DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.017261

绿茶、乌龙茶、红茶贮藏过程中品质劣变机理及保鲜技术研究进展

王近近[1,2,3],袁海波[1,2,3*],邓余良[1,2,3*],滑金杰[1,2,3],董春旺[1,2,3],江用文[1,2,3]

1(国家茶产业工程技术研究中心(中国农业科学院 茶叶研究所),浙江 杭州,310008)
2(农业部茶树生物学与资源利用重点实验室(中国农业科学院 茶叶研究所),浙江 杭州,310008)
3(浙江省茶叶加工工程重点实验室(中国农业科学院 茶叶研究所),浙江 杭州,310008)

摘 要 茶叶的生产具有较强的时效性和季节性,且茶叶疏松多孔,长期贮藏过程中极易受环境影响而变质。作为广受消费者青睐的世界三大饮料之一,保持其贮藏品质对提高茶叶商品价值,推进我国茶产业的发展具有重要意义。近年来针对茶叶贮藏过程中的品质变化原因兴起了各种保鲜技术。该文通过讨论茶多酚、氨基酸、维生素C、叶绿素、脂质等物质的氧化降解,总结了绿茶、乌龙茶、红茶等的陈化劣变机理,同时概述了水分、温度、氧气、光照等影响茶叶贮藏品质的4大因素,并详细阐述了运用干燥、冷藏、脱氧、生物保鲜剂等方法进行茶叶贮藏的相关技术,最后展望了茶叶保鲜的深入研究方向,以期为相关茶叶保鲜新技术的研究提供科学理论指导。

关键词 茶叶;品质;贮藏;保鲜

茶属于山茶科,是世界上消费量仅次于水的第二大饮料[1]。其口感佳,风味独特,文化意蕴深厚,且营养成分丰富,广受消费者喜爱。其中多酚类、茶色素、咖啡碱等生物活性物质具有抗氧化、抗癌、降脂等功效,与改善人类健康具有一定的关系[2-4]。同时,茶产业是"一带一路"国家战略中的传统优势特色外向型产业,深受人们的重视,发展前景广阔。

中国六大茶类中较为常见的茶为绿茶(未发酵)、乌龙茶(半发酵)、红茶(全发酵),实现其保鲜、保质一直都是人们关注的焦点。但是由于茶叶本身的特性,在加工、贮藏、销售等过程中,极易吸收潮气和异味,高温高湿、充足光照和氧气等外界条件,更会加速茶叶成分的改变,影响茶叶的香气、滋味、色泽等,导致茶叶品质下降。因此合适的贮藏保鲜措施对延长茶叶消费周期,保持茶叶品质的稳定以及对我国茶产业的发展具有重要意义。

本研究简要介绍了以绿茶、乌龙茶、红茶为代表的茶叶贮藏过程中的劣变机理,并综述了茶叶贮藏保鲜技术的研究进展,旨在对今后茶叶贮藏新技术的研究提供参考。

第一作者:硕士(袁海波副研究员和邓余良农艺师为共同通讯作者,E-mail:192168092@tricaas.com,donny@tricaas.com)。

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0400802);国家自然科学基金项目(CARS-23);中国农业科学院科技创新工程专项(CAAS-ASTIP-TRICAAS)

收稿日期:2018-03-13,改回日期:2018-05-16

1 茶叶陈化劣变机理

茶叶从鲜叶采摘至饮用前,其外形、色泽、内含物质等,都在不断地进行复杂的物理和化学变化[5]。特别是茶叶在贮藏、销售过程中,除自身的氧化外,其色香味和外形等受到外界环境的影响会出现不良变化,主要表现为干茶色泽由鲜变枯,如绿茶由翠绿变枯黄、灰暗,乌龙茶由砂绿变暗绿,红茶由乌润变枯暗,同时茶汤颜色加深,收敛性减弱,滋味变淡,香气减弱,产生陈味等。此劣变是干茶内含成分发生不同程度的氧化、降解,生成了与品质负相关的物质所致。

1.1 茶多酚的氧化

茶多酚是茶叶中的主要活性物质,影响茶汤汤色、滋味收敛性及浓醇度,在茶叶干物质中占18%~36%[6],由儿茶素类、酚酸及缩酚酸类、黄酮及黄酮醇类、花色素类等4类化合物组成。儿茶素类作为其主要功能成分,约占茶多酚总量的60%~80%[7]。茶叶的感官品质好坏与茶多酚的含量密切相关。茶多酚作为抗氧化剂,和同样具有抗氧化性的维生素C在绿茶的劣变过程中可通过协同作用、代偿作用等达到相互延缓的效果。大叶种绿茶茶多酚的含量下降5%即可引起汤色、滋味、香气的明显变化,当下降至25%时,茶叶严重劣变,失去原有品质[8]。红茶贮藏过程中茶多酚整体呈减少趋势,但前期水溶性茶多酚的形成会使其变化曲线呈驼形;随着贮藏时间的延长,茶多酚的氧化产物中褐色物质(茶褐素)逐渐增

加,黄棕色物质(茶黄素)减小[9-10]。多酚类物质中儿茶素的变化主要通过氧化和二聚反应两种途径[11]。首先儿茶素脱氢形成醌后,氧化聚合形成茶褐素,然后儿茶素及其氧化产物与氨基酸、蛋白质等反应生成暗色高聚物,从而使茶汤滋味变淡薄,缺乏鲜爽感及收敛性,并使茶汤色泽变暗,随着氧化程度的加深,甚至转变为橙黄、褐色。研究表明绿茶贮藏过程中与滋味呈正相关的表没食子儿茶素((-)-EGC)、表没食子儿茶素没食子酸脂((-)-EGCG)、表儿茶素没食子酸脂((-)-ECG)、没食子酸(GA)和儿茶素总量均减少,而与滋味负相关的表儿茶素((-)-EC)和儿茶素((±)-C)含量则增加[12]。可见,茶多酚的氧化对茶叶品质的变化具有较大的影响。已有研究中对儿茶素的关注较多,对酚酸、花色素等的研究需要进一步完善。

1.2 氨基酸的氧化

氨基酸为具有鲜爽性的水溶性物质,与茶汤的滋味品质和茶叶香气的形成和转化均具有密切的关系[13]。茶叶贮藏过程中,氨基酸不仅自身会在外界条件作用下发生水解,也会被茶多酚的中间产物醌类物质氧化,并与还原糖类发生美拉德反应,导致氨基酸含量和组成的变化,影响茶叶品质。茶叶贮藏过程中氨基酸一般呈波浪形起伏趋势变化,此波动可能是由于贮藏过程中不仅有氨基酸的氧化、降解,而且有部分水溶性蛋白质的水解形成游离氨基酸,这两种相反的作用互相影响,使得氨基酸的变化较为复杂,但贮藏过程中对茶叶滋味和香气具有重要作用的氨基酸(茶氨酸、天冬氨酸、谷氨酸等)已被大量氧化,增加的氨基酸并不能改善茶叶品质[14]。故茶叶贮藏时不仅要研究游离氨基酸总量的变化,氨基酸组成及比例的改变也是影响茶叶保鲜的重要因素。

1.3 维生素 C 的氧化

维生素 C 抗氧化性较强,基本可全部溶于茶汤,在绿茶中较其他茶类含量丰富,每 100 g 干茶中可达 100~250 mg,其含量与绿茶品质显著正相关,可作为评价绿茶品质变化的化学指标[15],红茶、乌龙茶中的维生素 C 含量因发酵氧化而较低。维生素 C 以抗坏血酸和脱氢抗坏血酸两种形式存在,抗坏血酸在有氧气存在时易发生氧化形成脱氢抗坏血酸。在茶叶的贮藏过程中,维生素 C 较其他成分更易发生氧化,氧化后产生的 2,3-二酮古罗酸发生脱羧及羰氨反应后,会使绿茶的色泽和汤色变褐发暗,降低茶叶品质。当维生素 C 的氧化率大于 15% 时,茶叶的感官品质即会发生改变。可见,维生素 C 虽然在茶叶中含量较少,却对茶叶具有天然的保护作用。

1.4 叶绿素的转化

叶绿素主要由墨绿色的叶绿素 a 和黄绿色的叶绿素 b 共同组成(图 1)[16]。叶绿素是构成绿茶外形、汤色和叶底色泽的主要色素成分,是形成乌龙茶“绿叶红边”,汤色橙黄明亮的基础。鲜叶中叶绿素含量较高,经加工后会有大量损失,但是在绿茶中仍有 0.7%~1.2% 的含量。叶绿素很不稳定,在水、光和温度的作用下翠绿色的叶绿素会发生置换、脱镁分解反应,生成褐色的脱镁叶绿素及与品质呈负相关的叶绿素酸酯(图 2)[17]。夏季 4~6 月份室温贮藏 3 个月,叶绿素含量可下降约 26%[18]。在长期贮藏过程中,转化率小于 10% 时,绿茶仍能保持其原有色泽,转化率达 70% 时,绿茶就会显著褐变,出现色泽枯黄、汤色变暗等现象。叶绿素 a 和叶绿素 b 在叶绿素中含量约为 60%~70%,控制叶绿素 a 和叶绿素 b 的变化是减小绿茶品质变化的方式之一。

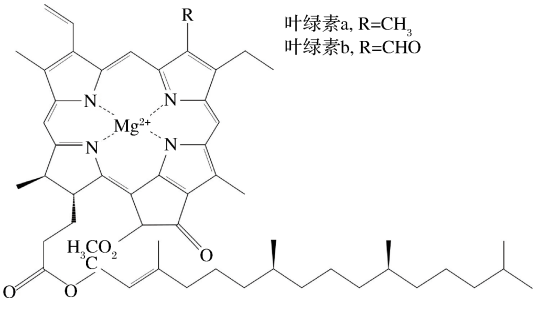


图 1 叶绿素结构式

Fig. 1 Chlorophyll transformation

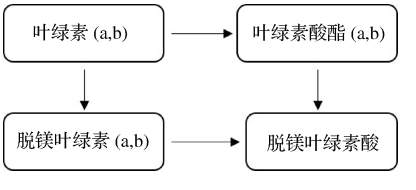


图 2 叶绿素的转化

Fig. 2 Chlorophyll transformation

1.5 脂类物质的氧化

茶叶中的脂肪酸主要有亚麻酸、亚油酸、棕榈酸、油酸、硬脂酸、棕榈油酸等。脂肪酸与茶叶香气密不可分,是芳香挥发物的重要前体。研究表明,在温度、光照、氧气的作用下,大量脂肪酸会水解为游离脂肪酸,并氧化分解产生具有陈味的 1-戊烯-3-醇、丙醛、顺-2-戊烯-1-醇、3,4-庚二醛、辛二烯酮等低分子量醛、酮、醇等。茶叶长期贮藏过程中,这些物质会逐渐

增加,进一步酸败,引起茶叶香气成分的改变和品质的下降[19]。研究认为脂类物质通过光氧化、热氧化等形成的醋酸是绿茶陈化的重要物质[20]。控制脂类氧化是减少茶叶陈味的关键。目前关于茶叶贮藏过程中影响茶叶滋味、香气的脂类物质氧化的相关报道较少,其在茶叶存储过程中的变化机理有待更深地探索。

2 贮藏过程中影响茶叶品质变化的因素

茶叶品质好坏同时受控于茶叶本身品质因子的构成及各种内外影响因素。我国的饮茶和茶文化有着数千年的历史,明代罗禀的《茶解》中曾写道"藏茶宜燥又宜凉,湿则味变而香失,热则味苦而色黄"。现代研究证明茶叶劣化变质的实质是茶多酚、氨基酸、维生素等茶叶内含成分在湿度、温度、氧气、光照这四个外界条件的作用下发生自动氧化的结果,这四者相辅相成,互为因果。其中环境温度及茶叶含水量与茶叶贮藏品质关系密切,茶叶对光的反应较为敏感,氧气直接参与茶叶内含成分的自动氧化。

2.1 水分

茶叶含水量的高低是影响茶叶品质的主要因素。水分不仅是茶叶进行内含反应的溶剂,也是微生物繁殖的必要条件。茶叶贮藏过程中水分对其品质的影响主要来自于茶叶含水量和空气湿度。茶叶贮藏含水量为3% ~5%时,能有效地阻隔空气和脂质之间的接触,防止氧化;当含水量达10%时,茶叶就会开始霉变。茶叶含水量越高,茶叶品质劣变越严重。红茶的含水量越高,茶黄素减少越快,茶褐素生成越多,茶汤的鲜爽度越差。茶叶作为一个吸湿体,表面疏松多孔且一些成分内含亲水基团,能通过毛细管作用吸附水分。环境湿度增加必然导致茶叶水分含量增加,如果环境干燥,茶叶内的水分也会向空间内蒸发而减小,吸湿和蒸发最终会平衡。环境相对湿度愈大,茶叶含水量愈高,内含物的氧化反应愈快,同时氧化释放的部分热能又增加了茶叶的温度,促进反应的进行,从而使茶叶陈化[21]。在相同温度下,绿茶吸湿量与环境湿度呈"S"型等温吸湿曲线[22]。茶叶吸湿能力的强弱与茶叶本身含水率和环境湿度有关,环境湿度在10% ~45%时,茶叶增湿最小,同时低温也对茶叶的吸湿有一定的抑制作用[23]。绿茶由于其茶多酚和类黄酮等固有成分含量较红茶高,所以其在高湿环境下较红茶有更久的货架期[24]。以上可知茶叶控制在较低含水率并用防水性能较好的包装材料保存在干燥的环境中,能很好地延长其保质期。

2.2 温度

温度与茶叶品质的稳定有直接关系。一般认为恒温、低温贮藏有利于茶叶品质保存,特别是对氨基酸的氧化起到延缓作用。萧力争等[25]将优质绿茶在-15、0、4 ℃及室温下贮藏12个月后发现,贮藏温度越低,品质成分含量保留率越高,出库包装上架后劣变越快。JANGHYUN等[26]研究表明,经厌氧处理的绿茶经铝箔包装后在-10 ℃条件下存储12个月的贮藏效果等同于4 ℃贮藏8个月,25 ℃贮藏4个月。黄力华[27]研究碧螺春贮藏期间的品质劣变时发现-10、0、5 ℃等低温贮藏7个月的茶叶品质与室温贮藏结果差异较大,但三者之间差异不显著,从经济效益考虑5 ℃最适合茶叶贮藏。张秒高等[28]研究结果显示,对于清香型、花香型绿茶,冷藏并不能很好地保持其品质,可见对不同特质的绿茶,冷藏和冷冻贮藏效果之间有差异。崔文锐等[29]研究表明,红茶贮藏2个月后,茶色素的变化幅度:冷藏(0 ~10 ℃) > 恒温(26 ℃) > 室温(12 ~25 ℃),推测除了贮藏温度,昼夜温差也可能与茶叶品质变化有关。对于乌龙茶的贮藏,一般则认为冷藏优于冷冻。因此对茶叶进行低温贮藏时,要考虑茶叶类型及外界环境的差异对茶叶贮藏品质的影响。

2.3 氧气

有氧气存在时,茶叶中的茶多酚、维生素C等极易被氧化降解,由氧气引起的茶叶内含成分构成比例改变是导致茶叶质量变化的重要途径。研究显示,在茶叶生产和存储过程中避免较高氧的接触,对于减少引起茶叶劣化的儿茶素氧化具有重要的作用[30]。茶叶包装后容器内氧气含量低于0.1%能较好地保持茶叶香气、滋味和汤色等良好品质,防止茶叶的变质、变色和酸败,也对霉菌、好氧细菌等生长起到抑制作用。当贮藏的含氧量超过5%时,茶叶品质则快速下降。同时,低氧存储还能抑制较高含水量对茶叶品质的影响,可见茶叶进行脱氧处理对茶叶质量的保持具有关键的作用。

2.4 光照

茶叶属于光敏感物质。光照可通过促进茶叶中色素类物质的光化学反应及脂类物质的氧化降低茶叶品质。茶叶中的叶绿素对光照尤其敏感,其中叶绿素b含量极易在光照条件下分解,导致茶叶色泽变暗。茶叶中的不饱和脂肪酸类物质在光照下氧化生成醛、酮、醇等异味物质,加速了茶叶品质劣化[31]。

光照对维生素 C 也有一定影响。茶叶存储于透明的玻璃中时,日光中的紫外线作用空气形成的臭氧会促使茶叶成分氧化,放置 10 d,维生素 C 的含量会下降 10% ~20%。在 1 700 Lux 照度的荧光照射下,25 ℃处理 1 个月后,维生素 C 的含量几乎为零[32]。相比使茶叶品质氧化提供能量的光照处理,避光能有效地延缓茶叶内含物质的下降速度。这也是市场上茶叶包装材料均要求避光性能良好的原因。

茶叶在贮藏过程中的变化是水分、温度、氧气、光照 4 因素综合作用的结果,由于茶叶品种、研究目的等差异使得 4 因素的作用大小在不同研究方向中的结果不同。有研究认为,碧螺春绿茶贮藏时温度是影响其感官品质和化学成分最主要的因素,其次是氧气,然后是光照和水分[27];单虹丽等[33]研究结果显示,温度和氧气对炒青绿茶的贮藏品质影响更大,其次为水分和光照;朱丹[34]研究认为,湿度对炒青绿茶的色泽各方面影响最为显著,温度和光照在贮藏不同阶段对色泽的影响程度不同。可见,4 因素对茶叶色、香、味影响的差异性需要更系统地研究才能确定。

3 茶叶贮藏保鲜技术研究进展

茶叶的贮藏保鲜技术是茶叶加工工艺的核心环节,茶叶最终在市场中呈现出来的形象与茶叶的贮藏和保鲜效果有直接联系。

为克服水分、温度、氧气、光照等对茶叶造成的不良影响,保证茶叶尽可能地保留原有的品质,茶叶的贮藏和保鲜变得尤为重要。早期的茶叶保鲜方法有木炭密封贮藏法、热装真空贮藏法等,虽然这些方法至今仍在沿用,但已不能适应发展的需要。目前常用的保藏方法有干燥保藏法、低温冷藏法、脱氧充氮保藏法、特殊包装材料保藏法等。

3.1 干燥保藏法

降低茶叶的含水量是延长茶叶保质期和保持茶叶品质的关键。传统方法是在贮藏茶叶时放入一定量石灰、木炭、硅胶等干燥剂,通过干燥剂的吸水性能显著降低贮藏环境中的水分含量(相对湿度≤50%),控制茶叶含水量(≤ 5%),达到保鲜的作用。过去家庭贮藏茶叶的方法之一即用牛皮纸封装茶叶,放入置有生石灰或硅胶的陶质坛罐中。石灰每年至少要更换 3 ~4 次,硅胶可烘干后反复使用。贺杨堃等[35]运用氯化镁和氯化钙复合改性硅胶制备出了干燥性能优于硅胶的新型干燥剂。干燥保藏法简便有效,效果优于普通密封贮藏,但对于大规模的茶叶及散装茶叶的运输、贮藏并不适用。

3.2 低温冷藏法

温度对茶叶品质影响显著。降温能减缓茶叶内含成分的氧化,稳定茶叶品质[36]。在 20 ℃条件下,即使是干燥避光环境,茶叶的质量也会随着贮藏时间的延长发生明显改变[37]。低温冷藏保鲜是把茶叶贮藏于稳定、持续、干燥、避光的人工制冷环境中。一般冷藏温度为 5 ℃,大量研究表明,在现有的保藏方法中,低温冷藏是最先进、最有效的方法,专有的茶叶冷藏室是名优茶保存的最佳途径。在低温环境下,配合避光除湿可大大延长茶叶的贮藏期。KANBE 等[38]研究发现 5 ℃的冰箱条件结合充氮的铝制气密材料能较好保持茶叶的口感和质量。目前冷库常用于大批量茶叶低温冷藏,冷库内湿度控制在 65% 以下,温度控制在0 ~8 ℃时,具有较好的保质效果和经济效益。经低温贮藏的茶叶取出后需先逐步升温至室温或温度补偿等时效处理后才可拆封,否则茶叶快速地脱离低温会使茶叶受潮而加速茶叶陈化[39]。冷库存储所需设备费用较高,对于家庭消费者,采用家用冰箱低温冷藏保鲜茶叶是较为简便可靠的方法,目前已有市售的多种茶叶专用贮藏冰箱。能精确控温控湿并兼备可实现温度补偿的茶叶存储设备的研制可作为茶叶低温贮藏保鲜的新思路。

3.3 脱氧或抽真空保藏

茶叶贮藏过程中茶叶的氧化变质需要氧气的参与,脱氧、抽真空可以有效地阻隔氧气,防止茶叶劣变。(1)添加脱氧剂。脱氧剂包括以还原态铁粉、亚硫酸盐类、铂膜等无机基质为主,和以酶、抗坏血酸、亚油酸等有机基质为主的脱氧剂。脱氧剂一般无毒无味不会影响茶叶的品质。单虹丽等[40]研究发现,经脱氧保鲜剂处理的烘青和炒青茶在贮藏 12 个月后叶绿素、茶多酚、抗坏血酸等含量显著高于对照。目前普遍使用的保鲜剂实际为去湿剂(所有材料以硅胶、活性炭为主)和脱氧剂综合使用。如由活性炭、碱石灰、苯甲酸、抗坏血酸、天然维生素 E、焦亚硫酸钠制成的茶叶保鲜剂,吸附能力强、无毒无味,能有效防止茶叶氧化,保证茶叶质量[41]。(2)抽真空。首先对装有茶叶的容器进行抽气,使容器内部呈现真空状。一次抽气包装内氧气含量仍然较高,所以为进一步降低氧含量,向包装内再冲入氮气并进行二次真空,该方法进一步延长了茶叶贮藏期。氮气不仅能起填充作用,还能保持茶叶中的香气[42]。但在抽真空时容易对茶叶外形完整性造成影响。抽气充氮保鲜

对技术和设备要求较高,目前尚未大规模应用。茶叶存储时在除氧方法的选择上,添加脱氧剂比抽真空更具优势,但针对具体的茶叶其贮藏效果可能会不同。

3.4 特定包装材料保藏法

茶叶包装是中国茶叶产业的重要组成部分,茶叶包装需具备防潮、无味、阻氧、阻光的特点,同时还要有一定的强度和良好的热封性。普通的聚乙烯袋常用来保藏食品,但由于其透光、透湿强,不适合用来保藏茶叶。常用的茶叶包装主要有以下几种:(1)纸盒包装。可以有效地减少光照的影响,但容易吸水受潮,所以常采用先放入聚乙烯袋再放入纸盒中的方法,或者使用具有防潮隔层的纸盒。(2)塑料成型容器。美观大方,但密封性差,多用于茶叶外包装。(3)金属罐包装。具有防湿、防破损、密封性强等特点。金属罐多为镀锡钢板,呈圆形或方形。一般会在罐中加入除氧剂或采用抽真空的方式除氧。金属罐包装外表美观,但成本较高。(4)复合包装。目前多选用高密度聚乙烯、聚丙烯、聚酯等与低密度聚乙烯薄膜复合形成多层复合材料,尤其是铝箔复合膜,具有良好的阻气性、防潮性、保香性[43]。研究显示铝箔协同真空包装是延长室温下绿茶粉贮藏期的有效方法[44]。傅琦辉等[45]发现,采用双向拉伸聚丙烯(OPP)薄膜、耐高温聚酯(PET)镭射膜、铝箔以及聚乙烯(PE)薄膜多层贴合而成的茶叶包装袋密封效果较好,阻隔性能较优。近年来,更多的保鲜效果明显的包装材料和包装方式不断地被开发。如阻隔性能极佳(透氧率和透湿率极低)且透明的聚偏二氯乙烯(PVDC),能控制温度、湿度的包装盒和包装箱,由PE、纳米 Ag/TiO_2、硅镁土等制备的纳米包装材料等[46],通过茶叶包装实现茶叶的良好贮藏将成为今后的研究热点。

3.5 生物保鲜剂

生物保鲜是利用微生物本身或者其代谢产物保持茶叶品质。应用较多的微生物是芽孢杆菌,将其低温处理后制成菌粉,和茶叶按一定比例混匀后密封包装,4~5 ℃恒温放置 3 周后入库保存。芽孢杆菌可通过在茶叶表面形成阻止氧气与茶叶接触的生物膜达到茶叶保鲜的目的[47]。石磊等[48]研究发现,出芽短梗霉发酵产生的普鲁兰多糖能通过有效阻隔氧气、保持茶叶香气而实现乌龙茶保鲜。此外壳聚糖、葡萄糖氧化酶均具有脱氧、杀菌等特性,将其与其他保鲜方式结合能有效延长茶叶贮藏期。马汉祥等[49]利用葡萄糖氧化酶、溶菌酶、多酚氧化酶、β-1,3 葡-聚糖酶、几丁质酶等组成的复合酶液对毛尖绿茶进行均匀喷洒(100 g 茶叶喷洒 15 g 复合酶液),同时采用辐射、充氮、保鲜剂和纳米塑料薄膜等方式进行茶叶贮藏,发现在 40 ℃贮藏 100 d 后,茶叶品质仍如同新茶。生物保鲜剂虽然具有天然、高效等优点,但是其生物学特性及安全性有待进一步研究和确定,目前应用较少。

4 展望

随着科学技术的进步,诸如辐照保鲜、真空冷冻保鲜、急冷技术等越来越多的茶叶保鲜技术被开发,茶叶保鲜技术正逐渐向安全高效、经济、标准化方向发展。加强对各种新兴保鲜技术的研究,对促进茶叶保鲜技术的发展具有重要意义。相比单一保鲜技术,多种技术的综合协同利用方能达到更好的贮藏效果。如何最大限度地发挥各保鲜技术的优势,开发复合保鲜剂,在节约能源的基础上达到最大的经济效益,实现茶叶的商品价值,需要今后更深层次地研究。

参 考 文 献

[1] HOPLEY C. The empire of tea: the remarkable history of the plant that took over the world[J]. Gastronomica, 2005, 5(3):136-137.

[2] BUTT M S, IMRAN A, SHARIF M K, et al. Black tea polyphenols: a mechanistic treatise[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 2014, 54(8):1 002-1 011.

[3] JIN D, XU Y, MEI X, et al. Antiobesity and lipid lowering effects of theaflavins on high-fat diet induced obese rats[J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(3):1 142-1 150.

[4] ROH E, KIM J E, KWON J Y, et al. Molecular mechanisms of green tea polyphenols with protective effects against skin photoaging[J]. CRC Critical Reviews in Food Technology, 2017, 57(8):1 631-1 637.

[5] 杨家干,黄亚辉,李丹,等. 上川岛红茶主要生化成分研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(5):106-110.

[6] ZHANG X B. Differences of polyphenols content in Anxi Tieguanyin tea among different seasons and relationship between polyphenols and tea quality[J]. Agricultural Science & Technology, 2014, 15(7):1 191-1 195.

[7] ZHANG X, WU Z F, WENG P F, et al. Analysis of tea catechins in vegetable oils by high-performance liquid chromatography combined with liquid-liquid extraction[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2015,

50(4):885 - 891.
[8] 王登良. 绿茶贮藏过程中茶多酚含量的变化与感官品质的关系[J]. 茶叶科学, 1998, 18(1):61 - 64.
[9] 杨娟,钟应富,罗红玉,等. 红茶贮藏过程中主要内含成分及感官品质变化的研究[J]. 中国茶叶加工, 2017, 13(2):58 - 60.
[10] SHARMA V, RAO L J. A thought on the biological activities of black tea[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 2009, 49(5):379 - 404.
[11] MIRASOLI M, GOTTI R, DI FUSCO M, et al. Electronic nose and chiral-capillary electrophoresis in evaluation of the quality changes in commercial green tea leaves during a long-term storage[J]. Talanta, 2014, 129(21): 32 - 38.
[12] 林津. 急冷处理、抽气充氮结合纳米包装对绿茶保鲜品质的影响[D]. 南京:南京财经大学, 2013.
[13] HAN W Y, HUANG J G, LI X, et al. Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: a climate change perspective[J]. European Food Research and Technology, 2017, 243(2):323 - 330.
[14] 赵熙,黄怀生,粟本文,等. 不同茶树品种制绿茶贮藏过程中品质变化规律[J]. 茶叶通讯, 2014, 41(4):18 - 22.
[15] 赵素芬,刘晓艳. 西湖龙井茶生化成分与感官品质的相关性研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(12):6 197 - 6 198.
[16] ZHANG Y, HUANG J F, WANG F M, et al. An extended PROSPECT: advance in the leaf optical properties model separating total chlorophylls into chlorophyll *a* and b[J]. Scientific Reports, 2017, 7(1):6 429.
[17] PUMILIA G, CICHON M J, COOPERSTONE J L, et al. Changes in chlorophylls, chlorophyll degradation products and lutein in pistachio kernels (*Pistacia vera*, L.) during roasting[J]. Food Research International, 2014, 65: 193 - 198.
[18] 赵熙,黄浩,银霞,等. 绿茶贮藏过程中主要生化成分和抗氧化活性的变化及相关性研究[J]. 广东农业科学, 2016, 43(3):120 - 124.
[19] BHUYAN L P, MAHANTA P K. Studies on fatty acid composition in tea Camellia sinensis[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 46(3):325 - 330.
[20] 马超龙,李小媛,岳翠男,等. 茶叶中脂肪酸及其对香气的影响研究进展[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(4):220 - 224.
[21] ARSLAN N, TOGRUL H. The fitting of various models to water sorption isotherms of tea stored in a chamber under controlled temperature and humidity[J]. Journal of Stored Products Research, 2006, 42(2):112 - 135.
[22] 张哲,牛智有. 茶叶吸湿解吸平衡规律的分析[J]. 华中农业大学学报:自然科学版, 2012, 31(6):787 - 791.
[23] 乐建盛. 乌牛早茶的加工工艺及贮藏条件对茶叶品质的影响[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2007, 26(1):108 - 110.
[24] CHOUDHURY S S, MAJUMDER A, BERA B, et al. Antimicrobial, antioxidant evaluation of majestic darjeeling green and black tea during storage[J]. Natural Hazards, 2015, 61(2):577 - 602.
[25] 萧力争,刘仲华,胡祥文,等. 贮藏温度对优质绿茶品质劣变的影响[J]. 湖南农业大学学报(自科版), 2007, 33(2):213 - 216.
[26] JANGHYUN P, SEUNGHEE N, SONG J H, et al. Quality changes of green tea on anaerobic treatment by various storage temperature and period[J]. Korean Journal of Horticultural Science & Technology, 2012, 30(5):519 - 526.
[27] 黄力华. 碧螺春绿茶贮藏期间品质劣变及保鲜技术研究[D]. 扬州:扬州大学, 2005:44 - 46.
[28] 张秒高,张平湖. 低温在茶叶加工和贮藏过程中对品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(18):7 957 - 7 958.
[29] 崔文锐. 红茶贮藏中温度对茶色素的影响初探[J]. 福建茶叶, 2005(2):6 - 8.
[30] ANANINGSIH V K, SHARMA A, ZHOU W B. Green tea catechins during food processing and storage: a review on stability and detection[J]. Food Research International, 2013, 50(2):469 - 479.
[31] 石磊,汤凤霞,何传波,等. 茶叶贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(3):15 - 18.
[32] 顾谦,陆锦时,叶宝存. 茶叶化学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 2002:331 - 340.
[33] 单虹丽,唐茜. 对影响茶叶贮藏质量因素的分析[J]. 保鲜与加工, 2004, 4(4):23 - 25.
[34] 朱丹. 软塑袋装绿茶包装保质期试验研究及理论预测[D]. 无锡:江南大学, 2007.
[35] 贺杨堃,杨继萍,付悍巍,等. 新型硅胶复合干燥剂的制备与性能研究[J]. 高校化学工程学报, 2012, 26(6):1 054 - 1 059.
[36] ÖLMEZ H, YILMAZ A. Changes in chemical constituents and polyphenol oxidase activity of tea leaves with shoot maturity and cold storage[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2010, 34(s2):653 - 665.
[37] FRIEDMAN M, LEVIN C E, LEE S U, et al. Stability of green tea catechins in commercial tea leaves during stor-

age for 6 months[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(2):47 – 51.

[38] KANBE T, IKUTA-SHIMADZU N, HIRANO T. Difference in the constituents of green tea leaves by storage conditions[J]. Memoirs of Beppu University, 2005, 46: 91 – 100.

[39] 滑金杰,袁海波,江用文,等. 温度补偿处理和低温贮藏对绿茶保鲜效果的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(8):248 – 253.

[40] 单虹丽,任秀敏. 茶叶保鲜剂对绿茶贮藏保鲜效果的研究[J]. 茶业通报, 2002, 24(1):37 – 39.

[41] 吴多兴. 一种茶叶保鲜剂:中国, 201610267124.5[P]. 2016-09-07.

[42] SPRINGETT M B, WILLIAMS B M, BARNES R J. The effect of packaging conditions and storage time on the volatile composition of Assam black tea leaf[J]. Food Chemistry, 1994, 49(4):393 – 398.

[43] LEE J H, CHAMBERS D H. Flavors of green tea change little during storage [J]. Journal of Sensory Studies, 2010, 25(4):512 – 520.

[44] JANGHYUN P, CHANGNAM B, JONGKUN K. Recommendation of packing method to delay the quality decline of green tea powder stored at room temperature[J]. Korean Journal of Horticultural Science & Technology, 2005, 23(4):499 – 506.

[45] 傅琦辉. 一层具有多层结构的茶叶包装袋:中国, 201110402279.2[P]. 2012-04-25.

[46] ZHAO L Y, FENG L, CHEN G T, et al. Effect of nano-composite-based packaging on preservation quality of green tea[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2012, 47(3):572 – 578.

[47] 刘浩元. 绿茶生物保鲜方法:中国, 96109965 [P]. 1997-03-19.

[48] 石磊. 乌龙茶生物保鲜技术研究[D]. 厦门:集美大学, 2012.

[49] 马汉祥. 一种毛尖茶叶的无害保鲜方法:中国, 201710825342.0[P]. 2017-09-14.

Research progress on quality deterioration mechanisms and preservative techniques of green tea, oolong tea, and black tea during storage

WANG Jinjin[1,2,3], YUAN Haibo[1,2,3*], DENG Yuliang[1,2,3*], HUA Jinjie[1,2,3], DONG Chunwang[1,2,3], JIANG Yongwen[1,2,3]

1 (National Engineering Technology Research Center for Tea Industry (Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences), Hangzhou 310008, China)

2 (Key Laboratory of Tea Biology and Resources Utilization Ministry of Agriculture (Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences), Hangzhou 310008, China)

3 (Key Laboratory of Tea Processing Engineering of Zhejiang Province (Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences), Hangzhou 310008, China)

ABSTRACT Tea production has a strong timeliness and seasonal characteristics. As tea is porous, this makes it very susceptible to the environment during long-term storage. As one of the three most popular drinks in the world, tea is favored by consumers. Therefore, maintaining the quality of tea during storage has an important role in improving the value of tea commodity and promoting the development of tea industries in China. In recent years, various preservative techniques have arisen based on the reasons of quality changes during storage. This research summarized the mechanisms of quality deterioration of green tea, oolong tea, and black tea by discussing oxidative degradation of tea polyphenols, amino acids, vitamin C, chlorophyll, lipid, and other substances. Factors that affect tea quality during storage, such as moisture, temperature, oxidation, and light exposure were also reviewed. The preservative techniques of tea, including drying, refrigeration, deoxygenation, and bio-preservation etc. were discussed in detail. Further research direction in terms of tea preservation was prospected. This study provided scientific guidance for studying new technology for tea storage.

Key words tea; quality; storage; preservation