

黄新球, 杨文, 杨娟, 等. 云南省主要果用桑葚的营养品质及理化特性[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(21): 181–187.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.21.029

# 云南省主要果用桑葚的营养品质及理化特性

黄新球<sup>1</sup>, 杨文<sup>1</sup>, 杨娟<sup>1</sup>, 杨晶<sup>1</sup>, 荀利杰<sup>1</sup>, 苗春辉<sup>1</sup>, 陆子东<sup>2</sup>, 王艳辉<sup>1</sup>

(1. 云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所, 云南蒙自 661101; 2. 红河学院, 云南蒙自 661199)

**摘要:**研究云桑 2 号、云桑 6 号、云果桑 2 号等 7 种云南省种植的主要果用桑葚的营养品质及理化特性, 以为果桑种植品种的选择及桑葚类食品的开发利用提供参考。测定桑葚的氨基酸组成、糖分含量、总酸含量、总黄酮含量、总多酚含量、酸碱度、水分含量、灰分含量、单果质量等及理化特性。结果表明, 从桑葚中检测到 15 种游离氨基酸, 氨基酸总量为 3.78 ~ 7.18 mg/g; 桑葚中的糖分主要以葡萄糖、果糖等形式存在, 总量为 3.31% ~ 13.55%, 7 种桑葚中均未检测到蔗糖; 7 种果用桑葚中的总酸含量为 1.04 ~ 3.17 mg/g, 总多酚含量为 28.13 ~ 57.65  $\mu\text{g/g}$ , 总黄酮含量为 0.94 ~ 12.03  $\mu\text{g/g}$ 。总体而言, 桑葚含有丰富的单糖、游离氨基酸、酚类、黄酮等营养成分, 不同品种桑葚的营养成分含量及理化性质有较大差异, 其中云桑 2 号的营养成分含量、单果质量、口感评分在 7 种桑葚中整体最优秀。考虑到硬实度、口感、营养含量等, 可以将红果 1 号、粤椹大十作为短途运输的桑葚种植品种。

**关键词:**桑葚; 营养成分; 总黄酮; 总多酚; 糖酸比

**中图分类号:**TS255.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)21-0181-06

桑葚是桑科植物桑树(*Morus alba* L.)的成熟聚合果, 别称桑果、葚子、桑泡儿等, 是传统栽桑养蚕的副产品, 桑葚是卫生部公布的首批药食两用农产品之一。现代研究发现, 桑葚中含有多种维生素、有机酸<sup>[1-2]</sup>, 同时还含有丰富的花青素<sup>[3-4]</sup>、白藜芦醇、微量元素硒<sup>[5]</sup>等生物活性成分, 具有抗氧化<sup>[4,6]</sup>、预防肝损伤<sup>[7]</sup>及糖尿病<sup>[8]</sup>、减轻阿尔茨海默病特征<sup>[9]</sup>、提高免疫力<sup>[10]</sup>、降低胆固醇含量<sup>[11]</sup>、润肠通便<sup>[12-13]</sup>等作用, 被誉为 21 世纪的最佳保健果品。果用桑葚是通过优选培育出的具有口感好、结果量多、单果质量大等优秀指标的果桑品种, 主要用于生产桑葚, 同时还具有果叶两用的价值, 其叶片还可以用来养蚕。桑葚作为水果销售, 显著提高了传统蚕桑产业的经济效益。部分桑园打造桑葚现场采摘, 将蚕桑传统产业与旅游产业相结合<sup>[14]</sup>, 桑葚收益大大超过了用相同面积桑叶养蚕的收益<sup>[15]</sup>。

目前, 桑葚类食品、保健品、药品的开发利用发

展迅速, 市场对果用桑葚的需求量不断增大, 传统栽桑养蚕业也逐渐向“养蚕 + 桑葚水果”方向发展。如何选择合适的果桑品种用于种植、目前种植的主要果用桑葚品种的营养状况及理化特性如何是非常值得研究的内容。通过对桑葚营养成分的分析发现, 桑葚中含有 20 多种挥发性成分<sup>[16-17]</sup>, 桑葚中的蛋白质、钙含量随着生长时间的推进而发生显著变化<sup>[18]</sup>。乔健等根据黄酮、花青素含量对桑葚品种进行了分类<sup>[19]</sup>。前人对桑葚营养成分进行了较多的研究, 但有些集中在部分营养指标, 有些研究没有具体到桑树品种, 对桑葚的多种营养成分及理化特性系统的研究较少, 云桑 2 号、云桑 6 号、云果桑 2 号是云南省近年来自选育的果用桑葚新品种, 对其营养成分及理化指标的研究鲜有报道。本研究收集云南省种植面积较广的 7 种果用桑葚品种, 系统分析不同品种桑葚糖分含量、氨基酸组成、总黄酮总多酚含量、灰分、单果质量、酸度等营养指标及理化特性, 以为果桑种植品种的选择及桑葚类食品的开发利用提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要仪器、试剂与材料

高效液相色谱仪, 美国 Waters 公司; 722s 型分光光度计, 上海精科; 电子天平( AL204 ), 梅特勒公司; 台式离心机, Thermo Fisher 公司; 超声波清洗器

收稿日期: 2021-07-12

基金项目: 云南省重大科技专项( 编号: 202102AEO90010 ); 国家重点研发计划绿色宜居村镇技术创新专项( 编号: 2021YFD1100403 ); 云南蚕桑蜜蜂研究专项( 编号: 2018CF05 )。

作者简介: 黄新球( 1985— ), 男, 湖北黄冈人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为蚕蜂资源综合利用与开发。E-mail: 448116284@qq.com。

通信作者: 王艳辉, 硕士, 研究员, 研究方向为蚕蜂资源综合利用与开发。E-mail: wyh686686@sina.com。

(SK7210 HP), 上海科导超声仪器有限公司; 台式 pH 计 (FE28 - Standard), 梅特勒公司。

芸香苷标准品, Dr. Ehrenstorfer GmbH; 原儿茶酸标准品, 中国药品生物制品检定所; 氨基酸标准品, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 福林酚试剂、硝酸铝及其他化学纯试剂, 国药集团化学试剂有限公司; 试验用水均为三级蒸馏水。

四季果桑、珍珠白、粤棋大十、红果 1 号、云果桑 2 号、云桑 6 号、云桑 2 号等 7 种果用桑葚品种, 采自云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所资源圃。于 2020 年 4 月采摘成熟的桑葚样品, 每种桑葚采集 3 份重复样品, 每份采集 500 ~ 1 000 g, 密封后置于 -20 ℃ 冰箱保存, 检测分析前恢复至室温。

## 1.2 试验方法

本研究于 2020 年 4 月开始, 相关试验均在云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所完成。

1.2.1 桑葚中糖分含量的测定 样品处理: 称取 50 g 桑葚, 充分粉碎后全部转入 1 000 mL 容量瓶中, 加水定容至刻度, 充分摇晃, 取出 2 mL 于 4 500 r/min 离心 2 min, 用微孔滤膜过滤后用于液相色谱分析。

色谱柱为 Sepax Hon - Sugar 柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈 + 水 (体积比为 75 : 25), 流速为 1 mL/min; 检测器为蒸发光散射检测器; 蒸发室温度为 50 ℃。

1.2.2 桑葚中游离氨基酸的分析 以 2,4 - 二硝基氟苯 (DNFB) 作为氨基酸柱前衍生试剂, 用高效液相色谱仪 (HPLC - PDA) 测定桑葚中游离氨基酸的含量。

样品处理: 称取 60 g 桑葚, 充分粉碎后将其全部转入 1 000 mL 容量瓶中, 加水定容至刻度, 充分摇晃, 取出 5 mL 于 4 500 r/min 离心 2 min, 取 1 mL 上清液于 10 mL 棕色容量瓶中, 加入 1 mL 0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>, 混合后加入 1 mL 衍生液 (含 10 mL/L 2,4 - 二硝基氟苯的乙腈溶液), 摇晃后于 60 ℃ 避光水浴 1 h, 冷却至室温, 用 0.01 mol/L 磷酸二氢钾溶液定容至刻度, 混匀后用 0.22 μm 针头式过滤器过滤后用于液相色谱进样分析。

色谱柱为 Kromasil C<sub>18</sub> (250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 流动相 A: 50 mmol/L 乙酸钠溶液 (调节 pH 值至 6.8), 流动相 B: 50% 乙腈水, 流速为 1 mL/min; 洗脱程序: 0 → 15 min, 34% B; 16 → 28 min, 61% B; 29 → 35 min, 59% B; 36 → 40 min,

100% B; 检测波长为 360 nm; 柱温为 35 ℃。

1.2.3 桑葚中总多酚总黄酮含量的测定 (1) 桑葚中总多酚、总黄酮的提取。称取约 50 g 桑葚, 充分粉碎后装入 100 mL 具塞三角瓶中, 加入 50 mL 乙酸乙酯, 充分摇晃混匀后静置分层, 取上层液作为提取液。

(2) 桑葚中总多酚含量的测定。以原儿茶酸作为对照品制作标准曲线, 用 Folin - Ciocalteu 法<sup>[20-21]</sup>在波长 765 nm 处测定样品中的总酚含量。

(3) 桑葚中总黄酮含量的测定。以醋酸钾 - 硝酸铝作为反应体系<sup>[22]</sup>, 以芸香苷作为对照品制作标准曲线, 在波长 415 nm 处测定桑葚中的总黄酮含量。

1.2.4 其他理化指标的分析 平均单果质量: 随机取 50 个成熟的某种桑葚, 称取总质量后除以桑葚果实数量, 得到该批次桑葚的平均单果质量, 每种桑葚平行测定 3 次。

桑葚中水分含量的测定参照 GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》中的直接干燥法<sup>[23]</sup>; 灰分含量的测定参照 GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》<sup>[24]</sup>。酸碱度值 (pH 值) 采用 pH 计测定, 取上述测离心出汁率的上层桑葚汁液于烧杯中, 用 pH 计测定 pH 值。总酸含量的测定参考 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》<sup>[25]</sup>, 以苹果酸 0.067 作为酸的换算系数<sup>[1]</sup>。桑葚中可溶性固形物含量的测定参照 NY/T 2637—2014《水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法》方法<sup>[26]</sup>。

随机取 30 个成熟的某种桑葚于自封袋中, 称取总质量, 用拍打式均质机拍打桑葚 30 min, 将桑葚充分击碎混匀后全部转移至离心管中, 于 9 500 r/min 离心 10 min。倒出上层果汁, 称质量, 计算该种桑葚的离心出汁率。

将采摘成熟的桑葚样品编成 1 ~ 7 号, 每种桑葚采摘 5 份, 找 5 人对 7 种桑葚的口感、硬实度进行评分, 评分人员处于不同房间, 互不影响, 总分为 10 分, 桑葚越好吃则口感评分越高, 桑葚越硬实则硬实度评分越高。

## 1.3 数据统计分析

试验数据采用 Origin 2017 进行作图, 用 SPSS 23.0 的单因素方差检验进行显著性分析, 结果以“平均值 ± 标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 桑葚中的糖分分析

由图 1、表 1 可以看出, 7 种桑葚中均主要存在

果糖、葡萄糖 2 种糖,均未检出蔗糖、麦芽糖等其他糖类。7 种桑葚中果糖 + 葡萄糖的含量为 3.31% ~ 13.55%,其中珍珠白桑葚的含糖量最高,显著高于其他品种;四季果桑的含糖量较低(3.31%),另外 6 种桑葚的含糖量均在 10.00% 以上。从果糖与葡萄糖含量的比值(果葡比)来看,7 种桑葚可分为 2 类,

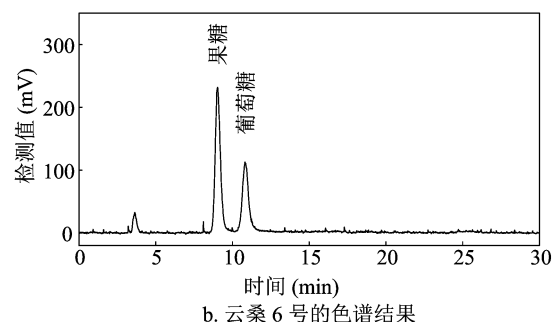
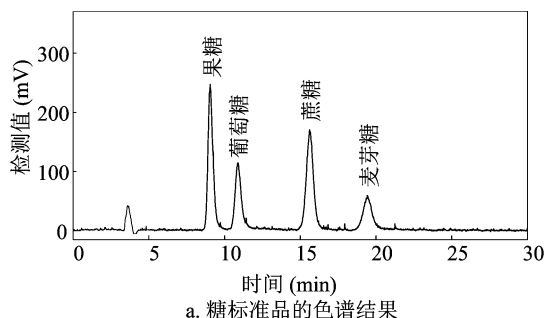


图1 4 种糖标准品与云桑 6 号的液相色谱结果

表 1 7 种桑葚中各糖分含量与果葡比

桑葚品种	果糖含量 (%)	葡萄糖含量 (%)	果糖/葡萄糖	果糖 + 葡萄糖含量 (%)
四季果桑	1.51 ± 0.03a	1.80 ± 0.04a	0.84 ± 0.04a	3.31 ± 0.01a
云果桑 2 号	5.12 ± 0.20b	5.14 ± 0.18b	1.00 ± 0.01b	10.26 ± 0.38b
粤椹大十	5.24 ± 0.26b	5.20 ± 0.26b	1.01 ± 0.00b	10.44 ± 0.52b
红果 1 号	5.23 ± 0.23b	5.35 ± 0.30b	0.98 ± 0.03b	10.58 ± 0.51b
云桑 6 号	5.63 ± 0.21c	5.71 ± 0.25c	0.99 ± 0.02b	11.34 ± 0.44c
云桑 2 号	5.98 ± 0.30c	5.68 ± 0.22c	1.05 ± 0.01c	11.67 ± 0.52c
珍珠白	6.79 ± 0.17d	6.76 ± 0.09d	1.01 ± 0.01b	13.55 ± 0.26d

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),表 3、表 4、表 5 同。

第 1 类为四季果桑,果葡比接近 0.84;第 2 类为另外 6 种桑葚,果葡比接近 1.00(0.98 ~ 1.05)。

## 2.2 桑葚中游离氨基酸的分析

由表 2 可以看出,7 种桑葚中的游离氨基酸总量为 3.78 ~ 7.18 mg/g,其中云果桑 2 号的游离氨基酸含量(7.18 mg/g)最高,云桑 2 号(6.06 mg/g)次之,云桑 6 号(3.78 mg/g)、红果 1 号(3.78 mg/g)、粤椹大十(3.95 mg/g)的游离氨基酸含量较低。7 种桑葚中都能检测到谷氨酰胺、天冬酰胺、天冬氨酸等 14 种游离氨基酸,红果 1 号、云桑 2 号、四季果桑中能检测到精氨酸。

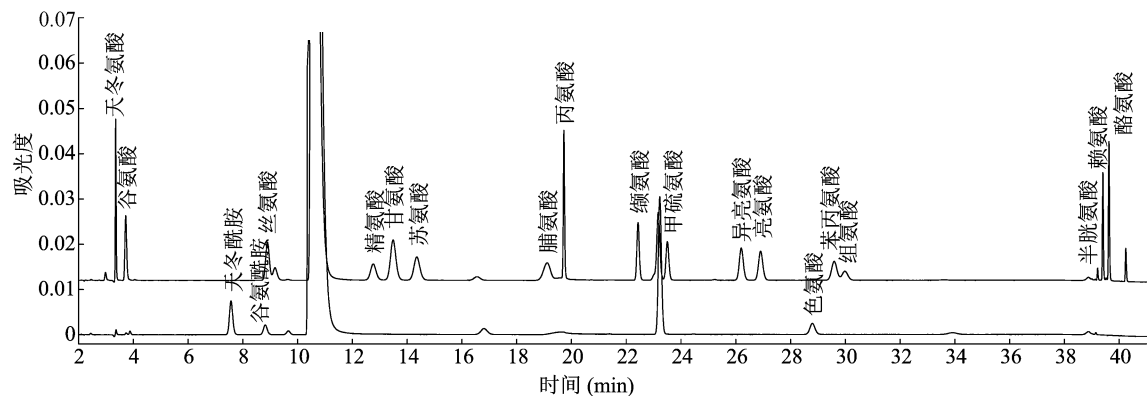
表 2 7 种桑葚中的游离氨基酸含量

氨基酸	桑葚中的游离氨基酸含量(mg/kg)						
	云桑 6 号	红果 1 号	粤椹大十	云果桑 2 号	云桑 2 号	珍珠白	四季果桑
天冬氨酸(Asp)	35.6 ± 1.6c	29.1 ± 1.5e	50.4 ± 2.0a	40.3 ± 0.2b	32.2 ± 0.6d	31.6 ± 1.7d	36.7 ± 0.3c
天冬酰胺(Asn)	577.4 ± 33.6d	811.6 ± 46.1c	278.9 ± 26.7e	1414.8 ± 26.9a	1 203.7 ± 42.6b	1 143.8 ± 52.8b	833.5 ± 21.1c
谷氨酰胺(Gln)	1 643.8 ± 48.6ef	1 545.9 ± 72.7f	1 799.0 ± 117.9e	4 081.5 ± 211.2a	2 978.0 ± 120.1c	2 351.1 ± 27.9d	3 523.4 ± 131.8b
色氨酸(Ser)*	66.9 ± 1.6c	70.4 ± 1.7c	58.7 ± 1.5d	56.1 ± 3.4d	77.6 ± 3.2b	108.3 ± 3.1a	56.6 ± 0.8d
精氨酸(Arg)	0.0 ± 0.0d	41.2 ± 1.5a	0.0 ± 0.0d	0.0 ± 0.0d	13.5 ± 0.9c	0.0 ± 0.0d	16.1 ± 0.2b
甘氨酸(Gly)	32.9 ± 1.9c	24.3 ± 1.2d	33.7 ± 1.0c	56.4 ± 3.7a	33.2 ± 0.2c	31.6 ± 0.9c	37.8 ± 1.9b
苏氨酸(Thr)*	78.8 ± 3.7d	70.2 ± 2.2e	113.7 ± 7.8c	121.1 ± 2.3b	62.6 ± 0.3f	129.4 ± 5.2a	65.3 ± 3.6ef
脯氨酸(Pro)	698.3 ± 0.2c	709.9 ± 32.7c	1 064.2 ± 83.9a	907.5 ± 43.8b	865.2 ± 19.3b	614.2 ± 30.5d	619.4 ± 41.1d
丙氨酸(Ala)	252.5 ± 6.0d	200.9 ± 12.0e	212.9 ± 7.8e	275.0 ± 14.6c	306.3 ± 20.4b	349.9 ± 13.9a	290.7 ± 8.3bc
缬氨酸(Val)*	50.7 ± 1.9d	37.9 ± 1.3f	77.3 ± 3.6b	45.8 ± 2.4e	57.2 ± 2.0c	96.3 ± 4.4a	55.9 ± 0.2c
异亮氨酸(Ile)*	27.6 ± 1.5c	26.0 ± 1.2cd	44.7 ± 1.7b	17.8 ± 0.1f	24.9 ± 0.2de	93.5 ± 3.5a	22.6 ± 0.7e
亮氨酸(Leu)*	63.2 ± 2.6c	52.7 ± 1.2d	73.5 ± 5.4b	29.5 ± 0.9f	73.9 ± 1.7b	129.0 ± 2.9a	43.9 ± 0.3e
苯丙氨酸(Phe)*	158.0 ± 8.1b	69.7 ± 2.2d	34.5 ± 1.1e	29.8 ± 1.2e	204.5 ± 12.0a	104.3 ± 6.4c	29.9 ± 0.3e
半胱氨酸(Cys)	53.5 ± 2.8d	59.3 ± 1.6c	50.2 ± 4.0d	64.1 ± 2.6c	86.8 ± 0.1b	93.8 ± 3.3a	39.3 ± 1.0e
酪氨酸(Tyr)	37.8 ± 0.7c	43.2 ± 2.8b	58.5 ± 2.5a	37.1 ± 2.0c	35.5 ± 2.1c	38.0 ± 1.3c	35.2 ± 1.5c
TEAA	445.2 ± 15.7c	326.9 ± 9.7e	402.2 ± 21.1d	300.0 ± 10.1f	500.7 ± 8.7b	660.8 ± 6.6a	274.1 ± 3.7g
TAA	3 777.1 ± 18.0e	3 792.3 ± 181.1e	3 950.1 ± 267.0e	7 176.7 ± 186.5a	6 055.0 ± 110.5b	5 314.9 ± 116.5d	5 706.2 ± 76.1c
TEAA/TAA (%)	117.9 ± 3.6b	86.2 ± 1.6d	101.9 ± 1.5c	41.8 ± 0.3f	82.7 ± 2.9d	124.4 ± 4.0a	48.1 ± 1.3e

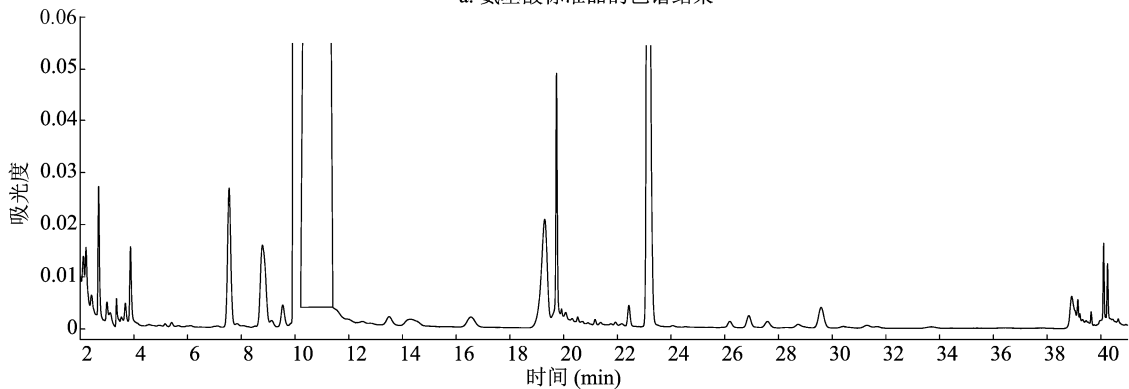
注: \* 表示必需氨基酸,TAA 表示总氨基酸;TEAA 表示总必需氨基酸。同行数据后标有不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

由图 2 可以看出,7 种桑葚中都没有检测到谷氨酸、丝氨酸、甲硫氨酸、组氨酸、赖氨酸这 5 种氨基酸。由表 2 还可以看出,谷氨酰胺是桑葚中含量最高的氨基酸,占氨基酸含量的 41% ~ 62%,天冬酰胺、脯氨酸是桑葚中另外 2 种含量较高的氨基酸;必

需氨基酸含量占总氨基酸含量的 4.18% ~ 12.44%;在不同桑葚中,氨基酸含量有较大差异,粤榧大十的脯氨酸含量较另外几种桑葚高,但天冬酰胺含量较低;云桑 2 号的苯丙氨酸含量较高。



a. 氨基酸标准品的色谱结果



b. 云桑 6 号的色谱结果

图2 氨基酸标准品、云桑 6 号的液相色谱结果

2.3 桑葚中总多酚、总黄酮含量

2.3.1 桑葚中的总多酚含量 (1)总多酚标准曲线。在 765 nm 处,桑葚中的总多酚(以原儿茶酸计)含量在 0.99 ~ 4.95 μg/mL 范围内,与吸光度之间呈现良好线性关系,线性方程为  $y = 0.1106x + 0.0036$ ,  $r = 0.999$ (图 3)。(2)7 种桑葚中的总多酚

含量。由表 3 可见,7 种桑葚中的总多酚含量在 28.13 ~ 57.65 μg/g 之间,其中云果桑 2 号的总多酚含量最高,珍珠白的总多酚含量最低,云桑 2 号、红果 1 号、粤榧大十、云桑 6 号这 4 个品种的总酚含量较接近。

2.3.2 桑葚总黄酮含量 (1)标准曲线。在

表 3 7 种桑葚中的总酚、总黄酮含量

桑葚品种	原产地	总多酚含量 (μg/g)	总黄酮含量 (μg/g)
云果桑 2 号	云南	57.65 ± 1.89a	7.75 ± 0.07b
四季果桑	台湾	51.93 ± 2.25ab	12.03 ± 0.13a
云桑 6 号	云南	47.34 ± 6.49bc	4.85 ± 0.64d
粤榧大十	广东	44.53 ± 3.44c	6.52 ± 0.09bc
红果 1 号	陕西	43.01 ± 4.85c	5.57 ± 0.13cd
云桑 2 号	云南	42.34 ± 6.15c	6.83 ± 1.27bc
珍珠白	山东	28.13 ± 1.67d	0.94 ± 0.06e

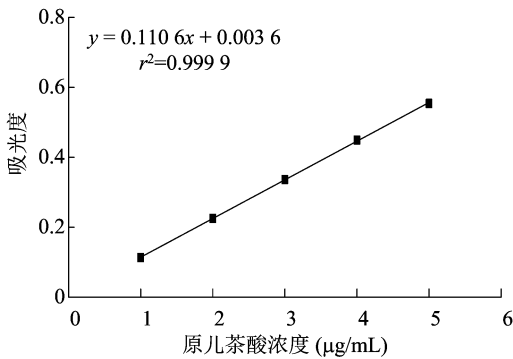


图3 原儿茶酸标准曲线

415 nm 波长处,总黄酮含量在 4.02 ~ 20.9  $\mu\text{g/mL}$  范围内(以芸香苷计)与吸光度之间呈现良好线性关系,线性方程为  $y = 0.0326x + 0.0098$ ,  $r = 0.999$  (图 4)。(2)7 种桑葚中的总黄酮含量。由表 3 可见,7 种桑葚中的总黄酮含量为 0.94 ~ 12.03  $\mu\text{g/g}$ ,四季果桑的总黄酮含量最高,珍珠白的总黄酮含量最低,前者是后者的 12.8 倍,云桑 2 号、云桑 6 号、红果 1 号、粤榭大十这 4 个桑葚品种的黄酮含量较接近。

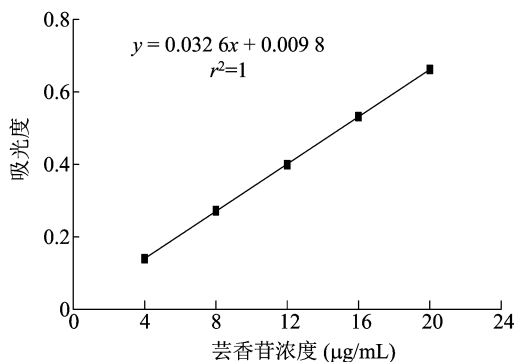


图4 芸香苷标准曲线

表4 7种桑葚的理化指标

桑葚品种	单果质量 (g)	水分含量 (%)	灰分含量 (%)	pH 值	总酸含量 (mg/g)	可溶性固形物 含量(%)	离心出汁率 (%)	口感评分	硬实度评分
云桑6号	7.01 ± 0.42a	82.41 ± 1.70b	0.62 ± 0.03c	5.69 ± 0.22ab	1.11 ± 0.04a	17.83 ± 0.29b	67.93 ± 0.54b	8.53 ± 0.15a	7.07 ± 0.06c
云桑2号	5.83 ± 0.14b	81.95 ± 1.02b	0.92 ± 0.05a	5.47 ± 0.17b	1.53 ± 0.07b	15.67 ± 0.29c	60.59 ± 0.80e	8.57 ± 0.15a	7.10 ± 0.10c
粤榭大十	4.09 ± 0.14c	81.31 ± 2.40b	0.81 ± 0.02b	4.80 ± 0.13d	2.50 ± 0.05d	17.50 ± 0.50b	64.57 ± 0.59c	8.57 ± 0.21a	8.17 ± 0.06a
云果桑2号	3.28 ± 0.16d	83.21 ± 2.79b	0.84 ± 0.03b	4.90 ± 0.11cd	3.17 ± 0.08f	14.00 ± 0.50d	69.86 ± 0.93a	7.27 ± 0.21c	8.03 ± 0.15ab
红果1号	3.03 ± 0.15de	81.91 ± 2.49b	0.81 ± 0.04b	4.66 ± 0.24d	2.71 ± 0.06e	14.33 ± 0.29d	61.40 ± 0.40de	8.07 ± 0.25b	7.90 ± 0.10b
四季果桑	2.90 ± 0.16ef	90.12 ± 1.41a	0.66 ± 0.02c	5.11 ± 0.21c	1.97 ± 0.07c	7.33 ± 0.29e	61.88 ± 0.31d	6.50 ± 0.20d	6.73 ± 0.06d
珍珠白	2.60 ± 0.14f	80.07 ± 0.68b	0.78 ± 0.03b	5.80 ± 0.04a	1.04 ± 0.07a	20.17 ± 0.29a	61.02 ± 0.13de	8.83 ± 0.15a	6.27 ± 0.21e

### 3 讨论

#### 3.1 7种桑葚的营养成分及理化指标特点

从本研究结果可以看出,7种桑葚的糖分含量为 3.31% ~ 13.55%,灰分含量为 0.62% ~ 0.92%,水分含量为 80.07% ~ 90.12%,同时还含有较丰富的游离氨基酸(含量为 3.78 ~ 7.18 mg/g)、总酚(含量为 28.13 ~ 57.65  $\mu\text{g/g}$ )等成分,总体特点是营养丰富、水分含量高。桑葚果皮较薄,在采摘过程中容易受到损伤,桑葚的营养成分特点也使其在采摘后容易生长霉菌,使得新鲜桑葚不耐贮藏和运输,红果 1 号、粤榭大十 2 个桑葚品种的口感评分和硬实度评分均较高,是适合作为短途运输的果用桑葚品种。云桑 2 号的总糖、总酚、总黄酮、总氨基酸等营养指标含量都很高,而且口感好、单果质量较大,

#### 2.4 其他理化指标

由表 4 可以看出,云桑 6 号的单果质量最高(7.01 g),四季果桑(2.90 g)、珍珠白(2.60 g)的单果质量较低;7 种桑葚的水分含量为 80.07% ~ 90.12%,其中珍珠白的水分含量最低,四季果桑的水分含量最高;7 种果桑的灰分含量为 0.62% ~ 0.92%,离心出汁率为 60.59% ~ 69.86%;pH 值以珍珠白最高(pH 值为 5.80),云桑 6 号(pH 值为 5.69)和云桑 2 号(pH 值为 5.47)次之,红果 1 号(pH 值为 4.66)、粤榭大十(pH 值为 4.80)、云果桑 2 号(pH 值为 4.90)的酸碱度较低;7 种果桑的总酸含量在 1.04 ~ 3.17 mg/g 之间,总酸含量与酸碱度的情况基本一致;珍珠白的可溶性固形物含量(20.17%)最高,云桑 6 号(17.83%)和粤榭大十(17.50%)的可溶性固形物含量次之,四季果桑的可溶性固形物含量(7.33%)最低;口感评分较高的为珍珠白、云桑 2 号、云桑 6 号、粤榭大十、红果 1 号,硬实度评分较高的为粤榭大十、云果桑 2 号、红果 1 号。

是非常优秀的果用桑葚品种。珍珠白的糖分含量最高,而且有水果香味,口感非常好,云桑 6 号的单果质量最大,总糖、总酚、总黄酮、口感等指标均较好,这 2 个品种也是较好的果用桑葚品种。

#### 3.2 桑葚中的糖类及酸甜口味

在本研究测定的 7 种桑葚中,糖分都主要以葡萄糖和果糖形式存在,总含量在 3.31% ~ 13.55% 之间,7 种桑葚中均未检测到蔗糖,吴祖芳用薄层色谱法在桑葚中检测到了蔗糖,可能是因为检测方法或桑葚品种不同而造成的差异<sup>[5]</sup>。

水果的酸甜口味主要由水果中含糖总量与含酸总量及其比值决定的。桑葚中含有柠檬酸、苹果酸、酒石酸、富马酸、乳酸、草酸等多种有机酸,以柠檬酸、苹果酸为主要有机酸<sup>[1-2]</sup>;参照桑葚的糖酸比与口味的关系,甜酸比  $\geq 40$  为甜味型、 $28.6 \leq$  糖酸

比 < 40 为甜酸型、16. 7 ≤ 糖酸比 < 28. 6 为酸味型<sup>[27]</sup>, 7 种桑葚可分成甜味型、酸甜型、酸味型, 其中珍珠白、云桑 2 号、云桑 6 号、粤椹大十为甜味型, 红果 1 号、云果桑 2 号为甜酸型、四季果桑为酸味型(表 5)。

表 5 7 种桑葚的糖酸比及味型

桑葚品种	糖酸比	味型
四季果桑	16. 86 ± 0. 62g	酸型
云果桑 2 号	32. 39 ± 0. 45f	甜酸型
红果 1 号	38. 98 ± 1. 19e	甜酸型
粤椹大十	41. 75 ± 2. 81d	甜型
云桑 2 号	76. 09 ± 0. 68c	甜型
云桑 6 号	102. 19 ± 1. 99b	甜型
珍珠白	138. 30 ± 1. 64a	甜型

从研究结果可以看出, 大多数桑葚品种的果葡比接近 1. 0, 测定的 7 种桑葚中, 只有台湾四季果桑的果葡比接近 0. 84, 该结果与乔宇等的报道<sup>[2,19]</sup>较一致; 研究结果还显示, 不同桑葚品种的糖酸比也呈现出显著差异。由此可见, 果葡比、糖酸比可以作为桑葚种类分类及品种鉴定的有效参考指标。

3.3 桑葚中游离氨基酸组成

不同桑葚中的游离氨基酸含量存在较大差异, 但天冬酰胺和谷氨酰胺含量均非常高, 该结果与吴祖芳等的研究结果<sup>[5]</sup>一致。在本研究分析的 7 种桑葚中均没有检测到谷氨酸、丝氨酸、甲硫氨酸、组氨酸、赖氨酸 5 种氨基酸。杨喆用水解法测得桑葚中含有 19 种水解氨基酸, 说明桑葚中的谷氨酸、丝氨酸、甲硫氨酸、组氨酸、赖氨酸很可能以蛋白结合态的形式存在或者主要存在于桑葚的种子中<sup>[28]</sup>。

4 结论

7 种在云南省主要种植的果用桑葚含有丰富的游离氨基酸、单糖、矿物质(灰分)、总酚、总黄酮、有机酸等营养成分, 但不同品种的营养素含量、酸甜口味、口感存在较大差异。桑葚中的糖类主要以葡萄糖和果糖形式存在。桑葚中游离氨基酸含量丰富, 谷氨酰胺、天冬酰胺、脯氨酸是最主要的氨基酸, 本试验分析的 7 种在云南省主要种植的果用桑葚中均未检测到谷氨酸、丝氨酸、甲硫氨酸、组氨酸、赖氨酸 5 种游离氨基酸。果糖/葡萄糖及糖酸比可以作为桑葚种类分类及品种鉴定的有效参考指标。红果 1 号和粤椹大十 2 个品种的桑葚营养丰富、口感较好, 同时硬实度较高, 是比较适合作为短

途运输的果用桑葚种植品种; 云桑 2 号营养成分含量、单果质量、口感评分在 7 种桑葚中整体评价最为优秀; 云桑 6 号、珍珠白营养成分含量高、口感好, 也是值得推荐的优秀果用桑葚品种。

参考文献:

[1] Koyuncu F. Organic acid composition of native black mulberry fruit [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2004, 40(4): 367 - 369.

[2] 乔宇, 吕辉华, 吴继军, 等. 不同品种桑椹中糖酸组成和甜酸风味评价[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(4): 44 - 49.

[3] 栾琳琳, 卢红梅, 陈莉. 桑葚花青素提取纯化研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(3): 156 - 160, 164.

[4] 王晗, 朱华平, 李文钊, 等. 桑葚提取物中花青素分析及其体外抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(15): 170 - 175.

[5] 吴祖芳, 翁佩芳. 桑椹的营养组分与功能特性分析[J]. 中国食品学报, 2005, 5(3): 102 - 107.

[6] 曹培杰, 崔晋, 马艳弘. 桑葚籽黄酮超声酶解提取工艺优化及其抗菌、抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(2): 175 - 182.

[7] 舒广文, 邱韵涵, 付千, 等. 桑葚总多糖对乙酰氨基酚诱导小鼠急性肝损伤的保护作用[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2019, 38(3): 377 - 382.

[8] Min A Y, Yoo J M, Sok D E, et al. Mulberry fruit prevents diabetes and diabetic dementia by regulation of blood glucose through upregulation of antioxidative activities and CREB/BDNF pathway in alloxan - induced diabetic mice[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2020, 2020: 1298691.

[9] Liu D X, Du D Q. Mulberry fruit extract alleviates cognitive impairment by promoting the clearance of amyloid -  $\beta$  and inhibiting neuroinflammation in Alzheimer's disease mice[J]. Neurochemical Research, 2020, 45(9): 2009 - 2019.

[10] 骆新, 王忠, 朱虎虎, 等. 桑葚多糖对环磷酸腺苷诱导小鼠免疫功能低下的调节作用[J]. 新疆医科大学学报, 2018, 41(1): 75 - 78.

[11] Lee S, Lee M S, Chang E, et al. Mulberry fruit extract promotes serum HDL - cholesterol levels and suppresses hepatic microRNA - 33 expression in rats fed high cholesterol/cholic acid diet[J]. Nutrients, 2020, 12(5): 1499.

[12] 付山, 吕开原, 贺凌霄, 等. 桑葚提取物主要成分分析及润肠通便作用的观察[J]. 武警后勤学院学报(医学版), 2019, 28(1): 1 - 5.

[13] 张存艳, 陈胡兰, 李美凤, 等. 桑椹发酵汁和鲜果汁主要成分含量测定及其润肠通便功效研究[C]//中国中西医结合学会营养专业委员会. 第十届全国中西医结合营养学术会议论文资料汇编. 成都: 中国中西医结合学会, 2019: 10.

[14] 邓真华, 杜贤明, 彭晓虹, 等. 不同果桑品种品质分析与综合评价[J]. 中国南方果树, 2017, 46(4): 141 - 144.

[15] 周新能. 推广果叶兼用桑 促进蚕桑产业发展[J]. 四川蚕业, 2012, 40(4): 7.

杨志坚,温杭凯,刘江洪,等. 金边龙舌兰糖类提取工艺优化及不同肥料配方对其组分的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):187-190.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.21.030

# 金边龙舌兰糖类提取工艺优化及不同肥料配方对其组分的影响

杨志坚<sup>1,2</sup>, 温杭凯<sup>2</sup>, 刘江洪<sup>1,2</sup>, 许明<sup>1,2</sup>, 廖素凤<sup>1,2</sup>

(1. 福建农林大学作物遗传育种与综合利用教育部重点实验室, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学农产品品质研究所, 福建福州 350002)

**摘要:**研究金边龙舌兰糖类组分的最佳提取工艺及不同施肥配比对金边龙舌兰糖类组分的影响。利用正交设计筛选最佳的提取工艺为  $A_1B_3C_3D_3$  (85% 乙醇, 料液比为 1 g : 35 mL, 65 °C 超声提取 10 min), 利用该最佳提取工艺研究不同施肥配比对金边龙舌兰糖类组分含量的影响, 结果表明, 在  $N_3P_3K_1$  ( $N_3 = 0.18$  g/L,  $P_3 = 0.07$  g/L,  $K_1 = 0.02$  g/L) 处理下蔗糖及果糖的含量最高, 分别达 0.66、0.09 mg/mL, 葡萄糖则是在  $N_4P_3K_2$  ( $N_4 = 0.23$  g/L,  $P_3 = 0.07$  g/L,  $K_2 = 0.06$  g/L) 处理下含量最高, 达到 0.42 mg/mL, 而在  $N_3P_3K_1$  组合处理下的葡萄糖含量为 0.40 mg/mL, 与其相差甚小, 因此要整体提高金边龙舌兰糖类组分可施用  $N_3P_3K_1$  ( $N_3 = 0.18$  g/L,  $P_3 = 0.07$  g/L,  $K_1 = 0.02$  g/L) 组合的氮、磷、钾 (NPK) 配比。

**关键词:**金边龙舌兰; NPK 施肥; 糖类组分; 提取工艺优化; 正交试验

**中图分类号:**S682.360.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2021)21-0187-04

近些年, 国内有学者对龙舌兰科的植物进行多方面相关的研究<sup>[1-7]</sup>, 但是关于龙舌兰糖类组分的研究, 国内外鲜有相关文献发表。目前国内对龙舌兰科虎皮兰多糖的提取及活性的研究开展了一些

基础性研究工作, 马齿苋多糖中主要单糖组成物质质量之比大致为半乳糖醛酸: 葡萄糖: 半乳糖: 阿拉伯糖 = 1.75 : 1.00 : 1.58 : 1.00<sup>[1]</sup>。

多糖对调节人体生理、有助于新陈代谢、增强免疫力、预防疾病等方面具有重要的作用。而金边龙舌兰 (*Agave americana*) 作为特种作物<sup>[8]</sup>, 具有抗逆性强、繁殖力高等特性<sup>[9]</sup>, 且在我国亚热带地区种植面积广<sup>[10-11]</sup>, 故对金边龙舌兰糖类组分进行相关研究, 具有长远的实际意义。

本试验根据金边龙舌兰生活习性<sup>[12]</sup> 及对营养

收稿日期: 2021-04-28

基金项目: 福建省福州市科技计划 (编号: 2019-G-33); 福建农林大学科技创新专项基金 (编号: KFA17420A、KFA17155A); 福建省中青年教育科研项目 (编号: JT180145)。

作者简介: 杨志坚 (1981—), 男, 福建泉州人, 硕士, 讲师, 主要从事功能植物研究。E-mail: yangzj41@163.com。

[16] 张欣欣, 周哲, 陈炎, 等. 桑葚风味构成特点研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(7): 167-171.

[17] 余柳仪, 陈森芬, 刘京宏, 等. 桑不同部位及不同成熟度桑葚挥发性成分分析[J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2020, 46(1): 63-69.

[18] 池旭娟, 朱引根, 杨佩华, 等. 桑椹成熟期营养成分的动态变化[J]. 中国蚕业, 2009, 30(1): 32-35.

[19] 乔健, 马智玲, 魏长宾, 等. 湛江地区不同桑葚品种的品质比较[J]. 食品工业科技, 2020, 41(12): 264-268, 290.

[20] 黄新球, 杨有仙, 梁铨, 等. 十一种蜂花粉中总黄酮和总多酚含量分析[J]. 蜜蜂杂志, 2017(11): 3-6.

[21] 董捷, 张红城, 秦健, 等. 十种蜂花粉醇提物中总多酚和总黄酮含量测定[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 246-249.

[22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 蜂胶中总黄酮含量的测定方法 分光光度比色法: GBT 20574—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

[23] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定方法: GB 5009.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中灰分的测定: GB 5009.4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[25] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 食品中总酸: GB/T 12456—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[26] 中华人民共和国农业部. 水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法: NY/T 2637—2014[S]. 北京: 中国农业出版社, 2014.

[27] 韩丽颖, 张绍文. 果品贮藏保鲜技术问答[M]. 北京: 中国食品出版社, 1987: 7.

[28] 杨喆, 陈秋生, 张强, 等. 不同品种桑葚与桑叶中氨基酸含量差异研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(17): 4534-4538.