

番茄喷雾干燥及真空冷冻干燥制粉工艺研究

宋宏新, 李 宏, 刘晓阳

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 咸阳 712081)

摘 要: 以番茄粉的番茄红素含量和粉体特性为指标, 研究比较了番茄的喷雾及真空冷冻干燥制粉工艺。真空冷冻干燥法的番茄红素保存率高; 而喷雾干燥则更适于工业化生产, 优化的工艺条件: 进口热风温度 160°C , 出口热风温度 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 待喷雾物料干物质含量 12%, 进料温度 55°C , 离心雾化器转速 28000 r/min。

关键词: 番茄粉; 喷雾干燥; 真空冷冻干燥; 番茄红素

Technics Study on Tomato Powder Preparation by Spray Drying or Vacuum Freeze Drying

SONG Hong-xin, LI Hong, LIU Xiao-yang

(College of Science and Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xianyang 712081, China)

Abstract: According to contents of lycopene and physical characteristics of the tomato powder, the methods of spray drying and vacuum freeze drying were compared for is the production of tomato powder. The preservation rate of lycopene is higher by vacuum freeze drying than the spray drying, but the spray drying method applicable better to industrialized production. The optimum technical conditions are: the air temperature at the inlet 160°C , and at the exit $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$, the dry matter content in the prepared slurry as 12%, the temperature of slurry 55°C , the rotating speed of centrifugal atomizer 28000 r/min.

Key words: tomato powder; spray drying; vacuum freeze drying; lycopene

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)05-0100-04

番茄营养丰富、色味具佳、水分含量高, 鲜果难以长期保存, 通过加工贮藏调节淡季供应和地域差异很有必要。传统番茄制品主要有番茄酱(浆)、沙司、及番茄饮料等制品, 一般罐存要求商业无菌, 贮运费用高。如果把番茄加工成番茄粉, 水分含量进一步降低, 保藏性能将大为改善, 还可以大量节约包装贮运费用。采用传统热风干燥法生产番茄粉, 温度高、时间长, 产品色泽风味差、复水性不好, 番茄红素及其它营养物质氧化破坏等问题突出^[1], 目前国内对番茄制粉工艺的研究报道较少。本实验研究了喷雾和真空冷冻干燥法加工番茄粉的工艺条件, 旨在对我国的工业化番茄制粉提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料

番茄 新疆石河子产, 原果干物质含量 5.26%; 乙醇、丙酮、正己烷均为国产分析纯; 番茄红素(对照品, 纯度大于 95%) 北京天宝物华生物技术有限公司。

1.2 仪器设备

RGLW01-5 顺流立式离心喷雾干燥塔 陕西省三原

美乐昌泰有限责任公司; LY0-1000 真空冷冻干燥机 东富龙有限公司; JMS-50 胶体磨 廊坊通用机械有限公司; GYB40-10S 高压均质机 上海东华高压均质机厂; DS-1 高速组织捣碎机 上海标本模型厂; 高速万能粉碎机 天津泰斯特仪器有限公司; 722 型光栅分光光度计 上海第三分析仪器厂。

1.3 干燥方法

两种干燥方法的番茄物料前处理操作基本相同: 番茄选洗→破碎打浆→去除皮及籽→过胶体磨→真空浓缩(65°C , 表压 0.085 MPa)→均质(压力 30 MPa), 得到待干燥的番茄物料。

1.3.1 喷雾干燥

采用顺流立式离心喷雾干燥塔对番茄物料进行干燥^[2]。实验主要考察了喷雾干燥塔的进口热风温度、流量和雾化器转速、液料中干物质含量、进料温度等实验因素。

1.3.2 真空冷冻干燥

采用真空冷冻干燥机对茄物料进行冷冻干燥^[3], 用电阻法^[4]测定番茄物料的共晶点、共熔点, 考察真空冷冻干燥工艺中的预冻温度、物料厚度、加热板温度、

收稿日期: 2006-06-01

作者简介: 宋宏新(1959-), 男, 教授, 研究方向为分子生物学及食品检测。

升华干燥、解析干燥的温度和时间等因素。工艺过程中的主要物理参数(温度、压力、流量及转速等)采用经过校正的干燥机上的机载仪表测定。

1.4 分析检测方法

1.4.1 番茄粉中番茄红素含量测定

番茄红素采用乙醇处理^[5], 丙酮/正己烷(1/1, V/V)混合液提取, 470.8nm 下分光光度法测定吸光度, 以番茄红素对照品作工作曲线, 计算出番茄粉中所含番茄红素含量。

1.4.2 粉体物性测定

1.4.2.1 分散性

在 25℃, 100ml 水中, 记录 10g 番茄粉搅拌下全部分散所需的时间(s)。

1.4.2.2 流动性

50g 番茄粉在水平板上形成的粉堆斜面与平板的夹角(°), 记作休止角。

1.4.2.3 堆积密度

测定 10ml 番茄粉的重量, 换算出其堆积密度(g/ml)。

1.4.3 物料水分含量(湿基)

$$W = (m_t - m_d) / m_t$$

式中, m_t 为干燥时刻为 t 时物料的重量; m_d 为物料的干物质重量, 用常压烘箱干燥法求得。

2 结果与分析

2.1 喷雾干燥法生产番茄粉的工艺优化

2.1.1 进口热风温度对喷雾干燥的影响

在物料干物质含量 12%, 进料温度 50℃, 雾化器转速 28000r/min 的条件下, 喷雾塔进口热风温度设为 120、140、160、180℃, 考察喷雾工艺适应性, 测定所得番茄粉含水量。结果如图 1。

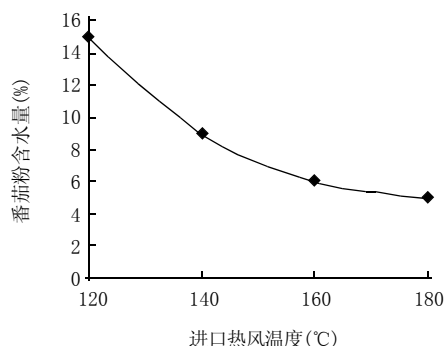


图1 进口热风温度对番茄粉含水量的影响

Fig.1 Effects of wind temperature at the intake on water content of tomato powder

结果表明番茄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。进口热风温度低于 140℃, 会有大量粉体在喷雾塔内壁附着, 所得番茄粉含水量大于 9%, 不能满足粉体保藏贮运要求。超过 180℃, 虽可使番茄粉含水量低于 6%, 但此时粉体色泽变深, 产生焦糊味, 热敏物质分解损失, 番茄粉品质劣化, 故进口热风温度不宜太高。

实验确定进口热风温度为 160℃, 出口热风温度为 80 ± 2℃ (出口温度在一定范围内随进口温度和物料浓度的变化而波动) 时, 不产生干粉附着现象, 粉体含水量 6% 左右, 色泽桔红, 产品质量较高。

2.1.2 待喷雾物料中干物质含量对喷雾干燥的影响

利用真空旋转蒸发仪将番茄物料分别浓缩为总干物质含量 8%、12%、20% 三种浓度进行喷雾干燥。实验结果见表 1。

表1 不同浓度物料喷雾干燥所得番茄粉的物理性质
Table 1 Physical properties of tomato powder of different concentration materials by spray drying

干物质含量 (%)	分散性 (s)	流动性 (°)	堆积密度 (g/ml)	粉体含水量 (%)
8	19	53	0.192	9.2
12	22	49	0.203	6.7
20	27	47	0.215	5.3

番茄物料的干物质含量在 8% 时, 喷雾塔粘壁现象严重, 产生焦糊气味, 粉体的含水量高 (9.2%)。干物质含量为 20% 的物料流动性差, 易堵塞喷嘴, 不适于喷雾, 所得番茄粉色泽暗红, 粉体质量较差。干物质含量为 12% 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 6.7%。

2.1.3 进料温度对喷雾干燥的影响

实验发现如果物料温度低于 50℃, 进出口温度相差较小, 干燥效率低, 干燥速度较慢。若温度超过 65℃, 营养物质 (不耐高温 VC 和番茄红素) 损失严重, 粉色变暗。实验确定物料应保温在 55℃ 左右为好。

2.1.4 流量和离心雾化器转速对喷雾干燥的影响

流量控制在 10ml/min, 雾化器转速 28000r/min, 粘壁现象最小, 雾化效果最好, 这时得到的番茄粉品质最佳。在喷雾过程中离心雾化器转速不变时, 若流量太大, 雾化效果不佳, 易出现粘壁现象; 若流量太小则影响生产效率。

2.2 真空冷冻干燥生产番茄粉的工艺优化

2.2.1 番茄物料共晶、共融点测定

共晶点和共融点是真空冷冻干燥工艺中的重要参数, 用于确定预冻温度和升华温度。实验中使用万用表测定 (电阻) 番茄物料的共熔点为 -15℃, 共晶点为 -18℃, 所以番茄物料在进入干燥室前应预冻至共晶点温度以下,

即 -20°C 左右, 升华干燥阶段要求冷冻层所不能超过的共晶点温度。

2.2.2 物料厚度对干燥时间的影响

载物盘中盛装厚度分别为5、10和15mm的番茄物料, -30°C 预冻2h移入冷阱温度为 -40°C 的冷冻干燥机, 真空度为40~60Pa下干燥, 实验所得不同厚度番茄物料冻干曲线见图2。

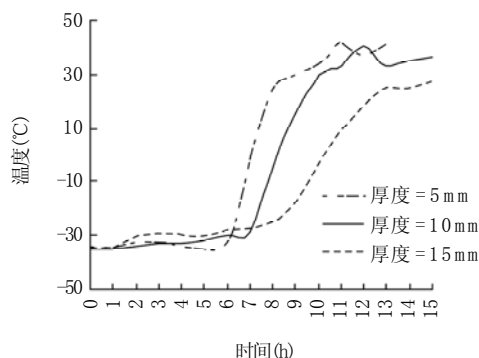


图2 不同厚度番茄浆料冻干曲线

Fig.2 Vacuum freeze drying curves on different tomato pulp thicknesses

物料厚度对冻干时间影响很大。5mm厚的物料干燥9h后, 含水率为6%; 15mm厚的物料在15h后含水率为8%。物料薄升温快, 蒸发比表面积大, 干燥所需时间短, 较厚的物料所需干燥时间较长, 但是物料太薄, 相应的辅助时间也随之增长。本实验中10mm的物料厚度在干燥过程中单位厚度干燥所需时间最短, 干燥效果较好。物料厚度的选择应综合干燥时间和生产率等因素来考虑。

2.2.3 加热板温度的影响

升华干燥过程中, 加热板温度为 40°C 时, 干燥10h后, 番茄含水率降至6%; 而加热板温度为 30°C 时, 干燥需15h才能达到相同的含水率。适当的加热板温度, 可为物料补充合适的升华热, 缩短干燥时间, 加快干燥进程。但加热板温度过高对缩短冻干时间没有实质性影响, 反而会使番茄物料底部略微融化, 物料收缩变形, 致使物料底部与加热板接触不好, 影响传热。因此实验确定加热板合适温度为 40°C 。

2.2.4 干燥时间阶段分配的分析

结合所用真空冷冻干燥机的特点, 设定如下干燥工艺条件: 快速预冻番茄物料至 -40°C , 干燥室真空为0.08MPa, 物料厚度10mm, 加热板温度 35°C , 冷阱温度 -40°C 。测定随时间进程的干燥曲线见图3。

冷冻干燥过程可分为预冻、升华干燥和解析干燥三个阶段。

预冻阶段: 在冷冻干燥前将物料置于 -20°C 冰箱中

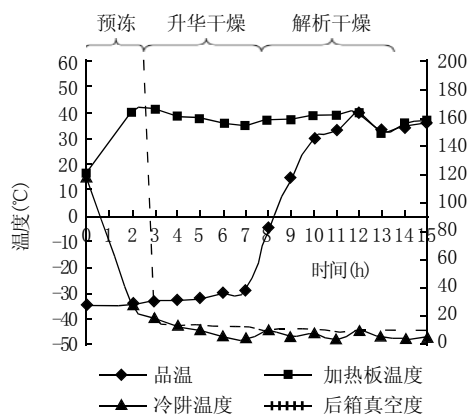


图3 真空冷冻干燥曲线

Fig.3 Vacuum freeze drying curves

过夜, 这样在冷冻干燥机中可使物料温度快速降低到 -40°C , 保持2h后开始升华干燥。

升华干燥阶段: 冻干经过10h, 物料温度(32°C)开始和加热板温度(37°C)接近, 到12h已经完全重合(40°C), 说明番茄物料中的自由水被除去, 升华干燥阶段终止。

解析干燥阶段: 12~13h, 1h中加热板从 40°C 降到 35°C , 继续对物料供热, 在15h后物料温度也已降到 35°C , 这时物料中的大部分结合水已除去, 解析干燥的有效时间到15h为止, 此时物料已经完全冻干。

2.3 番茄粉中番茄红素含量及粉体特性

以上两种干燥工艺制得的番茄粉, 其品质可通过番茄红素含量(番茄和番茄加工制品色泽主要来自于番茄红素)、粉体的分散性、堆积密度、含水量、粉体色泽等指标检测, 同时选择了生产中常用的热风干燥和真空干燥工艺制得的番茄粉作为对照, 结果见表2(热风干燥采用间歇式平板, 热风温度 75°C , 风速 1.8m/s , 物料厚度7mm; 真空干燥采用间歇式平板真空干燥箱, 真空度为0.08MPa, 温度为 60°C , 物料厚度5mm)。

表2 四种干燥方法加工的番茄粉的特性比较

Table 2 Comparison of properties of tomato powders made by four different methods

干燥类型	番茄红素		粉体色泽	分散性 ϕ	堆积密度(g/ml)	粉体含水量(%)
	含量(mg/100g)	保存率(%)				
喷雾	9.67	67.4	橘红	22	0.21	6.7
冷冻	11.62	81.1	淡红	9	0.18	9.6
真空	6.34	44.2	深红	30	0.24	6.3
热风	4.83	33.7	暗红	—	0.32	5.4

注: 1. 番茄红素保存率是番茄粉与新鲜番茄中番茄红素含量(测定为 $14.34\text{mg}/100\text{g}$)的比值; 2. “—”表示番茄粉复原时始终有部分无法完全分散。

真空冷冻干燥所得番茄粉的番茄红素保存率最高(达81.1%), 粉体色泽较浅, 具有良好的复水性和速溶性,

正交试验优化猕猴桃果水溶性多糖 硫酸酯化条件的研究

田 龙, 王庆林, 阚云超, 王 云, 褚学英
(南阳师范学院生命科学与技术学院, 河南 南阳 473061)

摘 要: 采用氯磺酸-吡啶法合成猕猴桃果水溶性多糖硫酸酯, 以取代度为指标, 采用 $L_9(3^4)$ 正交设计对试剂比例、反应温度和反应时间进行优选。结果表明: 吡啶和氯磺酸比例 2:1, 反应温度 45℃, 反应时间为 3h 为比较适宜的工艺条件。

关键词: 猕猴桃; 多糖硫酸酯; 正交试验

Study on Optimizing Water-soluble *Actinidia chinensis* Fruit Polysaccharide
Sulfate Conditions by Orthogonal Test

TIAN Long, WANG Qing-lin, KAN Yun-chao, WANG Yun, CHU Xue-ying
(Institute of Life Science and Technology, Nanyang Normal College, Nanyang 473061, China)

Abstract: Polysaccharide in *Actinidia chinensis* fruit was sulfated with chlorosulfonic acid-pyridine. Reagent proportion, reaction temperature, and reaction time were selected with substitution degree and yield as index by $L_9(3^4)$ orthogonal design. The results showed that the optimum conditions are: volume ratio of pyridine and chlorine sulfonic acid 2:1, reaction temperature 45℃, reaction time 3h.

Key words *Actinidia chinensis*; sulfated polysaccharide; orthogonal test

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)05-0103-04

收稿日期: 2006-04-30

作者简介: 田龙(1977-), 男, 讲师, 硕士, 主要从事食品科学的教学和科研。

但其吸湿现象严重, 使粉体的含水量很难降低, 而且粉体流动性较差。喷雾干燥番茄粉的番茄红素损失较少(保存率 67.4%), 色泽橘红, 复水性较好, 粉体流动性可以通过喷雾条件的改变得到很好的控制。热风干燥和真空干燥制得的番茄粉, 番茄红素损失较为严重, 粉体色泽深暗, 复水性较差。

3 结 论

真空冷冻干燥法制成的番茄粉, 番茄红素含量高、品质好, 但该方法需要的干燥条件(即极低的温度和高真空)苛刻, 设备昂贵, 不能连续生产, 蒸发相同量的水分所耗能量为喷雾干燥的 6~10 倍, 所以生产成本高。而生产中常用的热风干燥法生产番茄粉, 加热温度高、

时间长, 导致产品色泽差、风味差、复水性差以及易氧化。喷雾干燥所得的番茄粉颜色好、品质优良, 而且成本适中, 生产过程简化, 操作控制方便, 适于连续化大规模生产。

参考文献:

- [1] 罗昌荣, 麻建国, 许时婴. 番茄粉的加工方法比较[J]. 食品科技, 2001(1): 28-32.
- [2] 王喜忠. 喷雾干燥[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [3] 李蔚, 等. 番茄真空冷冻干燥工艺的研究[J]. 真空, 2000(6): 32-34.
- [4] 杜卫华, 孙金才, 吴根苗, 等. 真空冷冻干燥大蒜粉的工艺[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(3): 18-20.
- [5] 陈伟, 丁霄霖. 乙醇处理法提取番茄酱中番茄红素的研究[J]. 食品工业科技, 2003, 24(4): 65-67.