

## 天然蜂粮生产技术研究与应用

江武军<sup>1</sup>, 吴小波<sup>1</sup>, 刘光楠<sup>2</sup>, 何旭江<sup>1</sup>, 颜伟玉<sup>1</sup>, 曾志将<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>江西农业大学蜜蜂研究所, 南昌 330045; <sup>2</sup>江西省石城县农业和粮食局, 江西石城 342700)

**摘要:** 【目的】蜂粮是蜂群中幼虫和幼蜂的食物, 也是幼虫发育过程中的全价营养来源, 同时也是供人类食用的蜂产品, 其开发利用前景广阔, 但目前因生产技术的制约导致不能市场化。本论文旨在研究如何快速生产优质的天然蜂粮, 为天然蜂粮的机械化生产提供技术支撑。【方法】根据蜜蜂贮粉生物学原理设计一种能快速生产天然蜂粮的装置——天然蜂粮生产器, 包括贮粮器和脱粮器, 并以西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 为试验材料, 研究天然蜂粮生产器在蜂群中使用的可行性。在白莲花期, 选取 5 个强势相当的继箱群作为试验蜂群, 分别将贮粮器放入每个试验继箱群巢箱内, 待蜂粮酿制为成熟蜂粮后将其从蜂群提出, 利用脱粮器将蜂粮生产出来 (贮粮器蜂粮); 在相同蜂群利用脱粉器分别收集新鲜白莲花粉 (新鲜蜂花粉); 同时从蜂群中提出贮有成熟蜂粮的天然巢脾, 采用手工挖取方法收集蜂粮 (蜡脾蜂粮)。所有样品分别进行理化性质和营养成分分析: 在常温下利用 pH 计测定其 pH, 利用水分活度仪扩散法测定其水活度, 用直接干燥法测定其水分含量, 采用氯化三苯基四氮唑 (TTC) 法测定其花粉粒活性, 运用 Marklund 法测定其超氧化物歧化酶活力, 运用紫外分光光度法测定其过氧化氢酶活力, 使用氨基酸自动分析仪测定其水解氨基酸和游离氨基酸种类及含量。【结果】工蜂能在天然蜂粮贮粮器中贮存并酿制蜂粮, 脱粮器可以快速地将从贮粮器中的蜂粮生产出来, 且生产出的蜂粮保持了原有状态。新鲜蜂花粉的 pH、水活度、水分含量、花粉粒活性、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性均显著高于蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮。新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮中的游离氨基酸总含量和水解氨基酸总含量三者间均不存在显著差异, 但蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮水解氨基酸中缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸含量, 以及游离氨基酸中的天冬氨酸、脯氨酸含量均显著高于新鲜蜂花粉。蜡脾蜂粮与贮粮器蜂粮两者间理化性质和营养成分总体无显著差异。【结论】本研究设计的天然蜂粮生产器, 可以生产天然蜂粮, 值得在养蜂生产中推广应用。

**关键词:** 蜂花粉; 蜂粮; 蜂粮生产器; 营养成分

## Research and Application of Production Technology of Natural Honeybee Bread

JIANG WuJun<sup>1</sup>, WU XiaoBo<sup>1</sup>, LIU GuangNan<sup>2</sup>, HE XuJiang<sup>1</sup>, YAN WeiYu<sup>1</sup>, ZENG ZhiJiang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Honeybee Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045; <sup>2</sup>Bureau of Agriculture and Food in Shicheng County of Jiangxi Province, Shicheng 342700, Jiangxi)

**Abstract:** 【Objective】 Honeybee bread is an important food resource for honeybee old larvae and young bees, and contains full nutrition essentially for larval development. It is also edible for humans and has promising commercial prospects. However, the lack of technology has limited the large-scale harvest of honeybee bread. The objective of this study is to develop a device for quick harvesting high quality honeybee bread and provide a technical support for the future mechanized production of honeybee bread.

【Method】 This study developed a honeybee bread producing instrument (HBPI) including bee bread storage and collecting devices, according to honeybee bread-storing biological characteristics. In the lotus blooming season, 5 strong honeybee *Apis mellifera*

收稿日期: 2017-03-20; 接受日期: 2017-04-25

基金项目: 国家蜂产业技术体系 (CARS-44-kxj15)、江西省杰出青年人才资助计划 (20162BCB23029)

联系方式: 江武军, E-mail: jiangwj2260@163.com. 吴小波, E-mail: wuxiaobo21@163.com. 江武军和吴小波为同等贡献作者。通信作者曾志将, E-mail: bees1965@sina.com

colonies were selected as the experimental materials to explore the practicability of this technology. Each colony was placed with a HBPI. The completely fermented bee bread was collected, and was separated by the bee bread collecting device (HBPI bee bread). Plastic pollen traps were employed for collecting the fresh lotus pollen using the same 5 colonies (fresh pollen). The completely fermented bee bread from the natural frames from these colonies was also excavated (natural bee bread). Furthermore, the quality of fresh lotus pollen and honeybee bread from natural honeybee frames and HBPI was compared, respectively, by analyzing pH, water activity, moisture content, pollen particles activity, enzyme activity and content of amino acids by using pH meter, water activity detector, directly aesciccation method, triphenyl tetrazolium chloride method, Marklund method, ultraviolet spectrophotometry and amino acid analyser, respectively. 【Result】 Honeybees successfully stored honeybee bread into the HBPI and maintained its original shape. The pH, water activity, moisture content, pollen particles activity, catalase and superoxide dismutase activity of fresh lotus pollen were significantly higher than natural and HBPI honeybee bread. There was no significant difference between fresh lotus pollen and two types of honeybee bread in terms of total free amino acids and hydrolysis amino acids. However, the valine, isoleucine, leucine, tyrosine, histidine, arginine in free amino acids, and the aspartate, proline in hydrolysis amino acids were significantly higher in two honeybee bread categories compared to fresh pollen. There was no significant difference between the natural and HBPI honeybee bread in physicochemical property and collectivity nutrient composition. 【Conclusion】 This study developed a honeybee bread producing instrument and confirmed its good practicability, which could be widely applied in further apiculture.

**Key words:** honeybee pollen; honeybee bread; honeybee bread producing instrument; nutritional components

## 0 引言

【研究意义】蜂粮是蜜蜂采集植物花粉后通过咬碎、吐蜜湿润加工，并在微生物作用下所形成的酿制产物<sup>[1]</sup>。蜂粮含有丰富的蛋白质、维生素、脂类、黄酮类化合物、生物活性物质等，对人体具有良好的营养保健作用<sup>[2]</sup>。研究天然蜂粮生产技术可为蜂粮的进一步开发利用打下基础。【前人研究进展】在自然蜂群中，蜜蜂喜欢食用蜂粮<sup>[3]</sup>，主要原因在于蜂粮是富含蜜蜂所需重要的蛋白质营养<sup>[4-7]</sup>。近年来许多学者发现蜂粮营养价值高于蜂花粉<sup>[8-15]</sup>。蜂粮在其酿制过程中产生了多种有利的发酵产物和益生菌群，有利于人类的营养和健康，因而具有良好的开发前景<sup>[8-12]</sup>。蜂粮可分为天然蜂粮和人工发酵蜂粮。天然蜂粮由于贮存在巢房中，在不损坏巢房情况下，如何快速生产天然蜂粮，一直是养蜂生产中亟需解决的技术难题。国内外许多学者做了大量研究，如张少斌等先后设计试制出 KF-1 和 KF-2 塑料巢脾<sup>[16-17]</sup>，KF-2 塑料巢脾应用夹板与联结条形成满面巢房脾，形状如普通巢脾一样，生产天然蜂粮时，放在框式隔王栅外侧，当贮满成熟蜂粮后，即可收集蜂粮<sup>[18]</sup>。苏松坤等利用由带盖的圆筒、与圆筒的开口端相连的中空圆锥体和接于中空圆锥体锥顶的圆管组成的器具，把蜂粮生产脾巢房内的天然蜂粮不断地压挤出来<sup>[19-21]</sup>。2012 年，AKHMETOVA 等<sup>[22]</sup>研发设计出蜂粮生产的整套机械设备，即从蜂箱中将储粉脾取出后经过刮擦机将外层蜂蜡刮去，再经过鼓风机和加热器将蜂粮中的水

分风干，放入冷却设备冷却至 0—2℃ 进行粉碎，利用通风并将蜂蜡和蜂粮分离从而达到纯化。以上这些方法虽然可以生产出天然蜂粮，但操作过程繁琐，并且可能会损坏巢脾。【本研究切入点】虽然天然蜂粮营养价值高，但目前生产天然蜂粮存在技术瓶颈，至今仍未能实现规模化生产。【拟解决的关键问题】本研究根据蜜蜂贮粉生物学原理设计了一套天然蜂粮生产器，包括贮粮器和脱粮器。利用自主设计的天然蜂粮生产器在白莲开放的季节组织强群生产白莲蜂粮，并分析新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮、贮粮器蜂粮中的成分差异，验证天然蜂粮生产器的实用性，为天然蜂粮生产技术研究与应用打下基础。

## 1 材料与方方法

氨基酸种类及含量测定分析试验于 2016 年 6—8 月在南昌大学分析测试中心完成；pH、水活度、水分含量、花粉粒活性和相关酶的活性测定试验于 2016 年 6 月至 2017 年 2 月在江西省出入境检验检疫局完成。

### 1.1 供试昆虫

天然蜂粮的生产及品质分析试验蜂群为 5 群西方蜜蜂 (*Apis mellifera*)，饲养在赣州市石城县福星养蜂场 (26.43°N, 116.31°E)，试验时外界有大面积白莲粉源。

### 1.2 主要仪器与试剂

主要仪器：贮粮器、脱粮器（江西农业大学蜜蜂研究所研制）；氨基酸自动分析仪（日本日立，L-8900）；

体式显微镜（上海中恒，PS24B）；紫外分光光度仪（上海谱元仪器有限公司，Alpha1502）等。主要试剂：无水乙醇、浓盐酸、溴化锂、氯化三苯基四氮唑（TTC）等（均购自南京化学试剂股份有限公司，分析纯）。

### 1.3 天然蜂粮生产器设计思路

根据蜜蜂贮粉生物学原理，设计一种人工塑料天然蜂粮贮粮器。将天然蜂粮贮粮器放入蜂群中，让蜜蜂将采集的蜂花粉贮存在天然蜂粮贮粮器中。待蜂花粉发酵为成熟的蜂粮后，将天然蜂粮贮粮器从蜂群中取出，用脱粮器将蜂粮生产出来。

### 1.4 天然蜂粮生产方法

在白莲花开放季节，选取 5 个蜂群强势相当的继箱群用于试验，将贮粮器放入继箱群的巢箱中，并记录好放入的时间。在每个蜂群中分别采集新鲜白莲蜂花粉（新鲜蜂花粉）、天然蜂粮生产器中的白莲蜂粮（贮粮器蜂粮）、天然巢中的白莲蜂粮（蜡脾蜂粮）。

新鲜蜂花粉采集：采集前一天晚上在蜂箱的巢门口安装脱粉器，于第 2 天采收新鲜蜂花粉。

贮粮器蜂粮采集：用框式隔王板把蜂群分为繁殖区和储粉区，储粉区设在巢门口。将贮粮器放入蜂群中的储粉区，每天对蜂群进行奖励饲喂，以刺激工蜂采集花粉储入贮粮器。21 d 后待蜂粮发酵成熟后，将贮好蜂粮的贮粮板从贮粮器上卸下，装入脱粮器的框座中，然后利用脱粮器的顶针使蜂粮从贮粮板中脱离，收集贮粮器蜂粮。

蜡脾蜂粮采集：从蜂群中提取贮有成熟蜂粮巢脾，用自制掏蜂粮的勺子将天然的蜂粮从巢脾中取出，收集蜡脾蜂粮。

以上收集的花粉及蜂粮样品用封口膜封好，并及时放入-20℃冰箱冷冻保存，供品质分析使用。

### 1.5 理化性质和营养成分分析

1.5.1 pH 检测 参照苏松坤等<sup>[23]</sup>的方法分别测定新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的 pH。

1.5.2 水活度和水分检测 参照食品水分活度测定标准（GB/T 23490—2009）分别测定新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的水活度<sup>[24]</sup>；参照食品中水分的测定标准（GB 5009.3—2010）分别测定新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的水分含量<sup>[25]</sup>。

1.5.3 花粉粒活性测定 参照刘意秋<sup>[26]</sup>的方法分别测定新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的花粉粒活性。

1.5.4 酶活力测定 参照超氧化物歧化酶活性的测定标准（GB/T 5009.171—2003）和过氧化氢酶活性的测定标准（GB/T 23195—2008），分别测定新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的超氧化物歧化酶活力和过氧化氢酶活力<sup>[27-28]</sup>。

1.5.5 氨基酸种类及含量测定 参照食品中氨基酸的测定标准（GB/T 5009.124—2003）分别测定新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的氨基酸的种类及含量<sup>[29]</sup>。

### 1.6 数据统计与分析

试验数据利用 Statview 5.01（SAS Institute, Cary, NC, USA）中的“ANOVA or ANCOVA”进行比较，分析不同样品间的差异显著性（ $P < 0.05$ ，LSD 多重比较）。

## 2 结果

### 2.1 天然蜂粮生产器结构和组成

天然蜂粮生产器主要由天然蜂粮贮粮器和脱粮器两部分组成，其中贮粮器包括贮粮板和贮粮框。贮粮板有 1 501 个完整的正六边形巢房孔，巢房的大小和高度与自然巢脾中的工蜂巢房一致，其中有 1 404 个完全空心的巢房孔，背面底端为空心圆孔，约占总巢房孔的 94%；贮粮板有 2 个卡扣，3 个卡位条，两端设有卡槽便于与脱粮器配套使用（图 1-A、1-B）。贮粮框大小与郎氏标准巢框大小一致，中间用塑料板隔开，两面均可安装两片贮粮板，用于花粉储存及蜂粮酿制（图 1-C、1-D）。试验结果表明天然蜂粮生产器中蜂粮的贮存率为 62.25%—95.40%，天然蜂粮贮粮器可用来生产天然蜂粮（图 1-E）。

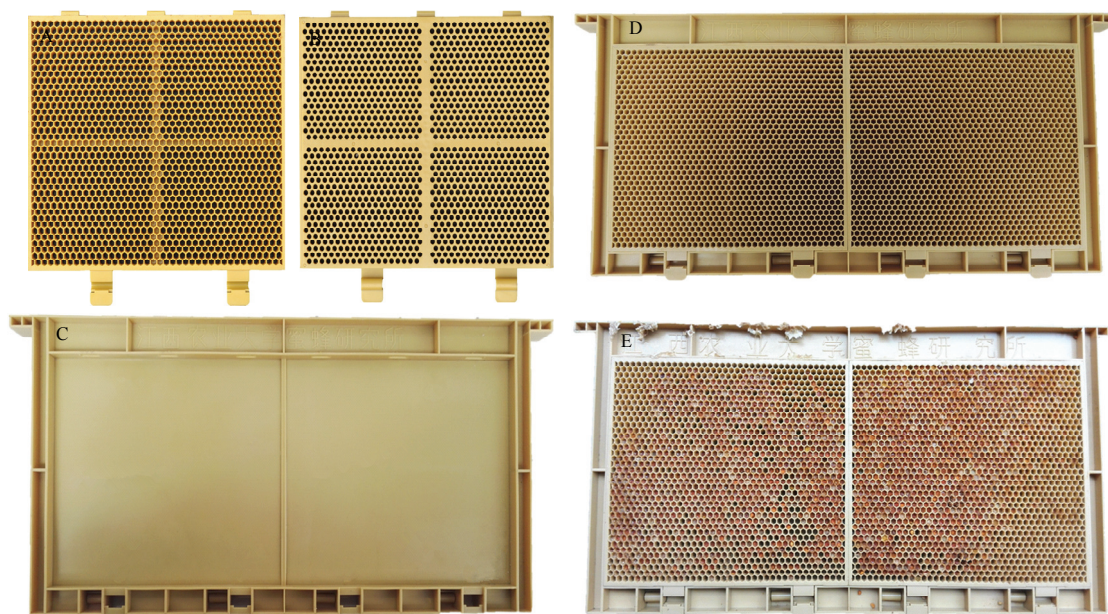
脱粮器主要由顶针板、顶针、托盘、托盘框座、弹簧助力器、握杆、支架和底座组成。托盘和托盘框座大小与贮粮板相对应，托盘框座设有与贮粮板相配合的卡槽，顶针的大小和高度与贮粮板巢房相互配合（图 2-A、2-B）。试验结果表明脱粮器能快速有效地分离出天然蜂粮（图 2-C）。

### 2.2 理化性质和营养成分分析

新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮理化性质和营养成分分析结果见表 1—表 3。

2.2.1 pH 新鲜蜂花粉的 pH 显著高于蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮，蜡脾蜂粮与贮粮器蜂粮的 pH 差异不显著。

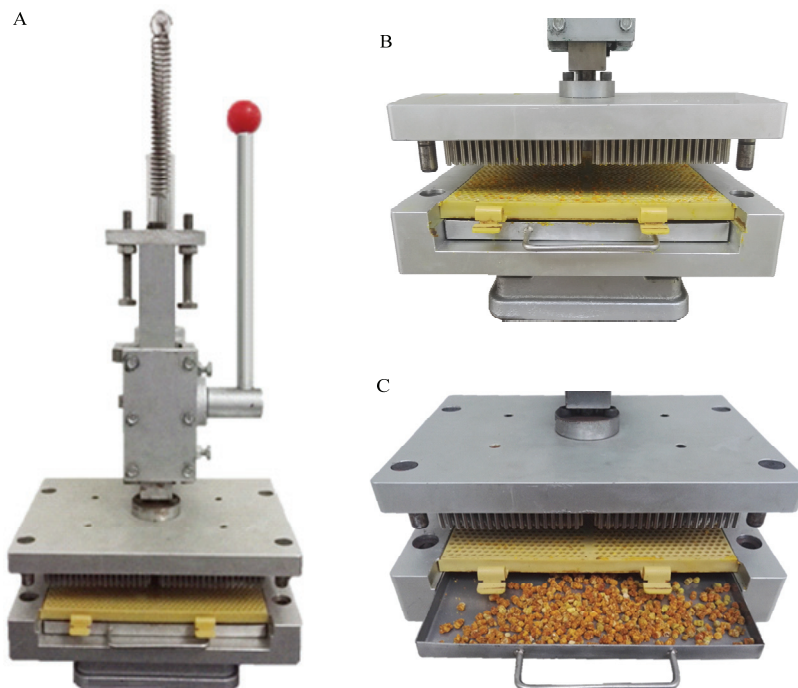
2.2.2 水活度与水分含量 新鲜蜂花粉水活度和水分含量显著高于蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮，蜡脾蜂粮与贮粮器蜂粮的水活度和水分含量差异不显著。



A: 贮粮板正面 The front view of bee bread storing plate; B: 贮粮板背面 The back view of bee bread storing plate; C: 贮粮框 The foundation of bee bread producing instrument; D: 贮粮板与贮粮框组合图 The bee bread storage devices; E: 贮粮器贮存的蜂粮 The bee bread storage devices with bee bread

图 1 贮粮器的结构与组成及试用效果

Fig. 1 Structure of honeybee bread storage devices



A: 贮粮板与脱粮器组合图 Bee bread storing plate and bee bread collecting device; B: 贮粮板与脱粮器组合局部放大图 Partial enlargement view of bee bread storing plate and bee bread collecting device; C: 脱粮器生产蜂粮的效果图 The effectiveness of bee bread collecting device

图 2 脱粮器与贮粮板组合及试用效果

Fig. 2 Trial effect of production device for honeybee bread

表 1 理化性质分析

Table 1 Physicochemical analysis of pollen and honeybee bread

样品 Sample	新鲜蜂花粉 Fresh lotus pollen	蜡脾蜂粮 Bee bread from natural bee frames	贮粮器蜂粮 Bee bread from bee bread storage device
pH	5.92±0.14a	4.01±0.08b	4.06±0.10b
水活度 Water activity	0.87±0.01a	0.48±0.12b	0.51±0.01b
含水量 Moisture content (%)	28.27±0.67a	21.55±0.44b	22.02±0.51b
花粉粒活性 Pollen particles activity (%)	46.55±1.64a	0b	0b
超氧化物歧化酶活力 Superoxide dismutase activity (U·g <sup>-1</sup> )	2226.00±46.15a	1938.00±16.43b	1977.00±23.35b
过氧化氢酶活力 Catalase activity (U·g <sup>-1</sup> )	1043.20±18.82a	821.40±11.87b	813.00±14.09b

表中数据为平均数±标准差。同行数据后含有相同小写字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )，不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) (LSD 多重比较)。下同  
Data in the table were average±SD. The same lowercase letter in the same line indicated no significant difference ( $P>0.05$ ), different lowercase letters indicated significant difference ( $P<0.05$ ) (LSD multiple range comparison). The same as below

表 2 水解氨基酸种类及含量分析

Table 2 Types and contents of hydrolyzed amino acids in different samples (g·kg<sup>-1</sup>)

氨基酸种类 Types of amino acids	新鲜蜂花粉 Fresh lotus pollen	蜡脾蜂粮 Bee bread from natural bee frames	贮粮器蜂粮 Bee bread from bee bread storage device
天冬氨酸 Aspartic acid (Asp)	13.67±1.49a	13.49±1.96a	15.80±1.77a
苏氨酸 Threonine (Thr)	5.38±0.47a	5.47±0.71a	6.12±0.57a
丝氨酸 Serine (Ser)	6.09±0.53a	6.26±0.82a	6.99±0.63a
谷氨酸 Glutamic acid (Glu)	15.20±1.02a	16.20±1.79ab	17.61±1.44b
甘氨酸 Glycine (Gly)	5.42±0.32a	5.90±0.65ab	6.30±0.50b
丙氨酸 Alanine (Ala)	6.43±0.43a	6.84±0.75ab	7.32±0.61b
半胱氨酸 Cystine (Cys)	0.92±0.11a	0.92±0.11a	0.94±0.05a
缬氨酸 Valine (Val)	6.41±0.41a	7.30±0.63b	7.63±0.49b
甲硫氨酸 Methionine (Met)	0.78±0.29a	1.04±0.28ab	1.22±0.19b
异亮氨酸 Isoleucine (Ile)	5.21±0.30a	6.00±0.65b	6.39±0.54b
亮氨酸 Leucine (Leu)	7.57±0.48a	8.83±0.97b	9.54±0.95b
酪氨酸 Tyrosine (Tyr)	3.26±0.61a	4.16±0.46b	4.38±0.49b
苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe)	5.45±0.20a	6.20±0.59ab	6.73±0.72b
赖氨酸 Lysine (Lys)	8.35±0.43a	8.88±0.66a	10.25±0.98b
氨 Ammonia (NH <sub>3</sub> )	2.15±0.10a	2.38±0.21ab	2.38±0.21ab
组氨酸 Histidine (His)	3.26±0.16a	3.72±0.41b	4.00±0.35b
精氨酸 Arginine (Arg)	5.50±0.23a	6.33±0.61b	6.75±0.51b
脯氨酸 Proline (Pro)	4.23±0.30a	4.44±0.54a	5.11±0.48b
总和 Total	105.26±3.92a	114.36±5.71a	125.66±5.058a

2.2.3 花粉粒活性 新鲜蜂花粉的花粉粒活性高达 46.55%，而蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的花粉粒活性为 0。

2.2.4 酶活力 新鲜蜂花粉的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活力显著高于蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮，而蜡脾蜂粮与贮粮器蜂粮的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶

活力差异不显著。

2.2.5 氨基酸种类及含量 新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮中的游离氨基酸总含量和水解氨基酸总含量三者间均不存在显著差异，但蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮水解氨基酸中缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、

组氨酸、精氨酸含量,以及游离氨基酸中的天冬氨酸、脯氨酸含量均显著高于新鲜蜂花粉;另外新鲜蜂花粉、

蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮游离氨基酸均未检测到苏氨酸和半胱氨酸。

表 3 游离氨基酸种类及含量分析

Table 3 Types and contents of free amino acids in different samples (mg·kg<sup>-1</sup>)

氨基酸种类 Types of amino acids	新鲜蜂花粉 Fresh lotus pollen	蜡脾蜂粮 Bee bread from natural bee frames	贮粮器蜂粮 Bee bread from bee bread storage device
天冬氨酸 Aspartic acid (Asp)	178.11±16.74a	283.37±34.80b	264.51±22.09b
苏氨酸 Threonine (Thr)	BDL	BDL	BDL
丝氨酸 Serine (Ser)	356.14±66.72a	284.21±41.14b	286.71±18.09b
谷氨酸 Glutamic acid (Glu)	99.43±5.40a	264.51±24.34b	286.06±97.62b
甘氨酸 Glycine (Gly)	61.31±15.73a	52.32±3.04a	50.49±7.20a
丙氨酸 Alanine (Ala)	503.65±36.28a	305.00±23.59b	285.14±20.92b
半胱氨酸 Cystine (Cys)	BDL	BDL	BDL
缬氨酸 Valine (Val)	139.18±24.94a	96.43±1.72b	86.49±13.56b
甲硫氨酸 Methionine (Met)	42.50±9.44a	49.38±17.67a	18.51±3.03b
异亮氨酸 Isoleucine (Ile)	60.84±16.27ab	74.49±30.25a	34.98±7.01b
亮氨酸 Leucine (Leu)	114.81±32.46a	56.59±3.21b	51.82±12.26b
酪氨酸 Tyrosine (Tyr)	103.39±8.97a	107.26±7.11a	67.33±4.01b
苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe)	76.03±12.68a	77.75±4.56a	62.73±21.13a
赖氨酸 Lysine (Lys)	309.29±40.73a	333.76±65.72a	317.29±59.97a
氨 Ammonia (NH <sub>3</sub> )	49.03±7.45a	44.44±4.60a	41.81±4.56a
组氨酸 Histidine (His)	563.02±41.32ab	492.84±53.06a	617.18±63.81b
精氨酸 Arginine (Arg)	152.39±17.97a	138.50±9.49a	70.05±28.10b
脯氨酸 Proline (Pro)	295.46±31.27a	404.87±44.11b	534.36±60.57c
总和 Total	3104.56±229.05a	3065.72±147.63a	3075.46±190.45a

BDL 表示该游离氨基酸含量未检出 BDL indicated that the free amino acid content was not detected

### 3 讨论

天然蜂粮生产是蜂产品开发的热点之一。前人研制的 KF-1 和 KF-2 塑料巢脾虽可贮存天然蜂粮,但安装与拆卸麻烦,且没有解决如何从塑料巢脾中生产蜂粮等关键问题<sup>[16-18]</sup>;圆筒挤压法采集天然蜂粮易破坏蜡质巢脾,蜡屑易混入蜂粮<sup>[19-21]</sup>;利用机械设备生产蜂粮过程比较繁琐且易造成蜂粮营养丢失,也无法保持蜂粮的原有形态<sup>[22]</sup>。人工仿生蜂粮发酵无法完全模拟蜜蜂酿制蜂粮全过程,发酵物营养成分与天然蜂粮有着较大差异<sup>[30-34]</sup>。本研究根据蜜蜂贮粉生物学原理,研制了一种可以快速生产天然蜂粮的装置——天然蜂粮生产器。通过生产性试验研究发现天然蜂粮生产器的实用性能良好,可以快速地生产出优质天然

蜂粮,且保持了蜂粮的原有形状,无蜡屑和茧衣等杂质。天然蜂粮生产器操作简便,可极大地提高天然蜂粮生产效率。

蜂粮酿制过程中因各种微生物发酵(主要包括乳酸菌和酵母菌),其理化性质和营养成分会发生变化<sup>[3,35-39]</sup>。本研究结果表明,蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的 pH、水分含量、水活度、超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活力均低于新鲜蜂花粉;新鲜蜂花粉中花粉粒活性高达 46.55%,但是蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮中花粉粒没有活性,这是由于蜂粮在酿制过程中水活度和水分含量下降<sup>[35]</sup>,乳酸菌大量繁殖,导致蜂粮 pH 下降<sup>[3]</sup>。同时,新鲜蜂花粉在蜂粮酿制成熟过程中花粉粒活性会丧失<sup>[35]</sup>,花粉粒细胞内壁上的酶对细胞内的物质产生酶切等作用,导致其超氧化物歧化酶和过氧化氢酶

活力降低。但这个酿制过程可提高蜂粮的耐存性，发酵产生的营养物质更利于蜜蜂消化吸收。有研究表明，在蜂粮酿制过程中，虽然蜂花粉的营养成分没有存在显著的转换<sup>[36-37]</sup>，但新鲜蜂花粉因酵解而产生了许多新发酵产物和益生菌群，使蜂粮中的营养价值高于蜂花粉<sup>[38-39]</sup>。蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的游离氨基酸总含量均低于新鲜蜂花粉，但其水解氨基酸总含量高于新鲜蜂花粉，这是由于蜂粮发酵过程中乳酸菌等微生物生长发育需要大量的游离氨基酸，蜂粮酿制成熟后花粉粒中的蛋白质转化为多肽<sup>[40]</sup>，这使蜂粮较新鲜蜂花粉更容易被人体吸收利用，具有抗氧化能力和氧自由基的清除活性，能提高机体的免疫机能和记忆力<sup>[41-43]</sup>。新鲜蜂花粉、蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮游离氨基酸测定均未检测到苏氨酸和半胱氨酸，可能是新鲜蜂花粉和蜂粮的游离苏氨酸和半胱氨酸参与了微生物代谢反应<sup>[44]</sup>，致使其含量较低而未检出。由表 2 和表 3 可见，蜡脾蜂粮与贮粮器蜂粮两者间营养成分总体上无显著差异，但在个别水解氨基酸及多个游离氨基酸含量上具有显著差异，可能是由于蜡脾的巢房壁与塑料的储粮器巢房壁的透气性差异所致。蜡脾蜂粮和贮粮器蜂粮的理化性质和营养成分总体无明显差异，表明天然蜂粮生产器具具有良好的生产应用价值。

## 4 结 论

成功设计了一套天然蜂粮生产器，通过试验证实了该生产器的可行性。利用天然蜂粮生产器生产的天然蜂粮与天然蜡脾蜂粮品质总体无明显差异。

## References

- [1] 江武军, 曾志将. 蜂粮研究进展. 黑龙江畜牧兽医, 2015(2): 118-119.  
JIANG W J, ZENG Z J. Advances on the bee bread research. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2015(2): 118-119. (in Chinese)
- [2] LINSKENS H F, JORDE W. Pollen as food and medicine: A review. *Economic Botany*, 1997, 51(1): 78-86.
- [3] HUANG Z. Honey bee nutrition. *American Bee Journal*, 2010, 150(8): 773-776.
- [4] MOGREN C L, LUNDGREN J G. Neonicotinoid-contaminated pollinator strips adjacent to cropland reduce honey bee nutritional status. *Scientific Reports*, 2016, 6: 29608.
- [5] ANDJELKOVIC B, JEVTIC G, MARKOVIC J, MLADENOVIC M, PSEVA V. Quality of honey bee bread collected in spring. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science*, 2014, 9: 450-454.
- [6] BASUALDO M, BARRAGAN S, ANTUNEZ K. Bee bread increases honeybee haemolymph protein and promote better survival despite of causing higher *Nosema ceranae* abundance in honeybees. *Environmental Microbiology Reports*, 2014, 6(4): 396-400.
- [7] WILLARD L E, HAYES A M, WALLRICH M A, RUEPPELL O. Food manipulation in honeybees induces physiological responses at the individual and colony level. *Apidologie*, 2011, 42(4): 508-518.
- [8] 李忠谱. 浅谈蜂粮. 蜜蜂杂志, 1989(5): 5-6.  
LI Z P. Talk shallowly of bee bread. *Journal of Bee*, 1989(5): 5-6. (in Chinese)
- [9] 袁耀东. 蜂粮的成分和作用. 中国养蜂, 1991(6): 36-37.  
YUAN Y D. The composition and function of bee bread. *Apiculture of China*, 1991(6): 36-37. (in Chinese)
- [10] 苏松坤, 陈盛禄, 林雪珍, 胡福良, 余旭平, 汪礼国, 王正二. 茶 (*Camellia sinensis*) 蜂花粉与蜂粮中花粉形态和营养成分的比较. 中国养蜂, 2000, 51(6): 3-6.  
SU S K, CHEN S L, LIN X Z, HU F L, YU X P, WANG L G, WANG Z E. The comparison of pollen morpha and nutrient components between corbicular tea (*Camellia sinensis*) pollen and bee bread. *Apiculture of China*, 2000, 51(6): 3-6. (in Chinese)
- [11] 苏松坤, 陈盛禄. 茶 (*Camellia sinensis*) 蜂花粉及其蜂粮的营养成分研究. 上海交通大学学报 (农业科学版), 2002, 20(2): 95-99.  
SU S K, CHEN S L. The research of nutrient compositions of tea (*Camellia sinensis*) corbicular pollen and tea bee bread. *Journal of Shanghai Jiao Tong University (Agricultural Science)*, 2002, 20(2): 95-99. (in Chinese)
- [12] 苏松坤. 蜂粮的酿制机理和营养价值的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2000.  
SU S K. Studies on brew mechanism and nutritive value of bee bread[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2000. (in Chinese)
- [13] LOPER G M, STANDIFER L N, THOMPSON M J, GILLIAM M. Biochemistry and microbiology of bee-collected almond (*Prunus dulcis*) pollen and bee bread. I. Fatty acids, sterols, vitamins and minerals. *Apidologie*, 1980, 11(1): 63-73.
- [14] CRANE E. *Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources*. Cornell University Press, 1990.
- [15] KRELL R. Value-added products from beekeeping. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 1996, 36(5): 229-234.
- [16] 张少斌. 分合式巢房巢脾: CN99222971.5[P]. 2000-05-31[2017-04-25].  
ZHANG S B. Split type of comb: CN99222971.5[P]. 2000-05-31

- [2017-04-25]. (in Chinese)
- [17] 张少斌, 张明海. 开合式巢脾: CN200510009624.0[P]. 2006-07-26 [2017-04-25].  
ZHANG S B, ZHANG M H. Retractable comb: CN200510009624.0[P]. 2006-07-26[2017-04-25]. (in Chinese)
- [18] 张少斌, 张石胜. KF-1、2 型塑料巢脾在养蜂生产上的应用. 中国养蜂, 1999, 50(4): 17.  
ZHANG S B, ZHANG S S. The application in the production of plastic comb bee of KF-1 or KF-2. *Apiculture of China*, 1999, 50(4): 17. (in Chinese)
- [19] 苏松坤, 陈盛禄, 林雪珍, 胡福良. 蜂粮生产技术. 养蜂科技, 2000(3): 29-30.  
SU S K, CHEN S L, LIN X Z, HU F L. Bee bread production technology. *Apicultural Science and Technology*, 2000(3): 29-30. (in Chinese)
- [20] 苏松坤, 陈盛禄, 刘华, 林雪珍. 天然蜂粮生产方法. 养蜂科技, 2006(6): 32-33.  
SU S K, CHEN S L, LIU H, LIN X Z. Method for producing natural bee bread. *Apicultural Science and Technology*, 2006(6): 32-33. (in Chinese)
- [21] 苏松坤, 陈盛禄. 天然蜂粮的生产方法及器具: CN200410073451.4[P]. 2005-06-08[2017-04-25].  
SU S K, CHEN S L. Method and apparatus for producing natural bee bread: CN200410073451.4[P]. 2005-06-08[2017-04-25]. (in Chinese)
- [22] AKHMETOVA R, SIBGATULLIN J, GARMONOV S, AKHMETOVA L. Technology for extraction of bee-bread from the honeycomb. *Procedia Engineering*, 2012, 42: 1822-1825.
- [23] 苏松坤, 陈盛禄, 余旭平, 林雪珍, 胡福良. 蜂粮中的细菌对 pH 的影响. 中国养蜂, 2002, 53(2): 4-5.  
SU S K, CHEN S L, YU X P, LIN X Z, HU F L. The influence of bacteria isolated from bee bread on pH. *Apiculture of China*, 2002, 53(2): 4-5. (in Chinese)
- [24] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 食品水分活度的测定: GB/T 23490-2009[S]. 2009-05-01[2017-04-25].  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of water activity in foods: GB/T 23490-2009[S]. 2009-05-01[2017-04-25]. (in Chinese)
- [25] 中华人民共和国卫生部. 食品中水分的测定: GB 5009.3-2010[S]. 2010-06-01[2017-04-25].  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of moisture in foods: GB 5009.3-2010[S]. 2010-06-01[2017-04-25]. (in Chinese)
- [26] 刘意秋. 蜂学专业综合实验教程. 北京: 中国农业出版社, 2014: 113.  
LIU Y Q. *Comprehensive Experimental Course of Bee Science*. Beijing: China Agriculture Press, 2014: 113. (in Chinese)
- [27] 中华人民共和国卫生部. 保健食品中超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定: GB/T 5009.171-2003[S]. 2004-01-01[2017-04-25].  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of the action of superoxide dismutase in health foods: GB/T 5009.171-2003[S]. 2004-01-01[2017-04-25]. (in Chinese)
- [28] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 蜂花粉中过氧化氢酶的测定方法——紫外分光光度法: GB/T 23195-2008[S]. 2009-06-01[2017-04-25].  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Method for the determination of catalase in bee pollen — Ultraviolet spectrophotometry: GB/T 23195-2008[S]. 2009-06-01[2017-04-25]. (in Chinese)
- [29] 中华人民共和国卫生部. 食品中氨基酸的测定: GB/T 5009.124-2003[S]. 2004-01-01[2017-04-25].  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of amino acids in foods: GB/T 5009.124-2003[S]. 2004-01-01 [2017-04-25]. (in Chinese)
- [30] 费起充. 蜂粮的制作. 蜜蜂杂志, 1998(7): 15.  
FEI Q C. Bee bread production. *Journal of Bee*, 1998(7): 15. (in Chinese)
- [31] VASQUEZ A, OLOFSSON T C. The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 2009, 48(3): 189-195.
- [32] 苏松坤, 陈盛禄, 李言清. 人工蜂粮的制备方法: CN03150405.1[P]. 2004-04-14[2017-04-25].  
SU S K, CHEN S L, LI Y Q. The preparation method of artificial bee bread: CN03150405.1[P]. 2004-04-14[2017-04-25]. (in Chinese)
- [33] DUAN C R, FENG Y F, ZHOU H, XIA X H, SHANG Y N, CUI Y M. Optimization of fermentation condition of man-made bee-bread by response surface methodology//ZHANG T C, NAKAJIMA M. *Advances in Applied Biotechnology*. Springer Berlin Heidelberg, 2015, 333: 353-363.
- [34] 崔学沛. 意大利蜜蜂天然成熟蜂粮菌种鉴定及人工蜂粮发酵影响因素的探究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.



- CUI X P. The identification of strains in natural mature bee bread of honey bee (*A. mellifera* L.) and study on the fermentation conditions of artificial bee bread[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [35] 苏松坤, 陈盛禄. 蜂粮酿制过程中花粉粒活力和水活度的测定. 中国养蜂, 2002, 53(5): 8-9.
- SU S K, CHEN S L. Determination of water activity and pollen particles activity during the process from corbicular pollen to bee bread. *Apiculture of China*, 2002, 53(5): 8-9. (in Chinese)
- [36] ISIDOROV V A, ISIDOROVA A G, SCZCZEPANIAK L, CZYZEWSKA U. Gas chromatographic-mass spectrometric investigation of the chemical composition of beebread. *Food Chemistry*, 2009, 115(3): 1056-1063.
- [37] ANDERSON K E, CARROLL M J, SHEEHAN T, MOTT B M, MAES P, CORBY-HARRIS V. Hive-stored pollen of honey bees: many lines of evidence are consistent with pollen preservation, not nutrient conversion. *Molecular Ecology*, 2014, 23: 5904-5917.
- [38] HUMAN H, NICOLSON S W. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry*, 2006, 67(14): 1486-1492.
- [39] DEGRANDI-HOFFMAN G, ECKHOLM B J, HUANG M H. A comparison of bee bread made by Africanized and European honey bees (*Apis mellifera*) and its effects on hemolymph protein titers. *Apidologie*, 2013, 44(1): 52-63.
- [40] AUDISO M C, TERZOLO H R, APELLA M C. Bacteriocin from honeybee beebread *Enterococcus avium*, active against *Listeria monocytogenes*. *Applied & Environmental Microbiology*, 2005, 71(6): 3373-3375.
- [41] NAGAI T, NAGASHIMA T, MYODA T, INOUE R. Preparation and functional properties of extracts from bee bread. *Die Nahrung*, 2004, 48(3): 226-229.
- [42] HABRYKA C, KRUCZEK M, DRYGAS B. Bee products used in apitherapy. *World Scientific News*, 2016, 48: 254-258.
- [43] CEKSTERYTE V, NAVAKAUSKIENE R, TREIGYTE G, JANSEN E, KURTINAITIENE B, DABKEVICIENE G, BALZEKAS J. Fatty acid profiles of monofloral clover beebread and pollen and proteomics of red clover (*Trifolium pratense*) pollen. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2016, 80(11): 2100-2108.
- [44] WONG K H, AZIZ S A, MOHAMED S. Sensory aroma from Maillard reaction of individual and combinations of amino acids with glucose in acidic conditions. *International Journal of Food Science & Technology*, 2008, 43(9): 1512-1519.

(责任编辑 岳梅)