



王婷婷,杨帆,王义梅,等.德宏涮辣不同器官化学成分及矿质元素含量研究[J].黑龙江农业科学,2021(8):74-78,84.

德宏涮辣不同器官化学成分及矿质元素含量研究

王婷婷,杨帆,王义梅,吴素莹,张琰,孙正海

(西南林业大学 园林园艺学院/云南省面向南亚东南亚经济林全产业链联合开发中心/云南省
高效经济林培育示范型国际科技合作基地,云南 昆明 650224)

摘要:德宏涮辣是目前我国已知的辣度最高的品种,为探究涮辣果实评价指标,促进后续开发应用,本试验以德宏涮辣为材料,利用 GC-MS、ICP-AES 和氨基酸分析仪分别进行涮辣不同部位的化学成分、矿质元素含量和果实氨基酸含量测定。结果表明:涮辣根、叶、主枝、侧枝和果实中化学成分相对含量最多的为丁基羟基甲苯,其次为丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯。测定涮辣各部位含有 Ca、As、Zn、Mg 等 12 种不同的矿质元素,全株含量最高的为 Ca 元素,涮辣根和果实中含量第二高的为 Fe 元素;涮辣叶和主枝中含量第二高的为 Mg 元素。氨基酸含量测定显示,涮辣果实中氨基酸种类共有 9 种,其中天门冬氨酸含量最高为 $4.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,涮辣果实氨基酸含量远高于其他辣椒品种。

关键词:涮辣;挥发油;化学成分;矿质元素

涮辣(*Capsicum frutescens* L. cv. Shuanlaen-nse L. D. Zhou, H. Liu et P. H. Li, cv. nov)为茄科辣椒属植物,一、二年生直立分枝草本至亚灌木,分布于亚热带及热带气候区,云南主要分布在西部及西南部等地^[1]。因其以鲜果调味为主,食用时将果实弄破,放进汤里涮几下,整锅汤就会辣味十足,由此而得名。2006 年将云南德宏的涮辣送至湖南农业大学食品科学院检测,鉴定其辣度级别超过十级,因此定性为国内外已发现报道的辣椒中辣度最高的品种^[2]。涮辣因其辣度级别高,除了用作日常的调料品外,还可以用作军事工业制造、生物农药及医药等领域^[3]。目前已知的对于辣椒的氨基酸测定主要有大红椒、青尖椒、螺丝椒、小米椒、小红椒、大青椒等,检测结果显示共有 24 种游离氨基酸,各品种中天冬酰胺、谷氨酰胺、天冬氨酸、丝氨酸含量较高^[4]。目前关于果实矿质含量的研究多集中在番茄^[5-6]、苹果^[7]、芒果^[8]等方面。

涮辣具有高营养价值和保健功能,含有人体需要的碳水化合物、维生素、蛋白质等。研究表明,饮食中食用辣椒较多的人群患心血管疾病的

几率较低^[9],食用辣椒不仅可以加强心肺功能,同时也有降低血压的功效^[10]。辣椒果实、根、茎皆可入药,有活血化瘀、消食健胃的功效,临床上主要治疗难处理的慢性神经痛,疗效显著。目前辣椒的研究主要集中在辣椒素的测定^[11-12]、辣椒籽油的理化性质^[13]、辣椒籽油中的化学成分测定^[14]及辣椒素的合成部位^[15-16]。有益元素含量、氨基酸含量亦是评价辣椒果实品质的重要指标,涮辣是目前报道的辣度最高的品种,其不同的器官中化学成分含量、矿质元素含量^[17-18]是否因辣度的提高而发生一定的变化目前还是未知。因此本研究对涮辣的不同部位进行检测分析,了解涮辣全株的化学成分含量、矿质元素含量和果实的氨基酸含量,为对涮辣果实指标评价奠定基础,并同时探究其所含有的其他对于人体有益的化学成分,为后续应用和开发提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验于 2018 年 3—6 月在西南林业大学园林园艺学院实验室进行,试验材料为成熟、无病虫害涮辣整株,取自云南德宏。

1.2 方法

1.2.1 预处理 将采集回来的涮辣植株各部分分离并烘干,将其按照不同的组织结构分成 5 个样品并对应编号,用万能粉碎机将 5 个样品分别粉碎后装袋备用。根、叶、主枝、侧枝和果实分别编号 1~5。

收稿日期:2021-05-12

基金项目:云南省国际合作专项(2019IB011);云南省重点研发计划(2018BB013);云南省平台建设运行专项(2016YB462);西南林业大学博士科研启动基金项目(111433)。

第一作者:王婷婷(1997—),女,在读硕士,从事植物资源与应用研究。E-mail:876858006@qq.com。

通信作者:孙正海(1978—),男,博士,副教授,从事经济植物高效培育和种质创新研究。E-mail:sunzhenghai1978@163.com。

1.2.2 测定项目及方法 涮辣不同组织挥发油成分测定:参照熊学斌等^[19]的 GC-MS 方法,略有改动。

色谱柱 HP-5(0.25 mm×30 mm×0.25 μm);程序升温起始温度为 60 ℃,然后以 5 ℃·min⁻¹ 升至 210 ℃,保持 10 min;载气为高纯 He;载气流速 1 mL·min⁻¹;进样口温度 200 ℃;进样量 1 μL;溶剂延迟 3 min。

涮辣不同组织矿质元素测定:参照文锦芬等^[20]的 ICP-AES 测定方法,略有改动。

涮辣果实氨基酸含量测定:利用全自动氨基酸分析仪测定果实氨基酸含量,具体测定方法参照《食品中氨基酸的测定》(GB/T 5009.124—2016),采用盐酸水解法测定 17 种氨基酸的含量。每个部位测定 3 次,取平均值作为最终测定值。

1.2.3 数据分析 根据涮辣挥发油化学成分定性分析和定量分析结果采用 Excel 2013 进行数据分析和制图。

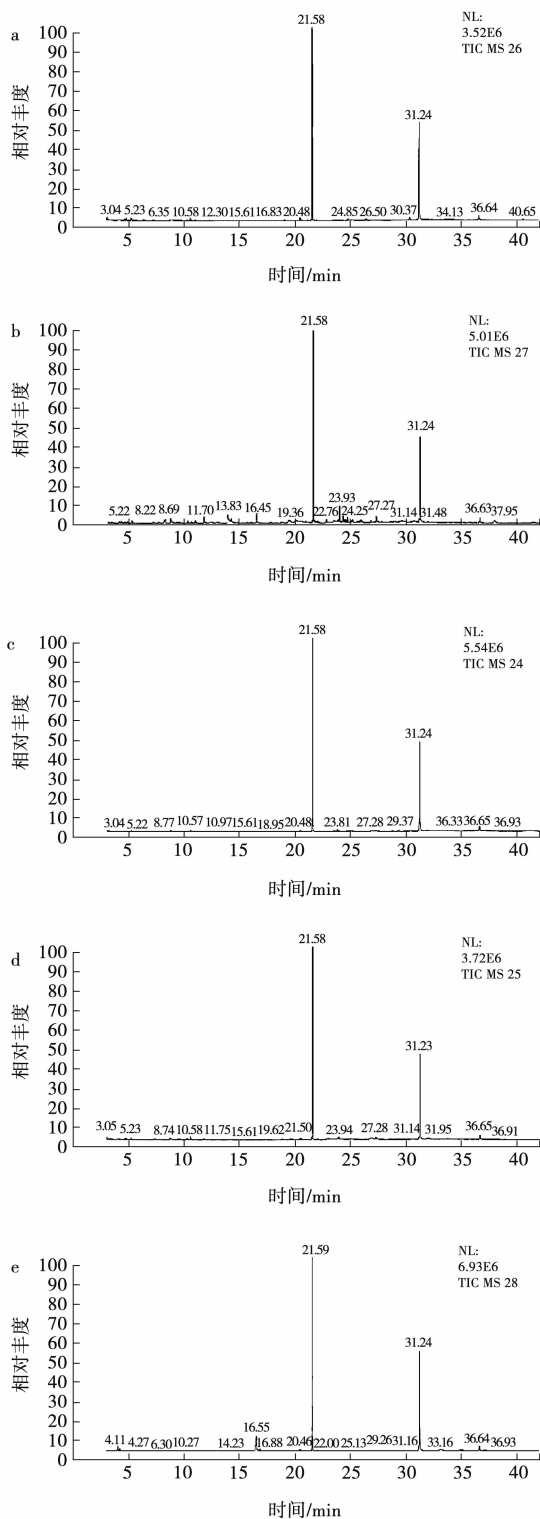
2 结果与分析

2.1 涮辣各部位挥发油成分测定

由图 1 和表 1 可知,涮辣 5 个器官挥发油中共含有 6 种化合物,在涮辣果实中初步鉴定出 5 个主要的化合物;在涮辣的根中初步鉴定出 3 个主要的化合物;在涮辣的叶挥发油中初步鉴定出 3 个主要的化合物;在涮辣主枝中初步鉴定出 3 个主要的化合物;在涮辣侧枝中初步鉴定出 2 个主要的化合物。其中 5 个部位共有的挥发油成分有 2 种,分别是丁基羟基甲苯和丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯。

在涮辣果实中鉴定出的 5 个主要化合物中丁基羟基甲苯含量最高,相对含量为 57.54%,其次为丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯,含量为 29.92%,柠檬酸丁酯含量最低,为 1.89%;在涮辣根中鉴定出的 3 个主要化合物中丁基羟基甲苯含量最高,为 63.23%,其次为丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯,相对含量为 34.53%,柠檬酸丁酯最少,为 2.24%;在涮辣叶挥发油中鉴定出的 3 个主要化合物中丁基羟基甲苯含量最高,为 64.46%,其次为丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯,相对含量为 30.91%,3-Hydroxy-β-damascone 最低,为 4.63%;在涮辣主枝鉴定出的 3 个主要化合物中丁基羟基甲苯最高,为 63.99%,其次为丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯,相对含量为 34.11%,柠檬酸丁酯最

低,为 1.90%;在涮辣侧枝中鉴定出 2 个主要化合物中丁基羟基甲苯含量最高,为 66.19%,丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯最低,为 33.81%。



a. 根; b. 叶; c. 主枝; d. 侧枝; e. 果实。

图 1 涮辣各部位挥发油的总离子流色谱

表 1 涮辣各部位挥发油成分和相对含量

样品	序号	化合物名称	保留时间/min	面积/ mAU·min	相对含量/%	峰高/mAU	相对高度/%	分子式	分子量
果实	1	丁酸	4.11	622881.30	2.08	167265.70	1.49	C ₄ H ₈ O ₂	88
	2	8-Methyl-6-nonenic acid	16.55	2566850.00	8.58	518775.70	4.61	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170
	3	丁基羧基甲苯	21.59	17221405.00	57.54	6891215.00	61.19	C ₁₅ H ₂₄ O	220
	4	丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯	31.24	8954885.00	29.92	3530393.00	31.35	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320
	5	柠檬酸丁酯	36.64	565821.40	1.89	154880.10	1.38	C ₁₈ H ₃₂ O ₇	360
根	1	丁基羧基甲苯	21.58	9023018.00	63.23	3490079.00	65.52	C ₁₅ H ₂₄ O	220
	2	丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯	31.24	4928303.00	34.53	1754672.00	32.94	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320
	3	柠檬酸丁酯	36.64	319879.80	2.24	81910.07	1.54	C ₁₈ H ₃₂ O ₇	360
叶	1	丁基羧基甲苯	21.58	11774927.00	64.46	4927480.00	65.72	C ₁₅ H ₂₄ O	220
	2	3-Hydroxy-β-damascone	23.93	846235.80	4.63	399556.80	5.33	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	208
	3	丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯	31.24	5647083.00	30.91	2170563.00	28.95	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320
主枝	1	丁基羧基甲苯	21.58	13478706.00	63.99	5504282.00	67.59	C ₁₅ H ₂₄ O	220
	2	丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯	31.24	7185163.00	34.11	2525078.00	31.01	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320
	3	柠檬酸丁酯	36.65	401094.30	1.90	113696.00	1.40	C ₁₈ H ₃₂ O ₇	360
侧枝	1	丁基羧基甲苯	21.58	8863416.00	66.19	3684850.00	69.54	C ₁₅ H ₂₄ O	220
	2	丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯	31.23	4526804.00	33.81	1614060.00	30.46	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320

2.2 涮辣 5 个部位矿质元素测定

由表 2 可知,涮辣各部位含有丰富的微量元素,本试验共检出 12 种矿质元素。其中果实中含量最高的是 Ca 元素 21.75 mg·L⁻¹,其次是 Fe 元素 1.20 mg·L⁻¹;叶中含量最高的是 Ca 元素 276.33 mg·L⁻¹,其次是 Mg 元素 37.27 mg·L⁻¹;主枝中含量最高的是 Ca 元素 45.77 mg·L⁻¹,其次是 Mg 元素 13.20 mg·L⁻¹;侧枝中含量最高的是 Ca 元素 71.93 mg·L⁻¹,其次是 Mg 元素 18.13 mg·L⁻¹;根中含量最高的是 Ca 元素 22.62 mg·L⁻¹,其次是 Fe 元素为 4.01 mg·L⁻¹。

另外,在涮辣果实中按元素含量高低的排序依次为:Ca>Fe>Mg>As>Pb>Zn>Mn>Ni>Cr、Cu>Cd、V;在叶中元素含量依次为:Ca>Mg>Fe>Pb>As>Mn>Zn>Cr>Ni>Cu、V>Cd;在主枝中元素含量依次为:Ca>Mg>Fe>As>Pb>Mn>Zn>Cr、Ni>Cu>V>Cd;在侧枝中元素含量依次为:Ca>Mg>As>Pb>Fe>Mn>Zn>Ni>Cr>Cu>Cd、V;在根中元素含量依次为:Ca>Fe>Mg>Pb>As>Mn>Zn>Cr、Ni>Cd、Cu、V。

表 2 涮辣各部位矿质元素含量

单位:mg·L ⁻¹					
元素	果实	叶	主枝	侧枝	根
As(砷)	1.00	1.66	0.79	0.97	0.42
Ca(钙)	21.75	276.33	45.77	71.93	22.62
Cd(镉)	0.02	0.05	0.01	0.03	<0.01
Cr(铬)	0.04	0.11	0.05	0.05	0.02
Cu(铜)	0.04	0.07	0.04	0.04	<0.01
Fe(铁)	1.20	4.20	1.82	0.92	4.01
Mg(镁)	1.13	37.27	13.20	18.13	3.01
Mn(锰)	0.16	1.55	0.21	0.40	0.12
Ni(镍)	0.13	0.09	0.05	0.06	0.02
Pb(铅)	0.46	1.81	0.73	0.93	0.78
V(钒)	0.02	0.07	0.02	0.03	<0.01
Zn(锌)	0.18	0.42	0.15	0.21	0.05

2.3 涮辣果实氨基酸含量测定

由表 3 可知,涮辣果实中共有 17 种氨基酸,含量综合排序为:Asp>Arg>Val>Glu>Ala>Gly>Pro>Leu>Lys>His>Ile>Cys、Thr>Ser>Phe>Tyr>Met,氨基酸总量为 29.2 g·kg⁻¹。

表 3 涮辣果实氨基酸含量

序号	名称	含量/ (g·kg ⁻¹)	序号	名称	含量/ (g·kg ⁻¹)
1	Asp(天门冬氨酸)	4.90	10	Ile(异亮氨酸)	1.20
2	Thr(苏氨酸)	1.11	11	Leu(亮氨酸)	1.63
3	Ser(丝氨酸)	1.11	12	Tyr(酪氨酸)	0.57
4	Glu(谷氨酸)	2.05	13	Phe(苯丙氨酸)	0.78
5	Gly(甘氨酸)	1.78	14	His(组氨酸)	1.31
6	Ala(丙氨酸)	1.97	15	Lys(赖氨酸)	1.57
7	Cys(胱氨酸)	1.13	16	Arg(精氨酸)	3.50
8	Val(缬氨酸)	2.45	17	Pro(脯氨酸)	1.65
9	Met(蛋氨酸)	0.49	氨基酸总量		29.20

3 讨论

辣椒目前的研究开发仅限于将其作为调料的食用价值上,而涮辣作为辣度非常高的品种除了作为食用商品也可以用于医用、药用和军事等方面。而对其植株各部位、多用途的化学成分、矿质元素和氨基酸的综合开发利用鲜有分析,因此本文主要对这三方面进行试验分析。

我国是世界上主要的辣椒生产和出口国^[21-22]。根据感官辣度评价方法,将云南省辣椒辣度进行分级研究,其中干辣椒种类中丘北辣椒(大果型)辣度最低、阿猛镇保基黑次之、涮涮辣辣度最高、小米辣(江那镇羊街)次之^[23]。通过对鲜食和加工类辣椒的辣度检测,其中鲜食用辣椒的辣度较低,加工类辣椒辣度普遍较高^[24]。吴丹枫等^[25]确定出四川干辣椒油的 50 种化学成分含量,分别是酸类 9 种(34.42%)、酮类 2 种(10.55%)、酯类 27 种(18.10%)、醇类 5 种(2.35%)、吡喃类 2 种(0.13%)、酰胺类 1 种(0.49%)。袁圆等^[26]研究了辣椒盛果期土壤浸提液共检测出 14 类 56 种物质,其中酸类物质检测出有 9 种;醛类检测出 9 种;并检出酯类 7 种、酚类 1 种、醇类 16 种。涮辣是目前已知的品种中辣度最高的,但高辣度对于植物体内的化学成分含量是否有影响仍是未知。据此,本研究测定了涮辣植株的 5 个部位的化学成分含量。其各部位均含有化学成分丁基羟基甲苯和丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯,这两种化学成分前者具有抗氧化和防腐等作用,可以广泛应用于各类化妆品中抗氧化剂和食品防腐等;后者是一种能起到软化作用的化学品,普遍运用于玩具、食品包装材料、医用血袋和胶管、乙烯地板

和壁纸、清洁剂、润滑油及个人护理用,这为辣椒不同组织中化学成分的应用提供了理论依据。

矿物质是地壳中自然存在的天然元素或者化合物,又称无机盐,一是大量元素、二是微量元素。大量元素对维持植物体内正常的生命活动具有重要意义^[27-28]。并在维持人体健康和生长发育过程中起重要的作用,是机体组织的重要构成部分,并参与机体的各项生命活动^[29]。同时微量元素参与植物体内酶和激素等物质的构成和活化,从而促进植物体内的各种代谢过程,进而影响果实品质^[30-31]。张建等^[32]对贵州遵义采集的辣椒样品的进行矿质测定,其中大量元素含量顺序为 K>P>S>Mg>Ca,微量元素含量顺序为 Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Mo>Co,与本试验结果含量变化相似,但涮辣的矿质元素含量远低于该品种的含量。陈娜^[33]对采集的 14 份辣椒叶样品进行检测,结果均为 Ca>Fe>Zn,与本试验规律相近,其中涮辣的元素含量远远大于该试验的研究结果。涮辣各部位矿质元素含量的分析结果显示,全株含量最高的为 Ca 元素,Ca 是人体不可缺少的重要元素,能促进骨骼发育、预防龋齿以及避免骨质疏松。其次对人体有益的微量元素 Fe 和 Mg 含量也比较高,Mg 元素也是人体必需元素之一,在工业上常用于制造轻金属合金、科学仪器等,还能广泛应用于医疗用途。Fe 元素参与人体多种酶的活性调节,涮辣几乎所有的组织结构中都含有 Fe 元素^[34],也能够用于医药领域,解决人体缺铁的状况,对身体健康有一定帮助。这些元素能广泛应用于生物医药大健康产业中,也具有很高的研究价值。

对涮辣果实氨基酸含量测定的结果表明,涮辣果实中含量最高的为天门冬氨酸,其在生物医药方面、食品工业方面和化工方面都具有巨大的作用,对脑神经疾病和肝炎等的治疗都具有重要作用,其次为缬氨酸,是人体必需的 8 种氨基酸之一,对人的健康发育有促进作用。葛帅等^[4]对湖南常见的 6 个品种辣椒的游离氨基酸进行研究分析,共发现有 24 种游离氨基酸,其中与涮辣共有的是 12 种,分别为 Glu、Gly、Cys、Val、Leu、Phe、His、Lys、Arg、Pro、Ser、Thr,涮辣的氨基酸含量远远大于这 6 种辣椒中的氨基酸含量。两者在生物医药制药产业和食品工业都有广泛的利用,丰富的氨基酸含量使得对涮辣的利用有更多种可

能,同时也可以提高涮辣的商品性能,并为涮辣进一步的综合开发利用提供了一定参考。

4 结论

涮辣 5 个部位中挥发油中共含有 6 种化合物,共有的两种为丁基羟基甲苯和丁基-3-庚烷基-邻苯二甲酸酯。其同样含有丰富的微量元素,本次试验中共检测出 12 种矿质元素,其中果实中含量最高的为 Ca 元素 $21.75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在涮辣果实中共检测出 17 种氨基酸成分其中含量最高的为 Asp $4.09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

参考文献:

- [1] 刘红,李佩华,周立端.茄属新种苦茄,辣椒新变种涮辣和变型大树辣[J].园艺学报,1985(4):255-260.
- [2] 王顺党,郑宇峰,赵从新,等.特色辣椒——涮涮辣[J].蔬菜,2009(1):8-9.
- [3] 顾晓振,郑宇峰,张正海,等.云南地方辣椒品种涮辣和雀辣的植物学分类[J].植物遗传资源学报,2016,17(5):809-814.
- [4] 葛帅,王蓉蓉,王颖瑞,等.湖南常见辣椒品种游离氨基酸主成分分析及综合评价[J].食品科学技术学报,2021,39(2):91-102.
- [5] 岳冬.番茄果实主要风味特征成分测定及品质形成机理研究[D].南京:南京农业大学,2015.
- [6] 金宁,肖雪梅,郁继华,等.不同品种番茄果实矿质元素含量评价[J].甘肃农业大学学报,2020,55(4):76-84.
- [7] 匡立学,聂继云,李志霞,等.辽宁省 4 种主要水果矿质元素含量及其膳食暴露评估[J].中国农业科学,2016,49(20):3993-4003.
- [8] 马小卫,马永利,武红霞,等.基于因子分析和聚类分析的杧果种质矿质元素含量评价[J].园艺学报,2018,45(7):1371-1381.
- [9] MURRAY M T. The healing power of herbs[M]. California:Prima Publishing,1995:71-75.
- [10] TOH C C,LEE T S. The pharmacological actions of capsaicin and its analogues[J]. British Journal of Pharmacology, 1955(10):175-182.
- [11] 刘志敏,缪武,刘荣云,等.辣椒新品种湘涮辣 3 号的选育[J].辣椒杂志,2018,16(2):18-20,24.
- [12] 王燕,夏延斌,熊科,等.高效液相色谱法-紫外检测器测定辣椒制品中辣椒素的含量[J].食品科学,2006(9):193-196.
- [13] 张甫生,宁娜,肖丽,等.精炼辣椒籽油的品质分析研究[J].食品工业,2013,34(5):163-167.
- [14] 宋家芯,索化夷,郑炯,等.气质联用法分析辣椒籽油的化学成分[J].食品工业科技,2015,36(8):93-96,107.
- [15] 王姣,邵贵芳,张水,等.云南涮辣辣椒素积累与苯丙氨酸解氨酶活性关系的研究[J].湖南生态科学学报,2018,5(1):7-10.

- [16] 邵贵芳,王姣,赵凯,等.云南涮辣辣椒素积累与物质代谢关系的研究[J].辣椒杂志,2016,14(4):22-26.
- [17] 李伟星,刘刚,赵兴祥,等.红外光谱结合化学计量学对朝天椒和涮涮辣的研究[J].光散射学报,2015,27(1):69-73.
- [18] 邓明华,文锦芬.云南灌木辣椒资源[J].辣椒杂志,2009,7(1):36-37.
- [19] 熊学斌,夏延斌,张尧,等.不同品种辣椒粉挥发性成分的 GC-MS 分析[J].食品工业科技,2012,33(16):161-164.
- [20] 文锦芬,邓明华.ICP-AES 快速测定云南省部分辣椒果实中的 18 种元素[J].光谱实验室,2010,27(5):1881-1885.
- [21] 刘录,陈海云,刘菲菲,等.HPLC 法测定云南省不同辣椒品种中辣椒碱及二氢辣椒碱的含量[J].食品工业科技,2013,34(5):299-303.
- [22] 刘发万,周立端,龙洪进,等.云南省辣椒品种资源及研究利用现状[J].长江蔬菜,2007(3):34-36.
- [23] 刘菲菲.基于物质基础的云南省辣椒辣度研究[D].昆明:昆明理工大学,2012.
- [24] 陈斌,张晓芬,耿三省,等.不同类型辣椒辣度的测定及分析[J].辣椒杂志,2012,10(1):38-41.
- [25] 吴丹枫,周海燕,章海风.四川干辣椒油脂挥发成分的 GC-MS 分析[J].中国调味品,2018,43(7):136-138.
- [26] 袁圆,张爱民,王永平,等.连作辣椒根围化学成分鉴定与动态分析[J].江苏农业科学,2018,46(21):139-144.
- [27] ERASLAN F,INAL A,GUNES A,et al. Boron toxicity alters nitrate reductase activity, proline accumulation, membrane permeability, and mineral constituents of tomato and pepper plants[J]. Journal of Plant Nutrition,2007,30(6):981-994.
- [28] 张红霞,魏方方,王家顺,等.安顺山药根茎与土壤中矿质元素相关性分析[J].西南大学学报(自然科学版),2017,39(5):31-36.
- [29] LYSIAK G The influence of harvest maturity and basic macroelement content in fruit on the incidence of diseases and disorders after storage of the 'Ligol' apple cultivar[J]. Folia Horticulturae,2013,25(1):31-39.
- [30] 杨为海,张明楷,邹明宏,等.澳洲坚果不同种质果仁矿质元素含量分析[J].中国粮油学报,2016,31(12):158-162.
- [31] 黄丽萍,帅芳,张正,等.梨枣叶片内矿质元素年动态变化研究[J].山西农业科学,2017,45(2):194-196,226.
- [32] 张建,杨瑞东,陈蓉,等.贵州遵义辣椒矿质元素含量与其品质相关性分析[J].食品科学,2018,39(10):215-221.
- [33] 陈娜.辣椒叶化学成分及抗氧化活性研究[D].北京:北京中医药大学,2012.
- [34] GORDON D T,CHAO L S. Relationship of components in wheat bran and spinach to iron bioavailability in the anemic rat [J]. The Journal of nutrition, 1984, 114(3):526-535.

(下转第 84 页)

- [13] 陈丽文,时群,陈乃明,等.辣木离体再生体系的建立[J].安徽农业科学,2019,47(18):121-123,131.
- [14] GASPAR T,KEVERS C,HAUSMAN J F. Practical uses of peroxidase activity as a predictive marker of rooting performance of micropropagated shoots[J]. Agronomie,1992,12(10):757-765.
- [15] 宋金耀,何文林,李松波,等.毛白杨嵌合体扦插生根相关理化特性分析[J].林业科学,2001,37(5):64-67.
- [16] 扈红军,曹帮华,尹伟伦,等.榛子嫩枝扦插生根相关氧化酶活性变化及繁殖技术[J].林业科学,2008,44(6):60-65.
- [17] 马健,梁玉玲,潘笑,等.甘草根愈伤组织诱导与可溶性蛋白含量变化[J].河北大学学报(自然科学版),2018,38(3):291-298.

Study on Callus Induction and Redifferentiation of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.

LYU Qing,ZHANG Dong-xiang,LIU Li-jie,LI Wei,FU Li,LIU An-qi

(College of Life Sciences and Agriculture and Forestry,Qiqihar University/Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Resistance Gene Engineering and Protection of Biodiversity in Cold Areas,Qiqihar 161006,China)

Abstract: In order to improve the breeding efficiency of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. and promote the preservation and development of fine varieties, the callus of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. was used as material, and the effects of different hormone combinations on callus redifferentiation of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. were compared by orthogonal test, and the optimum conditions for callus redifferentiation were explored. The results showed that the best medium for bud growth was MS+IBA 0.4 mg·L⁻¹+IAA 0.4 mg·L⁻¹+KT 0.3 mg·L⁻¹, with 4.87 buds and 2.32 cm length, with an induction rate of 64.44%. The optimal medium formula for inducing adventitious roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. was MS+IBA 0.4 mg·L⁻¹+IAA 0.4 mg·L⁻¹+KT 0.1 mg·L⁻¹, the number of roots is 5.67, the length of roots was 3.56 cm, and the induction rate was 55.56%.

Keywords: *Glycyrrhiza uralensis*; callus; redifferentiation; adventitious roots

(上接第78页)

Analysis of Chemical Constituents in Different Parts of *Capsicum frutescens* L. cv. Shuanlaense in Dehong

WANG Ting-ting,YANG Fan,WANG Yi-mei,WU Su-ying,ZHANG Long,SUN Zheng-hai

(College of Landscape and Horticulture,Southwest Forestry University/South and Southeast Asia Joint R&D Center of Economic Forest Full Industry Chain of Yunnan Province/International Technological Cooperation Base of High Effective Economic Forestry Cultivating of Yunnan Province,Kunming 650224,China)

Abstract: Dehong Shuanla is the highest spicy variety known in China, and in order to investigate the evaluation index of Shuanla fruits and promote the subsequent development and application, in this experiment, the chemical composition, mineral element content and amino acid content of different parts of Shuanla were determined by GC-MS, ICP-AES and amino acid analyzer respectively. The results showed that the most abundant chemical components in the roots, leaves, main branches, lateral branches and fruits were butyl hydroxytoluene, followed by butyl phthalate, hept-3-yl. 12 different mineral elements such as Ca, As, Zn and Mg were determined in different parts of Shuanla, with Ca being the most abundant element in the whole plant and Fe being the second most abundant element in the roots and fruits of Shuanla. The second most abundant element in Shuanla leaves and main branches was Mg. The amino acid content measurement showed that there were nine amino acid species in Shuanla fruits, among which the highest content of aspartic acid was 4.9 g·kg⁻¹. The amino acid content of Shuanla fruits was much higher than that of other pepper varieties.

Keywords: *Capsicum frutescens* L. cv. Shuanlaense L. D. Zhou, H. Liu et P. H. Li. cv. nov; volatile oil; chemical constituents; mineral element