

金花白茶加工过程中主要滋味物质的动态变化

薄佳慧¹, 宫连瑾¹, 叶兴妹², 吕智栋¹, 李瑾^{1,3}, 骆伟明², 黎娜⁴, 肖力争^{1*}

(1. 湖南农业大学园艺学院茶学教育部重点实验室国家植物功能成分利用工程技术研究中心植物功能成分利用省部共建协同创新中心, 湖南长沙 410128) (2. 寿宁金花白茶科技有限公司, 福建宁德 352000)

(3. 邵阳市农业科学研究院, 湖南邵阳 422000) (4. 湖南省农业科学院茶叶研究所, 湖南长沙 410125)

摘要:以2017年福建寿眉散茶为原料,按照渥堆、汽蒸、压制定型、发花、干燥等加工工艺制成金花白茶。通过对加工过程中8个有代表性的工艺节点取样检测,以探明金花白茶加工过程中茶多酚、儿茶素、咖啡碱、氨基酸、水浸出物、可溶性糖、黄酮、茶三素等主要滋味物质含量的动态变化,并探究各类滋味物质的动态变化对其滋味品质的影响。结果表明,金花白茶加工过程中,茶多酚、儿茶素、游离氨基酸、可溶性糖、茶黄素及茶红素含量均逐渐降低,金花白茶较原料降幅分别为24.26%、52.89%、27.44%、9.38%、48.83%及30.96%。黄酮总量、没食子酸及茶褐素含量逐渐增加,金花白茶较原料增幅分别为20.46%、10.92%及77.31%。水浸出物、咖啡碱、茶氨酸含量略有增加,增幅为2.89%、7.70%、8.63%。这些变化有利于金花白茶滋味浓醇厚不苦涩,汤色红浓明亮品质的形成。同时结合感官审评发现,茶多酚、茶黄素、咖啡碱、游离氨基酸及茶褐素均与金花白茶滋味品质显著或极显著相关。

关键词:白茶;发花;滋味品质;茶叶加工;动态变化

文章编号:1673-9078(2022)01-306-314

DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.1.0471

Dynamic Changes of Main Quality Components in Jinhua White Tea Processing

BO Jiahui¹, GONG Lianjin¹, YE Xingmei², LYU Zhidong¹, LI Jin^{1,3}, LUO Weiming², LI Na⁴, XIAO Lizheng^{1*}

(1.College of Horticulture, Hunan Agriculture University, National Research Center of Engineering and Technology for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Co-Innovation Center of Education Ministry for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Changsha 410128, China) (2.Shouning Jinhua White Tea Technology Co. Ltd., Ningde 352000, China) (3.Shaoyang Academy of Agricultural Sciences, Shaoyang 422000, China) (4.Tea Research Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

Abstract: Jinhua white tea was made from Fujian Shoumei loose tea in 2017 by pile fermentation, steaming, pressing, shapping, fungal fermentation and drying. This study aimed to explore the dynamic changes of the main taste quality components during Jinhua white tea processing. The contents of catechins, caffeine, amino acids, water extracts, soluble sugars, flavonoids, thea three were detected in samples from 8 representative processing points. This study also evaluated the impact of the dynamic changes in taste substances during Jinhua white tea processing on its taste quality. The results showed that during the processing of Jinhua white tea, the contents of tea polyphenols, catechins, free amino acids, soluble sugars, theaflavins and thearubigins decreased gradually. Compared with the raw materials, the decreases of Jinhua white tea were 24.26%, 52.89%, 27.44%, 9.38%, 48.83% and 30.96% respectively. The total flavonoids, gallic acid and theabrownin contents increased gradually, and the increases of Jinhua white tea compared with raw materials were 20.46%, 10.92% and 77.31% respectively. The contents of water extract, caffeine and theanine increased slightly by 2.89%, 7.70% and 8.63%. All these changes are beneficial to the formation

引文格式:

薄佳慧,宫连瑾,叶兴妹,等.金花白茶加工过程中主要滋味物质的动态变化[J].现代食品科技,2022,38(1):306-314,+20

BO Jiahui, GONG Lianjin, YE Xingmei, et al. Dynamic changes of main quality components in Jinhua white tea processing [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(1): 306-314, +20

收稿日期:2021-04-29

基金项目:湖南省现代茶叶产业技术体系(湘财农指[2020]65号)

作者简介:薄佳慧(1996-),女,硕士在读,研究方向:茶叶加工理论与新技术,E-mail:bojiahui1996@163.com

通讯作者:肖力争(1963-),男,博士,教授,研究方向:茶叶加工理论与新技术、茶文化及茶经济,E-mail:1369949056@qq.com

of Jinhua white tea with thick and mellow taste, red and bright soup color. At the same time, combined with sensory evaluation, it was found that tea polyphenols, theaflavins, caffeine, free amino acids and theabrownin were significantly or extremely significantly related to the taste quality of Jinhua white tea.

Key words: white tea; fungal fermentation; taste quality; tea processing; dynamic changes

金花白茶是以白茶毛茶为原料, 经验收归堆、精制整理、半成品拼配、渥堆、汽蒸、压制定型或不压制定型、发花、烘干等工序制成的散形或紧压型且具有独立“金花香”香味品质的白茶产品。发花本是茯砖茶在发酵阶段产生冠突散囊菌的过程^[1], 冠突散囊菌即“金花菌”, 属益生菌, 广泛分布于自然界中, 具有改善茶叶苦涩味以及提高茶叶抗氧化活性^[2]、抑菌^[3]、降脂^[4]和减轻肥胖、调节人体肠道菌群^[5]等功效。蔡正安^[6]等发现适宜温湿度条件下, 绿茶、红茶、青茶、白茶和黑茶等茶类及植物均能产生良好的发花效果, 不只局限于安化茯砖茶。

研究表明, 白茶发花过程分泌到茶叶中的淀粉酶和氧化酶, 能够催化茶叶中的淀粉转化及多酚类化合物氧化, 消除粗青味^[7], 改善白茶的风味品质, 尤其是对原料较老的寿眉^[8]。故金花白茶作为一种新型白茶产品既能丰富现有白茶的品类, 又可改善传统白茶滋味较淡、香气较低等弊端。目前, 针对金花白茶的研究主要集中于鉴定市售金花白茶中的菌种是否为冠突散囊菌以及白茶发花前后常规理化成分的比较, 尚未有对整个加工过程中主要滋味物质动态变化等方面的研究。为此, 本研究以2017年传统工艺寿眉散茶为原料, 按照渥堆、汽蒸、压制定型、自然发花、干燥等加工工艺对其进行加工, 并在原料、渥堆结束、发花0 d、发花4 d、发花8 d、发花12 d(干燥0 d)、干燥4 d、干燥8 d(成品茶)8个具有代表性的工艺节点取样, 首次探讨金花白茶加工过程中主要滋味物质的动态变化及这些变化对金花白茶滋味产生的影响, 旨在为今后金花白茶的开发、生产、工艺改进及品质提升提供科学依据和实践参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 原料与试剂

原料: 本实验开展于2020年12月, 实验原料为2017年福建寿眉(购买自福建白芽银仓茶业有限公司), 于湖南省益阳市冠隆誉茶厂加工制成金花白茶。

试剂: 茛三酮、蒽酮、甲醇、福林酚、三氯化铝、氯化亚锡、浓硫酸、乙酸乙酯、草酸、碳酸氢钠、乙醇、正丁醇(均为分析纯)等均采购自国药集团化学

试剂有限公司; 乙腈、N,N-二甲基甲酰胺、甲醇、冰醋酸、甲酸(均为色谱级)等均采购自上海麦克林生化科技有限公司; AccQ.TagTM 采购自沃特世科技(上海)有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

LDP-350型微型植物粉碎机, 浙江永康红太阳机电有限公司; DK-S-24型恒温水浴锅, 上海精宏有限公司; AE240型精确电子天平, 瑞士Mettler公司; UV-1750型紫外可见分光光度计, 日本岛津有限公司; Aglient1260LC高效液相色谱仪, 美国安捷伦有限公司; U410-86立式超低温冰箱, 德国Eppendorf公司等。

1.2 实验方法

1.2.1 金花白茶加工工艺及参数

工艺参数以湖南安化茯砖茶的生产工艺为基础并结合预实验及生产实际, 具体加工工艺及参数如下:

寿眉散茶(20 kg)→渥堆(24 h)→汽蒸(145 °C, 10 s)→手筑压制(选用500 g手筑茶砖模具)→发花(恒温恒湿烘房, 历时12 d)→干燥(8 d)→成品金花白茶

1.2.2 取样工艺点及其处理

按照《GB/T 8302-2013 茶 取样》中的要求进行取样, 取寿眉散茶原料(YL)、渥堆结束样(WD)、汽蒸压制后即发花0 d(FH 0 d)、发花4 d(FH 4 d)、发花8 d(FH 8 d)、发花12 d即干燥0 d(FH 12 d)、干燥4 d(GZ 4 d)、干燥8 d即成品茶(GZ 8 d)8个阶段茶样。取样后用锡箔纸包裹放入液氮迅速固样, 经冷冻干燥后放入超低温冰箱保存待检测。

1.2.3 样品分析方法

茶多酚含量按照《GB/T 8313-2018》测定; 游离氨基酸总量按照《GB/T 8314-2013》测定; 水浸出物含量按照《GB/T 8305-2013》测定; 可溶性糖含量及黄酮含量分别采用蒽酮硫酸比色法及三氯化铝法测定; 咖啡碱、儿茶素采用高效液相色谱法, 参考文献^[9]进行; 茶黄素采用高效液相色谱法进行; 色谱条件为C₁₈色谱柱, (150 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相A: 0.1%甲醇水, 流动相B: 0.1%甲酸乙腈, 流速: 1 mL/min, 柱温: 35 °C, 进样体积: 10 μL, 检测波长: 270 nm; 茶红素及茶褐素采用系统分析法, 参考文献^[10]进行; 氨基酸组分采用高效液相色谱法(柱前衍生

法)进行: 色谱条件为 WatersAccQ.Tag™ 色谱柱, (150 mm×3.9 mm, Part No.WAT052885), 流动相 A: 10% AccQTag™, 流动相 B: 60%乙腈, 流速: 1 mL/min, 柱温: 37 °C, 进样体积: 10 μL, 检测波长: 270 nm。

1.2.4 茶叶感官审评

由 5 名茶叶审评专家组成专业审评小组, 按照国家标准《GB/T 23776-2018 茶叶感官审评方法》每个样品取代表性茶样 3.0 g, 置于 150 mL 审评杯中, 注满沸水, 加盖浸泡 5 min, 滤出茶汤并将叶底留于杯中, 按照外形: 25%、汤色: 10%、香气: 25%、滋味: 30%、叶底: 10%进行加权评分。

1.3 数据分析

数据均采用 3 次重复试验的平均值, 应用软件 SPSS 23 进行显著性分析 ($p < 0.05$, 差异显著) 及相关性分析 (Pearson 法), GraphPad Prims 8.0.2 绘图。

2 结果与分析

2.1 金花白茶加工过程中感官品质的动态变化

表 1 金花白茶加工过程中感官品质的动态变化

Table 1 Dynamic changes of sensory quality of Jinhua white tea during processing

工序	外形 (评语 得分)	汤色 (评语 得分)	香气 (评语 得分)	滋味 (评语 得分)	叶底 (评语 得分)	总分
YL	叶态略卷、稍展有破张、带梗尚匀, 黄绿褐相间 75	黄亮 85	纯, 稍粗略带花香 75	醇和较青涩 75	带嫩梗, 尚匀整黄绿褐相间较亮 88	77.30
WD	叶态略卷、稍展有破张、带梗尚匀, 色泽黄褐 77	深黄较亮 86	较浓, 带甜香 80	醇和 85	带嫩梗, 尚匀整黄绿褐相间尚亮 88	82.15
FH 0 d	黄褐尚紧实 88	橙黄较亮 88	较浓较持久带甜香 82	醇正 88	黄褐带嫩梗 91	86.80
FH 4 d	黄褐尚紧实 89	深橙黄较亮 90	纯正带甜香 88	醇厚较浓 90	黄褐带嫩梗较亮 91	89.35
FH 8 d	黄褐紧实显金花 95	浅橙红明亮 93	菌花香浓郁持久 95	浓醇厚, 菌花香浓郁 95	黄褐带嫩梗较亮 91	94.40
FH 12 d	黄褐紧实显金花 95	橙红较亮 92	菌花香较浓带药香 94	浓醇厚, 菌花香较浓 94	黄褐带嫩梗较亮 91	93.75
GZ 4 d	黄褐紧实显金花 95	橙红明亮 95	菌花香较浓带药香 94	浓醇厚, 菌花香较浓 94	黄褐带嫩梗较亮 91	94.05
GZ 8 d	黄褐紧实显金花 95	橙红明亮 95	菌花香纯正浓郁持久 94.5	浓醇厚, 菌花香浓郁 95	黄褐带嫩梗较亮 91	94.48



图 1 金花白茶加工过程茶砖外形的动态变化

Fig.1 Dynamic changes of tea brick appearance of Jinhua white tea during processing

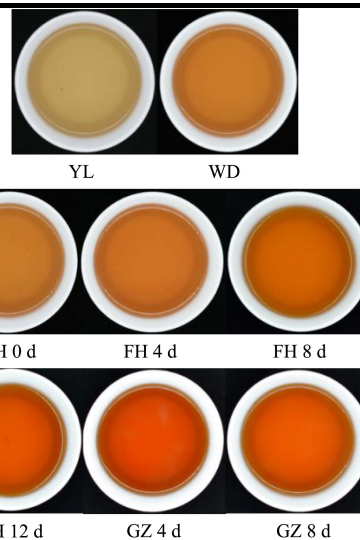


图 2 金花白茶加工过程汤色的动态变化

Fig.2 Dynamic changes of soup color of Jinhua white tea during processing

见表 1, 金花白茶在进行发花、干燥等工艺流程中, 感官品质发生明显变化, 最终形成茶砖黄褐紧实显金花, 汤色橙红明亮, 菌花香纯正且浓郁持久, 滋味醇厚不苦涩, 叶底黄褐较亮的优异感官品质。如图

1 所示, 寿眉渥堆后色泽向黄褐转变, FH 8 d 开始茶砖内部金花普茂, 达到良好发花效果。寿眉渥堆后汤色由黄变为橙黄, 之后随着微生物繁殖及多酚类物质氧化, 汤色总体逐渐加深至橙红明亮。香气方面, 原料渥堆后粗青气减少而出现甜香, 这是由于渥堆后期酵母活动导致^[11], FH 8 d 开始出现浓郁菌花香, 之后菌花香愈加纯正浓郁持久且带药香。滋味方面, 由醇正逐渐转变为醇厚且带浓郁菌花香, 成品茶较原料粗老味消除。叶底, 整体表现为黄褐软亮带嫩梗。

2.2 金花白茶加工过程中主要滋味物质的动态变化

金花白茶相较于寿眉原料中茶多酚、儿茶素、游离氨基酸、可溶性糖、茶黄素及茶红素含量均在整体上逐渐降低, 降低幅度分别为 24.26%、52.89%、27.44%、9.38%、48.83%及 30.96%; 黄酮总量、没食子酸及茶褐素含量显著增加, 增幅分别为 20.46%、

10.92%及 77.31%; 水浸出物、咖啡碱、茶氨酸含量略有增加, 增幅为 2.89%、7.70%、8.63%, 这与刘菲^[8]等人关于白茶发花前后滋味物质变化的研究结论基本一致, 但水浸出物含量的变化则与其不同, 这可能是由于原料及工艺参数不同导致。

2.2.1 多酚类物质的动态变化

茶叶中的多酚类物质及其氧化产物主要包括茶多酚、儿茶素、黄酮、茶黄素、茶红素及茶褐素等。如表 2, 金花白茶较原料茶多酚含量降幅为 24.26%, 差异性显著。加工过程中, 茶多酚含量仅在 WD 后显著上升, 达整个加工过程的最大值 9.73%, 这是由于 WD 过程中茶堆游离态水分减少而水溶性茶多酚浓度增大^[12]。FH 0 d 到 GZ 8 d 随茶砖发花程度加深及受儿茶素类物质的酶促、氧化和水解反应^[13]的影响, 复杂多酚类物质发生降解, 使得茶多酚含量由 9.01%逐渐下降至 6.83%。该变化有利于降低茶汤的苦涩感, 改善白茶青、涩、粗老等口感。

表 2 金花白茶加工过程中茶多酚类物质的动态变化

Table 2 Dynamic changes of polyphenols in Jinhua white tea during processing

工序	质量分数/%					
	茶多酚	EGC	D-LC	EC	EGCG	GCG
YL	9.01±0.05 ^b	0.80±0.01 ^a	0.37±0.21 ^{ab}	0.14±0.07 ^a	0.96±0.12 ^{ab}	0.18±0.01 ^b
WD	9.73±0.41 ^a	0.47±0.10 ^{bc}	0.49±0.04 ^a	0.11±0.00 ^a	1.15±0.27 ^a	0.29±0.02 ^a
FH 0 d	9.01±0.21 ^b	0.57±0.01 ^b	0.21±0.02 ^{bc}	0.14±0.03 ^a	1.00±0.09 ^a	0.25±0.05 ^{ab}
FH 4 d	8.12±0.32 ^c	0.75±0.06 ^a	0.27±0.20 ^{bc}	0.09±0.01 ^a	0.59±0.41 ^{bc}	0.24±0.04 ^{ab}
FH 8 d	7.43±0.12 ^d	0.42±0.03 ^{bc}	0.24±0.07 ^{bc}	0.12±0.00 ^a	0.04±0.04 ^d	0.17±0.06 ^b
FH 12 d	7.25±0.37 ^{de}	0.39±0.04 ^c	0.15±0.01 ^c	0.08±0.00 ^a	0.20±0.11 ^{cd}	0.19±0.04 ^b
GZ 4 d	7.21±0.16 ^{de}	0.22±0.19 ^{cd}	0.15±0.01 ^c	0.11±0.03 ^a	0.25±0.16 ^{cd}	0.22±0.05 ^{ab}
GZ 8 d	6.83±0.07 ^e	0.34±0.01 ^d	0.15±0.01 ^{bc}	0.12±0.01 ^a	0.25±0.01 ^{cd}	0.21±0.01 ^b

工序	质量分数/%				黄酮/(mg/g)
	ECG	酯型儿茶素	简单儿茶素	简单儿茶素/酯型儿茶素	
YL	0.82±0.08 ^{bc}	1.96±0.21 ^{ab}	1.31±0.17 ^a	0.67±0.04 ^b	6.18±0.14 ^c
WD	0.89±0.03 ^{ab}	2.33±0.29 ^a	1.07±0.13 ^{ab}	0.47±0.11 ^b	7.89±0.29 ^{ab}
FH 0 d	0.91±0.02 ^a	2.16±0.13 ^a	0.92±0.04 ^{bc}	0.43±0.03 ^b	7.48±0.28 ^b
FH 4 d	0.76±0.03 ^c	1.59±0.45 ^b	1.1±0.18 ^{ab}	0.74±0.24 ^b	7.51±0.51 ^b
FH 8 d	0.26±0.02 ^e	0.47±0.1 ^c	0.78±0.04 ^{cd}	1.73±0.47 ^a	5.01±1.18 ^c
FH 12 d	0.32±0.05 ^e	0.7±0.2 ^c	0.62±0.04 ^{de}	0.95±0.37 ^b	7.83±0.45 ^{ab}
GZ 4 d	0.4±0.02 ^d	0.87±0.23 ^c	0.48±0.20 ^e	0.6±0.37 ^b	8.83±1.03 ^a
GZ 8 d	0.33±0.01 ^{de}	0.79±0.02 ^c	0.62±0.01 ^{de}	0.78±0.03 ^b	7.44±0.23 ^b

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$), 下同。

儿茶素是茶多酚的主要组成成分, 其各组分含量在金花白茶加工过程中不断发生变化, 且均在 FH 8 d 左右开始变化幅度减小。加工过程中 EGC、D-LC、EC、EGCG 及 ECG 含量波动下降, 总体降幅分别为

57.24%、57.96%、12.97%、73.59%及 59.42%, 其中 EGCG 下降最为明显, EC 于整个加工过程中变化较小; 儿茶素组分中仅 GCG 呈波动上升趋势, 增幅为 12.51%。酯型儿茶素和简单儿茶素的降幅分别为

59.61%及 52.84%。由于 FH 0 d~FH 8 d 期间强烈的微生物及湿热作用导致儿茶素发生氧化、异构化等化学反应，大量酯型儿茶素会降解为简单儿茶素。因此，FH 0 d~FH 8 d 酯型儿茶素含量下降显著，由 2.16%下降至 0.47%，降幅达 78.31%，简单儿茶素降幅则较小，仅 15.00%。简单儿茶素与酯型儿茶素的比值是评判茶汤滋味品质的重要指标之一，FH 8 d 时简单儿茶素/酯型儿茶素的值达到整个加工过程的最大值 1.73%，茶汤口感醇厚不苦涩。因此，二者比值的增加可能是茶汤滋味由粗涩转为醇厚的重要原因之一。

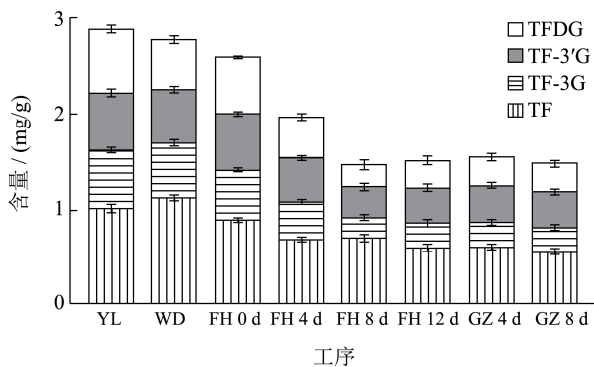


图3 金花白茶加工过程中茶黄素组分动态变化

Fig.3 Dynamic changes of theaflavins component in Jinhua white tea during processing

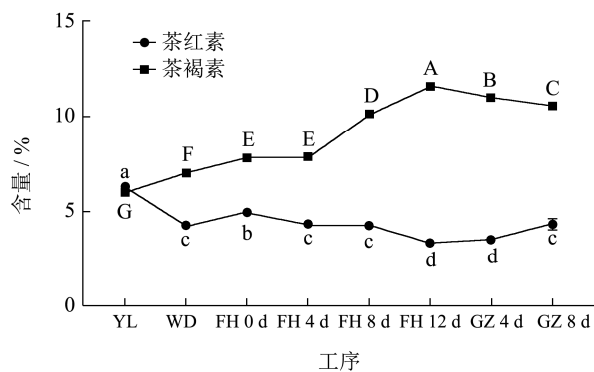


图4 金花白茶加工过程中茶红素及茶褐素动态变化

Fig.4 Dynamic changes of thearubigins and theabrownin component in Jinhua white tea during processing

注：同一物质同一大小写不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，下同。

黄酮具有抗氧化^[14]、抗炎^[15]、降血脂及抗动脉粥样硬化^[16]等保健功效。金花白茶加工过程中黄酮总量的变化趋势与其他多酚类物质的变化趋势相反，整体由原料的 6.18%增至成品茶的 7.44%，增幅 20.46%。黄酮类化合物在微生物生长繁殖分泌的胞外酶和湿热作用下易发生水解而导致其含量下降，FH 4 d 到 FH 8 d 期间微生物大量繁殖，该阶段黄酮总量显著下降，降幅达 33.27%，之后逐渐上升。金花白茶加工过程中黄酮总量整体变化趋势与茯砖茶不同^[17-19]，与普洱生

茶^[20]相同，因此不同茶类发花前后黄酮总量变化的具体机理有待进一步探究。

茶黄素、茶红素及茶褐素是茶叶中多酚类物质的水溶性氧化产物，是构成茶汤滋味和色泽的重要物质。茶黄素 (TFs) 类物质在茶叶中的含量虽较少，却是茶汤亮度、滋味强度和鲜度的重要影响因素。研究表明，茶黄素含量变化与冠突散囊菌数量之间呈显著负相关^[21]。如图 3 所示，在金花白茶加工过程中，随发花程度增加，茶黄素单体 TF、TF3G、TF-3'G、TFDG 及茶黄素总量均逐渐下降，降幅分别为 44.02%、59.34%、39.24%、55.25%及 48.83%。茶黄素各组分的含量均在 YL 至 FH 8 d 阶段下降最为明显，后期变化较小。茶黄素含量的降低，有利于茶汤口感醇和不苦涩，达到改善寿眉口感的目的。

茶红素及茶褐素的含量变化如图 4 所示。茶红素是茶汤“红”及滋味强度的主要影响物质之一，金花白茶加工过程中茶红素含量呈波动下降趋势，整体降幅 30.96%，WD 至 FH 0 d 以及 FH 12 d 至 GZ 8 d 之间有小幅上升。茶褐素是茶汤色泽“深”的主要影响因素，其在渥堆和后发酵阶段多由多酚类物质氧化聚合而成^[22]。金花白茶在发花期间随茶多酚氧化程度不断加深，茶红素及茶黄素会进一步聚合成茶褐素，因此该物质含量在加工过程不断上升。金花白茶较原料茶褐素含量增加了 77.31%，FH 4 d 至 FH 12 d 期间上升最为明显，增幅达 49.12%，说明该阶段茶色素氧化程度最深，且与微生物的大量繁殖及活动有关。

2.2.2 可溶性糖、咖啡碱、没食子酸及水浸出物的动态变化

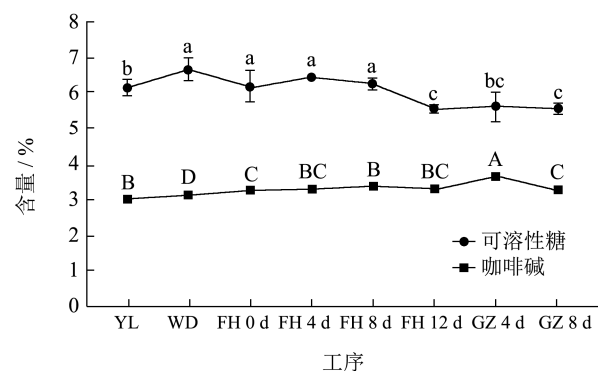


图5 金花白茶加工过程中可溶性糖和咖啡碱含量的动态变化

Fig.5 Dynamic changes of soluble sugar and caffeine content in Jinhua white tea during processing

可溶性糖是茶汤“甜”味的主要成分，能够缓解茶汤苦涩感。如图 5 所示，寿眉发花后可溶性糖含量略有减少，由发花前的 6.14%下降至发花后的 5.56%，降幅为 9.38%。WD 至 FH 8 d 期间可溶性糖含量变化差异不显著，但显著高于其他阶段，这可能是由于发

花过程中，微生物繁殖旺盛，加速了多糖及果胶类物质降解反应所致。FH 8 d 至 FH 12 d 可溶性糖含量显著下降，降幅达 11.79%，该阶段微生物繁衍会以大量的糖为氮源且糖会与氨基酸等物质形成某些挥发性成分^[23]，茶多酚中的多聚酚羟基会与糖类水解物质发生聚合沉淀^[24]。

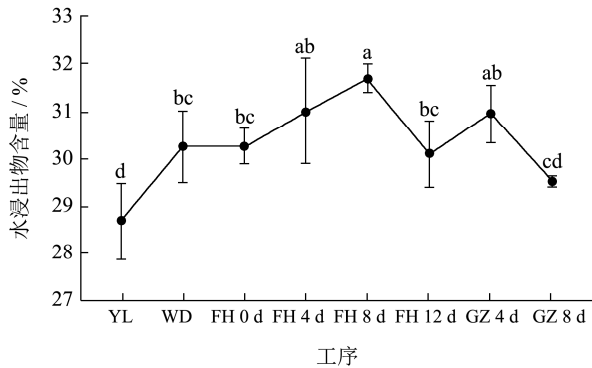


图 6 金花白茶加工过程中水浸出物含量的动态变化

Fig.6 Dynamic changes of water extract content in Jinhua white tea during processing

咖啡碱是茶汤口感“苦”的主要影响因素之一，是构成茶汤滋味的重要物质，其合成代谢路径主要分为四步反应，包括由三次甲基转移酶催化进行的甲基化反应和一次由核糖核苷水解酶催化进行的脱核糖反应^[25]，而霉菌类物质可通过不同于茶树咖啡碱代谢途径的通路而提高后发酵茶中咖啡碱的含量^[26]。寿眉发花后咖啡碱含量增加了 8.35%，而发花阶段咖啡碱含量变化幅度较小，表明微生物的酶促和湿热环境的共同作用对咖啡碱含量的增加具有促进作用但综合影响较小。干燥阶段咖啡碱含量变化较为剧烈，先由 GZ 0 d 的 3.28% 增加至 GZ 4 d 的 3.61%，之后又迅速下降至成品茶的 3.29%。因此，可推测干燥前期冠突散囊菌以可可碱、茶碱作为前体酶促合成咖啡碱的合成^[27]，后期受干燥温度及湿度影响冠突散囊菌活性减

弱，导致咖啡碱含量显著下降。

冠突散囊菌分泌的胞外酶能够将茶叶中的粗纤维水解为小分子水溶性物质^[28]，从而促进水浸出物含量的增加，利于茶汤醇厚品质特征的形成。如图 6，YL 到 FH 8 d 期间水浸出物含量持续上升，FH 8 d 达整个工艺流程的最大值 31.69%，FH 8 d 至 GZ 8 d 期间水浸出物含量波动下降，整体增幅为 2.89%。如图 7，没食子酸含量在整个加工过程中变化较大，由原料的 0.37% 增加至发花后的 0.41%，增幅 10.92%。没食子酸在加工过程整体遵循先升高后降低的变化趋势。渥堆和发花初期没食子酸含量快速上升，FH 4 d 时达到最大值 0.51%，较原料增幅为 41.14%，后迅速下降至 FH 12 d (0.40%)，干燥阶段保持平稳。说明渥堆过程中，微生物能够促进单宁类物质水解从而加速没食子酸的生成^[29]。发花初期酯型儿茶素在快速降解为简单儿茶素的同时会产生大量没食子酸，发花后期及干燥时期在某些酶和微生物的次生代谢产物作用下，没食子酸可能会发生进一步生物转化，生成相应的没食子酸衍生物，或没食子酸与其他多酚性成分发生氧化聚合而使含量降低^[30]。

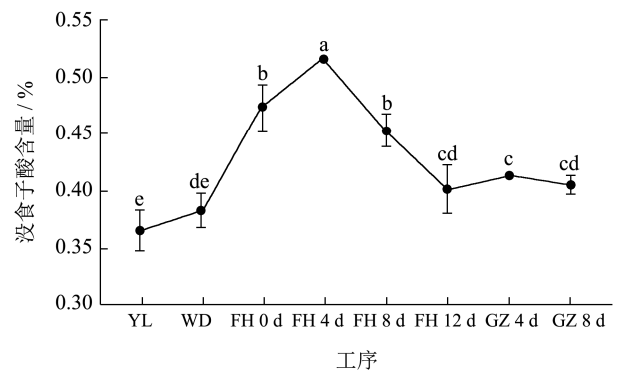


图 7 金花白茶加工过程中没食子酸含量的动态变化

Fig.7 Dynamic changes of gallic acid content in Jinhua white tea during processing

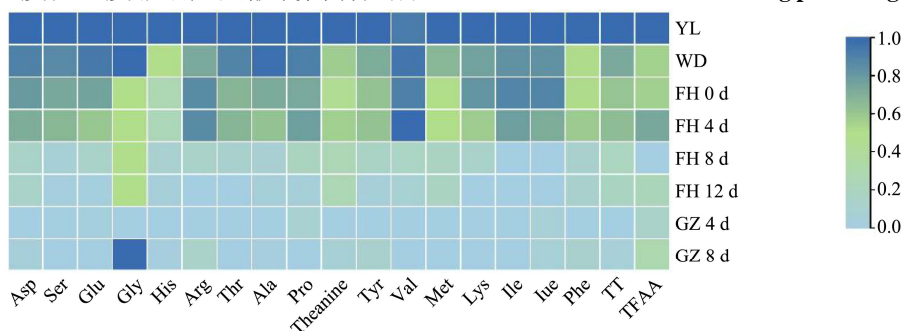


图 8 金花白茶加工过程中氨基酸的动态变化

Fig.8 Dynamic changes of amino acid in Jinhua white tea during processing

注：Asp: 天冬氨酸；Ser: 丝氨酸；Glu: 谷氨酸；Gly: 甘氨酸；His: 组氨酸；Arg: 精氨酸；Thr: 苏氨酸；Ala: 丙氨酸；Pro: 脯氨酸；Theanine: 茶氨酸；Tyr: 酪氨酸；Val: 缬氨酸；Met: 蛋氨酸；Lys: 赖氨酸；Ile: 异亮氨酸；Iue: 亮氨酸；Phe: 苯丙氨酸；TT: 氨基酸组分总量；TFAA: 游离氨基酸总量。

2.2.3 氨基酸的动态变化

金花白茶在加工过程中,微生物的大量繁殖需要以氨基酸为氮源,且氨基酸作为香气物质的前体,在此过程中会合成新的芳香物质而逐渐减少。如图 8,游离氨基酸总量(TFAA)及 17 种氨基酸组分总量(TT)在加工过程中均逐渐下降,幅度分别为 27.44% 和 67.52%。17 种氨基酸组分中, Gly 是含量最低的氨基酸且整个加工过程对 Gly 含量变化的影响也较小。Theanine 是茶叶中特有、含量最高的氨基酸,是茶汤口感鲜爽的重要滋味物质,寿眉通过发花后, Theanine 占 TT 的比重由 53.24% 上升至 57.80%, 利于缓解茶汤苦涩感。Tyr、Gly、Pro、Theanine 及 Val 在 FH0d 至 FH4 阶段有小幅上升,其余氨基酸组分含量变化较小,这可能是由于 FH0d 时微生物经高温汽蒸作用暂时失活而生长受抑制,对氨基酸消耗减少所致^[19]。

根据氨基酸呈味特点的不同可将氨基酸分为甜味、鲜味、苦味及酸味四类,其中甜味氨基酸包括 Ala、Gly、Thr、Pro、Glu 及 Ser; 鲜味氨基酸包括 Asp、Glu、Theanine。苦味氨基酸包括 Arg、Tyr、Val、Met、Lys、Ile、Lue、Glu、His 及 Phe; 酸味氨基酸有 Glu。寿眉发花后鲜、甜味氨基酸/酸、苦味氨基酸的值上升了 7.64%, 鲜味/苦味氨基酸的值上升

了 15.77%, 鲜味/酸味氨基酸的值上升了 15.54%。营养学将氨基酸分为必需氨基酸和非必需氨基酸两类。金花白茶加工过程中必需氨基酸/非必需氨基酸的值不断上升,仅渥堆后,比值有所下降,下降了 1.94 个百分点,整体由原料的 42.05% 上升至金花白茶的 55.34%, 增幅 31.63%。

2.3 金花白茶主要滋味物质的动态变化与滋味品质相关性分析

表 3 金花白茶阶段样滋味属性评分

Table 3 Sensory score for taste attributes of Jinhua white tea

工序	评分				
	苦味	青涩感	浓度	醇度	厚度
YL	8	9	6	5	3
WD	6	7	7	6	5
FH 0 d	6	6	7	6	5
FH 4 d	4	5	8	7	6
FH 8 d	2	1	9	9	8
FH 12 d	2	2	8	8	8
GZ 4 d	4	2	8	8	8
GZ 8 d	2	1	9	9	9

表 4 金花白茶滋味物质含量与滋味感官属性评分间的相关性分析

Table 4 Correlation between taste components contents in Jinhua white tea and taste score

滋味物质	滋味感官评分	苦味得分	青涩感得分	浓度得分	醇度得分	厚度得分
	相关系数					
茶多酚	-0.79*	0.86**	0.91**	-0.83*	-0.90**	-0.90**
黄酮	0.19	0.02	-0.34	-0.09	-0.06	0.16
茶黄素	-0.90**	0.94**	0.97**	-0.91**	-0.96**	-0.95**
可溶性糖	-0.48	0.52	0.63	-0.40	-0.55	-0.64
咖啡碱	0.77*	-0.578	-0.74*	0.62	0.67	0.71*
水浸出物	0.69	-0.61	-0.63	0.72*	0.66	0.57
没食子酸	0.39	-0.26	-0.19	0.35	0.18	0.14
游离氨基酸	-0.90**	0.826*	0.91**	-0.81*	-0.87**	-0.89**
茶红素	-0.84**	0.75*	0.74*	-0.65	-0.68	-0.79*
茶褐素	0.89**	-0.88**	-0.94**	0.79**	0.89**	0.94**
简单儿茶素/酯型儿茶素	0.43	-0.62	-0.58	0.62	0.64	0.47
鲜甜味氨基酸/酸苦味氨基酸	0.53	-0.73*	-0.71	0.55	0.69	0.68

注: **相关性极显著 ($p < 0.01$); *相关性显著 ($p < 0.05$)。

为进一步明确各滋味物质对金花白茶滋味品质的具体影响,本研究根据第一、二次感官审评所得滋味品质将金花白茶的主要滋味特征划分为苦味、青涩感、浓度、醇度及厚度五个属性,在专家进行第三次感官审评的同时,借鉴 CATA 评价法中的九分类量表对各滋味属性强度进行评分^[31]。如表 3, 五种滋味属性

中苦味及粗涩感评分逐渐降低,而浓度、醇度及厚度评分逐渐升高。采用 SPSS 对阶段样滋味感官品质得分与主要滋味化学成分进行相关性分析。如表 4, 黄酮、咖啡碱、水浸出物、没食子酸、茶褐素、简单儿茶素/酯型儿茶素及鲜甜味氨基酸/酸苦味氨基酸均与金花白茶滋味感官品质呈正相关,茶多酚、茶黄素、

可溶性糖、游离氨基酸含量与滋味品质呈负相关。其中, 滋味感官评分与茶黄素、游离氨基酸、茶红素呈极显著负相关, 与茶多酚呈显著负相关, 与茶褐素呈极显著正相关, 与咖啡碱呈显著正相关。

黄酮、可溶性糖、没食子酸和简单儿茶素/酯型儿茶素的值虽与不同滋味属性呈现一定相关性, 但不显著。茶汤苦味与茶多酚、茶黄素呈极显著正相关, 与游离氨基酸、茶红素呈显著正相关, 与茶褐素呈极显著负相关, 与鲜甜味氨基酸/酸苦味氨基酸呈显著负相关; 茶汤青涩感与茶多酚、茶黄素、游离氨基酸呈极显著正相关, 与茶红素呈显著正相关, 与茶褐素呈极显著负相关, 与咖啡碱呈显著负相关; 茶汤浓度与茶褐素呈极显著正相关, 与水浸出物呈显著正相关, 与茶多酚、游离氨基酸呈显著负相关, 与茶黄素呈极显著负相关; 茶汤醇度与茶褐素呈极显著正相关, 与茶多酚、茶黄素、游离氨基酸呈极显著负相关; 茶汤厚度则与茶褐素呈极显著正相关, 与咖啡碱呈显著正相关, 与茶多酚、茶黄素、游离氨基酸、茶红素呈极显著负相关。因此茶多酚、茶黄素、游离氨基酸及茶褐素是影响金花白茶滋味品质最重要的物质, 咖啡碱、水浸出物及茶红素对金花白茶滋味品质同样具有较大影响。

3 结论

3.1 金花白茶较寿眉原料感官品质明显不同, 汤色由黄亮向橙红明亮转变, 粗青气消失而菌花香浓郁持久, 青涩感减弱, 滋味醇厚。多种主要滋味物质在加工过程中不断发生显著变化, 改善了茶叶中生化成分组成。其中黄酮总量的变化规律与茯砖茶不同而与普洱生茶相同, 该现象有待进一步深入研究。

3.2 FH 8 d 时, 简单儿茶素与酯型儿茶素比值、水浸出物含量达最大值, 且该阶段黄酮总量及游离氨基酸含量最低。FH 8 d 后儿茶素、茶黄素各组分及咖啡碱变化较小, 感官品质优异且与成品茶感官审评结果相近。因此三年陈寿眉散茶的发花周期可考虑适当由 12 d 缩短至 8 d。未来应结合多次实验得出最优工艺参数, 在保证品质的同时提高生产效率、节约成本。

3.3 通过相关性分析表明茶多酚、咖啡碱、游离氨基酸、茶三素与金花白茶的苦味、青涩感、浓度、醇度及厚度等滋味属性均呈现显著或极显著相关, 共同影响着金花白茶醇厚不苦涩滋味品质的形成。

3.4 实验证明, 利用原料较粗老的寿眉加工成金花白茶, 不仅可解决原料粗老白茶口感粗涩青味重的缺点, 还可充分利用白茶资源。由于在金花白茶加工过程中, 香气同样发生明显变化, 未来还应深入研究加工过程

中挥发性成分动态变化, 并结合多组学技术等进一步明晰金花白茶品质形成的机理。

参考文献

- [1] 李俊杰, 徐元昊, 陈梦娟, 等. 手筑茯砖茶加工过程中挥发性组分变化分析[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 144-154
LI Junjie, XYU Yuanhao, CHEN Mengjuan, et al. Analysis of changes in volatile components during processing of handmade Fuzhuan tea [J]. Food Science, 2020, 41(24): 144-154
- [2] 欧阳梅, 熊昌云, 屠幼英, 等. 冠突散囊菌对茶叶品质成分及其抗氧化活性影响[J]. 菌物学报, 2011, 30(2): 343-348
OUYANG Mei, XIONG Changyun, TU Youying, et al. Effects of *Eurotium cristatum* on tea quality and antioxidant activity [J]. Mycosystema, 2011, 30(2): 343-348
- [3] 张月, 崔旋旋, 刘英学, 等. 茯砖茶中冠突散囊菌的分离鉴定及其发酵工艺和生物活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(22): 202-207
ZHANG Yue, CUI Xuanxuan, LIU Yingxue, et al. Isolation, identification, fermentation technology and bioactivity of *Eurotium cristatum* in Fuzhuan brick tea [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(22): 202-207
- [4] 刘韦, 张格超, 李倩, 等. 泾阳茯茶中冠突散囊菌的鉴定及降脂作用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(23): 7907-7914
LIU Wei, ZHANG Gechao, LI Qian, et al. Study on identification and lipid-lowering effect of *Eurotium cristatum* in Fu tea from Jingyang county [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(23): 7907-7914
- [5] KANG Dingding, SU Meng, DUAN Yawei, et al. *Eurotium cristatum*, a potential probiotic fungus from Fuzhuan brick tea, alleviated obesity in mice by modulating gut microbiota [J]. Food & Function, 2019, 10(8): 5032-5045
- [6] 蔡正安, 刘素纯, 刘杏益, 等. 冠突散囊菌在不同茶类及几种植物材料上“发花”的研究[J]. 茶叶科学, 2010, 30(4): 263-268
CAI Zheng'an, LIU Suchun, LIU Xingyi, et al. Study of the growth of *Eurotium cristatum* fungi on some kinds of tea and plant materials [J]. Tea Science, 2010, 30(4): 263-268
- [7] 刘菲, 孙威江, 黄艳, 等. 人工接种冠突散囊菌对白茶主要呈味物质的影响[J]. 菌物学报, 2016, 35(8): 975-983
LIU Fei, SUN Weijiang, HUANG Yan, et al. Changes of taste components during white tea fermentation by means of inoculation of *Eurotium cristatum* [J]. Mycosystema, 2016, 35(8): 975-983
- [8] 刘菲, 薛志慧, 叶倩林, 等. “发花”对白茶风味品质的影响研

- 究[J].茶叶科学,2016,36(3):301-311
- LIU Fei, XUE Zhihui, YE Qianlin, et al. Study on effect of fungal-fermentation process on flavor quality in white tea [J]. Tea Science, 2016, 36(3): 301-311
- [9] 欧伊伶. 楮叶齐夏秋乌龙茶加工工艺及香味品质形成机理研究[D].长沙:湖南农业大学,2019
- OU Yiling, Study on the processing technology an quality formation mechanism of Zhuyeqi summer oolong tea [D]. Changsha: Hunan Agriculture University, 2019
- [10] 程启坤. 红茶色素的系统分析法[J].中国茶叶,1981,1:17
- CHENG Qikun. Systematic analysis method of black tea pigment [J]. China Tea, 1981, 1: 17
- [11] 胡治远,刘素纯,赵运林,等. 茯砖茶生产过程中微生物动态变化及优势菌鉴定[J].食品科学,2012,33(19):244-248
- HU Zhiyuan, LIU Suchun, ZHAO Yunlin, et al. Dynamic microbial changes of Fuzhuan brick tea during processing and identification of dominant fungi [J]. Food Science, 2012, 33(19): 244-248
- [12] 宋加艳,何加兴,欧伊伶,等. 碧香早夏季鲜叶加工乌龙茶过程中品质成分动态变化[J].现代食品科技,2021,37(2):238-248,163
- SONG Jiayan, HE Jiaying, OU Yiling, et al. Dynamic changes in quality and composition of oolong tea made with fresh Bixiangzao summer tea leaves during processing [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(2): 238-248, 163
- [13] 王增盛,谭湖伟,张莹,等. 茯砖茶制造中主要含氮、含碳化合物的变化[J].茶叶科学,1991,S1:69-75
- WANG Zengsheng, TAN Huwei, ZHANG Ying, et al. Dynamics of main carbonaceous and nitrogenous compounds during the processing of Fuzhuan brick tea [J]. Tea Science, 1991, S1: 69-75
- [14] 吕平,潘思轶. 陈皮与普洱茶总黄酮的协同抗氧化作用研究[J].食品研究与开发,2020,41(3):59-64
- LV Ping, PAN Siyi. Synergistic antioxidant effects of total flavonoids from tangerine peel and Pu'er tea [J]. Food Research and Development, 2020, 41(3): 59-64
- [15] YI Youngsu. Regulatory roles of flavonoids on inflammasome activation during inflammatory responses [J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2018, 62(13): e1800147
- [16] Cappello A, Dolce V, Iacopetta D, et al. Bergamot (*Citrus bergamia* Risso) flavonoids and their potential benefits in human hyperlipidemia and atherosclerosis: an overview [J]. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 2016, 16(8): 619-629
- [17] 徐元昊. 手筑茯砖茶生产过程中主要指标变化规律的研究[D].长沙:湖南农业大学,2019
- XYU Yuanhao. Study on the change law of main indicators in the process of manual Fuzhuan tea [D]. Changsha: Hunan Agriculture University, 2019
- [18] 常秋. 散茶发花加工过程中化学成分变化的研究[D].南昌:江西农业大学,2013
- CHANG Qiu. Studies on variations of chemical composition in the process of “fungi growing on loose tea” [D]. Nanchang: Jiangxi Agriculture University, 2013
- [19] 张贻杨. 茯砖茶加工过程中非挥发性成分代谢组学研究[D].长沙:湖南农业大学,2019
- ZHANG Yiyang. Metabolomics study of non-volatile components in the processing of Fu brick tea [D]. Changsha: Hunan Agriculture University, 2019
- [20] 蒋陈凯. 普洱生茶“发花”前后的生化成分及降脂活性研究[D].广州:华南农业大学,2017
- JIANG Chenkai. Biochemical components of Pu'er raw tea before and after flowering and their effects on lipid-lowering [D]. Guangzhou: South China Agriculture University, 2017
- [21] 杨苗. 泾阳茯砖茶品质与“金花菌”的效应研究[D].西安:陕西科技大学,2019
- YANG Miao. Study on the quality of Jingyang Fuzhuan tea and the effect of Jinhua fungus [D]. Xi'an: Shanxi University of Science & Technology, 2019
- [22] WANG Kunbo, CHEN Qingcao, LIN Yong, et al. Comparison of phenolic compounds and taste of Chinese black tea [J]. Food Science and Technology Research, 2014, 20(3): 639-646
- [23] 陈应娟,齐桂年,陈盛相,等. 四川黑茶加工过程中感官品质和化学成分的变化[J].食品科学,2012,33(23):55-59
- CHEN Yingjuan, QI Guinian, CHEN Shengxiang, et al. Changes in sensory quality and chemical composition of Sichuan brick tea during processing [J]. Food Science, 2012, 33(23): 55-59
- [24] 黄业伟,王素敏,徐欢欢,等. 不同氧化程度茶多酚与咖啡因及糖的相互作用[J].云南农业大学学报(自然科学),2015,30(3):413-417
- HUANG Yewei, WANG Suming, XU Huanhuan, et al. Interaction between various oxidation degrees of tea polyphenols and caffeine or carbohydrate [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2015, 30(3): 413-417

(下转第 20 页)