

不同采收时期蜂王浆抗氧化活性研究

谌迪¹ 肖朝耿^{1,*} 盛玲冬² 卢文静¹ 唐宏刚¹ 叶沁¹ 吴卫成¹ 葛啸³

(¹浙江省农业科学院食品科学研究所,浙江 杭州 310021;²浙江经贸职业技术学院

应用工程系,浙江 杭州 310018;³杭州康力食品有限公司,浙江 杭州 311401)

摘要:为研究不同采收时间对蜂王浆品质的影响,以4-9月份采收的蜂王浆为研究对象,通过比较不同采收时间蜂王浆中蜂王浆主蛋白(MRJPs)、总水溶性蛋白和多酚的含量,分析了MRJPs与自由基清除能力和总抗氧化能力的相关性。结果表明,不同采收期蜂王浆中MRJPs含量存在显著差异($P < 0.05$),且6月份采收的MRJPs含量最低。水溶性蛋白及总酚含量差异不大($P > 0.05$)。蜂王浆自由基清除能力与MRJP1和MRJP3含量的相关系数达0.828和0.847;总抗氧化能力与MRJP1和MRJP3含量的相关系数分别为0.680和0.743。蜂王浆的抗氧化活性与其MRJPs存在一定程度的正相关,但与多酚含量相关性不明显,说明其自由基清除能力与总抗氧化活性可能是多种抗氧化性活性物质共同作用的结果。本研究为蜂王浆的抗氧化活性研究提供了参考。

关键词:蜂王浆主蛋白;采收时间;抗氧化;多酚

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.07.1491

蜂王浆是传统抗衰老食品^[1],由哺育蜂头部腺体(主要为咽下腺和上颌腺)分泌,呈乳白色或淡黄色的浓稠浆状物^[2]。作为蜂王的主要食物^[3],蜂王浆具有免疫调节、抗菌、抗肿瘤^[4]、调节血压血脂^[5-7]、激活神经保护因子^[8]和类胰岛素^[9]等多种生物活性。研究表明蜂王浆对缓解小鼠的疲劳症状有一定作用^[10]。近十多年来,蜂王浆的抗氧化活性得到了诸多国内外研究人员的验证,Jamnik等^[11]通过蛋白二维电泳发现,蜂王浆具有降低酿酒酵母细胞氧化应激的作用;Cihan等^[12]发现蜂王浆能明显改善小鼠血液和肝脏中的脂质过氧化产物过高,超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性异常等不良症状;Teixeira等^[13]发现蜂王浆具有降低皮质酮水平,改善冷胁迫下大鼠大脑抗氧化系统的作用。鉴于此,蜂王浆的抗氧化能力与其抗衰老作用有着较大的关联,也是评价蜂王浆品质的一项重要指标。

蜂王浆主蛋白(major royal jelly proteins,MRJPs)作为蜂王浆的主要活性物质,约占蜂王浆干物质的

50%^[14],由9个蛋白家族成员组成,分子量主要介于40~100 kDa之间^[15]。有研究认为MRJPs家族中的MRJP1是决定蜜蜂幼虫级型分化的关键环境因素^[16],也有研究认为MRJPs家族中的其他成员同样重要^[17]。MRJPs可有效保护CCl₄诱导的急性肝损伤^[18];可调节果蝇体内过氧化物酶基因的转录^[19];对人体肺成纤维细胞表现出抗衰老作用^[20]。然而MRJPs的含量及活性在室温条件下变化较大,这主要归因于MRJPs的热敏性,在常温下易降解^[21]。不同采集时间下,温度差异导致泌浆蜂所产生的内源性蜂王浆品质各不相同,且在蜂王浆采集贮运过程中很难做到全程冷链保存^[22],因此高品质的蜂王浆原料对于蜂王浆产品的品质至关重要。目前关于不同采收时期对蜂王浆品质的影响尚鲜见报道。本研究比较了不同采收时期的蜂王浆中MRJPs特定标记蛋白的含量,通过分析不同采收时期蜂王浆中总水溶性蛋白和多酚的含量,结合体外抗氧化活性评价,剖析蜂王浆抗氧化活性的物质基础,旨在为蜂王浆的生产利用提供理论依据。

收稿日期:2019-02-18 接受日期:2019-05-04

基金项目:浙江省农业科学院青年人才培养项目,浙江省农业科学院学科建设(2018fexk-19),杭州市农业与社会发展科研项目库入库项目(2018R15B88D03)

作者简介:谌迪,男,助理研究员,主要从事食品营养与功能性食品加工研究。E-mail:cd0sindy@163.com

*通讯作者:肖朝耿,男,副研究员,主要从事食品加工及生物技术研究。E-mail:xiaochaogeng@163.com

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

蜂王浆,杭州康力食品有限公司,本试验蜂王浆均取自不同月份的意大利蜜蜂的新鲜王浆,即用镊子将蜂王幼虫从王台中夹出,然后取出蜂王浆迅速置于冰浴中保存。

2,2-联苯基-1-苦基肼基(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl,DPPH),美国Sigma公司;2,2'-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)、[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid),ABTS]总抗氧化活性试剂盒,碧云天生物技术有限公司;牛血清白蛋白,国药集团化学试剂有限公司。其他试剂均为分析纯,杭州泽衡生物科技有限公司。

1.2 主要仪器与设备

BS124S型电子天平,德国赛多利斯天平有限公司;5424R型冷冻离心机,德国艾本德公司;Spectra Max 190型酶标仪,美国MD公司。

1.3 试验方法

1.3.1 MRJPs含量测定 蜂王浆采集后于-20℃保存。采用SDS-PAGE(sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis)蛋白电泳分析蜂王浆中MRJPs的组成,用蒸馏水将蜂王浆充分溶解,制备成20 mg·mL⁻¹蜂王浆溶液后与loading buffer等体积混合,100℃热变性3 min后上样,开始电泳。电泳电压设置:待样品成近似一条直线后将电泳电压从66 V调至110 V。利用Image J软件中的灰度测定方法测定MRJP1及MRJP3的相对含量^[23]。

1.3.2 ABTS总抗氧化活性测定 将不同采收时期的蜂王浆样品依次稀释为800、400和200 mg·mL⁻¹,根据试剂盒说明书测定ABTS总抗氧化活性。

1.3.3 DPPH自由基清除能力测定 参考于丽娜等^[24]的方法并作适当修改。将蜂王浆用蒸馏水稀释至100 mg·mL⁻¹,取190 μL 0.1 mmol·L⁻¹ DPPH乙醇溶液于96孔板中,然后依次加入10 μL 100 mg·mL⁻¹不同采收期的蜂王浆样品,混合均匀,30℃保温20 min后用酶标仪于517 nm波长处测定其吸光度值;对照组以等体积的蒸馏水代替蜂王浆样品。按照公式计算DPPH自由基清除率:

$$\text{DPPH 自由基清除率} = \frac{\text{OD}_{\text{对照组}} - \text{OD}_{\text{试验组}}}{\text{OD}_{\text{对照组}}} \times 100\% \quad (1)$$

1.3.4 水溶性蛋白质含量测定 参考Lowry等^[25]的方法并作适当修改。测定系列浓度牛血清白蛋白(bovine serum albumin,BSA)溶液在595 nm波长处的吸光度值,并制作BSA标准曲线。然后测定样品溶液在595 nm波长处的吸光度值,带入标准曲线换算出样品的蛋白浓度。

1.3.5 总酚含量测定 参考Hinneburg等^[26]和田玉肖等^[27]的方法并作适当修改。准确吸取1 mL超声溶解后的10 mg·mL⁻¹蜂王浆水溶液,加入1 mL Folin-Ciocalteu显色剂,混匀后加入5 mL 1 mol·L⁻¹ Na₂CO₃溶液,用蒸馏水定容至10 mL,漩涡混匀,在室温下避光静置1 h后测定760 nm波长处的吸光度值。标准曲线用系列浓度的原儿茶酸(3,4-dihydroxybenzoic acid,PCA)溶液吸光度值绘制,样品总酚含量结果表示为mg PCA·g⁻¹。

1.4 数据分析

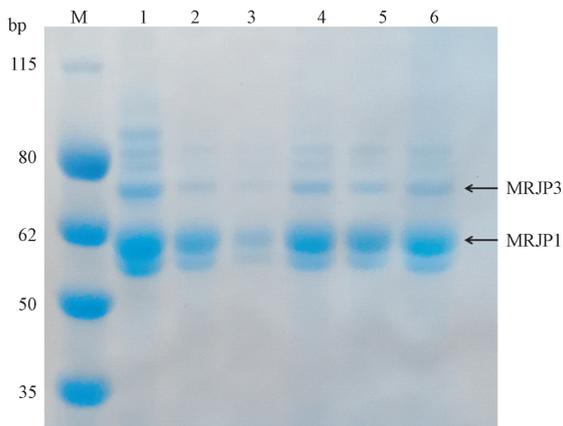
试验数据通过SPSS 18.0进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。采用Microsoft Excel 2010绘制图表,描述性统计值使用平均值±标准差(Mean±SD)表示。

2 结果与分析

2.1 不同采收时期蜂王浆中MRJPs含量

由图1可知,不同采收时期蜂王浆的MRJPs以MRJP1为主,且不同采收时期的MRJPs含量差异明显。由图2可知,4月份采收的蜂王浆中,MRJPs MRJP1含量显著高于其他采收时期的样品($P < 0.05$),工蜂在此时期分泌的内源性蜂王浆可能受环境等多种因素的影响,因此该采收时期蜂王浆所含有的MRJP1较其他收集时期高。9月份采收的蜂王浆中MRJP1含量仅次于4月份采收的样品($P < 0.05$),但高于其他采收时期的样品。7、8月份采收的蜂王浆中MRJP1含量略低于9月份,但无统计学差异($P > 0.05$),而5月份采收的蜂王浆中MRJP1含量显著低于9月份($P < 0.05$)。6月份采收的蜂王浆MRJP1含量最低。

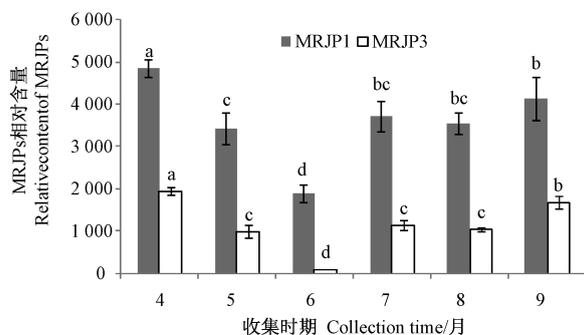
由于具有热不稳定的特性,不同采收时期蜂王浆中MRJP3含量受温度影响,也呈现出明显的差异,但整体上与MRJP1类似,5、7和8月份采收的蜂王浆中MRJP3含量无显著差异($P > 0.05$),但上述3个月份采收样品的MRJP3含量均显著低于4月份和9月份($P < 0.05$);6月份采收的蜂王浆中MRJP3含量显著低于其他月份($P < 0.05$)。结果表明,温度等环境因素的差



注:1~6 分别代表 4、5、6、7、8、9 月份采收的蜂王浆样品。

Note: M: Marker. 1-6 represents royal jelly collected at 4, 5, 6, 7, 8, 9 month, respectively.

图 1 不同采收时期 MRJPs 的 SDS-PAGE 电泳图
Fig.1 SDS-PAGE analysis of MRJPs at different collection times



注:不同小写字母表示不同采收时期内差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference in different collection times at 0.05 level. The same as following.

图 2 不同采收时期的蜂王浆中 MRJPs 含量
Fig.2 Content of MRJPs in royal jelly at different collection times

异导致不同采收时期的蜂王浆中 MRJPs 含量差异非常明显,且含量较少的几种主蛋白在 6 月份采收的蜂王浆中均未检出。

2.2 蜂王浆 DPPH 自由基清除能力

由图 3 可知,4 月份采收的蜂王浆 DPPH 自由基清除能力与 7、8、9 月份采收的样品无显著差异;5 月份与 6 月份采收的蜂王浆 DPPH 自由基清除能力无显著差异,但二者均显著低于其他采收时期($P < 0.05$)。相关性分析结果表明,除 8 月份外,其他采收时期的蜂王浆 DPPH 自由基清除能力和 MRJP1 和 MRJP3 含量的相关系数达 0.828 和 0.847。表明,蜂王浆 DPPH

自由基清除能力与其 MRJPs 含量存在较明显的正相关性。

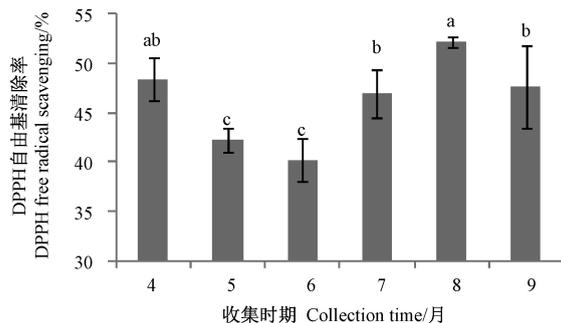


图 3 不同采收时期的蜂王浆 DPPH 清除能力
Fig.3 DPPH scavenging ability of royal jelly at different collection times

2.3 蜂王浆总抗氧化活性

由图 4 可知,5 月份和 9 月份采收的蜂王浆总抗氧化能力最强,显著高于其他采收时期的样品($P < 0.05$),其次为 7 月份和 8 月份采收时期的蜂王浆。与 DPPH 自由基清除能力结果类似,6 月份采收的蜂王浆总抗氧化能力显著低于其他采收时期的样品($P < 0.05$)。相关性分析结果表明,5-9 月份采收的蜂王浆的总抗氧化能力与 MRJP1 与 MRJP3 含量的相关系数分别为 0.680 和 0.743。表明 MRJPs 与蜂王浆总抗氧化活性存在一定的相关性。

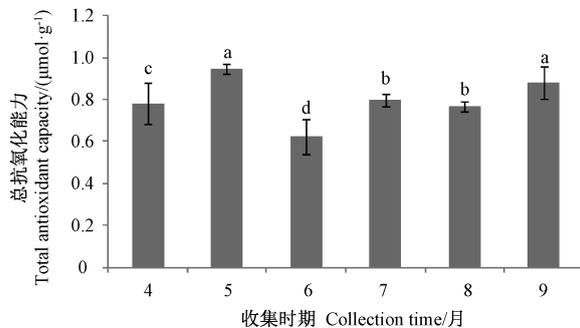


图 4 不同采收时期的蜂王浆总抗氧化能力
Fig.4 Total antioxidant capacity of royal jelly at different collection times

2.4 蜂王浆水溶性蛋白及总酚含量

由图 5 可知,不同采收时期蜂王浆中总水溶性蛋白含量无显著差异($P > 0.05$),但 MRJPs 含量在不同采收时期的样品中存在显著差异,这可能是由于 MRJPs 在蜂农采收储运过程中部分发生降解,产生其他多肽类成分所致。

由图 6 可知,6 月份采收的蜂王浆总酚含量最高,且显著高于其他采收时期的样品($P < 0.05$),其次为 4

月份采收的蜂王浆;5月份和8月份采收的蜂王浆总酚含量无显著性差异($P>0.05$);7月份和9月份采收的蜂王浆采收的蜂王浆总酚含量最低,且无显著差异($P>0.05$),9月份采收的蜂王浆总酚含量较低,可能与工蜂在该时期分泌的内源性蜂王浆有关,而7月份采收的蜂王浆总酚含量较低可能与该月温度较高有一定关系。

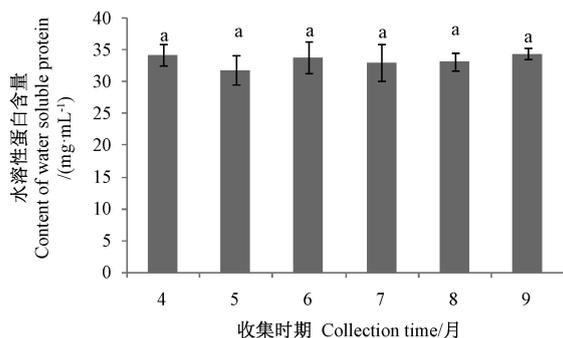


图5 不同采收时期的蜂王浆水溶性蛋白含量
Fig.5 Content of water soluble protein in royal jelly at different collection time

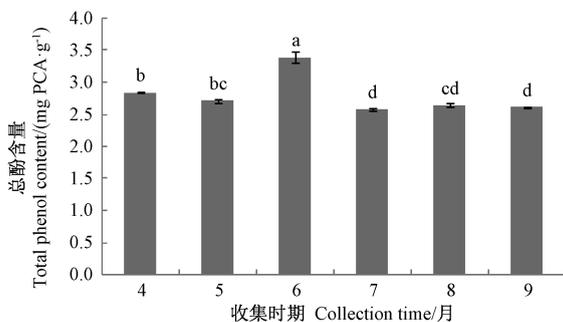


图6 不同采收时期的蜂王浆总酚含量
Fig.6 Total phenol content of royal jelly at different collection time

3 讨论

MRJPs是蜂王浆的主要活性物质。研究表明,MRJPs的热不稳定性,使其较蜂王浆酸等其他成分更适合作为蜂王浆新鲜度的标记物,而蜂王浆中超氧化物歧化酶的抗氧化性是评价其新鲜度的重要参数^[28]。本研究通过分析不同采收时期蜂王浆DPPH自由基清除能力和总抗氧化能力发现,6月份采收的蜂王浆活性均低于其他采收时期样品,进一步分析其组成发现,该月份采收的蜂王浆不仅MRJP1和MRJP3含量低于其他采收时期,且从电泳图可知其他MRJPs家族成员也明显低于其他采收时期,究其原因,一方面可能

是由于6月份环境温度高,导致MRJPs部分降解;另一方面取浆的时间、泌浆蜂的日龄以及环境因素也会影响工蜂所分泌内源蜂王浆的抗氧化生物活性,特别是环境温度对蜂王浆中超氧化物歧化酶的影响较大^[29]。本研究对不同采收时期蜂王浆的MRJPs含量与总抗氧化活性进行了相关性分析,结果表明,蜂王浆总抗氧化活性与其MRJPs存在正相关性,这与高慧等^[30]报道的MRJPs含量与DPPH自由基清除活性具有正相关性的结论一致。

Nagai等^[31]用胃蛋白酶、胰蛋白酶和木瓜蛋白酶处理蜂王浆后发现,MRJPs经酶解后清除超氧阴离子自由基和羟自由基的能力显著提高。本研究发现不同采收时期的蜂王浆总水溶性蛋白含量无显著性差异,但是不同采收时期的MRJPs含量存在差异,这可能是由于MRJPs经内源或外源酶作用后产生了多肽等其他形式的水溶性蛋白,因此导致不同采收时期蜂王浆中总水溶性蛋白含量并无显著差异。Guo等^[32]发现MRJPs酶解所产生的多肽类成分具有较强的抗氧化活性,蜂王浆在天然状态下,部分具有抗氧化活性的MRJPs被分解,产生抗氧化活性更强的多肽类成分,这种变化也一定程度上解释了5月份和8月份样品中MRJPs含量虽然较低但总抗氧化能力反而较强的现象。多酚是典型的抗氧化成分,但不同的多酚成分其抗氧化活性不相同,通过分析不同采收时期蜂王浆总多酚含量发现,虽然6月份采收的蜂王浆DPPH自由基清除能力和总抗氧化能力低于其他采收时期的样品,但其总多酚含量高于其他采收时期的样品,推测6月份采收的蜂王浆多酚的抗氧化活性较其他采收时期弱,因此,后续研究可针对6月份采收的蜂王浆中多酚的活性及结构表征,阐明多酚结构的变化规律,明确其抗氧化活性降低的分子机理。综上所述,影响蜂王浆抗氧化活性的因素非常复杂,包括MRJPs及其酶解产生的抗氧化活性肽、多酚含量及种类,还包括影响上述成分的取浆时间及季节等环境因素。

4 结论

本研究结果表明,不同采收时期的蜂王浆样品中,蜂王浆主蛋白(MRJPs)含量差异显著,特别是MRJP1和MRJP3等含量较丰富的蛋白,由于普通蛋白电泳灵敏度不够,少数丰度较低的蛋白未能检出,后续可采用蛋白组学的方法进行痕量MRJPs的比较分析。蜂王浆的抗氧化活性与MRJPs存在一定的正相关性。但不同采收时期的蜂王浆中,MRJPs含量的降低并不一

定导致其抗氧化活性也降低,因为 MRJPs 降解后可能产生抗氧化活性更强的多肽,此外多酚结构的变化也会导致抗氧化活性的改变。综上,蜂王浆的抗氧化活性由 MRJPs、抗氧化肽及多酚等多种抗氧化物质共同体现,但 MRJPs 如何转化成抗氧化肽,以及 MRJPs 转化成抗氧化肽后,对蜂王浆其他生物活性有何影响,还有待深入的研究。

参考文献:

- [1] Buttstedt A, Moritz R F, Erler S. Origin and function of the major royal jelly proteins of the honeybee (*Apis mellifera*) as members of the yellow gene family[J]. *Biological Reviews*, 2014, 89 (2): 255-269
- [2] Ramanathan A N K G, Nair A J, Sugunan V S. A review on royal jelly proteins and peptides[J]. *Journal of Functional Foods*, 2018, 44: 255-264
- [3] Shen L R, Zhang W G, Jin F, Zhang L W, Chen Z X, Liu L, Parnell L D, Lai C Q, Li D. Expression of recombinant AceMRJP1 protein from royal jelly of Chinese honeybee in *Pichia pastoris* and its proliferation activity in an insect cell line[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(16): 9190-9197
- [4] 孙平,李虎臣,颜慧,张可朋,宋耕福,冯成强. 蜂王浆蛋白多肽及其生物活性研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(8): 181-185
- [5] Chiu H F, Chen B K, Lu Y Y, Han Y C, Shen Y C, Venkatakrishnan K, Golovinskaia O, Wang C K. Hypocholesterolemic efficacy of royal jelly in healthy mild hypercholesterolemic adults[J]. *Pharmaceutical Biology*, 2017, 55 (1): 497-502
- [6] Hadi A, Najafgholizadeh A, Aydenlu E S, Shafiei Z, Pirivand F, Golpour S, Pourmasoumi M. Royal jelly is an effective and relatively safe alternative approach to blood lipid modulation: A meta-analysis [J]. *Journal of Functional Foods*, 2018, 41: 202-209
- [7] Lambrinouadaki I, Augoulea A, Rizos D, Politi M, Tsoltos N, Moros M, Chinou I, Graikou K, Kouskouni E, Kambani S, Panoulis K, Moutsatsou P. Greek-origin royal jelly improves the lipid profile of postmenopausal women[J]. *Gynecological Endocrinology*, 2016, 32(10): 835-839
- [8] Kawahata I, Xu H, Takahashi M, Murata K, Han W, Yamaguchi Y, Fujii A, Yamaguchi K, Yamakuni T. Royal jelly coordinately enhances hippocampal neuronal expression of somatostatin and neprilysin genes conferring neuronal protection against toxic soluble amyloid- β oligomers implicated in Alzheimer's disease pathogenesis [J]. *Journal of Functional Foods*, 2018, 51: 28-38
- [9] 季文静,胡福良. 蜂王浆抗衰老作用的研究进展[J]. *蜜蜂杂志*, 2009, 29(9): 8-11
- [10] 孟超,肖凯文,郑双艳,穆松牛,方进,许宝华. 蜂王浆主蛋白对小鼠的抗疲劳作用[J]. *中国食品学报*, 2017, 17(10): 23-29
- [11] Jamnik P, Goranovic D, Raspor P. Antioxidative action of royal jelly in the yeast cell[J]. *Experimental Gerontology*, 2007, 42(7): 594-600
- [12] Cihan Y B, Ozturk A, Gokalp S S. Protective role of royal jelly against radiation-induced oxidative stress in rats [J]. *International Journal of Hematology and Oncology*, 2013, 23(2): 79-87
- [13] Teixeira R R, de Souza A V, Peixoto L G, Machado H L, Caixeta D C, Vilela D D, Baptista N B, Franci C R, Espindola F S. Royal jelly decreases corticosterone levels and improves the brain antioxidant system in restraint and cold stressed rats [J]. *Neuroscience Letters*, 2017, 655: 179-185
- [14] Malecova B, Ramser J, O'Brien J K, Janitz M, Judova J, Lehrach H, Simuth J. Honeybee (*Apis mellifera* L.) mrjp gene family: Computational analysis of putative promoters and genomic structure of mrjp1, the gene coding for the most abundant protein of larval food [J]. *Gene*, 2003, 303(1): 165-175
- [15] Schmitzova J, Klaudiny J, Albert S, Schroder W, Schreckengost W, Hanes J, Judova J, Simuth J. A family of major royal jelly proteins of the honeybee *Apis mellifera* L [J]. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 1998, 54(9): 1020-1030
- [16] Kamakura M. Royalactin induces queen differentiation in honeybees [J]. *Nature*, 2011, 473(7348): 478-483
- [17] Buttstedt A, Ihling C H, Pietzsch M, Moritz R F A. Royalactin is not a royal making of a queen[J]. *Nature*, 2016, 537(7621): E10-E12
- [18] 孟超,郑双艳,康路妹,陈蔚,方进,许宝华. 蜂王浆主蛋白对四氯化碳诱导小鼠急性肝脏损伤的保护作用[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(11): 97-103
- [19] Xin X X, Chen Y, Chen D, Xiao F, Laurence D P, Zhao J, Liu L, Jose M O, Lai C Q, Shen L R. Supplementation with major royal jelly proteins increases lifespan, feeding and fecundity in *Drosophila* [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, 64(29): 5803-5812
- [20] Jiang C M, Liu X, Li C X, Qian H C, Chen D, Lai C Q, Shen L R. Anti-senescence effect and molecular mechanism of the major royal jelly proteins on human embryonic lung fibroblast (HFL-I) cell line[J]. *Journal of Zhejiang University-science B*, 2018, 19 (12): 960-972
- [21] Kamakura M, Fukuda T, Fukushima M, Yonekura M. Storage-dependent degradation of 57 kDa protein in royal jelly: A possible marker for freshness [J]. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 2001, 65(2): 277-84
- [22] Wu L M, Wei Y, Du B, Chen L Z, Wang Y, Li Y, Zhao J, Xue X F. Freshness determination of royal jelly by analyzing decomposition products of adenosine triphosphate [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 63(1): 504-510
- [23] Chen D, Xin X X, Qian H C, Yu Z Y, Shen L R. Evaluation of the major royal jelly proteins as an alternative to fetal bovine serum in culturing human cell lines [J]. *Journal of Zhejiang University-science B*, 2016, 17(6): 476-483
- [24] 于丽娜,齐宏涛,张初署,毕洁,王明清,杨伟强,孙杰,徐同城. 响应面法优化超声波辅助酶解制备花生蛋白抗菌肽[J]. *核农学报*, 2018, 32(4): 740-750

- [25] Lowry O H, Rosebrough N J, Farr A L, Randall R J. Protein measurement with the Folin phenol reagent [J]. The Journal of biological chemistry, 1951, 193(1): 265-75
- [26] Hinneburg I, Damien Dorman H J, Hiltunen R. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices [J]. Food Chemistry, 2006, 97(1): 122-129
- [27] 田玉肖, 黄玉婷, 张芬, 汤浩茹, 孙勃. 红柄叶用甜菜主要营养成分及抗氧化能力分析[J]. 核农学报, 2018, 32(10):118-125
- [28] Shen L R, Wang Y R, Zhai L, Zhou W X, Tan L L, Li M L, Liu D D, Xiao F. Determination of royal jelly freshness by ELISA with a highly specific anti-apalbumin 1, major royal jelly protein 1 antibody [J]. Journal of Zhejiang University-science B, 2015, 16(2):155-166
- [29] 胡福良, 李英华, 朱威. 影响蜂王浆质量的因素—兼析春季油菜王浆质优的原因[J]. 蜜蜂杂志, 2004(6): 28-29
- [30] 高慧, 程妮, 贾琪, 王毕妮, 邓建军, 曹炜. 蜂王浆冻干粉体外抗氧化作用[J]. 食品科学, 2011, 32(21): 52-55
- [31] Nagai T, Sakai M, Inoue R, Inoue H, Suzuki N. Antioxidative activities of some commercially honeys, royal jelly, and propolis [J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 237-240
- [32] Guo H, Kouzuma Y, Yonekura M. Structures and properties of antioxidative peptides derived from royal jelly protein [J]. Food Chemistry, 2009, 113(1): 238-245

Antioxidant Activity of Royal Jelly in Different Collection Times

CHEN Di¹ XIAO Chaogeng^{1,*} SHENG Lingdong² LU Wenjing¹
TANG Honggang¹ YE Qin¹ WU Weicheng¹ GE Xiao³

¹ Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310021;

² Department of Applied Engineering, Zhejiang Economic & Trade Polytechnic, Hangzhou, Zhejiang 310018;

³ Hangzhou Kangli Food Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang 311401)

Abstract: To clarify the influence of different harvesting time on the quality of royal jelly, royal jelly collected from April to September were used to compare content of major royal jelly proteins (MRJPs), total soluble protein and polyphenol and to analyze the relevant between antioxidant activity and MRJPs. The results showed that there were significant differences among MRJPs ($P < 0.05$), and the content of royal jelly harvested in June was the lowest. Content of water soluble protein and total phenol exhibited no significant differences ($P > 0.05$), and the correlation coefficients of free radical scavenging ability and MRJP1, MRJP3 were 0.828 and 0.847 respectively; the correlation coefficients of total antioxidant capacity and MRJP1, MRJP3 were 0.680 and 0.743 respectively. There was positive correlation between the antioxidant activity of royal jelly and its major royal jelly proteins, but no significant correlation was observed between the antioxidant and content of polyphenols. This indicates the free radical scavenging ability and total antioxidant capacity of royal jelly exhibited by several antioxidants. The research provides references for the study of antioxidant activity of royal jelly.

Keywords: major royal jelly protein, collecting times, anti-oxidation, polyphenol