玫瑰细胞露的化学成分及活性研究

薛鹏[1,2]，孙晓燕[1,2]，张威毅[1,2]，王庆才[3]，任贵兴[1,2]
（1.中国农业科学院作物科学研究所，北京 100081）（2.齐鲁工业大学食品科学与工程学院，山东济南 250353）
（3.山东省芳蕾玫瑰生物科技有限公司，山东济南 250400）

摘要：玫瑰细胞露是玫瑰花在水蒸气提取玫瑰精油后产生的玫瑰花水溶液。本文针对玫瑰细胞露进行了植物化学分析和生物活性分析，通过 GC-MS 定量分析结合 HPLC 分析发现玫瑰细胞露主要化学成分包括：芳樟醇，苯乙醇，香茅醇，α-红没药醇，山柰酚-3-O-芦丁苷，同时对细胞露的酪氨酸酶抑制活性，抗氧化活性，抗菌活性进行了系统评价。结果表明：细胞露的酪氨酸酶抑制活性为 IC_{50}=2.45 mL，DPPH 抗氧化活性为 IC_{50}=2.58 mL，ABTS 自由基清除活性为 3.43 mL；另外，细胞露具有较强的抗菌活性，对具核梭杆菌有较强的抑制率，最低抑菌浓度为 MIC=32 μL，最低杀菌浓度 MBC=125 μL。为玫瑰细胞露在化妆品和食品行业中的应用提供理论基础。

关键词：玫瑰细胞露；化学成分；抗氧化；酪氨酸酶抑制；抗菌活性
文章篇号：1673-9078(2017)6-105-110 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.6.016

Phytochemical Constituents, and Antioxidant, Antimicrobial, and Tyrosinase Inhibitory Activities of Rose Oil Distillation Wastewater

XUE Peng[1,2], SUN Xiao-yan[1,2], ZHANG Wei-yi[1,2], WANG Qing-cai[3], REN Gui-xing[1,2]
(1.Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)
(2.College of Food Science and Technology, Qilu University of Technology, Jinan 250353, China)
(3.Fragrant Rose Biological Technology Co., Jinan 250400, China)

Abstract: Rose oil distillation wastewater (RODW) is the waste solution that obtained after the preparation of rose essential oil by water vapor extraction of roses. The phytochemical constituents of RODW and their biological activities were investigated in this study. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) quantitative analysis combined with high-performance liquid chromatography (HPLC) showed that the main chemical components of RODW included linalool, phenethyl alcohol, citronellol, α-bisabolol, and kaempferol-3-O-rutinoside, and the antioxidant, antimicrobial, and tyrosinase inhibitory activities of RODW were systematically evaluated. The results showed that the half maximal inhibitory concentration (IC_{50}) values for tyrosinase inhibitory activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, and 2,2′-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging activity of RODW were 2.45±0.14 mL, 2.58±0.04 mL, and 3.425±0.21 mL, respectively. Furthermore, RODW possessed strong antimicrobial activity, and showed a high inhibition rate against *Fusobacterium nucleatum*, with a minimum inhibitory concentration (MIC) of 32 μL and minimum bactericidal concentration (MBC) of 125 μL. This study provides a theoretical basis for the application of RODW in cosmetics and food industries.

Key words: rose oil distillation wastewater; phytochemical constituents; antioxidant; antimicrobial activity; tyrosinase inhibitory activities

玫瑰花（*Rosa rugosa Thumb.*）是具有很高食用和药用价值的花卉，含有大量芳香类物质、多酚、黄酮等生物活性成分，具有一定的抗氧化、抗血栓、抗癌和抗菌免疫调节等生物活性[1]，其味甘而微苦，性温，具有理气解郁、活血散瘀、调经止痛的作用，是妇科疾病常用的药用材料；玫瑰花露又称细胞露是在水蒸气提取玫瑰精油后下层产生的玫瑰花水溶液[2]，具有独特的玫瑰香气，含有多种多酚类和挥发性类活性物质[3]，并具有一定的抗氧化和美白作用[4]，可用食品，饮料、化妆品及药品的开发。

玫瑰花露中的香气成分主要为苯乙醇、香樟醇、丁香酚和香茅醇等，这些芳香类物质构成了细胞露特殊的玫瑰香气，从而赋予细胞露作为芳香类物质添加

收稿日期：2016-10-14
基金项目：中国农业科学院科技创新工程杂粮营养与功能团队
作者简介：薛鹏（1989-），男，博士研究生，研究方向：功能性成分研究；孙晓燕（1988-），女，硕士研究生，研究方向：功能性成分研究（共同第一作者）
通讯作者：任贵兴（1963-），男，博士，研究员，研究方向：杂粮品质加工与活性评价

剂的特性[4]，此外其水溶液中还有含有少量的山奈酚、芦丁、槲皮素、蔷薇苷 A、蔷薇苷 B 和金丝桃苷等活性成分，具有明显的酪氨酸酶抑制作用，特别是黄酮类成分可以竞争性抑制酪氨酸酶的活性[3]。目前，对玫瑰花露的研究主要采用 GC，GC-MS，固相萃取结合 GC-MS，闻嗅仪-固相萃取结 GC-MS 等检测技术，仅停留在挥发性成分的定性分析[4-7]，尚未对玫瑰花中活性成分进行定量分析和生物活性进行系统评价。本研究拟采用 GC-MS 对玫瑰花露中挥发性成分进行定量分析和 HPLC-MS 及 HPLC 对玫瑰花露中的黄酮类成分进行定性定量分析，同时参考对 DPPH 及 ABTS 自由基的清除能力对细胞露的抗氧化能力进行评价，利用对酪氨酸酶的抑制作用测定其美白效果，并考察细胞露对大肠杆菌、李斯特菌、金葡菌、表皮金葡菌、丙酸杆菌及具核梭杆菌等有害菌的抑制作用。因为玫瑰细胞露中苯乙醇的玫瑰状香气，结合这些效果，可以用作化妆品工业中的天然皮肤美白和皮肤护理添加剂，以及食品工业和医药生产中的天然防腐添加剂和抗菌剂，为进一步开发利用玫瑰花露提供理论依据，进而提高玫瑰花的商业利用价值。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

丰花玫瑰露，山东省芳蕾玫瑰生物科技有限公司；乙酸乙酯、乙腈（色谱纯），美国 Thermo 公司；香樟醇、苯乙醇、香茅醇、松油醇、α-红没药醇及芦丁，美国 sigma 公司；改良 GAM 肉汤培养基，北京索莱宝生物科技有限公司；LC-1100 液相联用仪（ESI 源）美国 Agilent 公司；QP2010 Ultra GC/MS，日本岛津（Shimadzu）公司；光吸收型酶标仪 SpectraMax Plus384，光谷分子仪器（上海）有限公司；金黄色酿脓葡萄球菌（ATCC 25923）、大肠杆菌（ATCC 25922）、沙氏肠炎杆菌（ATCC 14028）、李斯特菌（ATCC 19119）、白色念珠菌（ATCC 10231）、痤疮丙酸杆菌（ATCC 6919），广东省微生物保藏中心。

1.2 方法

1.2.1 GC-MS 分析条件

1.2.1.1 GC 条件

进样口温度 250 ℃；载气 He；流速 1.02 mL/min；Rtx-Wax 色谱柱（30 m×0.25 mm，0.25 μm）；程序升温：初温 60 ℃，以 1.7 ℃/min 速率升至 120 ℃，以 2.5 ℃/min 升至速率 200 ℃，以 8 ℃/min 速率升至 260 ℃，保持 2 min。

1.2.1.2 MS 条件

电子电离源；电子电离能量 70 eV；离子源温度 250 ℃；质量扫描范围 *m/z* 35~500；质谱库为 NIST 05；扫描模式为全扫描。

1.2.2 HPLC 分析条件

Ultrasphere 5 C18 (4.6 mm×250 mm，Ultrasphere Co., Ltd., Berkshire, UK)，检测波长 350 nm，柱温箱 25 ℃，色谱相 A：水，B：乙腈：10%B 0~5 min；10~25%B 5~10 min，25~30%B 10~15 min，30~60% B 15~50 min。

1.2.3 活性成分含量分析

精确称量苯乙醇 2.53 mg，α-红没药醇 2.44 mg，α-松油醇 5.23 mg，香茅醇 1.52 mg，薄荷醇 1.32 mg，香樟醇 2.41 mg，用 1 mL、30%甲醇 70%乙酸乙酯的混合溶液稀释，并最终用乙酸乙酯溶液稀释 104~109 倍，分别进样 104、105、106、107、108 和 109 六个梯度，每次进样 1 μL，并制作标准曲线。

精确称量曲酸 10.12 mg，金丝桃苷 10.07 mg，槲皮素 10.07 mg，溶入 10 mL 甲醇溶液，作为储备液。储备液分别稀释 2 倍、4 倍、8 倍、16 倍和 32 倍后进样，每次进样 10 μL。标准曲线以峰面积为 *y* 轴，进样体积为 *x* 轴。

1.2.4 DPPH 自由基清除试验

玫瑰细胞露 DPPH 氧自由基清除试验参考文献[8]，细胞露分别稀释 2 倍、4 倍、8 倍、16 倍；取 10 mL 不同浓度的细胞露溶液与 190 mL 含有 150 mM DPPH 50%的乙醇溶液中；静置 30 min 后，取 100 μL 上清液放入 96 孔板中，在 517 nm 下检测反应液吸光度，DPPH 自由基清除率参考以下公式，H 和 H_0 分别代表样品吸光度和空白对照吸光度。

清除率(%)=[(H_0-H)/H]×100

1.2.5 ABTS 自由基清除实验

表 1 反应体系组成

Table 1 Reaction system

	反应液组成与体积		
试验号	样品	ABTS 工作液	95%乙醇
A_i	0.4	1.6	0
A_j	0.4	0	1.6
A_0	0	1.6	0.4

清除率(%)=[1-(A_i-A_j)/A_0)]×100

细胞露的 ABTS 自由基清除试验参考文献[9]。试验所需试剂：ABTS 工作液的配制：将 7.4×10^{-3} mol/L 的 ABTS 水溶液和 2.6×10^{-3} mol/L 过硫酸钾水溶液按照体积比例 1:1 混合，避光条件下反应 12 h 后，用 95%乙醇稀释即得到工作液。细胞露分别稀释 2 倍、4 倍、

8 倍和 16 倍。试验的反应体系如表 1 所示。

1.2.6 酪氨酸酶抑制试验

细胞露的酪氨酸酶抑制试验参考文献[10]。试验所需的试剂为：酶活力为 2500 u/mg 的酪氨酸酶，2.5 mmol 的 L-左旋多巴以及 0.1 M PH=6.8 的磷酸盐缓冲液，细胞露分别稀释 2 倍、4 倍、8 倍和 16 倍。试验的反应体系如下表所示：

表 2 反应体系组成

Table 2 Reaction system

试验号	反应液组成与体积(mL)				
	磷酸盐缓冲液	样品	酪氨酸酶	L-左旋多巴	总计
A	3.3	0	0.3	0.4	4
B	3.6	0	0	0.4	4
C	2.6	0.7	0.3	0.4	4
D	2.9	0.7	0	0.4	4

该反应体系在 37 ℃水浴锅中反应 2 min 后，取 100 μL 反应液加入到 96 孔板中，475 nm 下检测各吸光度。不同浓度的曲酸溶液作为阳性对照，每次实验进行三次，对酪氨酸酶抑制作用采用抑制率表示：

抑制率(%)=[1-(C-D)/(A-B)]×100

1.2.7 抑菌试验

最小抑菌浓度（MIC）和最小杀菌浓度（MBC）实验参考文献[11]，100 μL、105 CFU/mL 的金黄色酿脓葡萄球菌，大肠杆菌，肠炎沙门氏菌，白色念珠菌营养肉汤培养基，李斯特菌，痤疮丙酸杆菌的 GAM 培养基，分别加入 96 孔板中，然后分别加入 100 μL 不同浓度的细胞露，不加细胞露为阴性对照。其中细胞露的浓度在 1 mg/mL~0.3 μg/mL 之间，将 96 孔板放入培养箱中 37 ℃培养 48 h，丙酸痤疮杆菌在厌氧培养箱中培养 72 h。MIC 的判定为在肉眼观察下，最小浓度的样品溶液中，细菌没有生长。另外取 10 μL 各培养液加入到 CDC 血培养基中培养 48 h，没有细菌生长所对应的浓度为最小杀菌浓度。每个实验进行三次。

2 结果与分析

2.1 标准品及细胞露总离子流图

通过利用相对保留时间，离子碎片峰比较与标准品之间的差异，鉴定出细胞液中主要含有六种芳香性成分见图 1，相对含量见表 3。从图 1 可以发现，通过梯度升温，可以使细胞露及标准品的几种成分得到良好的分离。细胞露中的总挥发性成分含量为(266.24±13.72)×10^{-6} mg/mL，包括芳樟醇(10.00±0.75)×10^{-6} mg/mL，苯乙醇(150.49±8.93)×10^{-6} mg/mL，香茅醇(26.90±1.57)×10^{-6} mg/mL，苯乙醇乙酯(73.14±4.21)×10^{-6} mg/mL，茅醇乙酯(5.14±0.42)×10^{-6} mg/mL，α-红没药醇(0.06±0.01)×10^{-6} mg/mL。有研究表明可以利用 GC-MS 测定玫瑰细胞露中的挥发性成分，但是其主要的测定成分为苯乙醇[12~14]。更重要的是 Koksal N 等利用 HP-SPME/GC/MS 技术可以对玫瑰露中挥发性成分进行测定，在玫瑰露中发现了 26 中挥发性成分[15]。与已报道试验不同的是，本次试验采用与标准品对照对细胞露中主要的挥发性物质进行定性和定量。尽管其中的挥发性成分类型有所差异，但是其主要的成分类型不变，其中最要的挥发性成分为单萜类，如：芳樟醇、香茅醇和苯乙醇。

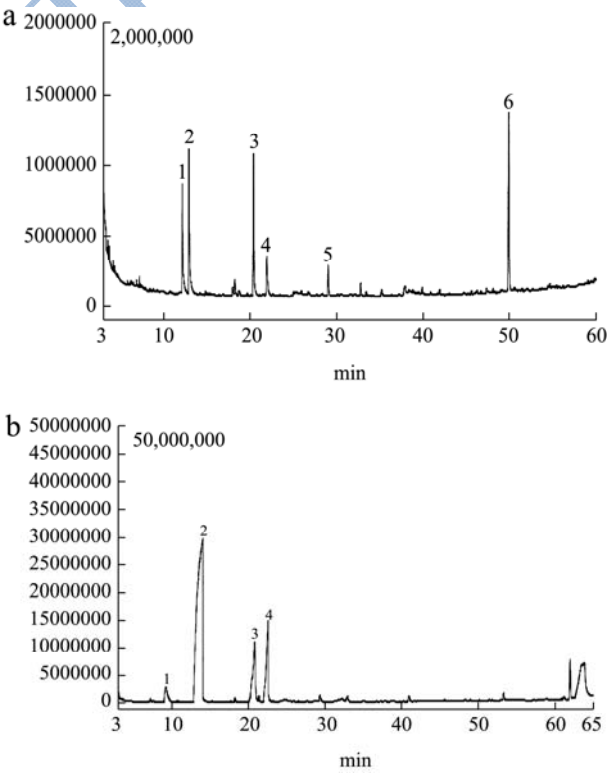


图 1 标准品（a）及细胞露（b）总离子流图

Fig.1 Total ion chromatograms of volatile compound standards in ethyl acetate (a) and rose oil distillation wastewater (b)

注: RODW，细胞液；峰：1，芳樟醇；2，苯乙醇；3，香茅醇；4，苯乙酯；5，香茅乙酯；6，α-红没药醇。

表 3 细胞露中的活性成分分析

Table 3 Analysis of the active components in RODW (10^{-6} mg/mL)

组分	保留时间/min	分子结构	重量	细胞露
芳樟醇	12.163	$C_{10}H_{18}0$	154.25	10.00±0.75
苯乙醇	12.921	$C_8H_{10}O$	122.16	150.49±8.93
香茅醇	20.393	$C_{10}H_{20}O$	156.27	26.90±1.57
乙酸苯乙酯	21.923	$C_{10}H_{12}0_2$	164.2	73.14±4.21
乙酸香茅醇	29.029	$C_{12}H_{22}O_2$	198.3	5.14±0.42
α-红没药醇	49.909	$C_{15}H_{26}O$	222.36	0.06±0.01
总含量				266.24±13.72

注：数据由三次样品的平均值±标准偏差表示。

2.2 黄酮类成分分析

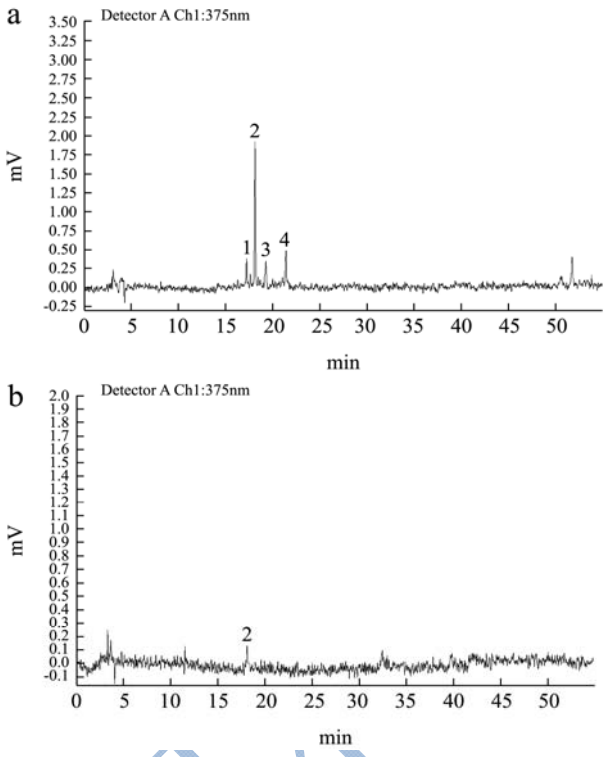


图 2 标准品（a）及细胞露（a）的 HPLC 图谱

Fig.2 HPLC chromatograms of standard substances (a) and rose oil distillation wastewater (b)

注：RODW，细胞液；峰：1，金丝桃苷；2，山柰酚-3-O-芦丁苷；3，芦丁；4，木犀草素。

细胞露中的黄酮化合物的相对保留时间，标准曲线如表 4 所示。本实验只检测到山柰酚-3-O-芦丁苷(0.12±0.01 mg/mL)，其中细胞露中总多酚类含量为 0.05±0.01 mg/mL。曾有报道干燥的玫瑰花中的主要多酚类成分为没食子酸、儿茶酸、白儿茶酸和芦丁；多酚类的总含量为 875.2 mg/g，黄酮类物质的总量为 610.3 mg/g[16]。从细胞露中分离得到了芦丁、蔷薇苷 B、金丝桃苷、山柰酚和鞣花酸[3]。与已报道的文献相比，我们利用 HPLC-MS 技术鉴定了玫瑰细胞露中黄酮和多酚类物质，其中只有一个黄酮类成分被鉴定；没有检测到其中的多酚类物质，其原因可能是细胞露中的黄酮类和多酚类物质含量低于仪器检测限。

2.3 酪氨酸酶抑制

细胞露对酪氨酸酶的抑制活性如表 5 所示。细胞露具有一定酪氨酸酶抑制活性，IC_{50} 值为 2.45±0.14 mL。挥发性成分包括：芳樟醇、苯乙醇、香茅醇和 α-红没药醇，它们的抗酪氨酸酶活性呈现出浓度依赖性，其 IC_{50} 值分别为 0.73±0.04 mg/mL、0.315±0.01 mg/mL、0.825±0.03 mg/mL 和 0.635±0.02 mg/mL；黄酮类成分：山柰酚-3-O-芦丁苷的半抑制浓度 IC_{50}<0.001 mg/mL，其活性要强于曲酸(IC_{50}=5.61 μg/mL)，该结果与 Solimine J 等的实验结果即含有黄酮类成分玫瑰露的 IC_{50} 为 0.41±0.01 μg/mL 相符合[3]。综合以上的试验结果发现，相比芳樟醇，苯乙醇，香茅醇和 α-红没药醇三种主要挥发性成分，黄酮类物质山柰酚-3-O-芦丁苷更能有效地抑制酪氨酸酶活性[17,18]。

表 4 玫瑰花露中的活性成分分析

Table 4 Analysis of the active components in RODW (mg/mL)

峰	人参皂苷	保留时间	标准曲线	R^2	细胞露
1	山柰酚-3-O-芦丁苷	17.737	y=7102x+3256	0.9984	0.05±0.01
	总多酚含量				0.04±0.01
	总黄酮含量				0.05±0.01

注：数据由三次样品的平均值±标准偏差表示。

表 5 细胞露的活性分析

Table 5 Total solid content and IC_{50} values of the active components in RODW (mg/mL)

组分	DPPH 清除活性	ABTS 自由基清除	酪氨酸酶抑制
细胞露	2.58±0.04 mL	3.425±0.21 mL	2.45±0.14 mL
芳樟醇	>10	>10	0.73±0.04
苯乙醇	>10	>10	0.315±0.01
香茅醇	>10	>10	0.825±0.03
α-红没药醇	>10	>10	0.635±0.02
山柰酚-3-O-芦丁苷	<0.001	<0.001	<0.001
阳性对照	<0.001	<0.001	0.08±0.02

注：数据由三次样品的平均值±标准偏差表示。DPPH 清除活性试验的对照为维生素 C；NO 自由基清除试验的对照为维生素 C；酪氨酸酶抑制试验的对照为维生素 E。

表 6 玫瑰花露各成分的抗菌活性研究

Table 6 MIC and MBC of RODW, RFCS, and different monomers against pathogenic bacteria (μg/mL)

组分	金黄色葡萄球菌		大肠杆菌		痤疮丙酸杆菌		具核梭杆菌	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
细胞露	500	>1000	250	1000	125	500	32	125
芳樟醇	250	1000	250	1000	250	1000	250	1000
苯乙醇	125	250	250	1000	125	500	8	32
香茅醇	125	500	250	500	125	500	250	1000
α-红没药醇	250	1000	500	1000	125	500	8	16
山柰酚-3-O-芦丁苷	250	1000	500	>1000	500	1000	500	>1000
盐酸盐四环素	16	16	16	16	8	16	3	3

注：数据由三次样品的平均值±标准偏差表示。MIC：最小抑菌浓度；MBC：最小杀菌浓度。

2.4 抗氧化活性

细胞露和各个标准品的抗氧化活性如表 3 所示。细胞露具有一定的 DPPH·清除能力，其 IC_{50}=2.58±0.04 mL，细胞露中的黄酮类成分具有极高的 DPPH·清除活性，山柰酚-3-O-芦丁苷的 IC_{50} 值小于<0.001 mg/mL。细胞露的挥发性成分，包括芳樟醇，苯乙醇，香茅醇，α-红没药醇没有展现出相应的 DPPH 抗氧化活性，IC_{50}>10 mg/mL。另外，试验表明细胞露具有一定 ABTS 自由基清除能力，其 IC_{50} 值为 3.425±0.21 mL，与 DPPH 一致。黄酮类成分山柰酚-3-O-芦丁苷的 ABTS 自由基清除率的半清除浓度 IC_{50} 值为小于 0.001 mg/mL，单一的挥发性成分：如芳樟醇、苯乙醇、香茅醇和 α-红没药醇没有 ABTS 自由基清除能力（IC_{50}>10 mg/mL）。综上所述，细胞露中主要的抗氧化成分为黄酮类活性物质[19,20]。

2.5 抗菌活性

细胞露及细胞露中各成分的抗菌活性如表 6 所示。细胞露对具核梭杆菌有很强的的抑制活性（MIC=32 μL 和 MBC=125 μL），对痤疮丙酸杆菌和白色念珠菌的抑制活性略低于具核梭杆菌，其中 MIC 都为 125 μL，对大肠杆菌，李斯特菌，沙氏肠炎杆菌最低抑菌浓度为 500 μL 和 1000 μL。细胞露中各种单体的抑菌效果表现各不相同，其中李斯特菌和具核梭杆菌对 α-红没药醇极其敏感，MIC 值为 19.5 μg/mL，MBC 值为 312.5 μg/mL。本研究结果与前人报道基本一致[21~23]，玫瑰挥发油，玫瑰花水提取，乙醇提取物，乙酸乙酯提取物，氯仿提取物以及正丁醇提取物都具有一定光谱的抗细菌及抗真菌活性，玫瑰挥发油的抗菌活性强于其他馏分[20]。

3 结论

研究发现细胞露具有抗氧化，抗菌剂酪氨酸酶抑制活性。具有玫瑰芳香的苯乙醇，结合酪氨酸酶抑制活性及抗金葡菌，白色念珠菌和痤疮丙酸杆菌活性，可以使细胞露应用关于美白，及皮肤护理的化妆品行业；结合抗氧化能力及抗李斯特菌，沙氏肠炎杆菌和大肠杆菌，可应作为食品添加剂应用于食品行业如啤酒、白酒、果汁、茶和咖啡。

参考文献

[1] 胡晓燕,沈才洪,敖宗华,等.玫瑰花有效成分及玫瑰花酒的研究进展[J].酿酒科技, 2014,11:68-72
HU Xiao-yan, SHEN Cai-hong, AO Zong-hua, et al. Research progress in the active ingredients of rose & rose wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2014, 11: 68-72

[2] 虞伊林.玫瑰活体香气和花水成分及含量变化研究[D].上海:上海交通大学,2012
YU Yi-lin. Study on aroma and flower water constitution and contents of rosa rugosa [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012

[3] 石双妮.玫瑰精油提取后副产物的功效成分分析及利用[D].杭州:浙江工商大学,2013
SHI Shuang-ni. Functional components analysis on the filtrate after essential oil extraction of rose and utilization [D]. Zhejiang: Zhejiang Gongshang University, 2013

[4] Solimine J, Garo E, Wedler J, et al. Tyrosinase inhibitory constituents from apolyphenol enriched fraction of rose oil distillation wastewater [J]. Fitoterapia, 2016, 108: 13-19

[5] 苗潇潇,李美萍,李平,等.HS-SPME-GC-O-MS 分析玫瑰花露中的易挥发性成分[J].食品科学,2016,37(12):156-162
MIAO Xiao-xiao, LI Mei-ping, LI Ping, et al. Analysis of volatile compounds in rose hydrolat by headspace solid-phase micro extraction and gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry [J]. Food Science, 2016, 37(12): 156-162

[6] 左安连,毛海舫,李琼,等.玫瑰纯露特性的研究[C]//北京:中国香料香精化妆品工业协会,2008:79-84
ZUO An-lian, MAO Hai-fang, LI Qiong, et al. Research on the characteristic of rose water [C]// Beijing: China Fragrance Flavor & Cosmetic Industry Association, 2008: 79-84

[7] Agarwal S G, Gupta A, Kapahi B K, et al. Chemical composition of rose water volatiles [J]. Journal of Essential Oil Research, 2005, 17(3): 265-267

[8] Blois M S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical [J]. Nature, 1958, 181(4617): 1199-1200

[9] Choi D J, Lee S J, Min K H, et al. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.) [J]. Journal of the Korean Society of Food Science & Nutrition, 2008, 37(4): 465-471

[10] Fawole O A, Makunga N P, Opara U L. Antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhibition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract [J]. BMC Complementary & Alternative Medicine, 2012, 12(1): 1-11

[11] Xue P, Yao Y, Yang X S, et al. Improved antimicrobial effect of ginseng extract by heat transformation [J]. Journal of Ginseng Research, 2016

[12] Rusanov K E, Kovacheva N M, Atanassov I I. Comparative GC/MS analysis of rose flower and distilled oil volatiles of the oil bearing rose [J]. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2014, 25(1): 2210-2216

[13] Lei G, Wang L, Liu X, et al. Fast quantification of phenylethyl alcohol in rose water and chemical profiles of rose water and oil of and from southeast China [J]. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2015, 38(7): 823-832

[14] Mahboubifar M, Shahabipour S, Javidnia K. Evaluation of the valuable oxygenated components in iranian rose water [J]. International Journal of Chemtech Research, 2014, 6: 4782-4788

[15] Koksal N, Saribas R, Kafkas E, et al. Determination of volatile compounds of the first rose oil and the first rose water by HS-SPME/GC/MS techniques [J]. African Journal of Traditional Complementary & Alternative Medicines, 2015, 12(4): 145-150

[16] Juan-mei Zhang, Xin Rui, Li Wang, et al. Polyphenolic extract from *Rosa rugosa* tea inhibits bacterial quorum sensing and biofilm formation [J]. Food Control, 2014, 42(2): 125-131

[17] Álvaro Sánchez-Ferrer, Rodríguez-López J N, García-Cánovas F, et al. Tyrosinase: a comprehensive review of its mechanism [J]. Biochimica Et Biophysica Acta, 1995, 1247(1): 1-11

[18] Kim Y J, Uyama H. Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources: structure, inhibition mechanism and perspective for the future [J]. Cellular & Molecular Life Sciences Cmls., 2005, 62(15): 1707-23

[19] Wong P Y Y, Kitts D D. Studies on the dual antioxidant and antibacterial properties of parsley (*Petroselinum crispum*) and cilantro (*Coriandrum sativum*) extracts [J]. Food Chemistry, 2006, 97(3): 505-515

[20] Li L, Ham H, Sung J, et al. Antioxidant activities of methanolic extracts from four different rose cultivars [J]. Journal of Food & Nutrition Research, 2014, 2(2): 69-73

[21] Joo S S, Kim Y B, Lee D I. Antimicrobial and antioxidant properties of secondary metabolites from white rose flower [J]. Plant Pathology Journal, 2010, 26(1): 57-62

[22] Shohayeb M, Abdel-Hameed E S S, Bazaid S A, et al. Antibacterial and antifungal activity of *Rosa damascena* mill. essential oil, different extracts of rose petals [J]. Global

Journal of Pharmacology, 2014, 8(1): 1-7

[23] Zhang J, Rui X, Wang L, et al. Polyphenolic extract from *Rosa rugosa*, tea inhibits bacterial quorum sensing and biofilm formation [J]. Food Control, 2014, 42(2): 125-131

现代食品科技