

中温淀粉酶改性玉米淀粉在纸板中的应用研究

尹兴¹, 梁枫晴¹, 陈志强², 郝晓秀¹

(1.天津职业大学 包装与印刷工程学院, 天津 300410; 2.中国包装科研测试中心, 天津 300457)

摘要: **目的** 以酶改性玉米淀粉为施胶剂, 对箱纸板和瓦楞纸板进行表面施胶, 研究其对纸板物理性能的影响。**方法** 使用中温淀粉酶改性玉米淀粉, 测试其粘度变化; 然后将酶改性淀粉施胶于箱纸板和瓦楞纸板表面, 测试箱纸板的挺度、环压强度、耐破度、耐折度、抗张强度以及瓦楞纸板的边压强度和耐破度, 探索酶改性玉米淀粉对箱纸板和瓦楞纸板表面施胶的最佳用量。**结果** 使用 2.5 μL 淀粉酶改性质量分数为 10% 的玉米淀粉后, 将其施胶于箱纸板表面, 此时箱纸板的物理性能最优。与空白样相比, 箱纸板的横向挺度提高了 380%, 纵向挺度提高了 464%, 环压强度提高了 53.2%, 纵向抗张强度提高了 10.6%, 横向抗张强度提高了 9.6%, 箱纸板的耐破度变化不大, 耐折度降低; 经 2 μL 淀粉酶改性质量分数为 10% 的玉米淀粉后, 将其施胶于瓦楞纸板表面, 其边压强度提升最多; 与空白样相比, 边压强度提高了 45.5%。**结论** 酶改性玉米淀粉的制作工艺简单, 为制备高性能纸板提供了参考依据。

关键词: 淀粉酶; 玉米淀粉; 箱纸板; 瓦楞纸板; 表面施胶; 纸板性能

中图分类号: TS727 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)01-0090-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.01.012

Application of Medium-temperature Amylase Modified Corn Starch in Paperboard

YIN Xing¹, LIANG Feng-qing¹, CHEN Zhi-qiang², HAO Xiao-xiu¹

(1.School of Packaging and Printing Engineering, Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300410, China;

2.China Packaging Research & Test Center, Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: The work aims to coat the box paperboard and corrugated paperboard with enzyme modified corn starch as the glue and study the effect of enzyme modified corn starch on the physical properties of paperboard. The medium-temperature amylase modified corn starch was used and its viscosity change was tested. Then, the enzyme modified corn starch was coated on the box paperboard and corrugated paperboard. Next, the bending resistance, ring compression strength, bursting resistance, folding endurance, tensile strength of the box paperboard were determined and the edgewise crush resistance and burst resistance of the corrugated paperboard were tested. After the corn starch with mass fraction of 10% was modified with 2.5 μL amylase and coated on the box paperboard, the physical properties of box paperboard were the best. Compared with the blank sample, the horizontal bending resistance increased by 380%, the vertical bending resistance increased by 464%, the ring compression strength increased by 53.2%, the vertical tensile strength increased by 10.6% and the horizontal tensile strength increased by 9.6%. The bursting resistance of the box paperboard did not change significantly, and the folding endurance decreased. After the corn starch with mass fraction of 10% was modified with 2 μL amylase and coated on the corrugated paperboard, the paperboard had the highest edgewise crush resistance. Compared

收稿日期: 2020-06-08

基金项目: 天津职业大学横向科研项目 (20200135, 60002-604066); 2020 年天津市企业科技特派员项目 (20YDTPJC00600)

作者简介: 尹兴 (1981—), 女, 博士, 天津职业大学副教授, 主要研究方向为纸包装、包装印刷材料。

with the blank sample, the edgewise crush resistance increased by 45.5%. The production process of enzyme modified corn starch is simple, and provides a reference for the preparation of high-performance paperboard.

KEY WORDS: amylase; corn starch; box paperboard; corrugated paperboard; surface sizing; paperboard properties

瓦楞纸板具有来源广泛、价格低廉、易切割成型、可回收利用等优点^[1-3], 被广泛应用于产品的包装。随着电商的普及, 瓦楞纸板的需求量越来越高。目前, 由于我国造纸行业重复使用回收的纸板, 纸板强度普遍较低。在物流过程中, 纸箱频繁出现易压溃、易撕裂等问题, 给纸箱生产企业造成了一定困扰^[4-5]。

淀粉是一种天然高分子聚合物, 虽然具有一定的粘性和成膜性, 但被直接用于改善纸张强度时, 还存在一定的不足。为了改善淀粉性能, 扩大其在造纸领域的应用, 通常会采用物理^[6-8]、化学^[9-10]等方法对淀粉进行处理, 以获得高物理性能的纸板。酶改性淀粉是生物催化反应, 可显著降低淀粉的分子量, 且具有酶用量少、速度快、环保无污染的特点^[11-17]。

文中采用中温淀粉酶对玉米淀粉进行改性, 测试其粘度变化。然后将酶改性淀粉分别施胶于箱纸板和瓦楞纸板表面, 并测试箱纸板的挺度、环压强度、耐破度、耐折度、抗张强度以及瓦楞纸板的边压强度和耐破度。最后, 探索酶改性玉米淀粉对箱纸板和瓦楞纸板表面施胶的最佳用量, 为制备高性能纸板提供依据。

1 实验

1.1 材料与试剂

主要材料与试剂: 玉米淀粉, 粒度为 60 目, 任丘市奥辉化工产品销售有限公司; 液体中温 α -淀粉酶, 酶活性为 2000 U/mL, 最佳反应温度为 65~70 °C, 灭活温度为 85 °C, 河南亚统食品原料; E 型瓦楞纸板, 宏观世纪(天津)科技股份有限公司; 箱纸板, 定量为 130 g/m², 玖龙纸业(控股)有限公司。

1.2 仪器与设备

主要仪器与设备: 粘度计(DV2T), 美国博勒飞 Brookfield; 恒温磁力搅拌器(B15-1), 上海司乐仪器有限公司; 耐折度仪, 济南德瑞克仪器有限公司; 纸与纸板厚度测定仪(J-HDY04), 电脑测控纸板挺度测定仪(DCP-TDY500), 电脑测控耐破仪(DCP-NPY1200), 四川长江造纸仪器有限责任公司; 电子万能试验机(CMT-4304), 珠海市三思泰捷电器设备有限公司。

1.3 方法

称量 20 g 玉米淀粉溶解在 180 mL 的去离子水

中, 调成质量分数为 10% 的淀粉溶液。随着温度的升高, 淀粉糊化要经历 3 个阶段。当温度达到 95 °C 时, 淀粉分子可全部溶解于水中^[18]。将玉米淀粉在 95 °C 下糊化 2 h, 得到乳白色淀粉液, 并测定其粘度值。

取 5 μ L 中温淀粉酶溶解于 50 mL 的常温去离子水中, 分别取 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 μ L 中温淀粉酶溶液。称量 20 g 玉米淀粉溶解在 180 mL 的去离子水中, 调成质量分数为 10% 的淀粉溶液, 在室温下磁力搅拌 5 min, 直至均匀。将中温淀粉酶加到淀粉溶液中, 在 65~70 °C 下酶化 30 min。随着淀粉溶液升温到 95 °C, 淀粉酶失去活性, 糊化 2 h 后得到均匀、乳白色、透明状的酶化淀粉液。待溶液温度降至室温时, 测定其粘度值。

取定量淀粉胶液, 分别按照 4, 6 g/m² 的涂布量, 采用刷涂法对箱纸板和瓦楞纸板进行正面施胶。

1.4 性能测试

箱纸板和瓦楞纸板在恒温恒湿箱(23 °C, 50%) 中处理 24 h, 随后对其进行测试。每个测试项目取 10 个样品, 计算平均值作为测试结果(偏差为 $\pm 5\%$)。

1) 箱纸板的测试标准: GB/T 22364—2018《纸和纸板 弯曲挺度的测定》、GB/T 2679.8—2016《纸和纸板环压强度的测定》、GB/T 454—2002《纸耐破度的测定》、GB/T 12914—2018《纸和纸板 抗张强度的测定 恒速拉伸法(20 mm/min)》、GB/T 457—2008《纸和纸板耐折度的测定》。

2) 瓦楞纸板的测试标准: GB/T 6546—1998《瓦楞纸板边压强度的测定法》、GB/T 6545—1998《瓦楞纸板耐破强度测定法》。

2 结果与分析

2.1 不同加酶量对糊化玉米淀粉粘度的影响

改性玉米淀粉溶液的粘度随着酶用量的增加而降低, 见图 1。未加淀粉酶改性的玉米淀粉胶液糊化后, 粘度高达 2600 mPa·s。当酶体积为 2 μ L 时, 改性淀粉胶液的粘度仅为 13.8 mPa·s。原因是此实验选用的玉米淀粉为葡萄糖多聚体, 直链上的葡萄糖由 α -1,4-糖苷键首尾相连组成, 支链交接处为 α -1,6-糖苷键^[16-17]。实验所用中温淀粉酶为 α -1,4-葡萄糖水解酶, 可将淀粉直链切断, 故而酶改性玉米淀粉的粘度迅速下降^[13,18]。当温度达到 95 °C 后, 淀粉酶制剂被灭活, 粘度停止下降并趋于稳定。由图 1 可知, 添加

微量中温 α -淀粉酶就可以使淀粉溶液的粘度急剧下降,说明酶化过程快速高效。

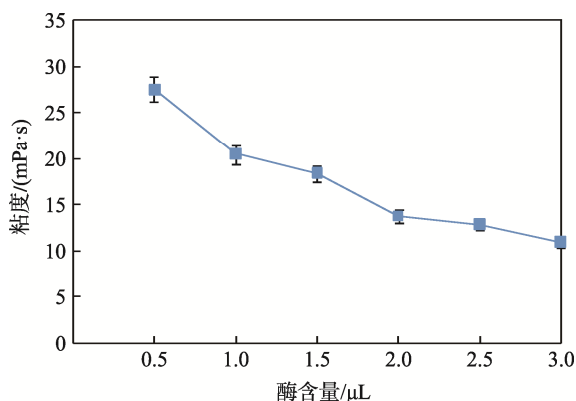


图1 加酶量对糊化玉米淀粉粘度的影响

Fig.1 Effect of different amylase contents on viscosity of gelatinized corn starch

2.2 酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板物理性能的影响

2.2.1 挺度

酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板挺度的影响见图2。由图2可知,未表面施胶的箱纸板横向挺度值为0.424 mN·m,纵向挺度值为0.624 mN·m。加酶体积为2.5 μ L时,改性玉米淀粉表面施胶箱纸板的挺度值最高,横向挺度值达到了2.037 mN·m,纵向挺度值达到了3.523 mN·m。与空白样相比,挺度值分别提高了380%与464%。由此可知,涂布酶改性玉米淀粉溶液明显提高了箱纸板挺度,原因是淀粉分子量降低,有利于淀粉向纸板内部渗透,进而使纤维网络得到加固,提高了纸板挺度。当加酶体积达到2.5 μ L后,箱纸板的挺度不再升高,这表明淀粉在纸板内部的渗入量虽然较大,但粘度过低的酶解淀粉分子链太短,难以在纤维间形成“架桥”,以起到粘结与增挺作用,这与徐梦蝶的研究结果一致^[19]。

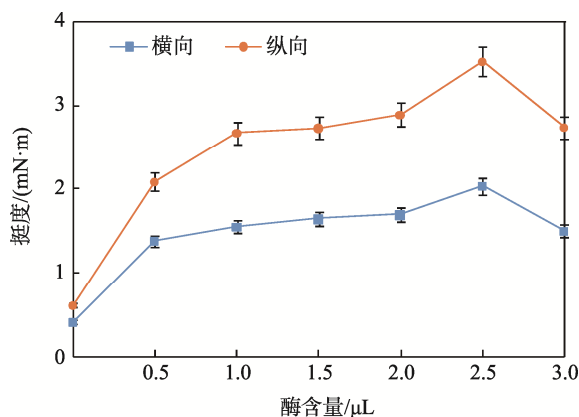


图2 酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板挺度的影响

Fig.2 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on bending resistance of box paperboard

2.2.2 环压强度

酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板环压强度的影响见图3。由图3可知,未表面施胶的箱纸板环压强度为2.224 kN/m,当使用2.5 μ L酶改性的淀粉对箱纸板进行表面施胶时,环压强度达到最高,为3.408 kN/m,比空白样纸板的环压强度高53.2%。由此可知,当采用酶改性玉米淀粉进行表面施胶时,纸板的环压强度先增加后降低。主要原因是玉米淀粉经酶制剂改性后,粘度降低、流动性提高,且小分子量玉米淀粉更容易迁移到纸板内的纤维间隙中,进而提高了纤维之间的结合力。箱纸板的环压强度主要与纤维间的结合力有关,纤维结合力越大,纸板环压强度越大。箱纸板的环压强度还与挺度有关,张瑞娟^[20]的研究结果表明,环压强度好的纸板挺度也好。

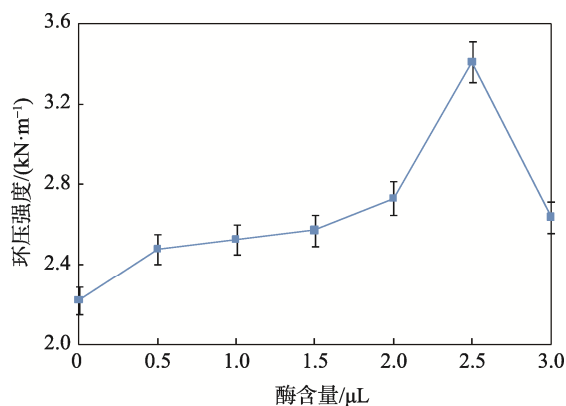


图3 酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板环压强度的影响

Fig.3 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on ring compression strength of box paperboard

2.2.3 耐破度

酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板耐破度的影响见图4。由图4可知,随着加酶量的增加,表面施胶箱纸板从里到外的耐破度变化不大,从外到里的耐破度先增大后减少。未表面施胶箱纸板从里到外和从外到里的耐破度分别为417, 388 kPa。箱纸板经酶改性淀粉表面施胶后,在加入酶体积为1 μ L时达到最大,从里到外和从外到里的耐破度分别为425, 434 kPa,分别提高了2%, 12%。原因是箱纸板耐破度与纤维长度和纤维间的结合力有关,加入玉米淀粉后,可增加纸板内纤维的结合力;当酶体积为1 μ L时,淀粉没有被过多切断,淀粉与纤维的结合力最大,因此,耐破度达到最大。随着加酶量的增加,粘度过低的酶解淀粉长度太短,因此,对箱纸板耐破度影响不大。

2.2.4 抗张强度

酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板抗张强度的影响见图5。由图5可知,酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板横向、纵向抗张强度的影响不大;淀粉酶的添加体积为0~3 μ L时,横向抗张强度的变化范围是

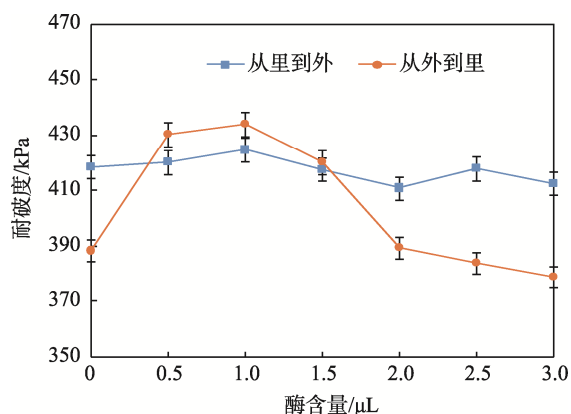


图 4 酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板耐破度的影响
Fig.4 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on bursting resistance of box paperboard

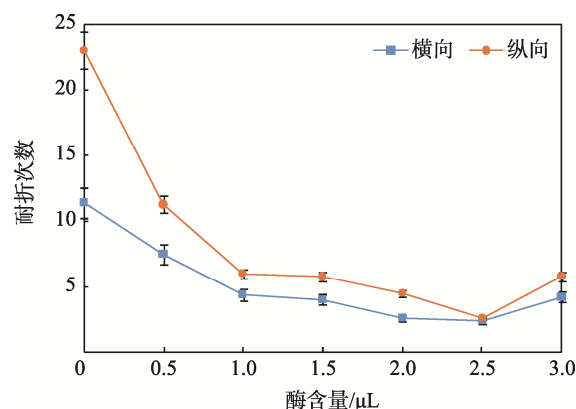


图 6 酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板耐折度的影响
Fig.6 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on folding endurance of box paperboard

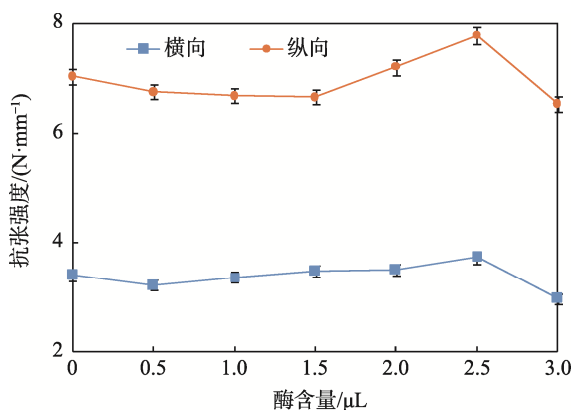


图 5 酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板抗张强度的影响
Fig.5 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on tensile strength of box paperboard

2.9~3.8 N/mm, 纵向抗张强度的变化范围是 6.5~7.8 N/mm。当酶体积为 2.5 μL 时, 箱纸板的抗张强度最高, 纵向抗张强度为 7.78 N/mm, 比未表面施胶箱纸板高 10.6%; 当酶体积为 2.5 μL 时, 箱纸板的横向抗张强度为 3.73 N/mm, 比未表面施胶箱纸板高 9.6%。由此可知, 加入过少或过多的酶时, 箱纸板的抗张强度会下降。主要原因是酶改性玉米淀粉可以使纤维之间的结合点增加, 对纸板的抗张强度有一定提升作用。当加酶体积达到 3 μL 后, 纸板的增强效果明显减弱, 主要原因是过多的内切酶使玉米淀粉的直链断裂过多, 淀粉分子量急剧下降, 粘度降低, 淀粉对纤维的固着作用受到影响^[18]。

2.2.5 耐折度

酶改性玉米淀粉表面施胶对箱纸板耐折度的影响见图 6。由图 6 可知, 与未表面施胶箱纸板相比, 经酶改性玉米淀粉表面施胶后, 随着酶含量的增加, 箱纸板的横向和纵向耐折度降低。原因是玉米淀粉经改性后, 淀粉胶液粘度降低、流动性升高, 使得小分子量玉米淀粉更容易迁移到纸板内的纤维间隙中, 导致纤维和纸板变脆, 箱纸板的耐折度降低。

2.3 酶改性玉米淀粉表面施胶对瓦楞纸板物理性能的影响

2.3.1 边压强度

酶改性玉米淀粉表面施胶对瓦楞纸板边压强度的影响见图 7。未经表面施胶瓦楞纸板的边压强度为 4.850 kN/m, 随着加酶量的增加, 瓦楞纸板的边压强度先增大后减小。当酶体积为 2 μL 时, 表面施胶瓦楞纸板的边压强度最大, 为 7.044 kN/m, 比空白样高 45.5%。原因是酶改性玉米淀粉可以提高箱纸板的环压强度, 瓦楞纸板的边压强度主要决定于箱纸板的环压强度和芯纸的环压强度。根据凯里卡特公式, 随着瓦楞纸板的边压强度增大, 纸箱的抗压强度逐渐增大。当加酶体积大于 2 μL 时, 瓦楞纸板的边压强度逐渐下降。

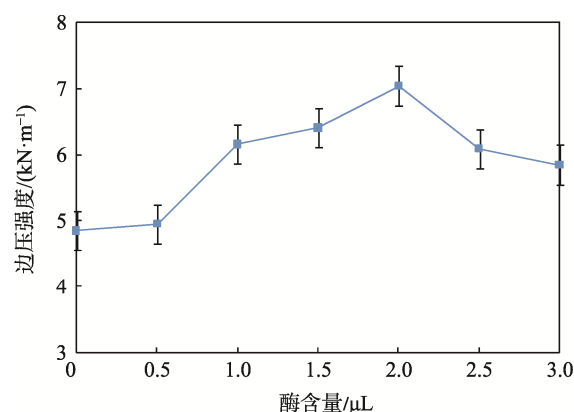


图 7 酶改性玉米淀粉表面施胶对瓦楞纸板边压强度的影响

Fig.7 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on edgewise crush resistance of corrugated paperboard

2.3.2 耐破强度

酶改性玉米淀粉表面施胶对瓦楞纸板耐破度的影响见图 8。由图 8 可知, 瓦楞纸板从外到里的耐破

强度大于从里到外的耐破强度。随着加酶量的增加,瓦楞纸板的耐破强度先增大后减少。未经表面施胶的瓦楞纸板从里到外、从外到里的耐破强度分别为1.159, 1.397 MPa。当淀粉酶体积为1 μL 时,表面施胶瓦楞纸板的耐破强度最高,此时瓦楞纸板从里到外的耐破强度为1.233 MPa,提高了6%;从外到里的耐破强度为1.585 MPa,增加了13.5%。由此可知,将一定量的酶改性玉米淀粉表面施胶于瓦楞纸板,其耐破强度会得到提高。当酶含量过多时,纸板的耐破度下降,原因是瓦楞纸板的耐破度由构成纸板的内层、外层及中层原纸的耐破强度决定,与瓦楞芯纸无关。综上所述,箱纸板作为瓦楞纸板的原纸,其耐破强度直接影响了瓦楞纸板的耐破强度。

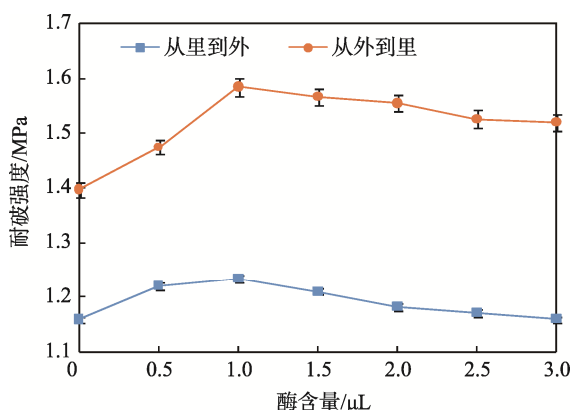


图8 酶改性玉米淀粉表面施胶对瓦楞纸板耐破度的影响
Fig.8 Effect of surface sizing of enzyme modified corn starch on bursting resistance of corrugated paperboard

3 结语

未加淀粉酶改性的玉米淀粉胶液糊化后,其粘度值高达2600 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。酶改性玉米淀粉后,粘度急剧下降、流动性提高。当酶体积为2 μL 时,改性淀粉胶液的粘度为13.8 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

使用酶改性玉米淀粉对箱纸板进行表面施胶,结果表明,使用2.5 μL 淀粉酶改性质量分数为10%的玉米淀粉,并将其表面施胶于箱纸板上时,物理性能提升最多。与空白样相比,横向挺度提高了380%,纵向挺度提高了464%,环压强度提高了53.2%,纵向抗张强度提高了10.6%,横向抗张强度提高了9.6%,箱纸板的耐破度变化不大,耐折度降低。

使用酶改性玉米淀粉对瓦楞纸板进行表面施胶,结果表明,以2 μL 淀粉酶改性质量分数为10%的玉米淀粉,并将其表面施胶于瓦楞纸板时,边压强度提升最高。与空白样相比,边压强度提高了45.5%;当淀粉酶体积为1 μL 时,经改性玉米淀粉表面施胶的瓦楞纸板耐破强度最高,瓦楞纸板从外到里的耐破强度为1.585 MPa,增加了13.5%。

参考文献:

- [1] 武小琴, 朱霞, 赵萍, 等. 瓦楞纸箱在战储军品包装中的应用分析[J]. 包装工程, 2018, 39(15): 243—249. WU Xiao-qin, ZHU Xia, ZHAO Ping, et al. The Application of Corrugated Box in the Military Product Package Stored for War[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(15): 243—249.
- [2] SPECTE R, PEARSON S. Reusable Plastic Carton Replaces Corrugated Fiber Boxes: a Line of Reusable, Corrugated Plastic Boxes Addresses Automation Concerns, Protects against Moisture and Remains Dimensionally Consistent[J]. Modern Materials Handling, 2018, 73(10): 10—14.
- [3] RODRIGUE S, DIEG O, PEREIR A, et al. Experimental Tests and Numerical Simulations for Failure Investigation on Corrugated Boxes Used on Household Appliance Packaging[J]. Journal of Applied Packaging Research, 2018, 10(3): 56—69.
- [4] 付秋莹, 方文康, 罗大伟, 等. 淀粉表面施胶对瓦楞原纸强度性能的影响[J]. 今日印刷, 2019(6): 66—68. FU Qiu-ying, FANG Wen-kang, LUO Da-wei, et al. Effects of Starch Surface Sizing on the Strength and Performance of Corrugated Base Paper[J]. Print Today, 2019(6): 66—68.
- [5] 柴晓宇, 严家驹, 张新昌. 瓦楞纸箱的“爆线”及局部PVA涂覆处理技术[J]. 包装工程, 2012, 33(19): 89—93. CHAI Xiao-yu, YAN Jia-ju, ZHANG Xin-chang. Cracking of Corrugated Board and Local PVA-coated Technology[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(19): 89—93.
- [6] BANURA S, THIRUMDAS R, KAUR A, et al. Modification of Starch Using Low Pressure Radio Frequency Air Plasma[J]. LWT-food Science and Technology, 2018, 89(3): 19—24.
- [7] 肖艳, 蔡园园, 刘明, 等. 改性淀粉在制浆造纸工业中的应用[J]. 造纸科学与技术, 2015, 34(1): 61—65. XIAO Yan, CAI Yuan-yuan, LIU Ming, et al. Application of Modified Starch in Pulp and Paper Industry[J]. Paper Science & Technology, 2015, 34(1): 61—65.
- [8] FLORES-SILVA P C, ROLDAN-CRUZ C A, CHAVEZ-ESQUIVEL G, et al. In Vitro Digestibility of Ultrasound-treated Corn Starch[J]. Starch-Stärke, 2017, 69: 9—10.
- [9] 张明月, 史苗苗, 闫溢哲, 等. 辛烯基琥珀酸酐改性淀粉的合成和表征研究[J]. 食品科技, 2019, 44(5): 271—275. ZHANG Ming-yue, SHI Miao-miao, YAN Yi-zhe, et al. Synthesis and Characterization of Octenyl Succinic Anhydride Modified Starch[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(5): 271—275.
- [10] 高群玉, 戴桂芳, 李航, 等. 氧化、醚化复合改性对玉米淀粉理化性质的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2017, 45(9): 47—52.

- GAO Qun-yu, DAI Gui-fang, LI Hang, et al. Effects of Oxidation and Etherification Dual-modification on Physicochemical Properties of Corn Starch[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2017, 45(9): 47—52.
- [11] 倪书振. 纸表面施胶酶改性淀粉交联性能及其增强机理研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2019: 32—56.
- NI Shu-zhen. Study on the Cross-linking Properties and Strengthening Mechanism of Sizing Enzyme Modified Starch on Paper Surface[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2019: 32—56.
- [12] 肖瑀. 酶法制备改性玉米淀粉及其物理与消化特性研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2019: 2—4.
- XIAO Yu. Preparation of Modified Corn Starch by Enzymatic Method and Its Physical and Digestive Characteristics[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2019: 2—4.
- [13] JOSÉ R F C, ALEXSANDRO D, JOÃO H Z S. Amylases Immobilization by Sol-gel Entrapment: Application for Starch Hydrolysis[J]. Journal of Sol-gel Science and Technology, 2020, 94: 229—240.
- [14] PENG H, LI R, LI F L, et al. Extensive Hydrolysis of Raw Rice Starch by a Chimeric α -Amylase Engineered with α -Amylase(AmyP) and a Starch-binding Domain from *Cryptococcus* Sp.S-2[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2018, 102: 743—750.
- [15] CHEN X P, ZHANG L, LI X, et al. Impact of Maltogenic α -Amylase on the Structure of Potato Starch and Its Retrogradation Properties[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 145: 325—331.
- [16] FLÁVIA V B, YASMIN Y, MARCIA M S, et al. Influence of Molecular Structure on the Susceptibility of Starch to α -Amylase[J]. Carbohydrate Research, 2019, 479: 23—30.
- [17] LI G. Sweet Potato Starch Modified by Branching Enzyme, β -Amylase and Transglucosidase[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 83: 182—189.
- [18] 李龙, 陈国伟, 杨仁党. 酶改性淀粉的添加对纸板物理强度影响的研究[J]. 造纸科学与技术, 2013, 32(1): 69—72.
- LI Long, CHEN Guo-wei, YANG Ren-dang. Effect on Enzymatic Modified Starch on Paper Physical Strength[J]. Paper Science & Technology, 2013, 32(1): 69—72.
- [19] 徐梦蝶, 朱玉连, 钱慧文, 等. 表面施胶淀粉对箱纸板的渗透及增挺作用[J]. 中国造纸学报, 2015, 30(1): 27—31.
- XU Meng-die, ZHU Yu-lian, QIAN Hui-wen, et al. Effect of Starch Surface Sizing on Stiffness of Kraft Paper Board[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2015, 30(1): 27—31.
- [20] 张瑞娟, 苏艳群, 刘金刚. 淀粉复配表面施胶对瓦楞原纸环压强度的影响[J]. 纸和造纸, 2018, 37(2): 1—4.
- ZHANG Rui-juan, SU Yan-qun, LIU Jin-gang. Effect of Starch Composite Surface Sizing on Ring Crush Strength of Corrugating Medium[J]. Paper and Paper Making, 2018, 37(2): 1—4.