

# 再生蛋白质纤维的发展现状

李彩霞,王进美,李 杨

(西安工程大学,陕西 西安 710048)

**摘要:**再生蛋白质纤维是一种应用前景广泛的新型环保纤维。介绍了大豆蛋白纤维和牛奶蛋白纤维的研究进展、生产工艺、纤维性能、产品开发和存在的主要问题,以及其他种类再生蛋白质纤维的性能。

**关键词:**再生蛋白质纤维;生产工艺;性能;应用

**中图分类号:**TS102.91

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2014)06-0004-03

当今世界大量废弃化纤产品造成了巨大的能源浪费和环境污染,无污染、低能耗的绿色纺织品研究开发工作已经迫在眉睫。目前,国内外市场上已经出现的竹纤维、莫代尔纤维、牛奶蛋白纤维、大豆纤维等再生纤维均属于绿色纺织纤维,其生产过程无污染,且可全部或部分生物降解,属于环境友好型纤维。蛋白质纤维可以分为天然蛋白质纤维和再生蛋白质纤维,再生蛋白质纤维是从天然牛乳或植物(如花生、玉米大豆等)中提炼出来的蛋白质溶液与高分子化合物经过物理共混或化学共聚而制得的一种新型纤维,以其优良的物理性能和对环境的友好特性越发受到人们的青睐<sup>[1]</sup>。

## 1 大豆蛋白纤维

### 1.1 大豆蛋白纤维发展

大豆蛋白纤维是一种再生植物蛋白纤维。早在19世纪末20世纪初国外就有了对再生蛋白纤维的研究。日本油脂公司在1938年开发出了以大豆为原料的纤维;1945年美国、日本研究出了美国商品名为Soylon的大豆蛋白纤维,其吸水率为11%;1948年美国通用汽车公司从豆粕中提取出了大豆蛋白纤维,但多因为纤维性能差,无法进行纺织加工而终断了研究。1993年中国河南的李官奇从去油脂的豆粕中成功提炼出大豆球蛋白,并对大豆球蛋白进行改性处理,于1998年成功纺制出大豆蛋白纤维。大豆蛋白纤维是人类纤维开发史上首例由中国开发并工业化应用的品种,是一种易生物降解的“绿色纤维”,具有非常广泛的应用前景。

### 1.2 大豆蛋白纤维生产<sup>[2]</sup>

大豆蛋白纤维本身主要由大豆蛋白质组成,其生产过程对环境、人体、水质、土壤等均无污染。其原料主要取自榨油后的大豆渣滓(含35%蛋白),再通过生物工程技术,将豆粕中的球蛋白与腈基和羟基高聚物混合,通过接枝、共聚、共混,制成所需浓度的蛋白质纺丝溶液,经湿法纺丝工艺纺出纤维束。醛化稳定纤维性能后,经卷曲、热定型、切断,即得到各种长度规格的纺织用大豆蛋白纤维,其生产工艺流程如图1所示。

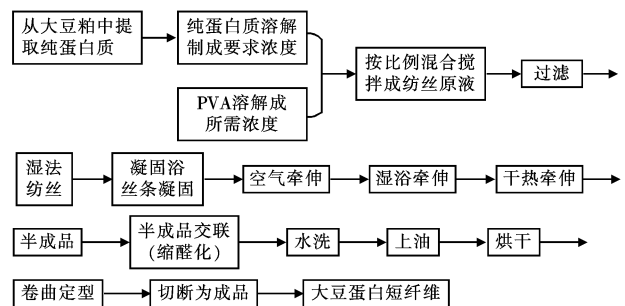


图1 大豆蛋白纤维生产工艺流程

### 1.3 大豆蛋白纤维的结构、性能、产品开发

#### 1.3.1 结构

大豆蛋白纤维具有明显的皮芯结构,皮层厚且中间有微孔,具有一定的抗变性能。纤维横截面呈哑铃形或不规则三角形,纵截面有不规则沟槽或海岛状凹凸,这些结构都提高了纤维的吸湿导湿性和透热传热性。

#### 1.3.2 性能

大豆蛋白纤维细度细,强力大,其单纤断裂强度在3.0 cN/dtex以上,仅次于涤纶等高强度纤维。其手感柔软,光泽柔和,悬垂性比绢好,抗皱性优于真丝,透气性和抗紫外线性能好于棉,是制作高档夏季服装的理想面料。表1为大豆蛋白纤维与其他纺织纤维物理机械性能和化学性能的对比<sup>[3]</sup>。

收稿日期:2014-09-11

作者简介:李彩霞(1990-),女,在职硕士研究生,研究方向为功能性纺织品。

表1 大豆蛋白纤维与其他纺织纤维物理机械性能和化学性能对比

纤维类别	干断裂强度 /cN·dtex <sup>-1</sup>	湿断裂强度 /cN·dtex <sup>-1</sup>	干断裂伸长 /%	湿断裂伸长 /%	回潮率 /%	密度 /g·cm <sup>-1</sup>	耐碱性	耐酸性	抗紫外线
大豆	3.8~4.9	2.5~3.0	15	17	8.6	1.3	一般	好	较好
棉花	1.9~3.1	2.2~3.1	7.0~10	10~13	9.0	1.5~1.6	好	差	一般
粘胶	1.5~2.0	0.7~1.1	18~24	26~30	13.0	1.4~1.5	好	差	差
蚕丝	2.6~3.5	1.9~2.5	15~25	27~33	11.0	1.3~1.4	较好	好	差
羊毛	0.96~1.6	0.7~1.3	25~35	25~30	14.0~16.0	1.4	差	好	较差

### 1.3.3 产品开发

大豆蛋白纤维细度细,手感柔软,可用于开发针织内衣和睡衣。内衣制品光滑柔软,贴身舒适,更具有保健作用。通过在蛋白质大分子上接枝中草药成分还可赋予大豆蛋白纤维制品杀菌消炎的功效。大豆蛋白纤维还可以与其他纤维混纺,生产出具有特殊风格的织物<sup>[4]</sup>。

### 1.4 大豆蛋白纤维织物加工中的问题

大豆蛋白纤维虽然兼具天然纤维的各种优点,但在生产工艺和产品开发利用中仍有一些不足之处。大豆蛋白纤维表面光滑,纤维卷曲率低,卷曲恢复率低,质量比电阻高,强力不匀,这些因素都降低了纤维的可纺性。同时,其固有的米黄色是无法彻底消除的<sup>[5]</sup>。这些因素都限制了大豆蛋白纤维的进一步开发利用。

## 2 牛奶蛋白纤维

### 2.1 牛奶蛋白纤维发展

牛奶纤维是从牛奶中提取出蛋白质分子与某种大分子化合物(如聚丙烯腈)接枝反应而成的一种新型再生纤维。1904年 Toden Haupt 用从牛乳中提炼出的酪素进行纺丝,制得酪素纤维;1935年意大利科学家从牛乳中提取出蛋白质并进行纺丝;1969年日本东洋纺公司开发出了以新西兰牛奶为原料与丙烯腈接枝共混制得的再生纤维“chinon”并实现了工业化生产<sup>[6]</sup>;1995年上海正家牛奶服饰有限公司独立研发出了牛奶纤维面料;2001年江苏红豆实业股份有限公司成功开发出了以100%牛奶纤维织造而成的牛奶丝T恤衫<sup>[7]</sup>,用牛奶纤维生产的T恤衫手感柔软、吸湿透气、亲肤爽身。

### 2.2 牛奶蛋白纤维成纤原理与工艺流程

#### 2.2.1 成纤原理

牛奶中的蛋白质之所以能够成纤,是因为其中含有线型酪蛋白,此外,大分子链具有一定的柔性和分子间力。蛋白质和水形成胶体溶液,经纺丝后,随着水分减少,大分子相互靠拢,分子间形成氢键,多肽链平行排列,甚至纠缠在一起,进而转化为不溶于水的固化丝条,丝条的抗张强度能够满足纺织纤维的基本要求<sup>[7]</sup>。

#### 2.2.2 工艺流程

牛奶中主要含有蛋白质、水、脂肪、乳糖、维生素和灰分等,其中蛋白质是生产牛奶纤维的主要成分。生产牛奶纤维时首先是去除多余的水分(含量在85%以上),经脱脂、碱化等工艺得到无脂乳浊液,再通过半透膜分离、收集得到蛋白质,最后加入无离子水和蛋白质粘合剂并纺丝成形。其工艺流程为:蒸发→脱脂→碱化→分离→揉合→过滤→脱泡→纺丝→拉伸→干燥→定型→分级→包装<sup>[8]</sup>。

### 2.3 牛奶蛋白纤维性能与应用

#### 2.3.1 物理机械性能

牛奶蛋白纤维具有强度高、伸长率好、吸湿性好、初始模量大的特点。其质量比电阻大,静电现象明显,尤其在纺纱过程中,需加防静电剂,同时要严格控制温湿度以保证成纱质量。

#### 2.3.2 化学及染色性能

牛奶蛋白纤维有很好的耐碱性,较好的耐酸性和耐光性。其上染率高且上染速度快,染色均匀透彻,不易褪色,同时,牛奶纤维适用染料种类繁多,特别适用于活性染料染色,产品色泽艳丽,色牢度好。

#### 2.3.3 保健性能

牛奶蛋白纤维含有人体所必需的多种氨基酸,有很好的皮肤亲和性,具有润肌养肤的功效。牛奶蛋白纤维具有天然的抑菌作用,抑菌率高达80%以上且持久性强。牛奶纤维柔软、滑爽、吸湿、导湿的特点,使其具有较高的“睡眠舒适指数”<sup>[8]</sup>。

#### 2.3.4 应用

牛奶蛋白纤维可与棉、羊毛、蚕丝等天然纤维或化学纤维混纺,所得面料具有良好的透气、透湿性能,延伸性和悬垂性、尺寸稳定性好。其应用范围广泛,不仅可做内衣,还可加工成轻盈的外装,甚至是人体皮肤直接接触类产品如床上用品、女性专用品等。

## 3 其他再生蛋白纤维

除了上述大豆蛋白纤维和牛奶蛋白纤维外,越来越多的科研人员也在对花生蛋白纤维、玉米蛋白纤维和仿蜘蛛丝纤维等进行深入研究。

花生蛋白纤维是先从花生粕饼中分离得到花生蛋白质,向其中加入一定量的碱液,经保温搅拌,使花生蛋白质完全溶解,得到花生蛋白液。再引入变性剂、引发剂和一定量的羟基高聚物,经接枝、共混、共聚,得到花生蛋白纺丝液,再经过纺丝、拉伸、定型等工艺而成<sup>[9]</sup>。花生蛋白纤维的理化性能类似于其他再生蛋白纤维,吸湿透气、手感光滑、保健性能好,只是纤维断裂强度相对较低,干湿态的强度相差大。

玉米纤维是以玉米为原料,经微生物发酵,将玉米糖转化为乳酸,再采用化学方法将乳酸合成丙交酯,经聚合后最终纺制成丝<sup>[10]</sup>。玉米纤维性能与其他再生蛋白质纤维类似,纤维强度、吸湿性与染色性接近于常用化纤,与化纤混纺可提高织物的柔软性。其最大优点是可生物降解,符合当今社会对纺织材料的环保要求。

蜘蛛丝是目前世界上最坚韧且弹性最好的纤维之一,尤其是其牵引丝,在力学性能上具有蚕丝和其他合成纤维无法比拟的突出优势<sup>[11]</sup>。蜘蛛丝密度与蚕丝和羊毛接近,耐紫外线性强,且耐高温和低温。蜘蛛丝具有强度高、弹性好、断裂功高等特性,是一种性能十分优异的材料<sup>[12]</sup>。目前人工生产蜘蛛丝的方法<sup>[13]</sup>,一是蚕吐蜘蛛丝法:即利用“电穿孔”的方法,将蜘蛛“牵引丝”部分的基因注入到蚕卵中,使家蚕能够分泌出含有“牵引丝”蛋白的蜘蛛丝。二是牛羊乳蜘蛛丝:将蜘蛛丝的基因复制到牛、羊等动物细胞中,再通过水处理的方法从中提取出蜘蛛丝蛋白并加工成丝。此外还有微生物吐丝法和植物寄主法。仿蜘蛛丝在各个领域都有广泛的应用,其具有强度大、弹性好、柔软、质轻等优点,可以吸收巨大的能量,是制作防弹衣的首选材料。蜘蛛丝还因其强度大、韧性好、可降解、与人体相容性好等优良特性而被广泛应用于医学和保健方面,如人工关节和外科手术缝合线等,这些产品具有几乎不与人体发生排斥反应且使用寿命长的特点。此外,蜘蛛丝还可用来制造小提琴弦,这种弦弹出的声音更加柔和悦耳<sup>[14]</sup>。

## 4 结语

再生蛋白质纤维的原料来源广泛,生产过程绿色环保,废弃产品可生物降解,不会对环境造成污染。再生蛋白纤维兼具了其他纤维的优良特性,在军事、航天、医药卫生、建筑、服饰等多领域都有广泛的应用。如果能够解决生产加工及应用方面的各种难题并开发出性能优良的再生蛋白质纤维,那么其发展与应用前景将不可估量。

## 参考文献:

- [1] 孙杰,毕洁,张初署,等.再生蛋白质纤维的特性及研究进展[J].化工新型材料,2011,39(6):26.
- [2] 官爱华,张建飞,张春娟.新型再生蛋白质[J].合成纤维,2006,(6):24-25.
- [3] 周强.大豆蛋白纤维性能及应用前景[J].化纤与纺织技术,2009,(1):31.
- [4] 杨庆斌,孙永军,于伟东.大豆蛋白纤维发展与应用综述[J].山东纺织科技,2004,(2):45.
- [5] 郎思遥,唐艳云,等.大豆蛋白纤维的研究进展[J].中国纤检,2011,12(上):79-80.
- [6] 贾书刚,姚金波,等.再生蛋白质纤维的研究进展[J].毛纺科技,2013,41(10):61.
- [7] 储云,陈峰,等.牛奶纤维的发展与应用[J].山东纺织经济,2007,(4):64-65.
- [8] 陆梦,刘茜.牛奶纤维及其产品的开发与应用[J].黑龙江纺织,2010,(3):17.
- [9] 邢声远.化工产品手册:纺织纤维[M].北京:化学工业出版社,2004.177-182.
- [10] 魏小娅.玉米纤维的研究进展[J].重庆大学学报,2013,(12):146-148.
- [11] 刘海洋,等.纺织新材料——蜘蛛丝[J].纺织导报,2004,(1):28-30.
- [12] Dr Manisha Mathur, Manisha Hira. Special fibres- II spider silk[J]. Man-made Textiles in India, 2005, (3): 89-93.
- [13] 王萃蔚,陈蓉蓉.新型纤维在军事防护服装领域的应用[J].中国纤检,2005,(5):74.
- [14] 费翔.用蜘蛛丝做小提琴弦[J].自然与科技,2010,182:4.

## Development Status of Regenerated Protein Fiber

LI Cai-xia, WANG Jin-mei, LI Yang  
(Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** The research progress, production process, fiber properties, product developments and main problems of soybean protein fiber and milk protein fiber, and the properties of other kinds of regenerated protein fiber were introduced.

**Key words:** regenerated protein fiber; technological progress; properties; application