

西藏不同海拔珠芽蓼果实品质分析研究

彭江^{1,2}, 何燕¹, 魏娜²

(1.西藏农牧大学植物科学学院,西藏林芝 860000;2.西藏自治区农牧科学院农业质量标准与检测研究所,西藏拉萨 850032)

摘要:为揭示西藏不同海拔对珠芽蓼果实品质的影响,以西藏5个海拔梯度(3600、3900、4100、4500、4800 m)的珠芽蓼果实为研究对象,比较不同海拔珠芽蓼果实之间营养及药用成分的差异,并通过金属元素、灰分、真菌毒素、微生物等含量进行品质安全分析。结果表明:随着海拔升高,珠芽蓼果实营养成分中蛋白质含量、总糖含量呈现先升后降趋势,粗纤维含量整体呈上升趋势,其他营养成分未呈规律性变化;药用成分中总黄酮、槲皮素、胆碱含量随海拔升高而增加,多糖含量随海拔升高先增后减,鞣质含量未呈现规律性变化。海拔高度与总黄酮、槲皮素、胆碱含量呈显著正相关。所有样品均无重金属污染,灰分含量未超标,有真菌毒素及微生物检出,但仅霉菌超标。不同海拔地区的珠芽蓼果实营养及药用成分存在显著差异,综合营养及药用成分来看,4100m海拔珠芽蓼果实最优,更高海拔地区的珠芽蓼果实药用品质突出但营养品质相对较低。从食用安全方面考虑,西藏高海拔地区珠芽蓼果实是安全的。

关键词:珠芽蓼;海拔;营养成分;药用成分;品质安全;西藏

中图分类号:S567.23⁺9

文献标识码:A

Fruit Quality Analysis of *Polygonum Viviparum* at Different Altitudes in Xizang

PENG Jiang^{1,2}, HE Yan¹, WEI Na²

(1.College of Plant Sciences,Xizang Agriculture and Animal Husbandry University,Nyingri Xizang 860000,China;2.Institute of Agricultural Quality Standards and Testing,Xizang Autonomous Region Agricultural and Animal Husbandry Sciences,Lhasa Xizang 850032,China)

Abstract: In order to reveal the effect of altitude on the fruit quality of *Polygonum viviparum* in Xizang, the fruits of *Polygonum viviparum* at five altitudes (3600m,3900m,4100m,4500m,4800m) in Xizang were taken as the research objects to compare the differences of nutritional and medicinal components among the fruits of *Polygonum viviparum* at different altitudes. Then, the quality and safety of *Polygonum viviparum* at different altitudes were analyzed through the contents of metal elements, ash, mycotoxins, microorganisms, etc. With the increase of altitude, the content of protein and total sugar in the fruit of *Polygonum viviparum* increased first and then decreased, while the content of crude fiber increased as a whole, and other nutrients did not show the regular changes. The contents of total flavonoids, quercetin and choline in medicinal ingredients increased with altitude, while the content of polysaccharides increased first and then decreased with altitude, and the tannin content did not show regular changes. Altitude was significantly positively correlated with the contents of total flavonoids, quercetin and choline. All samples were free from heavy metal pollution, ash content did not exceed the standard, mycotoxins and microorganisms were detected, but only mold exceeded the standard. There were significant differences in the nutritional and medicinal components of *Polygonum viviparum* fruits at different altitudes. In terms of comprehensive nutritional and medicinal components, the fruit of *Polygonum viviparum* at 3900m altitude was the best, and the fruit of *Polygonum viviparum* at higher altitudes had outstanding medicinal quality but relatively low nutritional quality. From the aspect of food safety, the fruit of *Polygonum viviparum* in high altitude area of Xizang is safe.

Key words: *Polygonum viviparum*; altitudes; nutrients; medicinal ingredients; quality safety; Xizang

收稿日期:2025-05-13

基金项目:西藏本级农口部门预算项目——珠芽蓼果实粉食品安全地方标准制定(XZNKYZBS-2025-C-001)。

作者简介:彭江(2000—),男,硕士研究生,主要从事作物栽培与耕作研究,E-mail:1010891238@qq.com。

通信作者:魏娜(1983—),女,研究员,主要从事农产品质量安全研究,E-mail:weina0894@163.com。

珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)是蓼科拳参属植物,多年生草本,别名猴娃七、山高粱、蝎子七、剪刀七、染布子等,在西藏也称“然波”“然巴”“然布”,广泛分布于亚洲、欧洲及美洲,在我国常见于陕西、甘肃、西藏、青海等地,生长于海拔1 500~5 000m的山坡草地、沙河滩、林下及林缘等地^[1-2],穗状花序,瘦果且呈深褐色,有光泽,为卵状三棱形^[3],其果实既可食用,亦可做饲料,在荒地保护和退耕还林还草领域起到重要的作用,具有很高的经济效益和社会效益^[4]。珠芽蓼果实具有丰富且很高的营养价值,其主要营养成分有水分、粗纤维、粗脂肪、粗蛋白、总糖等。张彩霞等^[5]将其果实的主要营养成分与大米、小麦作比较,珠芽蓼粗蛋白的含量为9.7%,高于大米粗蛋白的含量,其总糖含量为72.3%,比小麦总糖含量高,珠芽蓼中多糖含量为7.0%。翁华^[6]研究发现珠芽蓼珠芽中也富含蛋白质(9.6%)、淀粉(24%)、粗纤维(7.3%)和粗脂肪(15%),它们在珠芽中的含量都比较高。珠芽蓼还具有很高的药用价值,研究发现,珠芽蓼富含多种生物活性成分,如多酚类、黄酮类、鞣质及多糖等,具有抗氧化、抗炎、抗菌等多种药理作用,并且珠芽蓼中含有的鞣酸可以调节胃酸,防止胃溃疡,能有效改善胃环境,具有治疗和防止胃病及胃癌的功效^[4],其根状茎可入药,有退烧、止泻等功能,主治胃病、消化不良等,同时药理学研究证实,珠芽蓼中的多糖具有抗衰老、降血糖、降低血脂中的甘油三酯和抗氧化、抗自由基、抗肿瘤增强免疫的作用^[2,7]。在西藏,老百姓历来有食用珠芽蓼果实的传统,通常与糌粑混合食用。何伟静等^[8]对珠芽蓼产地生态适宜性的研究中提到,西藏的适宜种植区域面积是中国最大的,珠芽蓼有望成为当地群众脱贫致富的又一特色产业。因此对西藏不同海拔珠芽蓼果实进行品质分析研究很有必要,可以为西藏地区珠芽蓼的发展以及百姓的食品安全提供保障。

以往的珠芽蓼成分研究主要针对珠芽蓼的珠芽或者它的根茎,对珠芽蓼果实成分的研究较少,同时目前对3 600 m海拔以上珠芽蓼果实的品质研究以及珠芽蓼果实品质对海拔梯度的响应研究仍存在一定空白。本研究以西藏5个海拔梯度(3 600、3 900、4 100、4 500、4 800 m)的珠

芽蓼果实为研究对象,比较不同海拔珠芽蓼果实之间营养及药用成分的差异,揭示海拔对珠芽蓼果实品质的影响,通过金属元素、灰分、真菌毒素、微生物等含量进行品质安全分析,旨在为西藏珠芽蓼果实的品质提供保障以及珠芽蓼的合理开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择具有代表性的5个不同海拔地点采取珠芽蓼样品,每份样品1 kg,受海拔影响,不同地区的珠芽蓼果实成熟时间不同,采集时间为7—9月果实成熟中期。采集样品的具体信息见表1。

表1 珠芽蓼样品信息

编号	采样地点	海拔/m
1	那曲市嘉黎县尼屋乡	3 600
2	那曲市比如县色扎乡	3 900
3	那曲市比如县香曲乡	4 100
4	那曲市比如县茶曲乡	4 500
5	那曲市嘉黎县措多乡	4 800

1.2 主要仪器设备

紫外分光光度计(UV-1800PC)、TG-16G台式高速离心机、FA1204电子天平、PS40A超声清洗仪、Waters e2695,2998PDA检测器、烘箱、杜马斯定氮仪、液相质普联用仪、脂肪分析仪、培养箱、ICP-MS、粗纤维分析仪。

1.3 测定指标及方法

对珠芽蓼果实品质进行测定,检测项目及检测方法分别为:

总糖测定:采用薛应龙^[9]的标准方法测定;

多糖测定:采用张志良等^[10]的标准方法测定;

总黄酮测定:采用《槐米及其制品中总黄酮含量的测定 分光光度法》(DB34/T 2743—2016);

槲皮素测定:采用《铁包金药材中槲皮素含量的测定 高效液相色谱法》(DB45/T782—2011);

胆碱及鞣质测定:采用高效液相色谱法;

蛋白质测定:采用《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5—2016);

水分测定:采用《食品安全国家标准 食品中水分的测定》(GB 5009.3—2016);

灰分测定:采用《食品安全国家标准 食品中

灰分的测定》(GB 5009.4—2016);

粗纤维:采用《植物类食品中粗纤维的测定》(GB/T 5009.10—2003);

对珠芽蓼果实金属元素含量检测:采用《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》(GB 5009.268—2016);

黄曲霉毒素检测:采用《食品安全国家标准 食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定》(GB 5009.22—2016);

赭曲霉毒素 A 检测:采用《食品安全国家标准 食品中赭曲霉毒素 A 的测定》(GB 5009.96—2016);

微生物含量检测:采用《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》(GB 4789.2—2016)、《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》(GB 4789.3—2016)、《食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》(GB 4789.4—2016)、《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》(GB 4789.10—2016)、《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母菌计数》(GB 4789.15—2016)等方法。

1.4 数据分析

试验数据通过 Excel 2021 整理汇总,SPSS 27.0 软件进行方差分析、Origin 2021 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同海拔珠芽蓼果实的营养成分差异

各海拔珠芽蓼果实的蛋白质含量、总糖含量、粗纤维含量见图 1。随着海拔升高,珠芽蓼果实的蛋白质含量先升后降,各海拔之间均无显著差异,4 100 m 处蛋白质含量达到最高(17.20%),3 600 m 处蛋白质含量最低(12.38%)。随着海拔

升高,总糖含量呈先升后降趋势,组间存在显著差异,3 900 m 含量最高(37.99%),在 4 800 m 处出现最低值(28.45%),3 900 m 处总糖含量与 3 600、4 800 m 处存在显著差异,其他海拔之间均无显著差异,匡瑜^[1]对阿坝高原 7 个采样地(3 460~4 015 m)的珠芽蓼果实进行总糖含量检测,总体差异显著,但随海拔升高无规律性变化,最高含量 54.16%,最低含量 44.22%,均比本研究中 5 个采样地(3 600~4 800 m)的珠芽蓼果实总糖含量高;而张彩霞等^[5]在 2 700 m 海拔珠芽蓼果实的检测中,总糖含量达到 72.3%,整体上看,海拔相对较低的地区总糖含量较高,可能是由于高海拔环境的胁迫导致总糖含量减少。随着海拔升高,珠芽蓼的粗纤维含量基本呈上升趋势,组间存在显著差异,4 100 m 处最低(8.16%),4 800 m 处达到最高(9.55%),4 100 m 处粗纤维含量与 4 800 m 处差异显著,其他海拔之间均无显著差异。粗脂肪含量随着海拔升高未呈现规律性变化,各海拔间均无显著差异,3 600 m 处含量最低(1.11%),4 100 m 处含量最高(1.41%)。粗纤维含量要远远高于张彩霞等^[5]研究中的粗纤维含量,但粗脂肪含量相比略低。水分含量未呈现规律变化且均无显著差异,平均含水量为 8.01%,蛋白质含量整体高于张彩霞等^[5]对青海大通县(2 700 m)珠芽蓼果实蛋白质的检测含量,但平均水分含量低于张彩霞等研究中的水分含量。

从营养品质来看,随着海拔的不断升高,营养物质含量达到阈值后开始下降,注重高蛋白品质则选择 4 100 m 处的珠芽蓼果实,对糖含量要求较高则选择 3 900 m 处的果实,注重高纤维品质则选择 4 800 m 的果实,5 个海拔梯度中,3 900、4 100 m 珠芽蓼果实的营养品质相对优于其他海拔。

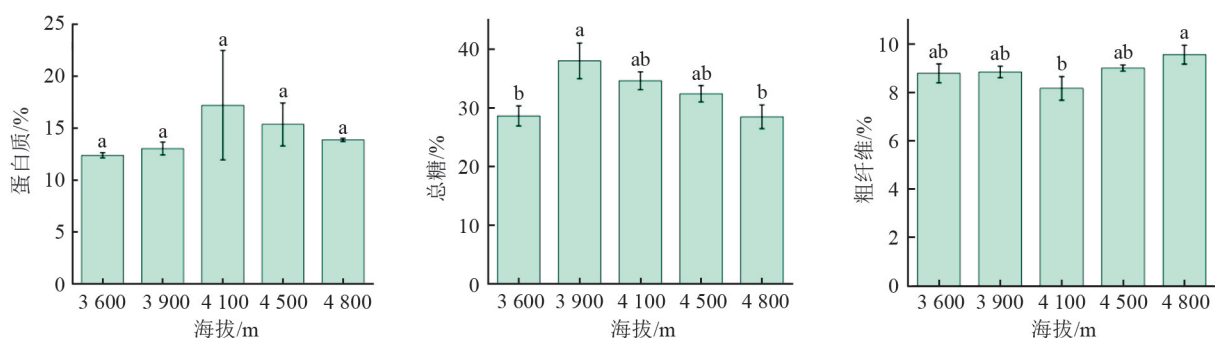


图 1 各海拔珠芽蓼果实的蛋白质含量、总糖含量、粗纤维含量

2.2 不同海拔珠芽蓼果实的药用成分差异

2.2.1 不同海拔珠芽蓼果实的总黄酮、多糖、槲皮素

各海拔珠芽蓼果实的总黄酮含量、多糖含量、槲皮素含量见图2。随着海拔升高,珠芽蓼总黄酮含量呈上升趋势,组间存在显著差异。3600m总黄酮含量为6.87g/kg,在海拔4800m处含量达到最高值(10.05g/kg),3600m的黄酮含量与4100、4500、4800m处存在显著差异,3900m处黄酮含量与4500m、4800m处存在显著差异,其他各海拔间均无显著差异。多糖含量呈现一个先升后降的趋势,最低值出现在4800m处(18.94%),最高值出现在4100m处

(23.63%),4100m处多糖含量与4800m处存在显著差异,其他海拔之间不存在显著差异。卢永昌等^[7]对青海省海南州共和县(2900m)的珠芽蓼多糖含量进行测定,多糖含量为7%,远远低于本研究中的多糖含量。槲皮素含量随着海拔的升高而升高,4500m处含量与3600m处存在显著差异,4800m处含量与其他海拔间均存在显著差异,其余海拔间未呈现显著差异,3600m处含量为5.3mg/kg,在4800m处达到最高值(16.79mg/kg)。

因此,高海拔地区珠芽蓼果实的总黄酮、多糖、槲皮素含量高于低海拔地区,且随着海拔不断升高,这些指标的含量整体上还在不断上升。

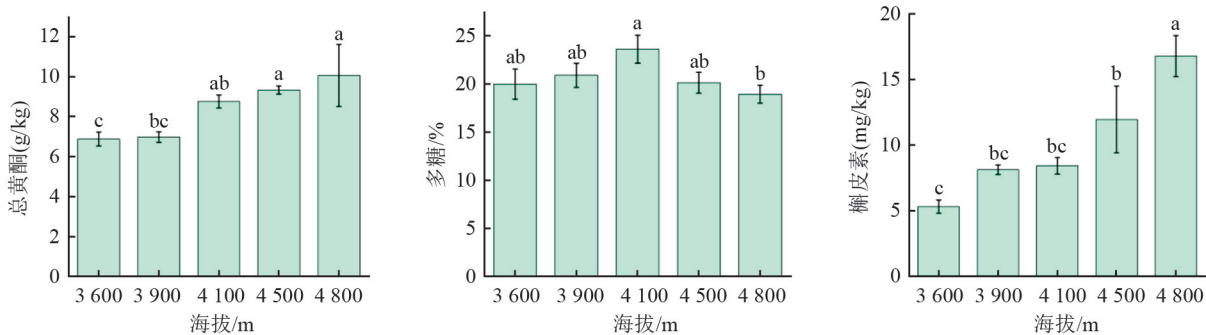


图2 各海拔珠芽蓼果实的总黄酮含量、多糖含量、槲皮素含量

2.2.2 不同海拔珠芽蓼的胆碱、鞣质

各海拔珠芽蓼果实的胆碱含量、鞣质含量见图3。珠芽蓼的胆碱含量整体上随海拔的升高而升高,3600m处含量与4100、4500、4800m处差异显著,其余海拔间均无显著差异,3600m处含量为3273.75mg/100g,在4800m处达到最大值(6111.67mg/100g)。鞣质含量没有呈现

规律性变化,3600m处含量与4500m处呈显著差异,3900m处含量与3600、4100、4800m处呈显著差异,其他均无显著差异,3600m处出现最小值(17.01%),最大值在3900m处(30.69%)。高海拔地区珠芽蓼果实的药用成分含量相对较高,药用品质更佳。

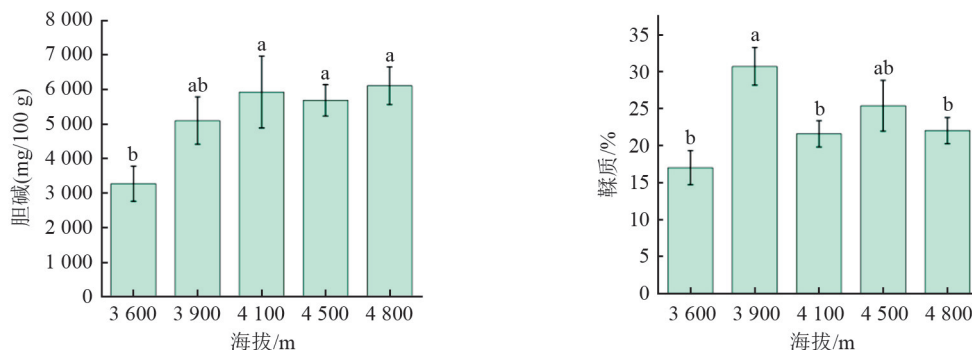


图3 各海拔珠芽蓼果实的胆碱含量、鞣质含量

2.3 各指标间的相关性分析

由表2可知,黄酮、槲皮素、胆碱与海拔呈正相关,其中胆碱呈显著正相关,黄酮、槲皮素呈极

显著正相关,即:海拔越高,黄酮、槲皮素、胆碱含量越高。

表2 海拔与珠芽蓼各成分相关性分析

指标	海拔	蛋白质	总糖	粗纤维	粗脂肪	总黄酮	多糖	槲皮素	胆碱	鞣质
海拔	1.000									
蛋白质	0.200	1.000								
总糖	-0.147	-0.052	1.000							
粗纤维	0.361	0.142	-0.223	1.000						
粗脂肪	0.059	0.348	0.109	0.014	1.000					
总黄酮	0.751**	0.142	-0.250	0.284	-0.019	1.000				
多糖	-0.117	-0.166	0.077	-0.476*	0.119	0.027	1.000			
槲皮素	0.853**	0.270	-0.119	0.342	-0.026	0.540*	-0.405	1.000		
胆碱	0.550*	-0.064	0.389	-0.176	0.242	0.469*	0.154	0.448	1.000	
鞣质	0.067	0.137	0.531*	0.053	0.071	-0.005	-0.365	0.278	0.341	1.000

注：*表示0.05显著水平，**表示0.01显著水平。

2.4 品质安全分析

矿物质含量检出情况见表3。4 100、4 800 m海拔的样品未检出Ca元素，3 600 m海拔的样品中未检出Zn元素，所有海拔中均未检出Cu元素，Ca元素和Zn元素未呈规律性变化，海拔高的地方Mn元素含量较高，但Fe元素含量较低，因矿物质含量受多种因素影响，具体变化还需结合多种因素分析，但可以通过表3知悉珠芽蓼果

实矿物质含量的大致范围。珠芽蓼果实的矿物质营养元素与张彩霞等^[5]研究中的相比偏低，可能是海拔通过改变温度、降水、土壤性质及微生物活动，间接导致营养元素含量偏低。

所有样品均未检出Cr、As、Cd、Hg、Pb等污染元素，表明果实中的重金属含量在安全范围内。因此，从重金属污染及食用安全方面考虑，西藏高海拔地区珠芽蓼果实是安全的。

表3 珠芽蓼矿物元素含量

mg/kg

海拔/m	Ca	Mn	Zn	Fe	Cu	Cr	As	Cd	Hg	Pb
3 600	4.93±1.07	0.85±0.01	—	3.48±1.06	—	—	—	—	—	—
3 900	4.21±0	1.09±0.12	1.6±0.20	2.90±0.77	—	—	—	—	—	—
4 100	—	1.14±0.28	1.18±0.68	2.55±1.50	—	—	—	—	—	—
4 500	7.37±0	1.99±0.48	1.67±0.67	2.31±0.56	—	—	—	—	—	—
4 800	—	1.23±0.20	0.10±0	1.63±0.42	—	—	—	—	—	—

—：表示未被检出。

珠芽蓼果实的灰分检测结果显示，平均灰分含量2.6%，比张彩霞等^[5]研究中的含量高，说明受杂物影响较大，纯净度比张彩霞等研究中的低，但含量未超过《中国药典》2020年版四部通则的规定，所以在可接受范围内。

食品中的真菌毒素超标会对人体健康造成严重威胁。真菌毒素是某些真菌产生的天然毒素，它们可以在农作物、食品及饲料等植物性产品中广泛污染。这些毒素的毒性强烈，并且能够通过食物链累积和传递，对食品安全和人类健康构成威胁。根据《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》(GB 2761—2017)中规定的标准，判断各海拔珠芽蓼中真菌毒素含量是否超标。在3 600、3 900、4 100 m海拔的样品中未检出真菌

毒素；4 500 m海拔样品中检出了赭曲霉毒素A(OTA)、赭曲霉毒素B(OTB)，均未超标；4 800 m海拔样品中检出了黄曲霉毒素B1(AFB1)，未超标。

食品中的微生物含量超标，尤其是致病性微生物，如沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等，会引起食源性疾病。根据中国疾病预防控制中心的统计，细菌性食源性疾病在所有食源性疾病中占有较高的比例，因此对珠芽蓼果实进行微生物含量检测很有必要。根据《食品安全国家标准 食品中致病菌限量》(GB 29921—2013)粮食制品中的相关规定，判断各海拔珠芽蓼中微生物含量是否超标。采取的样品有细菌、霉菌、金黄色葡萄球菌检出，并且存在霉菌超标的情况。这

可能是由于土壤和水源污染或储存管理不当等因素引起的。

综上结果分析,西藏珠芽蓼果实品质整体上是安全的,但仍需注意在采集、运输、储存等过程中对它的污染,以确保果实质量和安全。

3 讨论与结论

3.1 讨论

生长在青藏高原极端环境下的植物,经受着高寒、低温、缺氧和强辐射等逆境因子的胁迫,各种逆境因子往往相继或相互“耦联”发生作用,对植物的生长影响较大^[12]。本研究发现,随着海拔的升高,珠芽蓼果实的蛋白质、总糖含量先升高后降低,中低海拔段含量上升可能是由于环境压力驱动的适应性响应,随着海拔升高,紫外线强度增加,温度逐渐降低,植物为应对胁迫,植物通过合成糖类和蛋白质以抵御氧化损伤,导致两者含量上升;随着海拔升高,光合作用不断增强,也利于蛋白质及糖分的积累,宋昕旖等^[13]的研究表明海拔越高,珠芽蓼的光合作用越强;魏捷等^[14]也研究发现,珠芽蓼光合作用对高山胁迫环境具有很强的适应性;高海拔段蛋白质、总糖含量下降可能是由于环境压力超出耐受阈值,当海拔超过一定阈值,蛋白质合成受阻,糖分转化效率降低,甚至引发细胞损伤。随着海拔的上升,其土壤养分越贫瘠,可同化利用的资源变少,不利于珠芽蓼净光合产物的积累^[15],同时过量活性氧可能破坏蛋白质结构,加速其降解^[16-18];随着海拔的升高,紫外线辐射增强,这促进植物体内一些次生代谢物的合成,例如多酚类和类黄酮等^[19],增加了纤维含量从而增强植物对紫外线的防护能力;水分胁迫也会激发植物增加细胞壁的厚度和纤维素含量,以减少水分蒸发,因此粗纤维含量随着海拔的升高而升高。随着海拔升高,总黄酮、槲皮素、胆碱含量不断增加,可能是植物在高海拔环境下为适应紫外线、低温、缺氧、贫瘠土壤等逆境条件,通过激活次生代谢途径,合成更多的次生代谢产物,这些产物不仅是植物的防御物质,也是药材的主要药用成分,因此,高海拔地区的药材通常药用价值更高^[20]。多糖含量随着海拔的升高先升后降,这与王寅秀

等^[21]对人参多糖含量的研究结果一致;马毅等^[22]也提到,当归多糖含量随着海拔升高呈现先上升后下降的趋势。胆碱、鞣质、蛋白质、脂肪、槲皮素是衡量药用植物品质的主要指标^[23],本研究在张彩霞^[5]等研究基础上进行了拓展,增加了对其药用成分的分析,进一步探究其品质。此外,对珠芽蓼果实进行了品质安全分析,其结果表明品质较安全,但仍要注重生态环境的保护以及在加工过程中品控的把握,为食品安全提供保障;翁华^[6]对珠芽蓼的珠芽进行了营养成分及药用成分分析,通过对比,研究中珠芽蓼的果实无论是营养成分还是药用成分在整体上都是要优于珠芽的,进一步说明高海拔的珠芽蓼果实具有很大开发潜力和利用价值。本研究只探讨海拔因素对其品质的影响,而其品质应是多因素共同作用的结果,因此研究并不全面,未来可对其他多个因素进行研究探讨,从而综合分析。

3.2 结论

珠芽蓼果实中营养及药用成分的含量在不同海拔由高到低为:蛋白质含量:4 100 m>4 500 m>4 800 m>3 900 m>3 600 m;总糖含量:3 900 m>4 100 m>4 500 m>3 600 m>4 800 m;粗纤维含量:4 800 m>4 500 m>3 900 m>3 600 m>4 100 m;粗脂肪含量:4 100 m>3 900 m>4 800 m>4 500 m>3 600 m;总黄酮含量:4 800 m>4 500 m>4 100 m>3 900 m>3 600 m;多糖含量:4 100 m>3 900 m>4 500 m>3 600 m>4 800 m;槲皮素含量:4 800 m>4 500 m>4 100 m>3 900 m>3 600 m;胆碱含量:4 800 m>4 100 m>4 500 m>3 900 m>3 600 m;鞣质含量:3 900 m>4 500 m>4 800 m>4 100 m>3 600 m。

随着海拔升高,珠芽蓼果实营养成分中蛋白质、总糖含量呈现先升后降趋势且存在显著差异,分别在4 100、3 900 m处达到阈值,粗纤维含量整体呈上升趋势且存在显著差异,其他营养成分未呈规律性变化且无显著差异;药用成分中总黄酮、槲皮素、胆碱含量随海拔升高而增加且存在显著差异,多糖含量呈先升后降趋势且存在显著差异,在3 900 m处达到阈值,鞣质含量未呈现规律性变化且无显著差异。相关性分析结果

显示:在适生长范围内,海拔越高,珠芽蓼果实中的总黄酮、槲皮素、胆碱含量越高。不同海拔的珠芽蓼果实品质存在差异,低海拔区域的营养成分相对丰富,高海拔区域的药用成分突出。所有样品均无重金属污染,灰分含量、真菌毒素含量均未超标,但微生物含量中的霉菌超标。综合营养及药用成分来看,4 100 m 海拔的珠芽蓼果实最优,注重药用品质则选择更高海拔的珠芽蓼果实。从食用安全方面考虑,西藏高海拔地区珠芽蓼果实是安全的。

参考文献:

- [1] 王俊丽,公维镇,肖璇,等.藏药珠芽蓼的研究与应用[J].中央民族大学学报(自然科学版),2010,19(1):28-33.
- [2] 王一峰,杨文玺,王春霞,等.甘肃野生药用植物珠芽蓼[J].中兽医医药杂志,2005(2):24-26.
- [3] 匡瑜,孙飞达,干友民,等.阿坝高原野生珠芽蓼果实能源价值评价[J].草业学报,2011,20(5):278-283.
- [4] 王开金,张颖君,杨崇仁.蓼属植物的化学成分与生物活性研究进展[J].天然产物研究与开发,2006(1):151-164.
- [5] 张彩霞,胡凤祖.珠芽蓼果实营养成分分析[J].天然产物研究与开发,2005(5):614-616.
- [6] 翁华.珠芽蓼珠芽药用和营养成分分析[J].江苏农业科学,2011,39(3):449-450.
- [7] 卢永昌,吕学军.比色法测定珠芽蓼中多糖的含量[J].青海师专学报.教育科学,2003(6):89-90.
- [8] 何韦静,陈铁柱,罗冰,等.珠芽蓼全球产地生态适宜性的分析[J].华西药学杂志,2021,36(3):351-355.
- [9] 薛应龙.植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985:135-138.
- [10] 张志良,李小方.植物生理学实验指导[M].5版.北京:高等教育出版社,2009.
- [11] 匡瑜.阿坝珠芽蓼果实能源价值及遗传多样性研究[D].成都:四川农业大学,2010.
- [12] 周党卫,朱文琰,腾中华,等.不同海拔珠芽蓼抗氧化系统的研究[J].应用与环境生物学报,2003(5):489-492.
- [13] 宋昕旸,聂瑾璐,杨梦涵,等.祁连山不同海拔珠芽蓼光合特性和繁殖策略[J].应用与环境生物学报,2022,28(6):1527-1533.
- [14] 魏捷,贲桂英,余辉,等.青海高原不同海拔地带生长的珠芽蓼光合特性的比较[J].生物物理学报,1998(3):150-156.
- [15] WEINER J. Allocation, plasticity and allometry in plants[J].Perspect Plant Ecol,2004,6(4):207-215.
- [16] FOYER C H, LELANDAI S M, KUNERT K J. Photooxidative stress in plants[J].Physiology Plantarum, 1994,92:696-717.
- [17] HUNG S H, WANG C C, IVANOV S V. Repetition of hydrogen peroxide treatment induces a chilling tolerance comparable to cold acclimation in mung bean[J]. Horticultural Science,2007,132:770-776.
- [18] DESIKAN R, ICHIMURA K. Harpin induces activation of the Arabidopsis mitogen-activated protein kinases AtMPK4 and AtMPK6 [J]. Plant Physiology, 2001,126:1579-1587.
- [19] 高会会.不同海拔珠芽蓼叶片结构,生理适应机制和差异蛋白质组研究[D].兰州:甘肃农业大学,2013.
- [20] 张开弦,陈翠莎,任艳,等.野生珠芽蓼群落生物学特性与药材品质对海拔和坡向的响应[J].中国药学杂志,2022,57(3):181-191.
- [21] 王寅秀,赵岩,陈文学,等.海拔高度对人参多糖量的影响[J].中草药,2011,42(4):796-796.
- [22] 马毅,晋玲,王振恒,等.甘肃岷县不同海拔栽培当归多糖含量比较研究[J].中兽医医药杂志,2013,32(2):7-8.
- [23] 王文全,赵中振.药用植物栽培学[M].北京:中国中医药出版社,2019.