

川西北草原药花蜂蜜的品质研究

陈朝琼¹, 康 镇¹, 黄启航¹, 孟 荣¹, 罗晓明^{1*}, 李 倩¹, 胡廷武²

(1. 成都医学院公共卫生系, 成都 610500; 2. 四川红草地农业开发有限公司, 阿坝州 624000)

摘 要: **目的** 评价川西北草原药花蜂蜜的品质。**方法** 利用高效液相色谱法、微波消解-原子吸收分光光度法等技术分析川西北草原药花蜂蜜的营养成分、酶活性、总酚酸含量和有害物质残留等, 将分析结果与其他种类蜂蜜和国家卫生标准进行比较评价。**结果** 草原药花蜂蜜含有多种微量元素、维生素和氨基酸。淀粉酶、蔗糖转化酶、葡萄糖氧化酶活性较高, 分别为 21.4 mL/(g·h)、57.9 mg/(g·h)、17.2 μg/(g·0.5 h)。总酚酸含量接近 40 mg/100 g, 当蜂蜜加入量为 200 μL 时, 其超氧阴离子自由基和脂质过氧化抑制率分别为 65%和 77%。铅、农药、抗生素均未检出, 羟甲基糠醛、菌落总数、总大肠菌群数等指标值均远远小于国家卫生标准。**结论** 草原药花蜂蜜不仅有较高的营养价值和药用价值, 并且安全性高, 属于优质蜂蜜。

关键词: 药花蜂蜜; 品质; 抗氧化活性; 川西北草原

Quality evaluation of the medicinal flower honey from Sichuan northwestern grassland

CHEN Zhao-Qiong¹, KANG Zhen¹, HUANG Qi-Hang¹, MENG Rong¹, LUO Xiao-Ming^{1*}, LI Qian¹, HU Ting-Wu²

(1. Department of Public Health, Chengdu Medical College, Chengdu 610500, China; 2. Sichuan Red Grassland Agricultural Development Co., Ltd., Aba 624000, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the quality of the medicinal flower honey from Sichuan northwestern grassland. **Methods** The nutrient compositions, enzymatic activities, total content of phenolic acid, and the harmful residues of the medicinal flower honey from Sichuan northwestern grassland were analyzed by multiple approaches including high performance liquid chromatography (HPLC), microwave digestion-atomic absorption spectroscopy and etc. The results were compared with national health standards in China and other types of honeys. **Results** The results indicated that the medicinal flower honey from Sichuan northwestern grassland contained multiple microelements, vitamins, and amino acids. The activities of amylase, sucrose invertase and glucose oxidase of the honey were high with the values of 21.4 mL/(g·h), 57.9 mg/(g·h), and 17.2 μg/(g·0.5 h), respectively. The total content of phenolic acid in honey was close to 40 mg/100 g. When adding 200 μL of the honey, the inhibition rates of superoxide anion free radical and lipid peroxidation were up to 65% and 77%, respectively. The hazardous substances including plumbum, pesticides and antibiotics were not detected in this kind of honey. Furthermore, the values of the hydroxymethyl furfural (5-HMF), aerobic bacterial count, and total coliform group were far lower than those of national health standards in China. **Conclusion** The honey has high nutritional and medicinal values with high

基金项目: 阿坝州科技局应用技术与开发资金项目([2014]Z022)

Fund: Supported by the Application Technology Research and Development of Aba Science and Technology Bureau ([2014]Z022)

*通讯作者: 罗晓明, 讲师, 主要研究方向为环境有害物质的监测与评价。E-mail: 894821905@qq.com

*Corresponding author: LUO Xiao-Ming, Lecturer, Department of Public Health, Chengdu Medical College, Chengdu 610500, China. E-mail: 894821905@qq.com

safety, and is a kind of quality honey.

KEY WORDS: medical flower honey; quality; antioxidant activity; Sichuan northwestern grassland

1 引言

我国是蜂蜜生产大国,但由于国产蜂蜜存在品质较低、农兽药残留、重金属污染和掺假造假等诸多问题,市场竞争力弱,市场份额低。为提高蜂蜜质量,卫生部制定了蜂蜜的食品安全国家标准。结合卫生标准,研究者们从蜂蜜的营养成分、活性成分、有害物质含量等多方面对各类型、产地的蜂蜜展开了评价。结果表明,全国仅山西、云南、北京、新疆和青海等少数地区天然成熟优质蜂蜜有一定规模^[1],因此,进一步开发成熟优质蜂蜜具有重要的经济意义。

川西北大草原地处四川、甘肃和青海3省结合部,由若尔盖、阿坝、红原、壤塘四县组成,海拔3500~4000 m左右,面积35600多平方公里,为中国五大草原之一。草原草本蜜源植物种类繁多,其中粉蜜较多的药用植物有蒲公英、川贝母、野薄荷、党参、秦艽、羌活、大黄等。草原药花蜂蜜集多种药花之精华,具有独特的草药味,有清热解毒、散寒理气、镇咳治喘、治头痛目赤、咽喉肿痛和关节筋骨疼痛等疗效,但目前缺乏对药花蜂蜜品质的定量研究^[2]。因此,本文从药花蜂蜜的营养成分、微量元素、生物活性成分、有害物质残留等方面展开研究,结合卫生标准对草原药花蜂蜜的品质进行全面评价,为其开发利用奠定基础。

2 材料与amp;方法

2.1 材料和试剂

2015年7~8月,若尔盖大草原、红原大草原和阿坝大草原流动蜂农处随机收集蜂蜜样品24份。

辣根过氧化物酶(活性 ≥ 150 U/mg,美国Sigma公司); 4-氨基安替比林(分析纯); 30% H_2O_2 (分析纯); 3,5-二硝基水杨酸(分析纯); 丙酮、正己烷、二氯甲烷均为色谱纯,氟胺氟菊酯溶液标准样品(100 $\mu\text{g/mL}$,标准物质网); 乐果标准品(100 $\mu\text{g/mL}$,标准物质网); 四环素标准品(100 $\mu\text{g/mL}$,标准物质网); 混合氨基酸标准溶液(2.5 mmol/L/mL,美国Sigma公司); 原儿茶酸(分析纯); 黄嘌呤氧化酶(OX)(5 U,美国Sigma公司); 卵磷脂(生化试剂,美国Sigma公司)。

2.2 仪器设备

微波消解系统(ETHOS T C,意大利MELESTON公司); 原子吸收分光光度计(TAS-986,北京普析通用仪器有限责任公司); 紫外-可见光分光光度计(UV-1102,天美科技有限公司); 电子天平(BSA124S,北京赛多利斯系统有

限公司); 日立高效液相色谱(L-2400,日本株式会社日本高新技术那珂事业所)。

2.3 试验方法

水分、淀粉酶活性、还原糖、羟甲基糠醛检测方法参照SN/T 0852-2012《进出口蜂蜜检验规程》^[3]; 铅、锌、硒、铁等金属元素的测定参照GB/T 5009.12.14-1996《食品中铅、锌的测定》^[4]。菌落总数、大肠菌群、霉菌、致病菌检测方法参照GB/T 4789.24-2003《食品卫生微生物学检验糖果、糕点、蜜饯检验》^[5]。蜂蜜中蛋白质含量的测定参照GB 50095-2010《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》^[6]。

葡萄糖氧化酶活性的测定采用王萌等^[7]的研究方法。采用葡萄糖氧化酶催化葡萄糖生成的 H_2O_2 在辣根过氧化物酶的催化下与4-氨基安替比林、苯酚及溶液中的二氧化碳反应,生成红色醌亚胺来测定蜂蜜中的葡萄糖氧化酶活性。

蔗糖转化酶活性的测定参考张忠义等^[8]的分析方法。

氟胺氟菊酯和乐果的测定参考任红波^[9]、周碧清等^[10]的分析方法。称取10 g蜂蜜于50 mL具塞离心管中,加入盐水(4:1)15 mL,充分匀质,加入乙酸乙酯10 mL,继续匀质后以3000 r/min离心5 min,将上层乙酸乙酯溶液移至样品瓶中。残渣再加入乙酸乙酯5 mL,重复上述操作,合并2次提取液,混匀并用0.45 μm 滤膜过滤,用气相色谱仪进行测定。

四环素族抗生素的测定参考卢坤等^[11]的分析方法,维生素的测定参考任丹丹等^[12]的分析方法。氨基酸的测定用酸水解-全自动氨基酸分析仪,参照赵成仕等^[13]的分析方法。

总酚酸含量的测定用Folin-Ciocalteu法^[14,15]。取1.0 mL稀释后的蜂蜜溶液,加入1 mL Folin-Ciocalteu试剂,混匀,然后加入5 mL 1 mol/L碳酸钠溶液,用蒸馏水定容至10 mL,充分混匀,在黑暗条件下放置1 h后,用1 cm比色杯在波长为760 nm下测定光密度值。以原儿茶酸为标准溶液,并制作标准曲线,蜂蜜总酚酸含量以原儿茶酸的相对量表示。

蜂蜜对超氧阴离子自由基和脂质过氧化的抑制作用参考曹炜等^[15]的分析方法。

3 结果与amp;讨论

3.1 营养成分

草原药花蜂蜜呈白色、温度小于10 $^{\circ}\text{C}$ 时有细腻白

色结晶, 有草药香味。水分含量小于 19%, 浓度在 41 波美度以上。由表 1 可知, 糖类占蜂蜜总量的 70%以上, 主要为果糖和葡萄糖, 其总和占蜂蜜糖分的 85%~95%。含有铁、锌、硒、钙等多种矿物质, 其中铁、锌、硒的含量分别为 1.83~2.27、1.25~1.84、0.02~0.09 mg/100 g。含有 B 族维生素、维生素 C、烟酸、泛酸等多种维生素, 其中 B 族维生素最多, 含量为 0.3~0.6 mg/100 g。蛋白质含量 0.29%~1.69%, 含有赖氨酸、组氨酸、精氨酸、苏氨酸等 17 种氨基酸, 占 0.1%~0.78%, 高于油菜蜜、洋槐蜜、紫云英、枣花 4 种蜜源的氨基酸含量(0.1%~0.3%)^[13]。

表 1 草原药花蜂蜜的主要营养成分含量(n=24)
Table 1 The content of main nutrition in the medical flower honey (n=24)

| 营养成分名称 | 含量(g/100 g) | 营养成分名称 | 含量(mg/100 g) |
|--------|-------------|--------|--------------|
| 果糖 | 41.34±3.26 | 钙 | 5.4±0.16 |
| 葡萄糖 | 32.18±2.85 | 铁 | 2.11±0.23 |
| 总糖 | 80.45±5.31 | 锌 | 1.57±0.19 |
| 蛋白质 | 0.83±0.36 | 硒 | 0.06±0.04 |
| 氨基酸 | 0.51±0.23 | B 族维生素 | 0.43±0.12 |

3.2 酶活性

蜂蜜中含有丰富的生物酶, 如淀粉酶、蔗糖转化酶、

葡萄糖氧化酶、过氧化酶、磷酸酶等^[16]。其中淀粉酶、蔗糖转化酶、葡萄糖氧化酶的热稳定性不强, 若对蜂蜜长期贮存或进行加工处理, 酶的活性会逐步降低。因此, 这 3 种酶是判断蜂蜜新鲜程度、成熟度以及是否掺假的一项重要指标。本文分析了草原药花蜂蜜的淀粉酶、蔗糖转化酶、葡萄糖氧化酶的活性, 并与文献报道的其他种类蜂蜜的酶活性进行比较, 结果如表 2 所示。

从表 2 中可以看出, 草原药花蜂蜜、枸杞蜜、洋槐蜜的淀粉酶活性均高于 20 mL/(g·h), 大于其他几种蜂蜜的淀粉酶活性; 草原药花蜂蜜的蔗糖转化酶活性为 57.9 mL/(g·h), 仅次于新鲜野菊花蜜和枸杞蜜; 葡萄糖氧化酶活性为 17.2 mL/(g·h), 高于其他几种蜂蜜。不同植物源的蜂蜜酶活性有较大差异, 这可能与蜂蜜采集时间、采集气候、采集蜂的种类等多种因素相关^[8]。

3.3 总酚酸含量及抗氧化活性

蜂蜜中存在天然酚酸类化合物, 酚酸类化合物的含量以及抗氧化作用是评价蜂蜜内在质量的重要指标。由表 3 可知, 草原药花蜂蜜的总酚酸含量为(39.27±2.53) mg/100 g。曹炜等^[15]研究槐花蜜、黄芪、山花、荞麦、枸杞等 9 种蜂蜜的总酚含量, 总酚含量超过 30 mg/100 g 的有荞麦蜜、山楂蜜、山花蜜和菊花蜜, 其中荞麦蜜总酚酸含量高达(148.46±2.34) mg/100 g。草原药花蜂蜜的总酚含量接近 40 mg/100 g, 仅次于荞麦蜜, 说明草花药花蜂蜜有相对较高的酚酸含量。

表 2 草原药花蜂蜜的酶活性与其他种类蜂蜜酶活性的比较
Table 2 Comparison of enzymatic activities with different kinds of honeys

| 蜂蜜种类 | 淀粉酶活性 mL/(g·h) | 蔗糖转化酶活性 mg/(g·h) | 葡萄糖氧化酶活性 μg/(g·0.5 h) |
|------------------------|----------------|------------------|-----------------------|
| 草原药花蜂蜜 | 21.4 | 57.9 | 17.2 |
| 新鲜野菊花蜜 ^[17] | 16.94 | 91.4 | 16.1 |
| 枸杞蜜 ^[17] | 24.87 | 109.62 | 14.37 |
| 洋槐蜜 ^[18] | 24.93 | 49.71 | 未检测 |
| 紫云英蜜 ^[18] | 17.24 | 35.22 | 未检测 |
| 枣花蜜 ^[18] | 14.13 | 34.56 | 未检测 |
| 金银花蜜 ^[18] | 17.48 | 35.59 | 未检测 |

表 3 草原药花蜂蜜总酚酸含量及抗氧化活性(n=24)
Table 3 The total content of phenolic acid and antioxidant activity of the medicinal flower honey (n=24)

| 蜂蜜名称 | (mg 原儿茶酸/100 g 蜂蜜) | 对超氧阴离子的抑制率(%) | | | 抗氧化活性(%) | | |
|--------|--------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 50 μL | 100 μL | 200 μL | 50 μL | 100 μL | 200 μL |
| 草原药花蜂蜜 | 39.27±2.53 | 48.84±3.76 | 59.35±4.28 | 65.17±3.91 | 45.24±4.13 | 58.42±4.57 | 77.48±4.75 |

表4 草原药花蜂蜜有害化学成分含量($n=24$)
Table 4 The harmful substances content of the medicinal flower honey

| 蜂蜜名称 | 羟甲基糠醛(mg/kg) | 铅(mg/kg) | 四环素族抗生素(mg/kg) | 乐果(mg/kg) | 氟胺氰菊酯(mg/kg) |
|--------|--------------|----------|----------------|-----------|--------------|
| 草原药花蜂蜜 | 8.53±1.44 | 未检出 | 未检出 | 未检出 | 未检出 |

表5 草原药花蜂蜜微生物污染情况($n=24$)

Table 5 Microorganism pollution situation of the medicinal flower honey

| 蜂蜜名称 | 菌落总数(cfu/g) | 大肠菌群(MPN/100 g) | 霉菌(cfu/g) | 致病菌 | 嗜渗酵母(cfu/g) |
|--------|-------------|-----------------|-----------|-----|-------------|
| 草原药花蜂蜜 | 32±8 | < 30 | 35±6 | 未检出 | 89±5 |

超氧阴离子自由基是基态氧接受一个电子形成的第一个氧自由基,它可以接受一个 H^+ 形成质子化的超氧阴离子自由基,可以穿透细胞膜,具有较大的危害性^[15]。由表3可知,草原药花蜂蜜对超氧阴离子自由基有抑制作用,随着蜂蜜量的增加,抑制作用增强,当蜂蜜加入量为200 μ L时,抑制率达到65%。

很多疾病和衰老与脂质过氧化有关,因此,预防机体内的脂质过氧化,对人类的健康有重要的作用。由表3可知,草原药花蜂蜜有抗脂质过氧化作用,当加入蜂蜜量为50 μ L时,对脂质过氧化的抑制率为45%左右,加入200 μ L后,抑制率达到77%左右,高于五味子蜜、山花蜜、黄芪蜜、菜花蜜等其他种类的蜂蜜^[15]。蜂蜜的抗氧化活性物质除了酚类化合物外,还有黄酮类化合物、酚类衍生物等^[19]。草原药花蜂蜜的酚酸含量为40 mg/100 g,含量较低,说明草原药花蜂蜜的抗氧化活性除了酚酸的贡献外,还与黄酮类化合物、酚类衍生物有关。草原药花蜂蜜黄酮类化合物、酚类衍生物的含量和抗氧化活性还需进一步研究。

3.4 草原药花蜂蜜的安全性

新鲜蜂蜜中羟甲基糠醛的含量很低,在酸性条件下,贮藏或热加工处理可使还原糖、蔗糖、麦芽糖等转化为羟甲基糠醛,使得羟甲基糠醛的含量升高。因此,我国和欧盟均规定蜂蜜中羟甲基糠醛不超过40 mg/kg。草原药花蜂蜜的羟甲基糠醛(HMF)为(8.53±1.44) mg/kg,远远低于国家标准。重金属Pb通过环境污染途径进入蜂蜜中,食品法典委员会规定食品中Pb含量不超过0.3 mg/kg。受自然生态环境的影响,饲养蜂蜜过程中抗菌类药物的种类和用量有增加的趋势,国家卫生标准规定蜂蜜中四环素族抗生素残留量不超过0.05 mg/kg。蜜蜂在采蜜过程中,可能从被喷洒过农药的植株上带回农药,经过生物浓集作用,蜂蜜中农药残留量比周围环境高很多。氟胺氰菊酯是防治蜂螨的拟除虫菊酯杀螨剂,如果在采蜜期大量使用容易造成蜂蜜中残留,欧盟规定蜂蜜中氟胺氰菊酯的最高残留限量为0.02 mg/kg。陈兰珍等^[20]在2002年,检测了全国主要蜂蜜

来源地中10个省、4个直辖市,共124个蜂蜜样品,氟胺氰菊酯检出率为5.6%,而草原药花蜂蜜中铅、四环素族抗生素、乐果、氟胺氰菊酯均未检出(见表4)。

蜂蜜微生物安全性指标中规定^[21],菌落总数不大于1000 cfu/g,大肠菌群不大于0.3 MPN/g,嗜渗酵母计数不大于200 cfu/g,霉菌不大于200 cfu/g,而特殊要求的致病菌(沙门氏菌、志贺氏菌和金黄色葡萄球菌)不得检出。草原药花蜂蜜的这几项指标均远远小于国家标准(见表5)。草原药花蜂蜜的蜜源无污染,蜂蜜成熟度高,水分含量低,这是药花蜂蜜有害化学物质含量低、微生物污染小的主要原因。

4 结论

草原药花蜂蜜含有多种营养成分,且含量较高。淀粉酶、蔗糖转化酶、葡萄糖氧化酶活性高,总酚酸含量接近40 mg/100 g,对超氧阴离子自由基和脂质过氧化有抑制作用,随着蜂蜜量的增加,抑制作用增强,当蜂蜜加入量为200 μ L时,其抑制率分别为65%和77%,高于五味子蜜、山花蜜、黄芪蜜、菜花蜜等其他种类的蜂蜜。铅、农药、抗生素均未检出,羟甲基糠醛、菌落总数、总大肠菌群等指标均远远小于国家卫生标准。因此,草原药花蜂蜜不仅有较高营养价值和药用价值,并且安全性高,属于优质蜂蜜。

参考文献

- [1] 刘鹏飞,李海燕.天然成熟蜂蜜生产经营现状及关键制约因素分析[J].中国蜂蜜,2014,65:51-53.
Liu PF, Li HY. Analysis on the production actuality and major limiting factors of Natural ripe honey [J]. Apicul China, 2014, 65: 51-53.
- [2] 郭世崇.川西北高原药花蜜的利用价值[J].养蜂科技,1996,1:19.
Guo SC. Utilization value of the medicinal flower honey from Sichuan northwestern plateau [J]. Apicul Sci Technol, 1996, 1: 19.
- [3] SN/T 0852-2012 进出口蜂蜜检验规程[S].
SN/T 0852-2012 Inspection procedures of import and export honey [S].
- [4] GB/T 5009.12.14-1996 食品中铅、锌的测定[S].

- GB/T 5009.12.14-1996 The determination methods of lead and zinc in food [S].
- [5] GB/T 4789.24-2003 食品卫生微生物学检验糖果、糕点、蜜饯检验[S]. GB/T 4789.24-2003 Examination methods of *Bacillus cereus* for candy, pastry and preserved fruit [S].
- [6] GB 50095-2010 食品中蛋白质的测定[S]. GB 50095-2010 Determination methods of protein in foods [S].
- [7] 王萌, 杜冰, 曹炜. 枣花蜜和荞麦蜜中葡萄糖氧化酶的活性及热稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(9): 83-86.
Wang M, Du B, Cao W. Research of activity and thermal stability of GOD in jujube and buck wheat honeys [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2015, 36(9): 83-86.
- [8] 张忠义, 陈辉, 刘振林. 蜂蜜中蔗糖转化酶测定方法探讨[J]. 食品科学, 2002, 23(11): 116-118.
Zhang ZY, Chen H, Liu ZL. Determination of optimal experimental conditions of sucrose transferase in honey [J]. *Food Sci*, 2002, 23(11): 116-118.
- [9] 任红波. 气相色谱法测定蜂蜜中氟胺菊酯的残留量[J]. 农药, 2007, 46(2): 125-126.
Ren HB. Gas Chromatographic method for determination of fluvalinate in honey [J]. *Agrochemical*, 2007, 46(2): 125-126.
- [10] 周碧青, 张金彪, 陈万灵. 蜂蜜中 8 种有机磷农药残留量的气相色谱法测定[J]. 福建分析测试, 2012, 21(6): 9-12.
Zhou BQ, Zhang JB, Chen WL. Determination of eight organophosphorus pesticide residues in honey by gas chromatography [J]. *Fujian Anal Test*, 2012, 21(6): 9-12.
- [11] 卢坤, 童群义. 高效液相色谱法同时检测蜂蜜中的 5 类抗生素残留[J]. 分析测试报, 2011, 30(11): 1320-1323.
Lu K, Tong QY. Simultaneous determination of 5 classes of antibiotics residues in honey using high performance liquid chromatography [J]. *J Instrum Anal*, 2011, 30(11): 1320-1323.
- [12] 任丹丹, 谢云峰, 刘佳佳, 等. 高效液相色谱法同时测定食品中 9 种水溶性维生素[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(03): 899-903.
Ren DD, Xie YF, Liu JJ, *et al.* Simultaneous determination of nine water-soluble vitamins in foods by high performance liquid chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(03): 899-903.
- [13] 赵成仕, 臧爱香, 夏莲, 等. 酸水解-全自动氨基酸分析仪测定蜂蜜中 17 种氨基酸[J]. 现代农业科技, 2013, 3: 325-326.
Zhao CS, Zang AX, Xia L, *et al.* Determination of 17 kinds of amino acid in honey with acid hydrolysis-automatic amino acid analyzer [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2013, 3: 325-326.
- [14] Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents [J]. *Am J Enol Viticult*, 1965, 16: 144-158.
- [15] 曹炜, 陈卫军, 宋纪蓉. 不同种类蜂蜜总酚酸含量测定和抗氧化作用的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(1): 48-51.
Cao W, Chen WJ, Song JR. The antioxidant activities and total phenolic contents of ten different types of Chinese honey-especially buck wheat honey [J]. *Food Sci*, 2005, 26(1): 48-51.
- [16] 国占宝, 赵亚周, 胡熠凡, 等. 不同因素对 3 种蜂蜜中淀粉酶活性的影响[J]. 中国蜂业, 2010, 61(12): 42-44.
Guo ZB, Zhao YZ, Hu YF, *et al.* The effects of different factors on the amylase activity of three kinds of honey [J]. *Apicul China*, 2010, 61(12): 42-44.
- [17] 胡红. 蜂蜜生物酶活性及固体蜂蜜加工工艺研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2005.
Hu H. Study on honey's enzymatic activity and solidified honey process [D]. Nanchang: Nanchang University, 2005.
- [18] 薛艳辉. 国产单花蜜的热稳定特性研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
Xue YH. Study on thermostability of Chinese unifloral honey [D]. Nanchang: Nanchang University, 2007.
- [19] 罗红霞, 罗丽, 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, Luo 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.
- [20] 陈兰珍, 赵静, 张杨, 等. 蜂蜜中氟胺菊酯残留量抽样调查[J]. 农药科学与管理, 2004, 25(2): 8-9.
Chen LZ, Zhao J, Zhang Y, *et al.* Monitoring of tau-fluvalinate residue in honey [J]. *Pest Sci Admin*, 2004, 25(2): 8-9.
- [21] 王鑫, 张晶. 蜂蜜质量评价指标及评价方法的研究概况[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(18): 178-181.
Wang X, Zhang J. Research survey of evaluating indicator and methodology for honey's quality [J]. *Food Res Dev*, 2015, 36(18): 178-181.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介

陈朝琼, 博士, 副教授, 主要研究方向为环境有害物质检测。

E-mail: 13057890@qq.com

罗晓明, 讲师, 主要研究方向为环境有害物质监测与评价。

E-mail: 894821905@qq.com