

生姜的化学成分及生物活性研究进展

赵文竹¹, 张瑞雪¹, 于志鹏^{1,*}, 王欣珂¹, 励建荣^{1,*}, 刘静波²

(1.渤海大学食品科学与工程学院; 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术

国家地方联合工程研究中心, 辽宁锦州 121013;

2.吉林大学营养与功能食品研究室, 吉林长春 130062)

摘要:生姜是我国传统的香辛类蔬菜, 含有多种功能活性成分, 并具有药食同源性。本文综述了生姜的化学成分中姜黄酮、姜辣素、姜多糖、姜精油和姜糖蛋白的提取、测定、生物活性以及生姜的毒理性研究进展, 同时对生姜的化学成分的研究前景进行展望, 旨在为生姜的基础研究及综合利用提供理论参考。

关键词:生姜, 化学成分, 生物活性, 毒性

Research process in ginger chemical composition and biological activity

ZHAO Wen-zhu¹, ZHANG Rui-xue¹, YU Zhi-peng^{1,*}, WANG Xin-ke¹, LI Jian-rong^{1,*}, LIU Jing-bo²

(1.College of food science and engineering, Bohai University; National & Local Joint Engineering Research Center of Storage Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Jinzhou 121013, China

2.Lab of Nutrition and Functional Food, Jilin University, Changchun 130062, China)

Abstract: Ginger is a traditional kind of spicy vegetable, with medicine and food homology. The research findings on the potential applications of ginger which include the extraction, assay and bioactivity of ginger flavonoids, gingerols, ginger polysaccharides, ginger oil and ginger glycoprotein was reviewed. In addition, toxicological studies of ginger were also addressed, which aimed to the comprehensive development of ginger.

Key words: ginger; chemical composition; bioactivity; toxicology

中图分类号: TS201

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)11-0383-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.11.070

生姜 (*Rhizoma Zingiberis Recens*) 是世界广泛应用的主要香辛保健类蔬菜, 也是食品加工生产的重要原料。据 FAO 统计, 2011 年世界生姜总产量达到 1687.5 万 t, 中国是世界上生姜栽培面积最大且生产总量最多的国家。2015 年我国生姜年产量已达到 1000 万 t, 约占世界产量的 45%^[1]。生姜含有丰富的营养物质, 据资料记载, 每 500 g 鲜姜含糖类 40 g、脂肪 3.5 g、蛋白质 7 g、纤维素 5 g、胡萝卜素 0.9 g、维生素 C 20 mg、硫胺素 0.05 mg、尼克酸 2 mg、钙 100 mg、磷 225 mg、铁 35 mg^[2]。此外生姜还含有多种功能性成分, 如姜辣素 (gingerol)、姜烯酚 (shogaol) 和姜酮 (zingiberone) 等酚类成分, 嘌呤类化合物, 姜油等挥发油类^[3-5], 活性多糖类和糖蛋白 (glycoprotein)^[6] 等。因此, 通过系统研究生姜中营养物质组成和功能活性特点, 可以促进生姜产品的开发。本文重点介绍生姜植物的化学组成、重要组分化学结构、功能活性、毒性和应用研究等内容, 旨在对生姜的成分研究和高值化利用提供参考。

1 生姜的化学组成

生姜中含有多种活性物质, 如姜精油 (0.15% ~ 0.17%), 多糖类 (5.97%), 烯类 (61.41%), 黄酮类 (2.63%), 此外还含有甾醇类、姜油树脂、姜黄素、姜辣素等, 具有开胃健脾、促进食欲、抗氧化、抑制肿瘤、降温防暑、杀菌解毒等多种活性^[7]。生姜中含有的主要营养物质成分、提取方法及重要化学成分的化学结构见表 1 和表 2。

1.1 生姜黄酮类化合物

黄酮类化合物是植物多酚类物质最重要的组成之一, 广泛存在于植物组织中。生姜中的黄酮含量与生姜的品种、种植时间、切割程度和提取液暴露的环境有着密切的关系。马来西亚学者分别从 Bentong 种和 Bara 种生姜叶片和根茎中提取得到总黄酮和类黄酮包括槲皮素、芸香苷、儿茶素、表儿茶素、山柰酚和柚苷配基, 结果表明: Bara 种姜的总黄酮含量高于 Bentong, 同时随着种植时间的延长, 生姜根茎中的类

收稿日期: 2015-11-05

作者简介: 赵文竹 (1986-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 植物活性成分研究, E-mail: zhaowenzhu777@163.com。

* 通讯作者: 于志鹏 (1984-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 蛋白质及活性肽的功能研究与产品开发, E-mail: yuzhipeng20086@sina.com。

励建荣 (1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 生鲜食品贮藏加工与质量安全控制方面的研究, E-mail: lijr6491@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31271907); 国家科技支撑课题 (2012BAD00B03)。

表1 生姜中主要化学成分的提取方法及含量

Table 1 The extraction and content of the ginger chemical composition

| 营养物质组成 | 主要成分 | 提取方法 | 含量 | 参考文献 |
|--------|---|------------|---|------|
| 黄酮类 | 双氢黄酮、副姜油酮、黄酮醇(6-姜醇、8-姜醇、10-姜醇)等 | 超声辅助法 | 1.27% | [8] |
| | | 微波辅助 | 6.39% | [9] |
| | 有机溶剂提取 | 0.75% | [10] | |
| | 超声波协同双水相 | 0.05% | [11] | |
| | 姜黄素 | 固相萃取 | 0.15% | [12] |
| 姜酚类 | 姜辣素、6-姜辣素、 α -姜烯酚、姜二醇 | 有机溶剂提取 | 1.61% | [13] |
| | | 微波辅助 | 1.76% | [14] |
| | 姜精油(半萜烯类化合物、 β -红没药烯、 α -法呢烯、 β -倍半水芹烯等) | 索氏提取法 | 4.16% | [15] |
| | | 常压蒸馏法 | 1.15% | [15] |
| 氨基酸 | 含有17种氨基酸 | 超声波提取 | 3.75% | [16] |
| | | 乙醇回流 | 5.08% | [17] |
| 糖类 | 多糖 | 超声波-微波协同萃取 | 23.65% | [18] |
| | | 热水浸提 | 5.82% | [19] |
| | | 微波消解 | K(18600 μ g/g); Fe(3.85 g/100 g); Ca(8.0 mg/100 g); P(88.4 mg/100 g); Zn(174 mg/100 g); Cu(0.92 mg/100 g); Cr(0.545 mg/100 g); Mn(70 μ g/100 g) | [20] |
| 有机酸 | 酒石酸 | | 59.146 mg/g | [17] |

表2 生姜中重要化学成分化学结构

Table 2 The structure of major chemical constituents from ginger

| 化学成分 | 化学结构 | 化学成分 | 化学结构 |
|---|------|---|------|
| n = 4 6-姜辣素; n = 2 4-姜辣素; n = 5 7-姜辣素; n = 6 8 姜辣素; n = 8 10-姜辣素; | | n = 4 6-姜烯酚; n = 2 4-姜烯酚; n = 6 8-姜烯酚; n = 8 10-姜烯酚; n = 10 12-姜烯酚; | |
| 6-姜酮酚 | | 甲基-6-异姜酚 | |
| 6-异姜酚 | | 6-姜二酮 | |
| (3,5)-3,5-双乙酰基 1-双(4-羟基-3-甲氧基)-正庚烷 | | n = 4 6-姜二醇; n = 6 8-姜二醇; n = 8 10-姜辣素; | |

黄酮的含量逐渐增加(Bentong 59.6%; Bara 60.1%),而叶片中的类黄酮的含量逐渐减少(Bentong 42.3%; Bara 36.7%),并确定8周为最佳种植时间^[21]。李佳慧^[22]等通过对生姜进行不同程度的切割处理(片状、块状及末状),在4℃的贮藏温度下分别放置不同的时间(0、3、6、12 h),结果表明:放置6 h的姜块,黄酮含量最高为10 mg/kg。郭艳华^[23]等用微波辅助乙醇提取的方法提取生姜中的黄酮,并将提取液在日光、

自然光、避光条件下放2 d,其黄酮的分解率分别为2.7%、1.4%、0.1%。放置4 d,其黄酮的分解率分别为7.6%、4.8%、2.5%。可见,日光对生姜黄酮稳定性有一定影响,自然光对黄酮稳定性影响不大,避光条件下生姜黄酮稳定性较好。

生姜黄酮类化合物具有抗氧化、抗炎及抵抗或减缓肿瘤的形成等多种生理功效,其中抗氧化功效尤为突出。Kai-ju等对有机溶剂提取出的生姜黄酮

进行抗氧化研究,结果表明生姜黄酮的还原力比 BHT 和 PG 都高,同时 $ABTS^{\cdot+}$ 、 $DPPH^{\cdot}$ 、 $\cdot OH$ 和 $O_2^{\cdot-}$ 的 IC_{50} 分别为 1.3、23.2、40.1、84.0 $\mu g/mL$ ^[24]。生姜黄酮类化合物会沉积在脂蛋白和动脉细胞上,通过活性氧/氮的清除,金属离子的螯合以及对相关抗氧化剂的保护作用来减弱低密度脂蛋白的过氧化^[25]。同时,可以通过对 NADPH 等细胞氧化酶的抑制来减弱巨噬细胞的氧化应激,即此种化合物可以减弱动脉粥样硬化的发展^[25]。此外,生姜黄酮还具有抑菌作用^[26],对枯草芽孢杆菌、黑曲霉、青霉菌和大肠杆菌具有不同程度的抑制作用,其中对枯草芽孢杆菌的抑制作用最强^[27-28]。黄酮类物质是主要的姜辣成分物质之一,其转换关系如图 1 所示。

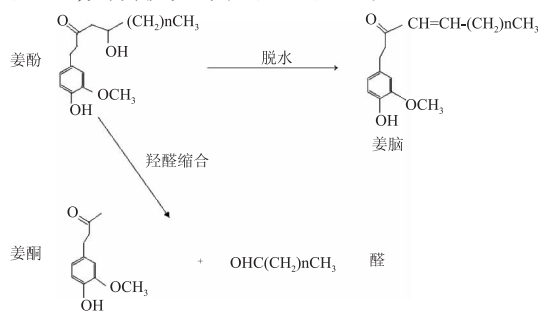


图 1 生姜中辛辣成分的转化关系^[29]

Fig.1 Relationships between pungent compounds of ginger

1.2 姜辣素

姜辣素是生姜中有关辣味物质的总称,其化学组分中均含有 3-甲氧基-4-羟基苯基官能团,根据该官能团连接烃链的不同,可将姜辣素分为姜酚、姜烯酚、副姜油酮、姜酮、姜二酮等。Schwertner^[30] 等通过 HPLC 以姜辣素标准品作为对照品已经证实,6-姜辣素、8-姜辣素、10-姜辣素和 6-姜烯酚的含量均可以被检测出,其中 6-姜辣素稳定性最高,可作为测量姜辣素含量的方法。姜辣素是生姜的主要功能因子,具有多重生理功效。印度学者通过利用反相高效液相色谱(RP-HPLC)测定了来自印度不同农业气候区的 12 种生姜品种的 6-姜辣素的含量,最高的姜辣素含量为 0.18%,并对其抗氧化能力进行测

定,结果表明,Rajasthan 和 Janero 地区种植的生姜是良好的 6-姜辣素产量的来源^[31]。6-姜辣素在体内的生化动力学研究较集中,Pfeiffer^[32] 等将 NADPH 强化的大鼠肝微粒体与 6-姜辣素共同孵化,并通过 GC-MS 分析两个芳环羟基化物质和两个 6-姜辣素的非对映异构体,认为 6-姜辣素的代谢是一个复杂的过程。Nakazawa^[33] 等通过 HPLC 检测口服 6-姜辣素的大鼠的胆汁与尿液中的成分来研究 6-姜辣素的代谢途径,结果表明肠道菌群以及肝脏中的酶都是 6-姜辣素代谢中发挥主要作用的物质。

姜辣素具有多重生理功效,其中抗氧化功效最为突出,作用机理为:其通过自身氧化,降低油脂内部及周围的 O_2 含量,来降低油脂的氧化。当姜辣素与姜精油共同作用时,对不饱和脂肪酸含量高的油脂的抗氧化作用优于对饱和脂肪酸含量高的油脂的抗氧化作用^[34]。目前关于活性的研究主要针对 6-姜辣素,具体的活性见表 3。

1.3 生姜多糖

多糖类化合物的热水浸提的工艺一直备受关注,王晓梅^[40] 等研究发现热水浸提生姜多糖的最佳工艺参数为:提取温度 90 $^{\circ}C$,提取时间 2.5 h,料液比 1:15,在此条件下生姜粗多糖的平均得率为 7.58%。此外,有研究者采用超声波^[18]、超声波-微波协同^[41]、复合酶^[42] 等方法结合水提醇沉法进行生姜多糖的提取,使多糖的得率提高。夏树林^[43] 采用超声波辅助法进行提取,生姜多糖的得率为 10.3%。

目前,关于生姜多糖单糖组成的报道相对较少。马利华等人^[44] 通过薄层色谱法对生姜多糖用展开剂(正丁醇:乙酸乙酯:异丙醇:醋酸:水 = 7:20:12:7:6)进行展开,苯胺-二苯胺-磷酸作为显色剂,70%的乙醇溶液作为洗脱剂,并与对照物按同法所得的色谱图的比移值(Rf)做对比得到多糖的组成成分。实验结果表明生姜多糖的单糖组成包括葡萄糖,半乳糖,甘露糖和果糖。

韩冬屏等人^[45] 研究不同方式提取的多糖对 DPPH 自由基的清除差异,结果表明对 DPPH 自由基的清除能力由高到低依次为超声波辅助提取、微波

表 3 6-姜辣素的活性研究

Table 3 Study on activities of 6-gingerol

| 作用 | 研究方法 | 参考文献 |
|------------|---|------|
| 抗氧化 | DPPH 自由基清除能力、亚铁离子还原能力 | [31] |
| 抗炎 | 测定 TPA 诱导的表皮鸟氨酸脱羧酶活性 | [35] |
| 提高 SOD 活性 | 测小鼠体内 SOD 水平 | [35] |
| 降低血糖水平 | 测小鼠体内血糖变化 | [35] |
| 降低氧化应激水平 | 测小鼠体内氧化应激水平 | [35] |
| 增加胰岛素水平 | 利用小鼠胰腺 β 细胞和肝细胞进行实验 | [35] |
| 抗血小板作用 | 洗涤兔血小板花生四稀酸和胶原诱导的释放反应 | [36] |
| 抑制人乳腺癌细胞代谢 | 体外细胞实验:姜辣素对人乳腺癌细胞的粘附、侵袭、转运及 MP-2 与 MDA-MB-23 活性的影响 | [37] |
| 抑菌 | 试管内药基法 | [38] |
| 抑制 NO 的产生 | 脂多糖刺激 J774.1 巨噬细胞检测诱导型 NO 合酶(iNOS)数目和氧化二氮和氧化单键的断裂与否 | [39] |

辅助提取和传统热水浸提。Zhang 等人^[46]考察生姜多糖的三种提取方法,即水提(G1)、酸提(G2)和碱提(G3)的抗氧化活性。结果表明:生姜多糖具有较高的抗氧化活性,具体表现为:对超氧自由基有抑制作用(G1、G2 和 G3 的 EC₅₀ 分别为 18、16、24 μg/mL),对羟自由基有清除作用(G1、G2 和 G3 的 EC₅₀ 分别为 1.88、1.41、1.88 mg/mL),对 DPPH· 有清除作用(IC₅₀ 介于 0.34~0.87 mg/mL),对二价铁具有螯合能力(G1、G2 和 G3 的螯合率分别为 82.4%、96.3%、62.5%)。

1.4 姜精油

姜精油是以生姜根茎为原料,经水蒸气蒸馏等方法获得的无色或微带黄色的透明挥发性油分。目前,已发现姜精油中有 100 多种组分,主要为倍半萜烯类(50%~60%)和氧化倍半萜烯(17%),由于生姜的品种和生长环境不同,其成分含量存在一定的差别。姜精油挥发性组分的分析方法有 LC、GC、GC-MS、HPLC、FAB-MS 及几种方法结合等手段,其中 GC-MS 方法应用最多。熊运海^[47]采用 GC-MS 法分别分离鉴定了重庆竹根姜、湖南红芽姜以及山东莱芜大姜的挥发油组分,并利用化学计量学解析法对重叠的色谱峰进行处理,得到各组分的色谱曲线和质谱图,并与质谱库中的标准品图谱对照定性,发现竹根姜、红芽姜、莱芜大姜挥发油分别得到 101、102、100 个组分,组分中分别含有姜烯(7.05%、27.53%、18.09%), α -柠檬醛(19.20%、7.07%、6.77%), β -水芹烯(11.65%、2.52%、1.73%), α -姜黄烯(1.74%、1.66%、6.65%)和茨烯(6.94%、0.95%、5.35%)等成分。

姜精油的提取方法主要为水蒸气蒸馏法、乙醇浸提法和超临界 CO₂ 萃取法。其中,水蒸气蒸馏法的得率最低,仅为 0.95% ± 0.04%,而超临界 CO₂ 萃取法得率最高,可达 4.67% ± 0.13%。其中,超临界 CO₂ 萃取法具有较高的选择性,并且由于 CO₂ 惰性,萃取分离可在较低温度下进行,能减少不稳定组分在分离过程中的分解程度。采用超临界 CO₂ 萃取法的最佳工艺参数为:萃取时间 80 min,萃取温度为 35 °C,萃取压力为 15 MPa^[48]。

姜精油的生理疗效主要有皮肤疗效、心理疗效、生理疗效三种:皮肤疗效主要表现在有助于消散瘀血,治创伤、调理油性肤质、苍白肤质等;心理疗效主要表现在温暖情绪、缓解疲倦、激励人心等;生理疗效则主要表现在其可以调节月经紊乱、安定消化系统^[7]。Mesomo^[49]等研究了姜精油对革兰氏阳性细菌的作用。结果显示,姜精油可以抑制铜绿假单胞菌,同时也对革兰氏阴性菌鼠伤寒沙门氏菌表现轻微抑制。此外,生姜精油还具有一定的抗氧化能力。Gurdip Singh 等^[50]通过体外清除 DPPH· 等抗氧化实验,证明姜精油的抗氧化能力明显高于丁基羟基茴香醚(BHA)。同时进行抗菌实验,对不同种类的食源性病原真菌和细菌进行实验,结果显示姜精油可以抑制串珠镰刀菌。姜精油是生姜健胃药的有效成分,其作用机理为:姜精油刺激胃蛋白酶原,以阻止

胃粘膜因接触有害物质产生的损伤。但也有研究表明健胃的药理作用是由姜酚和挥发油相互协调、共同作用所致^[51]。

1.5 生姜糖蛋白

目前,生姜糖蛋白的研究很少。2000 年 Choi 等人^[52]研究发现生姜中的半胱氨酸蛋白酶(GP-II)是一种糖蛋白,含有 221 种氨基酸,如图 2 所示。在 Asn99 和 Asn156 位置存在着糖基化位点,经电喷雾碰撞诱导解离质谱测定发现,在位点处分别被 (Man)₃(Xyl)₁(Fuc)₁(GlcNAc)₂ 和 (Man)₃(Xyl)₁(Fuc)₁(GlcNAc)₃ 所取代。这种糖蛋白兼具有蛋白酶和胶原酶的活性,同时可以作为肉的嫩化剂^[53-54]。

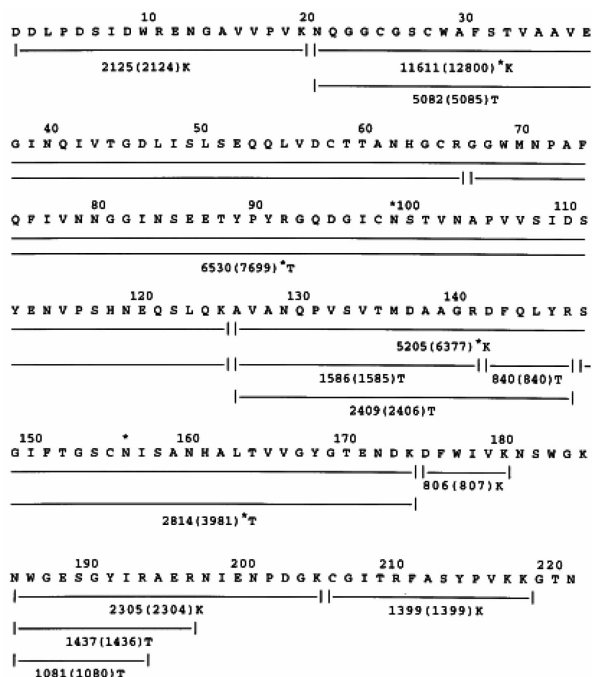


图2 生姜半胱氨酸蛋白酶的氨基酸序列

Fig.2 Amino-acid sequence of GP-II from ginger

此外,生姜的植物化学成分还包括矿物质元素、有机酸和维生素等。植物化学成分的种类和结构在生姜的功能特性的研究方面起着非常重要的作用。生姜中姜辣素的存在影响了生姜在食品加工、化妆品和食品研发等方面的进一步应用。通过研究姜辣素的结构性质和提取工艺,在不影响生姜功能特性的基础上,对其去除可以增加生姜的应用领域。

2 生姜的毒性研究

生姜毒性的研究相对较少,王菲等人通过对两种性别的小鼠分别经口灌胃生姜水提取物和乙醇提取物,观察对动物的毒性影响,发现两周内动物未见明显中毒症状,无动物死亡^[55]。经口毒性实验证明,生姜属于无毒级物质。生姜的浸制剂的毒性很弱,姜汁注射液(肌肉注射每次 2 mL)具有一定的安全性,且无局部刺激性。将生姜醇提取物对雄性小鼠进行腹腔注射,LD₅₀ 大于 100 mg/kg^[56]。生姜的毒性评价以 12 名健康志愿者为受试人群,每名志愿者每天口服生姜 3 次(400 mg/次)持续两周,临床实验结果表明志愿者在实验两天表现为轻度腹泻和

表3 生姜的产品研发
Table 3 The research and development of ginger products

| 序号 | 产品名称 | 原料 | 功能活性/适用人群 | 专利申请公布号 |
|----|--------|--|--|--------------|
| 1 | 红糖姜茶 | 生姜、红糖、食用糖粉、糊精 | 防病保健 | CN1066569 |
| 2 | 姜调料油 | 生姜、精制食用植物油 | 产品质量稳定,姜天然风味浓郁 | CN1094575 |
| 3 | 牛蒡姜汤 | 牛蒡根和生姜,辅料为水 | 缓解糖尿病、高血压、高血脂、心脏病、便秘以及癌症症状。 | CN103040044A |
| 4 | 果汁姜汤 | 生姜汁、胡萝卜汁、番茄汁、苹果汁、生地、陈皮、枸杞、茯苓、甘草、红糖 | 增强免疫机制,抗氧化的功效,对健身抗衰老和治疗常见疾病有积极作用。 | CN101194736 |
| 5 | 蜂蜜生姜茶 | 生姜浓缩汁、生姜、果糖、糖、蜂蜜 | 温中止呕、解表散寒、防寒祛痰、暖胃 | CN104814199A |
| 6 | 生姜果冻 | 生姜、果冻 | 杀灭口腔及消化道幽门螺杆菌的功能 | CN101204207 |
| 7 | 丝瓜牙痛消 | 丝瓜、生姜 | 清热泻火、凉血解毒的功能,有效治疗风热牙痛等症 | CN101057673 |
| 8 | 姜汤 | 姜、腌制果肉和可乐 | 增强了姜汤的作用,改善了姜汤的口味。 | CN103798865A |
| 9 | 姜汁奶茶 | 红茶、水、蜂蜜、姜汁、脱脂鲜羊奶 | 润喉止咳,对伤风所引起的感冒、鼻塞、喉咙痛有医治成效。 | CN104336180A |
| 10 | 绿茶姜汤饮料 | 生姜、绿茶、芒果、枇杷、红糖、荔枝草、丹皮、白芷、百合、蒲公英、如意草、薜荔根、南瓜花、葛根、梨花、食盐、水适量 | 消炎利尿、保肝利胆等功效的中药成分,特别适宜在盛夏与秋热交替时喝,有清热舒心的功效。 | CN102919423A |
| 11 | 罗汉果甜姜片 | 姜粉、波美度的鲜罗汉果浸提液,麦芽糊精 | 老年人、糖尿病人、心血管病人、肥胖人食用。 | CN104509796A |

胃灼热,累计口服生姜超过 6 g 可引起强烈的胃刺激^[57]。

生姜对于孕期大鼠的影响已有研究,但其结果存在争议。Weidner 等^[58]将一种生姜提取物 EV.EXT 33 以 1000 mg/kg 的剂量,通过口服灌胃三组孕龄为 6~15 d 的 22 只雌性大鼠,来观察生姜提取物分别对大鼠妊娠标准参数、幼鼠致畸率以及毒性的影响,结果表明姜制剂的耐受性良好。在实验过程中,大鼠体重增加、无死亡及其他不良反应,同时幼鼠也没有胚胎中毒和致畸现象的出现。但 Wilkinson 等人研究发现孕龄为 6~15 d 大鼠饮用不同浓度的姜茶(15、20、50 g/L)20 d 后,胚胎发生明显的变化,主要表现为体重高于标准水平,雌性胚胎体重的增加尤为明显,同时死亡率大大增加^[59],但母体未发现有任何中毒现象。

3 生姜的产品研发

采收后的生姜除了鲜姜直接上市外,还可以用于制作炮姜、干姜、姜炭、姜皮、糖姜,此外还可以用于制作姜粉。生姜自古入药,性辛、热,归脾、胃、肺经,具有温中逐寒、回阳通脉之功效,主治心腹冷痛、吐泻、肢冷脉微、寒饮喘咳、风寒湿痹、阳虚吐、衄、下血等症。因其具有驱寒、防晕车、防止呕吐等多种活性而广泛被应用于各种产品。因此以生姜为原料和辅料开发的产品种类丰富,部分产品已经在市面上有所销售,目前在中国知识产权局可以查的到的有

关生姜的公开专利达 50 多种,其中包括以生姜为主要原料的姜茶、姜调料油、姜汤和姜汁醋等,也有以生姜为辅料的即食海味粉和健脾止泻汤等,部分产品的研发如表 3 所示。

4 展望

生姜作为一种传统的中草药,在中国和印度用于治疗胃痛、腹泻、恶心、哮喘和呼吸障碍等多种疾病。生姜资源的未来研究方向可以从以下两方面进行:一是通过色谱质谱联用及同位素等技术进一步分析目前生姜中未明确检测出的组分;二是利用生姜中提取纯化技术成熟的生物活性物质进行功能性产品研发,如姜油挥发油中含有大量香气成分,不同香气对化妆品的开发应用有参考价值;姜辣素的不同组分具有不同的辣味程度,人工合成不同组分的姜辣素为食品行业香辛料的开发提供思路;生姜多糖和糖蛋白的良好抗氧化等特性可用于功能性食品的研发。

参考文献

- [1]朱丹实,刘仁斌,杜伟,等.生姜成分差异及采后贮藏保鲜技术研究进展.食品工业科技,2015,36(17):375-378.
- [2]赵德婉.生姜优质丰产栽培原理与技术[M].北京:中国农业出版社,2002:1-318.
- [3]Yeh H Y, Chuang C H, Chen H C, et al. Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber officinale Roscoe*) and

- antioxidant effect of ginger extracts[J].LWT-Food Science and Technology,2014,55:329-334.
- [4] Araya J J, Zhang H P, Prisinzano T E, et al. Identification of unprecedented purine-containing compounds, the zingerines, from ginger rhizomes (*Zingiber officinale Roscoe*) using a phase-trafficking approach[J].Phytochemistry,2011,72:935-941.
- [5] Mesomo M C, Corazza M L, Ndiaye P M, et al. Supercritical CO₂ extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale R.*): Chemical composition and antibacterial activity [J]. Journal of Supercritical Fluids,2013,80:44-49.
- [6] Grandjean C, Boutonnier A, Dassay B, et al. Investigation towards bivalent chemically defined glycoconjugate immunogens prepared from acid detoxified lipopolysaccharide of *Vibrio cholerae* O₁, serotype Inaba[J]. Glycoconj Journal,2009,26:41-55.
- [7] Chrubasik S, Pittler M H, Roufogalis B D. Zingiberis rhizoma: a comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles [J]. Phytomedicine,2005,12(9):684-701.
- [8] 周菊香, 郭艳华. 正交超声优选生姜黄酮的提取工艺条件[J]. 江汉大学学报: 自然科学版,2010,38(1):51-53.
- [9] 何兵存, 岳阳. 微波辅助提取生姜黄酮的工艺研究[J]. 中国农学通报,2007,23(12):124-127.
- [10] 于洁, 陈耀容, 王世祥, 等. 生姜黄酮的提取及性能研究[J]. 食品科学,2009,30(24):108-113.
- [11] 马静, 游沛. 响应面分析法优化生姜中姜黄素的提取工艺研究[J]. 中国食品添加剂,2014,(7):135-141,152.
- [12] 吴冰, 倪贺, 李海航, 等. 固相萃取-HPLC法测定生姜不同品种和器官中姜黄素含量[J]. 天然产物研究与开发,2008,20(5):859-862.
- [13] 张鲁明, 王龙厚, 周峥嵘, 等. 乙醇提取姜辣素的工艺条件研究[J]. 中国农学通报,2010,26(19):58-61.
- [14] 陈莉华, 左林艳, 唐玉坚, 等. 微波辅助乙醇提取姜辣素及其对油脂的抗氧化性研究[J]. 食品科学,2011,32(4):69-73.
- [15] 姚依茜, 周丽婷, 朱红薇, 等. 索氏提取法和水蒸气蒸馏法提取新丰生姜精油的比较研究[J]. 嘉兴学院学报,2013,25(6):80-84.
- [16] 崔大明, 孟凡欣, 吴丽艳, 等. 响应面法优化超声波提取生姜精油工艺的研究[J]. 中国调味品,2011,36(5):52-56.
- [17] 李书华, 陈封政, 刘忠, 等. 大棚生姜 V_c·硝酸盐·亚硝酸盐·总糖·有机酸含量测定[J]. 安徽农业科学,2006,34(14):3346-3347.
- [18] 刘全德, 唐仕荣, 王卫东, 等. 响应曲面法优化超声波-微波协同萃取生姜多糖工艺[J]. 食品科学,2010,31(18):124-128.
- [19] 邓胜国, 尹爱武, 陈铁壁, 等. 生姜多糖的提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 湖南科技学院学报,2013,(4):66-70.
- [20] Ali Ghasemzadeh, Hawa Z E Jaafar, Asmah Rahmat. Synthesis of Phenolics and Flavonoids in Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) and Their Effects on Photosynthesis Rate Int [J]. International Journal of Molecules Science,2010,11(11),4539-4555.
- [21] Ali Ghasemzadeh, Hawa Z E Jaafar, Asmah Rahmat. Identification and Concentration of Some Flavonoid Components in Malaysian Young Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) Varieties by a High Performance Liquid Chromatography Method [J]. Molecules,2010,15:6231-6243.
- [22] 李佳慧, 姜爱丽, 胡文忠, 等. 生姜不同切割后的抗氧化成分及其活性的变化[J]. 食品工业科技,2015,(3):340-344.
- [23] 郭艳华, 张玉敏, 陈达畅. 微波法提取生姜总黄酮及光热稳定性研究[J]. 应用化工,2010,39(2):233-236.
- [24] Mo K, Liu S, Cheng C. Study on Antioxidant Activity of the Ginger Flavonoid [J]. Food Science,2006,27(9):110-115
- [25] Fuhrman B, Aviram M. Flavonoids protect LDL from oxidation and attenuate atherosclerosis [J]. Current opinion in lipidology,2001,12(1):41-48.
- [26] Nilesh Pawar, Sandeep Pai, Mansingraj Nimbalkar, et al. RP-HPLC analysis of phenolic antioxidant compound 6-gingerol from different ginger cultivars [J]. Food Chemistry,2011,126:1330-1336.
- [27] 姜少娟, 刘晓莉. 生姜黄酮超声提取及其抑菌活性研究[J]. 北方园艺,2014,(4):120-123.
- [28] Grzanna R, Lindmark L, Frondoza C. Ginger - A herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions [J]. J. Med. Food,2005,8(2):125-132.
- [29] 林茂. 生姜有效成分的分离提取技术及组成研究[D]. 重庆: 西南大学,2007.
- [30] Schwertner HA, Rios DC. High-performance liquid chromatographic analysis of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, and 6-shogaol in ginger-containing dietary supplements, spices, teas, and beverages [J]. Journal of Chromatography, B. Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences,2007,856(1/2):41-47.
- [31] Nilesh Pawar, Sandeep Pai, Mansingraj Nimbalkar, et al. RP-HPLC analysis of phenolic antioxidant compound 6-gingerol from different ginger cultivars [J]. Food Chemistry,2011,126:1330-1336.
- [32] Pfeiffer E, Heuschmid F F, Kranz S, et al. Microsomal hydroxylation and glucuronidation of [6]-gingerol [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2006,54(23):8769-8774.
- [33] Nakazawa T, Ohsawa K. Metabolism of [6]-gingerol in rats [J]. Life Sciences,2002,70(18):2165-2175.
- [34] Ying-Jan Wang, Min-Hsiung Pan, Ann-Lii Cheng, et al. Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis,1997,15:1867-1876.
- [35] Chakraborty D, Mukherjee A, Sikdar S, et al. [6]-Gingerol isolated from ginger attenuates sodium arsenite induced oxidative stress and plays a corrective role in improving insulin signaling in mice [J]. Toxicology Letters,2012,210(1):34-43.
- [36] Guh J I H H W A, Ko F N, Jong T T, et al. Antiplatelet effect of gingerol isolated from *Zingiber officinale* [J]. Journal of Pharmacy and Pharmacology,1995,47(4):329-332.
- [37] Lee H S, Seo E Y, Kang N E, et al. [6]-Gingerol inhibits metastasis of MDA-MB-231 human breast cancer cells [J]. The Journal of nutritional biochemistry,2008,19(5):313-319.
- [38] 付爱华, 尹建元, 孙莹, 等. 黄精和生姜抗皮肤癣菌活性

