

椴树蜜纯度鉴定及其抗氧化活性研究

张孟历¹, 张宏武², 贾红梅², 于猛², 王宝龙³, 邹忠梅^{2*}

(1. 天津中医药大学, 天津 301617; 2. 中国医学科学院药用植物研究所, 北京 100193;
3. 中国质量万里行促进会生态蜂业专业委员会, 北京 100031)

摘要: 测定东北地区收集的 16 批椴树蜜中椴树花粉占总花粉比例; 并采用福林酚法测定各批次椴树蜜中的总酚含量; 采用 DPPH 自由基清除法、ABTS⁺ 自由基清除法与铁离子还原能力 (ferric reducing antioxidant power, FRAP) 法测定各批次椴树蜜的总抗氧化能力。结果表明: 16 批椴树蜜中椴树花粉占总花粉含量分别在 7.14%~76.73% 之间, 椴树花粉含量可用于椴树蜜纯度鉴定, 其中 7 个批次的椴树蜜判定为椴树单花蜜, 9 个批次椴树蜜为椴树杂花蜜; 椴树单花蜜的总酚含量以没食子酸计在 174.64 $\mu\text{g/g}$ ~222.82 $\mu\text{g/g}$, 杂花蜜为 223.73 $\mu\text{g/g}$ ~329.18 $\mu\text{g/g}$; DPPH 法测得椴树单花蜜的 IC_{50} 值为 (46.61 $\pm$ 10.91) g/L ~ (107.76 $\pm$ 34.17) g/L, 杂花蜜 IC_{50} 值为 (24.72 $\pm$ 6.89) g/L ~ (76.75 $\pm$ 8.09) g/L; 测得椴树单花蜜 ABTS⁺ 自由基清除能力以 Trolox 计为 (0.14 $\pm$ 0.07) mmol/kg ~ (0.43 $\pm$ 0.10) mmol/kg, 椴树杂花蜜 ABTS⁺ 自由基清除能力为 (0.25 $\pm$ 0.01) mmol/kg ~ (0.56 $\pm$ 0.04) mmol/kg; 测得椴树单花蜜铁离子还原能力以 FeSO_4 计为 (1.96 $\pm$ 0.08) mmol/kg ~ (2.82 $\pm$ 0.08) mmol/kg, 椴树杂花蜜铁离子还原能力以 FeSO_4 计为 (2.08 $\pm$ 0.07) mmol/kg ~ (3.81 $\pm$ 0.11) mmol/kg。结果显示, 椴树蜜有一定的抗氧化活性, 抗氧化活性与总酚含量呈正相关, 但与椴树蜜纯度相关性不强。

关键词: 蜂蜜; 椴树蜜; 单花蜜; 抗氧化活性; 总酚含量

Purity Identification of Linden Honeys and Their Antioxidant Activity

ZHANG Meng-li¹, ZHANG Hong-wu², JIA Hong-mei², YU Meng², WANG Bao-long³, ZOU Zhong-mei^{2*}

(1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China; 2. The Institute of Medicinal Plant Development, Beijing 100193, China; 3. China Association for Quality Promotion Ecological Apiculture Committee, Beijing 100031, China)

Abstract: The linden pollen to total pollen ratio in 16 batches of linden honey collected in Northeast China was determined. The total phenolic content in each batch of linden honey was determined by Folin-Ciocalteu method. The total antioxidant capacity of each batch of linden honey was determined by DPPH method, ABTS⁺ method and FRAP method. The results showed that the content of linden pollen in linden honey ranged from 7.14% to 76.73%, which could be used for purity identification of linden honey. Among them, 7 batches of linden honey could be judged as linden monofloral honey, and 9 batches were linden polyfloral honey. The total phenolic content of linden monofloral honey was between 174.64 $\mu\text{g/g}$ to 222.82 $\mu\text{g/g}$ in gallic acid, and linden polyfloral honey was between 223.73 $\mu\text{g/g}$ to 329.18 $\mu\text{g/g}$ in gallic acid. The IC_{50} value of linden monofloral honey was between (46.61 $\pm$ 10.91) g/L to (107.76 $\pm$ 34.17) g/L, and the IC_{50} value of linden polyfloral honey was between (24.72 $\pm$ 6.89) g/L to (76.75 $\pm$ 8.09) g/L. The ABTS⁺ free radical clearance ability of linden monofloral honey was between (0.14 $\pm$ 0.07) mmol/kg to (0.43 $\pm$ 0.10) mmol/kg in Trolox, the ABTS⁺ free radical clearance ability of linden polyfloral honey was between (0.25 $\pm$ 0.01) mmol/kg to (0.56 $\pm$ 0.04) mmol/kg in Trolox. The ferric ion reduction ability of linden monofloral honey was between (1.96 $\pm$ 0.08) mmol/kg to (2.82 $\pm$ 0.08) mmol/kg in FeSO_4 , and the ferric ion reducing ability of linden polyfloral honey was between 2.08 $\pm$ 0.07 to 3.81 $\pm$ 0.11 mmol/kg in FeSO_4 . The results showed that all batches of linden honeys showed antioxidant activity, and their antioxidant activity strongly correlated with the total phenol content, but not with the purity.

作者简介: 张孟历 (1995—), 女 (汉), 硕士在读, 研究方向: 中药分析及质量控制研究。

* 通信作者: 邹忠梅 (1964—), 女 (汉), 研究员, 博士生导师, 研究方向: 天然产物化学及药效物质基础研究。

Key words: honey; linden honey; monofloral honey; antioxidant activity; total phenolic content

引文格式:

张孟历, 张宏武, 贾红梅, 等. 椴树蜜纯度鉴定及其抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1):55-59.

ZHANG Mengli, ZHANG Hongwu, JIA Hongmei, et al. Purity Identification of Linden Honeys and their Antioxidant Activity [J]. Food Research and Development, 2021, 42(1):55-59.

蜂蜜是由蜜蜂科昆虫意大利蜜蜂 (*Apis mellifera* Ligustica.)及中华蜜蜂(*Apis cerana cerana* Fabricius)吸收植物花粉,与自身分泌物结合后,在蜂巢中存放酿造而形成的天然甜物质^[1-2],是公认的具有多种生物活性的天然食品。蜂蜜作为药用历史悠久,始载于《神农本草经》,称蜂蜜为药中之上品,其中记载“蜂蜜味甘、平,无毒,主心腹邪气,诸惊痫瘕,安五脏诸不足,益气补中,止痛解毒,除百病和百药。久服强志轻身,不饥不老,延年”^[3-5]。

蜂蜜的品种常常由养蜂人根据蜂巢位置及其附近可用的花源进行主观判定,但对蜂蜜品种纯度关注不多^[6-9]。蜂蜜的纯度直接影响蜂蜜的外观、口感及生物活性。应用现代分析技术如高效液相、核磁共振等可建立鉴别蜜源植物的方法,但花粉种类作为蜜源植物的判断依据^[10-12]仍然是最直观的指标。蜜蜂采集花蜜的同时,也会采集到蜜源植物的花粉,而每一种植物花粉都有自己特有的形态特征,因此根据蜂蜜中的花粉种类和数量可以鉴定蜂蜜的种类和质量。通常认为“某种花的花粉率大于50%定义为该蜜源植物的单花蜜,小于50%则为杂花蜜或百花蜜”^[13]。

椴树蜜是蜜蜂采集椴树属植物椴树[紫椴(*Tilia amurensis* Rupr.)、糠椴(*Tilia mandshurica* Rupr. et Maxim)等]花蜜酿造而成的蜜,主产于完达山脉、大兴安岭、小兴安岭、长白山脉及俄罗斯远东地区,作为我国东北地区的特色蜜种,产量大且营养价值高。纯正椴树蜜色白偏黄,口感细腻,具有治疗便秘、失眠、高血压、支气管炎等多种疾病的作用,也是肝脏疾病和神经衰弱症的良好辅助剂^[14]。目前,对椴树蜜的研究不多,主要集中在成分与活性相关报道,有报道显示,椴树蜜中含有黄酮等酚类成分,并显示其有一定抗氧化活性^[15-17]。但酚性成分含量、抗氧化活性是否与椴树蜜纯度具有相关性尚未见研究报道。因此,本文首先测定了来自东北地区且蜂农认定的椴树蜜中椴树花粉含量,鉴定椴树蜜的纯度,区分椴树单花蜜与椴树杂花蜜;通过福林酚法测定了椴树单花蜜与椴树杂花蜜总酚含量;并测定了椴树单花蜜与椴树杂花蜜的抗氧化活

性,为椴树蜜质量评价及生物活性研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

椴树蜜,2018年从我国东北地区8位蜂农处收集,共16批,详细资料见表1。

表1 椴树蜜样品来源信息表

Table 1 Source information of linden honey

编号	样品批号	产地
1	2018102501	吉林省吉林市丰满区
2	2018121001	吉林省吉林市丰满区
3	2018102502	黑龙江哈尔滨市阿城区
4	2018121002	黑龙江哈尔滨市阿城区
5	2018102503	黑龙江哈尔滨市宾县
6	2018121003	黑龙江哈尔滨市宾县
7	2018102504	黑龙江省佳木斯市桦南县
8	2018121004	黑龙江省佳木斯市桦南县
9	2018102505	黑龙江省伊春市
10	2018121005	黑龙江省伊春市
11	2018102506	黑龙江省伊春市
12	2018121006	黑龙江省伊春市
13	2018102507	吉林省吉林市丰满区
14	2018121007	吉林省吉林市丰满区
15	2018102508	吉林省长白山市池西区
16	2018121008	吉林省长白山市池西区

1,1-苯基-2-苦肟基自由基(DPPH)、总抗氧化能力检测试剂盒(2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸自由基清除法,ABTS法):Sigma公司;蒸馏水:屈臣氏;色谱甲醇(批号L-14834):美国Fisher公司;甘油明胶(规格10 mL,批号20180925):Solarbio公司;没食子酸(批号030002710001,纯度≥98%):南京泽朗生物科技有限公司;无水碳酸钠(批号20180118):北京市通广精细化工公司;福林酚试剂(批号SL28211620):Coolaber公司;总抗氧化能力检测试剂盒(铁离子还原能力法,FRAP法):碧云天生物技术公司。

1.2 仪器与设备

MSA125P-100-DU 电子分析天平:德国SARTORIUS公司;KQ-500E 超声振荡仪:昆山市超声仪器有限公司;Axio Observer D1 显微镜:德国ZEISS公司;

SUNRISE 型酶标光度计:美国 Tecan 公司;UV-3100 紫外-可见分光光度计:上海 MAPADA 公司。

1.3 方法

1.3.1 椴树蜜花粉含量的测定

椴树蜜花粉含量的测定参考张金振等^[18]文献里的方法稍作改变。提取方法:将蜂蜜样品混匀后称取 2 g 椴树蜜,加水 4 mL,混匀。2 000 r/min 离心 10 min,弃去上清液,再加 4 mL 水,2 000 r/min 离心 10 min。小心倾出上清液后,沉淀加 200 μ L 水混匀备用,待制片用。制片:在 40 $^{\circ}$ C 的水浴中液化甘油明胶,同时将载玻片和盖玻片放置于 40 $^{\circ}$ C 加热板上预热,分别吸取 100 μ L 悬浊液于两块预热的载玻片上,将载玻片于 40 $^{\circ}$ C 加热板上加热,直到载玻片的沉淀物完全干燥;于预热的盖玻片上滴一滴甘油明胶,使其在盖玻片对角形成一个大的十字,将盖玻片缓慢地盖在沉淀物上,以防止形成气泡。盖好盖玻片后稍稍加热,以保证甘油明胶均匀地分布并使花粉充分膨胀,在甘油明胶冷却凝固后进行显微镜观察分析。

1.3.2 椴树蜜总酚含量的测定

采用福林酚法测定椴树蜜中的总酚含量^[19-20]。准确吸取没食子酸标准品贮备液(1.0 g/L) 0、80、160、240、320、400、480、560 μ L 分别置于 2 mL 容量瓶中,用甲醇定容,混匀后待测。取各浓度没食子酸上清液 0.5 mL 与 2.5 mL 0.2 mol/L 福林酚溶液混合,5 min 后加入 100 g/L 的碳酸钠溶液 2 mL,加水定容至 10 mL,反应 2 h 后(避光),以蒸馏水为空白对照,在 760 nm 下测定吸光度值。以没食子酸的量(μ g)为横坐标,吸光度值为纵坐标绘制标准曲线。取样品上清液 0.5 mL 与 2.5 mL 的 0.2 mol/L 福林酚溶液混合,5 min 后加入 100 g/L 的碳酸钠溶液 2 mL,用 10 mL 容量瓶定容,反应 2 h 后(避光),在 760 nm 条件下测定吸光度值。

1.3.3 椴树蜜 DPPH 自由基清除能力的测定

分别取 100 μ L 的 10、25、40、55、70 g/L 的蜂蜜样品水溶液各加 100 μ L 的 0.05 g/L DPPH 甲醇溶液(避光,现用现配)于 96 孔板中,室温(25 $^{\circ}$ C)避光反应 30 min,在 517 nm 下测定吸光度记为 A_2 ;100 μ L DPPH 甲醇溶液+100 μ L 蒸馏水与 100 μ L 甲醇溶液+100 μ L 蜂蜜样品水溶液在上述条件下测得的吸光度值分别记为 A_1 、 A_3 。计算各样品对 DPPH 自由基的清除率。根据椴树蜜溶液浓度及清除率,通过 GraphPad Prism 5 软件,计算出 IC_{50} 值。

DPPH 自由基清除率/%=[1-(A_2-A_3)/ A_1] $\times$ 100

1.3.4 椴树蜜 ABTS $^{+}$ 自由基清除能力的测定(ABTS 法)

按照试剂盒内说明书提供的方法测定椴树蜜总

抗氧化能力。按说明书方法配制各工作液,在 96 孔板中每孔依次加入:10 μ L 各浓度 Trolox 标准液(0、0.015、0.045、0.105、0.21、0.42 mmol/L)或样品溶液+20 μ L 肌红蛋白工作液+150 μ L ABTS 工作液,5 min 后各孔加入 100 μ L 反应停止液,于 405 nm 测定吸光度。

1.3.5 椴树蜜铁离子还原能力的测定 [(ferric reducing antioxidant power, FRAP)]

按照试剂盒内说明书提供的方法测定椴树蜜总抗氧化能力。按说明书方法配制各工作液,在 96 孔板中每孔加入:180 μ L FRAP 工作液+5 μ L 蒸馏水或各浓度 $FeSO_4$ 标准液(0.15、0.3、0.6、0.9、1.2、1.5 mmol/L)或样品溶液。37 $^{\circ}$ C 孵育 5 min 后于 593 nm 测定吸光度。

1.3.6 数据处理

有数据经 excle 和 Graphpad Prism 5 软件进行数据统计和图表制作,试验结果以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 椴树蜜纯度测定

显微镜下观察花粉形态,椴树花粉特征明显,见图 1。

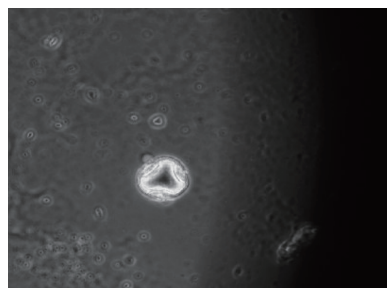


图 1 椴树花粉显微镜下形态($\times$ 400)

Fig.1 The morphology for linden pollen under the microscope($\times$ 400)

从图 1 中可以看出椴树花粉外观呈圆形至椭圆状态,圆内可见一类三角形图案,特征明显,与文献[18]报道一致。而其余花粉或呈圆形,内部布满小点,或外观呈三角形,与椴树蜜花粉区别明显。通过对 16 批椴树蜜分别进行观测,结果见表 2。

由表 2 可知,发现所有样品中均能观察到椴树花粉的存在,说明均为椴树蜜。但所含椴树花粉占总花粉的量不同,从 7.14%~76.73% 不等,表明其所含椴树蜜的纯度差异较大。依据文献[13],其中 7 批次的椴树蜜中椴树花粉率大于 50%,可判定为椴树单花蜜,其他批次椴树花粉率小于 50%,判定为椴树杂花蜜。

2.2 椴树蜜总酚含量

根据试验结果以没食子酸量为横坐标,吸光度值

表2 各批次椴树蜜花粉含量测定结果(n=3)

Table 2 Determination of pollen content of each batch of Linden honey (n=3)

编号	样品批号	椴树花粉比率/%	单花蜜
1	2018102501	34.13	否
2	2018121001	41.02	否
3	2018102502	57.72	是
4	2018121002	73.59	是
5	2018102503	40.40	否
6	2018121003	42.73	否
7	2018102504	42.86	否
8	2018121004	45.28	否
9	2018102505	55.03	是
10	2018121005	76.73	是
11	2018102506	7.14	否
12	2018121006	17.36	否
13	2018102507	51.46	是
14	2018121007	66.83	是
15	2018102508	36.99	否
16	2018121008	56.17	是

为纵坐标绘制的标准曲线方程为 $y=0.011x+0.0239$ ($R^2=0.999$)(图2)。

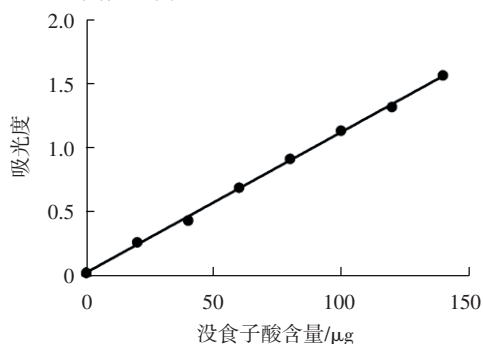


图2 没食子酸标准曲线图

Fig.2 The standard curve for gallic acid

椴树蜜总酚含量以相对没食子酸的量表示,详细结果见表3。表3结果显示椴树蜜总酚含量以没食子酸计在 $174.64\ \mu\text{g/g}$ ~ $329.18\ \mu\text{g/g}$,总酚含量最高的为2号椴树蜜,为 $329.18\ \mu\text{g/g}$,其次为8号椴树蜜,总酚含量最低为4号椴树蜜,为 $174.64\ \mu\text{g/g}$,其中椴树单花蜜总酚含量为 $174.64\ \mu\text{g/g}$ ~ $222.82\ \mu\text{g/g}$,椴树杂花蜜总酚含量为 $223.73\ \mu\text{g/g}$ ~ $392.18\ \mu\text{g/g}$ 。椴树杂花蜜总酚含量稍低于单花蜜,但不具有显著差异。

2.3 椴树蜜对 DPPH 自由基的清除作用

16批椴树蜜对 DPPH 自由基均有不同程度的清除作用,且清除率随样品浓度的增加而增强。由表3可知,各批次椴树蜜 DPPH 自由基清除率 IC_{50} 值在 $(24.72\pm6.89)\text{g/L}$ ~ $(107.76\pm34.17)\text{g/L}$ 之间,其中椴树单花蜜 IC_{50} 值为 $(46.61\pm10.91)\text{g/L}$ ~ $(107.76\pm34.17)\text{g/L}$,椴树杂花蜜 IC_{50} 值为 $(24.72\pm6.89)\text{g/L}$ ~ $(76.75\pm8.09)\text{g/L}$,

表3 各批次椴树蜜抗氧化能力及总酚含量测定结果

Table 3 Determination of antioxidant capacity and total phenolic content of all selected samples of Linden honey

编号	DPPH 自由基清除力 $\text{IC}_{50}/(\text{g/L})$	ABTS*自由基清除力/ (mmol/kg)	铁离子还原能力/ (mmol/kg)	总酚含量/ $(\mu\text{g/g})$
1	24.72 ± 6.89	0.56 ± 0.04	3.12 ± 0.00	291.91
2	39.46 ± 1.99	0.47 ± 0.17	3.81 ± 0.11	329.18
3	86.13 ± 6.91	0.15 ± 0.02	1.96 ± 0.08	186.45
4	105.10 ± 34.50	0.22 ± 0.04	2.26 ± 0.01	174.64
5	59.37 ± 23.99	0.40 ± 0.02	3.10 ± 0.08	261.00
6	76.75 ± 8.09	0.43 ± 0.06	3.48 ± 0.14	281.91
7	34.62 ± 12.15	0.53 ± 0.01	3.49 ± 0.00	291.00
8	57.76 ± 6.62	0.25 ± 0.01	2.99 ± 0.36	298.27
9	86.46 ± 41.74	0.14 ± 0.07	2.82 ± 0.08	195.55
10	93.04 ± 31.67	0.27 ± 0.03	1.97 ± 0.02	183.73
11	37.09 ± 19.64	0.29 ± 0.05	2.54 ± 0.03	223.73
12	63.72 ± 11.78	0.31 ± 0.10	2.08 ± 0.07	241.91
13	46.61 ± 10.91	0.26 ± 0.02	2.78 ± 0.10	215.55
14	96.89 ± 32.76	0.22 ± 0.01	2.19 ± 0.05	207.36
15	66.65 ± 38.11	0.27 ± 0.22	2.42 ± 0.21	271.00
16	107.76 ± 34.17	0.43 ± 0.10	2.29 ± 0.09	222.82

没有显著区别。与文献[17]报道的椴树蜜 DPPH 清除率 IC_{50} 值 35.35 mg/mL ~ 87.93 mg/mL 基本吻合。

2.4 椴树蜜对 ABTS* 自由基的清除能力

标准曲线图见图3。

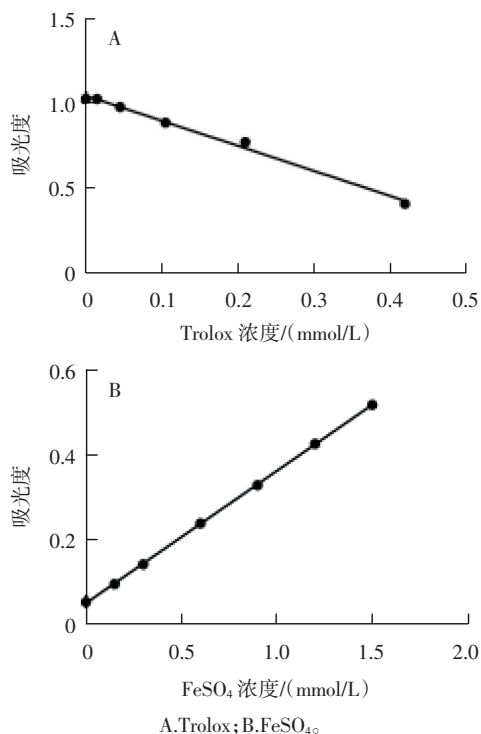


图3 标准曲线图

Fig.3 The standard curve

以 Trolox 浓度(mmol/L)为横坐标,吸光度为纵坐标绘制的标准曲线方程为 $y=-1.4797x+1.0449$ ($R^2=$

0.992 9)(图 3A)。以 Trolox 计,16 批椴树蜜 ABTS⁺自由基的清除能力为 $(0.14 \pm 0.07) \text{ mmol/kg} \sim (0.56 \pm 0.04) \text{ mmol/kg}$,其中椴树单花蜜 ABTS⁺自由基的清除能力为 $(0.14 \pm 0.07) \text{ mmol/kg} \sim (0.43 \pm 0.10) \text{ mmol/kg}$,椴树杂花蜜 ABTS⁺自由基的清除能力为 $(0.25 \pm 0.01) \text{ mmol/kg} \sim (0.56 \pm 0.04) \text{ mmol/kg}$,详细结果见表 3。

2.5 椴树蜜的铁离子还原能力

以 FeSO_4 浓度(mmol/L)为横坐标,吸光度为纵坐标绘制的标准曲线方程为 $y = 0.311 9x + 0.048 4$ ($R^2 = 0.999 9$)(图 3B)。以 FeSO_4 计 16 批椴树蜜铁离子还原能力为 $(1.96 \pm 0.08) \text{ mmol/kg} \sim (3.81 \pm 0.11) \text{ mmol/kg}$,其中椴树单花蜜铁离子还原能力为 $(1.96 \pm 0.08) \text{ mmol/kg} \sim (2.82 \pm 0.08) \text{ mmol/kg}$,椴树杂花蜜铁离子还原能力为 $(2.08 \pm 0.07) \text{ mmol/kg} \sim (3.81 \pm 0.11) \text{ mmol/kg}$,详细结果见表 3。

3 结论

收集的 16 批样品为蜂农认定的椴树蜜,均检测到椴树花粉,但花粉测定结果显示椴树花粉含量差异较大,从 7.14%到 76.73%不等,因此,可根据椴树花粉含量判断椴树蜜的纯度,以区分椴树单花蜜与杂花蜜。结果表明,其中 7 批椴树蜜中椴树花粉含量大于 50%,定义为椴树单花蜜;9 批椴树花粉含量小于 50%,定义为椴树杂花蜜。本文还对各批次椴树蜜的总酚含量进行了测定,总酚含量以没食子酸计在 $174.64 \mu\text{g/g} \sim 329.18 \mu\text{g/g}$,与文献报道结果基本一致,其中椴树单花蜜总酚含量为 $174.64 \mu\text{g/g} \sim 222.82 \mu\text{g/g}$,椴树杂花蜜总酚含量为 $223.73 \mu\text{g/g} \sim 329.18 \mu\text{g/g}$,二者差异不大。大量研究表明总酚含量与抗氧化活性存在一定的关系^[21-22],一般来说总酚含量越高,其抗氧化活性越好。采用 DPPH 法、ABTS 法及 FRAP 法 3 种方法对椴树蜜的抗氧化能力进行了评价,结果显示,所有批次椴树蜜均具有一定抗氧化作用,抗氧化活性与其总酚含量呈正相关,但单花蜜与杂花蜜的抗氧化能力差异不大,表明椴树蜜抗氧化活性与椴树蜜纯度相关性不强。

参考文献:

- [1] 曹伟,尉亚辉.蜂产品保健原理与加工技术[M].北京:化学工业出版社,2002:198-204.
- [2] OROIAN M, AMARIEI S, LEAHU A, et al. Multielement Composition of Honey as a Suitable Tool for its Authenticity Analysis[J]. Polish Journal of Food & Nutrition Sciences, 2015, 65(2):93-100.
- [3] 吴国泰,武玉鹏,牛享惠,等.蜂蜜的化学、药理及应用研究概况[J].蜜蜂杂志,2017,37(1):3-6.
- [4] 秦元东,张庆民.漫谈蜂蜜的药理作用及应用[J].山东医药工业,

1999,18(4):33.

- [5] 刘玉华.蜂蜜的药用及鉴定[J].中国药业,2000,9(5):34-34.
- [6] DZUGAN M, TOMCZYK M, SOWA P, et al. Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety[J]. Molecules, 2018, 23(8): 2069.
- [7] ZHOU J, YAO L, LI Y, et al. Floral Classification of Honey Using Liquid Chromatography Diode Array Detection Tandem Mass Spectrometry and Chemometric Analysis[J]. Food Chemistry, 2014, 145: 941-949.
- [8] JANDRIC Z, HAUGHEY SA, FREW R D, et al. Discrimination of Honey of Different Floral Origins by a Combination of Various Chemical Parameters[J]. Food Chemistry, 2015, 189:52-59.
- [9] WEN Y, ZHANG J, LI Y, et al. Characterization of Chinese Unifloral Honeys Based on Proline and Phenolic Content as Markers of Botanical Origin, Using Multivariate Analysis[J]. Molecules, 2017, 22(5): 735.
- [10] 贺琼,何亮亮,康予馨,等.高效液相色谱-电化学检测指纹图谱鉴别 3 种单花种蜂蜜花源[J].食品科学,2017,38(2):308-313.
- [11] CHEN H, JIN L, CHANG Q, et al. Discrimination of Botanical Origins for Chinese Honey According to Free Amino Acids Content by HPLC-FLD with Chemometric approaches: Free Amino Acids for the Discrimination of Chinese Honey[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, 97(7): 2042.
- [12] ELISABETTA S, CLAUDIA F, JALAL U, et al. Objective Definition of Monofloral and Polyfloral Honeys Based on NMR Metabolomic Profiling[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64 (18): 3645-3652.
- [13] 农业部蜂产品质量监督检验测试中心(北京).蜂产品检测实用技术[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [14] 赵宏玉.椴树蜜、荞麦蜜及赞比亚蜜中多酚类成分的研究[D].哈尔滨:哈尔滨商业大学,2017.
- [15] 蔺怡,赵宏玉,张红城,等.椴树蜜中多酚类成分的鉴定[J].农产品加工,2019(2):61-68.
- [16] SHEN S, WANG J, ZHUO Q, et al. Quantitative and Discriminative Evaluation of Contents of Phenolic and Flavonoid and Antioxidant Competence for Chinese Honeys from Different Botanical Origins [J]. Molecules, 2018, 23(5): 1110.
- [17] 丛海迪,郑毅男.椴树蜜总酚酸和总黄酮含量测定及抗氧化活性研究[J].现代农业科技,2010(9):31-32,34.
- [18] 张金振,赵静,吴黎明,等.蜂蜜中花粉相对含量测定[J].中国蜂业,2012,63(Z3):33-35.
- [19] 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(2):626-632.
- [20] SINGLETON V, ROSSI J. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1964, 16(3): 144-158.
- [21] 许海棠,马少妹,张金彦.青天葵 4 种提取物抗氧化活性与其总黄酮和总酚含量的相关性[J].中成药,2017(1):127-131.
- [22] 张昕,王梦颖,李懿宸,等.扇叶铁线蕨总黄酮和总酚含量及其抗氧化能力分析[J].上海师范大学学报:自然科学版,2017(5):684-690.

加工编辑:张弘

收稿日期:2020-02-07