http://pmse.scu.edu.cn

食品胶在干法片材中的应用性能

崔紫钰[1], 周 容[2], 李宏伟[2], 侯宁宁[2], 张 臣[2], 李佶衡[2], 张军华[1]
(1. 先进高分子材料全国重点实验室 四川大学高分子研究所, 四川 成都 610065; 2. 四川三联新材料有限公司, 四川 成都 610000)

摘要: 干法片材是将植物粉体通过合适的食品级胶黏剂在纤维纸基材上涂覆成膜而制得。文中基于不同种类胶黏剂(羧甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基纤维素、黄原胶、罗望子多糖、魔芋胶、壳聚糖、明胶、瓜尔胶、阿拉伯胶、改性玉米淀粉、改性木薯淀粉)在干法片材中的性能进行了研究,将其在水中溶解配置不同种类相同浓度的胶黏剂溶液,考察了不同胶黏剂的溶解性、溶液黏度等。将胶液喷涂于同种基片纤维上,对制备出的片材克重、掉粉率、片材含水率、拉伸强度等物理性质进行了测试,对胶黏剂及相应片材的 350 ℃低温热裂解产物进行了分析,用扫描电镜对片材微结构进行了观察。结果表明,壳聚糖、阿拉伯胶、黄原胶、瓜尔胶、羧甲基纤维素室温可溶;魔芋胶、瓜尔胶、羧甲基纤维素制备出的干法片材拉伸强度最高,均超过 0.8 kN/m;羟乙基纤维素、明胶、瓜尔胶的掉粉率最低,且由此 3 种胶黏剂制备的片材结构更加致密;瓜尔胶、羟乙基纤维素、羧甲基纤维素在干法片材中应用效果最佳。

关键词: 干法片材;食品胶;胶黏剂;纤维素;应用性能
中图分类号: TQ430.7 **文献识别码:** A **文章编号:** 1000-7555(2026)05-0112-08

干法片材是一种新型的片材制备技术,常用生产方法有辊压法、稠浆法和造纸法,其中造纸法工艺具有操作较为简单、且成品品质好的优势[1]。造纸法是将叶片、植物梗等部位打碎成粉,与胶黏剂、风味物质等成分混合成涂布液,喷涂于纤维基片上,后续经干燥、压光等步骤制备而成。但造纸法也存在一些问题,如抄片过程中,由于植物梗、植物粉末的结合力差,片材强度较弱,片材易破损,加之植物粉末的悬浮稳定性问题,使得产品质量稳定性不佳[2]。因此,需要对胶黏剂的种类进行筛选,添加合适的助剂来改善胶黏剂性能。由于片材主要用于食品级产品,胶黏剂的主要组成和助剂均需符合食品添加要求。目前,国内外主流的干法片材专用胶黏剂主要分为两类,一类是添加型片材胶黏剂,另一类是天然果胶片材胶黏剂[3]。陈冬海[4]研究了瓜尔胶及其衍生物对造纸法再造片材浆料助留助滤性能的影响,考察了其对造纸法再造片材白水污染负荷及再造片材物理性能的影响,添加瓜尔胶及其衍生物,能在改善再造片材浆料助留助滤性能的同时,不影响匀度,改善基片的物理性能,提高基片的定量,减轻白水的污染负荷。李钰等[5]研究了羟丙基甲基纤维素在干法片材中的应用价值,将其与魔芋胶和羧甲基纤维素钠进行对比,提高了对应胶黏剂制备的干法片材的纵向拉伸强度,均高于 0.5 kN/m,表明羟丙基纤维素制备的干法片材综合性能较好,有较高应用价值。赵阔等[6]改善了羧甲基纤维素在实际应用中经常会出现的片材破碎等问题,该类型黏结剂可以承受的作用力比传统的羧甲基纤维素黏结剂大,纵向拉力为 298 g/mm^2,其耐压性能和耐折性能在实际应用中都具有较大的优势。

虽然现在已有一些干法片材胶黏剂的研究,但是这些胶黏剂的主要组成来源为食品,在片材制备过程中存在力学性能不佳、片材容易破损和植物粉体容易掉落等问题,因此,需要对更多的食品胶黏剂

doi: 10.16865/j.cnki.1000-7555.2026.0079
收稿日期: 2025-10-31
通讯联系人: 张军华, 主要从事聚合物合成、功能高分子和液晶高分子研究, E-mail: zhangjh@scu.edu.cn

的性能进行研究,基于此,本文重点对多种食品级天然高分子在干法片材胶黏剂中的使用性能进行了研究,包括羧甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基纤维素、黄原胶、罗望子多糖、魔芋胶、壳聚糖、明胶、瓜尔胶、阿拉伯胶、改性玉米淀粉、改性木薯淀粉[7~13]等,从胶黏剂性能如黏度、溶解性等,对制备出的相应干法片材的性能如拉伸强度、掉粉率等重要指标进行了研究。并对制备出的干法片材进行了热裂解/气相质谱分析,讨论了不同胶黏剂的使用对干法片材裂解产物的影响,旨在为新型干法片材胶黏剂的选择提供思路。

1　实验部分

1.1　原料与设备

羧甲基纤维素(CMC,取代度 0.91,食品级)、羟乙基纤维素(HEC,取代度 1.93,食品级)、羟丙基纤维素(HPC,羟丙氧基 7.9,食品级)、黄原胶(XG,食品级)、罗望子多糖(TSP,食品级)、魔芋胶(KG,食品级)、壳聚糖(CS,脱乙酰度 95%)、明胶(GEL,食品级)、瓜尔胶(GG,食品级)、阿拉伯胶(AG,食品级)、改性玉米淀粉(MS):湖北成海化工有限公司;植物叶片粉末(60 目)、纤维纸基片:四川三联新材料有限公司;甘油:99%,麦克林;1,2-丙二醇:99%,麦克林;去离子水:实验室自制。

旋转流变仪:MCR 302e 型,奥地利 Anton Paar 公司;数显高速分散机:FS400 型,上海尚普仪器公司;热重分析仪(TGA):TGA2 型,瑞士 METTLER TOLEDO 公司;卧式纸张强度测试仪:AT-LW-1 型,山东安尼麦特仪器;场发射扫描电子显微镜(SEM):Apreo S HiVoc 型,美国 ThermoFisherScientific(FEI)公司;气相色谱-质谱联用仪(GC-MS):5977C 型,美国 Agilent Technologies 公司;裂解仪:Pyroprobe 620 型,美国 CDS Analytical 公司。

1.2　实验方法

1.2.1　*单组分胶液制备*:称取 2 g 羧甲基纤维素,248 g 去离子水,在 40 ℃水浴锅中快速搅拌,使其充分溶解,配置胶液。另称取 30 g 植物粉末,加入 0.8 g 丙二醇,5.8 g 甘油,搅拌均匀后加入到胶液中,转速 1200 r/min 高速分散 10 min,形成均匀稳定的分散液。

1.2.2　*片材喷涂工艺*:使用 60 目孔径的筛网过筛分散液,称取 200 g 分散液,分 4 次喷涂于 0.25 m^2 的纤维纸基片上,每喷涂一面后烘干。最后喷涂 20 g 水、0.6 g 丙二醇、3 g 甘油的混合溶液。烘干后裁取中心均匀部分密封保存,得到干法片材,命名为片材-CMC。

按同样的方法配置羟乙基纤维素、羟丙基纤维素、黄原胶、魔芋胶、瓜尔胶、明胶、阿拉伯胶、壳聚糖、罗望子多糖、改性玉米淀粉的胶液,并分别进行喷涂,得到不同干法片材,密封保存,以备性能测试。

1.3　表征与测试

1.3.1　*干胶溶解性测试*:在 1.2.1 配置胶液过程中,记录胶粉在水中完全溶解的温度及所需时间。

1.3.2　*涂布液流变测试*:利用旋转流变仪对涂布液进行剪切黏度测试。测试温度为 25 ℃,剪切速率为 10 s^{-1}。

1.3.3　*干法片材抗张强度及断裂伸长率测试*:测试方法参考国标 GB/T 12914—2008,将干法片材用裁刀裁成长 200 mm、宽 12 mm 的矩形,测试前于 100 ℃烘箱烘干 5 min,确保含水量接近。使用强度测试仪测试其拉伸强度及断裂伸长率,每个样品测试 5 个样,取数值接近的 3 个样结果。

1.3.4　*干法片材克重及掉粉率测试*:裁取 10 cm×10 cm 的干法片材,称量其质量并记录。将该片材使用切丝机切丝,切丝后样品使用 60 目筛网将脱落植物粉筛出,筛出后再次进行称量,计算掉粉率。

1.3.5　*扫描电镜分析*:裁取 1 cm×1 cm 样品,黏到导电胶上,使用溅射镀膜仪喷金 45 s,随后观察样品形貌,加速电压为 3 kV。

1.3.6　*热重分析*:称取 3~8 mg 干法片材于氧化铝坩埚中,在空气气氛中,以 10 ℃/min 从 30 ℃升温至 800 ℃。

1.3.7　*热裂解-气相色谱-质谱连用分析*:称取 0.1 mg 片材样品于石英管中,设置初始温度为 50 ℃,快速升温至 350 ℃,以氦气为载流气体,裂解产生的气体进入 GC-MS 检测系统,进样 40 s,采用 HP-5MS 型色谱柱(30 m×250 μm×0.25 μm)。质谱扫描范围为 33~400 *m/z*,扫描速率 500 为 Da/s,检索谱图库 NIST-23L。

2 结果与讨论

2.1 干胶溶解性

在胶液配置过程中,需要考虑胶粉的溶解性,本文记录了几种胶黏剂溶解所需的温度及时间。多糖分子结构中亲水基团的含量、分布和粉末特征等因素会显著影响其溶解过程[14]。由 Tab.1 可知,羧甲基纤维素、阿拉伯胶、黄原胶、瓜尔胶的溶解性最好,40 ℃即可溶解,羟乙基纤维素、魔芋胶、明胶、罗望子多糖次之,加热至 65 ℃搅拌可溶解,羟丙基纤维素、改性玉米淀粉、虫胶、卵磷脂在 85 ℃难以溶解。其在水中的溶解速率与胶粉结构中亲水基团与疏水基团比例有关,羟丙基纤维素中丙基的疏水性更强,导致同为纤维素的羟丙基纤维素溶解性低于羟乙基纤维素,而羧甲基纤维素中的羧基亲水性更强,故其在水中的溶解性更好。改性玉米淀粉、虫胶、卵磷脂中疏水基团比例更高,导致 3 种胶粉在 85 ℃仍难溶于水。壳聚糖胶粉比较特殊,在溶解过程中需要加入生物酸来对壳聚糖进行酸化,壳聚糖上的胺基(—NH_2)与酸中的氢离子(H^+)成盐(—NH_3^+)并发生溶剂化作用,使壳聚糖原有氢键遭到破坏而溶解[15]。

从操作的方便程度上考虑,溶解速率越快、溶解温度越低的胶粉能够节约时间,因此,优先考虑在水中溶解速率快、溶解温度低的胶粉。优先选择羧甲基纤维素、阿拉伯胶、黄原胶、瓜尔胶,其次是羟乙基纤维素、魔芋胶、明胶、罗望子多糖及壳聚糖,而羟丙基纤维素、改性玉米淀粉、虫胶、卵磷脂溶解性较差,使用起来不方便。

Tab. 1 Powder dissolution rate

Food gums	Dissolution temperature/℃	Dissolution time/min	Notes
HEC	60	15	
HPC	85	120	Abundant precipitates
CMC	40	20	
AG	40	10	
XG	40	15	
KG	65	30	
GEL	65	30	
GG	40	20	
TSP	65	40	
CS	25	20	Addition of acetic acid
MS	85	Insoluble	

2.2 涂布液黏度

涂布液的黏度对片材的涂布质量有很大影响[16]。使用旋转流变仪对涂布液进行剪切黏度测试,结果如 Fig.1 所示。相同浓度的胶黏剂制备的涂布液黏度有较大差异,其中瓜尔胶黏度最大,为 1230 mPa·s,羟乙基纤维素和羧甲基纤维素次之,均在 700 mPa·s 以上。阿拉伯胶、魔芋胶、壳聚糖即使溶解十分充分,黏度仍维持在较低水平。而羟丙基纤维素和罗望子多糖由于难以充分溶解,导致其黏度较低。

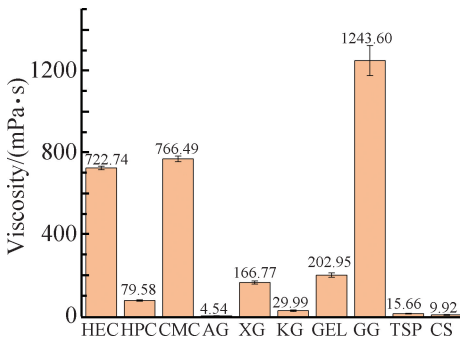


Fig. 1 Viscosity of different adhesives for coating solutions

2.3　片材拉伸强度

胶黏剂增强作用主要通过与纸浆纤维和填料间的相互作用实现,从分子水平上看,这种相互作用主要包括氢键、静电吸附、疏水作用和物理缠结等[17,18]。使用卧式纸张强度测试仪对不同胶黏剂制备的再造片材进行拉伸强度测试,Fig.2 为测试结果。由 Fig.2 可知,羧甲基纤维素、魔芋胶、瓜尔胶制备片材的拉伸强度最佳,其中魔芋胶、瓜尔胶片材的拉伸强度超过 900 N/m,羧甲基纤维素拉伸强度超过 800 N/m,表明这 3 种胶黏剂的增强效果最佳。罗望子多糖和壳聚糖为胶黏剂所制备的片材拉伸强度均在 600 N/m 以上,羟乙基纤维素、黄原胶片材拉伸强度在 500 N/m 左右。而阿拉伯胶、明胶片材拉伸强度均在 400 N/m,拉伸强度较低。拉伸强度取决于胶黏剂在片材中存在的分子内和分子间氢键及分子链段缠绕等物理交联作用。氢键和交联作用构建的分子网络结构,可以提高片材的力学强度[19]。由于瓜尔胶直链上没有非极性基团,大部分伯羟基和仲羟基都处在外侧,而且半乳糖支链并没有遮住活性的醇羟基,导致瓜尔胶具有最大的氢键结合面积[20],当其与植物粉末表面的纤维结构结合时,形成的氢键结合距离短,结合力大,为瓜尔胶片材提供了高拉伸强度。同样的,魔芋胶也属于直链型分子结构,有利于氢键的形成,所制备的片材拉伸强度高。

2.4　片材克重及抗张指数

抗张指数是通过拉伸强度与定量比值计算的物理量,用于表征纸张抵抗外力拉伸的能力,计算结果与纸张的纤维结合强度、原料质量等直接相关,是评价纸制品力学性能的重要参数之一。裁取 10 cm×10 cm 的干法片材,进行称量,计算其每平方米克重,根据拉伸强度与克重的比例计算抗张指数,结果如 Tab.2 所示。

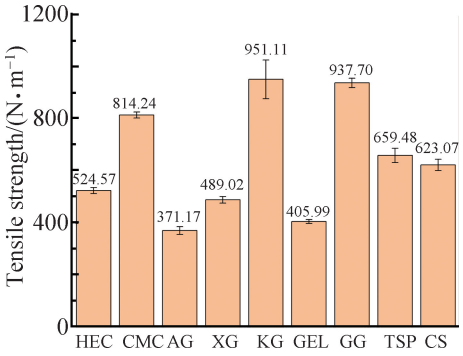


Fig. 2　Tensile strength of dry-laid sheets prepared with different adhesives

羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、阿拉伯胶、黄原胶、瓜尔胶、罗望子多糖、壳聚糖的片材克重均稳定于 160~180 g/m^2,由于手工喷涂,片材克重略有差异属于正常范畴,而魔芋胶的克重明显高于其他种类胶,这可能是由于魔芋胶比其他胶黏剂吸水性更强,暴露在空气中会吸收更多水分,导致其克重明显高于其他片材。

Tab. 2　Grammage, tensile strength and tensile index of the dry-processed sheet of dry tobacco flake

Food gums	Grammage/(g·m^{-2})	Tensile strength/(N·m^{-1})	Tensile index/(N·m·g^{-1})
HEC	184.79	524.57	2.84
CMC	178.25	814.24	4.57
AG	176.74	371.17	2.10
XG	164.20	489.02	2.98
KG	219.95	951.11	4.32
GEL	201.61	405.99	2.01
GG	176.84	937.70	5.30
TSP	164.69	659.48	4.00
CS	178.54	623.07	3.50

2.5 片材掉粉率

使用切丝机将再造片材切丝,将切丝后的片材丝使用 60 目筛网过筛,过筛掉掉落烟粉后再次称量,计算掉粉率并记录结果,如 Fig.3 所示。

由 Fig.3 可以看出,部分片材掉粉率出现负值,即切丝后质量高于切丝前质量,如羟乙基纤维素、黄原胶、魔芋胶、瓜尔胶 4 种胶黏剂片材,考虑是由于该片材在切丝过程中吸收了空气中的水分,使得片材质量增加,从而导致结果出现负值,其中魔芋胶的掉粉率负值最大,说明魔芋胶的吸湿性最强,导致其质量增加效果明显。而羟乙基纤维素、明胶、瓜尔胶的质量变化最小,掉粉率最低,说明胶黏剂在植物粉末-基片纤维之间起到了较好的桥梁作用,对于植物粉末的黏结性最好。羧甲基纤维素、阿拉伯胶、罗望子多糖的掉粉程度中等,壳聚糖的掉粉率明显高于其他种类胶黏剂,说明壳聚糖对于植物粉末的黏结效果较差,可能是由于壳聚糖与植物粉末的相互作用力不足以使其紧密附着于纤维纸基片上。

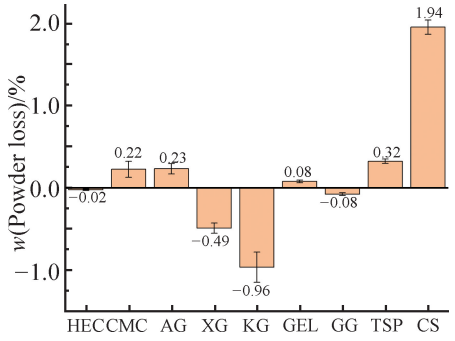


Fig. 3 Dusting tendency of different adhesives for dry-laid sheets

2.6 片材显微结构

为研究胶黏剂在片材中的作用效果,使用 SEM 观察再生片材的表观形貌,Fig.4 为不同胶黏剂制备片材样品的 SEM 图。如图所示,再造片材的表观存在部分孔洞,羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、瓜尔胶、魔芋胶、黄原胶的黏结效果较好,制备的片材较为紧实,植物粉末与纤维基片的黏结较充分,片材的掉粉率低,同时可有效提高片材拉伸强度;阿拉伯胶、明胶、罗望子多糖制备的片材仍有部分纤维裸露,壳聚

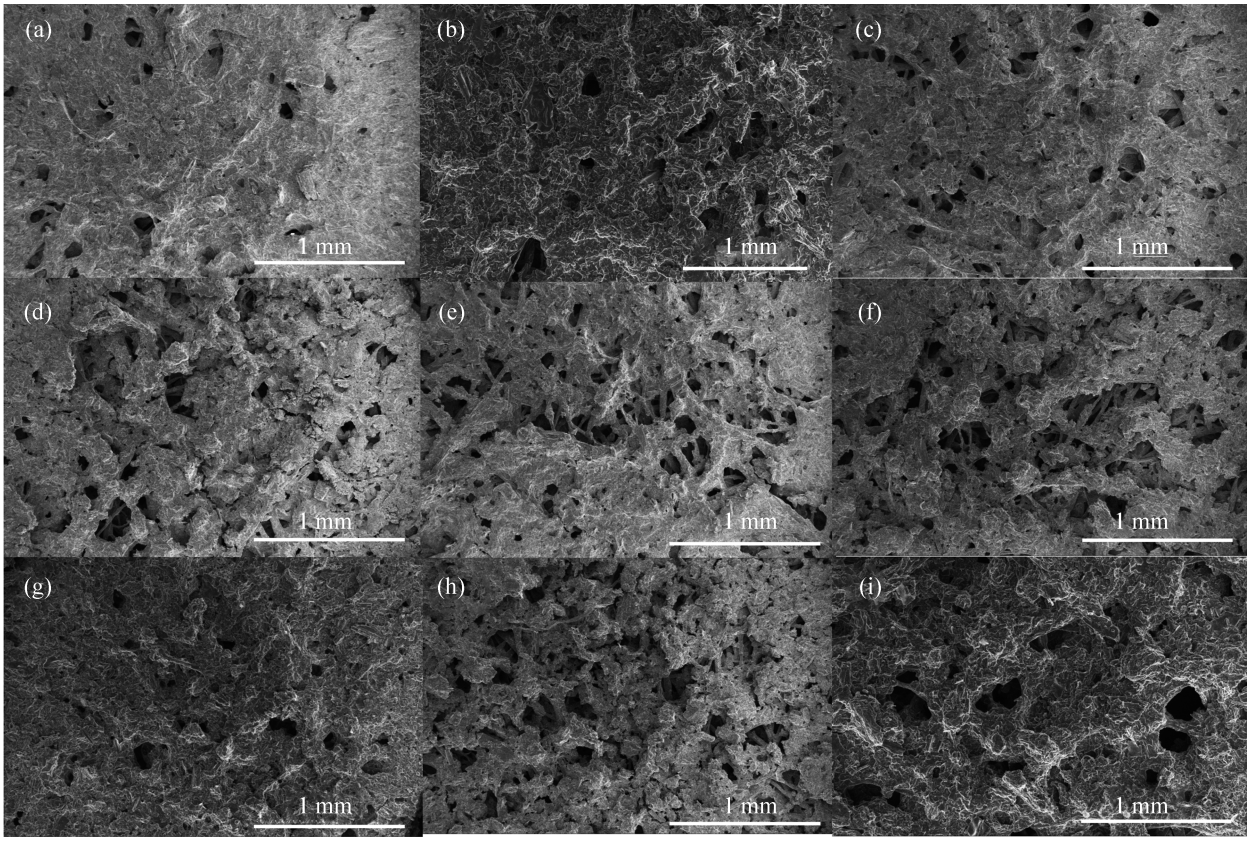


Fig. 4 SEM images of (a) HEC, (b) XG, (c) GEL, (d) AG, (e) TSP, (f) CMC, (g) GG, (h) CS and (i) KG for dry-laid sheets

糖制备的片材呈蜂窝状,胶黏剂的黏结效果较差,植物粉末团聚在纤维基片表面,容易脱落,导致掉粉率较高。

2.7　片材的热稳定性

对片材进行热重测试,分析片材加热时的质量损失情况,结果如 Fig.5 所示。由 Fig.5 可知,不同种类胶黏剂片材的质量损失趋势基本相同,均有 3 个主要的质量损失区间。第 1 个质量损失区间为室温至 180 ℃,为水分及甘油等小分子物质的挥发,质量损失约 30%;第 2 个损失区间为 250~350 ℃,在此区间,质量损失 35%~40%,主要是植物粉末的热裂解;第 3 个损失区间为 400~480 ℃,此区间质量损失速率达到最高,为胶黏剂的分解,质量损失约 25%;最终的残碳率在 10%~15%。

由上述分析可知,不同胶黏剂的片材质量损失趋势相似,质量损失速率较为稳定。

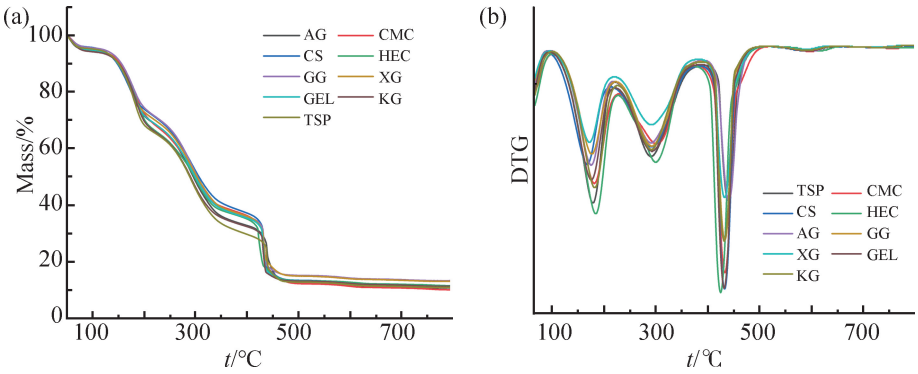


Fig. 5　(a) TGA and (b) DTG curves of different adhesives for dry-laid sheets

2.8　片材的热裂解分析

为探究在加热过程中会释放什么物质,利用 Py-GC/MS 对干法片材在低温(350 ℃)的热裂解产物进行了定性定量分析[21]。

Fig.6 为不同胶黏剂制备的干法片材的热裂解产物,主要包括酸类、酯类、醇类、胺类、酮类、醛类、烯烃和烷烃,合计占总裂解产物的 51.63%,其中酯类和胺类物质占比最多,平均占裂解总产物的 28.67%。阿拉伯胶中酯类和胺类的含量最高,分别为 38.53% 和 37.86%,醚类和烯烃类物质含量较低。

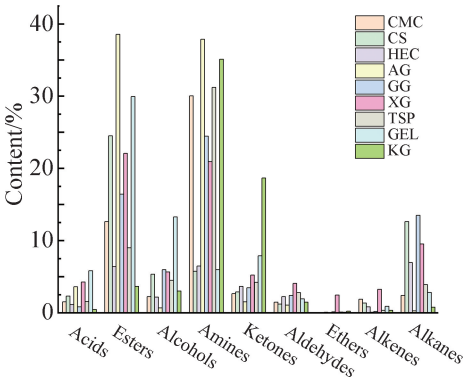


Fig. 6　Pyrolysis product distribution of dry-laid sheets prepared with different adhesives

各类片材在分解过程中都产生了一定量的共同成分,如癸酸、苯乙醛、苯酚、苯乙酸、苯乙醇、吲哚、茄酮、巨豆三烯酮、甲基环戊烯醇酮等[21]。

3　结论

探究了羧甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基纤维素、黄原胶、罗望子多糖、魔芋胶、壳聚糖、明胶、瓜尔胶、阿拉伯胶几种食品胶在再造干法片材中的应用。从胶黏剂性能如黏度、溶解性等,到制备出相应干法片材的性能如拉伸强度、掉粉率等重要指标进行了研究,结果表明,几种食品胶在各项性能方面展现出不同优异性。其中,羧甲基纤维素、阿拉伯胶、黄原胶、瓜尔胶的溶解性最好;瓜尔胶、羧甲基纤维素、羟乙基纤维素对黏度的贡献较大,可有效提高涂布液体系的黏度;羧甲基纤维素、魔芋胶、瓜尔胶制备片材的拉伸强度最佳;羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、瓜尔胶、魔芋胶、黄原胶的黏结效果较好,制备的片材较为紧实,掉粉率最低。为后续选择适宜的食品胶作为干法片材制备中的关键辅料提供了科学依据,尤其在改善产品力学性能与加工适应性方面具

有指导意义。

参考文献：

[1] 陈志鸿, 林云. 浅析再造烟叶的工艺, 特性及作用[J]. 广东化工, 2015, 42(16): 139.
Chen Z H, Lin Y. The process, characteristic and function of reconstituted tobacco[J]. Guangdong Chemical Industry, 2015, 42(16): 139.

[2] Luo B, An X, Yang J, *et al*. Isolation and utilization of tobacco-based cellulose nanofiber (TCNF) for high performance reconstructed tobacco sheet (RTS)[J]. Carbohydrate Polymers, 2021, 261: 117865.

[3] 李和平, 孙建军, 黄善启, 等. 再生烟草薄片生产专用粘接材料的研制[J]. 精细石油化工, 2000, 5(6): 1-5.
Li H P, Sun J J, Huang S Q, *et al*. Development of adhesive material for reconstituted tobacco sheet[J]. Speciality Petrochemicals, 2000, 5(6): 1-5.

[4] 陈冬海. 瓜尔胶改性作造纸法再造烟叶湿部助剂研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
Chen D H. Modification of guar gum for wet end additive of paper-making tobacco sheet[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.

[5] 李钰, 闫美玲, 万里鹰, 等. 羟丙基甲基纤维素在干法烟草薄片胶黏剂的应用研究[J]. 化学研究与应用, 2023, 35(1): 208-214.
Li Y, Yan M L, Wan L Y, *et al*. Study on the application of hydroxypropyl methylcellulose in dry tobacco flake adhesives[J]. Chemical Research and Application, 2023, 35(1): 208-214.

[6] 赵阔, 席高磊, 孟洋. 新型烟草薄片粘合剂的生产及应用性能研究[J]. 山东工业技术, 2019(6): 25.
Zhao K, Xi G L, Meng Y. Study on the production and applied properties of a novel tobacco sheet adhesive[J]. Shandong Industrial Technology, 2019(6): 25.

[7] Bhuniya S, Demina T S, Akopova T A. Advances in applications of polysaccharides and polysaccharide-based materials[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2024, 25: 6482.

[8] Dong S, Feng S, Liu F, *et al*. Factors influencing the adhesive behavior of carboxymethyl cellulose-based hydrogel for food applications[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 179: 398-406.

[9] Wang P, Pang J, Zhang H, *et al*. Composition, structural, and thermal analysis of cellulose, hemicellulose, and lignin of reconstituted cut stems in tobacco[J]. Industrial Crops and Products, 2024, 222: 119614.

[10] Paiva D, Goncalves C, Vale I, *et al*. Oxidized xanthan gum and chitosan as natural adhesives for cork[J]. Polymers, 2016, 8: 259.

[11] Rahman M S, Hasan M S, Nitai A S, *et al*. Recent developments of carboxymethyl cellulose[J]. Polymers, 2021, 13: 1345.

[12] Liu Z, Liu J, Zhong H, *et al*. Structural features underlying crunchy property of konjac glucomannan gels[J]. Food Hydrocolloids, 2023, 144: 108998.

[13] Jo C, Rukmanikrishnan B, *et al*. Cellulose-pulp-based stretchable composite film with hydroxyethyl cellulose and turmeric powder for packaging applications[J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2021, 9: 13653-13662.

[14] 杨曦. 基于混合食品多糖体系的凝胶特性及调控机制[D]. 西安: 陕西师范大学, 2020.
Yang X. Gel properties and regulatory mechanisms of mixed food polysaccharide systems[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2020.

[15] Ardean C, Davidescu C M, Neme N S, *et al*. Factors influencing the antibacterial activity of chitosan and chitosan modified by functionalization[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22: 7449.

[16] 鹿洪亮, 李跃锋, 李易非. 应用接触角技术评价再造烟叶涂布液的动态吸收性能[J]. 烟草科技, 2019, 52(9): 96-101.
Lu H L, Li Y F, Li Y F. Evaluation of dynamic absorption of reconstituted tobacco by contact angle technology[J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(9): 96-101.

[17] Li Y, Wan L, Yan M, *et al*. Recycling of tobacco waste: development of reconstituted tobacco sheet with suitable strength and low toxicity[J]. Resources, Conservation & Recycling Advances, 2023, 19: 200179.

[18] Chambi H, Grosso C. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase[J]. Food Research International, 2006, 39: 458-466.

[19] Costa J, Baratto M C, Spinelli D, *et al*. A novel bio-adhesive based on chitosan-polydopamine-xanthan gum for glass, cardboard and textile commodities[J]. Polymers, 2024, 16: 1806.

[20] Menini P D, Oliveira M P, Colares J R, *et al*. Development of microfibrillated cellulose filaments using xanthan and guar gums[J]. Cellulose, 2024, 31: 8609-8623.

[21] 黄静文, 段焰青, 杨金奎. 烟叶主要致香成分和烟叶等级以及醇化时间的对比分析[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(3): 440-445.
Huang J W, Duan Y Q, Yang J Q. A study on major aromatic components in flue-cured tobacco and correlation with grades and aging stages of tobacco[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2010, 32(3): 440-445.

Application Performance of Food Gums in Dry-Process Sheets

Ziyu Cui[1], Rong Zhou[2], Hongwei Li[2], Ningning Hou[2], Chen Zhang[2], Jiheng Li[2], Junhua Zhang[1]

(*1. State Key Laboratory of Advanced Polymer Materials, Polymer Research Institute, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Sichuan Sanlian New Materials Company Limited, Chengdu 610000, China*)

ABSTRACT: Dry-processed sheets are typically fabricated by coating plant powders onto fibrous paper substrates with appropriate food-grade adhesives to form uniform films. In this study, the performance of twelve types of adhesives including carboxymethyl cellulose (CMC), hydroxyethyl cellulose (HEC), hydroxypropyl cellulose (HPC), xanthan gum (XG), tamarind polysaccharide (TPS), konjac gum (KG), chitosan (CS), gelatin (GEL), guar gum (GG), arabic gum (AG), modified corn starch, and modified cassava starch was systematically evaluated for application in dry-processed sheets. Adhesive solutions of identical concentration (all dissolved in deionized water) were prepared for different adhesive types, and their solubility and viscosity were characterized. Subsequently, the adhesive solutions were uniformly sprayed onto substrates composed of the same base fiber. The physical properties of the resulting sheets, including basis mass, powder shedding rate, moisture content, and tensile strength were comprehensively tested. Furthermore, the low-temperature pyrolysis products (at 350 ℃) of the adhesives and corresponding sheets were analyzed. The morphology and microstructure of the sheets were observed via scanning electron microscopy (SEM). Results show that CS, AG, XG, GG and CMC are soluble at room temperature. Dry-processed sheets prepared with KG, GG, and CMC exhibit the highest tensile strength (>0.8 kN/m). HEC, GEL and GG display the lowest powder shedding rates. Sheets fabricated using HEC, GEL and GG possess denser microstructures. Overall, GG, HEC and CMC exhibit the optimal application performance in dry-processed sheets.

Keywords: dry-processed sheets; food-grade adhesives; adhesives; cellulose; application performance