

# 不同生长阶段鸡爪绵核桃雄花的营养成分分析

胡大佐<sup>1</sup>, 白瑞亮<sup>2,\*</sup>, 王成忠<sup>1</sup>, 于婷娟<sup>3</sup>, 杨明冠<sup>1</sup>, 姜华<sup>1</sup>, 赵之峰<sup>2,\*</sup>, 孙锐<sup>1,\*</sup>

(1. 齐鲁工业大学(山东省科学院)食品科学与工程学院, 山东济南 250300;

2. 山东省经济林管理站, 山东济南 250000;

3. 济南市林果科技推广和产业服务中心, 山东济南 250000)

**摘要:**以鸡爪绵核桃雄花为研究对象,通过比较理化指标研究其不同生长阶段营养成分的不同。结果表明:半成熟阶段1的核桃雄花水分含量约85.23%,自然掉落的核桃雄花水分仅27.50%,伴随着水分含量的降低,粗脂肪含量从0.78%相对提高至2.66%;自然掉落的核桃雄花测得总糖含量约9.52 g/100 g,半成熟阶段的核桃雄花总糖含量为14.36 g/100 g;各生长阶段粗蛋白含量均较高且相对稳定,约在14%~18%之间。随着水分的减少,部分可溶性物质有所损失,可溶性糖由3220.00 mg/100 g降低至1326.67 mg/100 g。核桃雄花中的矿物质含量Na元素自然掉落阶段达13.33 mg/100 g;Zn元素6.55 mg/100 g。总体上半成熟阶段和成熟阶段的核桃雄花营养成分较为接近,而与自然掉落的核桃雄花差距较为显著。为了更好的口感与营养,推荐以成熟阶段的核桃雄花作为食用或后续加工处理的材料,而半成熟阶段的核桃雄花可以用于提取其中丰富的黄酮类物质,掉落阶段的核桃雄花也拥有丰富的蛋白质,可以作为饲料原料来开发利用。

**关键词:**鸡爪绵核桃,核桃雄花,营养成分,含量变化,生长阶段

## Analysis on the Nutritional Composition of Male Flowers of Jizhaomian Walnut in Different Growth Stages

HU Da-zuo<sup>1</sup>, BAI Rui-liang<sup>2,\*</sup>, WANG Cheng-zhong<sup>1</sup>, YU Ting-juan<sup>3</sup>,  
YANG Ming-guan<sup>1</sup>, JIANG Hua<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-feng<sup>2,\*</sup>, SUN Rui<sup>1,\*</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Qilu University of Technology  
(Shandong Academy of Sciences), Jinan 250300, China;

2. Shandong Economic Forest Management Station, Jinan 250000, China;

3. Jinan Forest and Fruit Science and Technology Promotion and Industry Service Center, Jinan 250000, China)

**Abstract:** Taking the male flowers of Jizhaomian Walnut as research objects, multiple physical and chemical indicators were selected to compare the nutritional components at different growth stages. The results showed that the water content of the younger walnut male flowers was about 85.23%, and the water content of naturally falling walnut male flowers was only 27.50%. With the decreasing of water content, the content of crude fat increased from 0.78% to 2.66% relatively. The total sugar content of the naturally falling walnut male flowers was about 9.52 g/100 g, which was 14.36 g/100 g measured by the young walnut male flowers. The crude protein content was relatively high at each growth stage and relatively stable between about 14% and 18%. With the decrease of water content, some soluble substances were lost, and the soluble sugar decreased from 3220.00 mg/100 g to 1326.67 mg/100 g. The mineral content of naturally falling walnut male flowers reached 13.33 mg/100 g, and the Zn element reached 6.55 mg/100 g. On the whole, the nutrient content of the walnut male flowers at the half-maturity stage and the mature stage was relatively close, but the gap with the naturally falling walnut male flowers was more significant. For better taste and nutrition, It is recommended that the mature male walnut flower be used as food or for subsequent processing, the semi-mature walnut male flowers can be used to extract abundant flavonoids. The walnut male flowers at the drop stage also have rich protein, which can be used as feed ingredients for development and utilization.

收稿日期:2020-02-11 + 并列第一作者

作者简介:胡大佐(1995-),男,硕士研究生,研究方向:食品资源开发,E-mail:1055905850@qq.com。

白瑞亮(1979-),男,本科,高级工程师,研究方向:经济林推广应用,E-mail:251195759@qq.com。

\* 通信作者:赵之峰(1963-),男,本科,研究员,研究方向:经济林推广应用,E-mail:zzf7593@163.com。

孙锐(1978-),男,博士,副教授,研究方向:食品资源开发,E-mail:sr@qlu.edu.cn。

基金项目:济南市十大农业特色产业科技创新项目[济农特办(2019)1号]“南山核桃优质安全高效生产关键技术创新与示范”。

**Key words:** Jizhaomian walnut; walnut male flower; nutrition composition; content change; growth stage

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)24-0309-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2020020087

引文格式: 胡大佐, 白瑞亮, 王成忠, 等. 不同生长阶段鸡爪绵核桃雄花的营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(24): 309-313.

HU Da-zuo, BAI Rui-liang, WANG Cheng-zhong, et al. Analysis on the Nutritional Composition of Male Flowers of Jizhaomian Walnut in Different Growth Stages [J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(24): 309-313. (in Chinese with English abstract) <http://www.spjgkj.com>

核桃(*Juglans regia* L.) 属胡桃科(Juglandaceae) 落叶乔木, 其适应性强, 在我国广泛分布。核桃树用途广泛, 既可用作观赏树种栽培, 也能作为油料原料和中药材原料, 经济和药用价值很高<sup>[1]</sup>。山东省济南市、泰安市等地分布有当地特产的鸡爪绵核桃, 其果实质量约 10.55~21.05 g, 出仁率约 50% 左右, 口感好, 营养丰富; 蛋白质含量约 13%~21%、脂肪含量约 54%~67%, 可溶性糖含量约 3%~6%<sup>[2-4]</sup>。对于核桃的开发利用多集中于果实, 对其它部位的研究和开发较少。核桃花是核桃种植过程中产量较大的附加产品, 核桃雌雄花序比例约为 1:30~1:300, 在核桃的栽培过程中需要除去雄花序以保证果实的营养供给, 过程中就会产出大量的核桃雄花<sup>[5]</sup>, 在西北、华北等盛产核桃花的地区, 当地居民有着食用核桃花的传统, 主要作为蔬菜食用, 也有部分作为药用或饲用<sup>[6]</sup>。但仅当地居民消费也会造成核桃雄花资源的浪费, 而目前的常规干制保存会造成核桃雄花的营养流失, 不利于产品推广。因此增加对于核桃雄花的研究, 开发核桃花茶、优化其加工工艺, 提高核桃雄花的保鲜时间与干制品的复水性, 能够提高核桃产业竞争力和企业效益, 对经济和社会发展有着重要意义。

目前对于核桃雄花营养成分的分析已有一定研究, 其蛋白质含量最高可达 21%, 按干重计算高于干蕨菜和脱水白菜<sup>[7]</sup>。核桃雄花营养丰富, 绿色健康, 富含抗氧化成分, 有助于延缓人体衰老<sup>[8-10]</sup>, 有着一定的保健作用。济南等地鸡爪绵核桃雄花产量大, 适宜实现规模化加工生产, 但核桃雄花成熟期短, 一般在三月中下旬至四月中旬。不同生长阶段的核桃花的营养成分和品质有着一定差异, 在加工后的风味和口感也会有所不同, 自然掉落的核桃雄花水分含量低, 相较于幼嫩的核桃雄花, 口感粗糙、不够脆嫩。因此选择不同生长阶段的核桃雄花进行采收极为重要, 但目前对于不同生长阶段核桃雄花营养成分的对比分析较少。为了获得风味与口感更好的核桃雄花, 使人们食用时获得更好的口感与营养, 本文对比了不同成熟度的核桃雄花的多个理化指标分析其营养成分的差异, 同时也为后续核桃雄花的进一步生产加工提供一定的指导和参考, 根据所需工艺需求不同可以选择不同阶段的核桃雄花作为原材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

高氯酸、硝酸 优级纯, 阿拉丁试剂公司; 葡萄

糖 分析纯, 济南盛茉莉化工有限公司; 乙醇、盐酸、磷酸、硼酸、草酸、氢氧化钠、亚硝酸钠、酒石酸钾钠、亚硫酸氢钠、碳酸钠、硝酸铝、重蒸酚、碘、碘化钾、考马斯亮蓝 G-250、牛血清白蛋白、酚酞、3,5-二硝基水杨酸 分析纯, 天津富宇试剂公司; 芦丁标准品 国药集团化学试剂有限公司; Ca、Na、K、Fe、Mg、Zn 元素标准品 国家标准物质中心。

LCD-A500 分析天平 福州华志; YP10002 电子天平 上海光正; DHS-20A 自动水分测定仪 力辰科技; NAI-ZFCDY-6Z 自动脂肪测定仪 上海那艾; TRL-12M 马弗炉 洛阳泰瑞; 722s 分光光度计 上海仪电; ZDJ-4A 型自动电位滴定仪 上海雷磁; 原子吸收分光光度计 TAS-990 北京普析通用仪器有限责任公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 不同生长阶段鸡爪绵核桃雄花的采集 鸡爪绵核桃雄花采自济南市南部山区核桃种植区, 核桃花分化持续约一年, 从当年四月上旬直到翌年四月中下旬<sup>[11]</sup>。参照常君等的研究<sup>[12]</sup>, 以雄花体积开始增大, 叶片完全展开, 花序长约 3~5 cm 时作为半成熟阶段; 花药由绿变黄, 开始有大量花粉散出, 花序长约 7~9 cm 作为成熟阶段; 自然掉落在地上的核桃雄花作为自然掉落阶段, 样品采回后置于 -20 °C 冰箱内保存。

1.2.2 不同生长阶段核桃雄花主要营养成分含量的测定 水分采用自动水分测定仪进行测定; 灰分采取马弗炉灰化法; 粗脂肪含量的检测采取索氏提取法; 粗蛋白含量的检测采取凯氏定氮法; 可溶性蛋白含量的检测采取考马斯亮蓝法<sup>[13]</sup>, 所得标准曲线线性回归方程为  $Y = 0.0197X + 0.0918$ , 相关系数  $R^2 = 0.9911$ ; 总糖和可溶性糖含量的检测采取 3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[14]</sup>, 所得标准曲线线性回归方程为  $Y = 0.97X - 0.022$ , 相关系数  $R^2 = 0.9856$ ; 总酸含量的检测采用 ZDJ-4A 型自动电位滴定仪进行测定; 黄酮含量的测定参照 DB43/T 476-2009 植物源性食品中总黄酮的测定, 所得标准曲线线性回归方程为  $Y = 0.9334X - 0.0174$ , 相关系数  $R^2 = 0.9939$ 。

1.2.3 矿质元素的检测 样品处理: 称取 1.000 g (精确至 0.0001 g) 干燥至恒重并过筛后的样品放入高压消解罐中加入混合酸(浓硝酸:高氯酸=4:1), 放入烘干箱中在 100 °C 下预热 1 h 后在 130 °C 保温 2 h。将消解罐取出自然冷却到室温后打开, 将消解液移入 50 mL 容量瓶中并用去离子水定容至刻度。

含量的测定: 吸取标准溶液制备标准溶液, Na 标

准溶液浓度分别为 0、0.5、1.0、1.5  $\mu\text{g/mL}$ ; K 标准溶液浓度分别为 0.0、1.0、2.0、3.0、4.0  $\mu\text{g/mL}$ ; Mg 标准溶液浓度分别为 0.0、0.1、0.2、0.3、0.4  $\mu\text{g/mL}$ ; Zn 标准溶液浓度分别为 0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5  $\mu\text{g/mL}$ 。将标准溶液与样品溶液分别导入空气-乙炔火焰原子吸收分光光度计中,依次分别在 589.0、766.5、285.2 和 213.9 nm 下测定含量。

### 1.3 数据处理

单个因素三次平行试验,利用 SPSS 23 统计软件进行数据处理,采用单因素方差分析,显著性水平  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生长阶段核桃雄花主要营养成分含量的对比

核桃雄花在不同生长阶段主要营养成分含量对比见表 1。水分含量直接决定了食品口感与耐储性,对食品品质有着重要影响<sup>[15]</sup>;由表 1 可知半成熟阶段和成熟阶段的核桃雄花水分含量较为接近,均为 85% 左右,而自然掉落阶段核桃雄花水分含量与其他阶段差异显著( $P < 0.05$ ),水分含量仅为 27.50%。灰分是核桃花经过高温后残留的无机盐和氧化物,如表 1 所示,核桃雄花灰分含量在 8.51%~12.92% 之间,半成熟阶段与成熟阶段核桃雄花灰分含量较低,均为 9% 左右,自然掉落的核桃雄花其灰分含量显著( $P < 0.05$ )高于前者,可达 12.92%。核桃雄花中脂肪含量在不同生长阶段差异较大,在半成熟阶段和成熟阶段时较低,分别为 0.78% 和 0.90%,自然掉落时脂肪含量明显较高,为 2.66%,这主要是由于水分的降低而导致脂肪相对含量上升导致的。三个阶段的核桃雄花粗蛋白含量均较高,其中自然掉落阶段的核桃雄花含有的粗蛋白最多,为 17.82%,其次是半成熟阶段的 16.38%,成熟阶段的核桃雄花蛋白含量最低,为 14.53%。在总糖含量方面,半成熟阶段的核桃雄花总糖含量最高,为 14.36 g/100 g,其次为成熟阶段的 13.49 g/100 g,最低的是自然掉落阶段的 9.52 g/100 g,推测是由于自然掉落的核桃雄花部分组织已纤维化,导致测得总糖含量偏低。

表 1 不同生长阶段核桃雄花常规指标的对比

Table 1 Comparison of conventional indicators of walnut male flowers at different growth and development stages

生长阶段	能量 ( $\text{kcal} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ )	水分(%)	灰分(%)	粗脂肪(%)	粗蛋白(%)	总糖 ( $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ )
半成熟阶段	130.23 $\pm$ 3.27 <sup>ab</sup>	85.23 $\pm$ 1.01 <sup>a</sup>	8.51 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	0.78 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	16.38 $\pm$ 0.30 <sup>ab</sup>	14.36 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup>
成熟阶段	120.21 $\pm$ 7.64 <sup>b</sup>	83.53 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>	9.33 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>	0.90 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	14.53 $\pm$ 2.00 <sup>b</sup>	13.49 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
自然掉落阶段	133.89 $\pm$ 3.70 <sup>a</sup>	27.50 $\pm$ 1.22 <sup>b</sup>	12.92 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	2.66 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	17.82 $\pm$ 1.74 <sup>a</sup>	9.52 $\pm$ 0.50 <sup>c</sup>

注:同列数值之后不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。以上含量为鲜重状态下测得;表 2 同。

表 2 不同生长阶段核桃雄花可溶性成分指标的对比(mg/100 g)

Table 2 Comparison of soluble component indexes of walnut male flowers at different growth and development stages(mg/100 g)

生长阶段	可溶性蛋白	总酸	可溶性糖	黄酮含量
半成熟阶段	57.50 $\pm$ 9.91 <sup>b</sup>	190.33 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	3220.00 $\pm$ 52.92 <sup>a</sup>	922.33 $\pm$ 170.28 <sup>a</sup>
成熟阶段	80.30 $\pm$ 6.42 <sup>a</sup>	81.33 $\pm$ 8.96 <sup>b</sup>	1753.33 $\pm$ 57.74 <sup>b</sup>	772.00 $\pm$ 25.98 <sup>a</sup>
自然掉落阶段	69.05 $\pm$ 6.07 <sup>ab</sup>	223.67 $\pm$ 34.53 <sup>a</sup>	1326.67 $\pm$ 86.60 <sup>c</sup>	774.22 $\pm$ 119.20 <sup>a</sup>

### 2.2 不同生长阶段核桃雄花可溶性营养成分含量的对比

可溶性蛋白与是植物细胞重要的内含物,是重要的渗透调节物质和营养物质,对食品品质有着重要影响<sup>[16]</sup>。不同成熟阶段核桃雄花可溶性蛋白和含量见表 2。由表 2 可知不同成熟阶段核桃雄花中可溶性蛋白含量有着显著性差异( $P < 0.05$ ),成熟阶段核桃雄花可溶性蛋白含量显著( $P < 0.05$ )高于半成熟阶段与自然掉落的核桃雄花,约 80.30 mg/100 g,而半成熟阶段和自然掉落的核桃雄花可溶性蛋白含量分别为 57.50 和 69.05 mg/100 g。

总酸含量和可溶性糖是影响核桃雄花口感和品质的重要因素之一,可溶性糖含量能够在一定程度上反映核桃雄花的甜度<sup>[17]</sup>。不同成熟阶段核桃雄花总酸和可溶性糖含量见表 2。自然掉落阶段和半成熟阶段的核桃雄花中总酸含量显著高于成熟阶段,其含量由高到低分别为 223.67、190.33、81.33 mg/100 g;可溶性糖含量随着核桃雄花的生长升高而降低,其含量分别为 3220.00、1753.33、1326.67 mg/100 g。

黄酮类化合物具有生理活性与药理作用,能够抗肿瘤、抗癌抗氧化及抗自由基,降血糖,保护神经系统等<sup>[18-19]</sup>。不同成熟阶段核桃雄花总黄酮含量见表 2。半成熟阶段黄酮含量最高,为 922.33 mg/100 g、成熟阶段和自然掉落阶段的核桃雄花黄酮含量分别为 772.00 和 774.22 mg/100 g,可能是伴随着核桃雄花的生长,有部分黄酮类物质被氧化而导致其含量下降。

### 2.3 不同生长阶段矿物质含量的对比

矿物质元素对人体有着重要作用;K 有助于预防和治疗高血压;Zn 与免疫功能、味觉、虚症及清热功能有关<sup>[20-21]</sup>。不同生长阶段核桃雄花矿物质元素含量如表 3 所示。核桃雄花中 Na 元素的含量随着生长而增长,半成熟阶段的含量较低,约 8.05 mg/100 g,成熟阶段达到 12.13 mg/100 g,自然掉落的核桃雄花 Na 元素含量也较高,为 13.33 mg/100 g;随着核桃雄花生长,Zn 元素含量也在升高,从半成熟阶段的 5.19 mg/100 g、成熟阶段的 5.39 mg/100 g 到自然掉

表3 不同生长阶段核桃雄花矿质元素的对比(mg/100 g)

Table 3 Comparison of mineral elements of walnut male flowers at different growth and development stages(mg/100 g)

生长阶段	Na	K	Mg	Zn
半成熟阶段	8.05 ± 0.55 <sup>b</sup>	173.19 ± 3.15 <sup>b</sup>	31.43 ± 0.70 <sup>a</sup>	5.19 ± 0.14 <sup>b</sup>
成熟阶段	12.13 ± 1.08 <sup>a</sup>	212.19 ± 5.06 <sup>a</sup>	31.46 ± 1.19 <sup>a</sup>	5.39 ± 0.45 <sup>b</sup>
自然掉落阶段	13.33 ± 0.98 <sup>a</sup>	208.28 ± 3.97 <sup>a</sup>	30.16 ± 0.32 <sup>a</sup>	6.55 ± 0.41 <sup>a</sup>

注:同列数值之后不同小写字母表示0.05水平差异显著,以上含量为干重状态下测得。

落时的6.55 mg/100 g。在半成熟阶段K元素含量为173.19 mg/100 g,成熟阶段212.19 mg/100 g,自然掉落阶段为208.28 mg/100 g,可见成熟阶段的核桃雄花中K元素含量最高。而Mg元素在测定的三个样本中含量变化不大,半成熟阶段为31.43 mg/100 g,成熟阶段为31.46 mg/100 g,自然掉落的核桃雄花含量为30.16 mg/100 g。

#### 2.4 核桃雄花中营养成分与生长阶段相关性分析

对核桃雄花中营养成分与生长阶段的线性回归分析和相关性系数的计算结果见表4。结果表明,水分、总糖、可溶性糖的含量与核桃雄花生长阶段呈负相关,而灰分、粗脂肪含量与核桃花的生长阶段呈正相关;在矿质元素含量方面,Na、Zn元素随着核桃雄花的生长都有着一定的积累,K元素在掉落阶段的含量相较于成熟阶段有略微降低,而Mg元素在各个阶段含量差距不大,其他指标在不同阶段均有一定的波动。伴随着核桃雄花的生长,营养成分中有些可溶性成分与不溶性成分的变化趋势不同,出现这种情况可能是由于掉落的核桃雄花经过自然风干,水分蒸发导致部分可溶性成分损失,而不溶性成分含量随着水分丧失而相对升高。可以看出,各生长阶段核桃雄花营养成分含量都有不同,半成熟阶段与成熟阶段核桃雄花的营养成分差异相对较小,其与掉落阶段的核桃雄花营养成分差异更大一些。

### 3 讨论

核桃雄花营养丰富,相比于香椿<sup>[22]</sup>,核桃雄花可溶性糖含量更高,且蛋白质含量也较高,是可口的优质蔬菜;每100 g不同生长阶段核桃雄花提供的能量分别为130.23、120.21、133.89 kcal,也是蔬菜中提供热量较多的品种,相对于普通蔬菜水果,其黄酮含量更高,有着更好的抗氧化活性<sup>[23]</sup>。以成熟阶段核桃雄花与鸡爪绵核桃果仁、其他常见蔬菜与野菜相比较结果见表5,相较于核桃果仁17.17%的蛋白含量,核桃雄花中蛋白含量略低,脂肪含量低于果仁

表5 成熟阶段核桃雄花与其他蔬菜的营养成分比较

Table 5 Comparison of nutritional composition of male walnut flower and other vegetables at mature stage

名称	粗蛋白(%)	脂肪(%)	总糖 (g·100 g <sup>-1</sup> )	可溶性糖 (g·100 g <sup>-1</sup> )	Na(脱水, mg·100 g <sup>-1</sup> )	Zn(脱水, mg·100 g <sup>-1</sup> )
核桃雄花	14.53	0.90	13.49	1.75	12.13	5.39
核桃果仁 <sup>[4]</sup>	17.17	62.75	-	4.51	-	-
白菜 <sup>[24]</sup>	1.70	0.20	3.10	-	492.50	-
菠菜 <sup>[24]</sup>	2.60	0.30	2.80	-	242.00	-
油菜 <sup>[24]</sup>	1.80	0.50	2.7	-	405.30	0.79
干蕨菜 <sup>[25]</sup>	6.60	0.90	25.5	-	0.50	0.39

表4 核桃雄花营养成分与生长阶段的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of nutrient composition and growth stage of walnut male flower

项目	半成熟阶段- 成熟阶段 相关系数	半成熟阶段- 掉落阶段 相关系数	成熟阶段- 掉落阶段 相关系数
水分	-0.762	-0.992 **	-0.991 **
灰分	0.765	0.993 **	0.976 **
粗脂肪	0.955 **	0.996 **	0.995 **
粗蛋白	-0.625	0.576	0.734
总糖	-0.873 *	-0.988 **	-0.989 **
可溶性蛋白	0.858 *	0.662	-0.732
总酸	-0.993 **	0.636	0.961 **
可溶性糖	-0.998 **	-0.998 **	-0.963 **
黄酮	-0.603	-0.525	0.017
Na	0.997 **	0.995 **	0.957 **
K	0.994 **	0.979 **	-0.453
Mg	0.032	-0.619	-0.676
Zn	0.727	0.975 **	0.967 **

注:\*表示P<0.05,\*\*表示P<0.01。

(62.75%),可溶性糖含量也低于果仁。核桃雄花粗蛋白含量约14.53%,远高于其他蔬菜,其总糖含量也高于其他蔬菜,脂肪含量与其他蔬菜接近,能够为人体提供更多热量和蛋白质。在矿物质含量方面,其钠含量低于白菜(492.50 mg/100 g)、菠菜(242.00 mg/100 g)和油菜(405.30 mg/100 g),高于干蕨菜(0.50 mg/100 g);其Zn含量约5.39 mg/100 g,高于油菜和蕨菜。

自然掉落阶段的核桃雄花水分含量过低,口感粗糙,不适宜直接食用,但由于其蛋白含量较高,营养也较为丰富,可以作为动物饲料原料进行开发应用以提高资源利用率。成熟阶段的核桃雄花总糖含量半成熟阶段较为接近,可溶性糖含量低于半成熟阶段,但其总酸含量低(190.33 mg/100 g),因此口感

较好,苦涩味较轻,相较于其他且含有丰富的蛋白质,Zn含量也较高,适宜作为鲜食蔬菜食用或进行进一步加工处理。半成熟阶段核桃雄花黄酮含量为922.33 mg/100 g,高于其他阶段,用于提取其中黄酮类物质可以获得较好的得率。

#### 4 结论

综上所述,核桃雄花的营养成分较为齐全,具有较高的使用价值,是补充人体营养的健康食品。综合比较不同生长阶段的核桃雄花的营养成分与口感,半成熟阶段的核桃雄花有相对较高的黄酮含量,可以提取其中的氧化活性物质,成熟阶段的核桃雄花口感较好、营养丰富,适用于鲜食或作为后续加工制作干制品或核桃花茶的原料,而自然掉落阶段的核桃雄花尽管不适宜人们食用,但蛋白质含量也较高,可以用于饲料加工以充分利用资源。

#### 参考文献

[1] 杨金枝,陈锦屏.核桃资源的综合开发利用[J].食品与药品,2007,9(4):71-73.  
 [2] 时燕,赵登超,侯立群.鸡爪绵核桃种仁主要营养成分分析[J].中国粮油学报,2011(2):66-69,79.  
 [3] 时燕,王雪,赵登超,等.鸡爪绵核桃坚果质量与坚果三径变异及相关性研究[J].山东林业科技,2009,39(5):10-13.  
 [4] 时燕,刘冬芝,赵登超,等.山东鸡爪绵核桃果实经济性状鉴定与选优[J].经济林研究,2010(4):78-84.  
 [5] 胡伯凯,张东亚,何佳丽.核桃雄花研究进展综述[J].四川农业科技,2018,373(10):76-78.  
 [6] 王丹,翟梅枝,毛光瑞,等.核桃花粉提取物的抗氧化性研究[J].食品工业科技,2014,35(16):137-139.  
 [7] 沈旭,郑洁,侯如燕.核桃的营养价值及功效[J].食品安全导刊,2015,24(23):76-78.  
 [8] Wang C L, Zhang W E, Pan X J. Nutritional quality of the walnut male inflorescences at four flowering stages[J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2014, 2(8):457-464.  
 [9] Ebrahimzadeh M A, Nabavi S F, Nabavi S M. Antihemolytic activity and mineral contents of *Juglans regia* L. flowers [J]. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 2013, 17(14):1881-1883.  
 [10] 刘丽金.核桃酚酸类成分抗氧化活性的初步研究[D].大

理:大理大学,2018.

[11] 荣瑞芬,郝荣庭.核桃雄花芽形态分化及发育的观察[J].河北农业大学学报,1991,14(1):44-46.  
 [12] 常君,任华东,刘雨,等.薄壳山核桃雄花芽分化的解剖学研究[J].西南大学学报:自然科学版,2019,41(2):39-44.  
 [13] 赵玉红,林洋,张智,等.碱溶酸沉法提取黑木耳蛋白质研究[J].食品研究与开发,2016,37(16):32-36.  
 [14] 程柳,李静.3,5-二硝基水杨酸法测定山楂片中还原糖和总糖含量[J].轻工科技,2016(3):25-28.  
 [15] Suji Oh, Eun - Jung Lee, Geun - Pyo Hong. Quality characteristics and moisture sorption isotherm of three varieties of dried sweet potato manufactured by hot air semi-drying followed by hot-pressing[J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 94:73-78.  
 [16] 孙常青,杨艳君,郭志利,等.施肥和密度对杂交谷可溶性糖、可溶性蛋白及硝酸还原酶的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(5):1169-1177.  
 [17] 阴芳冉,李颖,于宏伟,等.不同产地红树莓果实营养成分分析及综合评价[J].河北农业大学学报,2019(4):44-48.  
 [18] Guo Y, Liang X, Meng M, et al. Hepatoprotective effects of Yulangsan flavone against carbon tetrachloride (CCl<sub>4</sub>) - induced hepatic fibrosis in rats [J]. Phytomedicine, 2017, 33:28-35.  
 [19] 向极轩,王应玲,刘晓鹏,等.忍冬藤总黄酮超声辅助提取工艺及其体外抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2017,38(2):251-256.  
 [20] 位杰,蒋媛,林彩霞,等.6个库尔勒香梨品种果实矿质元素与品质的相关性和通径分析[J].食品科学,2019,40(4):269-275.  
 [21] 翟秋喜,魏丽红.榛果发育过程中主要营养成分的变化[J].果树学报,2012,29(2):217-222.  
 [22] 杨玉珍,彭方仁,李洪岩.不同种源香椿芽菜营养成分的变化研究[J].河南农业科学,2007,36(4):83-85.  
 [23] 陈伟,曹杰,张莹,等.蔬菜水果的抗氧化活性与总黄酮含量的相关性[J].营养与食品卫生,2010,37(7):1245-1247.  
 [24] 杨月欣.中国食物成分表[M].北京:北京大学医学出版社,2018:57-87.  
 [25] 张丽,彭小列,刘世彪,等.湘西产蕨菜和菜蕨的营养成分分析[J].湖南农业科学,2012(17):113-115.