

微波热风两段式干燥法生产婴幼儿保健糯米粉

李凤霞¹, 蒋欣欣¹, 陈守江¹, 于雷², 江铃²

(1. 安徽科技学院食品药品学院, 安徽凤阳 233100;
2. 蚌埠市兄弟粮油食品科技有限公司, 安徽蚌埠 233400)

摘要:以糯米粉为基料, 添加药食同源的中药茯苓、淮山药、莲子、红枣, 开发一种能调理婴幼儿脾胃虚寒、腹胀腹泻的即食型糯米粉。依据单因素实验绘制热风 and 微波干燥曲线, 并根据两种干燥的最适条件进行正交实验, 确定最佳干燥参数; 然后用正交实验对原辅料进行最佳配比实验。结果表明: 原辅料最佳配比为 100g 基料中添加茯苓和红枣各 14g, 淮山药 10g, 莲子 8g; 先用 300W 微波干燥 1.5min, 后 70℃ 热风干燥 2h; 粉碎后添加 24% 的木糖醇。采用微波热风联合干燥法生产即食型保健糯米粉可有效保持原料固有成分, 且具有良好的感官性状。

关键词: 保健糯米粉, 微波干燥, 热风干燥, 工艺参数

Production of infant health glutinous rice powder by two stages method of microwave and hot air drying

LI Feng-xia¹, JIANG Xin-xin¹, CHEN Shou-jiang¹, YU Lei², JIANG Ling²

(1. College of Food and Drug, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China;
2. Brothers Foodstuff Technology Co., Ltd., Bengbu 233400, China)

Abstract: In order to prevent the taste cold empty and abdominal distension diarrhea of infants, the edible traditional Chinese medicine poria cocos, dioscorea opposita thunb, lotus seed, and jujube were added into glutinous rice powder, and then the health glutinous rice powder was developed for infants. The curves of hot air and microwave drying were drawn based on a single factor experiment, and the best drying parameters were determined according to the orthogonal test under two dry optimal conditions, the best proportion of raw materials was determined by other orthogonal experiments. The results showed that the best parameters of drying were microwave 300W, 1.5min, and then hot air drying 70℃, 2h. The best ratio of raw material was 14g poria cocos and jujube, 10g dioscorea opposita thunb, 8g lotus seed were added into 100g glutinous rice, and 24% xylitol was added after being smashed. The combination drying method of hot-air drying with microwave drying could effectively keep raw natural composition and good sensory properties when health care glutinous rice powder was produced.

Key words: glutinous rice flour; microwave drying; hot-air drying; processing parameters

中图分类号: TS210.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2012)10-0264-04

婴幼儿由于胃肠功能不完善, 易受外界不利因素影响而腹泻, 且常常伴有食欲不佳症状, 在此状况下, 为孩子提供一款既能提供营养需求、又具有调理腹泻作用的食物尤为重要。糯米又叫江米, 富含蛋白质、脂肪、糖类、钙、磷、铁、维生素 B 及淀粉等营养成分^[1]。糯米、淮山药、茯苓、莲子、红枣皆对脾胃虚寒、食欲不佳、腹胀腹泻有一定缓解作用, 同时又是温和的滋补剂, 有补虚、补血、健脾暖胃、止汗等作用, 适用于脾胃虚寒所致的反胃、食欲减少、泄泻和气虚引起的汗虚、气短无力、妊娠腹坠胀等症^[2-5]。而且淮山药、茯苓、莲子、红枣既是食品又是药品^[6]。

采用热风干燥糯米粉, 产品结构紧密复水性差, 干燥时间长, 烘焙品质较差, 而且能耗高。微波热风联合干燥技术可以改善传统干燥时间长、能耗大和干燥品质不佳的问题^[7-9]。先采用热效率高、干燥速率快的微波法进行前段干燥, 当水分含量较少时选用温和的热风将物料干燥至规定水分含量, 这样有效地减少了干燥时间, 提高了产品的烘后品质^[10]。本研究拟以糯米为主料, 添加淮山药、茯苓、莲子、红枣的水提物, 采用微波-热风联合干燥法, 研制一种婴幼儿保健即食型糯米粉。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

糯米 蚌埠市兄弟粮油食品有限公司, 稻谷品种为皖稻 68; 淮山药、茯苓、红枣、莲子 购于凤阳华佗药店; NaOH、无水硫酸钠、浓硫酸、CuSO₄ · 5H₂O、柠檬酸钠、苯酚、无水葡萄糖 以上试剂均为分析纯。

WD700G 微波炉 佛山格兰仕微波炉电器有限公司

收稿日期: 2011-10-10

作者简介: 李凤霞 (1978-), 女, 讲师, 主要从事农产品深加工与功能性食品开发研究。

基金项目: 安徽省高等学校优秀青年人才基金 (2009SQRZ108); 蚌埠市科技计划项目 (200902019)。

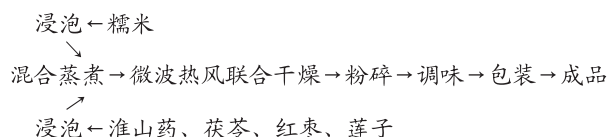
表3 感官评价标准
Table 3 The standard of sensory evaluation

产品等级	优级	一级	二级
分数	≥90	≥80	≥70
滋味和气味 (30分)	有糊化糯米粉香味及该产品应有的风味,无异味 28~30	滋味气平淡,糊化适中,无异味 25~27	味道不正,有焦粉味、脂肪氧化味和中药的不快味道 22~24
冲调性 (30分)	湿润下沉块,冲调后完全无团块,杯底无沉淀物 28~30	冲调后有少量团块,杯底部分糯米粉湿润较慢 25~28	冲调后团块较多,杯底糯米粉很难湿润 23~25
组织状态 (20分)	干燥粉末,颗粒细小而均匀,无结块现象 18~20	颗粒不均匀有焦粉粒或小黑点 15~18	有肉眼可见杂质或异物,有较多硬粒 12~15
色泽 (20分)	全部呈浅黄色,均匀一致 16~20	黄色特殊或带浅白色 14~16	色泽不正常,不均匀 11~14

公司;GZX-9076MBE 数显鼓风干燥箱 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;7230G 分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司;F80 高速粉碎机 金坛市金城国胜实验仪器。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程



1.2.2 产品配料的配比 针对婴幼儿的体质特征,选择红枣、茯苓、淮山药、莲子作为功能性辅料。根据查阅的大量文献资料,确定原辅料添加量范围,进行三因素三水平正交实验。

表1 幼儿糯米粉配料正交实验因素水平表(g)

Table 1 Design of orthogonal experiment for factors and levels in the glutinous rice flour for children (g)

水平	因素		
	A 茯苓、红枣	B 淮山药	C 莲子
1	12	5	4
2	14	10	6
3	16	15	8

1.2.3 微波干燥曲线测定 将糯米浸泡 2h^[11]、配料浸泡 4h 后捞出,蒸 20min 后将物料分三组置于平皿中,选用 300、400、500W 微波功率干燥,每间隔 0.5min 测一次重量,取三组的平均值,绘制干燥速率曲线。

1.2.4 热风干燥曲线测定 用水将糯米浸泡 2h、配料浸泡 4h 后捞出,蒸熟后将物料分六组在 50、60、70、80、90℃ 的恒温干燥箱中干燥,每隔 30min 取出称重,至水分含量 ≤13%,绘制干燥速率曲线。

1.2.5 微波、热风联合干燥 根据干燥曲线确定最适干燥条件,设计正交实验,通过测定多糖含量和堆积密度,选取最佳干燥工艺参数。

1.2.6 产品调味 通过上述步骤得到的产品为原米粉,以木糖醇为甜味剂,进行单因素实验,确定最适添加量。

1.2.7 多糖的测定 采用苯酚硫酸比色法^[12]进行多糖测定。经数据处理,得回归方程 $y = 0.4092x - 0.006$, $R^2 = 0.9982$ 。

1.2.8 堆积密度的测定 每次量取 2~2.5mL 样品于 10mL 量筒中,不断振摇量筒,直至装满,然后称量其

质量。重复 3 次,取平均值^[13]。

表2 正交实验因素水平

Table 2 Factors and levels of the orthogonal experiment

水平	因素			
	A 微波干燥功率(W)	B 微波干燥时间(min)	C 热风温度(℃)	D 热风时间(h)
1	300	1.5	65	2
2	400	2	70	3
3	500	2.5	75	4

1.2.9 感官评价 取样品适量,加一定量的 70℃ 热水搅匀,请十名经过感官训练评价员按照表 3 评分标准进行评分^[14],满分为 100 分。

2 结果与分析

2.1 即食型婴幼儿保健糯米粉配料正交实验结果与分析

由表 4 可知,茯苓、红枣的添加量对产品感官质量影响最大,其次是莲子,最后是淮山药;根据表 5,茯苓、红枣对产品的感官质量影响差异显著。由结果可得出最佳配方组合为 A₂B₂C₃,即每 100g 基料中添加茯苓、红枣各 14g,淮山药 10g,莲子 8g,此时产品的综合感官评分最高。

表4 幼儿糯米粉配料正交实验结果 L₉(3³)

Table 4 Design mix of orthogonal experiment of glutinous rice flour for children

实验号	A	B	C	感官评价得分
1	1	1	1	81
2	1	2	2	84
3	1	3	3	81
4	2	1	2	90
5	2	2	3	93
6	2	3	1	88
7	3	1	3	84
8	3	2	1	80
9	3	3	2	82
k ₁	82.00	85.00	83.00	
k ₂	90.33	85.67	85.33	
k ₃	82.00	83.67	86.00	
R	8.33	2	3	

2.2 微波干燥曲线

将经过不同微波功率干燥的干燥速率和干燥时间之间的关系绘制成曲线。

由图 1 可知,在干燥时间 1~3min 间,干燥速率保持在 2.5g/min 左右,干燥基本进入恒速干燥阶段。

恒速干燥阶段的微波能全部用于物料中自由水蒸发,物料温度保持在干燥温度对应的湿球温度,物料品质不受热能影响。同时,由于水分迅速蒸发,使物料轻微膨化,内部成多孔性,提高了其复水性。

表5 幼儿糯米粉配料正交设计方差分析表(完全随机模型)

Table 5 variance analysis table of orthogonal experiment of glutinous rice flour for children (randomly model)

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	p值
A	138.8889	2	69.4444	25	0.0385
B	6.2222	2	3.1111	1.12	0.4717
C	14.8889	2	7.4444	2.68	0.2717
误差	5.5556	2	2.7778		
总和	165.5556				

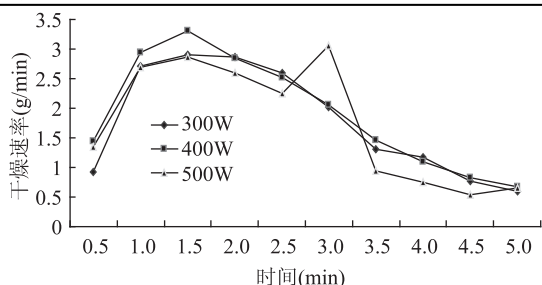


图1 微波干燥速率曲线

Fig.1 Microwave drying rate curve

根据单因素实验结果,3min时原料外部水分干燥未完全,内部已出现明显焦糊,并且随功率增高焦糊越明显,因此,选用微波功率300、400、500W和干燥时间1.5、2.0、2.5min进行正交实验。

2.3 热风干燥曲线

将不同热风温度下的干燥速率和干燥时间之间的关系绘制成曲线。

由图2可知,物料热风干燥一直处于降速阶段,在此过程中,物料吸收的热量一部分用于水分蒸发,另一部分用于物料加热,随之,物料表层温度升高,内外温度差增大,由外而内的温度梯度增大,内部水分向外迁移蒸发难度加大,干燥速率不断下降,干燥时间延长^[15]。造成这种现象的原因是糯米本身粘性较大,表层失水易硬结,热能传递受阻,物料表面温度升高直至热风温度,从而损伤了产品的品质。

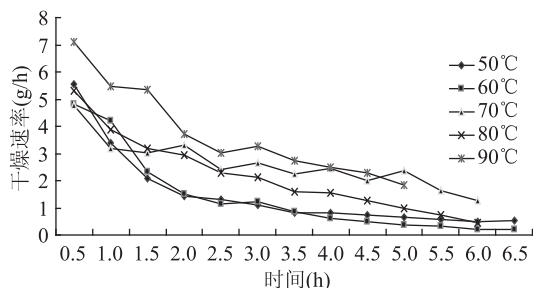


图2 热风干燥速率曲线

Fig.2 Hot air drying rate curve

同时,随着干燥温度增高,原料容易出现焦糊现象,综合考虑,选择干燥温度65、70、75℃和干燥时间2、3、4h进行正交实验。

2.4 微波热风两段式干燥正交实验结果统计与分析

根据单因素实验结果,以堆积密度和多糖含量为实验指标^[16],进行微波功率、微波干燥时间、热风温度和热风干燥时间 $L_9(3^4)$ 正交实验,结果见表6~表8。

由表6可知,四种因素对物料堆积密度影响大小顺序依次为微波干燥功率>热风温度>微波干燥时间>热风干燥时间。由表7可知,微波干燥功率对米粉的堆积密度影响显著。由表6极差分析结果可得出最佳干燥参数组合为 $A_1B_1C_2D_2$,即先微波300W干燥1.5min,再热风70℃干燥3h,产品堆积密度指标达到最大值。

对于婴幼儿米粉而言,多糖含量越高越好。根据表6中极差大小,可判断最重要的影响因素为微波干燥功率,其次是热风干燥时间,再次是微波干燥时间,最后是热风温度。由表8可知,微波干燥功率对米粉中多糖含量影响显著。由极差分析结果可得出最佳干燥工艺参数组合为 $A_1B_1C_2D_1$ 时,即先微波300W干燥1.5min,在热风70℃干燥2h,产品多糖含量最高。

表6 微波热风干燥正交实验结果

Table 6 Results of orthogonal experiment by microwave hot air drying

实验号	A	B	C	D	堆积密度 (g/mL)	多糖含量 (%)
1	1	1	1	1	9.64	4.72
2	1	2	2	2	9.85	4.95
3	1	3	3	3	9.45	4.88
4	2	1	2	3	7.85	3.66
5	2	2	3	1	7.59	3.52
6	2	3	1	2	7.60	3.40
7	3	1	3	2	8.05	2.58
8	3	2	1	3	7.90	2.64
9	3	3	2	1	7.95	2.32
k_1	9.65	8.51	8.38	8.39		
k_2	7.68	8.45	8.55	8.50		
k_3	7.97	8.33	8.36	8.40		
R	1.97	0.18	0.19	0.11		
k'_1	4.85	3.71	3.56	3.73		
k'_2	3.53	3.70	3.67	3.64		
k'_3	2.51	3.62	3.66	3.52		
R'	2.34	0.13	0.11	0.21		

表7 微波热风干燥正交设计堆积密度方差分析表(完全随机模型)

Table 7 Analysis of volume density variance orthogonal experiment by microwave hot air drying (randomly model)

变异来源	平方和	自由度	F值	F临界值 ($\alpha=0.1$)	显著性
A	6.7724	2	3.3862	3.11	*
B	0.0497	2	0.0248	3.11	
C	0.064	2	0.032	3.11	
D	0.0214	2	0.0107	3.11	
总和	6.9075				

评价指标不同,上述两个结论中热风干燥时间不同,干燥时间越短,多糖含量越高,可能由于干燥时间长导致多糖分解。因此,根据产品开发的目的是,综合考虑各项指标,确定微波-热风两段式干燥工艺

最佳工艺参数组合为 A₁B₁C₂D₁, 即先用 300W 微波干燥 1.5min, 后 70℃ 热风干燥 2h。

表 8 微波热风干燥正交设计多糖含量方差分析表(完全随机模型)

Table 8 Analysis of polysaccharide content variance orthogonal experiment by microwave hot air drying (randomly model)

变异来源	平方和	自由度	F 值	F 临界值 (α=0.1)	显著性
A	8.2381	2	4.119	3.11	*
B	0.0285	2	0.0142	3.11	
C	0.0245	2	0.0122	3.11	
D	0.0666	2	0.0333	3.11	
总和	8.3576				

2.5 产品调味

木糖醇添加量分别为 18%、20%、22%、24%、28%、30% 进行单因素实验, 感官评分结果见图 3。

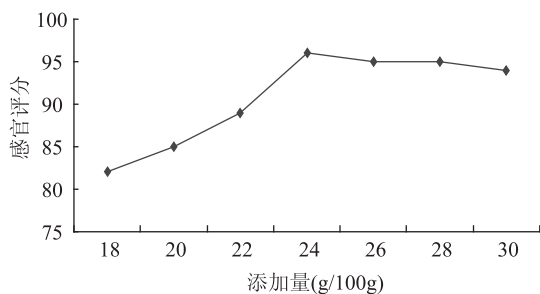


图 3 木糖醇添加量感官评价

Fig.3 Sensual evaluation of different addition volume of xylitol

由图 3 可知, 木糖醇添加量为 24% 时, 产品的香味及木糖醇的甜味对配料中的不良气味掩盖效果最佳。

3 结论

3.1 婴幼儿保健糯米粉的品质受干燥方式和干燥时间的影响。微波干燥时间短, 但物料升温快, 表面硬结, 物料干燥不均匀; 热风干燥时间长, 但干燥效率低。微波-热风联合干燥效果较好, 既具有良好的感官品质, 又降低了多糖的损失。

3.2 婴幼儿即食米粉的最佳配方为: 每 100g 基料中添加茯苓、红枣各 14g, 淮山药 10g, 莲子 8g, 木糖醇添加量为 24%。

3.3 微波热风联合干燥最佳工艺参数为先微波 300W 干燥 1.5min, 再热风 70℃ 干燥 2h。不仅有效

减少了干燥时间, 还提高了产品的烘后品质。

参考文献

[1] 杜双奎, 杨红丹, 于修焯, 等. 商品粳米、籼米、糯米品质特性和糊化特性比较研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 78-81.

[2] 张楠, 贾波, 祝捷. 白术茯苓汤提取分离组分对脾气虚大鼠血浆胃肠激素及肠道局部免疫功能的影响[J]. 中国医药导报, 2009, 29(6): 17-19.

[3] 花玉梅, 杨洪涛, 杨洪巍. 中药淮山药粉治疗婴幼儿病毒性腹泻的疗效观察[J]. 中国实用医药, 2010, 5(2): 164-165.

[4] 任广跃, 陈艳珍, 张仲欣. 怀山药热风、微波及真空干燥的实验研究[J]. 食品科技, 2010, 35(7): 111-114.

[5] 吴小南, 陈洁, 汪家梨. 发酵莲子乳对小鼠胃肠道运动、吸收功能的调节作用[J]. 世界华人消化杂志, 2005, 21(13): 2535-2539.

[6] 卫生部(2002)51号文件[S].

[7] G P Sharma, Suresh Prasad. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 50: 99-105.

[8] Medeni Maskan. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 48: 177-182.

[9] J Varith, P Dijkanarukkul, A Achariyaviriya, et al. Combined microwave-hot air drying of peeled longan [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81(2): 459-468.

[10] Joanna Bondaruk, Marek Markowski, Wioletta Blaszcak. Effects of microwave and hot air combination drying on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81: 306-312.

[11] 梁锐鸿, 李泮生, 刘方圆. 糯米浸泡对粽子品质的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(2): 153-157.

[12] 张青, 张天民. 苯酚-硫酸比色法测定多糖含量[J]. 山东食品科技, 2004(7): 17-18.

[13] 刘长霞, 孙明昆, 陈国华. 高堆积密度壳聚糖的制备及其理化性质[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(6): 40-42.

[14] 杨勇, 任健. 挤压膨化速溶婴幼儿营养米粉的研制[J]. 粮油加工, 2009(6): 124-126.

[15] 张立彦, 李作为. 微波膨化糯米粉的机理研究[J]. 食品工业科技, 1999, 20(3): 4-6.

[16] 刁卓越, 杨薇, 李建欢. 澳洲坚果热风干燥特性研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 44-46.

(上接第 263 页)

[5] Hofmarm, T Linke L. Starch-based porous materials [J]. Chemic-Ingredient Technink, 1998(6): 722-727.

[6] K Kailasapathy, L Masondole. Survival of free and microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* and their effect on texture of fetacheese [J]. Australian Journal of Dairy Technology, 2005(12): 252-258.

[7] E Ananta, M Volkert, D Knorr. Cellular injuries and storage stability of spray-dried *Lactobacillus* [J]. International Dairy Journal, 2005(15): 399-409.

[8] 孟旭, 汤坚. 方便豆腐粉的物理化学特性及其生产工艺

[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(4): 58-65.

[9] 魏玮, 赵峥. 喷雾干燥钝化瑞士乳杆菌工艺条件的优化[J]. 食品工业科技, 2009, 30(1): 234-238.

[10] Walton D E, Mumford C J. Spray dried products - characterization of particle morphology [J]. Chemical Engineering Research and Design, 1999, 77(1): 21-38.

[11] 顾小红, 汤坚. 速溶豆粉微结构的研究[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(4): 11-15.

[12] 徐立华, 张宗岩. 改善豆粉的溶解度和速溶性的途径[J]. 齐齐哈尔轻工大学学报, 1993, 9(1): 95-96.