

生物酶技术在印染工业中的应用

Application of Bio-enzyme on Dyeing and Finishing

文 | 吴赞敏

本文重点介绍了生物技术在纺织染整行业中的研究现状及应用研究成果，并对其未来的应用前景进行了展望。

This paper mainly introduced current research and application situation of bio-enzyme in dyeing and finishing industry in domestic and overseas markets, and finally presented a brief overview for the development of bio-enzyme applied in textile industry.

近年来，生物技术在印染行业中的应用越来越广泛，例如生物前处理、生物后整理技术和生物技术在染化料中的应用，以及生物技术在印染废水处理中的应用等。酶具有生物降解性，对环境友好，同时经酶处理的纺织品具有许多特殊的功能，大大提高了纺织品的服用性能和附加值，能满足市场上不同消费群体的需求，具有很好的发展前景。

1 生物酶在前处理中的应用

前处理工序一般流程长、处理条件强烈（高温、高浓度、强碱、强氧化剂）、占地面积大、工作环境差和排污量大、含杂复杂、时间长且加工质量难以控制，而且使用化学法前处理污染严重、水资源耗量大、废水处理负担重。前处理过程可能的污染源包括：①精练中所用的酸碱会导致废水含极端的pH值；②由于精练工序一般在高温下进行，因而产生高温的废水；③废水的高悬浮物主要来自退浆及精练工序所产生的毛屑、纤维及淀粉、胶和蜡等杂质，使废水中的BOD值提高，另外常用的醋酸等酸化剂也会提高BOD值；④废水的COD高主要来自PVA等化学浆料。

1.1 生物酶在退浆中的应用

采用酶法退浆，具有以下特点。

(1) 酶退浆废水pH值低，可生化性好，符合清洁生产和绿色环保要求。

(2) 酶退浆作用快，效果好，退浆率高达7级，而传统碱退浆只能达到4级。

(3) 碱退浆使浆料疏松、膨化，未将其分解为小分子物质，因此对水洗要求较高，水量、温度控制不当，会使浆料重新凝结、聚集，沾污布面，形成浆斑，从而造成大批量

半制品回修。而酶退浆则使浆料在酶的作用下催化分解为水溶性很高的小分子物质，浆液粘稠度低，不会再次凝结。

(4) 酶退浆半制品手感柔软，强力损伤小。对强降比较严重的功能性整理（如免烫、阻燃整理等）品种，特别适合采用酶退浆。

淀粉酶是纺织工业中最早进行工业化应用的酶制剂之一，如采用淀粉酶代替碱去除坯布上的淀粉浆料。使用淀粉酶退浆能将淀粉分解成可溶性低分子糖的酶（ α -葡聚糖酶），而且用酶处理产生的分解物无毒性，但这些分解物必须经处理后再排放，否则会提高退浆废水中的BOD。

岳新霞研究发现，采用 α -淀粉酶对竹浆纤维织物进行酶退浆处理具有良好的退浆效果，织物强力无明显损失，较传统碱退浆工艺能节约大量能源，符合清洁生产要求。

1.2 生物酶在精练中的应用

传统的棉织物精练是在热碱液中进行的，效果非常显著，缺点是由于添加润湿或渗透剂、螯合剂等化学品造成了印染废水处理的沉重负担，精练废水含碱量大，pH值高，要耗用大量的酸中和，并需用大量的水冲洗，且使废水中COD/BOD的比率增高，污染了环境。据统计，印染废水的70%来自前处理中的精练。而且，如果在碱精练中工艺条件控制不严格，还易造成纤维素的氧化损伤，强力下降。另外，由于在浓碱液中精练，会致使棉织物的局部碱浓度过高，产生较大的收缩，给后续加工质量带来很大的影响。

近年来人们尝试用生物酶进行棉织物的精练，可在温和的温度及pH值条件下有效去除棉的脂蜡，而且对纤维的结构和强力没有损伤。生物酶代替传统的碱精练将具有继续研究和扩大应用的趋势，除了环保这一因素，从经济的角度来看，酶精练的实际成本并不高于传统的碱精练，综合考虑所节约的能源和水，有时可能更经济。

作者单位：天津工业大学纺织学院，先进纺织复合材料教育部重点实验室。

魏玉娟研究表明,对珍珠纤维/棉混纺针织物采用复合酶精练,总体效果较碱精练好,吸湿性得到明显改善,织物中珍珠粉碳酸钙含量保留率高,采用酶精练完全可以取代碱精练。Sho Yeung Kang和Helen H.Epps等通过比较传统碱精练和酶处理对3种彩棉回潮率的影响,发现经酶处理的彩棉回潮率远高于传统碱精练彩棉的回潮率。陈伟等研究发现角质酶通过对棉纤维角质的分解可提高棉针织物的润湿性能,增加角质酶用量可使更多的角质被分解,从而达到更好的润湿性能。角质酶和果胶酶复合后能不同程度地提高棉针织物的果胶去除率、棉蜡去除率和润湿性能,其中润湿性提升较明显。Renuka Dhandapani等研究发现酶精练有助于去除棉坯布中非纤维素部分杂质,对于纤维素类杂质需酶与表面活性剂、EDTA等复合使用,去杂效果良好。

1.3 生物酶在漂白中的应用

目前棉织物漂白一般采用过氧化氢法,但是漂白时金属离子的催化作用会引起纤维的损伤。生物酶漂白尚处于开发阶段,目前研究较多的是3种氧化还原酶在漂白中的应用,即漆酶、过氧化物酶和葡萄糖氧化酶。

棉纺织品或其它纤维纺织品经过过氧化氢漂白后,部分纺织品要进行染色或印花,如果残留有过氧化氢,在染色和印花时会破坏染料或使染色不匀,或降低上染率。为了除尽残留的过氧化氢,在漂白后用过氧化氢酶处理纺织品,将残留的过氧化氢分解成水和氧而提高水洗效率,改善纺织品的染色性能。因此,过氧化氢酶处理不仅可以去除织物上残留的过氧化氢,而且可以直接染色,具有高效、节能、无污染的优点,是绿色染整技术的重要工艺之一。

Nimai Chandra Pan等研究表明,采用生物酶法对黄麻织物进行漂白,其白度、亮度、吸湿性、手感及外观均优于传统的化学漂白。阎贺静等采用精练漂白一浴法,在酶精练时加入 H_2O_2 和EDTA,结果表明处理后的棉织物其棉籽壳、蜡质和果胶质的去除率与传统精练和漂白工艺相当。酶精练和漂白工艺全过程均在较低温度下进行,且能达到比较理想的棉籽壳去除率,弥补了酶精练工艺的缺陷。

Huntsman Textile Effects(亨斯迈纺织染化)在Genencor(杰能科)推出的创新生物酶的基础上研制了一种漂白技术——Gentle Power BleachTM,该新型过氧化漂白系统要求织物漂白温度仅为65℃,中性pH值范围,从而大大降低了处理和漂洗温度,能耗及用水量更可降低40%。利用Gentle Power BleachTM对织物进行前处理后,手感更加柔和、蓬松和自然,对于棉质纤维效果更为明显。使用Gentle Power BleachTM后,纤维重量损失率低,色彩更加鲜

明、亮丽和浓郁。

1.4 生物酶在脱胶工艺中的应用

目前麻纤维脱胶的主要工艺还是以化学脱胶为主,但会对纤维造成一定的损伤,脱胶后的麻纤维成单纤维状态,大麻单纤维长度仅20mm左右,很难直接用于纺织;而且化学脱胶废水色度深,碱性强(pH值高达13)、有机成分复杂、水质波动大,是一种较难处理的有机废水。从环保角度考虑,酶法及微生物法脱胶被认为是极有发展前途的。

吴红玲等经过研究证明,大麻纤维采用生物酶脱胶作用条件温和,对纤维损伤小,易掌握脱胶的程度,有利于提高出麻率,在技术上是可行的。毕晓春等研究表明在最优工艺条件下采用生物酶与碱氧一浴脱胶工艺,处理光叶楮韧皮制得的光叶楮纤维各品质指标相对较好,应用于纺织行业很有潜力。最优工艺为:生物酶用量4g/L,浴比1:10,时间4h,温度50~55℃;助剂 $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ 6g/L, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 用量为0.1%;浴比为1:10条件下,NaOH5g/L,双氧水4g/L,煮练时间150min。

1.5 生物酶在丝光工艺中的应用

生物酶可用于织物的丝光——“生物抛光”,即用纤维素酶对棉织物在无张力状态下处理,可以减少织物表面茸毛、小球,提高织物的光洁性,产品不仅与碱丝光效果相近,还赋予其柔软的特性。生化抛光主要用于棉、麻等天然纤维以及容易起毛起球的Tencel[®]等人造纤维织物。此外,还用于去除染色等加工产生的表面茸毛,使纤维和织物表面变得光洁。

黄霞兵等研究发现,生物抛光整理后的织物表面光洁,富有光泽,手感柔软,悬垂系数下降,具备一般柔软剂整理达不到的品质。生物抛光整理后的织物强力下降,下降率应控制在20%,失重率在3%,失重率超过5%时织物的服用性能就明显受到影响。

周文常研究表明,经纤维素酶整理后的亚麻织物,布面光洁,手感柔软,舒适性提高,从而提高了亚麻织物的服用性能及附加值。纤维素酶对亚麻织物的生物抛光整理,是一种降解减量处理,但工艺控制不当,会使织物强力损失过大,因此要严格控制工艺条件。李波研究采用纤维素酶BP-96对纯棉双面针织物进行抛光整理,酶处理温度最好控制在50℃,pH值控制在4.8左右,酶用量和作用时间视织物厚薄和设备运转速度而定。抛光处理后,若不马上染色,必须进行失活处理,以免织物损伤。

2 生物酶在染色中的应用

陈伟等研究用酶进行精练时发现,和未处理试样相

比,单独用角质酶处理织物的上染速度和上染百分率有所提高,但效果不如单用果胶酶处理的织物;角质酶和果胶酶复合酶处理织物的上染速度和上染百分率比单用果胶酶略高,且明显高于单用角质酶处理的织物。此外,羊毛经蛋白酶处理后,低温染色性能可明显改善。在同等减量的条件下,通常蛋白酶减量模式对羊毛低温染色性能的改善更明显。

3 生物酶在后整理及其他工序中的应用

棉纤维的超级柔软整理,利用纤维素酶对棉的水解作用可使织物表面改性,控制减量率在 3% ~ 5% 左右,就能得到丝一般的超级柔软手感,获得新的织物风格。

苎麻针织物在贴身穿着过程中会产生较强的刺痒感,在一定程度上限制了其服用范围。高锡光等研究发现对织物进行酶处理后,将其硬而直的尖端部分原纤化,使之柔软,可改善粗硬麻制品的肌肤触感和穿着舒适感,适量增大酶的用量(强力损失控制在允许的范围),可以降低织物的刺痒感,提高麻制品的品位和质量。采用酶对苎麻织物处理时,酶用量、pH值、温度、浴比、时间对实验结果都有影响,其中酶用量在 3% (o.w.f) 以内时,酶用量的影响最大。

目前应用于牛仔布返旧整理的纤维素酶大多为中性纤维素酶或酸性纤维素酶,适度酶洗可赋予织物独特的光泽和柔软的手感,且不会引起织物强力的过度损伤,同时减轻了浮石对设备的磨损,提高了生产效率,另外生物酶可降解,污水易处理,利于环保。所以,纤维素酶在靛蓝牛仔布返旧整理中已得到广泛应用。到1998年,就已有约 80% 的牛仔布水洗利用纤维素酶。

L. Ammayappan等研究发现对于棉/毛混纺织物,采用纤维素酶及蛋白复合酶处理,能增加织物上纳米、微纳米等整理剂的量,改善织物的悬垂性、毛细效应、干折皱回复角、抗皱性、手感等,但同时剪切张力会有所降低。

Tencel[®] 类纤维在湿处理过程中由于物理摩擦容易产生原纤化,其原纤维较长,易相互缠结,伏在织物表面影响外观。通过生物酶处理,可去除原纤茸毛,经干态下转鼓处理,产生次级原纤化,具有桃皮绒的效果。

合成纤维因其亲水性低而影响纤维的加工性能,在生产过程中妨碍水渗入织物的孔隙及后处理化合物的应用。最新研究表明,酶能够使合成材料水解,例如角质酶、聚酯酶和脂肪酶通过酯键的水解能提高聚酯的亲水性。

漆酶能催化许多芳香族化合物降解,根据漆酶对染料降解的原理,可以用于印染废水的脱色、染色织物的生物酶洗,可以去除其浮色,如固定化漆酶酶洗工艺可替代传统的皂洗工艺,提高织物的湿处理牢度,还能降低后处理残液的

色度,减轻了印染废水处理的负担,有利于生态环境保护。

4 展望

生物酶催化具有安全高效、环保节能的特点,生物酶可以或部分替代传统的化学品完成生态型染整加工。但酶在应用中存在稳定性差、不能回收重复利用等问题,因此通过化学或物理手段用载体将酶束缚或限制在一定区域内,使其进行特有和活跃的催化作用。如固定化酶具有贮存稳定性高、易于控制、工艺简便等优点,在化学、生物工程、医学等领域得到了迅速发展,也必将在染整行业中得到广泛的研究与应用。 [GTL]

参考文献

- [1] 黄霞兵, 梁海波. 生物抛光酶在高支高密棉织物上的应用[J]. 染整技术, 2011, 33 (3): 17 - 20.
- [2] 吴赞敏. 纺织品染整清洁加工技术[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2007.
- [3] 李立. 酶退浆工艺探讨[J]. 印染, 2004 (12): 17 - 19.
- [4] 岳新霞. 竹纤维织物的酶退浆工艺研究[J]. 纺织科技进展, 2006 (4): 46 - 48.
- [5] 魏玉娟. 珍珠纤维/棉混纺针织物生物酶精练工艺研究[J]. 印染助剂, 2011, 28 (4): 41 - 44.
- [6] Sho Yeung Kang, Helen H Epps. Effect of Scouring and Enzyme Treatment on Moisture Regain Percentage of Naturally Colored Cottons[J]. The Journal of The Textile Institute, 2009, 100 (7): 598 - 606.
- [7] 陈伟, 王强, 等. 角质酶和果胶酶复合酶对棉针织物的精练研究[J]. 印染助剂, 2011, 28 (1): 39 - 41.
- [8] Renuka Dhandapani, Ian R Hardin. THE APPLICATION OF XYLANASE ENZYME SYSTEMS FOR REMOVAL OF RECALCITRANT SEED COAT FRAGMENTS[A]. Proceedings of the Annual International Conference & Exhibition of AATCC[C], 2010: 40 - 49.
- [9] Nimai Chandra Pan, Sambhu Nath Chattopadhyay, Ashim Kumar Roy, et al. Preparation of Full Bleached Jute Fabric by Enzyme Application[J]. Man-Made Textiles in India, 2010, 53 (8): 288 - 290.
- [10] 阎贺静, 韩晓红, 等. 棉织物酶精练漂白同浴处理工艺[J]. 印染, 2011 (9): 5 - 9.
- [11] 吴红玲, 蒋少军, 等. 大麻纤维生物酶脱胶工艺试验[J]. 染整技术, 2010, 23 (7): 24 - 27.
- [12] 吴晓春, 曲丽君, 等. 光叶楮生物酶与碱氧一浴化学联合脱胶初探[J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2009, 24 (2): 42 - 45, 52.
- [13] 周文常. 纤维素酶对亚麻织物的生物抛光整理[J]. 纺织科技进展, 2008, (3): 63 - 65.
- [14] 李波. 棉针织物生物抛光整理工艺[J]. 印染, 2007 (12): 23 - 24.
- [15] 高锡光, 孙卫国. 纤维素酶整理消除苎麻针织物刺痒感的研究[J]. 毛纺科技, 2011, 39 (5): 21 - 24.
- [16] 周爱晖. 纤维素酶在纺织品返旧整理中的应用[J]. 印染助剂, 2011, 28 (2): 10 - 13.
- [17] L Ammayappan, et al. Effect of Silicone and Urethane Finishing Treatment on Performance Properties of Enzyme Treated Wool/cotton Union Fabric[J]. Man-made Textiles in India, 2010 (3): 47 - 51.
- [18] 李晔. 酶的固定化及其应用[J]. 分子催化, 2008, 22 (1): 86 - 96.

时尚谷 创意周

2011年10月18日-22日上海·松江

系列活动

- 第六届色彩中国
- 时尚谷专业服务平台启动仪式
- 第七届亚洲色彩论坛
- 2011中国纺织学术年会

时尚谷（中国纺织服装品牌创业园）由中国纺织工业协会领衔打造。园区规划占地约2000亩。规划建设成为纺织服装企业创新、发展的国际化平台，融创意设计、产品研发、时尚表达为一体的企业园区。盛典专线：021-57763163

