

外源酶对普洱生茶浸提液品质的影响

于春花¹, 宋文军^{1,*}, 李 霏¹, 于 霞¹, 康 洁¹, 徐咏全², 王光路²

(1.天津市食品与生物技术重点实验室,天津商业大学生物技术与食品科学学院,天津 300134;

2.云南天士力帝泊洱生物茶集团有限公司,云南普洱 665000)

摘要:向普洱生茶浸提液中添加不同的外源酶(漆酶、蛋白酶、单宁酶),考察酶的种类及剂量对浸提液内含成分含量的影响。单因素实验结果显示添加不同浓度外源酶可显著调节普洱生茶浸提液内含成分的比例,改善茶浸提液品质。正交实验以茶褐素为指标,结果显示三种酶对茶褐素氧化贡献由大到小顺序为漆酶、蛋白酶、单宁酶;三种酶最优配比为:0.15%、0.05%、0.03%,此条件下,茶多酚含量28.71%,与酶处理前试样比较降低了8.45%;可溶性糖、氨基酸、茶褐素含量分别为11.97%、3.58%、8.60%,是酶处理前的3.49倍、1.10倍、4.32倍。与渥堆发酵相比较,此工艺在较短时间内改变了普洱生茶浸提液内含成分配比,快速氧化形成茶褐素,使茶浸提液回甘效果增强,汤色红浓明亮。本文为实现普洱茶产业走向酶法快速提高茶品质的液化道路奠定基础。

关键词:普洱生茶,外源酶,液态酶转化

Effect of exogenous enzymes on the quality of Pu'er crude tea extract

YU Chun-hua¹, SONG Wen-jun^{1,*}, LI Fei¹, YU Xia¹, KANG Jie¹, XU Yong-quan², WANG Guang-lu²

(1.Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science,

Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China;

2.Yunnan Tasly Deepure Biological Tea Group Co., Ltd, Pu'er 665000, China)

Abstract: Studying on the influence of the type and dose of laccase, protease and tannase enzyme, which were added to Pu'er tea extract, on extract intrinsic component content. The single factor experimental results demonstrate that exogenous enzymes could significantly adjust Pu'er tea extract intrinsic component ratio and improve the quality of tea. To theabrownin prime targets for the main study, orthogonal experiment results showed that three enzymes contribution to theabrownin formation from big to small order for laccase, protease, tannin enzyme. The optimal proportion for three kinds of enzymes were 0.15%, 0.05%, 0.03%. The result showed that tea polyphenol contained 28.71% which was decreased 8.45% comparing with that before the treatment. The concentration of soluble sugar, amino acid acquire, theabrownin to 11.97%, 3.58%, 8.60% respectively under the conditions, which were 3.49, 1.10, 4.32 times than that before the process of enzyme treatment. This process revised the composition ratio of Pu'er crude tea extract and oxidates theabrownin rapidly in a short term, these transform significantly improved the quality of tea ranging from pure and mellow taste to glow color. It would promote the liquid process, that using enzyme to ameliorate the quality of tea.

Key words: Pu'er tea; exogenous enzyme; liquid enzymatic conversion

中图分类号: TS272

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)22-0143-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.22.021

普洱茶历史悠久,属云南特色茶,是由晒青毛茶经特殊后发酵工序处理,制成具有醇、厚、甘、甜、滑等优良品质的普洱茶^[1]。近年来,凭借其独特的品质特征、传统的文化内涵以及多种保健功能而深受广大消费者青睐,掀起了品与饮的热潮。

普洱茶属于后发酵茶,渥堆过程是其区别于其他茶类的特殊工序,此工序对普洱茶形成优质感官品质和保健功效起着至关重要的作用。相关研究认

为:渥堆发酵是以微生物代谢生长为中心,在酶促和湿热共同作用下,晒青毛茶基质内含物发生一系列复杂反应的过程,成为影响普洱茶品质的关键步骤^[2]。目前,酶技术在渥堆发酵中的应用研究愈来愈多,其目的主要是为了缩短发酵周期及改善茶叶品质。李中皓等^[3]研究表明:蛋白酶用于普洱茶样品可以促进茶内含成分转化,改变内含成分间比例,使茶汤滋味转为醇厚且甘甜。杨富亚等^[4]研究表明一定浓度的单

收稿日期:2015-04-02

作者简介:于春花(1990-),女,硕士研究生,研究方向:发酵生物技术,E-mail:13682037285@163.com。

* 通讯作者:宋文军(1967-),男,博士,副教授,研究方向为:发酵生物技术,E-mail:songwenjun@tjcu.edu.cn。

宁酶、蛋白酶、多酚氧化酶等复合酶制剂处理普洱茶样后可以明显改变内含成分含量,进而改善茶叶品质。还有研究将多酚氧化酶喷洒于普洱茶样,经40 d 渥堆发酵后,茶多酚含量分别由原来的10.15%下降到8.03%,茶褐素由13.34%上升到13.60%,显著改善了茶叶品质^[9]。付赢萱等^[10]利用多酚氧化酶进行为期18 d普洱茶渥堆发酵,茶多酚、茶褐素等成分的变化差异显著,且在酶浓度为1.6、3.2 U/g时,普洱茶达到了陈年普洱茶品质。目前,这些研究均是酶用于固态普洱茶发酵,而酶技术直接应用于晒青毛茶浸提液的研究,国内外鲜有报道。与茶叶固态渥堆发酵相比,浸提液的液态酶解法更加直接,能使底物与酶充分接触,反应更加充分。本文主要研究不同浓度漆酶、蛋白酶和单宁酶及复合酶对晒青毛茶浸提液各主要成分及其品质的影响,初步摸索在液态条件下,酶如何快速转化茶的内含成分及提高品质,为实现普洱茶产业走向酶法快速提高茶品质的液态化道路奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

云南大叶种晒青毛茶 天津市天士力研究所;中性蛋白酶 诺维信公司,酶活力500 U/g;漆酶 诺维信公司,酶活力200 U/g;单宁酶 南宁东恒华道生物科技有限责任公司,酶活力200 U/g;福林酚、水合茚三酮、葱酮、正丁醇、草酸 国产分析纯。

DHG-9070A鼓风电热恒温干燥箱、HHS-6-S恒温水浴锅 上海宜昌仪器有限公司;T6新世纪可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;DS-1高速组织捣碎机 上海标本模型厂。

1.2 实验方法

1.2.1 茶浸提液制备 将晒青毛茶置于捣碎机中粉碎后,过100目筛子,备用。

将1000 mL,85 ℃热水加入到盛有20 g粉碎茶样的烧杯中(保鲜膜封口),在85 ℃恒温条件下,浸提15 min后过滤、定容至1000 mL,茶浸提液冷却至40 ℃,分装至100 mL三角瓶中待用。

1.2.2 酶解实验 酶制剂添加到100 mL茶浸提液中进行内含成分酶转化实验,根据预实验采用酶转化时间和温度分别为4 h、40 ℃。100 mL不加酶茶浸提液为对照组。每组实验重复三次。酶转化实验结束后,立即将对照组和实验组浸提液加热到90 ℃进行

灭酶3 min处理,然后趁热过滤,分析茶多酚、可溶性糖、茶褐素、氨基酸含量变化。

1.2.3 单因素实验设计 为摸索漆酶、蛋白酶、单宁酶三种酶在不同浓度下对普洱生茶浸提液品质的影响,以不同浓度漆酶、蛋白酶、单宁酶作为变量因子,茶多酚、氨基酸、可溶性糖、茶褐素含量为指标,按照1.2.2进行实验。三种酶的浓度如下:

漆酶、蛋白酶浓度水平(%):0.025、0.050、0.075、0.100、0.125、0.150;单宁酶浓度水平(%):0.005、0.01、0.02、0.03、0.04。

1.2.4 正交实验设计 根据单因素实验结果,设计三因素三水平 $L_9(3^3)$ 正交表,以普洱茶中重要的茶褐素作为主要检测指标,考察漆酶、蛋白酶、单宁酶对主要考察指标的影响,正交设计因素水平表如表1所示。

表1 正交实验因素水平表
Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

因素	水平		
	1	2	3
A 漆酶(%)	0.05	0.1	0.15
B 蛋白酶(%)	0.05	0.1	0.15
C 单宁酶(%)	0.005	0.02	0.03

1.2.5 指标的测定

1.2.5.1 茶多酚测定 按照国标GB/T 8313-2008茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法^[7]进行测定。

1.2.5.2 茶褐素测定 采用系统比色分析法^[8]对茶褐素测定。

1.2.5.3 游离氨基酸测定 采用GB/T 8314-2013茶游离氨基酸总量方法^[9]测定游离氨基酸。

1.2.5.4 可溶性糖测定 采用葱酮硫酸比色法^[10]测定茶浸提液中可溶性糖含量。

1.3 数据分析

实验数据经Excel处理后,利用SPSS 16.0软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 漆酶浓度对普洱生茶浸提液内含成分的影响 不同浓度的漆酶对普洱生茶浸提液内含成分影响如表2所示。

表2 不同浓度漆酶对普洱生茶浸提液内含成分影响($\bar{x}\pm SD$)

Table 2 Effect of different concentrations of laccase on Pu'er crude tea extracts components($\bar{x}\pm SD$)

不同酶浓度(%)	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	茶褐素(%)
空白	31.36±0.13Aa	3.29±0.01Aa	3.43±0.02Aa	1.99±0.01Aa
0.025	30.87±0.06Bb	3.24±0.01Bb	4.59±0.01Bb	2.47±0.01Bb
0.050	30.57±0.13Cc	3.13±0.02CDc	4.98±0.01Cc	2.81±0.02Cc
0.075	29.10±0.07Ed	3.14±0.02Cc	5.74±0.02Dd	3.88±0.02Dd
0.100	29.34±0.03De	3.11±0.04De	7.18±0.02Ee	4.20±0.04Ee
0.125	29.53±0.09Df	3.13±0.01CDc	8.29±0.01Ff	4.87±0.05Ff
0.150	28.18±0.10Fg	3.12±0.03CDde	9.31±0.04Gg	6.58±0.03Gg

注:表中英文大、小写字母分别表示Duncan's新复极差测验(SSR法)在 $p=0.01$ 、 $p=0.05$ 水平下的差异显著性($n=3$),表3、表4同。

茶多酚是茶叶中的关键品质成分,经发酵后其含量适中,茶汤滋味、色泽较好;其含量较高,茶汤滋味苦涩,反之滋味淡薄、汤色较黑^[1]。表2显示茶多酚含量随着酶添加量增加呈极显著下降趋势($p < 0.01$),说明漆酶有促进茶多酚氧化作用。滋味成分氨基酸含量也达到了显著下降水平($p < 0.05$)。浸提液经漆酶处理后,茶多酚、氨基酸、可溶性糖和茶褐素含量与空白组相比较均发生不同程度的变化,最高级的氧化产物茶褐素以及掩盖茶苦味、表现为“甘”的可溶性糖含量均随着酶添加量增加达到呈极显著上升趋势($p < 0.01$)。

以上数据除了可溶性糖外,其他内含成分含量变化趋势与吴桢普洱茶渥堆发酵过程中主要生化成分的变化趋势大致相同^[12],这与漆酶具有使茶多酚、氨基酸、糖等物质发生氧化聚合反应形成茶褐色以及一些不溶物作用相一致。本研究中可溶性糖含量大幅度上升,可能原因可能是:束缚状态下的茶多糖在酶和湿热等作用形成游离态;此研究中无微生物消耗糖类物质茶多糖可以部分积累。可溶性糖含量增加有两方面益处:一方面掩盖和协调苦味、涩味,改善茶叶品质、口感;另一方面发挥茶多糖降血糖、血脂、抗凝血、抗血栓、增强免疫力等多种对机体有利的保健功能^[13-15]。

茶褐素和水溶性糖这两种对人体有益的活性物质含量高低直接反应茶汤的色泽和滋味^[16-17],随着二者含量的增多,茶汤颜色依次加深,回甘依次加强。在酶添加量为0.15%时,茶水浸提液中茶褐素含量达到了最大值6.58%,虽然没有达到熟茶水平^[18-19],但是未加酶组的3.31倍,由此可见漆酶有促进多酚类物质氧化,茶褐素积累的作用。若继续增大酶用量,茶褐素含量有可能达到熟茶水平(占茶干重的10%~20%左右),但通过预实验发现,酶浓度高于0.15%

时,茶汤出现浑浊现象;且生产成本提高,故酶添加量应控制在0.15%以内。

综上,从经济、效果两方面考虑,选择0.05%、0.10%、0.15%为正交实验的三个水平。

2.1.2 蛋白酶浓度对普洱茶浸提液内含成分的影响 不同浓度的蛋白酶对普洱茶浸提液内含成分的影响如表3所示。

由表3可知,茶多、氨基酸、可溶性糖以及茶褐素含量均呈上升趋势。游离氨基酸不仅关系到茶叶鲜爽度,而且间接反映茶叶香气物质^[20]。此数据与表2相比较,氨基酸含量变化较大,原因可能为:蛋白酶的作用主要是降解蛋白质形成氨基酸,故氨基酸含量呈上升趋势;同时蛋白酶将茶多糖茶中的蛋白质降解,致使氨基酸含量上升。

茶褐色是普洱茶非常重要的特征成分,是由多酚类、茶黄素、茶红素进一步的氧化、聚合转化而成成分复杂的化合物^[16,21],其可能由糖类、酚类、蛋白质、生物碱类、色素等构成^[22-23]。本实验中茶褐素小幅度增加可能是与糖类、酚类以及蛋白质聚合作用有关。

酶添加量为0.15%时,茶中茶多酚、氨基酸、可溶性糖以及茶褐素含量均达到了较高水平,且在此浓度下,可溶性糖含量达到最大值15.56%,而可溶性糖是茶的主要甜味成分,可掩盖茶多酚的部分苦味,且含量越高,茶汤就越甘醇^[17]。预实验时,酶添加量超过0.15%时,茶汤回甘的效果虽然显著,但是茶汤出现浑浊现象,不利于茶品质形成。

综上,从经济和效果两方面考虑,选择0.05%、0.1%、0.15%为正交实验的三个水平。

2.1.3 单宁酶浓度对普洱茶浸提液内含成分的影响 不同浓度的单宁酶对普洱茶浸提液内含成分影响如表4所示。

表3 不同浓度蛋白酶对普洱茶浸提液内含成分影响($\bar{x} \pm SD$)

Table 3 Effect of different concentrations of protease on Pu'er crude tea extracts components ($\bar{x} \pm SD$)

不同酶浓度(%)	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	茶褐素(%)
空白	31.36±0.07Aa	3.29±0.01DEef	3.42±0.02Aa	1.99±0.01Ee
0.025	31.35±0.09Aa	3.28±0.03Ef	4.59±0.02Bb	2.14±0.02Dd
0.050	31.34±0.03Aa	3.31±0.03Dd	6.38±0.01Cc	1.99±0.03Ee
0.075	31.84±0.07Bb	3.31±0.02Dde	7.72±0.03Dd	2.20±0.01Cc
0.100	31.66±0.02Bb	3.40±0.01Bb	12.03±0.03Ee	2.23±0.02Cc
0.125	31.70±0.12Bb	3.43±0.04Aa	13.88±0.03Ff	2.32±0.09Bb
0.150	31.83±0.06Bb	3.36±0.06Cc	15.56±0.05Gg	2.45±0.05Aa

表4 不同浓度单宁酶对普洱茶浸提液内含成分影响($\bar{x} \pm SD$)

Table 4 Effect of different concentrations of tannin enzyme on Pu'er crude tea extracts components ($\bar{x} \pm SD$)

不同酶浓度(%)	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	茶褐素(%)
空白	31.40±0.09Dd	3.29±0.04Ee	3.43±0.02Aa	1.97±0.02Bb
0.005	33.25±0.12Aa	3.55±0.07Cc	5.18±0.03Bb	1.90±0.04Cc
0.01	32.15±0.03Cc	3.62±0.09Aa	4.52±0.04Cc	1.96±0.03Bb
0.02	32.76±0.07Bb	3.55±0.07Cc	5.375±0.02Dd	2.38±0.01Aa
0.03	32.21±0.07Cc	3.52±0.08Dd	5.84±0.02Ee	1.64±0.00Ee
0.04	32.76±0.09Bb	3.58±0.10Bb	7.70±0.03Ff	1.78±0.02Dd

由表4可以看出:普洱茶茶浸提液经单宁酶处理后,其中内含成分含量与空白组相比较均发生不同程度变化,茶多酚含量随着酶添加量的增加而升高;氨基酸和茶褐色含量变化均呈显著上升趋势($p < 0.05$),而糖的含量达到了极显著上升水平($p < 0.01$)。酶用量0.04%时,虽然茶汤含糖量达到最大值,但略带酸味,而酸味不利于高品质普洱茶形成,故酶用量控制在0.03%以内。从经济、效果双方面出发,梯度选择0.005%、0.02%、0.03%为正交实验的三个水平。

2.2 正交实验结果

普洱茶发酵是微生物及其产生的酶系、湿热作用等综合作用下发生复杂的化学反应,形成不同品质茶的过程,微生物在此过程中形成的酶种类较多,各种酶协调作用,因此本实验对漆酶、单宁酶以及蛋白酶按照表1进行正交实验。正交实验结果如表5所示。

表5 正交实验设计及结果

Table 5 Scheme and experimental results of the orthogonal experiment

实验号	A	B	C	茶褐素(%)
1	1	1	1	4.71
2	1	2	1	4.08
3	1	3	3	4.09
4	2	1	2	5.71
5	2	2	3	6.32
6	2	3	1	5.84
7	3	1	3	8.60
8	3	2	1	7.42
9	3	3	2	8.55
k ₁	4.30	6.34	5.99	
k ₂	5.97	5.94	6.11	
k ₃	8.19	6.16	6.34	
R	3.89	0.40	0.35	

茶褐素是茶多酚的最终氧化产物,水平的高低不仅反映茶发酵的程度,而且影响着茶汤的色泽及品质。有研究显示,普洱熟茶中茶褐素含量达到干茶重的10%~20%左右,而其含量低于5%时,为发酵不足^[18-19]。还有研究分析了高、中、低三级普洱熟散茶中内含成分,其中茶褐素在三等级茶中平均含量分别为:14.96%、13.99%、13.37%^[24]。因此,本正交实验以茶褐素为主要指标,探索复配酶促进茶内含成分氧化效果。

由表5可知,7号实验酶组合条件A₃B₁C₃实验结果(茶褐素含量8.60%)最大,且与单酶处理茶浸提液后形成茶褐素含量最高数据(6.58%)相比较提高了30.70%,但是低于各个单酶处理茶浸提液的效果总和(茶褐素含量10.21%),说明组合酶作用效果高于单一酶,但组合酶作用效果不是单一酶的效果简单相加。根据R值可知三种酶对茶褐素含量影响的主次顺序为:A>B>C,即漆酶>蛋白酶>单宁酶,由k值确定最佳酶组合方式为:A₃B₁C₃,恰为7号实验,即漆酶、蛋

白酶、单宁酶的浓度分别为0.15%、0.05%、0.03%。在此条件下进行验证实验,茶多酚含量28.71%,与酶处理前组比较降低了8.45%;可溶性糖、氨基酸、茶褐素含量分别为11.97%、3.58%、8.60%,分别是酶处理前的3.49倍、1.10倍、4.32倍。此条件下处理的茶水浸提液与酶处理前相比较回甘强、涩味低、红浓明亮。

3 结论

向云南普洱生茶浸提液中添加漆酶、蛋白酶、单宁酶外源酶,通过单因素和正交实验考察酶对普洱茶品质的影响:在40℃下处理4h,三种酶的最优添加量,分别为0.15%、0.05%和0.03%,此时茶浸提液主要成分茶多酚、可溶性糖、氨基酸、茶褐素含量分别为28.71%、11.97%、3.58%和8.60%,其中茶褐素含量是未经酶处理的4.32倍。此工艺在较短时间内显著改变了普洱生茶浸提液内含成分含量,品质有大幅度提高,是十分有潜力的液态化生产高品质普洱茶的工艺。

4 展望

普洱生茶浸提液酶解工艺使酶与底物充分接触,进而加快了茶内含成分转化,为缩短普洱生茶发酵周期,形成高质量普洱茶提供了可能。此研究是酶液态化发酵普洱生茶工艺的初步探索,虽然取得了一定效果,但是普洱茶由“生”转“熟”的发酵过程是多种酶参与、复杂的化学反应,要形成高质量的普洱茶(熟)还需要进一步探索,还有诸多问题有待解决:a.高效酶制剂开发,由于普洱茶后发酵过程是多种酶协同作用的结果,因此,开发合适的复合酶制剂可能会快速将普洱茶由“生”转“熟”;b.普洱茶发酵过程中,酶种类很多,且不同的酶在不同阶段发挥作用,复合酶制剂的开发可能存在弊端,故研究酶分段作用十分必要;c.廉价、高效酶制剂开发,普洱茶发酵所用微生物拥有丰富的酶系,如果将微生物自身酶系制成酶种子液进行普洱茶液态发酵,即可以解决利用复合酶制剂复配带来的复杂问题,又缩短发酵周期、降低生产成本。笔者进一步需要解决的问题是模拟渥堆发酵中酶的作用时段,探索酶分段作用机制,为普洱生茶液态化快速生产高品质普洱茶的工艺的研究提供理论和实践基础。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 22111-2008地理标志产品普洱茶国家标准[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [2] 何青元. 云南普洱茶加工工艺探讨[J]. 贵州茶叶,2002,30(3):13-15.
- [3] 李中皓,刘通讯. 外源酶对成品普洱茶品质的影响研究[J]. 食品工业科技,2008,29(2):152-154.
- [4] 杨富亚,许波,李俊俊,等. 普洱茶渥堆过程中复合酶制剂的应用研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(9):4057-4060.
- [5] 赵冰,李中皓,陈再根,等. 外源多酚氧化酶对普洱茶品质的影响研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(30):14940-14943.
- [6] 付赢莹,刘通讯. 多酚氧化酶对普洱茶渥堆发酵过程中品

(下转第150页)

- [2] 崔康康,姬凤彩,王志琴,等. 新疆昆仑雪菊水提液对大鼠血脂的影响[J]. 新疆农业大学学报,2013(5):366-370.
- [3] 毛新民,韩雪,卢伟,等. 两色金鸡菊对糖尿病小鼠血糖、血脂的影响[J]. 中药药理与临床,2014(2):78-82.
- [4] 杨英士,陈伟,杨海燕,等. 昆仑雪菊中2个黄酮类化合物的分离鉴定及其抗氧化活性评价[J]. 南京农业大学学报,2014(4):149-154.
- [5] Luís Gaspar, Andreia P Oliveira, Luís R Silva et al. Metabolic and biological prospecting of *Coreopsis tinctoria* [J]. Brazilian Journal of Pharmacognosy, 2012, 4, 22(2):350-358.
- [6] 马荣粒,黄丛林,张秀海,等. 茶用菊花研究进展[J]. 北方园艺,2009(8):151-154.
- [7] 徐玲. 冲泡条件对滁菊感官品质的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(29):18232-18283.
- [8] 木合布力·阿不力孜,张燕,景兆均. 新疆昆仑雪菊化学成分的初步定性研究[J]. 新疆医科大学学报,2010,33(6):628-630.
- [9] 袁琦,赵辉,蒲晓辉,等. HPLC法同时测定菊花中绿原酸、黄芩苷和槲皮素的含量[J]. 沈阳药科大学学报,2014(2):112-114.
- [10] 张彦丽,韩艳春,阿依吐伦·斯马义. GC-MS对昆仑雪菊挥发油成分的研究[J]. 新疆医科大学学报,2010,33(11):1299-1300.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. GB/T 18862-2008地理标志产品杭白菊[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. GB/T 20359-2006地理标志产品黄山贡菊[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. GB/T 19692-2008地理标志产品滁菊[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [14] 崔志杰,何玲,刘仲华,等. 儿茶素的生物学活性及其应用前景概述[J]. 物营养学报,2011,23(10):1664-1668.
- [15] 国家药典委员会. 中国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:292-293.
- [16] 王艳芳,王新华,朱宇同. 槲皮素药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2003,15(2):171-173.
- [17] 张维冰,王智聪,张凌怡. 超高效液相色谱-二极管阵列检测-串联质谱法测定菊花中的10种咖啡酰基奎宁酸和22种黄酮类化合物[J]. 分析化学,2013,12:1851-1861.
- [18] 远辉,丁春瑞,郝明明. 新疆伊犁马肉中氨基酸含量测定及分析[J]. 食品科技,2012(10):120-121.
- [19] 闫素雅,赵丽,黎耀东,等. 雪菊色素提取工艺的研究[J]. 新疆中医药,2013,31(6):58-61.
- [20] 徐春明,庞高阳,李婷. 花青素的生理活性研究进展[J]. 中国食品添加剂,2013(3):205-210.
- [21] 曾羽,陈兴福,张玉,等. 不同海拔菊花氨基酸组分分析及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业,2014,40(4):190-194.

(上接第146页)

- 质变化的影响[J]. 现代食品科技,2015,31(3):197-201.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 8313-2008茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [8] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1989:179-182.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 8314-2013茶游离氨基酸总量方法[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [10] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,1999:12-18.
- [11] 刘玲. 普洱茶特征风味成分分析[D]. 重庆:西南大学,2010.
- [12] 吴楨. 普洱茶渥堆发酵过程中主要生化成分的变化[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [13] 丁仁凤,何普明,揭国良. 茶多糖和茶多酚的降血糖作用研究[J]. 茶叶科学,2005,25(3):219-224.
- [14] 苏静静,王雪青,宋文军,等. 普洱茶对小鼠血糖的干预作用[J]. 食品科学,2014,35(9):260-263.
- [15] 蒋成现,谢昆,薛春丽,等. 普洱茶多糖增强免疫功能研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(1):257-258.
- [16] 罗龙新,吴小崇,邓余良,等. 云南普洱茶渥堆过程中生化成分的变化及其与品质形成的关系[J]. 茶叶科学,1998,18(1):53-60.
- [17] 杨巍. 普洱茶滋味成分及其与品质的关系[J]. 亚热带农业研究,2007,3(3):225-230.
- [18] 张新富,龚加顺,周红杰,等. 云南普洱茶中多酚类物质与品质的关系研究[J]. 食品科学,2008,29(4):230-233.
- [19] 龚淑英,周树红. 普洱茶贮藏过程中主要化学成分含量及感官品质变化的研究[J]. 茶叶科学,2002,22(1):51-56.
- [20] 凌萌乐. 外源氨基酸对普洱茶发酵过程及品质的影响[D]. 广州:华南理工大学,2014.
- [21] 周红杰,秘鸣,韩俊. 普洱茶的功效及品质形成机理研究进展[J]. 茶叶,2003,29(2):75-77.
- [22] 李连喜. 不同制法普洱茶茶褐素及其在贮存中变化的研究[D]. 重庆:西南大学,2005.
- [23] Gong J, Peng C, Chen T, et al. Effects of Theabrownin from Pu-erh Tea on the Metabolism of Serum Lipids in Rats: Mechanism of Action[J]. Journal of food science, 2010, 75(6):H182-H189.
- [24] 吕海鹏,林智,张悦,等. 不同等级普洱茶的化学成分及抗氧化活性比较[J]. 茶叶科学,2013,34(4):386-395.