不同产区青海玉树芜菁中营养成分分析与比较

谭 亮[1],周 洛[2],尕玛确加[3],苏三奎[4],吴亨祺[3],陈 晨[1],皮 立[1,*]
(1.中国科学院西北高原生物研究所,中国科学院藏药研究重点实验室,
青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室,青海西宁 810001;
2.青海省囊谦县畜牧兽医工作站,青海玉树 815200;
3.青海省囊谦县农牧技术推广中心,青海玉树 815299;
4.青海省囊谦县农机管理站,青海玉树 815200)

摘 要: 目的:为全面了解青海玉树芜菁的食用价值,选取青海玉树4个不同产区共12批芜菁,对其营养成分进行分析评价和比较,为芜菁再加工产品的开发和利用提供重要依据。方法:分别用亚临界流体丁烷和1,1,1,2-四氟乙烷(R134a)萃取出芜菁中的β-谷甾醇和总黄酮,然后分别测定了芜菁β-谷甾醇和总黄酮含量,同时还测定了芜菁多糖、可溶性糖、总皂苷、氨基酸、蛋白质及各种矿物质元素含量等。采用SPSS 19.0对玉树4个不同产区芜菁中各营养成分含量进行多重比较。结果:曲麻莱县芜菁中蛋白质(2.20%)、总氨基酸(15.35%,以干计)和总皂苷(0.35%)含量最高,称多县芜菁中总糖含量最高(2.90%),囊谦县芜菁中粗纤维(1.01%)和总矿物质元素(447.5 mg/100 g)含量最高。结论:青海玉树芜菁营养价值高,具有良好的食用价值和开发前景,可为青海玉树芜菁的质量控制提供依据。

关键词: 芜菁,营养成分,产区

Analysis and comparison of nutritional compositions in Yushu turnip(*Brassica rapa* L.) from different producing areas

TAN Liang[1],ZHOU Luo[2],GAMA Que-jia[3],SU San-kui[4],WU Heng-qi[3],CHEN Chen[1],PI Li[1,*]
(1.Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resource,Key Laboratory of Tibetan Medicine Research,Northwest Institute of Plateau Biology,Chinese Academy of Sciences,Xining 810001,China;
2.Qinghai Nangqian Animal Husbandry Veterinary Workstation,Yushu 815200,China;
3.Qinghai Nangqian Agriculture and Animal Husbandry Technology Extension Center,Yushu 815299,China;
4.Qinghai Nangqian Farm Machinery Management Station,Yushu 815200,China)

Abstract: Objective: To fully understand edible and commercial value,twelve batches of Yushu turnip in four different producing areas were selected to examine and comparison the nutrient composition. Methods: The β-sitosterol and total flavonoids were extracted with sub-critical fluid n-butane and 1,1,1,2-tetrafluoroethane(R134a),respectively. Then,the contents of β-sitosterol and total flavonoids were detected respectively. The contents of polysaccharides,soluble sugars,total saponins,amino acid,protein and various mineral elements were also detected. SPSS 19.0 was used to compare the contents of nutritional components of Yushu turnip from four different producing areas. Results: The contents of protein(2.20%),total amino acid(15.35%,calculated on dry weight) and total saponins(0.35%) were the highest in Qumalai county,the content of total sugars(2.90%) was the highest in Chengduo county,the contents of crude fiber(1.01%) and total mineral elements(447.5 mg/100 g) were the highest in Nangqian county. Conclusion: These figures indicate that Yushu turnips have high nutrients and practical applications,which to justify security controls.

Key words: turnip(*Brassica rapa* L.);nutritional compositions;producing areas
中图分类号: TS201.4 **文献标识码:** A **文 章 编 号:** 1002-0306(2018)05-0307-06
doi:10.13386/j.issn1002-0306.2018.05.057

收稿日期: 2017-09-05

作者简介: 谭亮(1984-),男,硕士,工程师,研究方向:天然产物成分分析,E-mail:tanliang@nwipb.cas.cn。
* **通讯作者:** 皮立(1972-),男,博士,副研究员,研究方向:天然产物研究与开发,E-mail:pili@nwipb.cas.cn。

基金项目: 青海省自然科学基金(2015-ZJ-908);青海无公害农产品分析检测平台建设(2015-ZL-Y23);青海省应用基础项目(2015-ZI-729);兰州区域中心2016年度仪器功能开发项目:多通道可回收型中试亚临界流体萃取装置的改造(2018gl11)。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

芜菁(*Brassica rapa* L.),又名蔓菁,在藏语中称其为"妞妈"[1],系十字花科芸薹属芸薹种芜菁亚种[2],一种高原特有的、古老的、原始的多汁植物,主要分布在我国海拔3000~4000 m的青藏高原。两年生草本植物,根系发达,上部膨大形成扁圆形的肉质直根,外形似圆萝卜,具有味甘性温、清热解毒、滋补增氧之功效[3]。芜菁是高海拔地区有特色的食、药、饲三用植物,味甘清爽又富含多种人体所需的营养成分,是青藏高原独具特色的资源,也是当地重要的经济作物。现代药理学研究表明,芜菁具有降血糖、降血脂、抗疲劳、抗缺氧、抗肿瘤、止咳、平喘、祛痰等方面的作用[4-10],其与芜菁中的化学成分有着必然联系。

目前,有关芜菁的研究多为栽培研究[11-12]、药理作用和临床应用、提取工艺[13-16]、产地来源于新疆、西藏的芜菁营养成分分析[8,17-18],来源于北京不同品种芜菁营养成分分析[19]。玉树平均海拔在4000 m以上,气候高寒,研究区域地势较高,且地势复杂,高山耸立,采集样品实属不易,对于青海玉树芜菁的研究也只有抗衰老作用[20],新闻报道中也仅有玉树芜菁中几种主要营养成分的含量,而未见有关青海玉树不同产区芜菁中主要营养成分分析与比较的文献报道。芜菁在青海省玉树地区有几十年的栽培历史,主要用作食用蔬菜或青贮饲料。利用区域优势建设芜菁种植基地,推动芜菁加工产业,可促进地方经济和畜牧业的发展。本文选取青海玉树4个不同产区共12批芜菁作为实验材料,对其营养成分进行分析评价和比较,可为芜菁的质量控制、再加工产品的开发和利用提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

12批次芜菁 分别采自青海省玉树藏族自治州的四个不同产区(见表1),经中国科学院西北高原生物研究所高庆波副研究员鉴定为十字花科芸薹属植物芜菁(*Brassica rapa* L.)的成熟肉质根;亚临界流体丁烷和1,1,1,2-四氟乙烷(R134a)(质量分数99%) 美国Dupont;18种氨基酸混标(货号:AAS18-5 mL) 西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;β-谷甾醇(纯度>99%) 四川省维克奇生物科技有限公司;D-无水葡萄糖标准品(批号:110833-201506)、芦丁(批号:100080-201610) 中国食品药品检定研究院;各元素标准溶液(100 μg/mL) 中国计量科学研究院;抗坏血酸标准品(货号:C10303000) 上海楚定分析仪器有限公司;乙腈(色谱级) 山东省禹王实业总公司化工厂;硫酸铜、硫酸钾、硼酸、甲基红、酚酞、碳酸氢钠、磷酸二氢钾、乙酸钠、氢氧化钾、香草醛、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝、无水乙醇、甲醇、乙醚、甲基叔丁基醚、正庚烷、三氯甲烷、正丁醇、2,4-二硝基苯肼、草酸、硫脲 天津市百世化工有限公司;苯酚 天津市光复精细化工研究所;盐酸、浓硫酸 甘肃白银瑞斯物资贸易有限公司,以上化学试剂均为分析纯;硝酸、硫酸、盐酸(优级纯) 甘肃白银西区银环化学试剂厂;过氧化氢(优级纯) 北京化学试剂公司;实验用水 为去离子水。

表1 采自不同产区的青海玉树芜菁样品

Table 1 Yushu turnip samples collected from different producing districts

样品编号	产区	收集时间
1	曲麻莱县叶格乡龙玛村	2016.10.19
2	曲麻莱县曲麻河乡措池村	2016.10.19
3	杂多县扎青乡地青村	2016.10.20
4	杂多县结多乡优多村	2016.10.20
5	杂多县昂赛乡尕都村	2016.10.20
6	囊谦县白扎乡东日尕村	2016.10.20
7	囊谦县白扎乡生达村	2016.10.20
8	囊谦县吉尼赛乡吉赖村	2016.10.20
9	称多县称文镇下庄村	2016.10.21
10	称多县称文镇松当村	2016.10.21
11	称多县歇武镇当巴村	2016.10.21
12	称多县清水河镇中卡村	2016.10.21

SPF-3×10 L+1 L亚临界流体萃取装置 广州市浩立生物科技有限公司,由华南理工大学联合研制[21];Agilent 1260系列高效液相色谱仪 美国安捷伦科技公司;Agilent 7890A/5975C型气相色谱仪 美国安捷伦科技公司;Cary-300型紫外-可见分光光度计 美国Varian公司;Kjeltec™ 8400全自动凯氏定氮仪 丹麦FOSS公司;700系列电感耦合等离子体发射光谱仪 美国安捷伦科技公司;美国CEM MARS-6微波消解系统 上海沃珑仪器有限公司;Molelement元素型超纯水机 上海摩勒生物科技有限公司;ASE350快速溶剂萃取仪 配备有34 mL不锈钢萃取池,美国DIONEX公司;SZC-C型脂肪测定仪、SLQ-6型粗纤维测定仪 上海纤检仪器有限公司;PL203型电子天平、MS205DU型精密电子天平 瑞士梅特勒-托利多公司;pHS-3E型pH计 上海仪电科学仪器股份有限公司;ML-1.5-4型数显电加热板 北京中科奥博科技有限公司;DHP型电热恒温培养箱 北京市永光明医疗仪器有限公司;DZKW-4型电热恒温水浴锅双四孔 林茂科技(北京)有限公司;101-3型烘箱 北京科伟仪器有限公司;TGL-16C型高速台式离心机 上海安亭科学仪器厂;XW-80A型微型涡旋混合器 上海泸西分析仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理 取新鲜芜菁,洗净附着泥土,滤纸吸去水分,用不锈钢刀削去皮部和毛细根部,取可食部分用于营养成分的分析。取新鲜芜菁可食部分匀浆后,取约50 g立即进行水分、维生素C(总抗坏血酸)和总酸的测定,其余营养成分的含量测定可用水分测定后烘干的芜菁,粉碎后过60目筛,装入密封袋中密封,置于干燥器中干燥保存,备用。

1.2.2 总黄酮含量测定方法 向亚临界流体萃取装置填装芜菁粉末操作同"1.2.3",在实验室前期预实验确定的最佳萃取工艺条件下(萃取压力0.50 MPa,萃取温度45 ℃,萃取时间90 min),用亚临界流体1,

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1,1,2-四氟乙烷(R134a)提取出芜菁中的黄酮类成分,然后采用标准 NY/T 1295-2007 测定其含量。总黄酮含量以芦丁的质量分数 ω 计,数值以 mg/100 g 表示,按式(1)计算:

$$\omega = \frac{C \times V \times D}{m \times 1000} \times 100 \quad 式(1)$$

式中:C-由标准曲线计算得出的待测试液的总黄酮浓度,μg/mL;V-待测试液的体积,mL;D-试样的总稀释倍数;m-试样的质量,g。

1.2.3 β-谷甾醇含量测定方法 向亚临界流体萃取装置的萃取罐中的非对称性微孔复合陶瓷滤芯中装入萃取原料芜菁粉末 50 g,盖好压环及上堵头。在实验室前期预实验确定的最佳萃取工艺条件下(萃取压力 0.75 MPa,萃取温度 40 ℃,萃取时间 120 min)用亚临界流体丁烷提取出芜菁中的 β-谷甾醇,然后采用气相色谱仪测定其含量[22]。

1.2.4 氨基酸含量测定方法

1.2.4.1 样品水解 称取制备好的芜菁粉末 20~100 mg于 10 mL 安培瓶中,加入 6 mol/L 盐酸 6 mL,抽真空,充氮气,封口,110 ℃恒温水解 24 h 后,冷却,过滤,85 ℃蒸干,用 20 mmol/L 的盐酸定容至 5 mL。

1.2.4.2 样品衍生 取 18 种氨基酸混合标准品 0.2 mL,0.5 mol/L 的碳酸氢钠 0.5 mL,1% 的氟苯乙腈溶液 0.2 mL 于 10 mL 容量瓶中,60 ℃恒温反应 1 h,磷酸二氢钾缓冲液(0.1 mol/L,pH = 7)定容,微孔滤膜过滤,注入 HPLC 进行测定。

1.2.4.3 色谱检测条件 色谱柱:phenonemex,Gemini C_{18},(250 mm × 4.6 mm,5 μm);检测波长:360 nm;柱温:37 ℃;流动相:A 相为 0.05 mol/L 乙酸钠溶液(pH6.4),B 相为乙腈:水 = 1∶1(v/v),梯度洗脱(0~5 min,74% B→65% B;5~15 min,65% B→60% B;15~20 min,60% B→45% B;20~25 min,45% B→30% B;25~30 min,30% B→20% B;30~35 min,20% B→2% B;35~40 min,B 相维持 2% 比例不变;40~42 min,2% B→74% B)。

1.2.5 矿物质元素含量测定方法

1.2.5.1 样品处理 准确称取芜菁粉末 1.000 g 放入聚四氟乙烯消解罐底部,加入 5 mL 优级纯浓 HNO_3 浸泡过夜,再加入 3 mL H_2O_2,在微波消解系统中消解,消解后赶酸,转移到 50 mL 容量瓶中用 5% 的稀 HNO_3 溶液定容至刻度。平行制备 2 份空白,通过 ICP-OES 进行测定。

1.2.5.2 样品测定 在仪器最佳工作条件下,制作各元素的校准曲线,对各样品进行测定。

1.2.6 基本营养成分的测定方法 水分:GB 5009.3-2010;灰分:GB 5009.4-2010,脂肪:GB/T 14772-2008;粗纤维:GB/T 5009.10-2003;蛋白质:GB 5009.5-2010;总酸:GB/T 12456-2008;总抗坏血酸:GB/T 5009.86-2003;多糖、总糖:GB/T 18672-2014;总皂苷:采用可见-紫外分光光度仪测定[23-24]。

1.3 数据处理

将同一产地样品的测定结果以均值 ± 标准误差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 19.0 软件进行数据处理和统计分析。青海玉树四个不同产区芜菁中各成分含量差异比较采用单因素方差分析。进一步进行 4 个产区之间的多重比较,若方差具有齐次性时,采用 LSD 检验;若方差不具有齐次性时,采用 Tamhane's T2 检验,用 t 检验进行各组均值间的配对比较,差异显著性水平为 $p < 0.05$。

2 结果与分析

2.1 玉树各产区芜菁常规营养成分分析

经检测分析,采自青海玉树四个不同产区的 12 批次芜菁中,水分平均含量为 92.5%;灰分平均含量为 0.81%;粗脂肪平均含量为 0.103%;粗纤维平均含量为 0.96%;蛋白质含平均含量为 2.00%;总酸平均含量为 0.98%。四个产区芜菁中常规营养成分的平均含量见表 2。

由表 2 数据分析结果显示:a.曲麻莱县芜菁平均水分含量最高(93.6%),杂多县芜菁平均水分含量最低(91.5%),单因素方差分析结果为 $F = 1.537$,$p = 0.278 > 0.05$,说明四个不同产区芜菁中的水分含量之间无显著性差异;b.囊谦县芜菁平均灰分含量最高(0.86%),称多县芜菁平均灰分含量最低(0.78%),单因素方差分析结果为 $F = 0.474$,$p = 0.709 > 0.05$,说明四个不同产区芜菁中的灰分含量之间无显著性差异;c.杂多县芜菁平均粗脂肪含量最高(0.127%),曲麻莱县芜菁平均粗脂肪含量最低(0.093%),单因素方差分析结果为 $F = 4.449$,$p = 0.041 < 0.05$,结果显示杂多县与曲麻莱县、称多县芜菁之间的平均粗脂肪含量差异显著($p < 0.05$);d.囊谦县芜菁平均粗纤维含量最高(1.01%),杂多县芜菁平均粗纤维含量最低(0.92%),单因素方差分析结果为 $F = 1.208$,$p = 0.367 > 0.05$,说明四个不同产区芜菁中的粗纤维含量之间无显著性差异;e.曲麻莱县芜菁平均蛋白质含量最高(2.20%),杂多县芜菁平均蛋白质含量最低(1.90%),单因素方差分析结果为 $F = 3.815$,$p =$

表 2 玉树不同产区芜菁中常规营养成分的含量(鲜重 g/100 g,$\bar{x} \pm s$)

Table 2 Contents of routine nutritional components in Yushu turnip of different producing areas(fresh weight g/100 g,$\bar{x} \pm s$)

产区	水分	灰分	粗脂肪	粗纤维	蛋白质	总酸
曲麻莱县	93.6 ± 1.1^{a}	0.79 ± 0.05^{a}	0.085 ± 0.007^{a}	1.00 ± 0.03^{a}	2.20 ± 0.06^{a}	0.91 ± 0.03^{a}
杂多县	91.5 ± 1.2^{a}	0.82 ± 0.10^{a}	0.127 ± 0.021^{b}	0.92 ± 0.03^{a}	1.90 ± 0.13^{b}	1.04 ± 0.02^{b}
囊谦县	92.9 ± 1.6^{a}	0.86 ± 0.11^{a}	0.103 ± 0.015^{ab}	1.01 ± 0.11^{a}	1.95 ± 0.08^{b}	1.01 ± 0.05^{ab}
称多县	92.4 ± 0.7^{a}	0.78 ± 0.09^{a}	0.093 ± 0.010^{a}	0.93 ± 0.07^{a}	2.01 ± 0.10^{ab}	0.94 ± 0.08^{ab}
12 批平均含量	92.5 ± 1.2	0.81 ± 0.08	0.103 ± 0.020	0.96 ± 0.07	2.00 ± 0.13	0.98 ± 0.07

注:同列不同小写字母表示差异显著,$p < 0.05$;同列相同小写字母表示差异不显著,$p > 0.05$。表 3~表 5 同。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表3 玉树不同产区芜菁中其他营养成分的含量(鲜重 mg/100 g)

Table 3 Contents of other nutritional components in Yushu turnip of different producing areas(fresh weight mg/100 g)

产区	总糖*	多糖	总黄酮	总皂苷*	维生素 C	β-谷甾醇
曲麻莱县	2.49 ±0.23[a]	21.97 ±0.28[a]	41.29 ±1.19[a]	0.35 ±0.06[a]	36.64 ±2.23[a]	9.64 ±0.84[a]
杂多县	2.44 ±0.28[a]	22.86 ±0.80[a]	40.86 ±0.46[a]	0.29 ±0.04[a]	33.36 ±2.41[ab]	9.27 ±0.29[a]
囊谦县	2.51 ±0.06[a]	22.57 ±0.60[a]	39.57 ±1.17[a]	0.28 ±0.03[a]	30.05 ±1.49[b]	9.49 ±0.60[a]
称多县	2.90 ±0.16[b]	22.15 ±0.40[a]	41.15 ±2.02[a]	0.34 ±0.02[a]	33.02 ±3.38[ab]	10.42 ±1.23[a]
12 批平均含量	2.62 ±0.26	22.40 ±0.59	40.71 ±1.42	0.31 ±0.04	32.97 ±3.14	9.77 ±0.90

注:a 单位:鲜重 g/100 g。

0.058 >0.05,但是其中曲麻莱县与杂多县、囊谦县芜菁之间的平均蛋白质含量差异显著(p <0.05);f.杂多县芜菁平均总酸含量最高(1.04%),曲麻莱县芜菁平均总酸含量最低(0.91%),单因素方差分析结果为 F =2.820,p =0.107 >0.05,说明产区的不同对芜菁中的总酸含量影响不显著,但曲麻莱县与杂多县总酸含量差异显著(p <0.05)。

2.2 玉树各产区芜菁其他营养成分分析

经检测分析,采自青海玉树四个不同产区的12批次芜菁中,总糖平均含量为2.62%;多糖平均含量为22.40 mg/100 g;总黄酮平均含量为40.71 mg/100 g;总皂苷平均含量为0.31%;维生素C平均含量为32.97 mg/100 g;β-谷甾醇平均含量为9.77 mg/100 g。四个产区芜菁中其他营养成分的平均含量见表3。

由表3数据分析结果显示:a.称多县芜菁平均总糖含量最高(2.90%),杂多县芜菁平均总糖含量最低(2.44%),单因素方差分析结果为 F =2.820,p =0.045 <0.05,结果显示称多县与曲麻莱县、杂多县、囊谦县芜菁之间的平均总糖含量差异显著(p <0.05);b.杂多县芜菁平均多糖含量最高(22.86 mg/100 g),曲麻莱县芜菁平均多糖含量最低(21.97 mg/100 g),单因素方差分析结果为 F =1.386,p =0.316 >0.05,说明四个不同产区芜菁中的多糖含量之间无显著性差异;c.曲麻莱县芜菁平均总黄酮含量最高(41.29 mg/100 g),囊谦县芜菁平均总黄酮含量最低(39.57 mg/100 g),单因素方差分析结果为 F =0.855,p =0.502 >0.05,说明四个不同产区芜菁中的总黄酮含量之间无显著性差异;d.曲麻莱县芜菁平均总皂苷含量最高(0.35%),囊谦县芜菁平均总皂苷含量最低(0.28%),单因素方差分析结果为 F =2.031,p =0.188 >0.05,说明四个不同产区芜菁中的总皂苷含量之间无显著性差异;e.曲麻莱县芜菁平均维生素C含量最高(36.64 mg/100 g),囊谦县芜菁平均维生素C含量最低(30.05 mg/100 g),单因素方差分析结果为 F =2.556,p =0.128 >0.05,说明不同产区对芜菁中的维生素C含量影响不显著,但曲麻莱县与囊谦县之间差异显著(p <0.05);f.称多县芜菁平均β-谷甾醇含量最高(10.42 mg/100 g),杂多县芜菁平均β-谷甾醇含量最低(9.27 mg/100 g),单因素方差分析结果为 F =1.179,p =0.377 >0.05,说明四个不同产区芜菁中的β-谷甾醇含量之间无显著性差异。

2.3 玉树各产区芜菁中氨基酸组成及含量分析

经检测分析,采自青海玉树四个不同产区的12批次芜菁中均检测出了17种氨基酸,包括7种必需氨基酸,2种半必需氨基酸,8种非必需氨基酸。氨基酸标准品和样品色谱图如图1所示。青海玉树各产区芜菁中平均总氨基酸含量为13.36%(以干计)。各产区芜青中氨基酸组成及平均含量结果见表4。

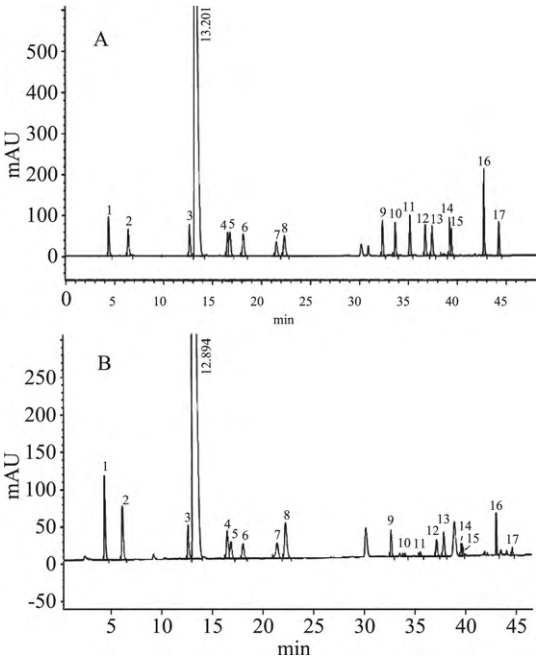

图1 氨基酸标准品(A)和样品(B)的HPLC色谱图

Fig.1 The HPLC chromatograms of amino acid reference substances(A) and sample(B)

注:1.天门冬氨酸;2.谷氨酸;3.丝氨酸;4.甘氨酸;5.精氨酸;6.苏氨酸;7.脯氨酸;8.丙氨酸;9.缬氨酸;10.蛋氨酸;11.胱氨酸;12.异亮氨酸;13.亮氨酸;14.苯丙氨酸;15.组氨酸;16.赖氨酸;17.酪氨酸。

由表4数据分析结果显示:曲麻莱县芜菁平均总氨基酸含量最高(15.35%,以干计),杂多县芜菁平均总氨基酸含量最低(12.24%,以干计),单因素方差分析结果为 F =3.165,p =0.086 >0.05,但多组间方差分析结果表明曲麻莱县与杂多县、囊谦县芜菁之间的平均总氨基酸含量差异显著(p <0.05)。

2.4 玉树各产区芜菁中矿物质元素含量分析

经检测分析,采自青海玉树四个不同产区的12批次芜菁中,K平均含量为270.5 mg/100 g;Ca平均含量为90.8 mg/100 g;Mg平均含量为21.4 mg/100 g;Na平均含量为17.3 mg/100 g;Fe平均含量为1.22 mg/100 g;Zn平均含量为0.336 mg/100 g;Cu平均含量为2.10 mg/100 g;Mn平均含量为0.132 mg/100 g;P平均含量为31.8 mg/100 g;Sr平

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表4 玉树不同产区芜菁中氨基酸组成及含量(干重 g/100 g,$\bar{x} \pm s$)

Table 4 Composition and contents of amino acid in Yushu turnip of different producing areas(dry weight g/100 g,$\bar{x} \pm s$)

产区	天门冬氨酸 ASP	谷氨酸 GLU	丝氨酸 SER	甘氨酸 GLY	精氨酸 ARG*	苏氨酸 THR#
曲麻莱县	1.43 ±0.01	1.75 ±0.00	0.51 ±0.01	0.50 ±0.01	0.67 ±0.01	0.42 ±0.01
杂多县	0.93 ±0.33	1.40 ±0.22	0.41 ±0.04	0.46 ±0.02	0.60 ±0.03	0.43 ±0.04
囊谦县	1.06 ±0.26	1.42 ±0.14	0.44 ±0.01	0.46 ±0.05	0.59 ±0.04	0.41 ±0.09
称多县	0.99 ±0.26	1.49 ±0.17	0.50 ±0.05	0.55 ±0.07	0.70 ±0.07	0.53 ±0.11
12 批平均含量	1.06 ±0.29	1.50 ±0.19	0.46 ±0.05	0.50 ±0.06	0.65 ±0.07	0.46 ±0.09
产区	**脯氨酸 PRO**	**丙氨酸 ALA**	**缬氨酸 VAL#**	**蛋氨酸 MET#**	**胱氨酸 CYS**	**异亮氨酸 ILE#**
曲麻莱县	0.67 ±0.01	0.59 ±0.01	0.66 ±0.00	0.08 ±0.00	0.08 ±0.00	0.41 ±0.00
杂多县	0.60 ±0.03	0.43 ±0.08	0.51 ±0.09	0.19 ±0.10	0.19 ±0.10	0.38 ±0.01
囊谦县	0.59 ±0.04	0.48 ±0.03	0.55 ±0.04	0.16 ±0.15	0.15 ±0.14	0.38 ±0.05
称多县	0.70 ±0.08	0.52 ±0.06	0.59 ±0.06	0.29 ±0.15	0.29 ±0.15	0.48 ±0.08
12 批平均含量	0.64 ±0.07	0.50 ±0.07	0.57 ±0.08	0.20 ±0.13	0.20 ±0.03	0.42 ±0.06
产区	**亮氨酸 LEU#**	**苯丙氨酸 PHE#**	**组氨酸 HIS***	**赖氨酸 LYS#**	**酪氨酸 TYR**	**总氨基酸含量**
曲麻莱县	0.68 ±0.01	5.12 ±0.05	0.84 ±0.01	0.59 ±0.01	0.34 ±0.00	15.35 ±0.15[a]
杂多县	0.51 ±0.09	3.81 ±0.79	0.61 ±0.14	0.49 ±0.05	0.27 ±0.04	12.24 ±1.64[b]
囊谦县	0.55 ±0.04	3.94 ±0.72	0.67 ±0.08	0.50 ±0.02	0.30 ±0.02	12.64 ±0.76[b]
称多县	0.60 ±0.06	3.88 ±0.73	0.69 ±0.09	0.57 ±0.05	0.35 ±0.05	13.74 ±1.31[ab]
12 批平均含量	0.58 ±0.08	4.08 ±0.77	0.69 ±0.11	0.54 ±0.06	0.31 ±0.05	13.36 ±1.52

注:#表示为必需氨基酸;* 表示为半必需氨基酸。

均含量为 0.945 mg/100 g。各产区芜菁中矿物质元素平均含量见表5。

由表5数据分析结果显示:a.K 元素单因素方差分析结果为 $F=8.822$,$p=0.006<0.05$,结果显示囊谦县与曲麻莱县、杂多县、称多县芜菁之间的平均 K 含量差异显著($p<0.05$);b.Ca 元素单因素方差分析结果为 $F=17.718$,$p=0.001<0.05$,说明产区的不同对芜菁中 Ca 含量显著影响($p<0.05$),但杂多县和囊谦县的钙含量无显著性差异($p>0.05$);c.Fe 元素单因素方差分析结果为 $F=3.341$,$p=0.077>0.05$,说明四个不同产区芜菁中 Fe 含量之间无显著性差异,但曲麻莱县与称多县之间的平均 Fe 含量差异显著($p<0.05$);d.Zn 元素单因素方差分析结果为 $F=5.477$,$p=0.024<0.05$,结果表明曲麻莱县与囊谦县、称多县芜菁之间的平均 Zn 含量差异显著($p<0.05$);e.Mg、Na、Cu、Mn、P、Sr 元素单因素方差分析结果均为 $p>0.05$,说明四个不同产区芜菁中这几种元素含量之间无显著性差异。

3 结论与讨论

3.1 本研究对青海玉树芜菁中的各营养成分进行综合分析,青海玉树芜菁具有丰富的蛋白质、氨基酸、可溶性糖、粗纤维、总皂苷和各种矿质元素。a.新鲜的青海玉树芜菁中蛋白质为2%左右。b.氨基酸种类丰富,各批次样品中均检出17种氨基酸,其中,脂肪族氨基酸占总氨基酸的55.7%,芳香族氨基酸占32.8%,吲哚族氨基酸占5.1%。在所有氨基酸中,含量排前三位的依次是苯丙氨酸(4.08%)、谷氨酸(1.50%)、天门冬氨酸(1.06%)。c.青海玉树芜菁中 K 含有 270.5 mg/100 g,Na 含有 17.3 mg/100 g,属于典型的高钾低钠植物,Ca、Mg、Fe、Zn、Mn 元素平均含量依次为 90.8、21.4、1.22、0.336、0.132 mg/100 g。

3.2 以往所研究的芜菁均来自新疆、西藏或者有对

表5 玉树不同产区芜菁中各矿物质元素的含量(鲜重 mg/100 g,$\bar{x} \pm s$)

Table 5 Contents of various mineral elements in Yushu turnip of different producing areas(fresh weight mg/100 g,$\bar{x} \pm s$)

产区	钾 K	钙 Ca	镁 Mg	钠 Na	铁 Fe
曲麻莱县	267.5 ±4.0[a]	90.5 ±1.4[a]	21.0 ±0.7[a]	16.3 ±0.9[a]	1.43 ±0.13[a]
杂多县	270.5 ±4.7[a]	92.4 ±0.8[b]	21.8 ±1.0[a]	17.9 ±0.8[a]	1.26 ±0.14[ab]
囊谦县	280.9 ±2.8[b]	92.6 ±0.7[b]	21.8 ±2.0[a]	17.5 ±0.6[a]	1.22 ±0.12[ab]
称多县	264.2 ±5.0[a]	88.5 ±0.7[c]	20.9 ±0.4[a]	17.1 ±0.9[a]	1.09 ±0.12[b]
12 批平均含量	270.5 ±7.7	90.8 ±2.0	21.4 ±1.1	17.3 ±0.9	1.22 ±0.16
产区	**锌 Zn**	**铜 Cu**	**锰 Mn**	**磷 P**	**锶 Sr**
曲麻莱县	0.447 ±0.045[a]	2.09 ±0.08[a]	0.142 ±0.004[a]	32.0 ±1.8[a]	0.931 ±0.036[a]
杂多县	0.355 ±0.077[ab]	2.29 ±0.12[a]	0.144 ±0.016[a]	33.7 ±1.9[a]	0.937 ±0.157[a]
囊谦县	0.288 ±0.041[b]	1.98 ±0.28[a]	0.132 ±0.025[a]	30.0 ±1.8[a]	1.102 ±0.133[a]
称多县	0.302 ±0.014[b]	2.06 ±0.14[a]	0.117 ±0.013[a]	31.7 ±2.6[a]	0.908 ±0.035[a]
12 批平均含量	0.336 ±0.071	2.10 ±0.19	0.132 ±0.018	31.8 ±2.3	0.945 ±0.100[a]

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

北京不同品种芜菁营养成分进行分析，青海玉树也是芜菁的产地，然而却未见有关青海玉树芜菁营养成分分析与比较的文献报道。本文从青海玉树 4 个不同产区采集的 12 批芜菁作为实验材料，对其营养成分进行分析评价，并与新疆、西藏、北京芜菁中已经有文献报道的营养成分进行比较[8,17-19]，数据及单位已经换算一致，采用 SPSS 19.0 软件对 4 个产地各营养成分含量之间进行多重比较。由数据分析结果显示：a.玉树芜菁中蛋白质（2.00%）、Ca（90.8 mg/100 g）含量显著高于新疆芜菁（含量依次为 1.81%、22.9 mg/100 g）、西藏芜菁（含量依次为 1.35%、62.7 mg/100 g）和北京芜菁（含量依次为 1.64%、48.4 mg/100 g）（$p<0.05$）；b.玉树芜菁中总氨基酸含量（13.36% 以干计）显著高于新疆芜菁（9.19% 以干计）和西藏芜菁（6.41% 以干计）（$p<0.05$）；c.玉树芜菁中 K、Fe、Cu 元素（含量依次为 270.5、1.22、2.10 mg/100 g）显著高于西藏芜菁（含量依次为 200.8、0.949、0.029 mg/100 g）、北京芜菁（含量依次为 242.2、0.493、0.080 mg/100 g）（$p<0.05$）；d.玉树芜菁中多糖（22.4 mg/100 g）、总黄酮（40.71 mg/100 g）、维生素 C（32.97 mg/100 g）、Mg（21.4 mg/100 g）、Zn（0.336 mg/100 g）含量显著高于西藏芜菁（含量依次为 1.06、15.66、9.46、16.1、0.128 mg/100 g）（$p<0.05$）。

3.3 本文在分析检测芜菁可食部分的同时也测定了其地下部分（毛细根部），由测定结果可知芜菁地下部分同样具有较高的营养价值。数据分析结果显示：a.青海玉树芜菁可食部分和地下部分中的脂肪 0.05%、蛋白质 1.34%、粗纤维 1.25%、总糖 2.91%、多糖 22.82 mg/100 g 和 K、Ca、Mg、Mn、Sr 元素（含量依次为 274.8、90.4、22.8、0.135、1.02 mg/100 g）含量无显著性差异（$p>0.05$）；b.芜菁地下部分还含有总黄酮 4.93 mg/100 g、总酸 0.15 g/100 g、维生素 C 20.25 mg/100 g、β-谷甾醇 1.05 mg/100 g、总氨基酸 8.27 g/100 g（以干计）和 Fe、Zn、Cu、Na、P 元素（含量依次为 0.329、0.0652、0.151、73.4、45.1 mg/100 g）等营养成分；c.玉树芜菁地下部分与西藏芜菁的可食部分中蛋白质含量 1.35% 相当，维生素 C 显著高于西藏样品 9.46 mg/100 g（$p<0.05$）；d.K、Ca、Na、Cu 元素含量显著高于新疆、西藏和北京芜菁的可食部分（$p<0.05$），因此可考虑将玉树芜菁地下部分纳入到芜菁再加工的产品生产中，可以用作饲料，有效抑制牲畜“夏壮秋肥，冬瘦秋死”的恶性循环，为减缓草畜矛盾提供饲草料保障。

3.4 芜菁在青海玉树地区已有几十年的栽培历史，近年来青海也已经有芜菁再加工的产品，为芜菁动力饮料、保健食品的开发奠定了研究基础，成为一种发展三江源藏区草业经济的特色产品资源。因此，通过对青海玉树不同产区芜菁的营养成分进行分析，旨在推动芜菁的加工产业，发展特色经济，从而促进地方经济的发展，对当地畜牧业的发展具有积极的作用。

参考文献

[1] 甘万华，毛成芳，李元福，等.芜根增产栽培技术及利用价值[J].草业与畜牧，2008，12（15）：59-62.
[2] 刘秀印，郭玲，杨伟，等.三个芜菁品种源/库活性变化差异的比较[J].塔里木大学学报，2011，23（4）：25-30.
[3] 西藏自治区藏医院药物研究所.《中华本草·藏药卷》[M].上海：上海科学技术出版社，2002：349-350.
[4] 李雅双，连路宁，阿西娜，等.芜菁化学成分及生物活性的研究进展[J].时珍国医国药，2013，24（9）：2247-2249.
[5] 艾克拜尔江·阿巴斯，李冠，王静.新疆芜菁多糖降血糖作用的研究[J].新疆农业科学，2011，48（3）：471-479.
[6] 陈湘宏，刘燕，翁裕馨，等.芜菁挥发油对高脂高糖小鼠降血糖的作用机制[J].山东大学学报（医学版），2014，52（12）：20-23.
[7] 唐伟敏.芜菁多糖与玛咖多糖的化学结构及其抗疲劳作用比较研究[D].浙江：浙江大学，2017：47-64.
[8] 刘晔峰，龚凌霄，刘连亮，等.西藏芜菁营养成分测定及提高缺氧耐受性的动物实验研究[J].食品工业科技，2012，33（9）：412-416.
[9] 陈卓尔，古娜娜·对山别克，乌英，等.新疆芜菁水提物抗肿瘤活性初步研究[J].西北药学杂志，2016，31（3）：264-267.
[10] 王菁.新疆芜菁总黄酮止咳、平喘、祛痰药理作用的研究[D].新疆：新疆医科大学，2013：23-33.
[11] 刘千枝，胡自治.高寒地区饲用芜菁塑膜覆盖栽培研究Ⅰ.覆膜对芜菁微环境的影响[J].草业科学，2000，17（1）：9-12.
[12] 施建军，马玉寿，薛晓蓉，等.果洛地区芜菁栽培实验[J].青海畜牧兽医杂志，2003，33（4）：6-7.
[13] 肖春霞.芜菁膏对脾虚湿盛型大肠癌 FOLFOX4 化疗减毒作用的临床观察[D].新疆：新疆医科大学，2011：13-15.
[14] 蒋卉，孟庆艳，蒲云峰.响应面法优化芜菁皂苷提取工艺的研究[J].食品研究与开发，2015，36（12）：41-44，50.
[15] 李雅双，连路宁，刘杰，等.芜菁多糖提取工艺及清除自由基活性的研究[J].食品与发酵工业，2014，40（5）：235-240.
[16] 王菁，白晓光，海力茜·陶尔大洪.新疆芜菁中硫代葡萄糖苷提取工艺条件的优化[J].西北药学杂志，2013，28（3）：237-239.
[17] 马国财，王玉茹，轩正英.新疆芜菁不同品种营养成分分析与比较[J].食品工业科技，2016，37（4）：360-364.
[18] 王娜，高杰，妥秀兰，等.不同来源芜菁品种营养品质分析与评价[J].天津农业科学，2015，21（10）：1-6.
[19] 宋曙辉，刘庞源，何洪巨，等.不同品种芜菁营养成分及硫苷含量分析[J].营养学报，2016，38（6）：610-612.
[20] 王花，吴萍，文绍敦.高原玉树地区药食两用植物芜菁的抗衰老作用[J].中国老年学杂志，2012，32（11）：2328-2329.
[21] 谭亮.一种多通道可回收型中试亚临界流体萃取装置：中国，201720801070.6[P].2017-07-04.
[22] 林晨，王李平，林泽鹏，等.气相色谱法测定保健食品中 3 种植物甾醇的含量[J].中国实验方剂学杂志，2014，20（15）：69-71.
[23] 杨玲玲，蒋思萍，包善飞，等.西藏芫根总皂苷减肥作用研究[J].四川大学学报：自然科学版，2013，50（6）：1385-1390.
[24] 杨保求，蒲云峰.超声法提取芜菁中总皂甙的研究[J].科技向导，2013，（18）：21-22.

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net