

# 微波消解-FAAS 测定番木瓜不同部位的金属元素含量

袁竹连

(广西民族师范学院 化学与生物工程系, 广西 崇左 532200)

**摘要:** 为探讨番木瓜果肉、果皮、瓜籽中金属元素的含量, 采用微波消解-FAAS 法测定了番木瓜 3 个部位的 K、Na、Ca、Mg、Cu、Fe、Zn 共 7 种金属元素的含量, 并对微波消解条件进行了优化。结果显示, 在优化的微波消解条件下, 样品消解完全、速度快、效果好, FAAS 测定的各金属元素质量浓度与吸光度均呈良好的线性关系, 相关系数  $r$  为 0.995 7~0.999 9, 检出限为 0.002~0.131, 回收率为 98.30%~101.67%, RSD 为 0.20%~4.12% ( $n=6$ ), 说明测定方法可靠, 结果稳定; 番木瓜 3 个部位均含有较高的 K、Ca、Mg, 但 Cu、Fe、Zn 含量均较低, 与番木瓜果肉相比, 番木瓜果皮和瓜籽中 K、Mg、Cu、Zn、Fe 含量较高, 食品和药品开发优势更突出。

**关键词:** 微波消解; 火焰原子吸收光谱法; 番木瓜; 金属元素

中图分类号: O657.3 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)01-0143-05

## Determination of Metal Elements in Different Parts of Papaya by Flame Atomic Absorption Spectrometry with Microwave Digestion

YUAN Zhu-lian

(Department of Chemistry and Biological Engineering, Guangxi Normal University for Nationalities, Chongzuo 532200, China)

**Abstract:** In order to explore the contents of metal elements in the papaya pulp, peel and seed, flame atomic absorption spectrometry (FAAS) method was used for determination of K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe and Zn in the three parts of papaya. In addition, the digesting conditions were optimized. The results showed that under the optimized microwave digestion conditions and FAAS method, the samples were digested quickly and completely, there was a good linear relation between the concentration of the metal element standards and the absorbance value, the correlation coefficient was 0.995 7-0.999 9, the detection limit was 0.002-0.131, the recovery rate was 98.30%-101.67% and RSD was 0.20%-4.12% ( $n=6$ ). So microwave digestion-FAAS was a fast good detection method with complete digestion, less interference and stable measurement results. There were more K, Ca, Mg and less Cu, Fe, Zn in the three parts of papaya; there were more K, Mg, Cu, Zn, Fe in papaya peel and seed than in pulp, so papaya peel and seed had more advantage of development in food and medicine.

**Key words:** microwave digestion; flame atomic absorption spectrometry (FAAS); papaya; metal elements

番木瓜属于番木瓜科番木瓜属植物, 亦被称作万寿果、乳果或乳瓜, 广泛种植于世界各地, 是我国岭南四大名果之一, 素称“岭南水果之王”。据研究<sup>[1-4]</sup>, 番木瓜果实中除含有多酚类、黄酮类、甾类、三萜类、木

脂素类等化合物之外, 还富含各种有机酸类、蛋白质和微量元素, 具有抗癌、抗肿瘤、保肝、抑菌、强心、利尿、抗衰老等多种生理功能, 被广泛应用于临床中。但近年来对番木瓜的研究主要集中在果肉上, 对番木

收稿日期: 2012-07-08

基金项目: 广西教育厅科研项目(201106LX659)

作者简介: 袁竹连(1982-), 女, 湖南邵阳人, 讲师, 硕士, 主要从事物质成分分析与检测方面的研究。E-mail: 332075601@qq.com

瓜果皮和瓜籽的研究较少<sup>[5-6]</sup>,番木瓜果皮和瓜籽往往被大量丢弃造成浪费,对周围生态环境造成不良影响。目前,对番木瓜的分析检测多集中于其所含成分,如黄酮、多酚、木瓜蛋白酶等方面,对其金属元素含量方面的研究极少,而金属元素是评价番木瓜营养价值的重要指标,也是将其进一步开发为高附加值食品或药品的重要依据,故测定其金属元素含量具有重要意义。金属元素的测定方法主要有火焰原子吸收光谱法(FAAS)和石墨炉原子吸收光谱法(GFAAS),而微波消解-FAAS具有样品损失小、测定结果稳定、消解时间短、效率高并能实现连续检测等优点。鉴于此,本研究采用微波消解-FAAS,测定了番木瓜果肉、果皮、瓜籽 3 个部位 K、Na、Ca、Mg、Cu、Fe、Zn 共 7 种金属元素的含量,并对其进行比较分析,以期对番木瓜及其附属物的开发和利用提供理论依据,进一步促进我国番木瓜生产地区的经济发展。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试剂

供试材料为番木瓜(广西崇左,市售)。HNO<sub>3</sub>、

HCl 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 为分析纯;Mg、Cu、Fe、Zn 标准溶液(质量浓度为 1 000 μg/mL,购自国家标准物质中心),用时逐级稀释成标准工作液;K、Na、Ca 标准溶液是由基准试剂配制的 100 μg/mL 的储备液;超纯水由 UPT-11-10T 优普超纯水器(成都超纯科技有限公司)制备;所用玻璃仪器均经 10% 的 HCl 溶液浸泡 24 h 以上,后经超纯水反复清洗 3 次。

### 1.2 仪器及工作条件

JJ-500 精密电子天平(美国双杰兄弟有限公司);Tripette 100~1 000 μL 移液枪(日本制造);GS-3008 粉碎机(广东省佛山市南海家乐仕电器有限公司);TAS-996 原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限公司),配备计算机控制系统及数据处理软件;XT9900A 智能微波消解仪(上海新拓分析仪器科技有限公司);DGX-9143BC-1 电热鼓风干燥箱(上海福玛实验设备有限公司)。

样品液经适当稀释、定容后,采用空气-乙炔和外标法测定。经过优化选择,火焰原子吸收光谱法测定各种元素的最佳工作条件如表 1。

表 1 FAAS 工作条件

元素	波长/ nm	光谱通带/ nm	灯电流/ mA	乙炔流量/ (L/min)	空气压力/ mPa	负高压/V	燃烧器高度/ mm	燃烧器位置/ mm
K	766.5	2.0	2.0	1.7	0.2	300.0	5.0	-3.5
Na	589.0	0.4	2.0	1.1	0.2	300.0	5.0	-3.5
Ca	422.7	0.4	3.0	1.7	0.2	300.0	6.0	-3.5
Mg	285.2	0.4	2.0	1.5	0.2	300.0	6.0	-3.5
Cu	324.7	0.4	3.0	2.0	0.2	300.0	6.0	-3.5
Fe	248.3	0.2	4.0	1.7	0.2	300.0	8.0	-3.5
Zn	213.9	0.4	3.0	1.0	0.2	300.0	6.0	-3.5

### 1.3 样品处理

用超纯水清洗番木瓜,分离出果肉、果皮、瓜籽,将果肉和果皮切碎,与瓜籽均放入烘箱内于 60 °C 烘 8~12 h,取出后用粉碎机粉碎,过 0.5 mm 筛,于干燥器内保存备用。

### 1.4 消解方法

称取 3 份番木瓜果肉各 0.100 0 g 于干净的微波消解内罐中,各加入 3 mL 浓 HNO<sub>3</sub>,于 90 °C 恒温水浴约 20 min,至罐内样品不冒烟、气泡殆尽为止;将其取出冷却,加入 2 mL 浓 HNO<sub>3</sub> 和 3 mL 30% 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,加盖,置于微波消解外罐中,放入微波消解仪中进行消解。消解完全后,将其无损失地移入 50 mL 的容量瓶中,超纯水定容至 50 mL,摇匀。番木瓜果皮、瓜籽操作过程同上。

## 2 结果与分析

### 2.1 微波消解条件的确定

在微波消解过程中,消解压力和时间对试验的成功起着至关重要的作用,而最优消解压力和时间选择是一个不断探索的过程,并且各样品因化学成分及性质的不同,消解程序也各有差异。本研究为了确定番木瓜果肉、果皮、瓜籽 3 个部位各自的最优微波消解条件,分别采用 3 种微波消解程序对消解压力和时间进行了优化选择(表 2)。微波消解结果显示,按照微波消解程序 3 进行样品消解,无残渣、不漏气、消解完全、效果好,消解样品均为无色透明状液体。

表 2 微波消解程序

程序	阶段	番木瓜果肉		番木瓜果皮		番木瓜瓜籽		消解程度
		压力/kPa	时间/s	压力/kPa	时间/s	压力/kPa	时间/s	
1	1	1	20	2	20	2	20	不完全,有细小颗粒
	2	4	40	5	50	4	40	
	3	8	60	8	60	8	60	
	4	10	60	10	80	10	80	
	5	12	80	14	90	12	90	
2	1	1	20	2	20	2	20	不完全,有细小颗粒
	2	4	40	5	50	4	40	
	3	8	60	8	70	8	60	
	4	10	80	12	80	10	80	
	5	14	90	15	90	13	100	
3	1	1	20	2	20	2	20	完全,样品液清澈透明
	2	4	40	5	50	4	40	
	3	8	60	8	70	8	60	
	4	10	80	12	80	10	80	
	5	15	100	16	100	14	100	

## 2.2 7 种金属元素标准溶液质量浓度与吸光度建立的标准曲线

按照表 2 中程序 3 的仪器工作条件,用 FAAS 测定 K、Na、Ca、Mg、Cu、Fe、Zn 标准溶液中的金属元素含

量,各金属元素标准溶液质量浓度及线性回归方程见表 3。由表 3 可以看出, $r$  为 0.995 7~0.999 9,检出限为 0.002~0.131,表明各金属元素质量浓度和吸光度均呈良好线性关系,仪器参数合理,标准曲线可靠。

表 3 标准溶液浓度、线性回归方程及检出限

元素	标准溶液质量浓度/( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )						线性回归方程	相关系数 $r$	检出限
K	0.00	2.00	5.00	10.00	20.00	40.00	$y=0.0868x+0.0316$	0.995 7	0.002
Na	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	$y=0.0750x+0.0276$	0.999 9	0.103
Ca	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	$y=0.0203x-0.0029$	0.999 2	0.131
Mg	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	$y=0.4845x+0.0026$	0.999 9	0.003
Cu	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	$y=0.0931x-0.0006$	0.999 9	0.004
Fe	0.00	2.50	5.00	10.00	15.00	20.00	$y=0.0324x+0.0126$	0.998 8	0.040
Zn	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	$y=0.1725x+0.0042$	0.997 1	0.012

## 2.3 番木瓜果肉、果皮、瓜籽中的金属元素含量

番木瓜果肉、果皮、瓜籽 3 个部位的 K、Na、Ca、Mg、Cu、Fe、Zn 含量(表 4)均为 6 次测定的平均值。由表 4 可知,番木瓜的部位不同,金属元素的含量也存在差异。在番木瓜 3 个部位中 K 含量差异极显著,番木瓜果皮中最多,分别是果肉和瓜籽的 18.42 倍、3.22 倍;Na 含量在番木瓜果肉中最多,极显著高于果皮和瓜籽,分别是二者的 8.14 倍和 13.71 倍;Mg 含量在番木瓜瓜籽中最多,极显著高于果肉(17.38 倍);Zn 含量在番木瓜瓜籽中最多,极显著高于果肉(为其 16 倍);番木瓜果实中 Ca 的含量最高,为 12 009.85~17 231.53  $\mu\text{g}/\text{g}$ ,瓜籽中 Ca 含量是果肉的 1.30 倍、果皮的

1.43 倍;Cu、Fe 含量相差不大。

由表 4 可知,番木瓜 3 个部位 K、Ca、Mg 含量均较高,果皮和瓜籽中 K、Mg、Cu、Zn、Fe 含量均高于果肉,而瓜籽中 Ca 含量也高于果肉,但果肉中 Na 含量高于果皮和瓜籽,总体而言,番木瓜果皮和瓜籽中金属元素含量比果肉更丰富。番木瓜各部位金属含量高低顺序分别为,果肉:Ca>Na>K>Mg>Zn>Cu>Fe、果皮:Ca>K>Mg>Zn>Na>Cu>Fe、瓜籽:Ca>Mg>K>Zn>Na>Cu>Fe。另外,番木瓜 3 个部位 Cu/Zn 值介于 0.095~0.709,均低于正常人的 Cu/Zn 值(1.04)<sup>[7]</sup>,可作为肿瘤患者的药品或者食品用以调节 Cu/Zn 值,降低肿瘤患者的发病率。

表 4 番木瓜果肉、果皮、瓜籽中的金属元素含量

部位	K/( $\mu\text{g/g}$ )	Na/( $\mu\text{g/g}$ )	Ca/( $\mu\text{g/g}$ )	Mg/( $\mu\text{g/g}$ )	Cu/( $\mu\text{g/g}$ )	Zn/( $\mu\text{g/g}$ )	Fe/( $\mu\text{g/g}$ )	Cu/Zn
果肉	520.74cC	2304aA	13290.64abA	203.92bB	27.93bA	39.42cB	17.89bA	0.709
果皮	9594.47aA	283bB	12009.85bA	2391.74aA	38.67abA	381.45bA	34.78abA	0.101
瓜籽	2981.57bB	168bB	17231.53aA	3543.45aA	60.15aA	630.72aA	43.59aA	0.095

注:同列数据后大写字母代表差异极显著( $P<0.01$ )、小写字母代表差异显著( $P<0.05$ )。

#### 2.4 微波消解—FAAS 测定方法的准确度

为了考察微波消解—FAAS 测定方法的准确度,一方面对番木瓜 3 个部位样品溶液进行 6 次平行试验,计算相对标准偏差(RSD)确定其精密度;另一方面

在番木瓜 3 个部位样品溶液中分别加入 7 种金属元素的标准溶液,测定其回收率。由表 5 可知:7 种金属元素的平均回收率为 98.30%~101.67%,RSD 为 0.20%~4.12%,表明测定结果具有良好的稳定性,准确可靠。

表 5 微波消解—FAAS 测定金属元素的回收率与精密度

项目	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
标准加入值/( $\mu\text{g/mL}$ )	5.00	10.00	4.00	0.60	0.60	5.00	0.60
测定值/( $\mu\text{g/mL}$ )	4.97	9.94	4.03	0.61	0.61	4.99	0.59
回收率/%	99.40	99.40	100.75	101.67	101.67	99.80	98.30
RSD/%	3.92	4.12	2.25	0.65	2.25	0.20	0.90

注:测定值=|加标测定值-样品测定值|。

### 3 讨论

采用微波消解—FAAS 测定番木瓜不同部位的金属元素含量,在试验范围内线性关系良好,回收率和精密度都较好,该方法准确可靠,是快速检测番木瓜中多种金属元素较为理想的一种测定方法。

K、Na、Ca、Mg 4 种元素为常量元素,Cu、Fe、Zn 为微量元素,均是人体必需的营养元素。番木瓜果肉、果皮、瓜籽 3 个部位中均含有此 7 种金属元素,且 K、Ca、Mg 含量丰富,说明番木瓜 3 个部位均具有较高的营养价值。因此,可以针对不同的人群将其开发成以下高附加值的食品或者药品。

1) 可开发成降血压、降血糖、降血脂的药品。金属元素在食品中的含量较少,但具有重要的营养生理功能。K、Na 在保持体液的酸碱平衡、渗透压和水的平衡、控制内循环稳定、参与细胞新陈代谢等方面具有重要作用,但是 Na 含量过高又会造成不利影响<sup>[8]</sup>。番木瓜果皮和瓜籽是典型的高 K 低 Na 物质,可以加工或研制成降血压、降血糖、降血脂的食品或者医用药物,具有很高的开发价值。

2) 可作为补钙的营养强化剂。Ca 对血液凝固、神经及肌肉的兴奋、酶反应的激活及激素的分泌都起着决定性的作用。缺 Ca 是较常见的营养性疾病,据研究<sup>[9-11]</sup>,广泛涉及内科、外科、妇女、儿童、老年及肿瘤等多个学科的 120 余种疾病均与缺 Ca 有关,如骨代谢疾病、内分泌系统疾病、心脑血管系统疾病、神经系统疾病、泌尿系统疾病、生殖系统疾病、感受器疾病等,主要表现为儿童的佝偻病和老年人的骨质疏松症。番木瓜 3 个部位都含有较丰富的 Ca,可以作为一种良好的纯天然 Ca 营养强化剂,添

加到乳制品、面粉及其制品、食盐、酱油醋等食品或者药品中。同时可加入维生素 D、低聚果糖<sup>[12]</sup>、CPP(酪蛋白磷酸肽)<sup>[13]</sup>等物质,能更有效地促进 Ca 的吸收。

3) 可作为肿瘤患者 Cu/Zn 比例的调节剂。正常人的 Cu/Zn 值为 1.04,而肿瘤患者的 Cu/Zn 值较高,在临床诊断中 Cu/Zn 值升高是肿瘤的一个重要特征,并作为某些肿瘤诊断及疗效评价指标<sup>[7]</sup>。番木瓜 3 个部位 Cu/Zn 值(0.095~0.709)均低于正常值,可作为药品或者食品用以调节 Cu/Zn 值,降低肿瘤患者的发病率。

4) 可开发为口服补镁制剂。Mg 参与所有膜结构的形成,催化或激活机体 300 多种酶系,促进骨骼及细胞的形成,是体内所有能量代谢中的关键元素<sup>[14]</sup>。Mg 具有辅助镇痛<sup>[15]</sup>、治疗支气管哮喘<sup>[16]</sup>、保护放射性脑损伤<sup>[17]</sup>、保护四氯化碳肝损伤<sup>[18]</sup>等重要生理功能。番木瓜 3 个部位均含有 Mg,是一种良好的补 Mg 物质,尤其是果皮和瓜籽中含 Mg 量丰富,分别是果肉的 11.73 倍、17.38 倍,可以开发成为口服补 Mg 制剂。

综上所述,与番木瓜果肉相比,番木瓜果皮和瓜籽更具有研发优势。所以,开展番木瓜金属元素含量的测定和研究,不仅有助于了解其营养价值,而且对进一步研究其医疗保健价值也具有重要意义。

参考文献:

- [1] 吴秀兰,唐文武,黄泽强. 火焰原子吸收法测定不同品种番木瓜的微量元素含量[J]. 安徽农业科学,2009,37(18):8310-8311,8315.
- [2] 张冬松,高慧媛,吴立军. 光皮木瓜的化学成分药理活

- 性及临床研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2007, 24(11):721-725.
- [3] 何家宝, 朱秀芹, 陈政, 等. 木瓜化学成分及药理研究进展[J]. 中国中医药信息杂志, 2007, 14(8):98-100.
- [4] Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Visessanguan W, et al. Gelatin hydrolysate from blacktip shark skin prepared using papaya latex enzyme: Antioxidant activity and its potential in model systems[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3):1118-1126.
- [5] 晏志梅, 张春玲, 刘娟, 等. 文献计量分析我国番木瓜的研究现状与发展趋势[J]. 广东农业科学, 2008(2):112-114.
- [6] Othman O C. Physical and chemical composition of storage-ripened papaya (*Carica papaya* L.) fruits of Eastern Tanzania [J]. Tanzania Journal of Science, 2009, 35:47-56.
- [7] 白进发, 刘志强, 张瑞萍, 等. 虎眼万年青和其他 3 种抗癌中草药的微量元素含量及其溶出特性[J]. 首都医科大学学报, 2009, 30(2):208-211.
- [8] 夏延斌, 食品化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 186-187.
- [9] 王玉宝, 陈玉静, 候法菊. 双波长分光光度法测定食品中的钙[J]. 食品科学, 2009, 30(6):216-218.
- [10] 高宇萍, 袁静宇. 食品营养与卫生[M]. 北京: 海洋出版社, 2010:44-47.
- [11] 张荣. 缺钙与身体疾病的关联[J]. 黑龙江医药, 2009, 22(2):193-194.
- [12] 朱志怀, 李永民, 王志园. 低聚果糖对钙元素吸收的作用研究[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(8):62-64.
- [13] 孟妍, 李荔, 高远, 等. 酪蛋白磷酸肽促进钙吸收效果的研究[J]. 黑龙江医药, 2009, 38(4):489-491.
- [14] 姜波, 姜国斌, 刘长建, 等. 微波消解-FAAS 法分析银杏叶中金属元素[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(3):812-815.
- [15] 妍君, 张俊杰, 汪正平. 镁离子辅助镇痛作用研究进展[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(10):717-719.
- [16] 陈宝生, 张振, 莫耀南, 等. 镁离子在支气管哮喘气道重塑中的作用研究[J]. 陕西医学杂志, 2010, 39(8):967-969.
- [17] 杨美玉, 王利利, 涂彧. 镁离子对放射性脑损伤的脑保护作用[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2010, 34(6):363-366.
- [18] 孙设宗, 唐微, 张红梅, 等. 镁离子、山药多糖对四氯化碳肝损伤的保护作用[J]. 中国现代医学杂志, 2009, 19(18):2780-2783.

(上接第 124 页) 在于梨形艾美耳球虫孢子化卵囊无外残体, 而肠艾美耳球虫孢子化卵囊有外残体; 盲肠艾美耳球虫和斯氏艾美耳球虫的区别在于盲肠艾美耳球虫孢子化卵囊有外残体, 寄生部位在盲肠, 而斯氏艾美耳球虫孢子化卵囊无外残体, 寄生部位在胆管上皮细胞<sup>[12]</sup>。

本次试验鉴别出 7 种兔球虫, 分别为盲肠艾美耳球虫、黄艾美耳球虫、肠艾美耳球虫、梨形艾美耳球虫、大型艾美耳球虫、中型艾美耳球虫和长型艾美耳球虫。这 7 种兔球虫与文献中形态描述及图谱对比基本一致<sup>[13]</sup>。但个别球虫大小有差异, 尤其是大型艾美耳球虫, 可能与兔的品种、饲养管理条件等有关。在本试验中还发现了出现频率较低的长型艾美耳球虫。另外, 黄艾美耳球虫、长型艾美耳球虫为新乡市首次发现<sup>[14]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 展锁成, 曹亮, 黄淑芳, 等. 规模兔场球虫病综合防治探讨[J]. 山西农业科学, 2011, 39(4):83-84.
- [2] 王彤斐, 王晋. 襄垣县山羊球虫种类及感染情况调查[J]. 山西农业科学, 2006, 34(3):83-84.
- [3] 田青荃, 禹志梅. 家兔球虫病的综合防治措施[J]. 现代农业科技, 2008(18):258.
- [4] 张开臣, 连世界. 肉兔球虫病的综合防治[J]. 现代农业科技, 2008(13):296.
- [5] 马德海, 贫谦吉. 中草药治疗家兔球虫性腹泻[J]. 现代农业科技, 2008(6):181.
- [6] 张宗森, 张文财. 獭兔球虫病的诊治[J]. 现代农业科技, 2008(4):177-178.
- [7] 孔繁瑶. 家畜寄生虫学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010:21-25.
- [8] 张福军. 动物疫病检疫指南[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009:46-48.
- [9] 张晓东, 石泉, 苏丽娜, 等. 呼和浩特市周边地区奶牛球虫病流行病学调查[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 5(4):56-64.
- [10] 李宏娟, 刘聚祥, 刘静. 中药复方对鸡柔嫩艾美耳球虫病的疗效观察[J]. 华北农学报, 2008, 23(B06):292-296.
- [11] 乔军, 才学鹏, 田广孚, 等. 兰州地区兔球虫种类调查[J]. 中国兽医科技, 2008, 44(8):43-44.
- [12] 郑明学, 李元平. 肉鸡柔嫩艾美耳球虫病的病理学免疫研究[J]. 华北农学报, 1998, 13(2):141-144.
- [13] 张龙现, 殷佩云, 林昆华. 我国家兔球虫的研究现状[J]. 动物学杂志, 1999, 34(5):45-51.
- [14] 汤明, 聂奎, 荆安, 等. 重庆市部分地区家兔球虫的种类调查[J]. 四川畜牧兽医学院学报, 2002, 16(2):42-46.