

# 食品包装纸用生物基防油涂层的应用研究进展

郭婉婷, 张 瑞, 乌日娜

(生物基纤维材料全国重点实验室, 天津市制浆造纸重点实验室, 天津科技大学轻工科学与工程学院, 天津 300457)

**摘要:**随着全球“限塑”行动的深入推进,开发环保的食品包装材料已成为当务之急。纸张作为塑料的理想替代品,因其固有的亲水性与多孔结构导致防油性不佳,限制了其应用。因此,开发基于生物质原料的防油涂层,对于推动绿色包装升级至关重要。本文综述了国内外用于改善食品包装纸防水防油性能的生物基涂层,从涂层材料,涂覆工艺两方面介绍了如何提高食品包装纸的防油性能。未来,通过进一步优化生物基防油涂层的性能与制备工艺,并推动其向多功能复合化方向发展,将有望满足食品包装领域日益增长的多元化与高性能需求。

**关键词:**食品包装纸;生物基涂层;防油阻隔

食品包装纸作为塑料包装的替代品,已在全球餐饮业、超市、外卖及食品运输等领域得到广泛应用。其中,防油纸是食品包装纸中的重要类别,具备抵抗油脂渗透的特性<sup>[1]</sup>。纸张主要由植物纤维构成,纤维之间存在微小的空隙,油脂分子能够轻易通过这些空隙并被纸张吸附,导致纸张无法有效阻隔油脂。通过在纸张表面涂覆防油涂层,形成防油屏障,能有效隔绝油脂渗透、提高纸张的防油性能。近年来,众多学者致力于开发新型防油涂层,在提升其性能的同时,更加注重绿色环保与安全无毒的特性<sup>[2]</sup>。本文主要围绕生物基防油涂层材料、涂覆工艺及其对防油纸性能的影响进行综述。

## 1 涂层材料

石油基塑料常被用作一些纸质食品包装的防水防油阻隔材料。传统的涂层材料如聚乙烯(Polyethylene, PE)、聚丙烯(Polypropylene, PP)等虽然具有良好的阻隔性能,但其不可生物降解性会给环境带来沉重的负担,随意丢弃塑料更会对环境造成极其严重的污染<sup>[3]</sup>。大量生物基聚合物因其无毒、生物降解性、环境相容性等,受到研究人员的关注。利用生物基聚合物作为涂层材料制备防水防油纸

已经成为研究热点之一<sup>[4]</sup>。其中,蛋白质、多糖、聚乳酸、动植物蜡等因具有良好的生物相容性和可降解性成为生物基防油涂层材料的研究对象<sup>[5-7]</sup>。

### 1.1 蛋白质

蛋白质属于一类涵盖范围广泛的天然生物聚合物,其在植物或动物中兼具结构支撑或生物活性功能,适当改性后可作为一种用于纸张防油防水的生物质材料。用于防油涂层的蛋白质主要有乳清蛋白<sup>[8-9]</sup>、醇溶蛋白<sup>[10-11]</sup>、大豆分离蛋白<sup>[12-13]</sup>等。

ERDOHAN等<sup>[14]</sup>研究了甲基纤维素(methyl cellulose, MC)-乳清蛋白(whey protein, WP)复合膜的阻隔性能,发现增加MC的浓度可以显著降低含有MC的乳清蛋白浓缩物(whey protein concentrate, WPC)和乳清蛋白分离物(whey protein isolation, WPI)层的水蒸气渗透率(water vapor permeability, WVP)。研究证实,MC-WP涂层和WPI涂层结合了甲基纤维素的增稠性、附着性和成膜性,以及乳清蛋白的耐油脂性,能在纸基表面形成致密稳定的保护膜,实现对水分和油脂的双重阻隔,可以应用于芝士、汉堡、薯片、脆鱼等油性食品的包装纸涂层上。

TREZZA等<sup>[15]</sup>研究了玉米醇溶蛋白涂层在纸张防油包装中的应用性能。结果表明:在4.4~6.6 g/m<sup>2</sup>

的涂布量范围内,玉米醇溶蛋白涂布纸表现出显著的防油效果,可有效阻隔三明治油脂渗透达1~2 h,其防护性能可以与聚乙烯淋膜纸相媲美。

PARK等<sup>[16]</sup>使用大豆分离蛋白(soy protein isolate, SPI)代替玉米醇溶蛋白,研究了生物基防油纸的性能特征。结果表明:当大豆分离蛋白的涂布量为 $5.35\text{ g/m}^2$ 时,防油纸的拉伸强度最高,为 $36\text{ MPa}$ ;随着涂层厚度的增加,纸张的伸长率逐渐降低;防油性能测试显示,涂层在最初2 h内具有突出的油脂阻隔效果;随着塑化剂(甘油和聚乙炔醇的混合物)用量的增加,纸张的拉伸强度降低,伸长率增加。

蛋白质涂层在食品包装领域的应用日益广泛,主要用于制备防油包装纸、包装膜等。蛋白质涂层相比天然多糖涂层具有显著优势,如抗张性能较强、对氧气的阻隔性能好、在自然环境下容易降解等<sup>[17]</sup>。但蛋白质涂层的制备成本较高,阻油、耐水和热稳定性等仍有待提高,限制了其应用规模,可通过改性和复合技术进一步优化其性能,以满足不同应用领域的需求。此外,蛋白质涂层的环境适应性也需要进一步改善,以提高其在不同环境条件下的稳定性和使用寿命<sup>[18-20]</sup>。

## 1.2 多糖

多糖作为一种储量丰富的天然高分子材料,广泛分布于海洋生物、木材及农作物中。其分子结构由葡萄糖、木糖、半乳糖等单体及其衍生物通过糖苷键聚合而成,分子链上富含伯羟基和仲羟基,赋予其独特的物理化学特性<sup>[21-22]</sup>。研究表明:多糖材料具有优异的油脂阻隔性能和良好的成膜特性,当应用于纸张表面涂布时会迅速填充纸张表面的凹陷,并形成一层均匀的膜,从而增强纸张的表面光滑度和致密度<sup>[23]</sup>。其所构建出的“膜”具有一定的排斥油脂性能,可以提高涂布纸的防油性能<sup>[24]</sup>。常用多糖有淀粉<sup>[25-26]</sup>、壳聚糖<sup>[27-29]</sup>、海藻酸钠<sup>[5,20]</sup>以及纤维素<sup>[5,30]</sup>等。

翟红周等<sup>[31]</sup>在表面施胶部位或涂布机施涂无氟防油淀粉或其复配液,通过调整涂布量以及复配助剂的比例,增强了纸张表面纤维间的密闭性,并提高了纸张的抗油脂性能。当复配液中防油剂TURBO-226的含量在8%左右、单面涂布量 $2.0\text{ g/m}^2$ 时, $50\text{ g/m}^2$ 单面光白牛皮纸的抗油等级最高可以达到7级。该方法在满足纸张防油性能要求的同时,还能有效降低生产成本。

邹洋等<sup>[32]</sup>采用壳聚糖作为乳化剂,通过高剪切分散技术将其与烷基烯酮二聚物(alkyl ketene dimer, AKD)共混,制备出稳定均一的复合乳液,并采用浆内施胶工艺将该乳液成功应用于纸浆模塑制品的生产,生产流程如图1所示。结果表明:相比于未添加乳液,添加质量分数为7%的乳液可使制品性能获得全面提升。其中,在防热油性能方面,不同用量的壳聚糖/AKD乳液对纸浆模塑制品防热油性能的影响如图2所示,Cobb<sub>60</sub>值降低约55%,达到 $(18.5\pm 0.68)\text{ g/m}^2$ ,水接触角提升近 $80^\circ$ ,达到 $119^\circ\pm 4.1^\circ$ ,防油等级达到Kit 8级,油接触角达 $97.9^\circ\pm 3.1^\circ$ ;在力学性能方面,紧度、抗张强度、耐破指数和撕裂强度分别提高了26.2%、60.6%、152.6%和67.1%。壳聚糖/AKD乳液用于纸浆模塑制品生产,拓展了环保造纸助剂品类。

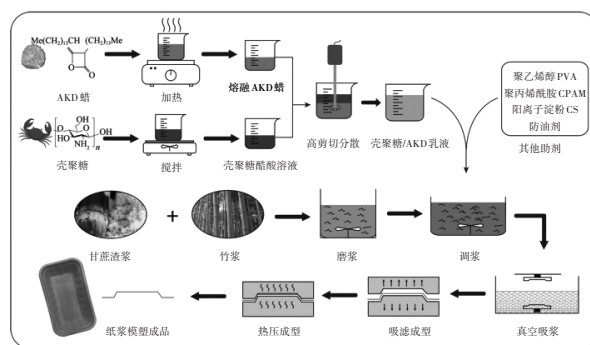


图1 纸浆模塑制品的生产流程<sup>[32]</sup>

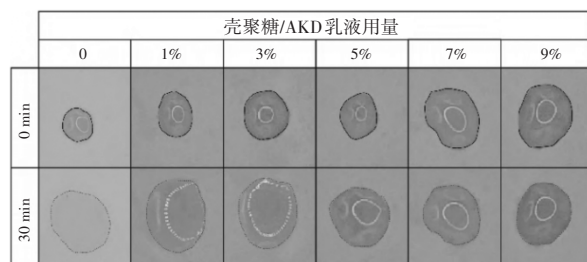


图2 壳聚糖/AKD乳液对纸浆模塑制品防热油性能的影响<sup>[32]</sup>

朱瑞丰<sup>[33]</sup>利用阿魏酸(ferulic acid, FA)作为交联剂将壳聚糖(chitosan, CS)溶液与海藻酸钠(sodium alginate, SA)溶液复合制备防油剂,探究不同配比及涂布量对纸张防水防油效果与纸张性能的影响。当CS/SA复配比为8:2、涂布量 $4\text{ g/m}^2$ 时,通过FA交联形成的CS/SA防油膜可使纸张防油等级达到12级。为进一步优化工艺,研究人员利用SA、羟丙基甲基纤维素(hydroxypropyl methyl cellulose, HPMC)

制备了新型的防油和防水涂层;然后,将SA和HPMC均匀混合并涂布在经氯化钙( $\text{CaCl}_2$ )溶液预处理过的原纸表面,借助分子间氢键和 $\text{Ca}^{2+}$ 交联作用在纸张表面形成稳定涂层。结果表明:当SA的质量分数为1.5%、HPMC的质量分数为2.5%、涂布量为 $4\text{ g/m}^2$ 时,可获得12级的优异防油性能。

VAEZI等<sup>[34]</sup>开发了一种环保型的阳离子淀粉(cationic starch, CS)/纳米晶纤维素(nanocrystals cellulose, NCC)纳米复合涂层,并用于包装牛皮纸的表面处理。结果表明:随着CS/NCC涂布量的增加,防油性能显著提升;同时,随着NCC纳米颗粒添加量的增加,涂层的气体阻隔性和机械强度同步增强,而吸水性和表面粗糙度则明显降低。

多糖涂层因其来源广泛、可再生性强、可生物降解等优势,近年来在纸基防油材料领域的应用取得了重要进展,被视为传统石油基涂层的理想替代品。然而,这类涂层在实际应用中仍存在明显不足:一方面,多糖材料固有的黏性特性使得若要达到与传统涂层相当的防油效果,往往需要提高溶液浓度,但这会导致涂布液黏度过大,严重影响涂布工艺性;另一方面,由于多糖具有较高的表面能,尽管能形成结构致密的防油层,却难以抑制油脂在纸面的快速铺展,最终导致防油纸的抗润湿性能欠佳<sup>[18]</sup>。

### 1.3 聚乳酸

聚乳酸(poly-lactic acid, PLA)是一种通过生物发酵与化学聚合制备的绿色高分子材料。作为典型的生物基聚合物,PLA除具备优异的生物相容性和加工性能外,其最大的特性在于可在自然环境中经微生物作用降解为水和二氧化碳,实现从“摇篮到摇篮”的生态循环<sup>[35]</sup>。这种独特的闭环生命周期使其兼具环境友好性、可再生性和可回收性等核心优势。然而,PLA材料存在热稳定性不足和机械强度偏低等固有缺陷,这严重制约了其在食品包装等领域的应用<sup>[36-38]</sup>。目前,主要通过将PLA与纤维素、淀粉、蛋白质等天然材料构建复合体系,提升其热力学性能和机械特性,从而开发出满足不同应用场景需求的高性能食品包装材料。WANG等<sup>[39]</sup>采用羧甲基壳聚糖(carboxymethyl chitosan, CMCS)/羧甲基纤维素钠(CMC-Na)+聚乳酸(PLA)/纳米氧化锌( $\text{ZnO}$ )/纳米粒子(CMCS/CMC-Na+PLA/ $\text{ZnO}$  NPs)制备多层涂布纸板,并探索其在食品包装应用中的应用潜力(图3)。结果表明:在 $23\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度50%

的环境下,相较于单一PLA涂层,CMCS/CMC-Na+PLA涂层使氧气透过率显著降低99%,对大豆油的渗透性和水蒸气的阻隔性均提升了一倍。与单一CMCS/CMC-Na涂层相比,CMCS/CMC-Na+PLA涂层的耐油时间延长28倍;引入 $\text{ZnO}$ 纳米粒子后,CMCS/CMC-Na+PLA/ $\text{ZnO}$  NPs涂层的阻隔性能进一步提高,耐油时间可达235 h。进一步发现,虽然电晕处理会降低CMCS/CMC-Na涂层中的极性成分含量,导致对庚烷的阻隔性能略有下降,但该复合涂层体系仍展现出优异的整体防油性能。

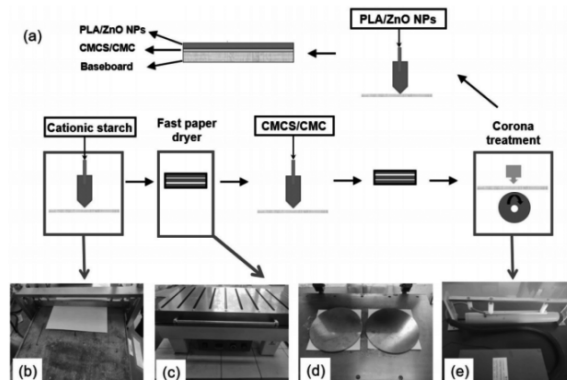


图3 制备多层涂布纸板的工艺流程及设备<sup>[39]</sup>

注:(a)为工艺流程图;(b)为涂布设备;(c)为加热干燥设备;(d)为加热设备内用于减少干燥时纸板变形的模具;(e)为电晕处理设备。

林辉忠等<sup>[40]</sup>使用PLA代替PE生产了一种环保纸杯用淋膜纸,提高了纸张的防水性和防油性。PLA涂层作为一种环境友好型高分子材料,凭借其卓越的生物可降解性和生物相容性,已在包装、医药、纺织等多个领域应用<sup>[41-43]</sup>。然而,PLA与植物纤维相容性差,分子链中存在大量酯键结构,使该材料易受油类物质侵蚀,导致机械强度和阻隔性能显著衰减<sup>[44]</sup>。

### 1.4 动植物蜡

动植物蜡包括植物蜡和动物蜡两大类,在工业领域具有广泛应用。植物蜡(如棕榈蜡、小烛树蜡)主要由长链脂肪酸(FA)、长链脂肪醇(FAL)及其酯化产物蜡酯(WE)构成<sup>[45-46]</sup>;动物蜡(包括蜂蜡、虫白蜡、鲸蜡等)则主要由烷醇和烷酸形成的酯类、游离脂肪酸和饱和烃类为主的成分构成<sup>[47]</sup>。通过将蜡与多糖等组分进行配合使用,能提高防油纸的疏水性和水蒸气阻隔性能。卢冬岩<sup>[19]</sup>以壳聚糖和蜂蜡为原料制备复合防油剂及其涂布防油纸,并优化了

制备工艺。结果表明:当壳聚糖浓度为1.2%、蜂蜡固含量为40%、涂布量为 $3.0 \text{ g/m}^2$ 时,壳聚糖/蜂蜡复合防油纸的防油等级达到Kit 6.0,满足市场上食品包装需要的最低安全防油等级。需要注意的是,尽管表面涂蜡可以改善纸张的阻隔性,但这可能会影响纸张的回收性。

以动植物蜡为原料制成的环保型疏油材料,通过蜡质的疏水性和致密性可在纸张表面形成屏障。其优势在于可降解、低毒性及可再生性,可替代石油基防油涂层,适用于食品包装、一次性餐具等领域,但存在成本较高、耐高温性能不足的缺陷。

## 2 防油涂层涂覆工艺

目前,常用的防油涂层涂覆工艺主要包括喷涂法、浸渍法、覆膜法、刮刀(刮棒)涂布法等。

### 2.1 喷涂法

喷涂法<sup>[48]</sup>是一种表面处理技术,通过专用设备将具有防油功能的涂料均匀喷涂在纸张表面,形成一层坚韧、耐磨、耐腐蚀的保护膜,从而达到防止油污附着、提高表面光洁度和延长使用寿命的目的。严中禹<sup>[49]</sup>研究了通过喷涂高接枝量改性纳米纤维素(ODA-CA-CNF)涂料制备无氟食品防油纸,纳米纤维素改性示意图如图4所示,通过构建具有低表面能和微/纳粗糙结构的表面,提升防水、防油性能。结果表明:经SA(海藻酸钠)浸渍/ODA-CA-CNF喷涂处理后,食品防油纸的油阻隔性显著增强,水接触角和油接触角均大幅提高。当喷涂量达到 $8.0 \text{ g/m}^2$ 时,防油等级可达11级,此时水接触角为 $139.2^\circ$ ,油接触角为 $118.3^\circ$ 。

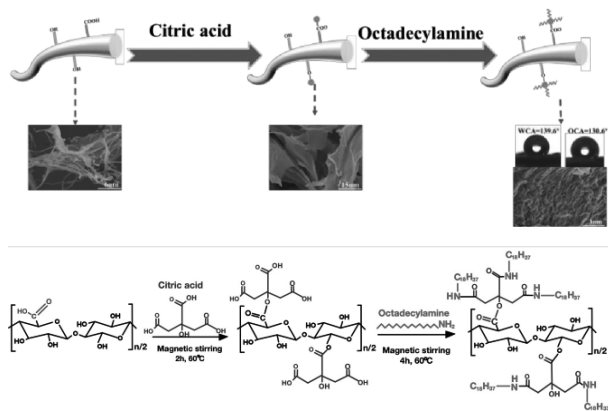


图4 纳米纤维素改性<sup>[49]</sup>

喷涂法具有制备步骤简单,低成本的优点,但

与其他方法相比,所制备的涂层稳定性相对较差。

### 2.2 浸渍法

浸渍法<sup>[48,50]</sup>是一种应用广泛的方法,也被称为溶液浸泡法,是将纸张浸入含有防水、防油剂的溶液中,通过一定时间和温度条件下的处理,使纸张充分吸收这些剂料,从而提高其防水、防油性能。徐冰冰<sup>[51]</sup>将壳聚糖溶液和聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)溶液以一定体积比复合作为基液,协同添加十六烷基三甲氧基硅烷(hexadecyltrimethoxysilane, HDTMS)和改性纳米二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )作为功能助剂,通过实验确定了最佳处理工艺参数:超声浸渍时间1 min、浸渍温度 $50^\circ\text{C}$ 、干燥时间13 min、干燥温度 $56^\circ\text{C}$ 。在此优化条件下处理的食物级牛皮纸展现出卓越的防水防油性能,为食品包装材料提供了有效的阻隔解决方案。

浸渍法制备防油纸具有均匀性好、渗透性强、工艺简单、适用性广等优点,同时能够有效增强纸张强度,并且具备环保潜力,是一种高效且经济的防油纸制备方法。

### 2.3 覆膜法

覆膜防油是一种通过在材料表面覆盖一层薄膜来防止油脂渗透的技术。梁艳艳等<sup>[52]</sup>利用可生物降解的聚乳酸(PLA)代替传统的聚乙烯涂覆在纸张表面制备纸基复合材料,聚乳酸在纸张表面形成一种致密的薄膜,提高了阻隔效果。

覆膜防油材料在防水防油、耐磨性、美观性和易清洁性等方面表现出显著优势,但在耐用性方面存在一定局限,且制备工艺相对复杂。在实际应用中,需要根据具体的使用环境和功能需求,综合权衡材料的性能优势及局限性。

### 2.4 刮刀(刮棒)涂布法

利用刮刀(刮棒)将涂布液均匀涂布于纸张表面,是制备纸张防油涂层的一种常用方法。简博星等<sup>[24]</sup>利用生物聚合物大豆分离蛋白(SPI)和豆渣纳米纤维素(CNF)作为主要原料通过物理共混工艺制备防油剂,再采用刮棒涂布法实现了绿色防油纸的制备。结果表明:当SPI的质量分数为6%、钠基蒙脱土(MMT)添加量为0.1%、涂布量为 $3 \text{ g/m}^2$ 时,所制防油纸可有效阻隔 $80^\circ\text{C}$ 热植物油的渗透,符合食品包装行业的防油标准要求。进一步优化涂布量至 $3.5 \text{ g/m}^2$ 时,防油纸的防油等级达到8级,透气度

仅为0.005 1 mm/(Pa·s)。其还通过FTIR和SEM等表征手段深入分析了防油纸的微观形貌和结构特征,阐明了其防油机理:MMT不仅能够嵌入到纸基和涂层内部,延长油脂渗透路径,还能与SPI通过氢键作用形成致密的复合膜结构,显著提升了纸基的防油性能,同时改善了成纸的机械强度。该研究为开发新型环保防油剂提供了理论依据和技术参考。

刮刀(刮棒)涂布法是一种常见的涂布工艺,利用刮刀或刮棒在基材表面可以精确控制涂层的厚度和均匀性。该方法操作简单、成本低,广泛应用于纸张、薄膜等领域的薄层涂布;但刮刀磨损或基材平整度可能会影响涂布精度。

### 3 总结与展望

本文系统综述了以蛋白质、多糖、聚乳酸及动植物蜡为代表的四类生物基材料,以及喷涂、浸渍、覆膜和刮涂这四种主流涂覆工艺在环保食品防油纸领域的研究进展。通过材料复配与工艺优化,生物基聚合物作为纸张防油阻隔涂层已展现出替代传统石油基产品的潜力,但其大规模产业化仍受限于性能,难以均衡(例如防油性、阻湿性及机械强度难以同时达到应用要求),存在工艺成本较高及法规标准缺失等核心挑战。

展望未来,在涂层材料方面,需聚焦于通过化学改性及纳米增强等技术研制高性能复合涂层,以协同提升其阻隔与力学性能;在工艺方面,应深入研究涂料的流变学特性并适配高效涂布技术,同时开发低成本生物质原料以控制整体成本。此外,推动涂层向智能化、活性化等多功能集成,并建立涵盖从原料、加工到回收的全生命周期绿色评价体系,将是推动该技术走向成熟应用、实现食品包装绿色升级的必然路径。

#### 参考文献:

- [1] 赵丽君,夏桂玲,李鸿凯,等. 无氟环保防油剂对防油纸性能的影响[J]. 中国造纸学报, 2024, 39(S1): 134-139.
- [2] 徐冰冰,杨国超,张求慧. 纸质食品包装材料防水防油改性的研究进展[J]. 包装工程, 2021, 42(3): 107-115.
- [3] 张晏瑜,孙康杰,王宇. 塑料污染防治法律制度探析[J]. 河北工业大学学报(社会科学版), 2024, 16(3): 48-58.
- [4] 肖睿,贾文超,高玉洁,等. 生物质基涂料增强食品包装纸防水防油性研究进展[J]. 包装工程, 2024, 45(17): 1-11.
- [5] 王雯璐,景宜,包康. 壳聚糖季铵盐基丙烯酸酯无氟防油剂的合成与防水防油纸的构建[J]. 精细化工, 2025, 42(5): 1146-1160.
- [6] 盛俊娇. 海藻酸钠及聚乳酸涂覆纸张防油性能的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [7] 康少敏,吴政宏,李济民,等. 纸张功能化淀粉基涂层的研究进展[J]. 纤维素科学与技术, 2022, 30(3): 21-35.
- [8] SCHMID M, MÜLLER K. Whey protein-based packaging films and coatings[M]//DEETH H C, BANSAL N. Whey proteins. London: Academic Press, 2019: 407-437.
- [9] HAN J H, KROCHTA J M. Physical properties and oil absorption of whey-protein-coated paper[J]. Journal of food science, 2001, 66(2): 294-299.
- [10] KANSAL D, HAMDANI S S, PING R, et al. Starch and zein biopolymers as a sustainable replacement for PFAS, silicone oil, and plastic-coated paper[J]. Industrial & engineering chemistry research, 2020, 59(26): 12075-12084.
- [11] 吴磊燕,温其标,杨晓泉. 塑化剂对玉米醇溶蛋白膜表面及机械性质的影响[J]. 化工学报, 2010, 61(1): 137-145.
- [12] ERDEM B G, KAYA S. Characterization and application of novel composite films based on soy protein isolate and sunflower oil produced using freeze drying method[J]. Food chemistry, 2022, 366: 130709.
- [13] ZINK J, WYROBNIK T, PRINZ T, et al. Physical, chemical and biochemical modifications of protein-based films and coatings: an extensive review[J]. International journal of molecular sciences, 2016, 17(9): 1376.
- [14] ERDOHAN Z Ö, TURHAN K N. Barrier and mechanical properties of methylcellulose-whey protein films[J]. Packaging technology and science, 2005, 18(6): 295-302.
- [15] TREZZA T A, VERGANO P J. Grease resistance of corn zein coated paper[J]. Journal of food science, 1994, 59(4): 912-915.
- [16] PARK H J, KIM S H, LIM S T, et al. Grease resistance and mechanical properties of isolated soy protein-coated paper[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2000, 77(3): 269-273.
- [17] 孙乐乐,杨进. 生物基活性包装材料的研究进展[J]. 中国造纸, 2022, 41(1): 99-105.
- [18] 王飞杰,王利强,张新昌. 防油纸在食品包装中的研究进展[J]. 包装工程, 2020, 41(21): 138-144.
- [19] 卢冬岩. 生物质基防油纸的制备及性能研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2025.
- [20] 简超. 生物聚合物涂布型防油纸基包装材料的制备及其性能评价[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- [21] OJOGBO E, OGUNSONA E O, MEKONNEN T H. Chemi-

- cal and physical modifications of starch for renewable polymeric materials[J]. *Materials today sustainability*, 2020, 7: 100028.
- [22] BASAK S, DANGATE M S, SAMY S. Oil-and water-resistant paper coatings: a review[J]. *Progress in organic coatings*, 2024, 186: 107938.
- [23] LIU H M, YAN Y Y, LIU X X, et al. Effects of various oil extraction methods on the gelatinization and retrogradation properties of starches isolated from tigernut (*Cyperus esculentus*) tuber meals[J]. *International journal of biological macromolecules*, 2020, 156: 144–152.
- [24] 简博星. 大豆分离蛋白、纳米纤维素防油防水剂的制备及对食品包装纸性能的影响研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2022.
- [25] 王伟, 刘泽华. 淀粉对防油纸的抗水抗油性影响[J]. *天津造纸*, 2017, 39(1): 17–20.
- [26] 张宝军. 淀粉复合物的制备及其在纸张阻隔涂布中的应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [27] 方家畅. 壳聚糖基抗菌防油包装纸制备与性能评价[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
- [28] 彭慧. 壳聚糖类防油剂对食品包装纸的抗油脂作用[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [29] 刘玉莎. 纸张阻隔性涂布及其阻隔性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [30] 陈茜, 刘培, 吴敏. 疏水纳米纤维素/壳聚糖基防水防油纸的制备及性能研究[J]. *纤维素科学与技术*, 2024, 32(4): 1–6, 80.
- [31] 翟红周, 吴江瑞. 无氟防油淀粉 JT-3260 在防油纸生产中的应用[J]. *中华纸业*, 2023, 44(Z1): 77–79.
- [32] 邹洋, 罗紫欣, 许霞, 等. 壳聚糖/AKD 乳液改善纸浆模塑制品防水防油性能的研究[J]. *包装工程*, 2024, 45(9): 96–104.
- [33] 朱瑞丰. 海藻酸钠基防水防油包装纸制备及性能研究[D]. 无锡: 江南大学, 2023.
- [34] VAEZI K, ASADPOUR G, SHARIFI S H. Effect of coating with novel bio nanocomposites of cationic starch/cellulose nanocrystals on the fundamental properties of the packaging paper[J]. *Polymer testing*, 2019, 80: 106080.
- [35] AURAS R A, LIM L T, SELKE S E, et al. Poly(lactic acid): synthesis, structures, properties, processing, applications, and end of life[M]. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2022.
- [36] 秦莹莹. 聚乳酸基纳米复合材料的制备及在食品包装的应用研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2021.
- [37] 邵琳颖, 郗悦玮, 翁云宣. 可降解聚乳酸复合材料研究进展[J]. *中国塑料*, 2022, 36(6): 155–164.
- [38] RASAL R M, JANORKAR A V, HIRTD E. Poly(lactic acid) modifications[J]. *Progress in polymer science*, 2010, 35(3): 338–356.
- [39] WANG F J, WANG L Q, ZHANG X C, et al. Study on the barrier properties and antibacterial properties of cellulose-based multilayer coated paperboard used for fast food packaging[J]. *Food bioscience*, 2022, 46: 101398.
- [40] 林辉忠, 张锦, 张永红. 一种生产纸杯用环保型生物降解塑料淋膜纸: CN204054839U[P]. 2014–12–31.
- [41] ARMENTANO I, BITINIS N, FORTUNATI, E, et al. Multifunctional nanostructured PLA materials for packaging and tissue engineering[J]. *Progress in polymer science*, 2013, 38(10/11): 1720–1747.
- [42] 陈金伟, 郑海仪, 梁钊发, 等. 基于工艺参数在线监测的聚乳酸生物塑料注射成型机理[J]. *工程塑料应用*, 2019, 47(12): 50–55.
- [43] CHEN T, ZHONG G C, ZHANG Y T, et al. Bio-based and biodegradable electrospun fibers composed of poly(L-lactide) and polyamide 4[J]. *Chinese journal of polymer science*, 2020, 38(1): 53–65.
- [44] 郝丞艺, 张凯强, 宋伟, 等. 木聚糖酶改性对竹粉/聚乳酸复合材料性能的影响[J]. *林业工程学报*, 2020, 5(3): 36–40.
- [45] DOAN C D, TO C M, DE VRIEZE M, et al. Chemical profiling of the major components in natural waxes to elucidate their role in liquid oil structuring[J]. *Food chemistry*, 2017, 214: 717–725.
- [46] 何丽兵, 王森. 植物蜡的综合利用研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2020, 33(2): 14–16.
- [47] 杨德远, 韩文佳, 杨硕, 等. 生物质蜡制备疏水/超疏水材料的研究及应用进展[J]. *高分子材料科学与工程*, 2025, 41(2): 171–180.
- [48] GURAV A B, GUO Q H, TAO Y F, et al. Durable, robust and free-standing superhydrophobic poly(vinyl alcohol-co-ethylene) nanofiber membrane[J]. *Materials letters*, 2016, 182: 106–109.
- [49] 严中禹. 纳米纤维素酰胺化改性及其食品包装纸应用研究[D]. 杭州: 浙江科技学院, 2023.
- [50] DOGANCI M D. Fabrication of superhydrophobic transparent cyclic olefin copolymer (COC)-SiO<sub>2</sub> nanocomposite surfaces[J]. *Journal of applied polymer science*, 2021, 138(14): e50145.
- [51] 徐冰冰. 防水防油牛皮纸的制备及性能表征[D]. 北京: 北京林业大学, 2021.
- [52] 梁艳艳, 林海泉, 许锦才, 等. 聚乳酸挤出淋膜纸关键技术[J]. *塑料包装*, 2022, 32(1): 41–45.

## Research Progress on the Application of Bio-based Oil-Resistant Coatings for Food Packaging Paper

GUO Wanting, ZHANG Rui, WU Rina

(China Light Industry Key Laboratory of Papermaking and Biorefinery, Tianjin Key Laboratory of Pulp and Paper, College of Light Industry Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** With the in-depth advancement of global "plastic restriction" initiatives, the development of environmentally friendly food packaging materials has become an urgent priority. Paper, as an ideal alternative to plastic, suffers from poor oil resistance due to its inherent hydrophilicity and porous structure, which limits its application. Therefore, the development of oil-resistant coatings based on biomass raw materials is crucial for promoting the upgrading of green packaging. This review summarizes the bio-based coatings used domestically and internationally to improve the water and oil resistance of food packaging paper, introducing how to enhance the oil resistance of food packaging paper from two aspects: coating materials and coating processes. In the future, further optimizing the performance and preparation processes of bio-based oil-resistant coatings and promoting their development towards multi-functional compounding are expected to meet the growing diversified and high-performance demands in the food packaging field.

**Key words:** food packaging paper; bio-based coating; grease barrier

### 《造纸与纤维材料》入选“中国科技期刊卓越行动计划(二期)” 集群(集团)化试点项目

2025年6月,《造纸与纤维材料》入选“中国科技期刊卓越行动计划(二期)”集群(集团)化试点项目(项目编号:B-01),成为“中国高校科技期刊与中国工程院院刊集群”成员刊。

“中国科技期刊卓越行动计划”由中国科协、教育部、科技部、财政部、国家新闻出版署、中国科学院和中国工程院联合实施,设置英文单刊、中文单刊、高起点新刊、高水平办刊人才培育和集群(集团)化试点5个子项,实施周期为5年(2024—2028年),旨在深入贯彻党的二十届三中全会精神和全国科技大会精神,认真落实习近平总书记关于加快培育世界一流科技期刊的重要指示,持续增强我国科技期刊的学术引领力和国际影响力。其中,集群(集团)化试点项目聚焦于集约化数字化办刊创新路径,通过自主搭建或与国内领先平台携手合作,全力打造刊群门户网站、数字出版传播平台,深度整合汇聚期刊出版资源,塑造资源集约、特色鲜明、学术影响力强劲且可持续发展的品牌刊群生态。

《造纸与纤维材料》编辑部将以此为契机,持续优化期刊学术质量与服务水平,同时充分依托集群(集团)化试点项目的平台优势,深化与业内优秀科技期刊的交流合作,为学术成果传播提供坚实平台。

本刊编辑部