

植物性食品原料中单萜类化合物形成机理及生物活性综述

庞雪威¹, 王积武², 吴志莲², 王洋洋¹, 井丽丽¹, 房正宇¹, 孙祖莉¹, 孙承锋¹, 赵玉平^{1*}

(1.烟台大学 生命科学学院, 山东 烟台 264005; 2.绿杰股份有限公司, 山东 龙口 265718)

摘要: 单萜类化合物具有独特的香味和生物活性, 其广泛应用于食品、化妆品、医药等众多领域, 但是目前天然存在的含量较少, 因此, 单萜类化合物的形成机理成为急需解决的问题。该文对植物性食品原料中单萜类化合物的分类、香气特征、形成机理及其生物活性进行了综述。对其应用前景进行了展望, 以期单萜类化合物的应用和生产提供理论基础。

关键词: 单萜类化合物; 生物活性; 形成机理

中图分类号: YS261.4

文章编号: 0254-5071(2016)06-0024-06

doi: 10.11882/j.issn.0254-5071.2016.06.006

Review of formation mechanism and physiological activity of monoterpenes compounds in edible plants

PANG Xuewei¹, WANG Jiwu², WU Zhilian², WANG Yangyang¹, JING Lili¹, FANG Zhengyu¹, SUN Zuli¹,
SUN Chengfeng¹, ZHAO Yuping^{1*}

(1.College of Life Sciences, Yantai University, Yantai 264005, China; 2.LvJie Co., Ltd., Longkou 265718, China)

Abstract: Monoterpenes compounds have unique flavor and physiological activity, which have been widely applied in many fields such as food, cosmetics, pharmaceuticals, and so on, but the monoterpenes compounds content of natural presence was less. Therefore, the formation mechanism of monoterpenes compounds become an urgent problem. The classification, aroma characteristics, formation mechanism and physiological activity of monoterpenes compounds in edible plants were summarized, and its application prospect was prospected, in order to provide theoretical basis for application and production of monoterpenes compounds.

Key words: monoterpenoids compounds; physiological activity; formation mechanism

植物性食品原料是指以植物的种子、果实或组织部分为原料, 直接或加工以后为人类提供能量或物质来源的食品。单萜类化合物是植物界广泛存在的一种次生代谢产物, 其种类多, 赋予植物特殊的香气和生理作用, 广泛应用于食品及医药工业^[1]。兰颐等^[2]的研究结果表明, 单萜类化合物可以促进药物透皮吸收, 通过改变细胞内Ca²⁺平衡而影响细胞膜流动性及膜电位, 降低了皮肤对药物吸收的屏蔽作用, 从而有利于药物透过皮肤的吸收。香气成分主要包括酯类、醇类、醛类、酮类、芳香族化合物、萜烯类和内酯类等物质^[3], 其中萜烯类化合物是指分子中具有聚异戊二烯碳骨架结构的一类化合物。由于其香味独特、香气阈值低、生理活性显著等特点, 近年来倍受研究者的推崇。本文就单萜类化合物的种类、香气、来源及形成机理和生物活性等问题进行探讨, 为在食品及医药工业应用提供有用信息。

1 植物性食品中单萜类化合物分类及香气特征

单萜类化合物由二个异戊二烯单元构成, 含有10个碳原子, 依据不同的结构特点而具有多种分类方式。依据基本碳骨架的成环特征, 可分为链状单萜和环状(如单环、

双环、三环等)单萜类化合物, 其中单环和双环较多, 构成的碳环多为六元环^[4]。依据分子有机官能团类型可将单萜类化合物分为醇、醛、酮、醚、酯、碳氢化合物等, 如表1所示。根据表1可以归纳出单萜类化合物主要呈现以下14种香气: (1)薄荷香气: 主要有薄荷醇、 α -萜品醇、异胡薄荷醇等; (2)玫瑰香: 主要有异胡薄荷醇、橙花醇、 β -香茅醇等; (3)樟脑香: 主要有小茴香醇、桉树醇、异龙脑等; (4)花香: 主要有月桂烯醇、4-萜烯醇、薰衣草醇等; (5)柠檬香: 主要有异松油烯、柠檬烯、香叶醛等; (6)果香: 主要有红没药烯、 β -环柠檬醛、雷司令缩醛等; (7)木香: 主要有龙脑、反式-松香芹醇、芳樟醇等; (8)芳香: 樟脑、柠檬油精; (9)甜香: α -萜品醇、 β -香茅醇、4-萜烯醇; (10)印度墨水臭: 龙脑; (11)胡椒香: 4-松油烯醇、4-萜烯醇、二氢香芹醇、 α -水芹烯; (12)清香: β -环柠檬醛、月桂烯醇、侧柏酮; (13)留兰香: 二氢香芹醇、香芹酮、二氢香芹酮; (14)青草香: 羟基香茅醛、枯名醛。植物性食品原料中含有多种单萜类化合物, 这些化合物赋予原料独特的气味和作用。在生产中可以根据单萜类化合物的香气特征, 从植物中提取得到所需的香气成分, 制成香味饱满、新颖的新产品。

收稿日期: 2016-01-17

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2011CM206)

作者简介: 庞雪威(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品风味。

*通讯作者: 赵玉平(1964-), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品风味。

表1 植物性食品原料中单萜类化合物的香气特征
Table 1 Aroma characteristics of monoterpenes compounds in edible plants

CAS号	化合物	香气描述	来源	参考文献
萜烯醇类化合物				
89-78-1	薄荷醇 (menthol)	薄荷香气并有清凉的作用	唇形科植物薄荷、金钱草	[5-6]
29606-79-9	异胡薄荷醇 (isopulegol)	樟脑、薄荷、玫瑰香和香茅香韵	柠檬草油	[7]
98-55-5	α -萜品醇 (α -terpineol)	甜香、花香、薄荷香、水果香	白兰地、松针油、柠檬油、香叶油等	[4, 8]
138-87-4	β -萜品醇 (β -terpineol)	花香、薄荷香	白兰地	[4, 7]
20126-76-5	4-萜品醇 (4-terpineol)	胡椒香、泥土香和陈腐的木材气息	白兰地、肉豆蔻、小豆蔻、迷迭香、芫荽	[4, 7]
507-70-0	龙脑 (borneol)	樟脑、印度墨水臭、脂肪臭和木香	肉豆蔻、小豆蔻、生姜、樟脑、百里香	[6]
547-61-5	反式-松香芹醇 (trans-pinocarveol)	樟脑、木香、清新薄荷凉香	桉叶精油	[7]
106-13-2	橙花醇 (nerol)	玫瑰、橙花、微带柠檬样的果香	橙花油、玫瑰油等	[7]
543-39-5	月桂烯醇 (myrcenol)	花香、白柠檬、古龙香气	白兰地、柔布枯叶油、中国熏衣草油等	[7, 9]
1117-61-9	β -香茅醇 (β -citronellol)	玫瑰香、甜香和柑橘香	白兰地	[7]
106-22-9	香茅醇 (citronello)	具有甜玫瑰香	玫瑰、九里香叶	[7]
20053-88-7	脱氢芳樟醇 (hotrienol)	具甜花香	红、绿及乌龙茶	[4, 7]
78-69-3	四氢芳樟醇 (tetrahydrolinalool)	呈玫瑰花和芫荽似香味	白兰地	[4, 7]
78-70-6	芳樟醇 (linalool)	紫丁香、铃兰香、玫瑰香、木香、果香	白兰地、绿茶、芳樟油、玫瑰油、柠檬油	[4, 7]
562-74-3	4-萜烯醇 (4-carvomenthenol)	花香、甜香、草药香、胡椒香、泥土香	肉豆蔻、小豆蔻、迷迭香、芫荽等	[7, 10]
498-16-8	薰衣草醇 (lavandulol)	薰衣草样花香、辛香气	薰衣草油和一些天然精油	[4, 7]
1365-19-1	氧化芳樟醇 (linalool oxide)	木香、花香、柠檬、柑橘香气	白兰地、芳樟、薰衣草、天香百合	[4, 9]
1632-73-1	小茴香醇 (fenchol)	龙脑、樟脑、松木等香气	以萜酮为原料,催化加氢而得	[11]
76-22-2	樟脑 (camphor)	刺激性芳香味	白兰地	[12, 8]
515-00-4	桃金娘烯醇 (myrtenol)	草香、木香、樟脑样香气	烤烟烟叶	[13]
536-59-4	紫苏醇 (perillaalcohol)	温暖的草香,稍有木香和花香	姜草油、柠檬油、紫苏油、杂薰衣草油等	[7]
1196-01-6	马鞭草烯醇 (verbenol)	具特征的马鞭草样香气	乳香脂胶、马鞭草油等精油	[14]
470-82-6	桉树醇 (eucalyptol)	与樟脑相似的气味	桉叶油分馏提取	[4]
106-24-1	香叶醇 (geraniol)	甜的玫瑰花气息,味有苦感	白兰地	[4]
124-76-5	异龙脑 (isoborneol)	近似樟脑的气味	用 α -蒎烯经氯化氢加成进行分子重排	[12, 8]
89-83-8	麝香草酚 (thymol)	具有百里香油的香气	百里香油	[4]
619-01-2	二氢香芹醇 (dihydrocarveol)	留兰香似香气和胡椒香味	黄蒿、薄荷等精油	[15]
471-16-9	桉醇 (sabinol)		柏科植物枝干、漆树科植物肖乳香的果实	[15]
碳氢类化合物				
65996-99-8	柠檬油精 (dipentene)	芳香气味、柑橘类的香气	柑橘水果	[5]
99-83-2	α -水芹烯 (α -phellandrene)	黑胡椒和薄荷香气	多种挥发油	[4, 7]
7785-26-4	α -蒎烯 (α -pinene)	松节油香气	三齿蒿、薰衣草、橙花、柠檬等	[4, 7]
127-91-3	β -蒎烯 (β -pinene)	松节油、干燥木材和松脂气味	美洲松节油中直接分离产品	[7]
2436-90-0	二氢月桂烯 (dihydromyrcene)	柑橘香气、略带萜烯底香	松节油	[16]
543-39-5	月桂烯 (myrcene)	清淡的香脂气味	黄桉叶或柔布叶蒸馏液再进行精馏分离	[7]
79-92-5	莰烯 (camphene)	具有针叶香气	多种天然挥发油的成分	[7]
586-62-9	异松油烯 (terpinolene)	松木树脂似的气息和柠檬气味	烤烟烟叶	[4]
673-84-7	别罗勒烯 (alloocimene)	草香、花香并伴有橙花油气息	烟叶、烟叶某些品种的香叶油等精油	[4]
13877-91-3	罗勒烯 (ocimene)	草香、花香并伴有橙花油气息	罗勒、金纽扣、万寿菊属的一些植物中	[4]
138-86-3	柠檬烯 (cinene)	类似柠檬的香味	植物精油	[17]
13466-78-9	3-萜烯 (3-carene)	强烈的松木样香气	松节油、胡椒油、圆叶当归油等多种精油	[9]
495-62-5	红没药烯 (bisabolene)	木香、花香、果香、青香	红没药、香柠檬、大茴香油、穗薰衣草油	[16]
萜烯醛类化合物				
5392-40-5	香叶醛 (citral)	有强烈的柠檬气	柠檬油、柑桔油、山苍子油、马鞭草油	[9]

续表				
CAS号	化合物	香气描述	来源	参考文献
112-31-2	癸醛(decanal)	甜橙油、柠檬油、玫瑰和蜡香的后韵	玫瑰油、柠檬草油、柑桔油、橙花油等	[18]
106-23-0	香茅醛(citronellal)	有柠檬、百合、玫瑰香气	香茅油及桉叶桉叶油	[19]
107-75-5	羟基香茅醛(cyclalia)	类似菩提、铃兰和新鲜的青草香气	二氢月桂烯经氯代、水解、中和而得	[19]
18031-40-8	紫苏醛(perillaldehyde)	紫苏、桂醛香气,为辛香香气	紫苏油	[4, 18]
432-13-7	β -环柠檬醛(β -cyclocitral)	具凉香、果香和清香	烤烟烟叶、白肋烟烟叶、香料烟烟叶	[9]
129601-94-1	雷司令缩醛(riesling acetal)	具有水果香气的物质		[8]
3913-81-3	2-癸烯醛(2-decenal)	橙子及鸡、家禽肉香味	胡荽油	[10]
122-03-2	枯名醛(cuminaldehyde)	枯茗油和青草气息	枯茗油、桉叶油等精油中	[10]
萜烯酮类化合物				
1195-79-5	葑酮((-)-fenchone)	凉香、樟脑、薄荷香气	经葑醇氧化而得	[19]
2244-16-8	香芹酮(carvone)	留兰香型	留兰香油、香芹油、薄荷油和茴芹等	[20]
7764-50-3	二氢香芹酮(dihydrocarvone)	浓烈的药草样香气和留兰香风味	黄蒿、长叶留兰香等植物精油	[20]
18309-32-5	马鞭草烯酮(verbenone)	类似樟脑、薄荷脑、芹菜香气	由 α -蒎烯经氯化铜催化氧化	[21]
89-80-5	薄荷酮(menthone)	有清新的薄荷香气、木香香韵	薄荷的叶子和荆芥中	[4, 22]
76231-76-0	侧柏酮(thujone)	气清香、味苦涩、微辛	菊科、柏科及姜科	[4]
89-81-6	胡椒酮(piperitone)	樟脑和薄荷的香气	胡椒和万寿菊属等药用植物	[23]
萜烯酯类化合物				
89-48-5	乙酸薄荷酯(menthyl acetate)	柔和的薄荷和玫瑰香气	薄荷中提取	[7]
59139-38-0	乳酸薄荷酯(menthyl lactat)	薄荷香气	薄荷中提取	[7]
105-87-3	乙酸香叶酯(geranyl acetate)	香柠檬果香及玫瑰、薰衣草香气	玫瑰草、橙叶等	[7]
105-90-8	丙酸香叶酯(geranyl propinate)	果香和玫瑰的香气	橘子	[7]
106-29-6	丁酸香叶酯(geranyl butyrate)	水果香气、似玫瑰香气和杏的甜味	薰衣草油	[7]
141-12-8	乙酸橙花酯(neryl acetate)	橙花、玫瑰、蜂蜜和覆盆子样香气	由橙花醇和乙酸酯化而成	[18]
51820-84-9	龙胆内酯(gentian lactone)		夹竹桃科植物软枝黄蝉花根	[24]
萜烯醚类化合物				
16409-43-1	玫瑰醚(rose oxide)	有青甜的花香香气	白兰地、玫瑰油、香叶油	[10]
1786-08-9	橙花醚(nerol oxide)	花香、青香气息、橙花油似的香韵	园柚汁、白葡萄酒、玫瑰油、香叶油	[4, 18]

2 单萜类化合物的形成机理

2.1 从结合态单萜类化合物生成游离态单萜类化合物

单萜类化合物以游离态和结合态两种形式存在,游离态能够直接产生香气,而结合态的糖苷则需要水解成游离态才能发挥呈香的作用。水解方法有:酶解法和酸解法。酶解法主要使用糖苷酶(如 β -D-葡萄糖苷酶、 β -樱草糖苷酶、 α -L-鼠李糖苷酶、 α -L-呋喃型阿拉伯糖苷酶^[25-26]和 β -D-芹菜糖苷酶^[27]等)水解糖苷形式的萜烯,酶通过水解1,6-配糖键使糖基与单萜醇分离,进而形成游离态的单萜类化合物。橙花醇- β -D-配糖物在 β -糖苷酶作用下分解为 β -葡萄糖和橙花醇^[7]。酸解法也可以水解糖苷(如硫酸、盐酸),硫酸使单萜类化合物发生异构化反应,分子结构重新排列,从而产生单萜。 α -pinene与硫酸反应时,可以产生camphene、limonene、 α -phellandrene、3-carene和terpinolene等同分异构体^[28]。但此方法能引起单萜类化合物中糖苷配基结构的重新排布^[26],导致单萜类化合物的性质发生改变。

2.2 酿酒酵母甲基戊酸代谢途径产生单萜类化合物

一些霉菌(如青霉属(*Penicillium*))和酵母菌也可以产生单萜烯^[29],产萜烯的酵母主要有产乳糖酶酵母(*Kluyveromyces lactis*)、德尔布有孢圆酵母(*Torulaspora delbrueckii*)。已发现从葡萄酒酿造中分离的酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)具有合成单萜烯的能力^[30],如橙花醇、芳樟醇、樟脑、紫苏醇和香叶醇等。酿酒酵母在细胞质中通过甲基戊酸途径(mevalonate pathway, MVA)生成二磷酸异戊烯(isopentenyl diphosphate, IPP)。由图1可知,三个乙酰辅酶A(acetyl-CoA)分子形成3-羟基-3-甲基戊二酰基-辅酶A(3-hydroxy-3-methylglutaryl-Co-A, HMG-CoA)。HMG-CoA被还原为甲瓦龙酸(mevalonic acid, MVA),接着甲瓦龙酸被磷酸化,并脱羧基形成异戊烯焦磷酸(isopentenyl pyrophosphate, IPP)^[7]。酿酒酵母Erg20基因编码的法尼基焦磷酸合成酶(farnesyl pyrophosphate synthase, FPPS)兼具香叶基焦磷酸合成酶

(geranyl diphosphate synthase, GPS)和FPPS的活性。在酶反应的过程中,香叶基焦磷酸(geranyl pyrophosphate, GPP)由香叶基焦磷酸合成酶(GPS)催化得到,中间物GPP不离

开酶的活性中心,而直接与IPP反应被催化为FPP。在香叶基香叶基焦磷酸(GGPP)合成酶的催化下,FPP与一分子IPP聚合形成GGPP,它是许多单萜类化合物直接的前体物质^[31]。

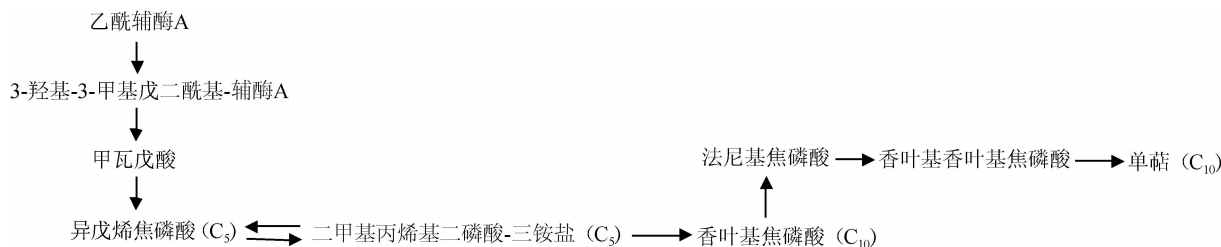


图1 酿酒酵母甲羟戊酸代谢途径

Fig. 1 Mevalonic acid metabolic pathways of *Saccharomyces cerevisiae*

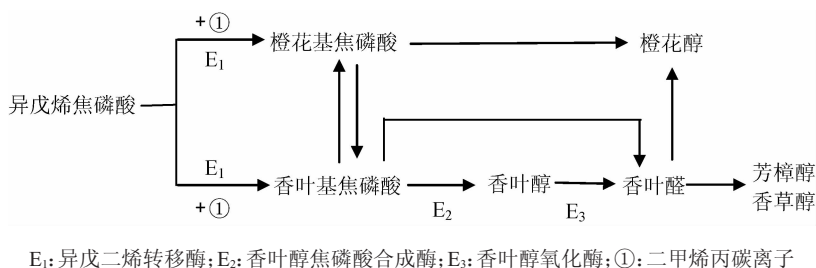


图2 5种单萜类化合物的生物合成

Fig. 2 Biosynthesis of five monoterpenes compounds

由图2可知,通过酿酒酵母的甲羟戊酸途径产生的IPP在异戊二烯转移酶的催化下与二甲烯丙碳离子的作用下生成橙花基焦磷酸和香叶基焦磷酸,然后经过一些列的反应合成具有玫瑰香的香叶醇、香叶醛、芳樟醇和具有玫瑰、橙花、略带柠檬味果香的橙花醇^[32]。

3 单萜类化合物生物活性

3.1 抗菌活性

碳骨架的亲脂性和官能团的亲水性是判断抗菌活性的重要指标,它们的次序是:酚类>醛类>酮类>醇类>酯类>碳氢类^[33]。如柠檬烯(limonene)是植物精油(柑橘精油)的主要成分,具有良好的镇咳、祛痰、抑菌作用,复方柠檬烯在临床上可用于利胆、溶石、促进消化液分泌和排除肠内积气^[34];香茅醇具有抑制金黄色葡萄球菌及伤寒杆菌的活性,用于抗菌^[4];芳樟醇存在于芳樟油中,具有抗菌和抗病毒作用;胡椒酮、樟脑具有抗菌和很好的杀虫、防虫效果,是很好的防腐剂; β -蒎烯具有抗菌作用和很强的助消化活性;香芹酚具有抗菌,尤其是抗真菌作用,刺激性强,易吸收,可引起呕吐腹泻等^[4];枯茗醛具有抑、杀细菌和真菌的作用;龙脑具有治疗冠心病、心绞痛和抗菌等药用活性的作用;葑酮具有抗真菌、抗疟疾作用^[4];研究发现,氧化单萜如薄荷醇和脂肪簇醇(如里哪醇)拥有从强到中等的抗细菌活性^[35],柠檬烯也有从强到中等的抗菌活性,主要是针对革兰氏阳性菌和致病性霉菌,但总体来讲,

对革兰氏阳性菌作用较弱^[9]。

3.2 抗病毒活性

单萜类化合物通过抑制细胞的增殖来抑制病毒的繁殖。研究表明,芳樟醇(linalool)能明显抑制多种人淋巴细胞白血病细胞增殖,而对正常人骨髓造血细胞及外周血细胞的增殖没有明显的影响,具有较高的安全性,可能是一种新型的抗白血病化疗药物^[36];异龙脑能抑制单纯性疱疹病毒(herpes simplex virus, HSV)的生存期,主要是抑制病毒多肽的糖基化;里哪醇抑制腺病毒(adenovirus)的活性最强;4-萜品醇的精油显示出更强的抗病毒活性。松节油(turpentine)有强烈的止痛作用,甚至超过了标准止痛药物安乃近^[12]。

3.3 抗癌活性

癌细胞以指数倍增殖,在人体中扩散速度快而且不好治愈,然而单萜类物质可以诱导癌细胞的凋亡和抑制细胞生长,从而起到抗癌的作用。研究表明,紫苏醇(perillyl alcohol)可以降低细胞周期蛋白D1信使核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)水平,阻止活性细胞周期蛋白D1形成。紫苏醇以小分子存在,能有效治疗因生长停滞和细胞凋亡引起的白血病^[20];法呢醇是重要的细胞凋亡诱导剂,能抑制小鼠肺肿瘤的发生^[9]。

3.4 其他

此外,单萜类化合物还具有镇痛作用,可助消化活性、

平喘镇咳、抗炎等。如薄荷醇对皮肤和黏膜有清凉和弱的麻醉作用使人产生凉爽感、刺痛感和麻醉感,具有典型的止痛和杀菌作用;薄荷酮具有很好的镇痛作用^[9]; α -蒎烯和 β -蒎烯都具有很强的助消化活性,但因为二者的立体结构不同,导致 α -蒎烯的活性不如 β -蒎烯的活性强^[9],香芹酮具有平喘镇咳作用,可作祛风剂;松油醇具有平喘和杀菌作用,但具有一定的毒性;胡椒酮来源于胡椒科植物胡椒和菊科万寿菊属等药用植物中,具有平喘、止咳、抗菌和一定的毒性; α -松节油存在于香茅草等中草药中,具有抗炎作用;簪烯具有抗炎活性,对皮肤及黏膜具有局部刺激性;桉醇存在于败酱科和柏科植物中,可用作痛经药和驱肠虫药;樟脑具有很好的杀虫、防虫效果,是很好的防腐剂和;香茅醇具有一定的昆虫驱避作用^[9]。

4 展望

单萜类化合物种类多、香气特征明显,不同植物原料中的种类和含量不同,同一植物原料处于不同生长的环境,其单萜类化合物的种类和含量也存在较大的差异。近年来对单萜类化合物的研究多数是对萜烯类物质的生物合成及酶作用的研究。DEGENHARDT J等^[37]研究了单萜类化合物合成酶在单萜生物合成中的作用机制;CROTEAU R等^[38]研究了萜类化合物樟脑、龙脑生物合成过程中香叶基焦磷酸盐及酶的作用。具有花香、果香的现有单萜类化合物已经广泛应用于食品、化妆品和清新剂等领域,具有生物活性的单萜类化合物已经广泛应用于医药产品。对单萜类化合物的香气、合成及生物活性的研究具有十分重要的理论及应用价值。随着预处理及鉴定技术的提高,为新单萜类化合物的分离及结构的鉴定和更深入的研究提供有效手段,进一步可深入研究新的具有香气和生物活性的单萜化合物。新的单萜类化合物的发现产生新的香气特征和生物活性,这对新的食品、化妆品、清新剂和医药的开发具有重要意义。

参考文献:

- [1] 陈建,赵德刚. 植物萜类生物合成相关酶类及其编码基因的研究进展[J]. 分子植物育种, 2004, 2(6): 757-764.
- [2] 兰颐,王景雁,刘艳,等. 萜烯类经皮促透剂对皮肤活性表皮层的影响及其机制研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(4): 643-648.
- [3] 郑向平,张葆春,赵玉平,等. 白兰地挥发性芳香族化合物的初步探究[J]. 中国酿造, 2014, 33(9): 1-5.
- [4] 师彦平. 单萜和倍半萜化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 44-54.
- [5] DAMBOLENA J S, LÓPEZ A G, CÁNEPA M C, et al. Inhibitory effect of cyclic terpenes (limonene, menthol, menthone and thymol) on *Fusarium verticillioides* MRC 826 growth and fumonisin B1 biosynthesis[J]. *Toxicon*, 2008, 51(1): 37-44.
- [6] 阎正,冯天铸. 气相色谱法测定冠心膏中樟脑、薄荷脑、异龙脑、龙脑的含量[J]. 色谱, 1998, 16(5): 411-413.
- [7] 范文来,徐岩. 酒类风味化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2014: 279-312.
- [8] STEINGASS C B, CARLE R, SCHMARR H G. Ripening-dependent metabolic changes in the volatiles of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) fruit: I. Characterization of pineapple aroma compounds by comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Anal Bioanal Chem*, 2015, 407(9): 1391-2608.
- [9] 范文来,徐岩. 白酒中重要的功能化合物萜烯综述[J]. 酿酒, 2013, 40(6): 11-16.
- [10] RUIZ-GARCÍA L, HELLÍN P, FLORES P, et al. Prediction of Muscat aroma in table grape by analysis of rose oxide[J]. *Food Chem*, 2014, 154(2): 151-157.
- [11] CROTEAU R, MIYAZAKI JH, WHEELER CJ. Monoterpene biosynthesis: mechanistic evaluation of the geranyl pyrophosphate: (-)-endo-fenchol cyclase from fennel (*Foeniculum vulgare*)[J]. *Archs Biochem Biophys*, 1989, 269(2): 507-516.
- [12] BAŞER K H C, DEMIRCI F. Chemistry of essential oils[M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2007: 121-150.
- [13] MOREIRA M R C, ALMEIDA A A C D, SOUSA D P D, et al. Anxiolytic-like effects and mechanism of (-)-myrtenol: A monoterpene alcohol[J]. *Neurosci Lett*, 2014, 579(13): 119-124.
- [14] IL'INA I V, VOLCHO K P, MIKHALCHENKO O S, et al. Reactions of verbenol epoxide with aromatic aldehydes containing hydroxy or methoxy groups in the presence of montmorillonite clay[J]. *Helv Chim Acta*, 2011, 94(3): 502-513.
- [15] YOUSEFZADEH N. Quantitative and qualitative study of bioactive compounds of essential oils of the medicinal plant *Artemisia sieberi* grown in lorestan (iran) by use of GC-MS technique[J]. *Org Chem Curr Res*, 2012, 1(4): 15-21.
- [16] BOTELLA P, CORMA A, NIETO J M L, et al. Selective hydration of dihydromyrcene to dihydromyrcenol over H-beta zeolite[J]. *Appl Catal A General*, 2000, 203(2): 131-138.
- [17] KINDEL G, KRAMMER G, SURBURG H, et al. Mixture with winter-green odor and flavor. EP, US 8226931 B2[P]. 2012-07-24.
- [18] DEGENHARDT J, KÖLLNER T G, GERSHENZON J. Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants[J]. *Phytochemistry*, 2009, 70(15-16): 1621-1637.
- [19] KAMISHINBARA T. Liquid composition and method for evaluating sorption behavior of flavor compounds using the liquid composition. US 20060068066[P]. 2006-03-30.
- [20] RAVASIO N, ZACCHERIA F, GUIDOTTI M, et al. Mono- and bifunctional heterogeneous catalytic transformation of terpenes and terpenoids[J]. *Top Catal*, 2004, 27(1-4): 157-168.
- [21] YOUNG D, JONES M, KITCHING W. Carvone- and piperitone-derived allylic stannanes and aspects of their electrophilic substitution[J]. *Aust J Chem*, 1986, 39(4): 563-573.
- [22] 孙小玲,林林. 由 α -蒎烯催化氧化制备马鞭草烯酮的研究[J]. 化学世界, 2009(7): 414-417.
- [23] TELCI I, DEMIRTAS I, BAYRAM E, et al. Environmental variation on aroma components of pulegone/piperitone rich spearmint (*Mentha spicata* L.)[J]. *Ind Crop Prod*, 2010, 32(3): 588-592.
- [24] LI L, YIN L L, ZHANG L, et al. Composition containing iridoids and uses thereof. EP 1381087[P]. 2013-04-17.
- [25] GUNATA Z, BITTEUR S, BRILLOUET J, et al. Sequential enzymic

- hydrolysis of potentially aromatic glycosides from grape[J]. *Carbohydr Res*, 1988, 184(88): 139-149.
- [26] GUNATA Z, BRILLOUET J M, VOIRIN S, et al. Purification and some properties of an α -arabinofuranosidase from *Aspergillus niger*. action on grape monoterpenyl arabino-furanosylglucosides[J]. *J Agr Food Chem*, 1990, 38(3): 772-776.
- [27] VOIRIN S G, BAUMES R L, BITTEUR S M, et al. Novel monoterpene disaccharide glycosides of *Vitis vinifera* grapes[J]. *J Agr Food Chem*, 1990, 38(6): 1373-1378.
- [28] 姜 洁. 单萜烯在酸性条件下的重排机理的探究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [29] LARSEN T O, FRISVAD J C. A simple method for collection of volatile metabolites from fungi based on diffusive sampling from petri dishes[J]. *J Microbiol Method*, 1994, 19(4): 297-305.
- [30] CARRAU F M, MEDINA K, BOIDO E, et al. De novo synthesis of monoterpenes by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts[J]. *FEMS Microbiol Lett*, 2005, 243(1): 107-115.
- [31] 张 艳, 卢文玉. 酿酒酵母细胞表达异源萜类化合物的研究进展[J]. 化工进展, 2014(5): 1265-1270.
- [32] 吴 勇. 萜烯类化合物与茶叶香气[J]. 化学工程与装备, 2009(11): 123-113.
- [33] KALEMBA D, KUNICKA A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils[J]. *Curr Med Chem*, 2003, 10(10):813-29.
- [34] 王雪梅, 谌 徽, 李雪姣, 等. 天然活性单萜—柠檬烯的抑菌性能研究[J]. 吉林农业大学学报, 2010, 32(1): 24-28.
- [35] KALP G I, NE E K, MINE K, et al. Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils[J]. *J Agr Food Chem*, 2002, 50(14):3943-3946.
- [36] 张 婷. 芳樟醇通过激活 GADD45 α /JNK 信号通路选择性诱导淋巴瘤细胞白血病细胞凋亡的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [37] DEGENHARDT J, KÖLLNER T G, GERSHENZON J. Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants[J]. *Phytochemistry*, 2009, 70(15-16): 1621-1637.
- [38] CROTEAU R, KARP F. Biosynthesis of monoterpenes: Hydrolysis of bornyl pyrophosphate, an essential step in camphor biosynthesis, and hydrolysis of geranyl pyrophosphate, the acyclic precursor of camphor, by enzymes from sage[J]. *Brit Med J*, 1990, 301(6753): 651-653.

《中国酿造》杂志征稿启事

《中国酿造》创刊于1982年,是由中国商业联合会主管,中国调味品协会及北京食品科学研究院主办的综合性科技期刊。并历次被评为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、《中国知网》重点收录期刊、《万方数据库》全文收录期刊、《中文科技期刊数据库》来源期刊、中国学术期刊网络出版总库收录期刊、美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊、英国《食品科学文摘》(FSTA)收录期刊、英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABD)收录期刊、美国《化学文摘》(CA)收录期刊、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)收录期刊、中国科学评价研究中心(RCCSE)数据库收录期刊,也是学位与研究生教育的中文重要期刊。

本刊主要面向全国各大高等院校、科研院所、各级党政机关、相关企事业单位的广大专家学者、工程技术人员、本科生、硕士研究生、管理人员等。

《中国酿造》主要栏目有:研究报告、专论综述、创新与借鉴、经验交流、分析与检测、产品开发、酿造文化、海外文摘等。

欢迎踊跃投稿!

网站: www.chinabrewing.net.cn 邮箱: zgnzzz@163.com 电话: 010-83152738/83152308

征稿范围:

(1)新工艺、新技术、新设备在酿造行业的应用;(2)调味品的研发创新与推广应用;(3)调味品产业生产管理及产品质量安全评价;(4)食品添加剂在酿造行业的应用;(5)现代高新检测技术在酿造行业的应用;(6)酿酒产品开发、生产管理及产品质量安全的控制;(7)发酵法制备酒精、氨基酸、高级醇及有机酸等工艺研究;(8)微生物发酵工艺及培养基发酵条件优化;(9)发酵工程菌种的筛选与人工诱变、杂交选育及基因工程改造研究;(10)生物质能源的开发利用及规模化制备;(11)传统发酵食品生产工艺改进、微生物菌种改良、发酵机理及规模化生产研究;(12)食品及发酵工业废水、废渣处理及综合利用;(13)益生菌及功能型发酵乳制品研究与开发;(14)行业实用技术、政策、法规、标准及行业动态和最新举措等。

注意事项:

(1)来稿要求论点明确、数据可靠、逻辑严密、文字精炼。在文稿首页用脚注说明论文属何项目、何基金(编号)资助,本刊将优先报道国家级、省部级及国际合作项目的科研成果;第一作者及通讯作者(一般为导师)简介(包括姓名、出生年月、性别、职称、学位、研究方向或目前主要从事的工作、邮箱、联系电话)。(2)稿件要求8000字以内,须有中图分类号,文献标志码,中英文标题、单位、作者,并有200~300字的中英文摘要和5~8个关键词,标题、摘要、表题、图题请用中英文对照。摘要内容应包括研究目的、方法、结果和结论;综述文章可写指示性摘要。(3)来稿内容涉及配方时,应写明配料的名称和配比,勿用代号;工艺过程要完整,不要省略;插图、表格需放在正文相应地方,不要集中;引用的图表要有出处,计量要用法定单位。(4)文稿参考文献一般研究论文约25篇参考文献,不可少于20篇,综述论文不少于35篇。研究性论文和综述性论文中近5年文献不少于参考文献总数的一半,外文文献不少于5篇,期格式请参照GB/T 7714—2005《文后参考文献著录规则》。(5)来稿必须是最新的、作者自身创造性的科研成果,且是在中英文正式刊物上未发表的论文。本刊严禁一稿多投、重复内容多次投稿、不同文种重复投稿。(6)本刊以实现对所有来稿的文字复制比对工作,若文字复制比超过30%的稿件本刊不予采用。(7)稿件一经录用,即被认为同意收录于《中国学术期刊(光盘版)》、万方数据库等,同意入编数据库及上网发布,与此有关的作者著作权使用费与稿酬一次性给付。作者如有异议,请在投稿时声明。