

徐士钊, 齐 菲, 席雅琳, 等. 响应面法优化辽东楸木总皂苷提取工艺及其抗氧化作用[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(3): 204–209.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.036

响应面法优化辽东楸木总皂苷提取工艺及其抗氧化作用

徐士钊¹, 齐 菲¹, 席雅琳¹, 孙玮佳¹, 吴 玲¹, 楚冬海²

(1. 大连医科大学附属大连市中心医院, 辽宁大连 116033; 2. 辽宁科技学院, 辽宁本溪 117004)

摘要:考察乙醇体积分数、液料比、超声时间等单因素对辽东楸木总皂苷提取量的影响, 采用响应面 Box – Behnken Design 优化辽东楸木总皂苷的提取工艺, 并对辽东楸木总皂苷进行提取量测定及抗氧化作用的研究。响应面法最终优化结果表明, 乙醇体积分数为 85%, 液料比为 20 mL : 1 g, 超声时间为 60 min, 在此条件下测得辽东楸木总皂苷类提取量为 94.93 mg/g, 与预测值良好吻合。抗氧化活性结果表明, 辽东楸木总皂苷类对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 简称 DPPH) 自由基和 2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), 简称 ABTS] 自由基均有较好的清除能力, 当总皂苷的质量浓度为 57.83 mg/mL 时, 对 DPPH 自由基的清除率最大, 为 92.17%; 而对 ABTS 自由基的清除能力在总皂苷质量浓度为 19.28~96.39 mg/mL 范围内逐渐增强, 当其质量浓度为 96.39 mg/mL 时, 对 ABTS 自由基的清除率为 100%。

关键词:辽东楸木; 响应面法; 总皂苷; 提取工艺; DPPH 自由基; ABTS 自由基; 清除率; 抗氧化作用

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0204-05

辽东楸木 [*Aralia elata* (Miq.) Seem.] 别称龙牙楸木、刺龙牙、刺嫩芽、刺老鸦、东北野香椿等, 是一种食药兼用型的五加科 (Araliaceae) 楸木属 (*Aralia*) 植物, 为多年生落叶灌木或小乔木^[1]。在亚洲地区分布广泛, 我国主要分布在辽宁、吉林、黑龙江等地的山区, 尤其在长白山地区以及小兴安岭一带分布最为广泛; 在日本、朝鲜和俄罗斯的西伯利亚地区分布也相对较多^[1-2]。传统中医药记载其主要药用部位为树皮和根皮, 具有补气安神、强精滋肾、祛风活血、除湿止痛的功效, 可用于风湿性关节炎、肾气不足等症的辅助治疗^[3-4]。现代研究表明, 辽东楸木中主要含有皂苷类、氨基酸类、油脂类、黄酮类以及一些微量元素等化学成分, 其中现代文献对总皂苷类成分的研究最为广泛, 目前已经分离出了皂苷的多种苷元^[5-8]。此外, 对于辽东楸木药理作用的研究也较丰富, 辽东楸木可以刺激肾上腺皮质系统而具有一定的抗炎作用, 尤其对缓激肽介质的合成

与释放有明显的抑制作用, 临床上还用于治疗肾虚阳痿、气虚无力等症^[4,9-10]。通过对辽东楸木总皂苷提取工艺的优化以及抗氧化作用的研究, 为辽东楸木保健产品的开发研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料、仪器与试剂

辽东楸木嫩芽样品采于辽宁省丹东市, 经辽宁中医药大学中药鉴定教研室李峰教授鉴定为五加科 (Araliaceae) 楸木属 (*Aralia* Linn.) 辽东楸木 [*Aralia elata* (Miq.) Seem.] 的芽, 低温烘干, 粉碎并过 60 目筛备用。

主要仪器有 UV-1500 型紫外-可见分光光度计, 购自翱艺仪器(上海)有限公司; HH-4 数显恒温水浴锅, 购自常州赛普实验仪器厂; AR2140 电子分析天平, 购自奥豪斯仪器(上海)有限公司; KQ5200DB 型数控超声波清洗器, 购自昆山超声仪器有限公司; 101 型电热鼓风干燥箱, 购自北京市永光明医疗仪器有限公司; HP-01 无油真空泵, 购自邦西仪器科技(上海)有限公司。

主要试剂有齐敦果酸对照品(批号为 110709-200304)、DPPH 试剂(批号为 6KCYN-LT)、ABTS 试剂(批号为 619H032)、L(+)-抗坏血酸, 均购于

收稿日期: 2018-11-16

基金项目: 辽宁省大连市中医药相关科学研究计划(编号: 17Z1008); 辽宁省科技项目(编号: 20180551223, 2016003003)。

作者简介: 徐士钊(1988—), 男, 辽宁大连人, 博士研究生, 主管药师, 主要从事中药化学、中药化学分析及中药炮制机理研究。Tel: (0411) 84412001; E-mail: dazhao666@163.com。

中国药品生物制品检定所,对照品纯度达到 98% 以上;高氯酸、香草醛、冰乙酸、二氯甲烷、乙醇均为分析纯,水为蒸馏水。

1.2 试验方法

1.2.1 对照品溶液的制备 精确称取齐敦果酸对照品适量,加入甲醇制成含有 1.002 mg/mL 齐敦果酸对照品溶液^[11]。

1.2.2 标准曲线的制备 精确吸取齐敦果酸对照品溶液 40、60、80、100、120 μL,置于 5 mL 的容量瓶中,挥干溶剂,加入 0.4 mL 5% 香草醛 - 冰乙酸溶液,0.8 mL 高氯酸,于 60 ℃ 水浴中加热 20 min,放冷后用冰乙酸稀释至刻度^[12]。采用紫外分光光度法于 548 nm 下进行吸光度(*y*)测定,以测得的吸光度(*y*)为纵坐标、对照品的质量(*x*)为横坐标,绘制标准曲线,计算回归方程为 $y = 8.384\ 5x - 0.010\ 22$, $r = 0.999\ 9$,线性范围为 0.04 ~ 0.12 mg。测定结果见表 1。

表 1 对照品标准曲线制备

对照品质量 (mg)	吸光度
0.04	0.320 2
0.06	0.498 2
0.08	0.661 3
0.10	0.830 5
0.12	0.992 5

1.2.3 单因素对总皂苷提取量的影响试验 通过单一变量分别考察乙醇体积分数、液料比、超声时间等因素对辽东槲木总皂苷提取量的影响,以获得单因素影响提取工艺的最佳范围^[13]。

1.2.3.1 乙醇体积分数对总皂苷提取量的影响 称取辽东槲木粉末 5 份,每份 1.0 g,精确称定,分别置于具塞锥形瓶中,精确加入 70%、75%、80%、85%、90% 乙醇 30 mL,密塞,称定质量,超声处理(功率 100 W)60 min,放冷,再称定质量,用相应体积分数的乙醇补足失质量,摇匀,滤过,分别取续滤液 20 μL,置于 5 mL 量瓶中,挥干溶剂,加入 5 mL 0.4% 香草醛 - 冰乙酸溶液,0.8 mL 高氯酸,于 60 ℃ 水浴中加热 20 min,放冷后用冰乙酸稀释至刻度。采用紫外分光光度法于 548 nm 下进行吸光度测定,并测定不同乙醇浓度下的总皂苷提取量。

1.2.3.2 超声提取时间对总皂苷含量的影响 称取辽东槲木粉末 5 份,每份 1.0 g,精确称定,分别置具塞锥形瓶中,精确加入 85% 的乙醇 30 mL,密塞,称定质量,分别选取 35、50、65、80、95 min 等 5 个时

间点进行超声处理(功率 100 W),放冷,再称定质量,用 85% 乙醇补足失质量,摇匀,滤过,分别取续滤液 20 μL,置于 5 mL 量瓶中,挥干溶剂,加入 0.4 mL 5% 香草醛 - 冰乙酸溶液,0.8 mL 高氯酸,于 60 ℃ 水浴中加热 20 min,放冷后用冰乙酸稀释至刻度。采用紫外分光光度法于 548 nm 下进行吸光度测定,并测定不同超声时间的总皂苷提取量。

1.2.3.3 液料比对总皂苷提取量的影响 称取辽东槲木粉末 5 份,每份 1.0 g,精确称定,分别置于具塞锥形瓶中,精确加入 85% 乙醇各 15、20、25、30、35 mL,密塞,称定质量,超声处理(功率 100 W)60 min,放冷,再称定质量,用 85% 乙醇补足失质量,摇匀,滤过,分别取续滤液 20 μL,置于 5 mL 量瓶中,挥干溶剂,加入 0.4 mL 5% 香草醛 - 冰乙酸溶液,0.8 mL 高氯酸,于 60 ℃ 水浴中加热 20 min,放冷后用冰乙酸稀释至刻度。采用紫外分光光度法于 548 nm 下进行吸光度测定,并测定不同液料比的总皂苷提取量。

1.2.4 响应面法优化提取总皂苷类工艺的试验设计 根据单因素的试验结果,选取超声时间、液料比、乙醇体积分数等 3 个因素为影响总皂苷提取量的主要因素,进行 3 因素 3 水平的响应面设计,设计的因素及水平见表 2。

表 2 辽东槲木总皂苷类提取工艺响应面分析因素及水平

水平	因素		
	x_1 :超声时间 (min)	x_2 :液料比 (mL/g)	x_3 :乙醇体积分 数(%)
-1	50	15 : 1	75
0	65	20 : 1	80
1	80	25 : 1	85

1.2.5 辽东槲木总皂苷的抗氧化试验

1.2.5.1 辽东槲木总皂苷对 1 - 二苯基 - 2 - 三硝基苯肼(1,1 - diphenyl - 2 - picrylhydrazyl,简称 DPPH 自由基)清除能力的测定

1.2.5.1.1 DPPH 工作液的制备 精确称取 DPPH 固体适量,置于 250 mL 量瓶中,用无水乙醇进行定容,摇匀,制成质量浓度为 10 mg/mL 的 DPPH 工作液。

1.2.5.1.2 辽东槲木总皂苷清除 DPPH 自由基的测定方法 分别精确吸取 DPPH 工作液 4 mL 和不同质量浓度的总皂苷溶液 2 mL 置于试管中,混合均匀后在室温下避光处理 60 min,然后在波长为 517 nm 的条件下进行吸光度 D_1 的测定;再分别精确吸取 4 mL 无水乙醇和不同质量浓度的 2 mL 总皂苷溶液,按照上述方法同等处理后进行吸光度 D_2

的测定;分别精确吸取 4 mL DPPH 工作液和 2 mL 无水乙醇作为空白对照,按照上述方法同等处理后进行吸光度 D_0 的测定,以 $L(+)$ -抗坏血酸作为阳性对照。DPPH 自由基清除率 $= [D_0 - (D_1 - D_2)] / D_0 \times 100\%$ ^[14-16]。

1.2.5.2 辽东槲木总皂苷对 ABTS 自由基清除能力的测定

1.2.5.2.1 ABTS 工作液的制备 称量 386 mg 的 ABTS 用蒸馏水溶解后,定容至 100 mL;再称取 376.8 mg 的过硫酸钾用蒸馏水溶解后,定容至 25 mL;取 100 mL ABTS 溶液和 4.6 mL 过硫酸钾溶液混合,使 ABTS 溶液的浓度为 7 mmol/L,过硫酸钾溶液的浓度为 2.45 mmol/L,以上 2 种溶液混合后于室温下避光处理 16 h,使用前用无水乙醇进行稀释,使其在波长为 734 nm 处的吸光度值在 0.7 左右^[17]。若在 ABTS 工作液中加入辽东槲木的总皂苷溶液后,吸光度下降,说明该溶液对 ABTS 自由基存在清除作用,否则反之。

1.2.5.2.2 辽东槲木醇提物清除 ABTS 自由基的测定方法 精确吸取 4 mL ABTS 工作液和 0.6 mL 不同质量浓度的总皂苷溶液,并将其置于试管中混合均匀,在室温下避光处理 60 min,然后在波长为 734 nm 的条件下进行吸光度 D_1 的测定;分别精确吸取 4 mL 无水乙醇和 0.6 mL 不同质量浓度的总皂苷溶液,按照上述方法同等处理后进行吸光度 D_2 的测定;分别精确吸取 4 mL ABTS 工作液和 0.6 mL 无水乙醇作为空白对照,按照上述方法同等处理后进行吸光度 D_0 的测定,以 $L(+)$ -抗坏血酸作为阳性对照。ABTS 自由基清除率 $= [D_0(D_1 - D_2)] / D_0 \times 100\%$ ^[18]。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

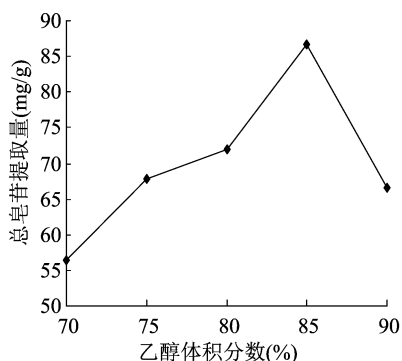


图1 不同体积分数乙醇对辽东槲木总皂苷提取量的影响

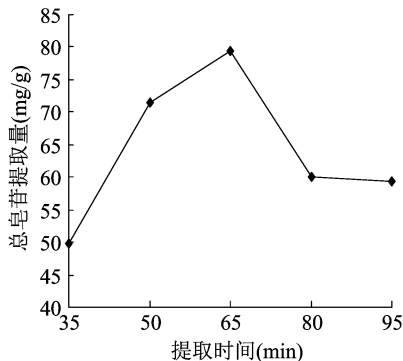


图2 超声提取时间对辽东槲木总皂苷提取量的影响

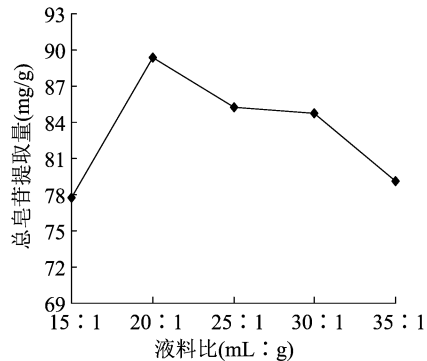


图3 液料比对辽东槲木总皂苷提取量的影响

2.1.1 不同体积分数乙醇对总皂苷提取量的影响

在超声提取时间为 60 min、液料比为 30 mL : 1 g 的条件下,不同乙醇浓度对辽东槲木总皂苷提取量的影响见图 1。辽东槲木总皂苷提取量随着乙醇体积分数的增加先升高再降低,当乙醇体积分数升至 85% 时,辽东槲木总皂苷提取量达到最大;当乙醇体积分数大于 85% 时,总皂苷提取量急剧降低。根据提取化学成分相似相容的原理,结合辽东槲木总皂苷含有的化学成分类型,将乙醇体积分数控制在 75% ~ 85%。

2.1.2 超声提取时间对总皂苷提取量的影响 在乙醇体积分数为 85%、液料比为 30 mL : 1 g 的条件下,不同超声提取对辽东槲木总皂苷提取的影响见图 2。超声提取时间在 35 ~ 65 min 范围内,辽东槲木总皂苷提取量呈升高趋势,在 65 min 时达到最大值,再增加提取时间,总皂苷提取量降低。随着提取时间的延长,总皂苷不断被提取出来,65 min 后总皂苷提取量降低,一方面可能是总皂苷发生水解,结构发生变化,另一方面提取出来的其他成分影响总皂苷的提取量,因此提取时间应控制在 50 ~ 80 min。

2.1.3 液料比对辽东槲木总皂苷提取量的影响

在乙醇体积分数为 85%、超声提取时间为 65 min 的条件下,不同液料比对辽东槲木总皂苷提取量的影响见图 3。液料比从 15 mL : 1 g 增大到 20 mL : 1 g 时,由于浓度差异扩大导致辽东槲木总皂苷向溶液迅速渗透,使其提取量显著增加;在 (25 ~ 35) mL : 1 g 液料比的范围内,对辽东槲木总皂苷的提取量影响不大,液料比应控制在 (15 ~ 25) mL : 1 g。

2.2 响应面法优化辽东槲木总皂苷提取工艺试验结果

2.2.1 响应面设计方案与结果 在单因素试验考

察的基础上,依据 Box – Behnken 中心设计原理,确定响应面分析的因素和水平,选择超声时间(x_1)、液料比(x_2)、乙醇体积分数(x_3)等 3 个因素为影响总皂苷提取量的主要因素,辽东槲木总皂苷提取量为响应值进行考察。运用 Design – Expert 8.0.5 软件进行响应面设计和分析,对辽东槲木总皂苷提取工艺进行优化,试验结果见表 3。

表 3 辽东槲木总皂苷提取响应面试验方案及测定结果				
试验号	因素			总皂苷提取量 (mg/g)
	x_1	x_2	x_3	
1	65	20	80	54.258 0
2	80	25	80	43.351 1
3	65	20	80	51.543 1
4	80	15	80	57.029 5
5	50	20	75	52.261 8
6	65	20	80	55.274 9
7	65	15	75	90.910 3
8	65	25	75	103.913 0
9	65	25	85	93.898 2
10	65	20	80	56.657 1
11	65	15	85	104.311 0
12	80	20	75	50.775 2
13	50	20	85	49.448 0
14	50	15	80	38.371 7
15	80	20	85	56.065 2
16	50	25	80	54.669 0
17	65	20	80	53.889 7

运用 Design – Expert 8.0.5 软件,得出辽东槲木总皂苷提取量与超声时间(x_1)、液料比(x_2)、乙醇

体积分数(x_3)之间的回归方程: $y = 5\ 662.82 + 15.49x_1 - 14.79x_2 - 148.44x_3 - 0.099x_1x_2 + 0.027x_1x_3 - 0.23x_2x_3 - 0.12x_1^2 + 0.80x_2^2 + 0.95x_3^2$ ($r^2 = 0.997\ 9, r_a^2 = 0.995\ 2$)。回归分析及方差分析结果见表 4。

回归方程的 $P < 0.01$,说明本试验采用的回归模型具有统计学意义;失拟项的 P 值为 $0.974\ 8 > 0.05$,说明回归模型无失拟因素的存在,拟合程度相对较好,可反映出总皂苷的提取量与液料比、超声时间、乙醇浓度之间的关系,说明响应面法优化辽东槲木总皂苷提取工艺的可行性。通过对试验结果的拟合分析,得出最佳的提取工艺:液料比为 20 mL : 1 g,超声时间为 58.97 min,乙醇体积分数为 84.95%,总皂苷提取量的预测值为 95.34 mg/g。根据影响因素的实际情况,可将提取工艺调整为液料比 20 mL : 1 g,超声时间 60 min,乙醇体积分数 85%。在此条件下对辽东槲木药材进行提取工艺的验证,测得平均总皂苷提取量为 94.93 mg/g,实测值与预测值的偏差为 0.43%,体现回归方程具有较好的可行性。

2.2.2 辽东槲木总皂苷提取工艺的验证 称取 1.0 g 辽东槲木粉末,精确称定,置于具塞锥形瓶中,精确加入 20 mL 85% 乙醇,密塞,称定质量,超声处理(功率 100 W)60 min,放冷,再称定质量,用 85% 乙醇补足失质量,摇匀,滤过,取续滤液 20 μ L,按照标准曲线的制备方法进行测定。根据上述方法测得辽东槲木总皂苷的提取量为 94.93 mg/g,且方法学考察的各项指标均符合要求,测定结果见表 5。

表 4 回归模型的各项方差分析					
方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	7 082.82	9	786.98	367.56	<0.000 1
x_1	19.44	1	19.44	9.08	0.019 6
x_2	3.39	1	3.39	1.58	0.248 5
x_3	4.30	1	4.30	2.01	0.199 6
x_1x_2	224.64	1	224.64	104.92	<0.000 1
x_1x_3	16.42	1	16.42	7.67	0.027 7
x_2x_3	137.07	1	137.07	64.02	<0.000 1
x_1^2	2 856.16	1	2 856.16	1 333.97	<0.000 1
x_2^2	1 696.98	1	1 696.8	792.58	<0.000 1
x_3^2	2 396.63	1	2 396.63	1 119.35	<0.000 1
残差	14.99	7	2.14		
失拟项	0.71	3	0.24	0.07	0.974 8
误差	14.27	4	3.57		
总差	7 097.81	16			

表 5 辽东槲木总皂苷提取量测定结果

样品编号	称样量 (g)	吸光度	总皂苷提取量 (mg/g)
1	1.001 3	0.798 6	96.34
2	1.012 5	0.797 4	95.13
3	1.034 6	0.799 3	93.32
平均			94.93

注:相对标准差为 1.6%。

2.3 辽东槲木总皂苷的抗氧化活性

2.3.1 辽东槲木总皂苷对 DPPH 自由基的清除能力

辽东槲木总皂苷对 DPPH 自由基有一定的清除作用,表现出较强的抗氧化能力,但与对照药物抗坏血酸相比,辽东槲木总皂苷的抗氧化能力要弱于抗坏血酸。总皂苷溶液的质量浓度在 0.1~0.4 mg/mL 范围内时,总皂苷质量浓度的变化对 DPPH 自由基清除率的影响较大,当总皂苷质量浓度为 0.4 mg/mL 时,对 DPPH 自由基的清除率为 87.30%;而总皂苷质量浓度在大于 0.4 mg/mL 时,对 DPPH 自由基的清除率变化平缓,清除能力达到最高极限,测定结果见图 4。

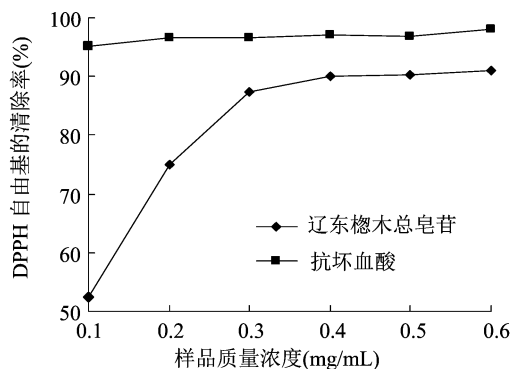


图 4 辽东槲木总皂苷对 DPPH 自由基的清除能力

2.3.2 辽东槲木总皂苷对 ABTS 自由基的清除能力

辽东槲木总皂苷清除 ABTS 自由基的能力随总皂苷溶液质量浓度的增加而增强;不同质量浓度抗坏血酸清除 ABTS 自由基的能力恒定,但辽东槲木总皂苷溶液清除 ABTS 自由基的能力弱于抗坏血酸。总皂苷溶液的质量浓度在 0.1~0.6 mg/mL 范围内,对 ABTS 自由基的清除能力与质量浓度呈正相关;当质量浓度大于 0.6 mg/g 时,对 ABTS 自由基的清除率升高趋势变缓;总皂苷质量浓度为 1.0 mg/g 时,清除率达到最大值,为 96.07% (图 5)。

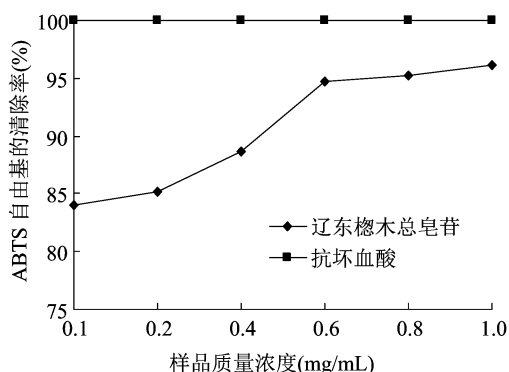


图 5 辽东槲木总皂苷对 ABTS 自由基的清除能力

皂苷提取量为 94.93 mg/g,实测值与模型预测值无显著差异,说明该方法稳定可靠,为准确测定辽东槲木中总皂苷提取量奠定了基础。辽东槲木中总皂苷抗氧化作用的研究表明,总皂苷具有较强的抗氧化能力,综合比较辽东槲木总皂苷与抗坏血酸分别清除 DPPH 自由基和 ABTS 自由基的能力,总皂苷与抗坏血酸的抗氧化作用有一定的差异,但作为一种天然来源的抗氧化剂,总皂苷具有较好的抗氧化活性。该研究可为辽东槲木保健产品的进一步开发研究提供科学依据^[19]。

参考文献:

- [1] 中国植物志编委会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1978: 160-167.
- [2] 李书心. 辽宁植物志[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1988:1268.
- [3] 宋少江,徐绥绪,曹颖林. 辽东槲木总皂苷降血糖作用研究[J]. 中药研究与信息,2005,7(5):7-9.
- [4] 李明,鲁卫星. 龙牙槲木药理研究进展[J]. 医学综述,2009, 15(20):3157-3160.
- [5] 张桂娟. 辽东木化学成分及其生物活性研究进展[J]. 黑龙江医药,2014,27(4):798-801.
- [6] 齐明明. 食用龙牙槲木化学成分分析与品质评价[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2017.
- [7] 张家鑫,田瑜,钟晓明,等. 辽东槲木三萜皂苷类化学成分的研究[J]. 中国药房,2013,24(15):1380-1382.
- [8] 张家鑫,田瑜,孙桂波,等. 龙牙槲木皂苷类成分及药理活性研究进展[J]. 中草药,2013,44(6):770-779.
- [9] 赵俊男,谭玉婷,姜天童,等. 龙牙槲木药理作用研究进展[J]. 吉林中医药,2016,36(2):207-210.
- [10] 温富春,徐惠波,丁涛,等. 龙牙槲木总皂苷抗心肌缺血作用研究[J]. 世界科学技术,2005(增刊1):5-8.
- [11] 李百美,孙宜春,王秋红,等. 不同产地和不同采收期辽东槲木叶中两种皂苷的含量测定[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23 (11):59-62.
- [12] 黄福山. 辽东槲木愈伤组织及植株皂苷含量的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012.

3 结论

通过响应面法优化辽东槲木总皂苷提取工艺的最终工艺为液料比 20 mL:1 g,超声时间 60 min,乙醇体积分数 85%。在此条件下,测得辽东槲木总

张腊腊, 韩明虎, 胡浩斌, 等. 基于主成分分析的苹果品质综合评价[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(3): 209–213.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.037

基于主成分分析的苹果品质综合评价

张腊腊, 韩明虎, 胡浩斌, 武 芸, 王丽朋

(陇东学院化学化工学院, 甘肃庆阳 745000)

摘要:建立庆阳苹果的综合评价体系,为庆阳苹果的改进和推广宣传提供科学参考。以庆阳地区 7 县 1 区 8 个地方以及 2 个其他地区的苹果为试材,测定了果皮色泽、可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、花青苷含量、可滴定总酸含量等 10 个主要果实品质指标,采用多元统计的主成分分析法进行了相关性分析,并与陕西洛川和甘肃静宁的苹果品质作了简单的对比。结果表明,采用主成分分析法提取出的 4 个主成分的累积贡献率达到 81.137%,说明这 4 个主成分可以反映庆阳苹果品质的大部分信息,固酸比、果形指数、可溶性总糖和果皮色泽为简化后的 4 个指标。庆阳地区苹果综合品质高低的顺序为庆城县 > 环县 > 合水县 > 宁县 > 静宁县 > 西峰区温泉镇黄官寨村 > 镇原县 > 西峰区温泉镇刘家店村 > 正宁县 > 洛川县。

关键词:苹果;品质;果皮色泽;可溶性固形物;可溶性糖;花青苷;主成分分析

中图分类号: TS255.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0209-05

甘肃省庆阳市由于其特殊的地理位置成为我国优质苹果的理想栽植地。庆阳市的苹果种植主要分布在西峰区、宁县等 8 个县(区),在改善农民就业状态、提高庆阳市农村经济收入等方面苹果产业发挥了至关重要的作用^[1-2]。“庆阳苹果果真好”作为庆阳苹果的宣传语已被人们熟知,但是对于庆阳苹果的品质分析目前并没有系统的研究。苹果品质评价指标有外观评价指标(单果质量、果皮色泽等)、成分品质评价指标(可溶性固形物含量、总酸含量、维生素 C 含量、和果皮花青苷含量等)^[3-6]。苹果品质决定了其在市场上的竞争力,苹果果皮和果肉的颜色在很大程度上取决于生长过程中花青苷的含量。花青苷属于黄酮类化合物,

现已被证实具有多种生理活性,比如抗氧化、改善视力等^[7-9]。花青苷的合成与苹果中的含糖量有密不可分的关系,有研究表明,糖不仅是合成花青苷的前体物质,还是调解花青苷合成的信号物质;固酸比也是影响苹果口感的一个重要指标^[10-11]。苹果酸是苹果有机酸中的重要成分,采用酶联免疫吸附法测定了样品中的苹果酸含量^[12-14]。

目前国内对于庆阳苹果的研究并不多,已有的研究主要集中在果树品种引进及栽培技术方面。本试验以庆阳市 7 县 1 区 8 个不同示范果园以及 2 个其他地区的苹果作为研究对象,采用主成分分析法对所测得的苹果品质评价指标进行分类,再根据最终的综合品质得分对庆阳苹果进行系统的评价,以期对庆阳苹果的品质改进和推广宣传提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为庆阳市 8 个不同县(区)以及 2 个

收稿日期:2018-12-19

基金项目:甘肃省应用化学省级重点学科建设项目(编号:GSACK20130113);陇东学院重点建设学科项目(编号:No.LDKCD201704)。

作者简介:张腊腊(1986—),女,甘肃庆城人,硕士研究生,讲师,主要从事食品深加工研究。E-mail:1029057094@qq.com。

[13]姚丽琴,田 明. 从龙牙楸木药材乙醇提取物中水解楸木皂苷工艺优选[J]. 中国中医药信息杂志,2018,25(1):59-63.

[14]管福琴,刘 敏,单 宇,等. 灰毡毛忍冬中五环三萜类化合物的抗氧化活性研究[J]. 时珍国医国药,2013,24(6):1315-1317.

[15]崔月花,章克昌. 灵芝三萜皂苷(GCTLI)的体外抗氧化作用[J]. 食品科学,2010,31(19):49-53.

[16]孙延芳,梁宗锁,刘 政,等. 酸枣果三萜皂苷抑菌和抗氧化活

性的研究[J]. 食品工业科技,2012,33(6):139-142.

[17]杨 洁,高凤祥,杨 敏,等. 藜麦皮总皂苷微波辅助提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械,2017,33(12):148-153.

[18]刘金璐,雷永平,王晓林,等. 刺玫果总皂苷的纯化工艺及体外活性研究[J]. 吉林化工学院学报,2018,35(09):16-23.

[19]姜 鹭,姜 新. 楸木属植物研究现状与展望[J]. 河北农业科学,2008,12(5):87-90.