

抽吸模式和烟支密度分布对卷烟包灰性能的影响

尹本涛¹, 万丽娟¹, 徐杨斌², 苏鑫¹, 张燕¹, 王荣梅¹, 刘剑¹, 蔡元青^{1*}

(1. 贵州中烟工业有限责任公司技术中心, 贵州贵阳 550009; 2. 贵州中烟工业有限责任公司遵义卷烟厂, 贵州遵义 563000)

摘要 为研究抽吸模式和烟支密度分布对卷烟包灰性能的影响, 采用分段测量的方法采集卷烟燃烧时的图像信息, 通过测定烟支燃烧的烟灰长度、累计烟灰面积、烟灰表面累积开裂或者破碎面积及当前燃烧长度下的卷烟包灰性能, 分析不同抽吸模式下卷烟燃烧烟灰长度缩减率、卷烟包灰性能、烟支密度分布与卷烟包灰性能的相关性。结果表明, 在不同燃烧长度下卷烟的燃烧状态不同, 分段测量能有效反映卷烟燃烧烟灰的性能; 卷烟燃烧烟灰长度缩减率从大到小依次为 HCI 模式(19.3%)、ISO 模式(17.7%)、静燃模式(15.4%); 卷烟样品最后包灰性能的好坏依次为静燃模式(5.27%)、ISO 模式(9.99%)、HCI 模式(10.47%); 烟支密度分布与卷烟包灰性能有较大的相关性, 可以通过改变烟支密度或者烟丝填充值来改善卷烟的包灰效果。

关键词 分段测量; 包灰; 抽吸模式; 卷烟包灰性能; 烟支密度分布

中图分类号 TS452 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)17-0182-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.17.052



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Smoking Pattern and Cigarette's Density Distribution on the Ash Integration Properties of Cigarette

YIN Ben-tao¹, WAN Li-juan¹, XU Yang-bin² et al (1. Technology Center of China Tobacco Guizhou Industrial Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550009; 2. Zunyi Cigarette Factory, China Tobacco Guizhou Industrial Co., Ltd, Zunyi, Guizhou 563000)

Abstract In order to study the effects of smoking pattern and cigarette's density distribution on the ash integration properties of cigarette, the subsection measurement method was adopted to collect the image information of burning cigarette. Based on the determination of the soot length of burned cigarettes, the cumulative soot area, the cumulative cracking or crushing area of the soot surface, and the ash integration properties of cigarettes at the current burning length, the reduction rate of soot length of burned cigarettes, ash integration properties of cigarette, the correlation between the cigarette's density distribution and ash integration properties of cigarette were analyzed. The results showed that the state of cigarettes was different at different combustion length, and the segmented measurement could effectively reflect the ash integration properties of cigarette. The reduction rate order of soot length of burned cigarettes was HCI mode (19.3%) > ISO mode (17.7%) > static combustion mode (15.4%). The final ash integration properties of cigarette samples was in the order of static combustion mode (5.27%), ISO mode (9.99%), and HCI mode (10.47%). The density distribution of cigarettes had a strong correlation with the ash integration properties of cigarette, which could be improved by changing the density of cigarettes or filling value of cut tobacco.

Key words Subsection measurement method; Ash integration; Smoking pattern; Ash integration properties of cigarette; Cigarette's density distribution

卷烟包灰是指烟支燃烧后形成烟灰的外观完整程度, 又称为卷烟燃烧烟灰完整性。烟灰开裂或者破碎面积与烟灰整体面积的比值大小可以衡量卷烟包灰性能的好坏。该比值越小表示烟灰完整程度越高, 也就是说包灰效果越好。随着卷烟技术的发展及消费者对卷烟产品质量要求的提高, 卷烟燃烧后的包灰效果已经越来越受到人们的重视。卷烟包灰性能好, 烟柱美观; 卷烟包灰性能差, 抽吸时卷烟纸不能很好包裹在烟丝上, 造成烟灰掉落严重, 不仅污染环境, 并且会影响消费者对品牌的忠诚度^[1]。

目前, 大量研究表明卷烟纸、卷烟配方和切丝宽度对卷烟包灰性能都有较大的影响^[2-8]。但是, 针对如何评价卷烟的包灰能力, 如何优化卷烟的包灰性能, 迄今尚未有一个具体的解决方案与评价体系, 国内外对卷烟包灰能力的研究相对较少^[9-10]。笔者采用分段测量的方法, 分别在烟支燃烧至 10、20、30、40 和 50 mm 处采集图像信息, 通过分析每张图片, 以 1 mm 长度为单位, 统计烟支燃烧的累计烟灰面积、烟灰表面累积开裂或者破碎面积及当前燃烧长度下的烟灰完整性

测试数据, 研究抽吸模式和烟支密度分布对卷烟包灰性能的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象。 试验选取贵州中烟生产的卷烟 A 牌号为样品, 每 30 支为 1 组, 共 3 组。

1.1.2 主要仪器。 KARDIEN-CAMT 卷烟燃烧性能测试仪(韩国 KARDIEN 公司); TEWS 4420 微波快速烟支水分密度测量仪(德国 TEWS 公司)。

1.2 方法 将卷烟样品拆包, 在温度(22±2)℃、相对湿度(60±3)%的条件下调节 48 h, 并在温度(22±2)℃、相对湿度(60±5)%的环境条件下进行测试。

1.2.1 测试方法。 采用分段测量的方法, 分别在烟支燃烧至 10、20、30、40 和 50 mm 处采集图像信息, 通过测试软件分析每张图像, 以 1 mm 长度为单位, 统计烟支燃烧的累计烟灰面积、烟灰表面累积开裂或者破碎面积及当前燃烧长度下的烟灰完整性测试数据。

卷烟包灰是指烟支燃烧后形成烟灰的外观完整程度, 以烟灰开裂或者破碎面积与烟灰整体面积的比值大小衡量卷烟包灰性能的好坏。按以下公式计算卷烟包灰性能: $C(\%) = A/B$ 。式中, A 表示卷烟燃烧后烟灰开裂或者破碎的面积; B 表示卷烟燃烧后烟灰的整体面积; C 表示卷烟包灰性能。

基金项目 贵州中烟工业有限责任公司科技项目(GZZYKJ/JS/2017 BW015-0)。

作者简介 尹本涛(1988—), 男, 云南腾冲人, 助理工程师, 硕士, 从事烟草及烟用材料质量分析。* 通信作者, 高级工程师, 硕士, 从事烟草制品质量分析。

收稿日期 2019-04-23

1.2.2 不同抽吸模式下卷烟包灰性能的测定。使用韩国 KARDIEN-CAMT 卷烟燃烧性能测试仪,分别在静燃模式、ISO 抽吸模式和 HCI 抽吸模式下按照“1.2.1”的方法测定卷烟的包灰性能。

1.2.3 烟支密度分布与卷烟包灰性能的相关性分析。使用德国 TEWS 4420 微波快速烟支水分密度测量仪对样品进行测试,记录单位长度下的烟支密度;再使用韩国 KARDIEN-CAMT 卷烟燃烧性能测试仪,在 ISO 抽吸模式下按照“1.2.1”的方法进行卷烟包灰性能的测定。最后,分析烟支密度分布与卷烟包灰性能的相关性。

1.2.4 数据统计与分析。将试验数据去除点燃端和抽吸端各 5 mm 采集的数据后,使用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同抽吸模式下卷烟燃烧烟灰长度的缩减率测定结果 使用韩国 KARDIEN-CAMT 卷烟燃烧性能测试仪,在 ISO 抽吸模式下,样品燃烧至 10、20、30、40 和 50 mm 时采集的燃烧状态图如图 1 所示。从图 1 可以看出,卷烟由点燃端开始,在不同燃烧长度下卷烟的燃烧状态是不一样的,分段测量能更有效地反映卷烟燃烧的包灰性能。

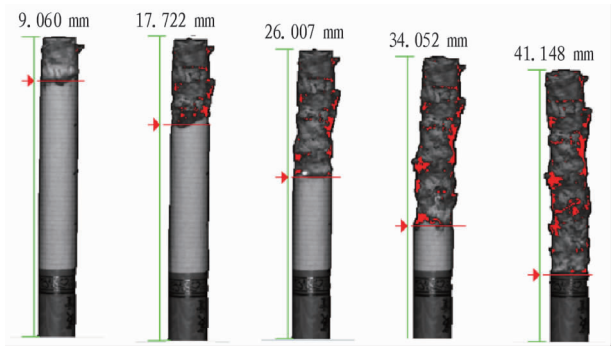


图 1 ISO 抽吸模式下卷烟燃烧至 10、20、30、40 和 50 mm 时的燃烧状态

Fig. 1 The combustion pattern of cigarette with the burning length of 10, 20, 30, 40 and 50 mm under ISO smoking pattern

通过不同抽吸模式下卷烟燃烧至 10、20、30、40 和 50 mm 设定值时卷烟燃烧烟灰的实际长度,计算卷烟燃烧烟灰长度缩减率,结果如表 1 所示。从表 1 可看出,卷烟燃烧烟灰长度从大到小依次为静燃模式、ISO 模式、HCI 模式;卷烟燃烧烟灰长度的缩减率从大到小依次为 HCI 模式(19.3%)、ISO 模式(17.7%)、静燃模式(15.4%)。

表 1 不同抽吸模式下卷烟燃烧烟灰长度的缩减率测定结果

Table 1 The determination results of soot length's reduction rate of burned cigarette under different smoking patterns

烟支长度 Cigarette length mm	烟灰长度 Soot length/mm			缩减长度 Reduced length/mm			长度缩减率 Reduction rate of length/%		
	静燃 Static combustion	ISO	HCI	静燃 Static combustion	ISO	HCI	静燃 Static combustion	ISO	HCI
10	9.987	9.160	9.060	0.013	0.840	0.940	0.1	8.4	9.4
20	18.594	17.722	17.501	1.406	2.278	2.499	7.0	11.4	12.5
30	26.759	26.087	25.813	3.241	3.913	4.187	10.8	13.0	13.9
40	34.666	34.052	33.411	5.334	5.948	6.589	13.3	14.9	16.5
50	42.317	41.148	40.334	7.683	8.852	9.666	15.4	17.7	19.3

通过不同抽吸模式下卷烟燃烧至不同分段(0~10、11~20、21~30、31~40、41~50 mm)时的卷烟燃烧烟灰实际长度,来计算不同分段下卷烟燃烧烟灰长度缩减率,结果如表 2 所示。从表 2 可以看出,在烟支燃烧的不同分段,形成的烟灰长度不同。在第 1 段 10 mm 的燃烧长度中,静燃模式下烟灰长度达到 9.987 mm,缩减率仅为 0.1%,而 HCI 模式下烟灰长度最短,长度缩减率为 9.4%。

无论是静燃模式、ISO 模式还是 HCI 模式,随着烟支燃烧长度的增加,每阶段烟支燃烧烟灰的长度都在逐步递减,烟灰缩减长度不断增加,分段计算出的长度缩减率逐步增加。尤其是进入燃烧的第 5 段(41~50 mm)时,长度缩减率达到最大,卷烟燃烧烟灰长度缩减率从大到小依次为 HCI 模式下(30.8%)、ISO 模式(29.0%)、静燃模式(23.5%)。

表 2 不同抽吸模式下分段测量卷烟燃烧烟灰长度的缩减率测定结果

Table 2 The determination results of soot length's reduction rate of cigarette under different smoking modes by subsection measurement

测量分段 Measurement subsection	分段烟灰长度 Subsection soot length/mm			分段缩减长度 Reduced subsection length/mm			分段长度缩减率 Reduction rate of subsection length/%		
	静燃 Static combustion	ISO	HCI	静燃 Static combustion	ISO	HCI	静燃 Static combustion	ISO	HCI
第 1 段 The 1st subsection	9.987	9.160	9.060	0.013	0.840	0.940	0.1	8.4	9.4
第 2 段 The 2nd subsection	8.607	8.562	8.441	1.393	1.438	1.559	13.9	14.4	15.6
第 3 段 The 3rd subsection	8.165	8.365	8.312	1.835	1.635	1.688	18.4	16.4	16.9
第 4 段 The 4th subsection	7.907	7.965	7.598	2.093	2.035	2.402	20.9	20.4	24.0
第 5 段 The 5th subsection	7.651	7.096	6.923	2.349	2.904	3.077	23.5	29.0	30.8

2.2 不同抽吸模式下卷烟包灰性能测定结果 在不同抽吸

模式下,卷烟燃烧至不同烟支长度时的卷烟燃烧烟灰面积和

变碎面积,来计算卷烟包灰性能,结果如表3所示。由表3可知,卷烟燃烧后烟灰面积随着抽吸模式的不同也发生了变化,烟灰面积按静燃模式、ISO模式和HCI模式依次减小,这种趋势与烟灰长度缩减率对应,说明缩减率与抽吸模式有很大关系。同时,随着烟灰面积的增加,烟灰燃烧后开裂或者

变碎的面积也不断增加,静燃模式为 16.05 mm^2 ,ISO模式为 29.76 mm^2 ,HCI模式下达到最大(30.04 mm^2)。整体来看,卷烟样品最后包灰性能的从好到坏依次为静燃模式(5.27%)、ISO模式(9.99%)、HCI模式(10.47%)。

表3 不同抽吸模式下卷烟包灰性能测定结果

Table 3 The determination results of ash integration properties of burning cigarette under different smoking models

烟支长度 Soot length mm	烟灰面积 Soot area //mm ²			烟灰破碎面积 Cracking area of soot //mm ²			当前烟灰长度包灰性能 Ash integration properties of cigarettes at the current burning length//%		
	静燃 Static combustion	ISO	HCI	静燃 Static combustion	ISO	HCI	静燃 Static combustion	ISO	HCI
6	43.57	40.45	35.87	2.20	1.05	2.09	5.05	2.59	5.82
7	51.91	47.48	42.84	2.62	1.05	3.03	5.04	2.21	7.08
8	60.52	54.60	49.99	2.67	1.76	4.24	4.41	3.23	8.47
9	69.74	62.34	56.93	2.86	1.77	5.30	4.11	2.85	9.31
10	76.16	70.79	63.64	3.04	2.09	6.45	4.00	2.95	10.14
11	82.67	79.01	70.59	3.24	2.31	6.68	3.92	2.92	9.47
12	89.06	87.00	77.49	3.26	3.54	6.97	3.66	4.06	8.99
13	95.69	94.60	84.33	3.37	4.81	8.96	3.52	5.08	10.63
14	102.55	101.84	91.40	3.41	5.13	12.20	3.32	5.04	13.35
15	109.28	109.13	97.59	3.83	5.40	14.12	3.51	4.95	14.47
16	115.89	115.61	104.43	4.07	6.01	14.79	3.51	5.20	14.16
17	122.64	122.71	111.89	4.15	8.26	15.31	3.38	6.73	13.68
18	129.39	128.60	118.51	4.17	9.04	16.48	3.22	7.03	13.90
19	136.68	134.31	125.80	4.61	10.04	17.15	3.37	7.47	13.63
20	142.94	139.93	132.67	4.92	10.82	17.46	3.44	7.73	13.16
21	149.66	146.75	139.95	5.26	11.23	17.47	3.51	7.65	12.49
22	157.08	153.81	146.99	5.35	11.74	17.47	3.41	7.63	11.89
23	163.81	161.09	153.96	5.61	12.03	17.68	3.42	7.47	11.48
24	170.11	168.87	161.29	6.15	13.20	18.95	3.62	7.82	11.75
25	176.25	175.81	167.45	6.97	14.33	19.57	3.95	8.15	11.69
26	182.39	182.35	173.43	7.38	16.40	19.88	4.05	8.99	11.46
27	188.67	188.80	179.41	8.35	17.97	20.04	4.43	9.52	11.17
28	195.09	195.22	185.48	9.05	18.65	20.21	4.64	9.55	10.89
29	200.56	201.65	191.71	9.75	18.72	20.58	4.86	9.28	10.74
30	209.12	207.93	197.78	10.65	19.13	21.76	5.14	9.20	11.00
31	213.63	214.31	203.75	12.53	20.03	22.63	5.86	9.34	11.11
32	220.28	220.86	209.85	13.68	21.14	22.82	6.21	9.57	10.88
33	226.87	227.31	216.17	13.70	22.49	23.99	6.04	9.89	11.10
34	233.40	233.43	222.43	13.83	23.31	24.60	5.93	9.98	11.06
35	240.13	239.23	228.70	13.89	23.49	24.64	5.78	9.82	10.77
36	246.90	245.15	235.03	14.33	24.30	24.95	5.80	9.91	10.61
37	253.61	251.62	241.59	15.30	25.08	26.11	6.03	9.97	10.81
38	260.43	258.05	247.84	15.38	25.64	26.97	5.90	9.94	10.88
39	268.23	265.06	253.98	15.89	26.35	27.36	5.93	9.94	10.77
40	275.86	271.05	260.13	16.05	26.59	27.69	5.82	9.81	10.65
41	281.47	276.34	266.36	16.05	27.61	28.30	5.70	9.99	10.63
42	286.91	281.62	271.65	16.05	27.74	28.49	5.59	9.85	10.49
43	293.16	287.11	276.89	16.05	28.65	28.74	5.47	9.98	10.38
44	298.51	292.51	282.05	16.05	29.21	29.98	5.38	9.98	10.63
45	304.28	297.79	287.05	16.05	29.76	30.04	5.27	9.99	10.47

2.3 烟支密度分布与卷烟包灰性能的相关性分析 将烟支密度数据整体缩小10倍,处理后的数据与ISO抽吸模式下的烟灰破碎面积和当前包灰数据为纵坐标,以烟支长度为横坐标,绘制散点图,再进行线性拟合,得到ISO抽吸模式下烟灰变碎面积、当前包灰数据和烟支密度分布的对应曲线,如图2所示。

从图2可以看出,将烟支分为3段,第1段为0~10 mm,第2段为10~40 mm,第3段为40~50 mm。在第1段和第3

阶段时烟支的平均密度为270和282 mg/cm³,此时对应的烟灰变碎面积和当前包灰数据曲线趋势相对平缓,第2阶段烟支的平均密度为249 mg/cm³,此时对应的烟灰变碎面积和当前包灰性能曲线斜率相对较大。因此,烟支密度分布与卷烟包灰性能有较大的相关性,可以通过改变烟支密度或者烟丝填充值来改善卷烟的包灰效果。

3 结论

(1)使用韩国KARDIEN-CAMT卷烟燃烧性能测试仪,

在 ISO 抽吸模式下,样品燃烧至 10、20、30、40 和 50 mm 时采集的燃烧状态,在不同燃烧长度下卷烟的燃烧状态是不一样的,分段测量更能有效地反映卷烟燃烧包灰性能。

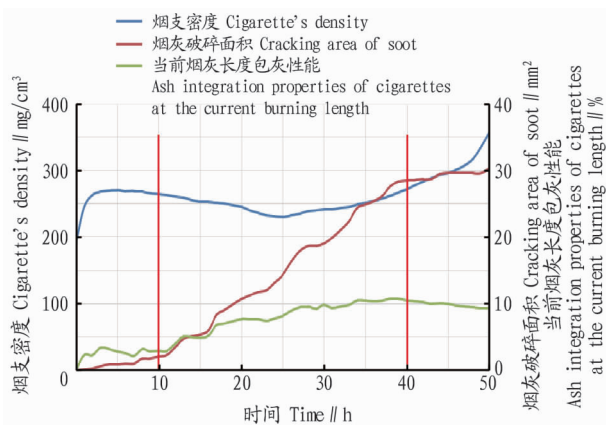


图2 ISO 抽吸模式卷烟包灰数据和烟支密度分布对应曲线

Fig.2 The correlation curves between the ash integration properties and cigarette's density distribution under ISO smoking model

(2)采用分段测量的方法,采集卷烟燃烧时的图像信息,得出卷烟燃烧烟灰长度从大到小依次为静燃模式、ISO 模式、HCI 模式;卷烟燃烧烟灰长度缩减率从大到小依次为 HCI 模式(19.3%)、ISO 模式(17.7%)、静燃模式(15.4%)。在不同分段下卷烟燃烧烟灰长度缩减率有所不同,进入燃烧的第5

段(40~50 mm)时,长度缩减率达到最大,卷烟燃烧烟灰长度缩减率从大到小依次为 HCI 模式(30.8%)、ISO 模式(29.0%)、静燃模式(23.5%)。

(3)在不同抽吸模式下,卷烟样品最后包灰性能的好坏依次为静燃模式(5.27%)、ISO 模式(9.99%)、HCI 模式(10.47%)。

(4)烟支密度分布与卷烟包灰性能有较大的相关性,可以通过改变烟支的密度或者烟丝填充值来改善卷烟的包灰效果。

参考文献

- [1] 郑晗,詹建波,王浩,等. 卷烟包灰性能的研究现状分析[J]. 新型工业化,2018,8(11):93-97.
- [2] 王道宽,连芬燕,刘雯,等. 卷烟包灰性能的影响因素[J]. 烟草科技,2013,46(4):12-15.
- [3] 邹中亮,侯鑫. 卷烟纸定量、透气度对卷烟包灰及燃烧速度的影响[J]. 黑龙江造纸,2013(2):35-37.
- [4] 于龙国. 卷烟纸相关因素对卷烟包灰性影响分析[J]. 中华纸业,2015,36(6):37-40.
- [5] 余婷婷,詹建波,程量,等. 纵向抗张能量吸收对卷烟纸包灰性能的影响[J]. 材料导报,2017,31(S1):384-387.
- [6] 沈靖轩,孙军,肖维毅. 助剂对卷烟纸包灰效果的影响[J]. 中华纸业,2012,33(14):23-26.
- [7] 李赓,丁海燕,孙军. 改善卷烟纸包灰效果的研究[J]. 中国造纸,2012,31(8):32-35.
- [8] 宋微,李磊. 卷烟纸主要性能的影响因素和控制方法[J]. 造纸化学品,2011,23(4):25-26.
- [9] 程占刚,叶明樵,胡素霞,等. 影响卷烟包灰能力的因素研究[J]. 烟草科技,2011,44(2):9-12.
- [10] 李桂珍,王平军. 卷烟纸添加剂对卷烟包灰性能影响的研究[J]. 造纸化学品,2011,23(4):17-21.
- [11] 罗丹. 不同处理对番茄果实采后品质变化的影响[D]. 青岛:青岛农业大学,2017.
- [12] 齐景凯,曹霞,张晓雷. 粉果番茄贮藏期间主要性状变化规律研究[J]. 北方园艺,2016(1):117-120.
- [13] 尚春明,高振江,胡雪,等. 不同贮藏方式对番茄授粉效果的影响[J]. 北方农业学报,2018,46(5):113-116.
- [14] 魏云潇,叶兴乾. 果蔬采后成熟衰老酶与保护酶类系统的研究进展[J]. 食品工业科技,2009,30(12):427-431.
- [15] 张彪,张文涛,李喜宏,等. 气体二氧化氯对樱桃番茄贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发,2017,38(8):173-176.
- [16] 邓红军,茅林春. 采后果蔬机械损伤愈合研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2018,9(11):2744-2748.
- [17] 闫华,张红梅,张丽静,等. 离子液体研究进展[J]. 山东化工,2016,45(23):55-57.
- [18] 陈旭伟,毛全兴,王建华. 离子液体在蛋白质萃取分离中的应用[J]. 化学进展,2013,25(5):661-668.
- [19] 刘晓庚,高梅,陈海梅. 离子液体双水相体系及其在蛋白分离中的应用[J]. 中国粮油学报,2013,28(4):118-123.
- [20] TANG J, SONG H, FENG X T, et al. Ionic liquid-like pharmaceutical ingredients and applications of ionic liquids in medicinal chemistry: Development, status and prospects [J/OL]. Current medicinal chemistry, 2019 [2019-04-05]. <http://www.eurekaselect.com/162824/article>. DOI: 10.2174/0929867325666180605123436.
- [21] 宋飞跃,薛永波,高欣,等. 不同离子液体双水相萃取钼[J]. 应用化学,2019,36(3):335-340.
- [22] ATANASSOVA M, KURTEVA V. Synergism in the solvent extraction of europium(III) with thenoyltrifluoroacetone and CMPO in methylimidazolium ionic liquids[J]. Journal of solution chemistry, 2019, 48(1):15-30.
- [23] LIANG Q, ZHANG J S, SU X G, et al. Extraction and separation of eight ginsenosides from flower buds of *Panax ginseng* using aqueous ionic liquid-based ultrasonic-assisted extraction coupled with an aqueous biphasic system [J]. Molecules, 2019, 24(4):1-12.
- [24] NIE L R, SONG H, YOHANNES A, et al. Extraction in cholinium-based magnetic ionic liquid aqueous two-phase system for the determination of berberine hydrochloride in *Rhizoma coptidis* [J]. RSC Advances, 2018, 8(44):25201-25209.
- [25] 宋力飞,刘常青,李曼莎,等. 星点设计-响应面法优化黄芪双水相萃取工艺[J]. 中成药,2017,39(1):70-75.
- [26] 田盼盼,程超,汪兴平. 逐级盐析法结合双水相萃取纯化葛仙米藻蓝蛋白[J]. 食品科学,2015,36(24):16-22.
- [27] 曾群. 新型绿色溶剂的合成及其双水相体系在蛋白质绿色分离中的应用研究[D]. 长沙:湖南大学,2014.
- [28] 赵金花,王宇松,钟丽聪,等. N-甲基-N-乙基吗啉四氟硼酸盐离子液体的合成及其双水相萃取牛血清蛋白的研究[J]. 生命科学仪器,2013,11(Z1):58-62.
- [29] YANG H P, CHEN L, ZHOU C S. Improving the extraction of l-phenylalanine by the use of ionic liquids as adjuvants in aqueous biphasic systems [J]. Food chemistry, 2018, 245:346-352.
- [30] 陈静,王玉枝,黄松云. 季铵盐类环氧官能团离子液体-双水相萃取法萃取分离萃取胰蛋白酶[J]. 当代化工研究,2016(5):110-111.
- [31] 曾颖,余垒,朱新儒,等. 盐析法联合离子液体双水相纯化木瓜蛋白酶[J]. 食品科学,2018,39(24):261-267.
- [32] 邓凡政,郭东方. 离子液体双水相体系萃取分离牛血清白蛋白[J]. 分析化学,2006,34(10):1451-1453.
- [33] 刘祖祺,张石城. 植物抗性生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1994:370-372.
- [34] 中国国家标准化管理委员会. 蜂花粉中过氧化氢酶的测定方法紫外分光光度法:GB/T 23195-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [35] MATUSCHEK E, SVANBERG U. The effect of fruit extracts with polyphenol oxidase (PPO) activity on the in vitro accessibility of iron in high-tannin sorghum [J]. Food chemistry, 2005, 90(4):765-771.
- [36] DHINDSA R S, DHINDSA P P, THROPE T A. Leaf senescence: Correlated with increased levels of membrane and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. J Exp Bot, 1981, 32(3):93-101.

(上接第 181 页)

参考文献