

刘春菊,王海鸥,李大婧,等. 干燥方式对黄秋葵花茶品质及体外抗氧化能力的影响[J].江苏农业学报,2018,34(4):913-920.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2018.04.028

干燥方式对黄秋葵花茶品质及体外抗氧化能力的影响

刘春菊^{1,2}, 王海鸥³, 李大婧^{1,2}, 唐明霞⁴, 刘春泉^{1,2}, 张钟元^{1,2}, 江宁^{1,2}, 牛丽影^{1,2},
崔莉^{1,2}, 袁春新⁴

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏 南京 210014; 2. 国家蔬菜加工技术研发专业分中心,江苏 南京 210014; 3. 南京晓庄学院食品科学学院,江苏 南京 211171; 4. 江苏沿江地区农业科学研究所,江苏 如皋 226541)

摘要: 为了研究不同干燥方式对黄秋葵花茶品质及体外抗氧化能力的影响,采用 50 ℃ 热风干燥、70 ℃ 热风干燥、微波干燥及真空冷冻干燥处理黄秋葵,分析了黄秋葵花茶的外观品质、色泽及花茶和茶水中多糖含量、黄酮含量以及抗氧化能力和感官品质。结果表明,50 ℃ 热风干燥和 70 ℃ 热风干燥处理的黄秋葵花茶和茶水外观品质、抗氧化能力差异不显著($P>0.05$),多糖和黄酮含量略有差异;微波干燥处理的黄秋葵花茶外观收缩严重,内部和外部有焦糊点,但香气浓郁,并具有较高的抗氧化能力;真空冷冻干燥处理的黄秋葵花茶外观形态匀称、色泽鲜亮,花茶和茶水中多糖和黄酮含量最高,抗氧化能力最高,花茶水色泽金黄通透、风味纯正,但香气较平淡。本试验结果为黄秋葵花茶综合利用和加工品质控制提供了技术指导。

关键词: 黄秋葵; 干燥方式; 品质; 体外抗氧化能力

中图分类号: TS272.5⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)04-0913-08

Effects of different drying methods on the quality and *in vitro* antioxidant capacity of okra flowers

LIU Chun-ju^{1,2}, WANG Hai-ou³, LI Da-jing^{1,2}, TANG Ming-xia⁴, LIU Chun-quan^{1,2},
ZHANG Zhong-yuan^{1,2}, JIANG Ning^{1,2}, NIU Li-ying^{1,2}, CUI Li^{1,2}, YUAN Chun-xin⁴

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. National Vegetable Processing Technology R&D Sub-centers, Nanjing 210014, China; 3. College of Food Science, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China; 4. Institute of Agricultural Sciences of Jiangsu Changjiang River Bank District, Rugao 226541, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different drying methods on quality and antioxidant capacity, the okra flowers were dried by 50 ℃ hot-air drying, 70 ℃ hot-air drying, microwave drying and vacuum freeze drying. The appearance quality, color, polysaccharide content, flavonoids content, antioxidant capacity and sensory quality of flower and tea were analyzed. The results showed that there was no significant difference in appearance quality and antioxidant capacity of okra flower and tea dried with 50 ℃ hot-air drying and 70 ℃ hot-air drying ($P>0.05$), but there was a slight difference in the polysaccharide and flavonoids content. Serious appearance shrinkage happened in microwave-dried okra flower, which had the paste point, a strong flavor and higher antioxidant capacity. The freeze-dried okra flower had symmetrical shape and bright color, also had the highest polysaccharide and flavonoids content, the highest antioxidant capacity. The tea of freeze-dried

okra flower had golden color and pure flavor, but the fragrance was weaker. The results of this experiment can provide technical guidance for comprehensive utilization and quality control of okra flowers.

Key words: okra flowers; drying methods; quality; *in vitro* antioxidant capacity

收稿日期:2017-10-31

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)项目(BE2016325)

作者简介:刘春菊(1979-),女,辽宁鞍山人,硕士,副研究员,主要从事果蔬加工与质量控制研究。(Tel) 025-84391570; (E-mail) cjliu0306@163.com

通讯作者:李大婧, (Tel) 025-84391255; (E-mail) lidajing@163.com

黄秋葵 [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench], 又名咖啡黄葵、补肾草、洋辣椒、羊角豆等, 为锦葵科秋葵属一年生草本植物。原产于非洲, 现在世界各地都有种植, 以非洲、美国、日本等地较多^[1-3]。中国很多地方也有黄秋葵的分布和栽培, 主要集中在江苏、福建、浙江、广东、海南等地。随着特殊的食用、药用功效被人们所认识和了解, 黄秋葵逐渐发展成为一种潜力极大的新兴特色蔬菜, 黄秋葵的栽培种植面积也在迅速扩大^[4]。由于黄秋葵生长期特别短, 生长过程中从荚果形成到嫩荚果采收只有 2 d 左右, 每个荚果都会伴随着一朵花的生长, 每朵花从盛开到凋落只有 10 h 左右, 一般只任其自行开花落, 不作收集利用, 废弃的花产量每 1 hm² 约 7.5×10⁵ 朵, 造成了生产上的较大浪费, 对农村环境也造成了一定程度的污染。因此, 黄秋葵花综合利用对黄秋葵产业发展具有重大意义。

黄秋葵花在数百年前就被用作保健茶和草药, 其富含多糖、黄酮、锌、硒等多种生物活性物质, 黄秋葵中含有的黏性多糖物质, 是由阿拉伯糖、半乳糖、鼠李糖等构成的多糖与蛋白质形成的共价复合物, 具有助消化、增强免疫力、抗肿瘤、降血脂等功效^[5]。黄酮类化合物具有降脂、抗心血管疾病、消除自由基及抗氧化、抗骨质疏松、防癌抗癌等作用^[6]。关于黄秋葵的研究主要集中在多糖和黄酮的提取及抗氧化能力的研究, 刘晓霞^[7]采用响应面分析法对黄秋葵花多糖的提取工艺进行优化, 并对其进行分离纯化, 分析了黄秋葵花多糖的单糖组成和分子结构; 宋思圆等^[8]采用超声辅助提取方法优化了黄秋葵多糖提取工艺, 分析发现提取的黄秋葵多糖具有较好的体外抗氧化活性; 胡帅等^[6]比较 4 种提取方法对黄秋葵花中总黄酮提取效果的差异, 发现水浴超声波法提取效果最好。目前市场上黄秋葵茶色泽暗淡, 香气不足, 花茶功能因子和保健效果不清晰, 而干燥方式对黄秋葵茶品质起着至关重要的作用。本试验对比 50℃ 热风干燥、70℃ 热风干燥、微波干燥和真空冷冻干燥 4 种干燥方式对黄秋葵茶的品质以及花茶和茶水中功能因子及其体外抗氧化能力的影响, 分析不同干燥方式在黄秋葵茶制作工艺中的优势, 为黄秋葵茶品质提升和控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄秋葵品种为卡里巴, 黄秋葵花于 2017 年 8 月采自南通盛泰农业发展有限公司黄秋葵种植基地。

黄秋葵花多糖提取物(自制); 竹叶黄酮提取物购于陕西信瑞生物科技有限公司; 1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、2, 2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)、2, 4, 6-三吡啶基-S-三嗪(TPTZ)均购自 sigma 公司, 葡萄糖、芦丁标准品购于中国药品生物制品检定所; 无水乙醇、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝、蒽酮、硫酸、醋酸、三氯化铁、硫酸亚铁、过硫酸钾等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

BS224S 电子分析天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司生产), UV-6300 型紫外可见分光光度计(上海美谱达仪器有限公司生产), WP800SL23-2 格兰仕微波炉(佛山市顺德区格兰仕微波炉电器有限公司生产), DHG-9070 电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司生产), VMD-1 型微波干燥设备(南京孝马机电设备厂生产), 真空冷冻干燥机(江苏博莱客冷冻科技发展有限公司生产), TG16-WS 台式高速离心机(长沙湘仪离心机仪器有限公司生产), FW100 高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司生产), WSC-S 型色差仪(上海精密科学仪器有限公司生产), HH-8 恒温水浴锅(金坛市环保仪器厂生产), HJJH 游标卡尺(西南精密量具有限公司生产)。

1.3 黄秋葵花茶制备

采摘即将闭合的黄秋葵花, 采摘后立即预冷, 运至实验室后在 4℃ 冰箱中冷藏, 采用不同干燥方式制备黄秋葵花干制品。50℃ 热风干燥: 将鲜花去除花萼后, 平铺于物料盘上, 放入预热至 105℃ 的热风干燥箱中杀青 2 min 后, 立即放入 50℃ 热风干燥箱中, 烘 3 h; 70℃ 热风干燥: 将鲜花去除花萼后, 平铺于物料盘上, 放入预热至 105℃ 的热风干燥箱中杀青 2 min 后, 立即放入 70℃ 热风干燥箱中, 烘 2 h; 微波干燥: 将鲜花去除花萼后, 平铺于物料盘上, 放入微波干燥设备中, 以 2 kW 间歇微波 8 min; 真空冷冻干燥: 将鲜花去除花萼后, 平铺于物料盘上, 温度探测器插入花中, 将冷冻盘放入冷冻干燥设备中, 当物料温度达到 -30~-40℃ 时冷冻 1~2 h, 抽真空

直至冻干仓真空度达到 30 Pa 以下,打开加热板开关,进行真空冷冻干燥,待黄秋葵花中心温度与加热板温度一致时干燥结束,真空冷冻干燥时间为 12 h。配制多糖质量浓度为 25 mg/ml 和黄酮质量浓度为 15 mg/ml 的混合溶液,1 g 黄秋葵花注射 2 ml 多糖和 15 mg/ml 的混合溶液,将混合液通过注射器注射至黄秋葵花内,再放入 70 ℃ 热风干燥箱中将黄秋葵花干燥至水分含量 5% 以下,获得黄秋葵花茶产品。

1.4 黄秋葵花茶水制备

将不同处理的黄秋葵花茶分别取 1 朵放入 100 ml 烧杯中,加入 90 ℃ 温水 50 ml,浸泡 10 min 后过滤获得黄秋葵花茶水。

1.5 测定方法

1.5.1 花径、高度及收缩率测定 采用游标卡尺测量黄秋葵花的最大花径和高度,每种处理取 20 朵黄秋葵花,结果取其平均值。黄秋葵花干燥前后的长度分别为 L_0 、 L_1 ,其收缩率(Φ)计算公式为^[9]:

$$\Phi = (L_0 - L_1) / L_0 \times 100\% \quad (1)$$

1.5.2 色泽测定 采用色差仪“CIE Lab”表色系统测定黄秋葵花茶黄色部分的色泽指标 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值^[10],每个处理取 20 朵黄秋葵花,结果取其平均值。根据 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值计算 H 值、 C 值。其中 L^* 为亮度变量,测定值越大则表示样品表面亮度越高。 a^* 为红色或绿色值,正值表示红色,负值表示偏绿色,绝对值越大则说明红色或绿色越深。 b^* 为黄色或蓝色值,正值表示为黄色,负值则表示偏蓝色,绝对值越大说明黄色或蓝色越深。 C 为色饱和度,按式(2)计算, C 值越大表明颜色越纯。 H 为色调角,按式(3)和式(4)计算, H 值从 0° 到 180° 分别代表颜色为紫红(0°)、红、橙红、橙、黄(90°)、黄绿、绿和蓝绿色(180°)。

$$C = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

当 $a^* > 0$ 、 $b^* > 0$ 时,

$$H = \tan^{-1}(b^* / a^*) \quad (3)$$

当 $a^* < 0$ 、 $b^* < 0$ 时,

$$H = 180 + \tan^{-1}(b^* / a^*) \quad (4)$$

1.5.3 多糖含量测定 不同处理的黄秋葵花茶粉碎过 80 目筛,准确称取 1 g 黄秋葵花茶粉加入 25 ml 蒸馏水,采用间歇微波方法提取,以 550 W 微波功率提取 4 min,离心后取上清液,将沉淀中加入 20 ml 蒸馏水,再微波提取 4 min,离心后合并两次上清液,上清液中加入无水乙醇,混匀,使得乙醇体积分

度达到 80%,置于 4 ℃ 冰箱中静置过夜,离心后取沉淀,加蒸馏水溶解后定容^[11]。

1.5.4 黄酮含量测定 不同处理的黄秋葵花茶粉碎过 80 目筛,准确称取 1 g 黄秋葵花茶粉于 50 ml 锥形瓶中,加入 30 ml 80% 的乙醇溶液,混匀后放入超声设备中以超声功率为 800 W,80 ℃ 超声 40 min,离心后收集上清液,用 80% 乙醇定容,采用亚硫酸钠-硝酸铝分光光度法测定黄秋葵花茶中黄酮含量^[12]。

1.5.5 体外抗氧化能力测定 不同处理的黄秋葵花茶粉碎过 80 目筛,准确称取 1.00 g 黄秋葵花茶粉,用 30 ml 60% 乙醇在 80 ℃ 水浴提取 40 min,收集上清液,剩余残渣按照相同方式和条件提取两次,合并上清液后定容。获得的黄秋葵花茶提取液用于 DPPH 自由基清除率、ABTS 自由基清除能力和铁离子还原能力测定,DPPH 自由基清除能力按照参考文献[13]方法测定,ABTS 自由基清除能力按照参考文献[14]方法测定,铁离子还原能力按照参考文献[15]方法测定。

1.5.6 感官品质分析 选取 10 朵黄秋葵花茶和 10 份黄秋葵花茶水放于审评盘中用于感官评价。采用定量描述分析方法对黄秋葵花茶进行感官评价。邀请经过感官分析基本培训,熟悉评价描述词的食品专业并对试验样品感官性质差别具有识别能力的 10 位学生作为感官评价员。样品随机提供给感官评价员,每位评价员单独进行品评,相互不接触交流,样品评定之间用清水漱口。黄秋葵花茶感官评价主要包括 4 个方面:色泽、气味、质地、外形。色泽是指花茶色泽鲜亮,呈淡黄色;气味是指嗅闻到清香味;质地是指表面平整、质地疏松;外形是指形态匀称,无皱缩现象。黄秋葵花茶水感官评价包括 3 个方面:色泽、气味、口感。色泽是指花茶水色泽清亮通透,呈金黄色;气味是指嗅闻到清香味;口感是指花茶水在口腔中感受到的润滑、甜味。评价采用 9 点强度标度,由低到高,依次表示相应感官特征由弱到强的变化,即:1 分:极弱;2 分:很弱;3 分:较弱;4 分:稍弱;5 分:中等;6 分:稍强;7 分:较强;8 分:很强;9 分:极强。总体评价是指样品感官评价各方面的综合得分。

1.6 数据处理

各处理间的差异采用 SPSS 19.0 统计软件中 ANOVA 方差分析,由 Tukey 分析均值差异的显著

性。

2 结果与分析

2.1 干燥方式对黄秋葵花茶外观尺寸和收缩率的影响

表 1 为不同干燥方式对黄秋葵花茶外观品质的影响,黄秋葵鲜花呈纺锤形,最大花径部位处于花的中下端,花的上端在花闭合过程中略有些卷曲。经过 50 ℃ 热风干燥处理,黄秋葵花的长度由鲜花的 56.65 mm 收缩到 47.25 mm,最大花径由鲜花的 16.20 mm 收缩到 10.44 mm,长度收缩率达到了 16.60%;经过 70 ℃ 热风干燥处理,黄秋葵花的长度和最大花径分别收缩到 47.11 mm 和 10.11 mm,与 50 ℃ 热风干燥处理相比差异不显著 ($P>0.05$);两种热风干燥处理的黄秋葵茶外观萎缩明显,长度和最大花径收缩显著,这可能是由于热风干燥水分蒸发慢,干燥时间长,细胞因失水引起原生质体的收缩,对细胞形态起支持作用的膨压下降,较薄的细胞壁承受不起外界大气压力和原生质收缩所产生的牵拉作用而引起黄秋葵茶发生萎缩、卷曲等外观形态变化^[16]。经过微波干燥处理,黄秋葵花的长度收缩到 39.22 mm,与其他干燥方式相比收缩差异显著 ($P<0.05$),最大花径收缩到 11.33 mm,与两种热风干燥方式相比收缩差异不显著 ($P>0.05$),与鲜花和真空冷冻干燥相比收缩差异显著 ($P<0.05$),花的前端卷曲严重,花内部和外部会出现明显的焦糊点,这是由于微波干燥直接作用于水分子,水分迅速脱除,细胞因水分的快速脱出,内部压力下降,造成花的严重收缩和卷曲,另外微波干燥升温速度快,导致局部温度过高,造成不均匀的焦糊点,严重影响外观品质^[17]。经过真空冷冻干燥,黄秋葵花的长度和最大花径与鲜花相比差异不显著 ($P>0.05$),收缩率仅为

7.58%,其外观品质与鲜花基本一致,原因是真空冷冻干燥将花中的水分冷冻成冰,在真空度作用下,使冰直接升华为水蒸气,保证了干燥后黄秋葵茶形态基本不变^[18]。

2.2 不同干燥方式对黄秋葵茶色泽的影响

黄秋葵茶为亮黄色,包裹在花萼的下端会出现紫色花纹,花的色泽变化主要表现为上端的亮黄色部位。表 2 为不同干燥方式对黄秋葵茶色泽的影响,经过 50 ℃ 热风干燥,黄秋葵茶的 L^* 值、 b^* 值、色调角 (H) 和饱和度 (C) 与鲜花差异不显著 ($P>0.05$), a^* 值为负数,表示偏绿色,其绝对值显著小于鲜花;经过 70 ℃ 热风干燥,黄秋葵茶的色泽指标均与 50 ℃ 热风干燥相比差异不显著 ($P>0.05$),说明热风干燥温度变化对黄秋葵茶色泽无显著影响。经过微波干燥,黄秋葵茶的 L^* 值、 a^* 值和 H 值与鲜花及其他干燥方式相比差异显著 ($P<0.05$),这可能是因为微波干燥会造成黄秋葵茶内部和外部出现焦糊现象,黄秋葵鲜花为亮黄色,内部焦糊点的出现对外部色泽会造成明显的影响^[17]。经过真空冷冻干燥,黄秋葵茶的 L^* 值与鲜花差异显著 ($P<0.05$),亮度大于鲜花。

表 1 不同干燥方式处理的黄秋葵茶外观品质

Table 1 Appearance quality of okra flower with different drying methods

处理	长度 (mm)	最大花径 (mm)	收缩率 (%)
鲜花	56.65±4.21a	16.20±1.85a	
50 ℃ 热风干燥	47.25±2.33b	10.44±1.84b	16.60±4.12b
70 ℃ 热风干燥	47.11±4.17b	10.11±1.65b	16.85±4.37b
微波干燥	39.22±1.58c	11.33±1.06b	30.76±2.79a
真空冷冻干燥	52.35±2.81ab	14.24±1.21a	7.58±4.96c

同一列不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

表 2 不同干燥方式处理的黄秋葵茶色泽

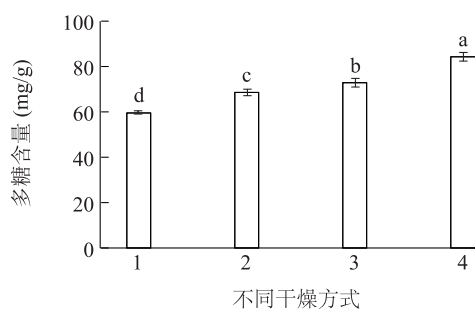
Table 2 Color of okra flower with different drying methods

处理	L^*	a^*	b^*	H	C
鲜花	69.88±4.29b	-6.47±0.31a	37.15±3.84a	99.81±2.14a	37.73±1.98ab
50 ℃ 热风干燥	70.33±4.64b	-5.13±0.24ab	42.27±3.69a	96.91±1.53a	42.60±1.72a
70 ℃ 热风干燥	67.68±3.93b	-4.05±0.67b	37.50±3.56a	96.00±2.20a	37.74±2.64ab
微波干燥	59.70±5.21c	-0.21±0.01c	36.64±3.99a	90.01±4.31b	36.85±3.97b
真空冷冻干燥	82.20±3.02a	-7.24±0.41a	42.40±2.36a	99.70±1.71a	43.03±3.40a

L^* 为亮度变量; a^* 为红色或绿色值; b^* 为黄色或蓝色值; H 为色调角; C 为色饱和度。同一列不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.3 不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水中多糖含量的影响

黏性多糖是黄秋葵中重要的功能因子之一,也是其具有保健功效的贡献成分之一^[19]。如图1所示4种干燥方式处理的黄秋葵花茶中多糖含量差异显著($P<0.05$),真空冷冻干燥处理的黄秋葵花茶多糖含量最高,其次微波干燥和70℃热风干燥处理,最低是50℃热风干燥处理。热风干燥对黄秋葵花茶中多糖含量影响较大,热风干燥温度升高花茶中多糖含量随之升高,这与黄进等发现白及花茶中多糖含量随热风干燥温度升高而升高的研究结果一致^[20]。如图2所示,黄秋葵茶水中多糖含量变化趋势与花茶的趋势一致,真空冷冻干燥>微波干燥>70℃热风干燥>50℃热风干燥,不同干燥方式处理的黄秋葵茶浸渍出的茶水多糖含量差异显著($P<0.05$),说明黄秋葵花茶中多糖含量高,浸渍茶水中的多糖含量也相应增高。



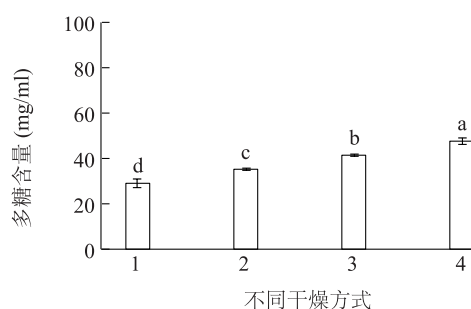
1:50℃热风干燥;2:70℃热风干燥;3:微波干燥;4:真空冷冻干燥。不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

图1 不同干燥方式处理的黄秋葵花茶中多糖含量

Fig.1 Polysaccharide content of okra flower with different drying methods

2.4 不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水中黄酮含量的影响

植物中黄酮类化合物是公认的天然抗氧化剂,黄酮在受热时易发生酚类氧化反应^[21]。许多花茶中都富含黄酮类化合物,干燥对花茶中黄酮含量的影响备受研究者关注,其直接影响花茶的保健品质。不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水中黄酮含量的影响如图3所示,真空冷冻干燥处理的黄秋葵花茶中黄酮含量最高,70℃热风干燥处理的黄酮含量最低,50℃热风干燥与微波干燥处理的差异不显著($P>0.05$)。黄酮属于热敏性物质,温度越高对黄酮

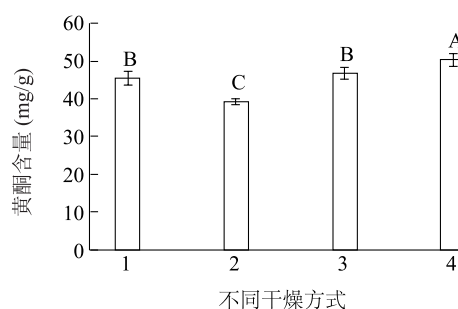


1:50℃热风干燥;2:70℃热风干燥;3:微波干燥;4:真空冷冻干燥。不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

图2 不同干燥方式处理的黄秋葵茶水中多糖含量

Fig.2 Polysaccharide content of okra tea with different drying methods

的破坏程度越大,黄酮的损失就越大,而微波干燥对细胞具有破坏作用,提高黄酮的提取率,这与李凤英等^[22]和吴昆明等^[23]的研究结果一致。如图4所示,黄秋葵茶水中黄酮含量变化趋势与花茶中黄酮含量变化趋势一致,真空冷冻干燥>微波干燥>50℃热风干燥>70℃热风干燥。



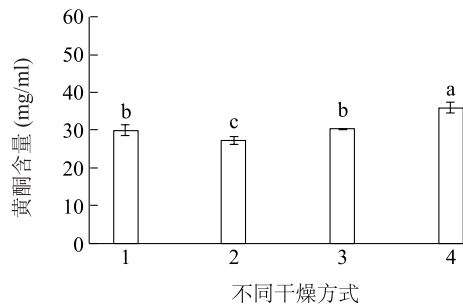
1:50℃热风干燥;2:70℃热风干燥;3:微波干燥;4:真空冷冻干燥。不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

图3 不同干燥方式处理的黄秋葵花茶中黄酮含量

Fig.3 Flavonoids content of okra flower with different drying methods

2.5 不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水 DPPH 自由基清除能力的影响

不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水 DPPH 自由基清除能力的影响如图5所示,不同干燥方式处理的黄秋葵茶水的 DPPH 自由基清除能力差异不显著($P>0.05$),清除率均达到了80%以上,说明黄秋葵花茶具有较高的 DPPH 自由基清除能力。真空冷冻干燥处理的黄秋葵茶水 DPPH 自由基清除率最高,微波干燥处理的黄秋葵茶水的 DPPH 自由基清除率与70℃热风干燥处理的差异不显著

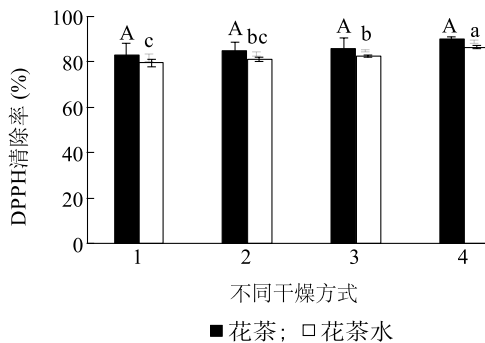


1: 50 °C 热风干燥; 2: 70 °C 热风干燥; 3: 微波干燥; 4: 真空冷冻干燥。不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 4 不同干燥方式处理的黄秋葵茶水中黄酮含量

Fig. 4 Flavonoids content of okra tea with different drying methods

($P > 0.05$), 与 50 °C 热风干燥处理的差异显著 ($P < 0.05$), 说明微波干燥和 70 °C 热风干燥处理的黄秋葵茶水也具有较高的 DPPH 自由基清除能力。



1: 50 °C 热风干燥; 2: 70 °C 热风干燥; 3: 微波干燥; 4: 真空冷冻干燥。同一样品不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

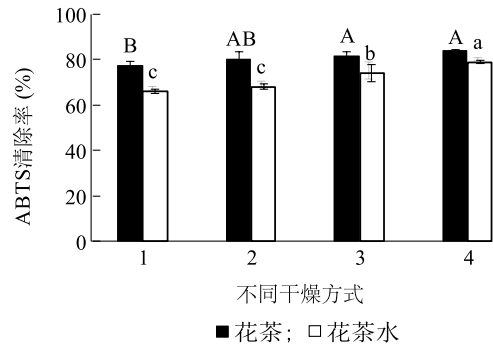
图 5 不同干燥方式的黄秋葵茶和茶水 DPPH 清除能力

Fig. 5 DPPH free radicals scavenging ability of okra flower and tea with different drying methods

2.6 不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水 ABTS 自由基清除能力的影响

不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水 ABTS 自由基清除能力的影响如图 6 所示, 真空冷冻干燥、微波干燥和 70 °C 热风干燥处理的黄秋葵花茶 ABTS 自由基清除能力差异不显著 ($P > 0.05$), 50 °C 热风干燥处理的黄秋葵花茶 ABTS 自由基清除能力与真空冷冻干燥、微波干燥处理的差异显著 ($P < 0.05$)。真空冷冻干燥处理的黄秋葵茶水中 ABTS 自由基清除能力显著高于其他干燥方式, 微波干燥处理显著高于热风干燥处理, 而两种热风干燥方式差异不显著 ($P > 0.05$)。试验结果表明, 真空冷冻干燥和微波

干燥处理的黄秋葵茶水中具有较高的清除 ABTS 自由基能力。



1: 50 °C 热风干燥; 2: 70 °C 热风干燥; 3: 微波干燥; 4: 真空冷冻干燥。同一样品不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 6 不同干燥方式处理的黄秋葵花茶和茶水 ABTS 自由基清除能力

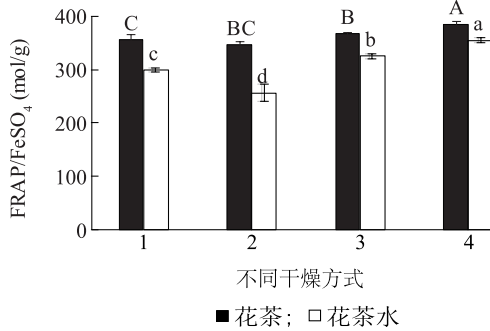
Fig. 6 ABTS free radicals scavenging ability of okra flower and tea with different drying methods

2.7 不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水铁离子还原能力的影响

不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水铁离子还原能力的影响如图 7 所示, 真空冷冻干燥处理的黄秋葵花茶铁离子还原能力高于其他干燥方式, 微波干燥处理的黄秋葵花茶铁离子还原能力与 70 °C 热风干燥处理的差异不显著 ($P > 0.05$), 与 50 °C 热风干燥处理的差异显著 ($P < 0.05$)。4 种干燥方式处理的黄秋葵茶水的铁离子还原能力差异显著 ($P < 0.05$), 真空冷冻干燥处理的黄秋葵茶水的铁离子还原能力最高, 70 °C 热风干燥处理的黄秋葵茶水的铁离子还原能力最低。

2.8 不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水感官品质的影响

不同干燥方式对黄秋葵花茶和茶水感官品质的影响如图 8 和图 9 所示, 从图 8 中可以看出真空冷冻干燥处理的黄秋葵花茶在色泽、外形、质地和总体评价得分都优于其他 3 种干燥方式, 香气比较清淡; 微波干燥处理的黄秋葵花茶在色泽方面评分很低, 但具有浓郁的香气, 香气得分最高; 两种热风干燥处理的黄秋葵花茶在香气、色泽、外形、质地和总体评价得分都处于中等水平。从图 10 可以更直观地看出真空冷冻干燥保持了黄秋葵花鲜亮的色泽和原有的形态, 50 °C 干燥和 70 °C 干燥处理的黄秋葵花有一定程度的卷曲和收缩, 在微波干燥处理的黄秋葵



1:50 °C 热风干燥;2:70 °C 热风干燥;3:微波干燥;4:真空冷冻干燥。同一样品不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

图7 不同干燥方式处理的黄秋葵花茶和茶水铁离子还原能力

Fig.7 Iron ion reduction ability of okra flower and tea with different drying methods

花上可以看出明显的焦糊现象。从图9可以看出真空冷冻干燥处理的黄秋葵花茶香气平淡,其他方面均具有较高得分;微波干燥处理的黄秋葵花茶具有浓郁香气,但色泽得分最低。

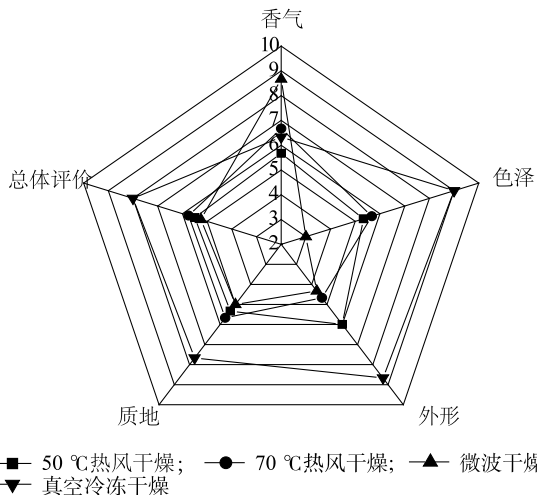


图8 不同干燥方式的黄秋葵花茶感官品质

Fig.8 Appearance quality of okra flower with different drying methods

3 结论

干燥方式对黄秋葵花茶外观品质、功能成分及抗氧化能力具有较大影响。50 °C 热风干燥与 70 °C 热风干燥处理的黄秋葵花茶的外观品质和色泽差异不显著 ($P>0.05$), 感官评分处于中等水平, 花茶和茶水中多糖和黄酮含量差异显著, 抗氧化能力基本

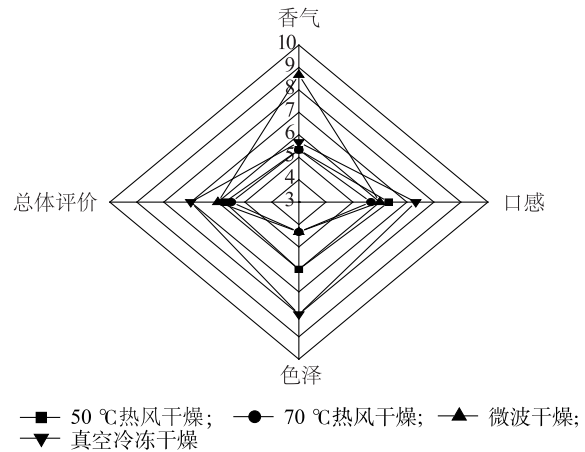
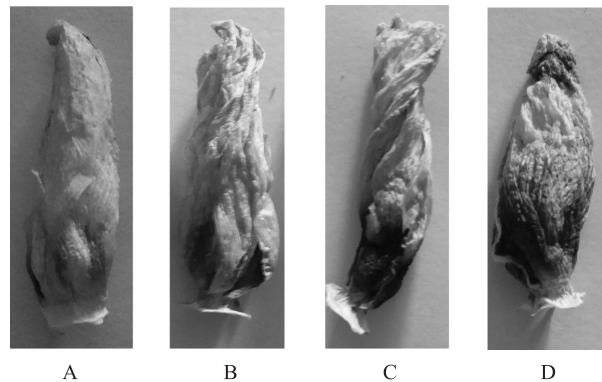


图9 不同干燥方式的黄秋葵花茶感官品质

Fig.9 Appearance quality of okra flower tea with different drying methods



A:真空冷冻干燥黄秋葵花茶;B:50 °C 热风干燥黄秋葵花茶;C:70 °C 热风干燥黄秋葵花茶;D:微波干燥黄秋葵花茶。

图10 不同干燥方式的黄秋葵花茶产品

Fig.10 Products of okra flower with different drying methods

一致;微波干燥处理的黄秋葵茶花的长度和最大花径变化较大,外观收缩严重,色泽变化较大,具有浓郁的香气,花茶和茶水中多糖和黄酮含量明显高于热风干燥处理,具有较高的抗氧化能力;真空冷冻干燥基本保持了黄秋葵的外观形态,花茶的 L^* 值和 a^* 绝对值比鲜花大,花茶和茶水中多糖和黄酮含量最高,清除 DPPH 和 ABTS 自由基能力及铁离子还原能力最高,花茶质地均匀、色泽纯正、形态匀称,花茶水无涩味、色泽清凉通透,但花茶和花茶水的香气较平淡。

参考文献:

[1] 周兆祥,白石琦,邹 烨,等. 黄秋葵茶叶的成分分析及其水提

- 物的抗氧化活性测定[J]. 江苏大学学报(医学版), 2015, 25(3):260-262.
- [2] GEMEDE H F, RATTA N, HAKI G D, et al. Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): A review [J]. Global Journal of Medical Research, 2014, 14(5):28-37.
- [3] SINGH N, SINGH D K, PANDEY P, et al. Correlation and Path Coefficient Studies in Okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] [J]. Int J Curr Microbiol App Sci, 2017, 6(7): 1096-1101.
- [4] MEENA V K, DUBEY A K, JAIN V K, et al. Effect of plant growth promoters on flowering and fruiting attributes of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] [J]. Crop Research, 2017, 52(1): 2.
- [5] CHEN H, JIAO H, CHENG Y, et al. *In vitro* and *in vivo* immunomodulatory activity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) polysaccharides [J]. Journal of Medicinal Food, 2016, 19(3): 253-265.
- [6] 胡 帅,张 骋,李 强,等. 不同黄秋葵花中总黄酮的提取和含量测定[J]. 激光生物学报, 2013, 22(4):375-378.
- [7] 刘晓霞. 黄秋葵花果胶类多糖的提取工艺及其性质的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2014.
- [8] 宋思圆,苏 平,王丽娟,等. 响应面试验优化超声提取黄秋葵花果胶多糖工艺及其体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2017, 38(2):283-289.
- [9] 曹 忆,朱秀春,汪殿蓓. 真空冷冻干燥工艺中柠檬酸对山茶花的护形护色作用[J]. 黑龙江农业科学, 2015(3):108-110.
- [10] 秦 影,汤海青,欧昌荣,等. 超高压处理对大黄鱼鱼糜水分状态和蛋白质结构的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(23): 246-252.
- [11] 王振宇,孙 芳,刘 荣.微波辅助提取松仁多糖的工艺研究[J].食品工业科技, 2006, 9(27):133-139.
- [12] 郑 义,邵 颖,陈安徽,等. 益智仁总黄酮超声辅助提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品科学, 2014, 35(6):44-49.
- [13] 殷丽琴,韦献雅,钟 成,等. 不同品种彩色马铃薯总花色苷含量与总抗氧化活性[J]. 食品科学, 2014, 35(5):96-100.
- [14] 陈 飞,何先元,周卯勤,等. 超声辅助提取四齿四棱草中总黄酮及其抗氧化活性[J]. 天然产物研究与开发, 2016(1):96-101.
- [15] 杨少辉,宋英今,王清华,等. 雪莲果体外抗氧化和自由基清除能力[J]. 食品科学, 2010, 31(17):166-169.
- [16] 谭 颖,陈国菊,程玉瑾,等. 玫瑰花瓣压花材料热风干燥动力学模型[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(6):1037-1041.
- [17] 应 震,韩 琴,于勇杰,等. 连蕊茶花的干燥工艺研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2014(3):18-23.
- [18] 李 宁,王建平,章朝晖. 不同干燥方法对茉莉花品质影响分析[J]. 食品工程, 2012(3):41-44.
- [19] ZHENG W, ZHAO T, FENG W, et al. Purification, characterization and immunomodulating activity of a polysaccharide from flowers of *Abelmoschus esculentus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 106(1): 335-342.
- [20] 黄 进,李 娅,邱丽莎,等. 不同干燥方法对白及花营养成分和抗氧化活性的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2017(19): 1942-1946.
- [21] 周禹含,毕金峰,陈芹芹,等. 不同干燥方式对枣粉品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(11):36-41.
- [22] 李凤英,郑立红,刘秀凤. 发育时期及干燥方法对玫瑰花抗氧化活性及主要成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 8169-8170.
- [23] 吴昆明,凌阿静,胡新中,等. 干燥方式对苦荞麦芽色泽、多酚及抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(11): 115-120.

(责任编辑:姜华珏)