干制黄花菜工业化生产工艺技术

杨富民，张 丽，严晓娟
（甘肃农业大学食品科学与工程学院，兰州 730070）

摘 要：为改进干制黄花菜传统生产方法并实现工业化生产，采用带式汽蒸生产线对黄花菜进行前处理，在干制过程中将全自动隧道式干燥生产线与工业微波生产线相结合，利用正交试验设计对干制黄花菜工业化生产工艺技术条件进行了较为详尽的研究。结果表明，在蒸汽温度 95℃，汽蒸时间 60 s；隧道式干燥生产线装载量 5.0 kg/m^2，热风温度 85℃，风速 1.5 m/s；微波干燥生产线铺料厚度 15 mm、干燥功率 16 kW、干制时间 90 s 的条件下，所生产的干制黄花菜经农业部食品质量监督检验测试中心检测其感官、理化和微生物指标均达到了《无公害食品—干制金针菜》NY5186－2002 所规定的一级品标准。

关键词：干制，生产工艺，黄花菜
中图分类号：TS255.3 **文献标识码**：A **文章编号**：1002-6819(2008)-11-0264-04

杨富民，张 丽，严晓娟. 干制黄花菜工业化生产工艺技术[J]. 农业工程学报，2008，24(11)：264－267.
Yang Fumin, Zhang Li, Yan Xiaojuan. Technology for drying day-lily for industrialized production[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(11)：264－267.(in Chinese with English abstract)

0 引 言

黄花菜(*Hemerocallis citrina baroni*) 又名金针菜、萱草，在中国已有 2000 多年的栽培历史。近年来，在黄花菜主产区的甘肃、湖南、山西、陕西等地，各级政府把栽培黄花菜作为调整农业产业结构，增加农民收入的一项重要举措，使黄花菜的栽培面积和产量得到了快速发展。

长期以来，黄花菜主要依靠千家万户分散式的灶台蒸制、日晒等手段来加工干制黄花菜。由于加工水平参差不齐，卫生、质量较难控制，此外，黄花菜采收期又正值雨季，采回的花蕾久置易开花、腐烂，需要立即进行蒸烫、干制[1]。目前，有关黄花菜的研究主要集中在栽培技术、生物学特征等方面，而加工方面的研究报道相对较少。除速冻保鲜、即食产品开发等外[2]，在干制方面，曾采用药菜加工技术，即鲜黄花菜不经过蒸制而采用亚硫酸氢钠腌制一定时间，然后用日光或烤房来干制黄花菜。药菜加工会造成 SO_2 残留，烤房则不易对品质进行控制[3]。此外，在黄花菜干制工艺方面，主要集中在不同干燥方法的结合，如远红外干燥与热风干燥结合，先冷冻再真空干燥等等，虽效果比单一的干燥方法好，但仍存在某些不足[4]。因此，为了实现标准化、规模化、工业化生产，本研究采用带式生产线对黄花菜进行汽蒸前处理，在干制过程中采用隧道式干燥生产线与工业微波生产线联合作业，对其生产工艺技术进行了较为全面、系统的研究，并已进行了规模化出口产品的生产应用。

收稿日期：2008-07-22 修订日期：2008-08-30
作者简介：杨富民（1961－），男，甘肃庆阳人，教授，博士，主要从事农产品加工与品质控制研究。兰州 甘肃农业大学食品科学与工程学院，730070，Email：yfumin@163.com

1 材料与方法

1.1 材料

试验用黄花菜来自甘肃庆阳市黄花菜栽培基地，品种为马兰黄花菜。

1.2 试验方法

1.2.1 主要设备

TX—Ⅱ型连续式汽蒸生产线（浙江上虞心业食品机械有限公司生产）；SD—2.3×38 型隧道干燥生产线（中美合资健达干燥有限公司生产）；H2—39HBM（W）型工业微波生产线（上海鸿泽微波能有限公司生产）。

1.2.2 试验方案

1）汽蒸工艺参数优化

在温度 85、90、95、100℃条件下，分别采用 40、50、60、70、80、90、100 s 时间汽蒸，研究其对过氧化物酶、秋水仙碱、感官品质的影响，确定最佳工艺参数。

2）隧道干燥工艺参数优化

微波对高含水率的物料进行干燥时其效果相当于蒸煮，一方面造成植物组织结构的破坏，干制品的复水性差，另一方面促进了非酶褐变反应的发生，干制品的质量下降。黄金忠等采用先热风后微波联合干燥方法，即先用热风将物料的含水率干燥到 40%，再换成微波干燥，缩短了生产周期近一半的时间[5]。因此本试验中隧道干燥工段以汽蒸后黄花菜干燥至水分 40%为限，对影响干燥的主因素装载量、热风温度、热风速度进行正交试验，研究其对干燥速率、能耗的影响，确定最佳工艺参数。

3）微波干燥工艺参数优化

微波干燥工段以隧道干燥水分 40%降至国标规定的 15%为标准，选用铺料厚度、干燥功率、干燥时间作为试验因素，以失水率、复水性、感官作为研究指标进行正交试验，确定最佳工艺参数。

1.3　品质评定

1.3.1　感官评定

汽蒸后黄花菜感官品质评定主要依据色泽和质地进行综合评定，具体方法如下[6]。

色泽：主要以鲜黄花菜为对照，根据变色比例和深度确定得分，越接近原色，分值越高，评分采用百分制。

质地：主要依据品评时的软硬程度和脆性来评定，硬度和脆性越好，分值越高，评分采用百分制。

综合得分=色泽得分×60%+质地得分×40%

成品感官评定，采用 NY5186—2002 标准。

1.3.2　监测指标

过氧化物酶活力测定采用愈创木酚法；秋水仙碱定性则采用三氯化铁法。

失水率（%）=（干燥前物料质量−干燥后物料质量）/干燥前物料质量×100

复水比：
$$RR=\frac{W_r}{W_d} \quad (1)$$

复水速率：
$$R_t=\frac{W_r-W_d}{t} \quad (2)$$

式中　W_r——复水后总重，kg；W_d ——复水前的干品总重，kg；t——复水时间，min。

1.3.3　成品品质检测

对采用优选出的最佳工艺条件所生产的干制黄花菜产品，由农业部食品质量监督检验测试中心进行检测。

2　结果与分析

2.1　汽蒸工艺参数优化

2.1.1　不同蒸汽温度和汽蒸时间对过氧化物酶活力的影响

黄花菜所含的氧化酶种类很多，其中以过氧化物酶的耐热性最强[7]，因此，在汽蒸时以过氧化物酶作为指标酶。在不同蒸汽温度和汽蒸时间下对黄花菜进行处理，过氧化物酶活力测定结果见表 1。

表 1　不同蒸汽温度和汽蒸时间处理的黄花菜过氧化物酶活力变化

Table 1　Changes of activity of day-lily peroxidase after being steamed under different time and temperature treatments

/IU・(min・g)$^{-1}$

温度/℃	时间/s							
	0	40	50	60	70	80	90	100
85	14.13	13.43	13.4	12.56	12.44	12.44	12.44	12.44
90	14.13	2.01	0.93	0.57	0.1	0.08	0.04	0
95	14.13	1.47	0.45	0	0	0	0	0
100	14.13	0.82	0	0	0	0	0	0

表 1 可见，在 90℃汽蒸 100 s、95℃汽蒸 60 s、100℃汽蒸 50 s，过氧化物酶完全失活。在相同蒸汽温度条件下，随着汽蒸时间的延长，过氧化物酶的活力下降；在相同汽蒸时间下，随着蒸汽温度的升高，酶的活力则呈下降趋势。说明蒸汽温度升高和汽蒸时间延长，有利于过氧化物酶的灭活。

酶促褐变主要是由过氧化物酶（POD）和多酚氧化酶（PPO）催化引起的生化反应，PPO 容易被热力杀灭，而 POD 需较高的灭酶条件[8]。试验数据表明，POD 在黄花菜外花瓣和花梗中的活力强，在内花瓣中的活力弱，若采用漂烫灭酶虽能抑制褐变，但水分子容易进入花蕾，造成黄花菜开裂，开裂后的黄花菜所干制的产品商品价值低。同时漂烫灭酶容易引起维生素 C 等营养成分的损失，使干制品的营养质量下降。采用汽蒸灭酶，蒸汽在上升流动与原料接触过程中会产生强烈的对流效应，使黄花菜表面温度在极短时间内迅速上升到应有的灭酶温度，既能使 POD 充分杀灭又不会对组织结构造成强烈的破坏，有利于后续干制，故汽蒸灭酶是较理想的灭酶方式。

2.1.2　不同汽蒸条件黄花菜秋水仙碱含量变化

不同汽蒸温度和时间处理后黄花菜秋水仙碱含量检测情况见表 2。鲜黄花菜所含的秋水仙碱进入人体后，可转变成氧化二秋水仙碱的有毒物质，若每次摄入的秋水仙碱量达 0.1～0.2 mg 时[9]，就会引起中毒。汽蒸后黄花菜是否有秋水仙碱残留是判定汽蒸工艺参数合理与否的重要标志。由表 2 可以看出，85℃汽蒸 90 s，90℃汽蒸 80 s，95℃汽蒸 60 s，100℃汽蒸 50 s 可以完全将秋水仙碱破坏。

表 2　不同汽蒸温度和时间处理的黄花菜秋水仙碱检测结果

Table 2　Test results of day-lily colchicines after being steamed under different temperature and time treatments

温度/℃	时间/s							
	0	40	50	60	70	80	90	100
85	+	+	+	+	+	+	—	—
90	+	+	+	+	+	—	—	—
95	+	+	+	—	—	—	—	—
100	+	+	—	—	—	—	—	—

注：“+”表示被检样品中含有秋水仙碱，“－”表示被检样品中不含秋水仙碱。

2.1.3　不同汽蒸温度和时间对黄花菜感官品质的影响

不同汽蒸温度、时间处理的黄花菜感官评价结果见表 3。

表 3　不同汽蒸温度和时间处理的黄花菜色泽、质地评分

Table 3　Scores of the color and texture of day-lily after being steamed under different time and temperature treatments

时间/s	温 度/℃											
	85			90			95			100		
	颜色	质地	综合	颜色	质地	综合	颜色	质地	综合	颜色	质地	综合
0	50	100	70	50	100	70	50	100	70	50	100	70
40	71	92	79.4	81	91	85	81	91	85	74	85	78.4
50	78	89	82.4	81	90	84.6	89	89	89	80	80	80
60	82	84	82.8	87	86	86.6	94	85	90.4	87	76	82.6
70	81	79	80.2	80	79	79.6	90	73	83.2	77	65	72.2
80	77	72	75	74	71	72.8	82	65	75.2	63	54	59.4
90	72	61	67.6	70	62	66.8	76	60	69.6	51	50	50.6
100	56	55	55.6	55	53	54.2	64	50	58.4	48	40	44.8

表 3 表明，蒸汽温度在 95℃，汽蒸时间 60 s 所处理的黄花菜色泽最好；随着汽蒸温度升高、时间延长，黄花菜的质地评分下降，原因是过高或过长的热处理会对黄花菜的质构产生不良的影响，使黄花菜变得软烂，失去脆度，影响口感；缩短汽蒸时间及蒸汽温度，由于灭酶不彻底，产品就会出现黑头，从而影响产品质量。

2.2 隧道干燥线工艺参数优化

试验以装载量、热风温度、热风速度为主因素，采用正交试验设计对其进行了优化研究，结果见表 4。

表 4 $L_9(3^3)$正交试验结果

Table 4 Results of $L_9(3^3)$ orthogonal test

试验序号	装载量 /kg·m^{-2}	热风温度 /℃	热风速度 /m·s^{-1}	试验指标	
				烘干时间 /min	电耗 /kW·h·(kg)$^{-1}$
1	4	75	1.0	90	45.6
2	4	80	1.5	72	38.4
3	4	85	2.0	60	31.2
4	5	75	1.5	70	30
5	5	80	2.0	60	36
6	5	85	1.0	75	26.4
7	6	75	2.0	72	39.6
8	6	80	1.0	85	27.6
9	6	85	1.5	69	27.6

干燥时间 /min	K_1/3	74	77.3	83.3	主次顺序 CBA
	K_2/3	68.3	72.3	64	
	K_3/3	75.3	68	70.3	
	R	7	9.3	19.3	
	优水平	A_2	B_3	C_2	
电耗 /kW·(h·kg)$^{-1}$	K_1/3	38.4	38.4	33.2	主次顺序 BAC
	K_2/3	30.8	34	32	
	K_3/3	31.6	28.4	35.6	
	R	6.8	10	3.6	
	优水平	A_2	B_3	C_2	

从表 4 可以看出，各因素对干燥时间影响程度依次为：热风速度＞热风温度＞装载量，最优水平为 $C_2B_3A_2$。对干燥电耗的影响程度依次为：热风温度＞装载量＞热风速度；最优水平为 $A_2B_3C_2$。分析干燥时间和电耗最优组合，二者完全相同，因此，最适宜的工艺条件为 $A_2B_3C_2$，即装载量 5 kg/m^2，热风温度 85℃，热风速度 1.5 m/s。

黄花菜中含有大量的不稳定性物质，加工中由于热力作用将不可避免的发生化学反应或物理变化，这些变化对产品品质会产生一定的影响[10]。在黄花菜干制加工过程中主要是酶促反应[11]。试验中发现热风干燥温度越低，越有利于抑制非酶促褐变反应，但干燥时间过长，生产效率降低，因而热风干燥温度不宜低于 80℃；干燥温度越高，虽干燥时间缩短，但高温易促进干燥过程中非酶促褐变反应的发生。因此，黄花菜的热风干燥温度不宜超过 90℃。

2.3 微波干燥线工艺参数优化

在单因素试验的基础上，采用 $L_9(3^3)$正交设计优化微波干燥黄花菜的工艺条件，试验结果见表 5。

表 5 $L_9(3^3)$正交试验结果及极差分析

Table 5 Results of $L_9(3^3)$ orthogonal test and range analysis

序号	铺料厚度 /mm	功率 /kW	时间 /s	指标		
				失水率/%	复水比	感官评价
1	15	16	60	84.8	4.1	95
2	15	21	75	66.9	2.6	92
3	15	26	90	63.8	1.8	91
4	20	16	75	74.6	3.5	96
5	20	21	90	79.3	3.3	85
6	20	26	60	63.6	1.3	78
7	25	16	90	33.5	1.2	82
8	25	21	60	74.6	2.3	84
9	25	26	75	67.8	2.5	80

失水率	K_1/3	71.8	64.3	54.7	主次顺序 CAB
	K_2/3	72.5	73.6	71.0	
	K_3/3	58.6	65.1	77.3	
	R	13.9	9.3	22.6	
	优水平	A_2	B_2	C_3	
复水比	K_1/3	2.8	2.9	1.7	主次顺序 CBA
	K_2/3	2.7	2.7	2.5	
	K_3/3	2.0	1.9	3.3	
	R	0.8	1.0	1.6	
	优水平	A_1	B_1	C_3	
感官鉴评	K_1/3	92.67	91	90.67	主次顺序 ABC
	K_2/3	86.33	87	83	
	K_3/3	82	86	87.33	
	R	10.67	5	3.34	
	优水平	A_1	B_1	C_1	

从表 5 可以看出，各因素对失水率影响程度依次为：时间＞铺料厚度＞功率，最优水平为 $C_3A_2B_2$；对复水比的影响程度依次为：时间＞功率＞铺料厚度；最优水平为 $C_3B_1A_1$。对感官影响程度依次为：铺料厚度＞功率＞时间，最优水平为 $A_1B_1C_1$。

从因素 A（铺料厚度）、因素 B（功率）、因素 C（干燥时间）对失水率、复水比和感官鉴评的影响结果来看，A_1 、B_1 、C_3 分别重复 2 次，故试验的最优条件应该为 $A_1B_1C_3$，即铺料厚度为 15 mm、干燥功率为 16 kW、干燥时间为 90 s。

干制黄花菜时，干燥方法直接影响生产效率及产品质量。本研究中采用了热风干燥结合微波方法[12,13]。微波和热风联合干燥方法包括先微波后热风和先热风后微波 2 种，它们对产品质量的影响各不相同。前者虽然可缩短干燥时间，但产品质量差。原因是干燥时的不均匀性使黄花菜不同部位脱水程度不一致，形成卷缩状，影响感官品质。另外，用微波对高含水率的物料进行干燥时其效果相当于蒸煮，一方面会造成植物组织结构的破坏，干制品的复水性差，另一方面促进了非酶褐变反应的发生，干制品的质量下降[14,15]。先 80～90℃热风对黄花菜进行干燥使其含水率降到 40%，再用微波干燥至安全含水率 15%以下，既可缩短干燥时间，提高生产效率，又可保证产品质量。

2.4 成品品质

采用本研究优选出的工艺条件，所生产的干制黄花菜产品经农业部食品质量监督检验测试中心检测，结果见表 6。

表 6　干制黄花菜检测结果

Table 6　Detection results of dried day-lily

检验项目	一级品标准要求	实测数据	单项结论
感官指标	干制黄花菜色泽淡黄或金黄色，条身较紧凑，粗细和长短基本一致，无虫蛀和霉变，肉质比较肥厚，手感比较柔韧，手握成团，手松后能自然伸展开；嗅之有黄花菜固有的气味，无异味	本品成金黄色，条身紧凑，粗细和长短基本一致，无虫蛀和霉变，肉质肥厚，手感比较柔韧，手握成团，手松后能自然伸展开；嗅之有黄花菜固有的气味，无异味	合格
水分/%	≤15	13	合格
SO_2 残留量 /mg・kg^{-1}	≤100	0	合格
Pb/mg・kg^{-1}	≤0.2	未检出	合格
As/mg・kg^{-1}	≤0.5	未检出	合格
Hg/mg・kg^{-1}	≤0.01	未检出	合格
细菌总数/cfu・g^{-1}	≤100000	4400	合格
大肠菌群 /MPN・(100 g)$^{-1}$	≤30	＜30	合格
致病菌	不得检出	未检出	合格

研究所设计的干制黄花菜加工工艺过程中未使用任何化学和食品添加剂，产品不含硫，具有卫生安全、条形美观整齐、色泽绿黄、香味浓郁、条肥肉脆等特点，并且可最大限度地保留黄花菜的色泽、风味、质地和营养成份，所检测的项目全部符合《无公害食品——干制金针菜》NY5186—2002 一级品标准规定。证明研究所优选出的生产工艺条件、工艺参数科学合理，完全适合于黄花菜工业化生产。

3　结　论

1）汽蒸生产线最佳运行参数为汽蒸温度 95℃，汽蒸时间 60 s。

2）隧道式干燥生产线最佳运行参数为装载量 5 kg/m^2，热风温度 85℃，热风速度 1.5 m/s。

3)微波干燥生产线最佳运行参数为铺料厚度 15 mm，干燥功率 16 kW，干燥时间 90 s。

4）采用优选出的最佳工艺条件和设备运行参数，所生产的脱水黄花菜经农业部食品质量监督检验测试中心检测，其感官品质、理化指标和微生物指标均达到了《无公害食品——干制金针菜》NY5186－2002 一级品的标准规定。

［参　考　文　献］

[1] 张　欣，马　明．黄花菜速冻工艺的研究[J]．冷饮与速冻食品工业，2000，(2)：10－11．

[2] 武　杰．新型果蔬食品加工工艺与配方[M]．北京：科学技术文献出版社，2001．

[3] 徐怀德．花卉食品[M]．北京：中国轻工业出版社，2000．

[4] 黄兴元．黄花菜加工工艺及设备[J]．贮藏加工，2002，(12)：24－24．

[5] 黄金忠．微波在脱水蒜片、洋葱加工中的应用研究[J]．石河子大学学报，1999，3(1)：31－35．

[6] 杨大伟，夏延斌．脱水黄花菜加工过程中的预处理工艺研究[J]．食品工业科技，2003，24(11)：44－47．

[7] 范学钧，任考亮，李士豪，等．黄花菜保鲜与干制试验初报[J]．西北园艺，2000，(6)：12－13．

[8] 姜　通，罗志刚，蒲丽军．甘薯中多酚氧化酶活性的测定及褐变控制[J]．食品科学，2001，(3)：19－22．

[9] 关　颖．中毒患者血清中秋水仙碱的快速检验[J]．中国卫生检验杂志，2001，11(5)：625－626．

[10] 龚吉军，谭兴和，夏延斌，等．速冻黄花菜预处理工艺[J]．中南林学院学报，2004，24(5)：113－116．

[11] 傅茂润，茅林春．黄花菜的保健功效及化学成分研究进展[J]．食品与发酵工业，2006，32(10)：108－112．

[12] 谭兴和，夏延斌，李应武．即食黄花菜加工工艺研究[J]．食品与机械，2003，(3)：34－35．

[13] Tulasidas T. Combined convective and microwave drying of grapes[J]. Drying Technology，1995，13(4)：1029－1031．

[14] Teranishi T. Production of high-quality dehydrated vegetables using microwave and vacuum[J]. Drying Technologies Up-to-date Food Processing，1998，21(9)：43－46．

[15] Torringa E, Esveld E, Scheewe I, et al. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms[J]. Journal of Food Engineering，2001，49(2/3)：185－191．

Technology for drying day-lily for industrialized production

Yang Fumin, Zhang Li, Yan Xiaojuan

(*College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou* 730070, *China*)

Abstract: In order to improve the traditional method for drying day-lily to realize large-scale, industrialized production, the processing technology by using orthogonal experiment for steaming treatment before dehydration and tunnel-type drying combined with industrial microwave drying production lines in drying process was studied in detail. The results showed that the optimum operating parameters for steaming treatment were as follows: temperature was 95℃, time was 60 s, for tunnel-type drying production line, the loadage was 5.0 kg/m^2, hot air temperature was 85℃, wind speed was 1.5 m/s, and for industrial microwave drying production lines, material thickness was 15 mm, drying power was 16 kW, drying time was 90 s. The sensory quality, physical and chemical indicators as well as microbiological indicators of the final product dried day-lily, tested by Food Quality Supervision and Testing Centre, Ministry of Agriculture of China, reached the requirements of <Pollution-free Food-dried day-lily> Standard NY5186-2002.

Key words: drying, production process, day-lily