

# 不同产地‘清香’核桃营养成分分析与品质综合评价

马盼盼<sup>1</sup>, 颀敏华<sup>1,2</sup>, 吴小华<sup>2</sup>, 王彦淳<sup>2</sup>, 刘在宝<sup>3</sup>, 陈柏<sup>2</sup>, 王学喜<sup>2</sup>

(1. 甘肃农业大学园艺学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 兰州 730070;  
3. 甘肃亚盛实业(集团)股份有限公司条山农工商开发分公司, 甘肃白银 730400)

**摘要:**旨在为‘清香’核桃产业发展提供理论依据和发展思路,对4个产地的‘清香’核桃的感官品质、核仁基本营养成分和油脂脂肪酸组成及含量、核仁抗氧化物质含量和抗氧化能力进行测定,并采用主成分分析对核桃品质进行综合评价。结果表明:4个产地中,甘肃成县‘清香’核桃感官品质最佳,脂肪含量达70.41%,油脂中不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量分别为91.80%和75.89%, $\omega-6$ 多不饱和脂肪酸与 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸含量比值(6.59)最接近中国营养学会推荐的比值范围;陕西宜君县‘清香’核桃水分含量(3.90%)、可溶性糖含量(1.53%)最高,DPPH自由基清除能力(179.73  $\mu\text{mol/g}$ )最强;山西闻喜县‘清香’核桃核壳色泽得分、总黄酮含量(0.13%)最高,ABTS自由基清除能力(135.18  $\mu\text{mol/g}$ )最强;河北赞皇县‘清香’核桃蛋白质、碳水化合物、单宁和维生素E含量最高,分别为15.77%、3.96%、0.713 g/100 g和1.45 mg/100 g,但其涩味最重。4个产地‘清香’核桃综合品质得分从高到低依次为甘肃成县、陕西宜君县、山西闻喜县、河北赞皇县。综上,不同产地‘清香’核桃在感官、营养品质等多项品质指标上存在差异,其中,甘肃成县‘清香’核桃在外观、口感、油脂脂肪酸组成以及不饱和脂肪酸组成方面表现最好,综合表现最佳。

**关键词:**‘清香’核桃;不同产地;营养成分;品质评价

中图分类号:TS222+.1;TS201.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2025)03-0083-06

## Nutritional components analysis and comprehensive quality evaluation of Qingxiang walnut from different regions

MA Panpan<sup>1</sup>, XIE Minhua<sup>1,2</sup>, WU Xiaohua<sup>2</sup>, WANG Yanchun<sup>2</sup>,  
LIU Zaibao<sup>3</sup>, CHEN Bai<sup>2</sup>, WANG Xuexi<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 3. Tiaoshan Farm Business Development Branch, Gansu Yasheng Industrial(Group) Limited Company, Baiyin 730400, Gansu, China)

**Abstract:** Aiming to provide theoretical basis and development ideas for the development of Qingxiang walnut industry, the fruit sensory quality, basic nutrient composition of kernel, fatty acid composition and content of oil, antioxidant substances content and antioxidant capacity of Qingxiang walnut kernel

收稿日期:2023-09-21;修回日期:2024-12-04

基金项目:甘肃省特色优势农产品评价——成县核桃(TYNPZ2022-11)

作者简介:马盼盼(1997),女,硕士,研究方向为果树采后生物学(E-mail)1159423220@qq.com。

通信作者:颀敏华,研究员,硕士生导师,博士(E-mail)xieminhuags@126.com。

from four regions were determined, and the principal component analysis was conducted to provide a comprehensive evaluation of the quality of Qingxiang walnut from different regions. The results showed that the sensory quality of Qingxiang walnut in Chengxian County, Gansu was the best among the four regions, with fat

content in oil of 70.41% , unsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid content of 91.80% and 75.89% , respectively , and the ratio of  $\omega - 6$  polyunsaturated fatty acid content to  $\omega - 3$  polyunsaturated fatty acid content (6.59) was the closest to the range of ratio recommended by the Chinese Nutrition Society. The highest moisture content (3.90% ) , soluble sugar content (1.53% ) , and the strongest DPPH free radical scavenging ability (179.73  $\mu\text{mol/g}$ ) were found in Qingxiang walnut from Yijun County, Shaanxi, while the highest score for color of walnuts' seed shells, content of total flavonoids (0.13% ) , and the strongest ABTS free radical scavenging ability (135.18  $\mu\text{mol/g}$ ) were found in Qingxiang walnut from Wenxi County, Shanxi. The Qingxiang walnut from Zanhuan County, Hebei, had the highest protein, carbohydrate, tannin and  $V_E$  contents of 15.77% , 3.96% , 0.713 g/100 g and 1.45 mg/100 g, respectively, but their astringency was the heaviest. The comprehensive quality scores of the Qingxiang walnut from Chengxian County, Gansu was the highest, followed by Yijun County, Shaanxi, Wenxi County, Shanxi, and Zanhuan County, Hebei. In conclusion, the Qingxiang walnut from different regions differed in quality indexes such as sensory and nutritional qualities, among which, the Qingxiang walnut produced in Chengxian County, Gansu, shows the best performance in terms of appearance, taste, fatty acid composition and unsaturated fatty acid composition of oil, and has the best overall performance.

**Key words:** Qingxiang walnut; different regions; nutritional component; quality evaluation

核桃是胡桃科(Juglandaceae)胡桃属(*Juglans*)植物,其果实核桃既可作为油料又可作为坚果食用,核仁脂香浓郁,含有丰富的不饱和脂肪酸和抗氧化物质,具有健脑补肾、美容养颜、预防心脑血管疾病等多重保健作用<sup>[1-2]</sup>。‘清香’核桃油脂含量丰富,坚果较大,核仁饱满、涩味轻、口感香脆,且核壳厚度适中,不易破损,具有适应性强、抗晚霜、丰产性强等优点,是核桃优良品种,其原产自日本,自20世纪80年代引入我国,并在我国多个省市均有栽培<sup>[3-4]</sup>。

研究表明,不同产地同一品种核桃可能因气候环境和栽培方式等因素不同在外观、口感和营养品质上存在差异<sup>[5-9]</sup>。对核桃进行品质评价对于核桃的品种推广、生产加工、区域化种植和产业发展具有重要作用,对不同产地同品种核桃进行品质评价不仅可以对比产地因素对核桃品质的影响,还可通过评价结果为当地核桃产业提供发展方向,对促进核桃产业发展、农民增收同样具有重要作用。核桃坚果品质评价大致可以从感官和营养物质两方面出发,例如:李俊南等<sup>[5]</sup>对6个产地的‘娘青’核桃品质进行综合评价发现,各产地核桃在营养物质和脂肪含量上存在差异;时羽杰等<sup>[6]</sup>研究发现,川西不同地区‘盐源早’核桃在形态特征和功能性成分等指标上存在显著差异。目前关于‘清香’核桃营养品质的研究较少。本研究以4个产地‘清香’核桃

为原料,对其果实感官品质、核仁基本营养成分和油脂脂肪酸组成及相对含量、核仁抗氧化物质含量和抗氧化能力等指标进行了测定,并通过主成分分析对不同产地‘清香’核桃进行综合评价,以期为‘清香’核桃产业发展提供理论依据和发展思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 采样地区概况和采样树体基本情况

‘清香’核桃产地分别为甘肃成县、陕西宜君县、河北赞皇县、山西闻喜县,在4个产地分别选取3个代表性果园,其中:甘肃成县核桃采自石碑村、大埡村和苇子沟村;陕西宜君县核桃采自皇姑庄村、十里铺村和十五里铺村;河北赞皇县核桃采自榆底村、严华寺村和千根村;山西闻喜县核桃采自柏林村、店头村和东雷阳村。挑选树龄一致、长势相同、无病虫害的果树,于2022年9月在各产地果园分别采集600个(约15 kg)青皮核桃,将每个果园采集到的样品充分混匀,脱去青皮,清洗干净后阴干备用。

#### 1.1.2 仪器与设备

电子分析天平,游标卡尺,冷冻组织研磨器,索氏抽提配套设备,恒温水浴锅,电热鼓风干燥箱,低温离心机,Cary 100紫外可见分光光度计,气相色谱仪,旋转蒸发仪,SP-3420高效液相色谱仪,水解炉,减压干燥仪,电感耦合等离子体光谱仪。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 核桃感官评价

每份样品随机取50个核桃,组织10名评价员进行观察和品尝,按表1对各产地‘清香’核桃感官品质指标进行评价,最终评分以平均值计算。

表1 核桃感官评分标准

指标	评分标准		
	3分	2分	1分
核壳色泽	黄白色	黄棕色	褐色
种皮色泽	浅黄色	深黄色	黄褐色
核仁质地	脆	较脆	较柔韧
核仁风味	香,无涩味	较香,涩味淡	涩味明显

### 1.2.2 核仁基本营养成分的测定

碳水化合物含量参照 GB/T 5009.9—2008《食品中淀粉的测定》测定;脂肪含量参照 NY/T 1285—2007《油料种籽含油量的测定 残余法》测定;蛋白质含量参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》测定;水分含量参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》测定;可溶性糖含量参照 GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》测定。

### 1.2.3 核桃油脂脂肪酸组成及相对含量的测定

核桃油脂脂肪酸组成及相对含量参考杨亚琴等<sup>[10]</sup>的方法测定。

### 1.2.4 核仁抗氧化物质含量的测定

维生素E含量参照 GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定》测定;单宁含量参照 NY/T 1600—2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定 分光光度法》测定;总酚含量参照 T/NAIA 097—2021《枸杞中总酚含量的测定 分光光度法》测定;总黄酮含量参照 NY/T 1295—2007《荞麦及其制品中总黄酮含量的测定》测定。

### 1.2.5 核仁抗氧化能力的测定

参照 GB/T 39100—2020《多肽抗氧化性测定 DPPH 和 ABTS 法》以 Trolox 为标准品进行抗氧化能力的测定,以1g样品中所含抗氧化物的物质的量表示样品的自由基清除能力。

### 1.2.6 数据处理

采用 Excel 2010 软件进行数据分析与制图,采用 SPSS 22.0 软件进行差异性分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同产地‘清香’核桃的感官评价

不同产地‘清香’核桃的感官评分见表2。

由表2可知:山西闻喜县‘清香’核桃核壳色泽

得分最高,为2.33,河北赞皇县的次之,为2.17,陕西宜君县的得分最低,为1.83,4个产地间差异不显著( $p > 0.05$ );甘肃成县‘清香’核桃种皮色泽得分最高,为2.80,其次为陕西宜君县的,为2.40,河北赞皇县的得分最低,种皮色泽最深,4个产地间差异显著( $p < 0.05$ );4个产地‘清香’核桃核仁质地得分均为3.00;甘肃成县‘清香’核桃核仁风味最好、涩味最淡,得分为2.83,河北赞皇县的核仁涩味最重,得分为0.80,4个产地间差异显著( $p < 0.05$ )。核壳色泽、种皮色泽、核仁质地、核仁风味是核桃坚果等级划分的重要感官品质指标,核壳和种皮颜色越浅,核仁涩味越淡、风味越好,商品级别越高<sup>[11]</sup>。总体而言,甘肃成县的‘清香’核桃感官品质最优。

表2 不同产地‘清香’核桃感官评分

Table 2 Sensory scores of Qingxiang walnut from different regions

产地	核壳色泽	种皮色泽	核仁质地	核仁风味
甘肃成县	2.00 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	2.83 <sup>a</sup>
河北赞皇县	2.17 <sup>a</sup>	0.80 <sup>d</sup>	3.00 <sup>a</sup>	0.80 <sup>d</sup>
陕西宜君县	1.83 <sup>a</sup>	2.40 <sup>b</sup>	3.00 <sup>a</sup>	2.40 <sup>b</sup>
山西闻喜县	2.33 <sup>a</sup>	1.30 <sup>c</sup>	3.00 <sup>a</sup>	1.33 <sup>c</sup>

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

### 2.2 不同产地‘清香’核桃的基本营养成分

不同产地‘清香’核桃的基本营养成分见表3。

表3 不同产地‘清香’核桃的基本营养成分含量

Table 3 Basic nutritional composition of Qingxiang walnut kernel from different regions

产地	脂肪	蛋白质	碳水化合物	水分	可溶性糖
甘肃成县	70.41 <sup>a</sup>	14.93 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>	3.20 <sup>c</sup>	0.98 <sup>a</sup>
河北赞皇县	68.25 <sup>a</sup>	15.77 <sup>a</sup>	3.96 <sup>a</sup>	3.60 <sup>b</sup>	0.92 <sup>a</sup>
陕西宜君县	69.63 <sup>a</sup>	15.23 <sup>a</sup>	3.87 <sup>a</sup>	3.90 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>
山西闻喜县	68.83 <sup>a</sup>	15.17 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	3.15 <sup>c</sup>	1.17 <sup>a</sup>

由表3可知,4个产地‘清香’核桃的脂肪含量为68.25%~70.41%,其中甘肃成县的脂肪含量最高(70.41%),陕西宜君县的次之(69.63%),河北赞皇县的最低,为68.25%。4个产地‘清香’的核桃蛋白质含量在14.93%~15.77%之间,其中河北赞皇县的最高,为15.77%,甘肃成县的最低,为14.93%。4个产地‘清香’核桃的碳水化合物含量在3.52%~3.96%之间,其中甘肃成县的最低(3.52%),河北赞皇县的最高(3.96%)。4个产地‘清香’核桃的脂肪、蛋白质及碳水化合物含量差异均不显著( $p > 0.05$ )。4个产地‘清香’核桃的水分

含量均低于 5%，其中山西闻喜县的最低，为 3.15%，陕西宜君县的最高，为 3.90%，与其他 3 个产地间具有显著差异 ( $p < 0.05$ )。陕西宜君县‘清香’核桃的可溶性糖含量最高，为 1.53%，之后依次为山西闻喜县、甘肃成县、河北赞皇县的，可溶性糖含量分别为 1.17%、0.98%、0.92%，各产地之间差异不显著 ( $p > 0.05$ )。

脂肪是核桃的第一大类营养物质，一般含量可达核仁质量的 60% 以上；蛋白质是核桃中的第二大类营养物质，核桃中 96% 以上的蛋白质可以被人体吸收利用<sup>[12]</sup>；此外，核桃属低碳水化合物食品，对减

肥、心脏健康和血糖均具有积极影响<sup>[13]</sup>。水分含量是影响核桃品质的一个重要因素，水分含量过高，坚果在贮藏过程中易发霉变质，一般以不大于 7% 为宜。试验结果表明，甘肃成县‘清香’核桃的脂肪含量略高于其他产地，碳水化合物和水分含量较低，其营养丰富、香脆耐贮，是优良的坚果食品，同时也具有开发为高油脂产品的潜力。

### 2.3 不同产地‘清香’核桃油的主要脂肪酸组成及含量

不同产地‘清香’核桃油的主要脂肪酸组成及相对含量见表 4。

表 4 不同产地‘清香’核桃油的主要脂肪酸组成及相对含量

Table 4 Main fatty acid composition and relative content of Qingxiang walnut oil from different regions

产地	相对含量/%								$\omega-6/\omega-3$
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸	多不饱和脂肪酸	
甘肃成县	5.69 <sup>a</sup>	2.39 <sup>b</sup>	15.91 <sup>b</sup>	65.89 <sup>a</sup>	10.00 <sup>a</sup>	8.09 <sup>b</sup>	91.80 <sup>a</sup>	75.89 <sup>a</sup>	6.59 <sup>b</sup>
河北赞皇县	5.98 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	16.83 <sup>b</sup>	63.41 <sup>a</sup>	8.17 <sup>c</sup>	9.22 <sup>a</sup>	88.42 <sup>b</sup>	71.58 <sup>b</sup>	7.76 <sup>a</sup>
陕西宜君县	5.67 <sup>a</sup>	2.41 <sup>b</sup>	15.71 <sup>b</sup>	65.51 <sup>a</sup>	9.13 <sup>ab</sup>	8.09 <sup>b</sup>	90.35 <sup>ab</sup>	74.60 <sup>ab</sup>	7.19 <sup>ab</sup>
山西闻喜县	6.32 <sup>a</sup>	2.85 <sup>ab</sup>	19.62 <sup>a</sup>	61.82 <sup>a</sup>	8.96 <sup>bc</sup>	9.17 <sup>a</sup>	90.40 <sup>ab</sup>	70.78 <sup>b</sup>	6.90 <sup>ab</sup>

由表 4 可知，甘肃成县和陕西宜君县‘清香’核桃油的饱和脂肪酸含量最低，均为 8.09%，显著低于山西闻喜县和河北赞皇县的 ( $p < 0.05$ )。其中：山西闻喜县的棕榈酸含量最高 (6.32%)，陕西宜君县的棕榈酸含量最低 (5.67%)，但 4 个产地间的棕榈酸含量无显著差异 ( $p > 0.05$ )；河北赞皇县的硬脂酸含量最高 (3.23%)，与山西闻喜县的差异不显著 ( $p > 0.05$ )，与甘肃成县、陕西宜君县的差异显著 ( $p < 0.05$ )。甘肃成县‘清香’核桃油不饱和脂肪酸含量最高，为 91.80%，山西闻喜县和陕西宜君县的次之，分别为 90.40% 和 90.35%，河北赞皇县的最低，为 88.42%；山西闻喜县‘清香’核桃油油酸含量最高 (19.62%)，显著高于其他 3 个产地的 ( $p < 0.05$ )；甘肃成县‘清香’核桃油亚油酸和亚麻酸含量均最高，分别为 65.89% 和 10.00%，因此其多不饱和脂肪酸含量 (75.89%) 最高，且其  $\omega-6$  多不饱和脂肪酸与  $\omega-3$  多不饱和脂肪酸含量比值 ( $\omega-6/\omega-3$ ) 为 6.59，最接近中国营养学会推荐的  $\omega-6/\omega-3$  (4~6)，表明其脂肪酸组成较其他 3 个产地更优。

研究表明，长期过量食用饱和脂肪酸含量高的食物，易引发心脑血管疾病<sup>[14]</sup>，而多不饱和脂肪酸亚油酸和亚麻酸对维持人体健康、调节生理机能具有重要作用。试验结果表明，甘肃成县‘清香’核桃油饱和脂肪酸含量低，不饱和脂肪酸含量高，且不饱和脂肪酸的组成最优，推荐作为保健食品日常食用。

### 2.4 不同产地‘清香’核桃的抗氧化物质含量

不同产地‘清香’核桃抗氧化物质含量见表 5。

表 5 不同产地‘清香’核桃的抗氧化物质含量

Table 5 Antioxidant substances contents of Qingxiang walnut kernel from different regions

产地	单宁/ (g/100 g)	总酚/ (mg/g)	总黄酮/ %	维生素 E/ (mg/100 g)
甘肃成县	0.403 <sup>b</sup>	4.01 <sup>a</sup>	0.08 <sup>c</sup>	1.40 <sup>a</sup>
河北赞皇县	0.713 <sup>a</sup>	4.33 <sup>a</sup>	0.12 <sup>ab</sup>	1.45 <sup>a</sup>
陕西宜君县	0.622 <sup>a</sup>	4.41 <sup>a</sup>	0.10 <sup>bc</sup>	1.32 <sup>ab</sup>
山西闻喜县	0.663 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	1.31 <sup>b</sup>

由表 5 可知，河北赞皇县‘清香’核桃的单宁含量最高，为 0.713 g/100 g，其次为山西闻喜县和陕西宜君县的，甘肃成县的最低。单宁是一种水溶性多酚类物质，影响核桃种皮色泽的同时还是核仁涩味的主要来源，这也与感官评价中河北赞皇县‘清香’核桃种皮颜色最深、涩味最强相对应。陕西宜君县‘清香’核桃中总酚含量最高，为 4.41 mg/g，其次为河北赞皇县、甘肃成县的，山西闻喜县的最低，各产地之间差异不显著 ( $p > 0.05$ )。山西闻喜县‘清香’核桃中总黄酮含量最高，为 0.13%，显著高于甘肃成县、陕西宜君县的 ( $p < 0.05$ )。河北赞皇县‘清香’核桃中维生素 E 含量最高，为 1.45 mg/100 g，其次为甘肃成县、陕西宜君县的，分别为 1.40、1.32 mg/100 g，山西闻喜县的最低，为 1.31 mg/100 g。

多酚和黄酮类物质对人体具有多种保健功能，

是核桃中重要的抗氧化物质,具有降低心血管疾病风险、抗炎、抗肿瘤等作用<sup>[15-18]</sup>。维生素E是一种重要的植物源脂溶性维生素,可清除自由基,具有改善脑缺血,抵抗动脉粥样硬化,延缓细胞衰老等功效<sup>[16]</sup>。河北赞皇县‘清香’核桃中维生素E、总酚和总黄酮含量较其他产地总体占优势,然而其在抗氧化物质含量丰富的同时核仁涩味也会更强,这在感官评价结果中也有所体现。

## 2.5 不同产地‘清香’核桃的抗氧化能力

不同产地‘清香’核桃的DPPH和ABTS自由基清除能力见表6。

表6 不同产地‘清香’核桃的DPPH和ABTS自由基清除能力

产地	μmol/g	
	DPPH 自由基	ABTS 自由基
甘肃成县	128.11 <sup>ab</sup>	109.97 <sup>a</sup>
河北赞皇县	84.24 <sup>bc</sup>	127.89 <sup>a</sup>
陕西宜君县	179.73 <sup>a</sup>	114.04 <sup>a</sup>
山西闻喜县	58.33 <sup>c</sup>	135.18 <sup>a</sup>

由表6可知:陕西宜君县‘清香’核桃的DPPH自由基清除能力最高,为179.73 μmol/g,甘肃成县、河北赞皇县和山西闻喜县的分别为128.11、84.24 μmol/g和58.33 μmol/g,陕西宜君县的显著高于河北赞皇县和山西闻喜县的( $p < 0.05$ ),与甘肃成县的差异不显著( $p > 0.05$ );山西闻喜县的ABTS自由基清除能力最高,为135.18 μmol/g,甘肃成县的最低,为109.97 μmol/g,4个产地之间差异不显著( $p > 0.05$ )。

## 2.6 不同产地‘清香’核桃主成分分析及综合评价

主成分的特征值和方差贡献率是选择主成分的重要依据。对4个产地‘清香’核桃感官指标(核壳色泽、种皮色泽、核仁风味)、基本营养成分(蛋白质、脂肪、可溶性糖、碳水化合物)、油脂中脂肪酸(亚油酸、亚麻酸、不饱和脂肪酸、 $\omega-6/\omega-3$ 、多不饱和脂肪酸)、抗氧化物质(维生素E、总黄酮)、抗氧化能力(DPPH、ABTS自由基清除能力)进行主成分分析,其前5个主成分方差贡献率见表7,主成分得分系数矩阵见表8。

由表7可知,前5个主成分的累积方差贡献率达到86.881%,说明前5个主成分可反映原始变量的绝大部分信息,因此可以用这5个主成分代替16个指标进行综合评价。由表8可知,主成分1主要由种皮色泽、核仁风味、总黄酮、DPPH自由基清除

能力、亚麻酸等因子决定;主成分2主要由蛋白质、多不饱和脂肪酸等因子决定;主成分3主要由核壳色泽决定;主成分4主要由可溶性糖决定;主成分5主要由维生素E决定。

表7 核桃品质主成分的方差贡献率

Table 7 Variance contribution rate of principal components of walnut quality

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	6.373	39.830	39.830
2	3.289	20.558	60.388
3	1.978	12.366	72.754
4	1.248	7.802	80.556
5	1.012	6.325	86.881

表8 主成分得分系数矩阵

Table 8 Principal component score coefficient matrix

品质指标	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5
核壳色泽( $Z_1$ )	-0.083	-0.108	-0.926	-0.131	-0.186
种皮色泽( $Z_2$ )	0.950	0.029	0.170	-0.011	0.073
壳仁风味( $Z_3$ )	0.968	-0.063	0.152	-0.029	0.031
蛋白质( $Z_4$ )	-0.308	0.773	0.173	0.267	-0.091
脂肪( $Z_5$ )	0.586	-0.616	0.010	-0.105	0.151
碳水化合物( $Z_6$ )	-0.328	0.627	0.435	-0.022	0.290
可溶性糖( $Z_7$ )	0.163	0.172	0.242	-0.786	0.260
总黄酮( $Z_8$ )	-0.839	-0.132	-0.154	0.296	0.329
DPPH自由基清除能力( $Z_9$ )	0.717	0.420	-0.068	-0.300	0.114
ATBS自由基清除能力( $Z_{10}$ )	-0.375	-0.448	0.695	0.227	0.103
亚油酸( $Z_{11}$ )	0.666	0.635	-0.174	0.227	0.034
亚麻酸( $Z_{12}$ )	0.839	-0.382	0.147	0.230	-0.152
不饱和脂肪酸( $Z_{13}$ )	0.646	0.338	-0.004	0.282	0.149
$\omega-6/\omega-3$ ( $Z_{14}$ )	0.818	0.450	-0.112	0.263	-0.013
多不饱和脂肪酸( $Z_{15}$ )	-0.564	0.699	-0.209	-0.106	0.149
维生素E( $Z_{16}$ )	-0.206	0.353	0.416	-0.190	-0.766

为了便于分析,设主成分1~主成分5得分为 $F_1 \sim F_5$ ,在拟合得到主成分得分与核桃的评价指标之间的线性方程基础上,以每个主成分的方差贡献率为权重,计算主成分综合得分( $F$ )。计算公式为 $F = (39.830F_1 + 20.558F_2 + 12.366F_3 + 7.802F_4 + 6.325F_5)/86.881$ 。综合得分越高,该产地‘清香’核桃的综合品质表现越好。不同产地‘清香’核桃品质的综合得分见表9。

由表9可知,甘肃成县‘清香’核桃综合品质最优,综合得分为7.92,其次为陕西宜君县和山西闻喜县的,河北赞皇县的综合得分最低。

综上,通过单项指标的对比和综合分析,甘肃成县‘清香’核桃外观较好,口感香脆,涩味较淡,脂肪含量高,油中不饱和脂肪酸含量丰富,是当地优良的

农产品,不仅适宜作为坚果零食和油料产品,也可以开发保健产品,应当大力发展产品优势,建立地标产品,根据市场需求发展深加工产品。

表9 不同产地‘清香’核桃品质的综合得分

Table 9 Composite scores for quality of Qingxiang walnut from different regions

产地	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F$	排名
甘肃成县	13.53	6.39	0.94	-0.19	1.25	7.92	1
河北赞皇县	0.64	3.79	1.42	1.06	0.27	1.51	4
陕西宜君县	10.56	6.57	2.39	-1.54	2.68	6.79	2
山西闻喜县	1.45	4.30	2.54	0.62	3.16	2.33	3

### 3 结论

对4个产地‘清香’核桃感官品质、营养成分、油脂脂肪酸组成、抗氧化物质指标进行测定,结果表明:4个产地中甘肃成县‘清香’核桃种皮颜色浅、核仁风味佳,脂肪含量(70.41%)和油中不饱和脂肪酸含量(91.80%)最高,不饱和脂肪酸中亚油酸(65.89%)、亚麻酸(10.00%)含量最高,多不饱和脂肪酸含量为75.89%,单宁含量最低(0.403 g/100 g);陕西宜君县‘清香’核桃水分含量(3.90%)、可溶性糖含量(1.53%)、总酚含量(4.41 mg/g)最高,DPPH 自由基清除能力(179.73  $\mu\text{mol/g}$ )最强;山西闻喜县‘清香’核桃核壳颜色最浅,油中棕榈酸含量(6.32%)和油酸含量(19.62%)、总黄酮含量(0.13%)最高,ABTS 自由基清除能力(135.18  $\mu\text{mol/g}$ )最强;河北赞皇县‘清香’核桃种皮颜色最深,蛋白质含量(15.77%)、碳水化合物含量(3.96%)、油中饱和脂肪酸含量(9.22%)、硬脂酸含量(3.23%)、单宁含量(0.713 g/100 g)、维生素E含量(1.45 mg/100 g)最高。经主成分分析,4个产地‘清香’核桃的综合评价排名为甘肃成县>陕西宜君县>山西闻喜县>河北赞皇县,甘肃成县核桃外观优良、涩味淡、风味品质好、不饱和脂肪酸含量高,品质最好。

### 参考文献:

[1] 许欢欢,何爱民,吉洋洋,等. 核桃的营养价值、保健功能及开发前景[J]. 食品工业, 2023, 44(5):342-346.

[2] 吴道勋,黄靖晖,苗圣楠,等. 核桃的营养成分及其对神经系统保健功效的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(23):1-3, 7.

[3] 李红霞,董富俊,韩家山. 清香核桃的栽培技术[J]. 落叶果树, 2018, 50(1): 66-67.

[4] 马成战,张殿勤,孙红川,等. 清香核桃应用推广的现状 & 对策建议[J]. 果树实用技术与信息, 2020(8): 34-35.

[5] 李俊南,熊新武,张雨,等. 不同地区‘娘青’核桃坚果

品质综合评价分析[J]. 中国油脂, 2024, 49(5):114-119.

[6] 时羽杰,李晶晶,糜加轩,等. 川西不同产地“盐源早”核桃的品质研究及评价[J]. 四川农业大学学报, 2021, 39(4):486-495.

[7] 王中奎,王超,关法春. 不同产地核桃坚果的综合性状评价[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 100-103.

[8] 张旋,方晓璞,杨学华,等. 我国不同产地核桃油与铁核桃油营养成分的分析比较[J]. 中国油脂, 2022, 47(5): 60-64.

[9] 邓加林,潘庆牧,刘安莹. 国内16个核桃品种主要营养成分特性研究[J]. 食品与发酵科技, 2023, 59(3): 111-115.

[10] 杨亚琴,周其芳,刘进玺,等. 气相色谱法测定食用豆中主要脂肪酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(2): 574-578.

[11] 核桃 第8部分:核桃坚果质量及检测: LY/T 3004.8—2018[S]. 北京:中国标准出版社,2019.

[12] 张莹莹,毛向红,张建英. 河北省核桃坚果蛋白质、脂肪及脂肪酸组成分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(13):292-298.

[13] 朱玉,李昊伟,周志豪,等. 低碳水化合物饮食与高血糖关联的横断面研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2023, 27(5): 540-545, 604.

[14] 饱和脂肪酸饮食或影响大脑功能[J]. 江苏卫生保健, 2016(19):33.

[15] 刘雨霞. 不同核桃品种内种皮苦涩味物质差异研究[D]. 山西 晋中: 山西农业大学, 2021.

[16] 袁奖娟,郝佳波,刘云,等. 云南3种有色泡核桃仁营养成分及仁衣中多酚类物质分析[J]. 中国油脂, 2023, 48(5):120-123, 128.

[17] 宋慧,李勇. 黄酮类化合物的保健作用[J]. 中国食物与营养, 2004, 10(11): 45-47.

[18] 郭永生,吴静,吴磊,等. 油茶果壳黄酮、多酚纯化技术及抗氧化活性研究[J]. 食品工业, 2023, 44(8): 35-38.