

## 6 号白电油对蛹油提取工艺的研究

蒋 芳<sup>1</sup>, 林海涛<sup>1</sup>, 钱爱芬<sup>2</sup>, 李福友<sup>1</sup>

(1. 广西科技大学 生物与化学工程学院, 广西 柳州 545000; 2. 绍兴海关(原绍兴出入境检验检疫局) 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 文章采用 6 号白电油为有机溶剂,以蚕蛹油提取率为评价标准,对干蚕蛹油脂提取工艺进行研究探讨。首先对单因素如浴比、提取温度、提取时间和翻滚次数因素分析,选出较佳范围值;再采用正交试验和直观分析法,得出最佳工艺条件;最后,利用石油醚对较佳工艺条件下提取试样进行二次蛹油提取,验证 6 号白电油提取效果。结果表明:最佳提取工艺参数为浴比(固液比)1:3、提取温度 60 ℃、提取时间 3 h、翻滚次数 60 次。此条件下,蚕蛹油的最大提取率为 21.87%,单因素对提取率的影响顺序为浴比 > 提取温度 > 翻滚次数 > 提取时间。同时,石油醚对最佳工艺条件下残渣进行二次提取,表明 6 号白电油对干蚕蛹油脂提取效率为 87.62%。

**关键词:** 蚕蛹; 蛹油; 6 号白电油; 正交; 浸提法

中图分类号: TS149; S886.9 文献标志码: A 文章编号: 1001-7003(2018)10-0021-06 引用页码: 101104

### Studies on extraction process of pupal oil with No. 6 white mineral oil

JIANG Fang<sup>1</sup>, LIN Haitao<sup>1</sup>, QIAN Aifen<sup>2</sup>, LI Fuyou<sup>1</sup>

(1. College of Biological and Chemical Engineering, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545000, China;

2. Shaoxing Customs(Former Shaoxing Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau), Shaoxing 312000, China)

**Abstract:** In this paper, No. 6 white mineral oil was used as organic solvent, and the extraction rate of silkworm pupa oil was used as evaluation standard to explore the oil extraction process from dried silkworm pupae. Firstly, the factors such as bath ratio, extraction temperature and time, and number of rolling were analyzed, and the better range values were selected. Secondly, orthogonal test and visual analysis were applied to obtain the best process conditions. Finally, the extraction of the sample with the petroleum ether under the optimum conditions was carried out to verify the extraction effect of the white mineral oil. The results showed that the optimum extraction parameters were as follows: bath ratio (solid to liquid ratio) 1:3, extraction temperature 60 ℃, extraction time 3h, and number of times of rolling 60 times. Under such conditions, the maximum extraction rate of silkworm pupa oil was 21.87%. The influence order of single influence factors on extraction rate is as follows: bath ratio, followed by extraction temperature, number of times of rolling and extraction time. At the same time, the secondary extraction of the residue with petroleum ether was conducted under the optimum technological conditions. The result showed that the extraction efficiency with No. 6 white mineral oil from the dried silkworm chrysalis oil is 87.62%.

**Key words:** silkworm pupa; pupal oil; No.6white mineral oil; orthogonal; leaching method

蚕蛹作为缫丝厂主要的副产品,是一种天然蛋白质资源,具有极大的市场潜力。蚕蛹目前在市场上的应用涉及广泛,如食品领域方面,各种受人们欢

迎的流行食品,包括营养酱油<sup>[1]</sup>、食醋和面条等;医用领域方面,以优质蚕蛹为原料生产出的瑞福康胶囊<sup>[2]</sup>,可用于缓解肿瘤病人和艾滋病病情恶化,从蛹壳中提取的甲壳素可用于外科手术线和人造皮肤的制造等;工业领域方面,用蚕蛹为原料应用于印染、造纸、涂料及食品添加剂等多种轻化工业中<sup>[3]</sup>。

中国缫丝厂每年都产生大量蚕蛹,企业在对待这些“宝贝”时,当作废渣处理掉(特别是一些小企业

收稿日期: 2017-10-07; 修回日期: 2018-08-30

作者简介: 蒋芳(1980—),女,副教授,主要从事纺织材料与纺织品设计的研究。通信作者: 林海涛,教授, lhthost@163.com。

和偏远地区),或直接当做动物饲料,不仅对资源造成极大浪费,而且还会对环境造成污染。蚕蛹含有丰富的蛹油和蛋白质,主要由不饱和脂肪酸、甘油酯和少量卵磷脂组成,除此之外,还含有许多对人体有益的维生素及微量元素(如铁、锌、硒)等<sup>[4-5]</sup>。蛹油中含有 $\alpha$ -亚麻酸、油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸,含量分别为32.79%、32.53%、4.37%、22.42%、5.73%,在一定程度上能防止动脉硬化,降低人体血脂、血糖;亚油酸合成前列腺素,在人体中可以预防心肌梗塞,防止身体血清及血液胆固醇过高等; $\alpha$ -亚麻酸能在人体中合成某些代谢产物,能有效降低血脂,预防心血管疾病,具有重要保健功能;防止脑血栓形成,抑制血小板凝结及预防老年性痴呆等<sup>[6-8]</sup>。蚕蛹蛋白中含有丰富的蛋白质、脂肪酸、维生素等,其中蛋白质含量超过50%,且含人体必需氨基酸种类较为齐全。有研究表明:蚕蛹蛋白能被人体消化和吸收,可以促进人体的生长发育<sup>[9-10]</sup>。

目前,常见的几种蚕蛹油脂提取的方法有:压榨法、超临界CO<sub>2</sub>流体萃取法及溶剂浸提法等。压榨法<sup>[11]</sup>具有工艺操作简单、适应性强的特点,但压榨法对蚕蛹油脂的提取率较低,应用价值不高,且蚕蛹油中的不饱和脂肪酸会被氧化,还会破坏蚕蛹蛋白。超临界CO<sub>2</sub>流体萃取法<sup>[12]</sup>克服了浸出法中蚕蛹油里残留溶剂、油质不纯的问题,并且提取率较高,但是生产费用昂贵、对设备要求较高。因而不太适用于实验室提取蛹油。溶剂浸提法<sup>[13]</sup>能够回收有机溶剂,操作流程也并不繁琐,而且对蛹油的提取效率较高,温度合适也不会使蛋白质性质产生变化。白电油具有高脂溶性和高挥发性,而且去污能力强,常在工业上用作清洗剂、溶剂和稀释剂。白电油分为6号白电油和120号白电油,其中6号白电油属于快干型,120号白电油属于慢干型。本文就是采用该方法来探究6号白电油对蚕蛹油脂的提取效果,采用6号白电油为有机溶剂以蚕蛹油提取率为评价标准对干蚕蛹油脂提取工艺进行研究探讨。首先对单因素如浴比(溶剂用量)、提取温度、提取时间和翻滚次数因素分析,选出较佳范围值;再采用正交试验和直观

分析法得出最佳工艺条件;最后,利用石油醚对较佳工艺条件下提取试样进行二次蛹油提取验证6号白电油提取效果。本文通过利用6号白电油为有机溶剂对蛹油提取工艺进行研究,以为工厂企业提供一种小型除蛹油的最佳提取工艺。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 材料

干蚕蛹(广西嘉联丝绸股份有限公司),沸点75℃6号白电油(深圳市宝安区沙井中环锡业经营部),沸程60~90℃石油醚(杭州邦易化工有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

DHG-9123A型电热恒温鼓风干燥箱、电热恒温水浴锅、SHA—C型恒温水浴振荡器(郑州生元仪器有限公司),AR224CN型电子精密天平(奥豪斯仪器有限公司),H1850R型离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司),研磨器(淘宝青石坊石器店)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 工艺流程

挑选适量颗粒较大的干蚕蛹(图1)放置在电热恒温鼓风干燥箱中90℃烘干10h(将干蚕蛹中水分完全去除,否则不利于蛹油的提取且影响蛹油质量),用研磨器捣碎成粉末。用分析天平准确称取粉碎的干蚕蛹粉末5g,置于150mL锥形瓶中;加入相应比例的6号白电油,用密封膜或者磨口塞封口(防止6号白电油加热后挥发),放于设定温度的恒温水浴振荡器中,浸提一定时间并振荡相应次数,取出后冷却静置<sup>[14]</sup>;将瓶中物体移置于EP管内,然后放置在离心机设定6000r/min分离10min,取出后用吸管将混合油吸出滴入称量好的圆底烧瓶中;采用蒸馏的方法(温度计达到90℃)计时1h,将6号白电油从混合油中蒸发后冷凝进行回收,瓶中剩余即为蛹油,对瓶中蛹油再用电热恒温水浴锅(温度设定90℃)进行加热挥发(防止还有残余6号白电油)。待蛹油冷却后称取蛹油质量,并计算蛹油提取率。

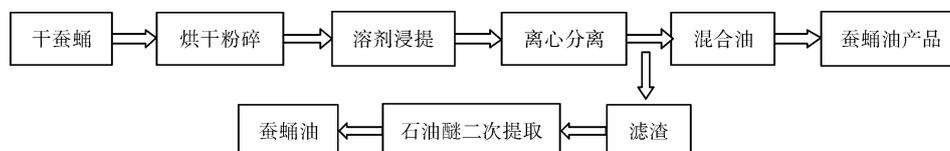


图1 蚕蛹油抽提工艺流程

Fig. 1 The extraction process of silkworm pupa oil

再用石油醚按其最佳提取工艺对 6 号白电油初次提取所剩滤渣采用上述相同步骤进行二次提取,称取所提蛹油质量,并可计算蛹油的提取效率。

### 1.3.2 试验条件

浴比: 5 g 蚕蛹粉为原料,以沸点为 75 ℃ 的 6 号白电油为蛹油提取溶剂。试验条件为: 提取温度 60 ℃, 提取时间为 3 h, 翻滚次数 40 次, 考察 5 种不同浴比对蚕蛹油提取率的影响, 即固液 ( $m_{\text{蚕蛹粉(g)}} : V_{\text{白电油(ml)}}$ ) 比分别为 1:2、1:3、1:4、1:5、1:6。每组试验重复 3 次, 取提取率平均值。

提取温度: 5 g 蚕蛹粉为原料, 以沸点为 75 ℃ 的 6 号白电油为蛹油提取溶剂。试验条件为: 浴比 1:4, 提取时间 3 h, 翻滚次数为 40 次, 考察 5 种不同温度范围对蚕蛹油提取率的影响, 即温度分别为 50、55、60、65、70 ℃。每组试验重复 3 次, 取提取率平均值。

提取时间: 5 g 蚕蛹粉为原料, 以沸点为 75 ℃ 的 6 号白电油为蛹油提取溶剂。试验条件为: 浴比 1:4, 提取温度 60 ℃, 翻滚次数为 40 次, 考察 5 种不同提取时间范围对蚕蛹油提取率的影响, 即提取时间分别为 1、2、3、4、5 h。每组试验重复 3 次, 取提取率平均值。

翻滚次数: 5 g 蚕蛹粉为原料, 以沸点为 75 ℃ 的 6 号白电油为蛹油提取溶剂。试验条件为: 提取温度 60 ℃, 提取时间 3 h, 浴比 1:4, 考察 5 个不同翻滚次数对蚕蛹油提取率的影响, 即翻滚次数分别为 0、20、40、60、80 次。每组试验重复 3 次, 取提取率平均值。

石油醚提取验证: 根据企业生产经验, 得出沸程 60~90 ℃ 的石油醚对蛹油提取的最佳工艺条件为固液比 1:2, 浸提温度 40 ℃, 浸提时间 6 h。在此条件下, 对 6 号白电油在最佳工艺条件下对蛹油进行初次提取所分离出的滤渣, 进行二次提取, 试验重复 3 次, 取提取率平均值。

### 1.3.3 数据处理

$$\text{蚕蛹油提取率} / \% = \frac{\text{提取得到的蚕蛹油质量}}{\text{蚕蛹干粉质量}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{蚕蛹油提取效率} / \% = \frac{6 \text{号白电油脱油质量}}{6 \text{号白电油脱油质量} + \text{石油醚脱油质量}} \times 100 \quad (2)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素对提取率的影响分析

#### 2.1.1 浴比(溶剂用量)对蚕蛹油提取率的影响

图 2 为考察 5 种不同浴比对蚕蛹油提取率的影

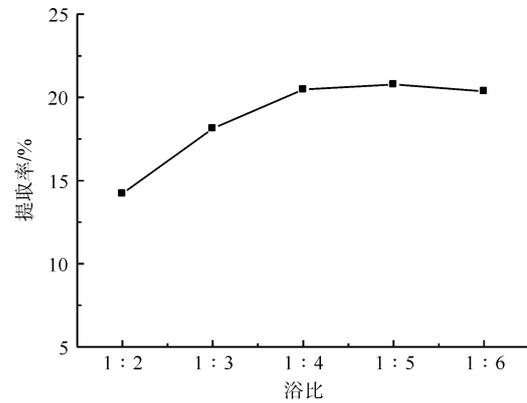


图 2 浴比对蚕蛹油脂提取率的影响

Fig. 2 The effect of bath ratio on extraction rate of silkworm pupa oil

响, 即固液 ( $m_{\text{蚕蛹粉(g)}} : V_{\text{白电油(ml)}}$ ) 比分别为 1:2、1:3、1:4、1:5、1:6。

由图 2 可知, 通过改变浴比, 提取率的整体变化幅度较大。当浴比为 1:2 时, 蛹油的提取率较低, 分析应是由于加入的 6 号白电油用量太少, 导致 6 号白电油溶解蚕蛹粉少量脂肪酸就已达到饱和, 从而提取率较低; 随着浴比(溶剂用量)从 1:2~1:4 不断增加, 蛹油提取率显著提高, 变化幅度明显, 分析由于加入的 6 号白电油充分溶解脂肪酸, 从而出油率上升; 浴比从 1:4~1:6, 随着浴比的进一步增加, 蛹油的提取率基本保持平衡, 甚至随浴比提高还出现小幅度的降低。从图 2 来看, 对蛹油提取率达到最大的浴比为 1:5, 但浴比为 1:4 的值与其很接近。从节省原料的角度考虑, 同时考虑企业的生产成本, 综合之下, 初步确定浴比 1:4 为最佳溶剂用量。

#### 2.1.2 提取温度对蚕蛹油提取率的影响

图 3 为考察 5 种不同温度范围对蚕蛹油提取率的影响, 即温度分别为 50、55、60、65、70 ℃。

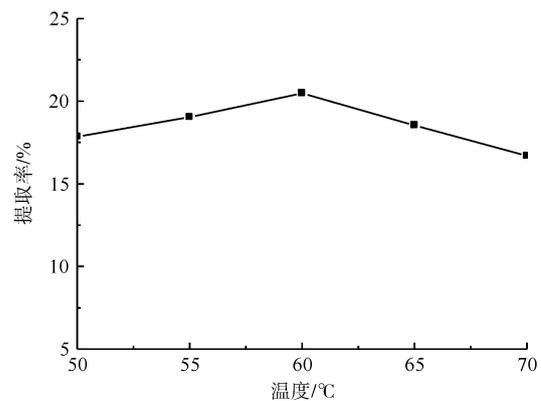


图 3 提取温度对蚕蛹油脂提取率的影响

Fig. 3 The effect of extraction temperature on extraction rate of silkworm pupa oil

由图3可知,随着提取温度的升高,蚕蛹油提取率先升高而后降低,温度60℃时提取率达到最高。温度50~60℃,提取率逐渐升高,主要是由于温度升高可以增加6号白电油的扩散,对于蚕蛹粉末能够更好地溶解,从而有利于蚕蛹油的浸出;当温度升高到60℃时提取率达到最大;60~70℃,随着温度的升高蛹油提取率明显下降,可能是由于温度过高使蚕蛹中的油脂发生氧化及蛋白质受热产生变性,也可能是由于温度升高已经很接近6号白电油的沸点从而导致其不断气化等原因;高温还会破坏蚕蛹蛋白的再利用,也可能会导致蚕蛹油的臭味加重,影响蛹油的品质。因此在用有机溶剂浸提时,温度不宜过高。根据图3分析可知,可以初步确定最佳提取温度为60℃。

### 2.1.3 提取时间对蚕蛹油提取率的影响

图4为考察5种不同提取时间范围对蚕蛹油提取率的影响,即提取时间分别为1、2、3、4、5 h。

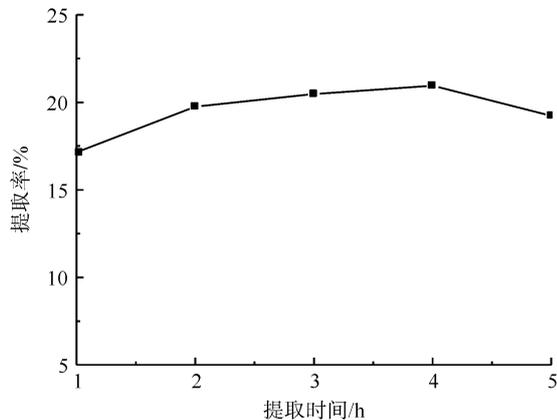


图4 提取时间对蚕蛹油脂提取率的影响

Fig. 4 The effect of extraction time on extraction rate of silkworm pupa oil

由图4可知,整个过程提取率缓慢升高而后降低。在提取时间为1~4 h,随着时间不断变长蛹油提取率略有升高,但是变化幅度不大,可知提取时间对蚕蛹油的提取率影响较小;时间在4 h时,提取率达到最大;当提取时间超过4 h后,随着提取时间的延长蚕蛹油的提取率出现下降趋势,分析主要是因为提取时间过长,导致蚕蛹蛋白对蚕蛹油形成附着作用。在企业工业化生产中,提取时间一般不宜过长。不仅是为了缩短企业的生产周期,提高企业生产效率;也是为了避免提取时间过长导致蚕蛹蛋白对蚕

蛹油形成附着作用而影响蛹油的提取。因此,最佳提取时间初次确定为4 h。

### 2.1.4 翻滚次数对蚕蛹油提取率的影响

图5为考察5个不同翻滚次数对蚕蛹油提取率的影响,即翻滚次数分别为0、20、40、60、80次。

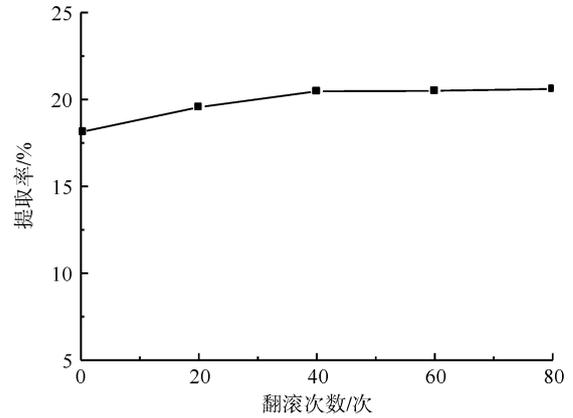


图5 翻滚次数对蚕蛹油脂提取率的影响

Fig. 5 The effect of the number of rolling on the extraction rate of silkworm pupa oil

由图5可知,随着翻滚次数的增加,提取率缓慢升高,但变化幅度较小。翻滚次数从0~60次,提取率略有升高,但是变化不大,可知翻滚次数对蚕蛹油的提取率影响不大。试验中翻滚次数相当于是搅拌作用,使6号白电油能够更均匀溶解蚕蛹粉末,从而更好地对蛹油进行提取。从图5可以看出,与空白试验相比较,翻滚一定次数还是能够提高蛹油的提取率,具有地一定促进作用。从试验工作量综合考虑,可以初步确定翻滚次数为40次合适。

## 2.2 正交试验

为优化蚕蛹油提取工艺,根据单因素分析结果,以提取率为考察指标利用正交试验得出较优工艺条件。表1和表2分别为设定的四因素三水平水平表和正交试验方案结果,每种重复3次试验,取其平均值。

表1 正交试验的因素水平

Tab. 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	A 浴比	B 温度/℃	C 时间/h	D 翻滚次数/次
1	1:3	55	3	20
2	1:4	60	4	40
3	1:5	65	5	60

表 2 正交方案结果

Tab.2 The results of orthogonal schemes

试验号	A 浴比	B 温度/℃	C 时间/h	D 翻滚次数/次	提取率/%
1	1:3	55	3	20	17.56
2	1:3	60	4	40	18.15
3	1:3	65	5	60	17.48
4	1:4	55	4	60	19.43
5	1:4	60	5	20	19.54
6	1:4	65	3	40	18.53
7	1:5	55	5	40	20.03
8	1:5	60	3	60	21.17
9	1:5	65	4	20	20.41
$K_1$	17.73	19.01	19.09	19.17	
$K_2$	19.17	19.62	19.33	18.90	
$K_3$	20.54	18.81	19.02	19.36	
R	2.81	0.81	0.31	0.46	

注:  $K_1$  为 1 水平数据的综合平均;  $K_2$  为 2 水平数据的综合平均;  $K_3$  为 3 水平数据的综合平均; R 为极差。

根据正交试验表中提取率的直观分析可知 6 号白电油对蛹油提取的最佳工艺条件为浴比 1:5, 提取温度 60℃, 提取时间 4 h, 翻滚次数 60 次。经过试验验证分析, 在最佳工艺条件下得到的提取率为 21.87%, 达到预期目标 20% 以上, 说明 6 号白电油对蚕蛹油脂的提取方案是可行的。再根据正交试验表中的极差分析 R 可知, 对蛹油提取率影响程度最大的因素是浴比, 是影响提取效果最主要的因素, 各因素的影响程度顺序为: 浴比(溶剂用量) > 提取温度 > 翻滚次数 > 提取时间。

### 2.3 石油醚二次提取的结果分析

通过正交试验分析得出 6 号白电油除蚕蛹最佳工艺, 且提取率达到 21.87%, 为验证其在此条件除油效果, 结合现企业提取蛹油工艺, 采用石油醚对最佳提取蛹油工艺条件下滤渣进行二次提取。进行 3 次重复试验, 并计算提取率, 试验结果如表 3 所示。

表 3 石油醚二次提取结果

Tab.3 The secondary extraction results of petroleum ether

试验次数	6 号白电油初次提油质量/g	石油醚二次提油质量/g	提取效率/%
1	1.0587	0.1685	86.27
2	1.0492	0.1491	87.56
3	1.1026	0.2258	89.03

根据表 3 分析, 3 次重复试验对比得出 6 号白电油对蚕蛹油脂的平均提取效率为 87.62%, 达到预期目标。说明 6 号白电油对蚕蛹油脂的整体提取效果还是较佳的。

## 3 结 论

本文以 6 号白电油为有机溶剂采用浸出法对蚕蛹中蛹油提取工艺优化, 利用单因素和正交分析法, 得出较优工艺条件为浴比 ( $m_{\text{蚕蛹粉(g)}} : V_{\text{白电油(mL)}}$ ) 1:5, 提取温度 60℃, 提取时间 4 h, 翻滚次数 60 次, 且在该工艺条件下得到的最佳提取率为 21.87%。最后, 利用石油醚进行二次提取试验验证, 得出 6 号白电油初次脱油后残油率较低, 对干蚕蛹油脂的提取效率为 87.62%。

### 参考文献:

- [1] 吴海龙, 徐梅珍, 董开发, 等. 蚕蛹酿制酱油的研究[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 394-396.  
WU Hailong, XU Meizhen, DONG Kaifa, et al. A study on brewage of soy sauce with silkworm pupae [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2001, 23(3): 394-396.
- [2] 叶辉, 徐有智. 浙大攻克蛋白质口服药世界性难题[N]. 光明日报, 2003-09-18.  
YE Hui, XU Youzhi. Zhejiang University to overcome the global problem of protein oral medication [N]. Guangming Daily, 2003-09-18.
- [3] 柴建萍, 陈世良, 白兴荣, 等. 资源昆虫蚕蛹的开发利用[J]. 云南农业科技, 2002(6): 18-20.  
CHAI Jianping, CHEN Shiliang, BAI Xingrong, et al. Exploitation and utilization of resource insects silkworm chrysalis [J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2002(6): 18-20.
- [4] 宋燕青, 邓树海, 隋志毅, 等. 蚕蛹药用成分及其提取工艺研究概况[J]. 中国生化药物杂志, 2006, 27(5): 307-309.  
SONG Yanqing, DENG Shuhai, SUI Zhiyi, et al. Research status of pharmaceutical constituents in silkworm pupa and its preparing procedure [J]. Chinese Journal of Biochemical Pharmaceutics, 2006, 27(5): 307-309.
- [5] 王敦, 白耀宇, 张传溪. 家蚕蛹营养成分及其开发利用研究进展[J]. 昆虫知识, 2004, 41(5): 418-421.  
WANG Dun, BAI Yaoyu, ZHANG Chuanxi. A review on nutrition value of silk worm pupae and its exploitation [J]. Entomological Knowledge, 2004, 41(5): 418-421.
- [6] 孟祥河, 潘秋月, 何晋浙, 等. 桑蚕蛹的脂质营养组成[J]. 营养学报, 2009, 31(3): 281-284.

- MENG Xianghe , PAN Qiuyue , HE Jinzhe , et al. The nutritional composition of lipids in silkworm chrysalis [J]. *Acta Nutrimenta Sinica* , 2009 , 31( 3) : 281-284.
- [7] YANIV Z , SCHAFFERMAN D , SHANMIR I , et al. Cholesterol and triglyceride reduction in rats fed matthiola incana seed oil rich in (n-3) fatty acids [J] *Journal of Agricultural and Food Chem* , 1999 , 47( 2) : 637-642.
- [8] 丁华 , 张岫美 , 魏欣冰 等. 蚕蛹油多烯脂肪酸对大鼠血脂及血清 EPA、DHA 含量的影响 [J]. *山东医科大学学报* , 2001 , 39( 5) : 455-459.
- DING Hua , ZHANG Xiumei , WEI Xinbing , et al. The effect of pufas in silkworm pupa oil on serum lipids , EPA and DHA levels in rats [J]. *Acta Academiae Medicinae Shandong* , 2001 , 39( 5) : 455-459.
- [9] 陈芳艳 , 李文楚 , 纪平雄 , 等. 一种提取蛹蛋白方法初探 [J]. *广东蚕业* , 2003 , 37( 2) : 26-28.
- CHEN Fangyan , LI Wenchu , JI Pingxiong , et al. A preliminary study on extraction of pupa protein [J]. *Guangdong Sericulture* , 2003 , 37( 2) : 26-28.
- [10] 张燕 , 陈业高 , 海丽娜 , 等. 蚕蛹氨基酸成分及其营养价值 [J]. *云南化工* , 2002 , 29( 6) : 22-23.
- ZHANG Yan , CHEN Yegao , HAI Li'na , et al. Analysis of amino acids from silkworm chrysalis [J]. *Yunnan Chemical Technology* , 2002 , 29( 6) : 22-23.
- [11] 刘翀 , 廖森泰 , 邹宇晓 , 等. 蚕蛹油制备技术及其  $\alpha$ -亚麻酸富集工艺研究进展 [J]. *中国蚕业* , 2013 , 34( 2) : 7-9.
- LIU Chong , LIAO Sentai , ZOU Yuxiao , et al. Preparation of silkworm pupa oil and its  $\alpha$ -linolenic acid enrichment technology [J]. *China Sericulture* , 2013 , 34( 2) : 7-9.
- [12] 罗仓学 , 张广栋 , 颜泽勤. 蚕蛹油超临界二氧化碳萃取研究 [J]. *粮食与油脂* , 2005( 10) : 18-19.
- LUO Cangxue , ZHANG Guangdong , YAN Zeqin. Study of extraction oil from silkworm chrysalis by supercritical carbon dioxide [J]. *Journal of Cereals & Oils* , 2005( 10) : 18-19.
- [13] 欧阳涟 , 赖晓玲 , 刘娟娟. 有机溶剂提取蚕蛹油的方法研究 [J]. *南昌大学学报(工科版)* , 2002 , 24( 3) : 94-96.
- OU Yanglian , LAI Xiaoling , LIU Juanjuan. The study of refining oil from silkworm chrysalis by organic solvent [J]. *Journal of Nanchang University( Engineering & Technology)* , 2002 , 24( 3) : 94-96.
- [14] 张瑞 , 邢军 , 张海玉. 蚕蛹中油脂最佳提取工艺技术研究 [J]. *食品工业* , 2012 , 33( 7) : 15-19.
- ZHANG Rui , XING Jun , ZHANG Haiyu. Study on the optimum extraction processing technology of silkworm oil [J]. *The Food Industry* , 2012 , 33( 7) : 15-19.