

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.04.008

文章编号:2095-6002(2019)04-0057-09

引用格式: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.



WANG Jieqiong, YANG Yue, YE Qingqing, et al. Effect of different sugars on flavor stability of green tea beverage[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(4):57-65.

不同糖类对绿茶饮料风味稳定性的影响

汪洁琼^{1,2}, 杨悦^{2,3}, 叶青青^{1,2}, 汪芳², 曾亮¹,
戴前颖^{3,*}, 许勇泉^{2,*}, 尹军峰²(1. 中国农业科学院茶叶研究所, 浙江杭州 310008; 2. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715;
3. 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 安徽合肥 230036)

摘要:风味稳定性差一直是制约绿茶饮料货架期的主要因素之一。为了改善绿茶饮料货架期风味稳定性,对添加了蔗糖、麦芽糖、果糖、葡萄糖等不同糖类的绿茶饮料在高温灭菌条件下(135 ℃、15 s)和贮藏过程中(4 ℃和38 ℃,28 d)的风味稳定性及主要品质化学成分含量变化进行了分析,并对其作用机理进行探讨。结果表明:1)绿茶饮料在高温灭菌与贮藏过程中风味发生明显劣变,而添加糖类物质可以一定程度提高绿茶饮料的风味稳定性;2)添加蔗糖和麦芽糖对提高绿茶饮料的风味稳定性好于葡萄糖和果糖;3)通过分析绿茶饮料品质变化机理,发现在高温处理条件下,蔗糖、麦芽糖、果糖和葡萄糖对表没食子儿茶素没食子酸酯都有保护作用,其中麦芽糖的保护效果最好。综上分析,添加蔗糖和麦芽糖可以一定程度改善绿茶饮料的风味稳定性。

关键词:绿茶饮料;糖类;贮藏;风味稳定性;儿茶素**中图分类号:** TS275.2**文献标志码:** A

茶饮料是以茶叶的水提取液或其浓缩液、速溶茶粉等为原料,经过澄清、浓缩、灭菌、干燥等工序加工而成的产品^[1],因其含有丰富的儿茶素与咖啡因等有益成分,且兼具抗高血压、抗诱变、抗氧化、抗癌、降胆固醇、预防心血管疾病等诸多保健功效,备受消费者青睐,一跃成为世界上仅次于水的最受欢迎健康型饮料,在茶产业中占有举足轻重的地位^[2-6]。然而,茶饮料本质上是一种相对不稳定的分散系胶体,茶汤中的多酚与咖啡因相互作用导致茶饮料形成茶乳酪,茶乳酪的出现不仅影响到茶饮料的外观,还会使其口味变差^[7]。除了出现冷后浑现象外,茶饮料在灭菌贮藏过程中外观颜色变深、风

味劣变,而且茶多酚等主要风味成分含量发生变化。因而如何通过改善茶饮料的稳定性来延长其货架期成为亟待解决的问题。

有研究表明,通过添加胶状物质提高黏度可以有效减少茶饮料中沉淀物形成^[8];Gong等^[9]在茶饮料中添加水溶性的魔芋多糖,发现它在贮藏期间的汤色和重要生化成分较之前稳定且沉淀明显减少,可能是因为添加的魔芋多糖与茶饮料中的某些成分发生了吸附作用,形成了水溶性的复合体,增加了茶汤的黏度,从而抑制了茶汤的“冷后浑”现象。然而不同糖类对绿茶饮料在灭菌和贮藏期间风味稳定性的影响还未见相关报道。以添加蔗糖、麦芽糖、果

收稿日期:2018-07-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31671861;31872709);浙江省杰出青年基金资助项目(LR17C160001);国家重点研发计划项目(2017YFD0400800);中国农业科学院茶叶研究所基本科研业务费项目(1610212018006)。

第一作者:汪洁琼,女,硕士研究生,研究方向为茶资源的开发与利用。

*通信作者:许勇泉,男,研究员,博士,主要从事茶叶化学与食品工程方面的研究;

戴前颖,女,副教授,博士,主要从事茶叶加工与品质方面的研究。

糖、葡萄糖等不同糖类物质的液体绿茶饮料为研究对象,分析在高温灭菌及其贮藏前后感官品质及主要化学成分的变化趋势,以期为提高绿茶饮料的风味稳定性提供参考,并为茶饮料的生产制作提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

茶叶原料为迎霜品种的绿茶,浙江开化名茶公司;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)标准品,美国 Sigma 公司;色谱纯的乙酸、乙腈、甲醇,美国 Tedia 公司;分析纯级别的硫酸亚铁、酒石酸钾钠、磷酸氢二钠、茛三酮、甲酸、磷酸二氢钾,阿拉丁(上海)试剂有限公司;实验用水为桶装纯净水,浙江娃哈哈饮用水有限公司;麦芽糖、蔗糖、果糖、葡萄糖,河南润成化工有限公司。

1.2 主要仪器

DHG-9223A 型电热恒温鼓风干燥箱和 DK-S26 型电热恒温水浴锅,上海精宏实验设备有限公司;LC-20A 型高效液相色谱仪和 UV3600 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;MINOLTA CT-310 色差计,上海美能达公司;810R 型离心机,美国 Eppendorf 公司;FE20K 型 pH 计,瑞士梅特勒-托利多公司;XQ100 型粉碎机,上海广沙工贸有限公司;超高温灭菌设备 UHT,英国 Armfield 公司;WZT-3A 型浊度计,上海劲佳科学仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 实验茶饮料制备

取磨碎的绿茶样品(16~40目),于5L的不锈钢桶中加入70℃水,置于70℃水浴中浸提(茶水体积比1:30)20min,期间每隔2min搅拌一次,茶汤粗滤后进行冷却,然后采用500目滤袋进行过滤,待进行添加糖处理及分析检测。

测定所制备茶汤中茶多酚的含量,稀释茶汤至700mg/L;分别添加质量分数为5%的蔗糖、麦芽糖、果糖、葡萄糖至稀释好的茶汤中,不加任何糖类的处理为对照组;采用超高温瞬时灭菌技术(ultra-high-temperature, UHT),选择经验参数(135℃、15s)进行灭菌处理,于90℃下热灌装至PET瓶(350

mL/瓶)中,快速冷却至室温以备用。

1.3.2 感官品质分析方法

将1.3.1中PET瓶装茶饮料样品分别置于4℃冰箱、38℃恒温箱中贮藏,28d后取出,恢复常温后进行感官品质和理化成分分析。感官评语由一级评茶师参照国家标准GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》对样品汤色、香气及滋味进行感官描述。感官分数由5位高级评茶员对茶汤的滋味进行审评,分苦味、涩味、甜度、熟味、整体滋味5项,采用10分制(0~2微强,2~4较强,4~6强,6~8很强,8~10极强)打分。

1.3.3 色差的测定方法

实验茶饮料的颜色分析采用亨特 Lab 值色差系统。 L 值代表明亮度; b 值代表黄蓝色度,其中+表示黄色,-表示蓝色; a 值代表红绿色度,其中+代表红色,-代表绿色。

1.3.4 主要化学成分的测定方法

儿茶素及咖啡因含量检测用 HPLC 检测。过滤茶汤采用0.22 μm 微孔膜,滤液备用。色谱柱:采用 Symmetry C18 柱(5 μm, 4.6 mm × 250 mm);选用2%乙酸作为流动相 A 相;纯乙腈作为流动相 B 相,初始为6.5%,在16min内由6.5%线性变化到15%,在25min增加到25%以后稳定0.5min,在30min回到6.5%,平衡5min;流速为1 mL/min,柱温为40℃,波长设为280nm,进样量为10 μL^[10]。

茶多酚含量,采用酒石酸亚铁比色法^[11];总黄酮含量,采用三氯化铝法^[12];游离氨基酸总量,采用茛三酮比色法^[13]。

1.4 数据处理

数据以平均值±标准差的形式表示,利用 Excel 2010 进行处理;差异分析用 LSD 法,数据处理采用 SPSS 18.0 软件。

2 结果与分析

2.1 茶饮料的感官品质分析

以1.3.2的分析方法分析茶饮料在灭菌和贮藏过程前后感官品质的变化情况,见表1。

由表1可以看出,添加了不同糖类的绿茶饮料在感官品质上有明显改善。相比对照组(不加糖处理),添加蔗糖的绿茶饮料在灭菌及贮藏过程中整体感官品质稳定性较好,灭菌后汤色由浅绿变为黄绿,香气由纯正变为稍带甜香,滋味由醇正变为尚醇

表 1 灭菌和贮藏过程中绿茶饮料感官品质的变化

Tab. 1 Sensory quality changes of green tea beverage during sterilization and storage

感官品质因子	糖类	灭菌前	灭菌后	4 ℃ 贮藏 28 d	38 ℃ 贮藏 28 d
汤色	对照	浅绿	黄绿	绿黄	浅黄
	蔗糖	浅绿	黄绿	绿黄	浅黄
	麦芽糖	浅绿	黄绿	绿黄	黄
	果糖	浅绿	黄绿	浅绿黄	浅黄
	葡萄糖	浅绿	黄绿	绿黄	浅黄
香气	对照	尚高	熟味	熟闷	熟闷
	蔗糖	纯正	稍带甜香	有甜香带熟	带熟闷
	麦芽糖	麦芽香	有熟味	有麦芽香带甜香	带熟闷
	果糖	尚纯正	带甜香,有熟味	有甜香带熟	甜香熟闷
	葡萄糖	尚高	尚纯,稍带熟	熟闷	带熟闷
滋味	对照	醇正	尚醇正,带熟	尚醇,带熟	尚醇和,带熟
	蔗糖	醇正	尚醇爽	尚醇爽	尚醇,带熟
	麦芽糖	醇正	尚醇正,带熟	熟	尚醇和,带熟
	果糖	醇正,带甜	尚醇正	带熟,有粗涩味	尚醇,有涩味
	葡萄糖	醇正,带甜	尚醇	尚醇带甜,带熟	尚醇和,带熟

“对照”为未添加任何糖类的茶饮料处理。

爽;在高温 38 ℃ 和低温 4 ℃ 贮藏过程中汤色、香气和滋味品质都得到较好的保持。而添加麦芽糖、果糖和葡萄糖的绿茶饮料,经高温灭菌和贮藏后,汤色、香气和滋味品质都有较大的变化。可见添加蔗糖的绿茶饮料在经过高温杀菌和贮藏后,感官品质明显优于其他糖类和对照组。

2.2 绿茶饮料滋味因子分析

添加了蔗糖、麦芽糖、果糖以及葡萄糖等不同糖类的绿茶饮料,在灭菌前后和贮藏期间滋味品质变化情况见表 2。

绿茶饮料的滋味因子对其品质稳定性有明显影响。茶饮料灭菌前后和贮藏期间滋味品质变化幅度较小,表明茶饮料的稳定性较高。从表 2 可以看出,加糖的绿茶饮料较对照组在整体滋味上发生了显著变化,表现为苦味和熟味降低,涩味和甜度增加,且高温(38 ℃)贮藏下的品质变化幅度大于低温(4 ℃)变化幅度。

经过高温杀菌和贮藏后,添加了不同糖类的绿茶饮料在滋味成分含量变化幅度上有明显不同。其中添加蔗糖、葡萄糖以及果糖的绿茶饮料苦味呈现下降趋势,蔗糖和果糖变化幅度较小,而麦芽糖杀菌后苦味下降,贮藏后苦味略有回升。在涩味上,除了添加蔗糖的绿茶饮料灭菌及贮藏后涩味略有下降,

灭菌和不同贮藏条件后变化率分别为 -10%、11.11%、11.11%,其他处理涩味则呈上升趋势;特别是添加葡萄糖前后变化较大,这与 Brannan 等^[14]的研究结果一致。茶饮料经过杀菌和贮藏后熟味明显增加,且相比对照组,加糖绿茶饮料在杀菌贮藏前后变化幅度较小。从整体风味上来看,经过高温杀菌及贮藏后,添加了蔗糖和麦芽糖的绿茶饮料的滋味因子变化幅度较对照组和其他糖类小。

2.3 绿茶饮料色差变化分析

灭菌和贮藏过程中加糖绿茶饮料色泽的变化情况见图 1。

从图 1 可以看出,加了不同糖类的绿茶饮料经高温灭菌及贮藏后, L 值呈下降趋势,而 a 值和 b 值则呈上升趋势;相比对照组和其他糖类,添加了蔗糖的绿茶饮料经高温灭菌及贮藏后色泽变化较小。这可能是因为在一段时间热作用后,叶绿素被大量降解导致色泽发生变化,同时酚类物质在高温条件下易发生非酶促褐变作用。因此,添加蔗糖的绿茶饮料在经过灭菌和贮藏色泽变化最小,之前也有研究表明,蔗糖有助于提高茶浓缩汁的稳定性^[15]。

2.4 主要品质成分含量变化分析

茶饮料中的品质成分是衡量其感官品质及风味稳定性的基础指标,其中含量最多的是茶多酚,而氨

表2 不同糖类对灭菌和贮藏过程绿茶饮料滋味因子的影响

Tab.2 Effect of different types of sugar on taste of green tea beverage during sterilization and storage

滋味	糖类	灭菌前	灭菌后	变化率/%	4℃贮藏		38℃贮藏	
					28 d	变化率/%	28 d	变化率/%
苦味	对照	2.50 ± 0.00 ^a	3.00 ± 0.31 ^a	20.00	2.00 ± 0.20 ^a	33.33	1.50 ± 0.00 ^a	-50.00
	蔗糖	1.25 ± 0.27 ^c	1.00 ± 0.20 ^b	-20.00	0.50 ± 0.22 ^d	-50.00	0.50 ± 0.40 ^c	-50.00
	麦芽糖	0.75 ± 0.25 ^d	0.50 ± 0.14 ^c	-33.33	1.00 ± 0.14 ^b	100.00	0.75 ± 0.22 ^b	50.00
	果糖	1.25 ± 0.30 ^c	1.00 ± 0.83 ^b	-20.00	0.50 ± 0.00 ^d	-50.00	0.50 ± 0.23 ^c	-50.00
	葡萄糖	2.00 ± 0.14 ^b	1.00 ± 0.47 ^b	-50.00	0.75 ± 0.00 ^c	-25.00	0.50 ± 0.10 ^c	-50.00
涩味	对照	1.50 ± 0.00 ^d	1.75 ± 0.11 ^d	16.67	2.50 ± 0.20 ^b	42.86	2.50 ± 0.20 ^b	42.86
	蔗糖	2.50 ± 0.42 ^b	2.25 ± 0.20 ^c	-10.00	2.50 ± 0.41 ^b	11.11	2.50 ± 0.26 ^b	11.11
	麦芽糖	2.75 ± 0.17 ^a	3.00 ± 0.00 ^a	9.09	2.50 ± 0.30 ^b	-16.67	2.00 ± 0.40 ^c	-33.33
	果糖	2.00 ± 0.36 ^c	2.00 ± 0.00 ^c	0.00	3.00 ± 0.23 ^a	50.00	3.00 ± 0.58 ^a	50.00
	葡萄糖	2.00 ± 0.00 ^c	2.75 ± 0.00 ^b	37.50	3.00 ± 0.28 ^a	9.09	3.00 ± 0.30 ^a	9.09
熟味	对照	0 ± 0.00 ^a	4.75 ± 0.09 ^a	-	5.00 ± 0.37 ^a	5.26	5.50 ± 0.20 ^a	15.79
	蔗糖	0 ± 0.00 ^a	4.50 ± 0.15 ^{ab}	-	4.50 ± 0.00 ^c	0.00	5.00 ± 0.34 ^c	11.11
	麦芽糖	0 ± 0.00 ^a	4.25 ± 0.21 ^{bc}	-	4.50 ± 0.00 ^c	5.88	5.25 ± 0.47 ^b	23.53
	果糖	0 ± 0.00 ^a	4.00 ± 0.18 ^c	-	4.50 ± 0.10 ^c	12.50	5.25 ± 0.00 ^b	31.25
	葡萄糖	0 ± 0.00 ^a	4.50 ± 0.30 ^{ab}	-	4.75 ± 0.50 ^b	5.56	5.50 ± 0.41 ^a	22.22
甜度	对照	0 ± 0.00 ^c	0 ± 0.00 ^c	0.00	0.00 ± 0.30 ^d	0.00	0.00 ± 0.57 ^d	0.00
	蔗糖	5.00 ± 0.19 ^a	5.00 ± 0.30 ^b	0.00	5.00 ± 0.00 ^a	0.00	5.00 ± 0.44 ^a	0.00
	麦芽糖	2.00 ± 0.16 ^b	1.50 ± 0.13 ^d	-25.00	1.75 ± 0.00 ^c	16.67	1.50 ± 1.00 ^c	0.00
	果糖	5.50 ± 0.23 ^a	5.50 ± 0.26 ^a	0.00	5.50 ± 0.13 ^a	0.00	5.50 ± 0.83 ^a	0.00
	葡萄糖	2.50 ± 0.20 ^b	2.50 ± 0.20 ^c	0.00	3.00 ± 0.55 ^b	20.00	3.00 ± 1.22 ^b	20.00
整体风味	对照	7.50 ± 0.00 ^b	6.00 ± 0.13 ^c	-20.00	5.50 ± 0.31 ^c	-8.33	5.25 ± 1.46 ^b	-12.50
	蔗糖	8.00 ± 0.13 ^a	6.25 ± 0.40 ^b	-21.88	6.00 ± 0.00 ^a	-4.00	5.50 ± 0.88 ^a	-12.00
	麦芽糖	6.50 ± 0.38 ^c	6.00 ± 0.17 ^b	-7.69	5.75 ± 0.00 ^b	-4.17	5.50 ± 0.26 ^a	-8.33
	果糖	8.00 ± 0.20 ^a	6.50 ± 0.30 ^a	-18.75	5.50 ± 0.14 ^c	-15.38	5.00 ± 0.00 ^c	-23.08
	葡萄糖	7.00 ± 0.00 ^b	6.00 ± 0.00 ^b	-14.29	5.50 ± 0.57 ^c	-8.33	5.00 ± 0.98 ^c	-16.67

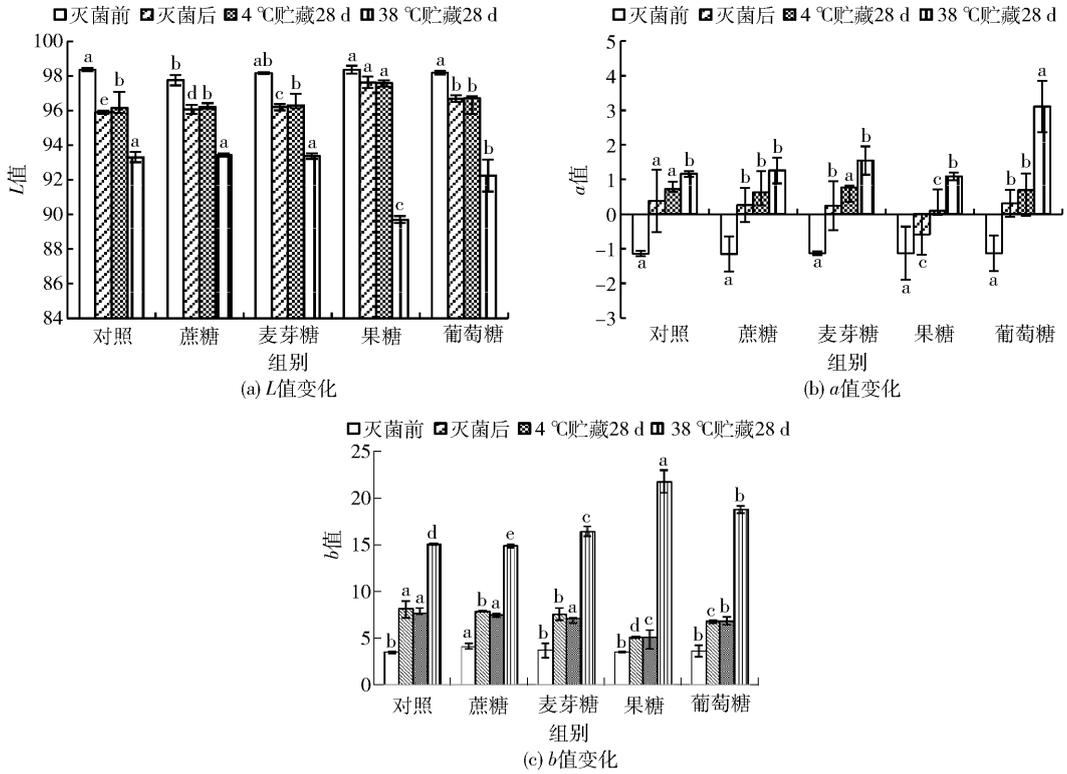
同一列中不同字母表示差异达到显著水平($P < 0.05$)。

基酸、咖啡因是绿茶饮料鲜味和苦味的重要来源。灭菌和贮藏过程中加糖绿茶饮料化学成分含量的变化见表3。

由表3可知,绿茶饮料经过高温杀菌和28 d贮藏后,添加了不同糖类的绿茶饮料中,茶多酚和氨基酸等化学成分变化幅度较对照组明显减小;茶饮料中的茶多酚、氨基酸、咖啡因等生化成分含量均呈下降趋势;总黄酮含量略微增加,且38℃贮藏条件下生化成分变化幅度比4℃贮藏条件下变化幅度更大。添加不同糖的茶饮料中茶多酚含量在高温灭菌及贮藏后变化幅度最大的是对照组,灭菌时变化率为-3.03%,4℃和38℃贮藏后的变化率分别达到

了-3.84%、-4.40%,可见糖类的添加有利于茶饮料中茶多酚类物质的稳定。

灭菌期间,添加蔗糖、麦芽糖和葡萄糖的茶饮料中,氨基酸含量变化幅度较小,变化率在-0.76%~0.82%;而贮藏期间,添加蔗糖、果糖和葡萄糖的茶饮料变化幅度较大。添加麦芽糖和果糖的茶饮料在高温灭菌后氨基酸含量则呈现上升的趋势,这可能是水溶性蛋白质的水解速度大于氨基酸的降解速度所致。总黄酮含量在高温灭菌期间变化不显著,而在贮藏期间含量呈现增大的趋势,添加葡萄糖的茶饮料在38℃贮藏后变化率达到了71.43%。



不同字母均表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。

图 1 灭菌和贮藏过程中加糖绿茶饮料色泽的变化

Fig. 1 Color changes of sweetened green tea beverage during sterilization and storage

表 3 灭菌和贮藏过程中加糖绿茶饮料化学成分含量的变化

Tab. 3 Chemical composition changes of sweetened green tea beverage during sterilization and storage

化学成分	糖类	灭菌前	灭菌后	变化率/%	4 °C 贮藏		38 °C 贮藏	
					28 d	变化率/%	28 d	变化率/%
茶多酚	对照	0.73 ± 0.05 ^a	0.70 ± 0.06 ^b	-3.03	0.68 ± 0.00 ^b	-3.84	0.67 ± 0.03 ^b	-4.40
	蔗糖	0.73 ± 0.01 ^a	0.72 ± 0.02 ^a	-1.10	0.71 ± 0.06 ^a	-1.67	0.69 ± 0.01 ^b	-4.86
	麦芽糖	0.71 ± 0.03 ^b	0.69 ± 0.07 ^c	-2.12	0.69 ± 0.04 ^b	-0.87	0.68 ± 0.07 ^b	-1.44
	果糖	0.73 ± 0.06 ^a	0.72 ± 0.15 ^a	-0.83	0.71 ± 0.02 ^a	-2.08	0.70 ± 0.09 ^a	-2.78
	葡萄糖	0.71 ± 0.11 ^a	0.71 ± 0.20 ^b	-0.84	0.70 ± 0.06 ^{ab}	-1.13	0.70 ± 0.11 ^{ab}	-1.55
氨基酸	对照	0.11 ± 0.07 ^c	0.11 ± 0.02 ^b	-2.66	0.09 ± 0.16 ^b	-14.55	0.09 ± 0.07 ^d	-22.73
	蔗糖	0.12 ± 0.06 ^b	0.12 ± 0.08 ^b	-0.82	0.12 ± 0.02 ^b	-3.31	0.11 ± 0.06 ^c	-8.26
	麦芽糖	0.13 ± 0.09 ^a	0.13 ± 0.36 ^a	0.76	0.12 ± 0.09 ^b	-9.85	0.11 ± 0.08 ^b	-13.64
	果糖	0.13 ± 0.16 ^a	0.13 ± 0.21 ^a	2.29	0.13 ± 0.18 ^a	-3.73	0.13 ± 0.10 ^a	-5.97
	葡萄糖	0.13 ± 0.13 ^a	0.13 ± 0.66 ^a	-0.76	0.12 ± 0.09 ^b	-4.62	0.12 ± 0.23 ^a	-6.92
总黄酮	对照	0.01 ± 0.11 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	12.50	0.01 ± 0.03 ^a	0.00	0.01 ± 0.00 ^a	22.22
	蔗糖	0.01 ± 0.04 ^a	0.01 ± 0.07 ^a	0.00	0.01 ± 0.02 ^a	12.50	0.01 ± 0.04 ^a	50.00
	麦芽糖	0.01 ± 0.02 ^a	0.01 ± 0.06 ^a	0.00	0.01 ± 0.02 ^a	0.00	0.01 ± 0.05 ^a	50.00
	果糖	0.01 ± 0.01 ^a	0.01 ± 0.04 ^a	0.00	0.01 ± 0.05 ^a	14.29	0.01 ± 0.07 ^a	57.14
	葡萄糖	0.01 ± 0.01 ^a	0.01 ± 0.01 ^a	0.00	0.01 ± 0.09 ^a	28.57	0.01 ± 0.01 ^a	71.43
咖啡因	对照	0.11 ± 0.04 ^a	0.10 ± 0.01 ^a	-1.89	0.10 ± 0.01 ^a	-1.92	0.10 ± 0.00 ^a	-2.89
	蔗糖	0.11 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.02 ^a	0.95	0.10 ± 0.06 ^b	-7.55	0.10 ± 0.05 ^b	-8.49
	麦芽糖	0.11 ± 0.00 ^a	0.11 ± 0.01 ^a	1.96	0.09 ± 0.00 ^b	-10.58	0.10 ± 0.00 ^b	-5.77
	果糖	0.11 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.02 ^b	-5.56	0.10 ± 0.01 ^{ab}	-2.94	0.09 ± 0.03 ^b	-8.82
	葡萄糖	0.11 ± 0.03 ^a	0.11 ± 0.01 ^a	-2.83	0.10 ± 0.01 ^b	-6.80	0.09 ± 0.06 ^b	-11.65

同一列中不同字母表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。

实验表明,添加蔗糖和麦芽糖的处理有利于提高绿茶饮料的风味稳定性,其中添加蔗糖和麦芽糖对茶多酚和氨基酸含量的保持作用更明显,然而加糖并没有减少茶饮料中的咖啡因的变化。

2.5 绿茶饮料中儿茶素含量变化分析

茶多酚是绿茶饮料的物质基础,是构成绿茶饮

料的主要功效成分,也是决定绿茶饮料滋味和色泽的主体成分,同时它也是茶叶苦涩味的主要来源。其中所含的儿茶素数量最多,约占茶多酚总量的60%~80%。因此,在茶多酚中常以儿茶素作为代表^[16],灭菌和贮藏前后绿茶饮料中儿茶素组分含量变化见表4。

表4 灭菌和贮藏过程中绿茶饮料儿茶素组分含量的变化

Tab.4 Catechins change of sweetened green tea beverage during sterilization and storage

儿茶素组分	糖类	灭菌前	灭菌后	变化率/%	4℃贮藏		38℃贮藏	
					28 d	变化率/%	28 d	变化率/%
EGC	对照	0.08 ± 0.01 ^c	0.04 ± 0.00 ^c	-42.67	0.03 ± 0.01 ^b	-41.86	0.02 ± 0.01 ^b	-48.84
	蔗糖	0.10 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.05 ^a	-24.24	0.06 ± 0.00 ^b	-25.33	0.06 ± 0.02 ^a	-26.67
	麦芽糖	0.09 ± 0.01 ^b	0.06 ± 0.00 ^b	-32.56	0.04 ± 0.05 ^b	-34.48	0.04 ± 0.00 ^b	-32.76
	果糖	0.09 ± 0.00 ^a	0.07 ± 0.02 ^a	-27.17	0.05 ± 0.01 ^b	-26.87	0.04 ± 0.00 ^b	-34.33
	葡萄糖	0.09 ± 0.03 ^b	0.08 ± 0.01 ^b	-33.72	0.03 ± 0.01 ^a	-42.11	0.03 ± 0.04 ^a	-45.61
EGCG	对照	0.17 ± 0.07 ^c	0.10 ± 0.00 ^c	-40.61	0.10 ± 0.06 ^c	-3.06	0.09 ± 0.00 ^b	-12.25
	蔗糖	0.17 ± 0.04 ^b	0.10 ± 0.04 ^c	-38.10	0.10 ± 0.00 ^b	-4.81	0.10 ± 0.03 ^a	-6.73
	麦芽糖	0.17 ± 0.05 ^b	0.12 ± 0.07 ^b	-30.99	0.11 ± 0.07 ^a	-5.93	0.10 ± 0.08 ^a	-12.71
	果糖	0.19 ± 0.07 ^a	0.12 ± 0.00 ^a	-35.60	0.12 ± 0.09 ^b	-4.07	0.12 ± 0.08 ^a	-6.50
	葡萄糖	0.16 ± 0.00 ^c	0.10 ± 0.05 ^c	-40.63	0.09 ± 0.00 ^a	-4.21	0.08 ± 0.05 ^a	-13.68
EC	对照	0.02 ± 0.02 ^b	0.01 ± 0.03 ^b	-23.53	0.01 ± 0.03 ^b	0.00	0.01 ± 0.07 ^{ab}	-15.39
	蔗糖	0.02 ± 0.07 ^a	0.02 ± 0.04 ^a	-16.67	0.02 ± 0.00 ^a	-20.00	0.01 ± 0.00 ^a	-30.00
	麦芽糖	0.02 ± 0.01 ^a	0.02 ± 0.02 ^a	-22.73	0.02 ± 0.00 ^a	-5.88	0.02 ± 0.06 ^b	-11.77
	果糖	0.02 ± 0.05 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	-20.83	0.02 ± 0.04 ^b	-15.79	0.01 ± 0.01 ^b	-26.32
	葡萄糖	0.02 ± 0.02 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	-23.81	0.01 ± 0.05 ^a	-12.50	0.01 ± 0.00 ^a	-37.50
ECG	对照	0.01 ± 0.07 ^b	0.01 ± 0.08 ^a	-21.43	0.01 ± 0.01 ^b	-18.18	0.01 ± 0.02 ^a	-36.36
	蔗糖	0.02 ± 0.01 ^a	0.01 ± 0.06 ^a	-29.41	0.01 ± 0.00 ^a	-33.33	0.01 ± 0.01 ^a	-41.67
	麦芽糖	0.02 ± 0.02 ^a	0.02 ± 0.03 ^a	-16.67	0.01 ± 0.06 ^{ab}	-6.67	0.01 ± 0.07 ^a	-13.33
	果糖	0.02 ± 0.04 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	-25.00	0.01 ± 0.03 ^{ab}	-26.67	0.01 ± 0.03 ^b	-40.00
	葡萄糖	0.02 ± 0.02 ^a	0.01 ± 0.07 ^a	-29.41	0.01 ± 0.01 ^a	-41.67	0.01 ± 0.00 ^a	-58.33

同一列中不同字母表示差异达到显著水平($P < 0.05$)。

由表4可知,绿茶饮料灭菌前儿茶素含量由大到小依次为EGCG、EGC、EC、ECG;经过高温杀菌和28 d贮藏后,添加不同糖类的绿茶饮料中EGC含量变化幅度较对照组明显减小,有利于提高茶饮料的风味稳定性。绿茶饮料经过高温灭菌及4℃和38℃贮藏后,4种儿茶素的含量均有不同程度的下降,且38℃贮藏条件下儿茶素单体变化幅度比4℃变化更大。

EGC、EGCG、EC、ECG等表型儿茶素的含量均呈下降趋势,原因可能是儿茶素在高温灭菌贮藏过程中易发生氧化以及脱没食子酸反应,同时表型儿

茶素也易发生差向异构化作用生成非表型儿茶素。由此可见,添加麦芽糖和蔗糖的处理有利于高温灭菌和贮藏过程中茶饮料中儿茶素组分的稳定,其中加糖处理对ECG的作用更明显。

2.6 加糖绿茶饮料风味变化机理分析

添加糖类在绿茶饮料灭菌过程中主要生化成分变化幅度较小,特别是添加麦芽糖和蔗糖的处理。Wang等^[17]在分析茶饮料中不同儿茶素组分时发现,EGCG最容易受到热处理的影响,说明其稳定性较差。因此我们将糖与EGCG之间的相互作用进行模拟,探讨不同糖类对EGCG热稳定性

的影响。经过热处理后的 EGCG 色泽和含量的变

化见图 2 和图 3。

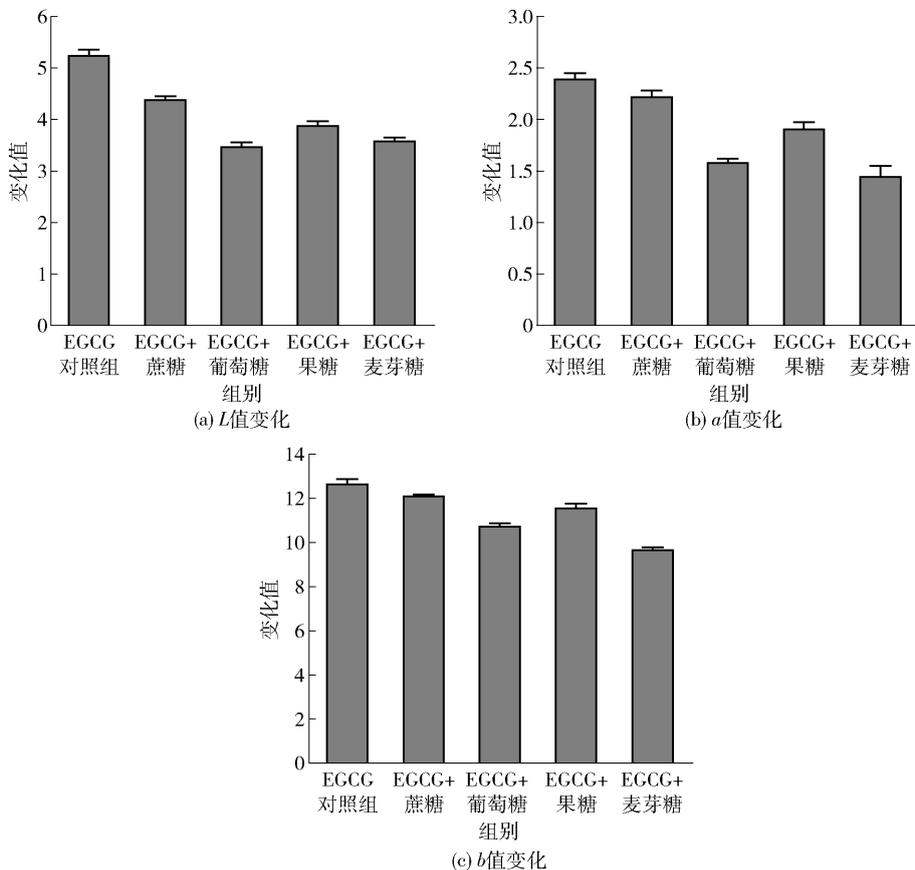


图 2 热处理后 EGCG 溶液色泽的变化

Fig. 2 Color changes of EGCG after heat treatment

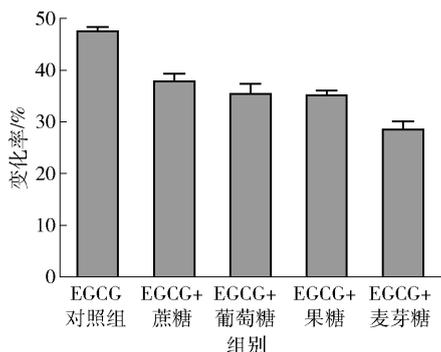


图 3 热处理后 EGCG 含量的变化

Fig. 3 Content changes of EGCG after heat treatment

由图 2 和图 3 可以看出,100 °C 热处理 4 h 后添加不同糖类的 EGCG 溶液色泽及含量的变化幅度均小于对照组,特别是添加了麦芽糖的处理,在所有处理中变化幅度最小,其色差 L 、 a 、 b 变化值分别为 3.63、1.47 和 9.99;而 EGCG 含量的变化率也较其他处理小,为 27.05%。Wang 等^[17] 和 Rice-Evans^[18] 研究发现当温度超过 80 °C 时,EGCG 容易异

构化转变为 GCG,可能是由于表型儿茶素其结构中的 2 个大基团空间小、内能大且不稳定,受热很容易发生异构反应。而糖类物质自身具有的羟基结构,可以与酚类物质形成氢键,从而使得糖基化后的多酚稳定性提高;或者因为糖处理使得 EGCG 溶液黏稠度增加,运动速率减慢,水溶氧降低,从而达到保护儿茶素的作用。当然,上述关于不同种类的糖对 EGCG 热稳定性影响的机理研究尚不充分,后续研究将围绕这个问题进一步展开。

3 结 论

绿茶饮料在高温灭菌和 28 d 贮藏过程中,感官品质及理化成分容易发生变化;添加蔗糖的处理有利于保持其感官品质和外观色泽的稳定,添加蔗糖和麦芽糖有利于茶饮料中的滋味物质及主要品质成分的稳定。不同种类的糖对儿茶素 EGCG 都具有一定的保护作用,其中麦芽糖的保护效果最好,这与绿茶饮料中的分析结果基本一致。最终结果表明,添

加蔗糖和麦芽糖的绿茶饮料更有利于延长绿茶饮料的货架期。

参考文献:

- [1] 尹军峰, 傅尚文, 刘新, 等. 我国茶叶深加工产品的安全问题及对策[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(2): 20-23.
YIN J F, FU S W, LIU X, et al. Safety issues in tea deep-processing products in China and their countermeasures [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 32(2): 20-23.
- [2] CABRERA C, ARTACHO R, GIMENEZ R. Beneficial effects of green tea: a review [J]. Journal of the American College of Nutrition, 2006, 25(2): 79-99.
- [3] SILAROVA P, CESLOVA L, MELOUN M. Fast gradient HPLC/MS separation of phenolics in green tea to monitor their degradation [J]. Food Chemistry, 2017, 237: 471-480.
- [4] ZHU Q Y, HACKMAN R M, ENSUNSA J L, et al. Antioxidative activities of oolong tea [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(23): 6929-6934.
- [5] YANAGIMOTO K, OCHI H, LEE K G, et al. Antioxidative activities of volatile extracts from green tea, oolong tea, and black tea [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(25): 7396-7401.
- [6] 唐平, 陈根生, 尹军峰, 等. 浸提茶叶质量浓度对绿茶茶汤沉淀形成的影响[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(3): 74-78.
TANG P, CHEN G S, YIN J F, et al. Effects of extraction tea mass concentration on tea sediment formation in green tea infusion [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 34(3): 74-78.
- [7] XU Y Q, HU X F, TANG P, et al. The major factors influencing the formation of sediments in reconstituted green tea infusion [J]. Food Chemistry, 2015, 172: 831-835.
- [8] XU Y Q, HU X F, ZOU C, et al. Effect of saccharides on sediment formation in green tea concentrate [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 78: 352-360.
- [9] GONG J S, LIU P Y, LIU Q J. Study on stabilizing mechanism of konjac glucomannan in tea infusions [J]. Journal of Food Science, 2006, 71(9): 358-363.
- [10] 尹军峰, 许勇泉, 袁海波, 等. 名优绿茶鲜叶摊放过程中主要生化成分的动态变化 [J]. 茶叶科学, 2009, 29(2): 102-110.

YIN J F, XU Y Q, YUAN H B, et al. Dynamic change of main biochemical components of premium green tea fresh leaves during spreading [J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(2): 102-110.

- [11] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶 茶多酚测定: GB/T 8313—2002 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, China National Standardization Administration Committee. Tea and determination of tea polyphenols; GB/T 8313—2002 [S]. Beijing: China Standard Press, 2002.
- [12] 钟蓼. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
ZHONG L. Physical and chemical analysis of tea quality [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989.
- [13] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶 游离氨基酸总量测定: GB/T 8314—2002 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, China National Standardization Administration Committee. Tea and determination of total free amino acids in tea; GB/T 8314—2002 [S]. Beijing: China Standard Press, 2002.
- [14] BRANNAN G D, SETSER C S, KEMP K E. Interaction of astringency and taste characteristics [J]. Journal of Sensory Studies, 2001, 16(2): 179-197.
- [15] XU Y Q, CHEN G S, DU Q Z, et al. Sediments in concentrated green tea during low-temperature storage [J]. Food Chemistry, 2014, 149(15): 137-143.
- [16] 曹学丽, 宋沙沙, 龙立梅. 绿茶品质及其审评方法的研究进展 [J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(1): 47-52.
CAO X L, SONG S S, LONG L M. Research process on quality assessment methods of green tea [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 32(1): 47-52.
- [17] WANG R, ZHOU W B, JIANG X H. Reaction kinetics of degradation and epimerization of epigallocatechin gallate (EGCG) in aqueous system over a wide temperature range [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(8): 2694-2701.
- [18] RICE-EVANS C. Implications of the mechanisms of action of tea polyphenols as antioxidants *in vitro*, for chemoprevention in humans [J]. Proceedings of the Society for Experimental Biology & Medicine Society for Experimental Biology & Medicine, 2010, 220(4): 262-266.

Effect of Different Sugars on Flavor Stability of Green Tea Beverage

WANG Jieqiong^{1,2}, YANG Yue^{2,3}, YE Qingqing^{1,2}, WANG Fang²,

ZENG Liang¹, DAI Qianying^{3,*}, XU Yongquan^{2,*}, YIN Junfeng²

(1. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China;

2. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The poor stability of flavor during shelf life has been one of the main factors restricting the development of green tea beverages. Therefore, in order to improve the flavor stability of green tea beverage during shelf life, the changes of the sensory quality and the main quality chemical composition of green tea beverages supplemented with different sugars such as sucrose, maltose, fructose, and glucose during high temperature sterilization conditions (135 °C, 15 s) and storage process (4 °C and 38 °C, 28 d) were analyzed, and the potential mechanism was also discussed. The results showed that green tea beverages underwent significant deterioration in flavor quality during high-temperature sterilization and storage process, and supplementing with different sugars helped to increase the quality stability of green tea beverages. The addition of sucrose in green tea beverages was more stable in sensory quality and appearance color and the addition of sucrose and maltose in green tea beverages was more conducive to maintaining the stability of flavor and main flavor components. Based on the analysis of flavor change mechanism of green tea beverages, we found that sucrose, maltose, fructose and glucose had protective effect on EGCG under the condition of high temperature treatment, and maltose had better protective effect. In summary, adding sucrose and maltose can improve flavor stability of green tea beverages.

Keywords: green tea beverage; sugar; storage; flavor stability; catechin

(责任编辑:檀彩莲)

(上接第48页)

range of phenyl ethanol and phenylethyl acetate sited from 6th to 14th day during fermentation, and then stabilized. Comparing with AR2000 and pectinase, the enhancement of target esters by *Hanseniaspora uvarum* and *Pichia fermentans* extracellular enzyme was better. The enhancement of ethyl octanoate was nearly 3 times of the possible level of the respective glycoside hydrolysis. The improved content of phenyl ethanol by *Hanseniaspora uvarum* and *Pichia fermentans* extracellular enzyme was greater than the possible level of the respective glycoside hydrolysis, and the content of phenylethyl acetate in the end of fermentation by *Hanseniaspora uvarum* and *Pichia fermentans* extracellular enzyme was nearly 2 times of the level in control. During grape juice fermentation treated by *Hanseniaspora uvarum* and *Pichia fermentans* extracellular enzyme, the enhancement of ethyl octanoate and phenylethyl acetate was mainly at the promotion of yeast ester metabolism, and the promotion effect was much stronger than the hydrolysis of the respective glycosides, so yeast extracellular enzymes are helpful to produce relative wine esters.

Keywords: wine; simulated fermentation; yeast extracellular enzyme; ethyl octanoate; phenylethyl acetate

(责任编辑:李 宁)