

军医学杂志, 2017, 42(8): 743-748.

[43] 李明伟, 路军章. 衰老机制与中药抗衰老研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(9): 215-218.

[44] 李翔, 杨茜, 刘星, 等. 多类抗衰老药物及其机制[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(13): 3313-3316.

[45] 黎敏, 刘莉, 刘周江, 等. 中药多糖抗衰老作用机制研究进展[J]. 重庆中草药研究, 2018(1): 44-46.

[46] 刘春红, 金钟斗, 韩宝瑞. 平贝母多糖对 *D*-半乳糖诱导衰老模型小鼠的抗氧化作用[J]. 食品科学, 2011, 32(23): 285-288.

[47] 毛宇奇, 张建鹏. 植物多糖抗衰老作用的研究进展[J]. 生物技术通讯, 2014, 25(4): 588-590.

[48] 李冀, 于雪, 马育轩, 等. 中药及其有效成分抗炎机制的研究进展[J]. 中医医学报, 2010, 38(2): 134-137.

[49] 李翠丽, 王炜, 张英, 等. 中药多糖提取、分离纯化方法的研究进展[J]. 中国药房, 2016, 27(19): 2700-2703.

[50] 叶陈丽, 贺帅, 曹伟灵, 等. 中药提取分离新技术的研究进展[J]. 中草药, 2015, 46(3): 457-464.

## 草莓属植物资源分布、化学成分、药理活性研究进展

杨海艳, 王洪玲, 钟国跃, 曾庆雅, 朱继孝\*, 熊雯雯\*  
(江西中医药大学中药资源与民族药研究中心, 江西南昌 330004)

**摘要:** 草莓属植物分布广泛, 其果实营养丰富。研究表明, 草莓属植物含有花青素类、黄酮类、单宁类等多种化学成分。现代药理研究表明其具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤、降血糖、抗炎、抗肥胖等多种药理活性。草莓属药用植物应用前景非常广阔, 但对其研究开发较少。本文从资源分布、化学成分、药理作用等方面对草莓属植物进行综述, 以期为其临床合理应用和药食同源产业的合理开发利用开辟新思路。

**关键词:** 草莓属; 资源分布; 化学成分; 药理作用

**中图分类号:** R282      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-1528(2022)02-0510-09

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.02.032

草莓属蔷薇科植物为浆果类果树, 果实风味鲜美、营养丰富, 通常称之为草莓, 是世界七大水果之一, 被誉为“水果皇后”, 草莓栽培品种已有上千种, 世界各国亦有栽培, 目前栽培广泛、利用较多的是凤梨草莓<sup>[1-2]</sup>, 深受大众喜爱, 此外, 其富含维生素 C, 不仅具有丰富的营养价值、商业价值, 还具有较高药用和医疗保健价值。

草莓入药堪称上品, 现代本草及古代医学典籍中对关于草莓名称的记载不一致, 通常被称之为草莓或东方草莓, 草莓藏名主要为直打萨曾和孜孜酒曾<sup>[3]</sup>。《中华本草》<sup>[4]</sup>记载中药东方草莓药用部位为果实, 能生津止渴、化石祛湿。《中华本草·藏药卷》<sup>[5]</sup>记载藏药草莓药用部位为干燥全草, 具有清热、消肿、引脓血与黄水、治“培根”“赤巴”合并症等功效, 产于甘肃、青海、西藏、四川等地, 资源十分丰富且适应性广泛。

几十年来, 国内外学者对草莓果实进行了深入的研究, 主要集中在对草莓果实的栽培、食用、贮藏、保鲜等方面, 对草莓果实的药理活性研究相对较少, 对藏药草莓化学成分、药理活性方面研究亦十分有限。本文在查阅历代古籍

的基础上, 以“草莓属”“东方草莓”“草莓”“直打萨曾”“孜孜酒曾”“化学成分”等作为关键词于中国知网、SciFinder 等数据库中组合检索 1962 年至 2020 年刊出的对该领域具有重大贡献的 65 篇相关文献, 对草莓属植物资源分布、化学成分、药理活性等方面进行归纳总结, 从多角度阐述草莓属植物的药用价值以及其他价值, 以期为临床应用提供理论基础, 同时为草莓属植物资源在药食同源产业的合理开发利用开辟新思路。

### 1 资源分布

1.1 世界草莓属种类及资源分布 草莓在世界各种浆果果树中, 栽培面积和产量仅次于葡萄, 居第二位, 目前全世界共有两千余个栽培品种, 但全世界草莓属野生资源仅约 24 个品种, 主要分布在美洲、欧洲、亚洲, 被称为草莓三大起源中心。美洲中心, 包括北美洲全部和南美洲的太平洋沿岸地区; 欧洲中心, 包括欧洲全部; 亚洲起源中心, 包括中国、日本、西伯利亚、伊朗、阿富汗、黑海沿岸地区<sup>[6-8]</sup>。全世界草莓属野生资源概况<sup>[2,9]</sup>详见表 1。

收稿日期: 2020-12-28  
基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFC1712302); 江西省卫健委中医药科研课题 (2018A390)  
作者简介: 杨海艳 (1993—), 女, 硕士生, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: jennifer.y@foxmail.com  
\*通信作者: 朱继孝 (1981—), 男, 博士, 教授, 从事中药有效成分与作用机理研究。E-mail: zhujx81@sina.com  
熊雯雯 (1981—), 女, 主治中医师, 从事中药作用机制研究。E-mail: 55441626@qq.com

表 1 野生草莓属种类及资源分布

名称	拉丁名	世界分布	中国分布
森林草莓	<i>Fragaria vesca</i> L.	北美洲、亚洲北部、欧洲	新疆、吉林、黑龙江
绿色草莓	<i>Fragaria viridis</i> Duch.	欧洲、亚洲东部高加索、西比利亚地区、加那利群岛	新疆
黄毛草莓	<i>Fragaria nilgerrensis</i> Schlecht.	亚洲东南部、尼泊尔、锡金、印度东部、越南北部	云南、四川、陕西、贵州、湖南、湖北、台湾
裂萼草莓	<i>Fragaria daltoniana</i> Gay	喜马拉雅山脉	西藏
西藏草莓	<i>Fragaria nubicola</i> Lindl.	喜马拉雅山脉	西藏
五叶草莓	<i>Fragaria pentaphylla</i> Lozinsk	中国西北部	四川、青海、陕西、甘肃、河南
东北草莓	<i>Fragaria mandschurica</i> Staudt	中国东北部	吉林、黑龙江、内蒙古
中国草莓	<i>Fragaria chinensis</i> Lozinsk.	中国西部、西南部	青海、甘肃、四川、湖北、陕西、西藏、河南
日本草莓	<i>Fragaria nipponica</i> Lindl.	日本中北部	不明
饭沼草莓	<i>Fragaria iinumae</i> Makino.	日本西北部	不明
两季草莓	<i>Fragaria × bifera</i> Duch.	欧洲	不明
布哈拉草莓	<i>Fragaria bucharica</i> Lozinsk	阿富汗、塔吉克斯坦、巴基斯坦和印度	不明
东方草莓	<i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	中国、蒙古、朝鲜	青海、甘肃、吉林、黑龙江、辽宁、内蒙古
西南草莓	<i>Fragaria moupinensis</i> (Franch.) Card.	中国西南部	西藏、四川、青海、甘肃、云南、陕西
伞房草莓	<i>Fragaria corymbosa</i> Lozinsk.	中国西北部	甘肃、陕西、山西、河南、河北
纤细草莓	<i>Fragaria gracilis</i> Lozinsk.	中国西北部	青藏高原、陕西、青海、四川、云南、湖北
高原草莓	<i>Fragaria tibetica</i> Staudt et Dickoré	中国西部	西藏、四川
布氏草莓	<i>Fragaria × bringhurstii</i> Staudt	美国加利福尼亚州	吉林、黑龙江
麝香草莓	<i>Fragaria moschata</i> Duch.	欧洲中北部	不明
智利草莓	<i>Fragaria chiloensis</i> (L.) Duch.	北美、南美、太平洋沿岸	不明
弗州草莓	<i>Fragaria virginiana</i> Duch.	北美中东部	不明
凤梨草莓	<i>Fragaria × ananassa</i> Duch.	世界各地均引种栽培	中国各地均有栽培
择捉草莓	<i>Fragaria iturupensis</i> Staudt	日本东北部千岛群岛靠南部的择捉岛	不明
瀑布草莓	<i>Fragaria cascadenis</i> Hummer	美国俄勒冈州卡斯喀山脉西部	不明

1.2 中国草莓属种类及资源分布 我国是世界野生草莓的起源地之一，是野生草莓资源种类最丰富的国家，主要分布在西北、西南、东北、中部地区，我国的野生草莓资源有 13 个种，占世界草莓属植物的 1/2 以上，其中包括 8 个二倍体种（森林草莓、黄毛草莓、五叶草莓、西藏草莓、中国草莓、绿色草莓、裂萼草莓、东北草莓）以及 5 个四倍体种（东方草莓、西南草莓、伞房草莓、纤细草莓、高原草莓）<sup>〔10-11〕</sup>，详见表 1。

1.3 草莓属药用植物种类 根据现代研究和古文献籍记载<sup>〔12-17〕</sup>，草莓属植物中作为药用植物使用的主要有森林草莓、黄毛草莓、西藏草莓、东方草莓、西南草莓、凤梨草莓、结根草莓、纤细草莓。森林草莓在《新修晶珠本草》《中国民族药志》中有记载别称柔软草莓或野草莓。《新修晶珠本草》《中药大辞典》《全国中草药汇编》有黄毛草莓的记载，名为白草莓或白蘼。凤梨草莓在《中国民族药志》中别称草莓。

2 化学成分

迄今为止，从草莓属的 4 个品种，智利草莓、凤梨草莓、森林草莓、东方草莓中共报道了 136 个化合物。草莓果实的特殊香型也深受喜爱，草莓香味物质由挥发性化合物组成，这些化合物仅占草莓 0.001%~0.01%<sup>〔18〕</sup>，却是风

味品质的重要组成部分。目前从栽培草莓和野生草莓果实中已分离鉴定出 360 多种香气成分，主要包括酯、醛、酮、醇、呋喃、硫化物等<sup>〔19-21〕</sup>。

2.1 黄酮类

2.1.1 花青素类 草莓属于一种富含植物化学物质水果，主要是由于它的酚类含量，与降低几种疾病的风险有关，是促进健康的生物活性物质的指示物<sup>〔22-25〕</sup>。草莓果实中最重要的多酚化合物之一是花青素，天竺葵素-3-葡萄糖苷是草莓果实中的主要花色苷，目前从 2 个种中共报道了 23 个化合物<sup>〔22-30〕</sup>，详见表 2。

2.1.2 其他黄酮类 目前从 4 个种中共报道了 40 个化合物<sup>〔22-23,25-29,31-32〕</sup>，详见表 3。

2.2 单宁类 单宁，也称鞣酸、单宁酸，包括鞣花单宁，没食子单宁和原花青素，是草莓果实中的主要成分，研究表明，鞣花单宁和原花青素在草莓的抗氧化方面起着重要作用<sup>〔25,30〕</sup>。目前从 3 个种中共报道了 35 个化合物<sup>〔22-23,25-27,31,33-34〕</sup>，详见表 4。

2.3 萜类 萜类化合物是草莓香气组成成分之一，是草莓风味及品质的重要组成部分。目前从 2 个种中共报道了 17 个化合物<sup>〔23,30,35〕</sup>，主要包括 8 个三萜类化合物和 9 个其他萜类化合物，详见表 5~6。

表 2 草莓属植物中花青素类成分

成分	来源	部位	文献
天竺葵素己糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
矢车菊素-甘露糖基己糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
天竺葵素-丙二酰己糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
矢车菊素-3- <i>O</i> -(6"-丙二酰)-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 22 ]
矢车菊素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 22-24 ]
天竺葵素-3,5-二葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 24 ]
天竺葵素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25 ]
天竺葵素-3- <i>O</i> -芸香糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25 ]
天竺葵素-3- <i>O</i> -(6"-丙二酰)-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25 ]
天竺葵素-3-乙酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25-26 ]
天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25-26 ]
天竺葵素-3-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25-29 ]
矢车菊素-3-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25, 29-30 ]
天竺葵素-3-芸香苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25-26, 28-29 ]
芍药素-3-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 27 ]
天竺葵素-丙二酰-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 27 ]
芍药素-丙二酰-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 27 ]
矢车菊素-丙二酰-葡糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 27 ]
天竺葵素	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 28 ]
飞燕草素-3-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 28 ]
矢车菊素-3-半乳糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 28 ]
5-carboxypyranopelargonidin-3-glucoside	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 28 ]
矢车菊素-3-丙二酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 28 ]

表 3 草莓属植物中黄酮类成分

成分	来源	部位	文献
槲皮素戊糖异构体 1	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
槲皮素戊糖异构体 2	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
槲皮素己糖苷异构体 2	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
槲皮素戊糖异构体 3	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
槲皮素葡萄糖醛酸苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[ 22 ]
(表)-儿茶素	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.、 <i>Fragaria vesca</i> L.	果实、全草	[ 22, 25, 27, 29, 32 ]
propelargonidin dimer	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou	果实、冠、根	[ 25, 29 ]
槲皮素-3-丙二酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25 ]
山柰酚-3-葡萄糖醛酸苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25-27, 31 ]
山柰酚-3-丙二酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25 ]
山柰酚-3-香豆酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 25-26 ]
槲皮素-3- <i>O</i> -β-葡萄糖苷酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
异槲皮素	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
槲皮素-氧戊糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
异鼠李素-3- <i>O</i> -β-葡萄糖醛酸苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
异鼠李素-邻己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
异鼠李素- <i>O</i> -乙酰己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
异鼠李素- <i>O</i> -脱氧己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
紫云英苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
反式榎树苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23, 31 ]
二氢山柰酚-邻己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
二氢槲皮素-邻己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
二氢山柰酚-3-邻己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
aromadendrin-3- <i>O</i> -hexoside	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
二氢槲皮素-3-氧戊糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
花旗松素-3- <i>O</i> -β-阿拉伯糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]
dihydroxyflavanone- <i>O</i> -coumaroylhexoside	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23 ]

续表 3

成分	来源	部位	文献
儿茶素	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou	果实、绿色花萼、花、叶、匍匐茎、茎、冠	[23,25-27,29]
槲皮素-3-葡萄糖醛酸苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25-26,31]
山柰酚-3-乙酰葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[26]
山柰酚-3-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou	果实、红萼、花、匍匐茎叶	[26,29]
槲皮苷	<i>Fragaria vesca</i> L.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	果实、全草	[27,29,31-32]
槲皮素-3-葡萄糖苷	<i>Fragaria vesca</i> L.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[27]
山柰酚-乙酰葡萄糖苷	<i>Fragaria vesca</i> L.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[27]
山柰酚-香豆酰基己糖苷	<i>Fragaria vesca</i> L.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[27]
槲皮素-3-β-D-葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou、 <i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk	绿色果实、红色花萼、绿色花萼、花、叶、匍匐茎叶、茎、全草	[29,31-32]
山柰酚	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[31]
根皮苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[31]
kaempferol-3-O-[ 6"-O-( E )-p-coumaroyl]-β-D-glucopyranoside	<i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	全草	[32]
芹菜素	<i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	全草	[32]

表 4 草莓属植物中单宁类成分

成分	来源	部位	文献
hhdp-galloyl-hexose 1	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
potentillin isomer 1	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
potentillin isomer 2	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
potentillin isomer 3	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
鞣花酸己糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
potentillin isomer 4	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
鞣花酸戊糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
鞣花酸鼠李糖苷	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22]
di-HHDP-glucose ( pedunculagin )	<i>Fragaria chiloensis</i> ssp.	果实	[22,33]
1-O-没食子酰-β-葡萄糖	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
di-galloyl-HHDP-glucose	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
甲基鞣花酸苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
鞣花酸邻脱氧己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
鞣花酸邻戊糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
3-O-methylellagic acid 3'-O-α-rhamnoside	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
原花青素 B <sub>1</sub>	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
原花青素 B <sub>3</sub>	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
原花青素 C <sub>2</sub>	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23]
仙鹤草素	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[23,25]
阿魏酸己糖衍生物	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25]
galloyl-diHHDP-glucose	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25]
diHHDP-glucose-galloyl-ellagic acid	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25]
digalloyl-tetraHHDP-diglucose	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25]
dimer of galloyl-diHHDP-glucose	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25]
原花青素二聚体	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou、 <i>Fragaria vesca</i> L.	果实、叶、匍匐茎、茎、冠	[25,27,29]
原花青素三聚体	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实、叶子、树冠、根	[25,29]
原花青素五聚体	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[25]
鞣花酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[26]
鞣花酸脱氧己糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[26]
鞣花酸 3-O-α-L-鼠李糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[31]
potentillin isomer	<i>Fragaria vesca</i> L.	叶	[34]
sanguiin H-10 isomer	<i>Fragaria vesca</i> L.	叶	[34]
vescalagin isomer	<i>Fragaria vesca</i> L.	叶	[34]
sanguiin H-6	<i>Fragaria vesca</i> L.	叶	[34]
sanguiin H-2 isomer	<i>Fragaria vesca</i> L.	叶	[34]

表 5 草莓属植物中三萜类成分

成分	来源	部位	文献
methoxytormentic acid	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
methylester of hydroxytormentic acid	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
methoxydihydrotormentic acid- <i>O</i> -hexoside isomers	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
<i>O</i> -hexoside of a dihydro derivative of methylester of hydroxytormentic acid	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
hydroxytormentic acid- <i>O</i> -hexoside	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
sericic acid	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
委陵菜酸邻己糖苷异构体	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]
野蔷薇苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 23]

表 6 草莓属植物中其他萜类成分

成分	来源	部位	文献
α-法尼烯	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
α-蒎烯	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
柠檬烯	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
芳樟醇	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
桃金娘烯醇	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
橙花醇	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
橙花叔醇	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
萜品醇	<i>Fragaria vesca</i> L.	果实	[ 30]
环阿屯醇	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 35]

2.4 酚酸类 草莓被认为是鞣花酸和对香豆酸的丰富来源，除了花色苷之外，总共约占草莓酚类物质总量的 85%，鞣花酸类物质已在单宁中列出，目前从 2 个种中共报道了 6 个其他酚酸类化合物<sup>[ 26,29,31,36]</sup>。详见表 7。

表 7 草莓属植物中酚酸类成分

成分	来源	部位	文献
对香豆酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 26]
阿魏酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou	果实、茎	[ 29,36]
对羟基苯甲酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31,36]
香草酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 36]
芥子酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 36]
4-香豆酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 36]

2.5 苯丙素类 目前从 2 个种中共报道了 6 个苯丙素类化合物<sup>[ 29,31]</sup>，据研究，苯丙素类化合物具有抗菌、抗病毒、抗癌等作用<sup>[ 29,31]</sup>。详见表 8。

表 8 草莓属植物中苯丙素类成分

成分	来源	部位	文献
新绿原酸	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> var. Amaou.	绿色果实、匍匐茎、根	[ 29]
反式-肉桂酰 β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
顺式-肉桂酰 β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
反式-对-香豆酰 β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
顺式-对-香豆酰 β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
反式-阿魏酸 β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]

2.6 其他 草莓中含有丰富的维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C、PP 以及钙、磷、铁、钾、锌、铬等人体必需的矿物质和部分微量元素<sup>[ 37]</sup>，此外，草莓中还存在芳香类和甾体类化合物。目前从 2 个种中共报道了 9 个其他结构类型的化合物，包括 7 个芳香类化合物、2 个甾体类化合物<sup>[ 31-32,35]</sup>。详见表 9。

表 9 草莓属植物中其他成分

成分	来源	部位	文献
苜蓿基-β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
淫羊藿次苷 F2	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
没食子酸乙酯	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
苜蓿基 6- <i>O</i> -α- <i>L</i> -阿拉伯呋喃糖基-β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
苜蓿基 6- <i>O</i> -α- <i>L</i> -阿拉伯呋喃糖基-β- <i>D</i> -葡萄糖苷	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 31]
羟苯乙醇	<i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	全草	[ 32]
3-羟基-4-甲氧基-苜蓿基乙醇	<i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	全草	[ 32]
β-谷甾醇	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.、 <i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	果实、全草	[ 32,35]
14-甲基-豆甾-7,24(28)-二烯-3β-醇	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	果实	[ 35]



3 药 理 作 用

3.1 抗氧化 草莓属植物中花青素和非花青素酚类化合物以其抗氧化特性而闻名<sup>[38-39]</sup>。Pineli 等<sup>[40]</sup>对不同成熟度的“奥索格朗德”“卡米诺真”草莓的品质和抗氧化特性进行了评价。通过 2, 2-二苯基-1-苦肟基 (DPPH) 和亚铁还原能力实验 (FRAP) 评估其 pH 值、总可溶性固形物、总可滴定酸度、维生素 C 等指标, 获得草莓果实中丙酮提取物的组成和抗氧化活性之间的相关性。非常有趣的是, 完全成熟的草莓果实 (红色果实) 中的花色素苷水平较高, 但对这 2 个品种和 2 个试验来说, 未完全成熟的草莓果实 (粉红色果实) 呈现了最好的抗氧化活性。唯一的例外是“奥索格朗德”品种的 DPPH 检测结果表明红色果实的 DPPH 检测结果最好, 但该品种在 3 个成熟期的 DPPH 检测结果之间的差异不显著; 总酚和维生素 C 含量有更好的相关性。最后, “奥索格朗德”品种表现出优异的抗氧化性能, 这与其较高水平的总酚和总鞣花酸含量相关, 尤其是在粉红色和红色草莓果实中更为明显。Zhu 等<sup>[29]</sup>评价了用于室温提取的溶剂 (水和乙醇) 对凤梨草莓不同部位 (红色果实、绿色果实、红色花萼、绿色花萼、花、叶、匍匐茎、匍匐茎叶、茎、冠、根) 抗氧化性能的影响。乙醇是首选溶剂, 因为植物中发现的酚类化合物的极性不同。在植物部分中, 当以鲜重为基础进行报告时, 花提取物 (1 460.1 mol/g) 和树冠 (62 123 mol/kg), 分别获得了最佳结果。

Yang 等<sup>[41]</sup>从凤梨草莓果实中分离出许多化合物 (包括酚苷、黄酮葡萄糖醛酸苷和木脂素苷等), 并检测其抗氧化性能。黄酮葡萄糖醛酸苷在 2, 2'-联氮双 (3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸) (ABTS) 和 DPPH 分析中及木脂素苷在 FRAP 分析中分别获得最佳结果。考虑到抗氧化分析中使用的阳性对照 (抗坏血酸) 的结果, 酚类化合物在该植物的整体抗氧化特性中起重要作用。然而, Chaves 等<sup>[42]</sup>证明了果实的总花青素含量和抗氧化能力之间的相关性, 植物的抗氧化能力似乎与总花色素苷有关, 而与总酚含量无关。

Nowicka 等<sup>[23]</sup>发表了一项关于 90 种凤梨草莓栽培品组成和抗氧化特性变化的研究。结果表明, Roxana、Gigaline、Selvik、ThurigaLSK、Eratina、Siria、Dagol、Plarionfre、Grenadier、Kimberly 这些品种不仅可以被认为具有优异的抗氧化性能, 而且考虑到其植物化学特征, 具有抗氧化活性的主要化合物是单宁, 尤其是鞣花单宁和原花青素。

由于草莓优异的抗氧化性能, 其需求度不断增加, 使草莓被加工成商品用来销售, Méndez-Lagunas 等<sup>[43]</sup>提出干燥会对凤梨草莓抗氧化能力产生影响, 对加工草莓果实 (DPPH) 进行的抗氧化试验显示, 在 50 ℃ 热处理时, 抗氧化活性损失 74.7%, 而在 60 ℃ 热处理时, 抗氧化活性损失 66.2%。结果表明, 除温度外, 热处理时间对抗氧化活性的影响更大, 因为在较高的温度下, 需要较短的热处理时间。Joseph 等<sup>[44]</sup>发现草莓及其他多酚含量高的草莓提取

物, 能够显著降低多巴胺与乙型类糖蛋白在转殖有毒覃碱型受体 M1、M3 细胞 (COS-7) 所引起的蛋白激酶等蛋白质的活化及钙内流失常。王志巧<sup>[45]</sup>以维生素 C 作为对照, 检测凤梨草莓果实中酚类样品清除 DPPH 自由基、超氧阴离子自由基 (O<sub>2</sub><sup>-</sup>)、羟基自由基 (·OH) 的能力, 以研究其抗氧化活性, 结果显示, 草莓酚类样品具有较强的抗氧化能力, 其抗氧化活性呈剂量依赖性。

绝大多数研究草莓属植物生物活性的文章都介绍了抗氧化活性。大多数研究者将其抗氧化能力归因于草莓中总酚的含量, 尤其是花青素、黄酮-3-醇、单宁。就单个品种而言, 草莓果实在 DPPH 试验中的抗氧化性能为 76.73~100 mg/mL, 对于不同品种而言, 抗氧化性能最好的是 Camarosa 品种<sup>[42]</sup>, 对于更大的调查 (包括 90 个品种) 而言<sup>[23]</sup>, 抗氧化性能最好为 3 000~13 000 mol/kg 鲜重。此外, 考虑到草莓不同部位抗氧化能力的差异, 对智利草莓甲醇提取物而言, 观察到草莓果实的抗氧化活性最好<sup>[46]</sup>, 而对于凤梨草莓, 其冠部位的乙醇提取物的抗氧化活性最好, 对草莓的叶、根或营养部分的抗氧化活性进行评估, 其抗氧化能力范围为 13.46~140 mg/L, 并且依赖于草莓的来源以及应用的提取技术<sup>[47-48]</sup>。

3.2 抗肿瘤 王志巧<sup>[45]</sup>以人前列腺癌细胞 PC-3、人肝癌细胞 HepG-2、人乳腺癌 MM231 细胞为研究对象, 发现草莓酚类样品对以上 3 种细胞产生抑制作用。Daniel 等<sup>[49]</sup>发现凤梨草莓对食道癌大鼠产生了保护作用。Wang 等<sup>[50]</sup>发现人肺上皮癌细胞 A549 的增殖会被凤梨草莓提取物明显抑制, 并且鼠表皮细胞 JB6 P+经草莓提取物预处理之后, 能阻止醋酸酯 (TPA) 诱导的细胞恶性转化。

Seeram 等<sup>[51]</sup>通过各种莓类浆果含有抗癌、抗发炎等成分的差异, 从而分析不同莓类所含的没食子鞣质、黄酮醇、花色苷等物质差异, 并通过检测其对人类乳腺、结肠、口腔、前列腺癌细胞株的作用, 结果表明浆果提取物质量浓度在 25~200 g/mL 时对以上癌细胞产生一定抑制作用, 随着浆果提取物质量浓度的增加, 观察到所有细胞系中细胞增殖的抑制作用增强, 细胞系之间具有不同程度的效力。

3.3 抗菌 El-mesallamy 等<sup>[52]</sup>研究了草莓叶提取物对铜绿假单胞菌、克雷伯氏菌等 5 种细菌菌株和尖孢镰刀菌、黑曲霉菌等 5 种真菌物种的抗菌活性, 研究显示 10 mg/mL 提取物对以上细菌和真菌菌株均产生抑制作用。而 Martos 等<sup>[53]</sup>从草莓叶提取物分离得到了鞣花单宁, 研究表明其鞣花单宁对细菌膜的完整性和呼吸链有影响, 其能与细菌膜相互作用且不破坏膜的完整性, 以达到有效降低细菌的氧消耗速率, 抑制其生长的目的。

3.4 降血糖 Ibrahim 等<sup>[54]</sup>发现草莓叶提取物能够降低糖尿病大鼠血糖, 由于该提取物能抑制 α-淀粉酶和 α-葡萄糖苷酶的活性以阻碍碳水化合物吸收, 与模型组比较, 给药组大鼠肾白细胞介素 6 和肿瘤坏死因子 α 等炎症因子水平下降。Abdulazeez<sup>[55]</sup>证明了市售草莓冻干粉可逆转四氧嘧啶诱导的糖尿病及其并发症。

3.5 抗肥胖 脂肪酸合酶（FAS）是治疗肥胖症的潜在靶点。刘晓鑫等<sup>[56]</sup>研究表明草莓可能具有防治肥胖的重要价值，经 LC-MS 分析，推测鞣花酸和槲皮素可能是草莓发挥该作用的主要物质。凤梨草莓果肉渣及草莓叶经提取、萃取后得到的物质对 FAS 存在较强抑制作用，且分别对 FAS 的底物丙二酸单酰辅酶 A、乙酰辅酶 A 呈非竞争性和竞争性抑制，此外，还对脂肪细胞脂质积累存在显著抑制作用。Zhu 等<sup>[29]</sup>对草莓不同药用部位提取物在脂肪酶和脂肪细胞分化活性抑制方面进行了研究，结果表明，草莓叶提取物可以作为抗肥胖成分的潜在来源，对脂肪酶和脂肪细胞分化都有抑制作用。

3.6 抗炎 草莓具有消炎的功效，每天坚持吃草莓 100~150 g，能够治疗牙周脓疡，大多数研究者将抗炎特性归因于花青素的存在，其中最具代表性的物质是天竺葵花青素和花青素衍生物<sup>[57]</sup>。

Gasparri 等<sup>[58]</sup>观察到巨噬细胞产生的炎症反应的相关介质减少，巨噬细胞在诱导一氧化氮产生的细菌内毒素存在下培养。从草莓叶中获得的乙醇提取物，以非细胞毒性浓度（80、160 mg/L）使用，分别诱导了 31%、40% 的抑制作用。除此以外，其将一氧化氮的减少归因于直接的清除作用。微管相关蛋白轻链 LC3- I 向 LC3- II（自噬的标志）的转化增加，进一步证实了草莓甲醇提取物的抗癌特性，并且证实草莓果实能降低内毒素脂多糖诱导的人真皮成纤维细胞炎症过程中细胞内活性氧（ROS）水平，降低凋亡率，改善抗氧化防御和线粒体功能，结果显示通过抑制 NF-κB 信号通路和刺激 Nrf2 通路发挥保护活性，其机制依赖于 AMPK。

Sebastian 等<sup>[59]</sup>首次证明了智利草莓水提取物的保肝活性，它能保持肝细胞膜结构的完整性，减轻肝氧化应激反应，并抑制脂多糖诱导的肝损伤中的炎症反应。这些作用是通过肝脏参数的正常化、氧化还原状态（GSH/GSSG 比值和异前列腺素的减少）和细胞因子（TNF-α、IL-1β、IL-6）的下调来实现的。

天竺葵素-3-O-葡萄糖苷（P3G）是草莓中发现的主要花青素，凤梨草莓果实的抗炎作用与其高浓度的花青素有关。Duarte 等<sup>[60]</sup>通过体内与体外实验证明，天竺葵素-3-O-葡萄糖苷具有重要的抗炎活性，P3G 的抗炎机制涉及抑制 IκB-α 激活和减少 JNK/MAPK 磷酸化，从而减少了 NF-κB 和 AP-1 激活的炎症途径的转录因子导体 TLR4 的激活。因此人类食用草莓可以成为治疗炎症的重要补充食品。

Van de Velde 等<sup>[61]</sup>研究也支持草莓提取物的抗炎特性，并通过评估伤口愈合效果提出了其与富含多酚或花色苷的组分影响皮肤成纤维细胞的迁移，实验结果表明伤口愈合特性与花色苷的存在密切相关。

3.7 对心血管系统作用 草莓叶作为具有潜在有益生物效应的化合物来源，与草莓果实比较，在很大程度上被忽视。Mudnic 等<sup>[62]</sup>检测了野生草莓叶水提取物在 2 个实验模型和动物物种（离体豚鼠心脏和大鼠主动脉环）中的直接剂量

依赖性效应，并将野生草莓叶提取物与山楂带花叶的水提取物进行血管舒张活性比较，结果显示野生草莓叶具有血管舒张作用。此结果表明野生草莓叶可能是潜在的生物活性化合物的宝贵来源。

4 结 语

综上所述，从资源分布与研究价值角度来看，草莓属植物不仅分布广泛，而且品种繁多。在世界各种浆果果树中栽培面积和产量中位居第二，仅次于葡萄。但目前全世界广泛栽培利用的是凤梨草莓，对草莓属植物的研究也集中在凤梨草莓、智利草莓、森林草莓等品种，尽管这些物种具有较大的商业价值，且是不同种类多酚（如原花色苷、花色苷、鞣花单宁、类黄酮等）重要来源，但研究人员也应该关注研究较少的品种，它们原产于世界不同地区。这可能是未来研究的一种趋势，例如，原产于中国的东方草莓及以草莓全草入药的藏药草莓，现代本草及古代医学典籍兼有草莓作为药用植物的记载，但国内外对药用草莓的化学成分、药理作用以及药效物质基础等相关研究十分有限，可利用现代医药学技术，结合分子生物学、细胞生物学等相关领域知识，更深入地探索与开拓草莓属植物的应用前景。

从商业价值来看，目前对草莓果实的开发利用较为成熟，但对大量产出的草莓的副产品研究不足，草莓叶是草莓生产过程中产生的副产品，国内对草莓叶的应用较少，目前已经有专利表明草莓叶茶的营养比龙井茶更高<sup>[63]</sup>，是一种很有潜力的生物资源。除此以外，还有研究者使用超临界二氧化碳萃取获得草莓种子油，并将其应用于开发具有良好皮肤保湿性能的护肤品<sup>[64-65]</sup>，提高其利用水平将有利于提高农业的可持续性，由此看来，草莓属植物在发挥药理作用的同时，在食品、农业、工业等领域也显示出很好的开发前景。

参考文献：

[ 1 ] 邓明琴, 雷家军. 中国果树志·草莓卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 12-20.

[ 2 ] 雷家军, 张运涛, 赵密珍, 等. 中国草莓[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2011: 6.

[ 3 ] 党艺航, 郭 坤, 王晓玲, 等. 藏药草莓的本草考证[J]. 中药材, 2019, 42(5): 1188-1192.

[ 4 ] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草（第四册）[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 149.

[ 5 ] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草·藏药卷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 216.

[ 6 ] Staudt G. Taxonomic studies in the genus *Fragaria* typification of *Fragaria* species known at the time of linnaeus[J]. *Can J Bot*, 1962, 40(6): 869-886.

[ 7 ] Staudt G. Notes on Asiatic *Fragaria* species: III. *Fragaria orientalis* Losinsk. and *Fragaria mandshurica* spec. nov. [J]. *Bot Jahrb Syst*, 2003, 124(4): 397-419.

[ 8 ] 苏代发, 童江云, 杨俊誉, 等. 中国草莓属植物种质资源的研究、开发与利用进展[J]. 云南大学学报（自然科学版）,

2018, 40(6): 1261-1276.

[ 9 ] 侯丽媛,董艳辉,聂园军,等. 世界草莓属种质资源种类与分布综述[J]. 山西农业科学, 2018, 46(1): 145-149.

[10] 葛会波,邓明琴. 我国野生草莓资源的初步研究[J]. 中国野生植物资源, 1993, 12(1): 26-28.

[11] 雷家军,代汉萍,谭昌华,等. 中国草莓属 (*Fragaria*) 植物的分类研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 1-5.

[12] 中国科学院西北高原生物研究所. 藏药志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1991: 254.

[13] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国卫生部药品标准·藏药(第一册) [S]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 1995: 67.

[14] 罗达尚. 新修晶珠本草[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2004: 367.

[15] 贾敏如,李星炜. 中国民族药志要[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2005: 281.

[16] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1977: 1447.

[17] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编(下册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 762.

[18] 张运涛,董 静,王桂霞. 草莓香味的形成和香味育种[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1039-1044.

[19] 陈雨润. 草莓挥发性成分测定分析及菇渣基质开发[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.

[20] 曾祥国,韩永超,向发云,等. 不同品种草莓果实挥发性物质的 GC-MS 分析[J]. 亚热带植物科学, 2015, 44(1): 8-12.

[21] Abonyi B I, Feng H, Tang J, *et al.* Quality retention in strawberry and carrot purees dried with refractance window™ system[J]. *J Food Sci*, 2002, 67(3): 1051-1056.

[22] Chamorro M F, Reiner G, Theoduloz C, *et al.* Polyphenol composition and (bio) activity of berberis species and wild strawberry from the Argentinean Patagonia [J]. *Molecules*, 2019, 24(18): 3331.

[23] Nowicka A, Kucharska A Z, Sokol-Letowska A, *et al.* Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria × ananassa* Duch [J]. *Food Chem*, 2019, 270: 32-46.

[24] 罗 赟,陈宗玲,宋卫堂,等. 草莓果实花色苷成分组成鉴定及分析[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(5): 86-94.

[25] Aaby K, Mazur S, Nes A, *et al.* Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening [J]. *Food Chem*, 2012, 132(1): 86-97.

[26] Milosavljevic D M, Mutavdzic D R, Radotic K, *et al.* Phenolic profiling of 12 strawberry cultivars using different spectroscopic methods [J]. *J Agric Food Chem*, 2020, 68(15): 4346-4354.

[27] Roy S, Wu B H, Liu W W, *et al.* Comparative analyses of polyphenolic composition of *Fragaria* spp. color mutants[J]. *Plant Physiol Biochem*, 2018, 125(4): 255-261.

[28] Cerezo A B, Cuevas E, Winterhalter P, *et al.* Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry [J]. *Food Chem*, 2010, 123(3): 574-582.

[29] Zhu Q C, Nakagawa T, Kishikawa A, *et al.* *In vitro* bioactivities and phytochemical profile of various parts of the strawberry (*Fragaria × ananassa* var. Amaou) [J]. *J Funct Foods*, 2015, 13(3): 38-49.

[30] Urrutia M, Rambla J L, Alexiou K G, *et al.* Genetic analysis of the wild strawberry (*Fragaria vesca*) volatile composition[J]. *Plant Physiol Biochem*, 2017, 121(12): 99-117.

[31] 杨 丹,谢海辉. 法兰地草莓的芳香类和黄酮类成分[J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(6): 617-624.

[32] 李 蓉,杨春涛,田 凯,等. 东方草莓的化学成分研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2014, 23(5): 313-316.

[33] Karlińska E, Pecio Ł, Macierzyński J, *et al.* Structural elucidation of the ellagitannin with a molecular weight of 2038 isolated from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.) and named fragariin A [J]. *Food Chem*, 2019, 296(10): 109-115.

[34] Liberal J, Costa G, Carmo A, *et al.* Chemical characterization and cytotoxic potential of an ellagitannin-enriched fraction from *Fragaria vesca* leaves[J]. *Arab J Chem*, 2019, 12(8): 3652-3666.

[35] 阮金兰,陈静波,赵晓亚,等. 草莓的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(9): 610-612.

[36] Vuong Q V, Hirun S, Phillips P A, *et al.* Fruit-derived phenolic compounds and pancreatic cancer: perspectives from Australian native fruits [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 152(2): 227-242.

[37] 王 玲,尹克林. ‘达赛莱克特’草莓果实发育成熟过程中香气物质的变化及其特征成分的确定[J]. 果树学报, 2018, 35(4): 433-441.

[38] Braga A R C, Murador D C, Mesquita L M, *et al.* Bioavailability of anthocyanins: gaps in knowledge, challenges and future research[J]. *J Food Compos Anal*, 2018, 68(5): 31-40.

[39] Fierascu R C, Ortan A, Fierascu I C, *et al.* *In vitro* and *in vivo* evaluation of antioxidant properties of wild-growing plants. A short review[J]. *Curr Opin Food Sci*, 2018, 24(12): 1-8.

[40] Pineli L, Moretti C L, Santos M S, *et al.* Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages[J]. *J Food Compos Anal*, 2011, 24(1): 11-16.

[41] Yang D, Xie H H, Jiang Y M, *et al.* Phenolics from strawberry cv. Falandi and their antioxidant and α-glucosidase inhibitory activities [J]. *Food Chem*, 2016, 194(3): 857-863.

[42] Chaves V C, Calvete E, Reginatto F H. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch) cultivars[J]. *Sci Hortic*, 2017, 225(11): 293-298.



[43] Méndez-Lagunas L, Rodríguez-Ramírez J, Cruz-Gracida M, *et al.* Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content [J]. *Food Chem*, 2017, 230 (9): 174-181.

[44] Joseph J A, Fisher D R, Bielinski D. Blueberry extract alters oxidative stress-mediated signaling in COS-7 cells transfected with selectively vulnerable muscarinic receptor subtypes [J]. *J Alzheimers Dis*, 2006, 9(1): 35-42.

[45] 王志巧. 草莓酚类成分的抗肿瘤及抗氧化作用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2015.

[46] Simirgiotis M J, Schmeda-Hirschmann G. Determination of phenolic composition and antioxidant activity in fruits, rhizomes and leaves of the white strawberry (*Fragaria chiloensis* spp. *chiloensis* form *chiloensis*) using HPLC-DAD-ESI-MS and free radical quenching techniques[J]. *J Food Compos Anal*, 2009, 23(6): 545-553.

[47] Žugčić A, Đorđević S, Arsic I, *et al.* Antioxidant activity and phenolic compounds in 10 selected herbs from Vrujci Spa, Serbia[J]. *Ind Crops Prod*, 2014, 52(1): 519-527.

[48] Dias M I, Barros L, Oliveira M B, *et al.* Phenolic profile and antioxidant properties of commercial and wild *Fragaria vesca* L. roots: a comparison between hydromethanolic and aqueous extracts[J]. *Ind Crops Prod*, 2015, 63(1): 125-132.

[49] Daniel E M, Stoner G D. The effects of ellagic acid and 13-cis-retinoic acid on *N*-nitrosobenzylmethylamine-induced esophageal tumorigenesis in rats [J]. *Cancer Lett*, 1991, 56 (2): 117-124.

[50] Wang S Y, Feng R T, Lu Y J, *et al.* Inhibitory effect on activator protein-1, nuclear factor-kappa B, and cell transformation by extracts of strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.) [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53 (10): 4187-4193.

[51] Seeram N P, Adams L S, Zhang Y J, *et al.* Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells *in vitro*[J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54 (25): 9329-9339.

[52] El-Mesallamy A M D, Hussein S A M, El-Gerby M, *et al.* Phenolic composition and biological activities of methanolic extract of strawberry leaves (*Fragaria ananassa*) [J]. *Nat Prod*, 2013, 9(6): 251-257.

[53] Martos G G, Mamani A, Filippone M P, *et al.* Ellagitannin HeT obtained from strawberry leaves is oxidized by bacterial membranes and inhibits the respiratory chain[J]. *FEBS Open Bio*, 2018, 8(2): 211-218.

[54] Ibrahim D S, Abd EI-Maksoud M A. Effect of strawberry (*Fragaria × ananassa*) leaf extract on diabetic nephropathy in rats[J]. *Int J Exp Pathol*, 2015, 96(2): 87-93.

[55] Abdulazeez S S. Effects of freeze-dried *Fragaria × ananassa* powder on alloxan-induced diabetic complications in Wistar rats [J]. *J Taibah Univ Med Sci*, 2014, 9(4): 268-273.

[56] 刘晓鑫, 田维熙, 马晓丰. 草莓提取物对脂肪酸合酶及脂肪细胞的抑制作用[J]. 中国科学院研究生院学报, 2010, 27(6): 768-777.

[57] Giampieri F, Alvarez-Suarez J M, Battino M. Strawberry and human health: effects beyond antioxidant activity. [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(18): 3867-3876.

[58] Gasparini M, Giampieri F, Forbes-Hernandez T Y, *et al.* Strawberry extracts efficiently counteract inflammatory stress induced by the endotoxin lipopolysaccharide in human dermal fibroblast. [J]. *Food Chem Toxicol*, 2018, 114 (4): 128-140.

[59] Sebastian M, Francisca N, Alejandra M-L M, *et al.* Chilean strawberry consumption protects against LPS-Induced liver injury by anti-inflammatory and antioxidant capability in sprague-dawley rats[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2015, 2015: 320136.

[60] Duarte L J, Chaves V C, Nascimento M V P D S, *et al.* Molecular mechanism of action of pelargonidin-3-O-glucoside, the main anthocyanin responsible for the anti-inflammatory effect of strawberry fruits[J]. *Food Chem*, 2018, 247(5): 56-65.

[61] Van de Velde F, Esposito D, Grace M H, *et al.* Anti-inflammatory and wound healing properties of polyphenolic extracts from strawberry and blackberry fruits[J]. *Food Res Int*, 2019, 121(7): 453-462.

[62] Mudnic I, Modun D, Brizic I, *et al.* Cardiovascular effects *in vitro* of aqueous extract of wild strawberry (*Fragaria vesca*, L.) leaves[J]. *Phytomedicine*, 2009, 16(5): 462-469.

[63] 王丽娜, 庄 严, 王宝刚, 等. 草莓叶茶加工工艺的研究 [J]. 食品工业, 2015, 36(6): 188-192.

[64] 刘光敏, 徐 响, 高彦祥. 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取草莓籽油工艺研究及其对脂肪酸组成的影响[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(3): 84-88.

[65] 张晓荣, 刘拉平, 刘朝霞, 等. 草莓籽的营养成分分析及开发利用[J]. 北方园艺, 2014(11): 134-136.