

茶酒褐变原因及解决方法研究进展

胡燕^{1,2}

(1.国家茶叶产品质量监督检验中心(四川),四川雅安 625000;

2.四川省雅安市产品质量监督检验所,四川雅安 625000)

摘要:茶酒是以茶叶为主要原料,经发酵或配制而成的各种饮用酒的统称,具有良好的保健功效。在生产和贮藏期间,茶酒色泽易发生褐变,在一定程度上影响了其产品的货架期和外观质量。综述了茶酒的类型及研究现状,对茶酒褐变的原因进行探讨,旨在探索有效降低茶酒褐变程度的方法,为茶酒质量的提高提供参考。

关键词:茶酒,褐变,茶多酚,抗氧化剂,护色

Research progress in the reasons and solutions of tea liquor browning

HU Yan^{1,2}

(1.National Tea Products Quality Supervision and Inspection Center(Sichuan), Ya'an 625000, China;

2.Product Quality Supervision and Inspection Institute of Sichuan Ya'an, Ya'an 625000, China)

Abstract: With tea as the main raw material, the tea liquor was fermented or compounded which had good performance at health care. It is liable to undergo browning during the production and storage of tea liquor, which affects the quality of product and shortens the shelf life. The type and research status of tea liquor were reviewed. The reasons of tea liquor browning were discussed, and it attempted to explore the methods for effectively reducing the browning degree of tea liquor in order to provide some reference for tea liquor quality improvement.

Key words: tea liquor; browning; tea polyphenols; antioxidants; protective coloration

中图分类号: TS272

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)10-0373-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2017.10.064

茶酒是以茶类产品为主要原料,与制酒原料相结合,经过发酵或者配制而成的各种饮用酒的统称,其兼具茶和酒的风味^[1],酒度低,不刺喉,不伤头,内含丰富的茶多酚、咖啡碱、氨基酸、茶多糖、固形物等茶叶的活性功能和营养成分,具有抗氧化、增强机体免疫力、延缓衰老等保健功能^[2],是一种集营养、保健、提神健胃等于一体的保健酒^[1]。

茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称,占茶叶干物质总量的20%~30%左右,滋味苦涩且有较强的收敛性,是决定茶汤颜色、滋味的主要成分^[3],其作为茶叶中的主要功能性成分,具有消炎抑菌、降血脂、降血糖、降血压、清除活性氧自由基、抗衰老、抗辐射、防癌等作用^[4],茶酒的保健功效很大程度上依赖于茶酒中的多酚类物质。茶多酚包括黄烷醇类、花色苷类、黄酮类、黄酮醇类和酚酸类等,其中以黄烷醇类物质(儿茶素)最为重要,含量约占茶多酚总量的70%~80%左右,其为白色粉末,在空气中极易氧化成棕色物^[5]。褐变是茶酒生产与贮存过程中的一个重要问题,不仅影响茶酒产品的感官质量,还缩短其货架期,直接造成经济损失。茶酒中多酚类物质的氧化是其产生褐变的原因之一,多酚类物质易被氧化成茶黄素和茶褐素等而使茶酒出现色泽加深、变

暗等不稳定现象,其氧化产物能与蛋白质结合而沉淀,易与含铁物质反应生成黑绿色物质。本文综述了茶酒的类型及研究现状,对茶酒褐变的原因及调控进行探讨,旨在探索有效降低茶酒褐变程度的方法,为保健茶酒的开发及质量的提高提供一定的理论依据。

1 茶酒的类型及研究现状

茶叶根据制作方法和茶多酚氧化程度的不同可分为绿茶、白茶、黄茶、乌龙茶、黑茶、红茶六大类,目前国内外根据不同茶类已开发出绿茶酒^[6-11]、红茶酒^[12-13]、黑茶酒^[14-18]、乌龙茶酒^[19-21]等产品,此外还有以茶叶为主要原料,分别佐以竹子^[22-23]、蛹虫草^[24]、蔗汁^[25-26]、梨汁^[27]、番石榴汁^[28]等辅料制得的保健型茶酒,这些茶酒风格独特、营养成分高,具有保健、养生作用,对人体健康极为有益。

茶酒按加工方式主要分为发酵型、配制型和汽酒型等,目前国内外的茶酒生产以配制型为主^[29],但将发酵和勾兑技术有机结合是将来茶酒生产的发展趋势。在对茶酒工艺参数和品质成分的研究中,湛永前等选用湄潭绿茶,对不同工艺条件的配制型茶酒进行了研究^[30];赵小月等采用陕西安康紫阳富硒

收稿日期:2016-11-28

作者简介:胡燕(1982-)女,博士,高级工程师,主要从事茶叶资源开发与利用及食品、茶叶检测等方面的研究,E-mail:xiaowei401@sohu.com。

绿茶,采用液态发酵法酿造低度绿茶酒,研究了发酵过程中茶多酚、儿茶素、香气成分含量的变化^[31];李建芳等确定了毛尖茶酒的最佳液态发酵工艺条件^[32],并对发酵茶酒中可溶性多糖、酚类物质、咖啡碱、游离氨基酸四大功能成分的含量进行了测定^[33];周剑丽等以茶叶与酒的比例为1:100(w/v)进行配制浸泡,结果表明以绿茶为原料的茶酒中茶多酚衰减最多,红茶中茶多酚衰减最少^[34];蒋陈凯等选用大宗红茶、绿茶和乌龙茶为原料,对发酵工艺技术进行了系统研究,结果表明,绿茶酒和单丛茶酒的茶多酚含量显著高于红茶酒,红茶原料较之绿茶和单丛更适合制作茶酒^[35]。

2 茶酒褐变的原因分析

目前市场上有些茶酒在刚上市不久就出现质量问题,主要表现为颜色加重、氧化感增加、茶香变淡、失光、沉淀等现象^[36],因此保色、保香、防沉等是茶酒生产中亟需解决的问题,其中茶酒的褐变严重影响了其品质和货架期质量,给企业带来损失,一定程度上阻碍了茶酒产业的发展^[34]。

2.1 褐变机理

褐变反应按其发生机制分为酶促褐变和非酶促褐变两大类型^[37]。酶促褐变主要是由多酚氧化酶(Polyphenol oxidase, PPO)引起的,在有氧的条件下, PPO可催化内源性酚类物质氧化生成邻醌,邻醌再相互作用生成高分子聚合物,或邻醌与氨基酸作用生成高分子络合物,从而导致黑色素的生成^[38];酶促褐变是非常复杂的生理生化过程,适当底物的存在、氧气的参与和导致褐变的酶的参与是酶促褐变的基本作用条件,因此对于酶促褐变的抑制可通过破坏其中至少一个条件使酶促褐变不能正常进行^[39];PPO是一种含铜的蛋白质,活性的最适pH范围为4~7,最适温度范围为30~50℃,活性可被有机酸、硫化物、金属离子螯合剂、酚类底物类似物等抑制^[40]。

褐变的机理非常复杂,一般酶促褐变的同时也伴随着非酶促褐变的发生。宋焯等的研究表明,苹果、苹果酒的氧化褐变与多酚类物质和PPO有较大关系,酚类物质给氧化褐变提供底物,PPO则起着加速促进作用,而随着发酵的进行,乙醇逐渐增多,从而抑制了褐变,说明PPO主要作用于苹果酒生产加工的前期,而非酶促氧化则一直存在^[41-42]。非酶促褐变又称化学氧化,具有自身催化和可再生特性,通过与氧或光的直接作用也能发生,能引起非酶促褐变的主要反应有:羰氨反应(Maillard反应)、焦糖化反应、多酚氧化缩合反应、抗坏血酸氧化分解等。1912年,法国化学家美拉德(L.C.Maillard)发现,当甘氨酸和葡萄糖的混合液在一起加热时会形成褐色的“类黑色素”(Melanoidins),这种反应后来在文献中被称为Maillard反应,是羰基与氨基化合物上的氨基发生糖-氨基反应,再经过一系列重排、脱水、缩合及聚合反应生成黑褐色物质的过程^[40],羰氨反应是食品在加热或长期贮存后发生褐变的主要原因;Maillard反应的产物十分复杂,既和参与反应的氨基化合物及羰基化合物的种类有关,也与受热时间长短、体系的

pH等因素有关;有研究表明,含有邻羟基结构的酚类物质在非酶促氧化过程中特别重要,其中黄烷醇类,特别是黄烷-3-醇类被认为是非酶促氧化褐变中最有效的底物,它的含量与褐变程度有重要的关系,且褐变主要由其聚合反应引起^[43-44]。焦糖化反应也是非酶促褐变反应中的一种,糖类在没有含氨基化合物存在的情况下加热到其熔点以上时也会变为黑褐色的色素物质,称为焦糖素,这些复杂色素物质的结构还不清楚,但已知的官能团有羰基、羧基、烯醇基、羟基和酚羟基^[45]。

2.2 茶酒褐变原因及影响因素

茶酒因结合了茶的风味和酒的风格,具有很好的保健功效,而该保健功效很大程度上依赖于茶酒中多酚类物质的含量,多酚类物质具有很强的抗氧化作用,具有保鲜防腐、清除活性氧自由基、抗突变、抗癌等作用^[46]。茶叶中的多酚类物质极易产生自动氧化,分析茶酒褐变的原因主要为在存放过程中茶酒中的多酚类物质被氧化成邻醌、茶黄素、茶红素和茶褐素等物质,其中,邻醌、茶黄素和茶红素为中间产物,褐色的茶褐素为多酚类物质氧化的最终产物^[47],从而使茶酒出现色泽加深、变暗、失光等不稳定现象,酒液浑浊,产生氧化气味,最终导致褐变;此外,对绿茶酒而言,在酸性条件下,叶绿素中的镁离子会被氢离子取代而形成褐色的脱镁叶绿素^[47],从而加深绿茶酒的褐变程度。

在茶酒贮存期间,氧气含量、光照强度、温度等因素均可能影响茶酒的褐变程度。氧气(瓶颈空隙氧及茶酒中的溶解氧)是导致多酚类物质氧化、茶酒褐变的关键因素,而光照强度和温度加剧了多酚类物质的氧化^[48]。在有氧的情况下茶酒中的多酚类物质最终被氧化为褐色的茶褐素^[47],而茶酒中存在的其它易氧化成分与氧接触后,也会发生氧化反应,如氨基酸、糖分等物质容易被氧化生成羰基化合物,从而发生非酶褐变^[49]。光照强度对茶酒的褐变有促进作用,褐变率与光照强度累计值间存在着强正相关性^[40];引起美拉德反应的因素很多,而光照就是其中之一^[50],茶酒在日光灯照射条件下贮存时,褐变指数有明显上升^[51],李云等的研究表明,荔枝酒非酶褐变随光照强度的增加更易发生,光照强度越大,荔枝酒的非酶褐变速率也越大^[52]。温度是影响非酶褐变速率的一个主要因素^[53],温度相差10℃,褐变速度可相差3~5倍,多酚类物质在高温时氧化速率会加剧^[54],美拉德反应一般在30℃以上时发生较快,而在10℃以下则能有效降低褐变程度^[40]。此外,在光照和高温的作用下,茶酒中的儿茶素类易发生异构化^[55],或发生氧化、聚合、缩合反应生成棕黄色物质^[56],从而加速茶酒的褐变程度。

3 茶酒褐变的解决方法

茶酒中的多酚类物质及叶绿素等主要色素物质极易受酸、碱、温度、光照、氧等因素的影响而发生变化^[57],可通过采取化学或物理护色方法来降低褐变程度,主要有以下三种类型:第一,通过添加物质或做某些处理后使茶酒中的物质成分尽可能稳定,如

添加抗氧化剂、酶处理、添加 pH 调节剂等;第二,改变环境因子,将易导致茶酒褐变的环境因子去除或尽可能减小刺激,如采取措施去除或减少茶酒所能接触到的空气中的氧含量;第三,改变茶酒的生产工艺条件,如合理选取不易发生褐变的茶叶原料等。

3.1 添加包埋剂

在绿茶饮料的生产过程中常使用包埋剂将其中的一些大分子内含物质包埋,使其免受光、热、氧等外界条件的影响,从而保持色泽的稳定^[57]。 β -环状糊精(β -CD)是目前绿茶饮料中使用最广泛的包埋剂,它性质稳定,不易受酶、光、热、氧、酸和碱的作用而分解,易溶于水、在人体内易水解为葡萄糖分子,无毒无味^[58]。鋡萍采用热重分析证明, β -CD 延迟了茶多酚的高温分解,对茶多酚有保护作用^[59];李钊、叶倩的研究均表明加入 β -CD 后的茶汤,其汤色劣变有所减缓,并抑制了儿茶素和黄酮醇类物质的降解^[60];但 β -CD 是一种难溶于乙醇的白色粉末,若加入茶酒中可能会在一定程度上造成浑浊,因此加入的量需要控制在适当的范围,从而达到保色和增香的效果^[15]。

3.2 添加抗氧化剂

添加抗氧化剂可以阻止茶酒中多酚类物质和叶绿素的氧化,从而减少褐变;二氧化硫、L-抗坏血酸、半胱氨酸等是常用的抗氧化剂。

目前,在果酒生产中以二氧化硫(SO_2)作为主要的抗氧化剂,其在果酒发酵过程中具有抗氧化作用和抑制细菌活力的作用。酶促氧化褐变是食品中酚氧化酶催化酚类物质发生氧化形成醌及其聚合物的一类反应,由于反应生成了黑色素类物质,使食品的颜色加深,从而影响外观质量; SO_2 是有效的酚酶抑制剂,在茶酒中添加 SO_2 可抑制多酚类物质的酶促氧化^[61]。张敏等的研究表明,麻山药保健酒液保持 70~80 mg/kg 的游离 SO_2 配合 50 mg/L 的 L-抗坏血酸可防止酒液陈酿、贮存期间的褐变^[62]。但 SO_2 的副作用愈来愈受到人们的关注,过量的 SO_2 会影响人体健康,其在人体内可破坏酶的活力,影响碳水化合物及蛋白质的代谢,影响人体对钙的吸收^[63]。

L-抗坏血酸是人体内不可缺少的营养元素,现已被广泛应用于食品行业,也是茶饮料生产中常采用的抗氧化剂,其能与茶汤中的溶氧发生反应,从而抑制茶多酚的氧化褐变^[60]。梁月荣等的研究表明,L-抗坏血酸对高温灭菌过程中茶多酚的氧化有显著的抑制作用^[64],同时茶汤亮度明显提高;但朱博的研究表明,L-抗坏血酸以其氧化还原电位低于儿茶素以及黄酮醇及苷类物质,因此能优先于儿茶素和黄酮醇及苷类物质首先与高电位的氧进行结合,能有效保护儿茶素以及黄酮醇及苷类物质,在茶汤贮藏初期对茶汤有明显护色作用,但随着贮藏时间的延长,加 L-抗坏血酸的茶汤的儿茶素类和黄酮醇苷类物质的消耗大于未加 L-抗坏血酸的茶汤,因此单独使用 L-抗坏血酸对茶汤褐变过程的护色效果不够理想^[65];半胱氨酸也能抑制茶多酚的氧化^[64],但半胱氨酸的加入可能会掩盖茶香;此外,添加金属离子螯合

剂 EDTA 也具有抗氧化作用^[5]。

鉴于茶酒体系中所含物质的复杂性,使用单一的抗氧化剂往往难以获得理想的护色效果,因此需要将不同的抗氧化剂结合使用。梁月荣等的研究表明,L-抗坏血酸与半胱氨酸和亚硫酸钠组合处理对绿茶水的保质效果优于 L-抗坏血酸单独处理^[64];李钊在茶汤中添加一定浓度的类黄酮物质,同时加入一定质量的 L-抗坏血酸和碳酸氢钠,并冲氮灌装,能有效抑制绿茶汤色的劣变^[60]。

3.3 添加 pH 调节剂

茶多酚在过酸或过碱条件下容易发生氧化褐变,因此,调节 pH 也可达到护色效果。宁井铭等的研究表明,pH 越高越容易引起绿茶茶汤的色泽褐变,pH 在 5.0 以下时护色效果较好^[66];李钊认为绿茶茶汤中的儿茶素性质会随着茶汤酸碱度值的增加而变得越来越不稳定,当 $\text{pH} < 4$ 时,儿茶素的性质较稳定,因此添加一定质量浓度的酸调节茶汤 pH 小于 4 是一种较好的护色方法^[60];在红茶饮料的生产中也经常加入柠檬酸、抗坏血酸等来降低红茶饮料的 pH,以增进红茶饮料的稳定性,防止褐变^[46]。

3.4 添加酶处理

单宁酶、果胶酶、纤维素酶、葡萄糖氧化酶等加入茶汤后可增强茶多酚、维生素、芳香物质等对氧的稳定性,从而起到护色作用,显著改善茶汤的色、香、味品质;因此,可尝试将这些酶类加入茶酒中,抑制茶多酚的氧化,但这些酶类是单独加入茶酒或以组合的方式加入,以及抑制褐变的最佳加入量等还需进行系统研究。

3.5 添加金属离子

绿茶酒中的叶绿素不稳定,若处于酸性条件下,叶绿素分子结构中的镁离子容易被氢离子取代,形成褐色的脱镁叶绿素,从而导致茶酒褐变;可向茶酒中加入 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 或 Mg^{2+} 等金属离子以取代脱镁叶绿素中的 H^+ ,同时生成较稳定的绿色的叶绿素铜、叶绿素锌、叶绿素镁等^[60],从而保护绿茶酒色泽的稳定。同时,生产茶酒的水质中钙、铁、氯等离子的存在也可能会影响茶酒色泽的保持。孙世利等的研究表明,当铁离子含量达到 5 mg/L 时,茶汤色泽就会变黑^[47]。

3.6 添加澄清剂或采用特殊灭菌技术

茶酒中含有蛋白质、单宁、果胶、色素、多糖类大分子、单宁和蛋白质的络合物等,这些物质本身并不表现浑浊,但在一系列复杂缓慢的物理和化学反应后会凝聚成大分子或其它沉淀物而析出,使酒体发生浑浊,这是引发茶酒发生浑浊及沉淀的主要原因^[48];为提高茶酒的澄清度和稳定性,在茶酒生产中常会加入澄清剂,有些澄清剂的加入可适当降低茶酒中多酚类物质的含量,从而减轻褐变程度^[36]。壳聚糖、硅藻土、聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)、明胶等是茶酒中常用的澄清剂。壳聚糖具有很好的絮凝、降酚、去糖、增亮等功能,经过壳聚糖澄清处理的茶酒透光率可达 95% 以上,色度变化较小,茶酒内的总酚含量减小,达到了较为稳定的水平,可提高茶酒货

架期的品质稳定性^[67];凌俐等采用 LSA-900C 大孔树脂在发酵完成后处理荔枝酒,结果表明,大孔吸附树脂是一类多孔结构的高分子交联聚合物,其中一些类型对多酚类物质具有较好的选择性吸附性能,能有效减缓褐变且较少影响荔枝酒的品质^[68];熊亚等对石榴酒氧化褐变的抑制进行了研究,结果表明,在石榴酒中添加 0.10% 的硅藻土可使酒液澄清度最佳,同时其褐变程度得到了大幅度的抑制^[44];李钊的研究表明,与正常茶汤相比,加入 PVPP 后的茶汤,由于 PVPP 的吸附作用,其酯型儿茶素含量下降,汤色劣变有所减缓,但黄酮醇苷类物质含量下降较快^[60];在茶酒中添加明胶可络合茶多酚,还可尽量保留茶叶在酒中的风味^[67];以上这些添加物均主要是通过吸附作用降低茶酒中多酚类物质的含量,从而达到抑制褐变的效果,但多酚类物质含量是影响茶酒品质的重要因素之一,因此,以上物质若应用于抑制茶酒褐变,其添加量及对茶多酚的降低程度需要作深入研究,并确保添加这些物质后对茶酒的感官品质不会产生影响。

有研究表明,在茶饮料的生产过程中,若采用超声波或微波杀菌替代传统高温灭菌技术对茶汤进行灭菌处理,可彻底杀灭茶饮料中的细菌和真菌,而且可降低茶多酚的损失,从而抑制褐变^[69],在茶酒生产中也可借鉴该灭菌技术。

3.7 茶酒保存环境的影响

在茶酒贮藏期间,温度、光照强度、氧气含量等因素均可能对茶酒褐变产生影响,无氧、避光和低温的贮藏条件能有效预防茶酒中多酚类物质的氧化和衰减^[34],从而延缓褐变。氧是导致茶酒褐变、茶多酚氧化的关键因素,在氧气量的控制方面,橡胶塞可营造相对无氧环境;满瓶灌装也可减少瓶体内的氧气量;充氮灌装可减少茶酒中的溶解氧。丁娟等对荔枝酒采用充氮封瓶处理,减少了多酚类物质的氧化聚合程度,从而在一定程度上延缓了荔枝酒的褐变^[70]。在贮藏温度方面,较低的贮藏温度有利于茶酒中多酚类物质的稳定。冯卫华等的研究表明,低温贮藏可有效抑制荔枝酒在加工和贮藏中的酶促褐变反应^[71]。光照强度也会对茶酒褐变产生影响。李云等的研究表明,荔枝酒储藏期间,光照强度与荔枝酒的褐变度成正比,避光储藏可很好地降低褐变^[52],因此,在实际中可通过采用深色的酒瓶包装^[34]并将茶酒放置于较阴凉之处、避免阳光直射来延长货架期。

3.8 茶叶原料的选择

周剑丽等的研究表明,温度、光照对由红茶浸泡的茶酒中的茶多酚类物质含量影响甚微,而以绿茶为原料浸泡的茶酒,室温光照条件下的色泽明显深和暗于低温避光条件保藏下的茶酒,以绿茶为原料的茶酒中茶多酚含量衰减最多^[34],这是因为绿茶属于非发酵茶,其多酚总量与鲜茶叶相比几乎没有变化,而红茶为全发酵茶,在发酵过程中多酚类物质发生了强烈的氧化反应^[72],其中不稳定的多酚类物质在红茶发酵过程中已损耗,剩余的多酚类物质都相对稳定,因此衰减较少;孙世利等认为,选择多酚

类和咖啡碱含量较低、表型儿茶素含量较高的茶树品种中级别较低的茶叶为原料,可以延长绿茶饮料的货架期且保持其品质稳定^[47];因此,在茶酒加工中,在保证茶酒品质的前提下,可尽量选择茶多酚含量低的茶叶品种或级别为原料。

4 展望

保健酒一直是国内外的研究热点,研发具有茶香风味的高级保健茶酒可以充分利用我国丰富的茶叶资源,既能满足人们的健康需求,又可丰富市场上饮料酒和保健酒的种类,将会对茶叶深加工和酒类新型产品的开发产生深远影响,因此具有广阔的发展前景。但茶酒在生产和存放过程中,原料选择、浸提、发酵、过滤、勾兑、添加抗氧化剂或其他添加剂、包装、灭菌、贮藏等各环节都可能对其质量产生影响,而且常会因发生复杂的物理、化学及生物变化而出现褐变、浑浊、沉淀等现象。茶酒的褐变严重影响了其品质和货架期质量,可通过采取化学或物理护色方法来降低茶酒的褐变程度,但由于茶酒褐变原因的复杂性,而且每种护色方法都可能存在缺陷,如在茶叶原料的选择方面,虽可通过选择茶多酚含量低的茶叶品种为原料来控制褐变,但不同品种茶叶的内含物质含量会有一定的差异,因此可能会对茶酒的整体品质产生影响;同时,在茶酒这个体系中,除了存在褐变问题,还可能会发生浑浊、沉淀,当通过添加金属离子来护色时又可能会在一定程度上促进沉淀的产生;此外,茶酒的感官质量指标包括色泽、香气、滋味等,而一些抗氧化剂、pH 调节剂的使用虽可降低褐变程度,但可能会影响茶酒的滋味,造成口感的不协调,因此,在解决茶酒的褐变问题时需要综合考虑,不能顾此失彼,单一护色技术往往难以获得理想的效果,在实践中可根据具体情况将多种护色技术结合使用,达到既能有效控制褐变,又能保证茶酒品质和风味的作用,但这些技术的综合利用方法还需进一步研究。

今后,对茶酒可加强以下方面的研究:深入研究各种护色方法抑制茶酒褐变的机理;研究如何将多种护色技术综合利用,探明各种技术间的协同效应,从而达到既保证茶酒品质和风味,又使操作简单、费用较低并尽可能延长茶酒货架期寿命的目的;深入研究茶酒中的风味物质、功效成分及其具体作用机理;深入研究茶酒的生产工艺,建立各类茶酒的质量标准和生产规范。

参考文献

- [1] 韩琳,曾荣妹,谌永前,等.茶酒的活性功能成分及风味物质的分析研究[J].酿酒科技,2014(6):98-101.
- [2] 王家林,王煜,吕丽丽.茶酒的保健作用[J].食品研究与开发,2011,32(8):133-136.
- [3] 黄亚亚,梁艳,邓永亮,等.茯砖茶茶汤稳定性研究[J].河南农业科学,2012,41(10):58-61.
- [4] 李秀勇.色谱法在食品分析中的应用研究[D].兰州:兰州大学,2008.
- [5] 郭安鹄.红葡萄酒中新型抗氧化剂的研究[D].杨凌:西北

农林科技大学, 2004.

[6] 周丹丹, 高逢敬, 李延云. 发酵型茶叶酒生产工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2010(6): 72-74.

[7] 刘素敏, 崔磊. 茶酒生产方法及注意事项[J]. 酿酒, 2011, 38(2): 79-80.

[8] 徐亚军, 赵龙飞. 微生物发酵生产绿茶酒的工艺研究[J]. 酿酒科技, 2008(1): 96-101.

[9] 关琛, 牛广财, 李志江, 等. 绿茶酒生产工艺的研究[J]. 农产品加工, 2010(6): 44-46.

[10] 李国胜, 梁剑强. 五指山绿茶酒的研制[J]. 热带农业科学, 2013, 33(10): 77-85.

[11] 王煜, 王家林. 发酵型绿茶酒的研究[J]. 中国酿造, 2010(9): 163-167.

[12] 罗惠波, 董瑞丽, 卫春会, 等. 配制型红茶酒的研制[J]. 中国酿造, 2010(8): 185-187.

[13] 李小强, 陈茂彬. 红茶酒酵母驯化筛选及发酵工艺研究[J]. 酿酒科技, 2012(1): 54-57.

[14] 何婷婷, 刘非, 杜丽平, 等. 发酵型普洱茶酒的研制[J]. 酿酒科技, 2015(10): 103-106.

[15] 阳杰, 张灵芝, 纪荣全. 不同风味茶酒拼配工艺研究[J]. 广东农业, 2013(5): 29-32.

[16] 殷建忠, 周建于, 王琦, 等. 余甘子普洱茶复合发酵酒的研制[J]. 现代食品科技, 2011, 27(5): 544-545.

[17] 张递霆, 戴争艳. 浸提法制作黑茶酒的工艺: 中国, 102978092A[P]. 2013-03-20.

[18] 张递霆, 戴争艳. 粮食发酵酿制法制作黑茶酒的工艺: 中国, 102965240A[P]. 2013-03-13.

[19] 彭小东, 唐维媛, 张义明. 茶酒的生产工艺研究[J]. 中国酿造, 2011(9): 185-187.

[20] 刘锐, 黄佩鸾, 刘本国. 发酵型茶酒生产工艺[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(4): 111-114.

[21] 张帅, 董基, 陈少扬. 发酵型铁观音茶酒的研制[J]. 食品工业科技, 2008, 29(10): 159-161.

[22] 李昱鼎. 竹茶酒发酵工艺优化及抗氧化特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.

[23] 李昱鼎, 叶小辉, 叶乃兴, 等. 竹茶酒对D-半乳糖衰老模型小鼠抗衰老作用的研究[J]. 武夷学院学报, 2013, 32(2): 28-31.

[24] 岳春, 赵清超. 蛹虫草茶酒的研究[J]. 中国酿造, 2011(10): 179-182.

[25] 姜毅, 黎庆涛, 潘路路, 等. 蔗汁茶酒发酵工艺研究[J]. 中国酿造, 2009(6): 166-169.

[26] 马力. 发酵型甘蔗茶酒的工艺研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.

[27] 刘训一, 王代文, 马瑞伟, 等. 茉莉花茶酒工艺研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(11): 183-187.

[28] 刘蒙佳, 周强, 陈淑娣. 番石榴汁茶酒的发酵工艺研究[J]. 茶叶科学, 2014, 34(1): 21-28.

[29] 韩珍琼, 魏明. 浓香型保健茶酒的研制[J]. 饮料工业, 2005, 8(2): 19-21.

[30] 湛永前, 吴广黔, 周剑丽, 等. 工艺条件对配制型茶酒中茶多酚含量的影响[J]. 酿酒科技, 2010(7): 49-51.

[31] 赵小月, 徐怀德, 杨荣香. 绿茶酒发酵工艺优化及主要成

分变化分析[J]. 食品科学, 2014, 35(5): 169-175.

[32] 李建芳, 周颖, 周枫, 等. 绿茶酒液态发酵工艺参数的优化研究[J]. 茶叶科学, 2011, 31(4): 313-318.

[33] 李建芳, 王涛, 周枫. 液态发酵过程因子对绿茶酒中功能成分的影响研究[J]. 食品工业, 2012, 33(9): 97-100.

[34] 周剑丽, 湛永前, 吴广黔, 等. 配制型茶酒稳定性研究[J]. 酿酒科技, 2011(2): 29-31.

[35] 蒋陈凯, 陈文品. 液态发酵型茶酒的研制[J]. 饮料工业, 2015, 18(4): 41-46.

[36] 邱新平. 茶酒发酵工艺研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.

[37] 梁莎, 李华, 郭安鹤, 等. “媚丽”葡萄酒氧化褐变的动力学研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(12): 164-170.

[38] 唐贵芳. 粉红女士苹果多酚氧化酶特性及其苹果汁防褐变方法的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.

[39] 柳素洁. 香蕉多酚氧化酶性质及在果酒发酵中褐变控制的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.

[40] 舒念辉. 野木瓜发酵酒褐变机理及控制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.

[41] 宋烨, 翟衡, 刘金豹, 等. 苹果加工品种果实中的酚类物质与褐变研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2563-2568.

[42] Song Y, Yao Y X, Zhai H, et al. Polyphenolic compound and the Degree of browning in processing apple varieties [J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6(5): 607-612.

[43] Oliveira C M, Ferreira A C S, De Freitas V, et al. Oxidation mechanisms occurring in wines [J]. Food Res Int, 2011, 44(5): 1115-1126.

[44] 熊亚, 李敏杰, 覃懿. 石榴酒发酵生产工艺及褐变研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 179-182.

[45] 崔利. 褐变反应与酱香型白酒(下) [J]. 酿酒科技, 2007(8): 45-50.

[46] 王楠. 关键工艺对红茶饮料色泽及浑浊度研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.

[47] 孙世利, 潘顺顺, 凌彩金, 等. 绿茶饮料汤色褐变机理及其影响因素[J]. 广东农业科学, 2008(11): 75-77.

[48] 钱奕, 卢立新. 贮藏条件对茶饮料品质影响的实验研究[J]. 包装工程, 2009, 30(11): 34-35.

[49] 林建芳. 降低清酒溶氧提高啤酒新鲜度[J]. 啤酒科技, 2009, 142(10): 58-61.

[50] 李云. 荔枝酒的非酶褐变影响研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

[51] 郭晓明, 温海祥, 吕顺, 等. 香蕉酒褐变初探[J]. 农产品加工, 2011(11): 40-43.

[52] 李云, 曾新安, 杨星, 等. 荔枝酒储藏期间非酶褐变因素影响研究[J]. 农产品加工, 2010(7): 34-36.

[53] 高敏, 曾新安, 彭邴, 等. 温度对荔枝酒发酵的影响研究[J]. 广东农业科学, 2010(1): 96-98.

[54] Obanda M, Okinda Owuor P, Mang' Oka R. Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature [J]. Food Chemistry, 2001, 75(4): 395-404.

[55] 叶倩. 绿茶和菊花茶饮料色泽褐变机理和控制技术研究

- [D].杭州:浙江大学,2008.
- [56]宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003:451.
- [57]潘顺顺.绿茶鲜汁饮料色素物质组成及其护绿措施研究[D].杭州:浙江大学,2007.
- [58]谭静,姜子涛.环糊精及其衍生物在食品领域中的应用[J].食品研究与开发,2008,29(11):178-181.
- [59]鈕萍.超声波浸提联合 β -环糊精包埋提高绿茶饮料品质的研究[D].无锡:江南大学,2012.
- [60]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.
- [61]李建芳,周枫,张江萍.液态绿茶酒发酵过程中酚类物质的含量变化及发酵影响因素分析[J].食品工业科技,2012(10):208-211.
- [62]张敏,何俊萍,何义,等.麻山药保健酒酿造过程中防褐变的研究[J].中国酿造,2009(3):127-128.
- [63]谢天柱,李一婧,马伟超,等.茶多酚对苹果酒抗氧化作用的研究[J].中国酿造,2010(12):53-55.

(上接第359页)

- [11]叶昌华,胡韬,卓明,等.成都地区黄秋葵品种比较实验初报[J].现代园艺,2012,24:7-8.
- [12]刘杰.食品分析实验[M].北京:化学工业出版社,2012:36-41.
- [13]李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2004:184-246.
- [14]李加兴,陈选,邓佳琴,等.黄秋葵黄酮的提取工艺和体外抗氧化活性研究[J].食品科学,2014,35(10):121-125.
- [15]徐康.采收期对黄秋葵果实品质及风味物质的影响[J].食品与发酵工业,2015,41(4):207-211.
- [16]李加兴,石春诚,马浪,等.黄秋葵果胶理化特性的研究[J].食品科学,2015,36(17):104-108.

(上接第372页)

- [27]Nikolic N C, Stankovic M Z. Solanidine hydrolytic extraction and separation from the potato (*Solanum tuberosum* L.) vines by using solid-liquid-liquid systems[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(7):1845-1849.
- [28]江新业.酸水解植物蛋白调味液中氯丙醇的危害与控制[J].中国食品添加剂,2013(S1):164-171.
- [29]Koffi G Y, Remaud-Simeon M, Due A E, et al. Isolation and chemoenzymatic treatment of glycoalkaloids from green, sprouting and rotting *Solanum tuberosum* potatoes for solanidine recovery[J]. Food Chemistry, 2017, 220:257-265.
- [30]Willersinn C, Mack G, Mouron P, et al. Quantity and quality of food losses along the Swiss potato supply chain: Stepwise investigation and the influence of quality standards on losses[J]. Waste Management, 2015, 46:120-132.
- [31]李会珍,张志军.马铃薯糖苷生物碱及其影响因素研究进展[J].食品研究与开发,2012,33(11):227-230.
- [32]Shewry P R. Tuber Storage Proteins[J]. Annals of Botany, 2003, 91(7):755-769.
- [33]Friedman M. Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources: A Review[J]. Journal of Agricultural and Food

- [64]梁月荣,陆建良,马辉.罐装绿茶饮料防褐变研究[J].浙江农业大学学报,1999,25(3):260-262.
- [65]朱博.绿茶茶汤色泽的变化规律及其调控研究[D].合肥:安徽农业大学,2009.
- [66]宁井铭,王华,周天山,等.绿茶饮料护色技术的研究[J].中国茶叶加工,2004(2):27-28.
- [67]邱新平,李立祥,倪媛,等.发酵型茶酒澄清剂的筛选[J].茶叶科学,2011(6):537-545.
- [68]凌俐,黄晓金,杨幼慧,等.大孔吸附树脂抑制荔枝酒褐变的研究[J].食品工业科技,2014,35(16):226-230.
- [69]吴雅红.绿茶饮料褐变与沉淀生成及其控制研究[D].广州:广东工业大学,2005.
- [70]丁娟,蹇华丽,李学伟,等.充氮处理对荔枝酒氧化褐变的影响研究[J].食品工业科技,2012,33(10):161-165.
- [71]冯卫华,林丽棉,秦艳.荔枝与荔枝酒褐变控制[J].食品科学,2011,32(4):246-250.
- [72]李大祥,方世辉,杨荣俊,等.绿茶、红茶加工工艺对茶鲜叶中多酚类物质的影响[J].中国茶叶加工,2005(4):23-24.

- [17]黄诚,喻晓,梅尹红.超声波提取黄秋葵多糖的工艺条件研究[J].现代农业科技,2015(11):299-301.
- [18]李加兴,向东,周炎辉,等.碱提酸沉法提取黄秋葵籽蛋白的工艺条件优化[J].食品科学,2013,34(20):23-26.
- [19]赵焕焕,贾陆,裴迎新.黄秋葵粗多糖体外抗氧化活性测定[J].郑州大学学报:医学版,2012,47(1):40-43.
- [20]王君耀,周峻,汤谷平.黄秋葵抗疲劳作用的研究[J].中国现代应用药学杂志,2003,20(4):316-317.
- [21]陈艳珍,宋新华.黄秋葵粉对衰老小鼠抗疲劳和免疫功能的影响[J].食品研究与开发,2012,33(10):170-172.
- [22]王宏.黄秋葵降血脂的功能与作用机理研究[D].广州:华南理工大学,2013:62-63.

Chemistry, 1996, 44(1):6-29.

- [34]Knorr D, Kohler G O, Betschart A A. Potato protein concentrates: the influence of various methods of recovery upon yield, compositional and functional characteristics[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 1977, 1:235-247.
- [35]Nestares T, Lopez-Jurado M, Sanz A, et al. Nutritional assessment of two vegetable protein concentrates in growing rats[J]. J Agric Food Chem, 1993, 41(8):1282-1286.
- [36]Markakis P. The nutritive quality of potato protein[M]//In Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds. New York, 1975:471-487.
- [37]Kerr C A, Goodband R D, Musser R E, et al. Evaluation of potato proteins on the growth performance of early-weaned pigs[J]. Journal of Animal Science, 1998, 76(12):3024-3033.
- [38]Ståle Refstie, Harold A J Tiekstra. Potato protein concentrate with low content of solanidine glycoalkaloids in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2003, 216(1):283-298.
- [39]Kies C, Fox H M. Effect of amino acid supplementation of dehydrated potato flakes on protein nutritive value for human adults[J]. Journal of Food Science, 2006, 37(3):378-380.