灵芝红茶复合茶饮料的研制

刘金[1,2]，方俊[1,3]，谢艳华[1]，李梦丹[1]，陈力力[1,2]，夏志兰[4]

（1.湖南农业大学食品科技学院，湖南长沙 410128）（2.南方粮油作物协同创新中心，湖南长沙 410128）
（3.湖南省食品生物技术重点实验室，湖南长沙 410128）（4.湖南农业大学园艺园林学院，湖南长沙 410128）

摘要：探究以灵芝酶解液和红茶浸提液为基础原料，适当添加辅料，制备灵芝红茶复合茶饮料的方法。在酶解法得到灵芝酶解液、浸提法得到红茶浸提液的基础上，通过采用单因素试验和正交试验，以感官评分为指标对加工过程进行优化，运用模糊数学评价法对感官评分进行计算，得到的最佳配方为灵芝酶解液:红茶浸提液:水为 42.5:22.5:35、β-环状糊精 3%、白糖 1.4%、麦芽糊精 1.4%、海藻酸钠 0.04%、D-异抗坏血酸钠 0.024%、CMC-Na 0.18%。按此条件所得的灵芝红茶复合茶感官评价分数最高，风味最佳，保质期可达 120 d。对 GC-MS 分析结果进行谱库检索核对及确认，共鉴定出挥发性成分 24 种，其中相对含量在 2%以上的有 2-乙基己醇（78.27%）、1-戊醇（9.30%）、乙酸异戊脂（3.88%）和正十一烷（2.82%），保留了部分灵芝和红茶的香气成分。采用此加工过程开发出一款香气、色泽、汤色和滋味俱佳的灵芝红茶复合茶饮料。

关键词：灵芝；酶解；模糊评价；感官评价；挥发性成分

文章篇号：1673-9078(2017)11-191-200 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.11.027

Preparation of a Compound Beverage with *Ganoderma Lucidum* and Black Tea

LIU Jin[1,2], FANG Jun[1,3], XIE Yan-hua[1], LI Meng-dan[1], CHEN Li-li[1,2], XIA Zhi-lan[4]

(1.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China) (2.Collaborative Innovation Center of Grain and Oil Crops in the South, Changsha 410128, China) (3.Hunan Provincial Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, Changsha 410128, China) (4.College of Horticulture and Landscape Architecture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: A compound tea beverage was developed by using *Ganoderma lucidum* enzymolysis solution and black tea extract as the basic raw material and adding proper auxiliary material. The extract of *Ganoderma lucidum* was obtained by enzymolysis, and the black tea extract was obtained by extraction. Then, the optimum formula was obtained by single factor test and orthogonal test according to sensory evaluation standard and fuzzy mathematics evaluation method. The results showed the best formula was as follows: *Ganoderma lucidum* extract/black tea extract/water 42.5/22.5/35, β-cyclodextrin 3%, sugar 1.4%, maltodextrin 1.4%, sodium alginate 0.04%, D-sodium ascorbate 0.024% and CMC-Na 0.18%. Under these conditions, the sensory evaluation score of *Ganoderma lucidum* and black tea compound tea was the highest and shelf life could reach 120 d. 24 kinds of volatile components were identified and confirmed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The relative contents more than 2% among them were 2-ethylhexan-1-ol (78.27%), isoamyl alcohol (9.30%), isoamyl acetate (3.88%) and undecane (2.82%). The aroma components of *Ganoderma lucidum* and black tea were retained in this beverage.

Key words: *Ganoderma*; enzymolysis; fuzzy evaluation; sensory evaluation; volatile components

灵芝俗称灵芝草，又名赤芝、红芝、菌灵芝和瑞草等，含有灵芝糖、灵芝酸、灵芝嘌呤、灵芝碱甲和乙内酯、牛磺酸等多种化合物[1~3]。现代临床和药理研究表明灵芝对中枢神经系统有镇静、镇痛和安定功效[4~6]，是对支气管哮喘慢性持续期良好补充和辅助治疗药物[7]，灵芝中分离的蛋白多糖有免疫增强作用[8~13]。

茶叶中含多种天然活性成分，因而除有解渴止暑、强心利尿、解毒及兴奋中枢神经作用外，还有抗菌、抗病毒、抑制肿瘤细胞、抗癌、抗突变、降血脂、降血糖、降血压、防止动脉硬化和血栓形成、抗氧化、抗衰老和预防一些疾病等多种药理和保健作用[14~17]。

为满足市场需要，人们开发了多种多样的灵芝保健产品，如破壁灵芝孢子粉、灵芝孢子油、灵芝超细粉和破壁灵芝孢子粉胶囊等，但是价格昂贵，以灵芝

收稿日期：2017-04-28

基金项目：863 科技计划重大项目（2013AA102107-1）

作者简介：刘金（1994-），女，硕士研究生，研究方向：食品生物技术

通讯作者：陈力力（1962-），女，博士，教授，研究方向：食品生物技术

粉和红茶叶为原料的灵芝茶既有保健功效，又有独特口感风味，同时与其他灵芝保健品相比具有价格优势，方便饮用。灵芝茶中主要的功能成分为茶多酚和多糖，其中多糖包括灵芝多糖和茶多糖。这些成分都具有清除人体内由于环境污染、电离辐射、化学毒物和药物等原因引发的多种自由基。而自由基与衰老、心脑血管疾病和癌症等疾病的发生发展又密切相关。因此，长期饮用灵芝茶可以保护细胞免受自由基的破坏，抑制组织脂质过氧化，避免自由基过多对人体造成危害，能有效的提高人体免疫力，延缓衰老，保健美容。考虑到灵芝和红茶具有如此多的保健功效，本试验以灵芝和红茶为原料，研制具有保健功能、价格低廉、便于携带的灵芝红茶复合茶饮料，为丰富保健饮料品种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

干灵芝和红茶分别由湖南农业大学食用菌研究所、湖南农业大学茶厂提供；纤维素酶（2 万 U/g）、果胶酶（1 万 U/g）购自尤特尔生化有限公司；β-环状糊精、麦芽糊精、海藻酸钠、D-异抗坏血酸钠和 CMC-Na 等食品添加剂购自宁波王龙科技股份有限公司，均为食品级。

1.2 主要仪器与设备

722N 可见光分光光度计（上海菁华科技仪器有限公司）、SB-5200DT 型超声波清洗仪（宁波新芝生物科技股份有限公司）、电热恒温水浴锅（北京永光明医疗仪器厂）、TP-620A 型电子天平（湘仪天平仪器设备有限公司）、101-2AB 型电热鼓风干燥机（天津市泰斯特仪器有限公司）、CS-2000 摇摆式不锈钢中药粉碎机（武义海纳电气有限公司）、PDMS(50/30 μm）萃取头（美国 Supelco 公司）；HP6890-5973 气相色谱-质谱联用仪（美国 Agilent 公司）。

1.3 方法

1.3.1 一般工艺流程



1.3.2 酶法制备灵芝酶解液

采用酶解浸提法制备灵芝酶解液[18]，即采用 COSUAI 摇摆式不锈钢中药粉碎机粉碎干灵芝，过 80 目筛（孔径 180 μm）通过率≧60%，制备干灵芝粉，干灵芝粉按料水 1:40 配比，加入纤维素酶 1.00%，果胶酶 3.00%，于 50 ℃恒温浸提 1 h 收集上清液即得。在此条件下得到的灵芝酶解液的灵芝多糖含量为 1.037%。

1.3.3 红茶浸提液制备

按照料水比 2.5:100 配制红茶水，于 80 ℃水浴 25 min，得到红茶浸提液，在此条件下得到的红茶浸提液淡褐色、茶香浓郁、无沉淀。

1.3.4 灵芝红茶复合茶饮料配方优化

为了得到风味良好、品质稳定的灵芝红茶复合茶饮料，首先设定基础配方即加入灵芝酶解液与红茶浸提液及水按 40:40:20 的配比配制，并加 β-环状糊精 3%、麦芽糊精：0.5%，白糖 0.5%、D-异抗坏血酸钠 0.015%、CMC-Na 0.05%、海藻酸钠 0.05%组成，在此条件下，分别以上述各成分作为单因子进行单因素试验，并在此基础上进行正交试验（正交试验因素与水平见表 1），试验中以感官评分（见表 2）作为主要考核指标，优化灵芝红茶复合茶饮料配方。

表 1 灵芝茶优化正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test for *Ganoderma lucidum* tea

水平	因素						
	灵芝:红茶:水	白糖/%	麦芽糊精/%	海藻酸钠/%	β-环状糊精/%	D-异抗坏血酸钠/%	CMC-Na/%
	A	B	C	D	E	F	G
1	47.5:20:32.5	1.2	1.2	0.04	3.3	0.024	0.14
2	42.5:22.5:35	1.4	1.4	0.08	3.7	0.028	0.18

1.3.5 灵芝红茶复合茶饮料品质测定

1.3.5.1 感官评价

评分检测，是要求鉴评员把样品的品质特性以数字标度形式来鉴评的一种检验。在评分法中，所使用的数字标度为等距标度或比率标度[19,20]。

1.3.5.2 模糊数学模型的建立

以正交试验时的 16 组灵芝红茶复合茶饮料茶为评价对象集 Y，Y_1、Y_2、Y_3、Y_4、Y_5、Y_6、Y_7、Y_8、Y_9、Y_{10}、Y_{11}、Y_{12}、Y_{13}、Y_{14}、Y_{15} 和 Y_{16} 分别代表表 6 中组别 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15 和 16。以色泽、香气、滋味和口感为因素集 U，因素集 U={色泽 U_1，香气 U_2，滋味 U_3，口感

U_4}。以优、中和差为等级的评价结果，对应的分值是 85、75 和 65，评语得分集为 V，V={优，中，差}={90，80，70}根据色泽、香气、滋味和口感在灵芝红茶复合茶饮料感官评价中的作用，确定灵芝红茶复合茶饮料各感官指标的权重为色泽 0.30、香气 0.15、滋味 0.40、口感 0.15，总和为 1。权重集 X={X_1，X_2，X_3，X_4}={0.30，0.15，0.40，0.15}。灵芝红茶复合茶饮料感官指标综合评判集 Y=XR，其中 X 为权重集，R 为模糊矩阵。

1.3.5.3 挥发性成分分析

采用 HP6890-5973 气相色谱-质谱联用仪进行挥发性成分分析。样品萃取方法为吸取 5 mL 灵芝复合茶饮料加入 20 mL SPME 样品瓶中，密封并平衡处理后，采用 PDMS(50/30 μm)萃取头（270 ℃的条件下活化 60 min）顶空吸附 40 min，将萃取头插入气相色谱进样口，推出纤维头，250 ℃条件下解吸 5 min。气相色谱条件为 CD-WAX 弹性石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm)；采用不分流进样，进样口温度 250 ℃；程序升温为起始温度 45 ℃，保持 1 min，以 5 ℃/min 的速度升温至 290 ℃，保持 2 min。载气为高纯氦气(99.999%)、流速 1.0 mL/min。质谱条件为离子源为 EI 源，离子源温度 200 ℃、电子能量 70 eV、发射电流 150 μA、倍增器电压 1037 V；接口温度 220 ℃；质量扫描范围 45~500 *m/z*，扫描间隔 0.2 s。采用仪器自带系统进行数据处理，利用总离子流峰面积归一化方法，计算各成分在总有机挥发物种的相对百分含量。

1.3.5.4 灵芝红茶复合茶饮料保质期试验

制备大量灵芝红茶复合茶饮料于食品级 pp 塑料瓶中密封，121 ℃下灭菌 20 min，于常温和 4 ℃环境下放置，每隔 60 d 按照国标 GB/T 4789.15-2010 进行微生物检测。

1.3.6 数据统计分析

采用 Excel 2010 软件统计数据和绘图。

表 2 灵芝红茶复合茶饮料感官评价表

Table 2 Sensory evaluation of *Ganoderma lucidum* tea

项目	权重	评分标准	评分	
色泽	30	均一淡褐色，透明发亮	25~30	优
		黄色，透明	15~25	中
		淡黄色，较澄清，底部有可见不溶物	>15	差
香气	15	浓郁灵芝香味，带有红茶香味，香味柔和不刺鼻	12~15	优
		有灵芝香味和红茶香味，且气味较浓	8~12	中
		没有灵芝香味或红茶香味，或两者全无	>8	差
滋味	40	口感顺滑不突兀，甜味不明显，苦味柔和	30~40	优
		口感一般，没有甜味，具有苦味，但不太柔和	20~30	中
		味道淡，甜味一般，苦味一般	>20	差
口感	15	清爽无残留	12~15	优
		有残留味道易清除	8~12	中
		有残留味道且不易清除	>8	差

2 结果与分析

2.1 灵芝红茶复合茶饮料配方优化

2.1.1 灵芝红茶复合茶饮料配方单因素试验结果

分别以灵芝酶解液:红茶浸提液:水为 45:25:30、40:20:40、35:35:30、35:40:25 和 40:40:20 为比例，按基础配方配成灵芝红茶复合茶后，选择 10 名评价者按表 2 鉴评灵芝红茶复合茶后，进行评分。将色泽均匀，无沉淀，有浓郁灵芝红茶香味，且顺滑不突兀的溶液选为上品，由总分显示，最佳配比为 45:25:30 和 40:20:40。

表 3 灵芝红茶复合茶饮料感官评分

Table 3 Sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

灵芝:红茶:水	单项分数				均值
	色泽	香气	滋味	口感	
45:25:30	25	12.5	36	12	85.5±0.76
40:20:40	26	11	35	13.5	84.5±1.00
35:35:30	25	12	34	10.5	81.5±0.92
35:40:25	25	10	36	10.3	81.7±0.85
40:40:20	24.5	8	32	12	76.5±1.08

2.1.2 麦芽糊精含量对灵芝红茶复合茶饮料品质的影响

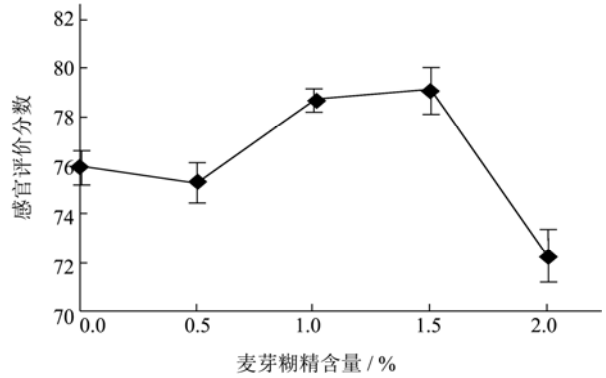


图 1 麦芽糊精对灵芝红茶复合茶饮料品质影响感官评分

Fig.1 Effects of maltodextrin on the sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

为了保持复合茶饮料的稳定，缓和加入白糖带来的口感冲击，选择添加麦芽糊精。按基础配方配好灵芝红茶复合茶饮料，将基础配方中麦芽糊精添加量按0%、0.5%、1.0%、1.5%和2.0%添加，选择10名评价者按表2鉴评灵芝红茶复合茶饮料后，最适范围为麦芽糊精1.0%~1.5%。

2.1.3 白糖含量对灵芝红茶复合茶饮料品质的影响

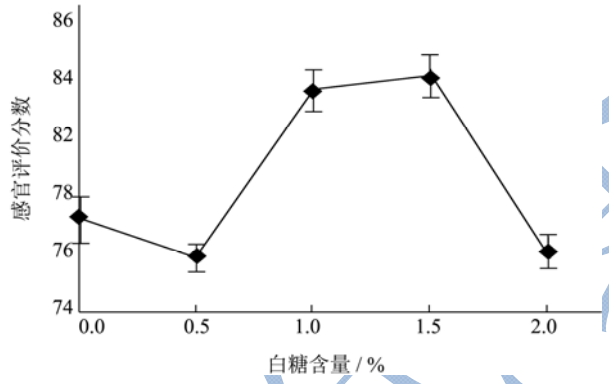


图 2 白糖对灵芝红茶复合茶饮料品质影响感官评分

Fig.2 Effects of sugar on the sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

为了提高复合茶饮料的口感，选择添加白糖提高复合茶饮料的甜度。按基础配方配好灵芝红茶复合茶饮料，将基础配方中白糖添加量按0%、0.5%、1.0%、1.5%和2.0%添加。选择10名评价者按表2鉴评灵芝红茶复合茶饮料，选择甜味不突兀，苦味不明显，有回甘的为上品，最适范围为白糖1.0%~1.5%。

2.1.4 β-环状糊精含量对灵芝红茶复合茶饮料品质的影响

为了保持复合茶饮料中易氧化、遇光分解、遇热易变质的色素、氨基酸和维生素等营养成份的稳定，脱去灵芝酶解液的苦味，选择添加β-环状糊精。按基础配方配好灵芝红茶复合茶饮料，将基础配方中β-环状糊精添加量按2%、3%、4%、5%和6%添加。选择10名评价者按表2鉴评灵芝红茶复合茶饮料后，选择苦味不明显，带有灵芝茶甜味的为上品，最适范围为β-环状糊精3%和4%。

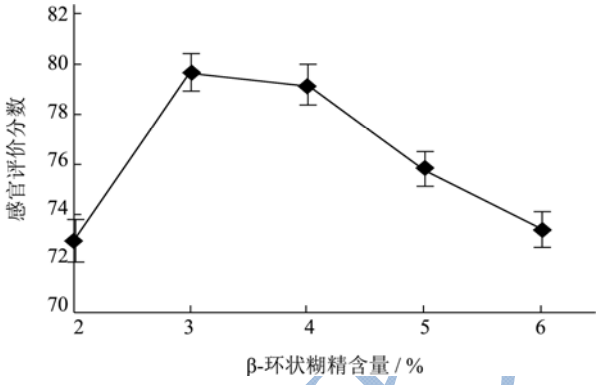


图 3 β-环状糊精对灵芝红茶复合茶饮料品质影响评分

Fig.3 Effects of β-cyclodextrin on the sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

2.1.5 D-异抗坏血酸钠含量对灵芝红茶复合茶饮料品质的影响

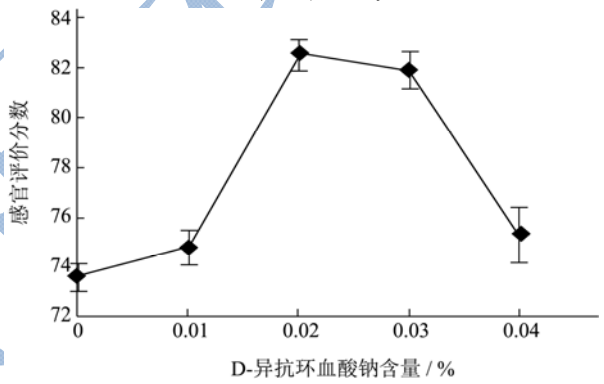


图 4 D-异抗坏血酸钠对灵芝红茶复合茶饮料品质感官评分

Fig.4 Effects of D-isoascorbic acid sodium on the sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

为了使复合茶饮料保有天然维生素，保持原有风味，选择D-异抗坏血酸钠作为防腐保鲜助色剂。按基础配方配好灵芝红茶复合茶饮料，将基础配方中D-异抗坏血酸钠添加量按0%、0.01%、0.02%、0.03%和0.04%添加。选择10名评价者按表2鉴评灵芝红茶复合茶饮料后，选择色泽均匀，无沉淀，溶液澄清的为上品，最适范围为D-异抗坏血酸钠0.02%~0.030%。

2.1.6 CMC-Na含量对灵芝红茶复合茶饮料品质的影响

为了使复合茶饮料稳定，防止产生絮凝沉淀,需要在饮料中加入增稠剂作为稳定剂，选择CMC-Na作为增稠剂。按基础配方配好灵芝红茶复合茶饮料，将基础配方中CMC-Na添加量按0%、0.1%、0.2%、0.3%和0.4%添加。选择10名评价者按表2鉴评灵芝红茶复合茶饮料后，选择色泽均匀，无沉淀，溶液透明清亮的为上品，最适范围为CMC-Na 0.10%~0.20%。

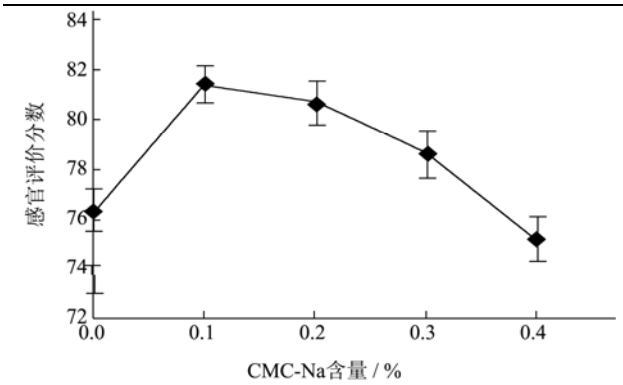


图 5 CMC-Na 对灵芝红茶复合茶饮料品质影响感官评价结果

Fig.5 Effects of CMC-Na on the sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

2.1.7 海藻酸钠含量对灵芝红茶复合茶饮料品质的影响

为了使复合茶饮料口感柔滑，防止加热杀菌后粘度下降，按基础配方配好灵芝红茶复合茶饮料，将基础配方中海藻酸钠添加量按 0%、0.1%、0.2%、0.3%和 0.4%添加。选择 10 名评价者按表 2 鉴评灵芝红茶复合茶饮料后，选择色泽均匀，无沉淀的灵芝红茶复合茶饮料为上品，最适范围为海藻酸钠 0~0.10%。

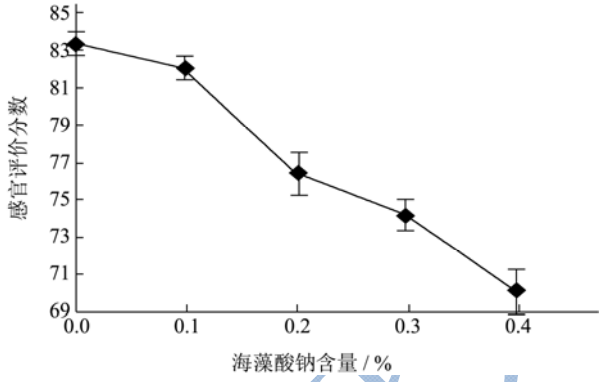


图 6 灵芝红茶复合茶饮料絮状沉淀消除方案感官评价结果

Fig.6 Effects of flocculation elimination scheme on the sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

2.1.8 灵芝红茶复合茶饮料配方优化

表 4 灵芝红茶复合茶饮料优化正交试验方案及结果

Table 4 Optimization of orthogonal test scheme and results of *Ganoderma lucidum* tea

列号	1	2	3	4	5	6	7	8	感官评分
因素	A	B	C	D	E	F	G	空列	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	70.1
2	1	1	1	2	2	2	2	2	67.1
3	1	1	2	1	1	2	2	1	72.2
4	1	1	2	2	2	1	1	2	65.8
5	1	2	1	1	2	1	2	2	66.1
6	1	2	1	2	1	2	1	1	72.4
7	1	2	2	1	2	2	1	1	83.4
8	1	2	2	2	1	1	2	2	74.6
9	2	1	1	1	2	2	2	1	69.3
10	2	1	1	2	1	1	1	2	78.7
11	2	1	2	1	2	1	1	2	77.0
12	2	1	2	2	1	2	1	2	74.6
13	2	2	1	1	1	2	2	1	82.9
14	2	2	1	2	2	1	1	2	74.7
15	2	2	2	1	1	1	2	1	87.1
16	2	2	2	2	2	2	2	1	76.9
K1	571.7	574.8	581.3	608.1	612.6	594.1	596.6	614.3	
K2	621.2	618.1	611.6	584.8	580.3	598.8	596.2	578.6	
k1	71.5	71.9	72.7	76.0	76.6	74.3	74.6	76.8	
k2	77.7	77.3	76.5	73.1	72.5	74.9	74.5	72.3	
R	49.5	43.3	30.3	23.3	32.3	4.3	0.4	35.7	

表 5 正交试验结果方差分析

Table 5 Variance analysis of orthogonal test results

变异来源	SS	df	MS	F	$F_{0.05}$（2，16）	$F_{0.01}$（2，16）
灵芝:红茶:水	153.14065	1	76.570325	1.012405136		
白糖含量	117.180653	1	58.5903265	0.774675405		
β-环状糊精含量	65.20565	1	32.602825	0.431071273		
麦芽糊精含量	57.38065	1	28.690325	0.379340592		
海藻酸钠	33.93065	1	16.965325	0.224313821	3.63	6.23
D-异抗坏血酸钠含量	1.38065	1	0.690325	0.009127408		
CMC-Na 含量	0.01565	1	0.007825	0.000103461		
误差	40.608547	8	20.3042735			
总变异	444.035203	16				

表 6 灵芝红茶复合茶饮料感官评分

Table 6 Sensory evaluation scores of *Ganoderma lucidum* tea

序号	色泽			香气			滋味			口感		
	优	中	差	优	中	差	优	中	差	优	中	差
1	1	6	3	2	5	3	3	4	3	2	7	1
2	0	6	4	0	6	4	0	7	3	0	5	5
3	2	7	1	4	3	3	3	4	3	2	6	2
4	0	3	7	0	5	5	0	4	6	0	1	9
5	0	5	5	0	4	6	0	6	4	0	1	9
6	2	6	2	4	2	4	3	5	2	2	8	0
7	7	2	1	7	3	0	6	3	1	6	3	1
8	4	3	3	4	3	3	4	4	2	4	4	2
9	0	6	4	1	6	3	1	7	2	0	8	2
10	5	3	2	6	2	2	5	3	2	4	4	2
11	5	2	3	6	2	2	5	2	3	4	5	1
12	4	3	3	4	2	4	4	5	1	3	5	2
13	7	2	1	6	4	0	6	2	2	5	5	0
14	4	3	3	4	3	3	4	5	1	3	6	1
15	8	2	0	9	1	0	7	2	1	9	1	0
16	5	2	3	6	2	2	4	3	3	4	5	1

根据上述试验结果制定 $L_{16}(2^8)$正交试验因素水平表（表 1），按配方进行配制，选择 10 名评价者按表 2 鉴评灵芝红茶复合茶饮料后，选择色泽均匀，无沉淀，有浓郁红茶香味，且顺滑不突兀的溶液为上品，进行评分，结果如表 4 所示。

根据 R 值可看出影响因素 A>B>E>C>D>F>G，可以看出影响最大的为 A，即灵芝酶解液:红茶浸提液:水比例，其次为 B 和 F，即白糖含量和麦芽糊精含量。对于 A 因素，A_2>A_1，其次 B_2 好，然后是 E_1、C_2、D_1、F_1 和 G_2，所以最佳为 $A_2B_2E_1C_2D_1F_1G_2$ 组合。

根据表 5 可知，对灵芝红茶复合茶饮料影响最大的为灵芝:红茶:水比例，其次为白糖含量、β-环状糊精含量等，而且 $F<F_{0.05}(2，16)=3.63$，说明变异来源差异不显著。

10 名评价员对正交试验的 16 组灵芝红茶复合茶饮料进行感官评定，结果见表 6。

由表 6 可见，10 名评价人员的评检结果存在差异，据此可建立模糊矩阵。模糊评定矩阵根据评定人员的评定结果(见表 6)确定。即将表 6 中的数字除以评定人总数(10 人)，就可以得到模糊矩阵 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5、R_6、R_7、R_8、R_9、R_{10}、R_{11}、R_{12}、R_{13}、R_{14}、R_{15} 和 R_{16}。它们包含了所有的评定信息。把其整理写成一个 U×V 上的模糊关系矩阵 R，得到 16 组样品的评价矩阵为：

$$R_1=\begin{pmatrix}0.1&0.6&0.3\\0.2&0.5&0.3\\0.3&0.4&0.3\\0.2&0.7&0.1\end{pmatrix}\quad R_2=\begin{pmatrix}0.0&0.6&0.4\\0.0&0.6&0.4\\0.0&0.7&0.3\\0.0&0.5&0.5\end{pmatrix}$$

$$R_3=\begin{pmatrix}0.2&0.7&0.1\\0.4&0.3&0.3\\0.3&0.4&0.3\\0.2&0.6&0.2\end{pmatrix}\quad R_4=\begin{pmatrix}0.0&0.3&0.7\\0.0&0.5&0.5\\0.0&0.4&0.6\\0.0&0.1&0.9\end{pmatrix}$$

$$R_5=\begin{pmatrix}0.0&0.5&0.5\\0.0&0.4&0.6\\0.0&0.6&0.4\\0.0&0.1&0.9\end{pmatrix}\quad R_6=\begin{pmatrix}0.2&0.6&0.2\\0.4&0.2&0.4\\0.3&0.5&0.2\\0.2&0.8&0.0\end{pmatrix}$$

$$R_7=\begin{pmatrix}0.7&0.2&0.1\\0.7&0.3&0.0\\0.6&0.3&0.1\\0.6&0.3&0.1\end{pmatrix}\quad R_8=\begin{pmatrix}0.4&0.3&0.3\\0.4&0.3&0.3\\0.4&0.4&0.2\\0.4&0.4&0.2\end{pmatrix}$$

$$R_9=\begin{pmatrix}0.0&0.6&0.4\\0.1&0.6&0.3\\0.1&0.7&0.2\\0.0&0.8&0.2\end{pmatrix}\quad R_{10}=\begin{pmatrix}0.5&0.3&0.2\\0.6&0.2&0.2\\0.5&0.3&0.2\\0.4&0.4&0.2\end{pmatrix}$$

$$R_{11}=\begin{pmatrix}0.5&0.2&0.3\\0.6&0.2&0.2\\0.5&0.2&0.3\\0.4&0.5&0.1\end{pmatrix}\quad R_{12}=\begin{pmatrix}0.4&0.3&0.3\\0.4&0.2&0.4\\0.4&0.5&0.1\\0.3&0.5&0.2\end{pmatrix}$$

$$R_{13}=\begin{pmatrix}0.7&0.2&0.1\\0.6&0.4&0.0\\0.6&0.2&0.2\\0.5&0.5&0.0\end{pmatrix}\quad R_{14}=\begin{pmatrix}0.4&0.3&0.3\\0.4&0.3&0.3\\0.4&0.5&0.1\\0.4&0.6&0.1\end{pmatrix}$$

$$R_{15}=\begin{pmatrix}0.8&0.2&0.0\\0.9&0.1&0.0\\0.7&0.2&0.1\\0.9&0.1&0.0\end{pmatrix}\quad R_{16}=\begin{pmatrix}0.5&0.2&0.3\\0.6&0.2&0.2\\0.4&0.3&0.3\\0.4&0.5&0.1\end{pmatrix}$$

根据模糊变换原理，用矩阵乘法计算 16 组灵芝红茶复合茶饮料对各因素的综合评判结果 Y=XR（表 7）。将表 7 中综合评价结果分别乘以其对应的分值(优 90 分，良 80 分，差 70 分)并进行加和，最后可得出每个样品的最后总得分（表 7）。

由表 7 可知，模糊数学评价结果显示评分 Y_{15} 最高，与正交试验结果一致（表 4），即配制灵芝酶解液，按灵芝:红茶:水为 42.5:22.5:35 配制灵芝茶溶液，再加入白糖 1.4%、β-环状糊精 3%、麦芽糊精 1.4%、海藻酸钠 0.04%、D-异抗坏血酸钠 0.024%和 CMC-Na 0.18%。按此条件所得的灵芝红茶复合茶饮料感官评分最高，风味最佳。

表 7 灵芝红茶复合茶饮料模糊数学评价结果

Table 7 Fuzzy mathematics evaluation of *Ganoderma lucidum* tea

Yj	评价结果集	模糊处理评价分数
Y1	{0.210，0.520，0.270}	79.40
Y2	{0.000，0.625，0.375}	76.25
Y3	{0.270，0.505，0.225}	80.45
Y4	{0.000，0.340，0.660}	73.40
Y5	{0.000，0.465，0.535}	74.65
Y6	{0.270，0.530，0.200}	80.70
Y7	{0.645，0.270，0.085}	85.6
Y8	{0.400，0.355，0.245}	81.55
Y9	{0.055，0.670，0.275}	77.80
Y10	{0.500，0.300，0.200}	83.00
Y11	{0.500，0.245，0.255}	82.45
Y12	{0.385，0.395，0.220}	81.65
Y13	{0.615，0.275，0.110}	85.05
Y14	{0.385，0.425，0.190}	81.95
Y15	{0.790，0.170，0.040}	87.50
Y16	[0.460，0.285，0.255}	82.05

2.2 灵芝红茶复合茶饮料主要成分分析

对 GC-MS 分析检测结果进行谱库检索核对及确认，对灵芝红茶复合茶饮料中挥发性成分鉴定结果见表 8。由表 8 可知，灵芝红茶复合茶饮料中共鉴定出 24 种成分，其中脂类 3 种(4.59%)，醇类 5 种(89.05%)，酮类 3 种（0.64%），醛类 3 种（2.02%），酚类 2 种（0.45%），酸类 3 种（2.00%）等。其中相对含量在 2%以上的有 2-乙基己醇（78.27%）、1-戊醇（9.30%）、乙酸异戊脂（3.88%）和正十一烷（2.82%）。

壬醛在灵芝红茶复合茶饮料中含 0.97%，与灵芝普通粉和灵芝超微粉中壬醛含量相比（分别为 2.291%、12.862%）[21]，灵芝红茶复合茶饮料中的壬醛占比小，这与试验所用原料及处理方法有关，灵芝中的主要有效成分存在于细胞内壁，灵芝普通粉挥发性成分中壬醛含量低于灵芝超微粉。而本次试验制备灵芝酶解液的灵芝粉仅能过 80 目筛（孔径 180 μm），属于灵芝普通粉，并且原料料水比仅为 1:40。壬醛天然存在于玫瑰油、柑橘油等精油中，稀释时则呈现出玫瑰和柑橘样的香气[22,23]。

表 8 灵芝红茶复合茶饮料挥发性成分的 GC-MS 鉴定结果

Table 8 Identification of the volatile components of *Ganoderma lucidum* tea by GC-MS

序号	化学式	化合物	相对含量/%
酯类			
1	$C_7H_{14}O_2$	乙酸异戊脂	3.88
2	$C_{10}H_{20}O_4$	二乙二醇丁醚醋酸酯	0.41
3	$C_{10}H_{20}O_2$	2-乙基己基乙酸酯	0.30
醇类			
1	$C_5H_{12}O$	1-戊醇	9.30
2	$C_8H_{16}O$	1-辛烯-3-醇	1.13
3	$C_8H_{18}O$	2-乙基己醇	78.27
4	$C_{10}H_{18}O$	芳樟醇	0.17
5	$C_5H_6O_2$	糠醇	0.18
酮类			
1	$C_8H_{16}O$	5-甲基-3-庚酮	0.11
2	$C_4H_8O_2$	3-羟基-2-丁酮	0.11
3	C_8H_8O	苯乙酮	0.42
醛类			
1	$C_9H_{18}O$	壬醛	0.97
2	$C_5H_4O_2$	糠醛	0.26
3	C_7H_6O	苯甲醛	0.79
酚类			
1	C_6H_6O	苯酚	0.32
2	$C_9H_{12}O_2$	4-乙基-2-甲氧基苯酚	0.13
酸类			
1	C_6H_5COOH	苯甲酸	0.88
2	$C_8H_9NO_2$	2-氨基-5-甲基苯甲酸	1.01
3	$C_2H_4O_2$	乙酸	0.11
其他			
1	$C_2H_6S_2$	二甲基二硫	0.62
2	$C_{11}H_{24}$	正十一烷	2.82
3	$C_{10}H_{16}$	右旋萜二烯	0.56
4	$C_8H_{14}O$	2-Propanone,1-cyclopentyl-	0.34
5	$C_{10}H_{12}O_2$	Phenol,2-methoxy-3-(2-propen-1-yl)-	0.09

苯甲醛在灵芝红茶复合茶饮料中含 0.79%，在灵芝超微粉和灵芝菌丝体挥发油[24]中含量分别为 3.012%和 0.47%，这说明复合茶饮料中的苯甲醛不仅仅来自原料灵芝酶解液，还来自于原料红茶浸提液[25]。苯甲醛在风信子、岩蔷薇等中有发现具有苦杏仁、樱桃及坚果香[26,27]。

在灵芝菌丝体挥发油中被检出含有芳樟醇 2.43%，同时速冻乌龙茶粉挥发性成分中也有芳樟醇[28]，芳樟醇在灵芝红茶复合茶饮料中被检出含量为 0.17%，被认为有果香和茶香。不同加工工艺的紫娟茶（晒青茶、烘青茶、红茶和熟茶）均检出 2-乙基己醇（4.47%、5.05%、2.17%和 2.85%）[29]。1-戊醇在几种乌龙茶鲜叶挥发性成分中相对含量在 0.80%左右[30]，在灵芝红茶复合茶饮料中相对含量为 9.30%。

由此可见，在灵芝红茶复合茶饮料配制中，保留了一部分灵芝和红茶的香气成分。

2.3 灵芝红茶复合茶饮料保质期试验

将制备的瓶装灵芝红茶复合茶饮料于常温环境下放置，每隔 60 d，按照国标 GB/T 4789.15-2010 进行

细菌、霉菌和酵母菌计数，数据如下。

表 9 灵芝红茶复合茶饮料菌落总数、霉菌和酵母菌计数

Table 9 The total number of colony, mold and yeast count of *Ganoderma lucidum* tea

保藏天数/d	菌落总数 /(CFU/mL)	霉菌、酵母菌计数 /(CFU/mL)
60	10	0
120	30	2
180	6310	30

以 GB 19296-2010 为标准，在室温下已放置 60 d 的灵芝红茶复合茶溶液符合食品卫生微生物学检验饮料检验中细菌标准（菌落总数≦100、霉菌、酵母菌总数≦10），菌落总数为 10 CFU/mL，霉菌、酵母菌计数为 0 CFU/mL。在室温下已放置 120 d 的灵芝红茶复合茶溶液菌落总数为 30 CFU/mL，霉菌、酵母菌计数为 0 CFU/mL。结合 180 d 的实验数据，根据灵芝红茶复合茶饮料微生物学检验这一指标，在室温下保存的灵芝红茶复合茶饮料保存期大于 120 d，小于 180 d。灵芝红茶复合茶溶液在室温下的保质期为 120 d。

3 小结

3.1 在灵芝红茶复合茶饮料配制方法研究中，通过单因素试验、正交试验及模糊数学评价得到最佳配方，即配置灵芝酶解液，按灵芝酶解液:红茶浸提液:水=42.5:22.5:35 配制灵芝茶溶液，再加入白糖 1.4%、3% *β*-环状糊精、麦芽糊精 1.4%、海藻酸钠 0.04%、D-异抗坏血酸钠 0.024%和 CMC-Na 0.18%。按此条件所得的灵芝红茶复合茶饮料感官评分最高，风味最佳。

3.2 在灵芝红茶复合茶饮料挥发性成分测定中，共鉴定出 24 种成分，其中脂类 3 种（4.59%），醇类 5 种（89.05%），酮类 3 种（0.64%），醛类 3 种（2.02%），酚类 2 种（0.45%），酸类 3 种（2.00%）等。保留了部分灵芝和红茶的香气成分。

3.3 在灵芝茶保藏稳定性研究中，以 GB/T 4789.15-2010 为标准，每隔 60 d 测定灵芝茶溶液中的菌落总数、霉菌和酵母菌数，根据实验结果发现灵芝茶在室温下可保藏 4 个月。

3.4 通过上述方法制成的灵芝红茶复合茶饮料在色泽，香气上获得了较好的评价，但是在口感上有缺陷。可考虑将该灵芝红茶复合茶饮料制为浓缩液，着重研究灵芝红茶复合茶饮料的风味和保健功效，或者可将灵芝红茶复合茶饮料制成含片，着重研究灵芝红茶复合茶饮料的保健功能，且便于携带和服用。

参考文献

[1] 翟旭峰,胡明华,冯梦莹,等.超声提取灵芝多糖的工艺研究[J].现代食品科技,2012,12:1704-1708,1773
ZHAI Xu-feng, HU Ming-hua, FENG Meng-ying, et al. Optimization of ultrasonic extraction of *Ganoderma lucidum* polysaccharides by response surface methodology [J]. Modern Food Science & Technology, 2012, 12: 1704-1708, 1773

[2] 李晔,朱忠敏,姚渭溪,等.灵芝三萜类化合物的研究进展[J].中国中药杂志,2012,37(2):165-171
LI Ye, ZHU Zhong-min, YAO Wei-xi, et al. Progress of triterpenes compounds from *Ganoderma lucidum* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2012, 37(2): 165-171

[3] LI Ying-bo, WANG Jia-le, ZHANG Jian-jiang. Recovery of ganoderic acids from *Ganoderma lucidummycelia* by macroporous adsorption resins [J]. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 2012, 17(2): 326-336

[4] 张虎,杜欣娜,朱金玲,等.灵芝孢子粉对癫痫大鼠脑海马区 NCAM-L1 表达的影响[J].黑龙江医药科学,2011,34(2): 35-35
ZHANG Hu, DU Xin-na, ZHU Jin-ling, et al. Effects of *Ganoderma lucidum* spores on NCAM-L1 expression in hippocampus of epileptic rats [J]. Heilongjiang Medicine and Pharmacy, 2011, 34(2): 35-35

[5] 张旺信,冯永堂,张秋玲,等.泰山赤灵芝对沙土鼠脑缺血再灌注后脑及血清 SOD、MDA 的影响[J].泰山医学院学报,2010,31(1):12-15
ZHANG Wang-xin, FENG Yong-tang, ZHANG Qiu-ling, et al. Effect of ganodema on the SOD and MDA in the brain and serum after cerebral ischemic reperfusion in gerbils [J]. Journal of Taishan Medical College, 2010, 31(1): 12-15

[6] 杨丽娟,游育红,林志彬,等.灵芝多糖肽对人脐静脉内皮细胞氧化损伤的保护作用[J].中国药理学报,2010,26(5): 657-660
YANG Li-juan, YOU Yu-hong, LIN Zhi-bing, et al. Protective effect of *Ganoderma lucidum* polysaccharide peptide on oxidative damage of human umbilical vein endothelial cells [J]. Acta Pharmacologica Sinica, 2010, 26(5): 657-660

[7] 温明春.魏春华,于农,等.中药灵芝补肺汤治疗支气管哮喘临床研究[J].中华哮喘杂志电子版,2012,6(13):22-25
WEN Ming-chun, WEI Chun-hua, YU Nong, et al.

Observation of Chinese herbal: “Ganderma tonifying lung decoction” on patients with bronchial asthma [J]. Chinese Journal of Asthma (Electronic Version), 2012, 6(13): 22-25

[8] Yeh C H, Chen H C, Yang J J, et al. Polysaccharides PS-G and protein LZ-8 from Reishi (*Ganoderma lucidum*)exhibit diverse functions in regulating murine macrophages and T lymphocytes [J]. J Agric. Food Chem., 2010, 58(15): 8535-44

[9] Huang S Q, Li J W, Wang Z, et al. Optimization of alkaline extraction of polysaccharides from *Ganoderma lucidum* and their effect on immune function in mice [J]. Molecules, 2010, 15(5): 3694-708

[10] 蔡文辉,王亚贤,杨景云.灵芝孢子粉对重症急性胰腺炎大鼠免疫功能的调整作用[J].中医药信息,2011,28(6):40-42
CAI Wen-hui, WANG Ya-xian, YANG Jing-yun. The regulative effect of *Ganoderma* spore powder on immunefunction of rats with severe acute pancreatitis [J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2011, 28(6): 40-42

[11] 李仲娟,杨朝令,喻昕,等.灵芝多糖对小鼠 M1 巨噬细胞活性的研究[J].时珍国医国药,2012,23(7):1738-1739
LI Zhong-juan, YANG Zhao-ling, YU Xin, et al. Study on the activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharideonmouse M1 macrophage [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2012, 23(7): 1738-1739

[12] 卢锦熙,曾荣华,王腾华,等.灵芝孢子油化学成分研究[J].广州中医药大学学报,2013,30(4):553-557
LU Jin-xi, ZENG Rong-hua, WANG Teng-hua, et al. Studies on the chemical constituents of *Ganoderma lucidum* spore oil [J]. Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, 2013, 30(4): 553-557

[13] 吕明明,王婷婷,钱倩,等.灵芝孢子油对肺腺癌癌性胸水中原代肿瘤细胞的抗肿瘤作用[J].现代肿瘤医学,2011,19(7):1289-1292
LV Ming-ming, WANG Ting-ting, QIAN qian, et al. Anticancer effect of *Ganoderma* sppres oil on primay cancercells isolated from pleural effusion [J]. Journal of Modern Oncology, 2011, 19(7): 1289-1292

[14] 陈金华,谭斌,龚雨顺,等.红茶对高脂饮食小鼠血脂的调节作用研究[J].茶叶科学,2015,4:384-396
CHEN Jin-hua, TAN Bin, GONG Yu-shun, et al. Effect of black tea on regulating serum lipid in mice fedwith a high-fat diet [J]. Tea Science, 2015, 4: 384-396

[15] Yang Z, Baldermann S, Watanabe N. Recent studies of thevolatile compounds in tea [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 585-599

[16] 陈东生,王坤波,黄建安,等.茶树多酚氧化酶研究进展[J].茶叶通讯,2012,39(2):17-21
CHEN Dong-sheng, WANG Kun-bo, HUANG Jian-an, et al. Research progress on polyphenol oxidase of tea plant [J]. The Communication, 2012, 39(2): 17-21

[17] 黄业伟,张冬英,邵宛芳,等.红茶抗疲劳功效研究[J].食品科学,2011,32(1):218-220
HUANG Ye-wei, ZHANG Dong-ying, SHAO Wan-fang, et al. Anti-fatigue effect of black tea [J]. Food Science, 2011, 32(1): 218-220

[18] 刘金,方俊,陈力力.灵芝酶解液制备方法的研究[J].食用菌,2015,37(6): 59-61,66
LIU Jin, FANG Jun, CHEN Li-li. Study on the preparation of *Ganoderma lucidum* extract [J]. Edible Fungus, 2015, 37(6): 59-61, 66

[19] 张铁,王伟伟,王国宇,等.基于感官评价研制红茶固体饮料的研究[J].福建茶叶,2014,36(3):13-15
ZHANG Tie, WANG Wei-wei, WANG Guo-yu, et al. Study on the development of black tea solid drink based on sensory evaluation [J]. Tea in Fujian, 2014, 36(3): 13-15

[20] 马振兴.茯苓葡萄酒的开发与感官评价[J].饮料工业,2009,12(2):32-35
MA Zhen-xing. Development and sensory evaluation of *Poria cocos* wine [J]. Beverage Industry, 2009, 12(2): 32-35

[21] 黄建城,高玉琼,刘建华,等.灵芝超微粉与普通粉挥发性成分的研究[J].中成药,2008,30(8):1241-1243
HUANG Jian-cheng, GAO Yu-qiong, LIU Jian-hua, et al. Study on volatile components of *Ganoderma lucidumultrafine* powder and ordinary powder [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2008, 30(8): 1241-1243

[22] 陈玉蓉.永登县食用玫瑰栽培品种间香气成分比较及影响因子分析[D].兰州:甘肃农业大学,2016
CHEN Yu-rong. Comparison of aroma components and influence factors of ediblerose cultivars in Yongdeng County [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2016

[23] 王华.柑橘精油及其组分对采后致病青霉菌的作用[D].湘潭:湘潭大学,2012
WANG Hua. The inhibitory effect of essential oil from citrus and their main pure compounds on postharvest pathogens of penicillium [D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2012

[24] 王英英,岳海波,郭国宁,等.灵芝菌丝体挥发油的 GC/MS 分析及在卷烟中的应用[J].烟草科技,2011,6:39-42,55
WANG Ying-ying, YUE Hai-bo, GUO Guo-ning, et al. GC MS analysis of volatile oil from mycelia of *Ganoderma lucidum* and its application in cigarette [J]. Tobacco

Chemistry, 2011, 6: 39-42, 55

[25] 任洪涛,周斌,方林江,等.云南红茶加工过程中香气成分的变化[J].食品与发酵工业,2013,39(3):187-191
REN Hong-tao, ZHOU Bin, FANG Lin-jiang, et al. Analysis of the aroma components in the processing of Yunnan black tea [J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(3): 187-191

[26] 王江勇,于兰岭,齐雪龙,等.风信子与欧洲水仙香气差别的GC-MS 初探[J].北京农学院学报,2013,28(1):46-49
WANG Jiang-yong, YU Lan-ling, QI Xue-long, et al. Difference in aromatic components between hyacinths and European daffodil by GC-MS [J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2013, 28(1): 46-49

[27] 王蕾,于瑞国,石铝怀,等.不同岩蔷薇浸膏挥发性致香成分的 SED-GC-MS 分析研究[C]//中国分析测试学会,2004
WANG Lei, YU Rui-guo, SHI Lv-huai, et al. SED-GC-MS analysis of volatile aroma components in different extracts of rose rock extract [C]// Journal of Instrumental Analysis, 2004

[28] 靳巧丽,姜泽东,倪辉,等.速溶乌龙茶粉挥发性成分的分析[J].现代食品科技,2015,7:372-379
JIN Qiao-li, JIANG Ze-dong, NI Hui, et al. Volatile components of instant oolong tea powder [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 7: 372-379

[29] 陈保,姜东华,罗发美,等.四种不同加工工艺紫娟茶香气成分的比较[J].现代食品科技,2013,10:2480-2486
CHEN Bao, JIANG Dong-hua, LUO Fa-mei, et al. Aroma components of zijuan tea processed by four different methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 10: 2480-2486

[30] 黄旦益,齐冬晴,沈程文,等.不同乌龙茶品种(品系)鲜叶香气组分的初步研究[J].中国农学通报,2016,32(10):189-199
HUANG Dan-yi, QI Dong-qing, SHEN Cheng-wen, et al. The preliminary study of fresh leaves aroma components of different oolong tea varieties [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(10): 189-199

现代食品科技