

中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜中的理化指标及 抗氧化活性分析

赵 华*, 刘 瑶, 郭迎迎

(盐城市食品药品监督管理局, 盐城 224055)

摘 要: **目的** 分析中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜的理化指标及其抗氧化活性。**方法** 以江苏中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜为研究对象, 对其理化指标和总酚酸、总黄酮含量进行测定, 采用 DPPH·和 ABTS⁺自由基清除试验测定其抗氧化活性。**结果** 中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜的理化指标均符合 GH/T 18796—2012《蜂蜜》, 中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜之间的水分、淀粉酶值、葡萄糖、果糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖、灰分均存在差异性; 中蜂枇杷蜜的总酚、总黄酮、清除 DPPH·自由基能力和 ABTS⁺自由基能力均显著优于意蜂枇杷蜜; 枇杷蜜中总黄酮与清除 ABTS⁺自由基能力均存在良好线性关系, 枇杷蜜中总酚与清除 DPPH·自由基能力和 ABTS⁺自由基能力均存在良好线性关系。**结论** 通过对中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜的理化指标及其抗氧化活性的检测, 为中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜鉴定与检测提供理论依据, 为枇杷蜜产品的开发提供理论支撑。

关键词: 枇杷蜜; 中华蜜蜂; 意大利蜜蜂; 抗氧化活性

Analysis of physicochemical characterization and antioxidant activity of loquat honey produced by apiscerana and apismelliferaligustica

ZHAO Hua*, LIU Yao, GUO Ying-Ying

(Yancheng Food and Drug Supervision and Testing Center, Yancheng 224055, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the physicochemical characterization and antioxidant activity of the loquat honey produced by apiscerana and apismelliferaligustica. **Methods** Takikng Loquat honey in Jiangsu as the research objects. it physical and chemical indicators, contents of total phenolics and total flavonoid. Their antioxidant activities were determined by DPPH·and ABTS⁺ free radical scavenging experiments. **Results** The physical and chemical indicators of loquat honey produced by apiscerana and apismelliferaligustica in Jiangsu were confromed GH/T 18796—2012 honey. There were differences in water, amylase value, glucose, fructose, sucrose, maltose, lactose and ash between loquat honey produced by apiscerana and apismelliferaligustica; the total phenolics, total flavonoids, DPPH· and ABTS⁺ free radical ability of loquat honey produced by apiscerana were significantly better than those of loquat honey produced by apismelliferaligustica. The total flavonoids and ABTS⁺ scavenging ability of loquat honey produced by apiscerana were significantly better than those of loquat honey produced by apismelliferaligustica. There was a good linear relationship between DPPH· and ABTS⁺ free radical scavenging ability. **Conclusion** Through the detection of physical and chemical indexes and antioxidant activity of loquat honey produced by apiscerana and apismelliferaligustica, which provides theoretical basis for the identification and

*通信作者: 赵华, 工程师, 主要研究方向为食品检测。E-mail: zhaohua198211@126.com

*Corresponding author: ZHAO Hua, Engineer, Yancheng Food and Drug Supervision and Testing Center, Yancheng 224055, China. E-mail: zhaohua198211@126.com

detection of honey, and provides theoretical support for the development of loquat honey products.

KEY WORDS: loquat honey; apiscerana; apismelliferaligustica; antioxidant activity

0 引言

蜂蜜是蜜蜂通过采集植物的花蜜、花粉及分泌物等,与酶类物质反应后,经转化、脱水、贮存酿造而形成的天然甜物质^[1]。蜂蜜中除含有糖类、蛋白质、矿物质,还含有丰富的总酚、总黄酮等生物活性物质,使蜂蜜具有抗氧化、抗自由基等广泛的生理活性^[2-3]。近些年来,许多学者对枇杷蜜中的抗氧化物质进行了大量研究,孙崇臻等^[4]对我国10种不同产地的枇杷蜜中的13种酚类物质进行指纹图谱研究,为枇杷蜜酚类检测提供理论依据。曹炜等^[5]对以枇杷蜜为代表的5种不同蜂蜜进行抗氧化性研究,结果表明枇杷蜜中总酚酸与还原能力及抗氧化性正相关。

江苏是我国枇杷蜜的重要主产区之一,枇杷蜜因具有润肺、止咳、化痰的功效,受到消费者的喜爱^[6-7]。我国饲养的蜜蜂主要有中华蜜蜂和意大利蜜蜂两大类,中蜂在我国已有近千年的历史,分布广泛,是我国优势的蜂种,意大利蜜蜂因其产蜜能力强,快速成为我国主要蜂种。由于2种蜂种的行为学、生物学存在一定的差异,故其酿造蜂蜜也存在一定的差异。为研究江苏中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜中的差异本研究对比分析中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜的理化指标及总酚、总黄酮含量和抗氧化活性,并对总酚、总黄酮含量和抗氧化活性进行相关性分析,探究这些特征指标与蜂蜜品质的关系,为枇杷蜜产品的开发提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 主要材料

试验所用枇杷蜜均采自江苏省,1-1#和1-2#采集自高淳,2-1#和2-2#采集溧阳。3-1#和3-2#采集自镇江,采集后于-20℃保存备用。

芦丁标准品、没食子酸标准品(色谱纯,上海纯优生物公司);福林酚(Folin-Ciocalteu)试剂(分析纯,京索莱宝科技有限公司);甲醇(色谱纯,德国费希尔公司);无水乙醇、乙酸乙酯、结晶氯化铝、过硫酸钾(分析纯,北京化工厂)。

1.2 仪器与设备

FA21002C 电子分析天平(上海精科天美科学仪器有限公司);Milli-Q Advantage A10 超纯水仪(德国默克密理博公司);RE-2000 旋转蒸发器(上海耀特仪器设备有限公司);1260II 高效液相色谱仪[安捷伦科技(中国)有限公司];UV-2355 紫外分光光度计[尤尼柯(上海)科学仪器有限公司];KQ-500DB 数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公

司);SpectraMax iD5 酶标仪[美谷分子仪器(上海)有限公司];WAYY18 阿贝折光仪(上海精密科学公司)。

1.3 检测方法

1.3.1 理化指标的测定

总酸度采用GH/T 1141—2017《蜂蜜及其制品酸度的测定电位滴定法》^[8]测定;水分、灰分、淀粉酶值、羟甲基糠醛采用GH/T 18796—2012《蜂蜜》^[9]系列方法测定;蛋白质采用GB/T 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》^[10]凯氏定氮法测定;葡萄糖、果糖、蔗糖和麦芽糖采用GB/T 18932.22—2003《蜂蜜中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖含量测定方法液相色谱示差折光检查法》^[11]测定。

1.3.2 总黄酮的测定

总黄酮:参照三氯化铝比色法^[12]进行测定,用少量超纯水超声溶解10g蜂蜜样品,用超纯水定容到10mL容量瓶中;取上述溶液7mL加入1%三氯化铝乙醇溶液1mL,再用无水乙醇定容到10mL容量瓶中,混匀,静置10min;取100μL于96孔板中,在405nm测吸光度,平行测定3次求平均值±SD值。以芦丁为标准品制作标准曲线,再计算出样品中总黄酮含量。

1.3.3 总酚酸的测定

总酚酸:采用Folin-Ciocalteu比色法^[13]进行测定,向3g蜂蜜样品中添加超纯水超声溶解,再用超纯水定容到10mL容量瓶中;取上述溶液1mL加入0.25mL福林酚溶液,再加入3mL超纯水到5mL容量瓶中,混匀,静置5min,再加20%碳酸钠溶液0.75mL,再用超纯水定容,混匀,室温避光静置30min;取100μL于96孔板中,在763nm处测吸光度,平行测定3次求平均值±SD值。以没食子酸为标准品制定标准曲线,再计算出样品中总酚酸含量。

1.3.4 DPPH·自由基清除能力测定

参照蔡雨娇等^[14]的方法,将100μL不同浓度的蜂蜜水溶液中加入100μL 0.08mg/mL DPPH·乙醇溶液(现用现配),混合均匀,25℃下避光反应30min,于517nm波长处测定吸光度,记为A₁。同时以100μL DPPH·溶液与100μL乙醇溶液混合后的吸光度作为样品空白对照,记为A₂,以100μL乙醇与100μL蜂蜜水溶液混合后的吸光度记为溶剂空白对照,记为A₀,平行测定3次。以试样质量浓度和清除率计算其半抑制浓度(IC₅₀值)。DPPH·清除率/%=[1-(A₁-A₀)/A₂]×100。

1.3.5 ABTS⁺自由基清除能力测定

ABTS⁺自由基清除能力参照蔡雨娇等^[14]的方法,不同浓度的蜂蜜水溶液按体积比1:4分别加入ABTS⁺工作液,

混合均匀后静置 6 min, 于 734 nm 波长处测定吸光度, 记为 A_1 ; 同时以 ABTS⁺ 工作液与无水乙醇溶液按体积比 4:1 混合后的吸光度作为样品空白对照, 记为 A_2 ; 以无水乙醇与蜂蜜样品水溶液按 4:1 混合后的吸光度作为试剂空白对照, 记为 A_0 , 平行测定 3 次。以试样质量浓度和清除率计算其半抑制浓度 (IC_{50} 值)。ABTS⁺ 清除率 $\% = [1 - (A_1 - A_0) / A_2] \times 100$ 。

1.4 数据处理

所有样品均测定 3 个平行试验, 数据以平均值±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用 SPSS 23.0 统计软件对数据进行分析, 多组间比较用单因素方差分析, 两组间均数比较采用 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 为差异性不显著。

2 结果与分析

2.1 理化指标分析

由表 1 可知, 根据 GH/T 18796—2012 《中华人民共和国供销合作行业标准-蜂蜜》规定蜂蜜的酸度值不得大于 40 mmol/kg, 各组中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜的酸度值在 32.59~36.33 mmol/kg, 满足行业准备要求。同一地区的中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜之间差距不显著, 蜂蜜中酸度值与地域关系紧密, 证实了和地理位置与蜜源植物直接相关^[15], 且与地理环境、采样过程和贮藏条件相关^[16]。从行标中可知, 水分含量是蜂蜜是否优质重要的衡量指标, 也是判断蜂蜜是否自然成熟的衡量指标^[17]。水分含量不高于 24% 的

蜂蜜为合格蜜, 含量不高于 20% 的蜂蜜为优质蜜, 各组中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜水分含量均不高于 24%, 属于合格蜜, 其中 1-1#、1-2#、1-3#、2-1#、2-2# 枇杷蜜为优质蜜, 研究还发现同一地区意蜂枇杷蜜均显著高于中蜂枇杷蜜水分含量 ($P < 0.05$), 说明中蜂枇杷蜜比意蜂枇杷蜜在水分含量指标上更为优质。甲基糠醛的测定反映了样品的新鲜度^[14], 行标中对羟甲基糠醛不应超过 40 mg/kg, 6 个枇杷蜜样品的羟甲基糠醛值均低于 40 mg/kg, 符合行业标准, 中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜无显著差异。淀粉酶可以作为评价是否掺假的一个重要指标^[18], 行标中规定淀粉酶 ≥ 4 [mL/(g·h)], 所有样品均高于行业标准, 且同一地点采样的意蜂枇杷蜜均显著高于中蜂枇杷蜜 ($P < 0.05$), 说明样品未经过加工热处理, 意蜂枇杷蜜比中蜂枇杷蜜更成熟^[19], 可能由于中蜂枇杷蜜比意蜂枇杷蜜成熟时间更长。蜂蜜中的蛋白质主要来源于花粉和死蜂, 样品未检出蛋白质, 说明样品杂质较少。行标中规定灰分 $\leq 0.4\%$, 所有样品均符合标准, 灰分中蜂枇杷蜜均显著高于意蜂枇杷蜜, 可能与中蜂采集花粉能力更强有关^[20]。蜂蜜中最重要的成分就是糖类, 行标中规定葡萄糖和果糖总含量超过 60%, 所有样品均符合规定, 中蜂枇杷蜜的葡萄糖和果糖均显著高于意蜂枇杷蜜 ($P < 0.05$), 而且中蜂枇杷蜜均未检测出蔗糖, 而意蜂蜜中 1-2#、3-2# 检测出蔗糖, 可能是在蜜源不足情况下, 蜂农对意蜂蜜有饲喂白糖的习惯。意蜂枇杷蜜中均含有麦芽糖, 而中蜂枇杷蜜只有 1-1# 含有, 而中蜂枇杷蜜中有 2 个样品含有乳糖, 而意蜂枇杷蜜中均未含有乳糖成分。

表 1 中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜理化指标

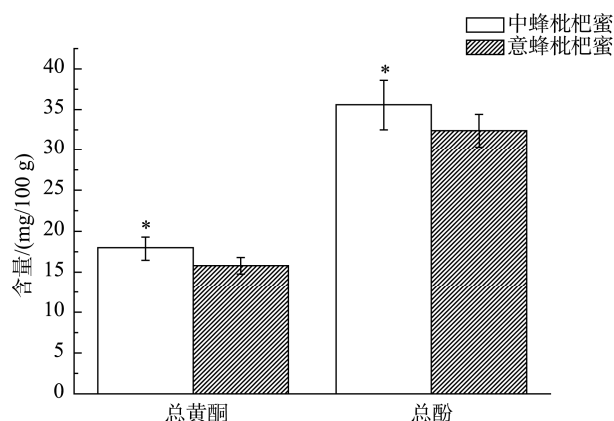
Table 1 Physicochemical indexes of loquat honey produced by *apis cerana* and *apis mellifera ligustica*

理化指标	中蜂枇杷蜜			意蜂枇杷蜜			GH/T 18796—2012	
	1-1#	2-1#	3-1#	1-2#	2-2#	3-2#	优质	合格
酸度/(mmol/kg)	32.64±0.21 ^a	34.21±0.34 ^b	36.21±0.14 ^c	32.59±0.20 ^a	34.25±0.26 ^b	36.33±0.34 ^c	≤ 40	
水分/%	18.73±0.13 ^c	16.63±0.20 ^a	19.51±0.14 ^d	19.32±0.12 ^d	17.54±0.31 ^b	21.32±0.21 ^c	≤ 20	≤ 24
羟甲基糠醛/(mg/kg)	10.54±0.17 ^b	3.23±0.11 ^a	-	-	13.43±0.35 ^c	-	≤ 40	
淀粉酶值/[mL/(g·h)]	17.91±0.27 ^e	10.32±0.23 ^a	13.45±0.47 ^c	18.01±0.21 ^c	12.54±0.37 ^b	16.87±0.35 ^d	≥ 4	
蛋白质/(g/100 g)	-	-	-	-	-	-	-	
灰分/%	0.14 ^c	0.27 ^c	0.18 ^d	0.05 ^a	0.04 ^a	0.09 ^b	≤ 0.4	
总糖/%	68.93±0.15 ^e	76.11±0.43 ^c	64.55±0.81 ^a	67.83±0.44 ^b	74.88±0.26 ^d	64.47±0.20 ^a	≥ 60	
葡萄糖/%	32.42±0.31 ^c	36.51±0.22 ^c	30.25±0.26 ^b	30.26±0.53 ^b	35.38±0.32 ^d	29.23±0.42 ^a	-	
果糖/%	35.17±0.24 ^d	38.53±0.32 ^c	32.66±0.32 ^b	33.10±0.32 ^c	38.21±0.32 ^c	31.52±0.32 ^a	-	
蔗糖/%	-	-	-	2.67±0.12 ^b	-	0.91±0.03 ^a	≤ 5	
麦芽糖/%	1.13±0.01 ^a	-	-	1.81±0.01 ^b	1.12±0.01 ^a	2.65±0.02 ^c	-	
乳糖/%	-	1.2±0.01 ^a	1.6±0.01 ^b	-	-	-	-	

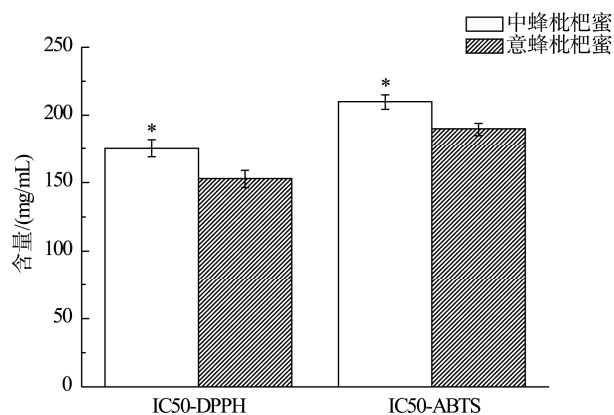
注: 数据表示为平均数±标准差; -表示未检出, 同行右肩字母不同表示差异显著性 ($P < 0.05$)。

2.2 体外抗氧化活性检测

多酚类和黄酮类对自由基都有很强的清除作用, 可以通过转移氢原子或电子并形成苯氧自由基阳离子来阻断自由基导致的链式反应, 从而起到抗氧化的作用, 研究还发现多酚类和黄酮类化合物与蜜源植物和蜜蜂种类有关^[14,21], 由图 1 可知, 在蜜源植物相同的前提下, 蜂蜜在总黄酮和总酚上均显著优于意蜂蜜, 这可能是由于中蜂枇杷蜜采集花粉浓度更强, 总酚与总黄酮的含量就更高, 而且中蜂枇杷蜜酿蜜更久, 导致总黄酮和总酚结构也会不同。DPPH·自由基和 ABTS⁺自由基清除能力是 2 种评价蜂蜜体外抗氧化水平的重要方法。由图 2 可知, 中蜂枇杷蜜在清除 DPPH·自由基能力和清除 ABTS⁺自由基能力上均显著优于意蜂枇杷蜜, 也就是中蜂枇杷蜜比意蜂枇杷蜜的抗氧化能力更强。



注: *代表 $P < 0.05$, **代表 $P < 0.01$ 。
图 1 中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜的总酚酸、总黄酮含量($n=3$)
Fig.1 Total phenolic acids and total flavonoid of loquat honey produced by *apis cerana* and *apis mellifera ligustica* ($n=3$)



注: *代表 $P < 0.05$, **代表 $P < 0.01$ 。
图 2 中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜的抗氧化活性($n=3$)
Fig.2 Antioxidant activity of loquat honey produced by *apis cerana* and *apis mellifera ligustica* ($n=3$)

2.3 蜂蜜抗氧化物质及清除自由基能力之间的相关性分析

由表 2 可知, 蜂蜜的总黄酮含量与 ABTS⁺自由基清除能力具有显著正相关性($r=0.841$), 说明总黄酮含量越高, 抑制 ABTS⁺自由基能力就越强。蜂蜜的总酚酸含量与清除 DPPH·和 ABTS⁺自由基清除能力均具有显著正相关($r=0.996$, $r=0.989$), 说明总酚酸含量越高, 蜂蜜清除 DPPH·和 ABTS⁺自由基清除能力就越强。此外, DPPH·与 ABTS⁺自由基清除能力呈显著的正相关($r=0.972$)。

表 2 蜂蜜抗氧化物质与抗氧化活性相关性
Table 2 Correlations of antioxidant substance and antioxidant activities of honey

项目	总黄酮	总酚	清除 DPPH·自由基能力	清除 ABTS ⁺ 自由基能力
总黄酮	1.000	0.753	0.691	0.841*
总酚		1.000	0.996**	0.989*
清除 DPPH·自由基能力			1.000	0.972*
清除 ABTS ⁺ 自由基能力				1.000

注: *代表 $P < 0.05$, **代表 $P < 0.01$ 。

3 结论

江苏是全国重要的枇杷主产区之一, 本研究通过对该地区中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜进行理化性质和体外抗氧化研究。结果表明, 同一地区的中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜之间的水分、淀粉酶值、葡萄糖、果糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖、灰分均存在差异性; 中蜂枇杷蜜的总酚、总黄酮、清除 DPPH·自由基能力和 ABTS⁺自由基能力均显著优于意蜂枇杷蜜; 枇杷蜜中总黄酮与清除 ABTS⁺自由基能力均存在良好线性关系, 枇杷蜜中总酚与清除 DPPH·和 ABTS⁺自由基能力均存在良好线性关系, DPPH·与 ABTS⁺自由基清除能力呈显著的正相关。通过对中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜的理化指标及其抗氧化活性的检测, 为中蜂枇杷蜜与意蜂枇杷蜜鉴定与检测提供理论依据, 但江苏中蜂枇杷蜜和意蜂枇杷蜜的其他指标及成分还需进一步研究, 为江苏枇杷蜜开发提供理论支撑。

参考文献

[1] 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.
[2] 冉曜琦, 孙丽萍, 曾海英, 等. 贵州蓝莓蜜的成分分析及其抗氧化活性[J]. 现代食品科技, 2020, 36(5): 81-87, 287.

- RAN YQ, SUN LP, ZENG HY, *et al.* Composition analysis and antioxidant activity of blueberry honey from Guizhou [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2020, 36(5): 81–87, 287.
- [3] 梁馨文, 李强强, 高景林, 等. 海南无刺蜂蜂蜜中多酚类物质成分分析及抗氧化、抗炎活性评价[J]. *食品科学*, 2018, 39(8): 141–148.
LIANG XW, LI QQ, GAO JL, *et al.* Polyphenic constituents and antioxidant and anti-inflammatory activities of stingless bee honey from Hainan [J]. *Food Sci*, 2018, 39(8): 141–148.
- [4] 孙崇臻, 吴希阳, 黄才欢. 枇杷蜜中脱落酸、多酚的测定及其指纹图谱的研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2012, 24(12): 1797–1803.
SUN CZ, WU XY, HUANG CH. Fingerprint of phenolic compounds and abscisic acid of loquat honey [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2012, 24(12): 1797–1803.
- [5] 曹伟, 卢珂, 陈卫军, 等. 不同种类蜂蜜抗氧化活性的研究[J]. *食品科学*, 2005, (8): 352–356.
CAO W, LU K, CHEN WJ, *et al.* Study on antioxidation effects of different honeys [J]. *Food Sci*, 2005, (8): 352–356.
- [6] 何苏琴, 王笑笑, 徐宇昌. 紫外-可见分光光度法测定枇杷蜜中总黄酮含量不确定度评定[J]. *医药导报*, 2018, 37(2): 223–226.
HE SQ, WANG XX, XU YC. Evaluation of measurement uncertainty for the determination of flavonoids in loquat honey by UV spectrophotometry [J]. *Herald Med*, 2018, 37(2): 223–226.
- [7] SONG YQ, MILNE RI, ZHOU HX, *et al.* Floral nectar chitinase is a potential marker for monofloral honey botanical origin authentication: A case study from loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) [J]. *Food Chem*, 2019, 282: 76–83.
- [8] GH/T 1141—2017 蜂蜜及其制品酸度的测定电位滴定法[S].
GH/T 1141—2017 Determination of acidity in honey and honey products—Potentiometric titration [S].
- [9] GH/T 18796—2012 中华人民共和国供销合作行业标准蜂蜜[S].
GH/T 18796—2012 Industry standard of supply and marketing cooperation of the people's republic of China—Honey [S].
- [10] GB/T 18932. 22—2003 蜂蜜中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖含量的测定方法液相色谱示差折光检测法[S].
GB/T 18932. 22—2003 Method for the determination of fructose, glucose, sucrose, maltose contents in honey—Liquid chromatography refractive index detection method [S].
- [11] GB 5009. 5—2016 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009. 5—2016 National food safety standard—Determination of protein in foods [S].
- [12] 罗仕琼. 蜂蜜的体外抗氧化研究[D]. 广州: 暨南大学, 2017.
LUO SQ. Study on antioxidant activity of honey *in vitro* [D]. Guangzhou: Jinan University, 2017.
- [13] CHEN LY, CHENG CW, LIANG JY. Effect of Esterification condensation on the Folin-ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols [J]. *Food Chem*, 2015, 170(12): 10–15.
- [14] 蔡雨娇, 孙丽萍, 张雪琦. 神农架林区中蜂蜜理化指标及抗氧化活性分析[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(14): 183–187.
CAI YQ, SUN LP, ZHANG XQ. Analysis of physicochemical characterization and antioxidant activity of honey produced by apiscerana in shennongjia forestry district [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(14): 183–187.
- [15] NANDA V, SINGH B, KUKREJA VK, *et al.* Characterisation of honey produced from different fruit plants of northern India [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2009, 44(12): 2629–2636
- [16] BOGDANOV S. Nutritional and functional properties of honey [J]. *Voprosy Pitaniia*, 2010, 79(6): 4–13.
- [17] YING S. Exploration of the Ili mature and immature honey honey water and sugar ingredients [J]. *Apiculture China*, 2014, 65(Z2): 62–63.
- [18] JUNSHENG LI, REN HE, QUANSHEN J, *et al.* The amylase activity of honey was used as new target for detecting honey adulteration [J]. *Food Sci*, 2004, 56(4): 445–448.
- [19] 余林生, 贺锋, 葛倩, 等. 温度对蜂蜜淀粉酶值和羟甲基糠醛相关指标的影响[J]. *中国蜂业*, 2009, 60(9): 41–43.
YU LS, HE F, GE Q, *et al.* Effect of temperature on amylase value and HMF of honey [J]. *Apiculture China*, 2009, 60(9): 41–43.
- [20] 张政, 刘宇佳, 陈超, 等. 云南中蜂与意蜂石榴蜜理化性质及体外抗氧化差异性研究[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(10): 132–135, 140.
ZHANG Z, LIU YJ, CHEN C, *et al.* Comparatively study on physicochemical characteristics and antioxidant properties of punicagranatum honey produced by apiscerana and amellifera ligustica in Yunnan [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(10): 132–135, 140.
- [21] PATTAMAYUTANON P, ANGELI S, THAKEOW P, *et al.* Volatile organic compounds of thai honeys produced from several floral sources by different honey bee species [J]. *PLoS One*, 2017, 12(2): e0172099.

(责任编辑: 王欣)

作者简介

赵华, 工程师, 主要研究方向为食品检测。

E-mail: zhaohua198211@126.com