

# 柚皮多糖在不同烟叶载体上保润特性的变化

陶红<sup>1</sup>, 于立梅<sup>2</sup>, 郭文<sup>1</sup>, 冯卫华<sup>2</sup>

(1. 广东中烟工业有限公司技术中心, 广东广州 510225) (2. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东广州 510225)

**摘要:** 本文以柚子果皮为材料, 采用热水提取结合低温醇沉制备柚皮多糖。通过扫描电镜和化学方法分析研究六种烟叶载体物理结构和化学成分的差异, 并研究柚皮多糖在不同烟叶载体上保润动力学。扫描电镜表明不同载体表面光滑度不同, 表皮气孔数量也不相同, 上部叶 B<sub>3</sub>F 表皮气孔排布要比中部叶 C<sub>2</sub>F 致密一些, 中部叶 C<sub>2</sub>F 表皮气孔排布又比下部叶 B<sub>1</sub>F 要致密一些。化学成分有机酸含量 DY<sub>2</sub> 含量最高为 28.1%, DY<sub>3</sub> 最低为 16.2%。多酚含量由 2.2 mg/kg 增加至 5.58 mg/kg, 品种间有显著差异。总糖含量最高是 C<sub>2</sub>F 为 26.37%, 显著高于其它几种, 烟碱含量 DY<sub>1</sub> 最低为 2.82%, B<sub>3</sub>F 最高为 5.12%。保润特性表明: 自身保润特性呈现一定的差异, 柚皮多糖在六种烟叶载体上保润动力学呈现不同的变化趋势, 对 B<sub>3</sub>F 载体的保润效果最佳, 对 B<sub>1</sub>F 载体的保润效果相对较差。

**关键词:** 柚皮; 多糖; 烟叶载体; 保润特性

文章编号: 1673-9078(2014)2-84-88

## Moisturizing Change of Polysaccharide from Pomelo Peel on Different Tobacco Carriers

TAO Hong<sup>1</sup>, YU Li-mei<sup>2</sup>, GUO Wen<sup>1</sup>, FENG Wei-hua<sup>2</sup>

(1. Technology Center, China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd, Guangzhou 510145, China) (2. College of Light Industry and Food Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** Pomelo peel was used to prepare polysaccharide by hot water extraction and organic solvent precipitation combined with low temperature. Differences of the physical structure and chemical composition of six tobacco carriers were determined by scanning electron microscopy (SEM) and chemical analysis. The moisturizing dynamics of polysaccharides from pomelo peel on the carriers were also studied. The results showed that the different carriers had different smoothness and stomata. The distribution of stomata on upper leaves B<sub>3</sub>F was higher than that in the middle leaves C<sub>2</sub>F. The lowest distribution was found in leaves B<sub>1</sub>F. The chemical composition showed that organic acid content DY<sub>2</sub> was the highest of 28.1%, and DY<sub>3</sub> was the lowest of 16.2%. The polyphenol content increased from 2.2 mg/kg to 5.58 mg/kg, and there was significant difference among varieties. Total sugar content exhibited the highest in C<sub>2</sub>F of 26.37%, and was significantly higher than that of other parts. The nicotine content was the minimum in DY<sub>1</sub> for 2.82%, while the maximum value was found in B<sub>3</sub>F for 5.12%. The moisturizing properties showed the moisturizing dynamics of polysaccharides from pomelo peel on the six carriers had different trends. The moisturizing effect on B<sub>3</sub>F was the best, and relatively poor in B<sub>1</sub>F.

**Key words:** pomelo peel; polysaccharide; tobacco carrier; moisturizing properties

柚子 (*Citrus grandis*), 又称文旦, 是芸香科柑橘属水果, 有沙田柚、蜜柚、胡柚、葡萄柚、文旦柚、枰山柚等数种。它原产于中国、印度、马来西亚一带, 在我国沿海的浙江、福建、广东、广西都有种植。广东梅县柚子是广东省“三高”农业战略龙头产品, 目前梅州金柚的栽培已近百年历史, 全市总面积 40 万亩, 产量 30 万吨以上, 全省金柚产量高达 40 万 t, 是全国最大的金柚商品生产基地。1995 年被国家首批百家

收稿日期: 2013-08-24

基金项目: 广东中烟科技项目 (粤烟工 05XM-QK[2011]028)

作者简介: 陶红 (1971-), 女, 博士, 高工

通讯作者: 于立梅 (1973-), 女, 博士, 副教授

中国特产之乡组委会命名为“金柚之乡”。李时珍的《本草纲目》中指出:“柚, 功能消食, 解酒毒, 去肠胃中恶气, 长发滋燥, 疗妊妇不思食口淡”<sup>[1]</sup>。柚皮占整个柚子的 43~48%, 含有多种对人体健康有益的非营养性生理活性成分, 如黄酮类化合物、活性多糖、类柠檬苦素、香精油、天然色素、膳食纤维等, 这些成分高于柚果实<sup>[2-4]</sup>。柚皮具有抑菌、抗氧化且具有止咳、化痰、理气、抗炎、止痒等功效<sup>[5-6]</sup>。目前食品行业生产中使用的保润剂主要是多元醇类化合物, 如丙二醇、甘油、木糖醇和山梨醇等。这些保润剂均靠其吸湿性而对载体产生保润作用, 其保润效果并不理想。多糖分子中存在大量羟基和羧基等基团, 可与水分子形成

氢键, 并相互交联形成网状结构, 起到很好的保水作用。其次多糖具有良好的成膜性能, 可在食品表面形成一层均匀的薄膜, 减少食品表面的水分蒸发而完成保润作用。但多糖喷洒在食品表面, 吸湿和解湿平衡是否受到载体物理结构和食品化学成分的影响未见报道。本文利用岭南特色水果柚子皮低值资源制备柚子多糖, 研究不同食品载体对其保润特性影响, 开发实现水分控制并改善内在品质的天然柚皮多糖保润剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

柚子采自梅州柚子园, 选择同品种、大小、果色均匀、成熟度基本一致, 无机械损伤、无病虫害侵染等蜜柚作为试验材料。将果皮切成薄片后在恒温干燥箱进行烘干, 粉碎机将其磨成粉末备用。试剂为分析纯葡萄糖, 无水乙醇, 丙二醇, 5%苯酚, 浓硫酸, 去离子水等均购于广州一马生物科技有限公司。烟叶载体 DY<sub>1</sub>、DY<sub>2</sub>、DY<sub>3</sub> 采自北方, 载体 B<sub>1</sub>F、C<sub>2</sub>F、B<sub>3</sub>F 采自南方。

### 1.2 仪器

DU-730 型紫外可见分光光度计, 日本岛津分析仪器厂; 恒温水浴锅, 广东环凯微生物科技有限公司; 电热恒温培养箱, 上海索谱仪器有限公司; 旋转蒸发器 RE-52AA, 上海亚荣生化仪器厂; 离心机, 江苏金城国盛实验仪器厂; 日立 S-570 扫描电镜, 荷兰飞利浦公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 柚皮粗多糖的制备<sup>[7-8]</sup>

称取 200 g (以干基计) 柚子粉, 加入 5000 mL 蒸馏水, 50 °C 浸提 2.5 h, 抽滤, 滤渣重复上述步骤两次, 合并滤液, 在 40 °C 真空浓缩至 500 mL, 加入 500 mL 无水乙醇, 再加入 1000 mL 50% 乙醇, 4 °C 静置 12 h, 4800 r/min 离心 20 min, 收集沉淀, 冷冻干燥得柚皮粗多糖。

#### 1.3.2 总糖的测定

采用苯酚-硫酸法<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.3 不同分级柚皮多糖对载体的保润性能测试<sup>[10-11]</sup>

(1) 平衡载体样品含水率: 称取载体样品 2g, 将其置于表面皿中, 置于环境湿度为 (50±5)%、温度为 (25±2) °C 的恒温恒湿箱中平衡含水率 24 h, 平衡后的载体样品含水率为 12.5%;

(2) 喷加料液。取 2 g 平衡含水率后的载体样品放置于表面皿中, 分别喷入浓度为 2% 柚皮多糖样液, 0.2% 丙二醇各 1 g, 并用玻璃棒混合均匀。将样品分别放入恒温干燥箱内, 分别控制温度为 28 °C, 每隔 1 h 测量 1 次重量, 记录其含水率变化情况;

#### 1.3.4 物理结构测定-采用扫描电镜

取试验材料 (需修剪为小于 1 cm 宽, 2 cm 长的片状利于固定在模块上), 样品经 60 °C 烘箱鼓风干燥 20 min, 日立 HUS-SGB 型高真空镀膜仪喷金 2 min, 日立 S-570 型扫描电镜观察, 加速电压 15 kV, 使用 500 倍放大倍数观察摄像。拍照时间控制在 10 min 内, 时间过长, 材料因失水容易形成塌陷、空洞或变形。

#### 1.3.5 化学成分测定

载体中有机酸的测定-采用酸碱滴定法<sup>[12]</sup>; 载体中总酚量的测定-采用福林-肖卡法<sup>[13]</sup>; 载体中烟碱的测定-采用分光光度计法; 载体中总氮的测定-采用凯氏定氮法; 载体中总氯测定-采用电位滴定法。

## 1.4 数据分析

每个试验均重复三次。结果表示为平均值±标准偏差, 应用 SPSS 11.5 软件 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 进行方差和差异显著性分析, p<0.05 表示显著, p<0.01 表示极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 六种载体自身正反两面的物理结构电镜

#### 扫描图

六种烟叶自身正反两面的物理结构电镜扫描图如图 1、2 所示, 由图 1、2 可以看出, 这六种烟叶组织细胞表面存在差异, 有环形皱褶, 还有不规则突起, 有的表面比较光滑, 由于地域不同、部位不同、等级不同呈现不同的物理结构。六种载体表皮气孔数量不相同, 东北 1 号, 2 号和上部叶 B<sub>3</sub>F 表面比较光滑, 气孔数量显著少于其他几种, 反映出六种载体表皮蒸腾作用和光合作用的差异。上部叶 B<sub>3</sub>F 表皮气孔排布要比中部叶 C<sub>2</sub>F 致密一些, 中部叶 C<sub>2</sub>F 表皮气孔排布又比下部叶 B<sub>1</sub>F 要致密一些。不同的载体组织疏密状况不同, 细胞密度和胞间隙是反映叶肉组织结构疏密状况的两个指标, 直接决定着烟叶组织的疏密程度, 是衡量烟叶物理特性的重要指标。结合图 3-6 烟叶自身保润和多糖保润特性的不同, 也说明了烟叶不同的物理结构可能影响保润特性。据报道烟叶通过三种方式吸收水分: 烟叶上表面, 下表面和切面。当烟丝宽

度大于 5.0 mm 时, 主要靠上下表皮吸收水分。当烟丝宽度小于 1.0 mm 时, 吸收水分主要通过烟丝的切面。本文通过多糖对不同载体的保润特性分析, 也证明了不同的载体的物理结果可能影响它的吸湿性。

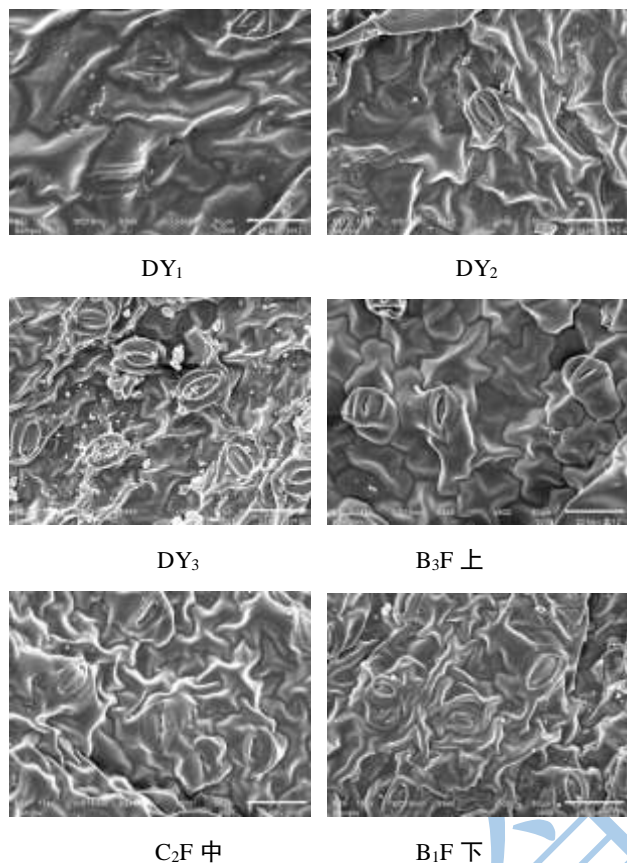


图 1 载体自身正面的物理结构电镜扫描图 (500 倍)

Fig.1 The SEM face image of physical structure of carrier (500 times)

### 2.2 六种载体的化学成分变化

载体中含有大量的活性官能团。吸湿性是载体的一项重要物理特性, 载体的吸湿性由其组织结构和化学成分共同决定, 载体中许多化学成分都会不同程度地影响其吸湿性。不同载体烟叶的化学成分如表 1 所示, 由表 1 可以看出, 不同的载体化学成分有一定的差异, 对于有机酸来说,  $DY_2$  含量最高为 28.1%, 显著高于其它 5 种,  $DY_3$  最低为 16.2%。 $DY_1$ 、 $DY_2$ 、 $DY_3$  品种与  $B_1F$ 、 $C_2F$ 、 $B_3F$  的多酚含量有明显差异, 含量由 2.2 mg/kg 增加至 mg/kg, 可能是地域、级别和部位引起含量差异。六种载体水溶性总糖和还原糖差异较大, 总糖最高是  $C_2F$ , 为 26.37%, 显著高于其它几种, 这主要是载体品种、产地的气候土壤条件以及栽培方法的差异造成的, 从三种糖的数据对比分析, 还原糖一般占水溶性总糖的 90% 左右, 多糖一般占水溶性总糖的 10%。总氮含量差异较大, 其中  $DY_1$  含量

最高, 为 0.7%。蛋白质是载体植物体的主要营养物质之一, 是载体生长过程中维持机体生命活力的主要物质基础。新鲜干烟叶中的蛋白质含量和质量很高, 而且等级越低的烟叶其蛋白质越高。总氮含量各品种总体差异不大,  $C_2F$  总氮含量偏低。烟碱含量最低为 2.82%, 最高为 5.12%。

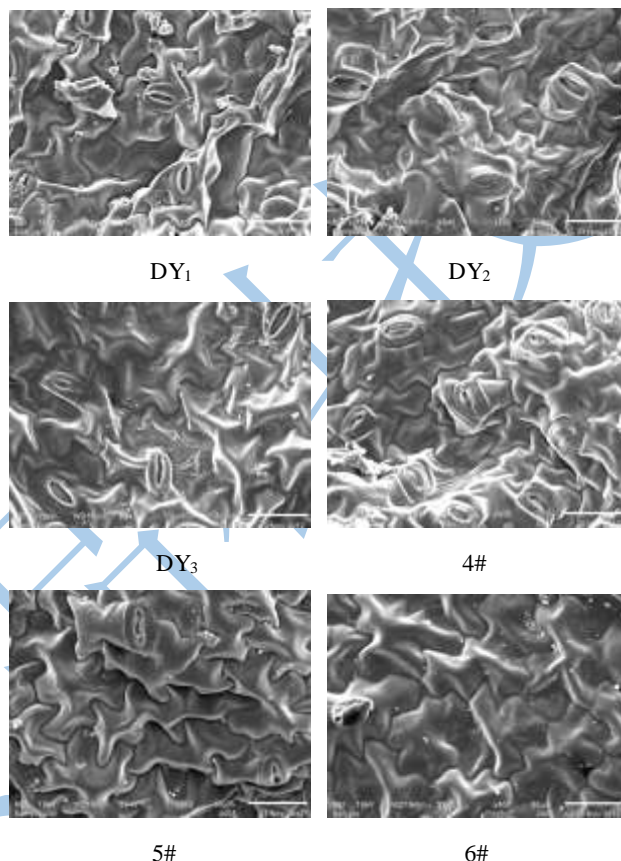


图 2 烟叶自身反面的物理结构电镜扫描图 (500 倍)

Fig.2 The SEM back image of physical structure of carrier (500 times)

### 2.3 六种不同载体自身保润特性动力学

载体是具有大量毛细管的多孔体, 孔多则表面积大, 表面能高, 为了降低其表面能, 就必然会发生自发产生吸附现象。不同的载体由于物理结构不同, 保润特性也有一定的差异。六种不同载体自身保润特性动力学如图 3、4 所示, 从图 3、4 可知, 不同的载体自身保润效果有一定的差异, 同一个地区的不同等级  $DY_1$ 、 $DY_2$  和  $DY_3$  整个过程平均失水率为 64%、59.57%、61.57%, 而载体  $B_1F$ 、 $C_2F$ 、 $B_3F$  整个过程平均失水率为 65.5%、57.78%、66.57%, 到达平衡时失水率分别为 76.6%、75.12%、75.65%, 从中可以看出,  $B_1F$  在到达失水平衡时保润性比  $B_3F$ 、 $C_2F$  的差, 则从整个过程平均保润性来看  $C_2F > B_1F > B_3F$ 。可能是因为这三种载体属于载体的不同部位, 烟叶的物理性能和表现



密度和真实度不同,烟叶多孔,每种载体的孔隙率不同的方式不同所致。同、并且上下表面和切面吸水水分的速度不同、吸水

表 1 烟叶载体的化学成分分析表

Table 1 The analysis of chemical components of tobacco carrier

	有机酸/%	多酚/%	总糖/%	还原糖/%	多糖/%	总氮/%	总氯/%	烟碱/%
DY <sub>1</sub>	20.53±2.11	2.34±0.11	13.23±2.06	11.60±1.18	1.53±0.10	2.57±0.11	0.74±0.02	2.82±0.05
DY <sub>2</sub>	28.11±2.23	2.20±0.18	9.41±1.17	8.33±1.42	1.09±0.09	2.74±0.14	0.16±0.05	4.77±0.02
DY <sub>3</sub>	16.24±1.85	2.93±0.13	11.09±1.34	9.84±1.34	1.16±0.05	2.35±0.11	0.28±0.03	2.31±0.05
B <sub>1</sub> F	22.30±1.89	4.28±0.11	12.24±1.87	11.17±1.27	1.12±0.05	2.26±0.01	0.27±0.05	4.23±0.09
C <sub>2</sub> F	18.31±2.06	4.73±0.15	26.37±2.48	23.86±1.28	2.51±0.09	1.63±0.13	0.14±0.01	3.81±0.05
B <sub>3</sub> F	27.18±1.99	5.58±0.12	15.26±1.93	13.61±1.27	1.65±0.13	2.33±0.11	0.39±0.01	5.12±0.04

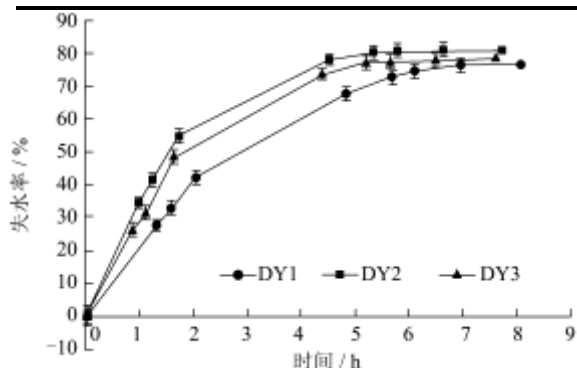


图 3 东北三种烟叶载体自身保润特性变化

Fig.3 The change of moisturizing properties of three tobacco carriers from Northeast

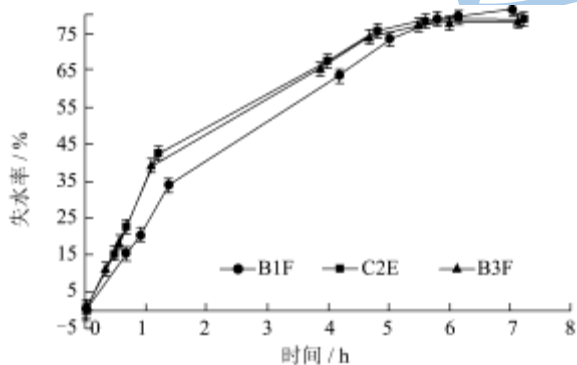


图 4 广东三种烟叶载体自身保润特性变化

Fig.4 The change of moisturizing properties of three tobacco carriers from Guangdong

#### 2.4 柚皮多糖在不同载体上保润特性动力学

柚皮多糖在不同载体上保润动力学变化如图 5、6,由图 5、6 可知,多糖保润剂喷洒载体后,改变了原有的载体自身吸附特性,这种特性根据不同的载体效果不同,对于 DY<sub>1</sub>、B<sub>1</sub>F、C<sub>2</sub>F 来说,喷洒多糖后的平均保润性比载体自身的差,而对 DY<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>F、DY<sub>3</sub> 来说,喷洒多糖后的平均保润性比载体自身的好,这说明不同的载体对多糖的适用性不同,不同的载体喷洒多糖的会起到相应的正向或反向效果,主要由载体

的物理结构和化学成分决定的。

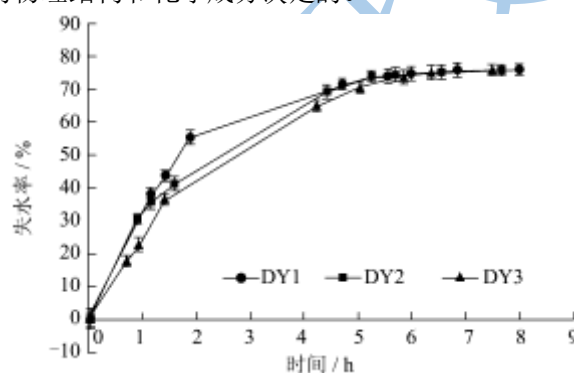


图 5 多糖对东北三种烟叶载体保润特性的影响

Fig.5 The effect of the moisturizing of polysaccharide on three tobacco carriers from Northeast

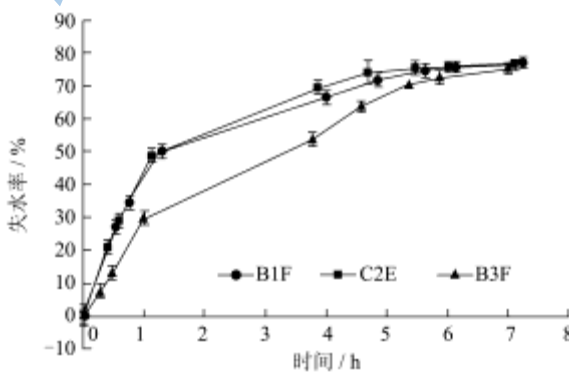


图 6 多糖对广东三种烟叶载体保润特性的影响

Fig.6 The effect of the moisturizing of polysaccharide on three tobacco carriers from Guangdong

喷洒多糖的不同载体的最终平衡失水率如图 7 所示,由图 7 可以看出柚皮多糖保润剂对 B<sub>3</sub>F 的保润效果最佳,失水率为 75.12%,对 B<sub>1</sub>F 的保润效果相对较差,失水率为 76.6%。多糖因其具有大量的亲水性基团和三维空间网络结构,当与水接触时,样品分子中的亲水基团发生电离,这就形成大分子网络内外的渗透压,渗透压使水分子进一步渗入,达到吸水平衡。但多糖保润性不仅与多糖的性质有关,还受到载体物理结构的影响,比如弹性、填充度、表面积和组织结

构等。

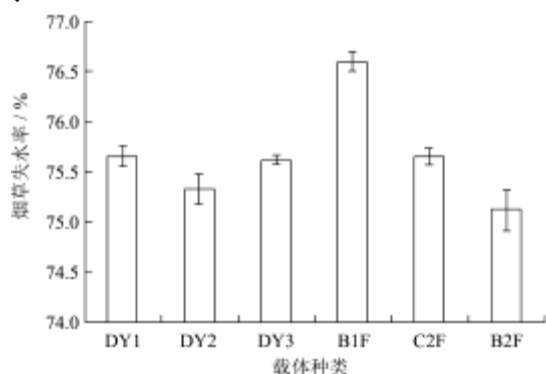


图7 喷洒多糖的不同烟叶载体的最终平衡失水率

Fig.7 The final balanced water loss rate of different tobacco carrier sprayed polysaccharide

### 3 结论

从物理组织结构上看,载体是具有大量毛细管的多孔体。孔多则表面积大,表面能高,为了降低其表面能,就必然会自发产生吸附现象。从化学组成中看,由于载体内部含有亲水性胶体和水溶性晶体物质,决定了载体的吸湿作用是由表面吸附、毛细管凝结、胶体物质的渗透和晶体物质的潮解等共同发生作用的结果。扫描电镜表明六种载体表皮气孔数量不相同,上部叶 B<sub>3</sub>F 表皮气孔排布要比中部叶 C<sub>2</sub>F 致密一些,中部叶 C<sub>2</sub>F 表皮气孔排布又比下部叶 B<sub>1</sub>F 要致密一些。自身保润特性有一定的差异,同一地区的烟叶,品级越高,吸湿性越强,东北 1 号等级高,吸湿性显著高于其他两种。柚皮多糖在六种载体上保润动力学也呈现不同的变化趋势,对 B<sub>3</sub>F 载体的保润效果最佳,对 B<sub>1</sub>F 载体的保润效果相对较差。多糖因其具有大量的亲水性基团和三维空间网络结构,当与水接触时,样品分子中的亲水基团发生电离,这就形成大分子网络内外的渗透压,渗透压使水分子进一步渗入,达到吸水平衡。但多糖保润性不仅与多糖的性质有关,还受到载体物理结构的影响,比如弹性、填充度、表面积和组织结构等。

### 参考文献

- [1] 任贻军,张宏琳,李建英.胡柚的化学成分及药理作用研究[J].中草药,2009,37(21):18-19  
Ren Yijun, Zhang Honglin, Li Jianying. Chemical composition and pharmacological action of Citrus [J]. Chinese herbal medicine research, 2009, 37(21): 18-19
- [2] Wu ting, Guan yue qing, Ye jiannong, et al. Determination of flavonoids and ascorbic acid in grapefruit peel and juice by capillary electrophoresis with electrochemical detection [J].

Food chem., 2007, 100(4): 1573-1579

- [3] 贾冬英,姚开,谭敏,等.柚果皮中生理活性成分的研究进展.食品与发酵工业,2001,27:77-78  
Jia Dong ying, Yao, Tan Min, et al. Research progress in physiological active components in pummelo peel [J]. Food and fermentation industry, 2001, 27: 77-78
- [4] Builarelli F, Cartoni G P, Coccioli F, et al. Analysis of bitter essential oils from orange and grapefruit by high performance liquid chromatography with microbore columns [J]. Journal of Chromatography A, 1999, 730: 9-16
- [5] Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, et al. Antifungal activity of lemon(Citrus lemon L.), mandarin(Citrus reticulata L.), grape fruit (Citrus paradise L.) and orange (Citrus sinensis L.) essential oils [J]. Food control, 2008, 19: 1130-1138
- [6] Alessandra Bocco, Marie-Elisabeth Cuvelier, et al. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extract [J]. Journal of Agriculture Food Chemistry, 1998, 46: 2123-2129
- [7] Osterveld A, Harmsen J S, Voragen A G J, et al. Extraction and characterization polysaccharides from green and roasted Coffea ar-abica beans [J]. Carbohydr Polym. 2003, 52: 285-296
- [8] 杨宝,赵谋明,李宝珍,等.荔枝壳活性成分提取工艺条件研究[J].食品与机械,2004,20:28-30  
Yang Bao, Zhao Mouming, Li Baozhen, et al. Study on extraction conditions of litchi shell activated ingredients [J]. food and machinery, 2004, 20:28-30
- [9] 王忠民,王跃进,周鹏.苯酚-硫酸法测定葡萄糖含量[A].陕西:新疆农业大学学报,2004,27(2):87-90  
Wang Zhongmin, Wang Yuejin, Zhou Peng. Determination of grape polysaccharide content by phenol - sulfuric acid method [A]. Shaanxi: Journal of Xinjiang Agricultural University,2004, 27(2): 87-90
- [10] 张效康.保润剂保润性能及过程的实验[J].烟草科技,1994,3: 11-12  
Zhang Xiaokang. The humectant properties and process experiment of moisturizing [J]. Tobacco science and technology, 1994, 3: 11-12
- [11] 易锦满.几种保润剂的性能比较[J].烟草科技,2006,4:28-29  
Yi Jinman. The performance comparison of several humectant [J]. tobacco science and technology, 2006, 4: 28-29
- [12] 陈悦娇,马应丹.食品分析与检验实验[M].广州:仲恺农业技术学院轻工食品学院,2007  
Chen Yuejiao, Ma Yingdan. Food analysis and inspection [M].

Guangzhou: Zhongkai University of Agriculture and Engineering, College of light industry and food, 2007

phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents [J]. Am. J. Enol. Vitic., 1965, 16(3): 144-158

[13] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with

