

文章编号:1673-1689(2007)02-0001-06

油茶肉质果和肉质叶开发价值及食用安全性分析

朱必凤, 彭凌, 罗莉菲, 刘静华, 何秋东

(韶关学院英东生物工程学院, 广东 韶关 512005)

摘要: 研究了油茶肉质果和肉质叶营养成分及食用安全性。成熟的肉质果(叶)各成分质量分数分别为:水分 91.36% (91.58%)、蛋白质 7.81% (6.56%)、脂肪 3.7% (2.90%)、还原糖 30.41% (21.83%)、总糖 37.23% (29.28%)、茶皂素 2.44% (1.46%)、灰分 3.45% (4.55%)、酸度 0.35% (0.46%)。测定的矿物元素中,肉质叶、果的钙含量分别为 411.3 mg、359 mg; 锰的含量分别为 31.35 mg 和 33.06 mg; 含有 16 种氨基酸; 所测的 6 种维生素中,维生素 C 和叶酸含量较高。毒性试验结果显示,样品为无毒野生果。微核试验和致畸试验结果表明:小鼠微核率与对照组比较,差异不显著($P>0.05$)。小鼠精子致畸率与阳性对照组比较无显著差异($P>0.05$)。样品对金黄色葡萄球菌抑制效果明显。该野生果基本无毒、无致突变物质,证明油茶肉质果、肉质叶是一种食用安全的野生果和食品资源。

关键词: 肉质果; 肉质叶; 油茶; 营养成分; 微核试验; 致畸试验

中图分类号: R 151.41

文献标识码: A

The Analysis of Exploitive Value and Edible Security in Fleshy Fruit and Fleshy Leaf of *Camellia oleifera* Abel

ZHU Bi-feng, PENG Ling, LUO Li-fei, Liu Jing-hua, He Qiu-dong
(Ying-Dong College of Biotechnology, Shaoguan University, Shaoguan 512005, China)

Abstract: Biochemical characteristics of the mature fleshy leaf showed that were moisture 91.58%, protein 6.56%, fat 3.7%, reducing saccharide 21.8%, total saccharide 29.28%, teasapoin 1.46%, and ash content 4.55% and acidity 0.46%. And of the mature fleshy fruit were moisture 91.36%, protein 7.81%, fat 2.9%, reducing sugar 30.41%, total sugar 37.23%, and teasapoin 2.44%, ash 3.45% and acidity 0.35%. There were sixteen kinds of amino acids were detected in the fleshy fruit and leaf. Seven vitamins were determined and the content of vitamin C and folic acid were higher that of than other four vitamins. The result of toxicity experiments indicated that the two kinds wild fruits were belong to non-toxicity for edible ($LD_{50}>21.5g/(kg \cdot d)$). The results of the micronuclei test and mice abnormal spermatozoon test illustrated that negative reaction, including no mutagenicity on authentic cells and reproductive cells by tested two samples. The samples could against *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*. Based on these results, it is concluded that the fleshy fruit and fleshy leaf was safety to human. They may be a new wild fruit and food resources for human. The nutritional

收稿日期: 2006-07-02.

基金项目: 广东省自然科学基金项目(06026957); 香港霍英东基金项目(No. HK314-140436).

作者简介: 朱必凤(1955-), 男, 江西南康人, 教授, 主要从事生物化学与分子生物学研究. Email: bfzhu@sgu.edu.cn

components and edible security of the fleshy fruit and fleshy leaf was reported first time as foundation for edibles and research and developing.

Key words: fleshy fruit; fleshy leaf; *Camellia oleifera* Abel; nutritional component; micronuclei test; mic adnormal spermatozoon

油茶(*Camellia oleifera* Abel)是多年生常绿乔木,属山茶科属虫媒异花授粉双子叶植物,是世界四大木本油料之一。对油茶的研究主要集中在油茶林的低产改造和分类方面,以及用生物技术的方法进行基因组 DNA 多态性分析和基因库的建立。然而,油茶的一种副产物——肉质果和肉质叶却没有引起重视和研究。据报道,油茶的肉质果和肉质叶是由一种真菌(担孢子)在 15~20 ℃,相对湿度 80%以上时,该真菌的担孢子侵染油茶引起幼嫩果叶的基因表达发生变化,形成了变异而产生。产生肉质果和肉质叶的茶树为 25%~50%^[1-4]。全国油茶年产量逾 55 万 t。然而,由于不了解其营养价值,致使这种可食用资源没有列入野生果的行列,更没有得到开发和利用。为此,作者以油茶肉质果和肉质叶为材料,测定了糖类、蛋白质、维生素、微量元素含量,揭示其营养成分;还进行了毒性试验,了解它们的食用安全性,为开发这一野生果打下基础。

1 材料与方 法

1.1 材料采集与处理

清明节前后在广东南雄,江西大余、南康、信丰等地,采集油茶成熟和未成熟的肉质叶、肉质果。采集后,分成两部分,一部分采回后干燥,碾磨成粉末,过筛后保存,用于测定脂肪、还原糖、总糖、总氮、茶皂素、灰分、微量元素、氨基酸。另一部分保存于一70 ℃冰箱,用于测定维生素、酸度。

1.2 营养成分分析

1.2.1 脂肪含量的测定 索氏抽提法。

1.2.2 还原糖与总糖的测定 蒽酮比色定糖法。

1.2.3 总氮的测定 凯氏定氮法。

1.2.4 灰分的测定 常规化验方法测定,试样经干燥、炭化、灼烧、冷却后,测定残留物的量。

1.2.5 水分质量分数的测定 常压加热干燥法,即常压于(103±2)℃的恒温干燥箱内加热至恒重。加热前后的质量差即为水分含量。

1.2.6 总酸测定 参照文献[5-6]方法进行。

1.2.7 茶皂素测定 参照文献[7-8]方法进行。

1.2.8 微量元素测定 参照文献[9-10]方法测

定。样品处理按 GB/T5008.124-2003,检测按 JY/T024-1996。

1.2.9 维生素测定 将分选、洗净、沥干后的新鲜样品捣碎,按鲜品与提取剂体积比为 1:10,分别用不同溶剂于不同温度下经过不同时间提取,再经减压过滤获得各种水溶性维生素提取液。上机前经微孔膜(0.45 nm)过滤。VC 和 VB₆ 提取剂选择 1%盐酸。烟酸提取剂采用 0.25 mol/L 硫酸 + 95%乙醇(体积比 1:1)混和液,于沸水浴中回流 4 h。VB₁、VB₂ 采用 0.1 mol/L HCl 为提取剂,沸水浴中回流提取 0.5 h。叶酸的提取采用加水溶解,混匀并用超声波振荡 10 min^[11-14]。使用日本岛津 LC-6A 型 HPLC 分析仪,采用保留时间和加已知物增加峰高法定性,以外标法定量测定新鲜样品水溶性维生素的含量。以等量的各种标准维生素混合成梯度标准溶液。色谱柱:Phenomenex C18, 5 μm, 4.6 mm×250 mm,流动相 A 为 0.05 mol/L 磷酸二氢钾缓冲液(含 0.2%三乙胺,pH 6.0);流动相 B 为甲醇,V_A:V_B 为 75:25。检测波长 254 nm,体积流量 1.0 mL/min,柱温为室温^[15-16]。

1.3 毒性试验

1.3.1 材料处理 称取样品 250 g,捣碎,加水 500 mL,热回流 2 h,过滤,滤渣加 250 mL 95%酒精,热回流 2 h。滤液合并,经减压浓缩,提取液中含生药量 1.0 g/mL,于一70 ℃冰箱中保存备用。

1.3.2 急性毒性试验 按《食品安全性毒理学评价程序和方法》中的 Horn 法进行试验和判断^[17]。将体重 18~24 g 的小鼠(南方医科大学提供)分为 4 组,每组 8 只,雌雄各半。分别将样品按 2.15, 4.16, 10.00, 21.50 g/kg 体重剂量给动物灌胃 14 d 并观察。

1.3.3 小鼠微核试验 选体重 25~28 g 的小白鼠,分为 3 个试验组及阴性对照组、阳性对照组。每组 7 只,雌雄各半。分别将样品按 2.0、5.0、10.0 g/kg 体重剂量对试验动物灌胃,24 h 后重复 1 次,6 h 后处死,取胸骨骨髓制片,Gemasa 染色,镜检^[18]。阴性对照组用蒸馏水灌胃,阳性对照组腹腔注射环磷酰胺。

1.3.4 小鼠精子致畸试验 选体重 20~25 g 的

ICR 雄性小白鼠,分为阴性对照组、阳性对照组、3 个试验组,每组 5 只,雌雄各半。将样品分别按 2.0、5.0、10.0 g/kg 体重剂量对试验动物连续灌胃 5 d,每天 1 次,4 周后处死,取双侧附睾制备精子悬液,制片,用质量浓度为 2 g/dL 的伊红染色,镜检。阴性对照组以蒸馏水灌胃,阳性对照组腹腔注射环磷酰胺^[19]。

1.4 抑菌试验

1.4.1 材料处理 称取油茶叶、肉质叶、肉质果各 250 g,捣碎,加水 500 mL,热回流 2 h,过滤,滤渣加 250 mL 95%酒精,热回流 2 h,滤液合并,经减压浓缩。提取液中含生药量 1.0 g/mL,提取液再经 3 000 r/min 离心 10 min,上清液用过滤灭菌器过滤灭菌,放于 -70 °C 冰箱保存。

1.4.2 供试菌 金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、枯草杆菌

(*Bacillus subtilis*)、绿农杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、白色念珠球状菌(*Candida albicans*)、根霉(*Rhizopus stoonifer*) 和黑曲霉(*Aspergillus niger*)。

1.4.3 抑菌圈试验 参照文献[17-18]进行。

2 结果与分析

2.1 营养成分测定结果

油茶肉质叶、肉质果的营养成分见表 1。在这些营养成分中,水分占绝大部分,肉质果叶比油茶叶高 38%。还原糖和总糖也远高于油茶正常叶,是一种含水量较高,酸甜适度的野生肉质果。但其脂肪、茶皂素的含量比叶子低。在其成熟过程中甜度不断增加,酸度不断减少,脂肪含量有所增加。成熟的肉质叶和肉质果蛋白质含量变化不大。

表 1 营养成分表

Tab. 1 The contents of nutritional component

样品	水分 质量 分数/%	脂肪 质量 分数/%	还原糖 质量 分数/%	总糖 质量 分数/%	蛋白质 质量 分数/%	茶皂素 质量 分数/%	灰分 质量 分数/%	总酸 质量 分数/%
未成熟肉质叶	92.14	3.7	21.83	29.28	6.25	1.46	4.55	0.46
成熟肉质叶	91.58	4.5	28.42	36.31	6.56	1.26	4.38	0.29
未成熟肉质果	85.74	2.1	19.21	32.66	7.31	1.02	3.36	0.53
成熟肉质果	91.36	2.9	30.41	37.23	7.81	2.44	3.45	0.35
油茶叶	53.7	6.6	9.04	25.13	5.13	5.03	6.48	—

表 2 显示,油茶肉质叶、肉质果含有多种人体必需常量元素 Na、Ca、Mg 和微量元素 Fe、Cu、Mn、Zn 等,除钙含量多一些外,其他微量元素相对较低。

表 2 油茶肉质叶和肉质果矿物元素质量分数

Tab. 2 Mineral elements content of fleshy fruit and leaf mg/100 g 干重

元素	油茶肉质叶	油茶肉质果
Cu	6.500	6.71
Cd	0.002	0.005
Mn	31.350	33.060
Pb	0.010	0.008
Zn	14.170	16.930
Ca	411.300	359.000
Fe	19.73	22.000
Mg	130.400	133.560
Na	83.510	90.375

由表 3 可知,油茶肉质叶、肉质果水解液含有 17

种氨基酸,其质量分数高于油茶正常叶,特别是天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、丙氨酸质量分数高于油茶叶的,但赖氨酸、酪氨酸质量分数则低于油茶叶的。

表 4 显示所测样品中的维生素含量,其中 VC 和叶酸含量较高。

表 3 油茶肉质叶和肉质果氨基酸质量分数

Tab. 3 Cotent of amino acids in the fleshy fruit and fleshy leaf g/100 g 干重

氨基酸	油茶叶	油茶肉质叶	油茶肉质果
天冬氨(Asp)	0.57	0.7	0.66
谷氨酸(Glu)	0.68	0.97	0.79
丝氨酸(Ser)	0.29	0.4	0.37
组氨酸(His)	0.12	0.15	0.15
甘氨酸(Gly)	0.35	0.37	0.35
苏氨酸(The)	0.28	0.33	0.31
精氨酸(Arg)	0.33	0.24	0.33
丙氨酸(Ala)	0.36	0.66	0.6

续表3

氨基酸	油茶叶	油茶肉质叶	油茶肉质果
酪氨酸(Tyr)	0.25	0.2	0.17
缬氨酸(Val)	0.35	0.36	0.35
蛋氨酸(Met)	0.024	0.029	0.03
苯丙氨酸(Phe)	0.36	0.32	0.3
异亮氨酸(Lleu)	0.28	0.31	0.29
亮氨酸(Leu)	0.55	0.55	0.53
赖氨酸(Lys)	0.38	0.19	0.26
脯氨酸(Pro)	0.3	0.31	0.31
色氨酸(Tpr)	0.036	0.057	0.061
氨基酸的总量	5.51	6.146	5.861

表4 油茶肉质叶和肉质果维生素质量分数

样品	mg/100 g 鲜重					
	VC	VB ₁	VB ₂	VB ₆	VPP	VB ₉
油茶肉质叶	63.32	0.97	2.53	75.2	6.22	164.12
油茶肉质果	48.53	0.87	2.03	71.9	5.55	142.65
油茶正常叶	10.13	0.22	0.8	11.5	0.32	33.7

2.2 毒性试验结果

2.2.1 小鼠急性毒性试验 灌胃后观察14 d,未见受试动物有任何明显不良反应及死亡,表明油茶叶、肉质果和肉质叶的小鼠经口半致死率LD₅₀大于21.5 g/(kg·d),属无毒类物质。

2.2.2 小鼠微核试验和精子畸形试验结果 由表5可见,给予不同剂量的样品提取液灌胃后,经统计学分析,小鼠微核率与阴性对照组差异不显著($P>0.05$),呈阴性反应;阳性组微核率显著高于阴性对照($P<0.001$),呈阳性反应。由表6可见,给予不同剂量的样品提取液灌胃后,试验数据经统计学处理,小鼠精子畸形率与阴性对照组比较,差异不显著($P>0.05$)。

表5 微核试验结果

Tab.5 Result of samples in micronucleus test of polychromatic erythrocytes in bone marrow

组别	剂量/(g/kg 体重)	动物数/只	PCE数(个/只)	微核数(x±s)	微核率/%
油茶叶	2	7	1 000	2.0±0.61	2.0
	5	7	1 000	2.3±0.45	2.3
	10	7	1 000	2.1±0.68	2.1

续表5

组别	剂量/(g/kg 体重)	动物数/只	PCE数(个/只)	微核数(x±s)	微核率/%
肉质叶	2	7	1 000	1.6±0.52	1.6
	5	7	1 000	1.8±0.33	1.8
	10	7	1 000	1.9±0.70	1.9
肉质果	2	7	1 000	1.8±0.53	1.8
	5	7	1 000	1.7±0.49	1.7
	10	7	1 000	2.1±0.64	2.1
环磷酰胺	40 mg/kg	7	1 000	27.3±8.0	27.3
阴性对照	0	7	1 000	2.2±0.53	2.2

表6 小鼠精子畸变试验结果

Tab.6 Results of sperm abnormality test in mice

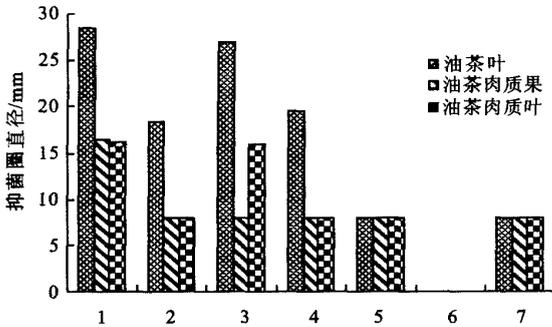
组别	剂量/(g/kg 体重)	动物数/只	精子数(个/只)	畸形精子数(x±s)	畸形率/%
油茶叶	2	5	1 000	2.34±0.59	2.34
	5	5	1 000	2.97±0.78	2.97
	10	5	1 000	2.98±0.45	2.98
肉质叶	2	5	1 000	2.13±0.66	2.13
	5	5	1 000	2.73±0.84	2.73
	10	5	1 000	2.48±0.35	2.48
肉质果	2	5	1 000	2.51±0.63	2.51
	5	5	1 000	1.98±0.77	1.98
	10	5	1 000	2.55±0.36	2.55
环磷酰胺	40 mg/kg	5	1 000	14.63±3.61	14.63
阴性对照	0	5	1 000	2.46±0.57	2.46

2.3 抑菌作用

抑菌检测结果见图1,油茶叶、肉质叶、肉质果提取液对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草杆菌、绿脓杆菌、白色念珠球状菌、黑曲霉等几种菌均有抑制效果,而对根霉均无效果。油茶叶、肉质叶、肉质果提取液对参试的细菌所表现的抑菌作用有一定差异,从试验结果可知,其中油茶叶对参试菌抑制效果最强,肉质果的次之,肉质叶的最差。

抗菌素抑菌圈实验结果的判定标准是:抑菌圈直径大于15 mm为最敏感、10~15 mm为中度敏感、7~9 mm为低度敏感,无抑菌圈为不敏感。由表1可知,油茶叶对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草杆菌、绿脓杆菌的抑菌圈直径大于15 mm,属最敏感;对白色念珠球状菌、黑曲霉抑菌圈直径在7~9 mm之间,属低度敏感;而对根霉不敏感。肉质叶

对金黄色葡萄球菌属最敏感,对大肠杆菌、枯草杆菌、绿脓杆菌、白色念珠球状菌、黑曲霉属低度敏感,对根霉不敏感;肉质果对金黄色葡萄球菌、枯草杆菌属最敏感,对大肠杆菌、绿脓杆菌、白色念珠球状菌、黑曲霉属低度敏感,对根霉不敏感。



1. 金黄色葡萄球菌;2. 大肠杆菌;3. 枯草杆菌;4. 绿脓杆菌;
5. 白色念珠球状菌;6. 根霉;7. 黑曲霉

图 1 提取液抑菌效力

Fig. 1 The antimicrobial effects of the original liquid extract

3 结 论

3.1 油茶肉质叶、肉质果营养成分

研究表明,油茶肉质叶、肉质果含有多种营养成分,其可溶性糖质量分数较高。所研究样品中含有丰富的常量元素和微量元素,常量元素中钙、镁含量相对较高。平均质量分数达到 132 mg/100 g,是人体摄入有机钙来源的一种补充。

人体内含锌总量为 2~3 g,而每日所需要的供应量为 10~15 mg。相对其他微量元素而言,所测样品中锌的质量分数较高。锌除了对人体免疫系统和防御功能具有重大作用外,还是酶的重要组成部分,在性激素功能中起到一系列的生物化学作用,与其含有的香气成分及其营养成分起协同作用。

参考文献(References):

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 北京:中国林业出版社,1988:1-5.
- [2] Hideyaki N, Masanohu A, Kunihei K, et al. *Exobasidium dubium* and *E. miyabei* sp. causing *Exobasidium* leaf blisters on *Rhododendron* spp. in Japan [J]. *Mycoscience*, 2003, 44:1-9.
- [3] 刘爱英, 梁宗琪, 康冀川. 茶饼病菌分生孢子阶段分离培养及其发酵液对植物的刺激作用[J]. 菌物系统. 2002, 21(3): 437-439.
LIU Ai-ying, LIANG Zong-qi, KANG Ji-chuan. Isolation and culture of the conidial stage of *Exobasidium vexan* and stimulation of the fungal fermented liquid to plant[J]. *Mycosystema*, 2002, 21(3): 437-439. (in Chinese)
- [4] 江楚平, 杜肿福, 曾庆明. 茶饼病的发生规律综合防治研究[J]. 四川农业大学学报, 1993, 11(2): 255-260.
JIANG Chu-ping, DU Zhong-fu, ZENG Qing-ming. The incidences and integrated pest management tactics for *Exobasid-*

人体中含有 Mn 共约 10~20 mg,成人每日必需摄入量为 2.5~5 mg。油茶肉质果、肉质叶中 Mn 的含量分别为 31.35 mg 和 33.05 mg,可作为人体补充锰的辅助来源。Mn 是一切生物所必需的微量元素,对人体的作用是多方面的,最重要的功能是激活大量的酶类,参与多种物质代谢。人体缺锰会影响骨骼的生长和性激素的合成,缺锰还影响生殖系统,如引起死胎和无精子产生;另外还影响脑神经,引起惊厥。癫痫病患者血液中锰的含量偏低。

油茶肉质叶、肉质果含有 17 种氨基酸,且含有人体必需的 8 种氨基酸。还含有 6 种维生素,其中 VC 和叶酸含量较高。油茶肉质叶和肉质果的 VC 含量分别是 7 种蔬菜(芹菜、芦笋、莴菜、黄豆芽、莼菜、马头兰和生菜)VC 含量的 3.6 倍和 2.3 倍。

3.2 关于毒性

为了探讨油茶肉质叶、肉质果的食用安全性,进行了急性毒性试验、微核试验和精子致畸试验。油茶肉质叶、肉质果提取液的毒理试验结果表明,油茶肉质叶、肉质果提取液的小鼠经口 LD₅₀ 大于 21.5 g/(kg·d),属实际无毒类物质;油茶肉质叶、肉质果在本试验系统的 2 个致突变试验中均呈阴性反应,未显示致突变作用,表明油茶肉质叶、肉质果为基本无毒性 and 无致突变活性物质,既可以直接食用,又可作为保健食品的原料。

3.3 抑菌效果

油茶肉质叶、肉质果有明显的抑菌效果。两种样品均对金黄色葡萄球菌有较强的抑制作用。研究表明,油茶叶、肉质叶、肉质果对黑曲霉属于低敏感,而对金黄色葡萄球菌属于最敏感,这说明除了茶皂素外还含有其他抑菌成分。特别是正常油茶叶和油茶肉质果和肉质叶均对根霉无抑菌作用,是否与导致担子菌容易侵入而产生肉质果和肉质叶有关,还有待进一步研究。

- ium vexan[J]. **Journal of Sichuan Agricultural University**, 1993,11(2): 255-260. (in Chinese)
- [5] 胡茂林. 淀粉酸度测定法[J]. 淀粉与淀粉糖, 1987(4):41-44.
HU Mao-ling. Method for determination of acidity in starches[J]. **Starch and Starch Sugars**, 1987(4):41-44. (in Chinese)
- [6] 高歧, 张海燕. 微波浸提——酸碱滴定法测定果品中的总酸度[J]. 食品科学, 1996, 17(4):51-53.
Gao Qi, Zhang Hai-yan. Analysis of total acidity content in fruits by the method of microwave soaking and acid-alkli titration[J]. **Food Science**, 1996,17(4):51-53. (in Chinese)
- [7] 朱全芬, 田洁华, 夏春华. 茶皂素定量方法的研究[J]. 中国茶叶, 1983(4):13-15.
ZHU Quan-fen, TIAN Jie-hua, XIA Chun-hua. Study on the quantitative analysis method of tea saponin[J]. **China Tea**, 1983(4):13-15. (in Chinese)
- [8] 傅春玲, 洪奇华. 茶皂素定量测定方法的研究[J]. 杭州大学学报, 1997, 24(3):239-242.
FU Chun-lin, HONG Qi-hua. Study on the quantitative analysis method of tea saponin[J]. **Journal of Hangzhou University**, 1997,24(3):239-242. (in Chinese)
- [9] 孙磊, 贾俊梅, 李秀珍. 仙鹤草微量元素的测定方法[J]. 微量元素与健康研究, 2000, 17(6):43.
SUN Lie, JIA Jun-mei, LI Xiu-zhen. The method of determination of trace elements in agrimony[J]. **Studies of Trace Elements and Health**, 2000, 17(6):43. (in Chinese)
- [10] 刘建军. 中华猕猴桃微量元素测定分析[J]. 广东微量元素科学. 2001, 8(4):66-69.
LIU Jian-jun. Determination of trace elements in fruit of *Actinidia chinensis* Planch[J]. **Guangdong Trace Elements Science**. 2001, 8(4):66-69. (in Chinese)
- [11] 金恒亮. 高效液相色谱[M]. 北京:原子能出版社, 1985.
- [12] 吴怀春. 食品中维生素的含量测定[J]. 营养学报, 1986, 8(3):273.
WU Huai-chun. Determination of vitamins content in food[J]. **Acta Nutrimenta Sinica**, 1986, 8(3):273. (in Chinese)
- [13] 成志强, 孙成均, 黎源倩. 反相高效液相色谱法同时测定食品和多维片中 8 种水溶性维生素[J]. 分析化学, 2001, 29(9):1068-1070.
CHENG Zhi-qiang, SUN Cheng-jun, LI Yuan-qian. Determination simultaneity of eight water-solubility vitamins in food and multi-vitamine trug by reverse phase high performance liquid chromatography[J]. **Chinese Journal of Analytical chemistry**, 2001, 29(9):1068-1070. (in Chinese)
- [14] 赵厚民, 周晓平, 王芑. 用改进的流动相在 C18 柱上分离七种水溶性维生素[J]. 色谱, 1993, 11(4):249-251.
ZHAO Hou-ming, ZHOU Xiao-ping, WANG Wu. Separation and Identification of seven water-solubility vitamins by improved flow-phase of Reversed-Phase Capillary Liquid Chromatography (RP-CapLC)[J]. **Chromatography**, 1993,11(4):249-251. (in Chinese)
- [15] 李碧琳, 宋晓东. 用反相离子对色谱分离和检测水溶性维生素—十二烷基硫酸钠作离子对试剂[J]. 分析化学, 1991, 19(8):886-890.
LI Bi-ling, SONG Xiao-dong. Separation and determination of water-solubility vitamin - SDS ion-pair by Ion-Pair Reverse Phase Chromatography[J]. **Chinese Journal of Analytical chemistry**, 1991,19(8):886-890. (in Chinese)
- [16] 王卫东. 反相高效液相色谱法测定草莓中的维生素[J]. 食品科学, 1993(8):61-64.
WANG Wei-dong. Analysis of vitamin in strawberry by Reverse Phase High Performance Liquid Chromatograph[J]. **Food Science**, 1993(8):61-64. (in Chinese)
- [17] 卫生部. 中华人民共和国国家标准, 食品安全性毒理学评价程序和方法[M]. 北京:中国标准出版社, 1995: 1-5, 12-26, 35-36, 40-41.
- [18] 黄幸纾, 陈星若. 环境化学物致突变致畸致癌试验方法[M]. 杭州:浙江科学技术出版社, 1985: 218-230.
- [19] 张立实, 王瑞淑, 徐维光. 小鼠精子致畸试验在食品毒理学评价中的应用[J]. 食品卫生学进展, 1988(5): 117-121.
ZHANG Li-shi, WANG Rui-shu, XU Wei-guang. Application of embryotoxicity test on sperm in mice for toxicological assessment of food[J]. **Development of Food Hygienics**, 1988(5): 117-121. (in Chinese)

(责任编辑:李春丽)