



吴素莹,杨帆,王义梅,等.不同成熟期木蝴蝶果实氨基酸及矿质元素含量研究[J].黑龙江农业科学,2021(8):69-73.

# 不同成熟期木蝴蝶果实氨基酸及矿质元素含量研究

吴素莹,杨帆,王义梅,王婷婷,张珑,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:**为进一步促进木蝴蝶资源的开发利用,采用全自动氨基酸分析仪和电感耦合等离子体原子发射光谱法测定了木蝴蝶果实不同时期、不同部位氨基酸和矿质元素含量。结果表明:木蝴蝶果实成熟期和鲜食期不同部位含有 17 种氨基酸(8 种必需氨基酸、9 种药用氨基酸)。其中天门冬氨酸、精氨酸和脯氨酸 3 种氨基酸含量相对较高,蛋氨酸含量最少。木蝴蝶果实不同时期不同部位的总氨基酸含量大小为鲜食期种子和翅>成熟期翅>鲜食期果皮>成熟期果皮>成熟期种子;成熟期不同部位木蝴蝶果实检出 12 种矿质元素,含量大小依次为 Ca>Mg>As>Pb>Fe>Cu>Zn>Mn>Ni>Cr>V>Cd。矿质元素在成熟期木蝴蝶果实不同部位含量大小依次为翅>种子>果皮。

**关键词:**木蝴蝶;成熟期;鲜食期;氨基酸;矿质元素

木蝴蝶 [*Oroxylum indicum* (Linn) Kurz] 为紫葳科木蝴蝶属乔木,又名千张纸、毛鸦船、玉蝴蝶、海船果心、白玉纸等,喜温暖湿润气候,耐干旱贫瘠,不耐寒。国内主要分布在西南地区<sup>[1]</sup>,国外分布在越南、老挝、泰国、柬埔寨、缅甸等地。木蝴蝶自 1963 年开始便被《中国药典》收载,其性苦、甘、凉,入肺经<sup>[2]</sup>,主治肺热咳嗽<sup>[3-4]</sup>、喉痹、音哑、肝胃气痛、疮口不敛等<sup>[5]</sup>,有抗肝肿瘤功效<sup>[6]</sup>。木蝴蝶化学成分及药理作用研究进展显著,其种子中富含烃类、苯类、甾醇类、酸类、酯类、酮类等多种物质<sup>[7]</sup>。张昌壮等<sup>[8-9]</sup>使用 UPLC-MS 法从木蝴蝶种子中分离出木蝴蝶苷 A、木蝴蝶苷 B、黄芩苷、黄芩素、白杨素、高车前素、叶黄芩素、金丝桃苷、芹菜素、槲皮素 10 种有效成分,并对木蝴蝶苷 A、木蝴蝶苷 B 的质量分数进行测定。Wu 等<sup>[10]</sup>还从木蝴蝶种子中提取出 2 类新黄酮类化合物(木蝴蝶苷 C、木蝴蝶苷 D)。在药理作用上,Begum 等<sup>[11]</sup>研究发现木蝴蝶的树皮具有抗炎、抗溃疡、预防糖尿病、防止血脂异常等作用,还能保

护心脏健康<sup>[12]</sup>。刘志强<sup>[13]</sup>研究发现木蝴蝶主要黄酮类成分(含汉黄芩素、黄芩素、木蝴蝶素 A)有抗病毒的作用,能抑制 H7N9 病毒神经氨酸酶。Dunkhunthod 等<sup>[14]</sup>研究发现木蝴蝶能抑制 ROS 并干预肿瘤发生,还有较强的抗氧化性和抗炎作用;Hengpratom 等<sup>[15]</sup>研究结果表明木蝴蝶提取物 OIE 能够预防高脂血症和肥胖。

除药用价值外,木蝴蝶还可作为木本蔬菜食用,食用部位为木蝴蝶未成熟果实。木蝴蝶果实属于荚果,悬垂于树梢,在鲜食期果实中果皮可分离,种子和翅无法分离,而成熟期可分离出种子、果皮和翅 3 个部位。目前关于木蝴蝶果实不同部位营养成分的报道甚少。据此,本研究以木蝴蝶果实为试验材料,通过全自动氨基酸分析仪和电感耦合等离子体原子发射光谱法,分别测定了木蝴蝶鲜食期果皮、种翅混合物和成熟期果皮、种子和翅的营养成分以及成熟期果皮、种子和翅的氨基酸及矿质元素含量,旨在为木蝴蝶营养成分评价提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试木蝴蝶果实采自云南省文山州广南县。

主要仪器有理化干燥箱(DHG-9053A);万能粉碎机(FW80FW100);L-3000 氨基酸自动分析仪(苏州华美辰仪器设备有限公司);电感耦合等离子体发射光谱仪(ICPE-9820)。

收稿日期:2021-04-10

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(111433)。

第一作者:吴素莹(1996-),女,在读硕士,从事园林植物资源应用研究。E-mail:390183161@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:sunzhenghail978@163.com。

## 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2018年9—10月在西南林业大学园林园艺学院生理生化实验室进行,木蝴蝶果实鲜食期和生理成熟期分期采摘。鲜食期果实经干燥后分离为果皮、种子和翅两部分;生理成熟期果实经干燥后分离为果皮、种子、翅3部分,用万能粉碎机粉碎后过20目筛作为检测样本。

1.2.2 测定项目及方法 利用全自动氨基酸分析仪测定果实氨基酸含量,具体测定方法参照国标 GB/T 5009.124—2016<sup>[16]</sup>。

利用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)测定果实矿质元素含量,具体测定方法参照国标 GB 5009.268—2016<sup>[17]</sup>。每个部位重复测定3次,取平均值作为最终测定值。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 20.0 对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 木蝴蝶果实各部位氨基酸含量分析

由表1可知,木蝴蝶果实2个时期各部位中均含有17种氨基酸。其中,鲜食期种子和翅的总氨基酸含量最高,为 $35.75\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,成熟期木蝴蝶

翅次之,为 $22.09\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,成熟期木蝴蝶种子含量最低,为 $8.33\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在木蝴蝶果实中必需氨基酸含量最高的是鲜食期种子和翅,为 $10.12\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其次是成熟期木蝴蝶翅,为 $6.33\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,含量最低的是成熟期木蝴蝶种子,为 $3.03\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在氨基酸中具有药用价值并广泛应用于医药行业的氨基酸称为药用氨基酸<sup>[18]</sup>,这类氨基酸在生产应用开发上已形成一个新兴的产业领域,可被开发制成氨基酸输液、代血浆用输液、要素膳型氨基酸口服液等医药产品<sup>[19]</sup>。鲜食期木蝴蝶种子和翅的药用氨基酸含量最高,为 $20.34\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其次是成熟期木蝴蝶翅,为 $14.11\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,含量最低的是成熟期木蝴蝶种子,为 $4.45\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。进一步分析木蝴蝶果实5个部位中不同功能氨基酸含量比值,必需氨基酸占总氨基酸含量最高的部位是成熟期种子,为36.37%,其次是成熟期果皮,为32.83%,占比最低的是鲜食期木蝴蝶果皮,为24.72%;药用氨基酸占总氨基酸含量最高的部位是成熟期木蝴蝶翅,为63.88%,其次是鲜食期种子和翅这一部位,为56.90%,占比最低的是鲜食期果皮,为46.98%。

表1 成熟期和鲜食期木蝴蝶果实不同部位氨基酸含量

单位: $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

氨基酸种类	成熟期			鲜食期	
	种子	果皮	翅	果皮	种子和翅
天门冬氨酸(Asp) <sup>#</sup>	0.91	1.60	3.25	1.75	4.18
苏氨酸(Thr) <sup>*</sup>	0.46	0.78	0.80	0.59	1.14
丝氨酸(Ser)	0.46	0.96	0.71	0.59	1.08
谷氨酸(Glu) <sup>#</sup>	0.46	1.33	2.62	1.01	1.92
甘氨酸(Gly) <sup>#</sup>	0.64	0.97	0.94	0.88	1.56
丙氨酸(Ala)	0.47	0.67	1.11	0.98	3.16
胱氨酸(Cys)	0.23	0.49	0.36	0.32	1.33
缬氨酸(Val) <sup>*</sup>	0.66	1.08	1.36	0.98	2.80
蛋氨酸(Met) <sup>**#</sup>	0.06	0.30	0.20	0.04	0.55
异亮氨酸(Ile) <sup>**#</sup>	0.43	0.53	0.90	0.72	1.30
亮氨酸(Leu) <sup>**#</sup>	0.65	0.76	1.08	0.96	1.86
酪氨酸(Tyr)	0.23	0.47	0.36	0.35	0.73
苯丙氨酸(Phe) <sup>**#</sup>	0.27	0.36	0.57	0.44	0.60
组氨酸(His)	0.69	1.38	1.78	0.91	1.64
赖氨酸(Lys) <sup>**#</sup>	0.50	1.23	1.42	0.98	1.87

表 1 (续)

单位:  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 

氨基酸种类	成熟期			鲜食期	
	种子	果皮	翅	果皮	种子和翅
精氨酸(Arg) * #	0.73	1.64	3.67	2.54	7.07
脯氨酸(Pro)	0.48	0.80	0.96	5.01	2.96
氨基酸总量	8.33	15.35	22.09	19.05	35.75
必需氨基酸总量	3.03	5.04	6.33	4.71	10.12
非必需氨基酸总量	5.30	10.31	15.76	14.34	25.63
药用氨基酸	4.45	8.66	14.11	8.95	20.34
必需氨基酸与氨基酸总量的比值/%	36.37	32.83	28.66	24.72	28.31
药用氨基酸占氨基酸总量的比值/%	53.42	56.42	63.88	46.98	56.90

注:“\*”表示必需氨基酸,“#”表示药用氨基酸。

进一步分析木蝴蝶果实不同时期不同部位 17 种氨基酸含量,发现天门冬氨酸、精氨酸、脯氨酸含量较高,天门冬氨酸在成熟期种子中含量最高,为  $0.91 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,精氨酸在鲜食期果皮、成熟期翅、鲜食期种子和翅 3 个部位中含量较高,分别为  $2.54, 3.67$  和  $7.07 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,脯氨酸在鲜食期果皮中含量最高,为  $5.01 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。木蝴蝶果实不同时期的各部位中含量最少的是蛋氨酸,含量为  $0.04\sim 0.55 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

## 2.2 木蝴蝶果实各部位矿质元素含量分析

由表 2 可知,成熟期木蝴蝶果实种子、果皮以

及翅当中均含有 12 种元素(As、Ca、Cd、Cr、Cu、Fe、Mg、Mn、Ni、Pb、V、Zn)。12 种矿质元素中 Ca 不仅在成熟期木蝴蝶果实中总含量最高( $192.30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),在果皮、种子和翅中均为最高,分别为  $61.80, 56.93$  和  $73.57 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ;Mg 的含量次之,在果实中达到  $57.44 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,在果皮、种子和翅中分别为  $18.97, 24.27$  和  $14.20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。进一步比较 12 种矿质元素总含量在成熟期木蝴蝶 3 个部位的分布,发现翅的矿质元素总含量最高( $90.55 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),其次是种子( $84.21 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),含量最低为果皮( $84.00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )。

表 2 成熟期木蝴蝶果实矿质元素含量

单位:  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 

矿质元素	种子	果皮	翅	果实
As	$1.00\pm 0.0098 \text{ aA}$	$0.92\pm 0.0084 \text{ bC}$	$0.88\pm 0.0066 \text{ cC}$	2.80
Ca	$56.93\pm 0.4933 \text{ cAB}$	$61.80\pm 0.7550 \text{ bA}$	$73.57\pm 0.7506 \text{ aA}$	192.30
Cd	$0.03\pm 0.0005 \text{ aB}$	$0.02\pm 0.0003 \text{ bF}$	$0.02\pm 0.0015 \text{ bD}$	0.07
Cr	$0.05\pm 0.0004 \text{ aB}$	$0.04\pm 0.0002 \text{ bF}$	$0.04\pm 0.0010 \text{ bD}$	0.13
Cu	$0.20\pm 0.0006 \text{ cB}$	$0.47\pm 0.0006 \text{ aDE}$	$0.29\pm 0.0030 \text{ bD}$	0.96
Fe	$0.46\pm 0.0006 \text{ bA}$	$0.69\pm 0.0006 \text{ aCD}$	$0.33\pm 0.0053 \text{ cD}$	1.48
Mg	$24.27\pm 0.0577 \text{ aAB}$	$18.97\pm 0.1528 \text{ bB}$	$14.20\pm 0.1732 \text{ cB}$	57.44
Mn	$0.15\pm 0 \text{ aB}$	$0.09\pm 0.0002 \text{ cEF}$	$0.13\pm 0.0010 \text{ bD}$	0.37
Ni	$0.07\pm 0.0005 \text{ aB}$	$0.06\pm 0.0002 \text{ bF}$	$0.05\pm 0.0023 \text{ cD}$	0.18
Pb	$0.73\pm 0.0097 \text{ cB}$	$0.77\pm 0.0070 \text{ bCD}$	$0.82\pm 0.0045 \text{ aC}$	2.32
V	$0.03\pm 0.0002 \text{ aB}$	$0.03\pm 0.0002 \text{ bF}$	$0.02\pm 0.0002 \text{ cD}$	0.08
Zn	$0.29\pm 0.0012 \text{ aB}$	$0.14\pm 0 \text{ cEF}$	$0.20\pm 0.0010 \text{ bD}$	0.63
总计	84.21	84.00	90.55	258.76

注:不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平差异显著。

### 3 讨论与结论

氨基酸在人体健康中发挥着重要的作用,天门冬氨酸能抑制治疗肝脏病和胆汁分泌障碍<sup>[20]</sup>,精氨酸有降压作用,缺乏精氨酸会引起肝脏中胆固醇和甘油三酯含量升高<sup>[21]</sup>,脯氨酸的代谢能够影响肿瘤细胞的增殖<sup>[22]</sup>,其对口腔癌细胞的凋亡起促进作用<sup>[23]</sup>,组氨酸-脯氨酸环二肽能够降低血糖<sup>[24]</sup>。因此氨基酸是一种重要的营养评价指标。本研究首次对木蝴蝶果实不同时期不同部位的氨基酸进行了分析,发现木蝴蝶果实含有17种氨基酸,其中以天门冬氨酸、精氨酸、脯氨酸3种含量较高,由此可推测木蝴蝶果实对高血压<sup>[25]</sup>、高血糖<sup>[11]</sup>有一定预防作用。研究发现木蝴蝶果实氨基酸总量为 $45.77\sim 54.80\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,高于大果沙棘( $1.26\sim 4.19\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ )<sup>[26]</sup>、蓝靛果忍冬果实( $3.079\sim 5.891\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ )<sup>[27]</sup>、‘泰山圆红’枣( $19.89\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、‘泰山长红’枣( $12.86\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )<sup>[28]</sup>等,与坛紫菜( $30.87\sim 34.62\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ )<sup>[29]</sup>的氨基酸含量相近。木蝴蝶是一种传统的中药材,研究发现其果实中9种药用氨基酸种类齐全,含量在 $27.22\sim 29.29\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,低于新疆黑枸杞<sup>[30]</sup>而高于新疆红枣<sup>[31]</sup>。

矿物质元素在人体内是维持生命活动不可缺少的物质,能促进机体合成生命活动所需的物质,增强机体的免疫功能<sup>[32-33]</sup>,人体的健康与矿物质元素含量密切相关。研究发现木蝴蝶果实各部位均含有丰富的Ca和Mg,是人体中所需的常量元素,微量元素以Fe含量最高。Ca离子对于心律失常、心力衰竭及糖尿病、心肌病等心血管疾病的发生、发展发挥着重要的作用,Ca缺失会引起高脂血症、肥胖病、高血压、阿尔茨海默病等<sup>[34]</sup>。Hengpratom等<sup>[15]</sup>研究发现木蝴蝶果实可抑制小鼠脂肪细胞的脂肪生成和脂肪积累,具有抗肥胖的作用;本试验结果中,木蝴蝶果实含有大量的Ca、Mg,因此推测木蝴蝶对预防肥胖、降低血压有一定作用。试验材料木蝴蝶果实采自云南省文山壮族苗族自治州广南县同一地点,研究只针对木蝴蝶果实不同部位展开,缺乏多点多年数据,后续会开展多点多年试验,以使试验数据更具说服力。

### 参考文献:

- [1] 王锐,袁晓春,何媚,等.木蝴蝶的化学成分和药理作用[J].广东农业科学,2011,38(22):121-123.
- [2] 陆小鸿.“清热利咽”木蝴蝶[J].广西林业,2014(9):21-22.
- [3] 杭立中.木蝴蝶治咳妙用[J].湖北中医杂志,1977,19(2):35.
- [4] 陶颖.木蝴蝶汤加减治疗咽源性咳嗽42例[J].山东中医杂志,2005,24(3):153.
- [5] 宋敏洁,王婵妍,刘美玲.木蝴蝶总黄酮对急性肺损伤小鼠炎症因子的影响[J].中国保健营养,2017,27(12):44-45.
- [6] 李楠楠,孟宪生,包永睿,等.基于代谢组学木蝴蝶总黄酮抗肝肿瘤作用机制研究[J].中南药学,2019,17(12):2034-2039.
- [7] 李楠楠,孟宪生,包永睿,等.木蝴蝶挥发性成分体外抗肿瘤活性评价及化学成分研究[J].中国现代应用药学,2016,33(11):1361-1365.
- [8] 张昌壮.木蝴蝶化学成分的研究[D].长春:吉林大学,2011.
- [9] 张昌壮,张培旭,姚华,等.HPLC法测定木蝴蝶中木蝴蝶苷A和木蝴蝶苷B的质量分数[J].吉林大学学报(理学版),2013(2):321-324.
- [10] WU B L, WU Z W, YANG F, et al. Flavonoids from the seeds of *Oroxylum indicum* and their anti-inflammatory and cytotoxic activities[J]. Phytochemistry Letters, 2019, 32:66-69.
- [11] BEGUM M M, ISLAM A, BEGUM R, et al. Ethnopharmacological inspections of organic extract of *Oroxylum indicum* in rat models: A promising natural gift[J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2019;1-13.
- [12] MENON S, LAWRENCE L, SIVARAM V P, et al. *Oroxylum indicum* root bark extract prevents doxorubicin-induced cardiac damage by restoring redox balance[J]. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 2018, 10(3): 159-165.
- [13] 刘志强,黄琴射干汤主要黄酮类成分与H7N9病毒神经氨酸酶的分子对接[J].邵阳学院学报(自然科学版),2020,17(3):110-116.
- [14] DUNKHUNTHOD B, TALABNIN C, MURPHY M, et al. Intracellular ROS scavenging and anti-inflammatory activities of *Oroxylum indicum* Kurz(L.) extract in LPS plus IFN- $\gamma$ -activated RAW264.7 macrophages[J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2020(6):1-15.
- [15] HENGPRATOM T, NGERNSOUNGNERN A, NGERNSOUNGNERN P, et al. Antiadipogenesis of *Oroxylum indicum*(L.) Kurz extract via PPAR  $\gamma$ 2 in 3T3-L1 adipocytes[J]. Evidence-based Complementary and Alternative

- Medicine, 2020(4):1-10.
- [16] 中华人民共和国国家食品药品监督管理总局. 食品中氨基酸的测定:GB 5009.124-2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [17] 中华人民共和国卫生部. 食品中多元素的测定:GB 5009.268-2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [18] 尹蓉,张倩茹,王贤萍,等. 不同杏品种种仁氨基酸组成成分分析[J]. 山西农业科学, 2017, 45(7):1087-1090, 1095.
- [19] 许正宏,史劲松. 药用氨基酸的研发和市场概况[C]//中国微生物学会. 2005 中国工业微生物学术研讨会论文集工业微生物进展. 天津, 2005.
- [20] 天津轻工业学院, 无锡轻工业学院. 食品生物化学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2005.
- [21] 王彬,郑伟,李兴忠,等. 不同品种(系)火龙果果实中氨基酸含量及组成分析[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3):283-286.
- [22] GUO L, CUI C H, WANG J X, et al. PINCH-1 regulates mitochondrial dynamics to promote proline synthesis and tumor growth[J]. Nature Communications, 2020, 11(1):635-649.
- [23] 赵泽亮. 脯氨酸依赖的口腔鳞状细胞癌(OSCC)凋亡诱导-塞来昔布的作用[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2020, 18(2):181.
- [24] 樊红秀. 玉米蛋白组氨酸-脯氨酸环二肽的高效制备技术及其降血糖功效研究[D]. 长春:吉林农业大学, 2016.
- [25] 何小群,潘勇,李天资,等. 木蝴蝶对 SHR 大鼠的降血压作用研究[J]. 中国当代医药, 2019, 26(9):34-37.
- [26] 马春梅,郑兴国,邓世荣,等. 大果沙棘果实中氨基酸含量的测定分析[J]. 防护林科技, 2019(9):39-40.
- [27] 李金英,刘子平,赵春莉. 蓝靛果忍冬果实氨基酸含量和组分分析[J]. 北方园艺, 2017(23):186-189.
- [28] 赵进红,赵勇,刘庆莲,等. 宁阳不同枣品种品系主要营养和香气成分含量研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2017, 37(11):789-797.
- [29] 陈胜军,于娇,胡晓,等. 汕头地区不同采收期坛紫菜营养成分分析与评价[J]. 核农学报, 2020, 34(3):539-546.
- [30] 丁春瑞,郭武军,远辉. 新疆黑枸杞中氨基酸含量的测定及分析[J]. 食品工业, 2016, 37(12):151-152.
- [31] 马莎,朱靖蓉,孔令明,等. 新疆不同产地红枣氨基酸的分析研究[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(2):100-107.
- [32] 郭雪飞,周晓凤,冯一峰,等. 不同枣品种果实矿质元素含量分析及综合评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22):262-269.
- [33] LYSLIAK G. The influence of harvest maturity and basic macroelement content in fruit on the incidence of diseases and disorders after storage of the 'Ligo' apple cultivar[J]. Folia Horticulturae, 2013, 25(1):31-39.
- [34] 武丹,于浩棋,祝德秋. 钙离子/钙调蛋白依赖性蛋白激酶 II 在心血管疾病中的作用进展[J]. 中南药学, 2020, 18(6):1021-1026.
- [35] 李荣华. 微量元素补剂对人体运动能力及健康的影响——以铁、锌为例[J]. 开封教育学院学报, 2015, 35(11):282-283.

## Study on the Contents of Amino Acids and Mineral Elements in *Oroxylum indicum* Fruits at Different Mature Periods

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

(College of Landscape Architecture 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:** In order to further promote the development and utilization of *Oroxylum indicum* resources, the contents of amino acids and mineral elements in different parts of *Oroxylum indicum* fruits at different periods were determined by automatic amino acid analyzer and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. The results showed that there were 17 kinds of amino acids (8 essential amino acids and 9 medicinal amino acids) in different parts of *Oroxylum indicum* fruit during mature and fresh eating periods. The content of total amino acids in different parts of *Oroxylum indicum* fruit at different periods was as follows: seeds and wings at fresh eating period > wings at mature periods > pericarp at fresh eating period > pericarp at mature periods > seeds at mature periods; 12 kinds of mineral elements were detected in different parts of *Oroxylum indicum* fruit at maturity, and the contents were Ca > Mg > As > Pb > Fe > Cu > Zn > Mn > Ni > Cr > V > Cd. The content of mineral elements in different parts of *Oroxylum indicum* fruit was wing > seed > fruit.

**Keywords:** *Oroxylum indicum*; maturation period; fresh eating period; amino acids; mineral elements