

# 我国常见食用和药用植物的抗氧化性研究

杨锦华, 李 博\*, 籍保平

(中国农业大学食品科学与营养工程学院 北京 100083)

**摘 要:**本文选用FRAP(Ferric Reducing Antioxidant Powder)法、DPPH(1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl)法和 $\beta$ -胡萝卜素亚油酸体系三种体外抗氧化测定方法,以Trolox(6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-2-carboxylic acid)为阳性对照物,以水和80%乙醇作为样品提取剂,对30种植物样品的抗氧化活性进行综合比较分析。结果显示,五倍子的抗氧化性最强。

**关键词:**抗氧化;FRAP法;DPPH法; $\beta$ -胡萝卜素亚油酸体系

## Study on Antioxidant Activities of Edible Plants and Medicinal Plants Common in China

YANG Jin-hua, LI Bo\*, JI Bao-ping

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In this article, three *in vitro* measuring methods were used, including FRAP, DPPH and the bleaching of  $\beta$ -carotene-sub-oleic acid method, so as to study the antioxidative activities of 30 plants samples comprehensively. H<sub>2</sub>O and 80% ethanol were considered as the extracting agents of the plants while the trolox as the positive control. The results showed that the antioxidative activity of Chinese gall is the strongest.

**Key words:** antioxidant activity; FRAP; DPPH; the bleaching of  $\beta$ -carotene-sub-oleic acid method

中图分类号: Q949.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)06-0087-05

丁基羟基茴香醚(BHA)和二十烷基羟基甲苯(BHT)等化学合成的抗氧化剂通常作为食品添加剂用在食品工业上,用于防止食品的氧化变色或者因氧导致的品质劣变。然而这些合成抗氧化剂由于对健康的潜在危害,在食品上的应用越来越受到限制。在最近的二十年里,人们把目光转向来自于动植物的天然的、安全的抗氧化剂。天然抗氧化剂不仅能够防止食品中油脂体系的氧化,而且可以防止人体内自由基的危害<sup>[1]</sup>,延缓衰老导致的各种退化性疾病,如癌症、冠心病、糖尿病等等<sup>[2,3]</sup>。因此在最近的二十年里,从动植物中寻找天然、安全的抗氧化剂引起人们越来越大的兴趣,而植物因含有高浓度的抗氧化活性组成物<sup>[4]</sup>而成为主要研究对象。

目前,国内外研究了数以百计的中草药、香辛料和果蔬的抗氧化活性。叶汉侠<sup>[5]</sup>和刘玉鹏<sup>[6]</sup>分别用DPPH法和油脂过氧化值法对40多种中草药的抗氧化活性做了研究,结果显示,虎杖、菊花对自由基的清除率达到80%左右,山楂在花生油的体系中抗氧化效果较好。Yi zhong Cai等<sup>[7]</sup>进行了百余种中草药的清除自由基能力研究,结果显示,诃子、何首乌、儿茶、五倍子等的

清除率较高;对香辛料的研究主要集中在其挥发油的提取和活性分析,包括生姜、丁香、大蒜等,对此,杨荣华<sup>[8]</sup>、Tzung Hsun Tsai<sup>[9]</sup>等进行了30余种香辛料的分析研究,生姜和丁香的抗氧化活性最强;由于水果蔬菜的研究能指导人类饮食,所以相关报道也较多,郭长江等<sup>[10]</sup>用FRAP法比较了66种蔬菜、水果的抗氧化活性,结果显示洋葱、西红柿、茄子、山楂、橙子具有较强的自由基清除活性,Cao Guohua等<sup>[11]</sup>研究了包括尖椒、茄子、洋葱、胡萝卜在内的常见蔬菜的抗氧化性,但由于样品是直接取食用部分,按比例加水研磨打浆而制备,所以造成了因水分不同导致结果误差较大。

本文考虑植物来源及将来的开发应用,在对已报道的植物进行筛选分析之后,得到我国常见食用和药用植物30种作为研究对象,避免样品处理方法不一、样品水分不同造成的差异,及只用一种方法导致测定结果不可靠,本试验以干物质为基础、选用三种方法从不同角度评价抗氧化活性,以期筛选得到抗氧化活性最强的植物,不仅对同类植物的抗氧化活性进行比较,同时展开分析香辛料、中草药、果蔬类等不同类植物的抗

氧化活性。

本试验所选的三种方法是：DPPH 法、FRAP 法和 - 胡萝卜素亚油酸体系。二苯代苦味酰基自由基 DPPH (1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) 是一种稳定存在的有机自由基，其乙醇溶液呈深紫色，在 517nm 处有强吸收，当加入抗氧化剂后吸收峰下降，下降程度直接反映样品抗氧化能力的强弱； $Fe^{3+}$ -三吡啶三吡嗪(tripyridyl tripyridyl-triazine, TPTZ) 可被样品中还原物质还原为  $Fe^{2+}$  呈现出明显的蓝色，并于 593nm 处具有最大吸收峰，由吸光值可计算样品总的抗氧化能力；- 胡萝卜素亚油酸体系则利用亚油酸氧化产生的过氧化物使 - 胡萝卜素褪色的原理，反映油脂体系中的样品的抗氧化性能。本文从清除自由基能力、总抗氧化能力和油系体系中的抗氧化能力三方面来综合评价物质的抗氧化活性，较为全面地评估原料的抗氧化活性。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

绿茶 北京吴裕泰茶叶公司, 药用植物和药食同源植物及丁香、月季花、干姜购于北京同仁堂药店，其

表1 实验原材料列表  
Table 1 The list of primary materials

植物分类	名称	产地	品种	所取部位
香料	丁香( <i>Eugenia caryophyllata</i> Thumb)	湖北	桃金娘科	花蕾
	月季花( <i>Flo rose Chinensis</i> )	四川	蔷薇科	花
	干姜( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	云南	姜科	根茎
	大茴香( <i>Illicium verum</i> Hook. f.)	云南	木兰科	成熟果实
	大蒜( <i>A. sativum</i> L.)	云南	百合科	鳞茎
药用植物	五倍子( <i>Gallic chinensis</i> )	四川	漆树科	叶上的虫瘿
	诃子( <i>Fructus chebulae</i> )	云南	使君子科	成熟果实
	何首乌( <i>Rhizopolygoni multiflori</i> )	湖北	蓼科	干燥块茎
	虎杖( <i>Rhizoma polygoni cuspidate</i> )	江苏	蓼科	根茎
	昆布( <i>Thalussilaminariae</i> )	辽宁	海带科	叶
药食同源植物	黄芩( <i>Radix scutellariae</i> )	河北	唇形科	根茎
	红花( <i>Flos carthami</i> )	云南	菊科	花
	儿茶( <i>Catechu</i> )	云南	豆科	干燥煎膏
	绿茶( <i>Tea chinensis</i> )	浙江	三杯香	叶
	山楂( <i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.)	河北	蔷薇科	成熟果实
植物	菊花( <i>Flos Chrysanthemi</i> )	杭州	菊科	花
	金银花( <i>Flos Lonicerae</i> )	山东	忍冬科	花蕾
	白果( <i>Ginkgo biloba</i> L.)	四川	银杏科	成熟种子
	银杏叶( <i>Folium Ginkgo</i> )	四川	银杏科	叶
	马齿苋( <i>Portulacaoleraceae</i> .)	山东	马齿苋科	地上部分
水果	苹果( <i>Malus domestica</i> Borkh)	山东	蔷薇科	皮和籽
	葡萄( <i>Vitis vinifera</i> L.)	天津	葡萄科	皮和籽
	橘子( <i>Citrus reticulata</i> )	四川	蔷薇科	皮和籽
蔬菜	茄子( <i>Solanum melongana</i> L.)	山东	茄科	全部
	番茄( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	山东	茄科番茄属	全部
	尖椒( <i>Capsicum annuum</i> L.)	山东	茄科辣椒属	全部
	洋葱( <i>onion: Allium cepa</i> L.)	山东	百合科	全部

余香辛料、蔬菜、水果购于中国农业大学农贸市场。详见表 1。

### 1.2 80% 乙醇提取液的制备

取水果皮、籽(苹果皮取厚度 < 1.5mm) 切碎于冷冻干燥 48h，其余原料用粉碎机粉碎，再过 60 目筛，各种植物的干物质称重 1g，加入 10ml 80% 的乙醇溶液，提取 2h 后过滤取滤液，滤渣再用 10ml 80% 的乙醇水溶液浸提，重复两次，滤液合并，3600 × g 离心 15min，取上清液 1ml，稀释 100 倍作为试样待测。同时，配制 0.01% Trolox 80% 乙醇溶液和水溶液，稀释 100 倍，作为参照物。

### 1.3 水提液的制备

将 1.2 中 80% 乙醇由去离子水代替，其余步骤不变。

### 1.4 抗氧化活性的测定

#### 1.4.1 DPPH 法(消除所产生自由基的反应)

向 2.5ml 0.004% DPPH 的乙醇溶液中加入 1ml 样品，混合均匀，30min 后用分光光度计在 517nm 处测定吸光值  $A_i$ ，同时测定 2.5ml 0.004% DPPH 的乙醇溶液与 1.0ml 80% 乙醇溶液混合液的吸光值  $A_c$  和 2.5ml 乙醇与 1.0ml 样品混合液的吸光值  $A_b$ ，按下式计算自由基的清除率：

$$IP(\%) = \frac{A_c - A_i + A_b}{A_c} \times 100\%$$

#### 1.4.2 铁离子还原(FRAP)法(还原能力的测定)<sup>[12]</sup>

新配制的 900μl FRAP 溶液在 37℃ 下保温，与 90μl 双蒸水、30μl 试样混合，以去离子水作为空白对照。混匀后 37℃ 反应 10min，593nm 测定吸光度。

FRAP 溶液：2.5ml 10mmol/L 的 TPTZ 工作液(用 40mmol/L 的盐酸溶解)，2.5ml 20mmol/L 的  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  和 25ml 0.3mol/L 的醋酸缓冲液，pH3.6。

#### 1.4.3 胡萝卜素 - 亚油酸乳化液法<sup>[13]</sup>

取 - 胡萝卜素 - 亚油酸溶液 45ml，加 4.0ml 0.2mol/L 的磷酸缓冲液(pH6.864)，玻璃棒搅拌后静置。在试管中逐一加入 4.0ml 反应介质溶液，再加 0.1ml 提取液(对照管不含试样，以 0.1ml 80% 乙醇代替)。混合均匀后立即转移到比色杯中，并在 470nm 处记下“0”时刻的吸光度值，然后将所有试管逐一置于 50℃ 恒温水浴中，每隔 15min 读一次数，并重复一次，然后通过 15min 及 45min 时的吸光度值，求出其吸光度减少。

胡萝卜素 - 亚油酸乳化液：准确称取 胡萝卜素 (50 ± 0.1)mg，亚油酸(5 ± 0.1)g，Tween 40 (10 ± 0.1)g，分别溶于 50ml 氯仿中(胡萝卜素氯仿液需使用前现配)，测定前取 胡萝卜素溶液 0.5ml，亚油酸溶液 0.2ml，Tween 40 溶液 1.0ml 放于 200ml 的锥形瓶中，置于 50℃ 水浴中除去氯仿，加入 100ml 蒸馏水摇匀。同时另取

一小锥形瓶,不加 - 胡萝卜素溶液,其他同前,作空白调零用。结果用达到同样抗氧化效果所需相当于trolox的量表示。

$$\text{Trolox}(1\text{mg}/100\text{ml})(A_{15\text{min}} - A_{45\text{min}})/\text{样液}(A_{15\text{min}} - A_{45\text{min}})$$

对所有样品均采四个平行样按上述三种方法进行测定,取其平均值,其结果见表2和表3。

## 2 结果与分析

### 2.1 我国常见食用和药用植物80%乙醇提取物的抗氧化结果与分析

表2 我国常见食用和药用植物80%乙醇提取物的抗氧化效果  
Table 2 Antioxidative effect of 80% ethanolic extracts of edible plants and medicinal plants common in China

植物分类	名称	DPPH 法	FRAP 法	-胡萝卜素-
		IP(%) ± SD	(相当于FeSO <sub>4</sub> 的量) ± SD	亚油酸乳化液法 (相当于trolox的量) ± SD
香辛料	丁香	117.968±0.008	1.626±0.602	1.560±0.011
	月季花	94.152±0.003	0.461±0.013	1.004±0.006
	大茴香	62.236±0.023	0.183±0.083	1.577±0.047
	干姜	23.431±0.091	-0.075±0.036	0.980±0.048
	大蒜	-1.076±0.015	-0.094±0.015	1.742±0.030
药用植物	五倍子	134.400±0.008	3.994±0.030	1.570±0.012
	诃子	94.835±0.010	1.625±0.008	1.414±0.012
	儿茶	94.238±0.003	2.554±0.008	1.140±0.070
	虎杖	88.348±0.009	0.210±0.017	1.110±0.037
	黄芩	77.294±0.006	0.355±0.078	0.904±0.067
	何首乌	25.352±0.044	-0.099±0.019	0.998±0.036
	红花	12.291±0.042	0.027±0.026	0.971±0.043
	昆布	3.969±0.027	-0.139±0.006	1.443±0.016
	绿茶	98.676±0.004	1.448±0.006	1.087±0.079
	菊花	58.600±0.026	0.049±0.014	1.112±0.034
药食同源植物	银杏叶	43.107±0.015	-0.018±0.012	1.062±0.061
	金银花	41.186±0.050	0.021±0.007	1.035±0.084
	山楂	17.072±0.014	-0.001±0.102	1.001±0.064
	马齿苋	16.773±0.112	-0.029±0.015	1.063±0.095
	白果	3.670±0.033	-0.154±0.00	0.984±0.004
水果蔬菜	苹果籽	37.295±0.196	0.019±0.061	1.821±0.042
	葡萄皮	16.658±0.070	-0.016±0.066	1.431±0.002
	尖椒	8.844±0.021	-0.062±0.006	2.037±0.454
	葡萄籽	8.189±0.034	0.018±0.084	1.675±0.012
	橙皮	6.925±0.042	-0.011±0.063	1.650±0.006
	苹果皮	6.036±0.028	-0.057±0.081	1.852±0.022
	橙籽	2.948±0.013	-0.081±0.073	1.684±0.018
	茄子	2.901±0.022	-0.116±0.015	1.949±0.009
	洋葱	0.049±0.009	-0.014±0.075	1.866±0.023
	番茄	-1.965±0.009	-0.114±0.004	1.855±0.017

由表2可知,香辛料类中丁香、月季花的清除自由基能力、总的抗氧化能力以及油脂体系抗氧化能力都较强,而大蒜的自由基清除率和总抗氧化能力很弱,但在油脂体系中的抗氧化性能表现好;中草药类的五倍

子、诃子、儿茶、虎杖具有很强的抗氧化活性,DPPH的清除率都达到了80%以上,尤以五倍子的活性最强;绿茶作为药食同源植物,具备较强的抗氧化活性,自由基清除率达到98%以上,总抗氧化能力也居于同类植物的首位,而在油脂体系中,菊花则表现出了更强的抗氧化能力。银杏叶和白果是银杏树的叶和果实,却表现出了很大的抗氧化活性差异,在三种抗氧化体系中果实的活性明显弱于叶,原因是叶中含有丰富的银杏黄酮。尖椒、茄子的活性占据蔬菜类的首位,可作为优选蔬菜;苹果籽、葡萄皮、葡萄籽为农产品的废弃物,同样具有较强的抗氧化能力,可从中提取天然抗氧化剂。

### 2.2 我国常见食用和药用植物水提取物的抗氧化结果与分析

由表3可知,丁香、月季花、五倍子、诃子、

表3 我国常见食用和药用植物水提取物的抗氧化效果  
Table 3 Antioxidative effect of water extracts of edible plants and medicinal plants common in China

植物分类	名称	DPPH 法	FRAP 法	-胡萝卜素-
		IP(%) ± SD	(相当于FeSO <sub>4</sub> 的量) ± SD	亚油酸乳化液法 (相当于trolox的量) ± SD
香辛料	丁香	94.546±0.004	1.107±0.047	0.936±0.011
	月季花	93.019±0.004	0.594±0.002	0.979±0.004
	大茴香	34.347±0.225	0.016±0.022	2.075±0.034
	干姜	3.054±0.048	0.101±0.003	0.900±0.007
	大蒜	-0.374±0.025	-0.111±0.021	2.137±0.026
药用植物	诃子	95.375±0.002	1.844±0.061	1.020±0.015
	五倍子	94.153±0.001	3.819±0.005	1.042±0.025
	儿茶	89.354±0.030	2.006±0.001	1.015±0.009
	虎杖	49.738±0.140	0.210±0.006	0.979±0.009
	何首乌	19.720±0.058	0.154±0.008	0.929±0.006
	黄芩	12.390±0.046	0.054±0.005	0.907±0.010
	红花	8.376±0.034	0.164±0.009	1.183±0.018
	昆布	1.003±0.043	-0.021±0.005	1.116±0.016
	绿茶	90.663±0.024	0.847±0.060	0.919±0.001
	菊花	15.750±0.003	0.046±0.003	0.929±0.010
药食同源植物	金银花	15.183±0.032	0.035±0.003	1.116±0.010
	山楂	13.438±0.046	0.097±0.003	0.909±0.008
	银杏叶	9.729±0.042	0.120±0.008	0.901±0.007
	马齿苋	7.373±0.053	0.025±0.004	0.930±0.009
	白果	1.832±0.027	0.089±0.003	0.978±0.000
水果蔬菜	葡萄皮	27.094±0.008	0.024±0.071	1.876±0.042
	葡萄籽	25.175±0.031	0.065±0.077	1.961±0.030
	橙籽	9.826±0.137	-0.079±0.085	2.045±0.011
	橙皮	7.674±0.032	0.040±0.093	1.941±0.017
	尖椒	6.551±0.014	-0.028±0.026	2.045±0.014
	苹果皮	5.849±0.052	-0.045±0.043	1.965±0.016
	苹果籽	2.807±0.017	-0.042±0.048	2.041±0.029
	茄子	2.760±0.033	-0.107±0.014	2.247±0.019
	番茄	-0.608±0.030	-0.108±0.023	2.320±0.051
	洋葱	0.655±0.014	-0.086±0.062	1.748±0.010

儿茶、虎杖、绿茶、尖椒、葡萄皮、葡萄籽的水提取液同样具有较强的抗氧化活性,但较其对应醇提取液的活性有所下降,主要原因是80%的乙醇不仅溶解大部分极性物质,同时溶解部分脂溶性物质,如黄酮类、醌类、酚酸类、部分维生素和生物碱,而这些物质是主要的天然抗氧化成分。

五倍子、诃子、儿茶、虎杖、绿茶、丁香、月季花6种植物的提取液对DPPH的清除作用都超过80%,具有较强的抗氧化作用。抗氧化活性较强的7种植物提取液稀释10倍后再测自由基清除率,结果见表4。五倍子仍表现出较强的抗氧化活性,其水提液和80%乙醇提取液的自由基清除率仍高达77.32%和86.76%,在30种植物中,五倍子的抗氧化活性最强。

表4 七种植物提取液再稀释10倍后对DPPH的清除作用  
Table 4 The scavenging effect of 10<sup>-1</sup> dilution of seven plants extracts on DPPH

名称(拉丁文名)	自由基清除率(%)	
	80%乙醇提取液	水提取液
五倍子( <i>Gall a chinensis</i> )	77.316	86.760
儿茶( <i>Catechu</i> )	73.997	57.746
诃子( <i>Fructus chebulae</i> )	39.142	54.507
绿茶( <i>Tea chinensis</i> )	35.961	26.619
丁香( <i>Eugenia caryophyllata</i> Thumb)	29.460	24.366
虎杖( <i>Rhizoma polygoni cuspidate</i> )	14.661	6.338
月季花( <i>Flos rose chinensis</i> )	11.894	19.154

已有研究<sup>[14]</sup>表明,中草药的抗氧化活性是植物中最强的,香辛料中的丁香、迷迭香较一些中草药的活性更强,而果蔬类则由于含有的有效成分含量低而表现出弱的抗氧化能力。

本文对已研究过的抗氧化性植物进行分类初筛,得到30种具有较强抗氧化活性的植物(见表1)。考虑到水分含量过高会冲淡有效成分的含量,降低其抗氧化活性,所以为了便于比较,统一以干物质为基础进行实验,从而筛选得到具有最强抗氧化能力的植物。

同一种植物用不同的方法测定结果显示,FRAP法、DPPH法的结果除个别差别悬殊外,其余均保持一致,而胡萝卜素-亚油酸体系测定结果明显不同,水提液和醇提液所提取的成分有差异。用80%乙醇和水作为溶剂,较大程度地提取了植物中所含的抗氧化成分,但只能初步评定物质的抗氧化性,适用于大量物质的筛选,要想进一步针对某种物质研究,需要进行不同极性成分的不同溶剂提取实验。

### 2.3 各类植物抗氧化成分分析

2.3.1 香辛料类:包括丁香、生姜、月季花、大茴香、大蒜等,发挥抗氧化作用的均为其中的挥发油成分,即醇溶部分,所以醇溶的抗氧化活性明显强于对

应水提液。丁香中的丁子香酚及大蒜中的大蒜素,生姜中的姜酮显示很强的抗氧化活性,但由于精油的特殊味道,在食品中的使用范围受到一定的限制。

2.3.2 中草药类:中草药大多包含多酚类,生物碱类及醌类等化学成分,成为抗氧化研究的重点。银杏叶中含有丰富的银杏黄酮、黄芩含有黄芩甙、黄芩黄素,红花中的红花苷是具抗氧化活性的黄酮成分,儿茶、茶叶、虎杖含有的单宁类都是抗氧化作用的主要成分。

五倍子因含有高达70%的鞣质以及没食子酸,显示出了很强的抗氧化性。胡博路等<sup>[15]</sup>的研究结果是五倍子乙醇提取液的自由基清除能力最强,诃子次之,而杨怀霞<sup>[16]</sup>的研究结果显示诃子的抗氧化性要高于五倍子,采用的是菜籽油过氧化值评定法,两个结果与本文的结果都是一致的。

2.3.3 果蔬类:果蔬中含有许多不同的抗氧化物质,可清除含氧自由基,这些物质除了VE、VC、-胡萝卜素、类胡萝卜素外,水果中的类黄酮、洋葱中的槲皮酮,葡萄柑桔等水果中的花青素及儿茶素等也含有较高的抗氧化活性。

不同类型的果蔬都含有其特殊的类黄酮。如柑桔类主要是黄烷酮;葡萄则属黄烷醇,主要为儿茶素及表儿茶酚<sup>[17]</sup>。如番茄中的番茄红素、茄子中的花翠素,辣椒的辣味成分辣椒素(capsaicin)和二氢辣椒素(dihydrocapsaicin)苹果中的绿原酸,及橙皮中的橙皮苷等。

物质的抗氧化性不同成分共同作用的结果,而其主要的功效成分是以后进一步研究的重点。

本文三种方法的测定结果显示五倍子的抗氧化性总体最强,而我国的五倍子产量居世界首位,质量也好,具有进一步研究开发的巨大潜力。分析五倍子抗氧化性强的原因,主要是含有70%以上的鞣质,鞣质是倍酰葡萄糖的混合物,即葡萄糖上的羟基与没食子酸形成的酯类化合物的混合物,多元酚类结构赋予它一系列独特的化学性质,是一类重要的抗氧化物。

## 3 结 论

中草药的抗氧化活性高于香辛料及水果蔬菜;各类植物的80%乙醇提取液的抗氧化活性均强于其对应水提液。

香辛料中丁香和月季花的自由基清除能力、总抗氧化能力较强,但在油脂过氧化体系中其表现的抗氧化能力较弱,大蒜水提液的抗油脂氧化能力较强。药用植物中五倍子、诃子、儿茶、虎杖在三种方法评价结果中均表现较强的抗氧化能力,五倍子的抗氧化性最强。药食同源植物中绿茶表现出了较高的自由基清除率和总抗氧化能力,而油脂体系中金银花和银杏叶的抗氧化能力更强。果蔬中,葡萄皮和尖椒的抗氧化活性较强,苹果皮80%

# 苹果汁中棒曲霉素的吸附动力学研究

朱振宝<sup>1</sup>, 易建华<sup>1</sup>, 寇晓康<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学生命科学与工程学院 陕西 咸阳 712081;

2. 西安蓝深吸附材料有限公司 陕西 西安 710072)

**摘 要:** 研究了苹果汁中棒曲霉素在八种大孔吸附树脂上的吸附行为, 并筛选出最佳吸附树脂; 研究了棒曲霉素在LSA-800B大孔吸附树脂上的静态动力学、吸附等温线和动态动力学曲线以及影响动态动力学曲线的因素, 并确定了LSA-800B树脂吸附棒曲霉素的最适操作条件, 结果表明: 在实验条件LSA-800B树脂对棒曲霉素的静态吸附平衡时间为3h; 20℃时LSA-800B树脂的吸附过程可用佛伦德列希(Freundlich)吸附等温式来描述, 方程为:  $q=0.0539C^{1.0278}$  ( $r^2=0.9907$ ); 流速、果汁中棒曲霉素的浓度、操作温度对LSA-800B树脂的动态动力学曲线都有影响。树脂柱操作的最适条件为: 流速4BV/h, 温度50℃。

**关键词:** 苹果汁; 棒曲霉素; 大孔吸附树脂; 吸附动力学

## Study on Kinetics of Adsorption of Patulin in Apple Juice

ZHU Zhen-bao<sup>1</sup>, YI Jian-hua<sup>1</sup>, KOU Xiao-kang<sup>2</sup>

(1. College of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 712081, China; 2. Xi'an Lanshen Adsorption Material Co. Ltd., Xi'an 710072, China)

**Abstract:** The adsorption behavior of apple juice patulin in eight kinds of macroreticular adsorption resins was investigated

收稿日期: 2005-08-28

作者简介: 朱振宝(1971-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为食品科学与工程。

乙醇提取液的自由基清除能力和总抗氧化能力及抗油脂氧化能力最强, 水提液中番茄的抗油脂氧化能力最强。

三种方法综合评价植物干物质水提液和80%乙醇提取液的抗氧化能力的结果显示, 五倍子的抗氧化能力均位居首位, 可以将五倍子作为抗氧化剂的重要植物来源对其研究开发。

### 参考文献:

- [1] 余世望, 肖小年, 范青生, 等. 60种药食两用植物抗氧化作用研究[J]. 食品科学, 1995, 16(11): 3-5.
- [2] Uthrie N, Kurowska E M N. Anticancer and cholesterol-lowering activities of citrus flavonoids[A]. Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods[C]. CRC Press: Boca Raton, Florida, 2001. 113-126.
- [3] Du Toit R, Volstead Y, Apostolides Z. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents[J]. Toxicology, 2001, 166: 63-69.
- [4] Veliogly Y S, Mazza G Gao, Oomach B D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46: 4113-4117.
- [5] 叶汉侠, 王甫才. 18种中草药抗氧化活性的比较研究[J]. 浙江万里学院学报, 2004, 17(5): 111-113.
- [6] 刘玉鹏, 刘梅, 刘俊英, 等. 30种中草药的抗氧化活性研究[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2000, 13(1): 70-73.

- [7] Yi Zhong Cai, Qi ong Luo, et al. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer[J]. Life Sciences, 2004, 74: 2157-2148.
- [8] 杨荣华, 林家莲, 周凌霄. 香辛料的抗氧化性[J]. 广州食品工业科技, 总58期, 15(3): 69-71.
- [9] Tzung Hsun Tsai, Po Jung Tsai, Su Chen Ho. Antioxidant and anti-inflammatory activities of several commonly used spices[J]. Journal of Food Science, 2005, 70: 93-97.
- [10] 郭长江, 韦京豫, 杨继军, 等. 66种蔬菜、水果抗氧化活性的比较研究[J]. 营养学报, 2003, 25(2): 203-207.
- [11] Guohua Cao, Emin Sofic, Ronald L Prior. Antioxidant capacity of tea and common vegetables[J]. J Agric Food Chem, 1996, 44: 3426-3431.
- [12] 郭长江, 杨继军, 等. FRAP法测定水果不同部分抗氧化活性[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(7): 841-843.
- [13] 余小林, 孟凌华, 等. 数种果蔬的抗氧化活性评价[J]. 食品科学, 2001, 22(12): 52-56.
- [14] Yi Zhong Cai, Qi ong Luo, et al. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer[J]. Life Science, 2004, 74: 2157-2184.
- [15] 赵爱云, 胡博路, 等. 部分植物抗氧化活性的初步研究[J]. 天然产物研究与开发, 1999, 12(13): 42-44.
- [16] 洪庆慈, 等. 几种粮食皮壳提取物的抗氧化活性测定[J]. 粮食储藏, 1998, 27(5): 36-39.
- [17] Rice-Evans C, Miller N, Paganga. Antioxidant properties of phenolic compounds[J]. Trends in plant Sci, 1997, 2(4): 152-159.