

细支醋酸纤维滤棒硬度影响因素研究

Study on the influencing factors of hardness of slim acetate fiber filter rod

徐 晔 盛培秀 宗东岳

XU Ye SHENG Pei-xiu ZONG Dong-yue

(南通烟滤嘴有限责任公司, 江苏 南通 226014)

(Nantong Cigarette Filter Rod Co., Ltd., Nantong, Jiangsu 226014, China)

摘要:为探讨细支醋酸纤维滤棒(简称:细支滤棒)硬度变化规律,提高细支滤棒产品质量,分别对三乙酸甘油酯施加量、三乙酸甘油酯温度、滤棒自然固化时间、丝束填充量、成型纸透气度、滤棒圆周和压降等因素对细支滤棒硬度的影响进行研究。结果表明:自然固化1 d时,三乙酸甘油酯含量对细支与粗支滤棒硬度的影响规律一致。自然固化2~5 d时,在三乙酸甘油酯含量5%~23%范围内,随三乙酸甘油酯含量的增加,细支滤棒的硬度不断提升。自然固化前5 d,细支滤棒硬度快速上升,5~30 d时硬度上升放缓。三乙酸甘油酯温度和细支滤棒硬度均值及稳定性无相关性。随着丝束填充量增加,细支滤棒硬度上升。细支滤棒硬度随成型纸透气度的加大而上升。细支滤棒圆周与硬度呈负相关,细支滤棒压降与硬度呈正相关。

关键词:细支醋酸纤维滤棒;硬度;影响因素;变化规律

Abstract: In order to investigate the hardness variation of slim acetate fiber filter rod (hereinafter referred to as slim filter rod) and improve the quality of slim filter rod, the influencing factors of the dosage of glycerol triacetate, the temperature of glycerol triacetate, the natural curing time of slim filter rod, the filling amount of acetate tow, the permeability of plug wrap paper, the circumference of slim filter rod and the pressure drop on the hardness of slim filter rod were studied. The results showed that the effect of the dosage of glycerol triacetate on the hardness of the slim filter rod and the filter rod was the same under the condition of natural curing for 1 day. The hardness of the slim filter rod increased with the increase of the dosage of glycerol triacetate in the range of 5%~23% under the control of the conditions of natural curing for 2~5 days. Within 5 days of natural curing, the

hardness of the slim filter rod increased rapidly, and slowed down within 5~30 days. There was no correlation between the temperature of glycerol triacetate and the mean hardness and the stability of the slim filter rod. The hardness of the slim filter rod increased with the filling amount of acetate tow. The hardness of the slim filter rod increased with the increase of the permeability of plug wrap paper. The circumference of the slim filter rod was negatively correlated with the hardness. The pressure drop of the slim filter rod was correlated with the hardness.

Keywords: slim acetate fiber filter rod; hardness; influencing factors; variation

近年来,细支卷烟逐渐成为中式卷烟的重要组成部分,越来越受到消费者青睐和市场认可^[1]。伴随着细支卷烟的快速发展,细支滤棒的需求迅速增加。滤棒设计的关键在于选择适当规格的丝束来满足卷烟对滤嘴压降、过滤效率、硬度、圆周等基本要求^[2],硬度是综合评价滤棒加工性能和质量的一个重要技术指标,它不仅与滤棒的重量、压降密切相关,还会影响滤棒外观质量,继而影响卷烟与滤棒的接装质量及效率^[3-4],影响消费者的感官体验。因此,各生产企业都将硬度与吸阻、圆周一并列为卷烟与滤棒重要的质量指标严格控制^[5]。

滤棒硬度受丝束填充量、三乙酸甘油酯施加量及滤棒固化时间、生产贮存环境等诸多因素影响。汪波^[6]研究表明,随着丝束填充量的增加,滤棒的硬度随之增大。常纪恒等^[7]研究表明,在滤棒重量一定时,卷曲度越高,滤棒硬度越高。李来东等^[8]研究表明,滤棒成型过程中,三乙酸甘油酯温度变化对硬度有一定的影响,温度变化范围越小越好。朱翠萍^[9]研究表明,随着三乙酸甘油酯温度的升高,固化1 d后的滤棒硬度有显著提高。李莉等^[10]研究表明,固化时间为1~29 min时,滤棒硬度与固化时间呈正相关关系,29 min后滤棒硬度与固化时间无相关关系。黄幼斌^[11]研究表明,三乙酸甘油酯含量为6%~10%时,滤棒硬度随甘油酯含量的增加而加大,超

基金项目:江苏中烟工业有限责任公司科技项目(编号:201731)

作者简介:徐晔,女,南通烟滤嘴有限责任公司工程师,学士。

通信作者:盛培秀(1965—),女,南通烟滤嘴有限责任公司高级工程师,硕士。E-mail:speixiu@163.com

收稿日期:2019-04-03

过 10%后,三乙酸甘油酯含量对滤棒硬度的提升已基本无影响;固化时间为 2~16 h 时,滤棒硬度随固化时间的增加而加大,超过 16 h 后,随着固化时间增加,滤棒硬度不再上升。常纪恒等^[3]研究表明,滤棒圆周、压降与硬度均呈现相关性,其中,滤棒圆周与硬度呈负相关,滤棒压降与硬度呈正相关。

以上研究的对象均是圆周在 23.0 mm 以上的粗支滤棒,目前针对细支滤棒硬度影响因素及细支滤棒与粗支滤棒的硬度差异规律的相关研究鲜有报道。由于细支滤棒丝束线密度的巨大变化,以往认知的上述影响因素对粗支滤棒硬度的影响规律是否适用于细支滤棒有待重新考证。另外,现行 GB/T 5605—2011《醋酸纤维滤棒》硬度指标设计的对象是粗支滤棒,按照该标准的测试原理及测试方法,细支滤棒硬度将明显低于粗支滤棒。滤棒生产企业为了满足硬度指标要求,普遍采取粗支滤棒硬度的提升方法,而粗支滤棒硬度的提升方法是否适用于细支滤棒,成为了当前烟草行业需要深入研究的课题。因此,有必要专门针对细支滤棒硬度影响因素开展相关研究,从生产实际出发,探索影响规律,厘清其与粗支滤棒的硬度影响规律差异,以期进一步完善细支滤棒相关标准,更好地指导细支滤棒的研究开发与生产。

1 材料与方法

1.1 材料、设备与仪器

1.1.1 材料

二醋酸纤维素丝束 1#、3#、4# :规格 6.0Y/17000、2.4Y/32000、3.0Y/35000,南通醋酸纤维有限公司;

二醋酸纤维素丝束 2# :规格 8.0Y/15000,罗地亚醋酸纤维有限公司;

成型纸 1#~3# :透气度 19 mm×25 g/m²×6 000 CU、19 mm×25 g/m²×10 000 CU、19 mm×25 g/m²×24 000 CU,中烟摩迪(江门)纸业有限公司;

成型纸 4# :透气度 19 mm×28 g/m²×0 CU,牡丹江恒丰纸业股份有限公司;

三乙酸甘油酯:日本大赛璐化学工业株式会社。

1.1.2 仪器与设备

细支滤棒成型机(见图 1):KDF2 型,南通烟滤嘴有限责任公司自主改造;

滤棒综合测试台:SODIM,德国虹霓机器制造股份公司;

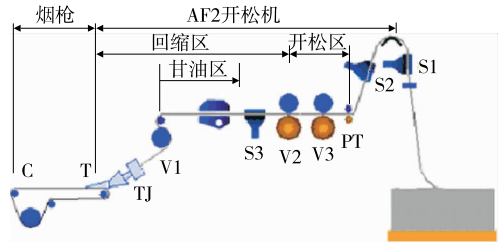
电子天平:ML204 型,瑞士 Mettler 公司;

电子显微镜:S-3400 型,日本 Hitachi 公司;

恒温恒湿箱:KBF 型,德国 Binder 公司;

气相色谱仪:6890A 型,美国 Agilent 公司;

厚度测试仪:Progage 40 型,美国 Thwing-Albert 公司。



S1. 第一道气开松 S2. 第二道气开松 S3. 第三道气开松
PT. 预拉辊 V1. 输出辊 TJ. 高压道丝装置 V3. 输入辊
T. 烟舌 V2. 开松辊 C. 烟枪

图 1 KDF2 细支滤棒成型机结构示意图

Figure 1 The structure schematic of KDF2 slim filter rod forming machine

1.2 方法

1.2.1 不同三乙酸甘油酯含量条件下细支滤棒的制备与检测 在丝束规格(丝束 2#)、丝束填充量(265 mg/支)、成型纸(成型纸 2#)、成型设备(细支滤棒成型机)、成型生产速度(200 m/min)、开松比(1.20)、回缩比(1.40)等参数不变的情况下,按照表 1 中 1# 细支滤棒的技术要求,通过增减三乙酸甘油酯施加量,试制不同三乙酸甘油酯含量(滤棒中施加的三乙酸甘油酯质量与丝束质量的百分比)的细支滤棒,其中,三乙酸甘油酯温度控制在(40±1)℃(三乙酸甘油酯通过箱体加热控制温度,该温度在本文均指生产过程中的温度),取样检测滤棒的三乙酸甘油酯含量及滤棒自然固化 1,2,3,4,5 d 的硬度(30 支/组),分析三乙酸甘油酯含量对细支滤棒硬度的影响。

表 1 细支滤棒技术要求

Table 1 Physical parameters of slim filter rod

滤棒	圆周/mm	长度/mm	压降/Pa
滤棒 1#	16.80	120	3 200

1.2.2 不同三乙酸甘油酯温度条件下细支滤棒的制备与检测 将三乙酸甘油酯加热温度分别设定为 25,35,45,55℃,待实际温度在设定值±1℃的范围时,在丝束规格(丝束 2#)、丝束填充量(265 mg/支)、成型纸(成型纸 2#)、成型设备(细支滤棒成型机)、成型生产速度(200 m/min)、开松比(1.20)、回缩比(1.40)、三乙酸甘油酯含量(11%)等参数保持不变的情况下,按表 1 的技术要求试制细支滤棒,取样检测滤棒自然固化 1,2,3,4,5 d 的硬度(30 支/组),分析三乙酸甘油酯温度对细支滤棒硬度的影响。

1.2.3 不同规格不同自然固化时间条件下细支滤棒的制备与检测 按表 2 中的技术要求生产两种细支滤棒,分别在线抓取 400 支左右试样放入密封袋中,在环境温度(22±2)℃、相对湿度(60±5)%的环境下利用同一检测

表 2 细支滤棒技术要求

Table 2 Physical parameters of slim filter rod

滤棒	圆周/mm	长度/mm	压降/Pa	丝束
滤棒 2#	16.70	120	4 500	丝束 1#
滤棒 3#	16.80	120	3 600	丝束 2#

设备,分别检测自然固化 0.5、1.0、2.0、4.0 h 和 1、2、3、4、5、15、30 d 的硬度(30 支/组),绘制各规格滤棒硬度随固化时间变化曲线,分析固化时间对细支滤棒硬度的影响。

1.2.4 不同丝束填充量条件下细支滤棒的制备与检测

使用丝束 2#,在同一成型设备按圆周 16.80 mm、长度 120 mm,分别试制压降为 3 100、3 400、3 700、4 000 Pa 的细支滤棒(在圆周、长度一定的条件下,滤棒压降越高,所需丝束填充量越高),调节三乙酸甘油酯施加量,使每种滤棒的三乙酸甘油酯施加量相同,取样检测滤棒自然固化 5 d 的硬度(30 支/组),分析丝束填充量对细支滤棒硬度的影响。

1.2.5 不同透气度成型纸条件下细支滤棒的制备与检测

检测、汇总 4 种成型纸的厚度数据,在丝束规格(丝束 2#)、丝束填充量(266 mg/支)、成型设备(细支滤棒成型机)、成型生产速度(200 m/min)、开松比(1.20)、回缩比(1.40)、三乙酸甘油酯含量(10%)等参数不变的情况下,按照圆周 16.80 mm、长度 120 mm 的技术要求,分别试制 4 种不同透气度成型纸的细支滤棒,取样检测滤棒自然固化 5 d 的硬度(30 支/组),分析成型纸透气度对细支滤棒硬度的影响。

1.2.6 不同圆周条件下细支滤棒的制备与检测 使用丝束 2#,在同一成型设备上按长度 120 mm,圆周 16.50、16.70、16.90 mm,在保持三乙酸甘油酯施加量(18%)相同情况下,分别试制 3 种相同重量(丝束量相同,均为 283 mg/支)、3 种相同压降(4 000 Pa)的细支滤棒(丝束量分别为 292.04、299.41、313.67 mg/支),取样检测滤棒自然固化 5 d 的硬度、圆周、压降等物理指标(30 支/组),分析相同丝束量下滤棒硬度与圆周的关系,相同压降下滤棒硬度与圆周的关系。

1.2.7 不同压降条件下细支滤棒的制备与检测 使用丝束 2#,按长度 120 mm,圆周 16.70 mm,在保持三乙酸甘油酯施加量(30 mg/支)相同情况下,调节丝束填充量,试制不同压降的滤棒,取样检测滤棒自然固化 5 d 的硬度、圆周、压降等物理指标(40 支/组),分析细支滤棒硬度与压降的相关性。

1.2.8 滤棒物理性能、三乙酸甘油酯施加量、成型纸定量厚度等检测 按照 GB/T 5605—2011 规定的方法,测试细支滤棒的圆周、压降、硬度、含水率等指标。按照 YC/T 331—2010 规定的气相色谱法,检测细支滤棒中的三乙酸甘油酯含量。按照 YC/T 208—2006 规定检测成型纸定

量,按照 GB/T 451.3—2002 中单层厚度的测试方法检测成型纸厚度。

1.3 数据处理

使用 Minitab 16 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 三乙酸甘油酯含量对细支滤棒硬度的影响

由图 2 可知,自然固化 1 d 时,在三乙酸甘油酯含量 5%~12% 范围内,随着三乙酸甘油酯含量增大,细支滤棒硬度呈现上升趋势,在三乙酸甘油酯含量达到 12% 以后,随着三乙酸甘油酯含量增大,细支滤棒硬度不再上升;自然固化 2~5 d 时,在三乙酸甘油酯含量 5%~23% 范围内,随着三乙酸甘油酯含量增大,细支滤棒硬度持续上升,与前人^[1]研究的结果不同,主要原因为细支滤棒用醋酸纤维丝束单且远高于粗支滤棒,因此,滤棒固化时间较粗支滤棒更长,且需要更高含量的三乙酸甘油酯来形成牢固的“焊接点”,细支滤棒达到较高的滤棒硬度需要更高含量的三乙酸甘油酯和更长的固化时间。当三乙酸甘油酯含量达到足够高的施加水平后,过多的三乙酸甘油酯已难以被醋酸纤维丝束所吸收,细支滤棒硬度便不再上升。

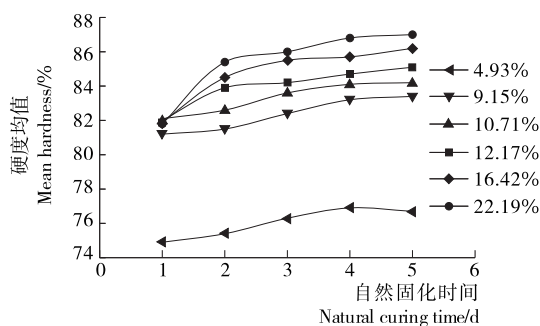


图 2 不同固化时间下硬度随三乙酸甘油酯含量的变化

Figure 2 The change of the hardness with the dosage of glycerol triacetate at different curing time

2.2 三乙酸甘油酯温度对细支滤棒硬度的影响

经气相色谱法检测,不同温度条件下三乙酸甘油酯含量基本一致。由图 3 可知,相同固化时间不同三乙酸甘油酯温度条件下,滤棒硬度无明显差异,即三乙酸甘油酯温度对细支滤棒的硬度影响不显著。

在相同固化时间和三乙酸甘油酯含量(11%)条件下,使用 Minitab 软件对三乙酸甘油酯温度和硬度变异系数进行相关性分析,P 值均>0.1(见表 3),说明在 25~55 ℃ 时三乙酸甘油酯温度和细支滤棒硬度稳定性无相关性。

2.3 自然固化时间对细支滤棒硬度的影响

由图 4 可知,两种细支滤棒的硬度均值在自然固化前 5 d,皆随固化时间的增加而快速上升;5~15 d 时,继

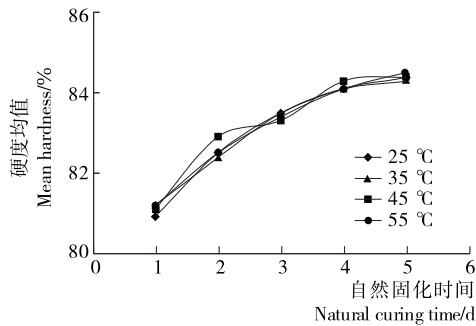


图 3 不同固化时间下硬度随三乙酸甘油酯温度的变化
Figure 3 The change of the hardness with the temperature of glycerol triacetate at different curing time

表 3 不同三乙酸甘油酯温度条件下硬度的变异系数

Table 3 The coefficient of variation of the hardness under different temperature conditions of glycerol triacetate ($n=2$)

温度/℃	变异系数/%	
	1 d	5 d
25	2.22	1.07
35	1.85	1.42
45	1.97	1.21
55	1.72	1.18
P 值	0.163	0.106

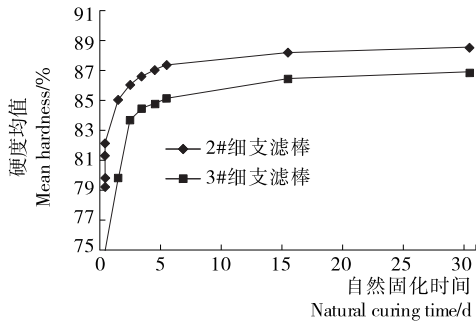


图 4 硬度随固化时间的变化
Figure 4 The change of the hardness with the curing time ($n=2$)

续缓慢上升;15 d 后基本不再上升,硬度趋于稳定。与粗支滤棒相比^[10],细支滤棒固化持续时间更长。

运用 Minitab 统计工具对同一规格滤棒的硬度变异系数与固化时间进行相关性分析,结果见表 4。由表 4 可知,两种规格细支滤棒的硬度变异系数皆与固化时间呈负相关,即固化时间增加,细支滤棒硬度变异系数减小,硬度稳定性上升。

与粗支滤棒^[10]不同,细支滤棒的硬度均值在自然固化 1 d 后仍有较明显的上升,与细支滤棒生产使用丝束

表 4 硬度变异系数与固化时间的相关系数

Table 4 The correlation coefficient between the variation coefficient of the hardness and curing time

滤棒	Pearson 相关系数	P 值
滤棒 2 #	-0.942	0.034
滤棒 3 #	-0.973	0.024

的单丝线密度较高有一定关系。使用丝束截面检测方法,分别对不同线密度丝束的外接圆半径及内切圆半径进行检测,其中丝束 1 #、2 # 为细支滤棒用丝束,丝束 3 #、4 # 为粗支滤棒用丝束。从表 5 可看出:细支滤棒用丝束的内切圆半径为 20.18~23.60,为粗支滤棒用丝束的 1.44~1.72 倍,细支滤棒用丝束的外接圆半径为 78.55~80.43,为粗支滤棒用丝束的 1.57~2.01 倍,细支滤棒用丝束单丝半径更大,丝束纤维间形成坚实“焊接点”所需时间更长,所以与粗支滤棒相比,细支滤棒需要更长的固化时间,硬度才能趋于稳定。

表 5 不同丝束的外接圆半径及内切圆半径[†]

Table 5 The data of exterior radius and interior radius of different acetate tow ($n=2$)

丝束	内切圆半径	外接圆半径
丝束 1 #	20.18	78.55
丝束 2 #	23.60	80.43
丝束 3 #	13.71	40.00
丝束 4 #	14.00	49.86

[†] 半径为软件自带的景象标尺测得的相对值。

考虑到细支滤棒自生产、运输,到卷烟接装使用期间,时间间隔一般至少在 5 d 以上,且自然固化 5 d 时,硬度已上升到较高且较稳定的水平,故后续研究于自然固化 5 d 时检测硬度。

2.4 丝束填充量对细支滤棒硬度的影响

由表 6 可知,相同三乙酸甘油酯量条件下,随着丝束填充量增大,细支滤棒硬度呈现增加趋势。经使用 Minitab 软件对丝束填充量和硬度进行相关性分析,P 值为 0,Pearson 相关系数为 1,说明丝束填充量与细支滤棒硬度呈正相关。

表 6 不同丝束填充量的硬度

Table 6 The hardness data with different filling amount of acetate tow ($n=2$)

丝束填充量/(mg · rod ⁻¹)	硬度均值/%
263.25	83.5
276.23	84.4
292.17	85.6
300.61	86.2

2.5 成型纸透气度对细支滤棒硬度的影响

从表 7 可看出,透气度越高,成型纸厚度越大,随着成型纸透气度的增加,细支滤棒的硬度均值呈上升趋势,可能是随着成型纸透气度的加大,成型纸的厚度增加,丝束可填充的体积缩小,单位体积的丝束量增加引起细支滤棒硬度的上升。

表 7 不同透气度成型纸的定量厚度及硬度

Table 7 The quantitative and thickness data of plug wrap paper with different permeability and the hardness ($n=2$)

透气度/CU	厚度/ μm	硬度均值/%
0	38.99	82.8
6 000	62.13	83.1
10 000	67.63	83.8
24 000	78.63	84.2

2.6 圆周对细支滤棒硬度的影响

由表 8 可知,随着细支滤棒圆周加大,压降下降,硬度均值下降,硬度变异系数无明显差异,说明圆周越大,细支滤棒的丝束填充密度越小,则硬度越低。

表 8 相同丝束量下不同圆周对硬度的影响

Table 8 The hardness data of different circumferences under the same acetate tow quantity ($n=2$)

圆周均值/mm	硬度均值/%	硬度变异系数/%	压降均值/Pa
16.5	85.5	1.39	3 745
16.7	84.7	1.25	3 507
16.9	83.7	1.27	3 298

同理由表 9 可知,圆周越大,丝束填充量越多,细支滤棒硬度越高。

表 9 相同压降下不同圆周的硬度数据

Table 9 The hardness data of different circumferences under the same pressure drop ($n=2$)

圆周均值/mm	硬度均值/%	硬度变异系数/%	丝束填充量/ $(\text{mg} \cdot \text{rod}^{-1})$
16.5	85.7	1.31	292.04
16.7	85.9	1.62	299.41
16.9	86.3	1.13	313.67

2.7 压降对细支滤棒硬度的影响

经使用 Minitab 软件对细支滤棒压降和硬度进行相关性分析,由图 5 可知,相同圆周下,随着压降上升,细支滤棒硬度有上升趋势,硬度与压降的相关系数 $R^2=0.887$,即两者存在显著性正相关。因在其他条件不变的

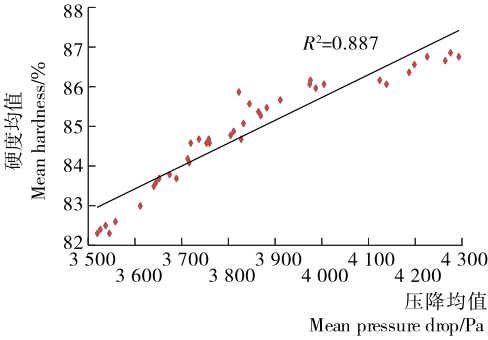


图 5 相同圆周下硬度与压降的散点图

Figure 5 The scatter diagram of the hardness and the pressure drop under the same circumference

情况下,压降随丝束填充量的增加而上升,故压降对细支滤棒硬度的影响规律与丝束填充量对细支滤棒的影响规律相同。

3 结论

细支滤棒硬度的影响因素主要为三乙酸甘油酯含量、自然固化时间、丝束填充量、压降、圆周、成型纸透气度等,其中,三乙酸甘油酯含量与自然固化时间对细支滤棒硬度的影响规律与粗支滤棒相比有着较大的差异,细支滤棒需要更高的三乙酸甘油酯含量与更长的固化时间才能达到符合要求的硬度水平,因此,需对细支滤棒施加更高含量的三乙酸甘油酯,并放置更长时间以使其充分固化,在细支滤棒研发生产以及相关标准的制修订过程中需对此重点关注,以精准控制细支滤棒硬度,使其更好地满足产品检验和接装使用要求,此外,成型纸透气度对细支滤棒硬度也有一定程度影响,具体表现为透气度越高,成型纸厚度越大,细支滤棒的硬度越高。

参考文献

[1] 高明奇,顾亮,李明哲,等. 在线打孔参数对细支卷烟理化指标的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 200-203.
[2] 高明奇,顾亮,李明哲,等. 不同规格中细支卷烟烟丝束性能研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 196-200.
[3] 常纪恒,阮晓明,赵荣,等. 滤棒物性参数之间的相关关系[J]. 烟草科技, 2003(10): 9-12.
[4] 倪克平,范铁桢,王涛. 卷烟硬度、吸阻与单支重量相关性分析[J]. 烟草科技, 2002(3): 9-11.
[5] 邢军,周德成,刘锋,等. 影响卷烟滤棒硬度测试的因素分析[J]. 烟草科技, 2009(2): 16-20.
[6] 汪波. 影响滤棒硬度因素的研究[C]// 黑龙江省 2009 年度烟草学术交流研讨会论文集. 哈尔滨: [出版者不详], 2009: 368-372.
[7] 常纪恒,常建勇,盛培秀,等. 丝束卷曲特性与滤棒物理特性的关系[J]. 烟草科技, 2011(8): 9-12.

(下转第 173 页)

示色氨酸残基包埋于蛋白质分子内部的非极性环境中, $\lambda_{\max}$ 越大色氨酸残基的微环境极性越强^[14]。由图5还可知, KPI+L 的 $\lambda_{\max}$ 由 345 nm (KPI 的 $\lambda_{\max}$) 变为 350 nm, 而 KPI+F 和 KPI+G 的 $\lambda_{\max}$ 变为 355 nm, 即发生红移, 说明 KPI 因与糖发生共价交联, 而使色氨酸残基暴露于更加亲水的环境中。3 种还原糖中, 果糖反应物的荧光强度最低, 发射波长最长, 此结果与之前测得的蛋白乳化性增强及紫外吸收光谱的改变等结果相一致, 进一步证明了果糖的反应活性最大, 美拉德反应最强烈, 用于芸豆蛋白美拉德糖基化改性的效果最好。

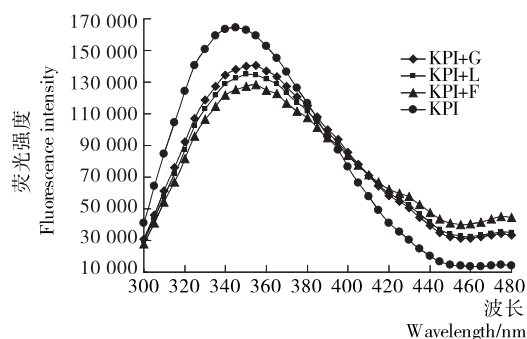


图5 芸豆清蛋白及其美拉德产物的内源荧光光谱

Figure 5 Changes of intrinsic fluorescence spectra of kidney bean protein and its maillard products

3 结论

试验采用美拉德反应对芸豆清蛋白进行改性, 制备了芸豆蛋白和葡萄糖、果糖及乳糖美拉德反应产物, 通过对蛋白表面疏水性、巯基含量、内部荧光光谱和紫外吸收光谱分析得出, 芸豆蛋白与还原糖发生美拉德反应后, 空间结构发生变化, 蛋白分子内部生色基团、疏水性基团暴露, 色氨酸微环境改变, 导致紫外吸收增加, 内部荧光强度降低且发生红移, 使芸豆蛋白表面疏水性增强, 更有利于蛋白吸附到油水界面, 使乳化性增强。葡萄糖、果糖和乳糖与芸豆蛋白发生美拉德反应程度略有不同, 从改善芸豆蛋白的乳化活性及乳化稳定性角度看, 其中果糖改善效果最好。后续可对芸豆蛋白美拉德反应产物在具体食品模型中的应用进行研究, 以利于芸豆资源的合理开发和用。

参考文献

- [1] 刘高梅, 任海伟. 不同功率超声波对芸豆蛋白理化和功能性质的影响[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(12): 17-21.
- [2] 左锋, 王振忠, 钱丽丽, 等. 乙酰化改性对芸豆分离蛋白凝胶特性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(8): 95-100.
- [3] 何庆燕, 洪永祥, 周红, 等. 鸡肉蛋白与芸豆蛋白酶联重组及其功能性质的研究[J]. 中国食品学报, 2018, 18(7): 83-88.
- [4] HILLER B, LORENZEN P C. Functional properties of milk

proteins as affected by Maillard reaction induced oligomerisation[J]. Food Research International, 2010, 43: 1 155-1 166.

- [5] GUO Xiao-na, XIONG You-lin. Characteristics and functional properties of buckwheat protein-sugar Schiff base complexes[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 51: 397-404.
- [6] 冯玉超, 王长远, 李玉琼, 等. 芸豆蛋白与糖基化芸豆蛋白结构与功能特性研究[J]. 中国食品学报, 2019, 19(7): 99-106.
- [7] 林巍, 许英一, 马瑞, 等. 紫花芸豆清蛋白水解物及其膜分离产物抗氧化活性研究[J]. 食品工业, 2018, 39(11): 99-101.
- [8] 张慧莹. 碱性蛋白酶改性对葵花分离蛋白结构与功能特性的影响[D]. 齐齐哈尔: 齐齐哈尔大学, 2015: 15.
- [9] 穆利霞, 赵谋明, 颜小平, 等. 超声强化大豆分离蛋白糖接枝反应作用机理的初步探讨[J]. 食品工业科技, 2013, 34(7): 90-94.
- [10] LI Chen, XUE Hao-ran, CHEN Zhi-yan, et al. Comparative studies on the physicochemical properties of peanut protein isolate-polysaccharide conjugates prepared by ultrasonic treatment or classical heating[J]. Food Research International, 2014, 57: 1-7.
- [11] KATO A, MINAKI K, KOBAYASHI K. Improvement of emulsifying properties of egg white proteins by the attachment of polysaccharide through maillard reaction in a dry state[J]. J Agric Food Chem, 1993, 41(4): 540-543.
- [12] CHEN Lin, CHEN Jian-she, REN Jiao-yan, et al. Effects of ultrasound pretreatment on the enzymatic hydrolysis of soy protein isolates and on the emulsifying properties of hydrolysates[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(6): 2 600-2 609.
- [13] 张欣, 熊幼翎, 陈洁, 等. 美拉德反应对豌豆蛋白水解物乳化性和抗氧化性的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(17): 125-129.
- [14] VIVIAN J T, CALLIS P R. Mechanisms of tryptophan fluorescence shifts in proteins[J]. Biophysical Journal, 2001, 80(5): 2 093-2 109.

(上接第 144 页)

- [8] 李来东, 金钟国, 吕英敏. 浅谈三醋酸甘油酯温度变化对滤棒硬度及丝油比的影响[C]// 黑龙江省 2009 年度烟草学术交流研讨会论文集. 哈尔滨: [出版者不详], 2009: 439-442.
- [9] 朱翠萍. 提高烟用滤棒硬度方法的探讨[J]. 财经界: 学术版, 2013(19): 206-261.
- [10] 李莉, 黄燕如, 丘萍. 增塑剂固化时间对滤棒质量的影响分析[C]// 中国烟草学会工业专业委员会烟草工艺学术研讨会论文集. 南宁: [出版者不详], 2009: 195-198.
- [11] 黄幼斌. 影响卷烟滤棒硬度的因素分析[J]. 大众科技, 2012, 14(6): 34-35.