

文章编号:1009-038X(2005)01-0045-04

## 真空冷冻与热风联合干燥草莓

徐艳阳<sup>1</sup>, 张 懿<sup>1</sup>, 孙金才<sup>2</sup>, 杜卫华<sup>2</sup>, 陈移平<sup>2</sup>

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036; 2. 海通食品集团有限公司, 浙江 宁波 315300)

**摘 要:** 应用真空冷冻干燥与热风干燥(FAD)联合的方式做不同转换点试验, 将得到的产品分别与完全的热风干燥(AD)和真空冷冻干燥(FD)的产品比较总的能量消耗和物化特性, 确定了FAD联合干燥的方式和最佳转换点. FAD联合干燥的产品极大地改善了完全热风干燥草莓的品质, 其质量较接近完全真空冷冻干燥的产品.

**关键词:** 联合干燥; 真空冷冻干燥; 热风干燥; 草莓

**中图分类号:** TS 255.3

**文献标识码:** A

### Experimental Studies on Treatment of Strawberries by a Combination Drying of Vacuum Freeze and Hot-Airflow

XU Yan-yang<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>1</sup>, SUN Jin-cai<sup>2</sup>, DU Wei-hua<sup>2</sup>, CHEN Yi-ping<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Haitong Food Group Ltd. Co, Zhejiang, Ningbo 315300, China)

**Abstract:** Strawberries were treated with a combination drying of vacuum freeze and hot-air (FAD) in this work. Energy consumption and physicochemical properties of different drying methods were compared with single hot-air drying and vacuum freeze drying. Favorate combination drying method and conversion point were acquired. The results show that combination dried products of FAD approximated single vacuum freeze dried ones, and combination drying was effective for improving hot-air dried strawberries quality.

**Key words:** combination drying; vacuum freeze drying; hot-air drying; strawberry

真空冷冻与热风联合干燥技术(FAD)是指根据物料的特性, 将真空冷冻干燥和热风干燥两种方式优势互补, 分阶段进行的一种复合干燥技术, 其目的是缩短干燥时间、降低能耗、提高产品质量. 热风干燥具有能耗低(与其它干燥方法相对而言)、生产方法相对简单、产量高等优点, 但也存在许多不足. 例如, 产品的皱缩度较大、色泽褐变严重、复水性差、营养成分破坏严重等. 而真空冷冻干燥可以

改变上述缺陷, 最大限度地保持食品的色、香、味、形, 提高产品的复水性, 但是能耗高、操作技术相对复杂、连续化生产能力低, 所以加工成本较高, 严重地制约了该行业在我国的迅速发展<sup>[1,2]</sup>. 因此, 如何使两种干燥方式有机地结合起来, 寻找合适的转换点, 降低能耗成本, 而品质最接近于冻干产品, 这对企业乃至整个行业的发展, 都具有很重要的现实意义.

收稿日期:2004-03-31; 修回日期:2004-05-09.

基金项目:慈溪市科技攻关项目(CN2003020)资助课题.

作者简介:徐艳阳(1972-),女,吉林公主岭人,食品科学与工程博士研究生.

万方数据

草莓 (*Fragaria ananassa* Duchesne) 又名洋莓、凤梨等, 为蔷薇科草莓属宿根性多年生草本植物, 为浆果类。其外观呈心形, 颜色鲜红, 柔嫩多汁, 酸甜适度, 香味浓郁, 具有润肺生津、健脾护胃、抗氧化、抗癌等功效<sup>[3,4]</sup>, 尤其是含有鞣花酸(除了草莓外, 只能在葡萄和樱桃中找到), 能避免致癌物将健康的细胞转变为癌细胞。据测定, 每 100 克草莓果肉中含碳水化合物 6.0 g、蛋白质 1.0 g、脂肪 0.2 g、维生素 C 47 mg、胡萝卜素 30 mg、钙 18 mg、铁 1.8 mg 及多种氨基酸<sup>[5]</sup>, 是水果中难得的集营养、色、香、味俱佳者<sup>[6]</sup>。它既可生食, 又可作为加工制造饮料、保健食品的重要原料。

目前我国的草莓年产量仅次于美国, 已跃居世界第 2 位, 亚洲第 1 位<sup>[7]</sup>。脱水草莓是我国大量出口日本、欧洲和美国的主要产品之一。虽然采用真空冷冻干燥方式生产脱水草莓, 能够最大限度地保持其营养成分及色、香、味, 但能耗大, 生产成本低。因此, 本研究采用真空冷冻与热风联合的干燥方式对草莓进行了脱水试验, 拟寻求较佳的联合干燥工艺, 使产品在具有冻干草莓品质的同时, 降低其生产成本, 提高产品的附加值。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

草莓由浙江海通食品集团股份有限公司草莓生产基地提供, 品种为“丰香”。

### 1.2 仪 器 与 设 备

UFREEZE DRYING-03 型冻干试验机: 厦门联友冷冻设备有限公司生产; STJ-1 型蔬菜烘干机: 浙江三雄机械制造有限公司生产; DQB-3600W 多功能气调包装机: 上海青浦包装机械厂生产; Kangguang® SC-80C 型全自动色差计: 北京光学仪器厂生产; DJ-04 型中药粉碎机: 上海淀久中药机械制造有限公司生产; FA1104 上皿电子天平: 上海精密科学仪器有限公司生产; FED115 可编程烘箱: 德国 Binder 公司生产。

### 1.3 方 法

1.3.1 工艺流程 原料选择→预处理(清洗, 去蒂)→预冻→干燥→包装→贮藏

原料选择及预处理: 选择七八分熟、大小一致的新鲜草莓, 用水清洗, 去蒂以后, 装盘备用; 预冻: 将预处理好的草莓送入急冻间预冻。

1.3.2 干燥方式 (1) 将预冻处理好的草莓直接进行真空冷冻干燥, 单层铺放, 作为对照; (2) 将预冻处理好的草莓进行真空冷冻与热风联合干燥, 即

将整个干燥过程分为两个阶段: 将预处理好的物料先装盘, 先进行真空冷冻干燥, 到一定水分含量后, 进行热风干燥至最终成品; (3) 将预冻处理的草莓直接进行热风干燥, 单层铺放, 作为对照试验。

### 1.4 测 定 指 标

水分含量的测定: 用直接干燥法<sup>[8]</sup>; 颜色的测定: 应用 Kangguang® SC-80C 全自动测色色差计定量测量颜色; 密度的测定: 体积替换法<sup>[9]</sup>; 微生物检测: 检测项目和方法见表 1; 感官鉴定标准的制定: 采用 9 分制, 9 人组进行鉴定。感官鉴定标准见表 2。

表 1 微生物检测项目和方法

Tab. 1 Microorganism detection items and methods

检测项目	检测依据 <sup>[10]</sup>
菌落总数	GB/T 4789. 2—1994
大肠菌群	GB/T 4789. 3—1994
沙门氏菌	GB/T 4789. 4—1994
大肠杆菌	GB/T 4789. 31—2003
金黄色葡萄球菌	GB/T 4789. 10—1994

表 2 感官鉴定标准

Tab. 2 Standard of sensory evaluation

项目	感官质量	评分标准/分
色泽	接近天然草莓颜色, 鲜红色, 有亮泽	7~9
	比较接近天然草莓颜色, 粉红色, 无亮泽	4~6
	与天然草莓颜色差别大, 深红褐色, 无亮泽	1~3
组织状态	气孔多, 皱缩度很小, 基本保持原形	7~9
	较多气孔, 部分皱缩, 部分保持原形	4~6
	基本无气孔, 皱缩度很大, 不能保持原形	1~3
口感	疏松, 质脆	7~9
	较疏松, 硬度稍大	4~6
	硬度较大, 无脆感	1~3
风味	草莓香浓郁	7~9
	草莓香清淡	4~6
	基本无草莓香, 有异味(焦)	1~3

## 2 结果与分析

### 2.1 真空冷冻与热风联合干燥工艺

根据已摸索的条件, 在真空冷冻干燥至一定水分质量分数约 30%, 40%, 50% 时作为联合干燥的转换点, 各组试验工艺条件见表 3。

表3 FAD联合干燥草莓各组试验工艺条件

Tab. 3 Technological parameters of FAD combination drying

试验标号	FD 温度/ ℃	FD 时间/ h	FD 后水分 质量分数/%	AD 温度/ ℃	AD 时间/ h	最终成品水分 质量分数/%	总干燥 时间/h
(1)	95	26	8.833	-	-	8.83	26.00
(2)	-	-	-	60	13.50	13.23	13.50
(3)	95	8.25	55.30	60	9.00	8.00	17.25
(4)	95	9.75	48.87	60	8.50	8.35	18.25
(5)	95	13.75	31.98	60	5.00	8.34	18.75

对 FAD 联合干燥的产品进行检测,结果见表 4.由表 4 可知,试验(1)FD 产品的密度最小,试验(2)AD 产品的密度最大,随着 FD 时间的延长,FAD 联合干燥的产品密度越来越小,即变形越小,感官质量越好,品质越接近 FD 产品.其中,试验(5)的密度较接近 FD 产品,感官评分较高,能耗费用降低 32%.但是对 FAD 联合干燥的草莓切半时,发现切面的芯部有褐变现象(与 FD 产品相比较而言),有待于进一步研究.

表4 FAD联合干燥的产品密度、感官、能耗费用的比较

Tab. 4 Comparison results of FAD combination dried products

试验标号	密度/ (g/mL)	感官鉴定 综合得分/分	能耗费用/ (元/kg)
(1)	0.0983	9.0	16.25
(2)	0.5228	2.2	0.38
(3)	0.3097	4.1	6.74
(4)	0.2476	4.6	7.89
(5)	0.1990	5.5	10.98

颜色是评价食品质量的重要指标之一,因此,采用食品工业中常用的 CIEL\* a\* b\* 均匀色空间表色系统,应用 Kangguang® SC-80C 全自动测色色差计定量测量颜色.其中,L\* 代表亮度(黑-白),其值越小表明越暗,L\* 值与果蔬的褐变有关<sup>[11]</sup>; a\* 代表红-绿色,其值越小表明越绿; b\* 代表黄-蓝色,其值越小表明越蓝; $\Delta E^*$  代表总的色差值.色差比较结果见表 5.

由表 5 可知,与完全 FD 产品的 L\* 值相比,AD 产品的 L\* 值较小,说明亮度小,褐变度较大,其余 3 组值接近完全 FD 产品的 L\* 值,即亮度大,褐变度小.由总色差  $\Delta E^*$  值可得,各组试验产品的总色差值随着真空冷冻干燥时间的延长而变小,其中第(5)组, $\Delta E^*$  值最小,说明较接近 FD 产品.由表 4,5 中各组数据比较可以得出,质量相对较好,即较接近完全 FD 的为试验(5).

万方数据

各组产品的微生物检测结果见表 6.由表 6 可知,微生物检测均符合脱水产品卫生质量标准.

表5 FAD试验色差分析结果

Tab. 5 Color differences detection results of combination dried products of FAD

样品	颜色值						
	L*	a*	b*	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$
(1)	38.98	31.29	17.51				
(2)	13.07	22.84	17.47	27.25	-25.91	-8.45	-0.04
(3)	27.73	20.60	12.90	16.19	-11.25	-10.69	-4.61
(4)	28.46	25.40	18.55	12.10	-10.52	-5.89	1.04
(5)	30.63	28.97	16.56	8.72	-8.35	-2.32	-0.95

表6 FAD微生物检测结果

Tab. 6 Microorganism detection results of combination dried products of FAD

试验标号	微生物指标			致病菌
	菌落总数/ (个/g)	大肠菌群/ (个/g)	大肠杆菌/ (个/g)	
(1)	510	阴性	<3	阴性
(2)	290	阴性	<3	阴性
(3)	370	阴性	<3	阴性
(4)	330	阴性	<3	阴性
(5)	390	阴性	<3	阴性

由以上结果可知,较佳水分转化点为试验(5),即 FD(冷冻干燥 13.75 h)+AD(热风干燥 5 h),该点产品品质较接近 FD,感官鉴定接近 FD 产品.

## 2.2 真空冷冻与热风联合干燥特性

冷冻与热风联合干燥草莓较佳水分转化点为试验(5),其干燥曲线见图 1.由图 1 可以看出:在试验(5)的 FAD 联合干燥过程中,先是真空冷冻干燥 13.75 h,水分质量分数降到 30%后直接进行热风干燥.当热风干燥 5 h 时,草莓水分质量分数降到 8%,以后趋于平缓,变化不大.因此,FAD 联合干燥终点为热风干燥 5 h.

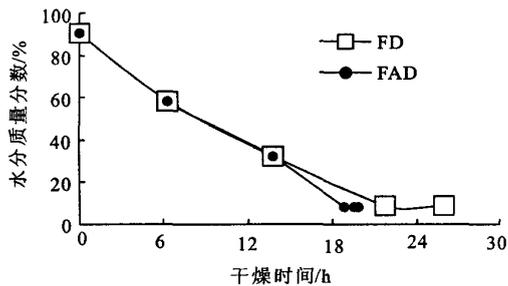


图1 不同干燥方式下水分质量分数随干燥时间的变化

Fig. 1 Drying cruve of different drying methods

### 3 结论

1) 真空冷冻与热风联合干燥的脱水草莓在质

量方面明显优于完全热风干燥的脱水草莓,更接近于完全冷冻干燥的脱水草莓。

2) 真空冷冻与热风联合干燥的脱水草莓产品质量较好,接近完全FD产品,初步确定,真空冷冻干燥至水分质量分数30%为联合干燥较佳转换点,能耗费用降低32%。

3) 将真空冷冻-热风联合干燥技术应用于草莓的深加工,获得了真空冷冻与热风联合干燥的较佳干燥方式,研发出的FAD优质高档脱水草莓产品,提高了产品的附加值。

真空冷冻与热风联合干燥(FAD)的脱水草莓芯部褐变较深等问题需进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 郭书芹. 发展冻干食品大有可为[J]. 技术与市场, 2002, (6): 1.
- [2] 高福成, 刘志胜, 李修渠, 等. 冻干食品[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [3] 徐雅琴, 于泽源, 邵铁华. 草莓红色素稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2000, (4): 13-16.
- [4] 付磊, 陶燕飞. 气相色谱法测定草莓中的赤霉素[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2002, (4): 359-360.
- [5] 王光亚, 沈治平, 范文得, 等. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998. 10-11.
- [6] 张希琴. 草莓色素的提取及稳定性研究[J]. 青岛大学学报, 2001, (1): 66-70.
- [7] 谭昌华, 代汉萍, 雷家军. 世界草莓生产与贸易现状及发展趋势[J]. 世界农业, 2003, (6): 16-19.
- [8] 大连轻工业学院, 华南理工学院, 郑州轻工业学院, 等. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1994.
- [9] Arun S Mujumdar. Developments In Drying (Volume II) [M]. Thailand: Kasetsart University Press, Bangkok. 2000. 152-153.
- [10] 斐山, 钱中明. 中华人民共和国专业标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 1990. 253-298.
- [11] Gurbuz Gunes, Chang Y Lee. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents[J]. Journal of Food Science. 1997, 62 (3): 572-575.

(责任编辑: 杨勇)