陈金定，高彦祥. 不同茶饮料贮藏过程中品质的变化 [J]. 食品工业科技，2021，42(11)：281−289. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090291

CHEN Jinding, GAO Yanxiang. Quality Changes of Different Tea Beverages during Storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(11): 281−289. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090291

· 贮运保鲜 ·

不同茶饮料贮藏过程中品质的变化

陈金定，高彦祥*

（中国农业大学食品科学与营养工程学院，中国轻工业健康饮品重点实验室，北京 100083）

摘　要：本文从色泽、浊度及活性成分含量三个方面分析不同茶饮料的品质变化特征，分别对高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料在不同贮藏条件下的可溶性固形物含量、透光率、浊度、色差、茶多酚含量、表没食子儿茶素没食子酸酯（Epigallocatechin gallate，EGCG）含量等指标进行测定，探究不同茶饮料在不同贮藏条件（温度、时间）下品质变化的情况。结果表明：不同茶饮料在贮藏过程中，透光率无显著变化；高酸绿茶饮料在 4 ℃ 及 25 ℃ 条件下贮藏，随贮藏时间的延长，浊度显著增加，贮藏至第 180 d，分别增加了 52.04%、34.12%，红茶饮料浊度无显著变化；不同茶饮料在贮藏过程中，随贮藏时间的延长，L^*值降低，a^*值及 b^*值增加，25 ℃ 条件下贮藏至 180 d，高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料的 L^*值分别降低了 31.86%、39.98%、30.22% 及 37.73%；茶饮料中的茶多酚及 EGCG 含量随着贮藏时间的延长而降低，EGCG 降解程度较茶多酚高，在 55 ℃ 条件下贮藏 15 d，高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料的茶多酚含量分别降低 9.08%、10.28%、13.39% 及 18.63%，EGCG 含量分别下降了 35.32%、42.18%、47.22% 及 49.03%。

关键词：茶饮料，贮藏，品质变化，茶多酚，儿茶素，色泽

中图分类号：TS272　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1002−0306(2021)11−0281−09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090291

Quality Changes of Different Tea Beverages during Storage

CHEN Jinding，GAO Yanxiang*

（China Light Industry Key Laboratory of Healthy Beverages, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China）

Abstract: The quality changes of tea beverages including color stability, turbidity and nutritional component stability were analyzed in this article. Four kinds of tea beverages, namely high-acid green tea, low-acid green tea, high-acid black tea and low-acid black tea drinks, were stored under different storage conditions. The impact of different storage temperature and storage periods on the quality of tea beverages was investigated by the measurements of soluble solid contents, transmittance, turbidity, color difference, catechin and epigallocatechin gallate (EGCG) contents. The results showed that, there was no significant difference in the transmittance of tea beverages during different storage conditions; Under the storage condition of 4 ℃ and 25 ℃, turbidities of high-acid green tea product were increased significantly. To 180 days, the turbidity increased by 52.04% and 34.12% under 4 ℃ and 25 ℃, respectively; There was no significant difference in the turbidities of black tea product. During storage, the brightness values(L^*) of different tea beverages decreased significantly, and the red value (a^*) and blue value (b^*) increased significantly. When stored at 25 ℃ for 180 d, the brightness values (L^*) of four tea products (high-acid green tea, low-acid green tea, high-acid black tea and low-acid black tea drinks) were decreased by 31.86%, 39.98%, 30.22% and 37.73%. The content of tea polyphenol and EGCG decreased significantly with the extension of storage time. When stored at 55 ℃ for 15 days, the contents of catechins in high-acid green tea, low-acid green tea, high-acid black tea and low-acid black tea products were dropped by 9.08%, 10.28%, 13.39%, 18.63%, the contents of EGCG were dropped by 35.32%, 42.18%, 49.03%, 47.22%, respectively.

收稿日期：2020−09−29

基金项目：国家重点研发计划（2017YFD0400800）。

作者简介：陈金定（1990−），女，硕士研究生，中级工程师，研究方向：饮料加工新技术，E-mail: chenjidning0907@163.com。

*** 通信作者：**高彦祥（1961−），男，教授，研究方向：饮料加工新技术，E-mail: gyxcau@126.com。

Key words: tea beverage; storage; quality change; tea polyphenol; catechin; color difference

茶饮料是以茶叶的水提取液或其浓缩液、茶粉为原料，经加工制成的，保持原茶汁应有风味的液体饮料[1]，被誉为二十一世纪饮料之王。与咖啡和可可饮料相比，茶饮料中富含茶多酚、茶氨酸、儿茶素、茶黄素等多种活性成分[2−3]，具有提神、醒目、降压、强心、减肥等保健功效，同时还具有低能量、低脂肪、低糖等特点[4−5]，受到广大消费者的喜爱，在我国快速发展[6−7]。据尼尔森的调查数据，截止 2019 年，中国茶饮料市场过去三年的复合增长率约为 15.2%，茶饮料已成为增速最快的饮料品类之一。

茶饮料从生产到消费者饮用需要经过运输、贮藏、销售等环节，受物流、贮藏环境等条件的影响，茶饮料理化性质发生不同程度的变化[8−9]，极易发生褐变、沉淀、营养成分降解等现象，故色泽、澄清或浊度、营养成分等稳定性保持是茶饮料加工及贮藏过程中的三大技术难题[9−10]。

现有茶饮料品质变化研究表明，茶饮料贮藏过程中的品质变化与茶饮料的加工过程[11−13]、水质[14−15]、糖类添加量[16−17]、茶多酚含量[18−19]等因素密切相关，但对于茶饮料在贮藏过程中的品质变化规律的研究相对较少，且现有研究多选取绿茶饮料、乌龙茶饮料等单一茶饮料为研究对象，而对于不同类别茶饮料在贮藏过程中的变化规律相关研究鲜有报道。

GB/T 21733-2008《茶饮料》将茶饮料（茶汤）分为红茶饮料、绿茶饮料、乌龙茶饮料、花茶饮料及其他茶饮料[1]，其中以红茶饮料和绿茶饮料最为普遍[20−21]。根据茶饮料的 pH，可将其分为低酸茶饮料和高酸茶饮料，低酸茶饮料是指 pH6.1±0.3 左右的茶饮料[22]，高酸茶饮料是指 pH 小于 4.6 的茶饮料[23]。

根据茶饮料加工贮藏过程中常见问题及茶饮料的分类，本文从色泽、浊度及茶多酚、EGCG 稳定性三方面分析不同茶饮料的品质变化规律，以绿茶饮料（高酸、低酸）、红茶饮料（高酸、低酸）为研究对象，对其在不同贮藏条件下的可溶性固形物含量、透光率、浊度、茶多酚含量、EGCG 含量等指标进行测定，考察不同贮藏温度、贮藏时间对不同茶饮料品质变化的影响，以期为茶饮料的生产与贮藏供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

绿茶浓缩液（18 °Brix）及红茶浓缩液（15 °Brix） 福建仙洋洋生物科技有限公司提供；EGCG 标准品 Sigma 公司；0.45 μm 滤膜 上海尤尼柯仪器有限公司；白砂糖、碳酸氢钠甘汁园糖业有限公司；柠檬酸、柠檬酸钠 食品级，潍坊英轩实业有限公司；六偏磷酸钠、三聚磷酸钠 食品级，湖北兴发化工集团；D-异抗坏血酸钠 食品级，江西省德兴市百勤异 VC 钠有限公司；维生素 C 食品级，福莱德生物科技有限公司；乙腈、乙酸、EDTA-2Na 色谱纯，美国 Merck 公司；甲醇 分析纯，天津市富宇精细化工有限公司；酒石酸钾钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、碳酸氢钠 分析纯，国药集团化学试剂有限公司。

UV-1800 紫外分光光度计 日本岛津；2100N 型浊度仪 美国哈希公司；HP1100 液相色谱仪 美国安捷伦公司；Abbemat 500 折光仪 安东帕 Anton paar；NH300 色差仪 深圳市三恩时科技有限公司；LRH250 生化培养箱 上海一恒科学仪器有限公司；T25 高速剪切机 德国 IKA 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 茶饮料的制备工艺

辅料
↓
茶浓缩液→稀释→混合→定容→杀菌→灌装→快速冷却

按照配方，取一定量的茶浓缩液，加入白砂糖、柠檬酸、柠檬酸钠、六偏磷酸钠、三聚磷酸钠、碳酸氢钠、D-异抗坏血酸、维生素 C 进行混合，加入去离子水定容后，采用高速剪切机在 7000 r/min 条件下剪切使其完全溶解，同时将瓶子置于开水中煮沸 15 min 进行杀菌；将调配好的茶饮料加热至 90 ℃ 以上，保持 30 s 杀菌后，快速灌装、封盖，倒瓶 30 s 后置于流动冷却水中，快速冷却至室温。

1.2.2 茶饮料配方 以企业提供的茶浓缩液为原料，按照配方添加辅料进行调配，配方如下所示。

高酸红茶饮料配方：红茶浓缩液 10 g/kg、白砂糖 90 g/kg、柠檬酸 2.5 g/kg、柠檬酸钠 0.2 g/kg、D-异抗坏血酸钠 0.2 g/kg、维生素 C 0.2 g/kg。

低酸红茶饮料配方：红茶浓缩液 10 g/kg、白砂糖 40 g/kg、六偏磷酸钠 0.15 g/kg、三聚磷酸钠 0.07 g/kg、碳酸氢钠 0.5 g/kg、D-异抗坏血酸钠 0.2 g/kg、维生素 C 0.2 g/kg。

高酸绿茶饮料配方：绿茶浓缩液 10 g/kg，其他配料信息同高酸红茶饮料。

低酸绿茶饮料配方：绿茶浓缩液 10 g/kg，其他配料信息同低酸红茶饮料。

1.2.3 茶饮料的贮藏条件及取样时间 制备好的茶饮料分别置于 4、25、37 及 55 ℃ 条件下进行贮藏，定期取样检测其理化指标。4 ℃ 及 25 ℃ 条件下贮藏 180 d，每 30 d 取样检测；37 ℃ 条件下贮藏 28 d，每 7 d 取样检测；55 ℃ 条件下贮藏 15 d，每 3 d 取样检测。

贮藏天数运用阿列纽斯模型（Arrhenius model）进行预测[24−25]，公式如下：

$$f_2 = f_1 \times Q_{10}^{\frac{\Delta T}{10}}$$

式中：ΔT 为两个实验温度 T_1 与 T_2 的温度差，℃；f_1 为温度 T_1 时测试之间的时间间隔，d；f_2 为

温度 T_2 时测试之间的时间间隔，d；Q_{10} 为 2 个任意温差为 10 ℃ 的温度下的保质期的比值，常数 Q_{10}=3.252。

1.2.4　指标检测方法

1.2.4.1　理化指标测定方法　可溶性固形物含量的检测采用折光仪检测；透光率采用紫外分光光度计测定，以超纯水做空白参比，测定波长 640 nm；浊度采用 2100N 型浊度仪测定。

色差的测定：采用 3nh NH300 色差仪测定每个样品的色差 L^*、a^*、b^*值，其中 L^*值代表亮度；a^*值代表红绿色度，正值表示红色程度，负值表示绿色程度；b^*值代表黄蓝色度，正值表示黄色程度，负值表示蓝色程度[26]。

1.2.4.2　主要化学成分测定　茶多酚含量的测定采用酒石酸亚铁比色法，参考 GB/T 21733-2008[1]。

EGCG 含量的测定采用 HPLC 法[1]，流动相 A：分别将 90 mL 乙腈、20 mL 乙酸、2 mL EDTA-2Na 溶液加入 1000 mL 容量瓶中，用水定容至刻度，摇匀，过 0.45 μm 膜；流动相 B：分别将 800 mL 乙腈、20 mL 乙酸、2 mL EDTA-2Na 溶液加入 1000 mL 容量瓶中，用水定容至刻度，摇匀，过 0.45 μm 膜；液相色谱柱：C_{18}(粒径 5 μm，250 mm×4.6 mm)；流动相流速：1 mL/min；柱温：35 °C；紫外检测器：λ=278 nm；进样量：10 μL；梯度条件：100% A 相保持 10 min；15 min 内由 100% A 相调整为 68%A 相、32%B 相；68%A 相、32%B 相保持 10 min；100%A 相。

1.3　数据处理

每个样品均设 3 次重复，采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析，处理间平均数的比较用最小显著差数法。图形绘制采用 Origin 9.1 绘图软件。

2　结果与分析

2.1　不同贮藏条件对茶饮料可溶性固形物含量的影响

四种茶饮料在 4、25、37、55 ℃ 条件下可溶性固形物含量的变化如表 1 所示。

两种低酸茶饮料在贮藏过程中，与对照样品相比，可溶性固形物含量无显著变化，在 4 ℃ 条件下，低酸绿茶饮料的可溶性固形物含量出现波动，贮藏第 60、120 d 时较第 30 d 显著降低(P<0.05)，可能是由于茶饮料中的可溶性固形物如还原糖、果胶、少量可溶性淀粉及可溶性蛋白等，在贮藏过程中发生氧化降解或与其他物质络合形成沉淀，导致可溶性固形物含量降低[27]；高酸茶饮料在 4、25 ℃ 条件下，可溶性固形物含量无显著变化，在 37、55 ℃ 条件下，个别样品的可溶性固形物含量较对照样品显著增加(P<0.05)，可能是由于在较高温度下，贮藏前茶饮料中的少量不溶物质溶解度增加，导致茶饮料可溶性固

表 1　红茶饮料及绿茶饮料在贮藏过程中可溶性固形物含量变化

Table 1　Changes of soluble solids content in black tea and green tea beverages during storage

贮藏温度(℃)	贮藏时间(d)	可溶性固形物含量(°Brix)			
		高酸绿茶	低酸绿茶	高酸红茶	低酸红茶
4	0	9.56±0.25^a	4.34±0.16^{ab}	9.73±0.33^a	4.34±0.14^a
	30	9.51±0.28^a	4.54±0.18^a	9.69±0.21^a	4.37±0.17^a
	60	9.60±0.13^a	4.23±0.11^b	9.69±0.27^a	4.42±0.24^a
	90	9.72±0.04^a	4.33±0.23^{ab}	9.93±0.12^a	4.42±0.13^a
	120	9.60±0.20^a	4.46±0.09^{ab}	9.84±0.15^a	4.37±0.11^a
	150	9.73±0.18^a	4.24±0.21^b	9.97±0.09^a	4.29±0.22^a
	180	9.62±0.12^a	4.30±0.17^{ab}	9.83±0.16^a	4.32±0.14^a
25	0	9.56±0.25^a	4.34±0.16^a	9.73±0.33^a	4.34±0.14^a
	30	9.78±0.16^a	4.29±0.14^a	9.74±0.31^a	4.33±0.11^a
	60	9.85±0.12^a	4.28±0.23^a	9.96±0.04^a	4.30±0.09^a
	90	9.59±0.33^a	4.32±0.19^a	9.81±0.16^a	4.26±0.11^a
	120	9.64±0.14^a	4.41±0.08^a	9.90±0.13^a	4.37±0.17^a
	150	9.87±0.09^a	4.30±0.17^a	9.83±0.14^a	4.32±0.10^a
	180	9.81±0.17^a	4.40±0.18^a	9.84±0.11^a	4.30±0.06^a
37	0	9.56±0.25^a	4.34±0.16^a	9.73±0.33^a	4.34±0.14^a
	7	9.81±0.14^a	4.40±0.11^a	9.91±0.26^a	4.34±0.12^a
	14	9.76±0.32^a	4.27±0.18^a	9.94±0.28^a	4.29±0.10^a
	21	9.83±0.17^a	4.31±0.09^a	10.01±0.12^b	4.36±0.13^a
	28	9.93±0.14^a	4.40±0.11^a	9.96±0.10^a	4.33±0.09^a
55	0	9.56±0.25^a	4.34±0.16^a	9.73±0.33^a	4.34±0.14^a
	3	9.93±0.23^b	4.31±0.14^a	9.86±0.21^a	4.24±0.08^a
	6	10.05±0.12^b	4.30±0.21^a	9.93±0.13^a	4.32±0.16^a
	9	10.03±0.07^b	4.34±0.17^a	9.89±0.14^a	4.33±0.22^a
	12	9.89±0.11^b	4.31±0.09^a	9.92±0.10^a	4.37±0.15^a
	15	10.00±0.06^b	4.29±0.13^a	9.98±0.04^b	4.34±0.16^a

注：同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

形物含量增加。

2.2　不同贮藏条件对茶饮料透光率及浊度的影响

四种茶饮料在 4、25、37、55 ℃ 条件下透光率及浊度的变化如图 1 和图 2 所示。

茶饮料澄清度的变化主要来源于生化成分之间的相互作用形成的浑浊沉淀，可以通过透光率、浊度变化进行表征，透光率越高、浊度越小，则茶饮料的澄清度越高[28]。根据图 1 所示，在不同贮藏条件下，绿茶饮料的透光率保持在 97.07%~99.12%，红茶饮料的透光率保持在 79.32%~83.32%，整个贮藏期透光率的变化无显著差异。

绿茶饮料在 4 ℃ 及 25 ℃ 条件下贮藏，浊度随

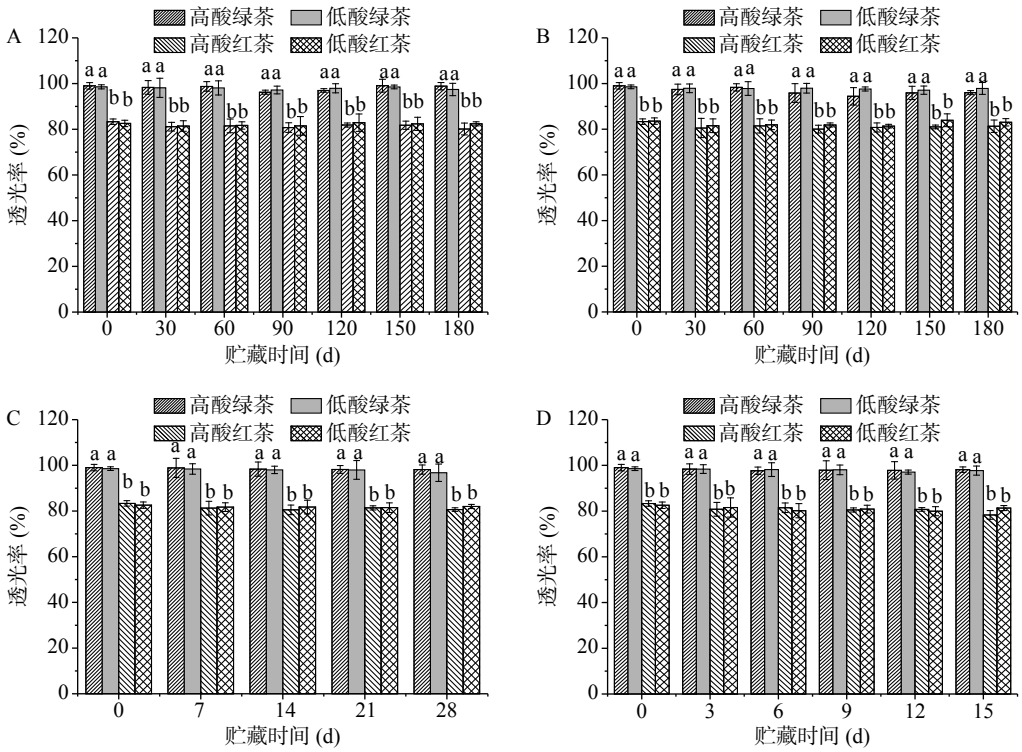

图 1　红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中透光率变化

Fig.1　Change of transmittance in black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

注：A：4 ℃、B：25 ℃、C：37 ℃、D：55 ℃；图 2~图 7 同。

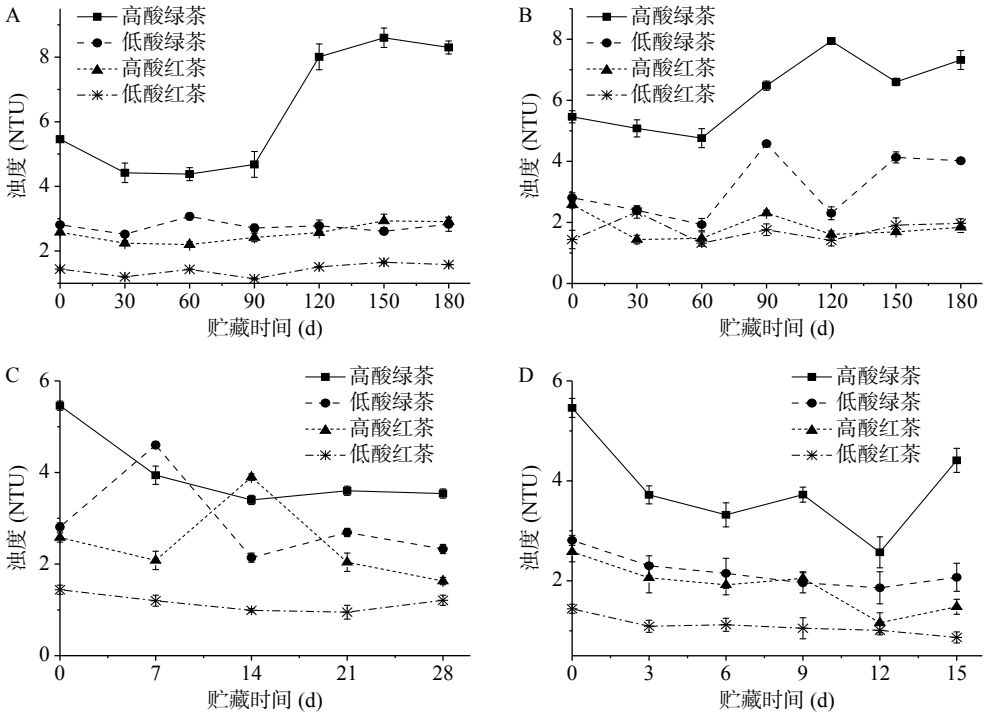

图 2　红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中浊度变化

Fig.2　Change of turbidity in black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

着贮藏时间的延长逐渐升高，且高酸绿茶饮料的浊度高于低酸绿茶饮料，贮藏至第 180 d，4 ℃ 条件贮藏的高酸绿茶饮料浊度增加率高于 25 ℃ 条件下贮藏的茶饮料，高酸绿茶饮料的浊度分别增加了 52.04% 和 34.12%，这可能与绿茶饮料的“冷后浑”现象有关，梁月荣等[29−30] 在绿茶茶乳酪方面的相关研究发现，绿茶饮料在缺乏茶黄素和茶红素情况下也能产生茶乳酪，即茶多酚、儿茶素等在低温下同咖啡因缔合形成茶乳酪产生沉淀，导致绿茶饮料浊度增加。红茶饮料在贮藏过程中，浊度无明显增加现象，这与红茶饮料中的茶多酚含量较绿茶饮料低有关，有研究表明，茶多酚是茶饮料产生“茶乳酪”的关键因素，当茶多酚浓度较低时，聚合后产物的浊度较小；随茶多酚浓度增加，聚合后产物的浊度增大，溶液的透光率降低[31]，Lin 等[32] 的研究也发现绿茶茶汤的粒径高于红茶茶汤，且参与茶乳酪形成的生化成分也有所差别。

2.3　不同贮藏条件对茶饮料色差的影响

四种茶饮料在 4、25、37、55 ℃ 条件下色差变化如图 3、图 4 和图 5 所示。

茶饮料色泽变化可通过 L^*、a^*、b^*值变化来衡量，L^*值表示溶液体系的亮度，L^*值越大，表示体系亮度越高，反之越暗。由图 3 可以看出，绿茶饮料的 L^*均高于红茶饮料，绿茶饮料与红茶饮料的 L^*值在贮藏过程中逐渐下降，且不同贮藏条件下，变化趋势一致，如 4 ℃ 及 25 ℃ 条件下，0~90 d 的降低幅度较大，90~180 d 的降低幅度相对较小。在 25 ℃ 条件下贮藏至 180 d，高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料亮度值降幅分别为 31.86%、39.98%、30.22% 及 37.73%。茶饮料在贮藏过程中，其中的多酚类物质、叶绿素类物质在高温、光照、氧等因素的影响下，发生氧化和降解等反应，造成茶饮料色泽不断加深[10,33]，故茶饮料在贮藏过程中亮度值逐渐下降。

a^*值可以表示液体的红绿色度，正值表示红色，负值表示绿色，a^*值越大，表示液体的红度越高，a^*值越小，表示绿度越高。由图 4 可知，红茶饮料和绿茶饮料的 a^*值在 4、25、37 及 55 ℃ 贮藏过程中始终为正值，且随着贮藏时间延长，红度逐渐增加，且随着贮藏温度的升高增加幅度也越大，在 55 ℃ 条件下贮藏 15 d，高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料的红度分别增加了 43.21%、48.83%、72.60%、104.80%，原因是茶饮料在贮藏过程中，茶多酚、叶绿素发生氧化降解，使茶饮料失去原有的黄绿明亮，变得红、暗，甚至褐变。高酸茶饮料比低酸茶饮料 a^*值变化相对较小，在酸性条件下，茶多酚更加稳定，不易被氧化生成有色物质，因此茶饮料中加入酸味剂，具有一定的护色作用[34]，宁井铭[35] 研究绿茶的护色表明，在 pH5.0 以下时，多酚类物质氧化程度低，汤色变化程度小，绿茶茶汤色泽能维持较好的稳定性，故高酸茶饮料的 a^*值增加程度较低酸绿茶低。

b^*值可以表示液体的黄蓝色度，正值表示黄色，负值表示蓝色，b^*值越大，表示溶液体系的黄度越高。由图 5 可知，红茶饮料和绿茶饮料 b^*值在贮藏过程中始终为正值，即红茶饮料和绿茶饮料的黄蓝度均保持黄色，且随着贮藏时间延长，黄度增加。高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料在 37 ℃ 条件下贮藏 28 d，b^*值分别增加了

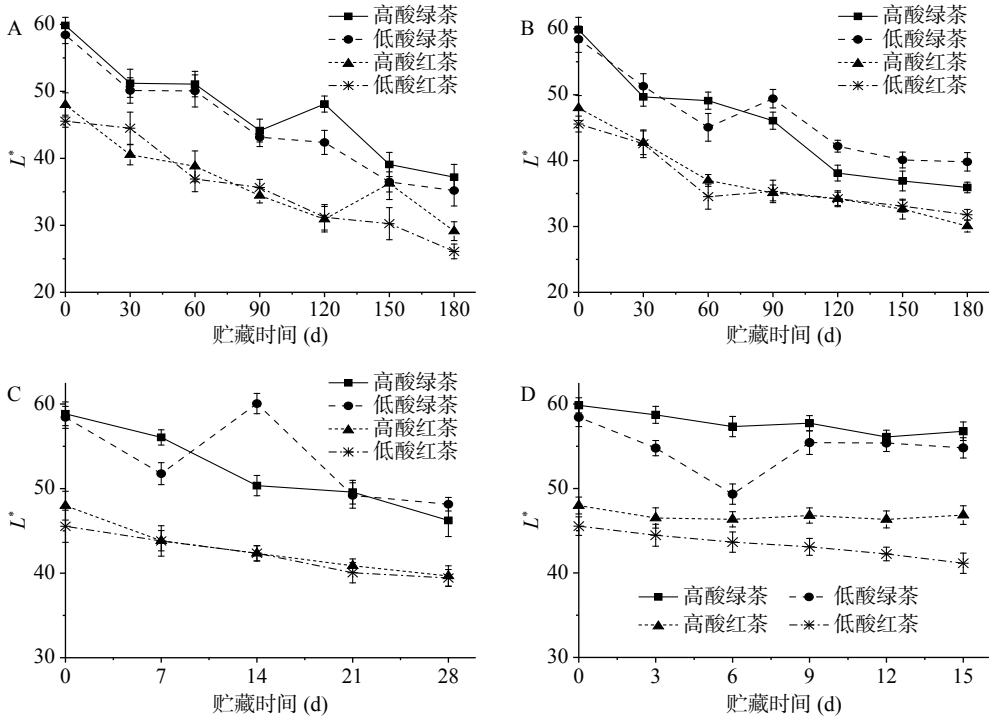

图 3　红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中 L^*值变化

Fig.3　L^* value changes of black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

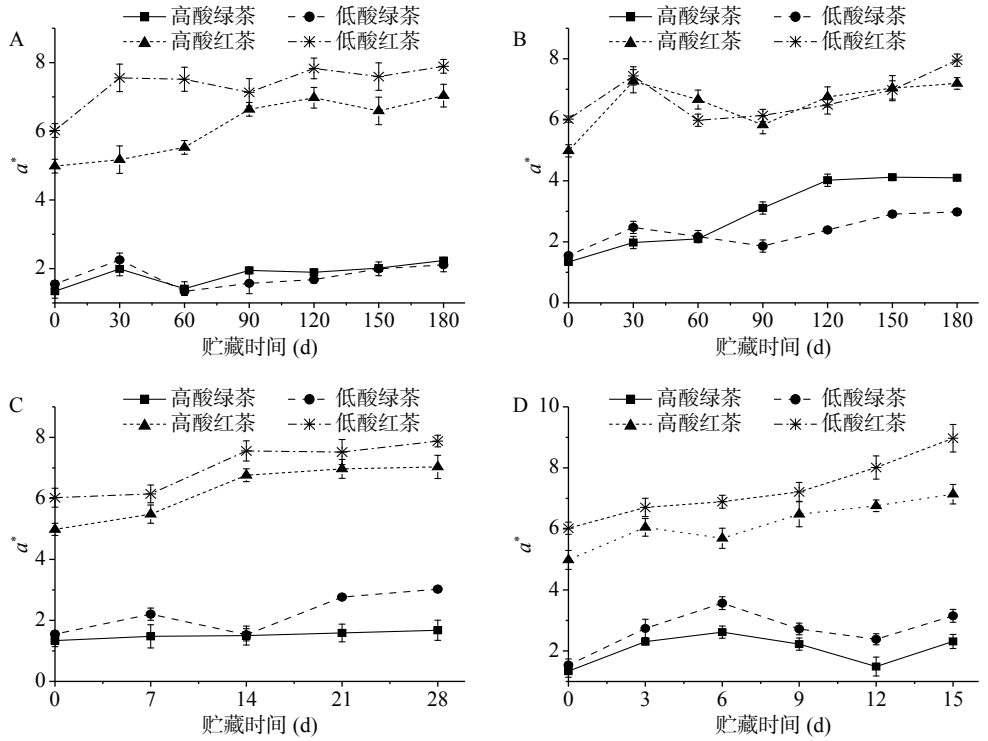

图 4 红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中 a^*值变化

Fig.4 a^* value change of black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

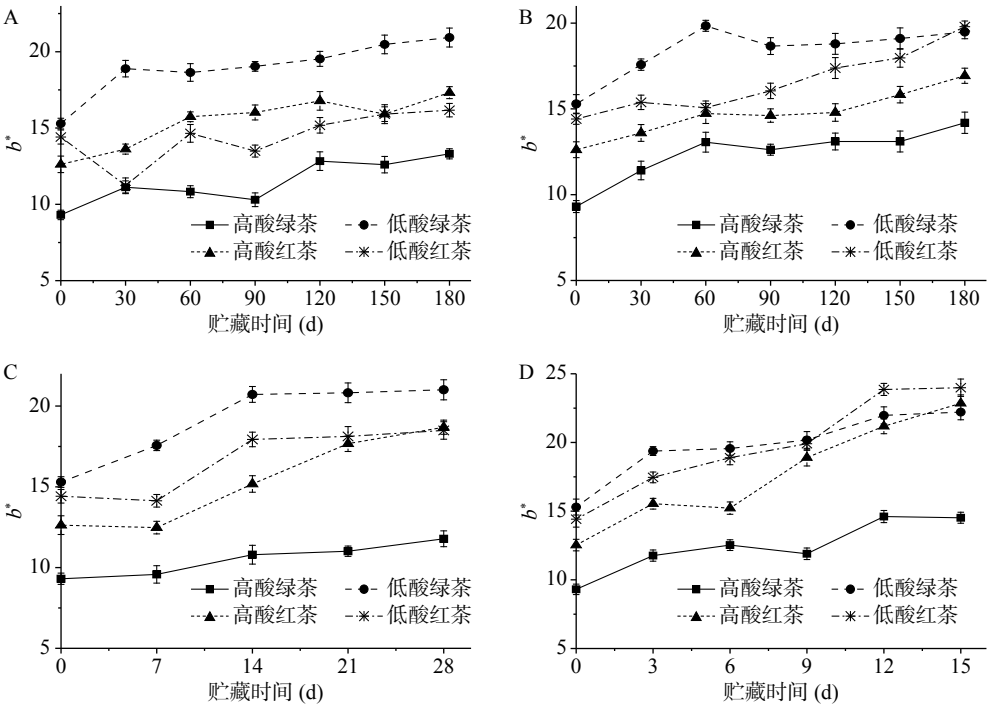

图 5 红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中 b^*值的变化

Fig.5 b^* value change of black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

37.3%、26.6%、48.2%、28.02%；在 55 ℃ 条件下贮藏 15 d，b^*值分别增加了 62.3%、82.4%、45.2%、55.9%，结果表明，在不同条件贮藏过程中，茶饮料 b^*值变化趋势与 a^*值一致，随着贮藏温度的升高，b^*值增加幅度逐渐增加，与 a^*值增加的原因相同，b^*值的增加也是由于茶多酚的氧化导致茶饮料发生褐变。

根据茶饮料 L^*、a^*、b^*值变化趋势可以发现，不同茶饮料在贮藏过程中，均出现亮度降低、红度及黄度增加的现象，在感官上表现为，茶饮料的亮度下降，色泽变红、变褐，且贮藏温度越高，茶饮料颜色变化趋势越明显。王杰[36] 研究了三种绿茶原料制备的茶饮料在贮藏过程中的色泽变化，发现三种绿茶饮料 L^*值均随贮藏时间的延长逐渐降低，a^*和 b^*值随贮藏

时间延长逐渐增加，与本实验结果一致。

2.4　不同贮藏条件对茶饮料中茶多酚和 EGCG 含量的影响

四种茶饮料在 4、25、37、55 ℃ 条件下茶多酚和 EGCG 含量变化如图 6 和图 7 所示。

由图 6 和图 7 可以看出，茶饮料在贮藏过程中茶多酚和 EGCG 含量整体均出现较大幅度降低，贮藏过程中茶多酚与咖啡碱、蛋白质等发生络合沉淀反应、EGCG 发生氧化降解是其含量降低的主要原因。高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及

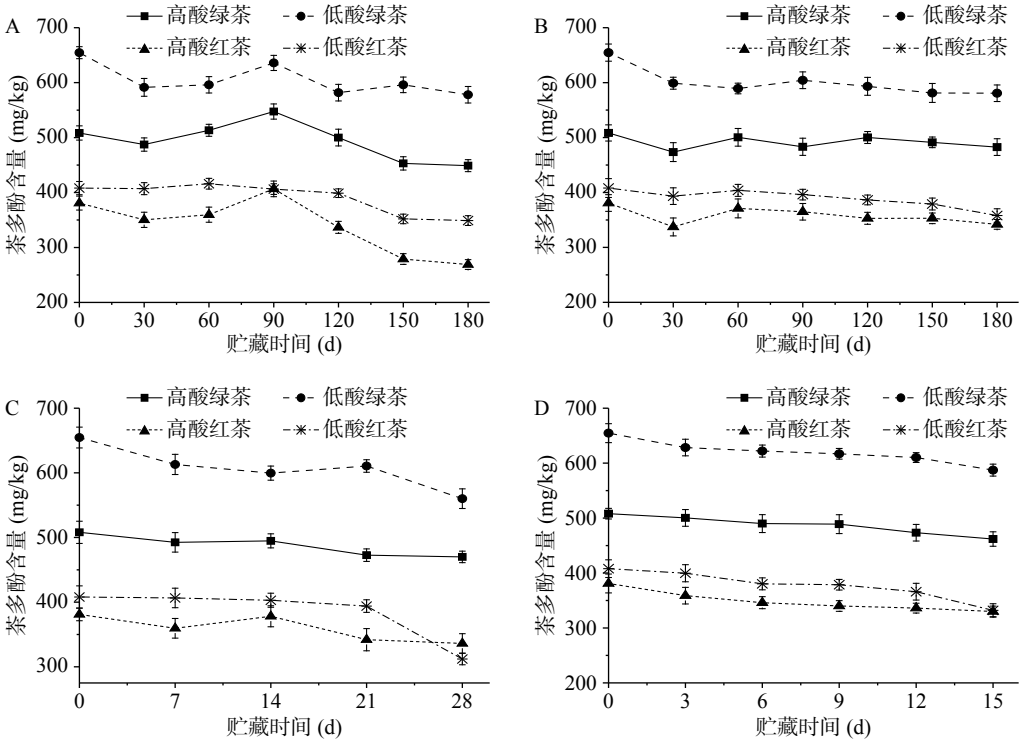

图 6　红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中茶多酚含量变化

Fig.6　Tea polyphenol change of black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

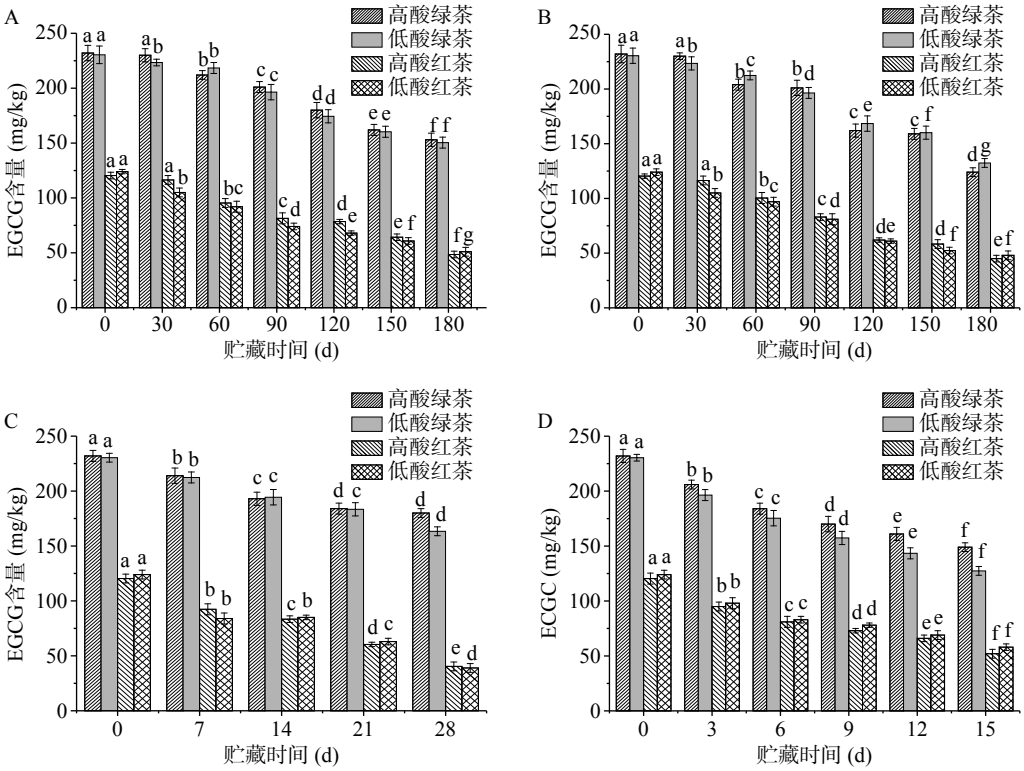

图 7　红茶饮料及绿茶饮料在不同温度下贮藏过程中 EGCG 含量变化

Fig.7　Change of EGCG content in black tea and green tea beverages during storage at different temperatures

低酸红茶饮料在 25 ℃ 条件下贮藏 180 d，茶多酚降解率分别为 5.07%、11.28%、10.18%、12.27%；37 ℃ 条件下贮藏 28 d，茶多酚降解率分别为 7.48%、14.45%、11.78%、23.52%；55 ℃ 条件下贮藏 15 d，茶多酚降解率分别为 9.08%、10.28%、13.39% 及 18.63%。在相同贮藏条件下，高酸茶饮料的茶多酚降解率低于低酸茶饮料，与茶饮料的色泽变化一致，即酸性条件下茶多酚更加稳定，不易降解。窦宏亮等[37] 的研究发现，绿茶饮料在常温条件下贮藏 12 个月，总酚含量下降 26.6%，与本文结果一致。

红茶和绿茶中的儿茶素主要包括表没食子儿茶素没食子酸酯（epigallocatechin gallate，EGCG）、表儿茶素没食子酸酯（epicatechin gallate，ECG）、表没食子儿茶素（epigallocatechin，EGC）、表儿茶素（epicatechin，EC），其中 EGCG 是儿茶素中最主要的抗氧化剂，约占总抗氧化能力的 30%[38]。不同茶饮料中 EGCG 含量变化趋势与茶多酚一致，但降解程度更高，在 55 ℃ 条件下贮藏 15 d，高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料及低酸红茶饮料的 EGCG 含量分别降低了 35.32%、42.18%、47.22% 和 49.03%。由图 7 可以看出，高酸茶饮料中 EGCG 降解速度低于低酸茶饮料，在 4 ℃ 及 25 ℃ 贮藏条件下，高酸绿茶及高酸红茶中的 EGCG 含量至第 30 d 均未发生显著变化，但两种低酸茶饮料中的 EGCG 含量则出现显著性下降（$P<0.05$）；随着贮藏温度的升高，茶饮料中的 EGCG 含量降低速度加快，在 55 ℃ 条件下，四种茶饮料中的 EGCG 含量在第 3、6、9、12 及 15 d 均出现显著性降低（$P<0.05$），表明在高温条件下，茶饮料中的 EGCG 很快发生降解。Chen 等[39] 研究发现，pH3.23 的瓶装茶饮料在贮藏 6 个月之后，儿茶素含量降低了 45%，但在 pH6 茶饮料中，贮藏 4 个月后，其中的儿茶素全部降解；窦宏亮等[37] 对绿茶饮料贮藏期间理化成分变化的研究发现，新制绿茶饮料中 EGCG 含量为 255.1 μg/mL，贮藏 12 个月后 EGCG 含量仅为 20.68 μg/mL，降解了 91.1%，这与本文的研究结果一致。

酚类成分是决定茶叶风味和品质的主要物质，具有抗氧化、防癌、抗癌等多种生物活性，尤其是 EGCG 在预防突变、抗肿瘤、防止癌细胞增殖及其转移等方面占有重要作用[40−41]。但在茶饮料贮藏过程中，茶多酚特别是其中儿茶素类物质极易氧化和降解，其氧化产物不仅使茶饮料色泽加深，而且失去滋味的醇厚度和收敛性[42]，对其风味造成不利影响。

3 结论

不同茶饮料在贮藏过程中品质指标均发生一定程度变化，主要表现为色泽加深、亮度降低、茶多酚及 EGCG 降解等，低酸茶饮料指标变化程度较高酸茶饮料更大。不同茶饮料的透光率在不同贮藏条件下未发生显著变化；绿茶饮料在 4 ℃ 及 25 ℃ 条件下贮藏，随贮藏时间的延长，浊度增加，且高酸绿茶饮料浊度增幅较低酸绿茶饮料高，4 ℃ 及 25 ℃ 条件下贮藏至第 180 d，高酸绿茶饮料浊度分别增加了 52.04%、34.12%，但均未超过 10 NTU，红茶饮料在不同贮藏条件下，浊度变化相对较小；不同茶饮料在贮藏过程中，褐变现象较明显，表现为 L^*值降低、a^*值增加以及 b^*值增加，且高酸茶饮料褐变程度较低酸茶饮料低，如 25 ℃ 条件下贮藏至 180 d，四种茶饮料（高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料、低酸红茶饮料）L^*值分别降低了 31.86%、39.98%、30.22% 及 37.73%；茶饮料中的茶多酚及 EGCG 含量随着贮藏时间的延长均出现一定程度的降解，且 EGCG 降解程度较茶多酚高，在 55 ℃ 条件下贮藏 15 d，高酸绿茶饮料、低酸绿茶饮料、高酸红茶饮料、低酸红茶饮料的茶多酚分别降低了 9.08%、10.28%、13.39% 及 18.63%，EGCG 含量分别降低了 35.32%、42.18%、47.22% 及 49.03%。

参考文献

[1] 中国轻工业联合会. GB/T 21733-2008 茶饮料 [S]. 北京：中国标准出版社，2008.

[2] 文祎，蔡淑娴，黄建安. 茶叶活性成分的抗炎作用及其机制研究进展[J]. 食品安全质量检测学报，2017，8(10)：3925−3930.

[3] Laurent bazinet, Monica Araya Farias. Effect of process unit operations and long-term storage on catechin contents in EGCG-enriched tea drink[J]. Food Research International，2010(43)：1692−1701.

[4] Mendel Friedman, Carol E Levin, Suk-Hyun Choi, et al. Changes in the composition of raw tea leaves from the Korean yabukida plant during high-temperature processing to pan-fried kamairi-cha green tea[J]. Journal of Food Science，2009，74(5)：406−412.

[5] 陈金华，王英姿，黄建安，等. 市售茶饮料中主要功效成分分析[J]. 食品安全质量检测学报，2019，10(1)：187−194.

[6] 罗龙新. 国内外茶饮料发展现状和趋势[J]. 中国茶叶，2019，41(1)：14−18.

[7] 陈锋. 茶饮料的市场现状及发展前景[J]. 福建茶叶，2015，37(5)：25−27.

[8] 钱奕，卢立新. 贮藏条件对茶饮料品质影响的试验研究[J]. 包装工程，2009(11)：34−35, 60.

[9] 马梦君. 绿茶饮料沉淀模型建立及机理探讨 [D]. 重庆：西南大学，2015.

[10] 李洁，董昕阳，冯瑛，等. 液体茶饮料品质研究进展及发展展望[J]. 中国茶叶加工，2018，152(2)：23−27, 30.

[11] 杨军. 酶解技术改善绿茶浓缩液品质的研究 [D]. 厦门：集美大学，2018.

[12] 徐悦. PVPP 在茶饮料中应用的研究 [D]. 杭州：浙江大学，2017.

[13] Yan-qing Fu, Jie-qiong Wang, Jian-xin Chen, et al. Effect of baking on the flavor stability of green tea beverages[J]. Food Chemistry，2020(331)：142−151.

[14] 江春柳，孙云，岳鹏翔，等. 不同水质对绿茶饮料储藏特性的影响[J]. 茶叶科学，2010，30(S1)：561−566.

[15] 曹学娇. 不同包装饮用水的水质研究及其对泡茶品质的影

响 [D]. 上海: 上海师范大学, 2020.
[16] 杨悦. 糖类对液体绿茶饮料品质稳定性影响的研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016.
[17] 汪洁琼, 杨悦, 叶青青, 等. 不同糖类对绿茶饮料风味稳定性的影响[J]. 食品科学技术学报, 2019, 37(4): 57−65.
[18] 许勇泉, 刘平, 陈根生. 茶多酚浓度对绿茶饮料稳定性的影响研究[J]. 现代食品, 2011, 31(6): 525−531.
[19] 芦荣华, 韩磊. 茶多酚浓度对绿茶饮料稳定性的影响研究[J]. 现代食品, 2016(6): 53−54.
[20] 黄静, 张帆, 陈素芹, 等. 中国茶饮料行业现状与展望[J]. 中国茶叶, 2017, 39(5): 29−31.
[21] 曾小燕, 蔡烈伟, 刘小煌, 等. 我国茶饮料行业现状与发展对策[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2017, 189(3): 16−19.
[22] 张宁. 低酸茶饮料全程质量控制体系的建立研究 [D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2012.
[23] 李光强. 浅谈茶饮料无菌冷灌装技术[J]. 中国高新技术企业, 2008, 106(19): 121−122.
[24] 刘红, 王达, 张明, 等. 饮料保质期测试方法的研究综述[J]. 饮料工业, 2017, 20(5): 54−57.
[25] Huang Lihan. Reconciliation of the D/z model and the Arrhenius model: The effect of temperature on inactivation rates of chemical compounds and microorganisms[J]. Food Chemistry, 2019(295): 499−504.
[26] 李泓瑶. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 艺术品鉴, 2016(11): 434.
[27] 王杰, 罗理勇, 田小军, 等. 重庆地区不同茶树品种绿茶饮料的理化特性分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(12): 203−210.
[28] 田小军, 余丹丹, 叶田, 等. 不同澄清工艺对茶饮料风味和理化品质的影响研究[J]. 粮食与食品工业, 2018, 25(5): 36−40.
[29] 梁月荣, 罗德尼·毕. 绿茶冷后“沉降物”粒子形态的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1992, 18(4): 17−20.
[30] 许勇泉. 绿茶茶汤及其浓缩汁沉淀形成与调控基础研究 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.
[31] 马梦君, 罗理勇, 李双, 等. 茶多酚和咖啡碱对茶乳酪形成的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(13): 15−19.
[32] Xiaorong Lin, Zhongzheng Chen, Yuanyuan Zhang. Comparative characterisation of green tea and black tea cream physicochemical and phytochemical nature[J]. Food Chemistry, 2015(173): 432−440.
[33] 李钊. 绿茶茶汤色泽变化的机理研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.
[34] 李云飞, 戴前颖, 夏涛, 等. 绿茶汤中主要化学物质与色泽劣变的相关性研究[J]. 茶业通报, 2013, 35(1): 10−17.
[35] 宁井铭. 绿茶饮料护色防沉淀技术研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2004.
[36] 王杰. 不同茶树品种绿茶饮料的理化特性分析及沉淀因子互作机理探究 [D]. 重庆: 西南大学, 2017.
[37] 窦宏亮, 李春美, 郝菊芳, 等. 绿茶饮料贮藏期间主要生化成分和典型香气成分的变化及相关性研究[J]. 茶叶科学, 2008(3): 181−188.
[38] Weilun Hung, Siyu Wang, Shengmin Sang, et al. Quantification of ascorbyl adducts of epigallocatechin gallate and gallocatechin gallate in bottled tea beverages[J]. Food Chemistry, 2018(261): 246−252.
[39] Zhenyu Chen, Qinyan Zhu. Degradation of green tea catechins in tea drinks[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(1): 477−482.
[40] Ananingsih V K, Sharma A, Zhou W. Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection[J]. Food Research International, 2013, 50(2): 469−479.
[41] 刘增辉, 曹殷慧, 徐燕, 等. 四种茶饮料中茶多酚、游离氨基酸及维生素 C 含量分析及稳定性评价[J]. 食品工业科技, 2019, 40(21): 38−44.
[42] 张岚翠, 沈生荣. 茶叶及茶饮料贮藏保鲜技术研究进展[J]. 茶叶, 2008, 135(3): 156−160.