

网络出版时间:2017-03-31 16:08 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.05.021
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20170331.1608.042.html

西藏野生宽叶韭风味物质与营养成分研究

王忠红¹,德庆措姆¹,关志华¹,陈双臣^{1,2}

(1 西藏农牧学院,西藏 林芝 860000;2 河南科技大学 林学院,河南 洛阳 471003)

【摘 要】【目的】明确西藏野生宽叶韭风味物质和营养成分,包括芳香物质组成及其相对含量,游离氨基酸、各类元素及维生素 B 族含量,为野生宽叶韭资源开发利用提供理论依据。【方法】用动态顶空-气相色谱/质谱联用法、高效液相色谱法、全自动氨基酸分析仪法,分别测试宽叶韭茎和叶中的芳香物质、维生素 B 族及游离氨基酸的组分和含量,用电感耦合等离子光谱发生仪法测定其茎和叶混合样中的各类元素含量。【结果】在西藏野生宽叶韭中,检出芳香物质 28 种,其中叶中有 17 种,茎中有 21 种,茎、叶共有 10 种;二甲基二硫化物相对含量在茎叶中均最高,是影响茎、叶风味的主要芳香物质。茎中氨基酸总量为 440.835 mg/hg,叶中为 322.315 mg/hg;20 种氨基酸含量在茎和叶中有一定差异,谷氨酰胺含量在茎和叶中均最高,分别达 152.040 和 42.380 mg/hg;其次为谷氨酸,在茎和叶中分别达 50.110 和 27.660 mg/hg;胱氨酸含量最低,在茎和叶中分别仅为 1.205 和 2.210 mg/hg;其他氨基酸含量在茎中为 4.510~24.490 mg/hg,在叶中为 6.055~27.880 mg/hg。维生素 B 族含量在茎和叶中 $V_{B_6} < 10 \mu\text{g/hg}$; V_{B_1} 、 V_{B_2} 含量均是叶中高于茎中,且 V_{B_2} 高于 V_{B_1} ; V_{B_1} 含量在茎中仅 14.570 $\mu\text{g/hg}$,在叶中为 16.150 $\mu\text{g/hg}$; V_{B_2} 含量在茎中仅 47.780 $\mu\text{g/hg}$,而叶中可达 86.250 $\mu\text{g/hg}$ 。生长环境对宽叶韭各类元素含量有一定影响;不同生境下 Cd、Hg、As、Cr、Ni 等均未超出国家标准,符合食用安全要求,其他元素含量均处于较高水平。【结论】宽叶韭富含各类芳香物质,氨基酸含量总体一般,但谷氨酰胺和谷氨酸含量丰富,维生素 B₂ 和人体必需矿质元素含量均较高,可能的有害元素含量低于国家限定标准。

【关键词】宽叶韭;芳香物质;氨基酸;维生素 B;元素含量

【中图分类号】S681.9

【文献标志码】A

【文章编号】1671-9387(2017)05-0153-08

Flavor substances and nutritional ingredients of wild *Allium hookeri* Thwaites in Tibetan

WANG Zhonghong¹, DEQING Cuomu¹, GUAN Zhihua¹, CHEN Shuangchen^{1,2}

(1 Xizang Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi, Xizang 860000, China;

2 College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China)

Abstract: 【Objective】This study determined the contents of flavor components and nutritional components including aromatic substances, free amino acids, elements and vitamin B of wild *Allium hookeri* in Tibetan to provide basis for development and utilization of the wild resource. 【Method】The contents of aromatic substances, vitamin B, and free amino acids in stem and leaf of *A. hookeri* were tested using dynamic headspace gas chromatography/mass spectrometry method, high performance liquid chromatography and automatic amino acid analyzer. Various elements in mixed stem and leaf samples were tested as well using inductively coupled plasma spectrometry. 【Result】In fresh samples of wild *A. hookeri* from Tibetan, 28

【收稿日期】2016-03-05

【基金项目】国家自然科学基金地区基金项目(31260478);西藏农牧学院柔性人才引进项目(RXR201506)

【作者简介】王忠红(1980—),男,宁夏西吉人,副教授,硕士,主要从事园艺植物种质资源创新利用研究。
E-mail:wzhong2008bj@126.com

【通信作者】关志华(1981—),女,陕西宝鸡人,副教授,硕士,主要从事园艺植物种质资源创新利用研究。
E-mail:applezhihua@126.com

kinds of aromatic substances were detected with 17 in leaf and 21 in stem, and 10 in both. The content of dimethyl disulfide was the highest in leaf and stem, and it was the main aromatic flavor in plants. The total amino acids content was 440.835 mg/hg in stem and 322.315 mg/hg in leaf. There were differences in contents of the 20 amino acids between leaf and stem. The highest levels of Gln in stem and leaf were 152.040 mg/hg and 42.380 mg/hg, followed by Glu, which were 50.110 mg/hg and 27.660 mg/hg, respectively. The lowest levels of Cys in stem and leaf were 1.205 mg/hg and 2.210 mg/hg, respectively. The contents of other amino acids were 4.510–24.490 mg/hg in stem and 6.055–27.880 mg/hg in leaf. The content of B_6 was lower than 10 $\mu\text{g/hg}$ in stem and leaf. The contents of V_{B_1} and V_{B_2} in leaf were higher than those in stem. The content of V_{B_2} in stem was 47.780 $\mu\text{g/hg}$ and was 86.250 $\mu\text{g/hg}$ in leaf. Growth environment had certain influence on contents of elements, and all the tested elements including Cd, Hg, As, Cr and Ni were within the national standards. 【Conclusion】 There were rich aromatic substances in *A. hookeri* while contents of amino acid were not high except Gln and Glu. It also contained high essential mineral elements and harmful element contents were below national standards.

Key words: *Allium hookeri* Thwaites; aromatic substances; amino acids; vitamin B; element content

宽叶韭 (*Allium hookeri* Thwaites) 是百合科 (Liliaceae) 葱属 (*Allium*) 粗根组 (sect. *Bromatorrhiza*) 的植物, 分布于四川、云南 (西北部) 和西藏 (东南部), 以及斯里兰卡、不丹和印度的北部, 生于海拔 1 500~4 000 m 的湿润山坡或林下^[1]。在我国南方一些地区特别是云南和四川常栽培作为蔬菜食用^[1-2], 在西藏是当地农牧民的特色蔬菜。宽叶韭鳞茎粗壮, 外皮白色, 叶宽 1.5 cm 左右, 单株产量高; 可多次刈割采收, 但首次采收时带苦涩味, 不易嚼细, 第二刀以后始觉甜嫩^[2], 这说明宽叶韭是一种具有被开发为栽培种潜力的特色野生蔬菜。目前对宽叶韭的研究报道极少, 仅有研究侧重在不同居群间核型比较^[3]、与近缘种不同居群黄酮类化合物比较^[4]、利用同工酶^[5]和随机扩增多态 DNA 技术^[6]分析其种内分化等方面, 由种内分化可知宽叶韭分为冬季倒苗和不倒苗 2 个类型^[4-5]。本研究选择产于西藏南部的宽叶韭 (应属冬季倒苗型), 开展风味物质和营养成分研究, 以期探明宽叶韭芳香物质的组成及其相对含量、游离氨基酸、各类元素及维生素 B 族含量, 为其开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 宽叶韭材料采集及研究地概况

本研究所用宽叶韭生长于西藏南部原始森林边缘杂草区 (图 1), 海拔 2 541 m, 单生或簇生, 叶长可达 60 cm, 据当地村民介绍, 在一些微环境好的地方叶长可达 1 m 左右。2013 年 8 月初, 将野生植株采挖并移栽于西藏农牧学院资源圃内, 该资源圃位于林芝市巴宜区八一镇, 海拔 2 997 m, 年均温度 8.6

℃, 最冷月平均气温 0.2℃, 最热月平均气温 15.6℃, 全年 0℃以上有效积温 3 218℃, 无霜期 210 d 左右。全年降水量 664.4 mm, 多集中在 5–9 月份, 雨季相对湿度 71%, 年日照时数 1 988.6 h, 气候特征为高原季风温带气候区^[7]。资源圃土质为比较肥沃的沙壤土。



图 1 野生环境下的宽叶韭

Fig. 1 *A. hookeri* in wild environment

1.2 主要仪器与化学试剂

1.2.1 主要仪器 HS9000 型动态/静态顶空一体进样器 (美国 EST 公司), Agilent 6890N-5973N 气相色谱/质谱联用仪 (美国 Agilent 公司), Agilent 1260 型高效液相色谱仪 (带荧光检测器, 美国 Agilent 公司), L-8900 型全自动氨基酸分析仪 (日本日立公司), 凯氏定氮仪, 电感耦合等离子光谱发生仪。

1.2.2 化学试剂 20 种氨基酸标准品 (Sigma 公司, 纯度 > 98%), V_{B_1} 、 V_{B_2} 、 V_{B_6} 对照品 (中国药品生

物制品检定所),色谱纯甲醇、甲酸、三氟乙酸、乙腈, 优级纯柠檬酸锂(四水)、氯化锂、柠檬酸、氢氧化锂、 硼氢化钠、无水乙酸钠、茚三酮、无水乙醇、硫代双乙 醇、聚氧乙烯月桂醚、辛酸、苯甲醇、乙二醇甲醚、冰 乙酸,二次超纯水,高纯氮(纯度 $\geq 99.999\%$),高纯 氢(纯度 $\geq 99.999\%$)。

1.3 研究方法

1.3.1 样品准备 2013 年 8 月将野生宽叶韭地上 可食部分采集后自然风干备用。2015 年 7 月初将 移栽于资源圃生长 2 年的植株采集地上可食部分分 为两份,其中一份按照茎、叶(根部以上叶鞘以下为 茎部,叶鞘以上为叶片部分)分开,用二次超纯水洗 净晾干后剪碎并混匀,用于测试芳香物质、游离氨基 酸和维生素 B 族含量;另一份与 2013 年采集的样品 (均为茎叶混合样)分别在 180 ℃下烘干,研磨后测 试各类元素含量。

1.3.2 芳香物质含量测定 准确称取 3.00 g 1.3.1中待测样品于 20 mL 顶空瓶中,迅速压紧瓶 盖,用动态顶空-气相色谱/质谱联用仪测定芳香物 质含量。顶空进样器工作条件:捕集阱材料为 Tenax TA,吹扫气为高纯氮,吹扫温度 40 ℃,吹扫 流量 40 mL/min,吹扫时间 30 min,解吸温度 220 ℃,解吸时间 2 min。气相色谱/质谱联用仪工作条 件:色谱柱为 DB-Wax(60 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m,美国 Agilent 公司),载气为高纯氮气,载气流速 (恒流模式)为 1.0 mL/min,进样口温度为 230 ℃, 进样方式为分流进样,分流比为 10:1,升温程序为

40 ℃保持 10 min,然后以 5 ℃/min 升温至 120 ℃ 保持 7 min,再以 10 ℃/min 升温至 240 ℃保持 10 min;离子源为 EI 源,电子能量为 70 eV,离子源温 度为 230 ℃,四级杆温度为 150 ℃,接口温度为 230 ℃,扫描模式为 scan 扫描,扫描范围为 m/z (45~ 300) amu。

1.3.3 氨基酸含量测定 采用全自动氨基酸分析 仪法,按照 GB/T 30987—2014 测定游离氨基酸含 量。

1.3.4 维生素 B 族含量测定 采用高效液相色谱 法^[8]测定维生素 B 族含量。

1.3.5 元素含量测定 C 元素含量用重铬酸钾法 测定,N 元素含量用凯氏定氮法测定,P 元素含量用 钼锑抗比色法测定。K、Na、Ca、Mg、Zn、Fe、Mn、 Cu、Mo、Cr、Ni、B、As、Hg、Cd、Al 等矿质元素含量 用电感耦合等离子体(ICP)法测定。

1.4 数据分析

芳香物质通过 NIST 11 和 Wiley7n 标准谱库 进行定性分析,并用色谱峰面积归一化法进行相对 定量分析。氨基酸、维生素 B 族含量均用 DPS v 14.10软件的 Duncan 新复极差法进行单因素方差 分析。

2 结果与分析

2.1 宽叶韭茎和叶中的氨基酸组成比较

从宽叶韭地上可食部位鲜样品中测出 20 种游 离氨基酸,结果见表 1。

表 1 宽叶韭茎和叶中 20 种氨基酸含量的比较
Table 1 Comparison of 20 amino acid in stem and leaf of *A. hookeri* mg/hg

氨基酸 Amino acid	茎 Stem	叶 Leaf	氨基酸 Amino acid	茎 Stem	叶 Leaf
苏氨酸(Thr)*	10.165 $\pm$ 0.870 a	12.175 $\pm$ 0.827 a	缬氨酸(Val)*	19.990 $\pm$ 1.245 a	17.675 $\pm$ 1.280 a
蛋氨酸(Met)*	3.045 $\pm$ 0.021 B	6.080 $\pm$ 0.283 A	异亮氨酸(Ile)*	11.590 $\pm$ 0.636 a	11.780 $\pm$ 1.414 a
亮氨酸(Leu)*	20.180 $\pm$ 0.735 b	26.115 $\pm$ 0.940 a	苯丙氨酸(Phe)*	16.035 $\pm$ 0.516 b	18.975 $\pm$ 0.318 a
赖氨酸(Lys)*	19.970 $\pm$ 0.820 B	27.880 $\pm$ 0.325 A	天冬氨酸(Asp)	19.575 $\pm$ 0.163 a	23.270 $\pm$ 1.541 a
胱氨酸(Cys)	1.205 $\pm$ 0.247 a	2.210 $\pm$ 0.283 b	丝氨酸(Ser)	13.265 $\pm$ 0.969 a	13.405 $\pm$ 0.940 a
谷氨酸(Glu)	50.110 $\pm$ 0.368 A	27.660 $\pm$ 0.156 B	谷氨酰胺(Gln)	152.040 $\pm$ 1.966 A	42.380 $\pm$ 1.160 B
甘氨酸(Gly)	4.510 $\pm$ 0.481 a	6.055 $\pm$ 0.672 a	丙氨酸(Ala)	24.490 $\pm$ 1.937 a	24.570 $\pm$ 0.566 a
γ -氨基丁酸(GABA)	17.310 $\pm$ 0.255 A	8.005 $\pm$ 0.078 B	酪氨酸(Tyr)	12.275 $\pm$ 0.375 a	12.580 $\pm$ 0.537 a
组氨酸(His)	6.795 $\pm$ 0.219 a	6.820 $\pm$ 0.636 a	精氨酸(Arg)	20.235 $\pm$ 0.813 a	17.835 $\pm$ 2.015 a
天冬酰胺(Asn)	11.680 $\pm$ 0.042 A	6.910 $\pm$ 1.570 B	脯氨酸(Pro)	6.360 $\pm$ 0.438 b	10.430 $\pm$ 0.750 a
游离氨基酸总量(Vol)	440.835 $\pm$ 1.252 A	322.315 $\pm$ 2.015 B			

注:同行数据后标不同小写字母表示显著性差异($P<0.05$),不同大写字母表示极显著性差异($P<0.01$)。表 2 同。标*的为必需氨基 酸。

Note:Lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$),capital letters indicate extremely significant difference ($P<0.01$). The same table 2. * indicates essential amino acids.

由表 1 可见,氨基酸总量在叶和茎中有较大差 异,其中茎中总量可达 440.835 mg/hg,而叶中为

322.315 mg/hg,二者差异极显著。各种氨基酸含量在茎和叶中也有着不同差异,其中茎中的缬氨酸、谷氨酸、谷氨酰胺、 γ -氨基丁酸、精氨酸、天冬酰胺含量分别比叶中高出 13.10%,81.16%,258.75%,13.46%,69.03%,且谷氨酸、谷氨酰胺、 γ -氨基丁酸和天冬酰胺在茎和叶中的差异达到极显著水平;其他氨基酸含量表现为叶高于茎,除异亮氨酸、丝氨酸、丙氨酸、酪氨酸、组氨酸等含量略高于茎外,叶中的苏氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、天冬氨酸、胱氨酸、甘氨酸、脯氨酸含量分别比茎中高出 19.77%,99.67%,29.41%,18.33%,39.61%,18.88%,83.40%,34.26%,63.99%,且亮氨酸、苯丙氨酸、胱氨酸、脯氨酸含量差异在茎和叶中达到显著水平,蛋氨酸、赖氨酸含量差异达到极显著水平。

从茎和叶中的各种氨基酸含量来看,谷氨酰胺均最高,其次为谷氨酸。在茎和叶中含量均低于 10 mg/hg 的有蛋氨酸、胱氨酸、甘氨酸和组氨酸;在 10~20 mg/hg 的有苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、丝氨酸和酪氨酸;在 20~30 mg/hg 的有亮氨酸、丙氨酸。此外,茎中赖氨酸含量接近 20 mg/hg,在叶中则接近 30 mg/hg;茎中天冬氨酸含量接近 20 mg/hg,在叶中达 23.270 mg/hg;茎中 γ -氨基丁酸含量接近 20 mg/hg,但在叶中不足 10 mg/hg;茎和

叶中精氨酸含量均在 20 mg/hg 左右,天冬酰胺和脯氨酸含量均在 10 mg/hg 左右。在茎和叶所含的必需氨基酸中,除色氨酸未测试外,其他几种氨基酸含量均小于 30 mg/hg,7 种必需氨基酸的总含量在叶中达到 120.680 mg/hg,远高于茎中的 100.975 mg/hg。

2.2 宽叶韭茎和叶中的维生素 B 族含量比较

宽叶韭中维生素 B 族含量差异非常明显(表 2), V_{B_6} 含量在茎和叶中均 $<10\text{ }\mu\text{g/hg}$,低于方法检出限,茎和叶中的 V_{B_1} 含量均低于 V_{B_2} ,但均表现为叶中高于茎中,其中茎和叶中的 V_{B_1} 含量差异达显著水平, V_{B_2} 含量差异达极显著水平。这表明宽叶韭中基本不含 V_{B_6} ,少含 V_{B_1} ,相对富含 V_{B_2} 。

表 2 宽叶韭茎和叶中维生素 B 族含量的比较

Table 2 Comparison of vitamin B in stem and

维生素 B 族 Vitamin B	leaf of <i>A. hookeri</i> $\mu\text{g/hg}$	
	茎 Stem	叶 Leaf
V_{B_1}	$14.570\pm0.191\text{ b}$	$16.150\pm0.488\text{ a}$
V_{B_2}	$47.780\pm2.192\text{ B}$	$86.250\pm1.768\text{ A}$
V_{B_6}	<10	<10

2.3 宽叶韭茎和叶中的芳香物质组成比较

宽叶韭茎和叶中的芳香物质定性和定量分析结果分别见图 2 和表 3。

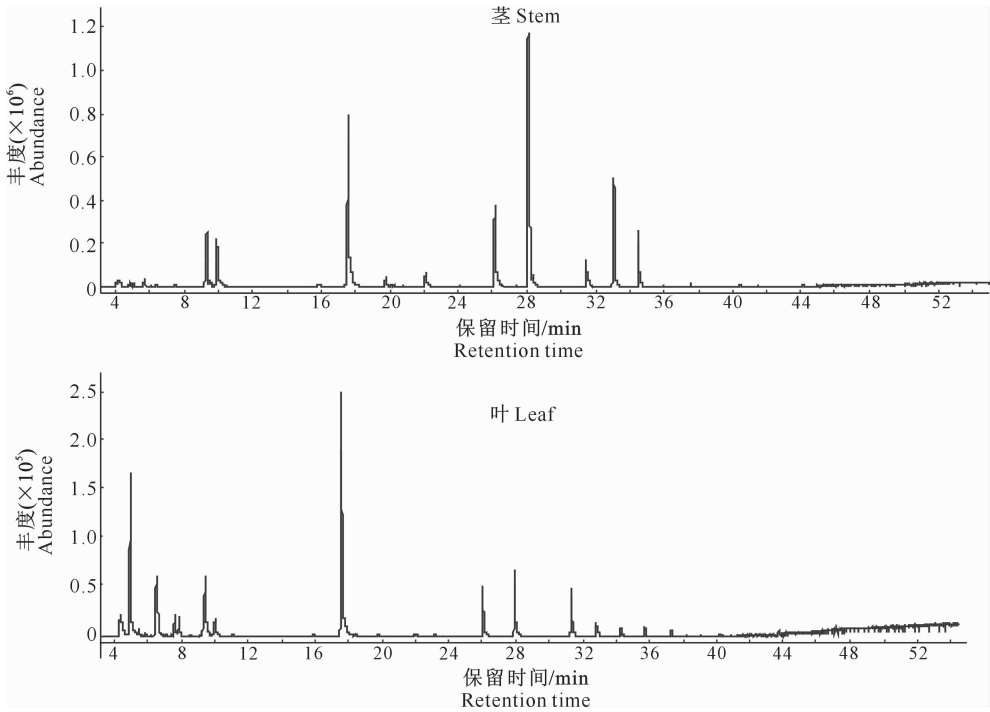


图 2 宽叶韭茎和叶中的芳香物质总离子流图

Fig. 2 Ion flow diagram of aromatic substances in stem and leaf of *A. hookeri*

表 3 宽叶韭茎和叶中芳香物质含量比较

Table 3 Comparison of aromatic substances in stem and leaf of *A. hookeri*

茎 Stem			叶 Leaf		
保留时间/min Retention time	定性种类 Qualitative type	相对含量/% Relative content	保留时间/min Retention time	定性种类 Qualitative type	相对含量/% Relative content
4.8	甲硫醇 Methanethiol	0.177±0.022	4.8	甲硫醇 Methanethiol	17.361±0.277
5.1	二硫化碳 Carbon disulfide	0.152±0.014	5.1	二硫化碳 Carbon disulfide	0.498±0.034
5.3	二甲基硫醚 Dimethyl sulfide	0.081±0.021	5.3	二甲基硫醚 Dimethyl sulfide	1.048±0.074
5.7	丙醛 Propanal	0.433±0.021	6.4	丙硫醇 Propyl mercaptan	7.090±0.118
6.4	丙硫醇 Propyl mercaptan	0.179±0.063	7.5	甲基硫杂丙环 Methyl sulfur impurity c ring	2.108±0.001
7.5	甲基硫杂丙环 Methyl sulfur impurity c ring	0.215±0.024	7.7	2-甲基呋喃 2-methyl furan	3.077±0.018
9.3	乙醚 Ether	4.771±0.001	9.3	乙醚 Ether	6.005±0.056
9.9	甲基烯丙基硫醚 Methyl allyl sulfide	7.677±0.006	9.9	甲基烯丙基硫醚 Methyl allyl sulfide	2.977±0.037
15.9	2-氟丙烯 2-fluoride acrylic	0.288±0.014	17.5	二甲基二硫化物 Dimethyl disulfide	33.212±0.064
17.6	二甲基二硫化物 Dimethyl disulfide	19.809±0.218	22.1	二烯丙基硫醚 Diallyl sulfide	0.317±0.048
19.8	丙基烯丙基二硫化物 Propyl ene propyl disulfide	1.797±0.006	26.1	甲基丙基二硫化物 Methylpropyl disulfide	8.023±0.005
22.1	二烯丙基硫醚 Diallyl sulfide	4.212±0.022	28.1	甲基烯丙基二硫化物 Methyl allyl disulfide	6.380±0.448
24.2	二丙烯基硫醚 Diallyl thioether	0.220±0.007	31.5	二甲基三硫化物 Dimethyl sulfide	6.050±0.110
26.1	甲基丙基硫醚 Methyl propyl disulfide	11.175±0.006	33.0	烯丙基丙基二硫化物 Allyl propyl disulfide	1.643±0.024
27.4	1,3-二噻烷 1,3-thiamethoxam alkanes	0.122±0.004	34.5	二烯丙基二硫化物 Diallyl disulfide	2.337±0.284
28.1	甲基烯丙基二硫化物 Methyl allyl disulfide	19.123±0.008	36.0	十一烷醇 Eleven alkanol	1.084±0.044
28.4	甲基丙基二硫化物 Methylpropyl disulfide	1.541±0.023	37.6	2-(1-丙氧基乙氧基)乙基苯 2-(1-c oxygen radicals) ethoxy ethyl benzene	0.792±0.002
31.5	二丙基二硫化物 2 propyl disulfide	3.167±0.006			
33.1	3-氨基-2-硫代-4-噻唑啉酮 3-amino-2-thio-4-thiazole moiety ketone	11.383±0.013			
34.5	二烯丙基二硫化物 Diallyl disulfide	13.156±0.004			
37.6	甲基烯丙基三硫化物 Methyl allyl trisulfide	0.330±0.006			

由表 3 可知,在宽叶韭叶中检测出 17 种芳香物质,在茎中检测出 21 种芳香物质,其中共有物质为 10 种,说明宽叶韭地上可食部中的芳香物质达 28 种之多。

由表 3 可知,茎和叶中的各类芳香物质相对含量差异巨大。在叶中,相对含量最高的是二甲基二硫化物,可达 33.212%,其次是甲硫醇,为 17.361%,二烯丙基硫醚最低,仅 0.317%。根据相对含量的高低对芳香物质归类可知,相对含量低于 1%、在 1%~2%及 2%~3%的各有 3 种,3%~4%的仅 1 种,6%~7%的有 3 种,7%~8%、8%~9%、10%~20%及高于 20%的各 1 种。在茎中,相对含

量最高的是二甲基二硫化物,可达 19.809%,其次是甲基烯丙基二硫化物,为 19.123%,二甲基硫醚最低,仅0.081%。相对含量低于 1%的有 10 种,在 1%~2%的有 2 种,3%~4%的仅 1 种,4%~5%的有 2 种,7%~8%的仅 1 种,高于 10%的有 5 种。

茎和叶共有的 10 种芳香物质中,二甲基二硫化物相对含量均为最高,应是体现茎和叶风味的主要芳香物质。甲硫醇相对含量在叶中为次高,在茎中则非常低;丙硫醇相对含量在叶中较高,在茎中很低,仅高于甲硫醇;甲基丙基二硫化物相对含量在叶中较高,在茎中较低;甲基烯丙基二硫化物相对含量在茎中接近二甲基二硫化物,但在叶中居中;乙醚相

对含量在叶中居中,在茎中则偏低;甲基烯丙基硫醚相对含量在茎中居中,在叶中偏低。二甲基硫醚、二硫化碳、甲基硫杂丙环这 3 种物质相对含量在茎和叶中均较低。

2.4 不同生境宽叶韭各元素含量比较

由表 4 可见,野生与人工栽培 2 年的宽叶韭相比,其地上可食部各元素含量变化较大,其中 C、N、Cu、Cd、Cr、Hg 基本无变化,相差不超过 10%;Ca、Mg、B 有一定差异,相差在 10%~20%;Fe、P 相差 20%~50%;Na、As、Mn、Ni、Al 相差 50%~100%;

表 4 野生与栽培宽叶韭地上部各元素含量比较(干样品)

Table 4 Change of element contents in aboveground between wild and cultivated <i>A. hookeri</i> (dry samples) mg/g					
人体必需元素 Essential elements	栽培 2 年 Cultivation of 2 years	野生 Wild	人体必需元素 Essential elements	栽培 2 年 Cultivation of 2 years	野生 Wild
常量元素 Macroelements			Cu	0.019 8	0.018 4
C	416.647 2	413.010 0	Mn	0.069 8	0.107 8
N	33.587 5	35.587 1	Mo	0.015 3	0.002 8
P	8.316 8	5.880 2	Cr	0.032 7	0.033 2
Ca	16.792 1	18.797 2	Ni	0.011 9	0.020 3
K	63.762 4	30.921 7	B	0.393 1	0.455 8
Na	2.727 2	5.313 4	As	0.000 5	0.004 1
Mg	4.631 2	5.258 1	Hg	0.001 0	0.000 9
微量元素 Microelements			Cd	0.000 5	0.000 5
Fe	0.649 0	0.836 4	Al	5.668 3	9.797 2
Zn	0.186 6	0.088 5			

3 讨 论

3.1 氨基酸含量及其对植物风味物质的影响

蔬菜是人体必需氨基酸供给来源之一,游离氨基酸含量在不同蔬菜产品中差异明显^[11-13]。葱属植物中氨基酸总含量表现为大蒜>黄皮洋葱>韭菜>红皮洋葱>白皮洋葱>大葱,其中大蒜为 150 mg/g 左右(干样),大葱为 26.11 mg/g(干样);蒜氨酸和精氨酸含量在这些葱属植物中均较高,二者占总氨基酸的 48.31%~86.56%^[11]。宽叶韭茎中鲜品的氨基酸总量可达 440.835 mg/hg,叶中为 322.315 mg/hg,换算成干样,其含量应该略高于大葱,与新疆韭菜(42.62 mg/g,干样)^[11]比较接近。各类氨基酸相对含量在宽叶韭的茎和叶中均表现出一定的差异,在茎和叶中最高的均为谷氨酰胺,其次为谷氨酸,其他各种氨基酸含量均小于 30 mg/hg。在茎和叶所含的 7 种必需氨基酸中(色氨酸未测试),总含量在叶中达到 120.680 mg/hg,远高于茎中的 100.975 mg/hg。因多数游离氨基酸呈一定味觉特性,如谷氨酸和天冬氨酸具鲜味,异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸等具苦味,甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸、丝氨酸和苏氨酸具甜味,苯丙氨酸和酪

Zn、K、Mo 相差最大,超过 100%,其中 Mo 含量相差达到 455%。说明生长环境对宽叶韭各元素含量有一定影响。国标(GB 2762-2012)^[9]规定,新鲜叶菜中的 Cd≤0.2 mg/kg,新鲜蔬菜中的 Hg≤0.01 mg/kg、As 和 Cr≤0.5 mg/kg, Ni 在油脂类中≤1.0 mg/kg。宽叶韭干样品中的这几种元素均超过了限量标准,但换算成鲜样(宽叶韭含水量 90%左右)后,则均未超出限量标准,符合食用安全要求。与栽培韭菜^[10]相比,宽叶韭中 P、Ca、K、Na、Mg、Fe、Zn、Cu、B、Mn、Cr、Al 等元素含量均较高。

氨酸有一定芳香性^[14]。因此,呈味氨基酸含量高低对味觉具有一定影响。本研究所用材料为第一刀地上鲜品,呈苦味氨基酸含量较高,因此可能呈现一定的苦味^[1]。

3.2 葱属植物维生素 B 族含量差异

水溶性 B 族维生素 B₁、B₂、B₅、B₆ 是维持人体正常生理生化功能不可缺少的微量营养成分,而蔬菜是供给人体所需维生素 B 的重要来源。目前对韭菜 B 族维生素的研究报道较为少见,《中国蔬菜栽培学》^[15]对 23 种常规蔬菜中的 B 族维生素含量作了总结。其中,V_{B₁}含量除菠菜(10.0 μg/hg)低于宽叶韭茎和叶的含量外,其他 22 种蔬菜的 V_{B₁}含量均高于宽叶韭;在大白菜、黄瓜、番茄、小萝卜、南瓜、马铃薯、芹菜、洋葱等蔬菜中的 V_{B₂}含量低于宽叶韭茎,甘蓝、胡萝卜、青甜椒、辣椒、茄子、茼蒿等蔬菜中的 V_{B₂}含量高于宽叶韭茎但低于叶,其他 9 种均高于宽叶韭;V_{B₅}含量在大白菜、番茄和辣椒中为零,但在其他 20 种蔬菜中含量均较高,但宽叶韭茎和叶中 V_{B₅}含量均<10 μg/hg,低于方法检出限。此外,谢玥等^[8]测定了花菜、茼笋、豆芽、冬瓜、苦瓜、洋葱、白萝卜等蔬菜的 B 族维生素含量,结果表明,花菜中 V_{B₁}含量可达 222 μg/hg,豆芽中为 143 μg/hg,其他

各种蔬菜中 $<50\text{ }\mu\text{g/hg}$;各种蔬菜中 V_{B_2} 含量 $<50\text{ }\mu\text{g/hg}$, V_{B_6} 含量 $<100\text{ }\mu\text{g/hg}$ 。刘程程等^[16]对野生荠菜茎、花、叶中的 V_{B_2} 含量测定研究表明,野生荠菜叶、茎、花中的 V_{B_2} 含量依次为 $158.82, 47.98, 74.94\text{ }\mu\text{g/hg}$ 。与其他类蔬菜相比,宽叶韭茎和叶中的 V_{B_2} 含量居于较高水平, V_{B_1} 含量处于较低水平, V_{B_6} 含量更低,且 V_{B_1} 和 V_{B_2} 含量均是叶中高于茎中,这与野生荠菜不同部位 V_{B_2} 含量的差异相似。

3.3 葱属植物芳香物质组分及相对含量差异

芳香物质是由不同挥发性物质组成的混合物,包括醇、醛、酮、萜、酯类及含硫化合物等,这些物质综合作用表现出某种蔬菜产品的芳香特征^[17]。葱属植物种类庞杂,均具特殊辛香味,但不同种类的辛香味、所含芳香物质成分及其含量均差异较大。如用 GC-MS 法在细叶韭花中鉴定出 46 种^[18]、在滇韭中鉴定出 95 种^[19]、在天韭中检测到 36 种^[20](多于前人检测数量^[21-22])、在沙葱中鉴定出 15 种^[23]、在香港葱中检测到 30 种^[24]芳香物质,“红皮洋葱×大葱”、“大葱×黄皮洋葱”远缘杂交后代及其亲本芳香物质种类差异巨大^[25],这表明葱属植物中挥发性含硫化合物具有种的特异性和较稳定的遗传特性^[26]。但是,检测方法及对样品处理方式的不同都可能会影响到检测结果。司民真等^[27]认为,用 GC-MS 法检测时会对样品有一定的破坏性,而用顶空-SERS(表面增强拉曼散射)结合法可对大葱主要挥发性气体进行常温常压下的无损检测。汪潇等^[28]用打浆与切碎两种方法处理大葱样品,分别检测到 18 和 31 种芳香物质。

本研究用动态顶空 GC-MS 法对西藏野生宽叶韭进行芳香物质检测,通过 NIST 11 和 Wiley7n 标准谱库进行定性分析,用色谱峰面积归一化法进行相对定量分析,结果显示,宽叶韭中含芳香物质达 28 种,但茎和叶中所含芳香物质种类不同,叶中仅含 17 种,茎中则含 21 种,二者共有 10 种。可见与其他野生葱属植物比较,宽叶韭中的芳香物质种类较多;同时因茎中芳香物质种类多于叶中,因此茎的风味比叶的风味更为丰富,且因二甲基二硫化物相对含量在茎和叶中均为最高,因此推测其应是影响茎和叶风味的主要芳香物质。

3.4 葱属植物各元素含量差异

因蔬菜作物所含矿质元素与土壤供给能力具有一定关系,葱中的 As、P、Pb、Hg、Mn、Ni、Cu、Zn、Ge 等 9 种元素含量与土壤中相应元素的含量呈相关关系,葱对 Fe、Se、Mn、Ni、Cu、Zn 等的富集系数较

高^[29]。因此,根据各类蔬菜作物对不同矿质元素的富集能力,可通过对土壤中各类矿质元素含量的调节,使蔬菜作物中人体必需的常量及微量元素含量处于较高水平,并将对人体有害的元素含量降至较低水平,从而使蔬菜作物更加安全。宽叶韭可食部中的 Ca、Mg、B、Fe、P、Na、As、Mn、Ni、Al、Zn、K、Mo 等含量,在野生环境与人工栽培 2 年的植株中表现出不同程度的差异,表明宽叶韭对这类元素的富集量与栽培环境有密切关系;而 Cu、Cd、Cr、Hg 基本无变化,则表明宽叶韭对这些元素的富集能力一般,也可能是两种生境土壤中这些元素含量均较低所致。但在两种生境下,P、Ca、K、Na、Mg、Fe、Zn、Cu、B、Mn、Cr、Al 等元素的含量均高于栽培韭菜^[10],表明宽叶韭是一种富含矿质元素的野生蔬菜植物,而其鲜样中 Cd、Hg、As、Cr、Ni 含量均未超出限量标准,符合食用安全要求^[9],进一步反映了宽叶韭的开发利用价值。

〔参考文献〕

- [1] 中国科学院《中国植物志》编委会. 中国植物志(第十四卷) [M]. 北京:科学出版社,1980:208.
“China Flora” Editorial Board, Chinese Academy of Sciences. China flora volume 14 [M]. Beijing: Science Press, 1980:208.
- [2] 许本汉. 宽叶韭 [J]. 云南农业科技, 2001(5):44.
Xu B H. *Allium hookeri* Thwaites [J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2001(5):44.
- [3] 张绍斌, 许介眉. 宽叶韭居群间核型研究 [J]. 广西植物, 2002, 22(4):345-348.
Zhang S B, Xu J M. A karyotypic study on populations of *Allium hookeri* Thwaites [J]. Guihaia, 2002, 22(4):345-348.
- [4] 张小亮, 许介眉, 谭仲明. 宽叶韭及其近缘种不同居群的黄酮类化合物薄层析研究 [J]. 植物研究, 1998, 18(2):158-162.
Zhang X L, Xu J M, Tan Z M. Studies on thin-layer chromatography of flavonides for different populations in *Allium hookeri* and its relative species [J]. Bulletin of Botanical Research, 1998, 18(2):158-162.
- [5] 万海清, 梁明山, 许介眉. 宽叶韭种内分化的同工酶及可溶性蛋白的研究 [J]. 广西植物, 1999, 19(2):161-175.
Wan H Q, Liang M S, Xu J M. The study on isozyme and soluble proteins of intraspecific differentiation in *Allium hookeri* [J]. Guihaia, 1999, 19(2):161-175.
- [6] 倪念春, 何兴金, 许介眉. 对宽叶韭种内分化的随机扩增多态 DNA 的分析 [J]. 四川大学学报(自然科学版), 2002, 39(5):943-947.
Ni N C, He X J, Xu J M. Random amplified polymorphic DNA analysis on intraspecific differentiation of *Allium hookeri* [J]. Journal of Sichuan University(Natural Science Edition), 2002, 39(5):943-947.
- [7] 林芝林区气象台, 林芝地区科学技术委员会. 西藏林芝地区农

业气象资源分析及区划 [M]. 北京:气象出版社,1993.

Science and Technology Commission Nyingchi Area Meteorological Observatory, Nyingchi Area. Tibet yingchi region agricultural meteorological resource analysis and division [M]. Beijing: Meteorological Press, 1993.

[8] 谢 玥,贾 丽,焦玉海. 高效液相色谱法测定蔬菜中 B 族维生素 [J]. 中国食品添加剂, 2010(3): 218-222.

Xie Y, Jia L, Jiao Y H. Determination of vitamin B group in vegetables by high performance liquid chromatography [J]. China Food Additives, 2010(3): 218-222.

[9] 中华人民共和国卫生部. GB 2762—2012 食品安全国家标准: 食品中污染物限量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

The Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 2762—2012 The national food safety standards; food contaminants in limited [S]. Beijing: China Standard Press, 2012.

[10] 郑敏燕,杜 帅,李学超,等. 韭菜中 20 种矿质元素的微波消解-ICP-OES 法测定 [J]. 广东微量元素科学, 2014, 21(3): 1-6.

Zheng M Y, Du S, Li X C, et al. Determination of 20 mineral elements in leek by microwave digestion-ICP-OES [J]. Guangdong Weiliang Yuansu Kexue, 2014, 21(3): 1-6.

[11] 赵东升,马晓丽,李新霞,等. 柱前衍生-高效液相色谱法同时测定可食药用葱属植物中 18 种游离氨基酸含量 [J]. 药物分析杂志, 2013, 33(6): 963-968.

Zhao D S, Ma X L, Li X X, et al. Determination of 18 kinds of free amino acids in edible and medicinal *Allium* using pre-column derivatization HPLC [J]. Chin J Pharm Anal, 2013, 33(6): 963-968.

[12] 李 琪,李 广,张会妮. 兰州百合新鲜鳞片中水解及游离氨基酸分析 [J]. 食品科学, 2012, 33(20): 277-281.

Li Q, Li G, Zhang H N. Analysis of free and protein-bound amino acids in fresh scales of lily (*Lilium davidii* var *unicolor*) from Lanzhou [J]. Food Science, 2012, 33(20): 277-281.

[13] 李跃森,吴水金,赖正锋,等. 8 种原生蔬菜氨基酸组成及营养评价 [J]. 福建农业学报, 2013, 28(10): 1007-1011.

Li Y S, Wu S J, Lai Z F, et al. Amino acid composition and nutrition evaluation for eight original ecology grown vegetable species [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2013, 28(10): 1007-1011.

[14] 李明良,陈双林,郭子武,等. 覆土栽培对高节竹笋呈味氨基酸的影响 [J]. 浙江林业科技, 2015, 35(2): 54-57.

Li M L, Chen S L, Guo Z W, et al. Influence of soil sealing on flavor amino acid in ahoot from phyllostachys prominens stand [J]. Jour of Zhejiang for Sci & Tech, 2015, 35(2): 54-57.

[15] 中国农业科学院蔬菜花卉研究所. 中国蔬菜栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 11-12.

Vegetable and Flower Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences. Vegetable cultivation science of China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009: 11-12.

[16] 刘程程,赵荣飞,廖莉玲. 荧光法测定芥菜中维生素 B₂ 的含量 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(7): 2118-2119, 2170.

Liu C C, Zhao R F, Liao L L. Determination of the contents of vitamin B₂ in the shepherd's purse by fluorescence method [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(7): 2118-2119, 2170.

[17] 刘明池,郝 静,唐晓伟. 番茄果实芳香物质的研究进展 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(5): 1444-1451.

Liu M C, Hao J, Tang X W. Advances in studies of aroma components in tomato fruits [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(5): 1444-1451.

[18] 穆启运. 细叶韭花化学成分的研究 [J]. 西北植物学报, 2001, 21(6): 1204-1208.

Mu Q Y. Study on the chemical composition of the flower of *Allium tenuissimum* by GC-MS [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2001, 21(6): 1204-1208.

[19] 陈小兰,史冬燕,陈善娜. 滇韭挥发性成分分析 [J]. 精细化工, 2005, 22(5): 373-377.

Chen X L, Shi D Y, Chen S N. Analysis of the volatile components of *Allium mairei* by gas chromatography mass spectrometry [J]. Fine Chemicals, 2005, 22(5): 373-377.

[20] 帅小白,叶 晶,吴家森,等. 天韭挥发性有机化合物成分初步研究 [J]. 中国野生植物资源, 2013, 32(2): 12-14.

Shuai X B, Ye J, Wu J S, et al. Preliminary analysis of volatile organic compounds in *Allium victorialis* [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2013, 32(2): 12-14.

[21] Nishimura H, Fujiwara K, Mizutani J, et al. Volatile Flavor Components of Caucas [J]. J Agri Food Chem, 1971, 19(5): 992-994.

[22] Akashi K, Nishimura H, Mizutani J. Precursors and enzymatic development of caucas flavor components [J]. Agr Biol Chem, 1975, 39(7): 1507-1508.

[23] 刘世巍,赵 堂,杨敏丽. GC-MS 分析沙葱挥发油的化学成分 [J]. 华西药学杂志, 2007, 22(3): 313-314.

Liu S W, Zhao T, Yang M L. Analysis of the volatile oil from stem of *Allium mongolicum* Regel by GC-MS [J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2007, 22(3): 313-314.

[24] 刘 源,周光宏,王锡昌,等. 顶空固相微萃取气质联用分析香葱挥发性风味成分 [J]. 中国调味品, 2007(9): 62-64.

Liu Y, Zhou G H, Wang X C, et al. Determination of volatile flavor componets in *Allium tuberosum* L. by head space phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) [J]. China Condiment, 2007(9): 62-64.

[25] 杨天慧,魏佑营,王 超,等. 大葱、洋葱远缘杂交后代及其亲本挥发性成分分析 [J]. 山东农业科学, 2010(6): 35-39.

Yang T H, Wei Y Y, Wang C, et al. Analysis of volatile components in welsh onion, onion and their interspecific hybridization progenies [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2010(6): 35-39.

[26] Storsberg J, Schulz H, Keusgen M, et al. Chemical characterization of interspecific hybrids between *Allium cepa* L. and *Allium kermesinum* Rehb. [J]. Journal of Agricultural Food Chemical, 2004, 52(17): 5499-5505.

Wu X Q, Yang W B, Li W, et al. The method of extracting leaf area information with ArcMap software [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2013, 41(8): 57-60.

[15] 刘玉华, 贾志宽, 史纪安, 等. GIS 空间分析技术在苜蓿叶面积测定中的应用 [J]. 草业学报, 2006, 15(2): 119-123.

Liu Y H, Jia Z K, Shi J A, et al. Application of GIS spatial analyst technology to measuring leaf area of *Medicago sativa* [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2006, 15(2): 119-123.

[16] 韦玉春, 汤国安, 杨 昕. 遥感数字图像处理教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 200-207.

Wei Y C, Tang G A, Yang X. Guide of remote sensing digital image processing [M]. Beijing: Science Press, 2007: 200-207.

[17] 董彦卿. IDL 程序设计: 数据可视化与 ENVI 二次开发 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012: 455-461.

Dong Y Q. IDL programming: data visualization and the secondary of ENVI [M]. Beijing: Higher Education Press, 2012: 455-461.

[18] Varma V, Osuri A M. Black spot: a platform for automated and rapid estimation of leaf area from scanned images [J]. Plant Ecology, 2013, 214(12): 1529-1534.

[19] 张桂兰. 扫描仪的原理及其使用方法 [J]. 印刷技术, 1995(5): 244-245.

Zhang G L. The principle and introduction of scanner [J]. Printing Technology, 1995(5): 244-245.

[20] Bakr E M. A new software for measuring leaf area, and area damaged by *Tetranychus urticae* Koch [J]. Blackwell Verlag, 2005, 192(2): 173-175.

[21] 陈侯曦. 基于面向对象的鱼塘面积遥感估算: 以台山市为例 [D]. 南京: 南京大学, 2011.

Chen Y X. Estimation of ponds area based on object-oriented classification method with remote sensing data: a case of Taishan [D]. Nanjing: Nanjing University, 2011.

[22] 邓书斌. ENVI 遥感数字图像处理方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 211-218.

Deng S B. Methods of remote sensing digital image processing with ENVI [M]. Beijing: Science Press, 2010: 211-218.

(上接第 160 页)

[27] 司民真, 李 伦, 张川云, 等. 顶空及 SERS 结合快速检测葱属植物大葱挥发物 [J]. 激光生物学报, 2015, 24(4): 348-353, 367.

Si M Z, Li L, Zhang C Y, et al. Rapid detection of volatile organic compounds of green Chinese onion using headspace combined with SERS [J]. Acta Laser Biology Sinica, 2015, 24(4): 348-353, 367.

[28] 汪 潇, 王锡昌. 顶空固相微萃取与气质联用法分析大葱的挥发性风味成分 [J]. 现代食品科技, 2008, 23(3): 69-71.

Wang X, Wang X C. Analysis of volatile flavor components of scallion by headspace solid phase micro-extraction and GC-MS [J]. Modern Food Science and Technology, 2008, 23(3): 69-71.

[29] 马 威, 张介眉, 涂 欣, 等. 葱与土壤元素含量相关性研究 [J]. 湖北中医杂志, 2010, 32(5): 77-78.

Ma W, Zhang J M, Tu X, et al. Study on elements content correlation between soil and *Allium fistulosum* L. [J]. Journal of hubei Chinese medicine, 2010, 32(5): 77-78.