

# 可降解塑料在食品相关产品方面的应用及 质量安全要求

张丽媛\*, 韦存茜, 杨建平

(上海市质量监督检验技术研究院, 上海 201114)

**摘要:** 可降解塑料作为“限塑令”大环境下的替代品, 在食品相关产品领域受到越来越多的关注。本文总结了国内外塑料监管要求、可降解塑料的分类、在食品相关产品方面的应用及相关国家标准的质量安全要求, 综述了不同种类可降解塑料在食品相关产品方面的应用及优缺点, 建议生产企业在关注可降解塑料耐热性、气体阻隔性、成本及机械性能方面的同时, 也需要更多地关注这些材料在食品安全上的风险评估, 使可降解塑料更好地应用于食品相关产品。

**关键词:** 可降解塑料; 食品相关产品; 质量安全

## Application research of degradable materials for food contact products and related quality and safety requirements

ZHANG Li-Yuan\*, WEI Cun-Qian, YANG Jian-Ping

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201114, China)

**ABSTRACT:** Degradable products, as a substitute in the environment of "plastic limit order", have received more and more attention in the field of food-related products. This paper summarized the domestic and foreign plastic regulatory requirements, the classification of degradable plastics, the application in food-related products, and the quality and safety requirements of relevant national standards, and reviewed the applications and advantages and disadvantages of different types of degradable plastics in food-related products, recommended that manufacturers should pay attention to the heat resistance, gas barrier properties, cost and mechanical properties of degradable plastics, and also pay more attention to the risk assessment of food safety of these materials, so that the degradable plastics could be better applied in food related products.

**KEY WORDS:** degradable materials; food contact products; quality and safety

## 1 引言

塑料因具有密度小、强度高和化学稳定性好, 以及价

格低廉等优点, 已经在我们日常生活中被普遍使用, 而且已成为材料领域的四大支柱之一。近年来, 环境污染和能源短缺问题越来越严重。一方面, 塑料的大量使用使得其

**基金项目:** 上海市科学技术委员会研发公共服务平台建设项目(14DZ2293000)

**Fund:** Support by Shanghai Science and Technology Commission R&D Public Service Platform Construction Project (14DZ2293000)

**\*通讯作者:** 张丽媛, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料及制品检测。E-mail: zhangly@sqi.org.cn

**\*Corresponding author:** ZHANG Li-Yuan, Engineer, Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201114, China. Email: zhangly@sqi.org.cn

废弃物严重污染环境,“白色污染”已成为世界各国亟待解决的环境问题。另一方面,目前通用的塑料高分子材料绝大多数是来源于石油,而日亦枯竭的石油资源已越来越难以满足人类的生产生活需求<sup>[1-3]</sup>。

废弃的塑料制品导致的“白色污染”已成为当前环境的公害,阻碍了社会的进步和经济的可持续发展,如何治理和控制“白色污染”已经成为一个全球瞩目的问题。为了解决这个问题,各国政府都在想办法减少塑料制品的用量,积极开发新的可再生、环境污染小的替代材料。可降解塑料作为“限塑令”大环境下的替代品,越来越多地应用于生产和生活中。目前研究主要集中在可降解材料的可降解性能、物理阻隔性能、材料机械性能方面,在食品相关产品质量安全领域的研究较少。

本文总结了国内外对塑料监管的要求、可降解塑料的分类、可降解塑料在食品相关产品(在正常使用条件下,各种已经或者预期可能与食品或食品添加剂接触、或其成分可能转移到食品中的材料和制品)<sup>[4]</sup>方面的应用及质量安全性研究,为可降解塑料应用于食品相关产品提供科学性建议。

## 2 国内外塑料监管要求

### 2.1 欧美的“限塑令”

2017年欧洲议会、欧洲理事会和欧盟委员会就一项修订后的欧盟废弃物立法达成了协议,该法案通过的另一项关键行动是制定循环经济中的塑料战略,以解决一系列问题,包括:再循环能力、生物降解能力、塑料中存在的有害物质,以及大幅减少海洋垃圾的可持续发展目标<sup>[5]</sup>。2018年5月,欧盟委员会提出“限塑令”方案,提议禁用塑料餐具(含吸管、刀叉等)、棉签、气球及托架、塑料餐盒、塑料杯、塑料瓶、烟头、塑料袋、薯片袋(含糖纸)及湿巾纸等一次性塑料制品<sup>[6]</sup>。2018年7月1日起,美国西雅图将全面禁止餐饮业者提供塑料吸管及塑料刀叉,鼓励改用可重复使用的餐具或可堆肥塑料制品<sup>[7]</sup>。2019年,英国食品标准局发布新闻,在为英国食品标准局制作的新报告中已经对生物基食品接触材料安全性进行了审查<sup>[8]</sup>。

### 2.2 我国的限塑令历程

2008年1月8日,国务院办公厅下发《关于限制生产销售使用塑料购物袋的通知》,从6月1日起,在全国范围内禁止生产销售使用超薄塑料袋,并实行塑料袋有偿使用制度<sup>[9]</sup>。2015年1月1号开始,吉林省正式施行“禁塑令”,规定全省范围内禁止生产、销售不可降解塑料购物袋、塑料餐具。这也成为中国施行“限塑令”6年以来,首个全面“禁塑”的省份<sup>[10]</sup>。2019年海南省委办公厅、省政府办公厅联合印发《海南省全面禁止生产、销售和使用一次性不可

降解塑料制品实施方案》(以下简称《方案》),《方案》明确,到2025年底前,全省全面禁止生产、销售和使用列入《海南省禁止生产销售使用一次性不可降解塑料制品名录(试行)》的塑料制品<sup>[11]</sup>。2020年1月19日,国家发展改革委、生态环境部公布《关于进一步加强塑料污染治理的意见》(以下简称《意见》),到2020年底,我国将率先在部分地区、部分领域禁止、限制部分塑料制品的生产、销售和使用,到2022年底,一次性塑料制品的消费量明显减少,替代产品得到推广<sup>[12]</sup>。《意见》指出将分步骤禁止生产销售一次性发泡塑料餐具、一次性塑料棉签、含塑料微珠的日化产品;分步骤、分领域禁止或限制使用不可降解塑料袋、一次性塑料制品、快递塑料包装等,研发推广绿色环保的塑料制品及替代产品、探索培育有利于规范回收和循环利用、减少塑料污染的新业态新模式。

## 3 可降解塑料的分类

可降解塑料是指在生产过程中加入一定量的添加剂(如淀粉、改性淀粉或其他纤维素、光敏剂、生物降解剂等),使得材料稳定性下降,通过光或微生物将塑料大分子链段分解为小分子,最终变成水和二氧化碳等较容易在自然环境中降解的塑料<sup>[13]</sup>。可降解塑料按其降解原理分为很多种类,主要有光降解塑料、破坏性生物降解塑料、全生物降解塑料、可堆肥塑料等。

### 3.1 光降解塑料

GB/T 20197-2006《降解塑料的定义、分类、标识和降解性能要求》<sup>[14]</sup>中关于光降解塑料的定义为:光降解塑料即在光照情况下,能够发生降解。光降解塑料是普通石油基塑料中,加入一些能与太阳光作用而引起石油基塑料分子链断裂的添加剂,因此能在光作用下变成塑料碎片。这种光降解材料早在二十世纪六七十年代就已出现。这种降解存在比较大的缺陷:(1)光降解并不能真正实现降解;(2)它降解成的塑料碎片在环境中残留,对植物、微生物是有非常严重的影响,同时也产生了微塑料。所以光降解塑料逐渐被主流市场遗弃,甚至被欧盟政府机构的明令禁止。

### 3.2 破坏性生物降解塑料

破坏性生物降解塑料是将天然物质,如淀粉、小麦粉或者竹纤维等,加到传统的塑料里面去,来实现降解<sup>[15-17]</sup>。虽然天然物质能降解,但剩余部分仍是塑料。也称部分降解,但部分降解才是真正的危害所在,因为所谓的部分降解指让天然物质降解,让剩余的石油基塑料被破坏了,反而丧失回收价值、使用价值。它的危害和光降解塑料相似,它让传统的石油基塑料变成碎片残留在土壤中,导致土壤板结、水土流失等等。

### 3.3 全生物降解塑料

GB/T 20197-2006 中关于生物降解塑料的定义为:在自然界如土壤和/或沙土等条件下,和/或特定条件如堆肥化条件下或厌氧消化条件下或水性培养液中,由自然界存在的微生物作用引起降解,并最终完全降解变成二氧化碳或/和甲烷、水及其所含元素的矿化无机盐以及新的生物质的塑料<sup>[14]</sup>。其他国内产品标准的定义基本都为如此,可以看出除了强调微生物引起降解外,国内生物降解塑料产品标准对于降解后形成的物质有一定要求。

### 3.4 可堆肥生物降解材料

GB/T 20197-2006 中关于可堆肥塑料的定义为:一种塑料,可在堆肥化条件下,由于生物反应过程,可被降解和崩解,并最终完全降解变成二氧化碳、水及其所含元素的矿化无机盐以及新的生物质的塑料,并且最后形成的堆肥的重金属含量、毒性试验、残留碎片等应符合相关标准的规定<sup>[14]</sup>。其他标准定义也基本如此,都强调了除了降解成二氧化碳、水和其他小分子外,同时要求材料破碎到一定程度,即满足崩解要求,同时降解、崩解后形成的堆肥的质量有一定要求。

可堆肥的生物降解材料分为2类:(1)生物基的可堆肥材料;(2)石油基的可堆肥材料<sup>[18,19]</sup>。生物基可堆肥材料又分为直接来自植物的材料,比如说来自于纸浆、聚乳酸(poly-lactic acid, PLA)以及天然物质与上述两类聚合物的共混物等。石油基的可堆肥材料,来源于石油,比如聚对苯二甲酸丁二醇酯(polybutylene terephthalate, PBAT)、聚丁二酸丁二醇酯(polybutylene succinate, PBS)等。

根据可降解原理,光降解塑料是在光照条件下,使塑料大分子发生分解、断裂、老化,并不能真正实现降解,其降解成的塑料碎片会在环境中残留;破坏性降解塑料一样会产生塑料碎片在环境中残留。全生物降解塑料和可堆肥降解塑料可以实现塑料的完全降解,最终完全降解变成二氧化碳、水及其所含元素的矿化无机盐,降解后无污染物产生,较为环保。

## 4 可降解塑料在食品相关产品方面的应用及质量安全要求

近年来用于食品包装材料的全生物降解塑料主要包括聚羟基丁酸酯(polyhydroxybutyrate, PHB)、聚丁二酸丁二酯(PBS)、聚乳酸(PLA)等<sup>[20-22]</sup>。不同种类生物可降解塑料具有不同的优越性能, PBS 属于热塑性树脂,区别于热固性树脂的体型网状结构, PBS 的大分子链为线型结构,因此热塑性树脂韧性及拉伸性能好<sup>[23]</sup>,易于制成包装袋、农用薄膜等各类产品。PLA 呈线性聚合,几乎没有侧链活性基团,这样的结构特征导致其耐热性和机械强度较差,主要用于制作餐饮具和塑料袋。石油基全降解产品的主要缺陷在于耐温性不高,所以大多用于一次性餐饮具和塑料袋、农用地膜等产品<sup>[24]</sup>。

淀粉基塑料经过3代的演变,分别是填充型淀粉塑料、共混型淀粉塑料、全淀粉型塑料<sup>[25-27]</sup>。填充型淀粉塑料主体仍然是聚乙烯(polyethylene, PE)、聚丙烯(polypropylene, PP)等不可降解塑料,淀粉含量较少(10%~30%),因此其力学性能接近于传统的PE、PP等塑料,然而其降解性能尚无法达到令人完全满意的程度<sup>[26]</sup>。第2代淀粉基生物可降解塑料为共混型淀粉塑料。共混型淀粉塑料是将淀粉与其他聚合物材料共混,其中淀粉含量为30%~60%。常见的共混材料有PLA、PBAT等。第3代是全淀粉型塑料。有些是使用天然聚合物(淀粉、壳聚糖、海藻酸钠和蛋白质)、生物聚合物(聚乳酸和聚己内酯)制备可降解塑料的研究,并将其应用于食品包装领域<sup>[27]</sup>。还有以淀粉、甘油等制成的可食涂膜液对番茄果实进行涂膜处理,结果表明,淀粉基可食膜具有较好的阻氧性,有效地减缓果实的呼吸和代谢<sup>[28]</sup>。

生物质材料是以木本植物、禾本植物、藤本植物为主体的产品材料<sup>[28]</sup>。这类材料如今已经成为生物基可降解食品包装材料关键技术研究的重中之重。全生物降解的甘蔗渣、秸秆等植物纤维纸浆模塑主要用于一次性餐饮具。表1汇总了各种类型的可降解塑料在食品相关产品中的应用。

表1 可降解塑料在食品相关产品方面的应用  
Table 1 Application of degradable materials in food contact products

| 序号 | 产品原料                          | 产品类型   | 降解类型                     |
|----|-------------------------------|--|--------------------------|
| 1  | 聚乳酸、(聚羟基丁酸酯) PHB、PBS 等全生物降解树脂 | 餐具(杯、碗、盘、叉等)一次性淋膜餐具(淋膜纸碗、淋膜纸杯)、包装膜全聚乳酸、PBAT 等塑料袋 | 全生物降解 <sup>[20-22]</sup> |
| 2  | 高无机(碳酸钙)填充光氧降解、光敏剂+传统塑料       | 餐饮盒、袋  | 光氧降解 <sup>[15]</sup>     |
| 3  | 淀粉改性或淀粉填充+传统塑料                | 餐饮具/购物袋  | 破坏性生物降解 <sup>[25]</sup>  |
| 4  | 淀粉改性或淀粉填充+可降解塑料               | 餐饮具/购物袋/保鲜膜                                      | 全生物降解 <sup>[25-27]</sup> |
| 5  | 全淀粉型塑料                        | 淀粉基可食膜   | 全生物降解 <sup>[27]</sup>    |
| 6  | 生物质材料                         | 甘蔗渣、秸秆等植物纤维纸浆模塑                                  | 全生物降解 <sup>[28]</sup>    |

## 5 国家强制性标准对食品接触用可降解塑料的质量要求

目前对可降解塑料的研究主要集中在降解性能、机械性能等方面,可降解塑料如果作为食品相关产品还需要符合食品安全标准的要求<sup>[29-36]</sup>。

2016 年国家卫计委发布了一系列关于食品接触材料的国家强制性标准。国家强制性标准 GB 4806.7《食品安全国家标准 食品接触用塑料制品》<sup>[32]</sup>规定了食品接触用

塑料单体及其他起始物的特定迁移量、特定迁移总量限量、最大残留量等理化指标应符合 GB 4806.6-2016《食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂》<sup>[33]</sup>附录 A 及相关公告的规定,具体要求见表 2。此外,还需要符合标准要求的感官指标、理化指标,见表 3。由于某些添加剂或者添加剂降解物对人体具有一定毒性,食品接触用可降解塑料添加剂的品种、使用范围、最大使用量、最大残留量或特定迁移量等需要符合国家强制性标准 GB 9685-2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准》<sup>[34]</sup>规定。

表 2 食品接触用可降解塑料在食品安全国家标准方面的限量要求  
Table 2 Limitation of degradable materials in terms of national food safety standards

| 序号 | 中文名称                                | 通用别名 | 限量要求  | 特殊要求                                   |
|----|-------------------------------------|------|---|--|
| 1  | 聚羟基丁酸与 4-羟基丁酸共聚物                    | PHB  | 1,4-丁二醇特定迁移量 ≤ 5 mg/kg  | 生产的塑料材料或制品不得用于接触含乙醇食品; 使用温度不得高于 100 °C |
| 2  | 对苯二甲酸二甲酯与 1,4-丁二醇、癸二酸和六亚甲基二异氰酸酯的聚合物 | PBT  | 六亚甲基二异氰酸酯,以异氰酸根计:最大迁移量 ≤ 1 mg/kg;<br>对苯二甲酸特定迁移量 ≤ 7.5 mg/kg; 1,4-丁二醇特定迁移量 ≤ 5 mg/kg | 使用温度不得高于 100 °C                        |
| 3  | 对苯二甲酸二甲酯与 1,4-丁二醇、己二酸和六亚甲基二异氰酸酯的聚合物 | PBT  | 六亚甲基二异氰酸酯,以异氰酸根计:最大迁移量 ≤ 1 mg/kg;<br>对苯二甲酸特定迁移量 ≤ 7.5 mg/kg; 1,4-丁二醇特定迁移量 ≤ 5 mg/kg | 使用温度不得高于 100 °C                        |
| 4  | 聚丁二酸丁二醇酯                            | PBS  | 1,4-丁二醇特定迁移量 ≤ 5 mg/kg  | 使用温度不得高于 100 °C                        |
| 5  | 聚乳酸                                 | PLA  | /   | 使用温度不得高于 100 °C                        |
| 6  | 聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯                      | PBAT | 对苯二甲酸特定迁移量 ≤ 7.5 mg/kg;<br>1,4-丁二醇特定迁移量 ≤ 5 mg/kg                                   | 使用温度不得高于 100 °C, 不得用于接触冷冻食品和冷藏食品。      |

表 3 可降解塑料在食品安全国家标准 GB4806.7-2016 中的通用要求

Table 3 General requirements of degradable materials in national food safety standard GB4806.7-2016

| 项目      | 要求                         |
|---------|----------------------------|
| 感官      | 色泽正常, 无异臭、不洁物等             |
| 浸泡液     | 迁移试验所得浸泡液无浑浊、沉淀、异臭等感官性的劣变。 |
| 总迁移量    | ≤ 10 mg/dm <sup>2</sup>    |
| 高锰酸钾消耗量 | ≤ 10 mg/kg                 |
| 重金属以铅计  | ≤ 1 mg/kg                  |
| 脱色试验    | 阴性                         |

## 6 展望

可降解塑料在食品包装领域的应用受到越来越多的关注,其中生物可降解聚合物具有来源广、可循环、环保无污染等优点,将成为食品包装领域中最具创新性的材料之一。尽管我国在可降解塑料包装材料的研究和应用上取得了不俗的成绩,但也存在着降解技术还不够成熟、生产成本高、质量安全性不高等诸多问题。所以今后的研究重点在关注产品耐热性、氧气、水蒸气阻隔性、成本及机械性能方面的同时,也需要开展更多的工作来更好地识别与这些新材料相关的潜在风险,尤其是对于食品安全的风险评估,这是对消费者食品安全进行保障的重要基石之一。随着高新技术的发展与应用,可降解食品包装材料存在的问题将逐步得到解决,其应用前景将更为广阔。

## 参考文献

- [1] 刘希真, 孙运金, 全其根, 等. 可降解包装材料的应用及发展综述[J]. 中国包装工业, 2014, (24): 3-5.  
Liu XZ, Sun YJ, Tong QG, *et al.* Review of the application and development of degradable packaging materials [J]. China Packag Ind, 2014, (24): 3-5.
- [2] 刘芳卫, 把宁, 赵真真. 快递包装用生物可降解材质的分析介绍[J]. 塑料包装, 2019, 29(2): 16-18.  
Liu FW, Ba N, Zhao ZZ. Introduction of biodegradable materials for express packaging [J]. Plast Packag, 2019, 29(2): 16-18.
- [3] 彭少贤, 蔡小琳. 环境友好型增塑剂增韧聚乳酸的最新研究进展[J]. 材料导报(A), 2019, 33(8): 2617-2623.  
Peng SX, Cai XL. Recent research progress on environmentally friendly plasticizers to toughen polylactic acid [J]. Mater Rep (A), 2019, 33(8): 2617-2623.
- [4] 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[S].  
GB 4806.1-2016 National food safety standards-General safety requirements for food contact materials and products [S].
- [5] 欧盟委员会通过修订后的废弃物立法[EB/OL]. [2017-12-22]. [http://www.polymer.cn/polymernews/2017-12-22/\\_20171222103638151.htm](http://www.polymer.cn/polymernews/2017-12-22/_20171222103638151.htm)  
European commission passes revised waste legislation [EB/OL]. [2017-12-22]. [http://www.polymer.cn/polymernews/2017-12-22/\\_20171222103638151.htm](http://www.polymer.cn/polymernews/2017-12-22/_20171222103638151.htm)
- [6] 欧盟提出“限塑令”方案或限制一批日常塑料制品[EB/OL]. [2018-05-30]. [http://www.xinhuanet.com/world/2018-05/30/c\\_129882667.htm](http://www.xinhuanet.com/world/2018-05/30/c_129882667.htm)  
European Union proposed a "plastic ban" or a ban on a number of daily plastic products [EB/OL]. [2018-05-30]. [http://www.xinhuanet.com/world/2018-05/30/c\\_129882667.htm](http://www.xinhuanet.com/world/2018-05/30/c_129882667.htm)
- [7] 美国西雅图限塑新规 7月1日起塑料吸管和刀叉全禁[EB/OL]. [2018-06-21]. <https://www.chinanews.com/gj/2018/06-21/8542829.shtml>  
Plastic straws and knives and forks were banned in Seattle from July 1 [EB/OL]. [2018-06-21]. <https://www.chinanews.com/gj/2018/06-21/8542829.shtml>
- [8] 英国FSA发布关于生物基食品接触材料的审查[EB/OL]. [2019-09-20]. <http://news.foodmate.net/2019/09/534501.html>  
UK's FSA published a review of bio-based food contact materials [EB/OL]. [2019-09-20]. <http://news.foodmate.net/2019/09/534501.html>
- [9] 国务院办公厅关于限制生产销售使用塑料购物袋的通知[EB/OL]. [2008-03-28]. [http://www.gov.cn/zhuanti/2015-06/13/content\\_2879030.htm](http://www.gov.cn/zhuanti/2015-06/13/content_2879030.htm)  
Notice of the General Office of the State Council on restricting the production and sale of plastic shopping bags [EB/OL]. [2008-03-28]. [http://www.gov.cn/zhuanti/2015-06/13/content\\_2879030.htm](http://www.gov.cn/zhuanti/2015-06/13/content_2879030.htm)
- [10] 吉林省人民政府第244号令《吉林省禁止生产和销售提供一次性不可降解塑料购物袋、塑料餐具规定》[Z].  
People's Government of Jilin Province No.244 *Jilin province prohibits the production, sale and provision of disposable non-degradable plastic shopping bags and plastic tableware* [Z].
- [11] 海南省人民政府办公厅琼办发[2019]35号《海南省全面禁止生产、销售和使用一次性不可降解塑料制品实施方案》的通知[Z].  
No.35 [2019], office of the general office of Hainan provincial people's government *Implementation plan of banning the production, sales and use of disposable non-degradable plastic products in Hainan province* [Z].
- [12] 关于进一步加强塑料污染治理的意见[Z].  
Opinions on further strengthening the control of plastic pollution [Z].
- [13] 朱佳欢, 石鑫杰, 孙梦捷. 浅析国内可降解塑料产品降解性能评价体系[J]. 轻工科技, 2019, 35(4): 43-45.  
Zhu JH, Shi LJ, Sun MJ. Analysis on the degradation performance evaluation system of domestic degradable plastic products [J]. Light Ind Sci Technol, 2019, 35(4): 43-45.
- [14] GB/T 20197-2006 降解塑料的定义、分类、标识和降解性能要求[S].  
GB/T 20197-2006 Define, classify, marking and degradability requirement of degradable plastic [S].
- [15] 郭琳, 吴燕. 生物基可降解食品包装材料关键技术研究[J]. 食品安全导刊, 2018, 3: 29-30.  
Gou L, Wu Y. Research on key technologies of bio-based degradable food packaging materials [J]. China Food Saf Magaz, 2018, 3: 29-30.
- [16] EN 13432-2000 Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation [S].
- [17] 李菲, 江贵长, 陈明芬. 浅析可降解塑料包装材料[J]. 包装材料, 2018, 2(12): 47-49.  
Li F, Jiang GC, Chen MF. Analysis of degradable plastic packaging materials [J]. Packag Mater, 2018, 2(12): 47-49.
- [18] 郜海燕, 陈杭君, 穆宏磊, 等. 生鲜食品包装材料研究进展[J]. 中国食品学报, 2015, 10(10): 1-10.  
Gao HY, Chen HJ, Mu HL, *et al.* Research progress of fresh food packaging materials [J]. J Chin Instit Food Sci Technol, 2015, 10(10): 1-10.
- [19] 孙策, 吕闪闪, 张化腾. 聚乳酸及其复合材料降解的研究进展[J]. 塑料, 2018, 47(6): 114-117.  
Sun C, Lv SS, Zhang HT. Research progress on degradation of polylactic acid and its composites [J]. Plastics, 2018, 47(6): 114-117.
- [20] Mehlika KA, Richard PB, Geoffrey D, *et al.* Abiotic and biotic environmental degradation of the bioplastic polymer poly(lactic acid): A review polymer degradation and stability [Z].
- [21] Gioia C, Banella MB, Marchese P, *et al.* Advances in the synthesis of bio-based aromatic polyesters: Novel copolymers derived from vanillic acid and  $\epsilon$ -caprolactone [J]. Polymer Chem, 2016, 7(34): 5396-5406.
- [22] Pandey P, Bajwa S, Bajwa D. Fiber from DDGS and corn grain as alternative fillers in polymer composites with high density polyethylene from bio-based and petroleum sources [J]. J Polymers Environ, 2018, 26(6): 2311-2322.
- [23] Starnecker A, Menner M. Assessment of biodegradability of plastics under simulated composting conditions in a laboratory test system [J]. Int Biodeteriorat Biodegradat, 1996, 37(1-2): 85-92.
- [24] Voznyak Y, Morawiec J, Galeski A. Ductility of polylactide composites reinforced with poly(butylene succinate) nanofibers [J]. Composit Part A: Appl Sci Manufactur, 2016, 90: 218-224.
- [25] 金征宇, 王禹. 淀粉基生物可降解材料的研究进展[J]. 中国食品学报, 2019, 19(5): 1-7.  
Jin ZY, Wang Y. Research progress of starch-based biodegradable materials [J]. J Chin Instit Food Sci Technol, 2019, 19(5): 1-7.
- [26] 何乐, 郭宁, 陈复生, 等. 我国淀粉基生物可降解材料的研究进展[J]. 化工新型材料, 2015, 43(4): 4-7.

- He L, Guo N, Chen FS, *et al.* Research progress of starch-based biodegradable materials in China [J]. *New Chem Mater*, 2015, 43(4): 4–7.
- [27] 肖玮, 孙智慧, 刘佳. 生物降解食品包装材料的研究进展[J]. *食品工业*, 2018, 39(1): 217–218.
- Xiao W, Sun ZH, Liu J. Research progress of biodegradable food packaging materials [J]. *Food Ind*, 2018, 39(1): 217–218.
- [28] 韩国程, 俞朝晖. 生物降解塑料与生物基塑料的发展与展望[J]. *塑料科技*, 2019, 47(7): 121–124.
- Han GC, Yu ZH. The development and future prospects of biodegradable and bio-based polymers [J]. *Plast Sci Technol*, 2019, 47(7): 121–124.
- [29] 曾景雄, 侯晓东. 相关各方如何尽快适应新的食品接触材料国家标准体系[J]. *塑料包装*, 2019, 29(4): 53–54, 32.
- Zeng JX, Hou XD. How to adapt the new national standard system of food contact materials to the possible parties asap [J]. *Plast Packag*, 2019, 29(4): 53–54, 32.
- [30] Commission Regulation (EU) No.10/2011 Plastic materials and articles intended to come into contact with food (Text with EEA relevance) [Z].
- [31] EN 1186-1-2002 Materials and articles in contact with foodstuffs—Plastics—Part 1: Guide to the selection of conditions and test methods for overall migration [S].
- [32] GB 4806.7-2016 食品安全国家标准 食品接触用塑料材料及制品[S].  
GB 4806.7-2016 National food safety standards-Plastic materials and products for food contact [S].
- [33] GB 4806.6-2016 食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂[S].  
GB 4806.6-2016 National food safety standard-Plastic resin for food contact [S].
- [34] GB 9685-2016 食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准[S].  
GB 9685-2016 National food safety standards-Standards for use of food contact materials and additives [S].
- [35] GB 31604.1-2015 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则[S].  
GB 31604.1-2015 National food safety standard-General rules for food contact material and product migration tests [S].
- [36] GB 31604.8-2016 食品安全国家标准 食品接触材料及制品 总迁移量的测定[S].  
GB 31604.8-2016 National food safety standard-Food contact materials and products-Determination of overall migration [S].

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介

张丽媛, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料及制品检测。  
E-mail: zhangly@sqi.org.cn