

刘春菊,江 宁,严启梅,等.杏鲍菇真空微波干燥工艺[J].江苏农业科学,2017,45(2):169-173.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.051

# 杏鲍菇真空微波干燥工艺

刘春菊<sup>1,2</sup>,江 宁<sup>1,2</sup>,严启梅<sup>1</sup>,刘春泉<sup>1,2</sup>,李大婧<sup>1,2</sup>,周拥军<sup>3</sup>

(1.江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014;2.国家蔬菜加工技术研发专业分中心,江苏南京 210014;  
3.浙江省农业科学院食品科学研究所,浙江杭州 310021)

**摘要:**采用响应曲面法对杏鲍菇联合干燥中真空微波干燥工艺进行优化试验,分析各参数对杏鲍菇干制品膨化率、感官品质的影响,分别建立杏鲍菇干制品膨化率( $y_1$ )、感官得分( $y_2$ )与杏鲍菇初始含水率编码值( $x_1$ )、微波强度编码值( $x_2$ )、微波时间编码值( $x_3$ )的数学回归模型。结果表明,回归方程分别为  $y_1 = 1.46 - 0.16x_1 + 0.10x_2 + 0.093x_3 - 0.13x_1^2$ 、 $y_2 = 6.45 + 1.22x_1 + 0.41x_2 + 0.36x_3 + 1.01x_1x_2 + 0.74x_1x_3 - 0.94x_1^2 - 0.85x_3^2$ ,最佳工艺参数为杏鲍菇初始含水率 75%、微波强度 20 W/g、微波时间 105 s,在该条件下获得的杏鲍菇干制品色泽良好、口感酥脆,具有浓郁的杏鲍菇风味。

**关键词:**杏鲍菇;真空微波;干燥;工艺

**中图分类号:** TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)02-0169-04

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*),别称刺芹侧耳,隶属于真菌门担子菌纲伞菌目侧耳科侧耳属。杏鲍菇菌肉肥厚,质地脆嫩,菌柄组织致密,可全部食用,且菌柄比菌盖更脆滑、爽口,具有令人愉快的杏仁香味和鲍鱼口感,被称为“平菇王”,适合保鲜、加工处理。杏鲍菇营养丰富,富含蛋白质、碳水化合物、维生素和多种矿物质,具有较高的食用价值。杏鲍菇是符合联合国粮食及农业组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)标准,具有“天然、营养、保健”3种特征的18种食用菌之一<sup>[1-3]</sup>。

杏鲍菇含水率高,在常温放置几天后,菇体表面发生褐变,菌盖膜发生自溶,同时长出白色絮状霉而腐烂,失去食用价值,可见采后熟变限制了杏鲍菇的异地运输和鲜销。延长菇类保质期的主要方法是干制,杏鲍菇的干制多采用日晒、烘烤、油炸等方法,但是存在营养破坏多、外观品质差、档次不高、加工附加值低等问题。针对以上问题,笔者所在项目组引入热风-真空微波-气流膨化联合干燥技术,通过融合3种技术提高杏鲍菇的干燥品质。本研究对杏鲍菇联合干燥中的真空微波干燥工艺进行优化,以联合干燥终产品的膨化率、感官得分为衡量指标,在单因素试验的基础上采用响应曲面对初始含水率、微波强度和微波时间3个因素进行优化,以期获得膨化率高、品质好的杏鲍菇干制品,为杏鲍菇联合干燥的产业化推广提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

新鲜杏鲍菇,购于南京市玄武区孝陵卫农贸市场。

收稿日期:2015-11-16

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303080)。

作者简介:刘春菊(1979—),女,辽宁鞍山人,硕士,助理研究员,主要从事果蔬加工与质量控制研究。E-mail:cjliu0306@163.com。

通信作者:李大婧,博士,研究员,主要从事果蔬加工与综合利用研究。E-mail:lidajing@163.com。

### 1.2 仪器与试剂

QDPH-5型电加热式气流膨化设备,天津市勤德新材料科技有限公司;数显101A-2型电热鼓风干燥箱,上海浦东荣丰科学仪器有限公司;VMD-1型真空微波干燥设备,南京孝马机电设备厂;BS224S电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;WSC-S型色差仪,上海精密科学仪器有限公司;QTS型质构仪,英国CNS-FARNELL公司。麦芽糊精、柠檬酸、食盐,均为食品级;小米,市售,粒度在0.9~1.1 mm。

### 1.3 工艺流程及试验设计

1.3.1 工艺流程 主要工艺流程:杏鲍菇挑选→清洗→切片→烫漂→浸渍→热风预干燥→冷却、均湿→真空微波干燥→均湿→气流膨化→杏鲍菇干制品。

将杏鲍菇清洗后斜切成7 mm厚的薄片,沸水烫漂90 s,冷却,室温下置于4%麦芽糊精溶液(添加0.2%柠檬酸、1% NaCl)中浸渍1 h,沥干。先于65℃热风条件下干燥至适宜的水分含量,再将杏鲍菇单层平铺于真空微波干燥设备中,达到一定真空度后,在不同的微波强度、微波时间下进行真空微波干燥,然后将半成品置于4℃密闭容器中均湿12 h,再于膨化温度95℃、停滞时间5 min、抽空时间60 min条件下进行气流膨化干燥,最后进行充氮包装。

1.3.2 单因素试验 选择杏鲍菇初始含水率、微波强度、微波时间、真空度4个因素,分别考察它们对终产品的膨化率、感官得分的影响,试验因素水平设计见表1。

1.3.3 工艺优化 在单因素试验的基础上,选取初始含水率、微波强度、微波时间为主要影响因素,以终产品膨化率、感官得分为响应值,采用中心组合设计方法进行工艺优化。以初始含水率(%)、微波强度(W/g)、微波时间(s)作为自变量,分别用 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 表示,并以+1、0、-1分别代表自变量的编码水平,按方程 $x_i = (X_i - X_0) / \Delta X$ 对自变量进行编码,其中 $x_i$ 为自变量的编码值, $X_i$ 为自变量的真实值, $X_0$ 为试验中心点处自变量的真实值, $\Delta X$ 为自变量的变化步长,杏鲍菇综合得分 $Y$ 为响应值,试验因素水平设计见表2。

表 1 真空微波杏鲍菇单因素水平

水平	因素			
	A:初始含水率(%)	B:微波强度(W/g)	C:微波时间(s)	D:真空度(MPa)
1	45	5	60	0
2	55	10	75	0.050
3	65	15	90	0.070
4	75	20	105	0.085
5	85	25	120	0.090

表 2 真空微波杏鲍菇中心组合因素水平

编码水平	因素		
	A:初始含水率(%)	B:微波强度(W/g)	C:微波时间(s)
-1.682	48.18	6.59	64.77
-1	55.00	10.00	75.00
0	65.00	15.00	90.00
1	75.00	20.00	105.00
1.682	81.82	23.41	115.23

1.4 指标测定

1.4.1 膨化率 测定杏鲍菇真空微波干燥前的体积  $V_1$  (mL)、气流膨化干燥后的体积  $V_2$  (mL), 计算膨化率  $P$ :

$$P = V_2 / V_1 \times 100\% . \quad (1)$$

杏鲍菇体积  $V$  的测定采用体积置换法<sup>[4-5]</sup>, 置换介质为小米, 公式如下:

$$V = V_a - V_b . \quad (2)$$

式中:  $V_a$  为小米加杏鲍菇的总体积, mL;  $V_b$  为小米体积, mL。

1.4.2 水分含量 水分含量的测定采用恒质量法<sup>[6]</sup>。

1.4.3 硬度、脆度 采用 QTS 型质构仪不锈钢球形探头(直径为 5 mm)进行硬度、脆度的测定, 测试速度 30 mm/min, 目标形变量 85%。样品的硬度以坐标图中出现的最大压力峰值表示, 脆度以下压探头第 1 次冲向样品过程中坐标图上的第 1 个明显压力峰值表示。每种样品重复 5 次, 取其平均值。

1.4.4 色泽 WSC-S 型色差计, 以仪器白板色泽为标准, 将样品放入样品杯中, 加压将样品压实后即可用色差计进行测定: 亮度  $L^*$  (lightness), 其值从 0~100 变化, 0 表示黑色, 100 表示白色,  $L^*$  越大, 代表产品颜色越好<sup>[7]</sup>;  $a^*$  表示从红色到绿色的值, 100 为红色, -80 为绿色;  $b^*$  表示从黄色到蓝色的值, 100 为黄色, -80 为蓝色。

1.4.5 感官评价 感官评价采用 10 分制, 从外形、色泽进行评价, 详见表 3。根据评分小组成员对其敏感程度, 确定每项权重分别为 0.3、0.4、0.3, 计算加权平均分。评分小组由经专业培训的 10 名评价员组成<sup>[8-10]</sup>。

表 3 杏鲍菇干制品感官评价标准

评价结果	外形	色泽
最好(9~10 分)	形状规则	基本无褐变;乳白色
较好(6~8 分)	卷曲较少	轻度褐变;乳白色,稍偏暗
一般(3~5 分)	卷曲较多	中度褐变;乳白色,偏暗
最差(0~2 分)	卷曲严重	褐变严重;有焦糊现象

1.5 数据处理

单因素试验指标的差异采用 SPSS 17.0 统计软件中的 ANOVA 方差分析, 由 Tukey 分析均值差异的显著性, 显著水

平=0.05, 以 a、b、c、d 表示其差异性, 不同小写字母表示差异显著。利用 Excel 2003 绘图, 用 Design Expert 7.0 统计分析软件进行响应面分析

2 结果与分析

2.1 初始含水率对杏鲍菇干制品品质的影响

从图 1 可以看出, 初始含水率对杏鲍菇的膨化率、感官得分影响差异明显。随着初始含水率的增加, 杏鲍菇膨化率、感官得分先提高后降低; 当初始含水率为 55% 时, 膨化率达到最大值 1.63%, 感官得分为 5 分; 当初始含水率为 75% 时, 膨化率为 1.47%, 感官得分达到最大值 8 分; 当初始含水率为 85% 时, 杏鲍菇基本无膨化现象, 膨化率为 0.87%, 感官得分为 5 分。在低水分含量(如 45%)下, 热风预干燥时间较长, 杏鲍菇褐变、皱缩现象严重, 因此感官品质较差; 在高水分含量(如 85%)下, 物料内部的自由态、表面吸附态的水分含量较高, 该部分水与杏鲍菇其他组分间的结合力较弱, 且较易获得微波能量, 优先在杏鲍菇的表面汽化, 很难形成膨化动力, 影响了膨化效果, 因此高含水率不仅降低了膨化率, 还浪费了微波能<sup>[5]</sup>。综上分析可知, 选择初始含水率的优化水平为 55%~75%。

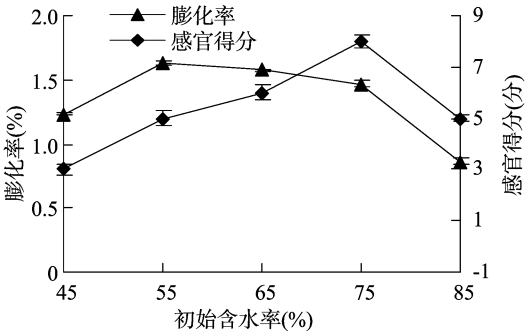


图1 初始含水率对杏鲍菇干制品品质的影响

2.2 微波强度对杏鲍菇干制品品质的影响

由图 2 可以看出, 随着微波强度的增大, 杏鲍菇的膨化率呈递增趋势, 感官得分先增加后降低; 当微波强度为 10 W/g 时, 膨化率为 1.21%, 感官得分为 6 分; 当微波强度为 20 W/g 时, 膨化率为 1.40%, 感官得分达到最大值 7.5 分; 当微波强度为 25 W/g 时, 膨化率为 1.42%, 仅比 20 W/g 提高了 1.43%, 感官得分为 5.4 分, 与 20 W/g 条件相比明显降低; 当微波强度增大到 20 W/g 时, 对膨化率的影响很小, 并且微波强度越大, 对设备要求越高, 不够经济。综上分析可知, 选取微波强度的优化水平为 10~20 W/g。

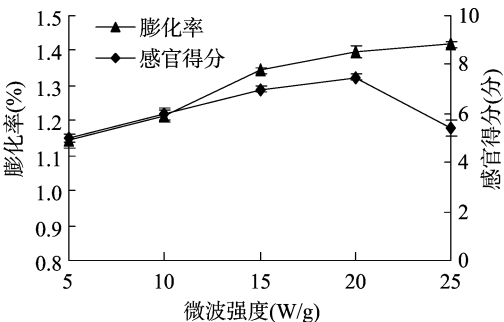


图2 微波强度对杏鲍菇干制品品质的影响

2.3 微波时间对杏鲍菇干制品品质的影响

由图 3 可以看出,随着微波时间的延长,杏鲍菇的膨化率先提高后趋于平缓,感官得分先增加后降低;当微波时间为 75 s 时,膨化率为 1.27%,感官得分为 6.5 分;当微波时间为 105 s 时,膨化率为 1.50%,感官得分达到最大值 8 分;当微波时间为 120 s 时,膨化率提高不明显,感官得分明显降低。经试验发现,由于微波加热的不均匀性,杏鲍菇边缘还会出现焦糊现象,综合考虑可知,选取微波时间 75 ~ 105 s 为优化水平。

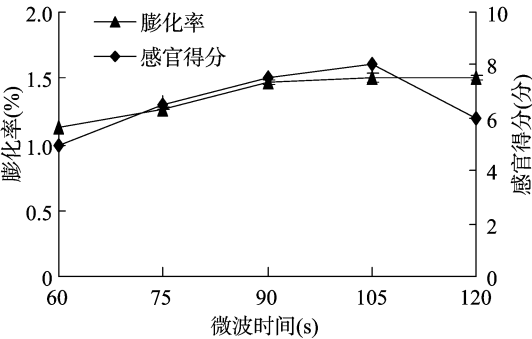


图3 微波时间对杏鲍菇干制品品质的影响

2.4 真空度对杏鲍菇干制品品质的影响

从图 4 可以看出,随着真空度的增大,杏鲍菇膨化率呈递增趋势,感官得分先增大后降低,变化趋势明显;在常压下进行微波干燥,杏鲍菇体积皱缩无膨化现象;当真空度为 0.070 MPa 时,膨化率为 1.19%,感官得分为 6 分;当真空度为 0.085 MPa 时,膨化率为 1.40%,感官得分为 8.5 分;当真空度为 0.090 MPa 时,膨化率达比 0.085 MPa 时高 3.57%,感官得分降低了 11.76%,这是由于在较高的真空度下,水的沸点降低,促使水分能较快集中蒸发,可使杏鲍菇获得较大的膨化率,表面出现少许焦糊现象,且真空度越大(如 0.090 MPa),对真空微波设备的致密性要求越高,并且还会出现打火现象。综合考虑可知,杏鲍菇进行真空微波预膨化工艺优化时,将真空度固定在 0.085 MPa。

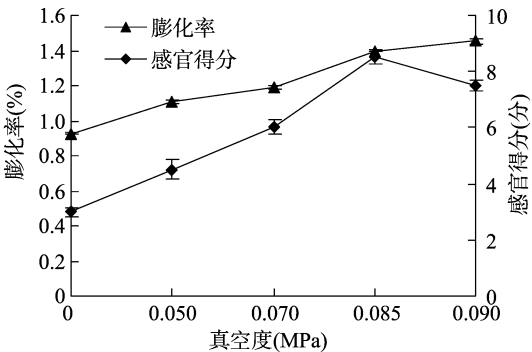


图4 真空度对杏鲍菇干制品品质的影响

2.5 工艺优化

根据中心组合设计(central composite design,简称 CCD)试验方案进行 3 因素 3 水平试验,结果见表 4。

将试验数据用 Design Expert 7.0 软件进行多元回归拟合,试验因子对响应值的影响可用回归方程表示:

$$y_1 = 1.46 - 0.16x_1 + 0.10x_2 + 0.093x_3 + 0.010x_1x_2 + 0.015x_1x_3 - 0.022x_2x_3 - 0.13x_1^2 - (9.857 \times 10^{-3})x_2^2 - (6.321 \times 10^{-3})x_3^2; \quad (3)$$

$$y_2 = 6.45 + 1.22x_1 + 0.41x_2 + 0.36x_3 + 1.01x_1x_2 + 0.74x_1x_3 - 0.012x_2x_3 - 0.94x_1^2 - 0.23x_2^2 - 0.85x_3^2. \quad (4)$$

式(3)、式(4)中,初始含水率  $x_1$ 、微波强度  $x_2$  和微波时间  $x_3$  在设计中均经量纲线性编码处理,方程各项系数大小反映各因素对响应值的影响程度。

表 4 真空微波干燥杏鲍菇中心组合设计试验结果

编号	因素编码值			膨化率 $y_1$ (%)	感官得分 $y_2$ (分)
	$x_1$	$x_2$	$x_3$		
1	-1	-1	-1	1.25	3.5
2	1	-1	-1	0.95	3.0
3	-1	1	-1	1.58	3.0
4	1	1	-1	1.18	5.5
5	-1	-1	1	1.53	3.6
6	1	-1	1	1.15	5.0
7	-1	1	1	1.63	2.0
8	1	1	1	1.43	8.5
9	-1.682	0	0	1.30	2.0
10	1.682	0	0	0.80	6.0
11	0	-1.682	0	1.25	5.5
12	0	1.682	0	1.54	6.5
13	0	0	-1.682	1.26	4.0
14	0	0	1.682	1.55	4.5
15	0	0	0	1.45	6.8
16	0	0	0	1.48	6.4
17	0	0	0	1.46	7.0
18	0	0	0	1.52	5.9
19	0	0	0	1.39	6.2
20	0	0	0	1.47	6.3

为检验方程的有效性,对上述回归方程进行方差分析,由表 5 可知,在膨化率回归模型方程(3)中,一次项  $x_1$ 、 $x_2$  极显著( $P < 0.0001$ ), $x_3$  极显著( $P = 0.0002$ );二次项  $x_1^2$  极显著( $P < 0.0001$ ), $x_2^2$ 、 $x_3^2$  不显著;交互项  $x_1x_2$  ( $P = 0.6495$ )、 $x_1x_3$  ( $P = 0.4983$ )、 $x_2x_3$  ( $P = 0.3167$ )均不显著。剔除不显著项,得到的模型方程为  $y_1 = 1.46 - 0.16x_1 + 0.10x_2 + 0.093x_3 - 0.13x_1^2$ 。回归模型确定系数  $R^2 = 0.9591$ ,显示该模型良好。回归方程失拟检验不显著,说明未知因素对该试验结果影响较小。因此,该回归方程能较好地预测杏鲍菇膨化率随初始含水率、微波强度和微波时间的变化规律。

表 5 回归模型方差分析结果

方差来源	P 值	
	$y_1$	$y_2$
$x_1$	<0.0001	<0.0001
$x_2$	<0.0001	0.0116
$x_3$	0.0002	0.0213
$x_1^2$	<0.0001	<0.0001
$x_2^2$	0.5493	0.0995
$x_3^2$	0.6994	<0.0001
$x_1x_2$	0.6495	0.0002
$x_1x_3$	0.4983	0.0017
$x_2x_3$	0.3167	0.9440
回归模型	<0.0001	<0.0001
失拟	0.1256	0.2394

感官得分回归模型方程(4)中,一次项  $x_1$  极显著( $P < 0.0001$ ), $x_2$ 、 $x_3$  显著( $P < 0.05$ );二次项  $x_1^2$ 、 $x_3^2$  极显著( $P <$

0.000 1),  $x_2^2$  不显著 ( $P=0.099\ 5$ ); 交互项  $x_1x_2$ 、 $x_1x_3$  极显著,  $x_2x_3$  ( $P=0.944\ 0$ ) 不显著。剔除不显著项, 得到的模型方程为  $y_2 = 6.45 + 1.22x_1 + 0.41x_2 + 0.36x_3 + 1.01x_1x_2 + 0.74x_1x_3 - 0.94x_1^2 - 0.85x_3^2$ 。回归模型确定系数  $R^2 = 0.960\ 3$ , 达到较好水平, 回归方程失拟检验不显著, 说明该模型和实际情况拟合程度高, 因而可用此模型对感官得分与初

始含水率、微波强度、微波时间的变化关系进行分析和预测。

## 2.6 响应曲面分析

2.6.1 膨化率的响应面分析 根据回归方程(3)给出的膨化率响应面分析结果可以综合反映各因素的交互作用对杏鲍菇干制品膨化率的影响。由图 5 可见, 各因素的交互作用对杏鲍菇干制品的膨化率均有一定的影响, 但并不明显。

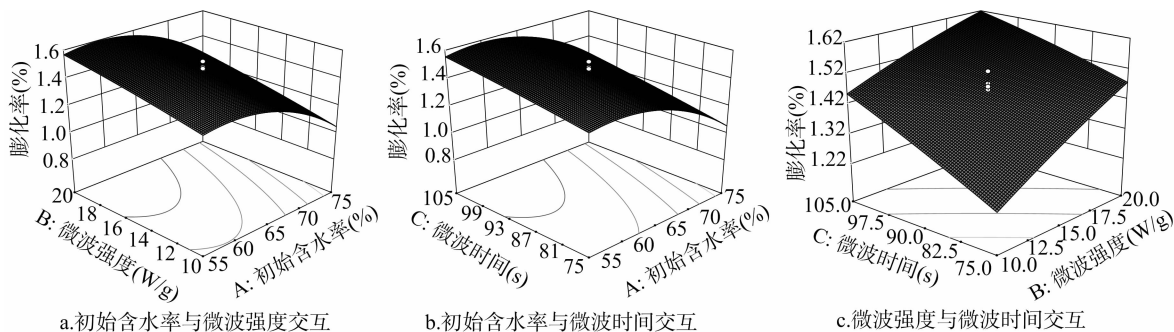


图5 各因素的交互作用对杏鲍菇干制品膨化率的影响

2.6.2 感官得分的响应面分析 根据回归方程(4)给出的感官得分的响应面分析结果可以综合反映各因素的交互作用对杏鲍菇干制品感官品质的影响。由图 6 可以看出, 初始含

水率与微波强度的交互作用以及初始含水率与微波时间的交互作用对杏鲍菇干制品的感官品质影响明显, 而微波强度与微波时间的交互作用对感官品质的影响不明显。

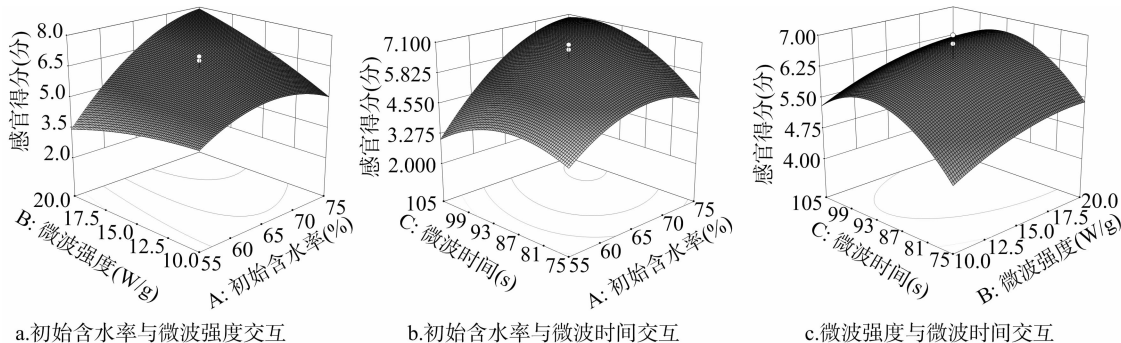


图6 各因素的交互作用对杏鲍菇干制品感官品质的影响

## 2.7 优化工艺参数

为综合考虑初始含水率、微波强度和微波时间对杏鲍菇干制品质量的影响, 须要将产品膨化率、感官得分 2 个指标进行综合优化, 从而确定真空微波预膨化杏鲍菇的最适工艺。本试验采用线性型功效系数法<sup>[11]</sup>将各指标进行规划化, 然后利用综合评分法, 将各指标统一为综合指标。其中:

$$Y_1' = \frac{Y_1 - Y_{1\min}}{Y_{1\max} - Y_{1\min}}; \quad (5)$$

$$Y_2' = \frac{Y_2 - Y_{2\min}}{Y_{2\max} - Y_{2\min}}. \quad (6)$$

式中:  $Y_{1\max}$ 、 $Y_{1\min}$  ( $i=1, 2$ ) 分别为试验中各指标的最大值、最小值。这样用  $Y_1'$ 、 $Y_2'$  的最小值分别表示  $Y_1$ 、 $Y_2$  的最小值。综合评分计算公式:  $Q = \lambda_1 Y_1' + \lambda_2 Y_2'$ , 其中  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  分别为  $Y_1'$ 、 $Y_2'$  的加权系数, 满足  $\lambda_1 > 0$ ,  $\lambda_2 > 0$ , 且  $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

从膨化休闲食品角度来说, 膨化食品最先考虑的是产品的口感, 即酥脆度, 最终反映在产品的膨化率上; 其次是感官, 直接影响消费者的购买欲<sup>[12]</sup>。鉴于以上分析, 本试验取  $\lambda_1 = 0.6$ ,  $\lambda_2 = 0.4$ , 得出最佳真空微波预膨化杏鲍菇工艺: 杏鲍菇初始含水率 75%, 微波强度 20 W/g, 微波时间 105 s。

## 2.8 杏鲍菇干制品品质指标

将杏鲍菇预先用 65 °C 热风干燥至初始含水率 75% 左右, 然后在真空度 0.085 MPa、微波强度 20 W/s 条件下真空微波 105 s, 最后在膨化温度 95 °C 条件下停滞 5 min、抽空 60 min 完成气流膨化。对最终产品进行指标测定表明: 膨化率 ( $1.45 \pm 0.01$ )%, 水分含量 ( $5.11 \pm 0.25$ )%,  $L^* = 85.54 \pm 1.48$ , 硬度 ( $3\ 348.67 \pm 263.21$ )g, 脆度 ( $1\ 169.33 \pm 134.84$ )g。在此条件下获得的杏鲍菇干制品形状规则, 表面平整, 基本无褐变现象, 且硬度适中, 口感酥脆, 杏鲍菇味浓郁, 符合膨化食品要求。

## 3 结论

本研究分析了真空微波参数对杏鲍菇干制品膨化率、感官品质的影响, 分别建立了杏鲍菇干制品膨化率、感官得分与杏鲍菇初始含水率、微波强度、微波时间的数学回归模型, 回归方程分别为  $y_1 = 1.46 - 0.16x_1 + 0.10x_2 + 0.093x_3 - 0.13x_1^2$ 、 $y_2 = 6.45 + 1.22x_1 + 0.41x_2 + 0.36x_3 + 1.01x_1x_2 + 0.74x_1x_3 - 0.94x_1^2 - 0.85x_3^2$ 。经工艺优化可知, 杏鲍菇真空微波干燥最佳工艺为初始含水率 75%、微波强度 20 W/g、微

滑金杰,尹军峰,袁海波,等.温州黄汤闷堆和闷烘工艺[J].江苏农业科学,2017,45(2):173-177.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.052

# 温州黄汤闷堆和闷烘工艺

滑金杰,尹军峰,袁海波,江用文,汪芳,陈根生

(中国农业科学院茶叶研究所/浙江省茶叶加工工程重点实验室/国家茶产业工程技术研究中心/  
农业部茶树生物学与资源利用重点实验室,浙江杭州 310008)

**摘要:**以 1 芽 1 叶初展的茶鲜叶为原料,借鉴温州黄汤的制茶工艺,设置连续的闷堆时间(0、4、8、12、16 h)处理、不同的闷烘时间(0、2、4)、温度(35、45 ℃)条件处理,测定茶多酚、氨基酸、黄酮、可溶性糖、咖啡碱、儿茶素等含量,并对不同闷烘条件处理所制成的茶进行感官审评,研究闷堆工序和闷烘工序对品质生化成分和成茶感官品质的影响。结果发现,闷堆过程中茶多酚、表没食子儿茶素(EGC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)、儿茶素没食子酸酯(CG)、儿茶素总量等呈下降趋势,氨基酸、黄酮、可溶性糖、咖啡碱、没食子酸(GA)、没食子儿茶素(GC)、C、EC、简单儿茶素总量等呈先降后升的变化趋势。2 种闷烘温度处理下,随着闷烘的持续进行,茶多酚、EGCG、EC、GCG、ECG、CG、儿茶素总量等均呈现逐步下降的趋势,其他品质生化成分含量均呈现“降—升—降”的变化趋势,以闷烘 2 h 时相对最高;5 组闷烘处理间进行比较以“45 ℃ + 2 h”闷烘处理下氨基酸、可溶性糖、咖啡碱、GC、EGC、C 等品质生化成分含量,以及简单儿茶素/酯型儿茶素比值显著最高;酚氨比值显著最低,但感官品质得分显著最高。

**关键词:**闷堆;闷烘;黄茶;温度;生化成分;动态变化

**中图分类号:** TS272.5<sup>+</sup>9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)02-0173-05

黄茶是我国特有的茶类,主要产自湖南、安徽、四川、浙江、广东等地<sup>[1]</sup>。“闷黄”作为黄茶加工独特的工序,是形成黄茶干茶金黄、汤色杏黄、叶底嫩黄等“三黄”品质的关键,其本质是在湿热的环境条件下叶内生化成分发生的一系列非酶促热化学反应<sup>[2-4]</sup>。不同黄茶产地闷黄工艺作业不同,一般可分为“湿坯闷黄”和“干坯闷黄”2 类<sup>[5]</sup>。温州黄汤是我国

的历史名茶,其闷黄工序较为独特,同时包含湿闷和干闷 2 种方式,即采用杀青后闷黄和毛火后闷黄,为形成其特有品质奠定基础。近年来,黄茶闷黄作业的相关研究已有部分文献报道,多集中于闷堆进程中常规生化成分的变化规律以及闷堆工艺参数的优化<sup>[6-11]</sup>,但以往的研究多采用高温烘干方式固样,忽略了对闷黄环境条件的精准调控,势必对试验结果的统一性及准确性带来影响。此外,有关闷烘过程中内含生化成分变化规律及闷烘参数对黄茶品质影响的研究相对较少。

笔者所在的科研团队借鉴传统温州黄汤加工工艺,通过系统研究提出了“鲜叶—摊放—杀青—理条—闷(闷堆)—初烘—二闷(闷烘)—复烘—成茶”的优化工艺。本试验以此为基础,借助人工气候箱设施对闷黄环境的温湿度进行精准调控,并通过箱体风机实施气体交换,同时采用液氮冻结/冷冻干燥固样方法,探索 2 次闷黄作业在制品生化成分变化

收稿日期:2015-11-25

基金项目:中国农业科学院科研经费项目(编号:201205);浙江省富民强县科技项目(编号:2013-19)。

作者简介:滑金杰(1989—),男,安徽阜阳人,硕士,从事茶叶加工与质量控制研究。E-mail:huajinjie@tricaas.com。

通信作者:袁海波,副研究员,从事茶叶加工与茶饮料工程研究。E-mail:192168092@tricaas.com。

波时间 105 s。

## 参考文献:

- [1] 芮世华. 介绍几种珍稀食用菌[J]. 食品研究与开发,2000,4(4):34-36.
- [2] 李波,芦菲,南海娟,等. 杏鲍菇保健饮料的研制[J]. 食品工业科技,2009,30(4):228-229,232.
- [3] 杨武海. 杏鲍菇干制技术研究[D]. 福州:福建农林大学,2010:1-9.
- [4] 江宁,刘春泉,李大婧,等. 甘薯片真空微波干燥工艺的优化[J]. 中国食品学报,2011,11(7):81-88.
- [5] 吕晓莲. 气流膨化技术对核桃早餐谷物食品品质构的影响[J]. 食品科学,2012,33(4):22-25.
- [6] 毕金峰,方芳,丁媛媛,等. 预处理对哈密瓜变温压差膨化干燥产品品质的影响[J]. 食品与机械,2010,26(2):15-18.

- [7] Nath A, Chattopadhyay P K. Optimization of oven toasting for improving crispness and other quality attributes of ready to eat potato-soy snack using response surface methodology[J]. Journal of Food Engineering,2007,80(4):1282-1292.
- [8] 邹明辉,李来好,郝淑贤,等. 响应面法优化南美白对虾虾仁无磷保水工艺[J]. 食品科学,2010,31(20):159-165.
- [9] 王泽南,陶学明,胡晓浩,等. 微波膨化荸荠脆片加工工艺的研究[J]. 食品科学,2008,29(3):249-251.
- [10] 裴斐,王敏,刘凌岱,等. 即食杏鲍菇片真空低温脱水工艺[J]. 食品科学,2011,32(8):167-171.
- [11] 熊永森,王俊,王金双. 微波干燥胡萝卜片工艺试验研究[J]. 农业工程学报,2008,24(6):291-294.
- [12] 毕金峰,方蕾,丁媛媛,等. 菠萝变温压差膨化干燥工艺优化[J]. 农业工程学报,2009,25(10):334-339.