

去叶芹菜纸的介观结构及机械性能研究*

杨传民 王心宇 邵才 陈超 康健

(天津商业大学机械工程学院, 天津 300134)

【摘要】 为提高用于包装的蔬菜纸机械性能,采用整棵或分切后打浆并配合打浆的粗细程度,在中试条件下制备了2种去叶芹菜纸样本。利用L&W纤维分析仪分析了打浆粗细程度,利用测量显微镜及显微图像分析系统表征了芹菜纸的介观结构,在标准环境下测试了机械性能并分析了变化情况。结果表明,去叶芹菜纸样本S1的抗张强度是样本S2的1.323倍;与带叶芹菜纸相比,总体上去叶芹菜纸的抗张强度是带叶芹菜纸的2.326倍,且断裂延伸率较好。

关键词: 蔬菜纸 芹菜纸 机械性能 纤维分析 介观结构

中图分类号: TB484; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)S0-0216-04

Properties and Micro-structure of Leaf Cut-off Celery Paper

Yang Chuanmin Wang Xinyu Shao Cai Chen Chao Kang Jian

(School of Mechanical Engineering, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract

In order to raise the mechanical properties of vegetable paper used for packaging, the entire or sectioned leaf cut-off celery was macerated to different degrees and two samples of leaf cut-off celery paper were prepared under the condition of middle scale production. Fiber analyses were given by Swedish L&W fiber tester. The microstructure characteristics of leaf cut-off celery paper were presented through photographs from the Olympus microscope and micro-photograph analyzer. Mechanical properties were tested under standard conditions and their variation was analyzed. Results show the differences in tensile strength is 1.323 times between two samples. Compared with leafed celery paper, the tensile strength of leaf cut-off celery paper is generally 2.326 times greater and leaf cut-off celery paper also has better break percentage elongation.

Key words Vegetable paper, Celery paper, Mechanical property, Fiber analyses, Micro-structure

引言

我国报道日本蔬菜纸始于1992年^[1]。近十几年来,我国部分学者也尝试了蔬菜纸的制备与研究^[2-5]。总结各种研究,在原材料选择方面,除蔬菜外,多数添加有粘合剂、增塑剂、淀粉等;蔬菜纸的制备方法多数集中在打浆、混合、搅拌后,利用碾压、涂布或铺板等方式,干燥箱干燥成纸,多数处于小试阶段。文献[6~7]采用了抄片机抄纸方法,对干白菜和韭菜纸的性能进行了研究,还制备了其他蔬菜纸;

文献[8]对带叶芹菜采用整棵、分切机械法制浆,辅助于打浆粗细,利用中试蔬菜纸生产线抄造,分析了不含任何添加剂的带叶蔬菜纸结构和性能。虽然可用抄片机制备韭菜纸,但由于韭菜浆粘液黏度过大,不适于中试蔬菜纸机直接抄造。

本文采用机械法制浆,利用中试蔬菜纸生产线制备成纸。对芹菜去叶后,进行整棵、分切两种方式打浆,分析去叶芹菜纸的结构和性能,并与带叶蔬菜纸的性能比较,主要目的是进一步提高蔬菜纸抗张强度等以适应机械化包装。

收稿日期:2010-07-01 修回日期:2010-07-16

*“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD05A05)和天津市科技支撑计划重点项目(09ZCZYNC00900)

作者简介:杨传民,教授,主要从事环保包装材料与成型方法、现代机械设计理论方法研究,E-mail:ychmin@tjcu.edu.cn

1 去叶芹菜纸的制备及其介观结构

1.1 工艺设备及制备方法

主要采用了抄纸工艺(专利号:ZL200710060405.4)。包括:去叶;蔬菜清洗;分切;打浆后得到蔬菜浆料;经上浆过程到达均浆池与网笼;经网笼过滤后,到毛布传送带上;经过真空吸水及一、二级压榨,上缸干燥;收卷得到蔬菜纸。

主要设备:研发的ZQS8-300S型蔬菜纸机、槽式打浆机、储浆罐等。蔬菜纸机的车速小于等于10 m/min;纸宽40 mm。

采用的芹菜原料产自天津,每次抄纸打浆用菜量100~150 kg。

本文均将芹菜去叶,并采用了两种组合方案。其一是将去叶芹菜整棵打浆,并具备一定的打浆粗细程度;其二是将去叶芹菜切成3~4 cm段后打浆,并具备一定的打浆粗细程度。设两种组合方式的去叶芹菜纸样本分别命名为S1、S2。采用相同或相近的车速、压榨力、温度等工艺条件抄纸。

为了详细表明打浆程度,利用瑞典Lorentzen & Wettre纤维分析仪对浆料的纤维尺度进行了数据统计分析。样本S1和S2中被测纤维数分别为12 725、7 199个;2个样本中纤维的平均长度分别为0.912、1.281 mm;2个样本中纤维的平均宽度分别为26.8、35.6 μm 。表明无论是长度还是宽度上,样本S1的打浆程度较细。图1表明了2个样本纤维的长度和宽度的分布情况,曲线密集的地方表示该区域所示长度和宽度的纤维比较集中。经纤维分析仪统计,2个样本中长度为2 mm及以下的纤维数累计率分别为90%、82%;宽度为50 μm 及以下的纤维数累计率分别为89%、76%。同样可以表明样本S1的打浆程度较细。

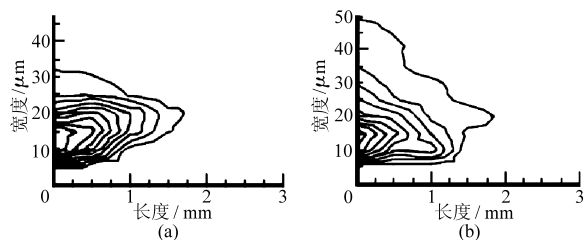


图1 纤维长宽分布图

Fig. 1 Length-width distribution of the fibers

(a) 样本S1 (b) 样本S2

1.2 去叶芹菜纸的介观结构

图2是系列成卷去叶蔬菜纸的照片,整体呈浅黄绿色,外观平滑整齐;相比之下,带叶蔬菜纸呈绿色^[8]。图3是利用显微图像分析系统MiVit所得的20倍透射显微照片,光源为白色光。图中不同长度

和宽度的较大纤维分布清晰,部分纤维交织情况可见,白色透明之处为果肉或微细纤维连接部位,显然果肉部位比纤维部位透射明显。图4~7是利用Olympus STM6型测量显微镜所得照片,光源为浅绿色光。图4和图5是芹菜的皮状纤维与管状纤维重叠交织情况。图4是皮状和管状纤维重叠的50倍反射情况,皮状纤维的纹脉方向清晰可见,由左下方指向右上方,但看不到后面的物质重叠情况;图5是同一位置同一倍数的透射,后面较粗大的管状纤维可见,皮状纤维的纹脉仍可见但被弱化。皮状纤维由粗大的芹菜梗打浆挤压而产生。图6是纤维交织50倍反射情况,粗大纤维呈亮色,深色部位为芹菜枝茎的果肉或较细纤维;相比之下,带叶蔬菜纸深绿色部位较多,代表芹菜叶片部位^[8]。图7为去叶芹菜纸断口纤维50倍反射情况,由于成纸压榨,管状纤维被挤压扁平。

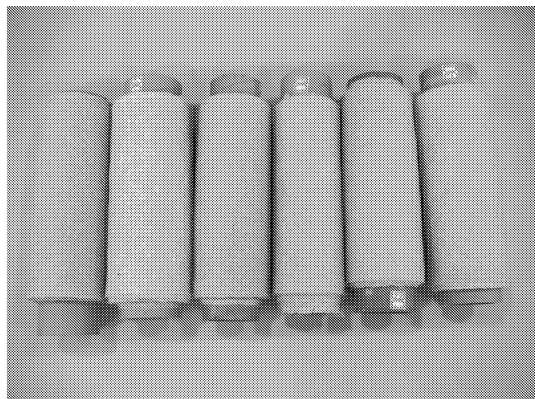


图2 成卷去叶蔬菜纸

Fig. 2 Leaf cut-off celery paper rolls

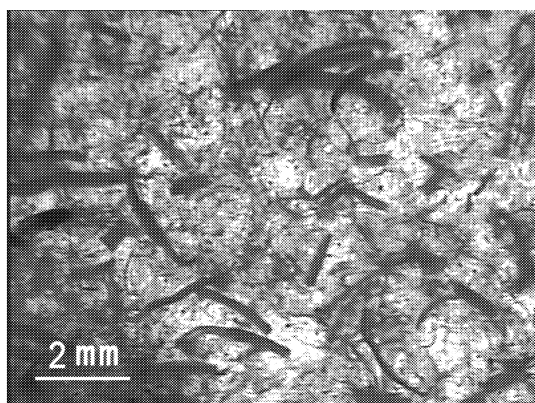


图3 纤维分布透射

Fig. 3 Fiber distribution transmission

2 去叶芹菜纸的机械性能分析

经国家包装产品质量监督检验中心(天津)的检测,对上述2种样本去叶芹菜纸的厚度、抗张力、抗张强度、断裂延伸率的检测结果列于表1。经23℃和50%相对湿度预处理24 h后进行测试,测试采用的标准为GB/T451.3—2002《纸和纸板厚度的

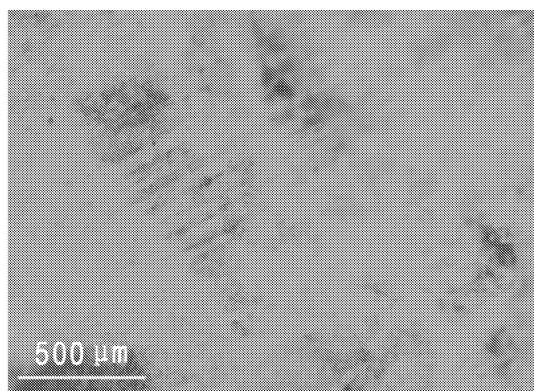


图4 皮状和管状纤维重叠反射

Fig. 4 Skin fiber covered tube fiber reflex

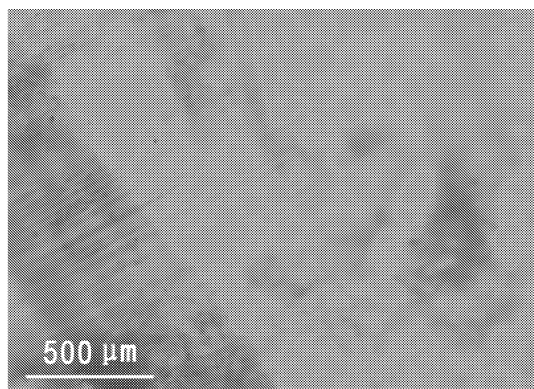


图5 皮状和管状纤维重叠透射

Fig. 5 Skin fiber covered tube fiber transmission

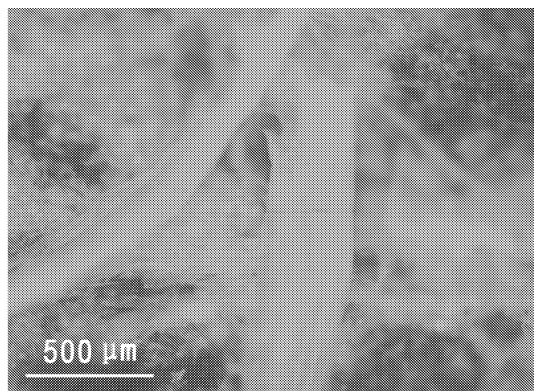


图6 纤维交织反射

Fig. 6 Fiber-weaving structure reflex

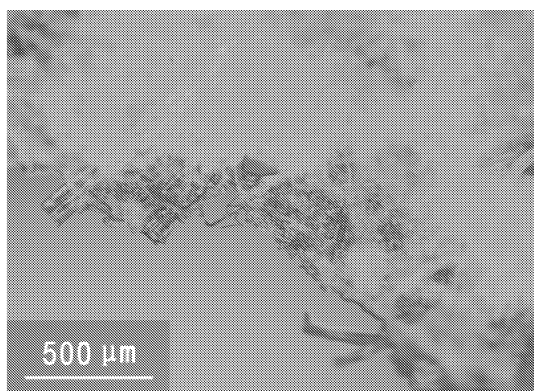


图7 断口纤维反射

Fig. 7 Break edge transmission

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - A)^2}{n - 1}} \quad C = S/A$$

式中 n ——测试点个数,此处 $n = 10$

在以下的分析中,除非强调各物理量的横向和纵向的异性,为了便于不同样本之间的比较,均以各物理量横向值和纵向值的算术平均值表述并对比样本之间差异。

由表1可以看出:①样本S1的横纵向抗张强度分别大于样本S2的横纵向抗张强度,S1、S2横纵向抗张强度平均值分别为2.1735、1.6435 kN/m,即S1抗张强度是S2的1.323倍,其原因在于样本S1的打浆程度较细,抄纸时纤维较多,果肉滤掉多。②S1横纵向抗张强度有较大差异,横向抗张强度较大是由纤维取向和多纤维集中交织所致;而S2基本无差异。③观察厚度平均值和厚度变化,S1的厚度大于S2的厚度;从标准差及变异系数可以看出,S1厚度变化较大。④样本S1、S2横纵向抗张强度标准差的平均值分别为0.2375、0.2273 kN/m,表明样本S1各测试点的抗张强度围绕平均值变化程度较大;由于抗张强度由抗张力除以15 mm所得,所以抗张力的变异系数与抗张强度的变异系数相同。样本S1、S2的横纵向抗张强度变异系数的平均值分别为0.1096、0.1366,样本S2的各测试点抗张强度对平均值相对变化较大,是由于S2的横纵向抗张强度平均值较小的原因。⑤在断裂延伸率平均值和变化方面,样本S1、S2的横纵向断裂延伸率的平均值分别为1.2975%、0.823%,S1的断裂延伸率较大;样本S1、S2的横纵向断裂延伸率标准差的平均值分别为0.2076%、0.1114%,变异系数的平均值分别为0.1599、0.1354,表明样本S1的断裂延伸率无论是绝对变化还是相对变化均较大。总之,考虑厚度后,S1的抗张强度仍大于S2的抗张强度,且S1的断裂延伸率较好。

测定》和GB/T12914—2008《纸和纸板抗张强度的测定》。以卷的缠绕方向为纵向;垂直方向为横向。表1中所有测试物理量均采用10个测试点,10个测试点即对每种样本芹菜纸取10个测试标件,测试标件的尺寸为80 mm × 15 mm(长 × 宽),拉伸试验机夹具夹持后夹具间距离为50 mm。

为了描述各物理量10个测试点变化程度,表1除了列出了10个测试点平均值 A 外,还列出了标准差和变异系数,标准差体现了围绕平均值变化情况,变异系数体现了相对变化情况且无量纲。设 S 为标准差, C 为变异系数,则

表1 去叶芹菜纸性能测试平均值、标准差及变异系数

Tab.1 Average, standard deviation and variation coefficient of leaf cut-off celery paper properties

参数	平均值 A		标准差 S		变异系数 C	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
厚度/mm	0.217	0.189	0.065 2	0.050 1	0.300 5	0.265 1
纵向抗张力/N	26.20	25.60	2.911 0	4.619 0	0.111 1	0.180 4
横向抗张力/N	39.00	23.70	4.215 0	2.198 0	0.108 1	0.092 7
纵向抗张强度/ $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	1.747	1.707	0.194 0	0.307 9	0.111 1	0.180 4
横向抗张强度/ $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	2.600	1.580	0.281 0	0.146 6	0.108 1	0.092 7
纵向断裂延伸率/%	1.323	0.825	0.220 1	0.092 0	0.166 4	0.111 5
横向断裂延伸率/%	1.272	0.821	0.195 1	0.130 8	0.153 4	0.159 3

3 去叶芹菜纸与带叶芹菜纸的机械性能比较

在文献[8]中,采用了4种组合方案制备了4种样本的带叶芹菜纸,并命名为S1、S2、S3、S4。为

了比较,将此4种样本带叶芹菜纸命名依次改为S3、S4、S5、S6,而本文中的样本仍为S1、S2。将6种芹菜纸的厚度、抗张强度、断裂延伸率的平均值列于表2。

表2 芹菜纸性能测试数据

Tab.2 Test data of celery paper properties

样本代号	厚度/mm	抗张力/N		抗张强度/ $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$		断裂延伸率/%	
		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
S1	0.217	26.20	39.00	1.747	2.600	1.323	1.272
S2	0.189	25.60	23.70	1.707	1.580	0.825	0.821
S3	0.241	10.40	12.10	0.693	0.807	1.400	0.700
S4	0.193	14.50	13.10	0.967	0.873	1.200	1.400
S5	0.218	10.10	7.40	0.673	0.493	0.600	0.700
S6	0.172	14.80	16.10	0.987	1.070	0.500	0.500

由表2可以得出,6个样本S1~S6的横纵向抗张强度的平均值分别为2.173 5、1.643 5、0.75、0.92、0.583、1.028 5 kN/m 。在带叶芹菜纸样本S3、S4、S5、S6中,抗张强度最好和最差的是S6、S5;S1的抗张强度是S6的2.113 3倍,是S5的3.728倍。若将S1、S2的抗张强度取平均值,即1.908 5 kN/m ;同理,再将S3、S4、S5、S6的抗张强度取平均值,即0.820 4,则去叶芹菜纸的抗张强度是带叶芹菜纸的2.326倍。去叶芹菜纸和带叶芹菜纸的断裂延伸率平均值分别为1.060 3%、0.875%,去叶芹菜纸在塑

性上也有较好表现。

4 结论

(1)采用整棵或分切后打浆并配合打浆的粗细程度,可使去叶芹菜纸获得较高的抗张强度和较好的延伸率。样本之间存在差别,S1的抗张强度是S2的1.323倍,且断裂延伸率较好。

(2)由于在结构上去叶芹菜纸无叶片薄弱环节,去叶芹菜纸的抗张强度平均值和延伸率平均值均高于带叶芹菜纸。

参 考 文 献

- 《科研与设计》编辑部. 日本研制出胡萝卜纸等蔬菜纸[J]. 科研与设计,1992(2):47.
- 徐凯,蔡召冲,张裕中. 蔬菜纸加工工艺与关键问题研究[J]. 包装与食品机械,2003,21(1):8~10.
Xu Kai, Cai Zhaochong, Zhang Yuzhong. The study on the processing method of vegetable paper and key factors [J]. Packaging and Food Machinery, 2003, 21(1): 8~10. (in Chinese)
- 陆宁,高恒景,段道富,等. 蔬菜纸加工技术参数的研究[J]. 食品研究与开发,2004,25(1):43~45.
Lu Ning, Gao Hengjing, Duan Daofu, et al. Research on processing parameters of vegetable papers [J]. Food Research and Development, 2004, 25(1): 43~45. (in Chinese)

- 3 吴松,杨春园,杨仁全,等. 智能施肥机系统的设计与实现[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2008,26(5):445~448.
Wu Song, Yang Chunyuan, Yang Renquan, et al. Design and realization of the intelligent fertilizing machine[J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University: Agricultural Science, 2008, 26(5): 445~448. (in Chinese)
 - 4 张书慧,马成林,杜巧玲,等. 精准农业自动变量施肥机控制系统设计与实现[J]. 农业工程学报,2004,20(1):113~116.
Zhang Shuhui, Ma Chenglin, Du Qiaoling, et al. Design of control system of variable rate fertilizer applicator in precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Engineering, 2004, 20(1): 113~116. (in Chinese)
 - 5 邵利敏,王秀,牛晓颖,等. 基于PLC的变量施肥控制系统设计与试验[J]. 农业机械学报,2007,38(11):84~87.
Shao Limin, Wang Xiu, Niu Xiaoying, et al. Design and experiment on PLC control system of variable rate fertilizer[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2007, 38(11): 84~87. (in Chinese)
 - 6 周国祥,苗玉彬,周俊,等. 基于现场总线技术的农业机械控制系统研究[J]. 农业机械学报,2005,36(8):93~97.
Zhou Guoxiang, Miao Yubin, Zhou Jun, et al. Study on control system of agricultural machinery based on field bus[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(8): 93~97. (in Chinese)
-

(上接第 219 页)

- 4 郑洁,欧仕益,李爱军,等. 蔬菜纸制备技术的研究[J]. 食品与机械,2006,22(2):44~46.
Zheng Jie, Ou Shiyi, Li Aijun, et al. Preparation of vegetable papers[J]. Food & Machinery, 2006, 22(2): 44~46. (in Chinese)
- 5 郑洁,欧仕益,李祖佑,等. 采用成膜技术制备蔬菜纸的研究[J]. 食品工业科技,2006,27(5):109~111.
Zheng Jie, Ou Shiyi, Li Zuyou, et al. Vegetable paper production by edible film formation technology [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(5): 109~111. (in Chinese)
- 6 王心宇,陈翠辉,杨传民. 干白菜蔬菜纸的制备及性能的研究[J]. 包装工程,2009,30(7):1~2.
Wang Xinyu, Chen Cuihui, Yang Chuanmin. Preparation and property analyses of vegetable paper from dry Chinese cabbage [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7): 1~2. (in Chinese)
- 7 郭玉花,李潇,赵忠琳,等. 韭菜包装纸的研究初探[J]. 食品科技,2008(8):58~60.
Guo Yuhua, Li Xiao, Zhao Zhonglin, et al. A primary exploration of leek packaging paper [J]. Food Science and Technology, 2008(8): 58~60. (in Chinese)
- 8 杨传民,王心宇,寇金宝. 制浆处理方法对芹菜纸机械性能的影响[J]. 农业机械学报,2010,41(6):160~164.
Yang Chuanmin, Wang Xinyu, Kou Jinbao. Effects of different pulping conducts on mechanical properties of celery paper [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6): 160~164. (in Chinese)