

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240909004

引用格式: 李静, 马玉娥, 刘敏, 等. 新疆不同区域大果沙枣果肉中氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(2): 8–15.

LI J, MA YE, LIU M, *et al.* Analysis of amino acid content and evaluation of nutritional value in pulp of *Elaeagnus angustifolia* from different regions of Xinjiang [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(2): 8–15. (in Chinese with English abstract).

# 新疆不同区域大果沙枣果肉中氨基酸 含量分析及营养价值评价

李 静, 马玉娥, 刘 敏, 张慧敏, 孙 涛\*

(新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所 农业农村部农产品质量安全风险评估实验室,  
新疆农产品质量安全实验室 乌鲁木齐 830091)

**摘要:** **目的** 研究新疆不同地区大果沙枣果肉中氨基酸含量差异及营养价值。**方法** 采用全自动氨基酸分析仪, 在波长分别为 570 nm 和 440 nm 处采用茚三酮柱后衍生离子交换色谱法对来自新疆 9 个不同县市、18 个大果沙枣果肉中氨基酸含量进行测定, 并通过与联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)氨基酸模式谱和理想蛋白质(全鸡蛋模式)标准比较, 计算氨基酸比值(amino acid ratio, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)、氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient, SRC), 对沙枣果肉中的氨基酸进行了营养价值评价。**结果** 18 份大果沙枣样品果肉中均含有 17 种氨基酸, 必需氨基酸占比 13.87%~21.96%, 药用氨基酸占比 73.03%~80.21%。不同区域大果沙枣氨基酸组成差异较大, 但策勒县沙枣中氨基酸总量、药用氨基酸总量及必需氨基酸含量均为最高, 其值分别为 3.69、2.73 和 0.81 g/100g。通过与 FAO/WHO 氨基酸模式谱和全鸡蛋模式标准比较, 英吉沙县沙枣的 SRC 值最高, 分别为 66.92%和 72.27%。**结论** 作为植物基食物来源, 沙枣的氨基酸具有较高的药用价值; 新疆不同地区沙枣的氨基酸含量存在差异, 后续研究可更进一步探索沙枣优势品种的选育和加工。

**关键词:** 大果沙枣; 氨基酸含量; 营养价值评价; 新疆区域差异

## Analysis of amino acid content and evaluation of nutritional value in pulp of *Elaeagnus angustifolia* from different regions of Xinjiang

LI Jing, MA Yu-E, LIU Min, ZHANG Hui-Min, SUN Tao\*

(Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of Agro-products Quality and Safety of Xinjiang, Institute of Quality Standards & Testing Technology for Agro-Products, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the differences in amino acid content and nutritional value of *Elaeagnus angustifolia* from different regions in Xinjiang. **Methods** The amino acid content in the pulp of 18 *Elaeagnus*

收稿日期: 2024-09-09

基金项目: 新疆现代农牧业发展高层次人才项目(2022SNGGGCC029); 新疆重点研发项目(2022B30006)

第一作者: 李静(1986—), 女, 高级实验师, 主要研究方向为农产品营养品质检测与评价。E-mail: 451449714@qq.com

\*通信作者: 孙涛(1978—), 男, 正高级实验师, 主要研究方向为干果营养品质及安全评价。E-mail: suntao26@xaas.ac.cn

*angustifolia* samples from 9 different counties in Xinjiang were evaluated by automatic amino acid analyzer at wavelengths of 570 nm and 440 nm by post-column derivative ion exchange chromatography, and by comparing with Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO) amino acid pattern spectrum and ideal protein standard, the amino acid ratio (RAA), ratio coefficient of amino acid (RC) and score of ratio coefficient (SRC) were calculated. The nutritional value of amino acids in the pulp of *Elaeagnus angustifolia* was evaluated. **Results** There were 17 kinds of amino acids in the pulp of 18 *Elaeagnus angustifolia* samples. The essential amino acids accounted for 13.87%–21.96%, and the pharmacodynamic amino acids accounted for 73.03%–80.21%. The amino acid composition of *Elaeagnus angustifolia* were quite different among regions, and the content of total amino acids, essential amino acids and pharmacodynamic amino acids were all the highest in Qira Country, with values of 3.69, 2.73, and 0.81 g/100 g, respectively. According to the comparison of FAO/WHO amino acid pattern spectrum and whole egg reference standard, *Elaeagnus angustifolia* in Yen gisar County had the highest SRC of 66.92% and 72.27%, respectively. **Conclusion** As a plant-based food source, *Elaeagnus angustifolia* pulp is rich in amino acids and has high medicinal value. The amino acid content of them sold in different regions of Xinjiang is different, so the subsequent study can further explore the breeding and processing of the dominant varieties of *Elaeagnus angustifolia*.

**KEY WORDS:** *Elaeagnus angustifolia*; amino acid content; nutritional value evaluation; regional differences in Xinjiang

## 0 引言

沙枣(*Elaeagnus angustifolia*), 胡颓子属植物。在新疆, 沙枣因耐寒、耐旱、耐盐碱、防风固沙、固氮和快速生长等特点<sup>[1]</sup>, 被广泛种植于塔里木盆地<sup>[2]</sup>、吐鲁番盆地<sup>[3]</sup>、哈密地区<sup>[4]</sup>、克孜勒苏柯尔克孜自治州<sup>[5]</sup>、阿克苏地区<sup>[6]</sup>、喀什以及和田等地区, 主要用作防风固沙的防护林。沙枣可以分为尖果沙枣和大果沙枣<sup>[4]</sup>。与尖果沙枣相比, 大果沙枣具有果实大, 可食率高和口感好的特点。大果沙枣直径在 1.5~2.0 cm 之间, 可食率超过 70%<sup>[7]</sup>, 新疆林科院选育的新品种“红铃”大果沙枣可食率高达 81.80%<sup>[8]</sup>。

大果沙枣中具有丰富的营养物质, 包括糖类、脂肪、蛋白质、氨基酸、矿物质等。以往的研究表明, 不同产地及品种的沙枣营养成分差异较大, 但在果肉中的主要营养物质仍为蛋白质和碳水化合物<sup>[9]</sup>。新疆大果沙枣果肉中还含有多种生物活性成分, 是西北地区极具加工和利用前景的重要资源<sup>[10-12]</sup>。王天等<sup>[13]</sup>综述了沙枣果实丰富的生物活性物质具有增加机体免疫能力、降糖、降低胆固醇、抗炎、抗菌、抗氧化、抗疲劳、抗腹泻等多种药理作用, 目前被加工制作成饮料、果酱和饼干等多种产品。氨基酸作为构成生物体蛋白的基本物质, 是蛋白质的分解产物, 也是评价食品营养价值的重要指标, 食物的营养价值能够从氨基酸组成及营养评价反映出来<sup>[14]</sup>, 它不仅可以作为复方氨基酸输液, 可以作为钾、钙等无机离子的补充剂, 还可以作为疲劳恢复剂, 氨解毒剂, 肝功能促进剂等<sup>[15]</sup>。氨基酸类物质具有抗肿瘤性<sup>[16]</sup>, 已经成为人们关注的热点。

目前对于大果沙枣的研究重点多为宏观营养素、活性

成分含量及提取方面, 对其氨基酸营养价值评价的研究鲜有报道<sup>[17-19]</sup>。本研究分别收集新疆 9 个地区 18 个大果沙枣样本, 对果肉中氨基酸差异及营养价值进行评价; 采用全自动氨基酸分析仪, 结合联合国粮农组织/世界卫生组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO) 氨基酸模式谱和理想蛋白质(全鸡蛋模式)标准开展了相关试验与数据对比, 探明新疆不同区域大果沙枣果肉中氨基酸差异及营养价值, 探讨不同地区沙枣果肉中的氨基酸组成及含量差异, 旨在为大果沙枣的营养成分分析和开发利用提供科学依据, 并为提升新疆大果沙枣的市场价值和推广应用提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

材料详见表 1, 新疆不同区域的样本共计 18 份, 取样量均为 5 kg/份, 样本于 2022 年 12 月收集, 均在完熟期采收, 于自然干燥环境中保存对样本随机进行抽取。其中, 新疆喀什地区 8 份(编号为 SZ-01~SZ-04、SZ-06、SZ-14~SZ-16); 新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州 2 份(编号为 SZ-08、SZ-09); 新疆和田地区 5 份(编号为 SZ-07、SZ-12、SZ-13、SZ-17、SZ-18); 新疆阿克苏地区 3 份(编号为 SZ-05、SZ-10、SZ-11)。

### 1.2 仪器与试剂

BS124S 电子天平(精度 0.1 mg, 德国赛多利斯公司); FOSS 8400 全自动凯氏定氮仪(丹麦福斯 FOSS 集团公司); S-433D 氨基酸分析仪(德国 SYLAM 赛卡姆公司); R-12 平行蒸发定量浓缩仪(瑞士 Syncore BUCHI 公司)。

表 1 样品信息  
Table 1 Informations of sample

样品编号	采样地	样品来源	新疆区域
SZ-01	乌鲁木齐市边疆物产园干果批发市场	伽师县	喀什地区
SZ-02	乌鲁木齐市边疆物产园干果批发市场	莎车县	喀什地区
SZ-03	乌鲁木齐市边疆物产园干果批发市场	莎车县	喀什地区
SZ-04	乌鲁木齐市边疆物产园干果批发市场	英吉沙县	喀什地区
SZ-05	乌鲁木齐市天山区干果批发市场	阿瓦提县	阿克苏地区
SZ-06	乌鲁木齐市天山区干果批发市场	喀什市	喀什地区
SZ-07	乌鲁木齐市天山区干果批发市场	皮山县	和田地区
SZ-08	阿图什市幸福街道群众西路	阿图什市	新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州
SZ-09	阿图什市幸福街道天山路云切水果干果店	阿图什市	新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州
SZ-10	阿瓦提县阿瓦提镇团结村 1 组	阿瓦提县	阿克苏地区
SZ-11	阿瓦提县阿瓦提镇团结村 1 组	阿瓦提县	阿克苏地区
SZ-12	策勒县策勒镇墩艾热克村	策勒县	和田地区
SZ-13	策勒县固拉合玛镇吉格代斯克乌塔克村 1 组	策勒县	和田地区
SZ-14	麦盖提县央塔克乡农场村 2 组	麦盖提县	喀什地区
SZ-15	英吉沙县依格孜叶尔乡 2 村 2 组	英吉沙县	喀什地区
SZ-16	英吉沙县依格孜叶尔乡 2 村 1 组	英吉沙县	喀什地区
SZ-17	皮山县桑珠镇加依铁热克村 29 号	皮山县	和田地区
SZ-18	皮山县桑珠镇恰斯喀木村 89 号	皮山县	和田地区

甲醇(色谱纯, 美国赛默飞世尔科技公司); 盐酸(优级纯)、硫酸(分析纯)(成都市科隆化学品有限公司); 柠檬酸三钠(二水)(优级纯, 天津市鑫铂特化工有限公司); 茛三酮(色谱纯)、LCA K06/Na 色谱柱(4.6 mm × 150 mm)、混合氨基酸标准溶液(浓度 2.5 μmol/mL)[赛卡姆(北京)科学仪器有限公司]。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 沙枣样品制备

每份沙枣样品随机选取 500 g, 去除果核, 果肉粉碎, 采用高微粉碎机制备成粉状, 备用。

#### 1.3.2 待测液制备

分别称取制备好的沙枣粉末 0.2 g(精确至 0.1 mg)于水解管中, 在水解管中分别加入 10 mL 6 mol/L 盐酸溶液。使

用酒精喷灯将水解管管口进行拉管操作, 使其便于抽真空。冷却后将水解管接到真空泵的抽气管上, 抽真空, 使用酒精灯对水解管进行封口。将已封口的水解管放在 110 °C±1 °C 的恒温干燥箱中水解 22 h 后取出, 冷却至室温, 将水解液用漏斗放置中性滤纸干过滤至 50 mL 容量瓶中, 用少量水多次冲洗水解管, 水洗液合并转移入 50 mL 容量瓶中, 定容至刻度, 振荡混匀, 备用。

#### 1.3.3 氨基酸含量的测定

依据 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》。采用全自动氨基酸分析仪测定沙枣果肉的 17 种氨基酸含量。

准确吸取 1.0 mL 1.3.2 中制备滤液移入 25 mL 浓缩试管中, 将试管置于平行蒸发仪上, 在 40~45 °C 加热环境下减压干燥至蒸干。吸取 1.0 mL pH 2.2 柠檬酸钠缓冲溶液(浓度为 0.2 mol/L)于干燥后试管内溶解, 涡旋振荡混匀后, 通过 0.22 μm 滤膜, 转移至进样瓶中, 为样品待测液, 供仪器测定用。氨基酸分析测定条件如表 2 所示。

表 2 氨基酸分析条件  
Table 2 Analysis conditions for amino acid

参数名称	检测条件
色谱柱	LCA K06/Na (4.6 mm×150 mm)
流动相	柠檬酸钠 A=0.12 mol/L, pH=3.45; B=0.2 mol/L, pH=10.85
流速/(mL/min)	洗脱泵: 0.45; 衍生泵: 0.25
压力/bar	30~40
检测波长/nm	570、440
温度	58~74 °C 梯度控温

使用混合氨基酸标准工作液注入氨基酸自动分析仪。色谱参考条件色谱柱为磺酸型阳离子树脂, 检测波长为 570 nm(除脯氨酸以外的氨基酸)和 440 nm(用于测定脯氨酸)。混合氨基酸标准工作液和样品测定液分别以 30 μL 体积注入氨基酸分析仪, 以外标法通过峰面积计算样品测定液中氨基酸的浓度。

### 1.4 氨基酸评价

根据氨基酸含量测定数据换算沙枣样品中必需氨基酸的相关比例, 参考 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式和中国预防医学科学营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋模式, 并根据氨基酸平衡理论, 利用标准模式谱计算必需氨基酸的氨基酸比值(amino acid ratio, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)、变异系数(coefficient of variation, CV)、氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient, SRC)值<sup>[20-21]</sup>, 相关计算如公式(1)~(4):

$$RAA = \text{样品中必需氨基酸含量} / \text{模式谱中相应必需氨基酸含量} \quad (1)$$

$$RC = RAA / RAA \text{ 的平均值} \quad (2)$$

$$CV=RC \text{ 的标准差}/RC \text{ 的均值} \quad (3)$$

$$SRC=100-CV \times 100 \quad (4)$$

## 1.5 数据处理

采用 SPSS Statistics 25 进行数据分析, 采用 Kruskal-Wallis 检验显著性差异, 当  $P < 0.05$  时, 表明具有显著性差异。采用 Excel 2021 软件制表绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同地区沙枣中蛋白质含量对比分析

采用 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》全自动凯氏定氮法对不同区域 18 个沙枣果肉样本中蛋白质进行检测分析, 结果见表 3。来自和田地区策勒县的沙枣蛋白质含量最低(4.67±0.55) g/100 g, 麦盖提县沙枣的蛋白质含量最高(5.68±0.06) g/100 g, 但各地区间沙枣蛋白含量均无显著性差异( $P > 0.05$ )。江发寿等<sup>[22]</sup>研究发现新疆沙枣果实可食部分蛋白质含量为 7.03%, 与本研究的结果较为接近。

### 2.2 不同地区沙枣中氨基酸组成及含量对比分析

利用氨基酸分析仪对 9 个地区沙枣中的氨基酸含量进行测定, 结果见表 4。结果显示, 每个产地沙枣中均检出 17 种氨基酸, 包括 7 种 EAA, 2 种 CE 和 8 种 NEAA。以往的研究结果表明, 沙枣果肉至少含有 18 种氨基酸, 其总含量可达 3.40%, 必需氨基酸含量达 1.12%<sup>[23]</sup>。而在本研究中, TAA 在 2.63~3.69 g/100 g 之间。9 个产地沙枣中氨基酸总量由高到低排列顺序为: 策勒县>麦盖提县>英吉沙县>皮山县>喀什市>阿瓦提县>伽师县>阿图什市>莎车县。此外, 苏氨酸、丙氨酸、胱氨酸、谷氨酸、蛋氨酸和异亮氨酸含量在各地区沙枣间无显著性差异( $P > 0.05$ )。除脯氨酸、天门冬氨酸及胱氨酸外, 策勒县沙枣的氨基酸含量均为最高, 天门冬氨酸在英吉沙县沙枣中含量最高, 为 1.69 g/100 g, 而脯氨酸则在麦盖提县沙枣中含量最高, 为 0.42 g/100 g。有研究表明, 谷氨酸、天冬氨酸、胱氨酸等氨基酸可单独用以治疗某些疾病, 如肝脏疾病、消化道疾病、心脑血管疾病、呼吸道疾病以及用于提高肌肉活力、儿科营养和解毒等<sup>[24]</sup>。

EAA 是指人体不能合成或合成速度远不能适应机体需要, 必须由食物蛋白质供给的氨基酸<sup>[25]</sup>。本研究中, 9 个产地的 EAA 在 0.41~0.81 g/100 g 之间, 其中, 策勒县的 EAA 总量最高, 莎车县和阿图什市的 EAA 总量最低。EAA 含量由高到低排列顺序为: 策勒县>皮山县>麦盖提县>伽

师县>英吉沙县>阿瓦提县>喀什市>阿图什市=莎车县。蛋氨酸含量在所有地区沙枣中含量均最低, 天门冬氨酸含量在所有地区沙枣中较高。对于缬氨酸和赖氨酸含量, 除麦盖提县, 策勒县均显著高于其他各县, 莎车县赖氨酸显著低于英吉沙县和皮山县( $P < 0.05$ )。对于亮氨酸含量, 除阿图什市外, 策勒县显著高于其他各县( $P < 0.05$ )。对于苯丙氨酸, 策勒县含量显著高于其他各县( $P < 0.05$ )。综上所述, 策勒县的沙枣 EAA 含量最高, 为(0.81±0.07) g/100 g, 营养价值高。

CE 是指儿童成长所需的具有促进生长激素分泌与骨骼发育等重要生理功能的氨基酸, 包括组氨酸和精氨酸<sup>[26]</sup>。9 个地区沙枣的 CE 总量在 0.35~0.59 g/100 g 之间, 占 TAA 的比例均超过 10%, 其中, 策勒县产沙枣中的 CE 含量最高为(0.59±0.05) g/100 g, 但伽师县产沙枣中的 CE 占总氨基酸比例最高, 达 17.93%, 策勒县次之, 麦盖提县占比最低, 为 10.65%。

9 个产地沙枣中 EAA/TAA 在 13.87%~21.96%之间, 其中, 策勒县沙枣中 EAA/TAA 最高, 为 21.96%±0.61%, 皮山县和伽师县分居第二和第三, 英吉沙县沙枣中 EAA/TAA 最低。因此, 本研究中策勒县产沙枣是较为优质蛋白质的来源。

### 2.3 不同地区沙枣中药用氨基酸含量分析

MEA 包括天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、精氨酸等 9 种氨基酸, 是维持机体平衡的重要氨基酸, 因此也成为评价食品和中药材品质的重要指标<sup>[27-28]</sup>。由表 4 可知, 不同产地间药用氨基酸含量在 2.09~2.73 g/100 g 之间, 9 个产地中药用氨基酸总量从高到低排序为: 策勒县>英吉沙县>麦盖提县>皮山县>喀什市>阿瓦提县>阿图什市>伽师县>莎车县。天冬氨酸和谷氨酸在神经系统生长、发育方面起重要作用, 主要用于改善儿童智力发育, 以及治疗神经损伤、脑震荡, 预防高血压、心脏病等, 是重要的功能性氨基酸<sup>[29]</sup>。沙枣中天冬氨酸含量在所有地区均最高, 占比在 41%~65%之间, 是沙枣中药用氨基酸的主要成分。沙枣中药用氨基酸含量占比次之的为精氨酸, 为 11%~19%。精氨酸是儿童必需氨基酸, 能够调节体内激素分泌, 在儿童的成长发育中具有重要的生理功能<sup>[30]</sup>。赖氨酸通常在植物中含量较少, 能够提高智力、促进生长和钙吸收<sup>[31]</sup>, 但沙枣中赖氨酸占比较低, 在 3%~5%之间。而蛋氨酸含量在所有地区均为最低。谷氨酸的含量在不同地区间没有显著性差异( $P > 0.05$ )。

表 3 不同区域沙枣果肉中蛋白质含量(g/100 g)

Table 3 Protein content in pulp of *Elaeagnus angustifolia* in different regions (g/100 g)

区域	伽师县	莎车县	英吉沙县	阿瓦提县	喀什市	阿图什市	策勒县	麦盖提县	皮山县
含量	5.34±0.06	4.85±0.42	5.66±0.72	4.92±0.48	4.92±0.04	5.11±0.57	4.67±0.55	5.68±0.06	5.25±0.85

## 2.4 不同产地沙枣中氨基酸营养价值评价

## 2.4.1 不同产地沙枣中必需氨基酸与 WHO/FAO 氨基酸模式谱比较

氨基酸是构成蛋白质的基本单位,必需氨基酸的组

成和含量与氨基酸的营养价值息息相关。由表 5 可知,不同地区沙枣种氨基酸模式有较大差异。除了苯丙氨酸+酪氨酸含量所占比例高于或接近于模式谱外,其他氨基酸百分含量均低于模式蛋白。

表 4 不同区域沙枣果肉中氨基酸组成及含量  
Table 4 Amino acid composition and content of *Elaeagnus angustifolia* in different regions

氨基酸种类	氨基酸组成及含量/(g/100 g)								
	伽师县	莎车县	英吉沙县	阿瓦提县	喀什市	阿图什市	策勒县	麦盖提县	皮山县
天门冬氨酸	1.09±0.01 <sup>c</sup>	1.19±0.12 <sup>c</sup>	1.69±0.30 <sup>a</sup>	1.27±0.31 <sup>b</sup>	1.33±0.01 <sup>b</sup>	1.19±0.06 <sup>c</sup>	1.11±0.28 <sup>c</sup>	1.50±0.01 <sup>ab</sup>	1.38±0.58 <sup>bc</sup>
苏氨酸	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
丝氨酸	0.08±0.00 <sup>ab</sup>	0.07±0.00 <sup>c</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.00 <sup>ab</sup>	0.08±0.00 <sup>bc</sup>	0.10±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>bc</sup>	0.08±0.00 <sup>b</sup>
谷氨酸	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.20±0.05 <sup>a</sup>	0.19±0.03 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.00 <sup>a</sup>	0.20±0.05 <sup>a</sup>
甘氨酸	0.06±0.00 <sup>bc</sup>	0.05±0.00 <sup>c</sup>	0.07±0.02 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>bc</sup>	0.05±0.02 <sup>bc</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>ab</sup>
丙氨酸	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>
胱氨酸	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>
缬氨酸	0.07±0.00 <sup>bc</sup>	0.06±0.00 <sup>c</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>bc</sup>	0.07±0.00 <sup>bc</sup>	0.07±0.01 <sup>bc</sup>	0.10±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>ab</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>
蛋氨酸	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>
异亮氨酸	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>
亮氨酸	0.10±0.00 <sup>cd</sup>	0.08±0.00 <sup>bc</sup>	0.10±0.01 <sup>d</sup>	0.09±0.00 <sup>bc</sup>	0.09±0.00 <sup>cd</sup>	0.08±0.00 <sup>ab</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>bc</sup>	0.10±0.01 <sup>cd</sup>
酪氨酸	0.09±0.00 <sup>cd</sup>	0.11±0.03 <sup>bc</sup>	0.06±0.01 <sup>d</sup>	0.11±0.04 <sup>bc</sup>	0.10±0.00 <sup>cd</sup>	0.16±0.05 <sup>ab</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.00 <sup>bc</sup>	0.10±0.06 <sup>cd</sup>
苯丙氨酸	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.09±0.02 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.28±0.04 <sup>a</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.05 <sup>b</sup>
组氨酸	0.11±0.00 <sup>abc</sup>	0.08±0.01 <sup>d</sup>	0.12±0.03 <sup>ab</sup>	0.10±0.01 <sup>bcd</sup>	0.10±0.00 <sup>bcd</sup>	0.09±0.01 <sup>bcd</sup>	0.15±0.02 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>cd</sup>	0.15±0.02 <sup>a</sup>
赖氨酸	0.08±0.00 <sup>bcd</sup>	0.07±0.01 <sup>cd</sup>	0.08±0.01 <sup>bc</sup>	0.07±0.02 <sup>cd</sup>	0.07±0.00 <sup>cd</sup>	0.07±0.00 <sup>d</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>ab</sup>	0.08±0.01 <sup>bcd</sup>
精氨酸	0.39±0.00 <sup>ab</sup>	0.30±0.01 <sup>bc</sup>	0.32±0.12 <sup>bc</sup>	0.27±0.07 <sup>c</sup>	0.26±0.00 <sup>c</sup>	0.29±0.02 <sup>bc</sup>	0.44±0.03 <sup>a</sup>	0.27±0.00 <sup>bc</sup>	0.26±0.07 <sup>c</sup>
脯氨酸	0.23±0.00 <sup>cd</sup>	0.15±0.01 <sup>d</sup>	0.17±0.03 <sup>d</sup>	0.25±0.10 <sup>cd</sup>	0.37±0.00 <sup>ab</sup>	0.20±0.13 <sup>d</sup>	0.35±0.01 <sup>abc</sup>	0.42±0.00 <sup>a</sup>	0.25±0.12 <sup>bcd</sup>
EAA	0.46±0.00 <sup>bc</sup>	0.41±0.02 <sup>c</sup>	0.45±0.05 <sup>bc</sup>	0.44±0.07 <sup>c</sup>	0.42±0.00 <sup>c</sup>	0.41±0.02 <sup>c</sup>	0.81±0.07 <sup>a</sup>	0.48±0.00 <sup>bc</sup>	0.50±0.03 <sup>ab</sup>
NEAA	1.85±0.01 <sup>ab</sup>	1.85±0.09 <sup>b</sup>	2.37±0.28 <sup>a</sup>	2.06±0.43 <sup>ab</sup>	2.22±0.02 <sup>ab</sup>	1.74±0.43 <sup>b</sup>	2.29±0.29 <sup>a</sup>	2.50±0.01 <sup>a</sup>	2.18±0.43 <sup>ab</sup>
TAA	2.81±0.02 <sup>bc</sup>	2.63±0.07 <sup>c</sup>	3.27±0.23 <sup>a</sup>	2.87±0.55 <sup>bc</sup>	2.99±0.02 <sup>abc</sup>	2.72±0.08 <sup>bc</sup>	3.69±0.41 <sup>a</sup>	3.33±0.02 <sup>a</sup>	3.09±0.37 <sup>ab</sup>
CE	0.50±0.00 <sup>ab</sup>	0.38±0.00 <sup>bc</sup>	0.44±0.09 <sup>bc</sup>	0.37±0.07 <sup>c</sup>	0.36±0.00 <sup>c</sup>	0.38±0.02 <sup>c</sup>	0.59±0.05 <sup>a</sup>	0.35±0.00 <sup>c</sup>	0.41±0.07 <sup>bc</sup>
MEA	2.11±0.01 <sup>d</sup>	2.09±0.08 <sup>d</sup>	2.62±0.18 <sup>b</sup>	2.17±0.43 <sup>cd</sup>	2.18±0.02 <sup>c</sup>	2.13±0.04 <sup>cd</sup>	2.73±0.37 <sup>a</sup>	2.46±0.01 <sup>c</sup>	2.33±0.44 <sup>c</sup>
EAA/TAA/%	16.34±0.00 <sup>bc</sup>	15.53±0.01 <sup>c</sup>	13.87±0.01 <sup>a</sup>	15.32±0.01 <sup>bc</sup>	14.02±0.00 <sup>abc</sup>	15.03±0.01 <sup>bc</sup>	21.96±0.01 <sup>a</sup>	14.42±0.00 <sup>a</sup>	16.47±0.02 <sup>ab</sup>
EAA/NEAA/%	24.86±0.00 <sup>a</sup>	22.20±0.02 <sup>ab</sup>	19.27±0.02 <sup>bc</sup>	21.53±0.03 <sup>bc</sup>	18.92±0.00 <sup>c</sup>	25.94±0.10 <sup>c</sup>	35.42±0.02 <sup>d</sup>	19.25±0.00 <sup>a</sup>	24.04±0.06 <sup>a</sup>
CE/TAA/%	17.93±0.00 <sup>a</sup>	14.38±0.01 <sup>bc</sup>	13.66±0.04 <sup>c</sup>	13.11±0.02 <sup>c</sup>	11.87±0.00 <sup>c</sup>	13.75±0.01 <sup>c</sup>	16.00±0.01 <sup>ab</sup>	10.65±0.00 <sup>c</sup>	13.58±0.03 <sup>c</sup>
MEA/TAA/%	74.88±0.00 <sup>a</sup>	79.5±0.01 <sup>a</sup>	80.21±0.01 <sup>a</sup>	75.46±0.01 <sup>a</sup>	73.03±0.00 <sup>a</sup>	77.77±0.03 <sup>a</sup>	73.91±0.02 <sup>a</sup>	73.91±0.00 <sup>a</sup>	74.91±0.06 <sup>a</sup>

注: EAA: 必需氨基酸(essential amino-acid), 包含赖氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸在内 7 种; TAA: 总氨基酸(total amino acids); NEAA: 非必需氨基酸(non-essential amino acid); CE: 儿童氨基酸(children's amino acid), 包括组氨酸和精氨酸; 药用氨基酸(medicinal amino acids, MEA), 包括包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、精氨酸。同行相同字母的表示不同产地间氨基酸含量在  $P>0.05$  级别无显著性差异; 不同字母表示不同产地间氨基酸含量在  $P<0.05$  级别具有显著性差异。

表 5 不同地区沙枣中必需氨基酸占总氨基酸含量百分比(%)

Table 5 Percentage of essential amino acids in total amino acids in *Elaeagnus angustifolia* from different regions (%)

氨基酸	伽师县	莎车县	英吉沙县	阿瓦提县	喀什市	阿图什市	策勒县	麦盖提县	皮山县	FAO/WHO 模式蛋白	鸡蛋模式蛋白
苏氨酸	1.59	1.49	1.44	1.61	1.44	1.70	1.83	1.35	1.55	4.00	5.10
缬氨酸	2.61	2.39	2.34	2.48	2.32	2.40	2.59	2.44	2.54	5.00	7.30
异亮氨酸	1.99	1.79	1.66	1.84	1.75	1.79	1.93	1.60	1.80	4.00	8.80
亮氨酸	3.52	3.18	2.95	3.21	3.08	3.08	4.08	2.96	3.38	7.00	6.60
赖氨酸	2.71	2.79	2.45	2.61	2.28	2.50	3.36	2.92	2.58	5.50	6.40
苯丙氨酸+酪氨酸	6.74	7.69	4.59	7.13	6.25	9.34	15.81	6.06	7.15	6.00	1.00
蛋氨酸+胱氨酸	1.00	0.88	1.03	1.05	0.70	1.01	1.18	1.42	1.13	3.50	5.50
总计	20.16	20.22	16.45	19.92	17.82	21.81	30.79	18.77	20.13	35.00	49.70

## 2.4.2 不同产地沙枣中必需氨基酸的 RAA 和 RC 评价

RC 大于或小于 1.00%, 说明该种氨基酸相对过剩或相对不足, RC 等于 1.00% 表明其组成比例与模式谱一致。RC 最小值对应的氨基酸为第 1 限制氨基酸, 以此类推<sup>[32]</sup>。从表 6 中可知, 不同产地沙枣中相对过剩和不足的氨基酸不尽相同。总体来说, 苯丙氨酸+酪氨酸在除英吉沙县以外地区的沙枣中均相对过剩, 蛋氨酸+胱氨酸在所有地区的沙枣中均相对不足且为第 1 限制氨基酸。苏氨酸为所有地区沙枣的第 2 限制氨基酸。此外, 缬氨酸在伽师县、英吉沙县、喀什市、

麦盖提县沙枣中的组成比例与 FAO/WHO 模式(表 6)一致; 赖氨酸在英吉沙县和麦盖提县沙枣中的组成比例与标准模式一致。相比 FAO/WHO 模式的氨基酸组成评价, 全鸡蛋模式(见表 7)评价下的结果表明, 亮氨酸在伽师县、英吉沙县阿瓦提县沙枣中组成比例较好。其他两者间的结果基本一致。

SRC 值越大, 蛋白质营养价值越高<sup>[33]</sup>。由图 1 可知, 不同地区沙枣样品的 SRC 值由大到小排序为: 英吉沙县>麦盖提县>伽师县>皮山县>阿瓦提县>喀什市>莎车县>阿图什市>策勒县。

表 6 不同地区沙枣中必需氨基酸的 RAA、RC 的比较(FAO/WHO 模式谱)  
Table 6 Comparison of RAA and RC of essential amino acids in *Elaeagnus angustifolia* from different regions (FAO/WHO pattern spectrum)

评价标准	氨基酸	伽师县	莎车县	英吉沙县	阿瓦提县	喀什市	阿图什市	策勒县	麦盖提县	皮山县
RAA/%	苏氨酸	0.40	0.37	0.36	0.40	0.36	0.42	0.46	0.34	0.39
	缬氨酸	0.52	0.48	0.47	0.50	0.46	0.48	0.52	0.49	0.51
	异亮氨酸	0.50	0.45	0.41	0.46	0.44	0.45	0.48	0.40	0.45
	亮氨酸	0.50	0.45	0.42	0.46	0.44	0.44	0.58	0.42	0.48
	赖氨酸	0.49	0.51	0.45	0.47	0.42	0.46	0.61	0.53	0.47
	苯丙氨酸+酪氨酸	1.12	1.28	0.77	1.19	1.04	1.56	2.63	1.01	1.19
	蛋氨酸+胱氨酸	0.28	0.25	0.29	0.30	0.20	0.29	0.34	0.41	0.32
RC/%	苏氨酸	0.73	0.69	0.79	0.75	0.75	0.73	0.57	0.66	0.71
	缬氨酸	0.96	0.88	1.03	0.92	0.97	0.82	0.64	0.95	0.93
	异亮氨酸	0.91	0.83	0.92	0.85	0.91	0.76	0.60	0.78	0.83
	亮氨酸	0.92	0.84	0.93	0.85	0.92	0.75	0.73	0.82	0.89
	赖氨酸	0.90	0.93	0.98	0.88	0.87	0.78	0.76	1.03	0.86
	苯丙氨酸+酪氨酸	2.06	2.37	1.69	2.20	2.17	2.66	3.28	1.97	2.19
	蛋氨酸+胱氨酸	0.52	0.46	0.65	0.55	0.42	0.49	0.42	0.79	0.59

表 7 不同地区沙枣样品中必需氨基酸的 RAA、RC 的比较(全鸡蛋标准)  
Table 7 Comparison of RAA and RC of essential amino acids in *Elaeagnus angustifolia* from different regions (whole egg reference standard)

评价标准	氨基酸	伽师县	莎车县	英吉沙县	阿瓦提县	喀什市	阿图什市	策勒县	麦盖提县	皮山县
RAA/%	苏氨酸	0.34	0.32	0.31	0.34	0.31	0.36	0.39	0.29	0.33
	缬氨酸	0.39	0.36	0.35	0.38	0.35	0.36	0.39	0.37	0.39
	异亮氨酸	0.37	0.33	0.31	0.34	0.32	0.33	0.36	0.30	0.33
	亮氨酸	0.41	0.37	0.34	0.37	0.36	0.36	0.47	0.34	0.39
	赖氨酸	0.39	0.40	0.35	0.37	0.33	0.36	0.48	0.42	0.37
	苯丙氨酸+酪氨酸	0.73	0.83	0.49	0.77	0.67	1.00	1.70	0.65	0.77
	蛋氨酸+胱氨酸	0.17	0.15	0.18	0.18	0.12	0.18	0.21	0.25	0.20
RC/%	苏氨酸	0.85	0.81	0.92	0.87	0.87	0.86	0.68	0.77	0.83
	缬氨酸	0.99	0.92	1.06	0.96	1.00	0.86	0.69	0.99	0.97
	异亮氨酸	0.92	0.84	0.92	0.87	0.92	0.78	0.63	0.79	0.84
	亮氨酸	1.02	0.94	1.03	0.95	1.02	0.85	0.83	0.92	0.99
	赖氨酸	0.97	1.01	1.05	0.95	0.93	0.85	0.84	1.12	0.93
	苯丙氨酸+酪氨酸	1.81	2.10	1.48	1.95	1.91	2.38	2.97	1.74	1.94
	蛋氨酸+胱氨酸	0.44	0.39	0.54	0.47	0.35	0.42	0.36	0.67	0.50

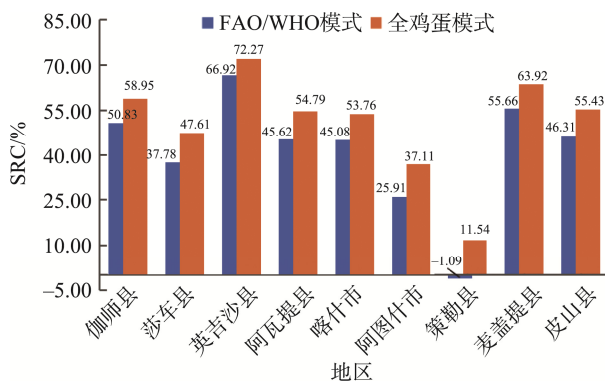


图 1 不同地区沙枣氨基酸的SRC

Fig.1 SRC of amino acids in *Elaeagnus angustifolia* from different regions

### 3 结论

本研究对新疆 9 个不同产地 18 份沙枣样品中的蛋白质及氨基酸含量进行了测定。结果表明,不同产地间的蛋白质含量并无显著性差异。TAA 在 2.63~3.69 g/100 g 之间, EAA 含量在 0.41~0.81 g/100 g 之间, CE 含量在 0.35~0.59 g/100 g 之间, MEA 含量在 2.09~2.73 g/100 g 之间。蛋氨酸是所有地区沙枣中的第一限制性氨基酸。通过分别与 FAO/WHO 和全鸡蛋模式蛋白比较,总体来说,沙枣中的各种氨基酸含量大多相对不足。在 9 个产地中,策勒县沙枣的 TAA、EAA、MEA 含量均排第一,CE 含量位居第二。因此,策勒县产沙枣在氨基酸含量上相对其他地区表现更好。新疆和田、喀什、阿克苏、阿图什等地区的大果沙枣品种繁多,但尚未有统一的分类和品种命名,多以外形统称大果沙枣。本研究分析评价了大果沙枣的蛋白质和氨基酸营养价值,为进一步研究沙枣药理机制及产品开发提供数据支撑。随着大食物观的提出,沙枣果实开发利用的进一步研究正应其时。新疆和田、喀什、阿克苏、阿图什等地是市场销售大果沙枣区主要和优势产区。由于大部分处于野生和半野生状态,虽然大沙枣品种较多,但尚未有统一的分类和品种命名,多以外形统称大沙枣。本研究针对环塔里木盆地南疆四地州仅对 9 个县市的 18 个大果沙枣进行了氨基酸和蛋白质含量及营养价值进行分析评价,未来应加强品种资源收集和保存、进行科学系统的品种选优和分类,进一步研究大果沙枣果肉中的营养成分,促进新疆沙枣产业的多元化发展。

### 参考文献

[1] 艾百拉·热合曼, 籍保平, 周峰. 沙枣果实营养、活性成分及药理作用研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(3): 343-352.  
AIBAILA RHM, JI BP, ZHOU F. Research progress in nutritional, bioactive content and pharmacological activity of oleaster fruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(3): 343-352.

[2] 王雅, 周尚臻, 李家寅. 沙枣功能成分及药理活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 361-364.  
WANG Y, ZHOU SZ, LI JY. Research progress in functional components and medicinal value of *Elaeagnus angustifolia* L. [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(3): 361-364.

[3] 李建华, 张丽丽, 王勇. 大果沙枣营养成分及其功能性研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(9): 23-30.  
LI JH, ZHANG LL, WANG Y. Research progress on the nutritional components and functional properties of Jujube Daguozao [J]. Food Science, 2020, 41(9): 23-30.

[4] 刘巧玲, 刘丽燕, 盛玮. 新疆大果沙枣果实营养分析及开发利用[J]. 现代园艺, 2021, 44(9): 54-56.  
LIU QL, LIU LY, SHENG W. Fruit nutrition analysis and development and utilization of Jujube dago [J]. Contemporary Horticulture, 2021, 44(9): 54-56.

[5] 梁琪, 毕阳, 米兰, 等. 沙枣细粉超微粉碎后对物化特性的影响研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 76-78.  
LIANG Q, BI Y, MI L, et al. Study on effects of fine powder of jujube *Ziziphus* on physicochemical properties [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(11): 76-78.

[6] HAMIDPOUR RHSHM. Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.): From a variety of traditional medicinal applications to its novel roles as active antioxidant, anti-inflammatory, anti-mutagenic and analgesic agent [J]. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 2017, 7(1): 24-29.

[7] LI JZHW. Characteristics and nutritional value of *Elaeagnus angustifolia* [J]. Journal of Agricultural Science, 2018, 10(4): 45-53.

[8] 帕提古丽·买买提吐尔逊, 罗青红, 古丽尼沙·卡斯木, 等. 新疆大果沙枣新品种“红铃”[J]. 园艺学报, 2022, 49(S2): 67-68.  
PATIGULI MMTTERX, LUO QH, GULINISHA KSM, et al. A new cultivar of *elaegnus moorcroftii* ‘Hongling’ in Xinjiang [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2022, 49(S2): 67-68.

[9] ZHAO W. *Elaeagnus angustifolia*: A key species for combating desertification in Aksu region [J]. Land Degradation & Development, 2019, 30(10): 1234-1245.

[10] 夏洪斌, 祝小开, 郭佳, 等. 4 个大果沙枣品种抗氧化活性及其成分含量比较分析[J]. 中国果树, 2019(3): 38-42.  
XIA YB, ZHU XK, GUO J, et al. Comparative analyses of antioxidant contents and its ingredient contents of four cultivars of *Elaeagnus moorcroftii* Wall. ex Schlecht [J]. China Fruits, 2019(3): 38-42.

[11] HASSANZADEH Z, HASSANPOUR H. Evaluation of physicochemical characteristics and antioxidant properties of *Elaeagnus angustifolia* L. [J]. Scientia Horticulturae, 2018, 238: 83-90.

[12] DU H, CHEN J, TIAN S, et al. Extraction optimization, preliminary characterization and immunological activities *in vitro* of polysaccharides from *Elaeagnus angustifolia* L. pulp [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 151: 348-357.

[13] 王天, 林祥娜, 刘军, 等. 沙枣的主要活性物质及其在食品中的应用[J]. 中国果菜, 2023, 43(8): 42-48.  
WANG T, LIN XN, LIU J, et al. Main functional substances of *Elaeagnus angustifolia* and its application in food [J]. China Fruit & Vegetable, 2023, 43(8): 42-48.

[14] 左家信, 陈东洋, 曾栋, 等. 湖南产地 9 种禽肉类及制品中氨基酸组成及营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(17): 238-245.

- ZUO JX, CHEN DY, ZENG D, *et al.* Amino acid composition and nutritional value evaluation of 9 kinds of poultry meats and products in Hunan province [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2024, 15(17): 238–245.
- [15] 赵璐, 宋海龙, 田树革, 等. 沙枣果肉中氨基酸的含量测定[J]. *应用化工*, 2016, 45(1): 172–174.
- ZHAO L, SONG HL, TIAN SG, *et al.* The content determination of amino acids in *Elaeagnus angustifolia* pulp [J]. *Applied Chemical Industry*, 2016, 45(1): 172–174.
- [16] 刘亮, 刘英波, 周英信, 等. 天冬中总氨基酸的含量测定[J]. *中国民族民间医药杂志*, 2012, 21(15): 45–45, 47.
- LIU L, LIU YB, ZHOU YX, *et al.* Determination of total amino acids in *Astragalus* root [J]. *Chinese Journal of Ethnopharmacology and Ethnopharmacy*, 2012, 21(15): 45–45, 47.
- [17] HOSEINI S. Effects of dietary *Russian olive*, *Elaeagnus angustifolia*, leaf extract on growth, hematological, immunological, and antioxidant parameters in common carp [Z]. 2021.
- [18] YUCA H, OZBEK H, DEMIREZER LO, *et al.* Trans-tiliroside: A potent alpha-glucosidase inhibitor from the leaves of *Elaeagnus angustifolia* L. [J]. *Phytochemistry*, 2021, 188: 112795.
- [19] AUMEERUDDY MZ, MAHOMOODALLY MF. Global use of folk medicinal plants against hypercholesterolemia: A review of ethnobotanical field studies [J]. *Journal of Herbal Medicine*, 2022, 32. DOI: 10.1016/j.hermed.2022.100536.
- [20] 芦星淼, 朱毅. 刺梨中氨基酸随成熟度变化及营养价值分析[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(22): 12–16.
- LU XM, ZHU Y. Changes of amino acids in *Rosa roxburghii* with maturity and nutritional value analysis [J]. *Food Research and Development*, 2020, 41(22): 12–16.
- [21] 李东梅, 张思维, 孙建云, 等. 不同产地金耳中氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(1): 237–244.
- LI DM, ZHANG SW, SUN JY, *et al.* Content analysis and nutritional value evaluation of amino acid in *Tremella aurantialba* from different origins [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2024, 15(1): 237–244.
- [22] 江发寿, 谢建新, 刘金荣, 等. 沙枣的营养成分分析及沙枣油的理化常数测定[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2002(1): 20–22.
- JIANG FS, XIE JX, LIU JR, *et al.* Analysis of nutrition composition and physical & chemical parameters of *Elaeagnus angustifolia* [J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 2002(1): 20–22.
- [23] 王雅, 赵萍, 王玉丽, 等. 野生沙枣果实营养成分研究[J]. *甘肃农业大学学报*, 2006(6): 130–132.
- WANG Y, ZHAO P, WANG YL, *et al.* Nutritional composition of wild *Elaeagnus angustifolia* fruits [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2006(6): 130–132.
- [24] SADELHOFF JHJV, WIERTSEMA SP, GARSSSEN J, *et al.* Free amino acids in human milk: A potential role for glutamine and glutamate in the protection against neonatal allergies and infections [J]. *Frontiers in Immunology*, 2020, 11: 1007.
- [25] 罗旭璐, 吴训锋, 刘强, 等. 不同菌株栽培天麻的氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. *中国野生植物资源*, 2024, 43(5): 28–34.
- LUO XL, WU XF, LIU Q, *et al.* Amino acid composition and nutritional value evaluation of *gastrodia elata* cultivated with different woods materials [J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 2024, 43(5): 28–34.
- [26] 陈玉芹, 赵成法, 沐远. 刺通草的营养成分分析及其氨基酸评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(7): 305–313.
- CHEN YQ, ZHAO CF, MU Y. Nutrient composition analysis and amino acid evaluation of *Trevesia palmata* [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2024, 15(7): 305–313.
- [27] 冯笑笑, 李娟, 陈侨侨, 等. 翅果油树种仁蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. *食品科学*, 2016, 37(22): 26–31.
- FENG XX, LI J, CHEN QQ, *et al.* Amino acid composition and nutritional evaluation of proteins extracted from *Elaeagnus mollis* diels seed kernels [J]. *Food Science*, 2016, 37(22): 160–165.
- [28] 赵方杰, 廉喜红, 胡小平, 等. 不同产地西洋参氨基酸种类及含量分析[J]. *西北农业学报*, 2020, 29(7): 1051–1058.
- ZHAO FJ, LIAN XH, HU XP, *et al.* Analysis of acid type and quantity of American ginseng in different planting areas [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 29(7): 1051–1058.
- [29] 熊丙全, 兰秀华, 彭卫红, 等. 不同羊肚菌氨基酸比较分析及营养价值评价[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(2): 114–119.
- XIONG BQ, LAN XH, PENG WH, *et al.* Comparative analysis and nutritional evaluation of different amino acids in *Morchella* spp [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(2): 114–119.
- [30] 赵文琦, 夏菲, 第五文博, 等. 5种高山蔬菜的氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. *安徽农业科学*, 2020, 48(10): 157–160.
- ZHAO WQ, XIA F, DI WWB, *et al.* Analysis of amino acid content and nutritional evaluation of 5 alpine vegetables [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020, 48(10): 157–160.
- [31] 王馨雨, 王蓉蓉, 王婷, 等. 不同品种及内外百合鳞片游离氨基酸组成的主成分分析及聚类分析[J]. *食品科学*, 2020, 41(12): 211–220.
- WANG XY, WANG RR, WANG T, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis for evaluating the free amino acid composition of inner and outer lily bulb scales from different cultivars [J]. *Food Science*, 2020, 41(12): 211–220.
- [32] 李先民, 李春牛, 卜朝阳, 等. 6种金花茶组植物花朵的氨基酸成分分析及其营养价值评价[J]. *西南农业学报*, 2020, 33(9): 2062–2068.
- LI XM, LI CN, BU CY, *et al.* Analysis of amino acid components in flowers of 6 species of *Camellia sinensis* and their nutritional value evaluation [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 33(9): 2062–2068.
- [33] 冯耐红, 侯东辉, 杨成元, 等. 不同品种小米主要营养成分及氨基酸组分评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(8): 224–229.
- FENG NH, HOU DH, YANG CY, *et al.* Evaluation of main nutrients and amino acid components of different varieties of foxtail millet [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(8): 224–229.

(责任编辑: 韩晓红 安香玉)