

# 桂圆粉滚筒干燥生产工艺的研究

葛邦国, 崔春红\*, 马超, 王白鸥, 刘林林, 刘光鹏

(中华全国供销合作总社济南果品研究院, 山东济南 250014)

**摘要:** 选用桂圆为原料, 进行滚筒干燥加工工艺的研究。以滚筒干燥的成膜率为指标, 采用响应面分析法, 研究了辅料添加量、滚筒转速及滚筒表面温度对滚筒干燥工艺的影响。确定的桂圆粉滚筒干燥工艺最佳组合为: 淀粉添加量为 20%、滚筒表面温度为 137℃、滚筒转速为 3.0r/min, 在此条件下, 成膜率为 96.39%。

**关键词:** 滚筒干燥, 桂圆粉, 响应面分析, 工艺优化

## Production of longan powder with the method of drum dryer

GE Bang-guo, CUI Chun-hong\*, MA Chao, WANG Bai-ou, LIU Lin-lin, LIU Guang-peng

(Jinan Fruit Research Institute All China Federation of Supply & Marketing Co-operatives, Ji'nan 250014, China)

**Abstract:** The technology of processing longan powder using a drum dryer was studied. Effect of the excipient in addition, roller rotating speed, roller temperature on the technology was analyzed with response surface methodology, and film foaming ability of drum dryer were taken as response values. For design of process requirement, optimum conditions were as follows: excipient addition was 20%, roller temperature was 137℃, roller rotating speed was 3.0r/min, film foaming ability was 96.39%.

**Key words:** drum dryer; longan powder; response surface methodology; process optimization

中图分类号: TS255.36

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2014)04-0239-04

桂圆又名龙眼, 是原产于我国的一种亚热带果树, 是国内外市场上的珍贵果品之一。据分析, 果肉含糖量为 12.38%~22.55%, 每 100g 果肉中含维生素 43.12~167.7mg, 维生素 K 196.5mg, 此外还有少量的蛋白质、脂肪、硫胺素、核黄素、尼克酸及钙、磷、铁等<sup>[1-3]</sup>。桂圆性温、味甘、具有开胃健脾、养血安神、壮阳益气、补虚益智的功效<sup>[4]</sup>。

现阶段, 果蔬粉的制粉方式主要有热风干燥粉碎制粉、喷雾干燥制粉、真空冷冻干燥制粉和滚筒干燥制粉<sup>[5]</sup>。桂圆含糖量较高, 普通的热风干燥粉碎制粉后物料黏连, 难以成粉状; 而喷雾干燥需要加大量辅料, 产品质量较差; 真空冷冻干燥能耗高, 而滚筒干燥添加辅料较少, 并且能耗较低, 综合考虑, 本文采用滚筒干燥进行桂圆粉的制粉研究。

目前, 国内主要是采用喷雾干燥制作桂圆粉, 苏晓东<sup>[6]</sup>采用酶解提取与喷雾干燥工艺制备桂圆粉, 确定了酶解工艺和喷雾干燥工艺; 而滚筒干燥制作桂圆粉工艺国内未见其他研究单位涉及。

滚筒干燥装置一般由一个或多个内部加热的旋转滚筒组成。浆糊状物料均匀涂布在滚筒外表面, 基于筒体与料膜传热间壁的热阻, 形成温度梯度, 筒内热量传导至料膜, 使料膜内的水分向外转移, 当料膜外表面温度的蒸汽压力超过环境中的蒸汽分压时,

即发生蒸发和扩散作用, 从而得到脱水产品<sup>[7]</sup>。在众多干燥方式中, 滚筒干燥装置干燥速率高, 操作成本低, 可连续作业<sup>[8]</sup>, 所添加的辅料量少, 能保持原料原有的营养成分。基于以上优点, 本文采用响应面分析方法对桂圆粉滚筒干燥工艺进行研究, 最终得到生产桂圆粉的最佳组合条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

市售桂圆干 购于济南燕山副食品市场; 淀粉 济南石门兴业工贸有限公司。

电子天平 梅特勒-托利多仪器, 上海有限公司; 滚筒干燥机 荷兰, 高达公司; 打浆机、胶体磨 德国, 奥拓公司。

### 1.2 工艺流程

桂圆果肉→浸泡→蒸煮→打浆→磨浆→配料→滚筒干燥→冷却→成品

### 1.3 操作要点

1.3.1 打浆 将桂圆果肉与水按 1:2 的比例置于容器中煮沸 8~10min, 破碎打浆。

1.3.2 磨浆 将破碎好的桂圆浆过 2~3 次胶体磨。

### 1.4 成膜率的测定

滚筒干燥成膜后, 以纸附于膜的空洞及不成膜处, 绘出其大小, 估算面积为  $m_1$ ; 通过滚筒转速、半径及长度计算出相应成膜面积  $m_0$ 。成膜率 (%) =  $(m_0 - m_1) / m_0 \times 100$ 。

### 1.5 单因素实验

在滚筒干燥过程中, 滚筒表面温度和滚筒转速

收稿日期: 2013-03-27 \* 通讯联系人

作者简介: 葛邦国(1978-), 男, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事果蔬加工技术方面的研究。

基金项目: 国家科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB24420001)。

对物料成膜性影响较大,温度过高,转速过慢,则物料容易粘滚,温度过低,转速过快,则不易干燥。综上,本文研究淀粉添加量、滚筒表面温度、滚筒转速对桂圆浆滚筒干燥效果的影响。

1.5.1 淀粉添加量 本实验选择了淀粉作为辅料,并分别实验了不同淀粉添加量对滚筒干燥成膜率的影响。取等量桂圆浆,分别添加10%、15%、20%、25%、30%的淀粉,控制滚筒表面温度130℃,转速为3.0r/min。

1.5.2 滚筒表面温度 在淀粉添加量为20%,转速为3.0r/min的情况下,分别设置滚筒表面温度为110、120、130、140、150℃进行滚筒干燥。

1.5.3 滚筒转速 在淀粉添加量为20%,滚筒表面温度为130℃的条件下,分别设置滚筒转速为1.0、2.0、3.0、4.0、5.0r/min,进行桂圆浆的滚筒干燥。

## 1.6 提取工艺的响应面优化实验

在单因素研究的基础上,选以淀粉添加量(A)、表面温度(B)、滚筒干燥转速(C)3个因素为自变量,以桂圆浆的滚筒干燥成膜率为响应值,根据中心组合设计(CCD原理)设计响应面分析实验,其因素水平编码表见表1。

表1 滚筒干燥因素水平编码

Table 1 Code of factors and levels on experiment of drum drying

因素	水平				
	-1.682	-1	0	1	1.682
A 淀粉添加量(%)	11.59	15	20	25	28.41
B 表面温度(℃)	121.59	125	130	135	138.41
C 转速(r/min)	1.31	2	3	4	4.68

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验

2.1.1 不同淀粉添加量对桂圆浆滚筒干燥效果的影响 桂圆浆为高糖度的物质,黏性大,所以干燥时必须选择一种辅料降低其粘度,本实验选择淀粉为辅料进行添加。

表2 不同淀粉添加量对滚筒干燥的影响

Table 2 Effect of starch content on drum drying

淀粉添加量(%)	10	15	20	25	30
成膜率(%)	20±0.50	55±0.62	93±0.33	92±0.20	93±0.25
色泽	暗黄	暗黄	金黄	浅黄	浅黄

由表2可以看出,淀粉添加量的多少对产品滚筒干燥效果有较大影响。随着淀粉添加量越高,产品干燥成膜性越好。但颜色会随淀粉的添加量的增多而逐渐变白,严重影响产品色泽,并最终影响产品最终的口感和营养价值。所以最适淀粉添加量为20%。

### 2.1.2 滚筒表面温度对桂圆浆滚筒干燥效果的影响

由表3可以看出,随着滚筒表面温度从110℃升高到130℃,物料成膜性逐渐变好,水分含量越低。但当温度超过130℃时,随着温度升高,成膜性逐渐变差,综合考虑,滚筒表面温度应控制在130℃为宜。

表3 滚筒表面温度对滚筒干燥的影响

Table 3 Effect of roller temperature on drum drying

滚筒表面温度(℃)	110	120	130	140	150
成膜率(%)	25±0.40	65±0.62	95±0.33	85±0.20	75±0.25
色泽	暗黄	暗黄	金黄	浅黄	暗黄

2.1.3 滚筒转速对桂圆浆滚筒干燥的影响 由表4可看出,滚筒转速对桂圆浆滚筒干燥有一定的影响,随着滚筒转速的逐渐升高,桂圆浆滚筒干燥的成膜性先升后降,根据实验结果,选定滚筒转速为3.0r/min。

表4 滚筒转速对桂圆浆滚筒干燥的影响

Table 4 Effect of roller rotating speed on drum drying

滚筒转速(r/min)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
成膜率(%)	55±0.42	65±0.45	92±0.22	85±0.15	55±0.35
色泽	暗黄	暗黄	金黄	浅黄	暗黄

## 2.2 桂圆浆滚筒干燥的响应面优化

2.2.1 响应面实验安排及实验结果 为优化单因素实验得到的工艺条件,在此采用二次回归旋转组合设计对桂圆浆滚筒干燥的主要影响因素进行优化实验,选取淀粉添加量(A)、滚筒表面温度(B)、滚筒转速时间(C)作为3因素,每个因素选取5个水平。结合前期单因素实验结果,设定响应面实验各因素水平编码值,响应曲面实验设计及实验结果见表5。

表5 响应面分析方案及实验结果

Table 5 Experimental designs and results of drum drying

实验号	A	B	C	Y:成膜率(%)
1	1	-1	-1	52.14
2	0	0	0	96.35
3	1	1	1	80.67
4	-1	-1	-1	42.56
5	0	0	-1.682	51.43
6	-1	1	1	57.14
7	1	-1	1	28.23
8	-1.682	0	0	30.43
9	-1	1	-1	42.67
10	1.682	0	0	61.98
11	0	0	0	92.13
12	0	0	0	94.93
13	0	0	0	92.67
14	0	0	1.682	57.38
15	0	-1.682	0	46.83
16	0	1.682	0	79.47
17	1	1	-1	75.53
18	-1	-1	1	20.99

2.2.2 模型方差分析 通过Design Expert 8.0数据软件进行回归分析,得到的方差分析结果如表6所示。由表6可知,淀粉添加量A、滚筒表面温度B、淀粉添加量的二次项A<sup>2</sup>、滚筒表面温度的二次项B<sup>2</sup>、滚筒转

速的二次项C<sup>2</sup>对成膜率效果具有高度显著影响,淀粉添加量和滚筒表面温度的交互项AB、滚筒表面温度和滚筒转速的交互项BC对成膜率效果具有显著影响,滚筒转速C、淀粉添加量和滚筒转速的交互项AC对成膜率效果的影响不显著,表明各影响因素对桂圆浆滚筒干燥成膜率的影响并不是简单的线性关系。从表6的分析结果来看,二次回归模型 $p < 0.0001$ ,该二次方程模型达到极显著水平,且失拟项不显著( $p > 0.05$ ),说明该回归方程能够较显著的拟合淀粉添加量、滚筒表面温度和滚筒转速对成膜率的影响,利用Design Expert 8.0软件对实验结果进行回归分析,二次回归方程为:

$$Y = 94.13 + 9.25A + 12.23B - 1.16C + 4.95AB + 1.46AC - 8.14BC - 17.38A^2 - 11.39B^2 - 14.48C^2$$

表6 方差结果分析  
Table 6 Variance results

方差来源	平方和	自由度	均方和	F值	p值
A	1167.49	1	1167.49	52.52	<0.0001**
B	2041.73	1	2041.73	91.85	<0.0001**
C	18.43	1	18.43	0.83	0.3892
AB	195.72	1	195.72	8.80	0.0179*
AC	17.02	1	17.02	0.77	0.4070
BC	529.59	1	529.59	23.82	0.0012*
A <sup>2</sup>	3821.84	1	3821.84	171.93	<0.0001**
B <sup>2</sup>	1641.37	1	1641.37	73.84	<0.0001**
C <sup>2</sup>	2653.29	1	2653.29	119.36	<0.0001**
模型	9817.63	9	1090.85	49.07	<0.0001**
残差	177.83	8	22.23		
失拟差	166.18	5	33.24	8.56	0.0536
纯误差	11.65	5	3.88		
总离差	9995.46	17			

注: \*\* $P_r > F$ 值小于0.0001为高度显著; \* $P_r > F$ 值小于0.05为显著;  $R = 0.9911, R^2 = 0.9822, (R^2_{Adj}) = 0.9622$ 。

2.2.3 桂圆浆滚筒干燥工艺的响应面分析 桂圆浆滚筒干燥工艺的通过得率回归方程所作的响应面图见图1~图3。由图1可知,在固定滚筒转速水平为3.0r/min,随着淀粉添加量和滚筒表面温度的增大,桂圆浆滚筒干燥成膜率先急速上升后缓慢下降,由

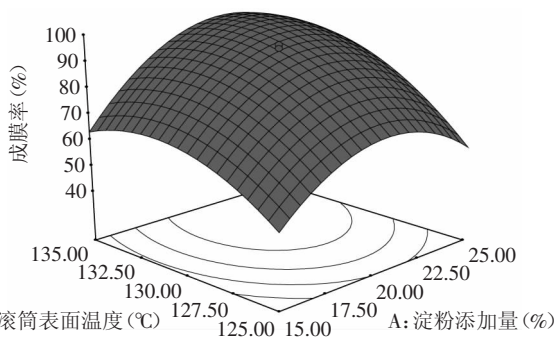


图1 淀粉添加量与表面温度对成膜率的影响

Fig.1 Effect of starch concentration and roller temperature on drum drying

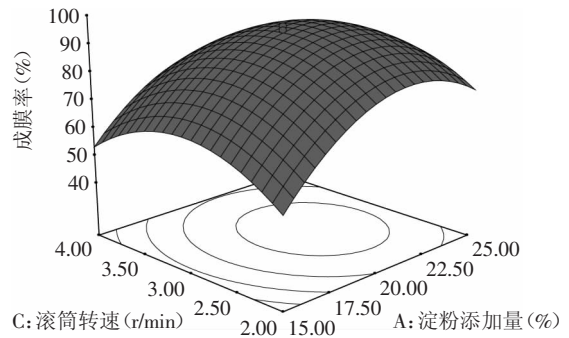


图2 淀粉添加量与滚筒转速对成膜率的影响

Fig.2 Effect of starch concentration and roller rotating speed on drum drying

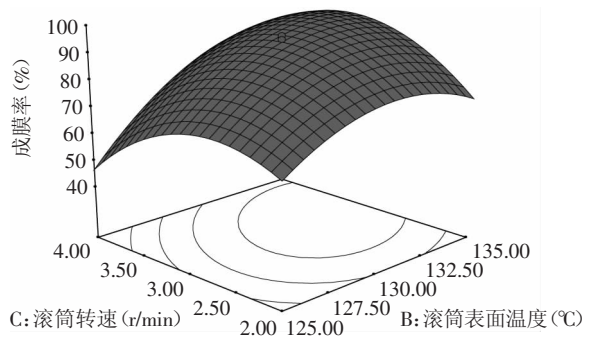


图3 滚筒表面温度和滚筒转速对成膜率的影响

Fig.3 Effect of roller temperature and roller rotating speed on drum drying

此可见,适当的增大淀粉添加量及滚筒表面温度,可以一定程度提高桂圆浆滚筒干燥成膜率。从图2可以看出,在固定滚筒表面温度为130℃的情况下,随着淀粉添加量和滚筒转速的提高,桂圆浆滚筒干燥成膜率也表现为先增大后降低。在图3中,在淀粉添加量为20%的条件下,滚筒表面温度比滚筒转速对成膜率的影响显著。因此,在实际生产中,应慎重控制淀粉添加量、滚筒表面温度、滚筒转速,以获得较高的得率。

2.2.4 最优工艺条件的确定及验证 运用Design Expert软件对实验数据进行优化预测,得到滚筒干燥最佳工艺参数为:淀粉添加量为21.5%、滚筒表面温度为137.2℃、滚筒转速为3.2r/min,在此条件下预测成膜率为94.27%。根据实际实验的可操作性,将滚筒干燥的工艺参数改为:淀粉添加量为20%、滚筒表面温度为137℃、滚筒转速为3.0r/min,在上述条件下桂圆浆滚筒干燥成膜率高达96.39%,与模型预测值较接近,表明采用响应面法优化得到的滚筒干燥桂圆粉工艺参数可靠。

### 3 结论

采用三因素五水平的实验设计,进行响应面分析结合实际值确定桂圆粉滚筒干燥的最佳工艺条件为淀粉添加量为20%、滚筒表面温度为137℃、滚筒转速为3.0r/min,在上述条件下桂圆浆滚筒干燥成膜率高达96.39%,且成品颜色均一,香味突出,适合连续化

(下转第245页)



表4 茶膏审评结果  
Table 4 Results of sensory evaluation of tea cream

加工方式	外观评语(得分)	汤色评语(得分)	香气评语(得分)	滋味评语(得分)	总分
高温高压方法加工的茶膏	色泽红褐、质地致密、表面光滑 (95.67±3.20)	黄褐,明亮 (96.78±2.86)	纯正,清香 (88.67±2.94)	微苦、回甘 (86.25±6.41)	90.60
传统方法加工的茶膏	色泽红褐、质地松散多孔、表面不光滑 (88.55±3.12)	黄褐,欠亮 (75.23±3.62)	糊香 (76.38±7.01)	苦涩 (72.25±5.23)	78.26

分,改善了茶膏产品香气低、滋味淡的不足,具有一定的应用潜力。

参考文献

[1] 陈继伟,何昆萍. 普洱茶茶膏传统制作工艺探讨[J]. 茶叶科学技术,2009(3):39-41.  
 [2] 陈杰. 普洱茶膏——一种被遗忘的养生文化[M]. 昆明:云南科技出版社,2009:120.  
 [3] 张凌云,梁月荣,孙其富,等. 绿茶鲜汁浸提条件研究[J]. 茶叶科学,2003,23(1):46-50.  
 [4] 孙庆磊,梁月荣,陆建良,等. 不同浸提方法对茶汤品质的影响[J]. 茶叶科学,2005,31(2):91-94.  
 [5] 尹永芹,沈志滨. 中药化学成分提取分离方法的研究进展[J]. 中国药业,2012,22(2):19.  
 [6] 陈小强,章银军,李学鹏,等. 超高压提取绿茶汁的初步研究[J]. 农业工程学报,2009,25(12):336-337.  
 [7] 张格,张玲玲,吴华,等. 采用超高压技术从茶叶中提取茶多酚[J]. 茶叶科学,2006,26(4):291-294.  
 [8] 曾亮,罗理勇,官兴丽. 超高压提取茶叶内含物工艺优化[J].

食品科学,2011,32(6):85-88.  
 [9] 陈继伟,王立波,李朝云. 茶水比倒、浸提次数对普洱茶膏得率的影响[J]. 蚕桑茶叶通讯,2009(5):31.  
 [10] 陈继伟,何昆萍. 普洱茶茶膏传统制作工艺探讨[J]. 茶叶科学技术,2009(3):39-41.  
 [11] 中中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 8313-2008茶多酚总量测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008.  
 [12] 中中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 8314-2008茶游离氨基酸总量测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008.  
 [13] 中中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 8305-2008茶水浸出物总量测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008.  
 [14] 中中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 23776-2009茶叶感官审评方法[S]. 北京:中国标准出版社,2009.  
 [15] 宛晓春. 茶叶生物化学第三版[M]. 北京:中国农业出版社,2007:32-39.

(上接第238页)

[18] 阚健全. 食品化学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2002:291-292.  
 [19] 曹雁平,袁英颢,朱雨辰. 低强度超声场中羟自由基分光光度法检测研究[J]. 光谱学与光谱分析,2012,32(5):1320-1323.  
 [20] 陈健初. 杨梅汁花色苷稳定性、澄清技术及抗氧化特性研

究[D]. 杭州:浙江大学,2005.  
 [21] 罗登林,丘泰球,卢群. 超声波技术及应用(I)—超声波技术[J]. 日用化学工业,2005,35(5):323-326.  
 [22] 刘艳凤,喻少帆,李嘉诚,等. 烯丙基异硫氰酸酯在水溶液中的稳定性研究[J]. 海南大学学报:自然科学版,2011,29(1):33-38.

(上接第241页)

的工业生产。响应面优化法能够提高桂圆浆滚筒干燥的成膜率以及产品得率。

参考文献

[1] 陈水驱. 我国特产的重要果树——龙眼[J]. 生物学通报,1991(4):38.  
 [2] 黄永文,杨万林,丘有兰,等. 圆杞果珍茶的研制[J]. 广西轻工业,1996(3):17-19.  
 [3] 李亚蕾,李文霞,王萍. 枸杞桂圆酸奶生产工艺研究[J]. 中国酿造,2010,233(10):195-198.

[4] 吴春英. 绿豆桂圆果肉酸奶的研制[J]. 饮料工业,2009,12(7):19-21.  
 [5] 段欣,薛文通,张泽俊,等. 甘薯全粉滚筒干燥生产工艺[J]. 农业机械学报,2010,41(3):117-122.  
 [6] 苏晓东,廖森泰,张名位,等. 速溶龙眼粉加工的酶解提取与喷雾干燥工艺优化[J]. 农业工程学报,2009,125(8):268-274.  
 [7] 中国其,杨芳,侯建丽. 滚筒干燥技术在食品加工中的应用[J]. 食品科学,1994(12):43-48.  
 [8] 赵岩,葛邦国,吴茂玉,等. 红枣粉滚筒干燥生产工艺研究[J]. 食品研究与开发,2012,33(10):45-48.