

张艳侠, 张立华, 孙东东, 等. 干燥方法对石榴果粉品质特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 269–271.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.089

# 干燥方法对石榴果粉品质特性的影响

张艳侠<sup>1</sup>, 张立华<sup>2</sup>, 孙东东<sup>2</sup>, 赵登超<sup>3</sup>, 孙 蕾<sup>3</sup>

(1. 枣庄职业学院农学系, 山东枣庄 277800; 2. 枣庄学院枣庄市石榴工程技术研究中心, 山东枣庄 277160;  
3. 山东省林业科学研究院, 山东济南 250014)

**摘要:**为了给石榴果粉规模化生产提供技术依据, 分析比较了微波干燥、真空冷冻干燥、喷雾干燥所制石榴果粉的品质特性, 还比较了以麦芽糊精、可溶性淀粉、 $\beta$ -环糊精作为助干剂的干燥效果。结果表明: 麦芽糊精的助干效果最好; 喷雾干燥的石榴果粉出粉率(20%)较高, 分散时间(92 s)较短, 容重(0.30 g/mL)、含水率(1.63%)较低, 仅流动性(休止角 65°)较差。总体看出, 喷雾干燥制得的石榴果粉品质特性更优, 有利于保持石榴的风味和营养价值。

**关键词:**石榴果粉; 干燥方法; 品质特性

**中图分类号:** TS255.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0269-03

石榴为石榴科石榴属的落叶灌木或小乔木, 原产伊朗、阿富汗等地区, 相传为西汉张骞出使西域时引入中国。石榴果实含有丰富的碳水化合物、蛋白质、多种氨基酸和人体必需的元素如 K、Ca、Mg、Na 等, 此外还含有 Cu、Fe、Zn 等微量元素、多种维生素<sup>[1]</sup>。石榴含 11%~14% 糖、0.4%~1.0% 果酸、79% 水分, 维生素 C 含量是苹果、梨的 1~2 倍, 在各种水果中十分突出; 石榴籽粒有御饥疗渴、解醒止醉、生津化食、解毒、止泻、抗癌、抗衰老等多种功效。

果粉是将各种水果经干燥处理脱水、粉碎后制得的粉末状物质, 具有既保持原有营养成分、风味物质, 又有利于人体消化吸收的特点。近年来, 由于果粉具有天然营养、易使用、易储运等优点, 已成为果蔬加工的热点之一<sup>[2-5]</sup>。

随着食品工业科技的发展, 果蔬产品的干燥方法也愈来愈多, 从早期自然干燥、热风干燥, 到现在的微波干燥、喷雾干燥、真空冷冻干燥等。自然干燥方法受人造因素、自然条件的影响较大, 干燥品质难以保证<sup>[6]</sup>。热风干燥是最常用的干燥方式, 温度梯度、水分梯度是呈反向变化的, 越接近干燥后期,

物料水分越难以蒸发, 干燥时间越长, 能量的消耗也就越大, 且热风干燥的速度较慢, 时间较长<sup>[7]</sup>。微波干燥是现在一种新型的干燥方法, 微波干燥的优点为干燥速度快、物料干燥均匀、干燥过程中物料不易结壳、能量利用效率高、投资较少; 缺点是如果操作不当, 微波干燥后的物料质量比较低<sup>[8]</sup>。真空冷冻干燥是通过升华作用从冻结的物料中除去水分或其他溶剂的过程, 具有保持产品的原有活性、外观、色泽、形态, 以及样品溶解速度快、残余水分较低等特点, 是获得高品质生物制品的干燥方法<sup>[9]</sup>。喷雾干燥最适合富含热敏性营养元素的果蔬汁的加工, 同时由于干燥过程中物料受热时间短、料温低, 果蔬的营养成分与风味能得到很好的保留, 而且产品颗粒度小而均匀, 具有很好的分散性和速溶性。因此, 喷雾干燥的产品既可以直接冲饮, 又可以作为复合食品配料, 具有很大优势<sup>[10]</sup>。

目前石榴已被加工成果汁、果醋、果酒等产品, 而有关石榴果粉的报道较少。本研究采用喷雾干燥、微波干燥、真空冷冻干燥法制备石榴果粉, 并比较它们的物理特性, 探讨石榴果粉的最佳加工方法, 以期对石榴果粉的工业化生产提供理论依据和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

石榴原汁由枣庄一家果汁公司提供; 麦芽糊精、可溶性淀粉、 $\beta$ -环糊精均为食品级。

收稿日期: 2015-01-15

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(编号: 201204402); 枣庄学院博士科研基金(编号: 20120018)。

作者简介: 张艳侠(1969—), 女, 山东枣庄人, 硕士, 副教授, 主要从事植物学研究。E-mail: 465608563@qq.com。

通信作者: 张立华, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事植物资源开发研究。E-mail: chinazhanglh@163.com。

- [J]. 时珍国医国药, 2006, 17(2): 174–175.
- [8] 蒋 勇. 艾蒿主要药用成分的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(14): 8367–8368.
- [9] 王登奎, 吴 刚, 程向晖, 等. 野艾蒿中氨基酸、维生素、微量元素的含量分析[J]. 中成药, 2006, 28(11): 1658–1660.
- [10] 詹忠根. 野艾蒿黄酮对活性氧自由基的清除作用及其脂肪酸成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科技, 2008, 33(11): 177–179.
- [11] 周 峰, 秦路平, 连佳芳, 等. 艾叶的化学成分、生物活性和植物资源[J]. 药学实践杂志, 2000, 18(2): 96–98, 103.
- [12] 张赟彬, 李彩侠, 吴亚卿. 黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品与机械, 2005, 21(5): 77–80.
- [13] 张 婉, 唐 丽, 谢 坤, 等. 蒿属植物黄酮类化学成分及药理活性研究概况[J]. 中央民族大学学报: 自然科学版, 2009, 18(1): 73–77.
- [14] 蓝峻峰, 谢济运. 果胶酶法提取叶下珠黄酮的工艺优化[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(21): 11128–11129.
- [15] 李 林. 超声场下空化气泡运动的数值模拟和超声强化传质研究[D]. 成都: 四川大学, 2006.

1.2 干燥方法

1.2.1 石榴果汁预处理 量取一定量的石榴原汁置于烧杯中,按照一定的比例(20%、30%、40%、50%)加入助干剂(麦芽糊精、可溶性淀粉、 $\beta$ -环糊精),用玻璃棒搅匀后放入 KL-GJJ 均质机(上海科劳机械设备有限公司)中均质处理 4 min,然后采用不同的方式干燥。

1.2.2 微波干燥 将一定量预处理的石榴汁分装于搪瓷盆中,石榴汁的厚度 1.0~1.5 cm,放入 KH-3HMOA 微波果蔬脱水机(山东科弘微波能有限公司)中干燥,为了防止微波加热受热过度,试验采用间歇式干燥法,即微波处理 4 min,间歇 1 min,如此反复,干燥总时间为 16 min。待冷却后用研钵研磨粉碎,得到果粉。

1.2.3 真空冷冻干燥 将一定量预处理的石榴汁倒入不锈钢盆中,石榴汁的厚度 1.0~1.5 cm,首先预冻 4 h,然后置于 LGJ-18S 真空冷冻干燥机(河南兄弟仪器设备有限公司)中冷冻干燥,样品温度为-43℃,冷阱温度为-66℃,真空度为 4.9 Pa,时间 22 h,将样品研磨粉碎即得石榴果粉。

1.2.4 喷雾干燥 将一定量预处理的石榴汁用 SD-1000 小型喷雾干燥机(深圳市科力易翔仪器设备有限公司)干燥,喷雾干燥进口温度为 180℃,出口温度为 80℃,热空气进量 0.8 m<sup>3</sup>/min,高压气体压力 180 kPa。干燥完毕收集果粉。

1.3 石榴果粉相关指标测定

1.3.1 果粉色泽测定 采用 HP-2132 型便携式色差仪测定  $L^*$  值(亮度值)、 $a^*$  值(红绿光区色值)、 $b^*$  值(黄蓝光区色值)<sup>[11]</sup>。

1.3.2 出粉率计算 石榴果粉的出粉率计算公式为:

出粉率=(干燥后果粉质量-助干剂质量)/石榴原汁质量×100%<sup>[12]</sup>。

1.3.3 流动性测定 将漏斗固定在铁架台上适当的高度,让果粉从漏斗流下形成圆锥形,至漏斗底部出口与形成果粉圆锥的顶部相接触为止,然后测定果粉堆积圆锥的半径  $r$  与圆锥的高度  $h$ ,以  $h$  与  $r$  的比值作为正切值来计算休止角<sup>[13]</sup>,相关公式为:

$$\tan\theta = h/r。$$

1.3.4 容重测定 容重指的是单位体积的质量,具体测量方法<sup>[14]</sup>:使用量筒量取一定量的果粉,再用分析天平称量,计算出果粉的容重,多次测量取平均值。

1.3.5 分散性测定 在 1 个 50 mL 的烧杯中加入 25 mL 蒸馏水,精确称取 1 g 石榴果粉撒布于水面上,使用恒温磁力搅拌器搅拌,记录从搅拌开始到果粉结块完全溶解的时间<sup>[15]</sup>。

1.3.6 含水率测定 称取 10 g 石榴果粉,放在 SC69-02C 水分快速测定仪(上海万衡精密仪器有限公司)中测定含水率,分度值为 0.05%,直接读取稳定时的刻度数,即样品含水率。

2 结果与分析

2.1 不同助干剂的效果比较

适当使用助干剂能加快果粉干燥的速度,不同的果粉在制备时应该选用合适的助干剂,本研究比较了使用 40% 麦芽糊精、40% 可溶性淀粉、40%  $\beta$ -环糊精的效果。由表 1 可见,麦芽糊精在石榴汁中有很好的溶解性,石榴汁原有的色

泽、气味保持不变,干燥后容易粉碎;可溶性淀粉也能溶于石榴汁,但是石榴汁颜色变为乳白色,还散发出一种腐败气味,干燥过程中可溶性淀粉会析出,干燥后为韧性很强的胶状物,很难粉碎; $\beta$ -环糊精不易溶于石榴汁,混匀后也有腐败气味,干燥后不易粉碎。结果表明,可溶性淀粉、 $\beta$ -环糊精都不适合作为制备石榴果粉的助干剂,这 2 种助干剂可能与石榴汁中的某些成分发生反应,从而产生腐败变质的味道,因此选择麦芽糊精作为助干剂。

表 1 不同助干剂的效果比较

助干剂类型	溶解性	混匀后果汁色泽	气味	粉碎性
麦芽糊精	可溶	红色	微酸	易粉碎
可溶性淀粉	可溶	乳白色	腐败味	不易粉碎
$\beta$ -环糊精	不易溶	微红色	腐败味	不易粉碎

2.2 助干剂用量选择

为了确定合适的助干剂用量,本研究采用喷雾干燥方法比较了比例为 20%、30%、40%、50% 麦芽糊精的干燥效果,着重考察石榴果粉的色泽和黏壁程度。由表 2 可见,不同用量的助干剂所制果粉的亮度( $L^*$  值)差异显著,助干剂用量越少,所制果粉的亮度越高,20% 的助干剂所制果粉的色泽最鲜艳,因为助干剂用量大会掩盖果粉原有的色泽; $a^*$ 、 $b^*$  值的差异不显著,但助干剂用量少会增加黏壁程度,20% 的助干剂在喷雾干燥仓内壁上黏壁现象严重,随助干剂用量增加,黏壁程度减轻。综合考虑 2 个方面因素,选择 30% 比例的助干剂。

表 2 不同用量助干剂所制石榴果粉的色泽及黏壁情况

助干剂添加比例(%)	果粉色泽			黏壁程度
	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值	
20	78.56±2.43a	3.57±1.12a	9.24±1.76a	严重
30	75.42±3.24b	3.45±1.21a	9.31±1.58a	较轻
40	71.83±3.52c	3.38±1.24a	9.27±1.81a	较轻
50	66.21±4.15d	3.29±1.32a	9.38±1.69a	轻

注:表中数值均以平均值±标准差表示;同列数据后标有不同小写字母者表示差异显著( $P<0.05$ )。表 4 同。

2.3 不同干燥方法的基本效果

由于果蔬材料的特性不同,应选用合适的干燥方法,因此比较了 3 种常用方法对石榴果粉干燥的一般效果,麦芽糊精的比例均为 30%。由表 3 可知,微波干燥法对于设备的要求不高,容易操作,采用间歇式干燥方法,所需时间短,粉碎后果粉流动性好,因此是比较理想的干燥方法;喷雾干燥法对设备要求精细,操作起来比较容易,用时较短,约 0.5 h 完成 1 次干燥过程,而且直接成粉不需粉碎,果粉颗粒细腻均一,为最佳的干燥方法;真空冷冻干燥法是干燥时间最长的干燥方法,处理 26.0 h 干燥仍不彻底,对设备的要求也高,粉碎后的果粉易吸潮,该干燥方法不适于石榴果粉的干燥。因此,本研究下一步仅比较了微波干燥、喷雾干燥法 2 种方法所制石榴果粉的物理特性。

表 3 不同干燥方法的效果比较

试验方法	试验时间(h)	设备要求	操作难度
微波干燥	0.3	不高	容易
喷雾干燥	0.5	高、精细	较容易
真空冷冻干燥	26.0	较高	容易

## 2.4 不同干燥方法对石榴果粉出粉率的影响

出粉率越高表示成本越低,同量的石榴汁则能够得到更多的果粉,所以选择干燥方法时一定要考虑出粉率。由表 4 可知,微波干燥的出粉率约为 17%,而喷雾干燥的出粉率为 20%,微波干燥的出粉率明显低于喷雾干燥,从生产成本考虑,喷雾干燥优于微波干燥。

表 4 微波干燥法、喷雾干燥法的石榴果粉品质特性的比较

干燥方法	出粉率 (%)	流动性 (°)	容重 (g/mL)	分散性 (s)	含水率 (%)
微波干燥	17±1.2b	55±1.5b	0.67±0.04a	130±4.6a	3.69±0.17a
喷雾干燥	20±1.4a	65±1.7a	0.30±0.02b	92±3.2b	1.63±0.13b

## 2.5 不同干燥方法对流动性的影响

从表 4 可以看出,不同干燥方法制得的石榴果粉流动性有显著差异,微波干燥的休止角约为 55°左右,而喷雾干燥的果粉休止角约为 65°左右,说明微波干燥的果粉流动性要好于喷雾干燥的果粉。干燥方法对果粉的颗粒度和比表面积都有一定的影响,喷雾干燥的果粉颗粒是在喷雾过程中直接形成的,未经二次粉碎,果粉颗粒间黏聚力大,因此流动性相对较差。

## 2.6 不同干燥方法对容重的影响

容重是指单位体积果粉的质量,由表 4 可知,用 2 种方法制得的石榴果粉容重差异显著:微波干燥所制果粉容重约为 0.67 g/mL,而喷雾干燥所制果粉容重约为 0.30 g/mL。可能是喷雾干燥的果粉颗粒之间含有大量的空隙,果粉颗粒之间比较蓬松,使其容重较低。

## 2.7 不同干燥方法对分散性的影响

分散性是决定果粉溶解性的关键指标,如果分散时间短,说明果粉溶解性好,不容易在水中结块,能够快速地在其中均匀扩散。由表 4 可知,喷雾干燥的果粉分散时间约为 92 s,而微波干燥的果粉分散时间约为 130 s。这说明喷雾干燥的果粉颗粒间空隙适中,有利于亲水基团对水的吸附,易于溶解;微波干燥的果粉在水中容易结块,颗粒润湿的比表面积也相应减小,因此分散时间较长。

## 2.8 不同干燥方法对含水率的影响

由表 4 可知,喷雾干燥的果粉含水率显著低于微波干燥果粉含水率,原因可能是喷雾干燥的进口温度高,石榴汁可以得到充分干燥,并且在旋风分离器中经过热风之后,果粉含水率更低;微波干燥为瞬间干燥,干燥得快,吸湿也快,因此喷雾干燥的果粉含水率要低于微波干燥的果粉。

## 3 结论

不同助干剂的效果差别显著,可溶性淀粉、 $\beta$ -环糊精与石榴汁混合后可能发生了某些反应,产生腐败变质的气味;此外物料干燥后韧性很大,不易粉碎,因此不适合用于石榴果粉的制备。麦芽糊精在石榴汁中有着很好的溶解性,干燥后很容易粉碎,因此麦芽糊精是适宜的助干剂。陈致印等对枸杞<sup>[16]</sup>、杨美莲等对红枣果粉<sup>[17]</sup>的干燥研究表明,可溶性淀粉、 $\beta$ -环糊精都可以作为干燥的助干剂,这说明果粉干燥时应该选用合适的助干剂。

虽然有人通过真空冷冻干燥香蕉<sup>[18]</sup>、胡萝卜<sup>[19]</sup>、蕹菜<sup>[20]</sup>、龙眼<sup>[21]</sup>等取得了良好的干燥效果,能够很好地保持原

有营养物质的活性,但用于石榴汁干燥所需时间长,而且干燥不彻底,因此真空冷冻干燥不适宜用于石榴果粉制备。微波干燥法、喷雾干燥法制备的果粉品质特性有着显著差异,喷雾干燥的果粉色泽鲜艳、出粉率较高、分散时间短、容重较高、含水量较低,仅流动性较差。综合比较可知,喷雾干燥法制得的石榴果粉品质特性明显优于微波干燥法。

总之,麦芽糊精是适用于石榴果粉制作的助干剂,适宜用量为 30%。通过分析果粉的各种品质特性表明,喷雾干燥法制得的果粉能够最大程度地维持石榴果粉的品质特性,能够很好地保持石榴的营养成分。

## 参考文献:

- [1] 温素卿. 我国石榴的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(7): 155-158.
- [2] 崔素芬, 廖 芬, 何全光, 等. 采用离心喷雾干燥技术制备桑葚果粉[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(11): 73-78.
- [3] 杨 勇, 任 建, 黄双凤, 等. 姑娘果粉的加工工艺研究[J]. 食品科技, 2010, 35(10): 134-139.
- [4] 杨洪元, 蒋向军, 覃吉胜, 等. 高甜苷速溶罗汉果粉的中试研究[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(3): 150-153.
- [5] 林亚玲, 杨炳南, 杨延辰, 等. 冲调式甘薯全粉速溶性试验[J]. 农产品加工·学刊, 2009, 10(10): 71-74.
- [6] 刘建伟, 徐润琪, 包清彬. 稻谷自然干燥特性与品质的研究[J]. 粮食储藏, 2001, 30(5): 37-41.
- [7] 黄 燕, 程裕东, 梁 凯. 微波、热风干燥对橙皮干燥特性及其品质影响的比较[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 16-20.
- [8] 梁凌云, 程玉来, 张佰清. 真空冷冻干燥和微波干燥在切花月季干燥中的应用[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 71-74.
- [9] 王储炎, 阎晓明, 任子旭, 等. 不同干燥方式对桑椹果粉物理特性的影响[J]. 蚕业科学, 2013, 39(2): 340-345.
- [10] 王泽南, 范方宇, 王 华, 等. 草莓粉喷雾干燥工艺参数及助干剂配料的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 28(9): 117-119.
- [11] 石启龙, 薛长湖, 赵 亚, 等. 热泵变温干燥对竹荚鱼干燥特性及色泽的影响[J]. 农业机械学报, 2008, 39(4): 83-86.
- [12] 薛志成. 如何确定出粉率计算模式[J]. 西部粮油科技, 2002, 27(4): 18-19.
- [13] 刘静波, 马 爽, 刘博群, 等. 不同干燥方式对全蛋粉冲调性能的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(12): 383-388.
- [14] 高清华, 吕 宏. 对 GB1353—2009 玉米容重测定方法的探讨[J]. 粮食与饲料工业, 2011, 40(7): 61-62.
- [15] 王 健, 朱光彩, 孙铁柱. 无灰分散剂低温分散性测定法[J]. 辽宁化工, 1997, 26(3): 34-37.
- [16] 陈致印, 张盛贵, 牛黎莉, 等. 喷雾干燥枸杞粉助干剂研究[J]. 食品工业科技, 2010, 32(2): 80-82.
- [17] 杨美莲, 聂小伟. 微波干燥红枣浆生产红枣粉助干剂的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(1): 59-63.
- [18] 章 斌, 李远志, 肖 南, 等. 香蕉片真空冷冻干燥工艺研究[J]. 农产品加工·学刊, 2009, 10(3): 142-144, 152.
- [19] 刘玉环. 胡萝卜片的真空冷冻干燥加工工艺及研究[J]. 食品科技, 2006, 31(3): 52-54.
- [20] 车 刚, 万 霖, 李成华, 等. 蕹菜真空冷冻干燥工艺参数的优化试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 98-102.
- [21] 陈仪男. 龙眼真空冷冻干燥工艺优化[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 244-248.