

速溶茶提取技术研究进展

杨刘艳^{1,2}, 江和源^{1*}, 张建勇¹, 徐斌^{1,2}, 刘千录^{1,2}, 王伟伟¹

(1. 中国农业科学院茶叶研究所 农业部茶树生物学与资源利用重点实验室 浙江省茶叶加工工程实验室, 杭州 310008;
2. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081)

摘要: 提取是速溶茶生产的一个关键环节, 提取效果的好坏将直接影响到后续的生产过程, 进而影响速溶茶的最终品质。本文对速溶茶主要物质浸出机理及速溶茶的传统提取方式进行了简要介绍。对提高速溶茶提取效率、改善茶汤品质具有积极作用的新技术, 包括超声波、微波、超高压、生物酶辅助技术, 文章重点阐述了原理、特点及其在速溶茶提取中的应用进展, 并简单讨论了各提取技术的优缺点。此外, 简要阐述了原料性状及原料加工工艺对茶叶内含物质浸出的影响。并对影响速溶茶浸提效果的提取参数, 如茶叶粒度、浸提时间、浸提温度、茶水比、提取次数及 pH 值等进行了综述。为速溶茶生产现状的改善、高新提取技术的深入研究及其在速溶茶工业化生产中的大规模应用提供一定参考。

关键词: 速溶茶; 提取; 进展

Development in extraction techniques for instant tea

YANG Liu-Yan^{1,2}, JIANG He-Yuan^{1*}, ZHANG Jian-Yong¹, XU Bin^{1,2}, LIU Qian-Lu^{1,2}, WANG Wei-Wei¹

(1. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Tea Plants Biology and Resources Utilization of Agriculture Ministry, Key Laboratory of Tea Processing Engineering of Zhejiang Province, Hangzhou 310008, China;
2. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Extraction is one of the key processes for instant tea and the efficiency of extraction will directly influence the following manufacturing processes, thus influencing the final quality of instant tea. This paper gave a simple introduction to the dissolving mechanism of the instant tea main components and the traditional extracting methods of instant tea. As for the new technologies which are positive to improve the extraction efficiency and the quality of instant tea, including the microwave assisted extraction (MAE), ultrasonic assisted extraction(UAE), high hydrostatic pressure extraction (HHPE) and enzyme-assisted extraction, the paper mainly focused on the principle, characteristics and the progress in the extraction of instant tea, advantages and disadvantages of these technologies were simply discussed. In addition, a brief introduction to the effects of raw material property and processing technology on the extraction of tea main components was given. The parameters which might influence the extraction efficiency, such as the particle size of tea, extraction time, extraction temperature, ratio of tea to water, extraction times and pH were also reviewed. To provide some

基金项目: 农业技术试验示范项目(A8289)、中国农业科学院科技创新工程创新团队项目(CAAS-ASTIP-2014-TRICAAS)

Fund: Supported by the Demonstration Project of Agricultural Technology of Ministry of Agriculture (A8289), and the Key Innovation Team of Science & Technology Innovation Engineering of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-ASTIP-2014-TRICAAS)

*通讯作者: 江和源, 博士, 研究员, 主要研究方向为茶叶化学与加工。E-mail: jianghy@tricaas.com

*Corresponding author: JIANG He-Yuan, Professor, Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Tea Plants Biology and Resources Utilization of Agriculture Ministry, Key Laboratory of Tea Processing Engineering of Zhejiang Province, Hangzhou 310008, China. E-mail: jianghy@tricaas.com

references for the improvement of instant tea production, the deeply research of high and new technology and its large-scale application to the industrial production of instant tea.

KEY WORDS: instant tea; extraction; development

1 引言

速溶茶是以鲜叶、成品茶或毛茶为原料,通过提取、浓缩、干燥等工序加工成的一种新型茶类饮品。速溶茶不仅保留了茶汤的营养和风味,而且即冲即饮、便于携带,相对于一般茶制品,更能适应现代社会的快节奏生活,因而广受消费者的欢迎。

我国速溶茶的研制始于20世纪70年代中期,90年代速溶茶开始生产,但其规模相对较小,从1995年开始速溶茶的产量成倍增长,到2010年已接近15000t^[1]。随着茶饮料在市场中份额的增大,速溶茶的发展前景也非常可观。

茶叶经提取将可溶性物质浸出,茶汤浸出物中各成分之间的综合协调作用将影响速溶茶的最终品质;提取效果的好坏,将直接影响到茶叶原料的利用率和后续生产过程,可见,高效优质的提取技术对于速溶茶开发很有意义^[2]。此外,提取参数也是影响提取效果的重要因素。因此,本文主要就上述两个方面进行综述。

2 速溶茶主要成分的浸出机理

茶叶浸出理论的研究始于20世纪70年代,Long^[3]提出了茶叶与水溶液的两相模型,并开展了拼配红茶浸出过程的研究。随后,Spiro等^[4]引入动力学模型,完整阐述了茶叶中单一成分在水溶液中的浸出速率。1989年Spiro等^[5]进一步研究表明,茶叶内含成分浸出的限速步骤是物质从茶叶内部向叶表面的扩散过程。茶叶因外形、加工工艺等的不同,其内含成分的组成比例及含量存在较大差异,但是内含物的浸出过程基本相同,可分为3个阶段^[6]:(1)溶剂向茶叶内部渗透,茶叶表面的可溶性物质逐渐溶出。这一过程内含物的扩散速率符合零级动力学方程,即浸出速率与溶质浓度无关;(2)茶叶内含物需克服细胞和组织的阻力,由高浓度的茶叶内部向低浓度的茶叶表面扩散。这一阶段内含物的浸出速率符合一级动力学方程,即浸出速率与浓度梯度有关;(3)茶叶内含物继续从茶叶表面向溶剂中扩散,逐渐达到浸出平衡。

3 速溶茶的主要提取技术

3.1 传统提取技术

传统的速溶茶提取技术,主要包括单罐提取、多罐连续提取及连续逆流提取等。单罐法是通过水浴或蒸汽加热使被提取物质充分溶入溶剂的一种提取方式。该方式操作简单,成本低,但出料较慢,茶汁风味易受损,不适合大

批量生产^[7]。多罐连续提取是为克服单罐提取的缺陷而改进的一种提取方式。它由多个提取罐串联而成,热水从罐顶注入,依次流经各提取罐,使新投入的茶叶与即将出罐的浓茶汁相接触,已浸提完毕的茶叶则与新进入的热水相接触,提取罐内的茶叶依次被更换,从而实现连续提取^[8]。与单罐提取相比,该方式提取效率高,茶汁风味保持好,但操作繁琐,成本较高^[9]。连续逆流提取是将茶叶和水在提取装置内同时作连续逆向运动,使茶叶成分充分浸出。这种连续作业的方式不仅节省人力,提高了茶叶内含物的浸出率,而且能够最大限度地保持有效成分的结构^[10],茶汁风味佳,但设备复杂,总投资较高^[11]。

3.2 辅助提取技术

传统速溶茶提取方式多是在高温条件下进行的,这使得一些难溶于冷水的果胶、蛋白质等大分子物质也被萃取出来,造成速溶茶的冷溶性较差,而且高温条件下香气物质损失较多^[12]。此外,高温短时提取或低温提取会影响茶叶品质成分的溶出,造成速溶茶滋味淡薄^[13]。近年来,随着新浸提技术的引入,上述问题得到了有效改善。目前,常用的辅助浸提技术有超声波、微波、超高压、酶法等。

3.2.1 超声波辅助

超声波浸提(ultrasonic assisted extraction, UAE),是利用超声波在溶剂和样品之间产生空化作用,使液体产生气泡^[14],伴随其增长和爆破压缩,使固体样品分散,增大样品与萃取溶剂之间的接触面积,促进溶剂向细胞内渗透的一种提取技术^[15]。Xia等^[16]研究了超声波浸提对茶汤生化成分和感官品质的影响,结果表明,茶多酚、氨基酸、咖啡碱等主要生化成分及芳香物质的浸出量明显高于常规浸提,而且能够抑制蛋白质和果胶物质的浸出,从而改善了茶汤的品质。曾敏等^[17]研究发现,超声波辅助室温冲泡与标准沸水冲泡相比,咖啡碱的浸出量相对较低,而氨基酸含量较高,香气中增加了嫩香清香型的组分,所得茶汤的滋味品质和风味均优于后者。吕娜等^[18]采用超声波法对安吉白茶抗氧化物质的提取工艺进行了研究,结果表明,乙醇体积分数为51%,以480W的功率提取15min时,提取液的抗氧化性最强。由此可见,超声波在提高浸提效率、减少茶汤沉淀、保持茶叶风味、维持茶汤抗氧化性等方面具有积极的意义。

3.2.2 微波辅助

微波浸提(microwave assisted extraction, MAE)是利用不同组分对微波的吸收能力差异,使体系中某些组分被选择性加热,从体系中分离,进入到介电常数较小、吸收能力相对较差的萃取剂中,最终达到分离提取的目的^[19]。Pan

等^[20]研究表明,微波辅助对茶多酚和咖啡碱的提取效果优于常规提取。Giorgia等^[21]研究发现,微波辅助提取不仅可以显著提高茶多酚的浸出量,而且能较好保持提取物的抗氧化性能,易于控制,适用于工业化生产。Quan等^[22]研究表明,相对于传统冲泡,微波辅助的绿茶冲泡中儿茶素浸出量显著提高。Ezzohra等^[23]研究表明,微波辅助提取的茶多酚含量要高于高温水提,尤其是EGCG的含量达到了77.14 mg/g。夏涛等^[13]以绿茶为原料进行研究,发现无论是浸提茶汤的香气总量还是香气组分,微波提取都优于传统高温提取,且对茶汤的色泽及香气影响也较小。可见,微波辅助在提高提取效率、节省溶剂^[24]、保留茶叶天然香气及工业化生产等方面具有一定的应用前景。但是,微波浸提的水浸出率较低^[25],如何在保持微波提取优点的同时提高水浸出率是一个值得探讨的问题。

3.2.3 超高压辅助

超高压浸提(high hydrostatic pressure extraction, HPPE)是通过升压、恒压及降压三个过程进行物质的提取。在升压阶段,利用100~1000 MPa液压使生物大分子的盐桥与氢键被破坏,蛋白质构象发生变化,细胞膜选择性下降,溶剂快速进入细胞;在恒压阶段,有效成分充分溶解于细胞内的溶剂中;在降压阶段,细胞内气体膨胀,细胞膜被破坏,从而使有效成分被释放出来^[26]。Xi等^[27]研究了超高压对绿茶茶多酚含量、固形物提取率及抗氧化活性的影响,结果表明,在450 MPa下,各指标的含量和抗氧化能力均高于传统萃取。杨小兰等^[28]研究发现,超高压处理可提高多酚的抗氧化活性。许勇泉等^[29]对茶鲜叶进行超高压处理,通过电镜扫描分析发现,茶叶叶片结构的破坏程度随着压力水平的升高而增大,超高压处理条件为100 MPa、10 min时,最适于绿茶鲜茶汁的加工处理。综上所述,超高压辅助在提高内含物浸出效率、减少茶汤混浊及改善茶汤品质方面具有积极作用。此外,超高压辅助提取技术还可以减少溶剂的消耗量^[30],避免对物质的热破坏作用。

3.2.4 酶法辅助

酶法浸提是利用纤维素酶、果胶酶等使茶叶细胞结构被破坏,以促进细胞中的有效成分最大限度地浸出。目前,广泛应用于茶叶浸提中的酶主要有纤维素酶、果胶酶、单宁酶等。

纤维素酶通过作用于茶叶细胞壁中的纤维素,增大细胞壁的通透性,从而利于茶叶内含物质的释放。Jae Hun Kim等^[31]将经热水提取后的茶渣中加入纤维素酶,其总酚、蛋白质及咖啡碱的含量均有不同程度的提高,这为功能性食品的开发提供了思路。此外,Saito等^[32]的研究表明,纤维素酶能水解茶叶中的糖苷类物质,释放芳香物质,对于茶叶增香有一定的作用。果胶酶主要作用于茶叶细胞壁中的果胶,通过对半纤维素和果胶组成的无定形结构的破坏,有助于茶叶中有效成分的渗出和扩散^[33]。Chandini等^[34]以果胶酶提取茶叶时,可溶性固形物含量可达到11.5%,

但茶多酚的提取率没有明显提高。Sanderson、Hideo等^[35,36]的研究表明,果胶酶能够改善茶汤香气和防止茶乳酪的形成。单宁酶通过断裂没食子酸与酯型儿茶素中儿茶素之间的酯键,促进非酯型儿茶素的生成及没食子酸的释放,以减少茶乳酪的形成,从而提高茶汤的澄清度^[33]。Chandini等^[34]以单宁酶处理红茶,茶多酚的浸出率可达14.3%,可溶性固形物含量达11.1%,红茶品质有较大的改善。Min等^[37]在对绿茶茶汤的抗氧化活性研究中发现,经单宁酶处理的茶汤有更好的自由基清除能力。

生物酶不仅有助于提高茶叶有效成分的提取率,而且酶的反应条件比较温和,许多易挥发和分解的产物都具有相对更高的生物活性,这对改善茶汤品质具有积极的作用。由于在反应过程中酶与底物、产物混合在一起,难以回收重复利用,因此找到生物酶键合的合适载体,将固定化酶应用于生产中将是未来需要研究的课题。

4 原料及加工工艺对速溶茶主要成分浸出的影响

速溶茶中含有多种可溶性化学成分,其在茶汤中的含量及配比决定了速溶茶的风味品质,然而这些物质的浸出特性,受到了加工过程及原料性状的影响。(1)同种工艺的不同加工阶段,茶叶内含成分的含量存在差异。黄欢等^[38]测定了铁观音茶不同加工阶段主要生化成分的含量变化,结果表明:鲜叶采摘至炒青工序,咖啡碱及茶多酚的含量逐渐减少,而氨基酸的含量逐渐增加,炒青之后的揉捻、烘干工序中物质含量趋于稳定。(2)不同类型的茶叶,组织结构及物质含量不同。周金伟等^[39]比较了4类发酵类型共16种茶叶的茶多酚及儿茶素含量,并进行了体外抗氧化能力试验。结果表明,随着发酵程度的加深,茶多酚及儿茶素的含量明显降低,DPPH法测得的抗氧化能力依次为绿茶>乌龙茶>红茶>黑茶。(3)同种原料不同工艺,对茶叶内含物质的含量也有影响。钟秋生等^[40]以九龙袍品种颗粒型乌龙茶的毛茶样为原料,比较了不同烘焙温度对乌龙茶感官品质、理化成分及挥发性成分的影响。结果显示,随着烘焙温度的升高,水浸出物和氨基酸总量呈下降的趋势,儿茶素总量及咖啡碱的变化不显著,低温烘焙(80℃)下茶样香气及滋味品质最优。(4)茶叶外形也是影响茶叶物质浸出的因素。王辉等^[41]以我国绿茶中造型有代表性的茶样为试材,研究了造型对氨基酸浸出规律的影响。结果表明,各造型名优绿茶氨基酸浸出速率由快到慢的顺序为:直条形>针形>卷曲形>单芽针形>扁形>朵形。

5 影响速溶茶提取的主要参数

5.1 茶叶粒度

茶叶粒度是影响物质浸出的一个重要因素,在一定程度上,茶叶粒度越小,其与溶剂的接触面积越大,有效

物质从茶叶内部向茶叶表面扩散的距离缩短,从而使内含物质能够较快被浸出^[42]。肖文军等^[43]研究发现,茶叶品质成分在磨碎浸提样中的浸出量远高于传统的高温水提样。Hu等^[44]对不同粒度的绿茶粉进行主要品质成分的测定及自由基清除实验。结果表明,随着粒度减小,可溶性化合物的含量显著增加,氨基酸和咖啡碱的含量无明显变化;而茶多酚和儿茶素的含量呈现下降趋势,这对于降低茶汤苦涩味、保持茶汤明亮度有积极作用。此外,茶多糖提取率的增加,强了绿茶粉的自由基清除能力。但是,粒度过小也有利于一些大分子物质的浸出,例如果胶、蛋白质等,对茶汤的澄清度带来不利的影响。

5.2 浸提时间

茶叶的浸提是细胞内物质由饱和状态向非饱和状态过渡,直至达到动态平衡的过程。Tolgahan Kocadağlı等^[45]研究了游离氨基酸含量随时间的变化。结果表明,在浸提2 min时,绿茶茶汤中游离氨基酸浓度达到211.21 mg/L;随后游离氨基酸的浓度呈线性变化,提取15 min时达到277.43 mg/L。Suyare Araújo Ramalho等^[46]以红茶中多酚类物质为指标,从浸提2.5 min开始,每隔10 min取样进行测定。结果表明,在30 min内物质的含量呈现随着浸提时间延长而增加的趋势。当物质浓度达到动态平衡后,浸提时间延长可能引起茶多酚部分氧化,茶汤中物质之间发生络合反应,对茶汤品质造成不利影响。

5.3 浸提温度

一般而言,浸提温度越高,越有利于物质向溶剂中扩散,所需浸提时间越短。孙世利等^[47]研究表明,80℃条件下提取时,绿茶多糖具有较好的清除DPPH自由基和ABTS自由基的效果。吴雅红等^[48]研究表明,绿茶饮料制备的最佳参数为浸提温度90℃,浸提时间10 min。也有研究表明,高温浸提虽然时间短,效率高,但会引起香气组分的改变,对茶汤的风味品质有不利影响,茶叶内含物质容易聚合形成不溶于冷水的络合物^[49]。此外,一些学者对低温浸提也做了相关研究。Elisabetta等^[50]研究表明,室温冲泡的绿茶茶汤中含有更丰富的多酚类、茶黄素及儿茶素等抗氧化活性物质。陈洁等^[51]研究表明,低温萃取条件下,绿茶茶汤中主要生化成分的浸出量适宜,同时茶汤色泽佳。低温浸提可以降低沉淀量^[52],茶汤品质较好,但浸提时间较长,提取效率低。

5.4 茶水比

增大茶叶细胞与提取溶剂之间的浓度梯度,会促使细胞内物质的浸出,当茶水比增大时,物质的浸出速率加快,但不利于后续的浓缩、干燥等加工过程。茶水比减小时,茶叶中内含成分的浸出量减少,制率降低,但茶汤在浓缩时蒸发量减少,从而减少了芳香物质的挥发,降低了茶多酚等的氧化,可提高茶汤质量^[53]。朱德文^[54]以机

采茶鲜叶为原料,比较了不同茶水比对茶多酚提取的影响。结果表明,随着茶水比增大,茶多酚达到饱和的时间相应缩短。

5.5 其他参数

影响茶叶浸提的参数还有浸提次数、PH值等。赵丛丛^[55]研究表明,碎绿茶未经3次提取茶多糖的提取率可达93.82%。Quan等^[56]研究了pH值对绿茶主要成分浸出的影响。结果表明,pH值为3~5.3有利于咖啡碱、氨基酸及表儿茶素的提取,并减少其降解和差向异构的转化。

6 结 论

随着速溶茶销量的快速增长,速溶茶的提制技术也将向着高效率、低能耗、绿色无污染的方向发展。近年来应用于速溶茶提取的微波、超声波、超高压及酶法辅助提取技术,不仅提高了提取效率,并在一定程度上解决了茶汤混浊、色泽褐变、香气损失等问题。但是,目前大部分高新提取技术手段还集中在科研中,应用于大规模工业生产中还存在一定的局限性。因此,在加大提取技术研究的同时,可借鉴其他行业的经验,结合速溶茶提取制备的生产实际,对相关设备进行改进或创新,加快高新技术在速溶茶生产中的应用。

参考文献

- [1] 岳鹏翔, 谢鑫陟, 高学玲. 速溶茶提制技术研究进展及发展趋势[C]. 第十二届中国科学技术协会年会经济发展方式转变与自主创新论文集, 2010: 1-10.
- [2] Yue PX, Xie XZ, Gao XL. The research progress and development tendency on extraction and preparation techniques of instant tea [C]. 12th Annual Meeting of China Association for Science and Technology-Economic Development Mode Shift and Indigenous innovation, : 1-10.
- [3] 代忠波. 茶饮料萃取技术研究现状[J]. 饮料工业, 2013, 16(9): 39-45.
- [4] Dai ZB. An overview of tea leaf extraction technologies for RTD tea beverages [J]. Bev Ind, 2013, 16(9): 39-45.
- [5] Long VD. Aqueous extraction of black leaf tea. III. Experiments with a stirred colum [J]. Food Technol, 1979, 14: 126-129.
- [6] Spiro M, Siddique S. Kinetics and equilibria of tea infusion. Analysis and partition constants of theaflavins, thearubigins, and caffeine in Koonsong broken pekoe [J]. J. Sci. Food Agric, 1981, 32: 1027-1032.
- [7] Spiro M, Toumi K, Kanlian M. The Kinetics and mechanism of caffeine infusion from coffee: The hindrance factor in intra-bean diffusion [J]. J Sci Food Agric, 1989, 46: 349-356.
- [8] 罗龙新. 茶叶萃取的动力学与浸出平衡机理的研究[J]. 食品科学, 2001, 2(8): 32-37.
- [9] Luo LX. The research on tea extraction and infusion balance mechanism [J]. Food Sci, 2001, 2(8): 32-37.
- [10] 林晓蓉, 陈忠正, 李斌. 茶饮料浸提技术研究进展[C]. 第十二届中国科学技术协会年会经济发展方式转变与自主创新论文集, 2010: 1-9.
- [11] Lin XR, Chen ZZ, Li B. Developments in extraction techniques for tea beverage[C]. 12th Annual Meeting of China Association for Science and

- Technology-Economic Development Mode Shift and Indigenou Innovation, 2010: 1–9.
- [8] 尹军峰. 茶饮料提取技术及其主要影响因素[J]. 中国茶叶, 2006, 1: 9–10.
- Yin JF. The extraction techniques and main factors for tea beverage [J]. China Tea, 2006, 1: 9–10.
- [9] 罗新龙. 罐装茶饮料主要生产设备及其工作原理[J]. 中国茶叶, 1996, 18(5): 12–13.
- Luo XL. The main equipment and working principle of canned tea drinks [J]. China Tea, 1996, 18(5): 12–13.
- [10] 刁大鹏, 黄继红, 侯银臣, 等. 绿茶粉加工工艺综述[J]. 农产品加工(学刊), 2013, 1: 61–63.
- Diao DP, Huang JH, Hou YC, *et al.* Process of green tea powder [J]. Acad Period Farm Prod Proc, 2013, 1: 61–63.
- [11] 刘玉德, 曹雁平, 夏阎堂, 等. 红茶连续逆流浸取工艺研究[J]. 北京工商大学学报, 2003, 21(3): 10–13.
- Liu YD, Cao YP, Xia GT, *et al.* The continous counterflow extraction of the black tea [J]. J Beijing Technol Business Univ, 2003, 21(3): 10–13.
- [12] 夏涛, 时思全, 宛晓春. 微波、超声波对茶叶主要化学成分浸提效果的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 170–173.
- Xia T, Shi SQ, Wan XC. Effects of microwave and ultrasound assisted extraction of main chemical components of tea [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2004, 20(6): 170–173.
- [13] 夏涛, 时思全, 宛晓春. 微波、超声波浸提对茶汤香气的影响[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(3): 99–102.
- Xia T, Shi SQ, Wan XC. The effects of microwave and ultrasonic extraction on the aroma production of tea liquors [J]. J Nanjing Agric Univ, 2004, 27(3): 99–102.
- [14] Vilku K, Mawson R, Simons L, *et al.* Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review[J]. Innov Food Sci Emerg, 2008, 9(2): 161–169.
- [15] Wang LJ, Weller, Curtis L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants [J]. Trends Food Sci Tech, 2006, 17(6): 300–312.
- [16] Xia T, Shi SQ, Wan XC. Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion [J]. J Food Eng, 2006, 74(4): 557–560.
- [17] 曾敏, 龚礼正. 超声波辅助室温冲泡绿茶的条件筛选和品质分析[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 315–319.
- Zeng M, Gong LZ. Optimization of conditions for ultrasound-assisted brewing of green tea in water at room temperature and quality analysis of tea infusion [J]. Food Sci, 2014, 35(10): 315–319.
- [18] 吕娜, 龙寿芬, 夏海洋, 等. 响应面法优化超声波提取安吉白茶抗氧化物质工艺[J]. 中国酿造, 2014, 33(3): 87–90.
- Lv N, Long SF, Xia HY, *et al.* Optimization of ultrasonic extraction of antioxidant substances from Anji white tea by response surface methodology [J]. China Brew, 2014, 33(3): 87–90.
- [19] 金钦汉. 微波化学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- Jin QH. Microwave Chemistry [M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [20] Pan XJ, Niu GG, Liu HZ. Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves [J]. Chem Proc: Proc Intens, 2003, 42(2): 129–133.
- [21] Giorgia G, Faveri D. M. De. Microwave-assisted extraction of tea phenols: A phenomenological Study [J]. J Food Eng, 2009, 93(2): 210–217.
- [22] Quan VV, Sing PT, Costas, *et al.* Stathopoulos, et al. Improved extraction of green tea from teabags using the microwave oven [J]. J Food Compos Anal, 2012, 27(1): 95–101.
- [23] Ezzohra N, Valerie T, Hakima EH, *et al.* Microwave-assisted water extraction of green tea polyphenols [J]. Phytochem Anal, 2009, 20: 408–415.
- [24] Dahmoune F, Nayak B, Moussi K, *et al.* Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from *Myrtus communis* L. leaves[J]. Food Chem, 2015, 166(1): 585–595.
- [25] 宁井铭, 周天山, 方世辉, 等. 绿茶饮料不同浸提方式研究[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(3): 288–291.
- Ning JM, Zhou TS, Fang SH, *et al.* Effects of different extracting ways on production of green tea drink [J]. J Nanjing Agric Univ, 2004, 27(3): 99–102.
- [26] Margarita C, Fernandez GA, Peter B. Extraction of anthocyanins from grape skins assisted by high hydrostatic pressure [J]. J Food Eng, 2009, 90(4): 415–421.
- [27] Xi J, Shen DJ, Li Y, *et al.* Ultrahigh pressure extraction as a tool to improve the antioxidant activities of green tea extracts[J]. Food Res Int, 2011, 44(9): 2783–2787.
- [28] 杨小兰, 袁娅, 郭晓晖, 等. 超高压处理对不同品种猕猴桃浆多酚含量及其抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(1): 73–77.
- Yang XL, Yuan Y, Guo XH, *et al.* Effect of ultra pressure (UHP) on polyphenol content and antioxidant activity in kiwifruit juice from different cultivars [J]. Food Sci, 2013, 34(1): 73–77.
- [29] 许勇泉, 袁海波, 汪芳, 等. 超高压辅助浸提鲜茶汁研究[J]. 茶叶科学, 2010, 30(2): 95–100.
- Xu YQ, Yuan HB, Wang F, *et al.* Ultra high pressure-assisted extraction of fresh green tea infusion[J]. J Tea Sci, 2010, 30(2): 95–100.
- [30] Jun X. Caffeine extraction from green tea leaves assisted by high pressure processing [J]. J Food Eng, 2009, 94(1): 105–109.
- [31] Kim JH, Pan JH, Wan H, *et al.* Effects of cellulase from aspergillus niger and solvent pretreatments on the extractability of organic green tea waste [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58: 10747–10751.
- [32] Saito K, Hiramoto T. Tea extract and method for producing the same [P]. United States, 0274788, 2011-11-10.
- [33] 龚玉雷, 魏春, 王芝彪, 等. 生物酶在茶叶提取加工技术中的应用研究[J]. 茶叶科学, 2013, 33(4): 311–321.
- Gong YL, Wei C, Wang ZB, *et al.* Research progress of cellulose and pectinase in the extraction of tea leaves [J]. J Tea Sci, 2013, 33(4): 311–321.
- [34] Chandini SK, Rao LJ, Gowthaman MK, *et al.* Enzymatic treatment to improve the quality of black tea extracts [J]. Food Chem, 2011, 127(3): 1039–1045.
- [35] Sanderson GW, Englewood NJ, Simpson SW. Pectinase enzyme treating process for preparing high bluk density tea powders [P]. United States, 3787582, 1974-01-22.
- [36] Hideo O. Green tea beverage and method for producing the same [P]. Japan, 119209, 2002-04-23.
- [37] Min JL, Chen C. Enzymatic modification by tannase increases the antioxidant activity of green tea [J]. Food Res Int, 2008, 41(2): 130–137.
- [38] 黄欢, 赵展恒, 王玉娇, 等. 铁观音加工过程中咖啡碱、茶多酚、游离氨基酸含量变化研究[J]. 福建农业学报, 2014, 29(3): 282–285.

- Huang H, Zhao ZH, Wang YJ, *et al.* Study on the content change of caffeine, tea polyphenols and free amino acids in the tieguangyin oolong tea machining process[J]. *Fujian J Agric Sci*, 2014, 29(3): 282–285.
- [39] 周金伟, 陈雪, 易有金, 等. 不同类型茶叶体外抗氧化能力的比较分析[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(8): 262–269.
- Zhou JW, Chen X, Yi YJ, *et al.* Comparative analysis on antioxidant capacities of different types of fermented teas *in vitro*[J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2014, 14(8): 262–269.
- [40] 钟秋生, 林郑和, 陈常颂, 等. 烘焙温度对九龙袍品种乌龙茶生化品质的影响[J]. *茶叶科学*, 2014, 34(1): 9–20.
- Zhong QS, Lin ZH, Chen CS, *et al.* Effects of baking temperature on quality and chemical components of jinlongpao Oolong tea [J]. *J Tea Sci*, 2014, 34(1): 9–20.
- [41] 王辉, 龚淑英, 邵晓林, 等. 典型造型名优绿茶氨基酸浸出规律的研究[J]. *中国食品学报*, 2009, 9(4): 110–117.
- Wang H, Gong SY, Shao XL, *et al.* A study on tea amino acids extraction regulation of famous green tea with representative shape [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2009, 9(4): 110–117.
- [42] 张志军, 李淑芳, 刘建华. 灵芝多糖提取-水浸出条件的研究[J]. *天津农学院学报*, 2005, 12(1): 12–15.
- Zhang ZJ, Li SF, Liu JH. Study on extracting conditions of polysaccharides from ganoderma lucidum [J]. *J Tianjin Agric Coll*, 2005, 12(1): 12–15.
- [43] 肖文军, 唐和平, 龚志华, 等. 茶叶超声波辅助浸提研究 [J]. *茶叶科学*, 2005, 26(1): 54–58.
- Xiao WJ, Tang HP, Gong ZH, *et al.* Study on ultrasonic wave-assisted extraction of tea[J]. *J tea Sci*, 2005, 26(1): 54–58.
- [44] Hu JH, Chen YQ, Ni DJ. Effect of superfine grinding on quality and antioxidant property of fine green tea powders[J]. *LWT- Food Sci Technol*, 2012, 45(1): 8–12.
- [45] Kocadağlı T, Özdemir KS, Gökmen V. Effects of infusion conditions and decaffeination on free amino acid profiles of green and black tea[J]. *Food Res Int*, 2013, 53(2): 720–725.
- [46] Ramalho SA, Nigam N, Barbosa G. Effect of infusion time on phenolic compounds and caffeine content in black tea[J]. *Food Res Int*, 2013, 51(1): 155–161.
- [47] 孙世利, 庞式, 凌彩金, 等. 不同浸提条件对绿茶多糖清除自由基活性的影响[J]. *广东农业科学*, 2012, 24: 101–103.
- Sun SL, Pang S, Ling CJ, *et al.* Effects of different extraction conditions on scavenging free radical activity of green tea polysaccharide [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2012, 24: 101–103.
- [48] 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.
- Wu YH. Study on turbid solution and deposition of green tea beverage and control method [D]. Guangzhou: Guangdong University of technology, 2005.
- [49] Kim ES, Liang YR, Jin J, *et al.* Impact of heating on chemical compositions of green tea liquor [J]. *Food Chem*, 2007, 103(4): 1263–1267.
- [50] Daniani E, Bacchetti T, Padella L, *et al.* Antioxidant activity of different white teas: Comparison of hot and cold tea infusion[J]. *J Food Compos Anal*, 2014, 33(1): 59–66.
- [51] 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(4): 47–51.
- [52] 许勇泉, 陈根生, 刘平, 等. 浸提温度对绿茶茶汤沉淀形成的影响[J]. *茶叶科学*, 2012, 32(1): 17–21.
- Xu YQ, Chen GS, Liu P, *et al.* Effect of extraction temperature on tea sediment formation in green tea infusion [J]. *J Tea Sci*, 2012, 32(1): 17–21.
- [53] 施兆鹏. 茶叶加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- Shi ZP. Tea processing of tea [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996.
- [54] 朱德文, 岳鹏翔, 袁弟顺, 等. 超声波辅助浸提茶叶中茶多酚的工艺研究[J]. *中国农机化*, 2011(1): 112–115.
- Zhu DW, Yue PX, Yuan DS, *et al.* Technological experiments on ultrasound assisted extraction tea-polyphenols from tea fresh leaves [J]. *Chin Agric Mech*, 2011(1): 112–115.
- [55] 赵丛丛. 碎茶末中茶多糖的提取工艺研究[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(22): 7565–7566.
- Zhao CC. Research on the extraction of tea polysaccharide from waste tea [J]. *Anhui Agric sci*, 2014, 42(22): 7565–7566.
- [56] Quan VV, John BG, Costas E. Effects of aqueous brewing solution pH on the extraction of the major green tea constituents [J]. *Food Res Int*, 2013, 53(2): 713–719.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



杨刘艳, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶加工与质量控制。
E-mail: yangliuyan@tricaas.com



江和源, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为茶叶化学与加工。
E-mail: jianghy@tricaas.com