

黑老虎聚合果的主要营养活性成分分析

张典典^{1,2}, 高家东¹, 戴彰言¹, 张文虎¹, 张友胜², 刘军¹

(1. 广东省农业科学院农业生物基因研究中心, 广东省农作物种质资源保存与利用重点实验室, 广东广州 510610) (2. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610)

摘要: 以黑老虎“湘黑-0701”聚合果为材料, 分别研究其果皮、果肉果汁、种子和果芯 4 部分主要营养活性成分。结果表明: 聚合果中果皮占比 (42.52%~47.75%) 最大, 果肉果汁占比 (35.23%~37.77%) 次之。黑老虎种子在聚合果中占比 (7.55%~11.26%) 小, 但灰分 (7.25%)、蛋白质 (11.24%)、粗脂肪 (22.20%) 均为最高, 且富含多种矿质元素尤其锰 (90.573 mg/kg)、锌 (9.675 mg/kg) 含量丰富; 种子中的不饱和脂肪酸含量高达 74.78%, 其中 C18:2 (亚油酸) 高达 60.30%; 组成也较为丰富; 种子中的游离多酚 (23.69 mg/g)、结合酚 (6.90 mg/g)、总多酚 (30.59 mg/g) 和总黄酮 (30.54 mg/g) 含量最高。本研究表明黑老虎种子是一个特别应该引起重视的健康食品原料; 果皮皮厚 (1.11~2.59 mm)、生物碱 (3.20 mg/g) 和花色苷 (8.89 mg/g) 含量高, 宜从功能果脯蜜饯的角度去开发; 而果肉果汁则可从特色饮料角度去开发。种子灰分、蛋白质、粗脂肪含量高, 则可从油脂、功能产品方面去开发。

关键词: 黑老虎; 聚合果; 基本性状; 营养成分; 活性成分

文章编号: 1673-9078(2021)07-121-127

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.7.1214

The Basic Properties and Analysis of Nutritive Active Ingredients of

Kadsura coccinea Fruit

ZHANG Dian-dian^{1,2}, GAO Jia-dong¹, DAI Zhang-yan¹, ZHANG Wen-hu¹, ZHANG You-sheng², LIU Jun¹

(1. Agro-biological Gene Research Center, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Key Laboratory for Crop Germplasm Resources Preservation and Utilization, Guangzhou 510610, China) (2. Sericulture & Agri-food Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China)

Abstract: In this work, the basic properties, nutrient and active ingredients of fruit peel, pulp juice, seeds and core of *Xianghei-0701 Kadsura coccinea* fruit were investigated. The results showed that the peel was occupied the largest proportion (42.52%~47.75%) in the whole fruit, while pulp juice was followed and accounted for the proportion (35.23%~37.77%). The percentage of seed was the smallest proportion (7.65%~11.16%). However, the ash content (7.25%), protein content (11.24%) and fat content (22.20%) of seed were highest. In addition, many kinds of minerals, especially manganese and zinc, were found in seed. The content of unsaturated fatty acids in seeds was up to 74.78%, among which the content of C18:2 (linoleic acid) was up to 60.30%. The contents of free polyphenols (23.69 mg/g), binding phenols (6.90 mg/g), total polyphenols (30.59 mg/g) and total flavones (30.54 mg/g) were the highest in seeds. The research illustrated that *Xianghei-0701* seeds were a healthy food raw material which should be paid special attention. The peel thickness was 1.11~2.59 mm. The alkaloid content

引文格式:

张典典,高家东,戴彰言,等.黑老虎聚合果的主要营养活性成分分析[J].现代食品科技,2021,37(7):121-127,+136

ZHANG Dian-dian, GAO Jia-dong, DAI Zhang-yan, et al. The basic properties and analysis of nutritive active ingredients of *Kadsura coccinea* fruit [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(7): 121-127,+136

收稿日期: 2020-12-28

基金项目: 农业部物种资源保护项目(111821301354052029)

作者简介: 张典典 (1990-), 女, 硕士, 研究方向: 食品加工、种质资源保存与利用

通讯作者: 张友胜 (1965-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 天然产物和水产品加工; 共同通讯作者: 刘军 (1969-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 种子生物学、种质资源保存与利用

(3.20 mg/g) and anthocyanin content (8.89 mg/g) of peel were high. Therefore, the peel could be used for developing function candied products. The fruit juice could be used for developing "special drinks". The seeds could be developed in lipids and functional foods due to their high content of ash, protein, fat.

Key words: *Kadsura coccinea*; aggregate fruit; processing properties; nutrient ingredients; quality evaluation

黑老虎果为栽培 3~4 年后的黑老虎 (*Kadsura coccinea*) 藤上结出的果实, 为聚合果。每个聚合果由 30~70 个小浆果聚合而成, 成熟时果实呈现鲜红或紫黑色, 是近年兴起的集食用、观赏、药用于一体的极具开发潜力的珍稀野生水果之一。目前不少山区开始将其作为林下经济发展的一种新型水果进行人工栽培, 成熟果园亩产量可达 1500~2000 kg^[1]。李志春等^[2]用黑老虎果对小鼠进行了急性毒理和 30 d 喂养实验, 同时测定了实验过程中小鼠血脂的变化。结果表明雌雄小鼠经口最大耐受剂量 (MTD) >20 mL/kg (以体质量计), 黑老虎果属无毒级; 30 d 喂养实验各项观察指标正常, 黑老虎果对小鼠的体质量、血液、脏器等均无显著影响且能明显降低小鼠血液中胆固醇水平。邹建文等^[3]研究了利用湿法超微粉碎技术的制备黑老虎果浆的最佳粉碎粒度, 结论认为果浆的粉碎粒度以 80~100 目为宜, 合适的粉碎粒度有利于果汁饮料产品保持澄清和风味稳定。李里等^[4]、段林坪^[5]、Zhang H^[6]的研究结果证明了黑老虎果皮和种子具有较好的抗氧化、抑制鼠伤寒沙门氏菌和枯草杆菌繁殖以及对抑制 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的抑制效果, 可作为一种功能食品原料进行开发利用。谢玮^[7]以黔东黑老虎果为原料, 对果实的卫生指标进行了评价, 结果表明黑老虎果中农药残留、重金属和生物毒素指标均符合国家标准。另外, 彭密军等^[8]用火焰原子吸收光谱法测定了黑老虎果实中常见的八种微量元素 Zn、Fe、Ca、Cu、K、Na、Mn、Mg 的含量; 毛云玲等^[9]对云南黑老虎果实不同种源氨基酸和其他指标进行了分析与评价; Sun 等^[10]研究了黑老虎果中花色苷和酚类物质的抗氧化作用; 谢玮等^[11]对黑老虎种子中粗多糖、总黄酮、总皂苷以及部分维生素和矿物质元素进行了测定。上述系列研究表明, 黑老虎果是一种营养丰富有一定保健功能作用的特色资源, 值得从整体上进行开发和利用, 但是黑老虎具有明显的果皮、果汁果肉、果芯和种子 4 个部分, 各部分特色明显, 有可能根据各部位的特点开发出系列特色产品, 上述研究均没有进行分类比较研究, 给各部位针对性产品开发带来了诸多不便。为此, 本研究针对黑老虎各部位进行了营养成分、脂肪酸组成及活性成分的分类比较研究, 旨在为原料各部位的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

黑老虎成熟鲜果, 湖南通道独坡镇虾团村的黑老虎果园, 品种编号为“湘黑-0701”; 3,5-二硝基水杨酸 (DNS), 上海润捷化学试剂有限公司; 脂肪酸甲酯混合标准品, 上海安谱实验科技股份有限公司; 福林酚试剂, 国药集团化学试剂有限公司; 没食子酸和芸香苷, 中国药品生物制品研究所; 4-羟基哌啶醇, Sigma 公司; 上述试剂均为分析纯。

1.2 主要仪器和设备

D-37520 型高速离心机, 德国 Sterode 公司; UV1800 紫外分光光度计, 日本 Tokyo 公司; pHs-3C 精密 pH 计, 上海雷磁仪器厂; Milli-QIntegml3 型超纯水机, 美国 Millipore 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 原料处理

采摘果园中的黑老虎成熟鲜果后, 立即运回实验室进行拣选和清洗, 清洗干净后置于 -38 °C 冷冻库中贮藏。鲜果从采摘到贮藏于 -38 °C 冷冻库中时间不超过 5 h。

1.3.2 基本性状测定

参考^[11,12]并作修改。随机取 20 个黑老虎聚合果, 每个聚合果称质量后, 手工将其分成果皮、果肉果汁、种子和果芯 4 部分, 分别称其质量, 计算聚合果中各部分的占比^[11,12]。随机选取 10 个黑老虎聚合果, 手工将其所有小浆果摘下, 分别挤压出每个小浆果中的种子, 并计数; 用游标卡尺测量浆果果皮厚度。

1.3.3 样品制备

各项指标测定时, 从 -38 °C 冷冻库中取出果实置于 4 °C 冰箱中 12 h 后进行。实验时, 随机取 10 个黑老虎聚合果, 手工将其分成果皮、果肉果汁、种子和果芯 4 部分, 用普通食品打浆机打浆 15 min, 浆液备用。

1.3.4 灰分、蛋白质、脂肪、还原糖和总糖

灰分测定按照 GB/T 10473-1989 水果和蔬菜产品中盐酸不溶性灰分的测定方法。蛋白质、脂肪和还原

糖分别按照 GB 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定、GB 5009.6-2016 食品中脂肪的测定和 GB 5009.7-2016 食品中还原糖的测定方法进行,总糖按照参考文献进行^[12]。

1.3.5 矿质元素

参考中国食物成分表(2002)^[13]对食物中矿质元素的检测项目,选择钙、磷、钾、镁、铁、锌、碘、硒、铜、氟、铬、锰和钼共 13 种矿质元素进行测定。测定方法采用 GB 5009.268-2016 食品中多元素的测定进行。

1.3.6 脂肪酸组成

脂肪酸组成参考 GB 5009.168-2016 食品中脂肪酸的测定方法和参考文献^[14]并修改。其中,脂肪酸的定量分析参考 GB/T 17377-2008《动植物油脂:脂肪酸甲酯的气相色谱分析》,采用面积归一化法,依据峰面积计算每种脂肪酸相对百分含量。GC 检测条件为色谱柱:J&W 122-7032 毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度 260 °C;进样量 1.0 μL,分流比为 20:1;载气为高纯氦气,流速为 1.0 mL/min;程序升温:初始温度 45 °C,保持 1 min,以 12 °C/min 升温速率升至 140 °C,保持 0 min;3 °C/min 升温速率升至 230 °C,保持 11 min,运行时间 49.92 min。MS 检测条件为电子电离(electronization, EI)离子源,电子能量 70 eV;离子源温度 230 °C;四极杆温度 150 °C;传输线温度 280 °C;质量范围 10~450 u,全扫描方式;溶剂延迟 3 min。

1.3.7 游离酚、结合酚、总酚和总黄酮

参考文献^[15,16]并稍作修改。以没食子酸的质量浓度表示游离酚和结合酚的浓度,游离酚(结合酚)的标准曲线回归方程为 $Y=0.0271X-0.1296$, $R^2=0.9992$,线性范围为 7.5~50 μg/mL,其中 X 轴为没食子酸标准溶液的质量浓度(μg/mL),Y 轴为 D(760 nm)值;总酚的质量浓度代表游离多酚和结合多酚的质量浓度之和。以芸香苷(芦丁)浓度表示总黄酮的浓度,总黄酮的标准曲线回归方程为 $Y=0.0015X+0.0082$, $R^2=0.9998$,线性范围为 5.0~250 μg/mL,其中 X 轴为芸香苷(芦丁)标准溶液的质量浓度(μg/mL),Y 轴为 D(505 nm)值。

1.3.8 总多糖

参考苯酚-硫酸法并作修改^[17]。以葡萄糖质量浓度表示总多糖浓度,总多糖的标准曲线回归方程为 $Y=0.6822X+0.0668$, $R^2=0.996$,线性范围为 0.1~0.5 μg/mL,其中 X 轴为葡萄糖标准溶液的质量浓度(μg/mL),Y 轴为 D(490 nm)值。

1.3.9 生物碱

参考文献^[18]并修改。用 4-羟基吡啶醇质量浓度表示生物碱浓度,生物碱的标准曲线回归方程为 $Y=12.675X+0.1763$,相关系数 $R^2=0.9994$,线性范围为 0.005~0.04 mol/L,其中 X 轴为 4-羟基吡啶醇标准溶液的摩尔浓度(mol/L),Y 轴为 D(525 nm)值。

1.3.10 花色苷

参照文献^[19]采用 pH 示差法直接测定。pH 示差法花色苷浓度的计算公式为:

$$C = \frac{A_{\text{pH}1.0} - A_{\text{pH}4.5}}{\varepsilon} \times M \times 100$$

式中: C 为花色苷的浓度(mg/100 mL); $A_{\text{pH}1.0}$ 、 $A_{\text{pH}4.5}$ 分别代表样品溶液在 pH 1.0 和 pH 4.5 时的最大吸光值; M 为矢车菊素的分子量,其值为 449; ε 为矢车菊素的消光系数,其值为 29600。

1.3.11 数据处理

采用 SPSS 13.0 处理数据:进行单因素方差分析,组间差异有统计学意义时,运用 S-N-K 法进行组间差异分析。

2 结果与分析

2.1 基本性状

黑老虎聚合果的单果质量为 179.41~257.48 g,其中果皮、果肉果汁、种子和果芯质量分别为 80.75~112.88、70.87~93.59、17.10~28.60、17.57~24.86 g,其在单个聚合果中的占比分别为 42.52%~47.75%、35.23%~37.77%、7.55%~11.26%、8.29%~11.11%。单个浆果的果皮厚度为 1.11~2.59 mm。一般而言,新鲜黑老虎的直接可食部位仅仅为果汁果肉,果皮涩味较重需要通过盐渍、糖盐等工艺处理后才能食用,对比桑果、草莓等可食用率接近 100%的聚合果而言,黑老虎属于可食用程度较低的水果,这与邹建文等^[1]的研究结果基本一致。相比于青梅、黄皮、杨桃等常用果脯蜜饯制作原料而言,黑老虎果皮含汁液少,厚实,具有较好柔软性和咀嚼性,且色泽鲜艳,适宜于制作果脯蜜饯类产品。

单个浆果中的种子数为 3~6 个,鲜见少于 3 个或大于 6 个种子的浆果出现。由于种子苦涩味明显且含有厚实种壳,难以和果肉果汁一起打浆混合,这可能是黑老虎开发成果汁饮料加工过程中的明显不足。

2.2 灰分、总糖、还原糖、蛋白质和脂肪

灰分是指某种物质在高温时,有机成分挥发逸散后残留下来的无机物,是衡量食物中无机盐和氧化物等无机成分总量的一项重要指标。蛋白质、总糖和脂

肪为食物的最主要的三大能量来源物质,是衡量食物中基础营养物质最重要的指标。还原糖是指具有还原性的糖类,食品中还原糖的高低对食品制品的性质起着重要作用。因此,测定原料中的灰分、总糖、还原糖、蛋白质和脂肪基本可以评价出原料的基本营养特性,同时为产品的开发提供一定的思路。

由表 1 可以看出,黑老虎种子中的灰分含量(7.25%)、蛋白质含量(11.24%)和粗脂肪含量(22.20%)均为最高,是黑老虎果中一个非常重要的

部位,开发时宜从功能油脂、功能产品方面去思考;果肉果汁部位的总糖含量(5.17%)和还原糖含量(2.40%)最高,这一点和王丽军等^[20]人的研究结果接近,相关研究结果显示,果肉中总糖含量高于果皮。且果肉果汁中含有一定的矿物质且油脂含量低,可以从特色饮料方面去开发;果皮中的灰分、总糖、还原糖、蛋白质和脂肪含量适中,且为黑老虎的主要组成部分,宜开发为特色果脯蜜饯等产品;对于果芯而言,没有明显的特别之处。

表 1 黑老虎各部分基本营养组成

Table 1 Content of basic nutrient composition in each part of of *Kadsura coccinea*

项目	果皮	果肉果汁	种子	果芯
灰分含量	3.59±0.31 ^b	2.19±0.22 ^b	7.25±0.41 ^a	2.87±0.79 ^b
总糖含量	4.39±0.480 ^{ab}	5.17±0.67 ^a	3.27±0.37 ^b	1.36±0.14 ^c
还原糖含量	2.27±0.30 ^a	2.44±0.16 ^a	1.74±0.16 ^b	1.18±0.16 ^b
蛋白质含量	0.79±0.04 ^b	0.74±0.06 ^b	11.24±1.20 ^a	0.57±0.05 ^b
脂肪含量	0.93±0.11 ^b	0.64±0.29 ^b	22.20±4.18 ^a	0.74±0.28 ^b

注:同一行数据中具有不同字母的表示差异显著($p<0.05$)。

表 2 黑老虎不同部分样品的矿物质

Table 2 Content of minerals in each part of of *Kadsura coccinea* ($\bar{x}\pm s, n=3, \text{mg/kg}$)

项目	果皮	果肉果汁	种子	果芯
钙	225.119±13.419 ^b	30.387±1.552 ^d	403.210±12.812 ^a	285.172±14.137 ^c
镁	254.120±11.119 ^b	160.221±2.274 ^c	2012.312±62.227 ^a	120.221±2.132 ^c
钾	3750.187±100.003 ^b	2035.100±123.737 ^d	4950.233±173.232 ^a	2901.300±75.147 ^c
磷	11.018±0.013 ^b	12.553±0.234 ^b	176.503±0.377 ^a	10.251±0.250 ^c
铁	2.155±0.234 ^b	1.114±0.348 ^c	6.373±0.216 ^a	1.771±0.312 ^b
碘	0.035±0.009 ^a	0.026±0.006 ^b	0.058±0.002 ^b	0.024±0.007 ^b
铜	0.715±0.030 ^b	0.321±0.027 ^d	3.354±0.176 ^a	0.610±0.011 ^c
锰	20.103±2.130 ^b	10.313±0.388 ^c	90.573±3.522 ^a	25.213±3.751 ^b
硒	<0.003±0.000	<0.003±0.000	0.020±0.008	<0.003±0.000
钼	0.004±0.000	<0.003±0.000	0.040±0.002	<0.003±0.000
铬	0.056±0.032 ^c	0.070±0.008 ^b	0.163±0.013 ^a	0.042±0.004 ^c
锌	1.174±0.035 ^b	0.771±0.218 ^c	9.675±0.321 ^a	1.128±0.352 ^b
氟	0.622±0.002 ^b	0.500±0.005 ^c	0.746±0.013 ^a	0.627±0.005 ^b

注:同一行数据中具有不同字母的表示差异显著($p<0.05$);“<”代表仪器的检测限值。

2.3 矿质元素

由表 2 可以看出,样品中宏量元素的含量变化趋势基本一致,均以钾含量最高,其次是钙和镁;微量元素含量不同样品趋势不完全一样。值得特别重视的是,在检测的 13 种矿质元素中,均以种子含量最高。种子中宏量元素钾、钙和镁元素含量分别达到 4950.233 mg/kg、403.210 mg/kg 和 2012.312 mg/kg;微量元素中锰、锌、铁和铜分别达到 90.573 mg/kg、9.675 mg/kg、6.373 mg/kg、3.354 mg/kg。黑老虎种子

是一个富含多种矿质元素尤其是锰、锌含量丰富的资源。锰在脑组织中分布较多,能激活单磷酸腺苷在脑神经递质中起调节作用,老年人缺锰会出现智力下降,反应迟钝;锌是人体生长发育的一种极其重要的微量元素,对人体的免疫系统、神经系统、代谢系统、生长发育、智力等方面起着重要作用^[21,22]。

2.4 脂肪酸组成

脂肪酸的种类和比例组成是衡量油脂品质高低的一个重要指标。由表 3 可以看出,种子中的脂肪酸

组成较其它 3 个部位丰富, 由 11 种脂肪酸组成, 而果汁果肉、和果皮和果芯则由 7 种脂肪酸组成。不饱和脂肪酸含量高达 74.78%~75.15%, 其中多不饱和脂肪酸为 60.76%~63.73%、单不饱和脂肪酸分别为 11.42%~13.96%之间。从单个脂肪酸的相对含量的来看, 4 个部位中的不饱和脂肪酸均以 C18:2 (亚油酸) 最高 (60.30%~62.90%), 其次是 C18:1 (油酸) (11.10%~13.56%)。4 个部位中的饱和脂肪酸均以 C16:0 (棕榈酸) 最高 (17.21%~18.22%), 其次是 C18:0 (硬脂酸) (4.38%~5.76%)。这也符合王丽军等人的研究结果, 即在果皮中检测到的不同脂肪酸成

分中, 主要含有棕榈酸、亚油酸等^[20]。在多个研究结果证明, 单不饱和脂肪酸能降低血清总胆固醇、低密度脂蛋白、甘油三酯, 具有降低血脂、预防动脉粥样硬化和心血管疾病的作用; 多不饱和脂肪酸是细胞和有机体生物膜的重要组成部分, 可调节细胞构型和细胞膜的通透性, 并可以转化为具有多重生理功能的代谢产物, 如前列腺素、凝血黄素、消炎素和保护素等^[23,24]。因此, 黑老虎果中的脂肪是一种优质的脂肪原料, 但主要脂肪存在于种子中 (22.20%) 其它部位中的总脂肪含量低 (0.91%)。因此, 黑老虎种子中的脂肪是一种值得开发利用的健康油脂原料。

表 3 黑老虎果种子和果皮的脂肪酸组成

Table 2 Content of fatty acids in seed and fruit peel of *Kadsura coccinea* ($\bar{x}\pm s$, n=3)

脂肪酸种类	保留时间/min	相对含量 (100%)			
		种子	果汁果肉	果皮	果芯
豆蔻酸 C14:0	19.46	0.68±0.01	0.65±0.01	0.64±0.11	0.63±0.01
棕榈酸 C16:0	24.97	18.22±1.32	17.41±0.10	17.27±0.61	17.21±0.11
棕榈油酸 C16:1	25.35	-	0.21±0.10	0.42±0.11	0.21±0.11
肉豆蔻酸 C17:0	27.51	0.32±0.01	2.41±0.01	2.60±0.01	2.51±0.01
肉豆蔻油酸 C17:1	28.04	0.15±0.01	-	-	-
硬脂酸 C18:0	30.59	5.76±0.31	4.38±1.21	4.60±1.11	4.58±1.11
油酸 C18:1	31.03	13.560±0.21	11.21±0.31	11.10±0.31	11.21±0.31
亚油酸 C18:2	32.44	60.30±0.21	61.90±1.18	62.90±1.18	62.90±1.18
亚麻酸 C18:3	33.62	0.43±0.11	0.64±0.11	0.50±0.11	0.74±0.11
鳕油酸 C20:1	35.97	0.28±0.01	-	-	-
二十碳二烯酸 C20:2	40.67	0.09±0.01	-	-	-
二十二酸 C22:0	42.17	0.25±0.00	-	-	-
饱和脂肪酸 (SFA)		25.22±2.21 ^a	24.85±1.11 ^a	25.11±1.21 ^a	24.93±1.20 ^a
不饱和脂肪酸 (USFA)		74.78±0.42 ^a	75.15±0.91 ^a	74.89±2.21 ^a	75.07±1.51 ^a
单不饱和脂肪酸 (MUFA)		13.96±1.82 ^a	11.42±0.21 ^b	12.49±0.42 ^{ab}	11.43±0.32 ^b
多不饱和脂肪 (PUFA)		60.76±0.31 ^b	63.730±1.71 ^a	62.41±1.82 ^{ab}	63.64±1.82 ^a

备注: 同一列数据中具有不同字母的表示差异显著 ($p<0.05$); “-”代表没有检出。

表 4 黑老虎果各部分的活性成分含量

Table 3 Content of active ingredients in each part of *Kadsura coccinea* ($\bar{x}\pm s$, n=3)

项目	果皮	果肉果汁	种子	果芯
结合酚/(mg/g)	4.85±0.09 ^b	6.77±0.02 ^a	6.90±0.74 ^a	7.46±0.06 ^a
游离酚/(mg/g)	20.85±0.02 ^b	6.75±0.02 ^c	23.69±0.74 ^a	8.69±1.27 ^c
总酚/(mg/g)	25.70±0.07 ^b	13.52±0.07 ^d	30.59±0.25 ^a	16.15±1.3 ^c
黄酮/(mg/g)	14.15±0.15 ^c	4.19±0.092 ^d	30.54±0.16 ^a	17.01±0.29 ^b
多糖/(μg/g)	0.040±0.00 ^d	0.36±0.03 ^a	0.31±0.02 ^b	0.23±0.02 ^c
生物碱/(mg/g)	3.20±0.10 ^a	0.74±0.11 ^c	1.89±1.28 ^b	2.80±0.00 ^a
花色苷/(mg/g)	8.89±1.24 ^a	8.52±3.54 ^a	0.88±0.18 ^b	1.88±0.89 ^b

注: 同一行数据中具有不同字母的表示差异显著 ($p<0.05$)。

2.5 活性成分

活性成分又称功能成分,是指具有医疗效用或生理活性的化合物。多酚、黄酮、多糖、生物碱和总花色苷含量是目前资源评价过程中常用的几种活性成分指标。其中,多酚、黄酮和花色苷类化合物主要体现资源抗氧化、抗衰老活性能力^[25,26],多糖主要体现资源免疫调节活性能力^[27],生物碱则因资源的不同,表现出不同的活性^[28]。由表4可以看出,种子中游离多酚、结合酚、总多酚和总黄酮含量均为最高,分别为23.69 mg/g、6.90 mg/g、30.60 mg/g和30.54 mg/g;多糖含量最高部分为果肉(含果汁)(0.36 μg/g);生物碱含量最高为果皮(3.20 mg/g)和果芯(2.80 mg/g),但两者含量没有显著性差异($p < 0.05$),另外,种子含量(1.89 mg/g)也较丰富;花色苷总含量则以果皮(8.89 mg/g)和果肉果汁(8.52 mg/g)含量最高,两者之间也没有显著性差异($p < 0.05$),这可能与取样时有部分果皮的花色苷挤压到了果肉果汁样品有关,种子和果芯含量较低,分别为0.88 mg/g和1.88 mg/g。

3 结论

黑老虎是一种果大、直接可食用率低的聚合果。果皮、果汁果肉、种子和果芯4个部位均具有各自特色,宜从不同角度去开发成不同类型的产品。黑老虎种子在聚合果中占比小(7.65%~11.16%),但灰分(7.20%)、蛋白质(11.14%)、粗脂肪(21.70%)均为最高,且富含多种矿质元素尤其锰(90.573 mg/kg)、锌(9.675 mg/kg)含量丰富;种子中的不饱和脂肪酸含量高达74.78%,其中C18:2(亚油酸)高达60.30%;组成也较为丰富;种子中的游离多酚(23.69 mg/g)、结合酚(6.90 mg/g)、总多酚(30.59 mg/g)和总黄酮(30.54 mg/g)含量最高。因此,黑老虎种子是一个应该特别引起重视的健康食品原料。果皮皮厚、生物碱和花色苷含量高,宜从功能果脯蜜饯的角度去开发,而果肉果汁则可从特色饮料角度去开发。种子灰分、蛋白质、粗脂肪含量高,则可从油脂、功能产品方面去开发。

参考文献

- [1] 邹建文,饶红欣,罗先权,等.黑老虎果实的加工特性与营养成分[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2019,45(6): 679-684
ZOU Jian-wen, RAO Hong-xin, LUO Xian-quan, et al. Characterization of the processing characteristics and nutritional components of *Kadsura coccinea* fruit [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2019, 45(6): 679-684
- [2] 李志春,孙健,封毅,等.黑老虎果毒理实验及其对血脂的调节作用[J].食品科学,2011,32(1):203-205
LI Zhi-chun, SUN Jian, FENG Yi, et al. An experimental animal investigation on toxicity and blood lipid modulating effect of *Kadsura coccinea* fruit [J]. Food Science, 2011, 32(1): 203-205
- [3] 邹建文,饶红欣,何润华,等.粉碎粒度对黑老虎果浆理化性质和内含物含量的影响[J].南方农业学报,2019,50(11): 2532-2538
ZOU Jian-wen, RAO Hong-xin, HE Run-hua, et al. Effects of crushing mesh number on physicochemical properties and contents of embedded components for *Kadsura coccinea* fruit pulps [J]. Journal of Southern Agriculture, 2019, 50(11): 2532-2538
- [4] 李里,王静,宋亚倩,等.黑老虎果皮和种子的抗氧化、抑菌和抑酶活性[J].经济林研究,2020,38(3):237-244
LI Li, WANG Jing, SONG Ya-qian, et al. The antioxidant, antibacterial and enzyme inhibitory activities of the peel and seed of *Kadsura coccinea* [J]. Nonwood Forest Research, 2020, 38(3): 237-244
- [5] 段林坪.黑老虎化学成分及生物活性研究[D].南京:南京农业大学,2018
DUAN Lin-ping. Study on chemical constituents of *Kadsura coccinea* and their bioactivities [D]. Nanjing: Nanjing Agriculture University, 2018
- [6] Zhang H, Li L, Li B, et al. Polyphenolic profiles and antioxidant activities of *Smilax glabra* Roxb. and *S. china* L. [J]. Latin American Journal of Pharmacy, 2013, 32(10): 1558-1564
- [7] 谢玮.黔东黑老虎果营养品质评价[J].食品工业科技,2019, 40(11):255-259
XIE Wei, Nutritional quality evaluation of *Kadsura coccinea* fruit in eastern Guizhou [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 255-259
- [8] 彭密军,周清平.火焰原子吸收法测定黑老虎中八种微量元素[J].光谱学与光谱分析,2000,20(1):89-90
PENG Mi-jun, ZHOU Qing-ping. Determination of eight trace elements in *Kadsura coccinea* by flame atomic absorption spectrophotometry [J]. Spectroscopy and Special Analysis, 2000, 20(1): 89-90
- [9] 毛云玲,付玉斌,祁荣频,等.云南黑老虎不同种源氨基酸和其他指标的分析与评价[J].氨基酸和生物资源,2015,37(2):

- 14-19
MAO Yun-ling, FU Yu-pin, QI Rong-pin, et al. Analysis and evaluation of amino acids and other indicators of *Kadsura coccinea* from different areas of Yunnan [J]. Amino Acids and Biotic Resources, 2015, 37(2): 14-19
- [10] Sun J, Yao J Y, Huang S X, et al. Antioxidant activity of polyphenol and anthocyanin extracts from fruits of *Kadsura coccinea* (Lem.) A C Smith [J]. Food Chemistry, 2009, 117: 276-281
- [11] 谢玮,杨涛,赵雯霖.黑老虎籽功能成分分析及其应用前景展望[J].食品研究与开发,2016,37(12):1-4
XIE Wei, YANG Tao, ZHAO Wen-lin. The functional components analysis and application prospect of *Kadsura coccinea* seed [J]. Food Research and Development, 2016, 37(12): 1-4
- [12] 却志群,易文奇,陈纪鹏,等.番薯还原糖和总糖含量的测定[J].宜春学院学报,2016,38(12):85-88
QUE Zhi-qun, YI Wen-qi, CHEN Ji-peng. Determination of reducing sugar and total sugar in sweet potato [J]. Journal of Yichun University, 2016, 38(12): 85-88
- [13] 杨月欣,王光亚,潘兴昌.中国食物成分表[M].北京:北京大学医学出版社,2002
YANG Yue-xin, WANG Guang-ya, PAN Xing-chang. China Food Composition [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2002
- [14] 刘艳香,汪丽萍,谭斌,等.麸胚挤压稳定化处理对全麦挂面品质特性的影响[J].食品科学,2019,19(40):156-162
LIU Yan-xiang, WANG Li-ping, TAN Bin, et al. Effect of extrusion stabilization of wheat bran and embryo on the properties of whole wheat noodles [J]. Food Science, 2019, 19(40): 156-162
- [15] 刘子放,张岩,李俊,等.湿法超微粉碎程度对新鲜桑果浆理化特性及活性成分含量的影响[J].蚕业科学,2017,43(3): 472-478
LIU Zi-fang, ZHANG Yan, LI Jun, et al. Effect of wet superfine grinding on physicochemical properties and active ingredient contents of fresh mulberry pulp [J]. Acta Sericologica Sinica, 2017, 43(3): 472-478
- [16] 邹青飞,杨士花,李永强,等.体外结肠发酵对青稞膳食纤维中酚类化合物的含量及抗氧化活性的影响[J].食品科学,2020, 2(41):94-100
ZOU Qing-fei, YANG Shi-hua, LI Yong-qiang, et al. Effects of *in vitro* colonic fermentation on phenolic content and antioxidant activity in dietary fiber from highland barley [J]. 2020, 2(41): 94-100
- [17] 刘刚,梁琪,宋雪梅,等.Plackett-Burman 和 Box-Behnken 试验优化嗜热链球菌 Q4F8 产胞外多糖工艺[J].食品科学, 2019,40(20):136-143
LIU Gang, LIANG Qi, SONG Xue-mei, et al. Optimization of extracellular polysaccharide production by *Streptococcus thermophilus* Q4F8 using Plackett-Burman and Box-Behnken design [J]. Science of Food, 2019, 40(20): 136-143
- [18] 沈维治,邹宇晓,刘凡,等.桑叶总生物碱含量的变化规律[J].蚕业科学,2018,44(5):783-786
SHEN Wei-zhi, ZOU Yu-xiao, LIU Fan, et al. Variation of total alkaloid content in mulberry leaf [J]. Science of Sericulture, 2018, 44(5): 783-786
- [19] 杨兆艳.pH 示差法测定桑椹红色素中花青素含量的研究[J].食品科技,2007,32(4):201-205
YANG Zhao-yan. Anthocyanin content in mulberry red pigment by pH-differential spectrophotometry [J]. Food Science and Technology, 2007, 32(4): 201-205
- [20] 王丽军,廖苏奇,龙海洋,等.黑老虎果的果皮和果肉营养成分分析及评价[J/OL].食品与发酵工业,2020.10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025882
WANG Li-jun, LIAO Su-qi, LONG Hai-yang, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of *Kadsura coccinea* fruit peel and pulp [J/OL]. Food and Fermentation Industries, 2020.10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025882
- [21] 张妍.茶叶中的微量元素锰及其含量的测定.广西职业技术学院学报,2020,13(4):45-47
ZHANG Yan. Assay of manganese (trace element) in tea and its content [J]. Journal of Guangxi Vocational and Technical College, 2020, 13(4): 45-47
- [22] 罗军强,白洋,郑雄伟,等.钟祥地区长寿人群地域分布与环境微量元素关系探讨[J].资源环境与工程,2020,34(4): 529-533
LUO Jun-qiang, BAI Yang, ZHENG Xiong-wei, et al. Study on the relationship between regional distribution of longevity population and environmental trace elements in Zhongxiang area [J]. Resources Environment & Engineering, 2020, 34(4): 529-533
- [23] Fritzen Andreas Mæchel, Lundsgaard Anne Marie, KiensBente. Tuning fatty acid oxidation in skeletal muscle with dietary fat and exercise [J]. Nature Reviews Endocrinology, 2020, 16(12): 683-696

(下转第 136 页)