al. Effects of different $MgSO_4$ rates on yield and traits of potatoes [J]. Tillage Cultiv, 2018, (1): 27-28, 11.
- [33] 欧阳东, 陈玉成, 严素定. 重庆市化肥使用与残留的时空分异特征研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 43-45, 119.
Ou YJ, Chen YC, Yan SD. Spatial and temporal variability of fertilizer application and residue in Chongqing [J]. J Soil Water Conserv, 2004, 18(5): 43-45, 119.
- [34] Hai TL, Jing L, Xiao L, et al. Mitigating greenhouse gas emissions through replacement of chemical fertilizer with organic manure in a temperate farmland [J]. Sci Bull, 2015, 60(6): 598-606.
- [35] 张娟. 关于化肥造成的环境污染及其防治对策[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(6): 99-100.
Zhang J. Environmental pollution caused by chemical fertilizer and its prevention and control measures [J]. Environ Sustain Dev, 2017, 42(6): 99-100.
- [36] 赵根. 浅谈化肥农药污染控制与防治[J]. 农业科技通讯, 2018, (1): 188-190.
Zhao G. Control and prevention of pesticide pollution in chemical fertilizer [J]. Agric Sci Technol Commun, 2018, (1): 188-190.
- [37] 贾锋平, 王刚. 我国二氧化硫排放现状分析[J]. 宁波节能, 2017, (5): 16-25.
Jia FP, Wang G. Analysis of SO_2 emission status in China [J]. Energy Saving Ningbo, 2017, (5): 16-25.
- [38] 徐旭, 刘晓莉, 韩钰. 二氧化硫公众短期接触限值探讨[J]. 油气田环境保护, 2014, 24(3): 70-73.
Xu X, Liu XL, Han Y. Discussion on public short-term exposure limit of sulfur dioxide [J]. Environ Prot Oil Gas Fields, 2014, 24(3): 70-73.
- [39] 焦勇霞. 空气中二氧化硫测定方法的思考[J]. 山西化工, 2016, (3): 37-39.
Jiao YX. Reflections on the determination of sulfur dioxide in air [J]. Shanxi Chem Ind, 2016, (3): 37-39.
- [40] 丁剑. 机动车尾气排放对大气环境的影响及控制对策[J]. 环境与发展, 2018, (11): 76, 78.
Ding J. Influence of vehicle exhaust emissions on atmospheric environment and control countermeasures [J]. Environ Dev, 2018, (11): 76, 78.
- [41] 屈志松. 香菇生长发育对环境条件的要求[J]. 现代农村科技, 2011, (11): 15-16.
Qu ZS. Requirements of *Lentinus edodes* growth and development on environmental conditions [J]. Mod Rural Sci Technol, 2011, (11): 15-16.
- [42] 贾明仁. 辽阳地区冬茬香菇栽培技术[J]. 现代园艺, 2016, (3): 55.
Jia MR. Cultivation techniques of *Lentinus edodes* in winter stubble in Liaoyang area [J]. Mod Horticult, 2016, (3): 55.
- [43] 林凡江, 刘书昌, 段宝军. 无公害香菇露地高产优质栽培技术[J]. 农村实用科技信息, 2013, (3): 18.
Lin FJ, Liu SC, Duan BJ. High yield and quality cultivation techniques of pollution-free *Lentinus edodes* in open field [J]. Rural Pr Sci Technol Inform, 2013, (3): 18.
- [44] 刘曼丽. 北方无公害香菇半熟料袋栽技术[J]. 辽宁林业科技, 2015, (2): 75-76, 78.
Liu ML. Bag-planting technology of semi-clinker of pollution-free

- Lentinus edodes* in north China [J]. J Liaoning Forest Sci Technol, 2015, (2): 75–76, 78.
- [45] 马琳琳, 张丽佳. 无公害香菇种植技术[J]. 农民致富之友, 2016, (16): 177.
- Ma LL, Zhang LJ. Pollution-free mushroom cultivation technology [J]. Friends Farmers Get Rich, 2016, (16): 177.
- [46] 卢立新, 蔡明. 果蔬气调包装内相对湿度的预测模型与试验验证[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 21–26.
- Lu LX, Cai M. Predicting model and experimental validation of relative humidity in modified atmosphere packages for fruits and vegetables [J]. J Agric Eng, 2007, 23(5): 21–26.
- [47] 张红娟, 李劼, 唐丽丽. 采后贮藏温度及气体成分对鲜香菇品质的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(9): 1540–1544.
- Zhang HJ, Li J, Tang LL. Effects of post harvest storage temperature and gas composition on the quality of fresh shiitake mushroom [J]. J Shanxi Agric Sci, 2018, 46(9): 1540–1544.
- [48] 尹洁, 朱军莉, 励建荣. 食品中二氧化硫的来源与检测方法[J]. 食品科技, 2009, 34(11): 292–296.
- Yin J, Zhu JL, Li JR. The source, harm of SO₂ in food and overview of detection methods in national standards [J]. Sino-Foreign Food Ind, 2014, (3): 292–296.
- [49] 李博. 火电厂二氧化硫污染排放控制方法探究[J]. 科技资讯, 2015, (6): 102.
- Li B. Research on the controlemethod of sulfur dioxide pollution emission from thermal power plants [J]. Sci Technol Information, 2015, (6): 102.
- [50] 郑清扬, 翁旭委, 杨晓冬. 机动车尾气检测技术及污染防治对策[J]. 资源节约与环保, 2018, (10): 33, 36.
- Zheng QY, Weng XW, Yang XD. Motor vehicle exhaust detection technology and pollution control countermeasures [J]. Resour Saving Environ Prot, 2018, (10): 33, 36.
- [51] 李文, 陈万超, 杨焱. 香菇生长过程中挥发性风味成分组成及其风味评价[J]. 核农学报, 2018, 32(2): 325–334.
- Li W, Chen WC, Yang Y, et al. Volatile flavor components and flavor quality evaluation of *lentinula edodes* harvested at different growth stages [J]. J Nuclear Agric Sci, 2018, 32(2): 325–334.
- [52] 刘静, 薛佳俐, 冯翠萍. 不同干制方式对香菇挥发性成分的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(18): 224–229.
- Liu J, Xue JL, Feng CP. Effects of different drying methods on volatile flavor compounds in *Lentinus edodes* [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(18): 224–229.
- [53] 肖冬来, 张迪, 黄小菁, 等. 香菇挥发性风味成分的气相色谱-离子迁移谱分析[J]. 福建农业学报, 2018, 33(3): 309–312.
- Xiao DL, Zhang D, Huang XJ, et al. Aromatic volatiles in *lentinula edodes* determined by gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. Fujian Agric J, 2018, 33(3): 309–312.
- [54] 丁兴杰, 周勤梅, 叶强, 等. 香菇的化学成分研究[J]. 中药材, 2018, 41(11): 2332–2334.
- Ding XJ, Zhou QM, Ye Q, et al. Chemical constituents of *Lentinus edodes* [J]. J Chin Med Mater, 2018, 41(11): 2332–2334.
- [55] 丁云连, 王琴, 曹秋琴, 等. 蒸馏碘量法测定辣椒、胡椒、八角、孜然及花椒中二氧化硫残留量的探讨[J]. 中国调味品, 2017, 42(1): 144–147.
- Ding YL, Wang Q, Cao QQ, et al. Determination of sulfur dioxide residues in chili, pepper, star anise, cumin and Chinese prickly ash by distillation iodometry [J]. China Condiment, 2017, 42(1): 144–147.
- [56] 王伟, 吴应森, 张玉, 等. 基于离子色谱法的香菇中总 SO₂ 的检测方法[J]. 浙江农业学报, 2010, 22(6): 790–794.
- Wang W, Wu YM, Zhang Y, et al. Detection method of SO₂ in mushrooms based on ion chromatography [J]. Acta Agric Zhejiang Ensiss, 2010, 22(6): 790–794.
- [57] 周霞, 孙芬芳, 张玲玲, 等. 半微量碘量法测定葡萄酒中总二氧化硫含量[J/OL]. 食品与发酵工业, <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.018750>.
- Zhou X, Sun FF, Zhang LL, et al. Determination of total sulfur dioxide contained in grape wine by semi-microiodimetric analysis [J/OL]. Food and Fermentation Industries, <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.018750>.
- [58] 周石洋, 陈玲. 回流法测定食品中二氧化硫残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2011, 2(5): 235–238.
- Zhou SY, Chen L. Determination of sulfur dioxide residues in food by reflux method [J]. J Food Saf Qual, 2011, 2(5): 235–238.
- [59] 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 food [S].
- [60] GB/T 5009.34-2003 食品中亚硫酸盐的测定[S]. GB/T 5009.34-2003 Determination of sulphite in foods [S].
- [61] 王震. 食品中亚硫酸盐的使用及检测[J]. 现代食品, 2016, (24): 75–78.
- Wang Z. Use and detection of sulfites in foods [J]. Mod Food, 2016, (24): 75–78.
- [62] 许彩霞, 韦航, 李亦军, 等. “壶式”蒸馏-电位滴定法快速检测食品中二氧化硫含量[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2017, 33(1): 40–43.
- Xu CX, Wei H, Li YJ, et al. A Method of “Kettle Type” distillation-potentionmetric titration to fast determination of sulfur dioxide in foodstuffs [J]. J Fujian Normal Univ (Nat Sci Ed), 2017, 33(1): 40–43.
- [63] GB/T 15038-2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S]. GB/T 15038-2006 Analytical method of wine and fruit wine [S].
- [64] 邱宏, 钟汉杯, 胡黎黎. 改良碘量法测定葡萄酒中游离二氧化硫[J]. 预防医学情报杂志, 2018, 34(7): 915–917.
- Qiu H, Zhong HH, Hu LL. Determination of free sulfur dioxide in wine by improved iodimetric method [J]. Prev Med Inf, 2018, 34(7): 915–917.
- [65] 毛璇, 王娣, 张兰天, 等. 凯氏蒸馏-电子滴定器碘滴定法测定食品中的二氧化硫[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(5): 605–609.
- Mao L, Wang D, Zhang LT, et al. Detection and analysis of the residue of sulphur dioxide in food [J]. Chin J Food Hyg, 2016, 28(5): 605–609.
- [66] 陆阳. 利用凯氏蒸馏-自动电位滴定仪快速测定食用菌中二氧化硫含量[J]. 食品安全导刊, 2017, (28): 70–71.
- Lu Y. Rapid determination of sulfur dioxide content in edible fungi by kjeldahl distillation-automatic potentiometric titrator [J]. China Food Saf Mag, 2017, (28): 70–71.
- [67] 胡文敏, 罗佳琳, 陈科, 等. 全自动蒸馏仪蒸汽蒸馏与直火加热蒸馏测定二氧化硫的比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(12): 3016–3019.
- Hu WM, Luo JL, Chen K, et al. Comparison of automatic steam distillation and direct-fire heating distillation for determination of sulfur dioxide [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(12): 3016–3019.
- [68] 胡华英. 香菇中二氧化硫的快速测定方法[J]. 科技资讯, 2012, (26):

- 5-6.
- Hu HY. Rapid determination of sulfur dioxide in *Lentinus edodes* [J]. Sci Technol Inform, 2012, (26): 5-6.
- [69] 国家食品安全监督抽检实施细则(2018年版)[Z]. Rules for the implementation of national food safety supervision and sampling inspection (2018 edition) [Z].
- [70] NY/T 1435-2006 水果、蔬菜及其制品中二氧化硫总量的测定[S]. NY/T 1435-2006 Determination of total sulphur dioxide content-fruits, vegetable and derived products [S].
- [71] 中国药典 2015年版 第四部[S]. China pharmacopocia 2015 edition part 4 [S].
- [72] 谢卫祯. 食品中二氧化硫残留量检测的研究及分析[J]. 现代食品, 2017, (3): 115-117.
- Xie WZ. Detection and analysis of sulfur dioxide residues in food [J]. Mod Food, 2017, (3): 115-117.
- [73] 何吉子, 邵仕萍, 刘朝霞, 等. 坚果中二氧化硫残留量测定的方法选用[J]. 中国检验检疫, 2017, (4): 53-55, 31.
- He JZ, Shao SP, Liu ZX, et al. The method of determination of sulfur dioxide residue in nuts was selected [J]. China Inspect Body Lab, 2017, (4): 53-55, 31.
- [74] 谢嘉驰, 彭曦, 熊苏慧, 等. 优化比色法测定不同产地天花粉中二氧化硫残留量[J]. 中南药学, 2017, 15(4): 505-510.
- Xie JC, Peng X, Xiong SH, et al. Content determination of sulfur dioxide residue in trichosanthin from different areas by optimization colorimetric method [J]. Central South Pharm, 2017, 15(4): 505-510.
- [75] 王光培. 影响甲醛法测定二氧化硫标准曲线斜率的因素探讨[J]. 南方农机, 2017, (14): 67.
- Wang GP. Discussion on the factors influencing the slope of standard curve for determination of sulfur dioxide by formaldehyde method [J]. China Southern Agric Mach, 2017, (14): 67.
- [76] 罗波. 黄花菜中亚硫酸盐的测定[J]. 现代食品, 2016, (17): 103-106.
- Luo B. Determination of sulfite in daylily [J]. Mod Food, 2016, (17): 103-106.
- [77] 王刚, 贺东霞, 王丹, 等. 香菇中二氧化硫测定方法改进探索[J]. 农业机械, 2012, (15): 125-128.
- Wang G, He DX, Wang D, et al. An improved method for determination of sulfur dioxide in *Lentinus edodes* [J]. Farm Mach, 2012, (15): 125-128.
- [78] 阮小玲, 陈敬严. 甲醛缓冲液-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法测定二氧化硫注意事项[J]. 广东化工, 2017, 44(2): 112.
- Ruan XL, Chen JY. Determination of sulfur dioxide in the formaldehyde absorption-pararosaniline by spectrophotometry [J]. Guangdong Chem Ind, 2017, 44(2): 112.
- [79] 闵小珍. 食品中二氧化硫检测的若干问题探讨[J]. 现代食品, 2018, (6): 88-90.
- Min XZ. Discussion on some problems of detecting sulfur dioxide in food [J]. Mod Food, 2018, (6): 88-90.
- [80] 孙艳平, 李涛. 顶空气相色谱-火焰光度检测器检测山药中的二氧化硫[J]. 陕西医学杂志, 2010, 39(8): 1024-1025, 1040.
- Sun YP, Li T. Headspace gas chromatography-flame photometric detector for the determination of sulfur dioxide in yam [J]. Shaanxi Med J, 2010, 39(8): 1024-1025, 1040.
- [81] 朱自平, 郑向廷, 睢小军, 等. 顶空气相色谱法测定杏脯中二氧化硫[J]. 化学分析计量, 2016, 25(4): 61-63, 68.
- Zhu ZP, Zheng XT, Ju XJ, et al. Determination of sulfur dioxide residue in preserved apricots by headspace gas chromatography [J]. Chemometr Anal Meterage, 2016, 25(4): 61-63, 68.
- [82] SN/T 2918-2011 出口食品中亚硫酸盐的检测方法 离子色谱法[S]. SN/T 2918-2011 Determination of sulfite in food for export-Ion chromatography method [S].
- [83] 王伟, 吴应森, 张玉, 等. 基于离子色谱法的香菇中总 SO_2 的检测方法[J]. 浙江农业学报, 2010, 22(6): 790-794.
- Wang W, Wu YM, Zhang Y, et al. Detection of SO_2 in mushroom based on ion chromatography [J]. Acta Agric Zhejian Gensis, 2010, 22(6): 790-794.
- [84] 陆辰康, 滕根发, 虞雄华. 离子色谱法测定干货制品中的二氧化硫[J]. 化学世界, 2014, (1): 19-22.
- Lu CK, Teng GF, Yu XH. Determination of sulfur dioxide in dry cargo by ion chromatography [J]. Chem World, 2014, (1): 19-22.
- [85] 毛黎娟, 吴筱丹, 袁京群, 等. 氢氧化钠提取-离子色谱法检测蘑菇中的二氧化硫[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(2): 271-274.
- Mao LJ, Wu XD, Yuan JQ, et al. Sodium hydroxide extraction-ion chromatography for the determination of sulfur dioxide in mushrooms [J]. Zhejiang Agric Sci, 2017, 58(2): 271-274.
- [86] 徐慧, 沈文雯, 王柯, 等. 离子色谱法测定辣椒粉中的二氧化硫[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(4): 413-416.
- Xu H, Shen WW, Wang K, et al. The detection of sulfur dioxide in paprika by ion chromatography [J]. Chin J Food Hyg, 2015, 27(4): 413-416.
- [87] 杨娜, 张友青. 离子色谱法测定瓜子中的二氧化硫残留[J]. 分析仪器, 2017, (4): 71-74.
- Yang N, Zhang YQ. Determination of sulfur dioxide residues in melon seeds by ion chromatography [J]. Anal Instrum, 2017, (4): 71-74.
- [88] 马宇春. 离子色谱法检测干笋中的二氧化硫[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(15): 181-184.
- Ma YC. Determination of sulfur dioxide in dried bamboo shoots by ion chromatography [J]. Food Res Dev, 2017, 38(15): 181-184.
- [89] 张静, 马占玲, 汪莹, 等. 食品中亚硫酸盐的毒性和检测方法综述[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(8): 3211-3216.
- Zhang J, Ma ZL, Wang Y, et al. Review of the toxicity and determination methods of sulfite in food products [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(8): 3211-3216.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



覃志高, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向为食品安全检测与研究。
E-mail: nnqzg@163.com