油料资源

DOI：10.19902/j.cnki.zgyz.1003－7969.240251

云南主栽核桃品种仁及其油脂中功能组分分析

耿树香，李勇杰，肖良俊

（云南省林业和草原科学院，昆明 650201）

摘要：为开发利用云南核桃资源，对云南 8 个主栽核桃品种仁中神经递质类成分（色氨酸、5－羟基色氨酸、5－羟色胺、褪黑素）、油脂中脂肪酸及内源性抗氧化成分（β－胡萝卜素、角鲨烯、β－谷甾醇和生育酚）含量进行测定，采用主成分分析对 8 个主栽核桃品种进行相似性评价。结果表明：云南 8 个主栽核桃品种仁中色氨酸、5－羟基色氨酸、5－羟色胺、褪黑素含量分别为（0.02 ±0.00）～（0.08 ±0.01）mg/g、（11.40 ±0.83）～（38.84 ±1.38）μg/g、（2.99 ±0.62）～（12.31 ±1.01）mg/g、（3.95 ±0.55）～（19.00 ±1.47）ng/g；8 个品种核桃油中不饱和脂肪酸含量为 88.94% ～92.67%，ω－6 与 ω－3 多不饱和脂肪酸含量比值在 5.32～13.29 之间；8 个品种核桃油中 4 种内源性抗氧化成分含量分别为 β－胡萝卜素（7.21 ±0.30）～（17.30 ±0.20）μg/g、角鲨烯（319.41 ±5.43）～（1 293.00 ±13.00）μg/g、β－谷甾醇（214.29 ±4.00）～（382.86 ±6.49）μg/g、（α＋γ）－生育酚（292.41 ±4.26）～（1 285.60 ±7.22）μg/g，生育酚含量较高的圆菠萝核桃油与娘青核桃油中的生育酚存在一定的促氧化风险。经主成分分析，云南 8 个主栽品种核桃按成分贡献值可分为 4 组，其中细香、娘青核桃为一组，三台、漾濞泡、大麻核桃为一组，大砂壳、大白壳核桃为一组，圆菠萝核桃单独为一组。综上，云南核桃富含多种营养成分，具有深度开发和利用价值。

关键词：云南核桃；神经递质；核桃油；内源性抗氧化成分

中图分类号：TS222＋.1；TS221　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1003－7969（2025）08－0117－06

Analysis of functional components in kernels and oil of major walnut cultivars in Yunnan

GENG Shuxiang, LI Yongjie, XIAO Liangjun

(Yunnan Academy of Forestry and Grassland Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to develop and utilize the walnut resources in Yunnan, the contents of neurotransmitters (tryptophan, 5－hydroxytryptophan, 5－hydroxytryptamine, melatonin) in the kernels, fatty acids and endogenous antioxidant components (β－carotene, squalene, β－sitosterol, and tocopherol) in the oil of the eight major walnut cultivars in Yunnan were determined, and the similarity of the eight major cultivars in Yunnan was evaluated by using principal component analysis. The results showed that the contents of tryptophan, 5－hydroxytryptophan, 5－hydroxytryptamine and melatonin in kernels of eight major walnut cultivars in Yunnan were (0.02 ±0.00)－(0.08 ±0.01) mg/g, (11.40 ±0.83)－(38.84 ±1.38) μg/g, (2.99 ±0.62)－(12.31 ±1.01) mg/g, and (3.95 ±0.55)－(19.00 ±1.47) ng/g, respectively. The unsaturated fatty acid content in eight major cultivars walnut oil was 88.94%－92.67%, and the ratio of ω－6 to ω－3 polyunsaturated fatty acid content in oil was 5.32－13.29. The contents of four endogenous antioxidant components in eight major cultivars walnut oil were β－carotene (7.21 ±0.30)－(17.30 ±0.20) μg/g, squalene (319.41 ±5.43)－(1 293.00 ±13.00) μg/g, β－sitosterol (214.29 ±4.00)－(382.86 ±6.49)

收稿日期：2024－04－19；修回日期：2025－04－17

基金项目：科技人才与平台计划专家工作站项目（202305AF150025）；云南省重大科技专项计划项目（202202AE090007）

作者简介：耿树香（1978），女，研究员，博士，主要从事经济林产品深加工研究（E-mail）1016430670@qq.com。

通信作者：李勇杰，研究员，硕士（E-mail）liyongjie107@126.com。

μg/g, (α + γ) - tocopherol (292.41 ± 4.26) - (1 285.60 ± 7.22) μg/g, and the tocopherol in the Yuanboluo and Niangqing walnut oil with higher tocopherol content had some pro - oxidant risk. After principal component analysis, the eight major walnut cultivars could be divided into four groups according to the contribution value of components. Among them, Xixiang and Niangqing walnut was a group, Santai, Yangbipao and Dama walnut was a group, Dashake and Dabaike walnut was a group, and Yuanboluo walnut was grouped separately. In conclusion, walnuts in Yunnan are rich in a variety of nutrients, and have the value of in - depth development and utilization.

Key words: walnut in Yunnan; neurotransmitter; walnut oil; endogenous antioxidant component

核桃(*Juglans regia* L.)原产于亚洲西部,后逐渐传播到世界各地[1]。在中国,核桃主要种植于山西、河北、新疆、云南、陕西等地区。核桃仁富含多种有效成分,如粗脂肪、粗蛋白质、矿物质等[2],这些成分赋予核桃多种功能,如提供能量、维持人体正常生理功能、促进大脑发育等[1]。另外,核桃中的色氨酸及其代谢产物(如5-羟色胺和褪黑素)在保护神经、改善学习和记忆功能、抗抑郁、促睡眠等方面表现出重要作用[3]。

核桃油是从核桃仁中提取的油脂,具有较高的营养价值和保健功能,其功能性成分包括脂肪酸(如油酸、亚油酸、亚麻酸)、生育酚、甾醇、角鲨烯、褪黑素、β-胡萝卜素等。这些成分使核桃油具有抗氧化、降低胆固醇、预防心血管疾病、促进大脑发育等作用[4-6]。

云南核桃资源丰富,品种多样,且主要是深纹核桃[1]。云南核桃仁品质优良,其中部分品种核桃仁的营养成分含量较高[7]。目前国内对云南核桃微量营养成分的研究较少,对其功能性成分的系统性分析尚不充分,特别是对云南核桃的品种差异、抗氧化机制及其与健康效应的关系研究较为匮乏。此外,核桃在贮藏和加工过程中易发生氧化酸败,如何通过内源性抗氧化成分保持其稳定性,仍需进一步探索。

在前期研究基础上,本研究对云南8个主栽核桃品种仁中色氨酸、5-羟基色氨酸、5-羟色胺及褪黑素等神经保护成分进行检测,以填补云南核桃在这些功能性成分研究上的空白。同时,对云南8个主栽核桃品种油脂中脂肪酸组成、β-胡萝卜素、角鲨烯、β-谷甾醇、生育酚含量等指标进行分析,以期为云南核桃资源的深度开发和利用提供理论支持,为促进地方特色农产品的产业发展和健康食品的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

云南8个主栽核桃品种漾濞泡、三台、细香、大麻、大砂壳、大白壳、娘青、圆菠萝核桃仁。

37种脂肪酸甲酯混标(纯度≥98%)、β-胡萝卜素(纯度≥98%)、角鲨烯(纯度≥99%)、β-谷甾醇(纯度≥95%)、α-生育酚(纯度≥98%)、γ-生育酚(纯度≥98%)、褪黑素(纯度≥98%,HPLC级)、5-羟色胺(≥99.5%),国家标准物质中心;色氨酸、5-羟基色氨酸;甲醇、异辛烷、正己烷均为色谱纯,氢氧化钾为优级纯,硫酸氢钠为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

6YY-280型液压全自动榨油机,沂水阳东机械有限公司;XINW-DW48低温研磨机,上海鑫翁科学仪器有限公司;Soxtec 8000全自动脂肪测定仪,福斯分析仪器苏州有限公司;Waters2695高效液相色谱仪,杭州谱育科技发展有限公司;LC-20A液相色谱仪、GC-2030气相色谱仪,日本岛津公司;伍丰LC-100高效液相色谱仪,上海伍丰科学仪器有限公司;干式氮吹仪,无锡沃信仪器制造有限公司;TLG-16低温离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 核桃仁中神经递质类成分测定

1.2.1.1 褪黑素含量测定

参考GB/T 5009.170—2003《保健食品中褪黑素含量的测定》测定褪黑素含量。

1.2.1.2 5-羟色胺、色氨酸含量测定

参照GB 5009.294—2023《食品安全国家标准食品中色氨酸的测定》第二法碱水解-液相色谱法测定5-羟色胺、色氨酸含量。

利用标准曲线方程 $y = 1\ 133.9x + 30\ 307.0$ ($R^2 = 0.999\ 6$)(式中:x 为5-羟色胺标准品的质量浓度;y 为峰面积),计算5-羟色胺含量;利用标准曲线方程 $y = 5\ 215.1x + 2\ 865.3$ ($R^2 = 0.999\ 1$)(式中:x 为色氨酸标准品的质量浓度;y 为峰面积),计算色氨酸含量。

1.2.1.3 5-羟基色氨酸含量测定

参照GB 5009.294—2023第二法碱水解-液相

色谱法对样品进行前处理后，进 LC－20A 液相色谱仪进行测定。液相色谱条件：C18 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；紫外检测器，检测波长 278 nm；流速 1 mL/min；柱温 30 ℃；自动进样，进样量 10 μL；流动相为甲醇－0.1% 磷酸水溶液（体积比5∶95）；等度洗脱。

利用标准曲线方程 $y = 11\ 490x - 22\ 079$（$R^2 = 0.996\ 9$）（式中：x 为 5－羟基色氨酸标准品的质量浓度；y 为峰面积），计算 5－羟基色氨酸含量。

1.2.2　核桃油制备

采用液压全自动榨油机对核桃仁进行压榨制油（压力 48 MPa，包饼厚度 8～10 cm，时间 1～2 h），为进一步减少饼中残油，将饼粉碎后进行二次压榨，总出油率达 85% 以上。两次压榨核桃的原油经压滤机过滤去除杂质后暂存于包装瓶中备用。

1.2.3　核桃油脂肪酸组成测定

参考 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》中归一化法测定核桃油的脂肪酸组成及相对含量。

1.2.4　核桃油中内源性抗氧化成分测定

1.2.4.1　β－胡萝卜素含量

采用高效液相色谱法测定核桃油中 β－胡萝卜素含量。

称取约 0.2 g 核桃油，以 2 mL 甲醇溶解，过 0.22 μm 滤膜，待高效液相色谱分析。色谱条件参考 DB 64/T 1514—2017《枸杞及枸杞籽油中玉米黄质、β－胡萝卜素和叶黄素的测定》。

利用标准曲线方程 $y = 3\ 883.0x - 1\ 666.6$（$R^2 = 0.996\ 4$）（式中：x 为 β－胡萝卜素标准品的质量浓度；y 为峰面积），计算 β－胡萝卜素含量。

1.2.4.2　角鲨烯含量

采用高效液相色谱法测定核桃油中角鲨烯含量。

称取约 0.2 g 核桃油，加入 1 mL 10% 氢氧化钾溶液，混匀，于 90 ℃ 恒温提取 30 min。冷却后加入 2 mL 正己烷振荡萃取 10 min，取出上层用超纯水清洗 3 次，取上清氮吹至干，加入 2 mL 甲醇复溶，用针头式过滤器过滤于带有内衬管的样品瓶内，采用伍丰 LC－100 高效液相色谱仪进行测定。色谱条件：C18 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；二极管阵列检测器，检测波长 210 nm；流速 0.8 mL/min；柱温 30 ℃；自动进样，进样量 10 μL；流动相为乙腈。

利用标准曲线方程 $y = 32\ 724.0x - 2\ 045.6$（$R^2 = 1.000\ 0$）（式中：$x$ 为角鲨烯标准品的质量浓度；y 为峰面积），计算角鲨烯含量。

1.2.4.3　β－谷甾醇含量

采用高效液相色谱法测定 β－谷甾醇含量。

称取约 0.2 g 核桃油，加入 0.5 mL 甲醇溶解，用针头式过滤器过滤于带有内衬管的样品瓶内，采用 Waters2695 高效液相色谱仪测定。色谱条件：C18 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；二极管阵列检测器，检测波长 205 nm；流速 1.0 mL/min；柱温 30 ℃；自动进样，进样量 10 μL；流动相 A 为甲醇，B 为超纯水，A 相与 B 相体积比 90∶10；等度洗脱。

利用标准曲线方程 $y = 11\ 228.0x - 7\ 704.9$（$R^2 = 0.999\ 9$）（式中：$x$ 为 β－谷甾醇标准品的质量浓度；y 为峰面积），计算 β－谷甾醇含量。

1.2.4.4　生育酚含量

参考 GB/T 26635—2011《动植物油脂 生育酚及生育三烯酚含量测定 高效液相色谱法》测定核桃油中生育酚含量。

1.2.5　数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据整理。采用 SPSS 29.0 处理分析数据，Origin 2021 作图并进行主成分分析，以求品种成分贡献值近似性。

2　结果与分析

2.1　云南 8 个主栽核桃品种仁中神经递质类成分含量

云南 8 个主栽核桃品种仁中神经递质类成分含量见表 1。

表 1　云南 8 个主栽核桃品种仁中神经递质类成分含量

Table 1　Contents of neurotransmitters in kernels of eight major walnut cultivars in Yunnan

品种	色氨酸/（mg/g）	5－羟基色氨酸/（μg/g）	5－羟色胺/（mg/g）	褪黑素/（ng/g）
漾濞泡	0.08±0.01^{a}	22.13±0.99^{d}	7.06±1.14^{c}	19.00±1.47^{a}
三台	0.05±0.00^{d}	20.96±1.00^{d}	3.82±0.83^{ef}	3.95±0.55^{f}
细香	0.07±0.01^{c}	38.84±1.38^{a}	10.88±0.92^{ab}	18.54±1.66^{a}
大麻	0.08±0.00^{ab}	13.43±0.87^{e}	2.99±0.62^{f}	11.67±0.62^{c}
大砂壳	0.04±0.00^{e}	12.19±1.33^{e}	6.26±0.81^{cd}	6.19±0.66^{e}
大白壳	0.02±0.00^{f}	11.40±0.83^{e}	12.31±1.01^{a}	5.45±0.47^{ef}
娘青	0.07±0.01^{c}	26.00±1.36^{c}	5.34±0.76^{de}	9.13±0.82^{d}
圆菠萝	0.07±0.00^{bc}	30.31±1.50^{b}	9.73±0.99^{b}	15.96±1.34^{b}

注：同列不同字母表示差异显著（$p<0.05$）。下同

Note：Different letters in the same column indicate significant differences（$p<0.05$）. The same below

色氨酸是人体中重要的神经递质——5－羟色胺的前体物质，可作为安神药，具有调节精神节律、改善睡眠的功能[8]。临床研究显示，5－羟基色氨酸具有止痛作用，能够改善部分肌纤维痛症病患的不适，对于慢性压力性头痛的改善也有作用[9]。此外，5－羟基色氨酸可以提高饮食中枢的敏感性，可

以作为减肥药物使用,其在美国等国家已作为药品上市,现已受到人们越来越多的关注。5-羟基色氨酸能在体内转化成5-羟色胺(血清素),其是一种杂环胺,作为神经递质,负责细胞间信号的传递,具有稳定情绪及提高睡眠品质的作用[10]。褪黑素,化学名称为N-乙酰基-5-甲氧基色胺,在体内由5-羟基色氨酸转化生成,具有超强的抗氧化能力[11]。由表1可看出:8个品种核桃仁中色氨酸含量为(0.02±0.00)~(0.08±0.01)mg/g,其中漾濞泡核桃仁中的色氨酸含量最高,大麻核桃仁的次之,大白壳核桃仁的最低;8个品种核桃仁中5-羟基色氨酸含量为(11.40±0.83)~(38.84±1.38)μg/g,其中细香核桃仁中的5-羟基色氨酸含量最高,圆菠萝核桃仁的次之,大白壳核桃仁的最低;8个品种核桃仁中5-羟色胺含量为(2.99±0.62)~(12.31±1.01)mg/g,其中大白壳核桃仁的5-羟色胺含量最高,细香核桃仁的次之,大麻核桃仁的最低;8个品种核桃仁中褪黑素含量为(3.95±0.55)~(19.00±1.47)ng/g,其中漾濞泡核桃仁中的褪黑素含量最高,细香核桃仁的次之,三台核桃仁的最低。本研究测定的云南8个品种核桃仁中5-羟色胺含量远高于Reiter等[12]测定的核桃仁中5-羟色胺含量(微量),褪黑素含量高于Verde等[13]测定的核桃仁中褪黑素含量(2~5 ng/g),所以云南核桃特别是占云南70%栽培面积的漾濞泡核桃可作为健脑、抗抑郁功能食品开发利用。

2.2 云南8个主栽核桃品种油脂中脂肪酸组成及相对含量

云南8个主栽核桃品种油脂中脂肪酸组成及相对含量见表2。

表2 云南8个主栽核桃品种油脂中脂肪酸组成及相对含量

Table 2 Fatty acid composition and contents of oils in eight major walnut cultivars in Yunnan

品种	相对含量/%							ω-6/ω-3
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α-亚麻酸	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸	
漾濞泡	7.45±0.04	2.37±0.01	24.03±0.10	57.65±0.10	7.88±0.02	9.83	89.54	7.32
三台	8.40±0.03	2.04±0.00	17.65±0.00	60.02±0.06	11.28±0.05	10.43	88.94	5.32
细香	5.15±0.02	2.35±0.01	28.11±0.04	57.59±0.07	6.39±0.01	7.49	92.08	9.01
大麻	5.55±0.01	3.35±0.00	20.83±0.02	63.59±0.04	6.20±0.04	8.89	90.61	10.25
大砂壳	5.67±0.02	2.13±0.01	24.40±0.09	61.79±0.03	5.50±0.19	7.80	91.68	11.24
大白壳	5.61±0.02	3.71±0.00	29.14±0.01	56.71±0.09	4.27±0.03	9.32	90.12	13.29
娘青	4.81±0.01	2.00±0.00	37.28±0.03	46.89±0.02	8.50±0.03	6.80	92.67	5.52
圆菠萝	5.15±0.01	2.96±0.00	29.14±0.02	56.08±0.08	6.15±0.02	8.11	91.38	9.12
变异系数/%	21.15	24.76	22.87	8.74	30.83	14.47	1.43	31.09

注:ω-6/ω-3为ω-6多不饱和脂肪酸含量与ω-3多不饱和脂肪酸含量比值

Note: ω-6/ω-3 is the ratio of ω-6 polyunsaturated fatty acid content to ω-3 polyunsaturated fatty acid content

由表2可看出,核桃油主要由亚油酸、油酸、α-亚麻酸、棕榈酸和硬脂酸组成。亚油酸是一种ω-6多不饱和脂肪酸,其是前列腺素的前体物质,对胆固醇的代谢具有重要作用[14]。α-亚麻酸是一种ω-3多不饱和脂肪酸,其是EPA和DHA合成的前体物质,为维持视紫红质正常功能所必需[15]。8个品种核桃油间脂肪酸含量有一定差异,其中:α-亚麻酸含量差异尤为明显,其变异系数达30.83%,其次为硬脂酸,变异系数达24.76%。8个品种核桃油不饱和脂肪酸含量在88.94%~92.67%之间。植物油脂中ω-6与ω-3多不饱和脂肪酸含量适宜比值为4~6,8个品种核桃油中仅三台、娘青核桃油ω-6与ω-3多不饱和脂肪酸含量比值在此范围内。

2.3 云南8个主栽核桃品种油脂中内源性抗氧化成分含量

云南8个主栽核桃品种油脂中内源性抗氧化成分含量见表3。

表3 云南8个主栽核桃品种油脂中内源性抗氧化成分含量

Table 3 Contents of endogenous antioxidant components of oils in eight major walnut cultivars in Yunnan μg/g

品种	β-胡萝卜素	角鲨烯	β-谷甾醇	生育酚		
				α-生育酚	γ-生育酚	(α+γ)-生育酚
漾濞泡	17.24±0.26^{a}	321.68±6.93^{f}	382.86±6.49^{a}	219.51±6.85^{d}	120.59±4.87^{d}	340.10±5.86^{d}
三台	9.29±0.35^{e}	350.18±7.24^{e}	297.75±7.32^{de}	199.28±4.67^{e}	119.55±2.35^{d}	318.83±3.51^{d}
细香	9.03±0.30^{cd}	391.37±7.85^{d}	287.71±6.14^{e}	219.43±7.11^{d}	143.48±3.62^{b}	362.91±5.37^{c}

续表 3　　μg/g

品种	β－胡萝卜素	角鲨烯	β－谷甾醇	生育酚		
				α－生育酚	γ－生育酚	(α+γ)－生育酚
大麻	7.82±0.37^{e}	319.41±5.43^{f}	317.70±4.16^{c}	174.91±7.15^{f}	132.61±3.67^{e}	307.52±5.41^{e}
大砂壳	7.21±0.30^{f}	640.22±5.00^{b}	344.30±8.85^{b}	181.25±3.99^{f}	111.16±4.53^{e}	292.41±4.26^{ef}
大白壳	17.30±0.20^{a}	407.21±8.13^{c}	260.17±4.91^{f}	269.20±7.36^{c}	118.67±3.41^{d}	387.87±5.39^{c}
娘青	8.55±0.42^{d}	362.00±5.12^{e}	307.52±5.98^{cd}	1 104.62±8.11^{a}	180.98±6.32^{a}	1 285.60±7.22^{a}
圆菠萝	12.20±0.32^{b}	1 293.00±13.00^{a}	214.29±4.00^{g}	902.98±9.18^{b}	138.93±3.47^{bc}	1 041.91±6.33^{b}

β－胡萝卜素是一种重要的类胡萝卜素，具有很强的抗氧化性，可有效清除自由基[16]。角鲨烯是一种高度不饱和直链三萜烯类化合物，能提高超氧化物歧化酶(SOD)活性，可使油脂保持良好的稳定性[17]。β－谷甾醇具有多种生理功能，对脂质过氧化也有很强的抑制作用[18－19]。由表 3 可看出：8 个品种核桃油中β－胡萝卜素含量为(7.21±0.30)～(17.30±0.20)μg/g，其中大白壳核桃油的β－胡萝卜素含量最高，漾濞泡核桃油的次之，大砂壳核桃油的最低；8 个品种核桃油中角鲨烯含量为(319.41±5.43)～(1 293.00±13.00)μg/g，其中圆菠萝核桃油的角鲨烯含量最高，大砂壳核桃油的次之，大麻核桃油的最低；8 个品种核桃油中β－谷甾醇含量为(214.29±4.00)～(382.86±6.49)μg/g，其中漾濞泡核桃油的β－谷甾醇含量最高，大砂壳核桃油的次之，圆菠萝核桃油的最低。研究发现，核桃油中生育酚主要成分为α－生育酚与γ－生育酚，β－生育酚及δ－生育酚含量极微[20]。8 个品种核桃油中α－生育酚含量为(174.91±7.15)～(1 104.62±8.11)μg/g，其中娘青核桃油α－生育酚含量最高，圆菠萝核桃油的次之，大麻核桃油的最低；8 个品种核桃油中γ－生育酚含量为(111.16±4.53)～(180.98±6.32)μg/g，其中娘青核桃油的γ－生育酚含量最高，细香核桃油的次之，大砂壳核桃油的最低；8 个品种核桃油中(α+γ)－生育酚含量为(292.41±4.26)～(1 285.60±7.22)μg/g，其中娘青核桃油(α+γ)－生育酚含量最高，圆菠萝核桃油的次之，大砂壳核桃油的最低。α－生育酚在高浓度时呈现出促氧化作用，在低浓度时呈现出抗氧化作用，如核桃油中，当α－生育酚含量高于 500 mg/kg 时，α－生育酚具有促氧化作用，而含量低于 500 mg/kg 时具有抗氧化作用[21]，由此推测娘青核桃油与圆菠萝核桃油在一定温度条件下，其中的生育酚具有促氧化作用，从而有使核桃贮藏稳定性降低的可能性。

2.4　云南 8 个主栽核桃品种相似性分析

采用主成分分析对云南 8 个主栽核桃品种仁及其油脂中 14 种营养成分进行相似性评价，结果如图 1 所示。

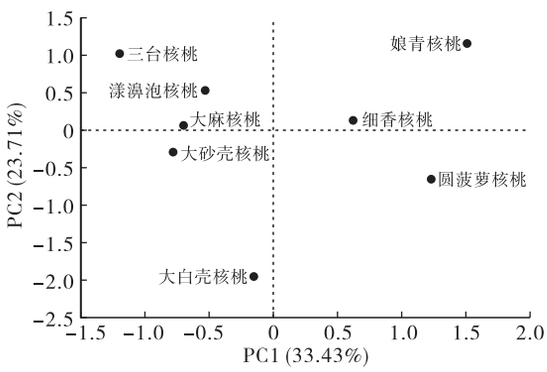

图 1　云南 8 个主栽核桃品种 14 种营养成分贡献值相似性

Fig. 1　Contribution value similarity of 14 nutritional components in eight major walnut cultivars in Yunnan

由图 1 可看出：细香、娘青核桃成分贡献值相似程度较高，为一组；三台、漾濞泡、大麻核桃成分贡献值相似程度较高，为一组；大砂壳、大白壳核桃成分贡献值相似程度较高，为一组；圆菠萝核桃与其他品种区别最大，单独为一组。

3　结　论

云南 8 个主栽核桃品种仁中含一定量的神经递质类成分，其中色氨酸含量为(0.02±0.00)～(0.08±0.01)mg/g，5－羟基色氨酸含量为(11.40±0.83)～(38.84±1.38)μg/g，5－羟色胺含量为(2.99±0.62)～(12.31±1.01)mg/g，褪黑素含量为(3.95±0.55)～(19.00±1.47)ng/g；8 个主栽核桃品种油脂中α－亚麻酸含量变异最大，其含量最高达(11.28±0.05)%，最低为(4.27±0.03)%，三台核桃油与娘青核桃油中ω－6 与ω－3 多不饱和脂肪酸含量比值在 4～6 范围内。8 个品种核桃油中 4 种内源性抗氧化成分含量分别为β－胡萝卜素(7.21±0.30)～(17.30±0.20)μg/g、角鲨烯(319.41±5.43)～(1 293.00±13.00)μg/g、β－谷甾醇(214.29±4.00)～(382.86±6.49)μg/g、(α+γ)－生育酚(292.41±4.26)～(1 285.60±7.22)μg/g，其中生育酚含量较高的圆菠萝与娘青核桃油在一定条件下其中的生育酚会有促氧化风险。经主成分分析，云

南8个主栽品种核桃按成分贡献值相似性可分为4组,其中细香、娘青核桃为一组,三台、漾濞泡、大麻核桃为一组,大砂壳、大白壳核桃为一组,圆菠萝核桃单独为一组。

参考文献:

[1] 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.

[2] 耿树香,宁德鲁,陈海云,等.云南主栽核桃品种功能成分综合评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(2):209-215.

[3] HAIDER S, BATOOL Z, TABASSUM S, et al. Effects of walnuts (*Juglans regia*) on learning and memory functions [J]. Plant Foods Hum Nutr, 2011, 66(4): 335-340.

[4] ROS E. Health benefits of nut consumption[J]. Nutrients, 2010, 2(7): 652-682.

[5] 李敏, 刘媛, 孙翠, 等. 核桃营养价值研究进展[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 166-170.

[6] KRIS-ETHERTON P M, HARRIS W S, APPEL L J, et al. *Omega*-3 fatty acids and cardiovascular disease: New recommendations from the American Heart Association[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2003, 23(2): 151-152.

[7] 陈海云,耿树香,宁德鲁,等.云南主栽品种核桃油的提取及与市售核桃油功能活性成分比较[J].中国油脂,2024,49(5):25-29,87.

[8] 马金丹. 温和灸治疗IBS-D的疗效及对色氨酸—犬尿氨酸/5-羟色胺代谢途径的调节机制研究[D].上海:上海中医药大学, 2021.

[9] 成龙,党正中,刘春亮,等.5-羟基色氨酸生产、测定和代谢途径及其应用研究进展[J].经济动物学报,2024,28(1):50-56.

[10] 陈晨, 徐德平, 金蒙,等.核桃中血清素的提取分离与抗心肌缺血活性研究[J].食品与机械,2019,35(8):167-171.

[11] 赵芳, 陈晖, 王根, 等. 瘤胃保护性5-羟基色氨酸对绵羊胃肠道内容物和血浆中5-羟基色氨酸、褪黑素含量的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(10): 4037-4047.

[12] REITER R J, MANCHESTER L C, TAN D X. Melatonin in walnuts: Influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood[J]. Nutrition, 2005, 21(9): 920-924.

[13] VERDE A, MÍGUEZ J M, LEAO-MARTINS J M, et al. Melatonin content in walnuts and other commercial nuts. Influence of cultivar, ripening and processing (roasting) [J/OL]. J Food Compos Anal, 2022, 105: 104180 [2024-04-19]. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104180.

[14] NURUL A A, AHMAD K A, LUQMAN A,et al. Effect of linoleic acid on cholesterol levels in a high-fat diet-induced hypercholesterolemia rat model [J/OL]. Metabolites, 2022, 13(1): 53 [2024-04-19]. https://doi.org/10.3390/metabo13010053.

[15] DOMENICHIELLO A F, CHEN C T, TREPANIER M O, et al. Whole body synthesis rates of DHA from α-linolenic acid are greater than brain DHA accretion and uptake rates in adult rats[J]. J Lipid Res, 2014, 55(1):62-74.

[16] 张建国,曹红星,张玉锋,等.红棕榈油的营养成分及功效研究进展[J].中国油脂,2025,50(3):68-75.

[17] 王兴国, 金青哲, 常明. 木本油料油脂的营养与健康[J]. 粮食与食品工业,2017, 24(1):8-12.

[18] 张文文,向施,陈慧,等.β-谷甾醇防治肿瘤的机制研究进展[J/OL].医药导报: 1-20[2024-04-19]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1293.r.20240123.1927.012.html.

[19] LI Q, MO R, WANG R, et al. Characterization and assessment of chemical components in walnuts with various appearances[J/OL]. J Food Compos Anal, 2022, 107: 104361[2024-04-19]. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104361.

[20] 郑悦雯, 吴书天, 沈丹玉,等. 10个品种核桃油品质比较[J]. 中国油脂, 2020, 45(10):47-51.

[21] CAO J, LI H, XIA X, et al. Effect of fatty acid and tocopherol on oxidative stability of vegetable oils with limited air [J]. Int J Food Prop, 2015, 18(4): 808-820.