

荔枝真空冷冻干燥关键技术

陈仪男¹, 郭树松², 郭建辉³, 林龙生¹, 吴秀秀¹

(¹漳州职业技术学院食品与生物工程系, 福建漳州 363000;

²福建立兴食品有限公司, 福建华安 363800; ³漳州市农业局, 福建漳州 363000)

摘要:为了确定荔枝真空冷冻干燥工艺关键技术参数,以成熟的‘乌叶’荔枝为材料,采用电阻法测量荔枝果肉的共晶点和共熔点温度,通过考察冻干品色泽比较不同护色剂的护色效果,以冻干生产能耗、总冻干时间及冻干品外观形态与色泽等指标进行综合评定冻干效果,优选荔枝真空冷冻干燥工艺关键技术参数。结果表明:荔枝真空冷冻干燥物料的共晶点温度、共熔点温度分为-26℃和-17℃,采用“0.6%柠檬酸”单一护色剂或“0.4%柠檬酸+0.2%维生素C”复合护色剂浸泡20 min,对荔枝冻干品有良好护色效果。冻干过程起始板温控制在80℃以下,升华阶段物料最高温度设定为55℃,升降温期干燥仓真空值组合选择60~70 Pa/60~70 Pa,可节省冻干生产能耗、缩短总冻干时间,同时能改善冻干品的外观形态与色泽。

关键词:荔枝;真空冷冻干燥;共晶点;共熔点;关键技术;食品加工

中图分类号:TS255.3

文献标志码:A

论文编号:2010-2600

The Key Technologies of Vacuum Freeze-drying of Litch Fruits

Chen Yinan¹, Guo Shusong², Guo Jianhui³, Lin Longsheng¹, Wu Xiuxiu¹

(¹Department of Food and Biotechnology, Zhangzhou Institute of Technology, Zhangzhou 363000;

²Fujian Lixing Foods Co., Ltd, Huanan 363800; ³Zhangzhou Agriculture Bureau, Zhangzhou 363000)

Abstract: In order to confirm the key technology in vacuum freeze-drying of litch, experiments were conducted with litch cultivar ‘Wuye’. The eutectic point and the consolute point of litch were determined by electrical resistance method in the vacuum freeze-drying. The different color fixative agents were compared on their color-protecting effects by analysis the color of the freeze-drying products. The key technical parameters of the vacuum freeze-drying of litch were optimized with the freeze-drying effects of the comprehensive indexes being evaluated by energy consumption, freeze-drying time, appearances shape and colors of the products during the process of vacuum freeze-drying. The results showed that the eutectic point and the consolute point of litch pulp materials were -26℃ and -20.0℃ in the vacuum freeze-drying, respectively. In the solution of 0.6% citric acid or 0.4% citric acid + 0.2%VC with immersing time for 20 min were given the best color-protecting effects. At the condition of first drying temperature under 80℃, material maximum temperature of 50℃ during sublimation stage, and the combination of the vacuum value in drying chamber ranged from 60 Pa to 70 Pa/ from 60 Pa to 70 Pa, could save the energy consumption, shorten the freeze-drying time and improved the appearances shape and color of the vacuum freeze-drying products.

Key words: litch; vacuum freeze-drying; eutectic point; consolute point; key technology; food processing

0 引言

荔枝(*Litch Chinensis* Sonn)属无患子科(Sapindaceae),是典型的南亚热带水果,中国主要产于广东、广

西、福建、海南及台湾等地区,自古堪称水果之王。荔枝果肉中含有丰富的蛋白质、脂肪、尼克酸、柠檬酸、果胶、钙、磷、铁等,还含有果糖、蔗糖和丰富的V_C、V_B、V_A

基金项目:漳州市科学基金资助项目“提高真空冷冻干燥食品等级得率及天然色素的保存”(Z03035)。

第一作者简介:陈仪男,女,1962年出生,福建漳州人,教授,本科,研究方向为食品贮藏与加工。通信地址:363000 漳州职业技术学院食品与生物工程系, Tel: 0596-2660011, E: mail: cyn9090@sohu.com。

收稿日期:2010-09-06, **修回日期:**2010-10-25。

及叶酸、苹果酸和大量的游离氨基酸等^[1],并有补脾、益肝、养血、悦颜之功效^[2],历来深受人们的喜爱。荔枝因果皮结构疏松无蜡质层保护而容易失水;果肉含糖高汁多,成熟期又在高温的夏季,采果以后生理活动旺盛,也易受各种微生物侵染,以致果实采后易发生变质腐烂,丧失原来的色、香、味,给贮藏保鲜带来很大的困难,传统的加工方法主要有糖水罐头、荔枝果干、荔枝酒、单体速冻等^[3-5],其技术含量低,营养成分损失较大,该加工产品的风味与荔枝鲜果相差甚远,已不能满足中国荔枝生产的发展和消费者的需求。

食品真空冷冻干燥(下称“冻干”)是当前食品加工的一种高新技术,冻干食品能较好地保持食品原有的形状,减少食品色、香、味及营养成分的损失,有良好的速溶性和快速复水性,食用简单方便^[6-7];同时,冻干食品还具有脱水彻底、质量轻,适合长途运输及长期保存,在常温下可存放3~5年等特点^[8],日益在果蔬加工中得到广泛应用。迄今,虽然国内外就荔枝冻干技术已有过一些报道^[9-11],但通过采用电阻法,测定荔枝共晶点与共熔点温度,研究荔枝真空冷冻干燥的过程参数,以及通过考察荔枝冻干品外观形态与色泽及冻干生产能耗、总冻干时间等指标综合评定冻干效果,研究、优化荔枝冻干技术工艺等方面的研究尚未见报道。

1 材料与方 法

1.1 材 料

荔枝:成熟的‘乌叶’品种果实(漳州产)。

1.2 主要仪器与设备

高速组织捣碎机(PS-1,上海标本模型厂);手提糖量计(WYT-4,泉州中友光学仪器有限公司);真空包装机(D2400/2SB,浙江葆春机械总厂);冻干机(JDG-0.2,兰州科近真空冻干技术有限公司,配套共晶点、共熔点温度的测定设施);冰柜(BCD-198,广东省顺德市陈村镇中宝制冷厨具设备厂);旋片式真空泵(2X2,椒江宏兴机械厂);全自动分析天平(TG328A,上海精科);电热恒温鼓风干燥箱(101-1-1g,上海跃进医疗器械厂);超声波清洗器(SKS200H,上海科导超声仪器有限公司)。

1.3 测定方法

1.3.1 共晶点温度、共熔点温度测定 采用电阻法^[12]测量。

1.3.2 可溶性固形物含量测定 按GB/T12295-1990《水果、蔬菜制品 可溶性固形物含量的测定--折射仪法》。

1.3.3 生产工艺流程及操作要点

(1)生产工艺流程:原料处理→护色→装盘冻结→冻干→出炉包装→干品分析。

(2)操作要点如下:

a. 原料处理:清洗后的原料进行去核去皮处理。

b. 护色:处理好的半成品于柠檬酸护色液中浸泡20 min后淋干并剪成1/2或1/3粒。

c. 装盘冻结:在兰州科近JDG-0.2冻干机中进行冻结,每盘装料量按750 g(三盘/炉),冻结至共晶点以下。

d. 冻干:以上冻结的物料,在干燥仓真空值为50 Pa~80 Pa,板温前期70~90℃、后期65~55℃,物料最高温度为50~60℃的条件下进行干燥,终产品的水分控制在4%~5%。

e. 干品分析:对出炉的物料分别分析冻干品外观形态保持与色泽。

1.3.4 评价指标测定与计算方法

(1)能耗(Y):

$$Y = \frac{45 \times \text{所有方案中能耗最小的值}}{\text{某方案的能耗值}}$$

式中:Y为某方案产品能耗的评分数,45为能耗的最高得分。

(2)总冻干时间(Z):

$$Z = \frac{30 \times \text{所有方案中总冻干时间最短的值}}{\text{某方案的总冻干时间}}$$

式中:Z为某方案产品总冻干时间的评分数,30为总冻干时间的最高得分。

(3)形态(X):

$$X = \frac{25 \times \text{某方案形态保持率}}{\text{所有方案中形态保持率最高值}}$$

式中:X为某方案产品形态评分数,25为形态最高分数;

$$\text{形态保持率} = \frac{\text{冻干后果肉对应的长、宽、厚的平均值}}{\text{冻干前果肉对应的最大长、宽、厚的平均值}} \times 100\%$$

(4)色泽:由10人组成评审组按以下规定评分—产品色泽乳白至微淡黄色(25~20分);微淡黄色至淡黄色(20~15分);淡黄色至黄色(15~10分);黄色至黄色发红小于10分。以平均值作为指标分。

(5)综合效果:冻干生产能耗、总冻干时间及冻干品外观形态与色泽(或外观形态)等的得分累加综合评定分数。

2 结果与分析

2.1 共晶点温度与共熔点温度的确定

取成熟的‘乌叶’荔枝果肉[果实经去核去皮后(下同),可溶性固形物含量为14.6%],在冻结过程和解冻过程分别测量降温时和升温时温度随电阻变化的关系

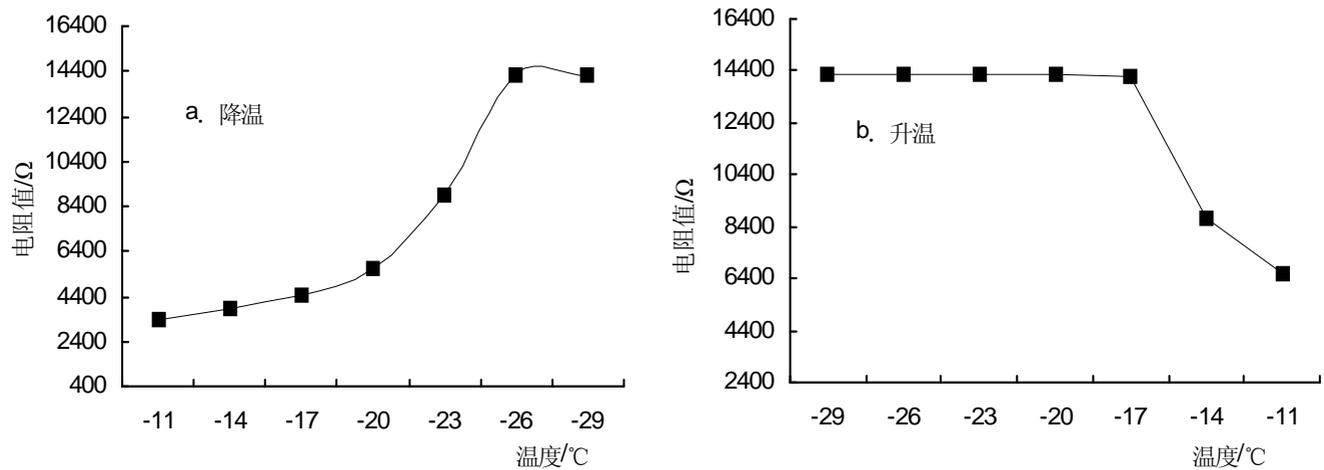


图1 荔枝降温(a)和升温(b)曲线

曲线如图1。通过对图1中的电阻值与温度间的变化关系可以得出:(1)共晶点和共熔点虽然是在冻结和升温这两个相反的物理变化过程中电阻发生突变时的温度值,但各自对应的温度值并不相等,即在电阻—温度曲线图上,共晶点和共熔点并不重合,共熔点偏高于共晶点。(2)‘乌叶’荔枝的共晶点温度、共熔点温度分别为-26°C和-17°C,由此即可确定:物料适合的最终冻结温度应小于-26°C,以控制在冰晶升华过程不使物料温度超过共熔点温度;同时,根据共熔点温度对应的冰饱和和蒸汽压力,并考虑升华的最佳速率问题^[13],也可确定:冻干过程升华阶段干燥仓适宜的压力设定范围应在70 Pa以下。

2.2 护色效果的比较试验

新鲜的荔枝果肉富含单宁等物质,在冻干加工处

理过程果肉常因酶促褐变易引起红变。故本研究采用几种护色剂对果肉护色效果进行比较试验。结果显示,除果肉内核室正常的红褐色及果尖部分由于原料本身的红尾巴形成的冻干后的褐色外,不同供试的护色剂对果肉其余部位的护色效果有所差异(表1),其中:以“0.6%柠檬酸”单一护色剂和“0.4%柠檬酸+0.2%维生素C”复合护色剂对荔枝冻干品护色效果最好(两者的护色效果差别不大),刚出炉的冻干品呈“白中略带淡黄”色泽,在贮藏9个月后该色泽仍然保持不变。

2.3 起始板温的确定

以荔枝物料去核去皮后剪半或1/3为供试材料,在干燥仓处于60~70 Pa,最高温度为55°C的条件下,分别以板温90°C、80°C、70°C等3种起始板温进行加热处理,观察各处理的起始板温所提供的热量引起物料在

表1 不同护色剂对荔枝冻干品护色效果的比较

护色剂*	冻干品色泽		效果评价**
	刚冻干后色泽	贮藏9个月后色泽	
0.4%柠檬酸	淡黄色	黄色	+
0.6%柠檬酸	白中略带淡黄色	白中略带淡黄色	++
0.4%柠檬酸+0.2%维生素C	白中略带淡黄色	白中略带淡黄色	++
空白(CK)	黄色	黄褐色	-

注:*护色剂浸泡时间为20 min;** -:无效果,+:效果一般,++:效果好。

升华阶段出现熔化(电阻发生变化)现象的变化趋势。从该变化趋势(图2)中可以看出:起始板温设定90°C的处理,当加热约20 min后电阻开始变小,即物料开始出现熔化现象;起始板温设定80°C的处理,在加热约60 min后电阻有轻微的变化即物料出现轻微熔化现象;而起始板温设定70°C的处理,电阻值未发生变化即物料未出现熔化。由此表明,在板设温度过高时,所提

供的热量超过了升华所需的热量,引起了物料温度超过共熔点温度。因此,起始板温的设定应控制在80°C以下较为适宜。

2.4 物料最高温度的优选

以荔枝去核去皮后剪半或1/3物料为供试材料,在干燥仓真空值处于60~70 Pa的条件下,采用单因素试验(设3重复)优选起始板温为70°C对物料加热时升

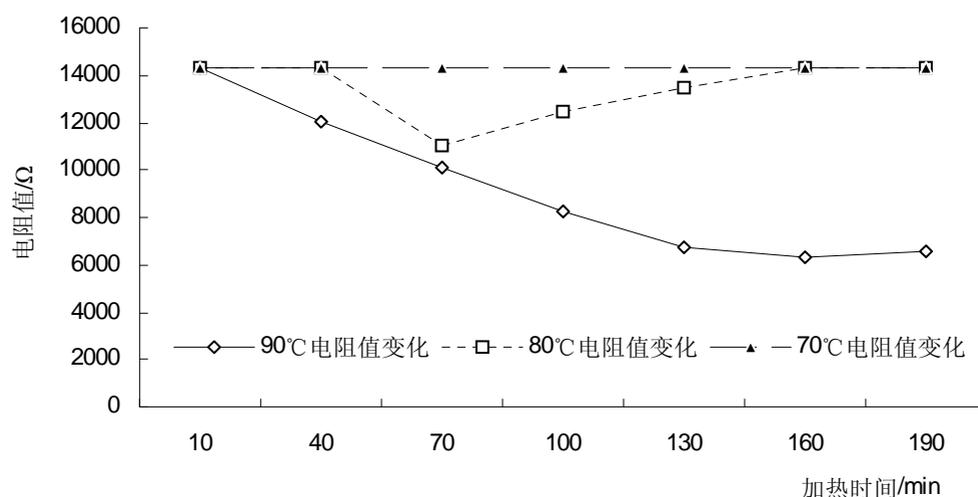


图2 不同板温下电阻值的变化

华阶段物料适宜的最高温度,结果列于表2。表2显示:物料最高温度对冻干的生产能耗、总冻干时间及冻干品外观形态与色泽均有极显著性($P<0.01$)或显著性($P<0.05$)的影响,从而对冻干工艺综合效果也呈极显著性的影响($P<0.01$)。其中:升华阶段物料最高温度以设定55°C的生产能耗最小、效果最佳,其次是60°C,50°C的效果最差;升华阶段物料最高温度以设定60°C的总冻干时间最短、效果最佳,其次是55°C,50°C的效果最差;升华阶段物料最高温度以设定50°C和55°C的冻干品外观形态与色泽最好、效果最佳,60°C的效果最差。综合冻干的生产能耗、总冻干时间及冻干品外观形态与色泽等的得分进行累加评定,升华阶段物料最高温度以设定55°C的效果最佳,其次是60°C,而50°C的

效果最差。因此,升华阶段物料最高温度应控制55°C左右,可节省冻干生产能耗、缩短冻干时间,并改善冻干品的外观形态与色泽等品质效果,从而提高荔枝冻干工艺的整体综合效果。

2.5 升降温期干燥仓真空值组合的选择

以荔枝去核去皮后剪半或1/3物料为供试材料,起始板温为70°C对物料加热,物料最高温度控制于55°C,板温降温前真空值设定为60 Pa~70 Pa,分别比较降温期干燥仓处于50~60 Pa、60~70 Pa、70~80 Pa的条件下,对冻干品形态及冻干生产能耗、总冻干时间的影响。结果显示(表3),无论是生产能耗、总冻干时间及冻干品形态外观,或三者累加的综合效果,均以干燥仓真空值不变[真空值组合(Pa):60~70/60~70],优于真

表2 物料最高温度对荔枝冻干效果的影响

物料温度/°C	评价指标			综合效果/分(100分)
	能耗/分(45分)*	总冻干时间/分(30分)	形态与色泽/分(25分)	
50	31.2cC	17.0cB	24.7aA	72.9cB
55	45.0 aA	26.6bA	24.0aAB	95.6aA
60	39.0bB	30.0aA	18.0bB	87.0bAB

注:*括号内数据为满分数值,表3同;数字后附不同大小写字母者分别表示差异达0.01和0.05显著水平,表3同。

表3 干燥仓真空值对荔枝冻干效果的影响

真空值组合/Pa*	评价指标			综合效果/分(100)
	能耗/分(45)	总冻干时间/分(30)	形态/分(25)	
60~70/50~60	39.5bB	28.2bA	22.2abA	90.4bAB
60~70/60~70	45.0aA	30.0aAB	22.5aA	97.5aA
60~70/70~80	40.9bA	27.5bB	21.0bA	89.4bB

注:*各真空值组合处理设3重复,单因素试验。

空值降低(60~70/50~60)或升高(60~70/70~80)。产生该结果的原因,可能是由于真空值降低虽有助于传热,但同时也削弱了传热的效果,二者所产生的影响相互抵消后,对传热产生的削弱作用占了优势,所以反而延长了冻干的时间、增加了能耗;而升高真空值虽有助于传热,但因此阶段物料水分尚处于易导致物料变形的区域,干燥仓压力的增大,使物料有所收缩,水分升华的通道缩小,不利于水分的正常脱除,反而延长了冻干时间。因此,干燥仓真空值组合以采用60~70 Pa不变为佳。

3 结论

成熟的‘乌叶’荔枝(可溶性固形物含量为14.6%)的共晶点温度和共熔点温度分别为-26℃和-17℃。荔枝冻干工艺的护色处理,采用“0.6%柠檬酸”单一护色剂,或“0.4%柠檬酸+0.2%维生素C”复合护色剂浸泡20 min,对冻干品有良好护色效果。荔枝物料去核去皮后剪1/2或1/3粒,冻干过程起始板温控制在80℃以下,升华阶段物料最高温度设定55℃,升降温期干燥仓真空值选择60~70 Pa保持不变,该工艺可节省生产能耗、缩短总冻干时间,同时冻干品可最大程度地保持物料原有的形态与色泽。

4 讨论

(1)共晶点和共熔点是物料的物理参数,与物料的种类、物料的组织结构、含水率、密度、浓度等因素有关^[14]。此研究测得成熟的‘乌叶’荔枝(可溶性固形物含量为14.6%)的共晶点温度为-26℃,其与黄松连的研究结果^[11]略有差异,这可能与测定时选择的供试材料不同,其可溶性固形物等物质含量的差异有关^[12]。

(2)黄松连^[11]认为将去壳、去核的荔枝果肉置于0.5%的食用柠檬酸和0.2%的维生素C中浸泡30 min,可以有效抑制荔枝果肉中的多酚氧化酶活性。而本研究成果也表明,采用“0.6%柠檬酸”单一护色剂,或“0.4%柠檬酸+0.2%维生素C”复合护色剂浸泡20 min,对冻干品有良好护色效果,但从尽可能减少果肉在浸泡过程营养成分的流失、又能减少加工成本及冻干品能保持原有色泽等效果进行综合考虑,荔枝果肉以采用“0.6%柠檬酸”单一护色剂浸泡20 min的效果为最理想。

(3)李远志等^[9]对荔枝果肉真空冷冻干燥过程参数(板温、真空值、物料最高温度)的研究重点在于比较不同干燥方法对产品质量的影响,并未从优化的角度加以分析探讨;张颜民等^[10]的研究侧重对比整果(带壳)和果肉(去壳)冻干效果,也未对冻干过程工艺参数进行优化研究;黄松连^[11]的研究主要是以理论分析为基础,对由此确定的过程参数进行了试验。本研究则是通过考察荔枝冻干工艺生产能耗、总冻干时间及冻干品外观形态保持与色泽等指标,进行综合评定冻干效果,从而研究、优化了荔枝冻干过程关键技术参数,即研究、优选了板温、干燥仓真空值、物料最高温度等关键技术参数。

参考文献

- [1] 王德培,彭志英.荔枝护色干制的工艺研究[J].农业工程学报,2005,21(11):150-154.
- [2] 钟秋平,方佳.低温发酵荔枝澄清汁酿制优质荔枝酒[J].热带作物学报,2005,26(3):74-78.
- [3] 天津轻工业学院,无锡轻工业学院.食品工艺学(中册)[M].北京:轻工业出版社,1988:64-66.
- [4] 黄江康,王亚琴,易于军.中国荔枝生产贸易现状、前景及人世对策(下)[J].广东科技,2000(6):26-28.
- [5] 彭坚,翟迪升.单体速冻荔枝生产工艺的研究[J].食品科学,2002,23(8):133-135.
- [6] Milford S B. Texture of frozen vegetables, effect of freezing rate on green beans[J]. Journal of Food Science, 1967, 18: 77-81.
- [7] Krokida M K, Karathanos V T, Maroulis Z B. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products[J]. Journal of Food Engineering, 1998, 35: 369-381.
- [8] 李艳聪,李书环.真空冷冻干燥技术及其在食品加工中的应用[J].天津农学院学报,2003,10(1):42-45.
- [9] 李远志,罗树灿,薛子光,等.真空冷冻干燥荔枝果肉工艺研究[J].食品与机械,2003(2):17-18.
- [10] 张颜民,徐光,童建民.荔枝真空冷冻干燥实验研究[J].食品工业科技,1999,20(1):31-32.
- [11] 黄松连.荔枝肉真空冷冻干燥工艺研究[J].广西轻工业,2008,24(7):3-4.
- [12] 陈仪男.冻干香蕉共晶点和共熔点的研究[J].华南热带农业大学学报,2007,13(1):9-12.
- [13] 丁正斌,周永安.冷冻干燥工艺探讨[J].冷藏技术,1996(1):35-39.
- [14] 程远霞,陈素芝,谢秀英.食品共晶点和共熔点试验研究.食品工业,2004,25(1):49-50.