

加热不燃烧卷烟在不同空气流烟气成分分析

杨紫刚¹, 杨双艳¹, 郭军亮², 杨涛¹, 茶正雄¹, 黄亮¹, 雷连龙¹, 许建营², 周瑾^{1*}

(1. 云南巴菰生物科技有限公司, 云南昆明 650000; 2. 南通烟滤嘴有限责任公司, 江苏南通 226014; 3. 上海应用技术大学, 上海 201418)

摘要 [目的]对加热不燃烧卷烟在不同的空气流中烟雾量、香气量及生理强度3个指标进行评判, 研究在不同的空气流情况下以上3个指标的变化。[方法]以市售某国际品牌的加热不燃烧卷烟发烟段薄片从烟弹中拔出装入不同空气流的铝管中, 通过吸烟机检测烟气中的烟碱、致香成分及感官评吸判定烟雾的大小。[结果]空气流不经过发烟材料的致香物质种类要多于空气流经过发烟材料, 烟碱传递效率是空气流经过发烟材料的1.18倍, 经感官评吸, 空气流不经过发烟材料总体结果好于空气流经过发烟材料的, 烟雾量大。[结论]该研究为加热不燃烧卷烟的技术体系提供了一个新的解决方案。

关键词 加热不燃烧; 空气流; 烟雾量; 香气量; 生理强度

中图分类号 TS41⁺1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)24-0187-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.24.057



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Smoke Components of Heat-non-burn Cigarettes in Different Air Streams

YANG Zi-gang¹, YANG Shuang-yan¹, GUO Jun-liang² et al (1. Yunnan Bagu Biotechnology Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650000; 2. Nantong Cigarette Filter Co., Ltd., Nantong, Jiangsu 226014)

Abstract [Objective] The research aimed to evaluate the smoke, aroma and physiological strength of heat-non-burn cigarettes in different air flows, and to study the changes of the above three indexes under different air flows. [Method] Smoke section slices of a heat-non-burn cigarette sold in the market were pulled out from the cartridge and loaded into aluminium tubes with different air flow. Smoking machine detecting nicotine, aroma components and smoke was determined by sensory evaluation. [Result] There were more kinds of aromatic substances passing through smoking materials than air passing through smoking materials. The transmission efficiency of nicotine was 1.18 times that of air passing through smoking materials. By sensory evaluation, the overall result of air flowing through smoking materials was better than that of air flowing through smoking materials, and the amount of smoke was large. [Conclusion] It provides a new solution for the technical system of heat-non-burn cigarettes.

Key words Heat-non-burn; Air flow; Smoke volume; Aroma; Physiological strength

加热不燃烧卷烟是通过电子设备加热烟草物质而非燃烧烟草物质的抽烟方式, 在此过程中并无明火和烟灰的产生, 对环境友好, 使消费者通过电子加热设备抽吸卷烟时能感受烟草香味, 同时减少常规卷烟在燃烧中高温热解产生有害物质, 为消费者的健康式抽烟提供了一条有效的途径, 这种抽烟方式在国内外越来越流行, 已有一定的消费群体^[1-4]。现目前市面上菲莫国际、英美烟草、KT&G等国际烟公司以及国内烟草行业加热不燃烧烟支的通气方式为常压通氧抽吸, 在加热器外部引入空气流, 新鲜空气不断经过烟草物料, 在动态抽吸时使烟草物料加热温度急剧下降, 裂解反应不稳定, 并且只伴随着氧化反应, 在致香物质和生理满足感方面有些欠缺, 发烟量少^[5-7]。该研究通过对比不同通气路径, 模拟加热不燃烧的加热温度, 结合Py-GC-MS方式对发烟材料致香物质进行对比分析及感官评价, 为加热不燃烧卷烟的技术体系提供了一个新的技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 不同空气流加热装置制备。取壁厚2 mm、内径5 mm、长度20 mm铝制套管, 一个开口在下端供空气流经过发烟材料, 侧边封闭; 另一个开口在侧边供空气流不经过发烟材料, 下端封闭, 开口直径在1 mm(图1)。

1.1.2 发烟材料烟弹制备。把市售某国际品牌的加热不燃烧卷烟发烟段薄片从烟弹中拔出, 称取0.5 g的发烟段薄片放入不同空气流的装置, 在铝管的开口端外接外径为7.8 mm的纸管, 待测。

1.1.3 仪器和试剂。KBF恒温恒湿箱(德国Binder); RM-20H吸烟机(德国borgwaldt kc公司); 6890N/5973N GC/MS联用仪(美国Agilent公司); PB602-S电子天平(感量0.1 mg, 瑞士METTLER TOLEDO公司); VGT-1730QT超声波发生器(广东固特); OINTTO加热器(欧翼德); 旋转蒸发器(瑞士BUCHI公司); 一次性针头过滤器(13 mm×0.22 μm, 有机系); 剑桥滤片(Whalmane); 二氯甲烷(AR); 无水乙醇(AR); 无水硫酸钠(AR)。

1.2 烟气致香成分检测

1.2.1 烟气致香成分捕集。将发烟材料烟弹在温度(22±1)℃、湿度为(60±2)%恒温恒湿箱平衡48 h, 取出后装载于铝管一端OINTTO加热器中, 纸管一端固定于吸烟机, 然后按照YC/29—1996的标准进行抽吸。每片剑桥滤片捕集20支发烟材料烟弹样品的主流烟气总颗粒物^[8-9]。

1.2.2 致香成分的萃取。采用同时蒸馏萃取的装置进行萃取。将剑桥滤片放入1 000 mL的圆底烧瓶中, 然后加入350 mL的超纯水和沸石, 放置在电热套中加热。该烧瓶在水浴锅上加热, 水浴温度为55℃。两端同时加热, 超纯水沸腾后开始计时, 同时蒸馏萃取进行2 h。蒸馏萃取完成后, 用10 mL超纯水冲洗冷凝管并入萃取溶液中, 将萃取溶液移至锥形瓶中, 在二氯甲烷溶液加入10 g无水硫酸钠, 然后将其

作者简介 杨紫刚(1985—), 男, 云南大理人, 工程师, 硕士, 从事卷烟新材料的研发与应用工作。*通信作者, 工程师, 从事卷烟新材料的研发与应用工作。

收稿日期 2019-06-16; **修回日期** 2019-06-27

放置在干燥器中进行冷却,备用,随后将锥形瓶置于 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中冷藏过夜。将过夜后的溶液采用旋转蒸发器进行浓缩

(温度为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$),浓缩至 1.0 mL 并用一次性针头过滤器,供仪器分析用。

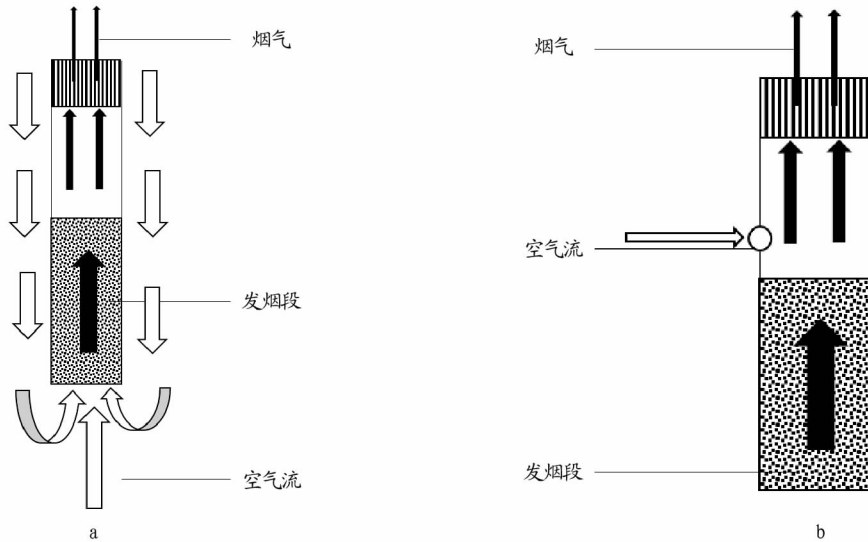


图1 空气流经过(a)和不经(b)发烟材料示意图

Fig.1 Schematic diagram of air flow through (a) and without (b) smoke material

1.2.3 气相色谱/质谱条件。色谱柱: HP-5MS (30 m , 0.25 mm , $0.25\text{ }\mu\text{m}$)毛细管柱;进样口温度 $260\text{ }^{\circ}\text{C}$;载气: He, 1 mL/min ;程序升温 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1 min) $\rightarrow 8\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ $\rightarrow 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 min) $\rightarrow 8\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ $\rightarrow 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (15 min);分流比: $25:1$;传输线温度 $280\text{ }^{\circ}\text{C}$;电离方式: EI, 电离能量 70 eV ;离子源温度 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$;四级杆温度 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$;质量范围 $35\sim 455\text{ aum}$ 。采用 NIST14 和 Wiley275 谱库检索定性^[10]。

1.2.4 感官评价。根据云南巴菰生物科技有限公司建立的 Q/BGSW10-171201 加热不燃烧卷烟感官质量评价要求进行评判,由云南巴菰呼吸委员会7位专家评委进行盲评,对产品的烟气温度(20分)、烟雾量(20分)、抽吸口数(20分)、生理强度(8分)、香味(8分)、风格特征(8分)、舒适性(8分)、异味(8分)8项指标进行打分,取单项平均值累加为加热不燃烧卷烟呼吸最终得分。

2 结果与分析

2.1 不同空气流烟气成分分析 从表1可以看出,在不同的

空气流条件下一共鉴定出103种致香物质,空气流经过发烟材料烟弹的致香成分比空气流不经过发烟材料烟弹的要少,而且含量有明显的差异,两者共有的致香成分物质为87种,在两者共同含有的致香成分中,不经过空气流的发烟材料烟弹的含量明显高于空气流经过发烟材料烟弹的。从图2也可以看出,空气流经过发烟材料和空气流不经过发烟材料的总离子图轮廓大概一致,但从峰值来看,空气流不经过发烟材料的总离子图峰值明显高于空气流经过发烟材料的总离子图。

加热不燃烧卷烟与传统卷烟不一样,加热不燃烧卷烟是经过加热器对烟弹进行加热,达到释放烟雾、香气和生理强度,消费者直观的感受是烟雾量和生理强度,烟雾量的大小主要与发烟剂有关,从表1可以看出该发烟材料中的发烟剂是丙三醇,空气流经过发烟材料的含量为 8.72% ,空气流不经过发烟材料的含量为 15.29% ,是空气流经过发烟材料的1.75倍,发烟量明显高于空气流经过发烟材料的。生理强度与烟气中的烟碱含量有关,在烟气成分中空气流经过发烟材料的明显少于空气流不经过发烟材料,生理强度稍弱。

表1 不同空气流烟气致香成分分析

Table 1 Analysis of aroma-causing components in different air streams

序号 No.	保留时间 Retention time min	化合物名称 Chemical compound	峰面积归一化百分含量 Peak area normalized percentage//%	
			空气流经过 发烟材料 Air flow through smoking material	空气流不经过 发烟材料 Air without smoking material
1	2.21	巴豆醛	0.05	0.03
2	2.28	1-羟基-2-丙酮	0.23	0.32
3	2.95	N,N-二甲基乙醇胺	0.02	0.02
4	3.03	1,2-丙二醇	0.11	0.16
5	3.17	吡啶	0.05	0.03
6	3.25	2-甲基呋喃	0.05	—
7	3.30	吡咯	0.12	0.09
8	3.44	乙酰胺	0.05	0.03

接下表

续表 1

序号 No.	保留时间 Retention time min	化合物名称 Chemical compound	峰面积归一化百分含量 Peak area normalized percentage//%	
			空气流经过 发烟材料 Air flow through smoking material	空气流不经 过发烟材料 Air without smoking material
9	3.78	3-甲基-2-丁烯醛	0.02	0.01
10	4.50	甲基-吡嗪	0.04	0.06
11	4.71	糠醛	2.02	2.16
12	5.18	糠醇	0.50	0.71
13	5.30	丙烯酰胺	0.03	0.05
14	5.34	2-甲基-吡啶	0.06	0.06
15	5.52	1-(乙酰氧基)-2-丙酮	0.10	0.12
16	5.90	4-环戊烯-1,3-二酮	0.82	1.25
17	6.59	1-(2-呋喃基)-乙酮	0.07	0.08
18	6.64	2(5H)-呋喃酮	0.22	0.35
19	6.88	2-羟基-2-环戊烯-1-酮	—	0.07
20	7.26	3-氯-1,2-丙二醇	0.02	0.03
21	7.68	3-甲基-戊酸	—	0.05
22	7.76	5-甲基-2-呋喃甲醇	—	0.02
23	7.93	苯甲醛	0.11	0.08
24	8.01	5-甲基-2-糠醛	1.08	1.32
25	8.38	糠酸甲酯	0.05	0.04
26	8.50	苯酚	0.63	1.00
27	9.00	烟醛	0.12	0.12
28	9.27	1H-吡咯-2-甲醛	0.17	0.35
29	9.37	(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.19	0.16
30	9.77~12.31	丙三醇	8.72	15.29
31	9.80	3-甲基-1,2-环戊二酮	0.06	0.13
32	10.05	苯甲醇	0.19	0.34
33	10.35	苯乙醛	0.45	0.65
34	10.81	1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	0.59	0.55
35	11.32	4-甲基-苯酚	1.33	2.06
36	11.70	2-甲氧基-苯酚	0.83	1.59
37	11.85	乙酸甘油酯	4.37	2.38
38	12.33	麦芽酚	0.09	0.10
39	12.63	3-吡啶醇	0.51	0.49
40	12.81	5-乙酰基二氢-2(3H)-呋喃酮	0.05	0.05
41	13.00	2,5-吡咯烷二酮	0.05	0.05
42	13.29	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	0.30	0.60
43	13.78	6-乙基-5,6-二氢-2H-吡喃-2-酮	0.07	0.09
44	14.49	1-(4-甲基苯基)-乙酮	0.30	0.30
45	15.16	1,2-苯二酚	0.41	0.98
46	15.59	2,3-二氢-苯并呋喃	0.32	0.26
47	15.82	5-羟甲基-糠醛	0.47	0.69
48	15.90	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	0.07	0.07
49	16.09	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	0.07	0.05
50	16.34	二乙酸甘油酯	0.23	0.25
51	16.90	α -柠檬醛	0.21	0.11
52	16.98	4-甲基-1,2-苯二酚	—	0.08
53	17.07	2-乙酰氧基-3-羟基苯乙酮	—	0.10
54	17.15	4-乙基-2-甲氧基-苯酚	0.05	0.09
55	17.30	壬酸	0.05	—
56	17.45	氢醌	0.06	0.07
57	17.56	吡啶	0.16	0.16
58	18.14	2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	0.44	0.42
59	18.23	4-羟基-苯甲醛	—	0.06
60	19.04	烟碱	16.23	19.20
61	19.26	(E)-2-甲氧基-4-(1-丙烯基)苯酚	0.06	0.07
62	19.48	茄酮	0.50	0.21
63	19.90	4-乙基-1,3-苯二酚	0.07	0.06
64	19.99	4-甲基-1H-吡啶	0.13	0.09
65	20.23	1,2-二氢-1,5,8-三甲基-萘	0.13	—
66	20.33	香兰素	0.07	0.07
67	20.48	6,10-二甲基-2-十一酮	0.07	—
68	20.64	(E)-1-(2,3,6-三甲基苯基)丁-1,3-二烯	0.09	0.04
69	20.99	麦斯明	0.26	0.28

接下表

续表 1

序号 No.	保留时间 Retention time min	化合物名称 Chemical compound	峰面积归一化百分含量 Peak area normalized percentage//%	
			空气流经过 发烟材料 Air flow through smoking material	空气流经 过发烟材料 Air without smoking material
70	21.73	(z)-2-甲氧基-4-(1-丙烯基)-苯酚	0.16	0.15
71	21.79	香叶基丙酮	0.45	0.22
72	22.00	3-苯基-吡啶	—	0.11
73	22.08	1,5,8-p-薄荷三烯	0.27	0.18
74	22.53	烟碱烯	0.97	1.32
75	23.19	丁基化羟基甲苯	0.18	0.10
76	23.51	2,3'-二吡啶	0.42	0.23
77	24.14	巨豆三烯酮	3.57	3.25
78	24.69	邻苯二甲酸二乙酯	—	0.27
79	24.79	愈创醇	0.22	0.15
80	24.96	(4,5,5-三甲基-1,3-环戊二烯-1-基)-苯	0.46	0.10
81	25.51	3-氧- α -紫罗兰醇	0.46	0.33
82	25.88	[3S-(3 α ,3A β ,5 α)]-1,2,3,3A,4,5,6,7-八氢化- α , α -3,8-四甲基-5-奥甲醇	0.29	0.23
83	26.34	4-(3-羟基丁基)-3,5,5-三甲基-2-环己烯-1-酮	0.13	0.18
84	26.43	十六醛	0.38	0.25
85	26.49	香叶基香叶醇	0.53	0.39
86	26.85	(E,E)-3,7,11-三甲基-2,6,10-十二碳三烯醛	0.82	0.57
87	27.16	2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮	0.44	0.37
88	27.23	1,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢化-2,5,5,8a-四甲基-1-萘甲醇	0.17	0.10
89	27.71	螺岩兰草酮	0.40	0.30
90	28.02	新植二烯	9.78	9.89
91	28.07	6,10,14-三甲基-2-十五酮	0.47	0.46
92	28.38	邻苯二甲酸二异丁酯	1.35	1.21
93	28.71	硬尾醇氧化物	0.32	—
94	28.92	6,10,14-三甲基-5,9,13-十五碳三烯-2-酮	0.80	0.73
95	29.21	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-环十四碳四烯	0.81	0.29
96	29.30	十六酸	—	0.2
97	29.43	3-(4,8,12-三甲基十三烷基)呋喃	0.22	0.18
98	29.60	角鲨烯	0.26	0.17
99	29.66	十六酸乙酯	0.49	0.41
100	30.75	亚麻酸甲酯	—	0.17
101	31.31	亚油酸乙脂	0.20	0.11
102	31.37	亚麻酸乙酯	0.38	0.24
103	31.59	十八酸乙酯	0.07	—
合计 Total			93.00	96

注：“—”表示未检出

Note: "—" means not detected

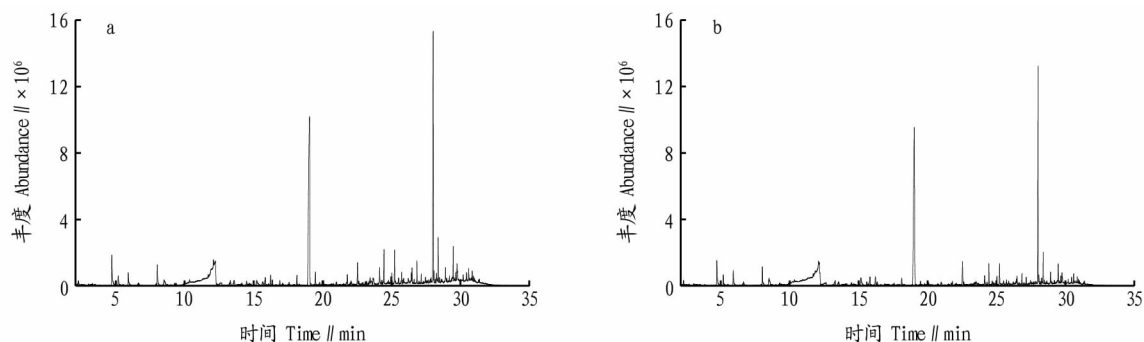


图 2 空气流经过 (a) 和不过 (b) 发烟材料烟弹总离子图

Fig.2 TIC of air flow through (a) and without (b) smoke material smoke bomb

2.2 不同空气流发烟材料的感官评价 感官评吸结果表明(表 2),空气流不经过发烟材料烟弹与空气流经过发烟材料烟弹相比,在烟雾量、生理强度和香味等 3 个感官指标分值

较高,空气流不经过发烟材料烟弹能够提高发烟量,改善生理强度,提升香气的细腻度、层次感,烟气刺激性降低,这样致香成分分析结果一致。

表 2 不同空气流发烟材料的感官评价

Table 2 Sensory evaluation of different air-flow smoking materials

样品 Sample	烟气温度 Smoke temperature 20 分	烟雾量 Smoke volume 20 分	抽吸口数 Puff number 20 分	生理强度 Physiological strength 8 分	香味 Aroma 8 分	风格特征 Stylistic features 8 分	舒适性 Comfort 8 分	异味 Peculiar smell 8 分	合计 Total
空气流经过发烟材料烟弹 Air passes through smoking material	17.3	13.8	15.4	6.5	6.4	8.0	7.5	8.0	82.9
空气流不经过发烟材料烟弹 Air without smoking material	17.2	15.7	15.7	7.4	7.2	8.0	8.0	8.0	87.2

3 结论

空气流在经过发烟材料烟弹时氧气充足氛围下,则以氧化反应为主,反应较完全,发烟量欠,致香物质较少,感官评吸是感受明显,烟碱传递效率也低,减弱了生理强度。空气流不经过加热不燃烧烟弹,在抽吸时,空气流不经过烟草物料,烟草物料始终处于负压厌氧状态,没有新鲜空气的进入,烟草物料始终处于低温恒定裂解温度,保证了裂解的稳定,在厌氧负压抽吸条件下发烟物料主要发生氢化、还原和裂解反应,增加了致香物质种类和含量,生物碱的传递效率和发烟量也有一定条件的上升,增加了消费者的抽吸体验,为加热不燃烧卷烟的技术体系提供了一个新的解决方案。

参考文献

[1] 刘珊,崔凯,曾世通,等.加热非燃烧型烟草制品剖析[J].烟草科技,

2016,49(11):56-65.

- [2] 艾思.非传统烟草制品初探[J].中国烟草,2013(5):59.
 [3] 杨继,汤建国,尚善斋,等.利用顶空-GC/MS 法对比新型卷烟和传统卷烟的挥发性成分[J].烟草科技,2015,48(11):33-39.
 [4] 王孝峰,周顺,何庆,等.加热状态下烟草气溶胶释放特性的影响因素:温度、甘油和气氛[J].烟草科技,2017,50(10):48-54.
 [5] 孔浩辉,鲁虹,陈翠玲,等.不同氛围下烟草的热裂解行为研究[J].分析测试学报,2010,29(6):612-616.
 [6] 杨伟祖,谢刚,王保兴,等.烤烟烟叶和烟梗的热裂解产物的研究[J].色谱,2006,24(6):606-610.
 [7] 孔浩辉,郭璇华,沈光林.卷烟烟丝热裂解产物香味成分分析[J].烟草科技,2009,42(5):38-43,47.
 [8] 张宏宇.含水率对烟草燃烧性与烟气化学成分的影响[D].昆明:昆明理工大学,2015.
 [9] 张安丰.烟草保润剂的筛选及性能评价研究[D].昆明:昆明理工大学,2016.
 [10] 胡小东,张映翠,方亮,等.楚雄州不同生态烟区烤烟致香成分含量比较分析[J].西南农业学报,2015,28(3):1311-1316.

(上接第 179 页)

生物群的形成^[10]。

目前已发现薏苡仁多糖具有治疗糖尿病^[11]、脾虚水湿不化^[12-13]、肿瘤^[14]等药理作用,但关于薏苡仁多糖结构的研究大多还停留在总多糖的含量测定方面^[15-16]。该研究通过建立 HPLC-UV 的分析方法,对不同产地薏苡仁的单糖组成进行了初步分析,研究发现不同产地薏苡仁种单糖的组成差异较大。但关于单糖组成的差异与其药效之间是否存在关联性还需进一步的研究。

该研究中的方法学考察结果表明,该方法操作简单、测定结果准确、重复性好、精密度高,可用于薏苡仁单糖类成分的含量测定,可为薏苡仁物质基础研究、质量标准的制定以及道地性研究提供借鉴。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:2015 版一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015:376-377.
 [2] HAN X C,JI X M,ZHAO H J,et al.Mechanisms of coix seed compositions in the treatment of spleen deficiency and wet dampness zheng[J].Afr J Tradit Complement Altern Med,2017,14(4):239-246.
 [3] CHEN L C,CHEN K X,ZHANG S Y,et al.Vesicle formation by ultrashort alkyl-phosphonic acids and serine in aqueous solutions[J].Colloids and surfaces B:Biointerfaces,2019,179:488-494.
 [4] YAO Y,ZHU Y Y,GAO Y,et al.Effect of ultrasonic treatment on immunological activities of polysaccharides from adlay[J].Int J Biol Macromol,2015,80:246-252.

- [5] QU D,SUN W J,LIU M J,et al.Bitargeted microemulsions based on coix seed ingredients for enhanced hepatic tumor delivery and synergistic therapy[J].International journal of pharmaceuticals,2016,503(1/2):90-101.
 [6] 樊海燕.锁阳多糖提取纯化、结构解析及生物活性研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2018:16-31.
 [7] 符梦凡.枸杞多糖的分离提取及质量鉴定研究[D].杭州:浙江大学,2018:56-75.
 [8] 冯蕾.决明子水溶性多糖的精细结构、构象特征及其流变行为研究[D].南昌:南昌大学,2018:41-64.
 [9] ZHANG S H,HE F,CHEN X,et al.Isolation and structural characterization of a pectin from *Lycium ruthenicum* Murr and its anti-pancreatic ductal adenocarcinoma cell activity[J/OL].Carbohydrate polymers,2019-07-20 [2019-07-21].https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115043.
 [10] ZENG H,HUANG L L,ZHOU L S,et al.A galactoglucan isolated from *Cistanche deserticola* Y. C. Ma. and its bioactivity on intestinal bacteria strains[J/OL].Carbohydrate polymers,2019-07-20 [2019-07-21].https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115038.
 [11] 方向毅.探讨薏苡仁提取物薏苡仁多糖对治疗糖尿病的影响研究[J].世界最新医学信息文摘,2017,17(6):94,96.
 [12] 王彦芳,季旭明,韩晓春,等.薏苡仁多糖不同组分对脾虚水湿不化模型大鼠结肠 VIPR1 和 AQP3 表达的影响[J].中药药理与临床,2018,34(2):43-47.
 [13] 王彦芳,季旭明,赵海军,等.薏苡仁多糖不同组分对脾虚水湿不化大鼠模型免疫功能的影响[J].中华中医药杂志,2017,32(3):1303-1306.
 [14] LU X Y,LIU W,WU J H,et al.A polysaccharide fraction of adlay seed (*Coix lachryma-jobi* L.) induces apoptosis in human non-small cell lung cancer A549 cells[J].Biochemical and biophysical research communications,2013,430(2):846-851.
 [15] 崔媛,容容,杨勇,等.超声波辅助酸提薏苡仁多糖工艺优化[J].中华中医药学刊,2015,33(9):2143-2145.
 [16] 杨志清,王硕,张世鲍,等.15 种薏苡仁中多糖含量测定[J].亚太传统医药,2014,10(19):25-26.