

5种油橄榄果营养成分分析与品质综合评价

邱国玉¹, 张鑫^{2,3}, 王小芳¹, 曾韦丹⁴, 裴栋⁴, 王晗³,
阚欢², 袁奖娟^{2,3}

(1. 甘肃药业集团科技创新研究院有限公司, 兰州 730000; 2. 西南林业大学 生命科学学院, 昆明 650224; 3. 中国科学院兰州化学物理研究所 中科院西北特色植物资源化学重点实验室/甘肃省天然药物重点实验室, 兰州 730000; 4. 云南油橄榄大健康产业创新研究发展有限公司, 云南 丽江 674100)

摘要:旨在为油橄榄作为食品应用提供科学依据,以田园1号、佛奥、鄂植8号、豆果及柯基5种油橄榄果为研究对象,参考国家标准对油橄榄果中主要营养成分、羟基酪醇和橄榄苦苷含量,矿物质元素、氨基酸和脂肪酸组成及含量等进行测定,并通过主成分分析对5种油橄榄果的综合品质进行评价。结果表明:油橄榄果中含量较多的是水分、脂肪和膳食纤维,依次为60.50~68.20 g/100 g、10.20~20.00 g/100 g和7.03~13.50 g/100 g;矿物质元素中K元素含量最高,Na元素仅在佛奥和柯基中检出,Zn元素仅在鄂植8号、豆果、柯基中检出;5种油橄榄果的必需氨基酸含量均占总氨基酸含量的43%左右,与FAO/WHO推荐人体每日所需摄入氨基酸比例接近;氨基酸评分最高的是苯丙氨酸+酪氨酸,其中与FAO/WHO标准最接近的品种是鄂植8号;5种油橄榄果中共检出15种脂肪酸,其中油酸、亚油酸和棕榈酸含量较高;油橄榄果中均含有橄榄苦苷和羟基酪醇,除田园1号外,其余品种中羟基酪醇含量均高于橄榄苦苷;综合评分最高的品种是柯基。综上,油橄榄果中营养成分较为丰富,在食品深加工等方面具有较高的开发利用价值。

关键词:油橄榄果;营养成分;氨基酸;脂肪酸;品质综合评价

中图分类号:TS222+.1;TS201.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)04-0145-08

Analysis of nutritional composition and quality comprehensive evaluation of five kinds of *Olea europaea* L. fruits

QIU Guoyu¹, ZHANG Xin^{2,3}, WANG Xiaofang¹, ZENG Weidan⁴,
PEI Dong⁴, WANG Han³, KAN Huan², YUAN Jiangjuan^{2,3}

(1. Gansu Pharmaceutical Group Science and Technology Innovation Research Institute Co., Ltd., Lanzhou 730000, China; 2. College of Life Sciences, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 3. CAS Key Laboratory of Chemistry of Northwestern Plant Resources and Key Laboratory for Natural Medicine of Gansu Province, Lanzhou Institute of Chemical Physics of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 4. Yunnan Olive Health Industry Innovation Research and Development Co., Ltd., Lijiang 674100, Yunnan, China)

Abstract: In order to provide scientific basis for the application of *Olea europaea* L. fruits as a food

收稿日期:2023-03-07;修回日期:2024-01-18

基金项目:东西部协作帮扶资金支持项目(2022-L·YGL-05);中央引导地方科技发展专项(YDZX2021112);云南省重点研发计划(202203AD150012);兰州市人才创新创业项目(2021-RC-124);甘肃省重点研发计划(22YF7GA025)

作者简介:邱国玉(1971),男,正高级工程师,研究方向为中药材安全性(E-mail)837419378@qq.com。

通信作者:阚欢,教授,硕士(E-mail)13700650213@163.com;袁奖娟,硕士研究生(E-mail)2057649867@qq.com。

product, with five kinds of *Olea europaea* L. fruits namely Tianyuan No. 1, Foao, Ezhi No. 8, Douguo and Keji as research objects, the contents of basic nutrients, hydroxytyrosol and oleuropein, and the composition and contents of mineral elements, amino acids and fatty acids were determined by the national standard methods. The comprehensive quality of five kinds of *Olea europaea* L. fruits was evaluated through principal

component analysis. The results showed that the basic nutrients in five kinds of *Olea europaea* L. fruits were mainly water, fat and dietary fiber, and the contents were 60.50–68.20 g/100 g, 10.20–20.00 g/100 g and 7.03–13.50 g/100 g, respectively. The content of K in mineral elements was the highest. The element Na was only detected in Foao and Keji, and the element Zn was only detected in Ezhi No. 8, Douguo and Keji. The content of essential amino acid in five kinds of *Olea europaea* L. fruits was accounted for about 43% of the total amino acid content, which was close to the FAO/WHO recommended daily intake of amino acids. The highest amino acid score was phenylalanine (Phe) + tyrosine (Tyr), and the closest one to FAO/WHO standards was Ezhi No. 8. A total of 15 fatty acids were detected in five kinds of *Olea europaea* L. fruits, mainly oleic acid, linoleic acid, and palmitic acid. Except for Tianyuan No. 1, the content of hydroxytyrosinol was higher than that of oleuropein in other varieties. The variety with the highest overall rating was Keji. In summary, *Olea europaea* L. fruits are rich in nutrients and have high development and utilization value in areas such as food deep processing.

Key words: *Olea europaea* L. fruits; nutritional component; amino acid; fatty acid; quality comprehensive evaluation

油橄榄 (*Olea europaea* L.), 又名齐墩果、阿列布, 是原产自地中海沿岸地区的木犀科 (Oleaceae) 木犀榄属 (*Olea*) 植物^[1], 具有速生、高产、长寿、果实含油率高等特点^[2], 是一种经济效益和综合利用价值较高的木本油料树种。油橄榄鲜果可加工成罐头、果脯、蜜饯等食品^[3]; 以油橄榄鲜果为原料制取的橄榄油具有极高的营养价值, 享有“液体黄金”“食用植物油皇后”等美誉^[4], 是地中海健康饮食的重要组成部分^[5]; 榨油后的油橄榄果渣, 可作为有机肥、动物饲料添加剂、生物燃料、吸附剂等^[6]。近年研究还发现, 油橄榄叶提取物具有抗炎、抑菌、抗氧化、降血脂、美白等作用^[7-9]。此外, 油橄榄产品还被许多地区作为传统药物使用^[10], 据《中华本草》中记载, 油橄榄果有润肠通便、解毒敛疮、护肝降酶的功效^[11]。现代营养学研究表明, 油橄榄果富含蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等多种对维持机体健康和生命活动至关重要的营养成分^[12-14], 在功能性食品、药品、化妆品等开发方面具有巨大的潜力。

目前对油橄榄果的研究主要是果实发育过程中表型性状、含油率、油脂品质的变化及脂肪酸组成及含量分析, 如: 彭立功等^[15]以鄂植品种为对照, 测定了5个引进油橄榄品种的3个不同成熟度的干果肉中粗脂肪含量、主要脂肪酸组成和含量; 耿树香等^[16]测定并分析了39个云南引种的油橄榄果粗脂肪中主要脂肪酸含量差异; 马婷等^[17]对3个杂交油橄榄品种果实的表型性状、含油率及油脂品质进行测定, 并通过主成分分析进行综合评价; 郑浩等^[18]对4种不同成熟度油橄榄果果实的大小、颜色等表观指标, 含油率、脂肪酸组成、还原糖、总酚和总黄酮

含量等内在品质指标进行测定, 并分析了各指标间的相关性。油橄榄果作为生产和加工油橄榄相关产品的重要原料, 其营养成分的组成和含量对指导油橄榄品种的选育以及相关产品的研发具有至关重要的作用, 此外, 品种特性对果实品质具有决定性作用^[19-20], 但目前鲜见对不同品种油橄榄果营养成分的组成和含量及其品质综合评价的报道。

本研究以甘肃陇南主栽的田园1号、佛奥、鄂植8号、豆果、柯基5个品种的油橄榄果为研究对象, 对其主要营养成分、橄榄苦苷和羟基酪醇含量, 矿物质元素、氨基酸和脂肪酸组成及含量进行测定, 并通过主成分分析对其品质进行综合评价, 以期对油橄榄的营养品质评价、良种选育以及后期的深加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

油橄榄果于2022年9月上旬采自甘肃省陇南市武都区两水十里砸子坡油橄榄园 (104° 75' E, 33° 35' N, 海拔1 050 m左右), 选取5个品种油橄榄果 (田园1号、佛奥、鄂植8号、柯基、豆果), 每个品种选3株结果量中等的油橄榄果树, 采集树上不同方位和冠层内外果实混合样品, 每株树随机采收100个健康未损坏的鲜果置于塑料密封袋, 保存于4℃低温采样箱中, 24 h内运送到实验室, 保存到-80℃超低温冰箱中备用。

甲醇、乙腈 (色谱纯), 北京迈瑞达科技有限公司; 羟基酪醇和橄榄苦苷标准品, 成都埃法生物科技有限公司; 37种脂肪酸标准品, 上海安谱有限公司;

K、Na、Ca、Mg、Zn 标准储备液, α -淀粉酶液, 蛋白酶液, 淀粉葡萄糖苷酶液, 上海阿拉丁试剂有限公司; 抗坏血酸标准品、混合氨基酸标准溶液、D-无水葡萄糖, 上海源叶生物科技有限公司。

1.1.2 仪器与设备

5110 电感耦合等离子体发射光谱仪、7890A 气相色谱仪、Agilent 1260 高效液相色谱仪, 美国安捷伦公司; LA8080 氨基酸分析仪, 日本日立公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理

将油橄榄果果肉和果核分离, 用高速剪切机 15 000 r/min 剪切 2 min 将果肉剪碎, 制备样液。

1.2.2 主要营养成分的测定

参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》测定水分含量; 参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》测定灰分含量; 参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》测定蛋白质含量; 参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定脂肪含量; 参照 GB/T 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》测定膳食纤维含量; 参照 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》测定维生素 C 含量; 按照 GB 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》问答(修订版)中的减法计算碳水化合物含量。

1.2.3 矿物质元素含量的测定

参照 GB 5009.14—2017《食品安全国家标准 食品中锌的测定》测定 Zn 含量; 参照 GB 5009.92—2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》测定 Ca 含量; 参照 GB 5009.241—2017《食品安全国家标准 食品中镁的测定》测定 Mg 含量; 参照 GB 5009.91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》测定 K、Na 含量。

1.2.4 氨基酸的测定及其营养价值评价

1.2.4.1 氨基酸组成及含量的测定

参照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》测定氨基酸组成及含量。

1.2.4.2 氨基酸营养价值评价

根据 FAO/WHO 中规定的理想蛋白质人体必需氨基酸评分标准模式和中国医学科学院营养与食品安全所提出的全鸡蛋蛋白质氨基酸评分标准模式, 通过计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)对氨基酸营养价值进行评价^[21-22]。

氨基酸评分(A)按公式(1)计算。

$$A = P/F \quad (1)$$

式中: P 为样品蛋白质中某种必需氨基酸含量(以氮的质量计), mg/g; F 为 FAO/WHO 模式中对应的必需氨基酸含量(以氮的质量计), mg/g。

化学评分(C)按公式(2)计算。

$$C = P/S \quad (2)$$

式中: P 为样品蛋白质中某种必需氨基酸含量(以氮的质量计), mg/g; S 为全鸡蛋模式中对应的必需氨基酸含量(以氮的质量计), mg/g。

必需氨基酸指数(E)按公式(3)计算。

$$E = \sqrt[n]{\left(\frac{100P_1}{S_1}\right) \times \left(\frac{100P_2}{S_2}\right) \times \cdots \times \left(\frac{100P_n}{S_n}\right)} \quad (3)$$

式中: $P_1, P_2 \cdots P_n$ 为样品蛋白质中第 1、2... n 种必需氨基酸的含量(以氮的质量计), mg/g; $S_1, S_2 \cdots S_n$ 为鸡蛋蛋白质中对应的必需氨基酸含量(以氮的质量计), mg/g; n 为参与比较的必需氨基酸个数。

1.2.5 脂肪酸组成及含量的测定

参照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》测定油橄榄果的脂肪酸组成及含量。

1.2.6 羟基酪醇和橄榄苦苷含量的测定

参考徐伟丽等^[23]方法略作修改。将剪碎的油橄榄果肉在 25 °C 条件下以料液比 1:10 用甲醇超声辅助提取 1 h, 重复提取 2 次, 将 2 次提取液合并, 过滤后减压浓缩干燥, 取适量提取物用色谱纯甲醇溶解, 配制成 10 mg/mL 的待测样液。取待测样液, 经 0.45 μ m 滤膜过滤后, 注入高效液相色谱仪检测得到相应色谱峰面积, 根据羟基酪醇和橄榄苦苷的标准曲线回归方程($y = 53\,576\,627.514\,9x - 370\,159.332\,6$, $R^2 = 0.999\,2$; $y = 44\,813\,851.336\,1x + 270\,417.752\,5$, $R^2 = 0.999\,2$)分别计算待测样液中羟基酪醇和橄榄苦苷的质量浓度, 并进一步计算其含量。

HPLC 条件^[24]: 依利特 SinoChrome ODS-AP 色谱柱 (4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m), 流速 1 mL/min, 柱温 30 °C, 检测波长 240、280 nm, 进样量 20 μ L, 梯度洗脱, 其洗脱程序如表 1 所示。

表 1 梯度洗脱程序

时间/min	0.1% 甲酸/%	甲醇/%	乙腈/%
0	90	5	5
12	82	9	9
28	70	15	15
50	55	22.5	22.5

1.2.7 数据处理

应用软件 Excel 2018 进行数据处理,结果以平均值表示,采用 IBM SPSS Statistics 26 进行单因素方差分析和主成分分析,采用 Duncan's multiple range test 分析方法 ($n = 3$), $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 5 种油橄榄果的主要营养成分

5 种油橄榄果的主要营养成分含量见表 2。

表 2 5 种油橄榄果的主要营养成分含量

营养成分	田园 1 号	佛奥	鄂植 8 号	豆果	柯基
水分/(g/100 g)	68.20 ^a	61.50 ^d	67.50 ^c	60.50 ^e	68.00 ^b
灰分/(g/100 g)	1.50 ^b	1.20 ^c	2.80 ^a	1.40 ^b	1.40 ^b
蛋白质/(g/100 g)	1.91 ^a	1.83 ^a	1.87 ^a	1.90 ^a	2.01 ^a
脂肪/(g/100 g)	10.90 ^d	15.10 ^c	16.50 ^b	20.00 ^a	10.20 ^e
膳食纤维/(g/100 g)	12.90 ^b	10.40 ^d	7.03 ^e	13.50 ^a	11.00 ^c
可溶性膳食纤维/(g/100 g)	1.96 ^a	1.90 ^a	1.28 ^c	1.71 ^{ab}	1.54 ^b
不溶性膳食纤维/(g/100 g)	10.90 ^b	8.51 ^d	5.75 ^e	11.80 ^a	9.43 ^c
碳水化合物/(g/100 g)	4.60 ^c	10.00 ^a	4.30 ^d	2.70 ^e	7.40 ^b
维生素 C/(mg/100 g)	2.43 ^a	1.80 ^b	2.53 ^a	1.67 ^b	1.83 ^b

注:同行不同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上存在显著性差异。下同

由表 2 可知,5 种油橄榄果中均含有多种人体必需的基本营养素,基本营养素对维持机体健康和正常生命活动具有至关重要的作用。5 种油橄榄果主要营养成分中水分含量最高,水分含量直接影响油橄榄果的新鲜度、风味和存储情况,水分含量过高,容易导致油橄榄果在贮藏过程中腐烂变质,食用后容易引起中毒,而水分含量过低,会导致堆积物卷起,伴随着高度木质化和质量下降^[25]。5 种油橄榄果水分含量由高到低依次为田园 1 号 > 柯基 > 鄂植 8 号 > 佛奥 > 豆果,这与宋泽芬等^[26]测定的贵州省瓮安县油橄榄果水分含量排序(柯基 > 鄂植 8 号 > 豆果)一致,但 5 种油橄榄果水分含量在 60.50 ~ 68.20 g/100 g 之间,高于瓮安县油橄榄果水分含量(41.16% ~ 55.33%)。5 种油橄榄果中脂肪含量仅次于水分含量,脂肪含量最高的品种是豆果,高达 20.00 g/100 g,佛奥和鄂植 8 号的脂肪含量在 15 g/100 g 左右,田园 1 号和柯基的脂肪含量在 10 g/100 g 左右。5 种油橄榄果中还含有大量的膳食纤维,主要为不溶性膳食纤维,其有益于改善肠道菌群、预防心血管疾病^[27]。其中鄂植 8 号的膳食纤维含量最低,为 7.03 g/100 g,其余 4 个品种的膳食纤维含量均在 10 g/100 g 以上。碳水化合物含量最高的品种是佛奥,为 10.00 g/100 g,含量最低的品种是豆果,为 2.70 g/100 g。5 种油橄榄果的蛋白质含

量在 1.83 ~ 2.01 g/100 g 之间。灰分含量侧面反映了油橄榄果中矿物质元素的含量,矿物质元素在满足人体需求、促进健康方面发挥着不可或缺的作用。灰分含量最高的品种是鄂植 8 号,为 2.80 g/100 g,灰分含量最低品种是佛奥,为 1.20 g/100 g,其余 3 个品种的油橄榄果中灰分含量差异不大。维生素 C 具有抗氧化、提高免疫力等多种活性,可从食物中获取。5 种油橄榄果中均含有大量的维生素 C,其中含量最高的品种是鄂植 8 号,高达 2.53 mg/100 g。综上,5 种油橄榄果的基本营养成分含量较为丰富,具有较高的营养价值,在食品及其相关产品研发方面具有广阔的前景。

2.2 5 种油橄榄果的矿物质元素组成及含量

矿物质元素在人体内无法合成,需从外界环境中获取,在各种代谢过程中起着关键作用^[28]。5 种油橄榄果中的矿物质元素含量见表 3。

表 3 5 种油橄榄果中的矿物质元素含量 mg/kg

矿物质元素	田园 1 号	佛奥	鄂植 8 号	豆果	柯基
Zn	-	-	2.37 ^b	2.42 ^b	5.90 ^a
Ca	652 ^c	446 ^d	214 ^e	688 ^b	974 ^a
Mg	142 ^c	132 ^d	154 ^b	130 ^e	177 ^a
K	7 240 ^a	6 800 ^b	6 800 ^b	5 530 ^c	5 200 ^d
Na	-	18.9 ^a	-	-	10.8 ^b

注:-表示未检出。下同

由表 3 可知,5 种油橄榄果中的常量元素 K 含量最高,其中 K 元素含量最高的品种是田园 1 号,为 7 240 mg/kg。Ca 元素含量仅次于 K 元素,Ca 元素含量最高的品种是柯基,高达 974 mg/kg,田园 1 号和豆果中的 Ca 元素含量差异不大,Ca 元素含量最低品种是鄂植 8 号,为 214 mg/kg。此外,常量元素 Mg 在样品中均有检出,Mg 元素含量最高的品种是柯基,为 177 mg/kg。而 Na 元素仅在佛奥和柯基 2 个品种中检出,含量分别为 18.9 mg/kg 和 10.8 mg/kg。Zn 元素的含量较少,存在于鄂植 8 号、豆果、柯基 3 个品种中,其中以柯基中的 Zn 元素含量最高,为 5.90 mg/kg。K 和 Na 元素对维持人体渗透压平衡和酸碱平衡具有至关重要的作用,是维持人体内环境稳态不可或缺的电质^[29]。5 种油橄榄果中 K 元素含量均高于 Na 元素,对预防高血压和动脉粥样硬化具有积极的作用。Ca 元素对维持骨骼、牙齿的结构和神经的正常活动具有重要作用^[30],Mg 元素可作为多种酶的激活剂,能与细胞内多种重要成分形成复合物而激活酶系,Zn 元素对人体生长发育、免疫功能和物质代谢等具有重要作用^[31]。

2.3 5种油橄榄果的氨基酸组成及含量

氨基酸是蛋白质的基本单位,也是合成许多生理上重要的低相对分子质量物质的基本底物,在生物合成途径、信号转导过程以及应激反应中具有至关重要的作用^[32],其组成和含量对评价食品营养价值具有重要的指导意义^[33]。5种油橄榄果的氨基酸组成及含量如表4所示。

表4 5种油橄榄果的氨基酸组成及含量

氨基酸	田园1号	佛奥	鄂植8号	豆果	柯基
氨基酸含量/(g/100 g)					
天冬氨酸(Asp) ^{▲○}	0.140 ^{ab}	0.130 ^b	0.100 ^c	0.140 ^{ab}	0.150 ^a
苏氨酸(Thr) [★]	0.064 ^a	0.060 ^a	0.049 ^a	0.064 ^a	0.066 ^a
丝氨酸(Ser)	0.071 ^a	0.064 ^{ab}	0.050 ^b	0.072 ^a	0.072 ^a
谷氨酸(Glu) ^{▲○}	0.160 ^a	0.140 ^b	0.120 ^c	0.160 ^a	0.170 ^a
脯氨酸(Pro)	0.070 ^{ab}	0.066 ^{ab}	0.057 ^b	0.076 ^{ab}	0.080 ^a
甘氨酸(Gly) ^{▲○}	0.074 ^a	0.066 ^{ab}	0.052 ^b	0.070 ^{ab}	0.079 ^a
丙氨酸(Ala) [○]	0.080 ^a	0.068 ^b	0.054 ^c	0.074 ^{ab}	0.077 ^{ab}
缬氨酸(Val) [★]	0.092 ^a	0.082 ^{ab}	0.064 ^b	0.094 ^a	0.097 ^a
异亮氨酸(Ile) ^{★★▲}	0.072 ^a	0.064 ^{ab}	0.051 ^b	0.073 ^a	0.074 ^a
亮氨酸(Leu) ^{★★▲}	0.120 ^a	0.100 ^b	0.082 ^b	0.120 ^a	0.120 ^a
酪氨酸(Tyr) ^{☆○}	0.049 ^a	0.044 ^a	0.039 ^a	0.057 ^a	0.058 ^a
苯丙氨酸(Phe) ^{★★▲○}	0.100 ^b	0.096 ^b	0.072 ^c	0.100 ^b	0.120 ^a
赖氨酸(Lys) ^{★★▲}	0.035 ^a	0.030 ^a	0.028 ^a	0.031 ^a	0.030 ^a
组氨酸(His)	0.028 ^a	0.024 ^a	0.019 ^a	0.026 ^a	0.026 ^a
精氨酸(Arg) [▲]	0.080 ^a	0.072 ^{ab}	0.058 ^b	0.078 ^a	0.090 ^a
TAA	1.235 ^{ab}	1.106 ^b	0.895 ^c	1.235 ^{ab}	1.309 ^a
EAA	0.532 ^a	0.476 ^a	0.385 ^a	0.539 ^a	0.565 ^a
NEAA	0.703 ^{ab}	0.630 ^{ab}	0.510 ^b	0.696 ^{ab}	0.744 ^a
MAA	0.781 ^a	0.698 ^{ab}	0.563 ^b	0.772 ^a	0.833 ^a
DAA	0.603 ^b	0.544 ^c	0.437 ^d	0.601 ^b	0.654 ^a
占比/%					
EAA/TAA	43.08	43.04	43.02	43.64	43.16
EAA/NEAA	75.68	75.56	75.49	77.44	75.94
MAA/TAA	63.24	63.11	62.91	62.51	63.64
DAA/TAA	48.83	49.19	48.83	48.66	49.96

注:★为必需氨基酸,☆为半必需氨基酸,▲为药效氨基酸,○为呈味氨基酸,TAA为氨基酸总量,EAA为必需氨基酸总量(包括半必需氨基酸),NEAA为非必需氨基酸总量,MAA为药效氨基酸总量,DAA为呈味氨基酸总量

由表4可知,5种油橄榄果中共检测到15种氨基酸,包含7种必需氨基酸和8种非必需氨基酸。食物中所含必需氨基酸种类、含量以及比例与人体所需越接近,其蛋白质营养价值就越高,容易被人体消化吸收。5种油橄榄果中的必需氨基酸含量在0.385~0.565 g/100 g之间,占总氨基酸含量的43.02%~43.64%,与FAO/WHO推荐的人体每日所需摄取的必需氨基酸占总氨基酸比例(40%)十分接近,说明5种油橄榄果中蛋白质营养价值较高,

其氨基酸组成及比例符合食品的要求。谷氨酸是中枢神经系统中最重要的兴奋神经递质,对改善脑细胞营养和减缓记忆力衰退有重要作用^[34],5种油橄榄果中谷氨酸含量最高的品种是柯基,高达0.170 g/100 g。5种油橄榄果中药效氨基酸在氨基酸总量中的占比均较高,在62%左右。

EAA的组成和含量是判断氨基酸营养价值的重要指标,通过计算AAS和CS来评估食品中蛋白质营养价值是一种常用方法^[35],分别计算5种油橄榄果的AAS、CS和EAAI,对5种油橄榄果的氨基酸营养价值进行评价,结果如表5所示。

表5 5种油橄榄果的必需氨基酸评分

氨基酸模式	氨基酸	田园1号	佛奥	鄂植8号	豆果	柯基
AAS	苏氨酸(Thr)	0.838	0.820	0.655	0.842	0.821
	缬氨酸(Val)	0.971	0.903	0.690	0.997	0.973
	异亮氨酸(Ile)	0.942	0.874	0.682	0.961	0.920
	亮氨酸(Leu)	0.892	0.776	0.623	0.897	0.848
	苯丙氨酸(Phe)+酪氨酸(Tyr)	1.283	1.258	0.976	1.359	1.457
CS	赖氨酸(Lys)	0.337	0.301	0.275	0.300	0.274
	苏氨酸(Thr)	0.717	0.702	0.561	0.721	0.703
	缬氨酸(Val)	0.732	0.681	0.520	0.752	0.734
	异亮氨酸(Ile)	0.712	0.660	0.515	0.725	0.695
	亮氨酸(Leu)	0.735	0.640	0.513	0.739	0.699
EAAI	苯丙氨酸(Phe)+酪氨酸(Tyr)	0.863	0.846	0.657	0.914	0.980
	赖氨酸(Lys)	0.260	0.232	0.212	0.231	0.212
EAAI		62.85	58.41	46.98	62.82	61.08

由表5可知,5种油橄榄果中的各EAA含量与FAO/WHO以及全鸡蛋模式规定的标准有所差异,5种油橄榄果中,AAS最高的是苯丙氨酸(Phe)+酪氨酸(Tyr),其中鄂植8号的AAS接近FAO/WHO所规定的标准。赖氨酸的CS均在0.2左右,其余必需氨基酸的CS在0.513~0.980,低于全鸡蛋蛋白质氨基酸评分标准模式的营养价值,CS最高的必需氨基酸也是苯丙氨酸(Phe)+酪氨酸(Tyr)。酪氨酸是多巴胺、肾上腺素和去甲肾上腺素等合成儿茶酚胺类神经递质的氨基酸前体物^[36]。AAS和CS的分析结果均显示,5种油橄榄果的第一限制氨基酸均为赖氨酸。5种油橄榄果的EAAI在46.98~62.85之间,较鸡蛋蛋白质低。

2.4 5种油橄榄果的脂肪酸组成及含量

5种油橄榄果的脂肪酸组成及含量见表6。由表6可知,5种油橄榄果中共检测出15种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)6种,单不饱和脂肪酸(MUFA)4种

和多不饱和脂肪酸(PUFA)5种。SFA中棕榈酸含量最高,在豆果中含量高达3.120 g/100 g;MUFA中含量最高的是油酸,在豆果中含量最高,为13.300 g/100 g,在田园1号中含量最低,为6.010 g/100 g。PUFA中含量最高的是亚油酸,在田园1号中含量最高,达到2.110 g/100 g,在柯基中的含量最低,为0.312 g/100 g。除田园1号和柯基外,其余3个品种中均检测出花生二烯酸,除田园1号中未检测出花生四烯酸外,其余品种中均含有花生四烯酸。芥酸在豆果中未检测出,佛奥和鄂植8号中未检测出二十二碳六烯酸(DHA)。

5种油橄榄果中脂肪酸的组成和含量较为丰富,SFA中含量最多的棕榈酸是母乳中最重要的饱和脂肪酸,酯化在三酰甘油sn-2上的棕榈酸具有降低肠道脂肪酸钙皂形成的作用,有利于改善婴儿便秘、腹痛等消化问题^[37];5种油橄榄果中含有大量的不饱和脂肪酸,具有抗炎、调节脂质代谢、预防心血管疾病的作用^[38],此外,含量较高的油酸对橄榄油的稳定性具有至关重要的作用^[39],在田园1号、豆果、柯基中检测到DHA,其主要分布在人脑和视网膜,对改善记忆和保护视力有重要作用^[40]。

表6 5种油橄榄果的脂肪酸组成及含量 g/100 g

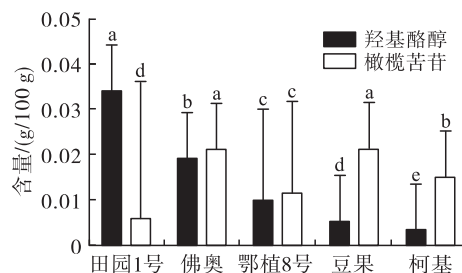
脂肪酸	田园1号	佛奥	鄂植8号	豆果	柯基
棕榈酸(C16:0)	1.770 ^d	2.220 ^c	2.810 ^b	3.120 ^a	1.400 ^e
棕榈油酸(C16:1)	0.129 ^d	0.171 ^c	0.405 ^a	0.307 ^b	0.082 ^e
十七碳酸(C17:0)	-	-	0.007 ^b	0.011 ^a	-
硬脂酸(C18:0)	0.082 ^c	0.126 ^{ab}	0.117 ^b	0.141 ^a	0.092 ^c
油酸(C18:1n9c)	6.010 ^e	10.500 ^e	11.200 ^b	13.300 ^a	7.320 ^d
亚油酸(C18:2n6c)	2.110 ^a	1.190 ^c	0.669 ^d	1.430 ^b	0.312 ^e
α-亚麻酸(C18:3n3)	0.132 ^{ab}	0.116 ^{bc}	0.146 ^a	0.133 ^{ab}	0.111 ^c
花生酸(C20:0)	0.028 ^c	0.047 ^b	0.043 ^{bc}	0.069 ^a	0.035 ^{bc}
花生一烯酸(C20:1)	0.025 ^b	0.052 ^a	0.051 ^a	0.061 ^a	0.029 ^b
花生二烯酸(C20:2)	-	0.003 ^a	0.004 ^a	0.004 ^a	-
花生四烯酸(C20:4n6)	-	0.003 ^a	0.004 ^a	0.004 ^a	0.004 ^a
山萘酸(C22:0)	0.008 ^c	0.021 ^a	0.012 ^b	0.020 ^a	0.011 ^b
芥酸(C22:1n9)	0.011 ^b	0.011 ^b	0.015 ^a	-	0.016 ^a
DHA(C22:6n3)	0.005 ^a	-	-	0.004 ^a	0.001 ^b
木焦油酸(C24:0)	-	0.014 ^a	0.009 ^b	0.014 ^a	0.007 ^b
脂肪酸总量	10.310 ^d	14.475 ^e	15.491 ^b	18.617 ^a	9.420 ^e
SFA	1.889 ^d	2.427 ^c	2.998 ^b	3.374 ^a	1.545 ^e
UFA	8.421 ^d	12.047 ^e	12.493 ^b	15.243 ^a	7.875 ^e
MUFA	6.175 ^e	10.734 ^e	11.671 ^b	13.668 ^a	7.447 ^d
PUFA	2.247 ^a	1.312 ^c	0.823 ^d	1.575 ^b	0.428 ^e

注:SFA.饱和脂肪酸;UFA.不饱和脂肪酸;MUFA.单不饱和脂肪酸;PUFA.多不饱和脂肪酸

2.5 5种油橄榄果的羟基酪醇和橄榄苦苷含量

羟基酪醇和橄榄苦苷是油橄榄果中主要的酚类物质,具有良好的抗氧化、抗炎、抗菌等多种生物活

性^[41]。5种油橄榄果的羟基酪醇和橄榄苦苷含量如图1所示。



注:同一指标不同字母表示具有显著性差异($p < 0.05$)

图1 5种油橄榄果的羟基酪醇和橄榄苦苷含量

由图1可知:田园1号羟基酪醇含量最多,佛奥和豆果中橄榄苦苷含量较多;佛奥和鄂植8号中橄榄苦苷和羟基酪醇含量相差不大,除田园1号外,其余4个品种中的橄榄苦苷含量均高于羟基酪醇。

2.6 5种油橄榄果营养成分品质综合评价

利用主成分分析对油橄榄品质相关的关键成分提取后可进行全面、系统、科学的评价^[42]。采用SPSS软件对5种油橄榄果的42个营养成分指标进行主成分分析,结果如表7所示。

表7 5种油橄榄果4个主成分的特征值和方差贡献率

项目	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
特征值	21.547	10.373	5.615	4.464
方差贡献率/%	51.303	24.698	13.370	10.629
累积方差贡献率/%	51.303	76.001	89.371	100.000

由表7可知,5种油橄榄果中共提取出4个主成分,累积方差贡献率达100%,基本包含了5种油橄榄果营养成分的所有信息,符合主成分分析的要求,可用这4个主成分代替上述42个营养成分指标对5种油橄榄果的营养品质进行综合评价和判断。

载荷可以反映各项评价指标与主成分之间的相关性^[43],5种油橄榄果的主成分分析载荷图如图2所示。由图2可知:与主成分1相关性较强的主要是一些氨基酸和蛋白质(相关系数绝对值 > 0.9);与主成分2相关性较强的主要是一些脂肪酸(相关系数绝对值 > 0.8)。因此,筛选出蛋白质、氨基酸、脂肪酸组成及含量作为评价5种油橄榄果营养品质的关键指标。

将各特征向量的标准化数据代入各主成分计算得分,并将主成分1、主成分2、主成分3、主成分4的方差贡献率作为权数,分别计算5种油橄榄果的综合评分,结果如表8所示。由表8可知:柯基的主成分1分值最高,表明氨基酸含量可作为评价其品质的主要指标;豆果的主成分2分值最高,表明脂肪酸组成及含量对其品质影响较大。5种油橄榄果中,柯基综合评分最高,表明其综合品质优于其他品种。

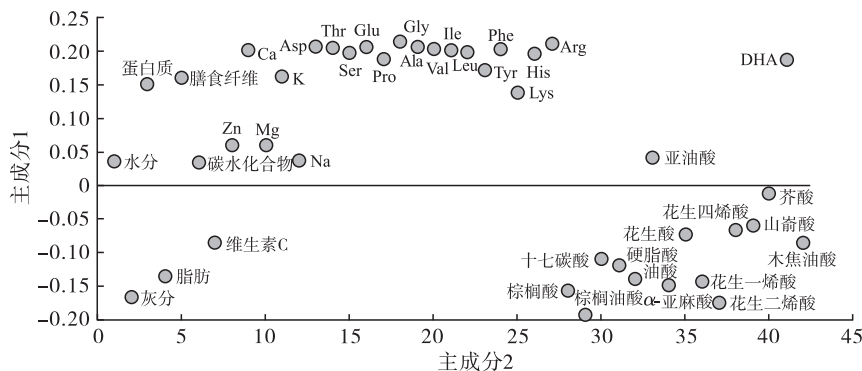


图2 5种油橄榄果主成分分析载荷图

表8 5种油橄榄果的主成分分值与综合评分

油橄榄品种	分值				综合评分	排名
	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4		
田园1号	0.237	-0.685	0.001	-0.222	-0.071	3
佛奥	-0.504	0.023	0.070	0.347	-0.207	4
鄂植8号	-1.309	-0.284	0.989	-2.008	-0.823	5
豆果	-0.792	1.379	-0.404	1.871	0.079	2
柯基	2.368	-0.433	-0.657	0.013	1.022	1

3 结论

5种油橄榄果的基本营养成分含量测定结果为水分>脂肪>膳食纤维>碳水化合物,灰分、蛋白质含量差异不大;常量元素K含量最高,Na元素只在佛奥和柯基中检测出,含量分别为18.9 g/100 g和10.8 g/100 g,微量元素Zn在鄂植8号、豆果、柯基中检测出,且在柯基中含量最高,为5.90 g/100 g;5种油橄榄果中氨基酸含量在0.895~1.309 g/100 g之间;必需氨基酸评分表明,AAS最高的是苯丙氨酸+酪氨酸,与FAO/WHO所规定的标准较接近的是鄂植8号;5种油橄榄果的脂肪酸含量为9.420~18.617 g/100 g,以油酸含量最高;除田园1号外,其余4个品种的油橄榄果中橄榄苦苷含量高于羟基酪醇;主成分分析结果表明氨基酸、蛋白质、脂肪酸组成及含量可作为评价5种油橄榄果营养品质的关键指标;综合评分表明营养品质最好的品种是柯基。综上,油橄榄果中营养成分的组成和含量较为丰富,在食品深加工等方面具有较高的开发利用价值。

参考文献:

- [1] QU J P, CHEN Z Y, WANG B X, et al. Molecular mechanisms regulating the oil biosynthesis in olive (*Olea europaea* L.) fruits revealed by transcriptomic analysis[J/OL]. *Agronomy*, 2022, 12(11): 2718 [2023-01-17]. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112718>.
- [2] 杨从华, 宁德鲁, 石卓功, 等. 油橄榄在云南的果实生长发育特性分析[J]. *经济林研究*, 2020, 38(1): 177-183.
- [3] 耿树香, 张艳丽, 宁德鲁, 等. 油橄榄果罐头、蜜饯的加
- [4] 王蝴蝶, 刘玉红, 李建科, 等. 28份国产特级初榨橄榄油中多酚含量及其变化规律[J]. *中国油脂*, 2022, 47(12): 102-106.
- [5] 施宗明, 孙卫邦, 祁治林, 等. 中国油橄榄适生区研究[J]. *植物分类与资源学报*, 2011, 33(5): 571-579.
- [6] 冉志文, 邢巧, 皮汶灵, 等. 油橄榄果渣的化学成分及功效研究进展[J]. *粮食加工*, 2022, 47(6): 29-33.
- [7] 田立鹏, 李春爱, 蔡梦, 等. 油橄榄叶提取物抗氧化及抑菌活性研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(20): 8178-8184.
- [8] 王仲明, 谢跃杰, 李永红, 等. 鄂植8号、皮瓜尔油橄榄叶提取物对高血脂小鼠降血脂功效研究[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(7): 123-129.
- [9] 陈静, 魏鉴腾, 裴栋, 等. 橄榄苦苷对酪氨酸酶抑制作用的研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2021, 33(12): 1998-2003.
- [10] ANTONIOU C, HULL J. The Anti-cancer effect of *Olea europaea* L. products: A review[J]. *Curr Nutr Rep*, 2021(10): 99-124.
- [11] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草: 精选本[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998.
- [12] 朱庆平, 周力, 李开, 等. 西昌引种栽培油橄榄果中5种金属元素主成分及聚类分析[J]. *基因组学与应用生物学*, 2017, 36(1): 362-369.
- [13] COMETA S, ZANNELLA C, BUSTO F, et al. Natural formulations based on *Olea europaea* L. fruit extract for the topical treatment of HSV-1 infections [J/OL]. *Molecules*, 2022, 27(13): 4273 [2023-01-17]. <https://doi.org/10.3390/molecules27134273>.
- [14] ALESSIO A, ANTHEA M, ROBERTA T, et al. Chemical analysis, biological and therapeutic activities of *Olea europaea* L. extracts[J]. *Nat Prod Res*, 2021, 36(11): 2932-3945.
- [15] 彭立功, 刘泉, 兰艳, 等. 西昌引进油橄榄不同成熟度果实品质分析[J]. *中国粮油学报*, 2021, 36(5): 108-114.
- [16] 耿树香, 杨生超, 宁德鲁, 等. 云南引种油橄榄果实含油率及其脂肪酸组成分析[J]. *西南林业大学学报(自*

工[J]. *科技展望*, 2016, 26(31): 63-64.

- 然科学版), 2018, 38(4): 193-199.
- [17] 马婷, 宁德鲁, 李勇杰, 等. 3个杂交油橄榄品种果实发育过程中表型性状、含油率及油质的变化[J]. 中国油脂, 2022, 47(5): 65-72.
- [18] 郑浩, 杨倩雨, 李志强, 等. 不同成熟度油橄榄果实表观与内在品质变化及相关性分析[J]. 核农学报, 2022, 36(6): 1089-1099.
- [19] 李勋兰, 洪林, 杨蕾, 等. 11个柑橘品种果实营养成分分析与品质综合评价[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 228-233.
- [20] 耿树香, 宁德鲁, 陈海云, 等. 我国不同主产区核桃品质综合评价分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 97-101.
- [21] 刘云, 赵平, 卞家亭, 等. 簇蕊金花茶叶片营养成分分析与评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(5): 146-154.
- [22] 胡祥, 刘云, 徐涵, 等. ‘龙佳’核桃品质分析及蛋白质提取工艺优化[J]. 食品科技, 2021, 46(2): 225-231.
- [23] 徐伟丽, 穆鞞, 鲁兆新, 等. 负载葡萄皮粉色苷提取物的W/O/W型复乳制备及其体外消化评价[J]. 中国食品学报, 2021, 21(2): 213-220.
- [24] 淳泽利, 朱娅, 陈荣祥. UPLC-ECD法同时测定不同产地女贞子中9种成分的含量[J]. 食品工业科技, 2022, 43(8): 305-311.
- [25] 刘宏超, 李俊, 王步军. 不同水分含量巴西大豆储存期间的品质变化[J]. 中国油脂, 2021, 46(1): 38-41.
- [26] 宋泽芬, 付永利, 韦启顺, 等. 贵州省瓮安县引种油橄榄果实含油率及脂肪酸分析[J]. 贵州林业科技, 2021, 49(1): 33-35, 11.
- [27] GAN J P, XIE L, PENG G Y, et al. Systematic review on modification methods of dietary fiber [J/OL]. Food Hydrocolloid, 2021, 119: 106872 [2023-01-17]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106872>.
- [28] CHONGTHAM N, BISHT S M, SANTOSH O, et al. Mineral elements in bamboo shoots and potential role in food fortification [J/OL]. J Food Compos Anal, 2021, 95(1): 103662 [2023-01-17]. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103662>.
- [29] CIUDAD-MULERO M, PINELA J, CARVALHO A M, et al. Bioaccessibility of macrominerals and trace elements from tomato (*Solanum lycopersicum* L.) farmers' varieties [J/OL]. Foods, 2022, 11(13): 1968 [2023-01-17]. <https://doi.org/10.3390/foods11131968>.
- [30] 位杰, 蒋媛, 林彩霞, 等. 6个库尔勒香梨品种果实矿物质元素与品质的相关性和通径分析[J]. 食品科学, 2019, 40(4): 259-265.
- [31] 郑敏, 王钊, 姜伟业, 等. 白玉豆的营养成分分析与评价[J]. 现代食品, 2021(20): 164-166.
- [32] 詹歌, 孙梦媛, 李军, 等. 不同产地5种菊花氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 安徽农业大学学报, 2019, 46(6): 908-914.
- [33] 周琪乐, 龚凌慧, 纪凤娣, 等. 红枸杞、黄枸杞和黑枸杞营养成分比较[J]. 中国酿造, 2021, 40(10): 43-49.
- [34] 苏霁玲, 林昕, 杨宝钦, 等. 蒜头果种仁的营养成分分析[J]. 中国油脂, 2021, 46(12): 108-111.
- [35] 赵悦菡, 侯召华, 郭红莲. 六种禽蛋中脂肪酸、氨基酸及胆固醇的营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(10): 323-330.
- [36] 朱联辉, 武士华. 酪氨酸提高军事作业效率的研究进展[J]. 解放军预防医学杂志, 1999(4): 307-310.
- [37] 张星河, 韦伟, 李菊芳, 等. 母乳中1,3-二不饱和脂肪酸-2-棕榈酸甘油三酯的组成及其功能特性研究进展[J]. 中国油脂, 2022, 47(9): 114-121.
- [38] 赵梦炯, 姜成英, 吴文俊, 等. 油橄榄果实不同时期色泽和脂肪酸含量的动态变化[J]. 河北科技师范学院学报, 2018, 32(1): 25-28.
- [39] 刘程宏, 杨海棠. 我国高油酸花生研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(16): 6573-6578.
- [40] THOMAS B J. Episodic dietary DHA for support of tissue DHA [J]. J Nutr, 2019, 149(4): 547-548.
- [41] 吴遵秋, 姜友军, 苏光灿, 等. 油橄榄叶中橄榄苦苷的体外抗氧化和抑菌活性[J]. 食品科学, 2014, 35(21): 94-99.
- [42] 郑美玲, 刘前进, 杨金初, 等. 基于主成分分析与聚类分析综合评价不同甘薯浸膏的香气品质[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(3): 196-206.
- [43] 罗小叶, 赵皓静, 班世栋, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法对不同多效价复合配方栽培香菇子实体挥发性风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(6): 250-256.