

纤维原料聚乳酸用于食品接触产品的安全现状及监管风险控制

陈夫志^{1*}, 李 晓², 赵毓郎³, 金 良¹, 赵亚峰¹

(1. 苏州海关, 苏州 215000; 2. 苏州工业园区海关, 苏州 215000; 3. 苏州吴中区果蔬园艺站, 苏州 215000)

摘 要: 纤维原料聚乳酸由于使用原料为自然可再生的材料, 用聚乳酸生产的产品可在后期进行生物降解, 从原料到成品, 生产过程都是较为绿色环保的, 用途越来越广, 可作为纤维原料, 也可用作制造食品包装、食品接触产品的原料。由于聚乳酸制成的食品接触产品有可降解方面的优势, 在与食品接触方面的应用越来越多, 聚乳酸制可降解的餐具等日益成为人们日常生活的组成部分。聚乳酸制产品的日益流行, 要求此类产品的质量安全方面的管控更为精准有效。本文分析了聚乳酸产品的生产现状及成品销售过程中可能存在的产品质量安全风险问题, 对聚乳酸制食品接触产品的质量安全风险出现的关键环节进行分析, 对产品质量安全风险项目进行风险分析, 并提出对风险问题进行控制的方案方法, 对相关产品的生产企业的产品经营和质量安全的管控有较好的指导作用, 为产品的质量再提升有更强的警示意义, 为政府监管、企业生产以及市场和消费者了解相关产品的风险内容和控制提供可行性探讨, 提升产品的质量安全, 助力消费者进行市场监管, 提升产品的竞争力。

关键词: 纤维; 聚乳酸; 质量安全; 食品接触

Safety status and regulatory risk control of fiber material polylactic acid used in food contact products

CHEN Fu-Zhi^{1*}, LI Xiao², ZHAO Yu-Lang³, JIN Liang¹, ZHAO Ya-Feng¹

(1. Suzhou Customs, Suzhou 215000, China; 2. Suzhou Industrial Park Customs, Suzhou 215000, China; 3. Fruit and Vegetable Gardening Station, Wuzhong District, Suzhou 215000, China)

ABSTRACT: Since the raw material of polylactic acid is natural and renewable material, the products produced by polylactic acid can be biodegraded in the later stage. From raw material to finished product, the production process is relatively green and environmentally friendly, and it is used more and more widely. It can be used as fiber raw material, as well as raw material for manufacturing food packaging and food contact products. Food contact products made from polylactic acid have the advantage of being degradable and are being used more and more in contact with food. Polylactic acid is becoming an increasingly integral part of people's daily life. The increasing popularity of polylactic acid products requires more accurate and effective quality and safety control of such products. This paper analyzed the production status of polylactic acid products and the possible product quality and safety risks in the sales process of finished products, analyzed the key links of the quality and safety risks of polylactic acid food products, analyzed the risk of product quality and safety risks, and put forward the plan and method to control the risk

基金项目: 海关总署科研项目(2022HK044)

Fund: Supported by the Scientific Research Project of General Administration of Customs (2022HK044)

*通信作者: 陈夫志, 工程师, 主要研究方向为进出口消费品质量安全研究及检验监管。E-mail: nikochen2008@163.com

*Corresponding author: CHEN Fu-Zhi, Engineer, Suzhou Customs, Suzhou 215000, China. E-mail: nikochen2008@163.com

problems. It has a good guiding effect on the product operation and quality and safety control of relevant product manufacturers, and has a stronger warning significance for the further improvement of product quality. It also provides feasibility discussion for government supervision, enterprise production, market and consumers to understand the risk content and control of relevant products, improves product quality and safety, and helps consumers to carry out market supervision, enhance the competitiveness of products.

KEY WORDS: fiber; polylactic acid; quality and safety; food contact

0 引言

聚乳酸是一种新型的生物降解材料,其生产是利用可再生的植物资源(如玉米淀粉等)经过生物醇解而成^[1]。用聚乳酸原料可以制造成聚乳酸纤维用于纺织,也可以制造工程塑料或薄膜,聚乳酸材料具有较高的机械强度、良好的透气性和生物相容性,且可生物降解、易加工、节能、低毒,可用于食品包装材料^[2],也可以用以制造日常生活用品如:吸管、碗、杯子等餐具或与食品接触的包装产品。聚乳酸制品具有良好的生物可降解性,不污染环境,对保护环境非常有利,符合食品包装环保方面使用(reduce)、循环利用(reuse)、可回收(recycle)、可降解(degradable)^[3]的要求,符合当前建设环境友好型社会的发展要求。聚乳酸餐具或聚乳酸制与食品接触的相关产品(本文后面称为聚乳酸制品),已成为人们日常生活的重要组成部分,但该类产品还存在着一些质量安全问题需要加强质量安全的控制。

以聚乳酸为原料制成的餐具或与食品接触的相关产品从原材料的本身来说是安全的,聚乳酸产品的原料来源是纯自然产品,对人类的健康不存在危险,但由于聚乳酸产品的特性是耐热性能差、抗冲击性低等缺陷^[4],在生产过程中会加入一些添加剂或与其他物质混合生产合成的聚乳酸产品,这会将一些有毒有害物质混入聚乳酸材料中,而使得聚乳酸制品含有对人体健康产生危害的物质。本文通过查阅资料,进行研究及考察跟踪,提出对聚乳酸制食品接触产品的一些风险控制点,以期今后的产品生产企业、监管机构和消费者提供参考,为控制提升聚乳酸制食品接触产品的质量安全,减少该类产品对人体的安全隐患,使产品的安全性更加可靠提供探索和借鉴。

1 聚乳酸的生产现状

1.1 国外聚乳酸生产的由来及现状

聚乳酸的生产是通过人工合成制得,将玉米、薯类等淀粉原料或桔杆、稻草等原料通过发酵而得到聚乳酸原料六碳糖或五碳糖,将六碳糖或五碳糖进行生物发酵而得到乳酸,然后经过化学合成得到高纯度聚乳酸^[5]。目前通用的方法为先制备出丙交酯,然后将纯化好的丙交酯进行开环聚合,从而得到了高分子量的聚乳酸^[6],聚乳酸作为一种高分子聚合物材料经过加工可生产为聚乳酸纤维、聚乳

酸工程塑料、聚乳酸制日用品、餐具等产品,由于产品的可降解性被作为优质的塑料进行广泛开发应用。聚乳酸产品的制作生产示意图见图1。

1.2 国内聚乳酸生产的由来及现状

我国聚乳酸产品的生产起步比较晚,2000年左右才开始研发聚乳酸的生产技术^[7],中国科学院长春应用化学研究所是我国引领聚乳酸产品生产先行者,通过引进消化吸收,该公司对聚乳酸的生产的反应条件和工艺进行探索,有效地开发了具有自主知识产权、用于低乳酸裂解制备的相关技术^[8]。

目前,我国聚乳酸的生产和产品的开发正在蓬勃发展中,2019年以前,国内未能攻克关键中间体技术,且无终端消费市场,企业主要承担聚乳酸制品加工环节,需进口聚乳酸树脂制成终端产品后出口至欧美等发达区域。随着国内企业陆续打通聚乳酸全产业链,以及“限塑禁塑”的稳步推进,2018—2022年,中国聚乳酸表观消费量年复合增长率达34.9%^[9]。

通过生产技术的不断改进和提高,聚乳酸产品性能已经较为安全、稳定可靠,聚乳酸类餐具和食品包装材料的应用也越来越多,还可作为为食品提供抗氧化剂、抗菌或抗真菌保护的活性包装材料^[10]。现在已有多种纳米材料用于聚乳酸的改性,纳米纤维素具有可回收利用、可表面化学改性、生物相容性好、热性能、力学性能、阻隔性能好的优点,有效地改进聚乳酸产品的性能^[11-12],还有用来增强聚乳酸特殊功能的纳米填料使其具有的良好生物相容性,产品的重要性和功能性进一步增强,使产品的应用不断拓展。

1.3 环保要求及聚乳酸产品的行业发展前景

现在,塑料已被广泛使用,塑料制品使用后,除了部分被回收外,剩余的被焚烧或填埋于土壤中,还有部分废弃在湖、海等水体环境中^[13],而大多数塑料在土壤或水环境中极难被微生物所降解,如聚乙烯(polyethylene, PE)和聚对苯二甲酸乙二醇酯(polyethylene terephthalate, PET)在土壤中的降解周期可长达数百年^[14-15],严重影响环境的安全,对环境造成巨大压力。鉴于当前对环境保护的重视,近些年越来越多的研究将可生物降解材料应用到食品包装上^[16]。据国际能源署(International Energy Agency, IEA)统计数据,已有60多个国家实行对一次性塑料实施禁令或征税,欧盟、美国和中国等主要经济体甚至开始将“限塑令”升级成“禁塑令”^[17]。

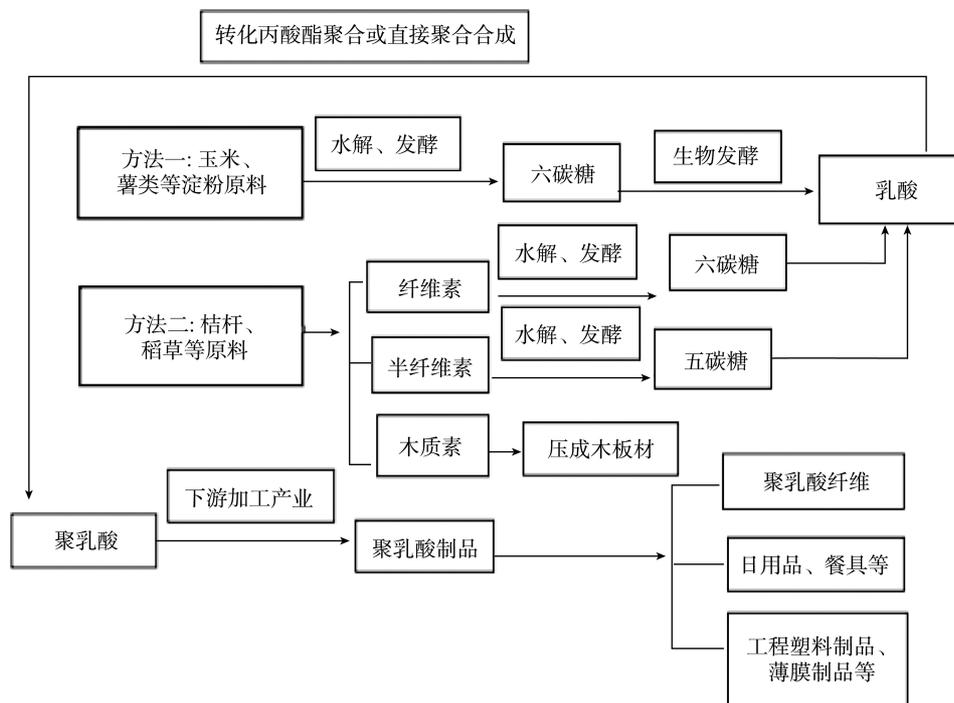


图 1 聚乳酸制品生产示意图

Fig.1 Production diagram of polylactic acid products

2020年1月,我国发布了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》,到2020年底,将在部分地区、部分领域禁止、限制不可降解塑料的使用,同年7月《关于扎实推进塑料污染治理工作的通知》,详细界定禁、限塑管理的细化标准^[18],对部分不可降解塑料进行有序禁止和限制。各国都在限制或禁止使用塑料产品,并寻求可替代的环保可降解材料,人们的环保意识越来越强,人们对可生物降解的聚乳酸越来越重视,根据聚乳酸的特性,开发了很多产品,应用在生物医学、食品包装领域中^[19]。在“禁限塑”政策的不断加持下,聚乳酸制成的餐具产品由于来源于自然材料,安全无毒,不会分解为双酚A,产品也不含增塑剂,最后可自然降解,非常环保,是替代传统的密胺产品、石油基塑料产品^[20]等传统塑料餐具产品的好材料。聚乳酸下游产品的应用愈发多样化,利用新工艺制备环境友好型产品等方面具有良好的发展前景^[21],很多的聚乳酸产品的汤勺、杯子等与食品接触的餐具、食品包装类产品以及一次性使用食品接触产品被开发应用。预计中国聚乳酸表观消费量仍将保持高速增长。随着国家产业政策的调整以及人们环保意识提高,消费市场对环境可降解的聚乳酸制品的需求要求越来越广泛,我国《“十四五”工业绿色发展规划》已将聚乳酸列为工业碳达峰推进工程的绿色低碳材料推广对象。

2 聚乳酸制品用于食品接触类产品的安全现状

聚乳酸制产品用于食品接触产品主要是餐具类等聚乳酸制日用品和食品包装类产品。现在聚乳酸制日用品已开始

走进人们的生活,很多以玉米类为原料生产的聚乳酸餐具被称为“网红餐具”,但该产品还是存在一定的安全风险,由于聚乳酸产品为新发展产品,对该类产品的检测普及率较低,广大消费者对此还没有足够的关注。收集到最近两年国内曝光的聚乳酸制与食品接触产品的不合格风险,基本在产品的耐断裂性能、标识标签、生物降解性能等方面,生物降解性能和耐断裂性能不合格出现的概率比较高,高锰酸钾消耗量和总迁移量不合格也时有发生。详见表1(表格中的市监局是指各省或直辖市市场监督管理局)。

2.1 产品存在不耐热、易脆易碎的问题

聚乳酸制品由于其是由淀粉发酵转化而来,不耐高温、易脆变,决定了该类加工成餐具、食品包装,盛装温度较高的食品时会容易撕裂或变形^[28]。

以乳酸为单体,聚合而成的,工业化的聚乳酸根据聚乳酸单体的含量分为高、中、低光学纯度的聚乳酸,中、低光学纯度的聚乳酸熔点在 160°C 以下,热变形温度在约 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$,主要应用在一次性的日用品制品,不耐热不耐紫外线,是聚乳酸这类生物材料的痛点,普通聚乳酸原料加工而成的餐具不耐高温,使用时需要注意避免微波炉等高温加热产生餐具变形、材质变脆的风险。生产工艺通过不断改进和完善通过后期改性的高光学纯度的聚乳酸,可改变聚乳酸制品的耐热性,提高聚乳酸制品的耐水解和耐老化性能,使聚乳酸制品具备一定的使用寿命和耐久性^[29],其熔点,在约 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$,热变形温度在约 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$,目前,应用生物相容性增塑剂,用聚乙二醇(polyethylene

表 1 近两年我国曝光的不合格聚乳酸制品情况

Table 1 Situation of unqualified polylactic acid products exposed in our country in recent two years

时间	监管单位	抽检总批次	不合格批次	不合格率/%	主要不合格原因	参考文献
2022	海南省市监局	80	22	27.5	生物降解性能、耐断裂性等	[22]
2022	广东省市监局	40	1	2.5	总迁移量(4%乙酸)	[23]
2022	上海市市监局	20	1	5.0	高锰酸钾消耗量	[24]
2021	海南省市监局	80	19	23.75	耐断裂性能、高锰酸钾消耗量	[25]
2021	吉林省市监局	49	13	26.5	生物降解性能	[26]
2021	浙江省市监局	11	11	9.1	标识、总迁移量(50%乙醇 4%乙酸)	[27]

glycol, PEG)、聚丙二醇(polypropylene glycol, PPG)、柠檬酸酯类等高分子类增塑剂,来提高聚乳酸的柔韧性^[30]。对突破聚乳酸产品的技术瓶颈问题,用于某些独特的功能或大幅度提升其综合性能,冲击强度都有了较大的提高。

我国现在还没有专门针对聚乳酸产品制定产品标准,但有行业标准 QB/T 5415—2019《聚乳酸注塑餐具》,该标准规定,聚乳酸餐具产品标识应注明使用温度(冷餐具适温-20~50°C、热餐具适温-20~100°C)、保质期(生物降解材料制品性能随时间下降),为避免消费者在购买和使用此类产品时,对产品的误用风险而带来的意外损失和伤害。正如宜家(中国)投资有限公司召回 1.7 万件聚乳酸制餐具^[31],内容涉及到聚乳酸产品存在的安全隐患问题,产品存在的易破裂风险,究其原因还是生产过程控制和产品设计方面的问题,没有能够对产品的预期使用进行安全风险评估,最后造成产品安全风险。说明聚乳酸制餐具在这方面还是存在耐用性和耐高温性的安全隐患,需要加以控制。

2.2 产品存在标签标识不规范的问题

目前市场上销售的聚乳酸制餐具产品,有很大一部分是聚乳酸产品混合密胺等其他塑料产品,该类产品由于混合的物质可能不符合国家标准要求,有些混入的塑料可能本身就含有其他有毒有害物质,在与食品接触时迁移到食品中,另外含有密胺的产品也会产生三聚氰胺迁移量超标的问题;聚乳酸与其他塑料混合还会造成产品的最后处理问题,在生物降解的过程中难以彻底降解,引起环境的污染。产品信息标注不完整可能涉及产品的追溯性与合规性无法保证^[32],引起消费者的使用混乱,产品的成分标准不规范,有些产品在标识说明上没有将产品的含有其他塑料原料的成分含量标出,笼统的标注为可降解的塑料等内容。在使用说明上有标识标注可使用微波,注明餐具使用最高温度;有的标识不注明使用温度、注意事项等,这会导致最终产品的误用,需要消费者对其进行甄别使用,要仔细查看产品的使用说明或注意事项。2016 年吉林省质量技术监督局(现在名称变更为市场监督管理局)曾对可降解聚乳酸制品进行专项抽查,不合格 11 批次,标识不合格或含量与标识不符的由 8 批^[33],占不合格数量的 72%,可见标识问题是需要加强监督、监控和监管。

2.3 改性添加剂的使用导致产品存在安全风险

聚乳酸餐具及与食品接触的包装类产品发生耐断裂性能不合格的概率比较高(如表 1 所示),原因是产品通过后期改性,使得聚乳酸具备某些独特的功能或大幅度提升其综合性能,使聚乳酸制品力学强度也有较大的提升^[34],提高了其耐热性和强度,提高产品质量,以及减少食品包装等产品对环境的负面影响等^[35],可能会存在改性不达标或其他(改性剂使用)问题,不管是耐断裂性能还是重金属迁移等问题,都与改性生产过程有关。聚乳酸的改性有:物理改性^[36-37]、化学改性^[38-40]、酶法改性^[41-42]及复合改性^[43]等。目前工业生产聚乳酸在生产过程中使用金属催化剂^[44]的情况比较普遍,主要是进行丙交酯的配位,在插入聚合机制是丙交酯环上的羰基氧与引发剂中的金属产生配位,然后丙交酯的酰氧键插入到配位键上,使酰氧键断裂开环进行链增长^[45];插入聚合的引发剂通常是具有 p、d、f 空轨道的金属(锡、钛、铝、锌)的醇盐或羧酸盐,也可以是稀土金属的醇盐^[46];插入聚合最有效的催化剂是金属有机化合物^[47-48],如锡、铝、锌、铋和钇等金属的烷基化合物^[49],广泛用于工业聚乳酸的生产。这些聚乳酸的改性添加剂使得运用聚乳酸材料制成的餐具或食品包装产品带有重金属,聚乳酸产品的重金属来源还有一部分使原材料代入,由于不同土壤环境中金属离子的差异,特别是受到砷、镉、铬、铅等重金属污染的土壤,使得植物中存在着复杂的金属离子^[50],因此,以植物纤维或淀粉为原料的产品容易在原料环节引入砷、铅、镉等重金属元素^[51],生产过程中使用的原料、原料添加剂等物质会影响产品的质量^[52],在实际生产过程中也可能会有不法企业使用不符合食品安全的基体及五氯苯酚等添加剂,在与食品接触的过程中容易迁移到盛装的食品中,从而造成食品污染。通过实验室检测也常有发现聚乳酸制的食品接触产品在铅等重金属溶出量方面的项目不符合我国 GB 4686.6 标准的问题。可降解的餐具也可能由原料等因素在一定的条件下因氧化导致高锰酸钾消耗量增大^[53]。另外,有研究表明当聚乳酸薄膜中钙含量过高时,钙向 95%乙醇中的总迁移量也会超过限量,随着薄膜中钙含量的增加,钙向食品模拟物中的迁移量和迁移率均增加^[54]。

品质合格的添加剂成分本身在合格的规程下添加对人体是比较安全的,但在对聚乳酸产品改进生产过程中的加入的改性添加剂过量的问题,或是生产过程中金属催化剂的过度使用容易过度导致溢出,2021年,浙江省市场监督管理局对纸吸管、聚乳酸吸管产品2种产品开展质量监督抽查,聚乳酸产品不合格项目涉及标签标识、总迁移量(50%乙醇、4%乙酸)等项目(见表1)^[27],这也是一个质量安全的控制要点。

3 聚乳酸制食品接触产品的安全管理控制

政府监管部门应根据国外发达国家的聚乳酸方面的研究现状,结合我国聚乳酸制食品接触产品的基本概况、发展情况以及标准和检验监管情况,分析存在的问题的原因,让相关企业充分借鉴国外监管经验,对聚乳酸制食品接触类产品进行风险评估,控制产品的质量安全,也让消费者更为精确的了解到相关的信息,保障消费者的权益。

3.1 对产品的风险可能发生项目进行安全评估,控制产品添加剂的使用

聚乳酸制食品接触产品在生产过程中由于加入重金属催化剂,而造成该类产品的重金属释放,影响产品安全,应对聚乳酸产品制造过程中的金属催化剂使用情况加以评估。对产品生产的供应链进行追溯和一致性评估,以此了解和控制在生产过程中的金属催化剂的使用情况,防止产品因此项目出现安全风险。近年来研究人员致力于开发非金属催化剂,研究发现,酶(如念珠菌脂肪酶^[55-56]、洋葱伯克霍尔德菌脂肪酶^[57])、非金属有机化合物(如氮杂环卡宾、芳基取代的膦胺^[58]、仿生化合物胍和脒等^[59])均可作为丙交酯开环聚合的催化剂。这些非金属催化剂是聚乳酸产品在工业化应用方面的尝试,避免了金属催化剂的不利影响,有利于保障聚乳酸产品的质量安全。政府需要加强引导和支持提供政策支持,促使企业应用更为环保的非金属催化剂等技术开发更为安全的产品。

产品的风险评估及安全控制应将是否含有金属的催化剂作为产品风险安全的评估项目监控的重点项目,根据金属催化剂的使用情况进行安全风险检测和监控,以防产品生产过程中,过度使用添加剂的问题,控制产品质量安全。

3.2 对聚乳酸制品的使用原料进行安全风险监控

企业要严把原辅材料,对原辅材料进行严格的检测,对原辅材料供应方生产的关键工序进行监督,建立供应商的监控考核制度,对质量控制不力的供应商坚决弃用,严把原辅材料控制关,对聚乳酸制品使用的原料安全进行控制,既需要评估和控制产品中使用可降解原料的成分含量,也需要对产品的原料建立溯源机制。控制产品改性剂和增塑剂的添加,避免造成增塑剂等变性添加剂的滥用或误用。增塑剂的使用为了改变产品的可塑性,在塑料产品中

使用较为普遍,改变材料本身的部分性能,聚乳酸基复合材料制食品接触餐品由于增加了增塑剂,增加延展性和改善加工性^[60],增塑剂的使用可能造成产品无法完全降解,给聚乳酸制品带来致命的缺陷或对人体健康带来风险。一些高迁移性的增塑剂严重威胁着人体健康^[61],已经是一个公认的事实,因此,聚乳酸制品在生产过程中还应减少增塑剂的使用,要摒弃需要添加增塑剂的聚乳酸基复合材料用于生产食品接触产品。

3.3 对产品的生产过程进行监控,加强生产过程中的监测

目前聚乳酸制品的成分含量不一导致有些产品因聚乳酸的成分含量高低不同,而造成最终产品的可降解程度不一,有些产品不能够完全充分降解,因此,需要加强对原料的控制和管理,提高产品的降解效率。现在对聚乳酸制食品接触材料的可降解率检测控制较少,这也与检测方法有关。目前流行的检测方法是同位素法和间接法测定降解率,两种方法各有不足。间接法测定降解率,虽然有国家标准,但实际开展测试的机构很少。同位素法测试比较直观易控,但是无法评估生物材料实际降解性^[44]。因此,需要对产品设计、生产、成品一致性要求进行控制,还需要评估和控制产品检测过程中使用的方法标精准,以便更为准确的在生产过程中发现产品是否存在生产不符合要求的问题并根据情况在生产过程中及时调整材料的使用,调高产品中可降解成分的占比,减少不可降解添加物质的添加,控制产品的量安全,减少环境污染。另外,需要加强自身实验室建设,加强对关键岗位、关键人员的培训,加大培训力度,广泛的培训,提高人员质量管理能力和质量风险的敏感度,促进产品的质量安全管控能力的提高。

3.4 防范聚乳酸制食品接触餐品的产品标签标识的滥用

聚乳酸制产品由于归类到塑料产品中,以GB 4806.6—2016《食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂》及GB 4806.1—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求》两个标准作为安全标准,缺乏专门针对聚乳酸制品的产品标准,国家标准中也没有具体针对聚乳酸制品食品接触产品的安全要求进行特别说明,但标准中对产品的标签内容要求标出产品的成分、名称等项目,并且行业标准QB/T 5415—2019《聚乳酸注塑餐具》规定的更为具体明确,应该在该类产品生产的过程中对标签进行仔细的审查,确保产品原料、使用说明等内容与实际材质相符,避免错误内容,确保此类产品标签内容符合要求,可以让消费者更为精准的得到产品有效信息,指导消费者正确使用,从而确保产品安全。

监管部门也应该加强监督和引导,加强标识的审查,避免出现产品的标签误导消费者的行为和欺骗行为,从生

产、存储、物流和销售等环节进行监督和管控,对不规范的行为加强引导,对涉嫌欺诈消费者的行为进行严厉打击,杜绝出现产品标签的滥用情况,建立起原材料可查、质量可靠、风险可控、产品可溯源的标签管控制度。

4 结 语

聚乳酸制品的生产需要加强对产品的风险评估,通过对产品的风险发生的可能性、发生的条件影响以及风险发生所产生后果的严重程度,进行风险评价和评估,评估的结果应当更客观,更接近于实际情况,通过对聚乳酸制品的风险项目的监控评价出更为有可能发生的风险控制点进行有针对性的监控,从而有效地控制产品的质量安全。注重风险分析,提高抽查针对性,随着科技的进步和生产工艺的创新,越来越多的新型材质被运用于食品接触产品的生产加工过程中,但与此同时,我国对于食品接触产品相关的国家安全标准的制定和更新却明显滞后,这就给进口食品接触产品的检验监管工作带来极大困扰。

总之,要从检验手段、生产控制、材料监控、成品的防护等多方面入手,将聚乳酸制食品接触材料产品的相关风险点进行评估,控制关键环节,对该类产品进行重点风险监控,使对产品的管控更具有针对性,让相关生产企业充分了解产品风险,对风险产生的关键环节进行精准监控,及时处理,避免产品的风险流向下一环节,减少风险发生的可能性。探索建立风险评估、监督抽检、合格评定、分级监管产品管控制度和管理体系。积极探索以“风险监测与评估”为手段,严格落实到生产或经营企业的产品质量过程中去,从而提供给消费者质量安全可靠、使用放心的聚乳酸制品。

参考文献

- [1] 徐文华, 杨智韬, 殷小春, 等. 拉伸形变作用下 PLA/PBS 增韧共混物力学性能研究[J]. 中国塑料, 2016, 30(1): 34-38.
XU WH, YANG ZT, YIN XC, *et al.* Study on mechanical properties of PLA/PBS toughened blends under tensile deformation [J]. China Plast, 2016, 30(1): 34-38.
- [2] 阙丽红, 刘开明, 宏万里. 生物降解材料 PLA 的制备和聚乳酸薄膜应用研究[J]. 农业技术与装备, 2022, 10: 79-83.
KAN LH, LIU KM, HONG WL. Preparation of biodegradable material PLA and application of polylactic acid film [J]. Agric Technol Equip, 2022, 10: 79-83.
- [3] 段瑞侠, 刘文涛, 陈金周, 等. 包装用聚乳酸的改性研究进展[J]. 包装工程, 2019, 40(5): 109-116.
DUN RX, LIU WT, CHEN JZ, *et al.* Research progress in the modification of polylactic acid for packaging [J]. Packag Eng, 2019, 40(5): 109-116.
- [4] 郑雨欣, 黄兆阁. 聚乳酸及其共混物流变性能研究进展[J]. 上海塑料, 2022, 5(6): 6-12.
ZHENG YX, HUANG ZG. Research progress of polylactic acid and its blends [J]. Shanghai Plast, 2022, 5(6): 6-12.
- [5] 曹燕琳, 尹静波, 颜世峰. 生物可降解聚乳酸的改性及其应用研究进展[J]. 高分子通报, 2006, 10: 90-97.
CAO YL, YIN JB, YAN SF. Research progress in the modification and application of biodegradable polylactic acid [J]. Polymer Bull, 2006, 10: 90-97.
- [6] 王跃, 江洪波, 陈大明. 聚乳酸技术与市场现状及发展趋势分析[J]. 生物产业技术, 2017, 6: 17-22.
WANG Y, JIANG HB, CHEN DM. Polylactic acid technology and market status and development trend analysis [J]. Biotechnol Bus, 2017, 6: 17-22.
- [7] 白琼琼, 文美莲, 李增俊, 等. 聚乳酸纤维的国内外研发现状及发展方向[J]. 毛纺科技, 2017, 45(2): 64-68.
BAI QQ, WEN ML, LI ZJ, *et al.* Research status and development direction of polylactic acid fiber at home and abroad [J]. Wool Text Sci Technol, 2017, 45(2): 64-68.
- [8] 亦名. 中国科学院长春应用化学研究所的引智项目——新一代聚乳酸生物化学组合合成技术[J]. 劳动保障世界, 2016, 27: 8
YI M. Introduction project of changchun Institute of applied chemistry, Chinese Academy of Sciences--New generation of polylactic acid biochemical synthesis technology [J]. Lab Secur World, 2016, 27: 8.
- [9] 中研网信息. 聚乳酸行业分析, 聚乳酸行业发展前景[EB/OL]. [2022-04-24]. <https://www.chinairm.com/scfx/20220414/145718153.shtml> [2023-03-29].
China research network information. Analysis of polylactic acid industry, polylactic acid industry development prospects [EB/OL]. [2022-04-24]. <https://www.chinairm.com/scfx/20220414/145718153.shtml> [2023-03-29].
- [10] TOPUZ F, UYAR T. Antioxidant, antibacterial and antifungal electrospun nanofibers for food packaging applications [J]. Food Res Int, 2020, 130: 108927.
- [11] 刘文涛, 徐冠桦, 段瑞侠, 等. 聚乳酸改性与应用研究综述[J]. 包装学报, 2021, 13(2): 3-13.
LIU WT, XU GH, DUAN RX, *et al.* Review on modification and application of poly lactic acid [J]. Packag J, 2021, 13(2): 3-13.
- [12] LI CX, SUN C, WANG CY, *et al.* Cellulose nanocrystal reinforced poly(lactic acid) nanocomposites prepared by a solution precipitation approach [J]. Cellulose, 2020, 27(13): 7489-7502.
- [13] 朱振林, 王松林, 姜冰雪, 等. 聚酯生物降解及评价方法研究[J]. 化工学报, 2022, 73(1): 110-121.
ZHU ZL, WANG SL, JIANG BX, *et al.* Study on biodegradation and evaluation methods of polyester [J]. J Chem Eng, 2022, 73(1): 110-121.
- [14] 王松林, 吴海强, 姜冰雪, 等. 聚酯链结构定制及其构效关系[J]. 化工学报, 2021, 72(2): 852-862.
WANG SL, WU HQ, JIANG BX, *et al.* Structural customization of polyester chain and its structure-activity relationship [J]. J Chem Eng, 2021, 72(2): 852-862.
- [15] TANIGUCHI I, YOSHIDA S, HIRAGA K, *et al.* Biodegradation of PET: Current status and application aspects [J]. ACS Catal, 2019, 9(5): 4089-4105.
- [16] MUTHURA JR, MISRA M, MOHANTY AK. Biodegradable compatibilized polymer blends for packaging applications: A literature review [J]. J Appl Polym Sci, 2018, 135(24): 45726.
- [17] 人民网信息. 新版“限塑令”来了! [EB/OL]. [2020-01-20]. <http://cq.people.com.cn/n2/2020/0120/c367668-33731821.html> [2020-03-28].
People's Daily Online Information. The new version of the "plastic restriction order" is coming! [EB/OL]. [2020-01-20]. <http://cq.people.com.cn/n2/2020/0120/c367668-33731821.html> [2020-03-28].
- [18] 陈昭辉, 李涛. 生物降解塑料的产业现状及其发展前景[J]. 现代塑料加工应用, 2020, 32(2): 50-54.
CHEN ZH, LI T. Industry status and development prospect of

- biodegradable plastics [J]. *Mod Plast Process Appl*, 2020, 32(2): 50–54.
- [19] 马喜峰. 乳酸的改性及应用研究进展[J]. *化学与粘合*, 2021, 43(6): 473–484.
- MA XF. Research progress in modification and application of lactic acid [J]. *Chem Adhes*, 2021, 43(6): 473–484.
- [20] STANDAU T, ZHAO C, MURILLO CS, *et al.* Chemical modification and foam processing of polylactide (PLA) [J]. *Polymers*, 2019, 11(2): 1–38.
- [21] 王梦军, 年琳玉, 曹崇江. 功能性食品包装材料的研究进展及发展趋势[J]. *包装工程*, 2020, 4: 65–75.
- WANG MJ, NIAN LY, CAO CJ. Research progress and development trend of functional food packaging materials [J]. *Packag Eng*, 2020, 4: 65–75.
- [22] 海南省市场监督管理局信息. 2022 年海南省全生物降解塑料制品产品质量监督抽查结果[EB/OL]. [2023-03-14]. <https://amr.hainan.gov.cn/zw/zlcc/202303/P02023031455> [2023-04-07].
- Information of Hainan Provincial Market Supervision Administration. Product quality supervision and test results of whole biodegradable plastic products in Hainan Province in 2022 [EB/OL]. [2023-03-14]. <https://amr.hainan.gov.cn/zw/zlcc/202303/P02023031455> [2023-04-07].
- [23] 中国质量新闻网公告. 广东省市场监督管理局抽检 40 批次吸管(纸吸管、可降解吸管)1 批次不合格[EB/OL]. [2023-02-08]. https://www.cqn.com.cn/ms/content/2023-02/08/content_8906722.htm [2023-04-07].
- China Quality News Network Announcement. Guangdong Market Supervision Administration random inspection 40 batches of straws (paper straws, degradable straws) 1 batch unqualified [EB/OL]. [2023-02-08]. https://www.cqn.com.cn/ms/content/2023-02/08/content_8906722.htm [2023-04-07].
- [24] 中国质量新闻网公告. 2022 年上海市产品质量监督抽查结果公布[EB/OL]. [2023-03-30]. https://www.cqn.com.cn/ms/content/2023-03/30/content_8923988.htm [2023-04-07].
- China Quality News Network announcement. The results of the 2022 Shanghai product Quality supervision and inspection were released [EB/OL]. [2023-03-30]. https://www.cqn.com.cn/ms/content/2023-03/30/content_8923988.htm [2023-04-07].
- [25] 海南省市场监督管理局信息. 2021 年海南省生物降解塑料制品产品质量专项监督抽查[EB/OL]. [2022-10-13]. https://amr.hainan.gov.cn/zw/zlcc/202203/t0220309_3152842.html [2023-04-07].
- Information of Market Supervision Administration of Hainan Province. 2021 Hainan Province biodegradable plastic products quality special supervision spot inspection [EB/OL]. [2022-10-13]. https://amr.hainan.gov.cn/zw/zlcc/202203/t0220309_3152842.html [2023-04-07].
- [26] 中国质量新闻网公告. 吉林省 2021 年一次性塑料购物袋等 2 种产品质量监督抽查结果信息通告[EB/OL]. [2022-07-06]. https://www.cqn.com.cn/ms/content/2022-07/06/content_8840697.htm [2023-04-07].
- China Quality News Network Announcement. Jilin Province 2021 disposable plastic shopping bags and other 2 kinds of product quality supervision spot check information notice [EB/OL]. [2022-07-06]. https://www.cqn.com.cn/ms/content/2022-07/06/content_8840697.htm [2023-04-07].
- [27] 浙江市场监督局通告. 关于 2021 年度纸吸管、聚乳酸(PLA)吸管产品质量专项监督抽查情况的通报[EB/OL]. [2021-09-18]. http://zjamr.zj.gov.cn/art/2021/9/18/art_1229003250_59005032.html [2023-04-01].
- Notice of Zhejiang Market Supervision Bureau. Notice on 2021 paper straw, polylactic acid (PLA) straw product quality special supervision and sampling inspection [EB/OL]. [2021-09-18]. http://zjamr.zj.gov.cn/art/2021/9/18/art_1229003250_59005032.html [2023-04-01].
- [28] 罗兰芳, 邓舟羽, 叶宁, 等. 生物降解塑料产业发展路径研究[J]. *科技和产业*, 2020, 20(5): 62–66.
- LUO LF, DENG ZY, YE N, *et al.* Research on the development path of biodegradable plastics industry [J]. *Sci Technol Ind*, 2020, 20(5): 62–66.
- [29] 甄光明. 聚乳酸取代美耐皿餐具的新技术突破[J]. *上海商业*, 2016, 8: 22–26.
- ZHEN GM. The new technology of polylactic acid replacing melamine tableware broke through [J]. *Shanghai Commer*, 2016, 8: 22–26.
- [30] 王赫, 王洪杰, 赵远航, 等. 生物基聚乳酸材料改性研究进展[J]. *塑料工业*, 2022, 4: 17–22.
- WANG H, WANG HJ, ZHAO YH, *et al.* Research progress on modification of biomass-based polylactic acid materials [J]. *Plast Ind*, 2022, 4: 17–22.
- [31] 中国新闻周刊. 宜家召回 17 万件缺陷餐具, 质量问题为何频发?[EB/OL]. [2021-06-08]. <https://finance.sina.cn/tech/2021-06-08/detail-ikqiyzi8473454.d.html> [2023-03-14].
- China Newsweek. IKEA recalled 170000 defective tableware. Why do quality problems occur frequently? [EB/OL]. [2021-06-08]. <https://finance.sina.cn/tech/2021-06-08/detail-ikqiyzi8473454.d.html> [2023-03-14].
- [32] 张丽媛, 刘峻, 章若红. 食品接触产品标签标识监管现状与常见问题分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(13): 5100–5105.
- ZHANG LY, LIU J, ZHANG RH. Analysis of supervision status and common problems of food contact product labeling [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(13): 5100–5105.
- [33] 中国质量新闻网通告. 吉林省质监局抽查 45 批次可降解聚乳酸制品, 不合格 11 批次[EB/OL]. [2016-09-02]. https://m.cqn.com.cn/ms/content/2016-09/02/content_3356707.htm [2023-03-30].
- Notice of China Quality News Network. Jilin Provincial Quality Supervision Bureau selected 45 batches of degradable polylactic acid products, unqualified batch 11 [EB/OL]. [2016-09-02]. https://m.cqn.com.cn/ms/content/2016-09/02/content_3356707.htm [2023-03-30].
- [34] 李昌奎, 孙东升, 冯仁仁, 等. 改性密胺树脂-纤维素复合纤维制备及性能[J]. *针织工业*, 2021, 12: 25–28.
- LI CL, SUN DS, FENG RR, *et al.* Preparation and properties of modified melamine resin-cellulose composite fiber [J]. *Knit Ind*, 2021, 12: 25–28.
- [35] EMANUEL N, SANDHU HK. Food packaging development: Recent perspective [J]. *J Thin Films, Coat Sci Technol Appl*, 2020, 6(3): 13–29.
- [36] ALCAZAR-ALAYS C, MEIRELES AA. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources [J]. *Food Sci Technol*, 2015, 35(2): 215–236.
- [37] DIN ZU, XIONG HG, FEI P. Physical and chemical modification of starches: A review [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2015, 57(12): 2691–2705.
- [38] PUNIA S. Barley starch modifications: Physical, chemical and enzymatic-A review [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 144: 578–585.
- [39] DEY A, SIT N. Modification of foxtail millet starch by combining physical, chemical and enzymatic methods [J]. *Int J Biol Macromol*, 2016, 95: 314–320.
- [40] OJOGBO E, OGUNSONA EO, MEKONNEN TH. Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials [J]. *Mater Today Sustain*, 2020, 7/8: 1–78.
- [41] LIL L, SUL Q, HU F, *et al.* Recombinant expression and characterization of the glycogen branching enzyme from *Vibrio vulnificus* and its application in starch modification [J]. *Inte J Biol Macromol*, 2019, 155: 987–994.
- [42] GUO L, TAO HT, CUI B. *et al.* The effects of sequential enzyme modifications on structural and physicochemical properties of sweet potato starch granules [J]. *Food Chem*, 2018, 277(2): 504–514.
- [43] XIE Y, LI MN, CHEN HQ, *et al.* Effects of the combination of repeated

- heat-moisture treatment and compound enzymes hydrolysis on the structural and physicochemical properties of porous wheat starch [J]. *Food Chem*, 2019, 274: 351–359.
- [44] 辛颖, 王天成, 金书含, 等. 聚乳酸市场现状及合成技术进展[J]. *现代化工*, 2020, 10: 71–74.
XIN Y, WANG TC, JIN SH, *et al.* Present market situation and synthesis technology advances of PLA [J]. *Mod Chem Ind*, 2020, 10: 71–78.
- [45] 张龙翼, 晏宸然, 张嵩, 等. 聚乳酸的合成方法及其应用[J]. *农产品加工*, 2018, (5): 63–66.
ZHANG LY, YAN CR, ZHANG D, *et al.* Synthesis and application of polylactic acid [J]. *Agric Prod Process*, 2018, (5): 63–66.
- [46] 刘辉. 高分子量聚乳酸的合成、改性及性能研究[D]. 郑州: 中原工学院, 2016.
LIU H. Study on synthesis, modification and properties of high molecular weight polylactic acid [D]. Zhengzhou: Zhongyuan University of Technology, 2016.
- [47] HU JJ. Research progress in polylactic acid synthesis [J]. *Chem Ind Eng Progress*, 2012, 31(12): 2724–2728.
- [48] 詹世平, 万泽韬, 王景昌, 等. 生物医用材料聚乳酸的合成及其改性研究进展[J]. *化工进展*, 2020, 39(1): 199–205.
ZHAN SP, WAN ZT, WANG JC, *et al.* Research progress in synthesis and modification of biomedical material polylactic acid [J]. *Progress Chem Ind*, 2020, 39(1): 199–205.
- [49] 刘鹏. 快速高效合成纺丝级聚乳酸的研究[D]. 上海: 东华大学, 2017.
LIU P. Study on the rapid and efficient synthesis of spinning grade polylactic acid [D]. Shanghai: Donghua University, 2017.
- [50] 禄春强, 孙多志, 孙衍, 等. ICP-MS法测定植物纤维模塑制品中3种有害元素[J]. *食品工业*, 2019, 40(4): 299–301.
LU CQ, SUN DZ, SUN K, *et al.* Determination of three harmful elements in plant fiber molding products by ICP-MS [J]. *Food Ind*, 2019, 40(4): 299–301.
- [51] 孙梦捷, 李洁君, 杨建平, 等. 含有植物纤维或玉米淀粉的食品接触产品质量安全风险研究[J]. *塑料工业*, 2021, 3: 106–117.
SUN MJ, LI JJ, YANG JP, *et al.* Study on the quality and safety risk of food contact products containing plant fiber or cornstarch [J]. *Plast Ind*, 2021, 3: 106–117.
- [52] 许超, 申丽霞, 王亭亭, 等. 基于可降解塑料餐具典型项目的分析研究[J]. *塑料工业*, 2021, 49(7): 99–103, 107.
XU C, SHEN LX, WANG TT, *et al.* Research based on the analysis of typical projects of degradable plastic tableware [J]. *Plast Ind*, 2021, 49(7): 99–103, 107.
- [53] 朱丽娟, 林勤保, 朱红梅, 等. 食品接触的用纸高锰酸钾消耗量来源分析[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(7): 257–261.
ZHU LX, LIN QB, ZHU HM, *et al.* Source analysis of potassium permanganate consumption of paper in contact with food [J]. *Food Ferment Ind*, 2019, 45(7): 257–261.
- [54] 何金凤, 林勤保, 任纪州, 等. 聚乳酸生物降解复合膜向食品模拟物的总迁移及钙的迁移研究[J]. *分析测试学报*, 2021, 11: 1639–1644.
HE JF, LIN QB, REN JZ, *et al.* Study on the total migration of polylactic acid biodegradable composite membrane to food simulants and calcium migration [J]. *J Instrum Anal*, 2021, 11: 1639–1644.
- [55] CHANFREAU S, MENA M, PORRAS-DOMINGUEZ JR, *et al.* Enzymatic synthesis of poly-L-lactide and poly-L-lactide-co-glycolide in an ionic liquid [J]. *Bioprocess Biosyst Eng*, 2010, 33(5): 629–638.
- [56] RAHMAYETTY, WHULANZA Y, SUKIRNO, *et al.* Use of *Candida rugosa* lipase as a biocatalyst for L-lactide ring-opening polymerization and polylactic acid production [J]. *Biocatal Agric Biotech*, 2018, 16(10): 683–691.
- [57] 詹世平, 万泽韬, 杨昌盛, 等. 生物医用材料聚乳酸的合成及其催化体系研究进展[J]. *塑料科技*, 2018, 46(11): 67–72.
ZHAN SP, WAN ZT, YANG CS, *et al.* Research progress in synthesis and catalytic system of biomedical material polylactic acid [J]. *Plast Sci Technol*, 2018, 46(11): 67–72.
- [58] GOLDYS AM, DIXON DJ. Organocatalytic ring-opening polymerization of cyclic esters mediated by highly active bifunctional iminophosphorane catalysts [J]. *Macromolecules*, 2014, 47(4): 1277–1284.
- [59] 潘虹, 石军, 张树林. 丙交酯开环聚合反应的新型有机催化剂[J]. *化学通报*, 2015, 78(2): 125–131.
PAN H, SHI J, ZHANG SL. New organic catalysts for ring-opening polymerization of lactide [J]. *Chem Bull*, 2015, 78(2): 125–131.
- [60] 郑雨欣, 黄兆阁. 聚乳酸及其共混物流变性能研究进展[J]. *上海塑料*, 2022, 50(6): 7–12.
ZHENG YX, HUANG ZG. Research progress of polylactic acid and its blending properties [J]. *Shanghai Plast*, 2022, 50(6): 7–12.
- [61] 龙应根, 胡武静, 田杰, 等. 食品接触材料中增塑剂毒性研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(7): 2210–2216.
LONG YG, HU WJ, TIAN J, *et al.* Research progress on toxicity of plasticizer in food contact materials [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(7): 2210–2216.

(责任编辑: 张晓寒 韩晓红)

作者简介



陈夫志, 工程师, 主要研究方向为进出口消费品质量安全研究及检验监管。
E-mail: nikoehen2008@163.com