

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2024.10.017

藤茶复合饮料贮藏稳定性影响因素分析及控制

谢勇¹, 余昌莲¹, 范志平², 刘庆庆¹, 夏绪红^{3*}

(1. 铜仁学院材料与化学工程学院, 贵州铜仁 554300; 2. 宜宾市食品药品检验中心, 四川宜宾 644000;
3. 铜仁市检验检测院, 贵州铜仁 554300)

摘要: 为提高藤茶复合饮料在贮藏期间色泽、组织状态的稳定性及黄酮保留率, 考察贮藏条件(温度、时间、山梨酸钾添加量)、微波杀菌时间、护色剂及稳定剂对藤茶复合饮料色差、浊度、沉淀率及黄酮保留率的影响。结果表明, 藤茶复合饮料的色差、浊度及沉淀率在 28 °C 下贮藏约 42 d 可达到恒定; 微波杀菌(3~4 min)、山梨酸钾添加量(0.05 mg/mL)及在 30~36 °C 贮藏有利于提高藤茶复合饮料的稳定性。此外, 贮藏温度为 28 °C 时, 维生素 C 与 Na₂SO₃ 以质量比 1:1 复配(添加总量 0.3~0.4 mg/mL)可有效抑制饮料褐变; 黄原胶、羧甲基纤维素钠与 CaCl₂ 以质量比 1:1:1 复配(添加总量 0.3~0.4 mg/mL)可明显降低复合饮料的浊度、沉淀率, 也能显著提高黄酮保留率。因此, 添加适量复配护色剂及稳定剂并结合山梨酸钾可有效增强藤茶复合饮料的贮藏稳定性。

关键词: 藤茶; 二氢杨梅素; 黄酮; 沉淀; 稳定性

Analysis and Control of Factors Influencing the Storage Stability of *Ampelopsis grossedentata* Compound Beverage

XIE Yong¹, YU Changlian¹, FAN Zhiping², LIU Qingqing¹, XIA Xuhong^{3*}

(1. College of Material and Chemical Engineering, Tongren University, Tongren 554300, Guizhou, China; 2. Centre for Food and Drug Testing of Yibin City, Yibin 644000, Sichuan, China; 3. Tongren Institute of Inspection & Testing, Tongren 554300, Guizhou, China)

Abstract: This paper aimed to improve the stability of color and tissues as well as the flavonoid retention of *Ampelopsis grossedentata* (AG) compound beverage during storage. The effects of storage conditions (temperature, time, and potassium sorbate), microwave sterilization time, color inhibitors, and stabilizers on the chromatic aberration, turbidity, precipitation and flavonoid retention of AG compound beverage were investigated. The results showed that the chromatic aberration, turbidity, and precipitation of the compound beverage did not change significantly after storing for 42 d at 28 °C. Microwave sterilization (3–4 min) and potassium sorbate (0.05 mg/mL) were beneficial to enhance the stability of the AG compound beverage stored at 30–36 °C. Furthermore, vitamin C combined with Na₂SO₃ at the ratio of 1:1 (total addition amount 0.3–0.4 mg/mL) effectively inhibited the browning degree when the AG compound beverage was stored at 28 °C. Moreover, xanthan gum, carboxymethylcellulose sodium and CaCl₂ at the ratio of 1:1:1 (total addition amount 0.3–0.4 mg/mL) significantly reduced the turbidity and precipitation of the AG compound beverage, and also evidently increased the flavonoid retention. Therefore, the storage stability of the AG compound beverage could be improved by appropriate amount of color inhibitors and stabilizers combined with potassium sorbate.

Key words: *Ampelopsis grossedentata*; dihydromyricetin; flavonoids; precipitation; stability

引文格式:

谢勇, 余昌莲, 范志平, 等. 藤茶复合饮料贮藏稳定性影响因素分析及控制[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(10): 127-134.
XIE Yong, YU Changlian, FAN Zhiping, et al. Analysis and Control of Factors Influencing the Storage Stability of *Ampelopsis grossedentata* Compound Beverage[J]. Food Research and Development, 2024, 45(10): 127-134.

基金项目: 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY 字[2016]292 号); 铜仁学院博士科研启动基金项目(trxyDH2205)

作者简介: 谢勇(1986—), 男(仡佬), 副教授, 博士, 研究方向: 食品营养与化学。

*通信作者: 夏绪红(1984—), 男(侗), 工程师, 研究方向: 食品质量与安全。

藤茶(*Ampelopsis grossedentata* W.T.)为葡萄科蛇葡萄属植物,常作为健康茶饮或饮料而被广泛消费,具有较好的抗氧化活性^[1-3]、抑制 α -葡糖苷酶活性^[4]、改善2型糖尿病患者症状^[5]以及调节血脂血糖且无毒性副作用^[4]等多种生理功效。研究表明,藤茶中黄酮干重含量在20%~40%,其中二氢杨梅素(dihydromyricetin, DHM)为最主要的黄酮类化合物,含量占总黄酮的50%以上^[3,5]。已有研究显示,藤茶的生理活性与其DHM功能有着密不可分的联系,如DHM可降低氧化应激损伤^[6]、保护心血管系统^[7]、调节肠道菌群^[8]。此外,藤茶DHM还作为抗氧化剂和抗菌剂被广泛用于食用油、面制品及肉制品加工中^[9-11]。因此,DHM是藤茶中最主要的生物活性成分。

近年来,消费者对健康生活方式关注的提升导致其对功能饮料的需求增加^[12]。在全球功能食品市场中,功能性饮料市场(平均年增长率为9%)占据了主导地位,到2025年,功能性饮料预计将占消费者总需求的40%^[12]。其中,饮用草药饮料是一种递送营养物质(矿物质、维生素)和植物生物活性化合物(如萜烯、皂苷、生物碱及抗氧化剂)的极好方法^[13],并因其可改善机体氧化应激水平,提高整体健康状况而逐渐受到消费者和研究人员的关注^[14]。制备饮用草药饮料的原料包括绿茶、咖啡、玫瑰、谷物、苦丁茶、金虎尾、车前草等,主要生物活性物质包括多酚、酚酸、黄酮、甾醇、类胡萝卜素等^[12-13,15-16]。同时,研究表明,这些天然生物活性化合物具有抗氧化、抗炎、抗血栓及血管舒张等生物效应^[9,12]。因此,开发植物功能性饮料是满足未来消费者对健康需求的重要途径。

尽管藤茶DHM具有诸多生理活性,且被建议用于功能食品、营养制品及饮料的加工中,然而,其低溶解性、亲油性及有限的热稳定性限制了其可加工性及其在食品工业中的应用^[9]。同时,功能性饮料的生物活性往往具有浓度依赖性,而高含量的生物活性成分不仅会影响饮料的贮藏品质,还会影响到消费者的可接受度(适口性)^[15]。此外,在饮料开发中,常易出现褐变、浑浊及沉淀等现象,是影响饮料品质的关键因素之一^[8]。对此,通常采用抗氧化剂、护色剂、稳定剂(乳化剂)等方式加以控制,且在已有研究及产品开发中得到实际应用,并取得了较好的效果^[17-18]。本课题组虽已将藤茶结合其它药食两用植物加工成复合饮料^[19],但在后续试验中发现该复合饮料在贮藏过程中易出现褐变、浑浊及沉淀现象,这极大地缩短其货架期。因此,本研究以藤茶饮料为研究对象,探究其在贮藏过程中理化性质的变化,并考察杀菌时间、山梨酸钾、护色剂及稳定剂对藤茶复合饮料色泽、浊度、沉淀率及黄酮保留率的影响,以期为提高藤茶复合饮料的贮藏稳定性提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

藤茶:铜仁学院藤茶基地,引种于铜仁市江口县德旺镇;金银花、绞股蓝、丹参:市售;无水乙醇、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 NaNO_2 、 NaOH 、硫酸胍、环六亚甲基四胺(均为分析纯):上海麦克林生化科技股份有限公司;黄原胶、羧甲基纤维素钠(carboxymethylcellulose sodium, CMC-Na)、海藻酸钠(均为食品级):上海梯希爱化成工业发展有限公司;亚硫酸钠(食品级)、半胱氨酸($\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}$,分析纯)、乙酸锌(分析纯)、山梨酸钾、苹果酸、柠檬酸、维生素C(vitamin C, V_C):江西华豫源生物科技有限公司;果葡糖浆(食品级):中粮融氏生物科技有限公司;DHM(纯度>95%):吉首大学林产化工工程湖南省重点实验室。

1.2 仪器与设备

恒温培养箱(SPX-150):金坛市三和仪器有限公司;酶标仪(SYNERGYH1MG):美国基因工程技术公司;台式数显浊度计(WGZ-1A):上海力辰邦西仪器科技有限公司;色差仪(TS8216):深圳市三恩时科技有限公司;水浴锅(DK-S26)、恒温干燥箱(DHG-9071A)、高频超声清洗仪(KH-160 TDB):上海精其仪器有限公司;均质机(ESB-500X):上海易勒机电设备有限公司;微波炉(PC23M6W):广东美的厨房电器制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 藤茶复合饮料的制备

参考文献[19]方法并稍作修改,将采摘的新鲜藤茶杀青(120℃)15 min后,置于40℃烘箱中干燥(24 h),粉碎过60目筛,备用。按质量比为3:2:1:1(藤茶粉:金银花:丹参:绞股蓝)称取4种原料,以料液比1:100(g/mL)加入蒸馏水,并于75℃水浴锅中浸提40 min,抽滤除滤渣,收集滤液。量取100 mL滤液,先将稳定剂(黄原胶、CMC-Na、海藻酸钠)按一定配比在80℃下溶解于部分(20~30 mL)滤液中,充分混匀后冷却至室温。加入剩余的提取液、 V_C (0.2 mg/mL)、苹果酸、柠檬酸及果葡糖浆,经超声脱气(5 min)、均质(5 min)、微波灭菌(3 min)、冷却后密封并灌装。

1.3.2 贮藏条件对藤茶复合饮料稳定性的影响

1.3.2.1 贮藏时间的影响

将制备好的藤茶复合饮料贮藏于28℃恒温培养箱中,分别贮藏0、6、12、18、24、30、36、42、48、54 d。每个时间节点设置3组平行试验,并在每个时间节点测定藤茶复合饮料的理化指标。

1.3.2.2 贮藏温度的影响

将制备好的藤茶复合饮料分别置于10、20、28、36、44℃恒温培养箱中,贮藏28 d。每个贮藏温度设置3组平行试验,贮藏结束后测定藤茶复合饮料的理化指标。

1.3.2.3 微波杀菌时间的影响

微波杀菌时间分别设置为 0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 min,并将制备好的饮料置于 28 °C 恒温培养箱中,贮藏 28 d。每个杀菌时间设置 3 组平行试验,贮藏结束后测定藤茶复合饮料的理化指标。

1.3.2.4 山梨酸钾添加量的影响

按照 1.3.1 的方法制备藤茶复合饮料,添加山梨酸钾时,添加量设置为 0、0.03、0.05、0.07、0.09 mg/mL,于 28 °C 贮藏 28 d。每组设置 3 次平行试验,贮藏结束后测定藤茶复合饮料的理化指标。

1.3.3 护色剂对藤茶复合饮料稳定性的影响

添加护色剂时,先考察不同护色剂(Na_2SO_3 、 V_C 、乙酸锌、 $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}$, 0.30 mg/mL)对藤茶复合饮料稳定性的影响,再考察复配护色剂及添加量(0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mg/mL)对藤茶复合饮料稳定性的影响,并以空白组为对照,于 28 °C 贮藏 28 d。每组设置 3 次平行试验,贮藏结束后测定藤茶复合饮料的理化指标。

1.3.4 稳定剂对藤茶复合饮料稳定性的影响

先考察不同稳定剂(空白组、黄原胶、海藻酸钠、CMC-Na, 0.3 mg/mL)及 CaCl_2 (0.3 mg/mL)对藤茶复合饮料稳定性的影响,再考察复配稳定剂(等比例复配)的稳定效果,于 28 °C 贮藏 28 d。每组设置 3 个平行试验,贮藏结束后测定藤茶复合饮料的理化指标。复配稳定剂的配比见表 1。

表 1 复配稳定剂的配比类型及用量

Table 1 Composite type and amount of stabilizers

稳定剂	总用量/(mg/mL)
CMC-Na+ CaCl_2	0.3
海藻酸钠+ CaCl_2	0.3
黄原胶+ CaCl_2	0.3
黄原胶+CMC-Na+ CaCl_2	0.3
黄原胶+海藻酸钠+ CaCl_2	0.3
海藻酸钠+CMC-Na+ CaCl_2	0.3
黄原胶+海藻酸钠+CMC-Na+ CaCl_2	0.3

1.3.5 理化指标测定

1.3.5.1 浊度的测定

根据文献[20]并适当修改,采用台式数显浊度计进行测定。

福尔马胨浊度标准液的配制:分别吸取 5.00 mL 溶液(1 g/100 mL)和 5.00 mL 环六亚甲基四胺溶液(10 g/100 mL)于 100 mL 容量瓶中,混匀,于(25±2) °C 静置 24 h 后,用纯水稀释至刻度,混匀后再稀释 4 倍,即得福尔马胨浊度标准液。

浊度的测定:以纯水为空白组,测定其浊度后清零;再用浊度计测定福尔马胨浊度标准液的浊度值,并校准为 100 NTU;取适量待测样品,采用浊度计测定,读取其浊度即为样品的浊度值。

1.3.5.2 沉淀率的测定

参照文献[21]并适当修改,将滤纸置于 60 °C 恒温干燥箱中,干燥至恒重(重复称重之间差值不超过 0.005 0 g),并记为 m_0 (mg)。取 100 mL(V)藤茶复合饮料,采用真空泵和上述滤纸进行抽滤,将截留有沉淀物的滤纸置于 60 °C 恒温干燥箱中,干燥至恒重(重复称重之间差值不超过 0.005 0 g),记为 m_1 (mg)。藤茶复合饮料的沉淀率(S , mg/100 mL)按公式(1)计算。

$$S = \frac{m_1 - m_0}{V} \times 100 \quad (1)$$

1.3.5.3 色差值的测定

参照文献[22],取适量 1.3.5.2 中抽滤所得的滤液,采用色差仪测定滤液的 L^* 、 a^* 、 b^* 值(测量 5 次),并根据贮藏前后 L^* 、 a^* 、 b^* 值计算复合饮料色差值,即 ΔL 、 Δa 、 Δb 。总色差变化用 ΔE 表示,计算方法如公式(2)所示。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2} \quad (2)$$

1.3.5.4 黄酮保留率的测定

参照文献[23]并适当修改,以 DHM 为标品,以 80% 乙醇配制浓度为 1 mg/mL 的标准母液。然后再稀释配制 0、0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 mg/mL 标准溶液。取 1 mL 标准溶液于 10 mL 聚乙烯离心管中,加入 4 mL 超纯水和 0.3 mL 5% NaNO_2 溶液,室温反应 6 min 后加入 0.3 mL 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,混匀后加入 2 mL 1 mol/L NaOH 溶液,反应 6 min 后涡旋振荡约 1 min,静置 10 min 后在 510 nm 处测定吸光度,以吸光度(x)和浓度(y)绘制标准曲线: $y=0.1457x+0.0188$, $R^2=0.9902$ 。

藤茶复合饮料中黄酮含量的测定:取 2 mL 饮料样品,按照上述方法测定饮料样品中黄酮的含量,样品中总黄酮含量以 DHM 当量(mg DE/100 mL)计。有沉淀或悬浮物样品,按 1.3.5.2 方法抽滤后,再测定滤液中总黄酮的含量。藤茶复合饮料黄酮保留率(R , %)按公式(3)计算。

$$R = \frac{F_1}{F_0} \times 100 \quad (3)$$

式中: F_1 为贮藏后藤茶复合饮料上清液中总黄酮含量,mg/mL; F_0 为贮藏前新鲜藤茶复合饮料中总黄酮含量,mg/mL。

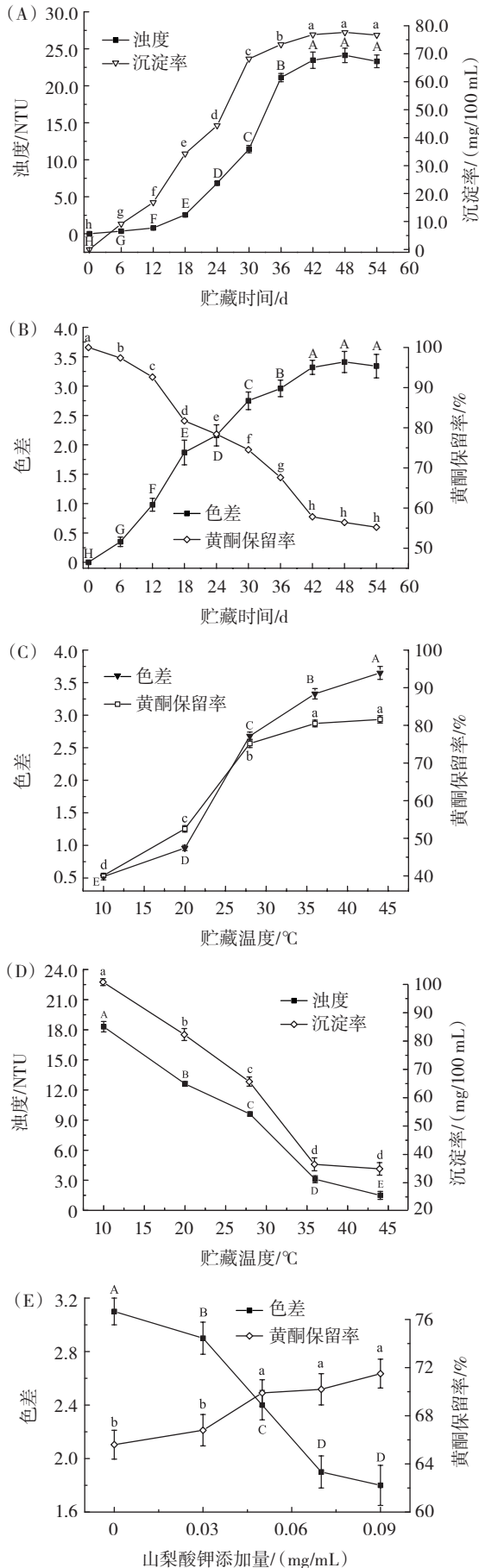
1.4 数据处理

采用 IBM SPSS 22.0 软件对试验数据进行处理与分析,并采用单因素方差分析(1-way analysis of variance, 1-way ANOVA)法进行差异显著性检验,采用 Origin 86 软件作图。

2 结果与分析

2.1 贮藏条件对藤茶复合饮料稳定性的影响

藤茶复合饮料在贮藏过程(28 °C)中,贮藏条件对其稳定性的影响如图 1 所示。



(A)、(D)为贮藏时间及贮藏温度对浊度和沉淀率的影响；(B)、(C)为贮藏时间及贮藏温度对色差和黄酮保留率的影响；(E)、(F)为山梨酸钾添加量对色差、黄酮保留率、浊度和沉淀率的影响。同一指标不同字母表示不同试验组之间存在显著差异, $P < 0.05$ 。

图1 贮藏条件对藤茶复合饮料稳定性的影响
Fig.1 Effect of storage conditions on the stability of *Ampelopsis grossedentata* compound beverage

由图1(A)、图1(B)可知, 色差、浊度及沉淀率随时间的延长呈先上升后降低趋势, 而黄酮保留率呈下降趋势, 所有指标在42 d后趋于稳定, 其中黄酮保留率最终降低至约55%, 而沉淀率最高可达76.0 mg/100 mL, 其中浊度的变化与已有研究存在相似的规律^[24]。贮藏期间(≤ 28 d), 温度越高, 黄酮保留率越高, 沉淀率及浊度也随之降低, 说明增加温度有利于藤茶复合饮料中黄酮的稳定[图1(C)、图1(D)]。然而, 温度过高(30 °C)会导致色差极度增加, 并出现一定程度的褐变现象。此外, 添加山梨酸钾有助于降低藤茶复合饮料的色差、浊度及沉淀率, 但添加量超过0.05 mg/mL后, 黄酮保留率及沉淀率不再有显著变化[图1(E)、图1(F)]。有研究显示果蔬饮料中花青素在43 °C会发生降解, 且花青素保留率与贮藏时间呈负相关^[25]。由此说明, 低温和高温均不利于保持藤茶复合饮料的贮藏稳定性, 添加适量的防腐剂可在一定程度上增强其稳定性。这主要是由于藤茶中DHM在低温条件下的溶解度较低, 而在温度过高时又易发生褐变反应, 较长时间贮藏会导致黄酮类分子相互聚集而沉淀^[9]; 光照和残留微生物可能也会使藤茶复合饮料中的黄酮降解^[20]。添加适量山梨酸钾可抑制残留微生物的生长, 从而抑制微生物产色素或黏液多糖, 进而可降低藤茶复合饮料的色差、浊度及沉淀率^[24]。整体而言, 添加0.05 mg/mL的山梨酸钾, 并贮藏于30~35 °C, 有利于提高藤茶复合饮料的贮藏稳定性。

不同测定指标之间的相关性分析结果如表2所示。由表2可知, 沉淀率与色差、浊度与沉淀率、色差与黄酮保留率、沉淀率与黄酮保留率的相关系数分别为0.983、0.951、-0.980、-0.999, 表明不同指标之间存在紧密的相关性, 特别是沉淀率与黄酮保留率之间存在高度相关性, 进一步说明黄酮在藤茶复合饮料中的稳定性与其溶解性及化学性质有紧密联系。

表2 不同测定指标之间的相关性分析

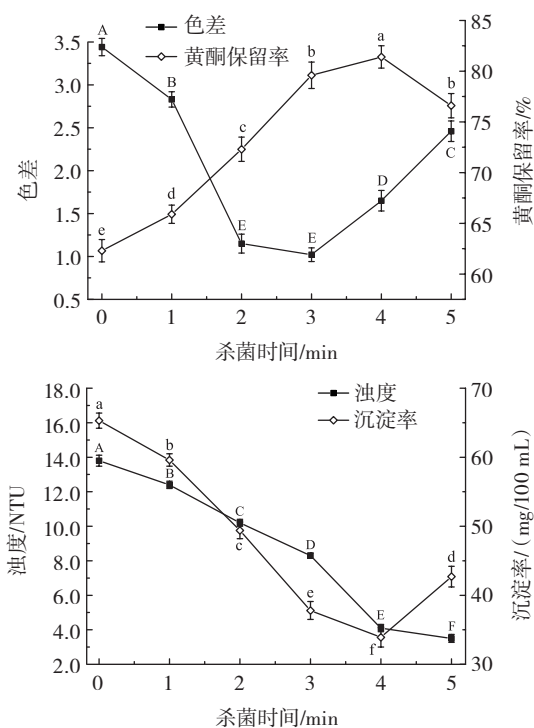
Table 2 Correlation analysis among various parameters

项目	贮藏时间	浊度	沉淀率	色差	黄酮保留率
贮藏时间	1				
浊度	0.955**	1			
沉淀率	0.958**	0.951**	1		
色差	0.955**	0.910**	0.983**	1	
黄酮保留率	-0.957**	-0.957**	-0.999**	-0.980**	1

注:**表示两个指标之间存在极显著相关性。

2.2 杀菌时间对藤茶复合饮料稳定性的影响

微生物对饮料及其它食品的贮藏稳定性有重要作用^[24],藤茶复合饮料经不同微波杀菌时间处理后,其稳定性指标如图2所示。



同一指标不同字母表示不同试验组之间存在显著差异, $P < 0.05$ 。

图2 杀菌时间对藤茶复合饮料稳定性的影响

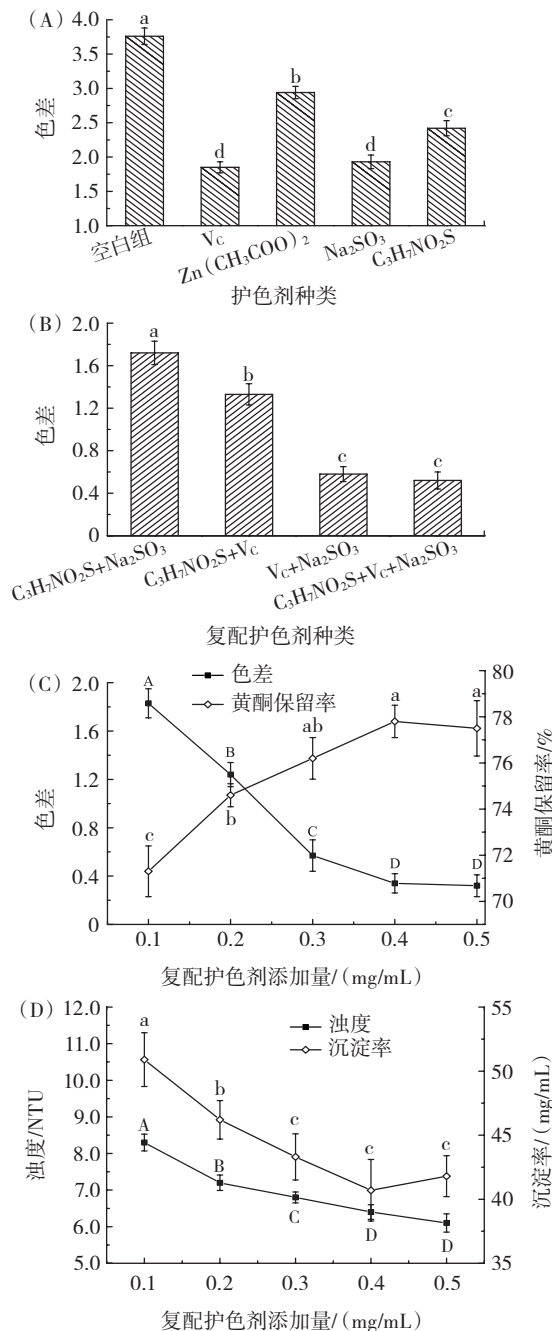
Fig.2 Effect of sterilization time on the stability of *Ampelopsis grossedentata* compound beverage

由图2可知,杀菌3 min时藤茶复合饮料色差最低;杀菌4 min时,黄酮保留率最高,而浊度及沉淀率最低;杀菌时间过短或过长均会对藤茶复合饮料贮藏稳定性产生不利影响。这可能是因为杀菌时间太短,残存活性微生物数量较多,贮藏期间生长繁殖较快,次级代谢产物分泌随着时间延长而逐渐增加,导致色差、浊度及沉淀率增加,黄酮被微生物代谢利用使其保留率降低;杀菌时间过长,会导致黄酮发生氧化,产生褐变,降低其保留率,也可能使少量蛋白变性而降低其溶解性,导致沉淀率增加。综上所述,杀菌时间应控制在3~4 min。然而,在实际生产应用中,适宜杀菌时间会

因杀菌方式的不同而有所适当调整。

2.3 护色剂对藤茶复合饮料稳定性的影响

藤茶复合饮料添加防腐剂并经适当杀菌后,其贮藏稳定性指标得到有效控制。然而,饮料的色泽($\Delta E > 3.0$)、黄酮保留率($< 85\%$)及沉淀率($> 30 \text{ mg/mL}$)仍有提升的必要。添加适当的护色剂后,藤茶复合饮料色差、浊度、黄酮保留率及沉淀率如图3所示。



(A)单一护色剂种类;(B)复配护色剂种类;(C)复配护色剂添加量对色差及黄酮保留率的影响;(D)复配护色剂添加量对浊度及沉淀率的影响。同一指标不同字母表示不同试验组之间存在显著差异, $P < 0.05$ 。

图3 护色剂对藤茶复合饮料稳定性的影响

Fig.3 Effect of color inhibitors on the stability of *Ampelopsis grossedentata* compound beverage

由图3(A)可知,单一护色剂中,Na₂SO₃和V_C相比空白组,可有效降低藤茶复合饮料的色差,C₃H₇NO₂S的护色效果次之,而Zn(CH₃COO)₂虽能显著抑制色泽的变化,但效果并不理想。因此,将效果明显的护色剂(Na₂SO₃、V_C及C₃H₇NO₂S)进行复配,以进一步稳定藤茶复合饮料的色泽。

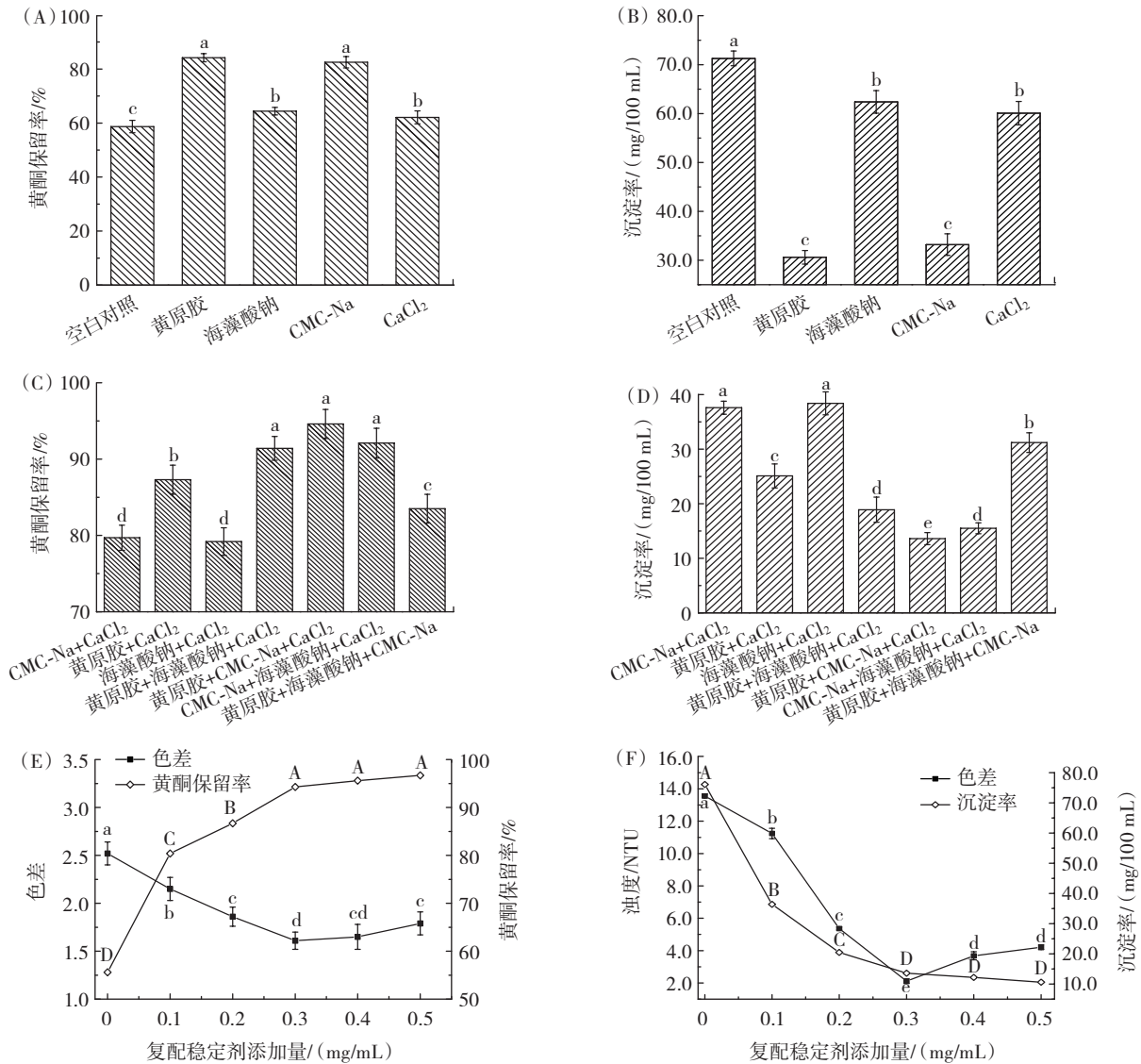
由图3(B)可知,相比单一护色剂,V_C与Na₂SO₃复配的效果更佳,其色差值相比单一护色剂V_C降低了73%,而将Na₂SO₃、V_C及C₃H₇NO₂S复配虽能进一步降低色差,但差异不显著。因此,将V_C与Na₂SO₃以质量比1:1复配即可显著抑制藤茶复合饮料的褐变。

由图3(C)、图3(D)可知,色差和浊度随复配护色剂添加量增加而逐渐降低,但超过0.4 mg/mL不再有明显变化;超过0.3 mg/mL后,沉淀率不再显著降低,

黄酮保留率也不再显著增加。类似地,Chung等^[26]采用V_C与阿拉伯胶处理胡萝卜花青素饮料后,相比对照组,处理组饮料的色差明显降低。Zhao等^[27]发现添加质量比为0.25%的黄原胶与V_C在较高贮藏温度(40℃)下也可提高花青素饮料的色泽稳定性。综上所述,V_C具有较强的抗氧化作用,与Na₂SO₃复配时,其护色效果更佳,这可能是护色剂和稳定剂存在一定的协同作用,既可增加藤茶饮料中黄酮的溶解性,同时还可避免黄酮被氧化,因而V_C与Na₂SO₃复配时的总添加量控制在0.3~0.4 mg/mL即可起到较好的护色效果。

2.4 稳定剂对藤茶复合饮料稳定性的影响

黄原胶、海藻酸钠、CMC-Na及CaCl₂4种常用稳定剂及其复配对藤茶复合饮料色泽、黄酮保留率、浊度及沉淀率的影响如图4所示。



(A)、(C)分别为单一稳定剂、复合稳定剂种类对黄酮保留率的影响;(B)、(D)分别为单一稳定剂、复合稳定剂种类对沉淀率的影响;(E)、(F)分别为复配稳定剂添加量对色差、黄酮保留率、浊度及沉淀率的影响。同一指标中不同字母表示不同试验组之间存在显著差异, $P<0.05$ 。

图4 稳定剂对藤茶复合饮料稳定性的影响

Fig.4 Effect of stabilizers on the stability of *Ampelopsis grossedentata* compound beverage

由图4可知,单一稳定剂中,黄原胶、CMC-Na能够显著抑制饮料沉淀的产生,且抑制作用较为明显,同时也能显著增加黄酮保留率,而海藻酸钠与CaCl₂的效果稍差。将上述3种单独和两两复合的稳定剂分别与CaCl₂复配(添加总量为0.3 mg/mL)后[图4(C)、图4(D)],藤茶复合饮料沉淀率进一步明显降低,黄酮保留率进一步明显增加,其中黄原胶+CMC-Na+CaCl₂的稳定效果较佳,其沉淀率为(12.3±1.1) mg/100 mL,黄酮保留率达(94.0±1.5)%。进一步考察黄原胶+CMC-Na+CaCl₂添加量的影响[图4(E)、图4(F)],当添加量超过0.3 mg/mL后,黄酮保留率并未显著增加,沉淀率也并未显著降低,相反,色差和浊度还会略微增加,这与已有研究存在相似的结论^[24]。有研究用黄原胶及CMC-Na处理蛋白水解物,发现黄原胶(1 mg/mL)可有效降低蛋白的聚集^[28]。也有研究发现CaCl₂可以减少牛奶饮料在贮藏过程中蛋白质的聚集,从而降低饮料的黏度,结合热处理后,这种稳定效果更佳^[29],且在加热过程中,CaCl₂有助于过氧化物酶失活,说明CaCl₂在水溶液中具有抑制生物大分子链内或链间相互聚焦的作用。此外,结兰胶、黄原胶与V_c可显著提升花青素饮料的热稳定和贮藏稳定性,其机理主要可能是这些稳定剂在V_c协助下通过其氢键及疏水相互作用提高饮料的稳定性^[27,30]。Lamsem等^[31]采用阿拉伯胶对脂溶性维生素D进行封装,可明显提高维生素D的生物可及性及低温贮藏稳定性。因此,复配稳定剂的稳定效果更好,可能是因为不同稳定剂之间及其与藤茶复合饮料中黄酮的相互作用存在差异,可通过协同或叠加效应增强稳定剂在溶液中形成的网络结构,进而封装黄酮分子并增强其稳定性,CaCl₂中的Ca²⁺可能会在不同稳定剂或相同稳定剂间起到交联作用,进而提高复配稳定剂网络结构的强度,因而对黄酮的封装效果更佳^[32-33]。综上所述,黄原胶+CMC-Na+CaCl₂的添加量应控制在0.3~0.4 mg/mL为宜。

3 结论

藤茶复合饮料贮藏42 d左右,其色泽、组织状态及黄酮保留率不再有明显变化。色差及浊度与黄酮保留率呈显著负相关性,特别是沉淀率与黄酮保留率存在极显著相关性,这在一定程度上说明藤茶中黄酮的理化性质是影响藤茶复合饮料稳定性的关键因素。经适当的杀菌(3~4 min),并添加山梨酸钾(约0.05 mg/mL)、复配护色剂(V_c与Na₂SO₃,总量0.3~0.4 mg/mL)及复配稳定剂(黄原胶+CMC-Na+CaCl₂,总量0.3~0.4 mg/mL)可有效增强藤茶复合饮料的贮藏稳定性。这可能是因为复配护色剂之间、复配稳定剂之间、护色剂及稳定剂之间均存在一定程度的协同效应,进而提高了藤茶复合饮料的黄酮保留率。然而,采用食品护色剂和稳定

剂虽可明显增强藤茶复合饮料的短期贮藏稳定性,但未考察其长期效果,且未与固体乳化剂、微型乳化剂、纳米封装技术、化学修饰及酶修饰技术进行对比。因此,今后有必要采用更先进的技术进一步提高藤茶复合饮料的贮藏稳定性,并深入研究其可能的作用机制,为藤茶资源的开发与利用提供更多参考。

参考文献:

- [1] YE L Y, WANG H J, DUNCAN S E, et al. Antioxidant activities of Vine Tea (*Ampelopsis grossedentata*) extract and its major component dihydromyricetin in soybean oil and cooked ground beef[J]. Food Chemistry, 2015, 172: 416-422.
- [2] GAO Q P, MA R Y, CHEN L, et al. Antioxidant profiling of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*): Off-line coupling heart-cutting HSCCC with HPLC-DAD-QTOF-MS/MS[J]. Food Chemistry, 2017, 225: 55-61.
- [3] XIE K, HE X, CHEN K Y, et al. Antioxidant properties of a traditional vine tea, *Ampelopsis grossedentata*[J]. Antioxidants, 2019, 8(8): 295.
- [4] CHIEN M Y, YANG C M, LIN Y T, et al. Dihydromyricetin-rich herbal mixture extracts as a potential prescription for treatment of metabolic syndrome in rats fed a high-fat diet and subacute toxicity assessment in rats[J]. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 2019, 9(3): 221-226.
- [5] RAN L, WANG X L, LANG H D, et al. *Ampelopsis grossedentata* supplementation effectively ameliorates the glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2019, 73(5): 776-782.
- [6] HOU X L, TONG Q, WANG W Q, et al. Dihydromyricetin protects endothelial cells from hydrogen peroxide-induced oxidative stress damage by regulating mitochondrial pathways[J]. Life Sciences, 2015, 130: 38-46.
- [7] LIU C M, YANG W, MA J Q, et al. Dihydromyricetin inhibits lead-induced cognitive impairments and inflammation by the adenosine 5'-monophosphate-activated protein kinase pathway in mice[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(30): 7975-7982.
- [8] FAN L, ZHAO X Y, TONG Q, et al. Interactions of dihydromyricetin, a flavonoid from vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) with gut microbiota[J]. Journal of Food Science, 2018, 83(5): 1444-1453.
- [9] CARNEIRO R C V, YE L Y, BAEK N, et al. Vine tea (*Ampelopsis grossedentata*): A review of chemical composition, functional properties, and potential food applications[J]. Journal of Functional Foods, 2021, 76: 104317.
- [10] MA Q, CAI S B, JIA Y J, et al. Effects of hot-water extract from vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) on acrylamide formation, quality and consumer acceptability of bread[J]. Foods, 2020, 9(3): 373.
- [11] ZHANG X, XU Y, XUE H, et al. Antioxidant activity of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) extract on lipid and protein oxidation in cooked mixed pork patties during refrigerated storage[J]. Food Science & Nutrition, 2019, 7(5): 1735-1745.
- [12] NAZIR M, ARIF S, KHAN R S, et al. Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends[J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 88: 513-526.
- [13] VALDUGA A T, GONÇALVES I L, MAGRI E, et al. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages[J]. Food Research International, 2019, 120: 478-503.

- [14] CHANDRASEKARA A, SHAHIDI F. Herbal beverages: Bioactive compounds and their role in disease risk reduction - A review[J]. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 2018, 8(4): 451-458.
- [15] SKĄPSKA S, MARSZAŁEK K, WOŹNIAK Ł, et al. The development and consumer acceptance of functional fruit-herbal beverages [J]. Foods, 2020, 9(12): 1819.
- [16] WÜPPER S, LÜERSEN K, RIMBACH G. Chemical composition, bioactivity and safety aspects of Kuding tea - from beverage to herbal extract[J]. Nutrients, 2020, 12(9): 2796.
- [17] 胡雨卿, 肖雯渲, 杨启财, 等. 混浊型炮制佛手饮料配方优化及稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(12): 86-95.
HU Yuqing, XIAO Wenxuan, YANG Qicai, et al. Optimization and stability of the recipe of turbid processed bergamot beverage[J]. Food Research and Development, 2022, 43(12): 86-95.
- [18] NIU F G, ZHOU J Z, NIU D B, et al. Synergistic effects of ovalbumin/gum Arabic complexes on the stability of emulsions exposed to environmental stress[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 47: 14-20.
- [19] 谢勇, 刘庆庆, 卢忠英, 等. 梵净山藤茶黄酮含量分析及其复合饮料的加工工艺[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(14): 84-89.
XIE Yong, LIU Qingqing, LU Zhongying, et al. The processing technology of compound beverage and analysis on flavone of *Ampelopsis grossedentata* from fanjing mountain[J]. Food Research and Development, 2018, 39(14): 84-89.
- [20] CERRETI M, LIBURDI K, DEL FRANCO F, et al. Heat and light stability of natural yellow colourants in model beverage systems[J]. Food Additives & Contaminants Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 2020, 37(6): 905-915.
- [21] QU D, HUO X H, LI Z M, et al. Sediment formation and analysis of the main chemical components of aqueous extracts from different parts of ginseng roots[J]. Food Chemistry, 2022, 379: 132146.
- [22] CHOI I, LI N, VUIA-RISER J, et al. Neutral pH nonfat dry milk beverages with turbidity reduced by sodium hexametaphosphate: Physical and sensory properties during storage[J]. LWT - Food Science and Technology, 2021, 147: 111656.
- [23] SHEN Y B, HU C R, ZHANG H, et al. Characteristics of three typical Chinese highland barley varieties: Phenolic compounds and antioxidant activities[J]. Journal of Food Biochemistry, 2018, 42(2): e12488.
- [24] PAQUET É, HUSSAIN R, BAZINET L, et al. Effect of processing treatments and storage conditions on stability of fruit juice based beverages enriched with dietary fibers alone and in mixture with xanthan gum[J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 55(1): 131-138.
- [25] GÉRARD V, AY E, MORLET-SAVARY F, et al. Thermal and photochemical stability of anthocyanins from black carrot, grape juice, and purple sweet potato in model beverages in the presence of ascorbic acid[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67(19): 5647-5660.
- [26] CHUNG C, ROJANASASITHARA T, MUTILANGI W, et al. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum Arabic addition[J]. Food Chemistry, 2016, 201: 14-22.
- [27] ZHAO L, PAN F, MEHMOOD A, et al. Protective effect and mechanism of action of xanthan gum on the color stability of black rice anthocyanins in model beverage systems[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 164: 3800-3807.
- [28] MAO F J, SHI P J, CHEN H, et al. Beneficial effects of polysaccharides on the solubility of *Mytilus edulis* enzymatic hydrolysates[J]. Food Chemistry, 2018, 254: 103-108.
- [29] CHRISTIANSEN M V, SKIBSTED L H, AHRNÉ L. Control of viscosity by addition of calcium chloride and glucono- δ -lactone to heat treated skim milk concentrates produced by reverse osmosis filtration[J]. International Dairy Journal, 2021, 114: 104916.
- [30] XU X J, FANG S, LI Y H, et al. Effects of low acyl and high acyl gellan gum on the thermal stability of purple sweet potato anthocyanins in the presence of ascorbic acid[J]. Food Hydrocolloids, 2019, 86: 116-123.
- [31] LAMSEN M R L, WANG T N, D'SOUZA D, et al. Encapsulation of vitamin D₃ in gum Arabic to enhance bioavailability and stability for beverage applications[J]. Journal of Food Science, 2020, 85(8): 2368-2379.
- [32] NAVARRO ARREBOLA I, BILLON L, AGUIRRE G. Microgels self-assembly at liquid/liquid interface as stabilizers of emulsion: Past, present & future[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2021, 287: 102333.
- [33] GUO Q, ZHANG Z, DADMOHAMMADI Y, et al. Synergistic effects of ascorbic acid, low methoxy pectin, and EDTA on stabilizing the natural red colors in acidified beverages[J]. Current Research in Food Science, 2021, 4: 873-881.

加工编辑: 张岩蔚
收稿日期: 2023-02-05