

# 果蔬中维生素 C 含量的测定方法比较与优化

杨丽, 麦振龙, 朱良, 张琳 (华南理工大学食品科学与工程学院, 轻工与食品实验教学中心, 广东广州 510640)

**摘要** 采用钼蓝比色法、2,6-二氯酚酞滴定法、直接碘量法、自动电位法 4 种方法, 测定 5 种蔬果(红提、橙子、青椒、胡萝卜和红苋菜)中维生素 C 的含量, 并进行重复性和回收率试验。结果表明, 自动电位法是一种更适合测定果蔬中维生素 C 含量的方法。将优化过的维生素 C 含量测定方法引入到食品分析实验课教学中, 经过几年的实践, 学生参与度和积极性大大提高, 教学效果良好, 值得进一步推广。

**关键词** 维生素 C; 含量; 测定方法; 比较; 教学效果

中图分类号 S-01 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)22-0232-02

## Comparison and Optimization of Determination Methods of Vitamin C Content in Fruits and Vegetables

YANG Li, MAI Zhen-long, ZHU Liang et al (Light Industry and Food Experimental Teaching Demonstration Center, School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640)

**Abstract** Using molybdenum blue colorimetry method, 2,6-dichlorophenol titration method, direct iodine quantity method and automatic potential method, the content of vitamin C content in 5 kinds of fruits or vegetables was determined. And the repeatability test and recovery rate test were carried out. The results showed that automatic potential method was a good method for the determination of vitamin C content in fruits and vegetables. The optimized method for the determination of vitamin C content was introduced in the teaching of food analysis experiment. After many years of practice, the participation degree and enthusiasm of students were greatly improved, and better teaching effect was obtained, so this experiment design should be further popularized.

**Key words** Vitamin C; Content; Determination method; Comparison; Teaching effect

维生素 C 广泛存在于各种果蔬中, 其对人体新陈代谢及生命活动具有重要影响<sup>[1-4]</sup>。由于维生素 C 在体内不能合成, 因此对维生素 C 的研究得到日益广泛的重视。维生素 C 是果蔬质量检验中的重要指标之一, 由于其含量的测定会受到色素、含酸量以及维生素 C 含量等因素<sup>[5-6]</sup>的影响, 因此比较果蔬中维生素 C 含量的不同测定方法具有重要意义。

食品分析实验是食品专业的必修课之一, 实验内容包括食品物理性质、营养成分、添加剂和有毒有害等项目的分析与检测。笔者以生活中常见的果蔬为原料, 选取钼蓝比色法、2,6-二氯酚酞滴定法、直接碘量法、自动电位滴定法 4 种测定方法, 比较不同测定方法的重复性和回收率, 探索测定果蔬样品中维生素 C 含量的适合方法, 将此实验设计引入食品分析实验课教学中, 并对其教学效果进行了探讨。

## 1 4 种测定方法的优化与比较

### 1.1 测定方法的优化

**1.1.1 钼蓝比色法。**钼蓝比色法是采用分光比色法测定样品中还原型维生素 C 的含量<sup>[7]</sup>, 此方法的特点是不受样液颜色的影响。标准曲线的绘制: 分别吸取 0、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4 mL 的标准抗坏血酸溶液, 置于 50 mL 容量瓶中, 然后加入草酸-EDTA 溶液, 使总体积达到 10.0 mL; 加入 2.0 mL 偏磷酸-醋酸溶液和 5% 硫酸 2.0 mL, 摇匀后加入 4.0 mL 钼酸铵溶液, 用蒸馏水定容至 50 mL, 在 723 nm 波长下测定吸光度。以吸光值为纵坐标, 以抗坏血酸浓度为横坐标, 绘制标准曲线。

样品中维生素 C 含量的测定: 准确称取约 10 g 新鲜果蔬, 加入草酸-EDTA 溶液, 经捣碎抽滤后移入 200 mL 容量瓶

中定容。吸取定量溶液置于 50 mL 容量瓶中, 加入 2.0 mL 偏磷酸-醋酸溶液和 2.0 mL 5% 硫酸溶液, 摇匀后加入 4.0 mL 钼酸铵溶液, 用蒸馏水定容至 50 mL, 测定吸光度。

**1.1.2 2,6-二氯酚酞滴定法。**采用 2,6-二氯酚酞滴定法<sup>[8]</sup>测定还原型抗坏血酸含量。2,6-二氯酚酞试剂价格较高, 容易受个别果蔬本身颜色的干扰, 但测定结果的重复性较好。

准确称取 10~25 g 新鲜果蔬, 迅速切碎后放入研钵中, 加入适量 2% 草酸溶液浸润样品, 捣成匀浆, 将样液过滤后将滤液移入 200 mL 容量瓶中, 用 1% 草酸溶液稀释至刻度, 摇匀。吸取 10~20 mL 滤液置于锥形瓶中, 用标定过的染料溶液滴定至粉红色, 15 s 内不退色判定为滴定终点。同时, 设置空白对照。

**1.1.3 直接碘量法。**采用直接碘量法<sup>[9]</sup>测定还原型抗坏血酸含量。此方法测试时间短, 但所用试剂较多, 容易受个别果蔬本身颜色的干扰。标准曲线的绘制: 分别准确吸取抗坏血酸标准溶液 (1 mg/mL) 5、10、20、30、40、50 mL, 稀释至 100 mL。各取 10 mL, 加入 20 mL 1% 草酸溶液和 1 mL 1% 淀粉溶液, 用已标定的稀释 10 倍浓度的碘溶液 (0.005 mol/L) 进行滴定, 记录所消耗的碘溶液体积。样品溶液的制备: 准确称取可食用部分 20 g 置于榨汁机中, 加入适量草酸溶液, 并用草酸溶液冲洗残余的果蔬组织, 抽滤后将所得滤液移入 200 mL 容量瓶中并定容。样品中维生素含量的测定: 用移液管移取 10 mL 样品提取液, 加入 20 mL 1% 草酸溶液和 1 mL 1% 淀粉溶液, 用稀释 100 倍的已标定碘溶液 (0.000 5 mol/L) 进行滴定, 记录所消耗碘溶液的体积。

**1.1.4 自动电位法。**电位滴定法是以测定反应体系中的电动势为基础的分析方法, 在滴定过程中以测得的电位突跃来确定滴定终点。该方法的原理与直接碘量法一样, 但不需要添加指示剂, 以电位突变来判断滴定终点。此方法的优点是不受有颜色和深色样品的影响, 测定结果比较准确<sup>[10]</sup>。

仪器准备:设置方法为氧化还原法,开机操作进入 Supervisor 模式。安装 M241Pt-8 双铂电极和碘溶液(0.000 5 mol/L)滴定剂。

样品溶液的制备:准确称取可食用部分 20 g,置于榨汁机中,加入适量草酸溶液,并用草酸溶液冲洗残余的果蔬组织,抽滤后将所得滤液移入 200 mL 容量瓶中并定容。

滴定操作:用移液管准确量取 20.0 mL 待测液置于 50 mL 滴定杯中,加入 10 mL 醋酸-醋酸钠缓冲溶液,放入搅拌子。用蒸馏水清洗电极和滴定管,拭干后将电极和滴定管插入待测液中,注意不要让搅拌子碰到电极和滴定管,运行方法测试。

**1.2 4 种测定方法的比较** 选取 5 种蔬果(红提、橙子、圆椒、胡萝卜和红苋菜),采用 4 种不同方法测定其维生素 C 含量,并进行重复性和回收率试验,分析不同测定方法的适用范围及优缺点。

从表 1、2 可以看出,采用钼蓝比色法、2,6-二氯酚测定法和直接碘量法测定红提、胡萝卜中维生素 C 含量,变异系数在 2% 以上,而维生素 C 含量较高的样品其测定结果的变异系数相对较小;自动电位法对各类样品中维生素 C 含量测定结果的变异系数均较小。这说明钼蓝比色法、2,6-二氯酚测定法和直接碘量法对测定果蔬样品种类有一定的选择性,适合维生素含量高、浅色的样品;自动电位法终点是以电位突变来判断的,滴定终点不受样品色素的干扰,且仪器灵敏度高,因此自动电位法是适合测定多种果蔬中维生素 C 含量的一种较好的方法。

表 1 4 种测定方法的重复性试验结果

Table 1 The repeatability test results of 4 kinds of determination methods

序号 No.	测定方法 Determination methods	样品 Samples	V <sub>c</sub> 含量 V <sub>c</sub> content (x̄±SD) mg/kg	变异系数 Coefficient of variation %
1	钼蓝比色法	红提	146.92±3.36	2.286
		橙子	432.68±3.56	0.822
		圆椒	577.12±4.06	0.704
		胡萝卜	141.52±3.23	2.280
		红苋菜	1 345.24±6.71	0.499
2	2,6-二氯酚测定法	红提	140.26±0.88	0.630
		橙子	427.22±0.80	0.187
		圆椒	583.94±1.69	0.290
		胡萝卜	139.58±0.87	0.625
		红苋菜	1 298.16±1.47	0.113
3	直接碘量法	红提	136.70±1.32	0.965
		橙子	393.28±1.07	0.272
		圆椒	526.12±0.91	0.173
		胡萝卜	130.60±0.57	0.433
		红苋菜	1 330.10±1.50	0.112
4	自动电位滴定法	红提	138.42±1.15	0.829
		橙子	517.58±2.30	0.444
		圆椒	574.16±1.49	0.259
		胡萝卜	135.40±0.74	0.550
		红苋菜	1 285.40±1.58	0.122

## 2 教学效果评价

此试验设计选取 5 种具有代表性的新鲜果蔬为原料,选

取钼蓝比色法、2,6-二氯酚测定法、直接碘量法和自动电位法 4 种测定方法,结合教学实验室资源,对这 4 种方法进行了优化,建立了稳定、可行的维生素 C 含量的测定方法,将此科研成果和开发的新技术、方法引入食品分析实验课本科教学中,应用这 4 种方法测定不同品种果蔬中维生素 C 的含量,同时对 4 种测定方法进行了比较。在实验教学中,经过 3 届学生共 360 多人次的实践,获得了良好的教学效果。学生们普遍反映,此实验设计将传统的基础性实验方法与先进的实验方法相结合,实验内容新颖,并与实际应用相结合,将枯燥、抽象的知识变成生动、易懂的实验,激发了学生的求知欲望,提高了学习兴趣<sup>[11]</sup>。

表 2 4 种测定方法的回收率试验结果

Table 2 The recovery rate test results of 4 kinds of determination methods

序号 No.	测定方法 Determination methods	样品 Samples	回收率 Recovery rate (x̄±SD) %	变异系数 Coefficient of variation %
1	钼蓝比色法	红提	94.97±0.64	0.670
		橙子	95.23±1.56	1.633
		圆椒	94.71±0.52	0.549
		胡萝卜	96.27±0.63	0.656
		红苋菜	91.60±0.97	1.057
2	2,6-二氯酚测定法	红提	91.93±0.43	0.464
		橙子	90.32±0.51	0.564
		圆椒	91.35±0.84	0.921
		胡萝卜	91.24±0.93	1.020
		红苋菜	91.93±0.23	0.248
3	直接碘量法	红提	87.46±0.56	0.639
		橙子	87.27±0.35	0.398
		圆椒	88.20±0.61	0.695
		胡萝卜	87.73±0.45	0.517
		红苋菜	90.28±0.37	0.407
4	自动电位滴定法	红提	94.11±0.07	0.078
		橙子	94.68±0.29	0.307
		圆椒	94.46±0.11	0.113
		胡萝卜	94.72±0.25	0.258
		红苋菜	96.93±0.14	0.142

## 3 结语

实验教学是培养学生理论联系实际、训练和提高学生的动手实践和创新能力的重要环节,结合最新科研成果,将科学研究的优势资源引入实验教学中,及时更新实验教学课程内容,是一项重要的改革手段<sup>[12]</sup>。此次实验设计在传统基础实验项目上,引入新技术和新方法,选取 5 种常见蔬果,采用钼蓝比色法、2,6-二氯酚测定法、直接碘量法和自动电位法测定不同品种果蔬中的维生素 C 含量,并对这 4 种测定方法进行了比较。结果表明,钼蓝比色法、2,6-二氯酚测定法和直接碘量法对测定果蔬样品种类有一定的选择性,适合维生素含量高、浅色的样品;自动电位法的滴定终点不受样品色素的干扰,且仪器灵敏度高,是适合测定多种果蔬中维生素 C 含量的一种较好的方法,该实验内容丰富,专业性突出,可操作性强。经过 3 届学生共 360 多人次的实践,取得了较好的教学效果。此次实验设计获得了学生的高度认

(下转第 236 页)

之间的交流更加平等,因此这样的方式在课堂上往往能形成更热烈的讨论,从而很好地锻炼了学生地思辨能力,使学生对学到的知识能做到活学活用。

**3.3 课后巩固练习** 课后巩固练习一般需要考虑以下方面:一方面需要考虑基础理论知识的深入理解,另一方面需要重点考虑知识的应用。人因工程学课程对于前者主要采用指定学生回看视频、做习题、测验等方式进行,测验的内容主要偏向客观题;对于后者则主要采用讨论、作业等方式进行,内容主要偏向主观题,与实际生活进行结合,既能激发学生的兴趣,又能锻炼学生应用理论知识解决实际问题的能力。例如,在学完“噪声环境”时,设计了作业——“通常我们说丹青楼阴面教室比较吵,如果给你个噪声计,让你进行测量,进而定量说明阴面教室噪声的大小情况,你会如何做?你认为

对于控制阴面教室的噪声有哪些好的方法?”由于这样的作业内容与学生的日常生活息息相关,很容易激发学生积极去思考,解决问题。一般这样的作业允许学生分组讨论,小组人数限制在3~5人,形成方案,以小组的形式提交。

#### 4 效果分析

检验教学方法好坏的最直接办法就是对学生的学习成绩进行分析。为了检验学生对知识的应用能力,统计了人因工程学及人因工程学课程设计2015—2017年学生成绩的分布情况。从表1可以看出,采用MOOC+SPOC的翻转课堂授课模式,学生取得“优秀”及“良好”成绩的比例明显提升,人因工程学课程设计的优秀比例由传统教学的9.8%提升至27%,说明学生对应用人因工程学理论知识解决实际问题的能力显著提升。

表1 2015—2017年人因工程学及其课程设计的成绩分布

Table 1 The performance distribution of human factors engineering and its curriculum design during 2015—2017

课程 Course	年份 Year	采用的教学方法 Teaching method	学生总人数 Total number of students	成绩 Grade//分				
				90~100	80~89	70~79	60~69	<60
人因工程学 Human factors engineering	2015	传统的课堂教学	82	10	22	36	13	1
	2016	SPOC+传统课堂	80	15	30	27	8	0
	2017	MOOC+SPOC+翻转课堂	81	20	42	16	3	0
人因工程学课程设计 Curriculum design of human factors engineering	2015	传统的课堂教学	82	8	26	38	10	0
	2016	SPOC+传统课堂	80	12	30	31	7	0
	2017	MOOC+SPOC+翻转课堂	81	22	38	18	3	0

#### 5 结论

基于MOOC+SPOC的翻转课堂授课模式的优势,对人因工程学课程的教学改革进行了研究,通过分析国内的优秀应用案例,总结了MOOC+SPOC的翻转课堂教学模式框架,结合人因工程学课程的特点,围绕该框架对人因工程学课程的具体实施进行了详细阐述,包括优质MOOC的选择、SPOC类型的选择、线上资源的设计、课前自主学习的设计、课堂翻转教学的设计、课后巩固练习的设计等,通过对比2015—2017年人因工程学和人因工程学课程设计的分布,发现学生取得“优秀”及“良好”成绩的比例明显提升,说明人因工程学基于MOOC+SPOC的翻转课堂授课模式取得了良好的教学效果。

#### 参考文献

[1] 袁松鹤,刘选.中国大学MOOC实践现状及共有问题:来自中国大学

(上接第233页)

可,学生参与度和积极性大大提高,教学效果良好,值得进一步推广。

#### 参考文献

- [1] 李美茹,刘秀芬.维生素C的作用[J].生物学教学,2006,31(10):75.
- [2] 王凤云,高志刚,王凤玲.维生素C抗氧化作用的研究[J].佳木斯医学院学报,1994,17(6):18-19.
- [3] 魏秀春,柳月安,房居高.维生素C作用的防癌与致癌双重性[J].肿瘤防治杂志,2002,9(4):340-341.
- [4] 谷雪贤.维生素C衍生物的制备及其在化妆品中的应用[J].化学试剂,2011,33(4):325-328.
- [5] SCHOEFS B.Determination of pigments in vegetables[J].Journal of chromatography A,2004,1054(1/2):217-226.

MOOC实践报告[J].现代远程教育研究,2014(4):3-12.

- [2] 徐威,贾永政,阿曼多·福克斯,等.从MOOC到SPOC:基于加州大学伯克利分校和清华大学MOOC实践的学术对话[J].现代远程教育研究,2014(4):13-21.
- [3] 侯俊英,宋巧红,张彦航.“MOOC+SPOC+传统课堂”混合教学模式初探[J].工业和信息化教育,2017(1):1-4.
- [4] 程军强.基于“MOOC+SPOC”的翻转课堂教学模式研究[D].兰州:兰州大学,2017.
- [5] 胡静,陈立潮.基于MOOC+SPOC混合教学的翻转课堂教学实践[J].计算机教育,2017(4):129-133,138.
- [6] 于歆杰.在线开放课程需要建以致用[J].中国高等教育,2015(24):9-10.
- [7] 战德臣.“大学计算机”“MOOC+SPOCs+翻转课堂”混合教学改革实施计划[J].计算机教育,2016(1):12-16.
- [8] 管会生,高青松,张明洁.MOOC浪潮下的高校课程联盟[J].高等理科教育,2014(1):44-52.
- [9] 张强,张海峰,唐岩,等.电路原理基于SPOC翻转课堂教学模式的实施[J].实验技术与管理,2016,33(1):187-194.

- [6] 张冬梅,汪振立,罗六保,等.对新鲜果蔬中维生素C的测定结果影响因素研究[J].江西化工,2010(1):73-76.
- [7] 刘绍俊,牛英,刘冰浩,等.钼蓝比色法测定沙田柚果肉中还原型维生素C含量的研究[J].北方园艺,2011(1):8-12.
- [8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [9] 库尔班江,赛丽曼.碘量法测水果蔬菜中维生素C的含量[J].伊犁师范学院学报(自然科学版),2007,9(3):28-32.
- [10] 余以刚,肖性龙.食品质量与安全检验实验[M].北京:中国质检出版社,2014.
- [11] 韦化,曾冬梅,秦钢年.实验教学与科研相结合,培养学生的创新能力[J].实验技术与管理,2008,25(5):31-34.
- [12] 杨丽,林福兰,姜建国.“食品检验与分析”实验教学改革的探讨与实践[J].科教导刊,2011(24):96-97.