

# “绿色纤维”——大豆蛋白纤维的性能及产品开发新动向

赵贵兴<sup>1</sup>,王家军<sup>1</sup>,陈霞<sup>1</sup>,孙子重<sup>1</sup>,李波<sup>2</sup>,马启慧<sup>3</sup>

(1. 黑龙江省农科院大豆研究所,哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农科院科研处,哈尔滨 150086;3. 黑龙江省农业科学院,哈尔滨 150086)

**摘要** 大豆蛋白纤维是从大豆粕中提取的可用于纺织的具有优异性能的材料,本文主要对大豆蛋白纤维性能及产品开发新动向作简要的叙述,主要描述了大豆蛋白纤维的性能,介绍了大豆蛋白纤维的生产以及大豆蛋白纺织新产品的开发。同时叙述了大豆蛋白纤维及其产品的开发原理,并对大豆蛋白纤维及其织物的风格特性作出了评价,以期进一步推动大豆蛋白纤维的开发工作快速发展。

**关键词** 大豆蛋白纤维;纺纱;织造;染整

**中图分类号** TS102.51<sup>+</sup>2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)03-0426-05

## “GREEN CELLULOSE”——CAPABILITY OF SOYBEAN PROTEIN CELLULOSE AND NEW TRENDS OF PRODUCTION EXPLOITATION

ZHAO Gui-xing<sup>1</sup>,WANG Jia-jun<sup>1</sup>,CHEN Xia<sup>1</sup>,SUN Zi-zhong<sup>1</sup>,LI Bo<sup>2</sup>,MA Qi-hui<sup>3</sup>

(1. Soybean Research Institute,Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences,Harbin 150086;2. Department of Scientific Research Management,Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences,Harbin 150086;3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sceines,Harbin 150086)

**Abstract** Soybean protein cellulose is material which is extracted from soybean meal and used for textile. In this paper,the characteristics of soybean protein fiber were described;the manufacture and development of soybean protein fiber (SPF)were introduced. The principles of the development of the SPF and its products were reviewed,and the style characteristics of the fabrics made by SPF were also evaluated.

**Key words** Soybean protein cellulose;Textile;Weave;Yam-dyed

### 1 大豆蛋白纤维发展的历史

大豆蛋白纤维是一种再生植物蛋白质纤维,再生蛋白质纤维是从天然动物牛乳或植物(如花生、玉米、大豆等)中提炼出的蛋白质溶解液经纺丝而

成。再生蛋白质纤维的研究历史较早,大约在 19 世纪末和 20 世纪初国外就开始研究,据查一些文献报导,国外早期的蛋白纤维状况如下:1894 年,在明胶液中加入甲醛进行纺丝,制得明胶纤维;1904 年,Todten Haupt 用从牛乳中提炼的酪素进行纺丝,制得酪素纤维;1935 年,Ferretti 进一步对酪素纤维进

行了研究,意大利 SNIA 公司开发了酪素纤维;1938 年,英国 ICI 公司制造了花生蛋白纤维,商品名称为 Atdil,该纤维吸水率为 14 左右,断裂强度为 0.8 g/d;1938 年,日本油脂公司开发了以大豆为原料的纤维;1939 年,Corn product Refining 公司将玉米中提炼的蛋白质用醇或碱溶解纺丝而制得玉米蛋白纤维,商品名为 Vicara Ardilin Fiber,该纤维比重为 1.25 g/cm<sup>3</sup>,吸水率为 10 左右,断裂强度为 1.06 ~ 1.32N/dtex<sup>[1,2]</sup>。20 世纪 40 年代初,美国、英国研制了酪素纤维,商品名为 Aralia (美),Fibralane (英),比重为 1.9 g/cm<sup>3</sup>,吸水率为 14%,断裂强度为 0.704 ~ 0.88 N/dtex,延伸度为 15,耐水性不好;1945 年左右,美国、日本科技人员在实验室研制了大豆蛋白纤维,美国的商品名为 soylon。由于受早期科技水平的限制,上述研制的再生蛋白质纤维因强力低、纤维粗、物理和机械性能差、无服用性价值、制造的难度大等种种原因而未能实现工业化生产。后来由于石油化工业的发展等原因,研究者将新纤维的研究方向转向于合成纤维和再生纤维素纤维的研制,大约在 20 世纪 40 年代到 50 年代间相继成功研制出粘胶、锦纶、涤纶、腈纶、氨纶等化学纤维,并实现了工业化生产。随后的 50 年成为化学纤维大量发展的年代,许多服装、装饰用布、工业用布替代了部分天然纤维。虽然合成纤维有许多优良性能,但也存在吸湿性和透气性差,穿着不舒服等缺点。由于现代人对服装的追求趋向于自然化,舒适化,休闲化,多样化,天然纤维受到了人们越来越多的青睐。但是,天然纤维棉、麻、羊毛、蚕丝等受到了种植、养殖面积的限制,无法大量发展。

据国外资料介绍,20 世纪 90 年代中后期,将分离的大豆蛋白用戊二醛作交联剂制成大豆蛋白生物可降解的高聚物,用于塑料增强剂、粘合剂、包装材料等领域,而未有用于纺织纤维原料制成的各类纺织品。<sup>[3]</sup>我国河南省濮阳华康生物化学工程联合集团公司李官奇先生在 1993 年开始研究,从豆粕中(去油脂后)提炼出大豆球蛋白经改性后进行纺丝,经多年的研究,1998 年终于在实验室的试验设备上试纺成功,后在河南遂平县建成一条年产 1500 吨的工业化生产线,经 8 个多月的生产调试,在 2000 年 3 月试纺成功,改写了在世界化学纤维制造领域中中国原创技术空白的历史。目前第一条年产能能力达 1500 吨的大豆蛋白纤维生产线已正式投产。基本上形成了规模化生产。近年内,大豆蛋白纤维的生产能力将会扩大,3 ~ 5 年内总产量在几万吨。目前

生产的主要品种是棉型和毛型大豆纤维,其细度为 1.34 ~ 1.67dtex,主体长度为 38 ~ 76 mm,准备开发长丝类品种。

随着高新技术的迅速发展,国际纺织品开发中最热门的话题之一就是绿色纺织品的研制、开发、生产及其市场应用。全球纺织服装的走势在一片回归自然的复古浪潮冲击下,素材选择以天然纤维及天然再生纤维为主要原料。在新问世的各种纺织材料中,大豆蛋白纤维以其质感柔软光滑、穿着舒适、保暖性好等性能而被纺织行业看重。

大豆蛋白纤维作为一种新型纤维,如何利用它开发出更多更好的产品很大程度上取决于对大豆蛋白纤维结构和性能的基础理论研究。

## 2 大豆蛋白纤维简介

### 2.1 原料、结构与纺丝

以出油后的大豆废粕为原料,利用生物技术,将豆粕中的球蛋白提纯,并利用助剂、生物酶的作用使提纯的球蛋白改变空间结构,再添加羟基和氨基等高聚物,配制成一定浓度的蛋白纺丝液。熟成后,用湿法纺丝工艺纺成单纤为 0.9 ~ 3.0 dtex 丝束,经醛化稳定纤维的性能后,再经过卷曲、热定形、切断,即可生产出各种规格的纺织用高档纤维。大豆蛋白纤维可称为新世纪的“绿色纤维”。大豆蛋白纤维横截面呈扁平状哑铃形或腰圆形,纵向表面呈现不明显的沟槽,纤维具有一定的卷曲,但卷曲度不如细羊毛明显。

纤维的化学组成:按公开专利介绍,大豆蛋白质含 23% ~ 55%,聚乙烯醇和其它成份为 45% ~ 77%。未交联大豆蛋白纤维在 335℃ 开始分解,失重明显,在 435℃ 热分解严重;交联纤维在 365℃ 开始有明显的热分解失重,在 460℃ 热分解严重<sup>[4]</sup>。由此可见,交联型大豆蛋白纤维比未交联型耐热性好些。在纺丝过程中,控制分离大豆蛋白质的 pH 值(4.6 左右蛋白质均大大增加)溶解度和加入含氰基或羟基高聚物是十分重要的。纺丝后丝条用交联剂处理可提高大豆蛋白质的强度和耐热性,大豆分离蛋白质的等电点 4.6 ~ 4.8。<sup>[5]</sup>

### 2.2 优良特点及特性

2.2.1 外观 服装面料在外观上给人们的感觉体现在光泽、悬垂性和织纹细腻程度 3 个方面。大豆蛋白纤维具有真丝般的光泽;其悬垂性也极佳,给人以飘逸脱俗的感觉;用高支纱织成的织物,表面纹路细腻、清晰,是高档的衬衣面料。

2.2.2 舒适性 大豆蛋白纤维面料不但有优异的视觉效果,而且在穿着舒适性方面更有着不凡的特性。以大豆蛋白纤维为原料的针织面料手感柔软、滑爽,质地轻薄,具有真丝与山羊绒混纺的感觉;其吸湿性与棉相当,而导湿透气性远优于棉,保证了穿着的舒适与卫生。

2.2.3 染色性能大豆蛋白纤维本色为淡黄色,很象柞蚕丝色。它可用酸性染料、活性染料染色。尤其是采用活性染料染色,产品鲜艳而有光泽,同时其日晒、汗渍牢度也非常好。与真丝产品相比解决了染色鲜艳度与染色牢度之间的矛盾(真丝产品日晒、汗渍牢度极差,很容易褪色)。

2.2.4 物理机械性能 该种纤维的单纤断裂强度在 3.0 cN/dtex 以上,比羊毛、棉、蚕丝的强度都高,仅次于涤纶等高强度纤维,而纤度可达到 0.9 cN/dtex<sup>[6]</sup>。目前,利用 1.27 dtex 的棉型纤维在棉纺设备上已纺出 6 dtex 的高品质纱,可开发高支高密高档的面料。

2.2.5 保健功能性 大豆蛋白纤维与人体皮肤亲和性好,且含有多种人体所必须的氨基酸,具有良好的保健作用。在大豆蛋白纤维纺丝工艺中加入定量的有杀菌消炎作用的中草药与蛋白质侧链以化学键相结合,药效显著持久,避免了棉制品用后整理的方法开发功能性产品,药效难以持续的特点。

## 2.3 纺纱

大豆蛋白纤维体积质量较小,与柞蚕丝光泽非常相近,但在纺纱过程中飞花多,疵点多,影响正常纺纱。大豆蛋白纤维在纺纱时静电现象比较严重,因此,必须给湿与添加表面活性剂,以提高大豆蛋白纤维的抗静电能力。另外和其它纤维相比,大豆蛋白纤维表面光滑,纤维之间抱合力差,因而需要添加抗滑剂,增加纤维之间的抱合力,使之达到纺纱要求。

2.3.1 纯纺 根据大豆蛋白纤维的特性,可通过预处理使其满足纺纱条件,提高适纺性能,满足规模生产的要求。预处理时各种助剂的添加量(占大豆蛋白纤维的干重比例)为:水 10%,抗静电剂 0.6%,防滑剂 0.2%,经预处理后其适纺性大大提高。

2.3.2 混纺(与涤纶) 和涤纶纤维在圆盘上按一定的比例混合,再经过开清棉、梳棉、并条(二道)、粗纱、细纱直至最后络筒<sup>[7]</sup>。纺纱比较顺利主要表现为飞花现象大为减少,棉网漂浮现象基本消除。这是因为涤纶纤维的体积质量较大豆蛋白纤维大,经过混合,纤维的体积质量整体上增加,并且在具体的每一个纺纱工序中都有具体的明确控制要求。

2.3.3 纺部各工序的工艺措施 (1)开清棉:因纤维整齐度好,蓬松且不含杂质,因而采用短流程工艺及“多松少打,薄喂少落,防绕防粘”的工艺原则。车间的相对湿度不低于 70%,以减少静电的影响;棉卷定量要偏轻掌握以防止粘卷,为避免水分和油剂的挥发,棉卷应用塑料薄膜包好,随手随取。(2)梳棉:该纤维蓬松、光滑,抱合力差,卷曲少且为平面卷曲,在纺纱过程中容易伸直,因而梳棉是大豆蛋白纤维纺纱最困难的一道工序,应采用“轻定量、中隔距、低速度、大转移比、多梳少落”的工艺原则,同时降低刺辊转速,增加皮圈导棉装置以解决棉网易断的问题;在锡林和道夫间采用 0.1 mm 隔距,棉条定量应偏轻掌握,车间相对湿度控制在 70% ~ 75%。<sup>[8]</sup>(3)并条:该纤维长度长、蓬松、弹性好,在工艺上需要较大的牵伸力,并条工艺参数为:顺牵伸,胶辊表面要进行抗绕涂料处理,增加胶辊抗静电能力;轻定量、重加压、重牵伸、低速度;适当放大罗拉隔距,可改善条干降低质量不匀率;为防止堵条,纱线通道光洁并适当降低前罗拉输出速度;车间相对湿度控制在 70% ~ 75%。(4)粗纱:控制好车间温湿度,选择适宜的捻系数以利于细纱牵伸;适当降低粗纱定量,可减少细纱机牵伸倍数,有利于提高成纱品质;适当加大粗纱捻度和轴向卷绕密度,有利于改善粗纱的内部结构和提高粗纱光洁度;采用较小的卷装直径,避免粗纱冒纱和脱圈,减少粗纱退绕时的拖动张力,减少意外伸长,粗纱伸长率控制在 1.4% 左右,可改善成纱条干。合理选择前区集合器型号,以保证粗纱良好的结构,严防烂粗纱、毛粗纱和疵品粗纱流入细纱工序。适当减少钳口隔距,降低后区牵伸倍数,加大后区隔距,有利于提高粗纱条干水平,为减少意外伸长而造成细节,要适当控制粗纱张力和导条张力。(5)细纱:细纱工序在极大程度上会影响成纱质量,常见的工艺措施有:选择亚光钢领、镀铬钢丝圈及合理的锭速等;细纱捻度适当加大,以增加纤维间的约束力,提高成纱品质,适当减少锭速,可以减少离心力作用对成纱品质造成的不利影响;增加压力,减少牵伸力,加大后区罗拉隔距,保持足够的握持力与牵伸力,确保纤维在牵伸稳定运动,提高条干水平。采用中弹中硬的涂料胶辊,有利于加强对浮游纤维的控制,缩小加捻三角区,提高成纱品质。选择合理的隔距,减少后区牵伸以增加纤维间的抱合力,选择较硬的胶辊对提高纺纱质量较为有利,车间相对湿度控制在 70% ~ 75%。(6)纺纱其它注意事项:纺制大豆蛋白纤维纯纺及混纺

纱时,纤维的预处理很重要,抗静电剂、防滑剂喷洒用量及比例的确定要适当,否则易粘缠机件。纺纱关键是解决梳棉工序的棉网转移难、易断、不易成网等问题,以及纤维间抱合力差的问题。

2.4 织造

2.4.1 络筒 原则是低速度、轻张力、小伸长、保弹性。保持络纱通道光洁、无毛刺和良好的机械状态,卷绕密度控制在 0.43 g/m<sup>3</sup>左右;降低络纱速度减少络纱张力,采用适当的气圈控制器和镍铸铁金属槽筒,有利于减少络纱工序对原纱品质造成的不良影响。

2.4.2 浆纱 原则是重渗透、求被覆、小伸长、轻张力。可以使经纱减磨、保伸、增强、贴伏毛羽。浆纱工序合理选取浆料配方和工艺参数,有利于提高浆纱品质。合理的浆纱配方:PVA 25 kg,变性淀粉 30 kg,平滑剂 3 kg,其它助剂 10 kg,含固率在 11.5%左右,上浆率为 13.8%左右。

2.4.3 织造注意事项 合理的上浆张力,织造工序必须保证上轴吊综品质,均匀分纱,综框作到三平四齐。织造工艺中,后梁高度、综框高度和开口时间要合理选择,确保开口清晰和织造顺利进行。

2.5 大豆蛋白纤维的染整加工

2.5.1 烧毛 应谨慎采用此道工序,尤其是染色织物,可采用高速轻烧工艺,因大豆蛋白纤维织物烧毛后易造成布面受损,产生不易观察的熔球,虽布面光洁度得到了提高,但染色后易产生色点。

2.5.2 前处理 由于大豆蛋白纤维含杂少,所以在其前处理中主要考虑漂白。但在采用氧漂的方法进行前处理时,必须注意控制合适的双氧水浓度、pH 值、温度、时间,以免大豆蛋白纤维损伤。大豆蛋白纤维本身带的米黄色,在前处理中难以去除,导致织物在染红色和蓝色时色泽不鲜艳。

2.5.3 染色 大豆蛋白纤维可用酸性染料、活性染料染色。尤其在采用活性染料染色时,产品鲜艳而有光泽,同时其日晒、汗渍牢度也良好。大豆蛋白纤维在酸碱条件下均可染色,耐酸性较好,耐碱性一般,耐热性差,120 ℃时纤维就会发黄变色,温度在 100 ℃以上时会出现色斑,所以其烘焙温度应在 100 ℃以下。而且,大豆纤维用活性染料染色后必须进行充分的皂煮,否则会严重影响大豆纤维的水洗牢度和湿摩擦牢度。

2.5.4 后整理 采用以氨基硅油类乳液为柔软剂的柔软整理更能提高体现出大豆蛋白纤维产品的滑爽悬垂性。大豆蛋白纤维交织物本身表现出一定的干弹回复性,但湿弹性较低,进行必要的抗皱整理可

得到理想的抗皱性能。

2.5.5 染整注意事项 大豆蛋白纤维织物在染整加工过程中,应谨慎烧毛,不丝光,切实掌握好加工温度;织物经高温接触式烘干后,会产生不可恢复的变硬现象。酸性、金属络合染料和双活性基活性染料皆可用于该织物的染色,但得色量有较大差异,活性染料适用于该织物浅色印花<sup>[9]</sup>。大豆蛋白纤维织物具有较好的抗皱性能,该织物本身所具有的淡黄色难以在染整加工中去除,值得深人的研究。根据该织物的性能特点,合理制定工艺,可以生产出性能优异的大豆蛋白纤维织物染整产品。

3 产品开发

3.1 开发针织内衣和睡衣

由于大豆蛋白纤维细度细,内衣制品手感特别柔软、光滑,穿着非常舒适。同时由于该纤维外层基本上是蛋白质,制品对人体皮肤更具保健作用。现在已解决了在纺丝阶段于蛋白质大分子上接枝中草药成份的技术难题,从而使纤维具有显著的杀菌消炎作用,同时由于其具有良好的吸湿透气性,因此,大豆蛋白纤维在内衣领域大有开发潜力。

3.2 开发衬衫用面料

大豆蛋白纤维的梭织产品在光泽上具有麻绢混纺产品风格,手感比绢挺、悬垂性好,抗皱性优于真丝且可用活性染料染色,染色牢度好,是制作高档衬衫的理想面料。

3.3 开发混纺面料

大豆蛋白纤维还可以与蚕丝、羊毛、山羊绒等纤维混纺。在与蚕丝混纺时利用纤维具有良好的导湿性,可以避免真丝织物由于汗湿而紧贴在身体上所产生的湿冷感;与羊毛混纺时,制得织物除与羊毛织物具有相同的性能外,还可能显著的降低生产成本;可以与阳离子涤纶进行混纺,以改善最终产品的舒适性能<sup>[10]</sup>。总之,随着大豆蛋白纤维产品的不断开发,利用其轻、柔软、光滑、强度高、吸湿、导湿、透气性好等诸多良好性质,为未来的混纺产品赋予许多独特风格。

4 大豆蛋白纤维的经济价值

据有关数据分析,1 kg 大豆可以榨出 0.17 kg 的大豆油,榨油后,剩下的 0.83 kg 的大豆粕中含有 40% 的有效蛋白质,以往豆粕主要用于牲畜的饲料,而现在豆粕与高聚物共混制成纺丝原液后,再

纺成大豆蛋白纤维,还剩余 40% 的大豆饼粕仍可用于饲料。从价格分析,1 吨大豆的市场售价为 2500 元,经提炼蛋白质 400 kg,加入 600 kg 的高聚物可制成 1 吨大豆蛋白纤维,其成本价为 2.5 万元,市场售价为 7~8 万元,即 1 吨大豆粕可提高 40% 的新使用价值,可带来 5 万元的经济价值<sup>[11]</sup>。这就意味着,目前全国大豆总产量 1350 万吨可带来 6700 万元的经济效益。对纺织业而言,全国目前化纤总产量达到 650 万吨,如果大豆蛋纤维的产量达到 100 万吨,化纤产量可减少 1/6 左右。现在,丝绸原料每吨 22 万元左右,羊绒每吨 100~120 万元左右。如果 100 万吨的大豆蛋白纤维与羊绒或丝绸混纺,其经济价值不言而喻。

## 5 大豆蛋白纤维的应用前景

大豆蛋白纤维可用于针织行业制成内衣和 T 恤衫。由于纤维细度细,内衣制品手感特别柔软、光滑,穿着非常舒适,同时由于大豆蛋白纤维外层基本上都是蛋白质,而且蛋白质的氨基酸中累积含量均较真丝对人类更为有利,因此,该制品对人体皮肤更具有保健作用。现在该种纤维已解决了在纺丝阶段蛋白质大分子上接枝中草药成份的技术难题,从而使纤维具有显著的杀菌消炎作用,同时由于其具有良好的吸湿透气性,因此大豆蛋白纤维在内衣、睡衣领域大有开发潜力。大豆蛋白纤维编织衫在“广交会”上与真丝含量 85%,山羊绒含量 15% 的编织衫进行比较,具有极其相似的风格<sup>[12]</sup>。大豆蛋白衫手感非常柔软、滑爽、光泽怡人、悬垂性好,由于纤维体积质量小而且非常轻,在编织领域更有广阔的发展前景。大豆蛋白纤维的梭织产品在光泽上具有麻绢混纺产品风格,手感比绢挺,悬垂性好,抗皱性优于真丝,而且可用活性染料染色,染色牢度好,是高档的衬衫用面料。大豆蛋白纤维还可以与蚕丝、羊毛、山羊绒、棉和其他纤维混纺。由于具有轻柔软、光滑、丝光、强度高、吸湿、导湿、透气性好等诸多良好性质,使其在与其他纤维混纺时能产生许多特殊风格。因此,大豆蛋白纤维必将得到愈来愈广泛的应用。

## 6 结语

用于纺织品的再生纤维素纤维和合成纤维经过 60 多年的发展,已具有各种不同性能的化学纤维,

成为当今国际纺织业的主要原料。但是,这些化学纤维仍存在三大有待解决完善的不足:(1)依赖于日益枯竭的石油资源;(2)不少品种生产对环境有污染;(3)舒适性能不如天然纤维<sup>[13]</sup>。目前,世界发达国家纷纷斥资加入这场 21 世纪新型纤维的争夺之战,健康舒适的再生大豆蛋白纤维的出现,将会影响到新世纪新型纤维发展的研究方向。

而且,大豆蛋白纤维属于再生植物蛋白纤维。其原料来源于广泛种植的大豆农作物,而非传统的石油等矿产资源,具有较强的再生性,不会对地球资源造成威胁。更为可贵的是,其原料为榨过油的大豆废粕,所用助剂、辅料、溶剂均无毒,且大部分可回收。这些特点在当今保护资源,实现可持续发展是非常宝贵的。

大豆蛋白纤维填补了我国作为纺织大国在纺织原料开发方面的一项空白。它的出现必将在棉纺、毛纺、绢纺领域掀起新产品的开发浪潮,给纺织企业带来新的发展机遇。

## 参 考 文 献

[ 1 ] Sy Liu Ying. China leads in ramie[ J ]. Textile Asia, 1990, ( 3 ) : 105 - 108.

[ 2 ] N. B. Paul, S. K. Bhattacharyya. The microbial degumming of raw ramie fibre[ J ]. J. Text. Inst., 1979, ( 12 ) : 513 - 517.

[ 3 ] P. C. Das Gupta, K. Sen, S. K. Sen. Cellulose Chem [ J ]. Technol, 1976, ( 10 ) : 285 - 287.

[ 4 ] 王华杰,杨旭红. 大豆蛋白纤维性能及产品开发新动向[ J ]. 江苏丝绸, 2002, ( 3 ) : 1 - 4.

[ 5 ] 钱程,吴晓琼. 大豆蛋白的性能与产品[ J ]. 现代纺织技术, 2002, ( 2 ) : 50 - 51.

[ 6 ] 赵博. 大豆蛋白纤维纺纱织造的生产工艺[ J ]. 江南大学学报, 2002, ( 1 ) : 66 - 68.

[ 7 ] 董瑛. 大豆蛋白纤维织物染整工艺探讨[ J ]. 印染, 2002, ( 4 ) : 11 - 13.

[ 8 ] 张岩昊. 大豆蛋白纤维及其产品开发[ J ]. 棉纺织技术, 2000, ( 9 ) : 28 - 30.

[ 9 ] 田丽,李官奇. 大豆蛋白纤维市场分析报告[ J ]. 中国纺织经济, 2001, ( 8 ) : 21 - 23.

[ 10 ] 姚穆. 大豆纤维的组成与结构研究[ J ]. 棉纺织技术, 2002, ( 9 ) : 33.

[ 11 ] 李官奇. 大豆蛋白纤维蕴含什么道道? [ J ]. 中国纺织经济, 2001, ( 6 ) : 9.

[ 12 ] 陈小莹. 大豆蛋白纤维与羊毛混纺怎样开发产品[ J ]. 中国纺织经济, 2001, ( 6 ) : 22 - 23.

[ 13 ] 侯祖龄. 大豆蛋白纤维与羊毛混纺开发精纺产品[ J ]. 中国纺织经济, 2001, ( 6 ) : 37 - 38.