

# 不同干燥方式下菠菜粉理化性质的比较

邹少强

福建立兴食品有限公司 福建漳州 363000

**摘要：**本文以菠菜粉为研究对象，对市购新鲜菠菜使用三种不同干燥方式，比对热风、喷雾、真空冷冻干燥方式对菠菜粉理化性质的影响。实验结果证明：在粒径上，喷雾干燥要小于热风干燥和真空冷冻干燥。在微生物控制上，热风干燥>喷雾干燥>真空冷冻干燥。从菠菜粉品质影响程度可能，真空冷冻干燥影响最小，对叶绿素、复水性、总黄酮的影响程度，与热风和喷雾干燥相比整体较小。综合分析真空冷冻干燥是实现菠菜粉精加工重要生产工艺，在实现好微生物管控基础上，可以尝试工业上的大规模生产加工。

**关键词：**菠菜；干燥方式；真空冷冻；理化性质

## Comparison of physicochemical properties of spinach powder under different drying methods

Shaoqiang Zou

Fu Jian Lixing Food Co., Ltd, Zhangzhou, Fujian, 363000

**Abstract:** In this paper, spinach powder was taken as the research object, three different drying methods were used for commercially purchased fresh spinach, and the effects of hot air, spray, and vacuum freeze-drying methods on the physical and chemical properties of spinach powder were compared. The experimental results show that spray drying is smaller than hot air drying and vacuum freeze drying in particle size. In microbial control, hot air drying > spray drying > vacuum freeze drying. From the effect degree of spinach powder quality, vacuum freeze-drying has the least effect, and the effect degree of chlorophyll, rehydration, and total flavonoids is smaller than that of hot air and spray drying. In this paper, it is comprehensively analyzed that vacuum freeze drying is an important production technology for spinach powder finishing. On the basis of good microbial control, large-scale production and processing in the industry can be attempted.

**Keywords:** Spinach; Drying method; Vacuum freezing; Physical and chemical properties

在现代化蔬菜加工产业中，蔬菜粉是新进出现的，营养丰富、味道鲜美且色泽鲜艳的果蔬加工产品。是一种将各种新鲜蔬菜、水果进行干燥加工，打磨成粉，最大程度保持果蔬原有营养风味和营养成分，无添加、无色素<sup>[1]</sup>。含水量低，便于运输、存储、包装、售卖的产品，适用于食品加工各个领域。其中，菠菜在我国绿叶蔬菜市场中占据重要地位，拥有丰富的维生素、膳食纤维、叶酸、钙、铁、蛋白质等，价格低廉，营养价值高。但是，菠菜季节属性突出，含水量高，难以进行长时间运输。将其制成菠菜粉，能最大程度保留菠菜原有色泽、风味和营养价值，食用方便，卫生可靠，不仅能在全国范围内广泛运输，还可外销至海外。

目前，常压热风干燥技术是我国蔬菜加工企业普遍采用的一种干燥技术，操作便捷、产量大、成本低，且产品价格低廉，便于广泛推广。采用喷雾和真空冷冻干燥法，能最大程度避免菠菜营养成分热损失<sup>[2]</sup>。本文以新鲜菠菜为实验原材料，采用三种不同干燥方式（热风、喷雾、真空冷冻），分析比对不同处理方式菠菜粉理化性质，比较选择适宜提升菠菜粉品质的干燥方式，进一

步推动菠菜粉生产加工企业增量提质。

### 一、材料与方法

#### 1.1 试验材料

原材料：市售新鲜菠菜，挑选无病虫害的菠菜植株，清洗干净切出可食用部位（3~4cm小段），采用不同干燥方式制备样品（1kg），平均测量次数为三次。

试剂：柠檬酸；食品级碳酸氢钠。

#### 1.2 试验仪器

喷雾干燥机（SP-1500 实验型）；电热恒温鼓风干燥箱（DHG-9145A 型）；真空冷冻干燥机（Scientz-10ND 原位普通型）；药物超微粉碎机（WZJ-6BI 振动式）；紫外可见分光光度计；色差计；TGL-16LM 高速冷冻离心机；激光粒度分布仪（Bettersize2600）；电子天平。

#### 1.3 试验方法

##### 1.3.1 工艺流程

热风/真空冷冻干燥菠菜粉制备工艺：新鲜菠菜选料→清理干净→切块→漂烫→沥干→热风/真空冷冻干燥→粗粉碎→过筛→超微粉碎→样品。

喷雾干燥菠菜粉制备工艺：新鲜菠菜选料→去杂→

清洗→去根切段→漂烫→打浆(1:1)→过胶体磨→均质→喷雾干燥→样品。

真空冷冻干燥菠菜粉制备工艺：新鲜菠菜选料→去杂→清洗→去根切段→漂烫→打浆(1:1)→过胶体磨→均质→冷冻→真空冷冻干燥→样品。

注意事项：试材选择新鲜菠菜，将菠菜处理干净后，倒入热水漂烫3min后捞出，置于滤网沥干，采用热风、真空、喷雾等不同干燥方式进行干燥处理<sup>[3]</sup>。

### 1.3.2 干燥条件

(1) 热风干燥：利用电热干燥箱进行热风干燥处理，温度控制在50℃，风速1m/s，间隔30min测定一次菠菜粉含水量，达到标准数值后完成干燥步骤(含水量<5%)。随后，将干燥后的物料进行“万能粉碎机粉碎+60目筛网”处理，得到菠菜粗粉，再用震荡式超微粉碎机进行干法粉碎，时长为40min，最后用160目筛网过滤后得到样品<sup>[4]</sup>。

(2) 喷雾干燥：打浆处理，将漂烫后的菠菜和水放入捣碎机，菠菜和水的比例为1:1；胶体磨处理，菠菜浆液倒入均质机进行均质处理，均质压力均为25MPa，重复1次；喷雾干燥处理，进料速度调整为50mL/min，进口和出口温度控制在160℃、70~72℃，风机频率为40Hz，干燥至菠菜粉含水量低于5%后过筛处理。

(3) 真空冷冻干燥：将预处理过后的菠菜浆液在-40℃以下冷冻8小时以上，后放进真空冷冻干燥箱，冷阱温度控制在-45℃以下，真空度为0.095~1MPa，控制真空干燥腔内环境温度，从-20℃起，以5℃/h的速率逐步升温，升温至5℃维持4小时，后再以60℃的真空干燥腔内环境温度干燥6h，到达5%后干燥完成。

理化性质测定主要因素

色差：对干燥处理后的菠菜粉使用色差计，精准测量菠菜粉L值、a值和b值，需平行测定5次。借助公式计算具体数值：

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

式中，L值、a值和b值指代菠菜粉样品色泽值，L<sub>0</sub>、a<sub>0</sub>、b<sub>0</sub>指代鲜样色泽值。

粒径：用激光粒度分布仪湿法重复测定5次，综合计量后获得平均值。

叶绿素：取1g干燥样品，用80%丙酮萃取至无色状态后定容50ml，避光存储16h。待液体完全沉淀后，用吸管取上清液测定其吸光值，重复测定3次后，取平均值。

复水性：在烧杯内依次放入1g样品和180ml水均匀搅拌，水温控制在80℃。混合均匀后静置3min，用筛子过滤溶液后称重和烘干，获得残留可溶性固形物，按照相关公式计算复水率。

总黄酮量：在烧杯内依次倒入总酚浓缩液(1ml)、

5%亚硝酸钠溶液(0.3ml)、10%铝盐溶液(0.3ml)、1mol/L氢氧化钠溶液(2ml)、蒸馏水(5ml)，均匀混合后定容10ml，制作标准曲线后测定其吸光值，测定3次取平均值。

## 二、结果与分析

### 2.1 微观结构

细致观察不同干燥方式处理后的菠菜粉，发现热风干燥处理后的菠菜粉中，存在较大组织碎块；颗粒物表面粗糙，呈现不规则片状结构，还有大量裂纹和棱角，是因为热风干燥处理后，样品表面硬化和收缩，增加样品硬度和致密性。真空冷冻干燥处理后的菠菜粉，表面结构较热风干燥在组织碎块、表面粗糙上有较大改善，但整体大小和分布仍不够均匀。喷雾干燥处理后的菠菜粉，观察发现颗粒物整体呈较为饱满的圆球状或者圆棒状，整体分布较为均匀<sup>[5]</sup>。这是由于干燥过程中热分干燥主要依靠物料表面。

### 2.2 粒径分布

不同干燥方式处理后，菠菜粉粒径及比表面积变化差异较大。其中，喷雾干燥处理后，D[3,2]下降至24.36μm，D[4,3]下降至9.75μm，D<sub>x</sub>(50)下降至17.76μm，与热风干燥、真空冷冻干燥相比，数值最小，比表面积增加值228.3m<sup>2</sup>/kg，数值最大；跨度也下降至2.87m<sup>2</sup>/kg。这是因为热风干燥与冷冻均为后期再次粉碎，其粒径上与粉碎方式、筛网目数有直接关系，而燥喷雾干燥雾化雾滴较小，料液流动性好，制备好的菠菜粉整体粒径规格相对统一，颗粒也较小。

### 2.3 色差

果蔬粉色泽是影响其品质和市场价值的重要指标，色泽越接近新鲜果蔬色彩，品质越佳<sup>[6]</sup>。从测定结果可知，不同干燥处理后，菠菜粉L值、a值和b值变化差异显著，温度越高，L值越大，a值越小，ΔE值越小，表面菠菜粉亮度越高，色泽越深，越接近于新鲜菠菜颜色。其中，真空冷冻干燥L值约为33.28，a值约为-5.86，说明菠菜粉越接近新鲜蔬菜天然色彩；热风干燥ΔE值为7.82，数值越大，整体色泽越不佳；喷雾干燥则介于二则之间。分析上述想象原因这可能与生产工艺有关，热风干燥温度较高，且在暴露在空气中，容易发生了氧化反应，破坏菠菜中天然色素成分，继而引发菠菜粉不同色泽变化，而冷冻干燥在真空及低温下干燥完成，对避免了高温的色素破坏及空气中的氧化反应的发生，从而保护了色泽。

### 2.4 叶绿素含量

叶绿素是菠菜粉色泽重要影响指标，不同干燥处理方式下，叶绿素含量不同。实验结果表明真空冷冻干燥处理下叶绿素含量最大，在6.97mg/g左右，热风干燥处理下叶绿素含量最低为4.34mg/g，喷雾干燥处理下的叶绿素含量为6.52mg/g。叶绿素检测的结果与色差结果相一致，这是因为叶绿素属于较为敏感的非水溶性色素物

质，干燥温度过高，干燥时间过长会加速叶绿素降解。真空冷冻干燥处理的真空环境与低温干燥很好地避免了叶绿素破坏，使得样品色泽接近原色<sup>[7]</sup>。

### 2.5 总黄酮量

根据实验结果，不同干燥方式下菠菜粉总黄酮量分别为 13.49 mg/g、10.36 mg/g、7.56 mg/g，真空冷冻干燥 > 喷雾干燥 > 热风干燥，数值与鲜样相比，损失率为 53.208%，64.07%，73.78% 总黄酮量。这是因为干燥处理后菠菜粉物料性质发生改变，增加物料损耗量和提取难度，热风干燥处理期间的温度也会促使热敏性物质发生氧化反应，加大总黄酮量损失，真空冷冻干燥处理环境温度较低，更便于总黄酮量的保存。

### 2.6 复水性

复水性是测定干燥菠菜粉质量一个重要指标，与样品细胞和结构破坏程度有着较为强烈的关联。结果表明，热风、真空冷冻、喷雾干燥处理后的菠菜粉复水性分别为 5.5、8.9、8.1，可见真空冷冻干燥处理后的菠菜粉性能更好。工作原理为：随着热风干燥温度升高，蛋白质性质越容易发生变化，其中的水溶性成分逐渐流失后，物料表面越容易硬化结壳，降低菠菜粉复水性<sup>[8]</sup>。喷雾干燥由于颗粒细小，表面积大，溶解时与水接触面大，也容易快速复水。而真空冷冻干燥处理，温度低，干燥期间生物化学反应微弱，不会对细胞结构造成较大破坏，表面形成均匀孔洞，增加吸水性，继而提升菠菜粉复水性<sup>[9]</sup>。从数据上看，真空冷冻干燥处理方式下的菠菜粉复水性最佳。

### 2.7 微生物指标

微生物指标检测是测定菠菜粉质量是否达标的关键词之一，对三种干燥处理方式处理后的菠菜粉样品进行检测发现，热风干燥菌落总数为 980CFU/g、真空冷冻干燥为 1800CFU/g、喷雾干燥为 1240CFU/g，符合国家标准要求，大肠杆菌数均没有超出 3.0MPN/g，均未检出沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、志贺氏菌，说明经过干燥处理后的菠菜粉质量达标，满足国家食品安全标准。

## 三、结束语

综上所述，本试验采用热风、真空冷、喷雾干燥方

式处理新鲜菠菜后，仔细观察菠菜粉色微观结构、色泽、叶绿素、粒径、总黄酮等均发生变化，出现不同程度的形变和下降。

对比三种不同干燥处理方式，实验结果表明，真空冷冻干燥处理方式与其他两种干燥处理方式相比对菠菜粉感官品质、叶绿素、总黄酮、复水性等影响都较小，但在微生物指标方面较其它两种干燥方式高，容易出现超标的问题，需要再生产过程中做好管控。

### 参考文献：

- [1] 李书华, 闫泽华, 张仲欣. 果蔬粉加工工艺研究[J]. 河南农业, 2017,(06):53-55.
- [2] 韩梦凡. 鲜切和干燥过程中结球甘蓝品质变化研究[D]. 南京农业大学, 2018.
- [3] 王颖倩. 菠萝蜜果粉干燥工艺对比试验研究[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2018.
- [4] 潘少香, 郑晓冬, 刘雪梅, 闫新焕, 孟晓萌, 李志成, 谭梦男, 曹宁. 热风干燥和喷雾干燥对果蔬粉品质的影响[J]. 中国果菜, 2019,39(02):6-9+14.
- [5] 范方宇, 杨宗玲, 李晗, 阚欢, 刘云, 郭磊, 张雪春. 喷雾干燥条件对果蔬粉加工特性影响研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020,41(09):169-176.
- [6] 王志伟. 果蔬保鲜和加工技术分析[J]. 南方农业, 2020,14(21):192-193.
- [7] 赵勇, 武旭瑶, 黄文英, 胥慧丽, 吴中华. 果蔬粉含水率在线检测系统设计[J]. 食品与机械, 2021,37(08):82-85.
- [8] 王志伟. 果蔬加工技术现状与发展探讨[J]. 现代农业研究, 2021,27(06):135-136+3.
- [9] 刘世轩. 山楂粉的喷雾干燥工艺及质量稳定性研究[D]. 山东农业大学, 2022.

作者简介：邹少强(1977.06-),男,民族:汉,籍贯:福建华安,学历:本科,职称:工程师。研究方向:真空冷冻干燥速食与休闲食品研发,工作单位:福建立兴食品有限公司,单位地址:福建省漳州市华安县丰山镇圣王大道68号,单位邮编:363000。

基金项目:福建省科技计划项目(2020S0037)