

珠形茶摊青过程中主要化学成分的变化

沈强¹, 潘科¹, 张建², 郑文佳¹

(1. 贵州省茶叶研究所, 贵州贵阳 550006) (2. 贵州省产品质量监督检验院, 贵州贵阳 550004)

摘要:以珠形茶茶青为材料, 采用感官判断法和亨特-Lab 表色法, 并结合高效液相色谱法和化学分析法, 对不同摊青处理茶样分别进行了叶相观察、色泽测定和主要化学成分分析, 并利用 SPSS 统计软件进行差异显著性和相关性分析。结果表明: 摊青过程中茶青含水率呈显著减少, 色泽逐渐加深, 叶质逐渐变软, 清香逐渐显露, 最适宜珠形茶加工的含水率和-b/a 值分别为 74% 和 3.66; 含水率、ECG、EGCG、GCG、酯型儿茶素总量、儿茶素总量呈减少趋势; 氨基酸总量和可溶性糖呈增加趋势; 茶多酚、酚氨比、EC、儿茶素总量呈先减少后增加的趋势; EGC 呈先减少再增加后减少的趋势; C 呈先增加再减少后增加的趋势。含水率变化与 EC 呈正相关, 与可溶性糖呈负相关, 但均未达到显著水平; 而与茶多酚、酚氨比、EGC、EGCG、GCG、ECG、酯型儿茶素总量和儿茶素总量呈极显著正相关, 如与 EGCG 的相关系数 $r_{0.01}=0.99^{**}$; 与氨基酸和 C 呈极显著负相关。

关键词: 摊青; 化学成分; 珠形茶

文章编号: 1673-9078(2013)10-2554-2558

Change of Main Chemical Components of Bead Tea during Spreading

SHEN Qiang¹, PAN Ke¹, ZHANG Jian², ZHENG Wen-jia¹

(1. Guizhou Tea Research Institute, Guiyang 550006, China)

(2. Guizhou Product Quality Supervision and Inspection Institute, Guiyang 550004, China)

Abstract: Fresh leaves of bead tea were processed by different spreading method and their leaf appearance, color and main chemical compositions were investigated by sensory evaluation, Hunte-Lab color space method, high performance liquid chromatography and chemical analysis. SPSS (Statistical Product and Service Solutions) statistical software was used for significant difference analysis and correlation analysis. The results showed that during spreading processing of the tea leaf, their moisture content decreased significantly and color was gradually deepened. The leaf became soft and showed delicate fragrance. The most suitable moisture contents and -b/a value for bead tea processing were 74% and 3.66, respectively. Moisture content, (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-gallocatechin gallate (GCG), total amount of catechins and ester type catechins showed a decreasing trend. Tea polyphenols, phenol ammonia ratio, (-)-epicatechin (EC), total amount of catechins presented a downward trend at first then went up with prolonging the processing time. (-)-Epigallocatechin (EGC) decreased first then increased, but decreased again at last period of the spreading processing, while the catechin (C) content increased first, decreased then and increased again lastly. Change of moisture content had a positive correlation with EC, but a negative correlation with soluble sugar content, neither of which was significant. Significant positive correlations of moisture content with phenol ammonia ratio, EGC, EGCG, GCG, ECG, total amount of catechins and ester type catechins, however were found. In particular, the correlation coefficient with EGCG could reach 0.99. In addition, moisture content showed extremely significant negative correlation with contents of amino acids and C.

Key words: spreading; chemistry components; bead tea

摊青是绿茶加工中的首要工序, 在摊青过程中茶青发生一系列的物理变化和化学变化, 芳香类物质形成及挥发, 叶绿素适度分解, 一些大分子物质水解生成简单物质, 多酚类物质部分发生氧化降解, 儿茶素

收稿日期: 2013-07-29

基金项目: 贵州省科技重大茶叶专项 (20080015), 贵州省优秀科技教育人才省长专项 (201229), 贵州省创新平台专项 (20104008)

作者简介: 沈强 (1981-), 男, 助理研究员, 从事茶叶深加工技术及综合利用

通讯作者: 郑文佳 (1969-), 男, 研究员, 从事茶叶加工技术研究

部分与蛋白质结合, 酯型儿茶素转变成简单儿茶素, 减少苦涩味; 同时, 摊青使茶青中水分散失, 茶青含水率减少, 叶相发生改变^[1-2]。尹军峰等研究表明, 随摊青时间增加, 茶青含水率减少逐渐加快, 主要生化成分变化呈不同变化规律^[3], 当茶青摊放 6 h 后加工的绿茶品质较好^[4], 郑鹏程等研究也得出摊青时间少于 6 h 或大于 12 h 均不利于绿茶香气品质的形成^[5], 而郑文佳等研究表明, 摊青 14 h 后加工的绿茶香气品质最佳^[6], 同时李传忠等研究表明, 摊青 28 h 后加工有利于茶叶品质的提高^[7]。以上报道文献中摊青参数有所

差异,这可能是与茶青品种及嫩度、摊青厚度、摊青环境条件等不同引起的。

近年来针对绿茶摊青工序的研究,主要集中在茶青化学成分的变化、香气成分的形成,而对摊青环境条件对绿茶品质影响的研究甚少^[8],同时,在珠形茶实际生产过程中,主要靠制茶师傅采用“看茶制茶”传统方式进行摊青适度的感官经验判断,对于珠形茶摊青过程中的主要化学成分变化的研究未见报道。为此,本研究拟定以珠形茶茶青为材料,采用感官判断法和亨特-Lab 表色法,并结合高效液相色谱法和化学分析法,对不同摊青处理茶样分别进行了叶相观察、色泽测定和主要化学成分分析,旨在研究摊青工序与珠形茶品质有关的物质变化规律,为完善珠形茶的制茶化学理论和提高珠形茶品质提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2010年4月,茶青采自贵阳春秋茶业有限公司茶叶基地,品种为福鼎大白茶,茶青标准为一芽三叶约占90%,一芽二叶约占10%。

1.2 主要仪器设备

Milli-Q 超纯水处理系统,美国 Millipore 公司; UltraScan PRO 全自动测色色差计,美国 HunterLab 公司; 4K-15 型冷冻离心机,德国 SIGMA 公司; LC-10A 型高效液相色谱仪,日本岛津公司; TU-1900 双束紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司; DFT-200 手提式万能粉碎机,浙江温岭市林大机械有限公司; HH6 数显恒温水浴锅,金坛市富华仪器有限公司; DHG-9030 电热恒温鼓风干燥箱,上海齐欣科学仪器有限公司; FA2004 电子天平,上海恒平科学仪器有限公司; KQ3200DB 型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司; SHZ-III 型循环水真空泵及抽滤装置,上海亚荣生化仪器厂; 摊青设备,自制。

1.3 试验方法

1.3.1 摊青处理设计

参照贵州珠形茶摊青条件:春季室内温度在14~17℃;湿度88~90%;摊青厚度5 cm左右,间歇式送风处理。设计五种摊青处理,每份茶青为40 kg,分别为摊青0 h、摊青6 h、摊青10 h、摊青14 h和摊青18 h,按照上述条件进行试验。

1.3.2 茶青叶相变化判断

采用感官判断法对茶青样的色泽、柔软度、香气

等变化进行观察;同时,采用亨特-Lab 表色法,取出粉碎茶青样,利用色差计测定茶青样的色度值。

1.3.3 茶青固样处理

采用蒸青固样法,具体步骤为:待蒸锅内有足够的蒸汽时,将准确称量的茶青样500 g,均匀平铺在蒸锅蒸架上,立即盖上锅盖,固样时间3.5~4 min,然后取出固样,抖散薄摊,待完全冷却后,再放入烘箱,温度控制在75~80℃烘至足干,取出后摊凉冷却,装入铝箔袋密封,放入冰箱保存,待测。

1.3.4 主要化学成分测定

水分测定参照 GB/T8304-2002《茶 水分测定》、茶多酚测定参照 GB/T8313-2008《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》、氨基酸测定参照 GB/T23193-2008《茶叶中氨基酸的测定高效液相色谱法》、可溶性糖采用苯酚-硫酸法比色测定吸光度、试样磨制及干物质测定参照 GB/T8303-2002《茶 磨碎试样的制备及其干物质含量测定》。

1.3.5 数据统计分析

采用 Microsoft Excel 2003、SigmaPlot 10.0 和 SPSS 11.5 统计软件对试验数据进行处理和分析。

2 结果与讨论

2.1 摊青过程中茶青叶相的变化

在珠形茶摊青过程中,随着摊青时间的延长,茶青样中的青草气逐渐散失,清香逐渐显露,而后转为闷臭味;色泽由嫩绿逐渐转为暗绿,再逐渐变为微黄;叶片逐渐萎蔫,并失去光泽。摊青时间10~15 h,叶质逐渐变软,色泽变为暗绿,清香显露,这段时间是较适宜珠形茶的后续加工和综合品质风味的形成。摊青过程中茶青色泽的变化如表1所示。由于叶绿素光敏性很强,加上丙酮比色法测叶绿素耗时较长,为避免叶绿素被破坏,试验中采用亨特-Lab 表色法测茶青色泽的变化。研究表明^[9-10],亨特-Lab 表色法与感官判断法的结果接近,能够较真实的反应茶青色泽,茶青色泽变化主要通过亮度(L)、绿度(-a)、黄度(b)来反应,色相指标(-b/a)更能直观反应茶青色泽的变化,-b/a 越小茶青色泽越绿。由表1可知,在摊青过程中,L、-a、b 呈先增加后减少的趋势,-b/a 呈先减少后增加的趋势。Duncan 多重比较结果表明:摊青14 h 的 L 显著高于摊青0 h、摊青6 h、摊青10 h 和摊青18 h;-a 和 b 显著高于摊青0 h、摊青6 h、摊青10 h,与摊青18 h 差异不显著;-b/a 显著低于摊青0 h、摊青6 h、摊青10 h 和摊青18 h。在摊青14 h 中,L、-a、b 均达到最大,分别为63.66、5.15 和18.86,-b/a

最小, 其值为 3.66, 结合感官判断可知, 此时茶青色泽表现为最适宜珠形茶加工的要求。

表 1 摊青过程中茶青色泽的变化

Table 1 Change of color and luster in fresh tea leaves during spreading

处理方式	亮度/L	绿度/-a	黄度/(b)	色相指标/(-b/a)
摊青 0 h	56.62±0.58 ^a	2.70±0.09 ^a	14.07±0.18 ^a	5.21±0.11 ^d
摊青 6 h	60.07±0.71 ^b	3.36±0.08 ^b	16.79±0.11 ^b	5.00±0.09 ^c
摊青 10 h	61.44±0.53 ^c	4.48±0.12 ^c	17.39±0.14 ^c	3.88±0.07 ^b
摊青 14 h	63.66±0.73 ^d	5.15±0.07 ^d	18.86±0.13 ^d	3.66±0.02 ^a
摊青 18 h	60.41±0.65 ^b	4.67±0.11 ^{dc}	18.46±0.15 ^d	3.95±0.06 ^b

注: (a-d)表示同一列在 0.05 水平上差异显著。

2.2 摊青过程中含水率的变化

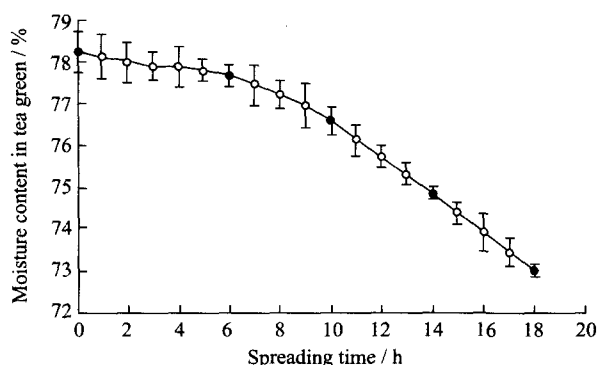


图 1 摊青过程中含水率的变化

Fig.1 Change of moisture content in fresh tea leaves during spreading

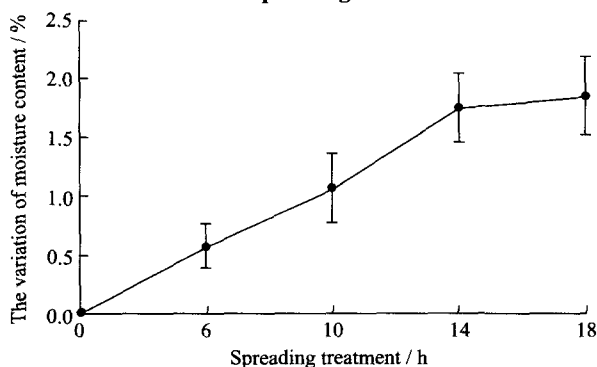


图 2 不同摊青处理之间含水率的变化

Fig.2 Change of moisture content in fresh tea leaves different during spreading

摊青过程中含水率的变化如图 1 所示。由图 1 和图 2 可知, 在处理摊青 0 h 至摊青 18 h 过程中, 茶青含水率分别从 78.22% 降到 77.65%、77.65% 降到 76.59%、76.59% 降到 74.85%、74.85% 降到 73.01%, 含水率分别减少了 0.57%、1.06%、1.74% 和 1.84%。以上结果表明, 在珠形茶摊青初期, 其含水率减少缓慢, 随着摊青时间的延长, 含水率减少速率持续增大。

本研究中的珠形茶摊青适度的含水率在 74% 左右, 较其它名优绿茶摊青适度的含水率 70%^[11] 高, 一是由于贵州珠形茶茶青标准以一芽三叶为主, 茶青中茶梗散失水分慢, 导致茶青含水率整体偏高; 二是由于贵州珠形茶做形干燥工艺时间较长, 茶青含水率较其它绿茶茶青含水率高的要求。

2.3 摊青过程中主要化学成分的变化

摊青过程中主要化学成分的变化如表 2 所示。由表 2 可知, 摊青处理对茶青含水率、ECG、EC、GCG、酯型儿茶素总量和儿茶素总量表现出显著性差异; 对可溶性糖含量变化不显著; 而对其它化学成分含量变化表现出不同规律, 如摊青 0 h 至摊青 6 h 过程中, 茶多酚含量变化不显著, 其它各处理之间呈显著性差异。在整个摊青过程中, 含水率、ECG、EGCG、GCG、酯型儿茶素总量、儿茶素总量呈减少趋势; 氨基酸总量和可溶性糖呈增加趋势; 茶多酚、酚氨比、EC、儿茶素总量呈先减少后增加的趋势; EGC 呈先减少再增加后减少的趋势; C 呈先增加再减少后增加的趋势。如在摊青处理前期, 茶多酚呈减少趋势, 与尹军峰等^[4] 研究结果相似, 原因可能是由于多酚氧化酶的作用, 引起茶多酚减少; 后期茶多酚呈增加趋势, 原因可能是由于摊青时间过长, 茶青含水率减少, 茶青中干物质含量减少, 导致茶多酚的相对含量增加^[3]。而氨基酸总量和可溶性糖呈增加趋势, 这可能是与蛋白质、淀粉、纤维素等大分子物质不断水解有关。在摊青处理前期, 酚氨比呈减少趋势, 后期呈增加趋势, 试验结果与尹军峰等^[3] 研究结果相似, 原因可能是由于摊青前期茶多酚发生氧化降解, 蛋白质等物质水解生成氨基酸; 后期多酚氧化酶活性减少^[12], 茶多酚氧化减慢, 蛋白质等物质减少, 生成氨基酸减少, 且少部分参与香气物质的形成^[13]。在摊青过程中, 酯型儿茶素总量呈减少趋势, 这是由于摊青过程中部分酯型儿茶素水解转化为简单儿茶素所致; 而儿茶素总量呈先减少后增加的趋势, 原因还有待今后进一步研究。

摊青过程中含水率变化与主要化学成分的相关性如表 3 所示。由表 3 可知, 在摊青过程中, 含水率变化与 EC 呈正相关, 与可溶性糖呈负相关, 但均未达到显著水平; 而与茶多酚、酚氨比、EGC、EGCG、GCG、ECG、酯型儿茶素和儿茶素总量呈极显著正相关, 如与 EGCG 的相关系数 $r_{0.01}=0.99^{**}$; 与氨基酸和 C 呈极显著负相关。在珠形茶摊青过程中, 水作为反应的介质, 其变化不是孤立的, 而是与其它化学成分间有一定的关联, 其变化对其它化学成分起着重要的影响, 关于这方面还有待今后进一步研究。

表 2 摊青过程中主要化学成分的变化

Table 2 Change of general components in fresh tea leaves during spreading

化学成分	处理方式				
	摊青 0 h	摊青 6 h	摊青 10 h	摊青 14 h	摊青 18 h
水分/%	78.22±0.45 ^c	77.65±0.26 ^d	76.59±0.32 ^c	74.85±0.16 ^b	73.01±0.18 ^a
茶多酚/%	24.29±0.12 ^d	24.19±0.08 ^d	22.69±0.09 ^b	22.27±0.11 ^a	23.03±0.07 ^c
氨基酸总量/%	1.83±0.15 ^a	1.92±0.11 ^a	2.02±0.09 ^a	2.19±0.08 ^b	2.22±0.06 ^{cb}
酚氨比	13.33±1.03 ^b	12.63±0.68 ^b	11.25±0.46 ^a	10.18±0.32 ^a	10.38±0.25 ^a
可溶性糖/%	3.09±0.41 ^a	3.19±0.34 ^a	3.22±0.31 ^a	3.30±0.26 ^a	3.40±0.21 ^a
EGC/(mg/g)	11.27±0.03 ^d	10.85±0.01 ^b	10.88±0.02 ^c	10.71±0.018 ^a	10.70±0.02 ^a
C/(mg/g)	1.21±0.02 ^a	1.23±0.03 ^a	1.22±0.02 ^a	1.257±0.006 ^b	1.65±0.01 ^c
EC/(mg/g)	12.17±0.04 ^d	12.10±0.02 ^c	11.28±0.02 ^b	10.49±0.02 ^a	12.32±0.02 ^c
EGCG/(mg/g)	123.32±0.21 ^d	123.02±0.21 ^d	121.72±0.32 ^c	120.00±0.26 ^b	118.99±0.15 ^a
ECG/(mg/g)	35.25±0.06 ^c	34.22±0.06 ^d	34.03±0.08 ^c	33.09±0.08 ^b	32.80±0.07 ^a
GCG/(mg/g)	3.86±0.03 ^c	3.66±0.01 ^d	3.56±0.02 ^c	3.33±0.07 ^b	3.11±0.03 ^a
酯型儿茶素总量/(mg/g)	162.44±0.29 ^c	160.90±0.29 ^d	159.31±0.42 ^c	156.42±0.35 ^b	153.91±0.25 ^a
儿茶素总量/(mg/g)	187.09±0.37 ^c	185.07±0.34 ^d	182.69±0.48 ^c	178.87±0.40 ^a	179.58±0.31 ^b

注: (a-e)表示同一行在 0.05 水平上差异显著。

表 3 摊青过程中含水率变化与主要化学成分的相关性

Table 3 Correlation between moisture content and main chemical constituents in fresh tea leaves during spreading

相关系数	茶多酚	氨基酸	酚氨比	可溶性糖	EGC	C	EC	EGCG	ECG	GCG	酯型儿茶素总量	儿茶素总量
含水率	0.69**	-0.78**	0.87**	-0.25	0.78**	-0.83**	0.15	0.99**	0.94**	0.99**	0.99**	0.91**

注: **表示在 0.01 水平上差异显著。

3 结论

3.1 通过对珠形茶摊青试验的研究,结果表明,随着摊青时间的延长,茶青样中的青草气逐渐散失,清香逐渐显露,而后转为闷臭味;色泽由嫩绿逐渐转为暗绿,再逐渐变为微黄;叶片逐渐萎蔫,并失去光泽,最适宜珠形茶加工的-b/a 值为 3.66。通过对试验数据差异性和相关性分析,结果表明:摊青处理对茶青含水率、ECG、EC、GCG、酯型儿茶素总量和儿茶素总量表现出显著性差异;对可溶性糖含量变化不显著;而对其它化学成分含量变化表现出不同规律;含水率变化与 EC 呈正相关,与可溶性糖呈负相关,但均未达到显著水平;而与茶多酚、酚氨比、EGC、EGCG、GCG、ECG、酯型儿茶素和儿茶素总量呈极显著正相关;与氨基酸和 C 呈极显著负相关。在摊青过程中,含水率、ECG、EGCG、GCG、酯型儿茶素总量、儿茶素总量呈减少趋势;氨基酸总量和可溶性糖呈增加趋势;茶多酚、酚氨比、EC、儿茶素总量呈先减少后增加的趋势;EGC 呈先减少再增加后减少的趋势;C 呈先增加再减少后增加的趋势。

3.2 通过感官判断和对试验数据分析,结果表明适度的摊青有利于珠形茶后续加工和综合品质风味的形

成。影响茶青化学成分变化的因素很多,由于实验条件有限,本文研究仅针对贵州珠形茶设计了不同摊青处理方式,同时,对影响珠形茶主要化学成分进行了系统研究,而对于控温控湿摊青(萎凋)、箱式热风萎凋(摊青)、冷冻萎凋(摊青)等方式对珠形茶品质的影响还有待于今后进一步研究。

参考文献

[1] 宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003
Wan X C. Tea Biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003

[2] 吴春兰,陈江明,黄亚辉.高香绿茶的香气成分分析[J].现代食品科技,2012,28(5):579-582
Wu C L, Chen J M, Huang Y. H. Analysis of Aroma Constituents of High-fragrant Green Tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(5): 579-582

[3] 尹军峰,许勇泉,袁海波,等.名优绿茶鲜叶摊放过程中主要生化成分的动态变化[J].茶叶科学,2009,29(2):102-110
Yin J F, Xu Y Q, Yuan H B, et al. Dynamic Change of Main Biochemical Components of Premium Green Tea Fresh Leaves during Spreading [J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(2): 102-110

- [4] 刘建军,陈义,郭桂义,等.不同摊放时间和杀青温度对夏季绿茶品质的影响[J].河南农业科学,2011,40(5):74-76
Liu J J, Chen Y, Guo G Y, et al. Effects of Laying Time and De-enzyming on the Quality of Summer Green Tea [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2011, 40(5): 74-76
- [5] 郑鹏程,叶飞,高士伟,等.摊放时间对茶鲜叶香气组分影响初报[J].中国农学通报,2011,27(4):334-338
Zheng P C, Ye F, Gao S W, et al. Effect of Spreading Time on Aroma Components in Fresh Tea Leaves [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(4): 334-338
- [6] 郑文佳,沈强,牟春林.摊青时间对绿宝石茶香气成分的影响[J].贵州农业科学,2011,39(7):192-196
Zheng W J, Shen Q, Mou C L. Effect of Spreading Time on Aroma Components of Green Diamond Tea [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2011, 39(7): 192-196
- [7] 李传忠,高士伟.摊青时间与茶叶品质[J].蚕桑茶叶通讯,2008,4:36-36
Li C Z, Gao S W. The Relationship of Spreading Time and Tea quality [J]. Newsletter of Sericulture and Tea, 2008, (4): 36-36
- [8] 尹军峰,闵航,许勇泉,等.摊放环境对名优绿茶鲜叶茶多酚及儿茶素组成的影响[J].茶叶科学,2008,28(1):22-27
Yin J F, Min H, Xu Y Q, et al. Effects of Spreading Environment on Tea Polyphenols and Catechin Components in Tea flesh Leaves of High Quality Green Tea [J]. Journal of Tea Science, 2008, 28(1): 22-27
- [9] 李立祥,梅玉,常珊,等.绿茶汤色分析[J].食品与发酵工业,2005,31(10):123-126
Li L X, Mei Y, Chang S, et al. Analysis of Liquor Color of Green Tea [J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(10): 123-126
- [10] 苗爱清,舒爱民,胡海涛,等.乌龙茶加工过程中色差变化研究[J].广东农业科学,2009,12:136-138
Miao A Q, Shu A M, Hu H T, et al. Changes of Color Difference during the Oolong Tea processing [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2009, 12: 136-138
- [11] 王云,李春华.名优茶氨基酸含量变化规律及其影响因素研究[J].西南农业学报,2006,19(6):1121-1126
Wang Y, Li C H. Studies on the Variation of Amino Acid Content and Affecting Factors in Quality Tea [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2006, 19(6): 1121-1126
- [12] Robertson A. The Chemistry and Biochemistry of Black Tea Production-the Non-volatiles [M]. London: Chapman and Hall, 1992
- [13] Dev C M N, Bajaj K L. Incorporation of ^{14}C -compounds into Amino Acids and Polyphenols of Excised Tea Shoots [J]. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology, 1979, (6): 16-23

(上接第 2435 页)

- [10] 吴锦程,梁杰,陈建琴,等.采收成熟度与冷藏枇杷果实木质化关系研究[J].食品科学,2010,31(2):255-259
Wu Jin cheng, Liang Jie, Chen Jianqin, et al. Relationship between harvest maturity and lignification of loquat fruits during cold storage [J]. Food Science, 2010, 31(2): 255-259
- [11] 田维娜,缪颖,曹建康,等.外源精胺脉冲负压渗透处理对采后菜豆品质的影响[J].农业机械学报,2013,44(1):131-136
Tian Weina, Liao Ying, Cao Jiankang, et al. Effects of vacuum pulse infiltration of exogenous spermine on quality of postharvest common bean [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2013, 44(1): 131-136
- [12] 罗自生,徐晓玲,徐庭巧,等.壳聚糖添加纳米碳酸钙助剂对鲜切山药品质的影响[J].农业机械学报,2009,40(4): 125-128
- [13] Cao Yumin, Gu Weigang, Zhang Jinjie, et al. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 1655-1660
- [14] 姜秋焕,叶盛权,叶春海,等.壳聚糖涂膜对鲜切菠萝蜜的保鲜作用[J].现代食品科技,2012,28(1):14-17
Jiang Qiuhuan, Ye Shengquan, Ye Chunhai, et al. Study on preservation of fresh-cut jackfruit by chitosan film [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(1): 14-17
- [15] 李湘利,刘静,魏子浩,等.姜蒜浸提液与壳聚糖复合保鲜剂对莲藕护色效果的研究[J].食品科技,2010,35(1):253-256.
Li Xiangli, Liu Jing, Wei Zihao, et al. Study on the color preservation effects of complex antistaling agent of chitosan and extraction from ginger and garlic on fresh-cut lotus roots [J]. Food Science and Technology, 2010, 35(1): 253-256