

不同干燥方法对杜仲雄花茶品质的影响*

董娟娥¹ 付卓锐² 马希汉³ 莫开林² 夏广东⁴

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100; 2. 四川省林业科学研究院林产品加工利用研究所, 成都 610066;
3. 西北农林科技大学理学院, 陕西杨凌 712100; 4. 西安陆军学院, 西安 710108)

【摘要】 以感官评价和功能性成分含量检测相结合,研究了微波工艺与传统炒制、热风干燥方法对杜仲雄花茶品质的影响。结果表明,微波干燥方法效率高,可最大程度地保持杜仲雄花中的功能性成分,干燥的杜仲雄花茶的感官品质佳,可作为生产杜仲雄花茶的首选方法;热风干燥方法也可保持杜仲雄花中的功能性成分,干燥的杜仲雄花茶感官品质较佳,但效率较低,可作为生产杜仲雄花茶的可选方法;传统制茶工艺中的炒制干燥方法对杜仲雄花茶中的功能性成分破坏较大、感官品质差、操作不易控制,不适宜于杜仲雄花茶的干燥。

关键词: 杜仲 雄花茶 干燥 微波 炒制 热风

中图分类号: TS201.1; S375 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)08-0131-07

Effects of Different Drying Methods on Quality of *Eucommia ulmoides* Male Flower Tea

Dong Juane¹ Fu Zhuorui² Ma Xihan³ Mo Kailin² Xia Guangdong⁴

(1. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China
2. Institute of Forest Products Processing and Using, Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610066, China
3. College of Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China
4. Xi'an Lujun of Technology, Xi'an 710108, China)

Abstract

Based on the combination of sensory evaluation and the measurement of functional constituents contents, a comparative study was carried out on the effects of different drying processes on the quality of *Eucommia ulmoides* male flower tea. The results showed that microwave drying exhibited high efficiency. The functional constituents in the flower could be farthest maintained. The sensory quality was also satisfactory, making it the first choice in drying *Eucommia ulmoides* male flower tea. Oven drying could also keep the functional constituents in the flower. The sensory quality was also sound, but its efficiency was low, making it the second choice in drying *Eucommia ulmoides* male flower tea. Pan parching, a traditional method to process conventional tea, seriously destroyed the functional constituents, the sensory quality was poor, and the process was difficult to control, indicating that it was not suitable to dry *Eucommia ulmoides* male flower tea.

Key words *Eucommia ulmoides*, Male flower tea, Drying, Microwave, Oven drying, Pan parching

引言

杜仲 (*Eucommia ulmoides* Oliv.) 雄花中的黄酮

类化合物含量高于杜仲皮和叶,富含绿原酸、桃叶珊瑚苷、京尼平甘酸等活性物质和多种维生素、氨基酸,其中含有人体所需 8 种必需氨基酸^[1~4]。杜仲

收稿日期: 2010-12-10 修回日期: 2011-01-11

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD18B03)和西北农林科技大学青年骨干支持计划项目(Z111020906)

作者简介: 董娟娥,副教授,主要从事植物次生代谢调控和天然产物开发利用研究,E-mail: dzsys@nwsuaf.edu.cn

通讯作者: 马希汉,教授,主要从事植物资源化学研究,E-mail: maxh@nwsuaf.edu.cn

雄花有短梗和条形花药,外形与传统条形绿茶相似,将其加工成保健茶,对充分利用资源、增加农民收入具有重要的现实意义。前期对杜仲雄花茶加工过程中杀青、护绿工艺进行了系统研究,克服了花茶汤色变黑、不被消费者接受的缺点^[5]。但是,杜仲雄花比较幼嫩,且富含热敏性功能成分,在干燥的过程中如果采用不适当的干燥方法会严重影响其感观品质,同时会导致功能成分损失,从而降低杜仲雄花茶的商品价值。

传统的绿茶干燥方式主要有炒制干燥和热风干燥。炒制干燥属于传导干燥方式,操作过程不易控制,且极易损伤物料^[6]。热风干燥属于对流干燥,是依靠对流向物料供热,由气流带走水蒸气。干燥过程比较温和,但需用的时间较长。微波加热作为一种新型的干燥技术,广泛应用于食品的解冻、干燥、焙烤、灭酶以及杀菌^[7-9]。微波加热属于内部加热,可直接将原料的水分子加热而气化,且渗透均匀,物料干燥速度快、效率高^[8-9]。

本文以杜仲雄花为原料,经过杀青、护绿,用炒制、热风干燥和微波干燥的方法制备杜仲雄花茶,结合感官评价和功能性成分含量测定,对制备的杜仲雄花茶进行评价,以期对杜仲雄花茶的加工及产品品质的提升提供理论依据和工艺参数。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

杜仲雄花于2009年3月中下旬(初花期)采自西北农林科技大学林学院校区杜仲优树林。雄株花蕾形成后及时采收,应避免花粉的散落而影响杜仲雄花茶的质量。将采集的杜仲雄花经挑选、去除杂质,装入干净的棉质纱布网中,用小流速水流淋洗1 min左右,去除灰尘后摊晾,风干至含水率60%左右,并按照文献^[5]的方法对杜仲雄花进行杀青和护绿处理。

1.1.2 主要仪器

电磁炉(九阳 JYC-21CS11 型,功率为120~2 100 W,加热板尺寸为300 mm×350 mm);电热鼓风干燥箱(上海实验仪器有限公司,101A-2E 型,工作室尺寸为600 mm×500 mm×750 mm;控温范围300℃;温度波动±0.5℃;均匀度±1℃;功率2.4 kW);LG 微波炉 WD700(MG-5021M 型,工作室尺寸为300 mm×300 mm×200 mm,最大功率700 W,微波频率2 450 MHz);干燥器;分析天平(AG204 型,METTLER TOLEDO);超声波发生器(无锡超声电子设备厂);HHS-2S 型恒温水浴锅(上海衡平仪

器仪表厂);紫外可见分光光度计(TU-1810 型,北京普析通用仪器有限责任公司);高效液相色谱仪系统(SHIMADZU,LC-10AT 型),包括紫外检测器、高压泵和手动进样器。

1.2 干燥方法

1.2.1 炒制干燥

将30 g 杜仲雄花放入直径为30 cm 的电炒锅中,物料厚度为1 cm±0.5 cm。将锅置于家用电磁炉上,分别在90、120、150 和180℃(热板温度)下进行茶叶炒制。在加热过程中不停搅动,至有炒香味后出锅,进行感官评定和功能性成分检测。

1.2.2 热风干燥

将30 g 杜仲雄花茶按厚度1 cm±0.5 cm 摊放在20 cm×30 cm 的不锈钢盘中,然后将不锈钢盘置于鼓风干燥箱的中部,分别在60 和90℃下干燥2 h,120 和150℃(热风温度)下干燥1 h,处理后的样品进行感官评定和功能性成分检测。

1.2.3 微波干燥

将30 g 杜仲雄花按厚度1 cm±0.5 cm 铺放在钢化玻璃盘中放入微波炉,进行输出功率和微波时间的试验。以微波输出功率*A*、微波时间*B*,梯度设计不同处理(表1),将处理后的样品进行感官评定和功能性成分检测。

表 1 微波试验设计

Tab.1 Experimental design of microwave drying mode

试验 编号	微波输出 功率 <i>A</i> /W	微波时间 <i>B</i> /min	试验 编号	微波输出 功率 <i>A</i> /W	微波时间 <i>B</i> /min
1	140	1	11	420	3
2	140	2	12	420	4
3	140	3	13	560	1
4	140	4	14	560	2
5	280	1	15	560	3
6	280	2	16	560	4
7	280	3	17	700	1
8	280	4	18	700	2
9	420	1	19	700	3
10	420	2	20	700	4

1.3 感官评定和功能性成分检测方法

1.3.1 感官评定

将每种样品混合均匀,各取10 g 左右作为感官评定的样品,置白色A4 纸面上轻微晃动,以供评审者观察花茶的外形和颜色。然后,称取每种茶样3.0 g 左右,置于150 mL 干净透明的玻璃杯中,用沸水冲泡至2/3 杯加上玻璃盖,静置4 min,将茶水倒入白色的瓷杯中,观察瓷杯中茶叶的汤色,嗅杯中的

茶气,品尝茶汤的滋味,评定后倒出^[10~11]。

请 10 位不同性别和不同年龄阶段的人,分别对雄花茶的外形、色泽、嫩度、整碎度以及冲泡后的香气、滋味、汤色、茶底进行打分,并写出评语。

以同时期采后的普通杜仲雄花(不加工)为标准基准分(0 分),各项因子供试样与标准水平相当时为 0 分,稍高时为 1~3 分,较高时为 4~6 分,高时为 7~9 分;低于标准时为负分,打分标准同上。依据《GB/T 23776—2009 茶叶感官审评方法》中的规定,给予每个品质相应的权重后进行加权平均,作为感官评定的数据。绿茶审评各品质因子的权重分别为:外形(包括花茶的色泽、嫩度和整碎度)25%、汤色 10%、香气 25%、滋味 30%、叶底 10%。对感官评定得分进行方差分析,得出不同处理间的差异性,分析各干燥工艺对杜仲雄花茶感官的影响。

1.3.2 功能性成分检测

1.3.2.1 检测液的制备

参照文献[12]的方法,将不同干燥处理的杜仲雄花茶于低温干燥通风处放置 2 个月后,磨碎,按照文献中参考含量称取适量的干样 0.2~0.5 g,以体积分数 60% 乙醇分别超声提取 2 次,每次 20 min,间隔 10 min,合并两次提取液,定容至 25 mL,用 0.45 μm 的微孔滤膜过滤,得待测液。

1.3.2.2 总黄酮的含量检测

采用硝酸铝-亚硝酸钠比色法。标准曲线的制作参照文献[12]的方法进行。

将待测液进行纸层析分离,分别剪下样品和对照部分于试管中,加入甲醇 5 mL,超声波洗脱 20 min,取上清液 1 mL,加入 0.3 mL 质量分数为 5% 的 NaNO₂ 溶液,放置 6 min,加入 0.3 mL 质量分数为 10% 的 Al(NO₃)₃ 溶液,放置 6 min,加入 1 mol/L 的 NaOH 溶液 4.0 mL,再加入蒸馏水 4.0 mL,混合均匀,放置 15 min 后,用 722 型紫外-可见分光光度计在波长 510 nm 处测定吸光度。利用标准曲线计算样品中总黄酮的含量。

1.3.2.3 绿原酸和京尼平苷酸含量的检测

参照文献[13]的方法,采用高效液相色谱法检测含量。色谱柱为 Shim-pack VP-ODS(150 mm × 4.6 mm,5 μm);流动相为甲醇-水-乙酸(体积比 24:75:1);流速为 1 mL/min;进样量为 5 μL;检测波长为 240 nm,柱温为 30℃。

精密吸取待测液 5 μL,按上述色谱条件进行检测,根据色谱峰面积计算样品中绿原酸和京尼平苷酸的含量。

1.3.2.4 桃叶珊瑚苷的检测

采用改进对二甲氨基苯甲醛法。标准曲线的制

作参照文献[14]的方法进行。

准确移取待测液 1 mL 于试管中,依次加入 2 mL 艾氏(Apstahl)试剂、2 mL 冰醋酸、5 mL 乙醇,混合均匀。在 80℃ 水浴中加热显色 30 min,中间摇动 2~3 次,取出经流水冷却后,用 722 型紫外-可见分光光度计在波长 601 nm 处测定吸光度。根据标准曲线计算样品中桃叶珊瑚苷的含量。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方法对杜仲雄花茶感官品质的影响

2.1.1 炒制干燥

采用传统炒制方法对杜仲雄花进行干燥,对产品进行感官评定。感官指标多重比较结果表明(表 2),不同温度炒制干燥后的杜仲雄花茶感官品质差异显著($P < 0.05$)。炒制干燥后的杜仲雄花茶外形较差;经过沸水冲泡后,杯中汤色黄褐浑浊;茶叶的炒香味浓重,但滋味较钝、微苦,尤其是在 150~180℃ 高温下炒制干燥的雄花茶滋味很差;高温炒制干燥的雄花茶叶底黄黑,杂质较多。总的来说,温度相对较低的 90℃ 炒制干燥的感官品质显著优于 120~180℃ 炒制干燥的杜仲雄花茶。

表 2 炒制干燥杜仲雄花茶的感官评分
Tab.2 Sensory evaluation of *Eucommia ulmoides* male flower tea from pan parching drying mode

炒制干燥 温度/℃	外形	汤色	香气	滋味	叶底	加权总分
90	-1.58	1.08	1.20	0.43	0.37	1.50 ± 0.29 ^a
120	-2.00	1.08	1.20	0.30	0.30	0.88 ± 0.43 ^b
150	-3.17	0.75	0.80	-0.10	0.17	-1.55 ± 0.63 ^c
180	-3.50	0.58	0.60	-0.10	0.17	-2.25 ± 0.74 ^d

注:表中同列数据后小写英文字母不同者表示经邓肯氏新复极差检验差异显著($P < 0.05$),下同。

在传统的茶叶加工中,由于茶叶中的叶绿素和茶多酚等物质相对较为稳定,用该法可以制备出高质量的绿茶。但在制备杜仲雄花茶时,由于杜仲雄花中含有较不稳定的环烯醚萜类成分,导致炒制的产品整体颜色为褐色,加上操作过程较难控制,使部分产品有焦糊味道。另外,在翻炒过程中,机械损伤也较严重,外观形状断裂多、碎末多、外观品质较差。

2.1.2 热风干燥

对不同温度下热风干燥的杜仲雄花茶感官指标进行评价,多重比较结果表明(表 3),不同温度热风干燥的杜仲雄花茶感官品质差异显著($P < 0.05$)。热风干燥的杜仲雄花茶整体外形较好,色泽深绿,形状完整、几乎无碎裂,茶香味较浓。高温(120~

150℃)干燥后的杜仲雄花茶经过沸水冲泡后,汤色黄绿、明亮,香气浓郁、滋味鲜爽、叶底绿润。总体来说,高温(120~150℃)热风干燥的杜仲雄花茶感官显著好于低温(60~90℃)干燥。

表 3 热风干燥杜仲雄花茶的感官评分

Tab.3 Sensory evaluation of *Eucommia ulmoides* male flower tea from oven drying

热风干燥 温度/℃	外形	汤色	香气	滋味	叶底	加权总分
60	0.67	0.42	0.50	0.20	0.43	2.22±0.25 ^d
90	0.83	0.83	0.90	0.43	0.43	3.43±0.15 ^c
120	0.83	0.83	1.10	0.53	0.43	3.73±0.08 ^{ab}
150	0.58	1.00	1.20	0.53	0.43	3.75±0.15 ^a

热风干燥为对流干燥方式,避免了热源直接接触杜仲雄花,所以相对于炒制干燥的杜仲雄花茶品质感官较佳,但缺点是干燥较慢,耗时较长。

2.1.3 微波干燥

以不同微波功率和微波干燥时间对杜仲雄花进行处理,并对产品进行感官评定(表4)。不同微波干燥条件对杜仲雄花茶的感官影响差异较显著,其中编号为12、15和16处理的杜仲雄花茶外形较好、色泽绿色均匀、香气浓郁、形状完整、无碎裂。经过沸水冲泡后,汤色黄绿、明亮,滋味鲜爽回甘,叶底绿润匀齐;编号为17、18、19和20处理的杜仲雄花茶色泽发褐、焦糊味重、无碎裂。经过沸水冲泡后,汤色黄欠明亮、略带焦火滋味、叶底深绿略花杂;其余微波干燥处理的杜仲雄花茶色泽花杂、青草味浓、无碎裂。经过沸水冲泡后,汤色明亮、叶底较绿润。

对微波输出功率和微波时间进行感官指标二因素方差分析表明,微波输出功率对杜仲雄花茶的感官品质影响差异极显著($P<0.01$),微波时间对杜仲雄花茶感官品质的影响差异显著($P<0.05$)。

进一步对不同微波输出功率和不同处理时间下杜仲雄花茶的感官品质进行多重比较分析,并采用新复极差法进行检验(表5)。结果表明,在微波输出功率较高时(420~560W),杜仲雄花茶的感官指标显著高于低功率(140~280W)的处理;在试验设定的范围内,微波处理时间越长,杜仲雄花茶的感官指标越好,微波处理1min的杜仲雄花茶感官指标显著低于其他时间的处理。

微波干燥具有速度快、时间短、易控制的优点,并可极大程度地保持杜仲雄花的颜色和形状,增香效果也较佳。经微波干燥后的杜仲雄花茶的感官品质较佳。

表 4 微波干燥杜仲雄花茶的感官评分

Tab.4 Sensory evaluation of *Eucommia ulmoides* male tea from microwave drying

试验编号	外形	汤色	香气	滋味	叶底	加权总分
1	0.25	0.17	0.00	0.07	0.17	0.65±0.25
2	0.25	0.17	0.10	0.13	0.17	0.82±0.18
3	0.25	0.17	0.10	0.13	0.27	0.92±0.18
4	0.25	0.17	0.10	0.13	0.27	0.92±0.18
5	0.25	0.17	0.00	0.13	0.17	0.72±0.22
6	0.25	0.17	0.10	0.23	0.17	0.92±0.18
7	0.25	0.58	0.10	0.23	0.27	1.43±0.21
8	0.08	0.83	0.50	0.23	0.27	1.92±0.39
9	0.25	0.33	0.00	0.13	0.17	0.88±0.22
10	0.25	0.67	0.50	0.23	0.27	1.92±0.28
11	0.08	0.92	1.00	0.33	0.30	2.63±0.38
12	0.17	1.17	1.20	0.50	0.43	3.47±0.29
13	0.25	0.33	0.00	0.27	0.27	1.12±0.24
14	0.17	0.92	1.00	0.37	0.47	2.92±0.37
15	-0.08	1.42	1.10	0.50	0.40	3.43±0.37
16	-0.08	1.17	1.00	0.37	0.40	2.85±0.43
17	0.33	0.25	0.00	0.27	0.37	1.22±0.26
18	0.17	0.83	0.90	0.37	0.30	2.57±0.20
19	-0.08	0.50	0.60	0.43	0.30	1.75±0.28
20	-0.08	0.33	0.40	0.43	0.30	1.38±0.36

表 5 微波二因素处理间的多重比较

Tab.5 Multiple comparison between frequency and time in microwave drying mode

微波功率 /W	感官评分 均值	微波时间 /min	感官评分 均值
560	2.55 ^a	4	2.11 ^a
420	2.23 ^a	3	2.01 ^a
700	1.73 ^{ab}	2	1.83 ^a
280	1.25 ^b	1	0.92 ^b
140	0.83 ^b		

2.1.4 不同干燥方法对感官品质影响比较

分别选择炒制干燥、热风干燥以及微波干燥中较好的4个处理水平,对不同处理下杜仲雄花茶的感官品质评价得分数据进行综合比较(表6)。结果表明,炒制干燥所得的雄花茶感官指标得分较低,热风干燥和微波干燥的雄花茶感官指标得分均较高。高温热风和微波420W处理4min、560W处理3min感官指标得分显著高于其他处理。结合干燥效率、干燥成本和操作过程等因素认为,在120~150℃的热风干燥1h和在420~560W功率的微波干燥3min的杜仲雄花茶感官工艺较佳。

表 6 不同干燥方式处理的杜仲雄花茶感官评定综合比较
Tab.6 Comprehensive comparison of sensory quality of *Eucommia ulmoides* male flower teas from different drying modes

干燥方法	干燥条件	感官评分
炒制	90℃	1.50
	120℃	0.88
	150℃	-1.55
	180℃	-2.25
热风	60℃, 4 h	2.22
	90℃, 2 h	3.43
	120℃, 1 h	3.73
	150℃, 1 h	3.75
微波	420 W, 3 min	2.63
	420 W, 4 min	3.47
	560 W, 2 min	2.92
	560 W, 3 min	3.43

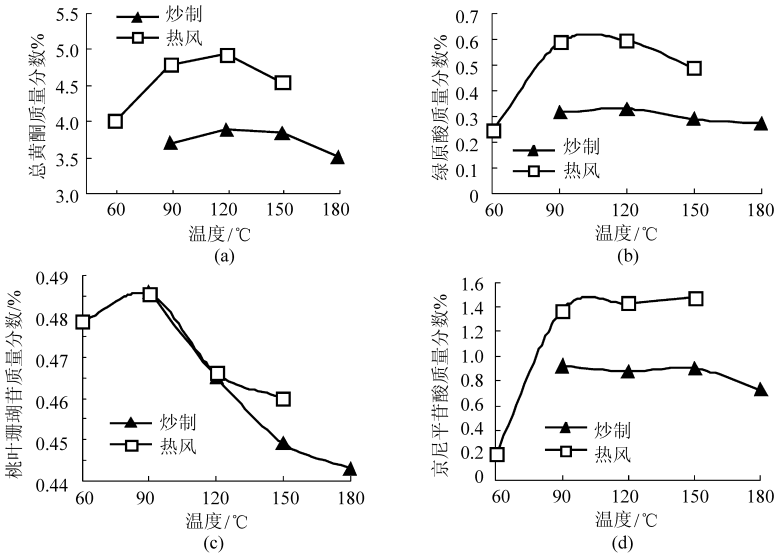


图 1 炒制和热风干燥对杜仲雄花茶中功能性成分质量分数的影响

Fig. 1 Effects of pan parching and oven drying on the contents of functional constituents

微波干燥方法对杜仲雄花茶中功能性成分质量分数的影响。

微波干燥处理对杜仲雄花茶中各成分的质量分数均有一定的影响(表 7)。其中,微波输出功率对杜仲雄花茶中总黄酮、绿原酸和京尼平苷酸质量分数有极显著影响($P < 0.01$),但对桃叶珊瑚苷的质量分数无显著影响。高输出功率(560 W, 700 W)处理后的杜仲雄花茶中总黄酮和京尼平苷酸的质量分数显著高于低输出功率(280 W, 420 W)的微波处理,但输出功率 560 W 和 700 W 处理间无显著差异;高输出功率微波干燥样品中的绿原酸显著高于低输出功率,微波输出功率为 560 W 时制备的样品中绿原酸的质量分数最高。

2.2 不同干燥方法对功能性成分质量分数的影响

2.2.1 炒制干燥和热风干燥

对炒制和热风干燥方法处理后的杜仲雄花茶中功能性成分质量分数进行比较分析,如图 1 所示。

热风干燥处理的杜仲雄花茶中各成分随着温度的变化呈先升高后下降的趋势,其中总黄酮(图 1a)、绿原酸(图 1b)和京尼平苷酸(图 1d)明显高于炒制干燥处理,90 ~ 120℃ 处理的各成分均较高。对于炒制干燥来说,不同温度处理的总黄酮、绿原酸和京尼平苷酸无大的差异,但均显著低于热风干燥处理,说明炒制干燥方法会导致杜仲雄花茶中各功能性成分大量损失。

2.2.2 微波干燥

通过感官评价(表 4),对微波处理进行初步筛选,选择其中 10 种感官评价得分较高的处理方法,进一步对处理后的杜仲雄花茶中总黄酮、绿原酸、桃叶珊瑚苷和京尼平苷酸的质量分数进行检测,考察

微波处理时间对杜仲雄花茶中桃叶珊瑚苷的质量分数有显著影响(表 7)。其中,微波干燥 4 min(编号为 8、12、16)和 3 min(编号为 11、15、19)的杜仲雄花茶中桃叶珊瑚苷质量分数显著高于干燥 2 min 的处理(编号为 10、14、18),但微波处理时间对杜仲雄花茶中总黄酮、绿原酸和京尼平苷酸无显著影响。

2.3 不同干燥方式的技术特性比较

干燥是杜仲雄花茶加工的关键工序,干燥过程可去除水分并起到增香的作用。干燥方法不同,杜仲雄花茶的感官品质和功能性成分质量分数均有差异,只有将两方面有机结合才能生产出色、香、味俱佳且功能性成分质量分数高的保健型杜仲雄花茶。

表 7 微波处理的杜仲雄花茶功能性成分质量分数

Tab.7 Contents of functional constituents in the *Eucommia ulmoides* male flower tea from microwave drying

试验 编号	试验条件	功能性成分质量分数/%			
		总黄酮	绿原酸	桃叶珊瑚苷	京尼平苷酸
7	280 W,3 min	2.799 ^e	0.789 ^d	0.504 ^{ab}	0.897 ^e
8	280 W,4 min	2.532 ^{cd}	0.823 ^d	0.525 ^a	0.936 ^e
10	420 W,2 min	2.417 ^d	0.920 ^e	0.483 ^b	0.929 ^e
11	420 W,3 min	2.574 ^{cd}	0.938 ^e	0.526 ^a	1.270 ^{bc}
12	420 W,4 min	2.503 ^{cd}	0.899 ^e	0.530 ^a	1.025 ^e
14	560 W,2 min	3.386 ^b	1.458 ^a	0.471 ^b	1.345 ^b
15	560 W,3 min	4.120 ^a	1.172 ^b	0.530 ^a	1.403 ^b
16	560 W,4 min	3.013 ^{bc}	1.106 ^{bc}	0.551 ^a	1.120 ^e
18	700 W,2 min	3.282 ^b	1.016 ^{bc}	0.496 ^b	1.534 ^a
19	700 W,3 min	4.316 ^a	1.178 ^b	0.555 ^a	1.331 ^b

在绿茶的干燥过程中,传统的炒制干燥具有设备简单和投资小的优点^[6,15],加上由于茶叶质地柔韧,所含的化学成分如鞣质、黄酮类和氨基酸等热稳定性较好,对制备传统的绿茶来说,无疑是一种简便、经济的方法。但该方法加热不均匀,不易操作和控制^[6],对质地柔嫩的杜仲雄花来说,炒制干燥使其机械损伤较严重,尤其是花中除了热稳性功能成分外,主要含有环烯醚萜类等热敏性功能成分,在炒制干燥过程中使得这类成分损失较多;热风干燥设备较复杂,升温较慢,加热不易均匀,且干燥时间长,效

率较低^[6,15];微波干燥设备结构紧凑、升温快、用时短、加热渗透均匀,操作便捷,自动化控制程度较高^[7~9,16],利用微波干燥的杜仲雄花茶感官品质较好且功能性成分含量高。

3 结论

- (1)炒制干燥的杜仲雄花茶,外观形状断裂多,碎末多。经过沸水冲泡后,杯中汤色黄褐浑浊,炒香浓重,滋味较钝,微苦,叶底黄黑,杂质较多;热风干燥和微波干燥的杜仲雄花茶外形较好,形状完整,色泽墨绿,香味浓郁。经过沸水冲泡后,汤色黄绿、明亮,滋味鲜爽,叶底绿润。
- (2)微波干燥对杜仲雄花茶中功能性成分的影响与功率和时间有关,高输出功率处理后的杜仲雄花茶中总黄酮、绿原酸和京尼平苷酸的质量分数较高,较长时间微波干燥的桃叶珊瑚苷质量分数较高;炒制干燥方法会导致杜仲雄花茶中各功能性成分大量损失。
- (3)从干燥的加工成本、设备性能及投资成本等综合技术指标和杜仲雄花茶品质方面考虑,微波干燥具有速度快、效率高和易控制的优点,且增香效果好,产品的颜色、形状、气味等感官品质较佳。
- (4)比较杜仲雄花茶的3种干燥方法认为,新型的微波干燥可克服传统工艺中感官差、功能性成分损失、效率低的缺点,并能够进一步提高杜仲雄花茶的品质和商品价值。

参 考 文 献

1 Bianco A, Iavarone C, Trogolo C. Structure of eucommiol, a new cyclopentenoid-tetrol from *Eucommia ulmoides* [J]. Tetrahedron, 1974, 30(23): 4 117 ~ 4 121.

2 Hattori M, Che Q M, Gewali M B, et al. Constituents of the leaves of *Eucommia ulmoides* [J]. Shoyakugaku Zasshi, 1988, 42(1): 76 ~ 80.

3 董娟娥, 梁宗锁, 张康健. 杜仲雄花次生代谢物合成积累动态研究 [J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(4): 7 ~ 10. Dong Juane, Liang Zongsuo, Zhang Kangjian. Dynamic changes of secondary metabolites in *Eucommia ulmoides* male flower [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2005, 14(4): 7 ~ 10. (in Chinese)

4 Deyama T, Nishibe S, Nakazawa Y. Constituents and pharmacological effects of *Eucommia* and Siberian ginseng [J]. Acta Pharmacol Sin, 2001, 22(12): 1 057 ~ 1 070.

5 付卓锐, 董娟娥, 马希汉. 杜仲雄花茶加工中护绿工艺响应面优化 [J]. 农业机械学报, 2010, 42(4): 145 ~ 150. Fu Zhuorui, Dong Juane, Ma Xihan. Optimization of green-protecting techniques in processing of *Eucommia* male flower tea using response surface analysis method [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 42(4): 145 ~ 152. (in Chinese)

6 蔡雅娟. 茶叶的干燥技术研究进展 [J]. 福建茶叶, 2005(3): 22 ~ 23.

7 杭锋, 陈卫, 陈帅. 食品微波加热杀菌动力学描述模型的选择 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 49 ~ 52. Hang Feng, Chen Wei, Chen Shuai. Comparison of inactivation kinetics models for microwave heating food [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(6): 49 ~ 52. (in Chinese)

8 段振华, 汪菊兰. 微波干燥技术在食品工业中的应用研究 [J]. 食品研究与开发, 2007, 28(1): 155 ~ 158. Duan Zhenhua, Wang Julian. Study on the application of microwave drying technology in food industry [J]. Food Research

and Development, 2007, 28(1): 155 ~ 158. (in Chinese)

9 肖宏儒, 宋卫东, 朱志祥, 等. 茶叶微波加工技术的研究[J]. 农业机械学报, 2004, 35(3): 175 ~ 179.
Xiao Hongru, Song Weidong, Zhu Zhixiang, et al. Tea processing by microvave technique[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(3): 175 ~ 179. (in Chinese)

10 梁俐俊. 茶叶感官审评的评分方法[J]. 福建茶叶, 1999(4): 14 ~ 16.

11 龚淑英. 名优绿茶感官审评方法及技术要点[J]. 中国茶叶加工, 2001(1): 44 ~ 46.

12 董娟娥, 马柏林. 超声波提取杜仲叶中有效成分工艺研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(3): 66 ~ 68.
Dong Juane, Ma Bolin. An ultrasonic extraction method of *Eucommia ulmoides* leaves [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(3): 66 ~ 68. (in Chinese)

13 董娟娥, 马希汉. 反向高效液相色谱法测定杜仲雄花茶及其产品中的京尼平苷酸和绿原酸[J]. 色谱, 2007, 25(2): 217 ~ 219.
Dong Juane, Ma Xihan. Determination of geniposidic acid and chlorogenic acid in male flowers and related products of *Eucommia ulmoides* by reversed-phase high performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2007, 25(2): 217 ~ 220. (in Chinese)

14 董娟娥, 马柏林, 贾二红. 杜仲叶中桃叶珊瑚苷测定方法的研究[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(1): 53 ~ 55.
Dong Juane, Ma Bolin, Jia Erhong. Study on measuring method of aucubin in *Eucommia ulmoides* leaf [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2001, 16(1): 53 ~ 55. (in Chinese)

15 朱德文, 岳鹏翔, 袁弟顺. 不同杀青方法对绿茶品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 275 ~ 279.
Zhu Dewen, Yue Pengxiang, Yuan Dishun. Effects of different fixation methods on the quality of green tea[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 275 ~ 279. (in Chinese)

16 白喜婷, 朱文学, 廉小梅. 杀青和初炒对杜仲绿茶中绿原酸和总黄酮的影响[J]. 农业机械学报, 2009, 40(1): 132 ~ 136, 142.
Bai Xiting, Zhu Wenxue, Lian Xiaomei. Effect of fixing and drying process on the chlorogenic acid and total flavonoids contents in *Eucommia* green tea[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(1): 132 ~ 136, 142. (in Chinese)

(上接第 130 页)

由图 7 可得出, BP 神经网络模型预测牡丹花干燥过程中的含水率与实测值拟合性较好, 预测结果比较可靠。

3 结束语

分析了在牡丹整花压制过程中各因素对干燥过

程中含水率的影响。利用 Matlab 中的神经网络工具箱建立 BP 神经网络模型, 实现了对牡丹花干燥过程中含水率的实时预测。以实测值对模型进行仿真, 仿真结果与实际值有较好的拟合性, 说明所建立的 BP 神经网络模型预测精度较高。

参 考 文 献

1 肖绿田, 蒋利媛, 喻尚平, 等. 植物压花技术[J]. 湖南林业科技, 2008, 35(4): 56 ~ 59.
Xiao lütian, Jiang liyuan, Yu Shangping, et al. The technology of pressed flowers[J]. Hunan Forester Science and Technology, 2008, 35(4): 56 ~ 59. (in Chinese)

2 张俊. 平面干花花材的压制与保存方法研究[J]. 北方园艺, 2010(9): 109 ~ 111.
Zhang Jun. The study of pressing and preservation of dehydrated flower[J]. Northern Horticulture, 2010(9): 109 ~ 111. (in Chinese)

3 李云仙, 付惠, 林萍, 等. 压花制作工艺[J]. 西南林学院学报, 2009, 29(6): 88 ~ 90.
Li Yunxian, Fu Hui, Lin Ping, et al. Preparation of pressed flowers [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2009, 29(6): 88 ~ 90. (in Chinese)

4 张峥, 杨文平, 石博强, 等. MATLAB 程序设计与实例应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003.

5 李萍, 曾令可, 税安泽, 等. 基于 MATLAB 的 BP 神经网络预测系统的设计[J]. 计算机应用与软件, 2008, 25(4): 149 ~ 150.
Li Ping, Zeng Lingke, Shui Anze, et al. Design of forecast system of back propagation neural network based on MATLAB[J]. Computer Applications and Software, 2008, 25(4): 149 ~ 150. (in Chinese)