

贵州黄花梨蜂蜜的品质分析

潘成涛¹, 陈志敏¹, 范明玉², 陈祥盛², 常志敏², 龙见坤^{2*}

(1. 贵州大学动物科学学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学昆虫资源开发利用省级特色重点实验室, 昆虫研究所, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 探讨贵州黄花梨蜂蜜品质特性和安全性。**方法** 根据国家相关标准规定的方法测定贵州黄花梨蜂蜜的感官指标、理化指标、卫生指标、营养成分、活性成分和安全性指标。**结果** 贵州黄花梨蜂蜜呈琥珀色, 口感甘甜, 有黄花梨花香, 常温下呈黏稠状, 低温易结晶; 水分含量 19.43%, 果糖和葡萄糖含量 66.47%, 蔗糖含量 0.25%, 酸度 37.44 mL/kg, 羟甲基糠醛含量 0.91 mg/kg, 淀粉酶活性 28.20 mL/(g·h); 微生物含量符合标准规定; 铁元素含量 3.1767 mg/kg, 锌元素含量 1.6870 mg/kg, 蛋白质含量 0.36 g/100 g, 维生素 C 含量 1.38 mg/100 g, 在检测的 16 种氨基酸中, 天冬氨酸的含量最高(0.0400 g/100 g), 谷氨酸(0.0373 g/100 g)、异亮氨酸(0.0303 g/100 g)、脯氨酸(0.0280 g/100 g)和苯丙氨酸(0.0277 g/100 g)次之, 酪氨酸和蛋氨酸则未检出; 超氧化物歧化酶活性 4.29 U/g, 总三萜含量 65.97 mg/100 g, 总黄酮含量和兽药残留量未检出, 重金属含量极低。**结论** 贵州黄花梨蜂蜜为健康安全的蜂蜜食品, 并达到了蜂蜜标准的一级品水平要求。

关键词: 黄花梨; 中华蜜蜂; 蜂蜜; 品质分析

Quality analysis of Guizhou *Dalbergia odorifera* honey

PAN Cheng-Tao¹, CHEN Zhi-Min¹, FAN Ming-Yu², CHEN Xiang-Sheng²,
CHANG Zhi-Min², LONG Jian-Kun^{2*}

(1. College of Animal Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Special Key Laboratory for Development and Utilization of Insect Resources of Guizhou, Institute of Entomology of Guizhou University, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: Objective To discuss the quality characteristics and safety of Guizhou *Dalbergia odorifera* honey. **Methods** The indexes of sensory, physical and chemical, hygienic, nutritional ingredients, active ingredients and safety of *Dalbergia odorifera* honey were detected according to the methods specified in relevant national standards. **Results** *Dalbergia odorifera* honey in Guizhou was light amber in color, sweet in taste, with the aroma of flowers of *Dalbergia odorifera* T. Chen, viscous at ordinary temperature, and easy to crystallize at low temperature; the moisture content was 19.43%, the total content of fructose and glucose was 66.47%, the sucrose content was 0.25%, the acidity was 37.44 mL/kg, the hydroxymethylfurfural content was 0.91 mg/kg, the amylase activity was 28.20 mL/(g·h); the microbial content met the standard requirements; the content of iron and zinc were respectively 3.1767 and 1.6870 mg/kg, the protein content was 0.36 g/100 g, vitamin C content was 1.38 mg/100 g, among the 16 kinds of amino acids examined, the

基金项目: 国家自然科学基金项目(31601886)、贵州省科技计划项目(黔科合基础[2018] 1031)、贵州大学引进人才科研项目(贵大人基合字[2017] 18)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31601886), the Science and Technology Program of Guizhou Province (Qiankehejichu [2018]1031), and the Program of Scientific Research Foundation for Introduced Talent of Guizhou University (Guidarenjihezi [2017] 18)

*通信作者: 龙见坤, 博士, 副教授, 主要研究方向为资源昆虫学的研究。E-mail: longjiankun123@163.com

*Corresponding author: LONG Jian-Kun, Ph.D, Associate Professor, Institute of Entomology of Guizhou University, South Campus of Guizhou University, Huaxi District, Guiyang 550025, China. E-mail: longjiankun123@163.com

content of aspartic acid was the highest (0.0400 g/100 g), followed by glutamic acid (0.0373 g/100 g), isoleucine (0.0303 g/100 g), proline (0.0280 g/100 g) and phenylalanine (0.0277 g/100 g), and tyrosine and methionine were not detected; superoxide dismutase activity was 4.29 U/g, total triterpenoid content was 65.97 mg/100 g, the content of total flavonoid and veterinary drugs residues were not detected, and heavy metal content was extremely low.

Conclusion *Dalbergia odorifera* honey from Guizhou is a healthy and safe honey food, and it meets the first-class level of the honey standard.

KEY WORDS: *Dalbergia odorifera* T. Chen; *Apis cerana cerana* Fabricius; honey; quality analysis

0 引言

蜂蜜是蜜蜂采集植物蜜腺分泌的花蜜或蜜露,在蜂巢内酿造成熟并用蜂蜡密封后贮藏在蜜脾内的甜物质^[1],主要成分为糖类和水分,以及酶、氨基酸、蛋白质、有机酸、维生素、矿物质和芳香物质等次要成分,是一种高营养价值的天然产品^[2],具有抗菌、抗病毒、增强免疫力和促进发育等作用^[3]。蜜蜂采集不同植物花蜜或蜜露可形成不同的蜂蜜或蜜露蜜,根据单一花蜜的纯度可将蜂蜜分为单花蜜和百花蜜,单一花蜜的纯度超过 80%则为单花蜜^[4],常见且研究较多的单花蜜有油菜花蜜、刺槐蜜、荔枝蜜、椴树蜜、枇杷蜜等,因其独特的作用与功效常被广大消费者所喜爱。

黄花梨(*Dalbergia odorifera* T. Chen),中文学名为降香黄檀,又称花梨木(rosewood),是豆科黄檀属的半落叶乔木,高 10~15 m,花期 4~5 月,果期 10~12 月^[5]。降香黄檀是我国珍贵树种之一,以树干作为主要使用部位,是高档家具的原材料,此外树干和根的干燥心材可作为中药材^[6],具有抗炎、抗凝血、抗高血脂、抗肿瘤等作用^[7]。关于黄花梨的研究多在植物生理、籽油提取和栽培等方面,而关于黄花梨蜂蜜的研究则鲜有报道^[8]。因此,为了开发和挖掘新的蜂蜜种类,在黄花梨林下进行蜜蜂养殖,不仅能通过蜜蜂的采集行为酿造出黄花梨蜂蜜,还能在蜜蜂的授粉作用下提高黄花梨荚果的结实率与产量^[9]。

鉴于此,为了解黄花梨蜂蜜的品质特性与安全性,本研究以贵州黄花梨蜂蜜为研究对象,通过对黄花梨蜂蜜的感官指标、理化指标、卫生指标、营养成分、活性成分和安全性指标等测定分析,为贵州省特色蜂蜜的开发与生产提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 样品采集

蜂蜜样品由黄平县仰朵皓宇蜜蜂养殖专业合作社提供,采酿的蜂种为华中型中华蜜蜂(*Apis cerana cerana* Fabricius),蜂蜜采收时间为 2021 年 4 月中旬至 5 月中旬,采收地点为贵州省罗甸县境内以黄花梨为主要蜜源且无其他大量开花的蜜源植物的天然山林。共取 3 个批次蜂蜜样

品,每个批次样品取 3 份检测,每份测定 3 次,取均值。

1.2 样品检测及相关指标与方法依据

将采集到的样品送于云南华测检测认证有限公司进行检测,检测指标及方法依据如表 1 所示。

1.3 统计分析

运用 Excel 2016 和 SPSS 20.0 进行数据整理与统计分析。

2 结果与分析

2.1 贵州黄花梨蜂蜜的感官指标

蜂蜜的感官指标与蜜源植物、蜜蜂品种及蜂蜜产地有关,其中蜜源植物的不同导致蜂蜜中多种化学成分存在差异,从而影响着蜂蜜的色泽、滋味和气味等^[10];另外蜂蜜的状态主要与蜂蜜中果糖与葡萄糖的比例、贮存温度等因素有关,果糖与葡萄糖的比例越低越容易结晶。本研究结果显示(表 2)该黄花梨蜂蜜呈浅琥珀色,其可能原因为蜂蜜中矿物质含量较低;其口感甘甜,带有黄花梨的花香味,常温下为黏稠状,温度较低时易结晶,可能原因是果糖含量低于葡萄糖含量。

2.2 贵州黄花梨蜂蜜的理化指标

水分是蜂蜜的第二大组成成分,是评价蜂蜜质量标准的指标之一,其含量与植物来源、蜂蜜成熟度、加工技术和储存条件等因素有关,它会影响蜂蜜的物理性质,如黏度、结晶、颜色、比重和溶解度等^[11],含量过高会促进蜂蜜在储存期间发酵而产生异味并会缩短保质期^[12]。本研究结果显示(表 3),贵州黄花梨蜂蜜的平均水分含量为 19.43%,在标准 GH/T 18796—2012《蜂蜜》一级品的蜂蜜水分含量规定范围内。

果糖和葡萄糖、蔗糖是蜂蜜中主要的糖类,其中果糖和葡萄糖的含量在蜂蜜中所占比例高达 65%~80%,是蜂蜜的第一大组成成分,也是评价蜂蜜质量的一个主要参数^[13];蔗糖在加工过程中可被蔗糖转化酶转化为果糖和葡萄糖,其含量可以作为评价蜂蜜成熟度和新鲜程度的一个指标^[14]。本研究结果显示(表 3),贵州黄花梨蜂蜜果糖和葡萄糖的平均含量为 66.47%,蔗糖的平均含量为 0.25%,均符合标准 GH/T 18796—2012 对果糖和葡萄糖及蔗糖的规定。

表 1 检测指标及方法依据
Table 1 Detection indicators and method basis

指标	方法依据
感官评价	
水分	SN/T 0852—2012《进出口蜂蜜检验规程》
酸度	
葡萄糖和果糖	GB 5009.8—2016《食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》
蔗糖	
羟甲基糠醛	GB/T 18932.18—2003《蜂蜜中羟甲基糠醛含量的测定方法 液相色谱-紫外检测法》
淀粉酶活性	GB/T 18932.16—2003《蜂蜜中淀粉酶值的测定方法 分光光度法》
氨基酸	GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》
铅	GB 5009.12—2017《食品安全国家标准 食品中铅的测定》
汞	GB 5009.17—2021《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》
镉	GB 5009.15—2014《食品安全国家标准 食品中镉的测定》
菌落总数	GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》
蛋白质	GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》
维生素 C	GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》
超氧化物歧化酶活性	GB/T 5009.171—2003《保健食品中超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定》
总三萜	NY/T 3676—2020《灵芝中总三萜含量的测定 分光光度法》
总黄酮	SN/T 4592—2016《出口食品中总黄酮的测定》
铁	GB 5009.90—2016《食品安全国家标准 食品中铁的测定》
锌	GB 5009.14—2017《食品安全国家标准 食品中锌的测定》
大肠菌群	GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验大肠菌群计数》
霉菌计数	GB 4789.15—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验霉菌和酵母计数》
嗜渗酵母计数	GB 14963—2011《食品安全国家标准 蜂蜜》
金黄色葡萄球菌	GB 4789.10—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》
兽药残留	GB/T 18932.23—2003《蜂蜜中土霉素、四环素、金霉素、强力霉素残留量的测定方法 液相色谱-串联质谱法》

表 2 贵州黄花梨蜂蜜感官指标
Table 2 Sensory indexes of Guizhou *Dalbergia odorifera* honey

指标	结果	GB 14963—2011
色泽	浅琥珀色	依蜜源品种不同, 从水白色(近无色)至深色(暗褐色)
滋味、气味	口感甘甜, 有黄花梨的花香味	具有特有的滋味、气味, 无异味
状态	常温下呈黏稠状, 低温易结晶	常温下呈黏稠流体状, 或部分及全部结晶
杂质	无蜜蜂肢体、幼虫、蜡屑及其他杂质	不得含有蜜蜂肢体、幼虫、蜡屑及正常视力可见杂质(含蜡屑巢蜜除外)

蜂蜜中酸度主要由葡萄糖发酵氧化而产生, 其在储存过程中含量会逐渐升高, 因此其含量可作为蜂蜜成熟度与新鲜程度的评价指标之一^[14-15]。另外, 蜂蜜中的有机酸、地理来源和收获季节可能会影响蜂蜜中酸度^[16]。本研究结果显示(表 3), 贵州黄花梨蜂蜜酸度的平均值为

37.44 mL/kg, 接近标准 GB/T 18796—2012 对酸度的规定, 其可能的原因是蜂蜜中的葡萄糖氧化酶在有氧条件下专一性地催化 β -D-葡萄糖生成葡萄糖酸, 从而导致蜂蜜酸度增加^[17]。

羟甲基糠醛是蜂蜜在加工或长期储存过程中美拉德

反应的产物,在新鲜蜂蜜中含量极低或不存在^[11]。据相关研究表明,羟甲基糠醛对黏膜、皮肤和上呼吸道的细胞具有毒性,会使染色体畸变以及对人类和动物具有致癌作用^[18],因此,食品法典委员会将羟甲基糠醛作为衡量蜂蜜新鲜度的一个指标,提出蜂蜜中羟甲基糠醛含量不得超过 40 mg/kg。本研究结果显示(表 3),贵州黄花梨蜂蜜羟甲基糠醛的平均含量为 0.91 mg/kg,符合标准 GH/T 18796—2012 对羟甲基糠醛含量的规定。

淀粉酶是工蜂在采集和酿造过程中由下颚腺分泌并与花蜜混合而存在于蜂蜜中的物质,是蜂蜜产品的特有成分^[19],具有水解二糖和三糖混合物中淀粉分子的作用^[11],其含量会随蜂蜜的成熟而增加;但淀粉酶不具耐热性,即当储存和加工的温度超过 60°C 时会使其活性降低甚至变性失活,因此蜂蜜中淀粉酶活性的高低可作为衡量蜂蜜成熟度、新鲜程度、加热程度和贮存时间的指标^[20]。本研究结果显示(表 3),贵州黄花梨蜂蜜淀粉酶活性的平均值为 28.20 mL/(g·h),远远大于标准 GH/T 18796—2012 所规定的淀粉酶活性值。

综上所述,贵州黄花梨蜂蜜的理化指标表现出“三高三低”的特点,即果糖和葡萄糖含量、酸度和淀粉酶活性值高,水分、蔗糖和羟甲基糠醛含量低。

表 3 贵州黄花梨蜂蜜的理化指标
Table 3 Physical and chemical indexes of Guizhou *Dalbergia odorifera* honey

指标	结果	GH/T 18796—2012	
		一级品	二级品
水分/%	19.43±0.088	≤20	≤24
果糖和葡萄糖/%	66.47±0.120	≥60	
蔗糖/%	0.25±0.003	≤5	
酸度/(mL/kg)	37.44±0.215	≤40	
羟甲基糠醛/(mg/kg)	0.91±0.017	≤40	
淀粉酶活性/[mL/(g·h)]	28.20±0.000	≥4	

注:表中结果为“平均值±标准误差”,下同。

2.3 贵州黄花梨蜂蜜卫生指标

通常认为蜂蜜中抑菌活性成分以及低渗透压和低 pH 不利于微生物生长繁殖,而实际上是在采集和加工过程中受到污染^[21]。GB 14963—2011 对蜂蜜中微生物含量有明确规定,蜂蜜中菌落总数≤1000 CFU/g,大肠菌群≤0.3 MPN/g,霉菌计数≤200 CFU/g,嗜渗酵母计数≤200 CFU/g,金黄色葡萄球菌为 0/25 g。本研究结果显示(表 4),贵州黄花梨蜂蜜菌落总数平均为 31.6667 CFU/g,远远小于标准所规定的值,而其他指标均处于规定值之内,符合标准 GB 14963—2011 对蜂蜜中微生物含量的规定。

表 4 贵州黄花梨蜂蜜卫生指标

指标	结果	GB 14963—2011
菌落总数/(CFU/g)	31.6667±3.333	≤1000
大肠菌群/(MPN/g)	< 0.3	≤0.3
霉菌计数/(CFU/g)	< 10	≤200
金黄色葡萄球菌	0/25 g	0/25 g
嗜渗酵母计数/(CFU/g)	< 100	≤200

2.4 贵州黄花梨蜂蜜营养指标

蜂蜜中含有种类较多而含量较少的矿物质元素,如钾、镁、钙、钠等常量元素和铁、铜、锌、锰等微量元素,这些元素在生物系统中有维持正常生理反应、诱导整体代谢、催化各种生化反应等作用^[22]。有研究表明,矿物元素主要通过蜜源植物的根系进入花蜜,可根据蜂蜜中矿物质含量来对蜂蜜产区溯源和品种鉴定以及蜂蜜品质的评价^[23]。本研究对贵州黄花梨蜂蜜铁和锌元素的含量进行检测,由表 5 可知,铁元素的平均含量为 3.1767 mg/kg,锌元素的平均含量为 1.6870 mg/kg,而牛雨薇等^[24]对南阳枣花蜜、槐花蜜和百花蜜的矿物质检测显示铁和锌元素均高于贵州黄花梨蜂蜜,且 3 者间的含量存在一定差异,表明蜜源植物种类决定蜂蜜矿质元素含量^[25]。

蛋白质是蜜蜂及其幼虫生长发育所需的营养物质之一,蜂蜜中蛋白质的含量较低,主要来源于蜜蜂唾液腺分泌物和植物花粉,且不同蜂种间蜂蜜中蛋白质含量也有所差异,中华蜜蜂蜂蜜中含有 0.1%~3.3% 的蛋白质,而意大利蜜蜂蜂蜜含有 0.2%~1.6% 的蛋白质^[26]。本研究结果显示(表 5),贵州黄花梨蜂蜜的蛋白质平均含量为 0.3600 g/100 g。

蜂蜜中维生素的含量较少而种类较多,以 B 族维生素和维生素 C 为主。维生素 C 具有抗氧化作用,在测定过程中易受到酶氧化的影响,是一个不稳定的指标,可用于评估蜂蜜的抗氧化性^[27]。本研究结果显示(表 5),贵州黄花梨蜂蜜维生素 C 的平均含量为 1.3800 mg/100 g,远远高于红花蜜维生素 C 的含量^[28],说明贵州黄花梨蜂蜜中维生素 C 含量较丰富。

表 5 贵州黄花梨蜂蜜营养指标

指标	结果	GB 14963—2011
铁/(mg/kg)	3.1767±0.012	-
锌/(mg/kg)	1.6870±0.030	≤25
蛋白质/(g/100 g)	0.3600±0.008	-
维生素 C/(mg/100 g)	1.3800±0.020	-

注:-表示标准未有规定,下同。

本研究对 16 种氨基酸进行检测, 在贵州黄花梨蜂蜜中检测到 14 种, 酪氨酸和蛋氨酸未检出。由表 6 可知, 贵州黄花梨蜂蜜氨基酸总量平均值为 0.2516 g/100 g, 而红花蜜^[28]和蓝莓蜜^[29]氨基酸的种类和总量分别为 18 和 14 种及 189.50 和 150.62 mg/100 g, 且各氨基酸的含量存在一定差异, 表明不同蜂蜜的氨基酸组成种类与总量不同。

有研究表明蜂蜜中含量最丰富的氨基酸为脯氨酸, 其含量为氨基酸总量的 50%~85%, 因具有抗氧化能力而被用作蜂蜜成熟度标准的评价指标^[11]。本研究以天冬氨酸的平均含量最多, 为 0.0400 g/100 g, 占氨基酸总量的 15.90%, 而脯氨酸含量为 0.0280 g/100 g, 仅占氨基酸总量的 11.13%, 低于红花蜜(43.5 mg/100 g, 23%)^[28]而高于蓝莓蜜(10.52 mg/100 g, 6.96%)^[29], 表明脯氨酸含量在不同蜂蜜种类中存在一定差异^[30], 且其相对比例由蜂蜜的来源决定^[31]。

另外, 天冬氨酸、谷氨酸(0.0373 g/100 g, 14.83%)、异亮氨酸(0.0303 g/100 g, 12.04%)、脯氨酸和苯丙氨酸(0.0277 g/100 g, 11.00%)为贵州黄花梨蜂蜜的主要氨基酸, 5 种氨基酸占总量的 64.90%, 其余的 9 种氨基酸各平均含量占总量 10.00% 以下。而在 14 种氨基酸中, 必需氨基酸的平均含量为 0.1015 g/100 g, 占氨基酸总含量的 40.33%; 药效氨基酸的平均含量为 0.1752 g/100 g, 占氨基酸总含量的 69.64%, 表明贵州黄花梨蜂蜜具有一定的药用价值。

表 6 贵州黄花梨蜂蜜氨基酸含量

Table 6 Amino acid content of Guizhou *Dalbergia odorifera* honey

指标/(g/100 g)	结果	与总量之比/%
组氨酸	0.0038±0.000	1.50
#异亮氨酸*	0.0303±0.022	12.04
#缬氨酸	0.0100±0.000	3.98
丙氨酸	0.0117±0.000	4.64
脯氨酸	0.0280±0.000	11.13
#苏氨酸	0.0096±0.000	3.82
精氨酸*	0.0070±0.000	2.80
天冬氨酸*	0.0400±0.001	15.90
#赖氨酸*	0.0123±0.000	4.90
丝氨酸	0.0133±0.000	5.30
谷氨酸*	0.0373±0.000	14.83
甘氨酸*	0.0090±0.000	3.56
#亮氨酸*	0.0116±0.005	4.60
#苯丙氨酸*	0.0277±0.000	11.00
酪氨酸	未检出	0.00
蛋氨酸	未检出	0.00
氨基酸总量	0.2516±0.024	100.00
必需氨基酸总量	0.1015±0.024	40.33
药效氨基酸总量	0.1752±0.024	69.64

注: #表示必需氨基酸, *表示药效氨基酸。

2.5 贵州黄花梨蜂蜜活性成分

超氧化物歧化酶是一种广泛存在于生物体内的金属酶, 能有效降低超氧阴离子对细胞的毒害, 具有抗炎、抗衰老、抗辐射和防治肿瘤等生理功能^[32-33]。本研究结果显示贵州黄花梨蜂蜜中超氧化物歧化酶活性的平均值为 4.29 U/g, 而闵丽娥^[33]测定意蜂蜂蜜中超氧化物歧化酶活性高达 496.66 U/g, 其可能是受蜜蜂种类、蜜源植物及贮存时间和温度的影响^[32]。

萜类是蜂蜜中含量较少的挥发性化合物和重要的天然抗氧化活性物质^[34]。目前关于蜂蜜三萜类化合物的研究较少, 更多的是在蜂胶上^[35]。本研究结果显示贵州黄花梨蜂蜜中总三萜的平均含量为 65.97 mg/100 g, 高于红花蜜萜类物质含量(9.36 mg/100 g)^[28], 表明贵州黄花梨蜂蜜的三萜类物质含量丰富。

黄酮类化合物是一种以配基和糖苷形式存在于蜂蜜中的抗氧化成分, 具有清除人体内自由基和抑制细胞凋亡的作用, 在治疗心血管疾病等药物中常被作为主要成分^[36-37]。本研究所使用的方法未检测出贵州黄花梨蜂蜜总黄酮含量, 说明该方法对蜂蜜中总黄酮含量测定不适用, 这也是本研究的不足之处, 因此未来将选择更加合适的方法对本研究结果进行验证。

2.6 贵州黄花梨蜂蜜安全性指标

蜂蜜中常见的兽药残留种类有氯霉素类、硝基咪唑类、四环素类、磺胺类、大环内酯类、氨基糖苷类和硝基呋喃类等^[38], 主要是因为养殖蜜蜂过程中为防治疾病而使用违禁药品或长期过量使用, 以及在采蜜期仍使用药物^[39], 如果长期食用含有低剂量兽药残留的蜂蜜, 会影响人体健康^[40]。在调查中发现蜂农存在使用四环素族抗生素治疗蜜蜂疾病的问题, 但并未使用过其他种类兽药, 因此本研究主要针对四环素族药物进行检测, 其结果显示(表 7), 强力霉素、金霉素、土霉素和四环素均未检出, 说明蜂农规范使用药物, 并未对蜂蜜产品产生负面影响。

表 7 贵州黄花梨蜂蜜安全性指标

Table 7 Safety indexes of Guizhou *Dalbergia odorifera* honey

指标/(mg/kg)	结果	WHO/FAO
强力霉素	未检出	-
金霉素	未检出	-
土霉素	未检出	-
四环素	未检出	-
铅	未检出	<0.025
汞	0.0013±0.001	<0.005
镉	0.0008±0.001	<0.007

注: 世界卫生组织/联合国粮食及农业组织(World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations, WHO/FAO)。

如果铅、汞、镉等重金属元素在蜂蜜中含量超标就会使蜂蜜具有毒性,会对食用者造成危害^[41],因此,对蜂蜜产品中重金属含量的检测至关重要。本研究检测到贵州黄花梨蜂蜜汞和镉元素的平均含量分别为 0.0013 mg/kg 和 0.0008 mg/kg(表 7),符合世界卫生组织和粮食及农业组织^[41]对蜂蜜中重金属含量的规定,而铅元素在蜂蜜中未检出。

3 结 论

通过对贵州黄花梨蜂蜜进行感官指标、理化指标、卫生指标、营养成分、活性成分和安全性指标等检测分析,并与各项蜂蜜标准及世界卫生组织和粮食及农业组织的相关规定进行对比,结果表明贵州黄花梨蜂蜜的各项指标均符合相关规定,并达到蜂蜜标准一级品水平,为健康安全的蜂蜜食品。值得关注的是,贵州黄花梨蜂蜜中不仅检测出三萜类物质,而且含量较为丰富;另外,贵州黄花梨蜂蜜氨基酸种类丰富,其中天冬氨酸含量最多,其次为谷氨酸和异亮氨酸,且三者含量都高于脯氨酸含量;药效氨基酸所占比例较大,药用价值较高。

对贵州黄花梨蜂蜜的品质分析,可为黄花梨蜂蜜的质量评价提供一定的科学依据。未来将从黄花梨蜂蜜的挥发性成分及特有成分进行研究,同时完善黄花梨蜂蜜的矿物质组成及维生素种类等工作。

参考文献

- [1] 曾志将. 养蜂学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
ZENG ZJ. Apicultural science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [2] SOARES S, AMARAL JS, OLIVEIRA MBPP, et al. A comprehensive review on the main honey authentication issues: Production and origin [J]. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2017, 16(5): 1072–1100.
- [3] AZIZAH U, SYED SSA, HANA AN, et al. Role of honey in obesity management: A systematic review [J]. Front Nutr, 2022, 9: 924097.
- [4] 赵立夫, 徐云友, 董蕊, 等. 单花蜜的化学成分研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(7): 330–334.
ZHAO LF, XU YY, DONG R, et al. Research progress of chemical components in monofloral honey [J]. Food Sci, 2013, 34(7): 330–334.
- [5] 李凯夫, 邓和大, 陈策. 降香·檀香·沉香树木栽培与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
LI KF, DENG HD, CHEN C. Three kinds of precious perfume plants and their uses [M]. Beijing: China Forestry Press, 2015.
- [6] 郑联合, 黄星, 王莉, 等. 降香黄檀籽油的理化性质及化学成分分析[J]. 中国油脂, 2011, 36(11): 73–76.
ZHENG LH, HUANG X, WANG L, et al. Physicochemical properties and chemical composition of *Dalbergia odorifera* T. Chen seed oil [J]. China Oils Fats, 2011, 36(11): 73–76.
- [7] 周京南. 降香的药用价值研究[J]. 中国集体经济, 2015, (14): 66–69.
ZHOU JN. Research on the medicinal value of *Dalbergia odrifera* T. Chen [J]. Chin Collect Econ, 2015, (14): 66–69.
- [8] 陈瑞东, 刘宇, 周芬芬, 等. 温州降香黄檀母树林的营建及管护技术[J]. 现代园艺, 2022, 45(12): 23–25.
CHEN RD, LIU Y, ZHOU FF, et al. Construction and management technology of *Dalbergia japonica* forest in Wenzhou [J]. Contemp Horticu, 2022, 45(12): 23–25.
- [9] KLATT BK, HOLZSCHUH A, WESTPHAL C, et al. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value [J]. Proc Biol Sci, 2014, 281(1775): 20132440.
- [10] 魏颖. 蜂蜜国家标准探讨[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(10): 235–239.
WEI Y. The discussion of national standard of honey [J]. Food Ferment Ind, 2015, 41(10): 235–239.
- [11] SILVA PMD, GAUCHE C, GONZAGA LV, et al. Honey: Chemical composition, stability and authenticity [J]. Food Chem, 2016, 196: 309–323.
- [12] LIJALEMMT. Review on physico-chemical properties of honey in Eastern Africa [J]. J Apicult Res, 2021, 60(1): 33–45.
- [13] 张晓华. 蜂蜜中糖类的高效液相色谱测定及其在蜂蜜品质控制中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(16): 74–79.
ZHANG XH. Determination of sugars in honey by high performance liquid chromatography and its application in honey quality control [J]. Food Res Dev, 2019, 40(16): 74–79.
- [14] 董莹莹, 迟增钊, 迟玉森. 糖源蜜、花源蜜和市售蜂蜜品质的比较研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 48–54.
DONG YY, CHI ZZ, CHI YS. Comparative study on the quality of sugar source honey, flower source honey and commercial honey [J]. Food Res Dev, 2021, 42(1): 48–54.
- [15] 张云双, 姜晓林, 王艳敏, 等. 云南省 3 种特色单花种蜂蜜理化指标检测与分析[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(21): 110–115.
ZHANG YS, JIANG XL, WANG YM, et al. Detection and analysis of physical and chemical parameters of three kinds of characteristic monofloral honey in Yunnan Province [J]. Food Res Dev, 2021, 42(21): 110–115.
- [16] TORNUK F, KARAMAN S, OZTURK I, et al. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile [J]. Ind Crops Prod, 2013, 46: 124–131.
- [17] 张国立, 张言政, 李珊珊, 等. 蜂蜜中的酶及其在蜂蜜质量控制中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(21): 8313–8320.
ZHANG GZ, ZHANG YZ, LI SS, et al. Enzymes in honey and their application in honey quality control [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(21): 8313–8320.
- [18] SHAPLA UM, SOLAYMAN M, ALAM N, et al. 5-hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: Effects on bees and human health [J]. Chem Cent J, 2018, 12(1): 35.
- [19] 赵秋毅, 王琴, 李治, 等. 重庆地区 4 种不同蜜源原蜜的品质分析[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2017, 34(6): 102–109.
ZHAO QY, WANG Q, LI Z, et al. Quality analysis of raw honey from four different nectar sources in Chongqing area [J]. J Chongqing Norm Univ (Nat Sci Ed), 2017, 34(6): 102–109.
- [20] 李凯, 丁晓雯, 付佰红, 等. 市售洋槐蜜、紫云英蜜质量分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 443–446.
LI K, DING XW, FU BH, et al. Analysis of quality of black locust honey and clover honey in markets [J]. Sci Technol Food Ind, 2011, 32(10): 443–446.

- [21] 蒋波, 李琼琼, 张芝华, 等. 市售蜂蜜中污染微生物的调查分析[J]. 上海预防医学, 2022, 34(1): 77–80.
JIANG B, LI QQ, ZHANG ZH, *et al.* Analysis of contaminated microorganisms in commercial honey [J]. Shanghai J Prev Med, 2022, 34(1): 77–80.
- [22] ALQARNI AS, OWAYSS AA, MAHMOUD AA, *et al.* Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia [J]. J Saudi Chem Soc, 2014, 18(5): 618–625.
- [23] 林宏, 鲁惠玲, 韩燃, 等. 7 种单花蜂蜜中矿物元素的测定及蜜种特征研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(15): 5983–5989.
LIN H, LU HL, HAN R, *et al.* Determination of mineral elements in 7 kinds of monofloral honeys and study on the characteristics of honey species [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(15): 5983–5989.
- [24] 牛雨薇, 常秋芳. 南阳蜂蜜主要矿物质元素含量测定[J]. 现代食品, 2019, (24): 185–187.
NIU YW, CHANG QF. Determination of main mineral elements in Nanyang honey [J]. Mod Food, 2019, (24): 185–187.
- [25] 杜华英, 朱丽琴, 熊建华, 等. 不同蜜源蜂蜜中 8 种金属元素含量的测定[J]. 食品工业, 2017, 38(8): 286–290.
DU HY, ZHU LQ, XIONG JH, *et al.* Determination of eight metallic elements from different kinds of bee honey [J]. Food Ind, 2017, 38(8): 286–290.
- [26] 谢博, 傅红, 杨方. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱联用鉴定椴树蜂蜜中的抗氧化活性肽[J]. 质谱学报, 2020, 41(3): 244–253.
XIE B, FU H, YANG F. Identification of antioxidant peptide sequences in Tilia tuan Honey by UPLC-Q-exactive quadrupole-electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. J Chin Mass Spectr Soc, 2020, 41(3): 244–253.
- [27] RUIZ VL, VERA S, PORTO AVG, *et al.* Analysis of water-soluble vitamins in honey by isocratic RP-HPLC [J]. Food Anal Methods, 2013, 6(2): 488–496.
- [28] 孙丽萍, 伊作林, 金晓露, 等. 新疆红花蜜成分分析[J]. 食品工业科技, 2017, 38(21): 281–285.
SUN LP, YI ZL, JIN XL, *et al.* Chemical analysis on the safflower (*Carthamus tinctorius*) honey collected from Xinjiang [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 38(21): 281–285.
- [29] 张致豪, 王蓓, 师丰丰, 等. 贵州蓝莓蜜营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(1): 152–159.
ZHANG ZH, WANG B, SHI FF, *et al.* Nutrient composition and analysis of blueberry honey from Guizhou Province [J]. Food Res Dev, 2022, 43(1): 152–159.
- [30] IGLESIAS MT, MARTIAN-ALVAREZ PJ, POLO MC, *et al.* Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature [J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(24): 9099–9104.
- [31] SUN Z, ZHAO LL, CHENG N, *et al.* Identification of botanical origin of Chinese unifloral honeys by free amino acid profiles and chemo metric methods [J]. J Pharm Anal, 2017, 7(5): 317–323.
- [32] 杨焱, 胡九菊, 李林霖, 等. 蜂王浆中超氧化物歧化酶的活性测定与应用[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(1): 180–185.
YANG Y, HU JJ, LI LL, *et al.* Determination of superoxide dismutase activity and its application in royal jelly [J]. Food Res Dev, 2022, 43(1): 180–185.
- [33] 闵丽娥. 蜂王浆超氧化物歧化酶分离纯化及部分性质研究[D]. 成都: 四川大学, 2002.
MIN LE. Isolation, purification and characterization of superoxide dismutase from royal jelly [D]. Chengdu: Sichuan University, 2002.
- [34] CACHO JI, CAMPILLO N, VIÑAS P, *et al.* Evaluation of three headspace sorptive extraction coatings for the determination of volatile terpenes in honey using gas chromatography–mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2015, 1399: 18–24.
- [35] 郑宇斐, 蒋侠森, 王凯, 等. 2017 年国内外蜂胶研究概况(二)[J]. 蜜蜂杂志, 2018, 38(5): 3–8.
ZHENG YF, JIANG XS, WANG K, *et al.* Research status of propolis in 2017 (2) [J]. J Bee, 2018, 38(5): 3–8.
- [36] 罗红霞, 王丽, 李淑荣. 10 种蜂蜜中的抗氧化物质及其抗氧化能力分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(2): 626–632.
LUO HX, WANG L, LI SR. Analysis of antioxidant substance derived from 10 kinds of honey and their antioxidant activity [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(2): 626–632.
- [37] 薛茗阁, 卜翠萍, 赵祥祥, 等. 3 种单花蜜总黄酮含量测定的比较[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 341–343.
XUE MG, BU CP, ZHAO XX, *et al.* Comparison of determination of total flavonoids in 3 kinds of monofloral honey [J]. Jiangsu Agric Sci, 2016, 44(4): 341–343.
- [38] 李秀琴, 张庆合, 许森. 蜂蜜中农兽药残留检测技术概述[J]. 中国计量, 2014, (5): 70–72.
LI XQ, ZHANG QH, XU S. Overview of detection technology of pesticide and veterinary drug residues in honey [J]. China Metrol, 2014, (5): 70–72.
- [39] 张璐, 孔祥虹, 何强, 等. 蜂蜜中兽药残留检测方法的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(11): 4368–4372.
ZHANG L, KONG XH, HE Q, *et al.* Research advances on the detection method of veterinary drug residues in honey [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(11): 4368–4372.
- [40] 王春华. 蜂蜜中兽药残留现状与检测方法[J]. 新农村, 2021, (4): 32.
WANG CH. Status and detection methods of veterinary drug residues in honey [J]. New Count, 2021, (4): 32.
- [41] BILANDZIC N, DOKIC M, SEDAK M, *et al.* Determination of trace elements in croatian floral honey originating from different regions [J]. Food Chem, 2011, 128(4): 1160–1164.

(责任编辑: 张晓寒 韩晓红)

作者简介



潘成涛, 硕士研究生, 主要研究方向为蜜蜂资源开发与利用的研究。
E-mail: gzlp_ctpan@163.com



龙见坤, 博士, 副教授, 主要研究方向为资源昆虫学的研究。
E-mail: longjiankun123@163.com