

喷雾干燥工艺对板栗粉速溶性的影响

王磊, 兰玉倩, 林奇*

(云南农业大学食品科学技术学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 通过对板栗粉湿润性、分散性和溶解性的测定, 并采用正交试验设计及综合评分法对喷雾干燥工艺参数进行优化。结果表明: 进口热风温度对板栗粉的综合得分影响最明显, 其次是进料量, 而喷雾流量相对较小。在干物质含量控制在 15% 时, 喷雾干燥最佳工艺组合为进口热风温度 195℃、进料量为 50mL/min、喷雾流量 500L/h, 所得板栗粉颜色、风味和速溶性最好。

关键词: 喷雾干燥; 板栗; 正交试验; 速溶性

Effects of Spray Drying Conditions on the Instant Solubility of Chestnut Powder

WANG Lei, LAN Yu-qian, LIN Qi*

(College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: For the goal of obtaining the optimal instant solubility of chestnut powder, the optimal spray drying process of chestnut was investigated using single factor method combined with orthogonal array design. Single factor experiments were conducted for investigating technological parameters including dry matter content of material, air inlet temperature, spray flow rate and feed flow rate. Based on this, except dry matter content of material, other three parameters that had the most important effect on chestnut spray drying were further investigated using orthogonal array design. Results revealed that the three parameters had different effects on weighed score of wettability, dispersibility and solubility of chestnut powder in a decreasing order of air inlet temperature > feed flow rate > spray flow rate and their optimal values were obtained as follows: air inlet temperature 195 °C, feed flow rate 50 mL/min, and spray flow rate 500 L/h. The chestnut powder obtained under such conditions was the best in color, flavor and instant solubility.

Key words: spray drying; chestnut; orthogonal array design; instant solubility

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)02-0106-04

板栗俗称栗子, 是我国有名的传统农副产品。它营养丰富, 风味独特。新鲜板栗含水分 50%、蛋白质 4.0%~4.5%、脂肪 0.7%~0.8%、碳水化合物 40%~42%、纤维素 1.6%~1.8%, 此外还富含 VA、VB、VC 和 Ca、P、K、Fe 等矿物质^[1]。喷雾干燥技术广泛运用于食品加工的各个方面, 如速溶奶粉、咖啡、茶等。它不仅能改善食品的口感指标, 而且能够减少食品原料中有益功能活性的损失, 因此, 是现代食品工业中不可缺少的一项先进技术^[2]。大量的研究表明, 喷雾干燥工艺参数以及浆料的状况都会影响浆料最后成粉的溶解性、流动性、分散性和润湿性等物理指标^[3-5], 从而最终影响产品的速溶情况。因此, 本实验将对板栗浆料固形物含量、进口热风温度、进料量、喷雾流量 4 个关键工艺进行研究, 优化速溶板栗粉的最佳工艺参数。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜云南板栗(八成熟, 外观良好, 无病虫害, 无机械损伤) 市售。

抗坏血酸、植酸、氯化钠、柠檬酸(均为分析纯) 上海化学试剂有限公司; CMC、黄原胶、瓜尔豆胶、单甘酯、蔗糖酯(均为食用级) 杭州油脂化工有限公司。

1.2 仪器与设备

TC-P II G 型全自动色差计 北京光学仪器厂; PHS-3C 型数字式精密数显酸度计、BBZ11 型电热恒温水浴锅 上海分析仪器总厂; 101A-3 型鼓风干燥箱 南京实验仪器厂; SY-6000 小型喷雾干燥器 上海世远生物设备有限公司。

收稿日期: 2009-01-05

作者简介: 王磊(1983—), 男, 硕士研究生, 研究方向为园艺产品贮藏与加工。E-mail: sccdwl1114@126.com

* 通信作者: 林奇(1963—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为园艺产品贮藏与加工。E-mail: lqyncn@yahoo.com.cn

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

挑选板栗→脱壳→去衣→护色→打浆→加酶水解→灭酶→调配→过胶体磨→均质→喷雾干燥→真空包装

1.3.2 板栗粉速溶性指标测定^[6]

板栗粉润湿性的测定：在 250mL 烧杯中加入 25℃ 的去离子水 200mL，然后称取 0.5g 样品均匀平铺于水面上，测定从样品加入至样品完全沉降所需要的时间(s)。

板栗粉分散性的测定：称取 5g 样品放于 100mL 烧杯中，然后加入 25℃ 的去离子水 50mL，以一定的转速在恒温磁力搅拌器上搅拌，记录从搅拌开始到粉块全部分散所需要的时间(s)。

板栗粉溶解度的测定：精确称量样品 5g，置于 50mL 小烧杯中，加入去离子水 30mL，室温条件下以磁力搅拌器搅拌 30min，使板栗粉充分溶解。将溶液完全转移至 50mL 容量瓶中，用去离子水定容，充分摇匀。取 15mL 该液，放入小型离心机离心管中，3000r/min 离心 10min，取上清液，将其完全转入称量皿中，在水浴中加热 20min，然后放入 105℃ 干燥箱中烘干至质量恒定。

$$X/(g/100g) = (1 - \frac{m_2 - m_1}{(1 - B)m}) \times 100$$

式中：X 为试样溶解度/(g/100g)；m 为样品质量/g；m₁ 为称量皿质量/g；m₂ 为称量皿和不溶物干燥后质量/g；B 为试样水分含量/%。

2 结果与分析

2.1 喷雾物料中干物质含量对喷雾干燥的影响

在雾化器喷雾流量 600L/h 的条件下，喷雾塔进口热风温度设为 190℃。板栗物料分别为总干物质含量 10%、15%、20% 三种浓度进行喷雾干燥。实验结果见图 1。

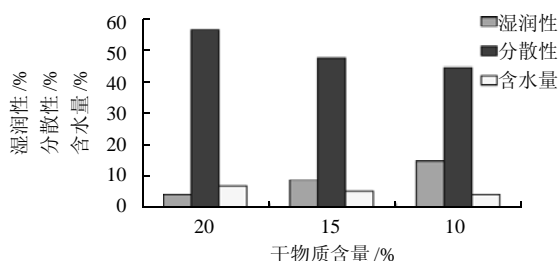


图1 干物质含量对板栗粉物性的影响

Fig.1 Effect of dry matter content of material on wettability, dispersibility and solubility of chestnut powder

板栗物料的干物质含量在 10% 时，喷雾塔粘壁现象严重，产生焦糊气味，粉体的含水量高(10%)，湿润性

和分散性能差。干物质含量为 20% 时，虽然速溶性好但物料流动性差，易堵塞喷嘴，不适于喷雾，所得板栗粉色泽暗黄，粉体质量较差。干物质含量为 15% 的物料有较好的工艺适应性，干燥粉体色泽及质量较好，含水量低(5%)。

2.2 进口热风温度对喷雾干燥的影响

在物料干物质含量 15%，雾化器喷雾流量 600L/h 的条件下，喷雾塔进口热风温度设为 170、180、185、190、195、200℃，考察喷雾工艺适应性，测定所得板栗粉含水量，结果见图 2。

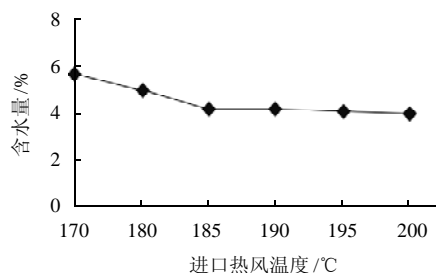


图2 进口热风温度对板栗粉含水量的影响

Fig.2 Effect of air inlet temperature on wettability

从图 2 可以看出，板栗粉最终含水量随进口热风温度的增加而降低，但下降趋势随进口热风温度的进一步升高而减弱。进口热风温度对板栗粉性状的影响见表 1。由表 1 可知，进口热风温度低于 170℃，料液由于受热不充分导致喷头有滴液现象；而进口热风温度过高时料液内糖类物质发生熔化及焦糖化反应，粉体色泽变深，产生焦糊味，热敏物质分解损失，板栗粉品质劣化，粘挂于喷头处，影响喷雾干燥的进程以及板栗粉的品质。故进口热风温度不宜太高。因此实验最终选取进口热风温度 185~195℃。出口热风温度为(90 ± 2)℃(出口温度在一定范围内随进口温度和干物质含量的变化而波动)时，不产生滴液和较少干粉附着现象，粉体含水量 5% 左右，色泽金黄，产品质量较高。

表1 进口热风温度对板栗粉性状的影响

Table 1 Effect of air inlet temperature on material heat and spray nozzle status

进口热风温度/℃	对喷雾干燥的影响	
	料液性质	喷头状态
170	受热不充分	滴液
180	受热较充分	偶尔滴液
185	受热比较充分	很少滴液
190	受热充分	无滴液
195	受热充分	壁上出现黏液
200	受热充分	黏液明显

2.3 雾化器喷雾流量对喷雾干燥的影响

在物料干物质含量 15%，喷雾塔进口热风温度设为 190℃，雾化器喷雾流量分别在 400、500、600、700、800、900L/h 的条件下进行喷雾干燥结果见图 3，喷雾流量对板栗粉性状的影响见表 2。

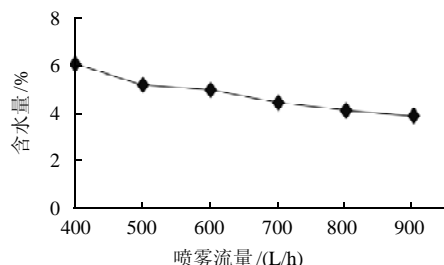


图3 喷雾流量对板栗粉含水量的影响
Fig.3 Effect of spray flow rate on wettability

由图 3 可知，随着雾化器喷雾流量的增大，板栗粉含水量在不断下降，因为当喷雾流量越大时，喷出的物料呈现的雾状更好，料液越细。从表 2 看出，流量越小，粘壁现象越小，但雾化效果不佳，当流量在 500~700L/h 时雾化效果好，这时得到的板栗粉黏壁较少，品质较佳。因此确定流量为 500、600、700L/h 时进行喷雾干燥工艺条件参数的探讨比较合理。

表2 喷雾流量对板栗粉性状的影响
Table 2 Effect of spray flow rate on spraying status

喷雾流量/(L/h)	喷雾状况及结果
400	雾化差，滴液，栗粉不干爽
500	雾化较均匀，偶尔滴液，栗粉较干爽，喷雾速度慢
600	雾化均匀，无滴液，栗粉干爽，喷雾速度快
700	雾化均匀，无滴液，壁上粉少
800	雾化均匀，壁上出现粘粉较多，产品发焦
900	雾化均匀，黏液非常明显，速度很快，产品焦糊

2.4 进料量对喷雾干燥的影响

在物料干物质含量 15%，雾化器喷雾流量 600L/h 的条件下，喷雾塔进口热风温度设为 190℃，进料量在 30~80mL/min 进行试验，考察进料量对喷雾工艺适应性。结果见图 4 和表 3。

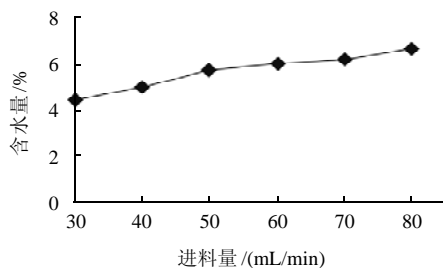


图4 进料量对板栗粉含水量的影响
Fig.4 Effect of feed flow rate on wettability

表3 进料量对板栗粉性状的影响
Table 3 Effect of feed flow rate on material heat and spray nozzle status

进料量/(mL/min)	对喷雾干燥的影响	
	料液性质	喷头状态
30	受热充分	好，但速度太慢
40	受热充分	好
50	受热充分	好
60	受热充分	无滴液
70	受热较充分	壁上出现黏液，有滴液
80	受热不充分	黏液明显，有滴液

由表 3 可以看出，进料量较小时料液受热较充分，但时间太长，效率太低，进料量过高则导致料液受热不充分而使喷头出现滴液现象。从缩短工艺时间角度考虑，选择进料 40~60mL/min 为宜。

2.5 正交试验

表4 喷雾干燥试验因素及水平
Table 4 Factors and levels in orthogonal array design

水平	因素		
	A 进口热风温度/℃	B 进料量/(mL/min)	C 喷雾流量/(L/h)
1	185	40	500
2	190	50	600
3	195	60	700

表5 正交结果分析
Table 5 Results of orthogonal array design and range analysis

试验号	因素			指标			综合评分
	A	B	C	润湿性/s	分散性/s	溶解度/(g/100g)	
1	1	1	1	45	28	78.2	0.25
2	1	2	2	33	30	80.5	0.36
3	1	3	3	27	38	84.7	0.38
4	2	1	2	20	30	80.2	0.45
5	2	2	3	5	34	83.7	0.57
6	2	3	1	3	48	86.1	0.58
7	3	1	3	6	42	88.1	0.63
8	3	2	1	7	24	99.5	0.97
9	3	3	2	4	26	81.4	0.64
K ₁	0.99	1.33	1.85				
K ₂	1.59	1.94	1.45				
K ₃	2.29	1.6	1.57				
k ₁	0.33	0.44	0.61				
k ₂	0.53	0.64	0.48				
k ₃	0.76	0.53	0.52				
R	0.43	0.2	0.13				
优水平	A ₃	B ₂	C ₁				

通过单因素试验发现，进口热风温度和喷雾流量较低时，料液由于受热不充分导致喷头有滴液现象；进口热风温度过高时，料液内糖类物质发生熔化及焦糖化反

应,粘挂于喷头处,影响喷雾干燥的进程以及板栗粉的品质。试验最终确定选取对喷雾干燥影响最大的3个因素(A进风温度、B进料量和C喷雾流量)进行正交试验,以综合评分为最终指标。试验因素及水平见表4。

综合指标的计算:根据各指标在判断速溶性中的重要性,考虑溶解度占40%、润湿性占30%、分散性占30%的权重。于是每号试验的综合分数=润湿性隶属度 \times 30%+分散性隶属度 \times 30%+溶解度隶属度 \times 40%,满分为1.00。评分结果和以综合分数作为总指标进行的直观分析见表5。

表6 模型的显著性分析表

Table 6 Significance test of air inlet temperature, feed flow rate and spray flow rate

变异来源	平方和	自由度	均方和	F值	显著性
模型	0.335	6	0.06	5.57	*
A	0.26	2	0.13	12.98	**
B	0.054	2	0.027	2.7	
C	0.021	2	0.0105	1.04	
误差	0.02	2	0.01		
总和	0.355	8			

注: $R^2=0.94357$ 。

由表5中的试验结果和极差分析,可得出各因素的主次顺序是进口热风温度 $>$ 进料量 $>$ 喷雾流量。选出每个因素中 K_i 对应的最大值对应的水平值,就组成了板栗粉喷雾干燥工艺操作的最优组合,具体为 $A_3B_2C_1$,即进口热风温度为195℃、进料量为50mL/min、喷雾流量为

500L/h。由表6方差分析结果可知,整个模型的 R^2 值为0.94357,说明本次实验的结果是可行的。进口热风温度、进料量和喷雾流量3个因素对试验的影响占到94.357%,但还有大约5%的其他因素对试验造成了一定的影响。从方差分析中同样可以得出各因素的主次顺序:进口热风温度 $>$ 进料量 $>$ 喷雾流量。

3 结 论

喷雾时料液干物质含量控制在15%时,进口热风温度在195℃左右,进料量为50mL/min、喷雾流量为500L/h。在上述条件下测得的产品水分含量小于5%,润湿和分散时间分别为7s和24s,溶解度为99.5g/100g,所得产品为淡黄色并有浓郁的板栗香味。

参考文献:

- [1] 王微. 中国栗子与核桃生产概况[J]. 中国食品工业. 1996(6): 42-44.
- [2] GRABOWSKI J A, TRUONG A D, DAUBERT C R. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder[J]. J Food Sci, 2006, 71(5): 209-217.
- [3] FUKUSHIMAR D. Recent progress in research and technology on soybeans[J]. Food Sci Technol Res, 2001, 7(1): 8-16.
- [4] AMINILARI M, FERRIER L K, NELSON A I. Protein dispersibility of spray-dried whole soybean milk base: effect of processing variables[J]. J Food Sci, 1977, 42(4): 985-988.
- [5] NELSON A I, STEINBERG M P, WEI L S. Illinois process for preparation of soymilk[J]. J Food Sci, 1976, 41(1): 57-61.
- [6] 林弘通. 乳粉制造工程[M]. 陶云章, 译. 北京: 轻工业出版社, 1987: 89.