

虎舌红多糖超声波辅助提取工艺优化 及其抗氧化活性评价

Ultrasonic-assisted extraction of polysaccharide from ardisia mamillata and the evaluation of its antioxidant activity

邵金华^{1,2,3} 马永强¹ 何福林^{2,3} 黎涛^{2,3} 杨宇翔^{2,3}

SHAO Jin-hua^{1,2,3} MA Yong-qiang¹ HE Fu-lin^{2,3} LI Tao^{2,3} YANG Yu-xiang^{2,3}

(1. 哈尔滨商业大学, 黑龙江 哈尔滨 150076; 2. 湘南优势植物资源综合利用湖南省重点实验室,
湖南 永州 425100; 3. 湖南科技学院, 湖南 永州 425100)

(1. Harbin University of Commerce, Harbin, Heilongjiang 150076, China; 2. Key Laboratory of Comprehensive
Utilization of Advantage Plants Resources in Hunan South, Yongzhou, Hunan 425100, China;
3. Hunan University of Science and Technology, Yongzhou, Hunan 425100, China)

摘要:以虎舌红为原料, 蒸馏水为提取剂, 对超声波辅助提取虎舌红多糖的工艺进行优化, 并对虎舌红多糖的抗氧化性进行评价。结果表明: 虎舌红多糖最佳提取工艺为提取温度 65 ℃, 提取时间 20 min, 料液比 1 : 15 (g/mL), 提取次数 4 次, 该条件下虎舌红多糖得率为 (3.42 ± 0.28) mg/g。虎舌红多糖有较好的抗氧化活性, 当多糖浓度达到 4 mg/mL 时, 对 DPPH 清除率强于相同浓度 BHT; 0.5% 多糖对猪油抗氧化效果与相同浓度 BHT 相当。

关键词:虎舌红; 多糖; 超声波辅助提取; 抗氧化活性

Abstract: A orthogonal test was utilized to optimize the ultrasonic-assisted extraction process of the polysaccharide in *Ardisia mamillata* based on the single-factor experiment, and its antioxidant activity was evaluated. The results demonstrated that the polysaccharide in *Ardisia mamillata* could be extracted best by using distilled water as the extracting agent, with the solid-liquid ratio 1 : 15 (g/mL) was treated, ultrasonated at 65 ℃ for 20 min, for 4 times. Thus the extracting rate of the polysaccharide from *Ardisia mamillata* was (3.42 ± 0.28) mg/g. Moreover, it was also found that the polysaccharide from *Ardisia mamillata* possessed good antioxidant activity. It was tested that the polysaccharide showed stronger clear ability of DPPH than that of BHT at concentration 4 mg/mL, and 0.5% poly-

saccharide had comparable antioxidant effect on lard with that of BHT.

Keywords: *Ardisia mamillata*; polysaccharide, ultrasonic-assisted extraction, antioxidant activity

虎舌红 (*Ardisia mamillata* Hance), 是紫金牛科 (*Myrsinaceae*) 紫金牛属 (*Ardisia Swartz*) 植物, 又叫天仙红衣、金丝红珠、红毛毡、毛凉伞、宝鼎红等, 原产于中国, 分布于湖南、广西、四川、江西等地^[1]。该植物多供药用, 具清热利湿、止咳化痰、抗癌、消肿解毒、活血止血等功效^[2]。目前, 对于虎舌红活性成分的研究, 主要集中于虎舌红挥发油^[3]、生物碱^[4]、黄酮类成分^[5-6]的研究。

多糖是一种重要的活性成分, 具有抗氧化、抗病毒、抗肿瘤、降血糖、调节免疫、抗衰老、抗凝血的功能^[7]。目前, 对虎舌红多糖的研究较少, 仅有一篇^[8]关于虎舌红分离纯化与性质研究, 在 80 ℃ 下加热回流提取。关于虎舌红多糖超声波辅助提取工艺及其抗氧化活性的研究, 未见有相关报道。加热回流提取, 能量消耗大、提取时间长、得率较低, 而且多糖在提取的过程中容易造成降解, 活性降低^[9]。超声波辅助提取法具有效率高、耗能低、溶剂用量少等特点, 已应用于多种植物有效成分提取^[10-11], 但在虎舌红多糖提取方面未见应用报道。本研究拟采用超声波辅助水提法提取虎舌红多糖, 考察各个因素对虎舌红多糖得率的影响, 在单因素试验基础上, 利用正交试验对试验条件进行优化, 并对其抗氧化活性进行评价, 旨在为虎舌红多糖进一步研究提供理论基础, 为新型抗氧化剂开发提供理论依据。

基金项目: 湖南省教育厅重点项目 (编号: 16A904)
作者简介: 邵金华, 女, 湖南科技学院高级实验师, 哈尔滨商业大学在读博士研究生。
通信作者: 马永强 (1963—), 男, 哈尔滨商业大学教授, 博士。
E-mail: qymal63@126.com
收稿日期: 2016-09-30

1 仪器与试剂

1.1 材料与试剂

虎舌红:采摘自湖南省永州湖南科技学院西山;
猪油:本实验室用市售猪板油制得;
葡萄糖、抗坏血酸、硫酸、苯酚、铁氰化钾、三氯乙酸、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠:分析纯,天津博迪化工股份有限公司;
1,1-二苯基-2-三硝基苯肼、2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器

超声波细胞粉碎机:scient29s-IIIN 型,宁波新芝生物科技股份有限公司;
可见分光光度计:H722B 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;
电热真空干燥箱:DZF-6020 型,北京中科环试仪器有限公司;
电子天平:JA3003 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;
旋转蒸发仪:R201D-Ⅱ型,郑州长城科工贸易有限公司;
循环水式真空泵:SHZ 型,巩义市予博仪器设备有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 多糖提取流程

虎舌红全草→切成 1 cm 小段→60 ℃烘干、粉碎,过 60 目筛→乙醚回流脱脂[料液比 1:25(g/mL),回流脱脂 3 h]→脱脂后的残渣烘干(真空干燥 60 ℃)、粉碎(40 目)→超声波辅助蒸馏水提取→纱布过滤后抽滤→上清液(粗提取液)→活性炭脱色(2.5% 搅拌 40 min)→抽滤→上清液真空浓缩(75 ℃)为原体积的 1/4→加入无水乙醇,至乙醇的终体积分数为 75%→静置 36 h 后取沉淀→65 ℃真空干燥→虎舌红粗多糖

1.3.2 虎舌红多糖含量测定 采用苯酚—硫酸法^[12]。

(1) 葡萄糖标准曲线绘制:精密称取干燥至恒重的葡萄糖对照品 50 mg,置于 500 mL 容量瓶中,加水溶解并稀释至刻度,摇匀,即得葡萄糖对照品贮备液。准确量取上述对照品贮备液 0.0,1.0,2.0,3.0,4.0,5.0 mL,分别置于 10 mL 容量瓶中,再分别各取 1 mL 加浓硫酸 7.5 mL 和 5% 苯酚 1.5 mL,在 490 nm 波长处测定吸光度($A_{490\text{ nm}}$)。

(2) 样品多糖的含量测定:将浓缩的虎舌红多糖提取液置于 10 mL 容量瓶中,加水稀释至刻度,摇匀,取 1 mL 加浓硫酸 7.5 mL 和 5% 苯酚 1.5 mL,在 490 nm 波长处测定吸光度($A_{490\text{ nm}}$)。虎舌红多糖得率按式(1)计算:

$$P = \frac{c \times n \times v}{1\,000 \times m}, \tag{1}$$

式中:

P——多糖得率,mg/g;

c——样品浓度,μg/mL;

n——稀释倍数;

$$v\text{——稀释体积,mL;}$$

$$m\text{——样品质量,g。}$$

1.3.3 虎舌红多糖提取工艺优化

(1) 料液比对虎舌红多糖得率的影响:准确称取 10.0 g 虎舌红脱脂后干燥粉末,料液比分别为 1:15,1:20,1:25,1:30,1:35(g/mL),超声温度为 55 ℃,提取时间 20 min(提取 3 s,间隔 2 s),提取次数 1 次,考察料液比对多糖提取得率的影响。

(2) 提取时间对虎舌红多糖得率的影响:准确称取 10.0 g 虎舌红脱脂后干燥粉末,料液比按 1.3.3(1)最优值,设置超声波提取时间分别为 10,15,20,25,30 min(提取 3 s,间隔 2 s),提取温度 55 ℃,提取 1 次,考察提取时间对虎舌红多糖提取得率的影响。

(3) 提取温度对虎舌红多糖得率的影响:准确称取 10.0 g 虎舌红脱脂后干燥粉末,料液比按 1.3.3(1)最优值,设置超声波提取时间为 1.3.3(2)最优值,水提,设置提取温度为 50,55,60,65,70 ℃,提取 1 次,考察提取温度对虎舌红多糖提取得率的影响。

(4) 提取次数对虎舌红多糖得率的影响:准确称取 10.0 g 虎舌红脱脂后干燥粉末,料液比按 1.3.3(1)最优值,设置超声波提取时间为 1.3.3(2)最优值,提取温度为 1.3.3(3)最优值,分别提取 1,2,3,4,5 次,考察超声温度对虎舌红多糖提取得率的影响。

(5) 正交优化设计:在单因素试验的基础上,以多糖提取得率为检测指标,采用 $L_9(3^4)$ 进行 4 因素 3 水平正交试验,综合考察多因素对多糖提取得率的影响。

1.3.4 多糖抗氧化活性检测

(1) DPPH 自由基清除能力测定:向试管中依次加入 6.5×10^{-5} mol/L DPPH·溶液 2.5 mL,分别加入 5,10,15,20,25 mg/mL 虎舌红多糖提取液 1 mL、相同浓度 BHT(阳性对照),蒸馏水补足到 4 mL,蒸馏水做对照,各管混合均匀,避光保存 20 min 后,在 517 nm 处测定吸光度值^[13]。样品对 DPPH 自由基的清除率按式(2)计算:

$$K = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%, \tag{2}$$

式中:

K——DPPH 自由基清除率,%;

A_0 ——对照吸光度;

A——样品吸光度。

(2) 虎舌红多糖对猪油抗氧化能力测定:将猪油试样 100 g,按照质量百分比 0.1%,0.3%,0.5%,0.7%,0.9%加入虎舌红多糖,以 0.5% BHT 为对照,搅拌均匀,然后置于 (60±2) ℃的烘箱自氧化,每 48 h 取样测定猪油的过氧化值^[14]。按 GB/T 5538—2005 测定油脂的过氧化值。

2 结果与分析

2.1 葡萄糖标准曲线绘制

由图 1 可知,在 10~50 μg/mL 的浓度范围内,葡萄糖标准溶液浓度与吸光度有良好的线性关系。

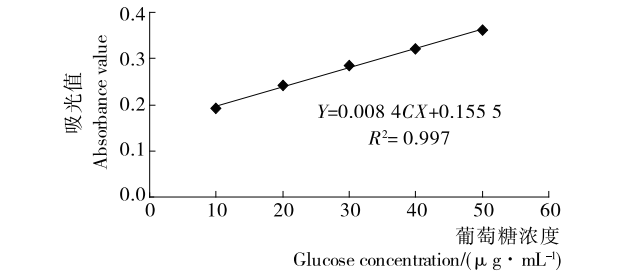
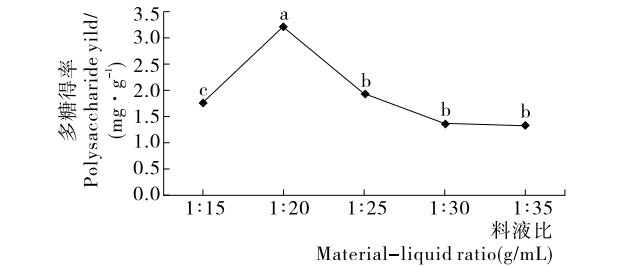


图 1 葡萄糖标准曲线

Figure 1 Standard curve of glucose

2.2 虎舌红多糖提取工艺优化

2.2.1 料液比对虎舌红多糖得率的影响 由图 2 可知,随着溶剂量的增加,虎舌红多糖得率逐渐增大,当料液比为 1 : 20 (g/mL)时,多糖得率最大,之后多糖得率反而降低。在相同条件下,随着溶剂量的增加,多糖溶出量增加,溶剂量达到一定值后,多糖完全溶出,再增加溶剂的量,多糖得率不再增加,反而下降,可能是随着溶剂增加,促进了其它物质溶出,抑制多糖溶出;再者,溶剂量的增加,为后续浓缩操作带来困难,影响脱色剂用量。综合考虑,确定最佳料液比为 1 : 20(g/mL)。



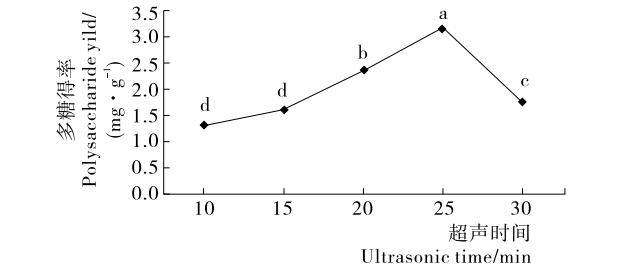
不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

图 2 料液比对虎舌红多糖得率影响

Figure 2 Effect of material- liquid ratio on yield of polysaccharides from *Ardisia mamillata* Hance

2.2.2 提取时间对虎舌红多糖得率的影响 由图 3 可知,随着提取时间的增加,虎舌红多糖的得率也随之增大,在 25 min 时达到一个最大值,之后虎舌红多糖的得率下降,可能是提取时间过长,虎舌红多糖分解产生单糖,从而导致虎舌红多糖得率下降。综合考虑,确定最佳提取时间为 25 min。

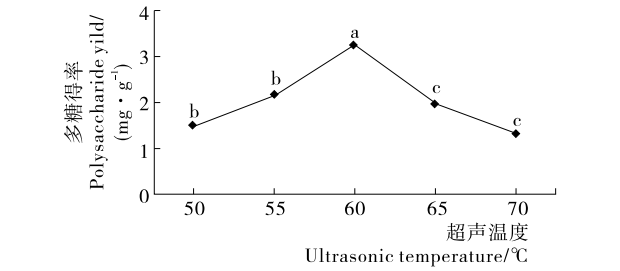
2.2.3 提取温度对虎舌红多糖得率的影响 由图 4 可知,随着提取温度提高,虎舌红多糖得率增大,达到60℃时,得率



不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

图 3 提取时间对虎舌红多糖得率影响

Figure 3 Effect of ultrasonic time on yield of polysaccharides from *Ardisia mamillata* Hance



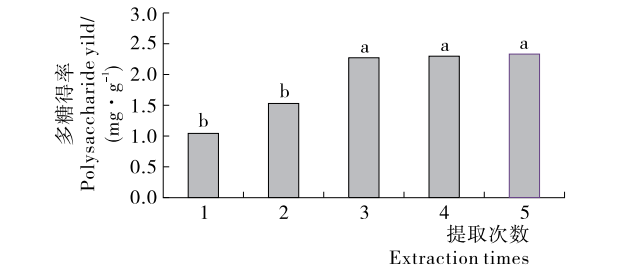
不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

图 4 提取温度对虎舌红多糖得率影响

Figure 4 Effect of ultrasonic temperature on yield of polysaccharides from *Ardisia mamillata* Hance

最高,之后虎舌红多糖得率下降。可能是随着提取温度升高,液体介质黏度以及表面张力降低,但液体蒸气压增大,因而在液体介质中间容易拉开进而形成空化作用,使细胞破碎度增加,促使细胞多糖向外扩散,促使多糖得率增大,但当温度再增加,使细胞破碎度过大,促使多糖外的其它杂质被溶出,多糖得率下降。因此,确定 60℃为最佳提取温度。

2.2.4 提取次数对虎舌红多糖得率的影响 由图 5 可知,随着提取次数增加,多糖得率逐渐增加,提取次数达到 3 次后再增加提取次数时,多糖得率变化不大。可能是提取 3 次后,多糖已经完全浸出,固液相达到了平衡,再者,提取次数增加,能量消耗增大。综合考虑,虎舌红多糖提取次数选择 3 次。



不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

图 5 提取次数对虎舌红多糖得率影响

Figure 5 Effect of extraction times on yield of polysaccharides from *Ardisia mamillata* Hance

2.2.5 正交试验 正交试验因素水平见表 1,结果见表 2,方差分析见表 3。

由表 2 可知,影响虎舌红多糖得率因素的次序为:C>A>B>D,最佳工艺参数为:A₃ B₁ C₁ D₃,即超声温度为 65℃,超声时间为 20 min,料液比为 1 : 15 (g/mL),提取次数为 4

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test table				
水平	A 超声温度/℃	B 超声时间/min	C 料液比(g/mL)	D 提取次数
1	55	20	1 : 15	2
2	60	25	1 : 20	3
3	65	30	1 : 25	4

表 2 正交试验结果表

Table 2 Orthogonal test results and analysis table

试验号	A	B	C	D	多糖得率/ (mg·g ⁻¹)
1	1	1	1	1	2.75
2	1	2	2	2	1.86
3	1	3	3	3	1.06
4	2	1	2	3	3.36
5	2	2	3	1	1.65
6	2	3	1	2	2.65
7	3	1	3	2	2.56
8	3	2	1	3	2.96
9	3	3	2	1	2.93
k ₁	1.890	2.890	2.787	2.443	
k ₂	2.553	2.157	2.717	2.357	
k ₃	2.817	2.213	1.757	2.460	
R	0.927	0.733	1.030	0.103	

表 3 方差分析表[†]

Table 3 Variance analysis of orthogonal experiments

方差来源	偏差平方和	自由度	F 比	显著性
A	1.368	2	76.000	*
B	0.999	2	55.500	*
C	1.987	2	110.389	*
D	0.018	2	1.000	
误差(D)	0.018	2		

[†] F 临界值 19.000; * 表示差异显著,P<0.05。

表 4 虎舌红多糖、BHT 对猪油抗氧化作用

Table 4 Antioxidation effect (POV) of polysaccharides from *Ardisia mamillata* Hance and BHT on lard

多糖浓 度/%	天数/d							meq/kg
	2	4	6	8	10	12	14	
0.00	14.35±0.17	16.54±0.26	19.26±0.21	23.45±0.23	41.32±0.18	54.63±0.23	68.41±0.29	
0.01	2.31±0.22	5.26±0.19	8.79±0.22	10.86±0.26	12.69±0.21	17.88±0.19	22.41±0.31	
0.03	2.12±0.19	4.85±0.23	6.24±0.24	9.36±0.21	11.54±0.27	15.86±0.29	20.65±0.26	
0.05	1.96±0.25	3.85±0.15	5.68±0.17	7.63±0.17	10.49±0.33	14.75±0.22	18.54±0.22	
0.07	1.85±0.21	2.24±0.26	5.15±0.18	7.06±0.24	9.21±0.28	13.06±0.27	17.98±0.27	
0.09	1.26±0.30	1.98±0.24	4.79±0.26	6.75±0.19	8.41±0.25	11.54±0.31	13.05±0.25	
BHT0.05%	1.95±0.26	3.24±0.21	5.87±0.27	7.77±0.18	10.26±0.24	14.26±0.28	18.13±0.24	

3 结论

本试验结果表明,虎舌红多糖超声辅助提取工艺的最佳条件为提取温度 65℃,提取时间 20 min,料液比 1:15(g/mL),提取 4 次,该条件下虎舌红多糖得率为(3.42±0.28) mg/g。

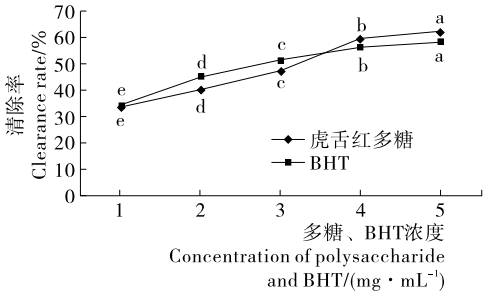
通过本试验证明虎舌红多糖具有较好的抗氧化活性,粗多糖浓度达到 5 mg/mL 时,对 DPPH 清除率强于相同浓度 BHT,在对猪油抗氧化试验过程中发现,粗多糖浓度达到 0.7%时,对猪油的抗氧化效果强于对照 0.5% BHT。虎舌红

次。由表 3 方差分析可知,超声温度、超声时间、料液比对虎舌红多糖得率都有显著影响。由于正交表中无 A₃B₁C₁D₃ 试验组,对此试验组进行了 3 次验证实验,此条件下,虎舌红多糖得率为(3.42±0.28) mg/g,得率高于其它试验组。

2.3 虎舌红多糖抗氧化活性研究

2.3.1 DPPH 自由基清除能力测定 由图 6 可知,随着虎舌红多糖、BHT 浓度增大,对 DPPH 清除率逐渐增大,呈现一定的量效关系,当虎舌红多糖浓度达到 4 mg/mL 时,其对 DPPH 清除率效果强于 BHT。

2.3.2 虎舌红多糖对猪油抗氧化能力测定 由表 4 可知,随着多糖含量增加,对猪油的抗氧化效果增强,0.05% 多糖与 0.05% BHT 抗氧化效果较接近,此时,BHT 抗氧化效果好于多糖;当多糖浓度达到 0.07%,多糖的抗氧化效果好于 BHT。由此可见,虎舌红多糖抗氧化效果较好,但是因为其是粗多糖,需要进一步纯化,纯化后的抗氧化效果可能好于 BHT。



不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

图 6 虎舌红多糖、BHT 对 DPPH 清除作用

Figure 6 Inhibitory effects of polysaccharides from *Ardisia mamillata* Hance and BHT on DPPH

粗多糖的后续纯化、结构分析以及其结构与抗氧化性构效关系研究还有待进一步研究。

参考文献

[1] 赵亚, 刘合刚. 紫金牛属植物研究近况[J]. 中草药, 1999, 30(3): 228-231.

[2] 凌育赵, 曾满枝. 虎舌红多糖的分离纯化与性质研究[J]. 分析试验室, 2007, 26(4): 93-96.

(下转第 195 页)

3 结论

采用干热后处理技术,通过正交试验优化干热后处理工艺,研究干热后处理改善夏季成品绿茶风味品质的工艺参数和实际效果。结果表明,干热后处理改善夏季成品绿茶风味品质的最佳工艺参数为处理温度 55 ℃、处理前茶叶水分 9%、处理时间 6.0 h,经处理后的夏季绿茶陈气味褪去、苦涩味减弱,呈现出“栗香高浓、醇厚较爽”的风味特征,表明干热后处理能有效地改善夏季绿茶的风味品质,对去除陈气味、提高香气、降低苦涩味具有显著效果。但在处理过程中,干茶色泽和汤色得分逐渐减少,绿度不断下降而黄度不断显露,这对茶叶的外形品质有一定影响。因此,在提高香气、滋味品质的前提下,如何实现“保色”或减缓色泽变化有待进一步研究。

参考文献

[1] 王海斌,洪斌毅,陈荣山,等.世界茶叶产销状况及我国茶叶现状[J].福建茶叶,2014,36(4):5-6.

[2] 常硕其,张亚莲,曾跃辉,等.提高夏秋绿茶品质技术研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):561-564.

[3] 敖存,唐德松,龚淑英,等.不同鲜叶堆放处理对夏秋茶香气品质的影响[J].茶叶科学,2010,30(5):384-392.

[4] 祁丹丹,戴伟东,谭俊峰,等.杀青方式对夏季绿茶化学成分及滋味品质的影响[J].茶叶科学,2016,36(1):18-26.

[5] 敖存,龚淑英,张俊,等.烘焙技术对中小档绿茶滋味品质改善的研究[J].茶叶,2010,36(1):21-25.

[6] 杨远庆,朱冬雪.改善低档绿茶滋味品质的研究[J].山地农业生物学报,1995(4):57-59.

[7] 滑金杰,江用文,袁海波,等.闷黄过程中黄茶生化成分变化及其影响因子研究进展[J].茶叶科学,2015,35(3):203-208.

[8] 张俊,唐德松,龚淑英,等.烘焙处理对夏秋绿茶香气品质的影响[J].中国食品学报,2010,10(6):94-100.

[9] 钟秋生,林郑和,陈常颂,等.烘焙温度对九龙袍品种乌龙茶生化品质的影响[J].茶叶科学,2014(1):9-20.

[10] 郑月梅,郑德勇,叶乃兴.烘焙工艺对铁观音茶叶内含物变化规律的影响[J].福建农林大学学报:自然科学版,2013,42(6):584-588.

[11] 施和森.制茶中的干热和湿热作用[J].茶业通报,1989(3):

8-13.

[12] CHE Jiang-lv. Effects of dry heat on germination and storability of Luffa cylindrical[J]. Journal of Southern Agriculture, 2011, 173(s 3/4): 355-359.

[13] 安徽农学院.制茶学[M].北京:中国农业出版社,1989:344.

[14] 黄意欢.茶学实验技术[M].北京:中国农业出版社,1997.

[15] 朱旗,施兆鹏,童京汉,等. HPLC 检测分析速溶绿茶游离氨基酸[J].茶叶科学,2001,21(2):134-136.

[16] 姜东华,吕世懂,陈保,等.全自动顶空固相微萃取法分析紫娟茶香气成分[J].食品工业科技,2013,34(20):156-162.

[17] 宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003:451.

[18] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular Definition of Black Tea Taste by Means of Quantitative Studies, Taste Reconstitution, and Omission Experiments[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(13): 5 377-5 384.

[19] SCHARBERT S, HOLZMANN N, HOFMANN T. Identification of the astringency taste compounds in black tea infusions by combining instrumental analysis and human bioresponse[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(11): 3 498-3 508.

[20] 刘盼盼,邓余良,尹军峰,等.绿茶滋味量化及其与化学组分的相关性研究[J].中国食品学报,2014,14(12):173-181.

[21] 刘爽,杨停,谭俊峰,等.绿茶滋味定量描述分析及其化学成分的相关性研究[J].中国农学通报,2014(24):40-46.

[22] 施兆鹏,刘仲华.夏茶苦涩味化学实质的数学模型探讨[J].茶叶科学,1987(2):7-12.

[23] 徐文平,李大祥,张正竹,等.绿茶几种化学组分苦涩味非线性回归分析及在感官审评中的应用[J].茶叶科学,2010,30(5):75-82.

[24] 赵和涛.陈茶复火中主要化学变化及提高品质作用[J].蚕桑茶叶通讯,1993(2):30-33.

[25] 鲍忠赞,董荣建,邓昭浦,等.基于陈茶特征香气成分的绿茶新茶和陈茶鉴定方法的研究[J].茶叶科学,2015(6):583-588.

[26] 孔维婷,刘建军,司辉清.固相微萃取与气相色谱-质谱联用分析信阳毛尖香气成分[J].食品科学,2012(12):185-189.

[27] 叶国注,江用文,尹军峰,等.板栗香型绿茶香气成分特征研究[J].茶叶科学,2009,29(5):385-394.

(上接第 169 页)

[3] 凌育赵,曾满枝,严志云.超临界萃取气-质联用分析虎舌红挥发油化学成分[J].精细化工,2005,22(10):766-769.

[4] 凌育赵,曾满枝.虎舌红生物碱类成分的提取分离与结构鉴定[J].精细化工,2007,24(7):667-670.

[5] 刘经亮,凌育赵,王如意,等.虎舌红中黄酮类化学成分研究[J].中草药,2015,46(6):808-811.

[6] 凌育赵,凌苑妮,贾冰涛.大孔吸附树脂分离纯化虎舌红总黄酮[J].仲恺农业工程学院学报,2012,25(1):44-47.

[7] 张雪春,田智宇,王振兴,等.核桃青皮多糖微波辅助提取工艺及抗氧化活性研究[J].食品与机械,2016,32(7):146-151.

[8] 凌玉赵,曾满枝.虎舌红多糖的分离纯化与性质研究[J].分析实验室,2007,26(4):93-96.

[9] 张会香,杨世军,曾金.马蹄多糖微波辅助提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J].食品与机械,2016,32(6):164-167,219.

[10] 薛菁,吴晓彤,王颖超,等.超声波辅助提取口蘑菌丝体多糖工艺优化[J].食品与机械,2016,32(1):172-174.

[11] 郭丹钊,郑威,马海乐,等.超声波辅助提取樟芝菌丝体活性物质的工艺研究[J].食品与机械,2016,32(1):158-161,178.

[12] 郭金龙,陈有君,孙国琴,等.苯酚-硫酸法测定杏鲍菇多糖方法的研究[J].食品科学,2008,29(12):555-558.

[13] 刘慧燕,赵谋明.江篱低分子量多糖的提取以及抗氧化活性的研究[J].食品工业科技,2005,26(3):67-69.

[14] 郑立红.生姜乙醇提取物在猪油中的抗氧化性的实验研究[J].中国食品添加剂,2001,12(5):39-43.