

近红外法测定棉纤维还原糖的探讨

杨建忠 姚 穆 蒋素婵 齐建文

(西北纺织学院)

(陕西纺织设计院)

【摘要】 本文探讨了近红外法测定棉纤维还原糖的可行性,测得原棉中含葡萄糖、果糖、蔗糖量分别与 $\lambda_1=1.64\mu\text{m}$ 和 $\lambda_2=2.10\mu\text{m}$ 下的吸光度值有较高的线性相关。分析了在一定波段下棉纤维素、葡萄糖、果糖的吸光度不同的原因。

长久以来易产生粘性的高含糖棉一直困扰着纺织工业的生产。从前全世界仅少数国家和地区的原棉含糖量较高,但近半个世纪以来,世界各主要产棉国的原棉含糖量普遍上升,如美国有1/4的原棉含糖过高,中国除新疆棉高含糖外,近年大批原棉含糖量上升。

高含糖原棉产生的原因主要有两方面:

1. 外源糖:昆虫侵蚀棉植物后,遗留下分泌物,其主要成分为果糖、葡萄糖和部分蔗糖⁽¹⁾等含糖物质(通称密露),是造成棉纤维粘着的主要因素。干旱气候会影响昆虫对棉植物的污染而造成季节性的粘棉变化。另外,化学药剂、肥料及土地的肥沃程度也能影响昆虫所致粘棉的严重程度。

2. 内源糖:植物本身的因素,如它的营养液的生理性糖分。在棉纤维内除纤维素外,各种单糖和低聚糖都有一定含量,但它们存在于纤维壁中和中腔内,不会影响棉纤维间及棉纤维与机件的粘附。

因此,棉纤维在生产过程中发生粘着的糖主要来自外源糖,分布在棉纤维表面。目前常规测定棉纤维含糖量的主要方法是比色法、可见光光度法和紫外光光度法^[2~4]等。这些都利用化学方法,将约1克重的棉纤维置于水中煮沸或浸泡萃取其中糖分后,再加入化学药剂进行比色分析。这种方法只能测出棉纤维的总含糖量而不能正确判定棉纤维的粘性。美国MCI(Motion Control Instrument)公司和台湾纺织工业研究中心^[5]等用棉花粘性测试仪用热压

法将外源糖粘着于金属箔上,点数糖点个数,它与纺纱粘性影响关系密切,比较实用,但测试过程复杂,细致,费时。近红外法^[6,7]是用物理方法,检测原理建立在试验时从试样上所反射的近红外线数量的减少程度,几种一定波长的近红外光的吸收率能反映原棉的含糖量。本文将棉纤维中的葡萄糖、果糖及蔗糖与给定波长下的近红外吸光度在自制仪器上进行测定,分析它们的相关情况。

一、实 验

1. 自制仪器的结构

见图1,由钨丝灯泡降压使用,提供近红外光源照射样品,样品所反射的漫反射光由透镜收集,通过干涉滤光片聚焦到硫化铅探测器上。信号处理方框图见图2,每个滤光片上的相对反射率 R 被测量到,再算出吸光度值 A 。

2. 实验方法

近红外区的电磁波波长包括 $0.8\sim 2.5\mu\text{m}$,这个区段主要为X-H伸缩振动的“泛频区”

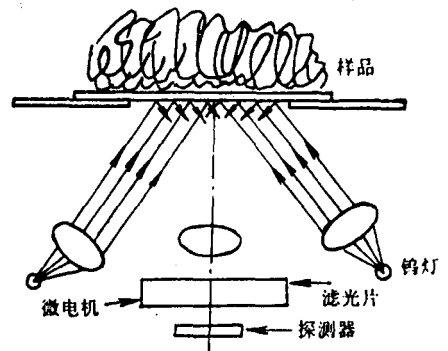


图1 光学系统示意图

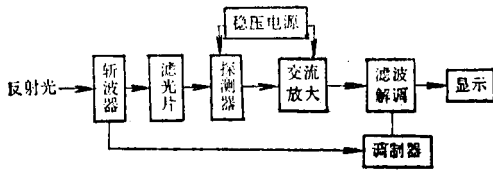


图2 信号处理方框图

和“和频区”。从1.5~1.9 μm 主要为X-H键的泛频伸缩振动区；1.9~2.5 μm 为X-H键和频和其他价键的振动区。本文在C-H键的“泛频区”和“和频区”各选择一个波段进行实验， $\lambda_1 = 1.64\mu\text{m}$ ， $\lambda_2 = 2.10\mu\text{m}$ 。

二、结果与讨论

将原棉与一定量的葡萄糖、果糖和蔗糖进行分别混合，测定两个波段下的吸光度值 A ，并进行统计分析如下：

1. 单波段的吸光值与原棉含糖量的关系

(1) 在 $\lambda_1 = 1.64\mu\text{m}$ 下原棉吸光度 A_1 与其含糖量 $C(\%)$ 的关系

回归方程、相关系数及相关图如下：

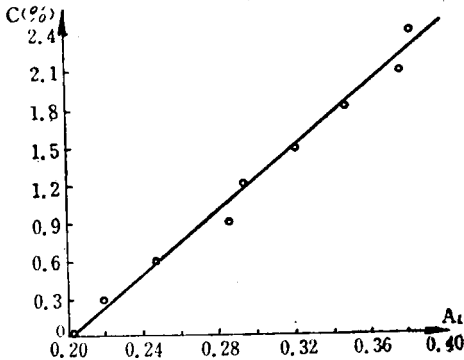


图3 葡萄糖含量与吸光度值 A_1 的相关图

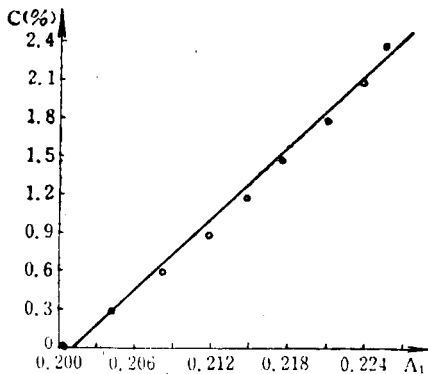


图4 果糖含量与吸光度值 A_2 的相关图

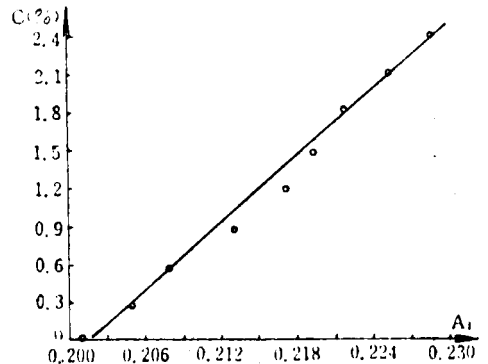


图5 蔗糖含量与吸光度值 A_1 的相关图

$$\text{葡萄糖含量}(\%) \quad C = -2.2039 + 11.2952 A_1 \quad (1)$$

$$r = 0.9985 \text{ (图3)}$$

$$\text{果糖含量}(\%) \quad C = -18.5393 + 92.1968 A_2 \quad (2)$$

$$r = 0.9958 \text{ (图4)}$$

$$\text{蔗糖含量}(\%) \quad C = -17.2148 + 85.7345 A_1 \quad (3)$$

$$r = 0.9953 \text{ (图5)}$$

(2) 在 $\lambda_2 = 2.10$ 下原棉的吸光度值 A_2 与其含糖量之间的关系

回归方程、相关系数及相关图(6~8)：

$$\text{葡萄糖含量}(\%) \quad C = -4.2131 + 10.4969 A_2 \quad (4)$$

$$r = 0.9996 \text{ (图6)}$$

$$\text{果糖含量}(\%) \quad C = -4.6229 + 11.2284 A_2 \quad (5)$$

$$r = 0.9934 \text{ (图7)}$$

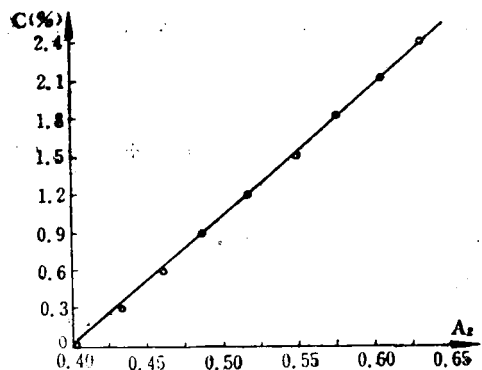


图6 葡萄糖含量与吸光度值 A_2 的相关图

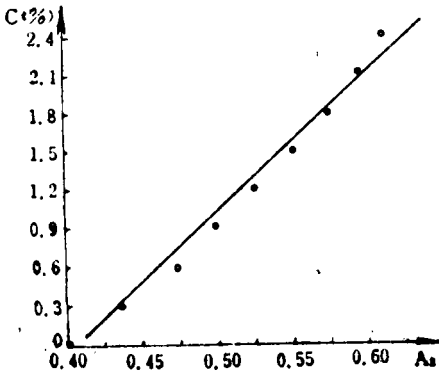


图7 果糖含量与吸光度值 A_2 的相关图

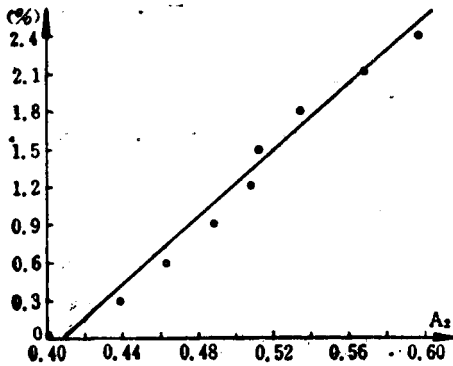


图8 蔗糖含量与吸光度值 A_2 的相关图

蔗糖含量(%) $C = -5.4307 + 13.2737$

A_2 (6)

$r = 0.9895$ (图8)

2. 两个波段下的吸光度值 A_1 及 A_2 与原

棉中含糖量 C (%) 的关系

回归方程, 决定系数(复相关系数的平方)

r^2 及 F 检验值如下:

葡萄糖含量(%)

$C = -3.9849 + 1.3336A_1 + 9.2751A_2$ (7)

$r^2 = 0.9995$ $F = 6357.9$

果糖含量(%)

$C = -13.6164 + 61.1604A_1 + 3.2392A_2$

(8)

$r^2 = 0.9915$ $F = 348.1$

蔗糖含量(%)

$C = -15.0716 + 70.0056A_1 + 2.4727A_2$

(9)

$r^2 = 0.9914$ $F = 343.8$

从上面回归结果可看出:

(1) 各类糖(如单糖、低聚糖、多糖)在这两个波段处吸光度值有较大差异, 含糖量值与其吸光度值有很好的线性相关。由于原棉中的还原糖如葡萄糖、果糖为单糖, 而蔗糖可水解成为一分子葡萄糖和一分子果糖, 在中红外区 $3200 \sim 2600\text{nm}$ 都表现为肩形状指纹特征, 因此所有还原糖都有相似的结构。但也存在着一些差异, 见下表, 棉纤维素、葡萄糖、果糖的 C-H 键的泛频区和含频区有着不同的吸收带及吸收率。在 1640nm 的吸收区段上主要是 CH 键的泛频所致, 因此葡萄糖的吸光度值要比果糖和蔗糖高。在 2100nm 的和频区段上可能是由于 CH_2 伸缩振动的结果, 这个谱带位置也是 CO-和-OH 键伸缩振动的和频, 因此葡萄糖的吸光度值与果糖的吸光度接近。

棉纤维素葡萄糖和果糖的近红外区吸收带(mm)

棉纤维素	葡萄糖	果糖
2340	2340	2370
2270	2255	2250
2100	2155	2080
1920	2085	1945
1820	1950	
1585	1902	1740
1550	1730	1590
1490	1590, 1520	1450
1375	1385	1380
1220	1195	

(2) 由于棉纤维素的还原糖主要有果糖、葡萄糖以及部分蔗糖等含糖物质组成, 不同品种的棉纤维其还原糖各成分含量不尽相同, 所以用两波段回归要比单波段回归测定要稳定可靠。

三、结 论

用近红外方法测量原棉中还原糖是可行的。在 1640nm 和 2100nm 处的吸光度值与原

致谢: 本文在实验过程中得到施楣梧副教授的帮助, 在此表示感谢。

棉中的葡萄糖、果糖和蔗糖有很好的线性相关性。这种方法是原棉还原糖含量测试的快速方法，可帮助纺纱厂实行棉包管理，减少织物质上的缺陷和纺纱工艺中的问题，并可指导配棉和预控成纱品质。

参 考 资 料

[1] 《纤维标准与检验》，1991, No 7, p. 16~17。

[2] 《棉纺织技术》，1992, No.2, p. 22~25。

[3] 《纺织学报》，1992, No.6, p.22~24。

[4] 《纤维标准与检验》，1991, No.4, p. 7~8。

[5] 《纺织中心期刊》，1993, No.1, p. 12~15
(台北)。

[6] 《纤维标准与检验》，1992, No.4, p. 35~36。

[7] C. A. Watson, «Near Infrared Reflectance Spectrophotometric Analysis of Agricultural Products», Anal Chem 1977, 49(9), 835A~840A.