茶儿茶素异构化研究现状

徐 懿，屠幼英*，钟小玉

（浙江大学茶学系，浙江 杭州 310029）

摘 要：综述茶叶中的表型儿茶素和非表型儿茶素的结构、清除自由基活性以及影响其异构化的因素。高温是引起儿茶素异构化的重要因素，同时pH值、金属离子浓度、反应时间和儿茶素浓度都会影响儿茶素的异构化作用。抗坏血酸既能抑制儿茶素异构化反应，又能促进其异构化反应。非表型儿茶素清除自由基能力与表型儿茶素相当，甚至优于表型儿茶素，这与其结构有密切关系。

关键词：表型儿茶素；非表型儿茶素；异构化；抗坏血酸

中图分类号：R284 **文献标识码**：A **文章编号**：0253-2670(2008)07-1106-04

Review on epimerization of tea catechins

XU Yi, TU You-ying, ZHONG Xiao-yu

(Department of Tea Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Key words: epicatechins; nonepicatechins; epimerization; ascorbic acid

儿茶素是以α-苯基苯并吡喃为结构基础的类黄酮化合物，是茶叶中主要的一类生物活性成分，具有强抗氧化作用。其生理功能主要表现在抗肿瘤、抗衰老、抗辐射、增加免疫力、防龋护齿、抑菌、抗病毒等。同时，它对茶叶的色、香、味品质的形成有重要作用。

一般茶叶中分离、鉴定的儿茶素多为表型儿茶素，即表没食子儿茶素没食子酸酯（EGCG）、表没食子儿茶素（EGC）、表儿茶素没食子酸酯（ECG）、表儿茶素（EC），它们约占儿茶素总量的70%左右。一些研究者发现日本茶饮料中，非表型儿茶素量大于表型儿茶素，没食子儿茶素没食子酸酯（GCG）占了总儿茶素的45%以上[1]。也有研究报道，在茶汤浓缩、干燥等过程中，以GCG为主的非表型儿茶素比例均有所增加。究其原因，可能是茶叶加工过程中，高温致使表型儿茶素差向异构为非表型儿茶素。目前关于儿茶素异构化作用已有一些研究报道，本文将对表型儿茶素和非表型儿茶素的结构、活性以及影响其异构化的因素进行综述。

1 表型儿茶素和非表型儿茶素的结构

由于茶儿茶素的C环是吡喃环，C_2和C_3上的不同取代基（氢、羟基、苯基）的空间位置不同，便能构成几何异构体（差向异构化），即若两个-H在环的同一侧时，为顺式儿茶素（表型儿茶素），反之，则为反式儿茶素（非表型儿茶素）（图1）[2]。

一般儿茶素的C_2位发生几何异构化，C_3位置却不能发生。在几何异构化时，C_2位的醚键在B环4′-OH的活化作用下打开，生成亚甲基醌中间物，当中间物再度环化时，就生成原物和其差向异构化（图2）。即表型儿茶素（－）-EC、（－）-EGC、（－）EGCG、（－）-ECG几何异构成它们对应的非表型儿茶素（－）-C、（－）GC、（－）GCG、（－）CG。儿茶素旋光异构体之间的异构化未有报道，所以儿茶素异构化作用一般指具有相同旋光性的儿茶素的几何异构[3]。

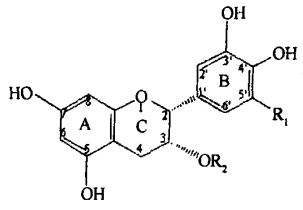

图1 表型儿茶素的结构

Fig. 1 Structures of epicatechins

2 表型儿茶素和非表型儿茶素抗氧化作用比较

虽然现阶段大量实验研究表明，EGCG是儿茶素中功效最强的成分，但是也有一些报道对表型儿茶素和非表型儿茶素的活性进行了比较，认为非表型儿茶素的活性在一定条件下并不低于表型儿茶素。

Guo等[4]用ESR技术研究了表型儿茶素和非表型儿茶素清除自由基的能力。高浓度时，表型儿茶素清除$O_2^{\cdot-}$、DPPH、APPH自由基明显强于其对应的非表型儿茶素，但是在低浓度时，非表型儿茶素清除自由基能力强于其对应的表型儿茶素，尤其是在清除后两种大分子的自由基时，非表型儿茶素的活性优势更加明显。杨贤强等[3]研究了EGCG与其异构体GCG对光照血卟啉所产生的$O_2^{\cdot-}$的影响，也发现了类似的规律，在0.3～0.5 mmol/L浓度内，EGCG和GCG的

收稿日期：2008-01-31

基金项目：浙江省科技重大专项“茶黄素及其衍生物制备的关键技术及新产品中试研究”（2007C12068）；浙江大学大学生科研训练计划（SRTP）“固定化酶提高速溶红茶品质的技术开发”资助

作者简介：徐 懿（1985－），女，浙江诸暨人，硕士研究生，研究方向为茶叶化学与制茶工程。 E-mail：cimaogengen@126.com

*通讯作者 屠幼英 Tel：(0571)86971743 E-mail：youytu@zju.edu.cn

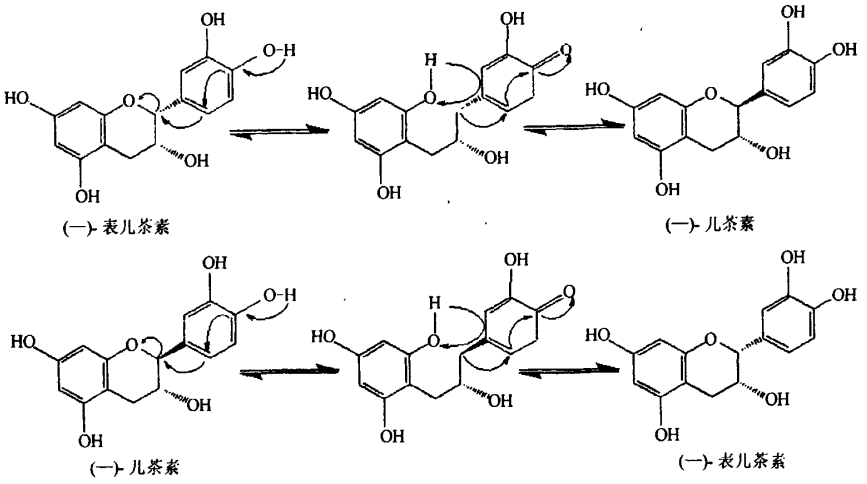

图 2 儿茶素的异构化反应

Fig. 2 Epimerization reaction of catechins

作用效果接近，无明显差别；在低于 0.1 mmol/L 时两者差异显著，且GCG 优于EGCG。其他的一些报道中也表明，非表型儿茶素对脂质过氧化抑制能力稍强于表型儿茶素[5]。

究其原因，表型儿茶素和非表型儿茶素的电子效应基本一致，但是前者相对于后者空间位阻更大，尤其是遇到活性较大的自由基或者能量较高的单线态氧等活性分子时，电子效应不是左右两者抗氧化活性强弱的最重要原因，作用的差异来自于它们立体构象的差别。可见，儿茶素的抗氧化作用具有立体选择性。

在茶叶加工中，表型儿茶素异构化为非表型儿茶素，就其抗氧化作用而言，这样的异构化有利于抗氧化作用的提高，因而不会影响儿茶素的天然抗氧化效果；非表型儿茶素量的提高，也会增强其抗氧能力。在茶叶制品中，如何充分发挥各类儿茶素的优势，合理调配，这在今后的产品开发和生产中是一个值得探讨的问题。

3 儿茶素异构化的影响因素

目前已有部分文献报道了儿茶素稳定性方面的研究，对其异构化作用也有所涉及。影响儿茶素异构化作用的因素主要有温度、pH 值、金属离子浓度、反应时间或贮藏时间、儿茶素浓度等。抗坏血酸既能抑制儿茶素异构化反应，又能促进其异构化反应。

3.1 温度：从茶制品的加工生产到贮藏保鲜，乃至最后的冲泡饮用，温度始终是影响其品质和功效的重要因素。不同温度对儿茶素异构化作用的影响也不大相同（表 1）。

Komatsu 等[11]提出 82 ℃是引起儿茶素开始异构化反应的转折点温度，在之后的实验研究中也得到了大量的实验数据支持。但是，从表1 各个温度条件下的儿茶素异构化研究结果可以看出，低于 80 ℃，当反应时间延长，或者改变提取溶剂，改变溶液的 pH 值，儿茶素也有可能发生异构化反应，高温是引起异构化反应的重要因素之一。如果只考虑温度这一单一因素，异构化反应是需要达到一定的温度（>80 ℃）才可能发生的。

随着温度的升高，儿茶素异构化作用越显著，反应越迅速。相同时间内EGCG 在80 ℃时异构化反应生成GCG 的量只有10%，100 ℃时有40%，120 ℃和130 ℃时最高可异构转化56.6%。Chen 等[1]实验结果也指出温度越高，EGCG 转化生成GCG 越多。高温对儿茶素的影响主要是加速表型儿茶素向非表型儿茶素的转化。Pineiro 等[13]采用加压溶剂提取、超声波提取、搅拌提取和静态提取4 种不同工艺浸提茶叶，其结果显示，不同工艺的浸提茶汤中表型儿茶素的总量相差无几，但是高温高压处理的浸提液中非表型儿茶素/表型儿茶素的值是其他处理的2～3 倍，这也说明高温高压条件有利于非表型儿茶素生成，容易引起儿茶素的异构化作用。

儿茶素异构化反应不仅仅是表型儿茶素向非表型儿茶素转化，同时非表性儿茶素也可以向表型儿茶素转化。由表1 的结果看出，121 ℃时，表型儿茶素向非表型儿茶素异构转化了 56%～66%，非表型儿茶素向表型儿茶素异构转化了 27%～38%，前者异构转化量是后者的近 2～3 倍；100 ℃时，表型向非表型异构转化了 28.5%～42.4%，非表型向表型异构转化了 19%～27.6%，同样说明了表型儿茶素向非表型儿茶素转化反应更容易发生。因为在高温条件下，非表型儿茶素的空间结构比较合理，内能较表型儿茶素的小，从而比较稳定，所以表型儿茶素容易异构化为空间位阻较小、相对比较稳定的非表型儿茶素。一般茶叶中表型儿茶素约占总儿茶素的 70%～80%，所以在高温条件下，表型儿茶素的异构化作用无论从速率还是从数量上都是占主导的，从结果上只能看出表型儿茶素的减少，非表型儿茶素的增多，但事实上，异构化反应是双向反应，两个反应之间在不断平衡。

很多研究中指出儿茶素在环境条件改变时不仅仅会发生异构化反应，而且会发生氧化聚合、氧化分解、水解反应等，这些反应之间相互竞争，某种条件下某一种或几种反应就会占主导。Seto[10]和 Wang[7]研究中都发现了儿茶素单体转化的（特指异构化）和未转化的质量分数总和均达不到 100%，如EC 和EGC，分别有40.7 和58.0%属于二者之外，由

表 1 儿茶素在不同温度条件下的异构化反应研究结果

Table 1 Epimerization reaction of catechin in different temperatures

温度	研究结果
4～5 ℃	水浸提的茶汤在4 ℃下保存0～48 h，儿茶素的组成和量没有发生显著性变化[6]；乙醇水溶液浸提的茶汤在5 ℃下保存6个月，没有发现儿茶素异构化变化[7]
25 ℃	水浸提的茶汤在25 ℃下保存0～36 h，儿茶素的组成和量没有发生显著性变化[6]；乙醇水溶液浸提的茶汤25 ℃下保存6个月，没有发现儿茶素异构化变化[7]；水浸提茶汤在室温下避光保存70 d过程中，ECG和EC逐渐减少，相应的儿茶素没食子酸酯(CG)和儿茶素(C)逐渐增加，其中的异构化反应呈良好的一一对应关系；乙腈水溶液浸提的茶汤在室温下避光保存70 d过程中，ECG和EC的量几乎没有变化，CG的减少和C的增多呈良好的对应关系，即在这个过程中主要发生的是水解反应，而非异构化反应[8]
40 ℃	自来水所提茶汤在40 ℃下即可发生异构化反应，纯净水所提茶汤无此现象；乙醇水溶液浸提的茶汤在40 ℃下放置3个月过程中，表型儿茶素量逐渐减少，非表型儿茶素量相应的增加，儿茶素的总量不断的减少[7]
50～70 ℃	短时间内，这一温度区间内鲜有异构化反应产生，当水浴保温时间大于20～30 min时，有极少量的儿茶素发生异构化变化[9]
80～85 ℃	儿茶素单体水溶液在80 ℃水浴中保温20 min，检测到了其对应的几何异构体[7]；茶汤在80 ℃下水浴保温2 h，EC和ECG逐渐下降，相应的非表型异构体C和CG逐渐增加，呈良好的对应关系[8]；有研究表明，80 ℃时EGCG异构反应生成GCG的量占10%[10]
90～100 ℃	儿茶素单体水溶液在100 ℃下保温20 min，EGCG、EGC、ECG、EC分别异构化为34.6%GCG、34.3%GC、28.5%CG、42.4%C，同时GCG、GC、C分别异构化为27.6%EGCG、19.0%EGC、19.3%EC；研究表明，100 ℃时EGCG异构反应生成GCG的量最高可达40%[10]
120～130 ℃	儿茶素单体(－)-EC在121 ℃高温下反应10 min，EC逐渐减少，C逐渐增多，EC和C的总量与初始EC的量几乎持平[11]；将10种儿茶素单体在高压灭菌(120 ℃)条件下反应20 min，(－)-EC、(－)-EGC、(－)-ECG、(－)EGCG、(＋)-EC 5种表型儿茶素分别有65.4%、65.0%、57.1%、56.6%、60.6%异构转化为对应的非表型儿茶素，同时(－)-C、(－)-GC、(－)-CG、(－)GCG、(＋)-C5种非表型儿茶素分别有27.7%、34.6%、38.0%、35.7%、30.8%异构转化为对应的表型儿茶素[10]；不同温度(108～131 ℃)灭菌处理，表型儿茶素EGC、EC、EGCG、ECG的量随灭菌温度的升高而下降，非表型儿茶素GC、C、GCG、CG的量则上升，表型儿茶素量的降低与非表型儿茶素量的增加存在明显对应关系[12]
130～200 ℃	利用加压溶剂提取技术研究儿茶素在100～200 ℃的变化。随着温度的升高，表型儿茶素和非表型儿茶素的浸出增加，在160 ℃左右达到最值，之后又有所减少，而且5 min提取优于10 min；当温度控制在130 ℃以下时，儿茶素的回收率仍有95%，异构化反应尚主导地位；当温度超过130 ℃时，儿茶素的回收率随着温度升高而不断降低，降解氧化等反应优于异构化反应[13]

于它们是生成茶黄素的底物，所以有可能生成茶黄素或其他中间产物。

当温度介于80～130 ℃，在适当pH值下和一定的反应时间内，儿茶素的异构化作用占主导优势，即表型儿茶素的减少和非表型儿茶素的增加之间具有良好的对应关系。当温度超过130 ℃时，儿茶素的回收率随着温度升高而不断降低，降解氧化等反应优于异构化反应而进行。Seto[10]指出制备儿茶素异构体的最优反应条件是：温度120 ℃，pH5.0，时间30 min，质量分数为1%。在这个最优化条件下，儿茶素能够最大限度的发生异构化反应，同时几乎没有其他副反应发生。

3.2 pH值：Seto等[10]对不同于pH条件下的儿茶素单体溶液120 ℃下高压灭菌30 min，结果ph 2～4时，EGCG异构变化极少，GCG的生成量小于20%；pH 5～6时比较有利于异构化反应，GCG生成高达65%，与Komatsu等[11]报道pH 5.5是最宜异构化反应的结果相吻合；pH 7时，反应液颜色迅速变深，EGCG和GCG几乎检测不到，很多研究报道中指出在微碱性条件下，儿茶素发生了其他如水解、多酚聚合、氧化反应等。

屠幼英等[14]对酸性条件(pH 2.6～6.5)下的儿茶素稳定性研究发现，儿茶素在pH 3.6～6.5的缓冲溶液中比较稳定，放置18 h后，儿茶素最低回收率为81.9%，这个结果和Zhu等[15,16]报道相吻合。将pH 2.6、3.6、4.6、5.6的儿茶素溶液的pH值分别调到pH 6.5，再放置18 h后，儿茶素回收率最高为93.0%，最低可达84.7%，在酸性缓冲液中，大部分儿茶素可能只发生了与柠檬酸络合态反应或儿茶素分子间的聚合，pH条件改变后，又能解离成游离的儿茶素；另一部分儿茶素则发生了不可逆反应，被强酸环境所氧化或者分解，生成了其他物质。

在酸性缓冲溶液中，EGCG是最稳定的，EGC是最不稳定的。在碱性缓冲液中，EGCG和ECG分别具有相似的动力学表现，EGCG和EGC相对于EC和ECG变化剧烈，EGCG和EGC在3 h内迅速降解减少到0，EC基本上不变，ECG减少20%。在碱性条件下，B环上的没食子基较C环上的没食子酰基更易受到pH值的影响。

由此得出微酸溶液里儿茶素相对比较稳定，在中性和碱性溶液中，pH引起儿茶素剧烈的氧化、分解、聚合等反应，只有在pH 5～6时儿茶素的异构化作用占主导优势。

3.3 金属离子浓度：分别用纯净水和自来水浸提茶汤，即便在较低的温度(40 ℃)下，自来水浸提的茶汤中儿茶素表现出明显的异构化反应，而纯净水提取的茶汤没有发现任何异构化反应。在相同的温度和pH条件下，自来水提取的茶汤中儿茶素异构化反应更激烈、迅速，同时其他的氧化、聚合、降解、水解等副反应也更激烈迅速。可能自来水中存在的金属离子对儿茶素的稳定性影响甚于水的pH值对其影响；但同等离子浓度下，高pH值下的儿茶素更不能稳定[7]。研究表明，Fe^{2+}、Fe^{3+}、Cu^{2+}、Ca^{2+}这些离子引起茶汤中多酚量减少的浓度分别为20、20、5、200 mg/kg。其他研究表明自来水中的铁、铜等引起儿茶素量减少的离子浓度是上述研究的100～130倍，这或许是儿茶素在自来水溶液中极其不稳定的原因所在。

引起儿茶素异构化作用的因素都不是单一作用的，往往在众多因素综合影响下儿茶素发生了复杂的变化。金属离子浓度对儿茶素的稳定性的影响有待于进一步的研究。

3.4 反应时间：反应时间或者保存时间也是影响儿茶素异构化作用的重要因素之一。在一定的时间范围内，随着反应时间的延长，儿茶素异构化反应产物会不断增多，但是反应时间过长，其他副反应也会相应增加，成为主导反应。

由表1可以得知，即便在低温条件下，在足够长的时间内，儿茶素也可以发生异构化反应，但是异构转化量不大；在高温条件下，儿茶素的异构化反应迅速进行，且与时间密切

相关。EGCG在121 ℃下放置2 h，在60 min内EGCG不断生成GCG，且达到最值，之后GCG的量明显降低，其他副反应活跃发生。100 ℃下茶汤中儿茶素在开始3 h内，表型儿茶素和非表型儿茶素存在着良好的此消彼长的对应关系，但更长的保温时间下表型儿茶素和非表型儿茶素都出现下降趋势。Pineiro等[13]也指出当温度高于130 ℃时，反应10 min所得的儿茶素异构化产物没有反应5 min得到的多，在极高温度下，反应时间的延长，使氧化降解等反应优于异构化反应。

在茶叶加工过程中，GCG的增加与加工中高温操作的时间有关，时间越短，其量越低，若能做到快制快运，则能控制其量在较低水平。

3.5 儿茶素质量分数：Seto[10]研究发现，儿茶素质量分数也会影响异构化反应。当pH 5～6时，EGCG随浓度的提高异构化作用越明显，以1% EGCG进行异构化反应最佳，EGCG生成GCG大于60%，0.01%EGCG生成GCG小于20%。pH 2～4时，EGCG浓度对异构化反应的影响不显著，0.001%、0.01%、0.1%、1%EGCG生成GCG均在10%～20%。

3.6 抗坏血酸对儿茶素异构化的影响：抗坏血酸对儿茶素的异构化有一定的抑制作用，且具有明显的剂量效应，添加的抗坏血酸浓度越高，抑制儿茶素异构化效果越好[11,15,17]。实验中也发现抗坏血酸的降解和儿茶素的降解是平行的，虽然在短时间内抗坏血酸保护了儿茶素，但是在一段时间后，其加速了儿茶素的降解。抗坏血酸的保护作用与其调节了溶液的pH值有关，其他研究则认为抗坏血酸对儿茶素单体的保护作用可能不是由于其降低了溶液的pH值所引起的，该实验也采用柠檬酸作保护剂，但是结果显示柠檬酸对儿茶素的稳定性没有帮助。有学者认为，抗坏血酸作为还原剂可以还原多酚自由基，并降低溶液中的水溶性氧，从而保护了儿茶素。但是，其作用机制还有待于具体的试验研究。

4 结语

目前的研究已经发现高温、高pH值、高离子浓度以及长时间都是引起儿茶素异构化的重要因素。尤其是高温条件下，表型儿茶素结构中的-OR与B环两个原子间过于拥挤，内能较大而较不稳定，所以容易异构化为空间位阻较小，相对比较稳定的非表型儿茶素。部分研究通过添加抗坏血酸以期增强儿茶素的稳定性，但是抗坏血酸既具有保护作用也会加速儿茶素的降解，其作用机制尚未阐明。儿茶素和抗坏血酸的协同效应有待于进一步研究。也有研究认为，50%乙醇浸提干茶可以抑制异构化反应的发生[18]。如何抑制儿茶素的异构化作用在现阶段的研究中还是占主流的，但是也有研究开始转向有效的利用儿茶素的异构化作用，目前已有少量研究开始关注非表型儿茶素的功效，利用儿茶素异构化作用制备异构体，这会是儿茶素活性和结构研究的另一个方向。有研究表明，GC比EGC苦味的阈值更高，前者达到200 mg/kg才会产生苦味，后者达到500 mg/kg时就会产生苦味，前者是后者的4倍。所以非表型儿茶素作为新的功能性添加成分，其活性与表型儿茶素相似，又具备表型儿茶素不具有的优点，应该有很大的开发前景。

参考文献：

[1] Chen Z Y, Zhu Q Y, Tsang D, *et al*. Degradation of green tea catechins in tea drinks [J]. *Agric Food Chem*, 2001, 49: 477-482.

[2] 宛晓春. 茶叶生物化学 [M]. 北京：中国农业出版社，2007.

[3] 杨贤强，王岳飞. 茶多酚化学 [M]. 上海：上海科学技术出版社，2003.

[4] Guo Q, Zhao B L, Shen S R, *et al*. ESR study on the structure-antioxidant activity relationship of tea catechins and their epimers [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1999, 1427: 13-23.

[5] Kobayashi M. Heat-epimerized tea catechins have the same cholesterol-lowering activity as green tea catechins in cholesterol-fed rats [J]. *Biosci Biotech Biochem*, 2005, 69 (12): 2455-2458.

[6] Yang D J, Lucy S H, Lin J T. Effects of different steeping methods and storage on caffeine, catechins and gallic acid in bag tea infusions [J]. *J Chromatogr A*, 2007, 1156: 312-320.

[7] Wang H F, Helliwell K. Epimerisation of catechins in green tea infusions [J]. *Food Chem*, 2000, 70: 337-344.

[8] Ito R, Yamamoto A, Kodama S, *et al*. A study on the change of enantiomeric purity of catechins in green tea infusion [J]. *Food Chem*, 2003, 83: 563-568.

[9] Labb D, Tremblay A, Bazinet L. Effect of brewing temperature and duration on green tea catechin solubilization: Basis for production of EGC and EGCG-enriched fractions [J]. *Separat Purific Technol*, 2006, 49: 1-9.

[10] Seto R, Nakamura H, Nanjo F *et al*. Preparation of epimers of tea catechins by heat treatment [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 1997, 61: 1434-1439.

[11] Komatsu Y, Suematsu S, Hisanobu Y, *et al*. Effects of pH and temperature on reaction kinetics of catechins in green tea infusion [J]. *Biosci Biotech Biochem*, 1993, 57: 907-910.

[12] 孙其富，梁月荣，陆建良. 不同灭菌处理对绿茶茶汤生化成分的影响 [J]. 茶叶. 2004, 30(3): 146-148.

[13] Pineiro Z, Palma M, Barrosos C G. Determination of catechins by means of extraction with pressurized liquids [J]. *J Chromatogr A*, 2004, 1026: 19-23.

[14] 陈利燕，屠幼英，陈 暄. 儿茶素在酸性环境中的稳定性研究 [J]. 茶叶，2002, 28(2): 86-88.

[15] Zhu Q Y, Zhang A, Tsang D, *et al*. Stability of green tea catechins [J]. *Agric Food Chem*, 1997, 45: 4624-4628.

[16] Ya L S, Huang Y, Chen Z Y. Stability of tea theaflavins and catechins [J]. *Food Chem*, 2003, 83: 189-195.

[17] Chen Z Y, Zhu Q Y, Wong Y F, *et al*. Stabilizing effect of ascorbic acid on green tea catechins [J]. *Agric Food Chem*, 1998, 46: 2512-2516.

[18] Liang H L, Liang Y R, Dong J J, *et al*. Tea extraction methods in relation to control of epimerization of tea catechins [J]. *Sci Food Agric*, 2007, 87: 1748-1752.

茶儿茶素异构化研究现状

作者： 徐懿， 屠幼英， 钟小玉， XU Yi， TU You-ying， ZHONG Xiao-yu
作者单位： 浙江大学茶学系,浙江,杭州,310029
刊名： 中草药 ISTIC PKU
英文刊名： CHINESE TRADITIONAL AND HERBAL DRUGS
年，卷(期)： 2008,39(7)
被引用次数： 1次

参考文献(18条)

1. Chen Z Y;Zhu Q Y;Tsang D Degradation of green tea catechins in tea drinks[外文期刊] 2001

2. 宛晓春 茶叶生物化学 2007

3. 杨贤强;王岳飞 茶多酚化学 2003

4. Guo Q;Zhao B L;Shen S R ESR study on the structure-antioxidant activity relationship of tea catechins and their epimers[外文期刊] 1999(1)

5. Kobayashi M Heat-epimerized tea catechins have the same cholesterol-lowering activity as green tea catechina in cholesterol-fed rats 2005(12)

6. Yang D J;Lucy S H;Lin J T Effects of different steeping methods and storage on caffeine,catechins and gallic acid in bag tea infusions[外文期刊] 2007(1/2)

7. Wang H F;Helliwell K Epimerisation of catechins in green tea infusions[外文期刊] 2000

8. Ito R;Yamamoto A;Kodama S A study on the change of enantiomeric purity of catechins in green tea infusion[外文期刊] 2003

9. Labb D;Tremblay A;Bazinet L Effect of brewing temperature and duration on green tea catechin solubilization:Basis for production of EGC and EGCG-enriched fractions[外文期刊] 2006(1)

10. Seto R;Nakamura H;Nanjo F Preparation of epimers of tea catechins by heat treatment[外文期刊] 1997(9)

11. Komatsu Y;Suematsu S;Hisanobu Y Effects of pH and temperature on reaction kinetics of cateehins in green tea infusion 1993

12. 孙其寓;梁月荣;陆建良 不同灭菌处理对绿茶茶汤生化成分的影响[期刊论文]-中国茶叶 2004(03)

13. Pineiro Z;Palma M;Barrosos C G Determination of catechins by means of extraction with pressurized liquids[外文期刊] 2004

14. 陈利燕;屠幼英;陈暄 儿茶素在酸性环境中的稳定性研究[期刊论文]-中国茶叶 2002(02)

15. Zhu Q Y;Zhang A;Tsang D Stability of green tea catechins[外文期刊] 1997

16. Ya L S;Huang Y;Chen Z Y Stability of tea theaflavins and catechins[外文期刊] 2003(2)

17. Chen Z Y;Zhu Q Y;Wong Y F Stabilizing effect of ascorbic acid on green tea catechins[外文期刊] 1998

18. Liang H L;Liang Y R;Dong J J Tea extraction methods in relation to control of epimerization of tea cateehins 2007

本文读者也读过(1条)

1. 张立明 基于茶树儿茶素生物合成的蛋白质研究[学位论文]2010

引证文献(1条)

1.涂云飞.毛志方.朱跃进.王盈峰 茶叶中表儿茶素对映光学立体异构体的生化功能[期刊论文]-中国茶叶加工 2009(2)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zcy200807050.aspx