

# 绿茶饮料沉淀机制及澄清技术

马梦君<sup>1</sup>, 罗理勇<sup>1,2</sup>, 曾亮<sup>1,2\*</sup>

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学茶叶研究所, 重庆 400715)

**摘要:** 绿茶饮料的加工技术中仍存在保色、保香和防沉淀等关键问题有待解决, 其中沉淀现象是目前制约绿茶市场发展的重要因素之一。由于冷后浑的形成, 茶汤性状不稳定, 不能保持清澈透明的饮料特征, 或在储藏过程中会逐渐形成沉淀; 在茶饮料生产过程中, 需采用各种方法去除冷后浑或阻止冷后浑的形成, 以保障产品的澄清透彻。本文从参与绿茶饮料沉淀的主要生化因子(茶多酚、蛋白质、咖啡碱、金属离子)出发, 深入探讨了茶多酚与蛋白质、茶多酚与咖啡碱、茶多酚与金属离子之间的络合机制; 从物理法、化学法和生物法三个方面综合概述了绿茶饮料当前主要采用的澄清技术, 并根据沉淀机制对绿茶饮料可行的澄清技术提出展望。

**关键词:** 绿茶饮料; 沉淀机制; 澄清技术

## Progress of precipitation mechanism and clarifying technology of green tea beverage

MA Meng-Jun<sup>1</sup>, LUO Li-Yong<sup>1,2</sup>, ZENG Liang<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;  
2. Tea Research Institute, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**ABSTRACT:** Keeping the color and aroma, and preventing it from deposit are the key issues of green tea beverage process to be resolved. The precipitation phenomenon of green tea beverage is one of the important factors restricting the development of its marketing. Green tea beverage would lose its stability and could not keep clear and transparent because of tea cream formation. It is necessary to prevent the forming of tea cream or eliminate tea cream during green tea beverage processing. Based on the main chemical components (tea polyphenols, protein, caffeine and metal ion) participated in tea cream, this review discussed the mechanism of polyphenols and protein, polyphenols and caffeine, and polyphenols and metal ion. What's more, it made a comprehensive overview about the clarifying technology of green tea beverage from physical, chemical and biological aspects, and proposed feasible techniques on the basis of precipitation mechanism.

**KEY WORDS:** green tea beverage; precipitation mechanism; clarifying technology

## 1 引言

茶饮料属于世界上消耗量第二大的饮料, 遥遥领先于咖啡、啤酒、葡萄酒及碳酸饮料<sup>[1]</sup>, 且茶饮料市场在全

球范围有逐步扩大的现象。茶饮料的标准定义为以茶叶的水提取液或其浓缩液、茶粉等为原料, 经加工制成的、保持原茶汁应有风味的液体饮料, 可添加少量的食糖和(或)甜味剂<sup>[2]</sup>。茶饮料必须具备茶的品质特征, 即感官品质, 有

基金项目: 重庆市科委自然科学基金计划资助项目(cstc2013jcyjA80021)

**Fund:** Supported by the Natural Science Fund of Chongqing City Committee of Science and Technology Plan (cstc2013jcyjA80021)

\*通讯作者: 曾亮, 副教授, 主要研究方向为茶资源综合利用。E-mail: zengliangbaby@126.com

\*Corresponding author: ZENG Liang, Associate Professor, Research on the Comprehensive Utilization of Tea Resources, Chongqing 400715, China. E-mail: zengliangbaby@126.com

茶的色、香、味; 化学品质, 具有茶多酚、咖啡碱、茶氨酸等主要化学成分<sup>[3]</sup>。

虽然绿茶饮料具有较理想的市场前景, 但受制于加工技术和条件的不足, 仍存在保色、保香和防沉淀方面的关键问题, 有待解决。有关绿茶饮料品质, 国内外均有一定研究; 但寻求加工技术的突破, 生产更高品质的茶饮料, 则是一个多学科、多领域交叉的研究课题。茶乳酪(又称冷后浑, tea cream)是指茶汤在冷却后由澄清变为浑浊的现象, 是茶汤体系沉淀产生的前期过程, 绿茶饮料的浑浊是目前制约其市场发展的重要因素之一。绿茶饮料澄清工作的研究, 可为深层次开发绿茶饮料提供理论研究基础, 以便开发出透亮且功能内含物丰富的茶饮料。本文就绿茶饮料沉淀机制、澄清技术和未来可开展的茶饮料澄清技术进行全面综合的概述和展望。

### 2 绿茶饮料沉淀机制

绿茶饮料茶乳酪的形成主要受茶叶内含成分、茶叶原料、浸提时间与温度、浸提液固形物浓度和 pH、微生物污染的影响。其中内含成分的相互作用主要包括茶多酚-蛋白

质、茶多酚-咖啡碱、茶多酚-金属离子的络合。

#### 2.1 茶多酚与蛋白质的相互作用

茶多酚(tea polyphenol, TP)是茶叶中的特有成分和重要的功能因子, 约占绿茶干重的 18%~36%<sup>[4]</sup>。TP 按其化学结构可以分为黄烷醇类(儿茶素)、黄酮(黄酮醇)、花青素、酚酸(缩酚酸)4 类。

在非氧化条件下, 多酚可通过氢键或疏水作用与蛋白质形成可逆的非共价复合物。形成机制分为两个阶段: 形成水溶性多酚-蛋白质复合物、聚集可溶性复合物形成不溶性的化合物<sup>[5,6]</sup>。Tang 等<sup>[7]</sup>研究发现, 虽然多酚与胶原蛋白相互作用以疏水作用和氢键为主, 但疏水作用和氢键存在与否及强弱程度主要还与溶剂有关。在水溶液中, 二者之间易发生疏水作用; 而在非水溶液中, 则更易形成氢键。

Siebert<sup>[8]</sup>提出了一种蛋白质、多酚作用模式(图 1)。当溶液中浑浊活性多酚过量时, 由于蛋白质分子有限, 蛋白质不能提供足够的结合点与多酚交联, 形不成浑浊; 当溶液中浑浊活性蛋白质过量时, 每个多酚分子都与两个蛋白质分子作用形成二聚体, 但是不能进一步作用, 也形不成浑浊; 当浑浊活性蛋白与浑浊活性多酚基本等量、含量也

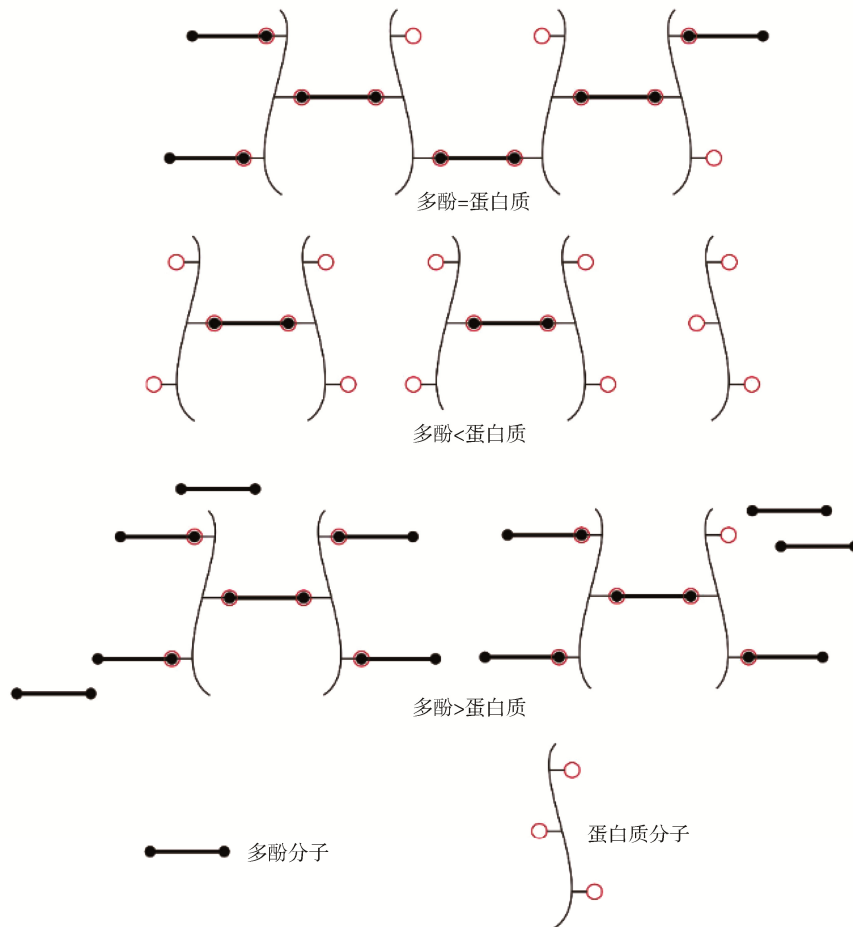


图 1 茶多酚与蛋白质的作用模式  
Fig. 1 Model of polyphenols-protein interaction

较高时,便能形成大量的浑浊。因此,蛋白质-茶多酚的作用模式可认为是每个多酚分子只有固定数个可与蛋白质结合的位点,茶多酚或蛋白质过量都不会引起沉淀,只有二者基本能充分结合,同时含量都较高时,才容易产生沉淀。

茶多酚-蛋白质络合物还受温度和 pH 的影响。随着茶饮料温度的下降,茶多酚-蛋白质络合物会大量聚集,同时伴随着茶饮料中的其他物质共同沉淀下来。pH 对蛋白质-多酚相互作用的影响主要与蛋白质等电点、蛋白质-多酚复合物表面的电荷有关。Liang 等<sup>[9]</sup>在研究酸度对茶叶提取效率和冷后浑形成的影响中发现,低 pH 可增加茶叶固形物溶解,促进茶多酚与多糖和蛋白质亲核基团相互作用,从而使茶饮料冷后浑增加。

由于儿茶素和蛋白质相互作用与浓度和比例相关,因此,为防止茶饮料中茶多酚与蛋白质的相互作用产生沉淀,可以通过一些物理途径解决,如在萃取液中添加适量的儿茶素或单宁酸,从而改变两者的比例;或者在萃取液中加入二氧化硅,由于二氧化硅对蛋白质具有强烈的非选择性吸附能力<sup>[10]</sup>,吸附并除去萃取液中蛋白质,可减少蛋白质与茶多酚的相互作用。

## 2.2 茶多酚与咖啡碱作用

咖啡碱也称咖啡因,是茶叶生物碱的重要组成部分。多酚类物质与咖啡碱的作用,被认为是引起茶乳酪产生的重要因素之一。对于非发酵茶而言,咖啡碱主要与儿茶素反应;对于发酵茶而言,咖啡碱主要与茶多酚的氧化产物茶黄素、茶红素反应。

1962 年 Roberts 在检验红茶冷后浑组成时,发现其主要成分是茶黄素、茶红素和咖啡碱,并于 1963 年测定其比例为 17:66:17<sup>[11,12]</sup>。阎守和<sup>[13]</sup>指出,红茶的提取液温度接近 100 °C 时,茶红素、茶黄素等多酚类物质和生物碱各自呈游离状态存在,随着温度的下降,通过羟基和酮基间的氢键缔合形成茶乳酪,这种氢键缔合形式随着温度的下降逐渐变得明显。梁月荣等<sup>[14]</sup>于 1992 年率先开展了绿茶沉淀的相关研究,认为在没有茶黄素和茶红素存在的情况下绿茶茶汤也会产生沉淀;之后研究<sup>[15]</sup>认为咖啡碱、没食子儿茶素(gallocatechin, GC)和表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin-3-gallate, EGCG)是组成绿茶冷后浑最主要的化学成分。许勇泉等<sup>[16]</sup>在研究绿茶冷后浑特性时,通过逐步回归分析发现,咖啡碱与酯型儿茶素是绿茶茶乳酪形成的关键化学成分。

茶多酚-咖啡碱络合受二者浓度的影响,马梦君等<sup>[17]</sup>采用茶多酚和咖啡碱模拟构建绿茶乳酪成因体系,研究发现当固定咖啡碱或茶多酚中任一物质的质量浓度,随另一物质质量浓度的增加,其沉淀量增加。茶多酚-咖啡碱络合受儿茶素结构的影响,Maruyama 等<sup>[18]</sup>经 <sup>13</sup>C NMR 分析测定了儿茶素类与咖啡碱形成的复合物,发现 L-EGCG 和

L-GCG 与咖啡碱混合时,其 8 位上的氢与 7 位上的甲基氢的信号位移更大。降低茶饮料中咖啡碱和酯型儿茶素的含量,可以有效控制茶多酚-咖啡碱络合,从而使绿茶饮料保持澄清。

## 2.3 茶多酚与金属离子的作用

茶多酚含有多个酚羟基,可作为多基配体与金属离子络合,形成环状螯合物;但也有研究指出大多数多酚因具有醇的功能而与离子和矿物表面强烈的结合,且是引起苦味和感知敏感性的原因<sup>[19]</sup>。郭炳莹等<sup>[20]</sup>研究指出,包括 Ca<sup>2+</sup>、Mn<sup>7+</sup>、Bi<sup>3+</sup>、Cr<sup>8+</sup>、Ag<sup>+</sup>、Th<sup>4+</sup>、Sr<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、Sb<sup>3+</sup>等 22 种金属离子可与茶汤组分发生络合反应,其中有 10 种金属离子可与茶多酚络合。Ca<sup>2+</sup>可与茶汤组分生成低溶解度的络合物,稳定性随 pH 变化而变化;酯型儿茶素-钙络合物的溶解度低于非酯型儿茶素-钙络合物的溶解度。Khokhar 等<sup>[21]</sup>研究发现 EGCG、EGC、ECG、EC 都能与 Fe<sup>3+</sup>形成络合物,B 环的邻苯二酚基团是茶多酚与 Fe<sup>3+</sup>的结合所必需的。茶饮料中由于水质及茶叶本身的原因,总会存在一定种类与数量的金属离子;对于在制作茶饮料时,选取适当硬度的水是十分必要的。

## 2.4 其他因素

茶叶原料不同,形成冷后浑的速度和数量也不一样;许勇泉等<sup>[16]</sup>以多种典型且具有代表性的茶树品种和同一品种不同嫩度的鲜叶为原料,研究不同绿茶原料茶汤茶乳酪产生量及主要参与生化成分的差异,发现不同绿茶茶汤之间沉淀量差异极大。茶汤萃取时温度的高低及时间的长短会影响茶叶浸出物的含量,进而影响茶汤的澄清度及沉淀物的生成量;长时间浸提虽有利于提高茶汤浓度,但茶叶功能成分茶多酚易于氧化,且易生成沉淀物<sup>[22]</sup>。Xu 等<sup>[23]</sup>分析了在不同绿茶茶汤固形物含量(5、10、20、30、40、50 和 60°Brix)下茶乳酪的生成,研究发现茶汤固形物含量在 5~40°Brix 时,茶乳酪的生成量与茶汤固形物含量呈显著正相关( $\gamma=0.98, P=0.05$ )。萃取液的 pH 对茶乳酪的生成有重大影响,Vuong 等<sup>[24]</sup>以 pH 1-9 的水萃取绿茶,得到不同 pH 值的茶饮料,发现在 pH1 时茶乳酪生成量最高,pH 3-5.3 之间最适合萃取茶饮料。因此,为减小沉淀量的产生,需合理控制萃取时间、温度、茶水比和茶汤 pH。微生物的污染也是茶饮料产生混浊的原因,这其中主要是茶饮料生产过程中杀菌不彻底或储存过程中密封性不好引起的<sup>[25]</sup>,因此,为防止由细菌等微生物污染引起产品变质而出现的混浊沉淀,必须在生产过程中严格执行灭菌操作流程。

## 3 绿茶饮料澄清技术

目前绿茶饮料的澄清包括物理法、化学法、生物法,其分类和常使用的材料详见图 2。

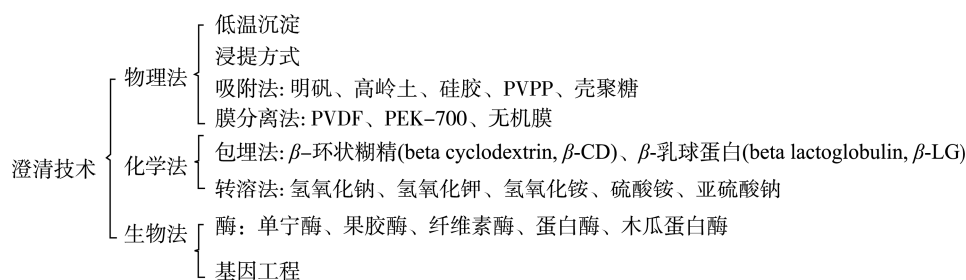


图 2 绿茶饮料澄清技术

Fig. 2 The clarifying technology of green tea beverage

### 3.1 物理法

#### 3.1.1 低温沉淀及浸提

采用物理方法除去沉淀, 具有操作难度小、除杂时间快、较易大量产出等特点。国内外茶饮料生产的经典工艺都是在茶叶高温浸提后, 迅速冷却降温, 提前强制析出茶乳酪, 通过超细过滤, 会得到非常澄清的茶提取液, 以后产品中不会再生冷后浑问题<sup>[26]</sup>。常规茶汤浸提方式是用 90~100 °C 高温水长时间浸提, 茶叶中的茶多酚、咖啡碱、蛋白质等都大量被浸入茶汤, 加重了冷后沉淀的产生。陈洁等<sup>[27]</sup>采用 1:50 茶水比, 在 20 °C 条件下浸提 3 h 得到的茶汤风味最佳, 同时在低温条件下, 茶多酚、咖啡碱、蛋白质的浸提量合适, 能最大限度地减少冷后浑。

#### 3.1.2 吸附法

茶多酚与咖啡碱、蛋白质的相互作用生成茶乳酪, 吸附法的应用思路就是除去或部分除去这些反应物质。研究表明, 明矾、高岭土、硅胶可作为吸附剂, 从而改善茶饮料的稳定性, 但会影响茶饮料的风味及色泽。基于此, 许多研究尝试选用交联聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)、壳聚糖等作为理想吸附剂。

PVPP 是人工合成的高分子材料, 交联聚乙烯吡咯烷酮聚合物, 其吸附机制是聚酰胺羰基和酚醛氢之间通过氢键结合<sup>[28]</sup>。孔庆磊等<sup>[29]</sup>也报道指出, PVPP 可吸附茶饮料中的部分茶多酚, 延缓茶饮料冷后浑的发生, 且提高茶饮料的稳定性, 延长贮藏期。

壳聚糖是一种可生物降解和生物相容的多糖, 具有生物黏附性能, 可以作为一个有效的吸收增强剂<sup>[30]</sup>。其直链多聚糖为氨基葡萄糖, 可与蛋白质形成复合物, 也可通过交联反应得到网状结构的不溶物<sup>[31]</sup>。丁志等<sup>[32]</sup>通过对比壳聚糖添加前后茶汁透光度随时间的变化, 得出经壳聚糖处理的绿茶汁能较长时间保持透光度基本不变, 溶液仍清澈透明。此外, 壳聚糖是一个功能强大的螯合剂, 易与过渡金属和重金属形成复合物<sup>[33]</sup>。

#### 3.1.3 膜分离法

超滤膜技术可以在保留茶饮料风味和色泽的前提下除去茶乳酪, 是目前茶饮料澄清技术的研究热点。徐京等<sup>[34]</sup>选用材料为聚偏氟乙烯(PVDF)、聚丙烯腈(PAN),

截留分子量分别为 10 万、5 万、1 万的超滤膜研究其对茶汤的澄清效果, 发现通过两种 10 万超滤膜后的茶汁澄清效果均良好, 且放置一段时间后无“冷后浑”现象产生。岳鹏翔等<sup>[35]</sup>采用  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  管式陶瓷膜过滤澄清绿茶提取液, 结果表明陶瓷膜可显著提高绿茶提取液的澄清度, 操作条件对主要理化指标无显著影响, 选择较高的压力和温度可以提高膜通量。

### 3.2 化学法

#### 3.2.1 包埋法

利用食品添加剂对茶汤中参与形成茶乳酪的物质 TP、咖啡碱、蛋白质等进行包埋, 阻止茶乳酪形成的方法称为包埋法。环状糊精是由 D-葡萄糖残基以  $\alpha$ -1,4 糖苷键连接而成, 可简称为 CD, 其中以  $\beta$ -环状糊精( $\beta$ -CD) 产量最大, 应用最广。 $\beta$ -CD 结构中的  $\text{C}_3$ 、 $\text{C}_5$  上的氢原子以及成苷的氧原子构成结构筒中的内壁, 因此具有疏水性, 当溶液中存在疏水性物质时, 就会被环内疏水基团吸附而形成包含化合物。在茶汤中,  $\beta$ -CD 可以有选择地包埋 TP、茶黄素、茶红素、咖啡碱、蛋白质等参与形成茶乳酪的物质<sup>[36]</sup>。

$\beta$ -乳球蛋白由于其在营养及功能上存在的价值, 目前已得到食品工业的广泛关注。在中性 pH 条件下,  $\beta$ -LG 是以单体和二聚体的混合物形式存在的, 每个单体由 162 个氨基酸残基组成,  $\beta$ -LG 对于亲水性和疏水性化合物展示出很强的亲和力, 包括脂肪酸、磷脂和芳香族化合物<sup>[37]</sup>。Kanakis 等<sup>[38]</sup>在分子水平上, 利用红外光谱分析  $\beta$ -LG 与 C、EC、ECG、EGCG 的结合特性。结果显示,  $\beta$ -LG 与这些多酚物质通过亲水性与疏水性双重作用结合, 这种结合在改变蛋白质的次级结构的同时也可以增强多酚的抗氧化性。Shpigelman 等<sup>[39]</sup>利用热改性  $\beta$ -LG 形成聚合组装纳米载体以此转运 EGCG, 并将其作为热改性蛋白转运多酚的模型系统。这种热诱导  $\beta$ -LG-EGCG 复合物小于 50 nm, 从而在饮料中保持良好的透明性。同时其研究表明, 经 75 °C 或 85 °C 预热的  $\beta$ -LG 与 EGCG 的复合物亲和力要比不预热的  $\beta$ -LG 与 EGCG 高得多。根据以上观点, 使用  $\beta$ -LG 包埋 EGCG, 可以明显

减少 EGCG 与茶饮料中其他物质的络合作用,从而减少茶乳酪的形成;同时能够很好地抑制 EGCG 的氧化。目前研究停留在  $\beta$ -LG 与 EGCG 的结合作用, $\beta$ -LG 作为茶饮料澄清剂的具体效果及操作条件还不太清楚,其对茶饮料的口味及色泽的影响也需要进一步研究。

### 3.2.2 转溶法

茶乳酪的形成很重要一个原因是氢键的作用,茶多酚与咖啡碱、茶多酚与蛋白质都可以通过氢键结合形成茶乳酪。转溶法的机制就是在茶汤中添加碱液,促使氢键的断裂,避免茶乳酪的形成;碱液同时能与茶多酚及其氧化物生成稳定性的水溶性很强的盐;经过酸液调节,茶汤冷却和离心,就可得较为澄清的品质<sup>[40]</sup>。常用的转溶基包括氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化铵、硫酸铵、亚硫酸钠等。邹光友<sup>[41]</sup>在茶汤转溶实验中,采用氢氧化钠或亚硫酸钠作为转溶剂,并在转溶后的浓缩茶汁中加入食用酒精,立即可见有杂质沉淀出来。以此说明二者的联合使用可以很好地解除茶乳酪的形成,除去茶汤中的淀粉、果胶和蛋白质,并保留了 TP、咖啡碱、氨基酸等有效成分。

### 3.3 生物学方法

酶可以通过直接分解茶乳酪以及茶多酚、蛋白质等参与形成茶乳酪的物质而达到澄清茶汤的作用。目前已发现包括单宁酶、果胶酶、纤维素酶、蛋白酶等可用于茶饮料的澄清,并可显著改善其色、香、味。宁井铭等<sup>[42]</sup>通过研究单宁酶及与  $\beta$ -CD、果胶酶、木瓜蛋白酶的协同作用对茶汤沉淀的影响,得出结论为单宁酶活力的增加引起沉淀的逐渐减少,当活力到达 4.0 时,沉淀基本消失。

基因工程可以控制茶叶生长过程中不形成或少形成咖啡碱、茶多酚等物质,从源头上减少茶乳酪的形成。目前应用基因工程减少茶叶中咖啡碱的生成, Mohanpuria 等<sup>[43]</sup>分离出来自某一品种茶叶的咖啡碱合成酶(CS)的部分片段,并用于设计 RNAi,将其转入细胞体内,细胞体外培养分化形成转基因植株,转基因植株表现出对 CS 基因转录表达显著的抑制,相比未转入 RNAi 植株,咖啡碱合成减少了 44%~61%。基因工程操作复杂、技术水平要求较高,同时一旦涉及转基因,其带来的生物风险及食品安全风险又未知,需要较长时间观察探索,因此从一定程度上限制了基因工程在茶饮料澄清中的应用。

## 4 茶饮料澄清技术展望

茶饮料澄清过程中,除了不破坏或最小破坏其营养成分外,还需考虑不影响其色泽与口味。在这个基础上,不断开发和完善澄清技术是促进茶饮料发展的关键。在上述澄清技术中, $\beta$ -LG 作为澄清剂尚未有直接研究,防

沉淀效果及条件也不清楚,但是通过文献报道可知  $\beta$ -LG 澄清茶饮料具有极强的可行性。当前  $\beta$ -LG 与茶多酚的氧化产物相互作用关系不明确,开展其相互之间的关系研究可为未来澄清茶饮料提供理论基础。利用  $\beta$ -LG 澄清茶汤时还需研究其与其他澄清剂协同作用的效果,及其对茶汤色泽和口感的影响。

虽然目前澄清技术都有一定的发展,但许多仍存在一定缺陷,如除沉淀不充分,影响色泽品质,操作繁杂,成本较高,不适合工业化生产等。从长远角度来看,物理、化学以及生物技术三者交叉结合可能是今后研究的重点。

### 参考文献

- [1] Altunkaya A. Partial purification and characterization of polyphenoloxidase from turkish tea leaf (*Camellia Sinensis* L.) [J]. Int J Food Prop 2014, 17, 1490-1497.
- [2] GB/T 21733-2008 茶饮料[S].  
GB/T 21733-2008 Tea beverage [S].
- [3] 施兆鹏, 刘村. 茶饮料加工工艺[J]. 饮料工业, 2000, 3(6): 7-11.  
Shi ZP, Liu C. The processing technology of tea beverage [J]. Bev Ind, 2000, 3(6): 7-11.
- [4] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.  
Wang XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [5] Diniz AEA, Escuder-Gilbert L, Lopes NP, et al. Characterization of interactions between polyphenolic compounds and human serum proteins by capillary electrophoresis [J]. Anal Bioanal Chem, 2008, 391(2): 625-632.
- [6] Charlton AJ, Baxter NJ, Khan ML, et al. Polyphenol/peptide binding and precipitation [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(6): 1593-1601.
- [7] Tang HR, Covington AD, Hancock RA. Structure-activity relationships in the hydrophobic interactions of polyphenols with cellulose and collagen [J]. Biopolymers, 2003, 70(3): 403-413.
- [8] Siebert KJ, Troukhanova NV, Lynn PY. Nature of polyphenol-protein interactions [J]. J Agric Food Chem, 1996, 44(1): 80-85.
- [9] Liang YR, Xu YQ. Effect of pH on cream particle formation and solids extraction yield of black tea [J]. Food Chem, 2001, 74(2): 155-160.
- [10] Apperson K, Leiper KA, McKeown IP, et al. Beer fluorescence and the isolation, characterisation and silica adsorption of haze-active beer proteins [J]. J Ins Brew, 2002, 108(2): 193-199.
- [11] Roberts E. The phenolic substances of manufactured tea. X.—The creaming down of tea liquors [J]. J Sci Food Agric, 1963, 14(10): 700-705.
- [12] Roberts E. Economic importance of flavonoid substances-tea fermentation [D]. Pergamon: Oxford, 1962.
- [13] 阎守和, 金盾. 茶多酚——生物碱的聚沉与转溶[J]. 茶叶, 1981, 2: 27-30.  
Yan SH, Jin D. Agglomeration and re-dissolution of polyphenol-alkaloids in tea extract [J]. Tea 1981, 2, 27-30.
- [14] 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.  
Liang YR, R. Bee. A study of morphology of green tea cream particles [J]. J Zhejiang Agric Univ, 1992, 18(4): 17-20.
- [15] Liang YR, Lu JL, Zhang LY. Comparative study of cream in infusions of

- black tea and green tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] [J]. Int J Food Sci Tech, 2002, 37(6): 627-634.
- [16] 许勇泉, 尹军峰. 绿茶茶汤冷后浑特性研究[J]. 茶叶科学, 2010, 30(z1):527-532.  
Xu YQ, Yin JF. Study on the characteristics of cream formation in green tea infusion [J]. J Tea Sci, 2010, 30(z1): 527-532.
- [17] 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.  
Ma MJ, Luo LY, Li S, et al. Effects of different concentrations of caffeine and tea polyphenols compounds on tea-cream [J]. Food Sci, 2014, 35(13): 15-19.
- [18] Maruyama N, Suzuki Y, Sakata K, et al. NMR spectroscopic and computer graphics studies on the creaming down of tea [C]. International Symposium on Tea Science, 1991: 145-149.
- [19] Mira L, Tereza Fernandez M, Santos M, et al. Interactions of flavonoids with iron and copper ions: a mechanism for their antioxidant activity [J]. Free Rad Res, 2002, 36(11): 1199-1208.
- [20] 郭炳莹, 程启坤. 茶汤组分与金属离子的络合性能[J]. 茶叶科学, 1991, 11(2): 139-144.  
Guo BY, Cheng QK. The complexing abilities between tea liquor components with metal ions [J]. J Tea Sci, 1991, 11(2): 139-144.
- [21] Khokhar S, Owusu Apenten RK. Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure-activity relations [J]. Food Chem, 2003, 81(1): 133-140.
- [22] 杨红, 汪志君, 张凌云. 茶饮料冷后浑机理研究进展[J]. 福建茶叶, 2005 (1): 12-15.  
Yang H, Wang ZJ, Zhang LY. The research progress of tea beverage cream [J]. Tea Fujian, 2005 (1): 12-15.
- [23] Xu Y, Chen S, Yuan H, et al. Analysis of cream formation in green tea concentrates with different solid concentrations [J]. J Food Sci Tech, 2012, 49(3): 362-367.
- [24] Vuong QV, Golding JB, Stathopoulos CE, et al. Effects of aqueous brewing solution pH on the extraction of the major green tea constituents [J]. Food Res Int, 2013, 53(2): 713-719.
- [25] 季玉琴, 徐正炳, 金寿珍. 液态饮料茶混浊沉淀问题的探讨[J]. 中国茶叶, 1991, 6: 8-10.  
Ji YQ, Xu ZB, Jin SZ. The discussion on liquid drinks tea precipitation [J]. China Tea, 1991, 6: 8-10.
- [26] 孙庆文. 茶饮料澄清技术的新突破——无需在冷却条件下除冷后浑工艺[J]. 中国科技成果, 2002, (22): 62.  
Sun QW. The breakthrough of tea beverage clarify without cooling conditions [J]. China Sci Technol Ach, 2002, (22): 62.
- [27] 陈洁, 刘张虎, 杨登想, 等. 绿茶饮料的低温萃取工艺研究及冷后浑控制[J]. 食品科学, 2012, 33(4): 47-51.  
Chen J, Liu ZH, Yang DX, et al. Low-temperature extraction of green tea and its effect on cream down [J]. Food Sci, 2012, 33, 47-51.
- [28] Oliva J, Paya P, Camara MA, et al. Removal of famoxadone, fluquinconazole and trifloxystrobin residues in red wines: Effects of clarification and filtration processes [J]. J Environ Sci Heal B, 2007, 42(7): 775-781.
- [29] 孙庆磊, 孔俊豪, 陈小强, 等. 聚乙烯吡咯烷酮 (PVPP) 在茶饮料沉淀控制中应用研究进展[J]. 中国茶叶加工, 2011 (2): 29-32.  
Sun QL, Kong JH, Chen XQ, et al. Application of polyvinyl pyrrolidone (PVPP) in deposition control of tea beverage [J]. China Tea Proc, 2011, (2): 29-32.
- [30] Zohri M, Nomani A, Gazori T, et al. Characterization of chitosan/alginate self-assembled nanoparticles as a protein carrier [J]. J Disper Sci Technol, 2011, 32(4): 576-582.
- [31] 吴长青. 壳聚糖在果汁澄清工艺上的应用[J]. 饮料工业, 2001, 4(3): 9-11.  
Wu CQ. The applied studies on clarification of chitosan on fruit juice [J]. Bav Ind, 2001, 4(3): 9-11.
- [32] 丁志, 王赞苗, 李永刚, 等. 壳聚糖在绿茶汁澄清中的应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2003 (4): 90-92.  
Ding Z, Wang ZM, Li YG, et al. The applied studies on clarification of chitosan on green tea juice [J]. China Food Add, 2003 (4): 90-92.
- [33] Ding P, Li G, Chen C, et al. Kinetics and mechanism of chelating reaction between chitosan derivatives with Ca (II) [J]. J Coord Chem, 2011, 64(8): 1333-1343.
- [34] 徐京, 刘志坚, 郑玉芝. 超滤技术在茶饮料研制中的应用[J]. 食品工业科技, 2000, 21(4): 43-45.  
Xu J, Liu ZJ, Zheng YZ. The application of ultrafiltration on tea beverage [J]. Sci Technol Food Ind, 2000, 21(4): 43-45.
- [35] 岳鹏翔, 谢舒平. 陶瓷膜过滤澄清绿茶提取液的研究[J]. 茶叶科学, 2001, 21(1): 35-37.  
Yue PX, Xie SP. Study on clarification of green tea extract using ceramic membrane [J]. J Tea Sci, 2001, 21(1): 35-37.
- [36] 方元超, 杨柳.  $\beta$ -环状糊精及其在茶饮料中的应用前景[J]. 山东食品发酵, 1999, (1): 16-19.  
Fang YC, Yang L.  $\beta$ -cricoid dextrin and its application prospect in tea drinks [J]. Shandong Food Ferm, 1999, (1): 16-19.
- [37] Qin BY, Bewley MC, Creamer LK, et al. Structural basis of the Tanford transition of bovine  $\beta$ -lactoglobulin [J]. Biochemistry, 1998, 37(40): 14014-14023.
- [38] Kanakis CD, Hasni I, Bourassa P, et al. Milk  $\beta$ -lactoglobulin complexes with tea polyphenols [J]. Food Chem, 2011, 127(3): 1046-1055.
- [39] Shpigelman A, Israeli G, Livney YD. Thermally-induced protein-polyphenol co-assemblies: beta lactoglobulin-based nanocomplexes as protective nanovehicles for EGCG [J]. Food Hyd, 2010, 24(8): 735-743.
- [40] 苗爱清, 伍锡岳, 庞式. 茶饮料沉淀的成因及解决措施[J]. 广东农业科学, 2001 (3): 13-15.  
Miao AQ, Wu XY, Pang S. The causes and solutions of tea beverage precipitation [J]. Guangdong Agric Sci, 2001 (3): 13-15.
- [41] 邹光友. 解决茶叶饮料混浊沉淀的方法及原理[J]. 食品科学, 1990, (7): 14-19.  
Zhou GY. The method and theory to solve the precipitation of tea drink [J]. Food Sci, 1990, (7): 14-19.
- [42] 宁井铭, 方世辉, 夏涛, 等. 单宁酶及协同物质对绿茶饮料稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(6): 69-72.  
Ning JM, Fang SH, Xia T, et al. Study on the tannase against precipitation of green tea drink [J]. Food Ferm Ind, 2006, 32(6): 69-72.
- [43] Mohanpuria P, Kumar V, Ahuja PS, et al. Producing low-caffeine tea through post-transcriptional silencing of caffeine synthase mRNA [J]. Plant Mol Biol, 2011, 76(6): 523-534.

(责任编辑: 杨翠娜)

## 作者简介



马梦君, 研究生, 研究方向为茶饮料  
研究开发。  
E-mail: 164021307@qq.com



曾 亮, 副教授, 博士, 主要研究方  
向为茶资源综合利用。  
E-mail: zengliangbaby@126.com

---

## “现代发酵工程在食品工业中的应用”专题征稿

目前, 生物工程技术已经被人们广泛的应用在人类社会发展的过程中, 不仅给生活和工程带来了极大的便利, 同时因其具有环境保护作用, 给人们带来广阔的经济效益和良好的社会效应。发酵工程是生物技术产业化的基础, 而在食品领域发展的过程中, 现代发酵工程技术也成为其中的主要内容。

鉴于此, 本刊特别策划了“现代发酵工程在食品工业中的应用”专题, 由河南工业大学的黄继红教授担任专题主编。黄继红教授兼任中国发酵工程研究会专家组专家, 中国微生物学会理事, 河南省食品科学技术学会常务理事, 河南省生物工程学会副理事长, 河南省微生物学会理事, 国家级节能减排评估师, 国家食品生产质量安全评估师。长期从事现代发酵工程的研究。本专题主要围绕: **改造传统的食品加工工艺, 开发功能性食品, 新糖原的开发, 微生物蛋白及生物活性小分子肽的生产, 微生物油脂的生产, 发酵饮料、酒类的生产, 微生物发酵生产食品添加剂**等内容进行论述, 或您认为本领域有意义的问题展开讨论, 计划在 2015 年 7 月出版。

本刊编辑部及黄继红教授特邀请各位专家为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 6 月 15 日前通过网站在线投稿或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。也可加急, 投稿时请注明!

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部