

猕猴桃果浆冻干过程中 V_c 和叶绿素的损失规律^{*}

李忠宏, 杨公明, 陈香维, 史亚歌

(西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 探讨了物料解吸时的表面最高温度、升华初始干燥仓压力和装料厚度 3 个因素对猕猴桃果浆冻干过程中 V_c 叶绿素损失率和冻干时间的影响。结果表明, 在试验范围内, 物料解吸时的表面最高温度越高、升华初始干燥仓压力越大、装料厚度越厚, V_c 叶绿素损失率越大; 物料解吸时的表面最高温度越高、升华初始干燥仓压力越大、装料厚度越薄, 冻干时间越短。

[关键词] 猕猴桃; 真空冷冻干燥; V_c ; 叶绿素

[中图分类号] S662 909 9; TS255 43 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2003)06-0143-03

猕猴桃 (Chinese gooseberry, *Kiwifruit*, *Actinidia chinensis*) 被誉为“ V_c 之王”, 近年来倍受消费者的青睐, 猕猴桃的加工产品也愈来愈多, 但这些产品的加工过程对 V_c 的破坏相当大; 同时加工过程中猕猴桃特有的绿色很难保持, 致使几乎所有的产品都有不同程度的褐变发生^[1~3]。真空冷冻干燥能较好的保存食品的营养成分及色泽, 本研究对真空冷冻干燥加工猕猴桃过程中 V_c 和叶绿素的损失规律进行分析, 以期了解加工产品质量的影响因素, 为猕猴桃的深加工提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

购自杨陵的新鲜秦美猕猴桃, 经清洗、催熟、剥皮、打浆制备为猕猴桃果浆, 按每次冻干所需装料量装袋, 抽真空封装于 0.03 mm 的聚乙烯塑料袋中, 置于 -18℃ 的冰箱中冷冻贮藏约 18 d^[4], 每次冻干时从冰箱取出贮藏果浆, 在冷水中解冻后, 用料理机混合均匀, 取样并装盘。

冻干设备采用宁夏永康食品设备有限公司生产的 ZLG-3A 型搁板式冻干机, 干燥面积 0.3 m²。

1.2 试验方案

选取影响冻干产品质量和能耗的主要因素^[5~10], 即物料解吸时的表面最高温度 ($T_{表}$)、升华

初始干燥仓压力 ($P_{初}$)、装料厚度 (δ) 3 个参数, 做 3 因素均匀试验。其中, $T_{表}$ 设 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56 和 60 10 个水平, $P_{初}$ 设 20, 30, 40, 50 和 80 Pa 5 个水平, $\delta_{设}$ 4, 6, 8, 10 和 12 mm 5 个水平, 且对 $P_{初}$ 和 δ 各拟 5 个水平, 用 U_{10} ($10^1 \times 5^2$) 均匀试验表安排试验。试验采用 L iap is 和 L itchfield 的控制方法^[10], 即预冻后立即升温至猕猴桃的共晶点, 让物料在共晶点附近升华, 升华完毕立即升温至给定的表面最高温度 ($T_{表}$) 进行解吸干燥。

1.3 测定指标及方法

V_c 用 2, 6-D 滴定法; 叶绿素用分光光度法^[11]。冻干所需果浆从 -18℃ 的冰箱中取出, 在冷水中解冻并用料理机混合后, 取样并测定 V_c 和叶绿素含量; 冻干出仓后立即取样, 测定并计算 V_c 叶绿素损失率。

2 结果与分析

2.1 3 因素对 V_c 损失率的影响

冻干试验各因素实测水平值和不同冻干过程中 V_c 叶绿素损失率及冻干时间的测定结果列于表 1。

用 SA S 统计软件对表 1 中的 V_c 损失率进行回归, 得到的最优回归方程为:

$$\hat{F}_{V_c} = -13.393 + 0.253X_1 + 0.226X_2 + 0.185X_3 \quad (1)$$

^{*} [收稿日期] 2002-12-03

[基金项目] 陕西省“九五”攻关项目 (97K05-G50)

[作者简介] 李忠宏 (1971-), 男, 陕西彬县人, 讲师, 在读博士, 主要从事农产品加工新技术研究。

式中, X_1 为物料解吸时的表面最高温度($T_{表}$); X_2 为升华初始干燥仓压力($P_{初}$); X_3 为装料厚度(δ)。

表 1 冻干试验各因素实际水平值和 V_C 叶绿素损失率及冻干时间

Table 1 Loss ratios of vitamin C, chlorophyll and freeze-drying time

试验号 Test No.	$T_{表}$ / Surface temperature	$P_{初}$ /Pa Chamber pressure	δ /mm Thickness of pulp	V _C 损失率/% Loss ratio of V itam in C	叶绿素损失率/% Loss ratio of chlorophyll	冻干时间/h Freeze- drying time
1	56.6	30	6	7.985	48.576	15.0
2	60.6	32	10	12.106	56.323	17.0
3	27.1	35	4	2.518	28.918	15.5
4	28.3	38	8	3.336	30.179	20.0
5	31.1	40	10	7.443	34.425	22.0
6	37.5	56	4	9.924	38.925	14.0
7	40.5	55	8	9.992	37.951	18.0
8	40.4	35	12	6.808	45.578	24.5
9	45.1	39	6	7.949	44.713	17.0
10	49.5	36	10	8.721	48.653	19.5

注: 1, 2 号试验表面局部有焦化现象。

Note: Surface scorch is found in Test No. 1 and No. 2

由方程(1)可知, 在试验范围内, 物料解吸时的表面最高温度越高, 升华初始干燥仓压力越大, 装料厚度越厚, V_C 损失率越大。这是因为物料解吸时的表面温度越高, V_C 分解、破坏越快; 而且压力越高, 干燥仓里的氧气浓度也越大, 在有氧的条件下, V_C 的破坏会加速; 厚度对 V_C 的破坏可能是冻干时间延长导致物料长时间受热所致。通过方程(1)还可看出, V_C 损失率随 $T_{表}$ 、 $P_{初}$ 和 δ 的增大线性增大。3 个因素中, X_1 、 X_2 两因素的显著水平最高, 达到 0.99, 说明冻干过程中, V_C 对温度和干燥仓压力非常敏感; 厚度的显著水平为 0.95, 说明冻干时间延长对 V_C 损失影响也较大。故要使 V_C 的损失率减少, 则必须同时降低 $T_{表}$ 、 $P_{初}$ 和 δ 。

2.2.3 因素对叶绿素损失率的影响

对表 1 中的叶绿素损失率用 SAS 软件回归, 可得 3 因素对 V_C 损失率影响的最优回归方程:

$$\hat{F}_{Chl} = -45.955 + 0.833X_1 + 2.729X_2 - 1.953X_3 - 0.028X_1^2 - 0.035X_2X_3 + 0.239X_3^2 \quad (2)$$

由方程(2)可知, 在试验范围内, 叶绿素损失率随 $T_{表}$ 的增大呈线性增加, 随 $P_{初}$ 和 δ 的增大呈二次曲线增加。这是因为温度升高, 使叶绿素的破坏加速, 压力升高, 亦即干燥仓空气量越多, 空气中的氧会使叶绿素的破坏加快, 厚度对叶绿素的破坏也可能是冻干时间延长导致物料长时间受热所致。3 个因素中, X_1 、 X_2 两因素的显著水平最高, 达到 0.99, 可以看出冻干过程中, 叶绿素对温度和干燥仓压力非常敏感; 厚度的显著水平为 0.90, 说明冻干时间延长对叶绿素损失的影响也较大。故要使叶绿素的损失率减少, 则必须同时降低 $T_{表}$ 、 $P_{初}$ 和 δ 。

2.3.3 因素对冻干时间的影响

用 SAS 软件对表 1 的冻干时间进行回归, 得到 3 因素对冻干时间影响的最优回归方程:

$$\hat{F}_t = 6.708 + 0.417X_1 - 0.079X_2 + 1.320X_3 - 0.0182X_1X_3 - 0.005X_1^2 + 0.032X_3^2 \quad (3)$$

由方程(3)可知, 在试验范围内, 冻干时间随 $T_{表}$ 的增大呈二次曲线减少, 而随 $P_{初}$ 的增加呈线性减少。这是因为干燥仓压力越大, 干燥过程的传热进行得越快, 所用冻干时间越短^[11]。随 δ 的增大, 冻干时间呈二次曲线增加。 X_1 、 X_2 、 X_3 的显著水平均为 0.95, 对冻干时间来说, 3 个因素的影响相同, 要减少冻干时间则要增大 $T_{表}$ 和 $P_{初}$, 减少 δ 。

通过试验发现, 表面最高温度达到 56~60 时, 物料表面局部有焦化现象, 这是由于表面受热不均匀所致, 同时, 这一现象也说明猕猴桃的表面焦化温度为 56~60。由表 1 可知, 叶绿素损失率普遍较大, 尽管最大时达到 56.323%, 但观察发现, 产品并未发生褐变, 而是断面自下而上依次变浅, 可能是因为冻干过程在低温和水分冻结的情况下进行, 故无褐变发生, 自下而上绿色变浅可能是由于溶解于物料中的水分和空气不断穿过已干层, 造成叶绿素分解和氧化所致。

3 小 结

1) 因 3 个因素水平值的差异, 该试验 V_C 损失率从 2.518% 升高到 12.106%, 但相对于其他加工方法来说, V_C 损失率要少得多^[1, 2, 13], 而叶绿素损失率稍大, 从 28.918% 升高到 56.323%, 但冻干产品没有发生褐变, 只是断面从下至上绿色依次变浅。

2) 56~ 60 下冻干时, 物料表面局部有焦化现象。因此, 实际冻干时, 应将物料表面温度控制在60 以下。

3) 在试验范围内, 物料解吸时的表面最高温度越高, 升华初始干燥仓压力越大, 装料厚度越厚, V_C、叶绿素损失率越大。

4) 在试验范围内, 物料解吸时的表面最高温度

越高, 升华初始干燥仓压力越大, 装料厚度越薄时冻干时间越短。

5) 物料解吸时, 表面最高温度、升华初始干燥仓压力、装料厚度对V_C、叶绿素损失率和冻干时间都有影响, 实际冻干时要综合考虑V_C、叶绿素损失率和冻干时间3个指标, 对3因素水平要合理取值。

[参考文献]

- [1] 邓继尧, 何文品, 陈继坤, 等. 猕猴桃加工与V_C保存的研究[J]. 四川农业大学学报, 1994, 12(1): 72- 80
- [2] 邓继尧, 陈继坤, 何文品. 对影响猕猴桃中V_C各种因素的研究[J]. 四川农业大学学报, 1993, 4(1): 6- 9
- [3] Franco A lvisil. Kiw ifruit: poducing and marketing[J]. Acta Horticulturrae, 1990, 282: 21- 28
- [4] 李忠宏, 姜道年, 陈勇斌, 等. 猕猴桃果浆贮藏期间维生素C和叶绿素的变化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(增刊): 16- 17.
- [5] 成 坚, 曾庆孝, 王 琴. 冷冻干燥速率强化措施[J]. 食品与机械, 2000, (6): 20- 22
- [6] 张晋陆, 张俊杰. 真空冷冻干燥食品的品质控制[J]. 食品科学, 1998, 19(10): 38- 40
- [7] 梁尚勇. 食品冷冻干燥及其发展[J]. 食品工业科技, 1995, (1): 70- 73
- [8] Hamman i. Detem ination of freeze-drying process variables for strawberries[J]. J Food Eng Oxford: Elsevier Science L td, 1997, 32 (2): 133- 154
- [9] Iwan i D C. Process optin ization of freeze dried strawberries[J]. Canadian A gricultural Engineering, 1990, 32(2): 323- 328
- [10] 生庆海, 车云波, 骆承痒. 冷冻干燥的发展及其研究内容[J]. 食品工业, 1997, (4): 42- 44
- [11] 彭运生. 关于提取叶绿素方法的比较研究[J]. 北京农业大学学报, 1992, 18(3): 247- 250
- [12] 蓝仁华, 涂伟平, 杨卓如. 胡萝卜土豆冷冻干燥的优化条件[J]. 食品科学, 1995, 16(12): 30- 32
- [13] 张凤英, 黄安全, 刘火兴. 猕猴桃果粉的研制[J]. 食品科学, 1997, 18(12): 30- 32

Loss ratios of V itam in C and Chlo rophyll in Kiw ifruit during freeze-drying

L I Zhong-hong, YANG Gong-m ing, CHEN Xiàng-wei, SHI Ya-ge

(College of Food Science and Engineering, Northw est Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yang ling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The effect of three factors- the highest temperature of the pulp surface, air pressure of the chamber and thickness of pulp on the loss ratios of vitam in C and chlorophyll was explored. Based on three factors regression, the principals were discovered. They are: the loss ratios of vitam in C and chlorophyll became larger with the increase of temperature and air pressure and thickness; the time elapsed was shorter with the increase of temperature and air pressure and with the decrease of thickness.

Key words: kiw ifruit; vacuum cryodesiccation; V itam in C; chlorophyll