

Folin-Ciocalteu 法测定昭通苹果总酚含量

袁晓春¹, 李辅碧², 陈屏昭¹ (1. 昭通学院, 云南昭通 657000; 2. 昭通市食品药品检验所, 云南昭通 657000)

摘要 [目的] 采用 Folin-Ciocalteu 法测定苹果总酚含量, 探索基层实验室快速准确测定苹果总酚的有效方法, 为昭通苹果生产及加工工艺提供科学依据。[方法] 采用 70% 乙醇酸性溶液作溶剂, 35 °C 下超声提取苹果总酚, 以 Folin-Ciocalteu 试剂和 120 g/L Na₂CO₃ 溶液处理, 在 765 nm 处测其吸光度。[结果] 以没食子酸为标准, 质量浓度在 0~125.4 mg/L 范围内与吸光度线性关系良好($r=0.9991$), 据此测定昭通苹果试样的总酚含量范围为 361.1~1 008.0 mg/kg, 加标回收率试验结果为 103.2%, RSD 1.4%。[结论] 该方法操作简便, 重复性好, 结果准确可靠, 适用于基层实验室。

关键词 昭通苹果; Folin-Ciocalteu 法; 测定; 总酚

中图分类号 S609.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)21-292-03

Measure of Total Polyphenols Content in Zhaotong Apples by Folin-Ciocalteu Method

YUAN Xiao-chun¹, LI Fu-bi², CHEN Ping-zhao¹ (1. Zhaotong University, Zhaotong, Yunnan 657000; 2. Food and Drug Inspection Office in Zhaotong City, Zhaotong, Yunnan 657000)

Abstract [Objective] In order to provide scientific basis for production and processing of apples in Zhaotong, as well as finding convenient and exact method of measuring the total polyphenol in apples, the total polyphenol content was measured by Folin-Ciocalteu assay. [Method] Using 70% acid ethyl alcohol as the solvent, total polyphenols of apples was extracted by supersonic method at 35 °C, then added Folin-Ciocalteu reagent and 120 g/L Na₂CO₃ solution, and measured the absorbancy at 765 nm. [Result] Basing on gallic acid, the mass concentration had an obvious linear relation with absorbency within the scope of 0-125.4 mg/L ($r=0.9991$). As a consequence, the total polyphenols content in samples is 361.1-1 008.0 mg/kg, and adding standard recovery result is 103.2%, RSD 1.4%. [Conclusion] This method is convenient, repeatable and faithful, suitable for basic level laboratory.

Key words Zhaotong apples; Folin-Ciocalteu assay; Determination; Total polyphenol

近年来,广泛存在于蔬菜、水果、豆类、谷物类等植物中的植物多酚,因其重要作用,而倍受人们关注。植物多酚在苹果、葡萄、荔枝、浆果等水果中的含量极高。苹果是多酚的主要来源,苹果多酚具有独特的生理功能活性,是一种有效的自由基清除剂,具有很好的开发应用前景^[1]。

苹果中富含维生素、矿物质、黄酮类、酚类等活性物质,是一种很好的食材,无论西洋苹果还是中国苹果,都深受人们的喜爱。有研究表明,苹果是荷兰人饮食中第三大黄酮醇类物质的食物来源,仅居于茶和洋葱之下;在芬兰,则与洋葱并列第一。在美国水果酚类的 22% 来自于苹果,排列第一。一系列研究表明,吃苹果和预防许多慢性病是相关的,冠心病、慢性阻塞性肺病、脑中风均和食用苹果量相关。我国老百姓喜爱苹果,普遍认同吃苹果时连皮吃更有营养。研究证明,水果果皮中的多酚含量确实比果肉中的要多。苹果的基因型、培育条件、生长区都对苹果多酚的浓度和清除自由基能力起到不同的作用,果皮的作用更明显,这是因为致病的压力大多作用于果皮^[2-4]。

我国苹果古称为“柰”,我国史书自汉以后历代皆有记载^[4]。昭通苹果种植历史悠久,于 1940 年便被引入栽种^[5],发展至今,具有了早果、丰产、果面色泽鲜艳、风味香甜浓郁、肉质爽脆可口,成熟期较北方早 30 d 等特点。加之得天独厚的地理优势和区位优势,昭通由此赢得“苹果之乡”的美誉^[6]。近年来,虽然昭通苹果产量大增,但在苹果的品质提

升和加工等方面还需提高和发展。研究昭通苹果多酚对提升昭通苹果品质和苹果生产具有现实意义。

考虑到基层实验室人力、物力有限的现状,拟定以乙醇为溶剂,利用超声提取技术,采用 Folin-Ciocalteu 法,常温下测定苹果多酚。此法所需设备仪器简单,试验操作简便快速。力求通过试验,探索出基层实验室简单、快速、准确测定苹果总酚的有效方法。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试样。昭通本土出产的红富士苹果样品 1、2、3、4、5 号(1 号、2 号由陈屏昭提供, 3 号、4 号、5 号从市场分批购进)。

1.1.2 主要试剂。没食子酸标准品,中国食品药品检定研究院;无水乙醇(分析纯),成都市科龙化工试剂厂;盐酸(优级纯),西陇化工股份有限公司;Folin-Ciocalteu 试剂(分析纯),上海荔达生物科技有限公司;无水碳酸钠(分析纯),天津化学试剂三厂;水,超纯水。

1.1.3 主要仪器。HR2843 Philips 搅拌机,巴西制造;MS-105DU 电子天平,梅特勒-托利多公司;PHS-828 型酸度计,上海精密科学仪器有限公司;UC-7100S 超声波清洗器,美瑞泰克科技(天津)有限公司;TG16WS 台式高速离心机,长沙湘仪离心机仪器有限公司;UV2550 紫外可见分光光度计,日本岛津公司。

1.2 方法

1.2.1 试剂的配制。没食子酸标准溶液(现配):用电子天平称取 0.020 90 g 没食子酸标准品溶解于 7.0 ml 的无水乙醇中,并用水定容至 100 ml,计算其浓度为 209.0 mg/L。

120 g/L Na₂CO₃ 溶液:称取 120 g 无水 Na₂CO₃,溶于水

基金项目 云南省教育厅科学研究基金项目(09y0448);国家自然科学基金项目(30771497)。

作者简介 袁晓春(1968-),女,云南威信人,讲师,从事物质成分分析及其应用的研究。

收稿日期 2015-05-29

并定容至 1 000 ml。70% 乙醇酸性溶液^[7]:量取 700 ml 乙醇,加水稀释定容至 1 000 ml,并滴加盐酸,调节溶液酸度至 pH 4.30。

1.2.2 试验条件的选择。

1.2.2.1 选择试验波长。准确移取 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液 0.50 ml 于 25 ml 容量瓶,先加 6 ml 左右水稀释,再依次加入 1.00 ml Folin-Ciocalteu 试剂和一定体积的 120 g/L Na₂CO₃ 溶液,定容摇匀,25 °C 下反应一段时间,于不同波长处测其吸光度。

1.2.2.2 选择显色条件。综合文献资料^[7-18]和基层实验室条件,通过试验选择测定苹果多酚的显色条件:准确移取 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液 0.50 ml 于 25 ml 容量瓶,先加 6 ml 左右水稀释,再依次加入 1.00 ml Folin-Ciocalteu 试剂和不同体积的 120 g/L Na₂CO₃ 溶液,定容摇匀。25 °C 下反应一段时间后,每间隔 15 min,于“1.2.2.1”试验确定的波长处,分别测定其吸光度。依据试验结果,确定 Na₂CO₃ 溶液用量及显色时间。

1.2.3 绘制标准曲线。准确移取不同体积的 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液,按照“1.2.2”进行试验,绘制标准曲线。

1.2.4 测定苹果多酚总量。将苹果样品洗净后用不锈钢刀具切开,检出果籽并记录苹果籽颜色,后将剩余部分(包括果核、果皮)切成 5 mm 以下的碎块,混匀后称取 100 g 放入搅拌瓶,加水 100 ml 后破碎 60 s,制成匀浆^[12]。准确称取该匀浆 10 g,以 70% 乙醇酸性溶液定容至 100 ml,35 °C 下超声提取 40 min,冷却,用干燥滤纸过滤;准确移取滤液 1.00 ml,按照“1.2.2”进行试验,并依据标准曲线计算样品中苹果多酚含量。

1.2.5 方法评价。按“1.2.4”试验方法进行以下试验。①重复性试验:从同一批样品中随机抽取 5 个苹果,分别制成匀浆后测其吸光度,计算总酚及其相对标准偏差。②精密度试验:对同一苹果样品待测试液的吸光度平行测定 5 次,计算总酚及其相对标准偏差。③加标回收率试验:向已知苹果多酚含量的样品试液中,分别加入一定体积的 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液,测定其吸光度,并计算其总酚回收率及其相对标准偏差。

2 结果与分析

2.1 确定测试波长 准确移取 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液 0.50 ml 于 25 ml 容量瓶,先加 6 ml 左右水稀释,再依次加入 1.00 ml Folin-Ciocalteu 试剂和 8.00 ml 120 g/L Na₂CO₃ 溶液,定容摇匀,25 °C 下反应 60 min,于 700 ~ 800 nm 波长范围内测其吸光度。

由表 1 表明,在 765 nm 处吸光度最大,确定 765 nm 为该试验的测定波长。

2.2 反应条件的确定

2.2.1 确定 Na₂CO₃ 用量。准确移取 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液 0.50 ml 于 25 ml 容量瓶,先加 6 ml 左右水稀释,再依次加入 1.00 ml Folin-Ciocalteu 试剂和不同体积的 120 g/L Na₂CO₃ 溶液,定容摇匀,25 °C 下反应 60 min,于 765 nm 波长

处测其吸光度。

表 1 确定测试波长试验

波长//nm	吸光度	波长//nm	吸光度
725	0.556	765	0.579
735	0.565	775	0.574
745	0.573	785	0.570
755	0.577	795	0.555

另取苹果试液在相同条件下进行测定,发现 Na₂CO₃ 用量在 4.00 ~ 8.00 ml 范围内,试液出现少量白色沉淀;Na₂CO₃ 用量大于 8.00 ml 以后,白色沉淀较多(表 2),这与文献资料的结果一致^[13]。考虑到白色沉淀的生成将影响吸光度测定,少量白色沉淀量影响较小,因此确定 120 g/L Na₂CO₃ 用量为 8.00 ml,并且在测定苹果多酚时,先将显色试液进行离心处理,再测定吸光度。

表 2 确定 Na₂CO₃ 用量试验

Na ₂ CO ₃ //ml	吸光度	Na ₂ CO ₃ //ml	吸光度
4.00	0.499	9.00	0.581
6.00	0.560	10.00	0.584
7.00	0.561	11.00	0.586
8.00	0.579	12.00	0.598

2.2.2 确定显色时间。准确移取 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液 0.50 ml 于 25 ml 容量瓶,先加 6 ml 左右水稀释,再依次加入 1.00 ml Folin-Ciocalteu 试剂和 8.00 ml 120 g/L Na₂CO₃ 溶液,定容摇匀,25 °C 下反应 15 min 后开始,于 765 nm 波长处测定其吸光度,每间隔 15 min 测定一次。表 3 表明,显色反应在 60 min 后的吸光度趋于稳定。

表 3 确定显色时间试验

时间//min	吸光度	时间//min	吸光度
15	0.554	75	0.580
30	0.563	90	0.581
45	0.570	105	0.582
60	0.579	120	0.582

由此确定此次试验的反应条件:Folin-Ciocalteu 试剂用量为 1.00 ml,120 g/L Na₂CO₃ 用量为 8.00 ml,25 °C 下显色 60 min。

2.3 绘制标准曲线 准确移取 209.0 mg/L 没食子酸标准溶液 0、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50、0.60 ml 于 25 ml 容量瓶,先加 6 ml 左右水稀释,再依次加入 1.00 ml Folin-Ciocalteu 试剂和 8.00 ml 120 g/L Na₂CO₃ 溶液,定容摇匀,25 °C 下反应 60 min,于 765 nm 处测定其吸光度(表 4)。

据此以吸光度对没食子酸标准溶液的质量浓度作图,总酚含量在 0 ~ 125.4 mg/L 范围内与吸光度呈良好的线性关系,线性计算公式 $y = 0.0054x + 0.0136$, $r = 0.9991$ 。

2.4 方法评价

2.4.1 重复性试验。分别从 1 号、3 号苹果样品中,随机抽取 5 个苹果,按照“1.2.4”的方法试验并计算。由表 5 可见,

1号苹果总酚平均含量384.5 mg/kg, *RSD* 4.0%; 3号苹果总酚平均含量968.1 mg/kg, *RSD* 3.6%。

表4 绘制标准曲线试验

质量浓度// mg/L	吸光度	质量浓度// mg/L	吸光度
0.00	0.000	83.60	0.478
20.90	0.126	104.5	0.571
41.80	0.254	125.4	0.689
62.70	0.363		

表5 重复性试验

样品	总酚//mg/kg					平均 mg/kg	<i>RSD</i> %
	重复1	重复2	重复3	重复4	重复5		
1号	402.2	391.8	361.1	385.7	381.8	384.5	4.0
3号	1 008.0	969.8	912.7	982.1	967.9	968.1	3.6

2.4.2 精密度试验。对4号苹果试液平行5次测定吸光度并计算,得到5次测定总酚含量分别为792.1、788.6、802.5、806.0、809.5 mg/kg,平均799.7 mg/kg, *RSD* 1.1%。

2.4.3 稳定性试验。选用3号苹果试液,在完成测定后的下列各时间段,再测定其吸光度并计算。试验得出,在10、20、30、40、50、60 min时,总酚含量依次为1 008.0、1 012.0、1 015.0、1 022.0、1 018.0、1 015.0 mg/kg, *RSD* 0.5%。

2.4.4 加标回收率试验。准确吸取4号苹果试液0.50 ml,分别加入0.15、0.20、0.25 ml的209.0 mg/L没食子酸标准溶液,按照“1.2.4”试验方法测定其吸光度并计算,结果见表6。

表6 加标回收率试验

试验号	样品含量	加入量	测得量	回收率	平均回收率	<i>RSD</i>
	μg	μg	μg	%	%	%
4号	39.98	31.35	74.52	104.5	103.2	1.4
			74.89	105.0		
			75.07	105.2		
	39.98	41.80	83.78	102.4		
			83.96	102.7		
			83.41	102.0		
	39.98	52.25	93.77	101.7		
			93.96	101.9		
			94.52	102.4		

试验数据表明,该试验方法的重复性、稳定性、回收率较好。

2.5 试样苹果多酚的测定从1、2、3、4、5号样品中随机抽取2个^[8],按照“1.2.4”试验方法测定并计算,得出1号苹果样品中总酚含量分别为402.2、361.1 mg/kg,2号苹果样品总酚含量分别为466.0、452.3 mg/kg,3号苹果样品总酚含量分别为1 008.0、912.7 mg/kg,4号苹果样品总酚含量分别为792.1、808.0 mg/kg,5号苹果样品总酚含量分别为630.8、651.8 mg/kg。此次试验试样的苹果多酚含量范围361.1~1 008.0 mg/kg。

3 结论与讨论

采用70%乙醇酸性溶液作溶剂,35℃下超声提取苹果总酚,以Folin-Ciocalteu法测定苹果总酚的反应条件:Folin-

Ciocalteu试剂用量1.00 ml,120 g/L Na₂CO₃用量8.00 ml,25℃下显色60 min。以没食子酸为标准,在0~125.4 mg/L范围内呈良好的线性关系($y = 0.0054x + 0.0136$, $r = 0.9991$)。方法简单、快速、准确,适用于基层实验室测定苹果多酚。

样品1号和2号着色浅红,甜脆,采摘后低温保存约25 d;3号着色红黑,果肉有些许涩味,采摘后低温保存约30 d;4号和5号着色红色,甜脆,采摘后低温保存约3 d。试验结果表明,果面着色较深、果籽颜色较深、果子涩味较浓、采摘后保存时间较短的苹果,其总酚含量较高。样品的苹果总酚含量范围:361.1~1 008.0 mg/kg,差别较大;这与苹果品种、生长条件、采摘时间、成熟度、保存方法等因素有关。此试验结果与国内外文献资料相符^[19-21]。

1号样品经过亚硫酸氢盐处理,2号样品为其对照品,1号样品的总酚含量稍低于2号样品。亚硫酸氢盐对云南昭通红富士苹果产量和品质的影响较大,能有效促进果实增产,改善果实外观品质,提升果实内在品质(如提高维生素C的含量等)^[22-23]。但是维生素C的含量会随着苹果贮存时间的延长而降低。赵晓娟等的研究表明,在测定苹果醋饮料总酚时,添加维生素C后的吸光度比对照品的吸光度有较明显的增加^[24]。因此,在测定苹果多酚时,不能忽视样品中存在的维生素C对测定的影响。维生素C含量高低对测定苹果多酚的影响程度还需进一步研究。

苹果果肉、果皮、叶子中酚类的类别和质量构成了苹果饮食的健康功效,深入了解苹果酚类动态变化有助于育种计划的制定^[25]。测定苹果多酚并掌握其变化情况,对进一步提高苹果品质具有重要意义。

参考文献

- [1] 左丽丽,王振宇,樊梓鸾,等.植物多酚类物质及其功能研究进展[J].中国林副特产,2012(5):39-43.
- [2] WOLFE K L,LIU R H. Apple peels as a value-added food ingredient[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51:1676-1683.
- [3] LAMPERI L,CHIUMINATTO U,CINCINELLI A,et al. Polyphenol levels and free radical scavenging activities of four apple cultivars from integrated and organic farming in different Italian areas[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2008,56:6536-6546.
- [4] 李育农.苹果起源演化的考察研究[J].园艺学报,1999,26(4):213-220.
- [5] 蔡兆翔.提高昭通市苹果商品性的技术措施[J].中国南方果树,2007,36(1):69-71.
- [6] 杨顺强,吴银梅,陈屏昭,等.昭通苹果生产现状、存在问题及对策[J].农技服务,2010,27(1):80-81,155.
- [7] 杨春,王贤萍,段泽敏,等.苹果多酚优化提取条件的研究[J].农产品加工,2006(12):13-16.
- [8] 李文仙,俞丹,林玲,等. Folin-Ciocalteu比色法应用于蔬菜和水果总多酚含量测定的研究[J].营养学报,2011,33(3):302-307.
- [9] 金莹,孙爱东,崔莉,等.苹果多酚超声波提取条件的优化研究[J].食品工业科技,2005,26(12):99-100.
- [10] 李贤萍,段泽敏,孟晶岩,等.超声波提取苹果多酚类物质的优化研究[J].山西农业科学,2007,35(5):34-38.
- [11] 陶令霞,常慧萍,王浩,等.苹果多酚的超声辅助提取条件优化及其抗葵花籽油氧化活性研究[J].食品工业,2008,29(3):41-43.
- [12] 孟晶岩,王贤萍,段泽敏,等.不同苹果品种多酚含量的比较与提取利用研究[J].天然产物研究与开发,2006,34(4):36-38.
- [13] 韩菊,魏福祥. Folin-Ciocalteu比色法测定苹果渣中的多酚[J].食品科学,2010,31(4):179-182.

辈收入与其健康水平的相关关系数值为 0.068,说明子辈收入与其健康水平存在正相关关系。但其实际显著性水平为 0.253,远大于理论显著性水平 0.01,相关性分析的结果也不理想。推测可能的原因有:一是在所有影响收入的因素中,健康状况的作用相对较小;二是健康水平本身的复杂性,衡量指标存在偏差,学术界有诸多关于衡量健康指标方法的研究,但始终没有形成一个统一的衡量方法。

3.2 基于代际传递角度对影响子辈健康水平因素的实证分析 将数据录入 SPSS19.0,对模型进行二元 Logit 回归,结果显示:在 90% 的显著性水平下,health、income、education 所对应的 *P* 值为 0.030、0.264、0.188。该输出结果表明父辈的健康程度(health)对子辈的健康有重要的作用,这可以从遗传角度来解释,与预期相符合。而父辈对子辈的健康投资(income)和对健康的认知水平(education)这 2 个因素对子辈健康的影响相对较弱,回归结果并不理想。

虽然健康与遗传有直接关系,但科学研究已表明后期对健康投资,包括医疗保健、营养摄入等都会对人体健康产生重要影响。父辈对子辈的健康投资这一变量回归结果与实际有偏差,笔者推测是健康投资所采用的数据存在问题,此处健康投资应为子辈未成年前的父辈收入,但由于数据采集难度过大,该研究采用 2010 年的父辈收入来替代是不大恰当的。除此之外,父辈尤其是母亲对健康的认知水平也会影响子辈的健康,具体表现在直接影响子辈在未成年时期营养的摄入数量和质量,影响子辈的健康意识等,这一因素回归出现偏差的原因还有待进一步考究。另外,该研究仅用 BMI 指数不足以准确衡量样本的健康状况,相对贫困线数值设置相对于中国式贫困而言偏高。

4 结论与建议

综合对 2010 年中国农村贫困代际传递情况的描述性分析和模型回归分析结果,可得出以下结论:①中国农村依然存在非常显著的贫困代际传递现象,且相对贫困代际传递有增强的趋势;②健康水平对收入及后代健康产生重要影响;

③女性在贫困代际传递的作用不容忽视。

为改善中国贫困代际传递的程度,提出以下建议:

(1)加大对中国农村居民教育和健康人力资本投资,尤其是对女性的教育投资。增强居民的就业能力和收入获取能力,从而提高城乡居民的收入水平,增强自身抵御健康风险的能力。

(2)推进医疗保障制度建设,完善基本医疗保险制度。逐步建立健全多层次的、全民覆盖的医疗保障体系,真正形成正规的健康风险应对机制。

(3)加大宣传力度,采取引导性政策,提高人们的健康意识。教育水平的高低与健康意识的强弱具有正相关关系,因此加大教育投资是避免陷入健康贫困的一个有效途径。同时政府需积极引导,通过加大宣传、采取激励政策等引导农村居民提高对健康的重视程度。

参考文献

- [1] CORCORAN M. Mobility, persistence, and the consequences of poverty for children: Child and adult outcomes[M]//DANZIGER S, HAVEMAN R. Understanding poverty. Cambridge MA: Harvard University Press, 2001.
- [2] CORCORAN M, ADAMS T. Race, sex, and the intergenerational transmission of poverty[M]//DUNCAN G J, BROOKS-Gunn J. Consequences of growing up poor. New York: Russell Sage Foundation, 1997.
- [3] 张立冬. 中国农村贫困代际传递实证研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(6): 45-50.
- [4] 肖冬平. 我国农村贫困代际传递的成因探析: 一个社会资本的视角[J]. 湖南涉外经济学院学报, 2008(1): 7-12.
- [5] 甘露. 西部欠发达地区农村贫困的致因分析——基于贫困代际传递论与贫困陷阱论比较[J]. 延边大学学报: 社会科学版, 2010(2): 117-120.
- [6] 陈文江, 杨延娜. 西部农村地区贫困代际传递的社会学研究以甘肃 M 县四个村为例[J]. 甘肃社会科学, 2010(4): 18-23.
- [7] 韩春. 中国农村贫困代际传递问题根源探究[J]. 经济研究导刊, 2010(16): 46-48.
- [8] 李晓明. 农民贫困代际传递的负面影响[J]. 广西青年干部学院学报, 2007(2): 72-73, 80.
- [9] 李昕. 我国农村贫困代际传递的机制分析[J]. 郑州轻工业学院学报: 社会科学版, 2011, 12(1): 66-71.
- [10] 马新. 教育公平对切断贫困代际传递的作用[J]. 现代教育管理, 2009(1): 19-22.

(上接第 294 页)

- [14] 田兰兰, 郭玉蓉, 牛鹏飞, 等. 不同苹果产地长富 2 号多酚及糖类物质含量差异分析[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(10): 1417-1423.
- [15] 孙建霞, 孙爱东, 白卫滨, 等. 苹果多酚的提取工艺及其对油脂的抗氧化作用[J]. 食品与发酵工艺, 2005, 31(3): 122-124.
- [16] 张泽生, 史坤, 张颖, 等. 苹果多酚的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(5): 174-178.
- [17] 李莉, 田士林. 苹果中多酚含量测定与比较[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(20): 5212-5236.
- [18] 李群梅, 杨昌鹏, 李健, 等. 植物多酚提取与分离方法的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(1): 16-19.
- [19] VRHOVSEK U, RIGO A, TONON D, et al. Quantitation of polyphenols in different apples varieties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 6532-6538.
- [20] ROSSLE C, WIJNGAARD H H. Effect of storage on the content of poly-

- phenols of minimally processed skin-on apple wedges from ten cultivars and two growing seasons[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58: 1609-1614.
- [21] SANONER P, GUYOT S, MARNET N, et al. Polyphenol profiles of French cider apple varieties (*Malus domestica* sp.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47: 4847-4853.
- [22] 刘忠荣, 陈屏昭, 蒋彬, 等. 喷施亚硫酸氢钠对红富士苹果果实产量和品质的影响[J]. 山东农业学报, 2012, 44(8): 43-45, 48.
- [23] 陈屏昭, 何娟, 黄先敏, 等. 亚硫酸氢盐对云南昭通红富士苹果产量和品质的影响[J]. 中国果树, 2014(1): 31-34.
- [24] 赵晓娟, 李敏仪, 黄桂颖, 等. Folin-Ciocalteu 法测定苹果醋饮料的总多酚含量[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 31-35.
- [25] HOLDERBAUM D F, KON T, GUERRA M P. Dynamics of total phenolic content in different apple tissues and genotypes: Impacts and relevance for breeding programs[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 168: 58-63.