

16 种常见可食花卉水提液的总多酚与总黄酮含量及其抗氧化活性

黄玲艳 黄宏轶 汪元元 姚 瑶 孙霁寒 刘冀婕 彭 景* 朱在勤*

(扬州大学食品科学与工程学院 江苏扬州 225127)

摘要: 测定 16 种常见可食花卉水提液的总多酚与总黄酮含量及其抗氧化活性, 并分析它们之间的相关性。Folin-Ciocalteu 法测定总多酚含量, $\text{NaNO}_2 - \text{AlCl}_3 - \text{NaOH}$ 法测定总黄酮含量, FRAP、DPPH、ABTS⁺·法测定抗氧化活性。在 16 种可食花卉水提液中, 抗氧化活性以牡丹花、紫玫瑰、月季最强, 红巧梅、茉莉花最弱。可食花卉水提液的抗氧化活性差异较大, 和总多酚含量相关性强, 和总黄酮含量相关性弱。

关键词: 可食花卉 水提液 总多酚 总黄酮 抗氧化

Total phenolic, flavonoid contents and antioxidant capacities of aqueous extract of 16 common edible flowers

HUANG Ling-yan, HUANG Hong-yan, WANG Yuan-yuan, YAO Yao,

SUN Ji-han, LIU Ji-jie, PENG Jing*, ZHU Zai-qin*

(College of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: Total phenolic, flavonoid content and antioxidant activity of aqueous extract of 16 common edible flowers were evaluated, the correlation between them were analysed. Total phenolic content was measured by Folin-Ciocalteu method, total flavonoid content was measured by $\text{NaNO}_2 - \text{AlCl}_3 - \text{NaOH}$ method, antioxidant activity was measured by FRAP, DPPH and ABTS⁺· method. The strongest antioxidant activity of aqueous extract of these flowers were *Paeonia suffruticosa* Andrews, *Rosa rugosa* Thunb. (purple), *Rosa chinensis* Jacq. while the weakest were *Gomphrena globosa* Linn., *Jasminum sambac* (L.) Ait. Correlations between total phenolic content and antioxidative activity of edible flowers was large, while non-correlations between total flavonoid content and antioxidative activity was observed.

Key words: edible flowers; aqueous extract; total polyphenols; total flavonoids; antioxidant

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)04-0353-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.04.058

活性氧(reactive oxygen species, ROS) 是生物体内与氧气代谢有关的氧自由基和某些易转化为氧自由基的过氧化物的总称, 主要包括单线态氧、超氧阴离子、过氧化氢、羟基自由基、硝基自由基、一氧化氮自由基等^[1]。ROS 是通过正常生理代谢(线粒体、酶等) 和外源性(重金属、辐射、药物等) 刺激产生的^[2], 在正常情况下, 体内 ROS 的产生与清除是平衡的, 低浓度 ROS 不会对机体造成损伤, 且可由超氧化物酶和过氧化氢酶等多种酶清除。但内源性 ROS 随年龄增加而增加, 过量 ROS 若不被适当清除会导致蛋白质、核酸、DNA 等大分子物质的氧化损伤^[3-4], 导致增龄性和退行性疾病的发生, 如帕金森病^[5]、糖尿病^[6]、心血管疾病^[7]、癌症^[4]。

花卉在我国有长久的食用历史, 可追溯至战国

时期, 以“食”、“药”等方式融入养生保健, 《神农本草经》、《本草纲目》等医学典籍都记载了大量可食花卉的美容、养生、保健的方剂, 至今还流行各式花饮、花酒、鲜花糕点。研究表明, 花卉富含酚类、类黄酮、花色苷、类胡萝卜素等植物化学物^[8], 这些植物化学物在防治与 ROS 损伤相关的增龄性疾病和退行性疾病及抗衰老过程中可能发挥重要的作用^[9-10]。不同花卉含有不同的植物化学物, 对 ROS 的清除能力必然不同, 国内外研究都报道了大量花卉的抗氧化活性, 发现不同花卉的抗氧化活性相差甚大, 总多酚是其抗氧化活性的主要活性物质。但这些研究并不完全涵盖常见的可食花卉, 且抗氧化评价方法存在单一等问题^[11-15]。因此, 本实验选取 16 种常见的可食花卉(在医学典籍上记载均无毒性) , 测定其水提液

收稿日期: 2016-07-18

作者简介: 黄玲艳(1993-) , 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 基础营养学, E-mail: 1444818451@qq.com。

* 通讯作者: 彭景(1952-) , 女, 副教授, 研究方向: 基础营养学, E-mail: yzupj@163.com。

朱在勤(1966-) , 男, 副教授, 研究方向: 烹饪工艺学, E-mail: ydzpp6671@126.com。

的总多酚与总黄酮含量,FRAP、DPPH、ABTS⁺·三种方法测定其水提液的抗氧化活性,并分析总多酚和总黄酮与抗氧化活性的相关性,为可食花卉的抗氧化活性方面填补空白,也为可食花卉开发成抗氧化的食品和药物提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

牡丹花(*Paeonia suffruticosa* Andrews)、紫玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.(purple))、月季花(*Rosa chinensis* Jacq.)、桂花(*Osmanthus fragrans*(Thunb.)Lour.)、金银花(*Lonicera japonica* Thunb.)、薰衣草(*Lavandula angustifolia* Mill.)、粉玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.(pink))、勿忘我(*Latouchea fokiensis* Franch.)、桃花(*Amygdalus persica* L.)、胎菊(*Matricaria recutita*)、洛神花(*Hibiscus sabdariffa*)、贡菊(*Dendranthema morifolium*(Ramat.)Tzvel.Gongju)、百合花(*Lilium brownii* var.*viridulum*)、金盏菊(*Calendula officinalis*)、茉莉花(*Jasminum sambac*(L.)Ait.)、红巧梅(*Gomphrena globosa* Linn.)市售;槲皮素标准品、没食子酸标准品北京索莱宝科技有限公司;抗坏血酸标准品国药集团化学试剂有限公司;1,1-二苯基-2-苦基阱自由基(DPPH)上海蓝季科技发展有限公司;2,4,6-三吡啶基三嗪(TPTZ)南京都莱生物技术有限公司;2,2'-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐(ABTS)阿拉丁试剂有限公司;过硫酸钾、钨酸钠、钼酸钠、硫酸锂、盐酸、冰乙酸、三氯化铁、亚硝酸钠、三氯化铝、磷酸二氢钾、氢氧化钠、乙醇等试剂均为国产分析纯。

Spectrumlab755s紫外可见分光光度计上海棱光技术有限公司;BS224S电子天平赛多利斯科学仪器有限公司;九阳料理机九阳股份有限公司;DK-S28电热恒温水浴锅上海精宏实验设备有限公司;SHB-III型循环水真空泵上海亚荣生化仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备干花卉经粉碎过20目筛,低温、避光、密封储存备用。模拟花卉“沸水冲泡、滤渣以饮”的食用方式,参考文献[14],取3g花卉粉末于烧杯中,加入50mL煮沸的蒸馏水,在100℃恒温水浴条件下浸提20min,室温冷却,抽滤制备提取液。滤渣重复提取2次,最后制得总提取液150mL,其浓度为20mg/mL,收集上清液测定各花卉总多酚与总黄酮含量及抗氧化活性。

1.2.2 总多酚含量测定采用Folin-Ciocalteu比色法测定^[16],略有改动。以没食子酸为标样,绘制标准曲线。取1mL0.01~0.12mg/mL的没食子酸溶液到25mL容量瓶中,加入适量水稀释和1.5mL Folin-Ciocalteu试剂,反应5min后加入4mL20%碳酸钠溶液,加水定容至25mL,混匀,室温避光反应40min后于755nm测定吸光度,以蒸馏水代替样品溶液做空白对照,得到没食子酸质量浓度y(mg/mL)与吸光度A的回归方程为y=5.4301A+0.0002(R²=0.9998),计算样品中的总多酚含量,结果以没食子酸当量(gallic acid equivalents,GAE)表示,单位为mg

GAE/g。

1.2.3 总黄酮含量测定采用NaNO₂-AlCl₃-NaOH方法^[17],略有改动。以槲皮素为标样,绘制标准曲线。取1mL0.06~0.30mg/mL的槲皮素溶液于试管中,加入600μL蒸馏水、300μL5%亚硝酸钠溶液,混匀,避光反应6min后,加入600μL10%三氯化铝溶液,混匀,避光反应5min后,加入2mL4%氢氧化钠溶液,1.1mL蒸馏水,混匀后立即于510nm测定吸光度,以蒸馏水代替样品溶液做空白对照,得到槲皮素质量浓度y(mg/mL)与吸光度A的回归方程为y=1.5709A-0.0099(R²=0.9941),计算样品中的总黄酮含量,结果以槲皮素当量(Quercetin equivalents, QE)表示,单位为mg QE/g。

1.2.4 总抗氧化能力的测定采用FRAP法^[18]。FRAP试剂由300mmol/L pH3.6醋酸缓冲液、10mmol/L TPTZ(溶于40mmol/L盐酸)、20mmol/L三氯化铁溶液,以10:1:1比例混合制成。取100μL待测样品,加入3.6mL FRAP试剂、360μL蒸馏水,充分混匀,在37℃水浴反应60min后于593nm测定吸光度。以V_c为标样,绘制标准曲线,得到V_c摩尔质量浓度y(μmol/mL)与吸光度A的回归方程为y=2.6682A-0.0093(R²=0.9993)。各样品的抗氧化活性以达到同等吸光度所需V_c的微摩尔数表示,记为FRAP值,单位为μmol V_c/g。

1.2.5 DPPH清除能力参考文献[19],略有改动。准确称取20mg DPPH,用无水乙醇溶解使其在517nm处吸光度为1左右。取200μL待测样品,加入3mL DPPH溶液,混匀,避光反应30min后于517nm测定吸光度,为样品吸光度At;200μL待测样品与3mL无水乙醇混合测定样品本底吸光度值Ax;200μL蒸馏水与3mL DPPH溶液混合测定对照吸光度值Ao。DPPH自由基清除率计算公式如下:

$$\text{DPPH清除率}(\%) = [1 - (At - Ax) / Ao] \times 100$$

以V_c为标样绘制标准曲线,得到V_c摩尔质量浓度y(μmol/mL)与DPPH清除率z(%) 的回归方程为z=205.89y+6.382(R²=0.9992)。各样品的抗氧化活性以达到同等DPPH清除率所需V_c的微摩尔数表示,记为DPPH值,单位为μmol V_c/g。

1.2.6 ABTS⁺·清除能力参考文献[20],略有改动。将7mmol/L ABTS⁺·溶液、2.45mmol/L过硫酸钾溶液按2:1比例混合,室温,黑暗,反应12~16h,形成ABTS⁺·储备液。使用前用pH7.4磷酸盐缓冲液(磷酸二氢钾1.7g,加0.1mol/L氢氧化钠溶液98.75mL,用蒸馏水稀释至250mL)稀释成在734nm吸光度为0.700±0.002的工作液。取200μL各样品不同浓度供试液,加入3mL ABTS⁺·工作液,混匀,反应10min后于734nm测定吸光度。

以V_c为标样绘制标准曲线,得到V_c摩尔质量浓度y(μmol/mL)与吸光度A的回归方程为y=-1.0964A+0.6596(R²=0.9981)。各样品的抗氧化活性以达到同等吸光度所需V_c的微摩尔数表示,记为ABTS值,单位为μmol V_c/g。

1.2.7 数据分析采用Excel和SPSS 16.0进行数据

表1 16种常见可食花卉水提液的总多酚与总黄酮含量及抗氧化活性

Table 1 Total phenolic, flavonoid contents and antioxidant capacities of aqueous extract of 16 common edible flowers

| 可食花卉 | 总多酚含量 (mg GAE/g) | 总黄酮含量 (mg QE/g) | FRAP 值 ($\mu\text{mol V}_c/\text{g}$) | DPPH 值 ($\mu\text{mol V}_c/\text{g}$) | ABTS ⁺ ·值 ($\mu\text{mol V}_c/\text{g}$) |
|------|----------------------|---------------------|--|--|--|
| 牡丹花 | 112.45 \pm 11.47 | 47.99 \pm 2.87 | 696.62 \pm 5.66 | 526.94 \pm 6.97 | 1311.81 \pm 7.94 |
| 紫玫瑰 | 92.63 \pm 4.37 | 42.33 \pm 2.70 | 508.73 \pm 1.29 | 549.23 \pm 10.45 | 945.87 \pm 13.94 |
| 月季 | 81.50 \pm 1.92 | 63.87 \pm 3.75 | 446.43 \pm 4.90 | 353.04 \pm 3.13 | 695.92 \pm 1.38 |
| 桂花 | 90.60 \pm 6.88 | 233.01 \pm 7.42 | 292.52 \pm 8.95 | 254.48 \pm 4.24 | 347.18 \pm 4.59 |
| 金银花 | 56.08 \pm 4.87 | 108.62 \pm 7.17 | 296.44 \pm 8.95 | 202.09 \pm 4.61 | 210.53 \pm 1.93 |
| 薰衣草 | 46.89 \pm 1.57 | 168.52 \pm 8.75 | 245.33 \pm 4.77 | 185.97 \pm 1.44 | 190.18 \pm 4.86 |
| 粉玫瑰 | 44.70 \pm 2.11 | 29.08 \pm 1.80 | 199.06 \pm 8.08 | 248.82 \pm 0.21 | 419.25 \pm 4.89 |
| 勿忘我 | 35.43 \pm 1.33 | 40.22 \pm 1.86 | 159.63 \pm 1.83 | 130.87 \pm 2.18 | 348.83 \pm 2.26 |
| 桃花 | 38.33 \pm 4.48 | 60.33 \pm 3.15 | 136.45 \pm 8.35 | 78.03 \pm 0.74 | 209.82 \pm 1.37 |
| 胎菊 | 35.84 \pm 3.10 | 54.19 \pm 2.64 | 137.05 \pm 3.65 | 107.42 \pm 2.95 | 224.88 \pm 3.38 |
| 洛神花 | 24.00 \pm 4.72 | 21.97 \pm 1.71 | 121.54 \pm 3.17 | 78.66 \pm 1.93 | 255.31 \pm 13.64 |
| 贡菊 | 21.33 \pm 1.55 | 37.06 \pm 1.95 | 69.16 \pm 1.67 | 28.53 \pm 1.35 | 62.81 \pm 2.06 |
| 百合花 | 21.30 \pm 2.19 | 17.91 \pm 2.54 | 49.77 \pm 3.17 | 34.84 \pm 0.52 | 93.74 \pm 7.10 |
| 金盏菊 | 16.59 \pm 2.71 | 22.68 \pm 1.19 | 39.89 \pm 4.33 | 41.82 \pm 2.20 | 137.77 \pm 1.68 |
| 茉莉花 | 11.78 \pm 0.96 | 16.61 \pm 1.08 | 28.41 \pm 2.30 | 17.06 \pm 3.38 | 34.08 \pm 0.47 |
| 红巧梅 | 4.10 \pm 0.75 | 8.30 \pm 0.93 | 16.90 \pm 2.19 | 14.45 \pm 1.00 | 25.15 \pm 1.70 |

处理和统计分析。所有样品均测定三次以上,测定结果以平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 16种常见可食花卉的总多酚、总黄酮含量

由表1可知,各可食花卉水提液中都含有一定量的总多酚和总黄酮,但不同花卉之间,总多酚和总黄酮含量差异较大;总多酚: (4.10 \pm 0.75) \sim (112.45 \pm 11.47) mg GAE/g; 总黄酮: (8.30 \pm 0.93) \sim (233.01 \pm 7.42) mg QE/g。总多酚含量以牡丹花、紫玫瑰、桂花最高,金盏菊、茉莉花、红巧梅最低,最高和最低之间相差26倍;总黄酮含量以桂花、薰衣草、金银花最高,百合花、茉莉花、红巧梅最低,最高和最低之间相差27倍。其中部分结果与文献报道的接近^[11]。

2.2 16种常见可食花卉的抗氧化能力

抗氧化活性的评价是一个系统的体系,若要全面科学地评价一种物质的抗氧化活性,必须采用多种方法^[17]。本实验中,通过FRAP、DPPH、ABTS⁺·这3种广泛评价物质抗氧化活性的方法对16种常见可食花卉水提液的抗氧化活性进行测定,发现各花卉水提液的FRAP值 [(16.90 \pm 2.19) \sim (696.62 \pm 5.66) $\mu\text{mol V}_c/\text{g}$]以牡丹花、紫玫瑰、月季花最大,红巧梅、茉莉花、金盏菊最小,最大与最小之间相差40倍;DPPH值 [(14.45 \pm 1.00) \sim (549.23 \pm 10.45) $\mu\text{mol V}_c/\text{g}$]以牡丹花、紫玫瑰、月季花最大,红巧梅、茉莉花、贡菊最小,最大与最小之间相差37倍;ABTS⁺·值 [(25.15 \pm 1.70) \sim (1311.81 \pm 7.94) $\mu\text{mol/g}$]以牡丹花、紫玫瑰、月季花最大,红巧梅、茉莉花、贡菊最小,最大与最小之间相差51倍。

根据这3种抗氧化活性方法的相关性分析得出,它们之间相关性都较强(ABTS⁺· \cdot DPPH, R^2 = 0.8874; FRAP \cdot ABTS⁺·, R^2 = 0.8929; FRAP \cdot DPPH, R^2 = 0.9304)适合评价花卉水提液的抗氧化活性,本实

验数据具有可靠性。结合赵艳红^[12]、郭长江^[21]、米书梅^[22]等人的研究,测定植物的水提液能较好地反映它的抗氧化活性。可食花卉的主要食用方式是“沸水冲泡、滤渣以饮”,所以模拟此法制得水提液来测定花卉的抗氧化活性,可以较好地反映它们最常见食用方式的抗氧化活性,发现大部分花卉的抗氧化活性比蔬菜、水果强^[22-23],小部分花卉的抗氧化活性在植物中是显著的,如紫玫瑰的抗氧化活性接近于绿茶和中草药^[11]。

2.3 总多酚、总黄酮含量与常见可食花卉抗氧化活性的关系

对花卉的总多酚、总黄酮与其抗氧化活性进行相关性分析,结果见图1~图2,得出总多酚含量与FRAP值 (R^2 = 0.9116)、DPPH值 (R^2 = 0.8753)、ABTS⁺·值 (R^2 = 0.7642)相关性强,而总黄酮含量与FRAP值 (R^2 = 0.0447)、DPPH值 (R^2 = 0.0284)、ABTS⁺·值 (R^2 = 0.0012)相关性弱,表示总多酚可能是这16种可食花卉的抗氧化活性的重要物质基础,这与文献报道的结果基本一致^[13-15]。本实验还用紫外分光法^[23]测定了各花卉水提液的花色苷含量,发现这16种花卉中只有洛神花、月季花、紫玫瑰的花色苷含量超过1 mg/g(以矢车菊色素-3-葡萄糖苷计)。猜测花色苷可能对花卉的抗氧化活性有贡献,表现为花色苷丰富花卉的抗氧化活性较含等量总多酚、总黄酮含量的花卉的抗氧化活性更强,如桂花的总多酚、总黄酮含量高于月季花,但抗氧化活性显著不如月季花,具体情况还需进一步研究。

3 结论

通过FRAP、DPPH、ABTS⁺·这3种方法测定16种常见可食花卉水提液的抗氧化活性,发现抗氧化活性以牡丹花、紫玫瑰、月季花最强,红巧梅、茉莉花最弱。通过Folin-Ciocalteu法测定总多酚含量,NaNO₂

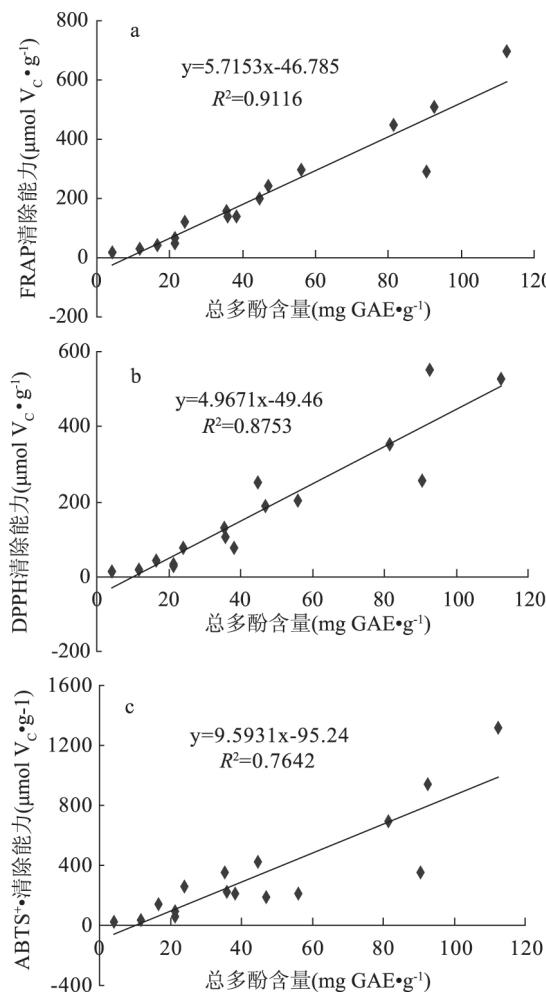


图1 16种可食花卉水提液的总多酚含量与抗氧化活性的关系

Fig.1 The correlation between total phenolic content and antioxidant capacities of aqueous extract of 16 common edible flowers

-AlCl₃-NaOH 法测定总黄酮含量，并把总多酚、总黄酮含量与抗氧化抗氧化活性进行相关性分析，发现抗氧化活性与总多酚含量相关性强，与总黄酮含量相关性弱，提示总多酚可能是花卉抗氧化活性的主要物质基础。因此，可食花卉，尤其是富含总多酚的可食花卉，在开发抗氧化食品与药物方面具有巨大潜力。

参考文献

- [1] Khojah H M ,Ahmed S ,Abdel-Rahman M S ,et al. Reactive oxygen and nitrogen species in patients with rheumatoid arthritis as potential biomarkers for disease activity and the role of antioxidants [J]. Free Radical Biology and Medicine ,2016 ,97 (8) :285-291.
- [2] Buonocore G ,Perrone S ,Tataranno M L Oxygen toxicity: chemistry and biology of reactive oxygen species [J]. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine 2010 ,15 (4) :186-190.
- [3] Osawa T. Protective role of dietary polyphenols in oxidative stress [J]. Mechanisms of Ageing and Development ,1999 ,111 (2-3) :133-139.
- [4] Abdi S ,Ali A. Role of ROS modified human DNA in the

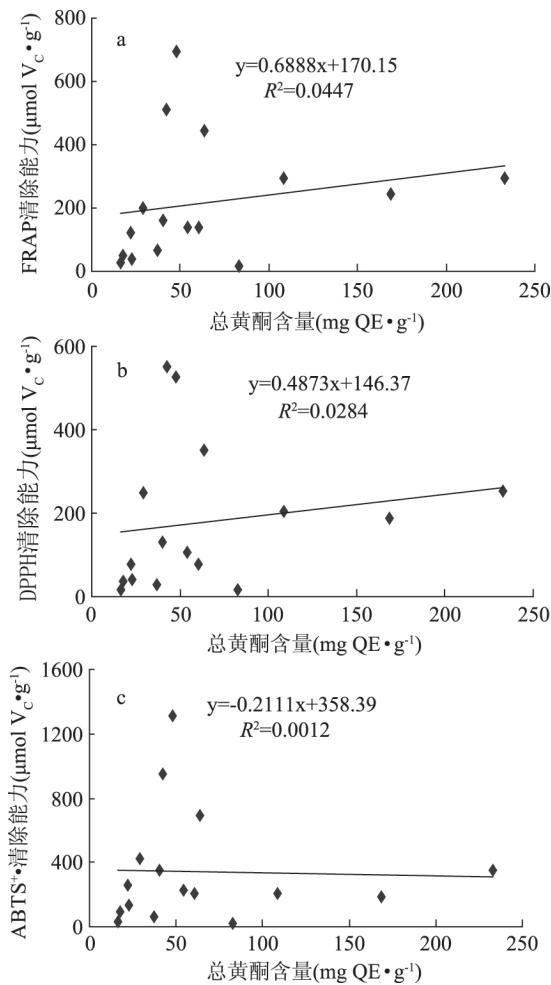


图2 16种花卉总黄酮含量与抗氧化活性的关系

Fig.2 The correlation between total flavonoid content and antioxidant capacities of aqueous extract of 16 common edible flowers

pathogenesis and etiology of cancer [J]. Cancer Letters ,1999 ,142 (1) :1-9.

[5] Zhang J ,Perry G ,Smith M ,et al. Parkinson's disease is associated with oxidative damage to cytoplasmic DNA and RNA in substantia nigra neurons [J]. American Journal of Pathology ,1999 ,154 (5) :1423-1429.

[6] Anderson E ,Lusting M E ,Boyle K E ,et al. Mitochondrial H₂O₂ emission and cellular redox state link excess fat intake to insulin resistance in both rodents and humans [J]. The Journal of Clinical Investigation 2009 ,119 (3) :573-581.

[7] Sugamura K ,Keaney J F. Reactive oxygen species in cardiovascular disease [J]. Free Radical Biology & Medicine ,2011 ,51 (5) :978-992.

[8] Mleek J ,Rop O. Fresh edible flowers of ornamental plants e A new source of nutraceutical foods [J]. Trends in Food Science & Technology 2011 ,22 (10) :561-569.

[9] 伊娟娟,王振宇,曲航等.植物多酚抗肿瘤活性及其机制研究进展 [J].食品工业科技 2016 ,37 (18) :391-395.

[10] 丁苗,周才琼.植物化学物质的健康效应及其研究前景 [J].食品工业科技 2013 ,34 (23) :390-394.

(下转第 360 页)

表4 液体婴儿配方乳对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬率的影响

Table 4 Influence of liquid infant formula milk on the phagocytic rate of macrophage cell in abdominal cavity of mice

| 空白对照组 | 模型对照组 | 低剂量组 | 中剂量组 | 高剂量组 |
|--------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 吞噬率(%) | 53.31 ± 3.10 ^a | 36.11 ± 6.11 ^b | 45.19 ± 5.19 ^{ab} | 50.34 ± 10.34 ^a |

表5 液体婴儿配方乳对小鼠NK细胞活性的影响

Table 5 Influence of liquid infant formula milk on the activity of NK cell in mice

| 空白对照组 | 模型对照组 | 低剂量组 | 中剂量组 | 高剂量组 |
|-----------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| NK细胞活性(%) | 24.37 ± 4.37 ^a | 14.97 ± 3.97 ^b | 19.67 ± 2.67 ^{ab} | 21.01 ± 2.01 ^a |

小鼠NK细胞活性显著($p < 0.05$)降低,免疫力低下
小鼠模型建立成功。与模型对照组相比,中、高剂量
组小鼠NK细胞活性显著($p < 0.05$)升高,低剂量组小
鼠NK细胞活性差异不显著。而中、高剂量组之间差
异不显著,且均与空白对照组差异不显著,可见实验制
液体婴儿配方乳可增加免疫力低下小鼠的NK细胞活
性,且与正常食用饲料的小鼠的NK细胞活性相近。

3 结论

本实验测定了液体婴儿配方乳对小鼠免疫功能的
影响,结果显示其对小鼠器官免疫作用、细胞免疫
作用、体液免疫作用、单核-巨噬细胞功能、NK细胞
活性均具有一定的调节作用,对提高机体免疫力有
一定作用。

与其他同类研究相比,本研究中的液体婴儿配方
乳对提高免疫抑制小鼠的免疫作用更显著,这和产
品的配方有关。由于本产品中含有牛乳蛋白肽、
蛋白质、各种微量元素、低聚糖,而具有一定的免疫
作用。产品中牛乳蛋白小肽的浓度提高,与其免疫
活性提高有一定的相关性。因此,进一步研究牛乳
蛋白的水解技术,将小肽应用于婴儿配方乳中是提
高液体产品免疫作用的关键技术。

参考文献

[1] Gokhale R, Kirschner B S. Assessment of growth and nutrition

(上接第356页)

- [11] 杨锦华, 李博, 籍保平. 我国常见食用和药用植物的抗氧化性研究[J]. 食品科学, 2006, 27(6): 87-91.
- [12] 赵艳红, 李建科, 赵维, 等. 常见药食植物提取物体外抗氧化活性的评价[J]. 食品科学, 2009, 30(3): 104-108.
- [13] Li A N, Li S, Li H B, et al. Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wild flowers[J]. Journal of Functional Food, 2014, 6(1): 319-330.
- [14] Chen G L, Chen S G, Xie Y Q, et al. Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to *in vitro* digestion[J]. Journal of Functional Food, 2015, 17: 243-259.
- [15] 徐良雄, 曾佑炜, 龙刚, 等. 不同花卉抗氧化能力及其多酚、黄酮含量比较[J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(1): 51-54.
- [16] Chavan J J, Gaikwad N B, Kshirsagar P R, et al. Total phenolics, flavonoids and antioxidant properties of three *Ceropegia* species from Western Ghats of India[J]. South African Journal of Botany, 2013, 88(5): 273-277.
- [17] AL-Ghudani M K N, Hossain M A. Determination of total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of root crude extracts of *Adenium obesum* traditionally used for the treatment of bone

[J]. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology, 2003, 17(2): 153-166.

[2] Hulzebos C, Sauer P J J. Energy requirements[J]. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2007, 12: 2-10.

[3] Barclay A, Weaver L. Feeding the normal infant, child and adolescent[J]. Medicine, 2003, 34(12): 551-556.

[4] Monte CMG, Giugliani E R J. Recommendation for the complementary feeding of the breastfed child[J]. Journal de Pediatría, 2004, 80: 131-141.

[5] KAWAKAMI H. Effect of iron-saturated lactoferrin on iron absorption[J]. Agtic Biol Chem, 2005, 52(2): 903-908.

[6] AMOLD R R A. Bactericidal effect of human lactoferrin[J]. Science, 2007, 317: 263-265.

[7] WOAN - SUB K. Lactoferrin - binding proteins in *Bifidobacterium bifidum*[J]. Biochem Cell Biol, 2002, 80: 91-94.

[8] 宣丽, 刘长江. 软枣猕猴桃多糖的免疫活性[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(5): 59-61.

[9] 曾珍, 李诚, 付刚, 等. 猪骨免疫活性肽的分离纯化[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(11): 116-119.

[10] 李志涛, 梁魁景, 马俪珍, 等. 鲶鱼体表黏液 IgM 的免疫活性研究[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(1): 152-154.

[11] 袁文鹏, 张绵松, 胡炜, 等. 仿刺参酶解提取物营养成分分析及其对小鼠免疫功能的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(11): 45-50.

dislocations and rheumatism[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 2015, 5(Supplement): S155-S158.

[18] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay[J]. Analytical Biochemistry, 1996, 239(1): 70-76.

[19] Xie J H, Dong C J, Nie S P, et al. Extraction, chemical composition and antioxidant activity of flavonoids from *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljin skaja leaves[J]. Food Chemistry, 2015, 186(21): 97-105.

[20] Re B, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay[J]. Free Radical Biology & Medicine, 1999, 26(9-10): 1231-1237.

[21] 郭长江, 韦京豫, 杨继军, 等. 66种蔬菜、水果抗氧化活性的比较研究[J]. 营养学报, 2003, 25(2): 203-206.

[22] 米书梅, 阮征, 温艳梅, 等. 几种常见果蔬抗氧化活性与多酚和维生素C的关系[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 133-136.

[23] 陈钢, 黄立山, 徐静, 等. 黑莓花色苷的超声波提取与抗氧化性活性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 117-121.