

# 影响木薯蚕蛹食用安全性的成分分析

梁菡峪<sup>1</sup>, 龙悦<sup>1</sup>, 黄先智<sup>2,\*</sup>, 丁晓雯<sup>1</sup>

(1.西南大学食品科学学院, 重庆市农产品加工重点实验室, 重庆 400715;

2.西南大学蚕学与系统生物研究所, 重庆 400715)

**摘要:** 采用原子荧光法和滴定法分析影响木薯蚕蛹食用安全性的成分。结果表明: 木薯蚕蛹中总砷含量(1.99±0.84) mg/kg、铅含量(0.14±0.03) mg/kg、镉含量(0.54±0.14) μg/kg、汞含量未检出。木薯蚕蛹中氰化物的含量为(0.33±0.07) mg/kg干样, 经过水煮、蒸、油炸、微波处理后, 其氰化物的清除率分别达到100%、78.83%、26.78%和39.37%。木薯蚕蛹挥发性盐基氮(TVB-N)值达到(71.62±5.32) mg/100 g。说明木薯蚕蛹铅、镉、汞和氧化物的含量远低于相关规定的限值。

**关键词:** 木薯蚕蛹; 挥发性盐基氮; 有害元素; 氰化物; 食用性

## Analysis of Components Possibly Affecting the Safety of Eri Silkworm (*Samia cynthia ricini*) Pupa for Consumption

LIANG Han-yu<sup>1</sup>, LONG Yue<sup>1</sup>, HUANG Xian-zhi<sup>2,\*</sup>, DING Xiao-wen<sup>1</sup>

(1. Chongqing Key Laboratory of Agricultural Products Processing, College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Institute of Sericulture and Systems Biology, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Objective: To investigate the chemical components of eri silkworm pupa that may influence its safety for consumption. Methods: Chemical analysis was carried out on eri silkworm pupa by atomic fluorescence spectrometry and titration method. Results: The contents of total arsenic, lead, and cadmium in eri silkworm pupa were (1.99 ± 0.84) mg/kg, (0.14 ± 0.03) mg/kg, and (0.54 ± 0.14) μg/kg, respectively, and mercury was not detectable; the cassava cyanide content in eri silkworm pupa was (0.33 ± 0.07) mg/kg for dry sample. After boiling, steaming, frying and microwave, the clearance rate of cyanide was 100%, 78.83%, 26.78%, and 39.37%, respectively. The total volatile basic nitrogen (TVB-N) value of eri silkworm pupa was (71.62 ± 5.32) mg/100 g. Conclusion: The contents of lead, cadmium, mercury and cyanide in eri silkworm pupa are far lower than statutory limits, but the speciation of arsenic, freshness evaluation index and limits of hazardous substances for eri silkworm pupa remain to be further investigated.

**Key words:** eri silkworm pupa; total volatile basic nitrogen; harmful elements; cyanide; edible

中图分类号: S885.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)11-0215-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201411043

木薯作为生物能源的原料, 目前得到快速发展。我国广西木薯种植面积最高时已达28.67万 hm<sup>2</sup>, 可利用的木薯叶多达32.254万 t, 可饲养木薯蚕107.5万盒, 产鲜蛹3 225 t。利用木薯叶饲养的蓖麻蚕, 被称木薯蚕<sup>[1]</sup>, 所得蚕蛹即为木薯蚕蛹。蚕蛹既是一种营养价值高的美食, 也是一种功能活性强的中药。近年来, 经卫生部批准, 蚕蛹是“作为普通食品管理的食品新资源名单”中唯一的昆虫类食品<sup>[2-3]</sup>。而在我国广西等地, 也将木薯蚕蛹通过油炸等方式加工后用于食用, 但对影响木薯蚕蛹食用安全性的成分未见研究报道。

为推广木薯蚕的饲养, 提高木薯种植产业的经济

效益, 在推进木薯蚕蛹食用化的进程中为了保证食用者的健康, 本实验对可能影响木薯蚕蛹食用安全性的成分进行测定分析, 所测定指标包括挥发性盐基氮、有害元素、氰化物以及加工处理后氧化物的含量变化, 为安全合理地开发利用木薯蚕蛹提供理论依据和处理方法。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

木薯蚕蛹干品, 由西南大学蚕学与系统生物研究所提供, 产地为广西南宁。

收稿日期: 2013-07-23

基金项目: 国家现代农业(蚕桑)产业技术体系建设专项(CARS-22-ZJ0503)

作者简介: 梁菡峪(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品安全与质量控制。E-mail: clytze\_vivi@sina.com

\*通信作者: 黄先智(1965—), 男, 副研究员, 博士, 研究方向为蚕桑多元化利用。E-mail: popo1166@126.com

1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的砷、镉、铅、汞标准溶液 国家有色金属标准研究中心。

## 1.2 仪器与设备

PF6-3原子荧光光谱仪 北京普析通用仪器有限责任公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 木薯蚕蛹中挥发性盐基氮的测定

采用GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》<sup>[4]</sup>中挥发性盐基氮的测定方法进行测定。

### 1.3.2 木薯蚕蛹中有害元素的测定

汞的测定参考GB/T 5009.17—2003《食品中总汞及有机汞的测定》<sup>[5]</sup>；总砷的测定参考GB/T 5009.11—2003《食品中总砷及无机砷的测定》<sup>[6]</sup>；总镉的测定参考GB/T 5009.15—2003《食品中镉的测定》<sup>[7]</sup>；总铅的测定参考GB/T 5009.12—2010《食品中铅的测定》<sup>[8]</sup>。

### 1.3.3 木薯蚕蛹中氧化物的测定

#### 1.3.3.1 定性测定

按照参考文献[9]提供的方法对木薯蚕蛹样品进行氧化物定性测定。

1) 苦味酸试纸：称取样品10 g于具塞试管，加蒸馏水15 mL，摇匀。在苦味酸试纸在试纸上滴上1滴10%碳酸钠溶液使之湿润，试管口沿壁贴好，加10%酒石酸溶液5 mL，塞上塞子，50  $^{\circ}\text{C}$ 水浴35 min，观察试纸是否会变红，变红则表明样品中含有氧化物。

2) 水蒸气蒸馏：称取样品10 g，加入1%氢氧化钠溶液5 mL，水蒸气蒸馏20 min，混匀，取2 mL，加2滴10%硫酸亚铁溶液，摇匀，加热，加1%三氯化铁溶液1滴，10%盐酸1 mL使之呈明显酸性，观察溶液是否变为蓝色。若溶液变为蓝色则表示样品中含有氧化物。

3) 硫酸亚铁-氢氧化钠试纸：取木薯蚕蛹粉5 g于小三角烧瓶内，加水8 mL呈粥状，加10%酒石酸5 mL使呈酸性，立即盖以硫酸亚铁-氢氧化钠试纸，加热，待三角烧瓶内溶液沸腾后，取下试纸，浸入2%盐酸中，观察试纸上是否出现蓝色斑点，若有则表明样品中含有氧化物。

#### 1.3.3.2 定量测定

参考范东翠<sup>[9]</sup>和蒋治国<sup>[10]</sup>等的硝酸银滴定法对木薯蚕蛹样品进行氧化物定量测定。

#### 1.3.3.3 加工处理对木薯蚕蛹氧化物的影响

水煮：称取木薯蚕蛹50~60 g于700 mL沸水中煮8 min，捞起沥干，打碎，测定氧化物含量。蒸煮：称取木薯蚕蛹50~60 g，于电饭煲中蒸煮15 min，晾干，打碎，测定氧化物含量。微波：称取木薯蚕蛹50~60 g于磁盘中，于微波炉中处理1 min，冷却，打碎，测定氧化物含量。油炸：称取木薯蚕蛹50~60 g，将电磁炉的温度调至180  $^{\circ}\text{C}$ ，油温上升后，将蚕蛹倒入炸1 min，捞起沥干，打碎，用于氧化物的测定。

## 1.4 数据分析

每项测定至少重复3次以上，取平均值用于实验结果的分析，实验数据用Excel 2007分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 木薯蚕蛹挥发性盐基氮的含量分析

挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)是指动物性食品由于酶和细菌的作用，使蛋白质分解而产生的氨以及胺类等碱性含氮物质<sup>[4]</sup>，通常此类含氮物质易挥发，并呈现难闻粪臭特征。目前TVB-N值是评价动物性食品新鲜度的一项重要指标<sup>[11-12]</sup>。木薯蚕蛹中蛋白质含量丰富，达到(54.80 $\pm$ 0.61)%<sup>[13]</sup>，在加工、存放或运输过程中可能受到微生物的污染而使蛋白质分解产生氨和胺类物质，严重影响其品质。检测木薯蚕蛹中TVB-N值可以评估木薯蚕蛹蛋白分解及品质变化情况。木薯蚕蛹TVB-N含量测定结果显示，木薯蚕蛹的TVB-N值为(71.62 $\pm$ 5.32) mg/100 g，比桑蚕蛹的(82.35 $\pm$ 4.92) mg/100 g低。

我国尚无蚕蛹TVB-N值的相关规定。目前对该值有限量要求的主要是一部分动物性食品，例如要求比较严格的是对鲜、冻禽肉的TVB-N限值 $\leq$ 15 mg/100 g<sup>[15]</sup>，要求最宽松的是SB/T 10525—2009《虾酱》，该标准规定虾酱的TVB-N含量 $\leq$ 450 mg/100 g即可。通过感官评定发现，木薯蚕蛹并未出现变色、发臭等腐败变质的现象，因此对木薯蚕蛹新鲜度的评价指标和限量值有待进一步研究确定。

### 2.2 木薯蚕蛹中有害元素的测定

汞、镉、砷、铅是食品中主要存在的有害元素，进入人体后通过血液循环分布于体内组织和脏器。多数有毒元素在体内有蓄积性，能产生急性和慢性毒性反应，还有可能产生致畸、致癌和致突变作用<sup>[16]</sup>，测定木薯蚕蛹中有害元素含量对其可食性的评价很有必要。

#### 2.2.1 待测元素的标准曲线和相关系数

表1 砷、铅、镉、汞的线性方程和相关系数

Table 1 Linear regression equations and correlation coefficients of four harmful elements

待测元素	标准溶液质量浓度范围/ $\mu\text{g}/\text{L}$	线性方程	相关系数 $R^2$
砷	0~20	$Y=25.4567X-15.4912$	0.9984
铅	0~10	$Y=75.4739X+2.5471$	0.9991
镉	0~2	$Y=1047.6375X-21.5917$	0.9997
汞	0~2	$Y=868.7664X-36.0802$	0.9994

采用原子荧光分光光度法测定木薯蚕蛹中汞、总砷、镉、铅的含量，以各元素质量浓度( $X$ ,  $\mu\text{g}/\text{L}$ )为横坐标，荧光值为纵坐标( $Y$ )作标准曲线，得到上述元素标准曲线的线性回归方程和相关系数见表1。在规定的质

量浓度范围内测定4种元素,其标准曲线的线性良好,可用于测定。

2.2.2 木薯蚕蛹中有害元素含量

表2 木薯蚕蛹和桑蚕蛹中有害元素含量比较  
Table 2 The contents of harmful elements in eri silkworm pupa and silkworm pupa

样品	总砷含量/(mg/kg)	铅含量/(mg/kg)	镉含量/(μg/kg)	汞含量/(μg/kg)
木薯蚕蛹	1.99±0.84	0.14±0.03	0.54±0.14	未检出
桑蚕蛹 <sup>[4]</sup>	0.258±0.014	0.098±0.005	0.001±0.001	未检出

由表2可知,木薯蚕蛹未检出汞,但木薯蚕蛹总砷含量为(1.99±0.84) mg/kg、铅含量(0.14±0.03) mg/kg、镉含量(0.54±0.14) μg/kg,都高出桑蚕蛹的总砷、铅、镉的含量。根据GB/T 2762—2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[17]</sup>的指标规定,肉及肉制品中总砷、铅、镉、汞的限值分别为≤0.5 mg/kg、≤0.5 mg/kg、≤0.1 mg/kg、≤0.05 mg/kg,木薯蚕蛹中铅、镉、汞的含量都低于该限值,但总砷的含量超过该标准规定限量值的近3倍。

砷在自然界普遍存在,但其毒性依赖于形态,无机砷的毒性远大于有机砷,三价砷的毒性大于五价砷<sup>[18]</sup>。在食品中砷形态的研究主要集中在海产品及谷物中。木薯蚕蛹中总砷含量虽然达到(1.99±0.84) mg/kg,但其中无机砷所占比例是多少以及含量是多少都有待进一步探讨。

2.3 木薯蚕蛹中氰化物含量的测定

生氰糖苷(cyanogenic glycosides)亦称氰苷、氰醇苷,是由氰醇衍生物的羟基和D-葡萄糖缩合形成的糖苷。生氰糖苷本身不呈现毒性,但含有生氰糖苷的植物被动物采食、咀嚼后,在适宜的条件下(有水存在,pH值为5左右,温度40~50℃),生氰糖苷与其共存的水解酶作用产生氢氰酸(hydrogen cyanide,HCN)可能引起食用者中毒<sup>[9]</sup>。生氰糖苷的毒性很强,对人的致死量为18 mg/kg(以体质量计)<sup>[19]</sup>。含有生氰糖苷的食源性植物中就有木薯,木薯的氰化物含量在58.9~162.3 mg/kg鲜样,而木薯叶的氰化物含量可能达到114.9~459.0 mg/kg鲜样<sup>[20]</sup>。木薯蚕以木薯叶为食,对于木薯蚕蛹中氰化物含量的测定是很有必要。

2.3.1 木薯蚕蛹氰化物定性测定

表3 氰化物的定性实验结果  
Table 3 Qualitative test results for cyanide

实验名称	反应现象	结果
苦味酸试纸	试纸变红	含有氰化物
水蒸气蒸馏	溶液变蓝	含有氰化物
硫酸亚铁-氢氧化钠试纸	呈蓝色斑点	含有氰化物

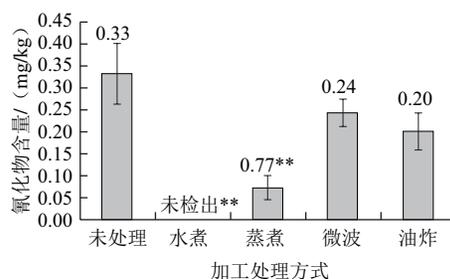
木薯蚕蛹氰化物的定性测定结果如表3所示,定性实验证实木薯蚕蛹中含有氰化物。

2.3.2 木薯蚕蛹氰化物定量测定

木薯蚕蛹中氰化物定量测定结果显示,木薯蚕蛹中的氰化物含量为(0.33±0.07) mg/kg干样。世界卫生组织(World Health Organization,WHO)认为木薯及木薯制品是安全食品的话,其氰化物含量的限值≤10 mg/kg<sup>[21-22]</sup>。我国农业行业标准对食用木薯淀粉中氰化物的含量限值同样是≤10 mg/kg<sup>[23]</sup>。可见,木薯蚕蛹虽然含有氰化物,但含量是远远低于该限值的,是相对安全的。

2.3.3 加工方式对木薯蚕蛹中氰化物的影响

我国木薯蚕的主要饲养地在广西大新、龙州、扶绥3个县,而当地居民有把木薯蚕蛹作为动物蛋白替代品<sup>[24]</sup>的食用习惯,主要食用方式是油炸。本实验模拟厨房加工方式,对木薯蚕蛹进行水煮(8 min)、蒸煮(15 min)、微波(1 min)、油炸(1 min)处理,测定其加工后的氰化物含量,结果如图1所示。



\*\*.*P*<0.01,表示与未加工处理木薯蚕蛹中的氰化物含量存在极显著差异。

图1 加工处理对木薯蚕蛹氰化物含量的影响

Fig.1 Change in cyanide in eri silkworm pupa subjected to different cooking processes

由图1可知,通过水煮后的木薯蚕蛹中未检出氰化物,氰化物清除率为100%;通过蒸煮对木薯蚕蛹中氰化物的清除率达到78.83%;与未处理的木薯蚕蛹比较,它们的氰化物含量存在极显著差异(*P*<0.01),说明水煮与蒸煮处理可以较好地去除木薯蚕蛹中的氰化物;而微波与油炸处理后的木薯蚕蛹氰化物的清除率分别为26.78%和39.37%,与未处理的木薯蚕蛹中氰化物含量不存在显著差异(*P*>0.05),其清除效果相对较差。水煮和蒸煮方式的清除效果好主要源于氰化物有较强的水溶性,且试样与水的接触时间较长,使木薯蚕蛹中的氰化物直接浸出,溶解在水里。而油炸、微波处理的高温虽然使亚麻苦苷水解酶失活,且亚麻苦苷在高温下稳定<sup>[21]</sup>,所以氰化物的清除效果不理想。

3 结论

为研究影响木薯蚕蛹食用安全性的成分,实验对木薯蚕蛹的TVB-N、氰化物和有害元素进行了测定。结果发现:木薯蚕蛹铅、镉、汞的含量均低于相关的限

值,而总砷的含量为 $(1.99 \pm 0.84)$  mg/kg,超过相关标准规定的近3倍,但这些砷是否是无机砷以及无机砷的含量有待进一步探讨。木薯蚕蛹中氰化物的含量为 $(0.33 \pm 0.07)$  mg/kg干样,但将木薯蚕蛹通过煮、蒸处理后,可以有效地去除其中的氰化物,清除率分别达到100%和78.83%;微波和油炸处理对氰化物的去除效果相对较差,清除率分别为26.78%和39.37%。木薯蚕蛹TVB-N值达到 $(71.62 \pm 5.32)$  mg/100 g,但结合感官分析结果并未表现出腐败的特征,因此关于木薯蚕蛹新鲜度的评价指标和限量值有待进一步研究确定。

#### 参考文献:

- [1] 莫现会, 祁广军, 罗群, 等. 分析广西木薯蚕发展形势把握恢复发展机遇[J]. 广西蚕业, 2012, 49(1): 54-62.
- [2] 莫桂楷, 李长健. 南宁市木薯产业化发展问题研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [3] 吴勇, 卢赛清. 广西发展木薯生产的有利气象因素及对策[J]. 现代农业科技, 2012(22): 243.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.44—2003肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.17—2003食品中总汞及有机汞的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.11—2003食品中总砷及无机砷的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.15—2003食品中镉的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [8] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.12—2010食品中铅的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [9] 范东翠, 周才琼. 卡亚抗营养因子及其失活条件研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [10] 蒋治国, 何飞燕, 李兴芳. 饲料中氢氰酸含量测定方法的研究[J]. 饲料工业, 2005, 26(22): 41-42.
- [11] PEDRO C, JUAN C, PENEDO P, et al. Tatal volatile base nitrogen and its use to assess freshness in Eurpean sea bass stored in ice[J]. Food Control, 2006, 17(4): 245-248.
- [12] CAI Jianrong, CHEN Quansheng, WAN Xinmin. Determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content and Warner-Bratzler shear force (WBSF) in pork using Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy[J]. Food Chemistry, 2011, 126(3): 1354-1360.
- [13] LONGVAH T, MANGTHYA K, RAMULU P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae[J]. Food Chemistry, 2011, 128(2): 400-403.
- [14] 王海燕, 丁晓雯, 黄先智. 桑蚕蛹品质及其安全性评价研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [15] 中华人民共和国卫生部. GB/T 16869—2005鲜、冻禽产品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 钟耀广. 食品安全学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 62-66.
- [17] 中华人民共和国卫生部. GB2762—2012 食品安全国家标准食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [18] 唐健, 李士敏. 几种海洋贝类中砷的含量和形态分析及体外生物利用度研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [19] 周才琼, 周玉林. 食品营养学[M]. 北京: 中国计量出版社, 2006: 40-44.
- [20] 陈建新, 刘是帼, 刘家运, 等. 木薯不同植龄及品种氢氰酸含量分析[J]. 牧草与饲料, 1993(2): 31-33.
- [21] BALA N. Strategies for elimination of cyanogens from cassava for reducing toxicity and improving food safety[J]. Food and Chemical Toxicology, 2011, 49(3): 690-693.
- [22] PAULA C, ESTEVAO M, MARIO E, et al. Processing of cassava roots to remove cyanogens[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2005, 18(5): 451-460.
- [23] 中华人民共和国农业部. NY/T 875—2010 食用木薯淀粉[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [24] 莫现会, 罗群, 杨其保. 广西木薯蚕综合利用现状及开发利用思路[J]. 广西热带农业, 2010(6): 30-33.