http://pmse.scu.edu.cn

松香钙对热塑性淀粉微观结构和性能的影响

邱永康[1], 李 硕[1], 陈 功[1], 郭 斌[1,2], 李盘欣[2]
(1. 南京林业大学 理学院, 江苏 南京 210037; 2. 河南省南街村集团博士后科研工作站, 河南 漯河 462600)

摘要:热塑性淀粉(TPS)在应用中主要存在力学和耐水性能有限的问题,文中基于此提出了一种使用松香钙(RCa)与甘油协同改性热塑性淀粉的新方法。采用挤出注塑工艺制备了一系列松香钙改性热塑性淀粉(RCa-TPS),系统研究了 RCa 添加量对材料力学性能、断面形貌、结晶结构、动态力学及耐水性能的影响。结果表明,RCa 能与淀粉大分子形成螯合结构,显著提高 TPS 的力学性能、热稳定性和耐水性;当松香钙质量为 45 g 时,45RCa-TPS 在保持 152.1%的断裂伸长率的同时,拉伸强度和弯曲强度分别提升了 100%和 189%,且接触角提升为 46.1°,平衡吸湿率从 TPS 的 8.89%降为 6.42%,具有最优的综合性能。因此,该方法可有效提升热塑性淀粉的力学和耐水性能,且工艺简单,有望应用于食品包装和农业领域。

关键词:松香钙;热塑性淀粉;力学性能;疏水性
中图分类号:O636.1^{+}2 **文献识别码**:A **文章编号**:1000-7555(2026)02-0141-09

鉴于石油基塑料带来的环境污染问题日渐严重[1],以淀粉及纤维素等天然高分子制备的生物降解塑料逐步成为替代石油基塑料的最佳选择[2]。其中,热塑性淀粉(Thermoplastic starch,TPS)具有来源丰富、成本低、可降解等优点[3,4],但其力学性能和耐水性能不佳,使其应用受到限制[5,6]。因此,改善 TPS 力学强度和耐水性成为拓展其应用的关键[7]。

松香是一种常见的林产化学品[8],具有成本低和绿色环保等优点。目前,松香及松香再加工产品(改性松香和松香衍生物)已广泛应用于可降解塑料及复合材料领域,可作为增强剂[9]、热稳定剂[10]、增容剂[11]或疏水剂[12]等。笔者课题组曾用松香与甘油协同作用来提高 TPS 的强度和疏水性,但相容性不佳,使其断裂伸长率下降明显,韧性较差[13]。针对如何改善两相相容性的问题,目前有研究表明[14,15],松香再加工产品中的松香衍生物可用于复合材料中的相界面改性剂。

作为一种松香衍生物,松香钙是由松香中的松香酸与消石灰反应生成的含有部分未皂化松香的钙皂[16],兼具松香骨架和钙离子的双重特性,不仅保留了松香的可降解性和低成本优势,还展现出特殊的界面修饰功能[17]。Li 等[18]通过双戊烯与松香的 Diels-Alder 反应制备了丙烯海马酸(APA),并转化为相应的钙盐(APA-Ca),研究发现,环桥结构和金属离子的存在使 APA-Ca 具有较高的热稳定性,可作为聚氯乙烯的热稳定剂。Huang 等[19]通过钙离子诱导淀粉/松香复合物沉积对造纸填料进行改性,改性后填料的黏结因子由 11.8 提高到 14.6,明显提高了填料留着率和纸张的疏水性。Zhang 等[20]将甘油、玉米淀粉和葡萄糖酸钙进行反应性挤出制备了 TPS,Ca^{2+}的螯合作用使 TPS 的玻璃化转变温度、冲击和拉伸强度及热稳定性显著提升。

基于以上研究和笔者课题组的前期工作[21,22],本文通过挤出注塑工艺用松香钙与甘油制备了松香

doi: 10.16865/j.cnki.1000-7555.2026.0031
收稿日期: 2025-02-23
基金项目: 江苏省政府留学基金; 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(SJCX22_0318)
通讯联系人: 郭斌, 主要从事天然高分子材料研究, E-mail: gbm@ustc.edu

钙改性的 TPS,主要研究了松香钙含量对 TPS 力学性能、断面形貌、结晶结构、动态力学性能和耐水性能的影响。此外,挤出注塑成型的制备方法有利于大规模生产,扩大其在食品包装和农业领域的应用。

1 实验部分

1.1 实验原料

玉米淀粉:食用级,山东恒仁工贸有限公司;松香钙:分析纯,广东翁江化学试剂有限公司;甘油:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 松香钙改性热塑性淀粉的制备

根据 Tab.1 所示质量配比,将甘油、淀粉与松香钙在 QE-500 高速混合器中混合均匀后通过双螺杆挤出机挤出造粒,然后将粒料在注塑机中注塑成标准样条。挤出机加工温度参数分别为 105 ℃,110 ℃,115 ℃和 110 ℃,转速为 120 r/min;注塑机加工温度参数分别为 140 ℃,135 ℃,135 ℃,135 ℃和 130 ℃,注塑压力为 90 MPa。

Tab. 1 Different calcium rosin content

Sample code	*m*(Starch)/g	*m*(Glycerol)/g	*m*(Calcium rosin)/g
TPS	600	200	0
10RCa-TPS	600	190	10
20RCa-TPS	600	180	20
30RCa-TPS	600	170	30
40RCa-TPS	600	160	40
45RCa-TPS	600	155	45

1.3 测试与表征

1.3.1 *力学性能测试*:根据国标 GB/T 1040—2006,用电子万能试验机(E44.304 型,美斯特 MTS)测试拉伸强度和断裂伸长率,拉伸速率为 20 mm/min。在环境温度进行弯曲实验,探针压力速率为 20 mm/min,跨度为 70 mm。根据国标 GB/T 1043.1—2008,用摆锤式冲击试验机(PIT501J 型,深圳万测)进行冲击性能测试,冲击能量为 7.5 J,冲击速率为 3.8 m/s。

1.3.2 *扫描电镜表征*:经冷冻脆断的 TPS 和松香钙改性 TPS 样品,在断面附近切割成 10 mm×5 mm×4 mm,经等离子体溅射喷金后通过 SEM(Quanta FEG200 型,美国 FEI)观察,通过能量色散光谱(EDS)评估 Ca^{2+} 分布情况,以获得断裂表面的微观形貌和元素分布。

1.3.3 *广角 X 射线衍射分析*:用 X 射线衍射仪(DX-2700BH 型,丹东)分析松香钙、淀粉、TPS 和松香钙改性 TPS 的结晶行为和特性。将样品放入玻璃模具槽的表面并直接照射。射线源为 CuKα,扫描角度范围为 5°~40°,角度步长为 0.02°,试管电压/电流为 30 kV/20 mA。

1.3.4 *动态力学热分析*:使用动态力学热分析仪(DMA242 型,德国 Netzsch)对样品的动态黏弹性行为进行测试。样品尺寸为 12 mm×4 mm×0.5 mm,三点弯曲模式,频率为 1 Hz,3.33 Hz,5 Hz 和 10 Hz,扫描速率为 100 Hz,温度范围为-100~100 ℃;加热速率为 3 ℃/min。

1.3.5 *耐水性能测试*:用接触角测量仪(DSA100 型,德国 KRÜSS),将去离子水滴在样品表面 15 s 后测得表面接触角。将粒料在烘箱中 105 ℃干燥 12 h 后,分别取 2 g 记为 m_0,再分别放置于湿度为 50%(RH)的密闭容器中,每过 48 h 取出称量(记为 m_t)。根据式(1)计算吸水率(w):

$$w=\frac{m_t-m_0}{m_0} \tag{1}$$

2 结果与讨论

2.1 力学性能

TPS 和松香钙改性 TPS 的力学性能如 Fig.1 所示。TPS 的拉伸强度和断裂伸长率分别为 1.89 MPa 和 177.6%。随着松香钙含量的增加,改性 TPS 的拉

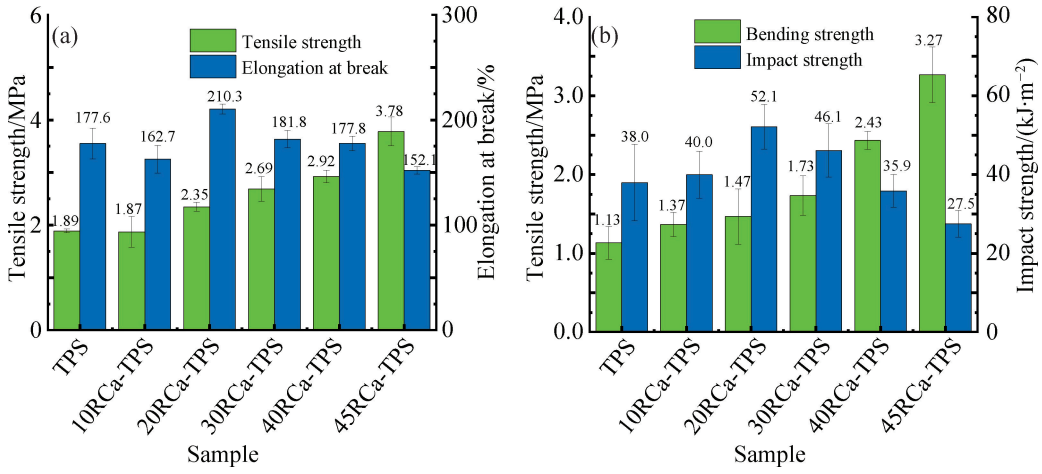


Fig. 1　Mechanical properties: (a) tensile strength and elongation at break; (b) bending and impact strength

伸强度从 1.89 MPa 增加到 3.78 MPa,较 TPS 提高近 2 倍;断裂伸长率随着松香钙含量的增加先上升后下降,最大值为 210.3%,较 TPS 提高了 18.4%。

当 RCa 质量为 20 g 时,样品 20RCa-TPS 的拉伸强度和断裂伸长率较 TPS 分别提高了 24.3% 和 18.4%。随着 RCa 含量进一步增加,样品 45RCa-TPS 的拉伸强度达到最大值 3.78 MPa,断裂伸长率为 152.1%,较 TPS 仅下降 14%,表明其保持了较好的断裂韧性。这些现象出现的原因可能包括 2 个方面:其一,松香钙中刚性的菲环结构可以提供更充足的强度;其二,Ca^{2+} 与淀粉大分子之间的螯合作用[20],不仅能延缓 TPS 分子链的运动,还能提高 Ca^{2+} 与淀粉大分子之间的相互作用力,形成交联网络结构,从而保持较高的断裂伸长率。Fig.1(b)中松香钙改性 TPS 的弯曲和冲击强度分别表现出和拉伸强度与断裂伸长率同样的变化趋势。

2.2　断裂面形貌及松香钙的分布

TPS 和 RCa-TPS 断面的 SEM 如 Fig.2 所示。纯 TPS 的断面略显粗糙,如 Fig.2(a~c)所示,可看到一些白色小颗粒,是在挤出过程中没有完全塑化的天然淀粉颗粒。如 Fig.2(d, g)所示,样品 10RCa-TPS 和 20RCa-TPS 的断面较 TPS 更加平滑,表明 RCa 的加入破坏了淀粉的结晶结构,能够与甘油协同作用得到较好的塑化效果,且与 TPS 基体之间的相容性良好,表现为单相体系。随着 RCa 质量增加到 30 g,40 g 和 45 g,甘油含量同步减少,RCa-TPS 的断面逐渐变得粗糙,如 Fig.2(j, m, p)所示,尤其在放大倍数为 1200 时断面出现了明显的裂纹,如 Fig.2(l, o, r)所示,45RCa-TPS 样品的断面再次出现未塑化的淀粉颗粒。这些现象表明,随着 RCa 含量的增加和甘油含量减少,二者协同作用破坏淀粉结晶结构的效果变差,因而塑化效果不好;此外,由于松香钙中菲环结构的存在,过多的 RCa 与淀粉之间的相容性变差,因而出现相分离。尽管如此,45RCa-TPS 具有最大的拉伸和弯曲强度,主要原因在于,RCa-TPS 中 Ca^{2+} 与淀粉大分子之间的螯合作用和刚性菲环结构可以有效传递拉伸和弯曲过程中的应力。

如 Fig.3 所示,EDS 可用于评估 Ca^{2+} 在松香钙改性 TPS 中的分布情况。EDS 结果表明,TPS 中没有 Ca^{2+} 的分布,Ca^{2+} 均匀地分散在 RCa-TPS 样品的断面中,没有发现明显的 Ca^{2+} 聚集现象,且实验所得 Ca^{2+} 含量的变化与 RCa 的添加量一致。因此,Ca^{2+} 分布情况再次表明,随着 RCa 含量增加,在 RCa-TPS 中均匀分布的 RCa 能够与淀粉大分子之间通过螯合作用形成较强的相互作用,加之刚性的菲环结构,是有效提高其力学强度并保持较高断裂伸长率的主要原因。

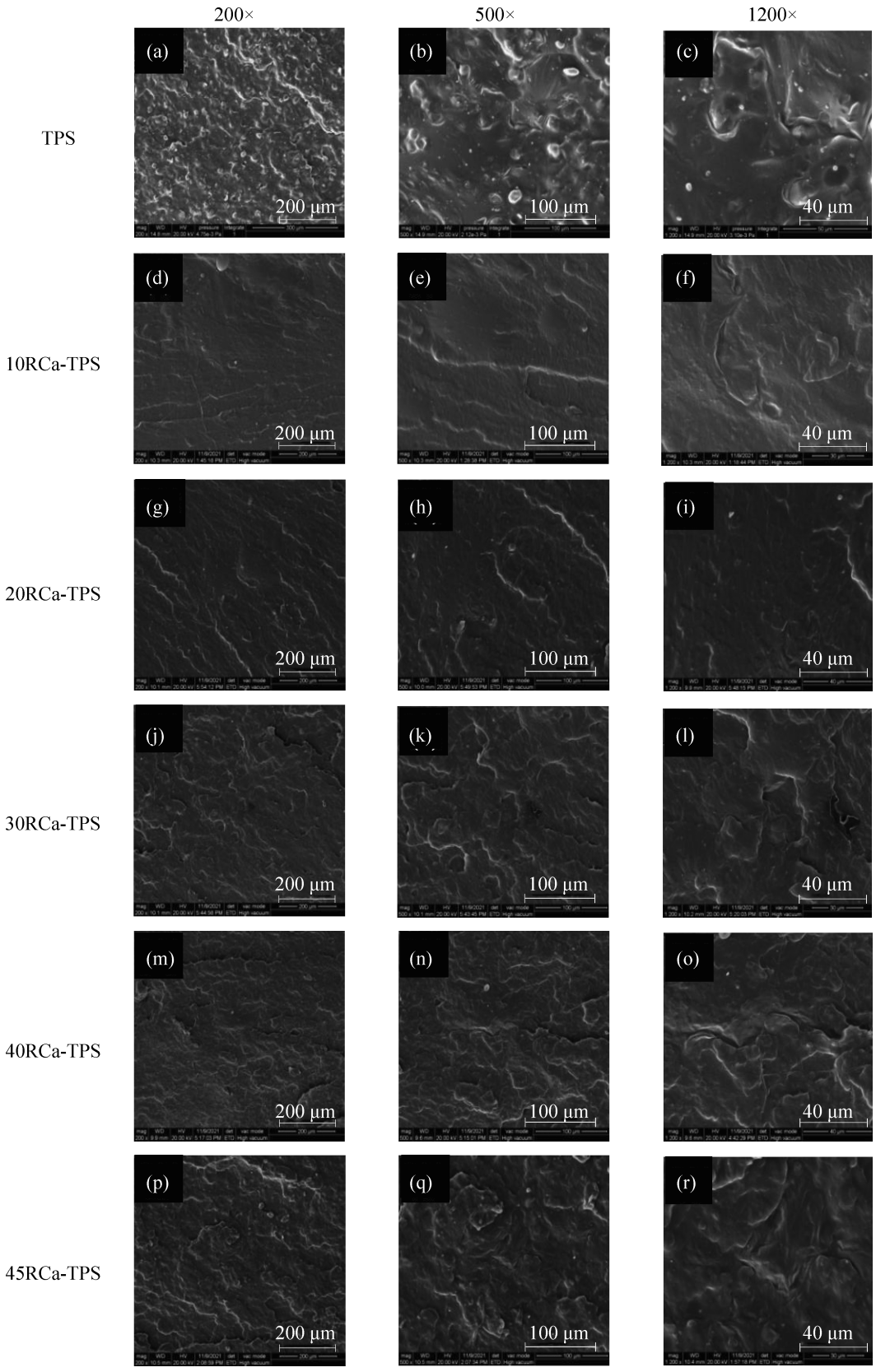


Fig. 2 SEM micrographs of (a: 200×; b: 500×; c: 1200×) TPS, (d, e, f) 10RCa-TPS, (g, h, i) 20RCa-TPS, (j, k, l) 30RCa-TPS, (m, n, o) 40RCa-TPS, and (p, q, r) 45RCa-TPS

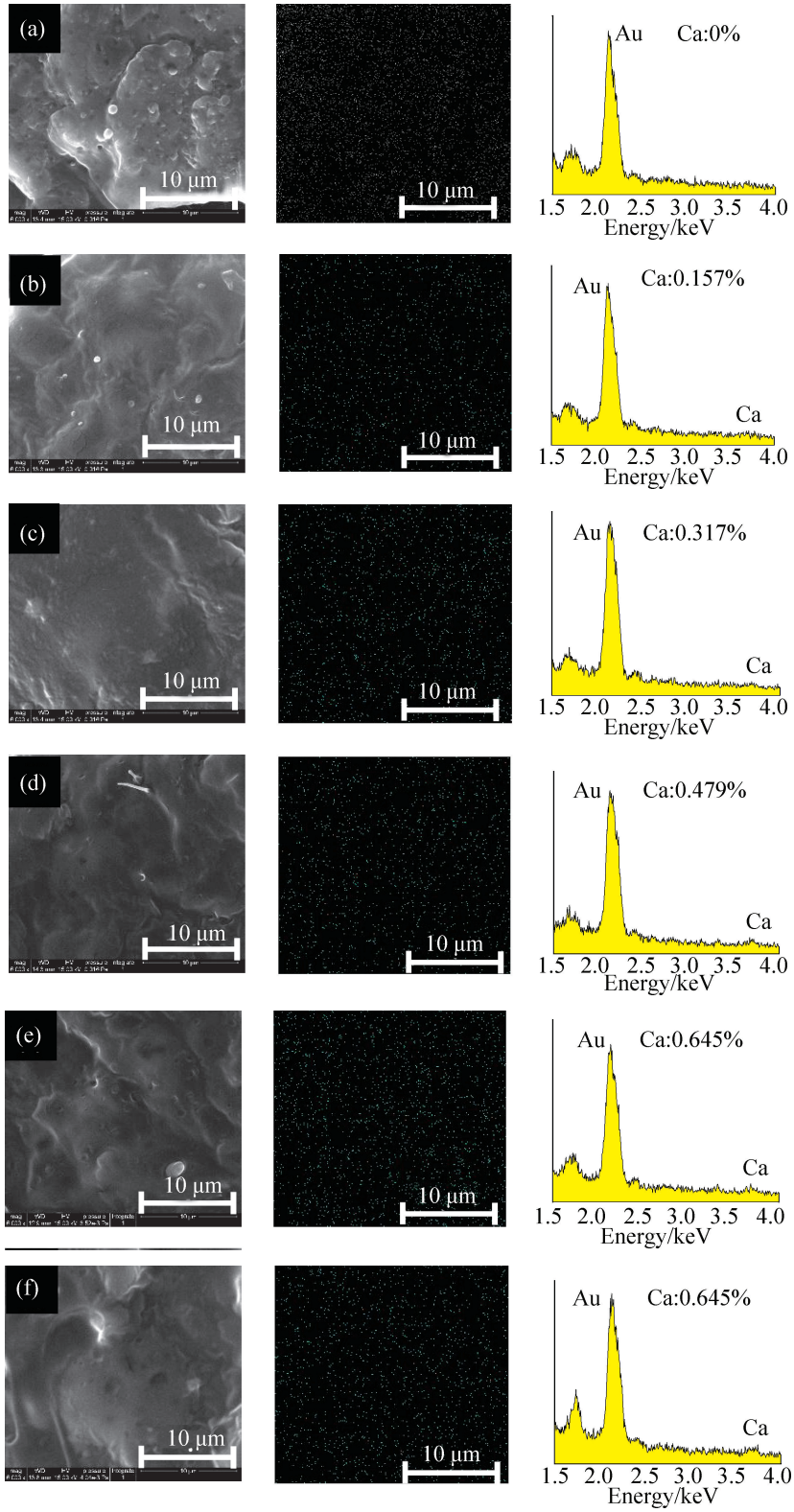


Fig. 3　Calcium element distribution of samples (6000×): (a) TPS; (b) 10RCa-TPS; (c) 20RCa-TPS; (d) 30RCa-TPS; (e) 40RCa-TPS; (f) 45RCa-TPS

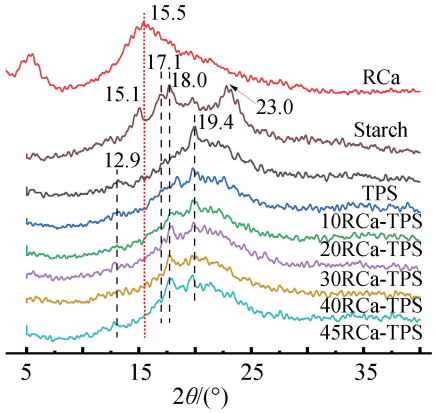


Fig. 4 XRD patterns of RCa, starch, TPS and RCa-TPS

2.3 结晶结构分析

如 Fig.4 所示，玉米淀粉具有 A 型结晶结构，在 2θ 为 15.1°和 23.0°处有 2 个峰，在 17.1°和 18.0°存在双峰[23]。对于只加入甘油的 TPS，淀粉的主要结晶峰消失，表明甘油有效破坏了淀粉的结晶结构，与此同时，在 2θ 为 12.9°和 19.4°处观察到 2 个新峰，是由热塑性加工中淀粉和甘油羟基之间较强的相互作用产生的 V_h 型（水合）结晶峰[24]。对于加入 RCa 的 RCa-TPS，2θ 为 12.9°和 19.4°处的衍射峰进一步减弱，且在 2θ 为 15.5°处没有观察到与纯 RCa 相对应的衍射峰，结合 EDS 结果，可以看到，Ca^{2+} 均匀地分散在 RCa-TPS 样品的断面中。因此，随着 RCa 含量的增加，RCa 并没有聚集，而是通过 Ca^{2+} 与淀粉大分子间的配位作用进一步破坏了 TPS 中的结晶结构。此外，当 RCa 添加量为 20~45 g 时，2θ 为 18.0°处的衍射峰再次出现，与纯淀粉中的峰相对应，表明又出现了未塑化完全的淀粉颗粒，该现象与 Fig.2 中的

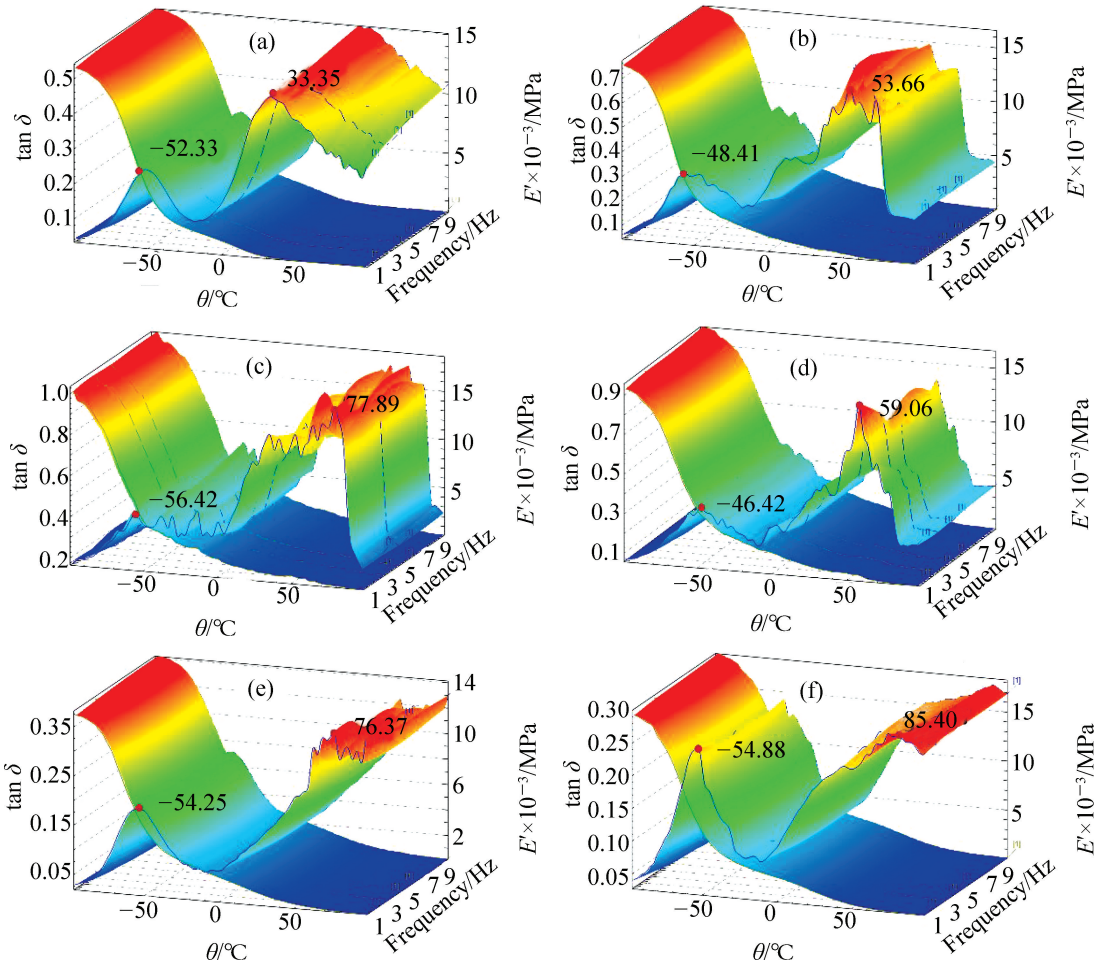


Fig. 5 3D DMA curves of (a) TPS, (b) 10RCa-TPS, (c) 20RCa-TPS, (d) 30RCa-TPS, (e) 40RCa-TPS and (f) 45RCa-TPS at different frequencies (1 Hz, 3.33 Hz, 5 Hz and 10 Hz)

SEM 图相一致。

2.4　动态力学热分析

动态力学热分析主要用来研究材料的黏弹性,TPS 和 RCa-TPS 在−100～100 ℃及不同频率(1 Hz,3.33 Hz,5 Hz 和 10 Hz)的三维 DMA 曲线如 Fig.5 所示,其中,频率为 1 Hz 时的转变温度和损耗因子(tan δ)见 Tab.2。

如 Fig.5 所示,基于 Schmitt[25] 的研究,TPS 的损耗因子曲线通常有 2 个峰。其中,较低的转变温度(T_β)与富含甘油的相有关,较高的温度(T_α)与富含淀粉的相有关。如 Tab.2 所示,RCa-TPS 的 T_β 在−46.42～−56.42 ℃之间,与未改性 TPS 的 T_β(−52.33 ℃)相差不大,表明 RCa 的加入对 RCa-TPS 在低温时的相形为影响不大。在高温阶段,RCa-TPS 的 T_α 均明显高于 TPS 的 T_α(33.35 ℃),这是由于 RCa-TPS 中 Ca^{2+} 与淀粉大分子之间的螯合作用和刚性菲环结构能有效阻止淀粉大分子链段的运动,从而提高其玻璃化转变温度和热稳定性。其中,RCa 添加量最大的 45RCa-TPS 具有最高的 T_α(85.40 ℃),这也与其最大的拉伸和弯曲强度相一致。此外,RCa-TPS 的 tan δ 随着 RCa 添加量的增加先增大后减小,tan δ 主要表征大分子之间的摩擦力(黏性),其中,20RCa-TPS 具有最大的 tan δ(1.03),表明此时 RCa 的加入量适中,能与淀粉大分子形成较强的相互作用,因而具有最大的断裂伸长率。因此,动态力学热分析进一步清晰地表征了 TPS 和 RCa-TPS 的黏弹性,与前述力学性能结果相一致。

2.5　耐水性能

TPS 和 RCa-TPS 的表面水接触角如 Fig.6(a)所示。未改性 TPS 表面水接触角为 24.8°,而 RCa-TPS 的表面水接触角随着 RCa 添加量的增加而增大。其中,45RCa-TPS 的接触角为 46.1°,是未改性 TPS 的 1.85 倍,表现出最小的水润湿性。这是由于松香钙本身具有疏水性,且 TPS 中添加的松香钙可以与淀

Tab. 2　Transition temperature and loss factor of TPS and RCa-TPS

Sample	T_β(1 Hz)/℃	T_α(1 Hz)/℃	tan δ
TPS	−52.33	33.35	0.49
10RCa-TPS	−48.41	53.66	0.74
20RCa-TPS	−56.42	77.89	1.03
30RCa-TPS	−46.42	59.06	0.95
40RCa-TPS	−54.25	76.37	0.38
45RCa-TPS	−54.88	85.40	0.29

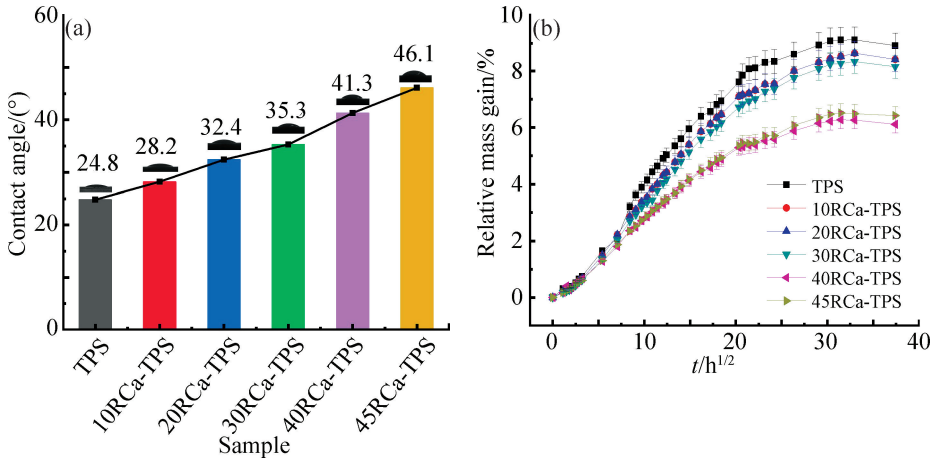


Fig. 6　(a) Surface contact angle and (b) moisture absorption behaviors of TPS and RCa-TPS

粉大分子之间形成强相互作用,从而破坏淀粉大分子中的部分羟基,同时与甘油含量逐步减少也有关。因此,随着 RCa 添加量的增加,RCa-TPS 的表面水接触角逐步增大,表面疏水性能提高。

吸湿曲线通常用于表征材料的整体吸水能力,是表征耐水性能的另一个关键参数。如 Fig.6(b)所示,松香钙改性 TPS 的平衡吸湿率明显低于 TPS,925 h 后 TPS 和 10~45RCa-TPS 的平衡吸水率分别为 8.89%,8.41%,8.41%,8.15%,6.11%和 6.42%。因此,上述结果表明,在 TPS 中加入松香钙可以有效提高材料的耐水性能,减少水扩散到样品内部。

3 结论

本文采用松香钙和甘油制备了松香钙改性的热塑性淀粉。研究发现,松香钙能与淀粉大分子形成较强相互作用并均匀分散于 TPS 中,赋予改性样品更好的力学性能、热稳定性和耐水性。对于力学性能而言,随着 RCa 含量增加,拉伸和弯曲强度持续增加,而断裂伸长率、冲击强度和黏弹性呈现先增大后降低的趋势。对于耐水性能而言,随着 RCa 含量增加,水接触角和吸水率总体呈现增大的趋势。其中,当松香钙含量为 45 g 时具有最佳的综合性能,能在保持较高断裂伸长率(152.1%)的同时,具有最大的拉伸强度(3.78 MPa)、弯曲强度(3.27 MPa)和水接触角(46.1°)。因此,将松香钙用于制备热塑性淀粉是提高其性能的有效途径,有望拓展其在可降解塑料包装材料、一次性餐具及农业地膜等领域的应用。

参考文献:

[1] 钟嘉杭, 辛勇. 聚乳酸/热塑性淀粉共混物研究进展[J]. 高分子材料科学与工程, 2022, 38(11): 160-168.
Zhong J H, Xin Y. Research progress on poly(lactic acid)/thermoplastic starch blends[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2022, 38(11): 160-168.

[2] 郑瑞杭, 王磊, 郭斌, 等. 丁二酸酐改性聚乙烯醇微球对热塑性淀粉性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2024, 40(9): 42-49.
Zheng R H, Wang L, Guo B, *et al*. The effect of succinic anhydride modified polyvinyl alcohol microspheres on the properties of thermoplastic starch[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2024, 40(9): 42-49.

[3] Yadav A, Mangaraj S, Singh R, *et al*. Biopolymers as packaging material in food and allied industry[J]. International Journal of Chemical Studies, 2018, 6: 2411-2418.

[4] Murillo E A. In situ compatibilization of thermoplastic starch/polylactic acid blends using citric acid[J]. Macromolecular Research, 2023, 31: 157-169.

[5] 查东东, 周文, 郭斌, 等. 热塑性淀粉力学性能的提升途径及作用机理[J]. 化学进展, 2019, 31(7): 1042-1053.
Zha D D, Zhou W, Guo B, *et al*. Ways and mechanism of improving the mechanical properties of thermoplastic starch[J]. Progress in Chemistry, 2019, 31(7): 1044-1055.

[6] 查东东, 郭斌, 李本刚, 等. 热塑性淀粉耐水性的化学与物理作用机制[J]. 化学进展, 2019, 31(1): 156-166.
Zha D D, Guo B, Li B G, *et al*. Chemical and physical mechanism of water resistance for thermoplastic starch[J]. Progress in Chemistry, 2019, 31(1): 156-166.

[7] Qiu Y K, Li S, Chen G, *et al*. Facile strategy to construct particle-reinforced thermoplastic starch bioplastics by lactic acid and various anhydrides via reactive extrusion[J]. Polymer Composites, 2026, 47(5): 4261-4274.

[8] Negi R S, Bisht R S, Singh R K, *et al*. Physico-mechanical and antibacterial properties of pine gum/epoxy composites with/without silver nanoparticles[J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2019, 304: 1800744.

[9] Pavon C, Aldas M, López M J, *et al*. Films based on thermoplastic starch blended with pine resin derivatives for food packaging[J]. Foods, 2021, 10: 1171.

[10] Aldas M, Pavon C, López M J, *et al*. Pine resin derivatives as sustainable additives to improve the mechanical and thermal properties of injected moulded thermoplastic starch[J]. Applied Sciences, 2020, 10: 2561.

[11] Aldas M, Rayón E, López M J, *et al*. A deeper microscopic study of the interaction between gum rosin derivatives and a Mater-Bi type bioplastic[J]. Polymers, 2020, 12: 226.

[12] Dal A E B, Hubbe M A, Pal L, *et al*. Crude wood rosin and its derivatives as hydrophobic surface treatment additives for paper and packaging[J]. ACS Omega, 2020, 5: 31559-31566.

[13] Zhang X, Ma H P, Qin W B, *et al*. Antimicrobial and improved performance of biodegradable thermoplastic starch by using natural rosin to replace part of glycerol[J]. Industrial Crops and Products, 2022, 178: 114613.

[14] Li L Y, Fei B L, Wang P, *et al*. Discovery of novel dehydroabietic acid derivatives as DNA/BSA binding and anticancer agents[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2021, 246: 118944.

[15] Yang M S, Chen X Y, Lin H X, *et al*. A simple fabrication of superhydrophobic wood surface by natural rosin based compound via impregnation at room temperature[J]. European Journal of

Wood and Wood Products, 2018, 76: 1417-1425.

[16] Koçak E, Kurtlu M A. Impact of production methods on properties of natural rosin added polylactic acid/sodium pentaborate and polylactic acid/calcium carbonate films[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2024, 265: 130965.

[17] 李海龙. 马来松香钙(镁)的制备与表征[D]. 桂林: 广西民族大学, 2010.
Li H L. Preparation and characterization of calcium (magnesium) maleic rosin[D]. Guilin: Guangxi University for Nationalities, 2010.

[18] Li M, Zhang J W, Huang K, *et al*. Mixed calcium and zinc salts of dicarboxylic acids derived from rosin and dipentene: preparation and thermal stabilization for PVC[J]. RSC Advances, 2014, 4: 63576-63585.

[19] Huang X J, Qian X R, Li J S, *et al*. Starch/rosin complexes for improving the interaction of mineral filler particles with cellulosic fibers[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 117: 78-82.

[20] Zhang S D, Lin Z S, Jiang G, *et al*. Construction of chelation structure between Ca^{2+} and starch via reactive extrusion for improving the performances of thermoplastic starch[J]. Composites Science and Technology, 2018, 159: 59-69.

[21] Zhou W, Zha D D, Zhang X, *et al*. Ordered long polyvinyl alcohol fiber-reinforced thermoplastic starch composite having comparable mechanical properties with polyethylene and polypropylene[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 250: 116913.

[22] Ma H P, Qin W B, Guo B, *et al*. Effect of plant tannin and glycerol on thermoplastic starch: mechanical, structural, antimicrobial and biodegradable properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2022, 295: 119869.

[23] Gamarano D S, Pereira I M, Da S M C, *et al*. Crystal structure transformations in extruded starch plasticized with glycerol and urea[J]. Polymer Bulletin, 2020, 77: 4971-4992.

[24] Castillo L, López O, López C, *et al*. Thermoplastic starch films reinforced with talc nanoparticles[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 95: 664-674.

[25] Schmitt H, Guidez A, Prashantha K, *et al*. Studies on the effect of storage time and plasticizers on the structural variations in thermoplastic starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 115: 364-372.

Effect of Rosin Calcium on Microstructure and Properties of Thermoplastic Starch

Yongkang Qiu[1], Shuo Li[1], Gong Chen[1], Bin Guo[1,2], Panxin Li[2]

(*1. College of Science, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;*
2. Post-Doctoral Research Center of Nanjiecun Group, Luohe 462600, China)

ABSTRACT: At present, the application of thermoplastic starch (TPS) is mainly limited in mechanical and water resistance properties. To solve this problem, a new method based on the synergistic modification of thermoplastic starch with rosin calcium (RCa) and glycerol was proposed. A series of rosin calcium modified thermoplastic starches (RCA-TPS) were prepared by extrusion injection molding process, and the effects of RCa addition amount on the mechanical properties, cross-sectional morphology, crystalline structure, dynamic mechanics and water resistance of the materials were systematically studied. The results show that RCa can form chelating structures with starch macromolecules, significantly improving the mechanical properties, thermal stability and water resistance of TPS. When the mass of rosin calcium is 45 g, 45RCa-TPS maintains an elongation at break of 152.1%, while the tensile strength and flexural strength are increased by 100% and 189% respectively. Moreover, the contact angle increases to 46.1°, and the equilibrium moisture absorption rate decreases from 8.89% of TPS to 6.42%, demonstrating the optimal comprehensive performance. Therefore, this method can effectively enhance the mechanical and water resistance properties of thermoplastic starch. Moreover, the process is simple and expected to be applied in the fields of food packaging and agriculture.

Keywords: rosin calcium; thermoplastic starch; mechanical property; hydrophobicity