

# 菠萝皮干燥工艺研究

叶盛权<sup>1,2</sup>, 吴晖<sup>1</sup>, 郭祀远<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640) (2. 广东海洋大学食品科技学院, 广东 湛江 524005)

**摘要:** 本实验采用了不同的干燥温度和物料厚度对菠萝皮进行干燥, 对其干燥曲线进行分析, 得出物料厚度对干燥效率影响较大, 而干燥温度对菠萝皮的干燥速率呈正相关性。不同干燥温度得到的成品的营养成分是有差别的。通过实验得到, 菠萝皮采用厚度为 6 kg/m<sup>2</sup>, 干燥温度为 70 °C 所得到的产品, 均匀松散, 颜色均匀, 且带有浓郁的菠萝香味。

**关键词:** 菠萝皮; 干燥工艺; 成分分析

中图分类号: TS205.1; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)11-0030-05

## A Study on the Drying Technology of Pineapple Peel

YE Sheng-quan<sup>1,2</sup>, WU Hui<sup>1</sup>, GUO Si-yuan<sup>1</sup>

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524005, China)

**Abstract:** The drying technologies of pineapple peel were investigated by varying the drying temperature and material thickness. The analysis of the drying curve showed that the material thickness had higher effect on the drying efficiency than the other examined factor and a positive relevance was found between the drying temperature and drying rate. It was also found that the nutrition component of the dried pineapple peel was influenced by the drying temperature. The optimum material thickness and drying temperature were determined as 6 kg/m<sup>2</sup> and 70 °C, respectively, under which the product was rich in pineapple aroma, loose-textured and with a uniform color.

**Key words:** pineapple peel ; drying technology; composition analysis

菠萝, 又名凤梨, 是脍炙人口的热带水果之一<sup>[1]</sup>, 现在已广泛分布在南北回归线之间, 成为世界重要的果树之一。在我国主要栽培地区有广东、海南、广西、台湾、福建、云南等省(区)。菠萝生长迅速, 生产周期短, 年平均气温 23 °C 以上的地区终年可以生长<sup>[2]</sup>。目前广东省种菠萝以粤西地区的湛江为主, 由于加工后仍然保持原来鲜果的风味, 因而在水果加工业始终名列前茅。但菠萝果实不易贮存, 除极少部分直接销售外, 大部分用于加工成罐头和果脯。

菠萝皮渣就是菠萝加工的下脚料, 包括外皮、两端和果眼, 占去整个菠萝的 50%~60%。分析测试表明, 菠萝皮渣含有的营养成分与果肉的基本成分相接近, 菠萝皮渣中的水分、柠檬酸和总糖等成分比例与果肉相差无几<sup>[3-9]</sup>。可见菠萝皮含有一定的营养成分, 而且数量多, 分布集中, 便于利用, 只是暂时被忽视了。若不加以利用而被工厂丢弃, 遗弃于河流、公路两旁

收稿日期: 2007-08-16

基金项目: 粤港招标项目(2005a20301002), 新世纪优秀人才支持计划资助(NCET), 广东海洋大学科学基金项目(0612184)资助

作者简介: 叶盛权(1966-)男, 副教授, 在读博士, 主要从事食品研究与开发方面的研究工作。

或加工厂附近, 不仅严重污染加工区附近的生态环境, 又浪费水果资源。

在菠萝果皮渣的综合利用方面, 国内外都作了大量的研究, 在生产酒精和果醋方面、发酵制品方面、化工领域、生产单细胞蛋白(SCP)方面、以及菠萝皮中菠萝蛋白酶的提取和分离, 都有了较为深入的研究, 并都取得了一定的成果<sup>[10-11]</sup>。

菠萝皮作为一种新型的饲料资源, 它含有丰富的营养素, 可以替代一部分传统意义上的饲料。在保证生产效果的前提下可以在很大程度上解决养殖业面临的饲料资源不足的压力, 同时可以降低生产成本, 获得更好的经济效益和社会效益。所以, 开发和利用菠萝皮作为饲料资源, 有着广阔的市场前景和发展空间。而菠萝季节一般都在夏季, 刚削下的菠萝皮, 未经处理, 含水率都是很高的, 达到 80%左右, 若不及时处理, 在夏季这么高的气温, 很容易就发生腐败、霉变而发臭<sup>[12-17]</sup>。

因此, 本实验拾获削下菠萝皮, 对其进行干燥处理, 希望能生产出营养丰富, 风味独特的菠萝皮饲料, 并对其干燥规律进行研究。把菠萝皮这些宝贵的资源充分利用起来, 变废为宝。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

从湛江市霞山海滨市场购买的新削下的菠萝皮层, 除去病虫害、霉变的皮层, 洗干净后, 切成大小相等的颗粒状。

### 1.2 主要仪器

电热恒温鼓风干燥箱 101-3-BS-II (上海跃进医疗器械厂); 电子天平 JY3002 (上海精密科学仪器有限公司); 分析天平 AY120 (岛津公司); 调温电热套 KDM (山东鄞城华鲁电热仪器有限公司); 高温箱形电炉 SX<sub>2</sub>-4-10 (上海博迅实业有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 干燥设计

将菠萝皮均匀地摊放在容器上, 放入 101-3-BS-II 型电热恒温鼓风干燥器中, 干燥器有热风循环系统, 热风循环系统是由能在高温下连续动转的风机和合适风道组成, 提高工作室温度均匀, 菠萝皮与热空气进行湿热交换。

#### 1.3.2 干燥参数的选择

菠萝皮含水量很大, 若干燥厚度太大, 影响干燥速率, 选取干燥厚度为 3 kg/m<sup>2</sup>、4.5 kg/m<sup>2</sup> 与 6 kg/m<sup>2</sup> 进行对比。温度是影响菠萝皮干燥速度与干燥品质的主要因素。选择较高的温度, 菠萝皮的脱水速率大, 干燥时间短, 但温度过高, 菠萝皮过热, 则造成菠萝皮中某些热敏营养成分如 V<sub>C</sub>、V<sub>B1</sub>、V<sub>B2</sub> 的损失。若选择较低的温度, 菠萝皮的脱水速率将显著减小, 必然会延长干燥时间。在此选择了 50 °C、60 °C、70 °C、80 °C 四种温度进行对比试验。

#### 1.3.3 干燥指标的测定

水分的测定: 通过称重法测定。每隔 20 min, 将菠萝皮迅速地置于电子天平上称其质量, 每两次测量点菠萝皮的质量差即为该时间间隔内菠萝皮所蒸发的水分质量, 由此可知菠萝皮干燥过程中的水分变化情况。

灰分的测定<sup>[6]</sup>: 食品经灼烧后所残留的无机物质称为灰分。灰分是用灼烧重量法测定。取大小适宜的瓷坩埚置于高温炉中, 在 600 °C 下灼烧 0.5 h, 冷至 200 °C 以下后, 取出, 放入干燥器中冷至室温, 精密称量, 并重复灼烧至恒量。

总糖的测定<sup>[7]</sup>: 样品经除去蛋白质等杂质后, 用盐酸水解, 生成还原糖, 再按还原糖的测定方法直接滴定法测定。在加热的条件下, 以次甲基蓝为指示剂, 用样品溶液直接滴定已标定的费林试剂, 样品中的还

原糖与费林试液中的酒石酸钾钠铜络合物反应, 生成红色的氧化亚铜沉淀, 氧化亚铜再与试剂中的亚铁氢化钾反应, 生成可溶性化合物, 到达终点, 稍过量的还原糖将次甲基蓝还原, 溶液由蓝色变为无色, 即为终点。根据样品消耗的体积, 可以计算出总糖的含量。

蛋白质的测定<sup>[6]</sup>: 蛋白质是含氮的有机化合物。食品与硫酸和催化剂一同加热消化, 使蛋白质分解, 分解的氨与硫酸结合生成硫酸铵。然后碱化蒸馏使氨游离, 用硼酸吸收后再以硫酸或盐酸标准溶液滴定, 根据酸的消耗量乘以换算系数, 即为蛋白质含量。

粗纤维的测定<sup>[9]</sup>: 样品相继与热的稀酸、稀碱共煮, 并分别经过滤分离、洗涤残留物等操作, 再进行干燥。酸可将糖、淀粉、果胶质和部分半纤维素水解而除去。碱能溶解蛋白质、部分半纤维素、木质素和皂化脂肪酸而将其除去。再用乙醇和乙醚处理。所得的残渣干燥后即粗纤维含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 物料层厚度对干燥速率的影响

不同温度下, 不同的物料层厚度的干燥曲线如图 1~4 所示。

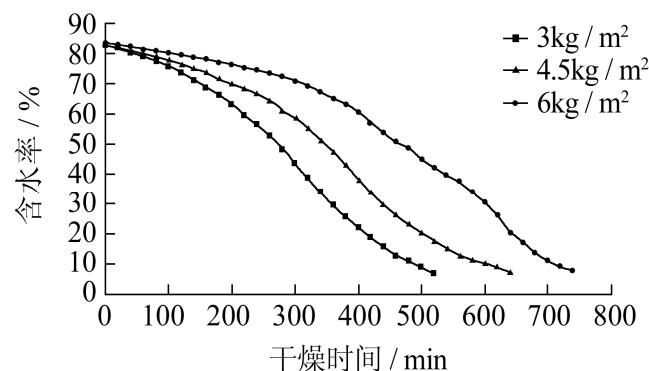


图 1 不同干燥厚度在 50 °C 的干燥曲线

Fig.1 50 °C different thickness drying curve

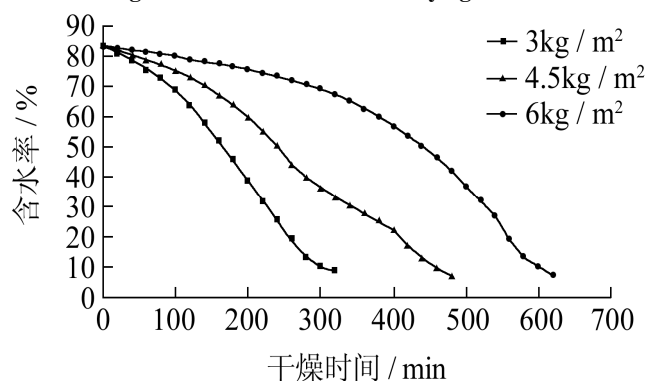


图 2 不同干燥厚度在 60 °C 的干燥曲线

Fig.2 60 °C different thickness drying curve

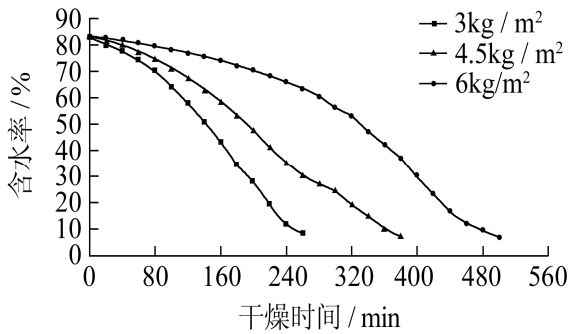


图3 不同干燥厚度在 70 °C 的干燥曲线

Fig.3 70 °C different thickness drying curve

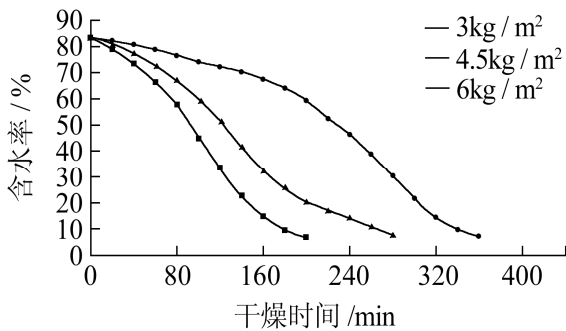


图4 不同干燥厚度在 80 °C 的干燥曲线

Fig.4 80 °C different thickness drying curve

由图1~4可知,物料堆放的厚度对干燥时间的影响是成正比关系的,因为堆放的厚度影响着纤维内部水分的扩散和蒸发,从而影响了干燥时间。堆放越厚,需要的干燥时间也相对变长。因为堆放薄,物料与热空气的热交换的面积足够大,水分散失也容易,若堆放厚了,里层的物料就难与热空气进行热交换,因而所需要的干燥时间就变长了。随着水分的散失,物料的体积变小,从而物料与热空气的接触面积变大,干燥的速率也变大,因此在干燥后期,物料散失同样的水分所需的时间变短。

### 2.2 干燥温度对干燥速率的影响

厚度为 3 kg/m<sup>2</sup>、4.5 kg/m<sup>2</sup>、6 kg/m<sup>2</sup> 菠萝皮的含水率与干燥时间的关系分别如图5、图6和图7所示。

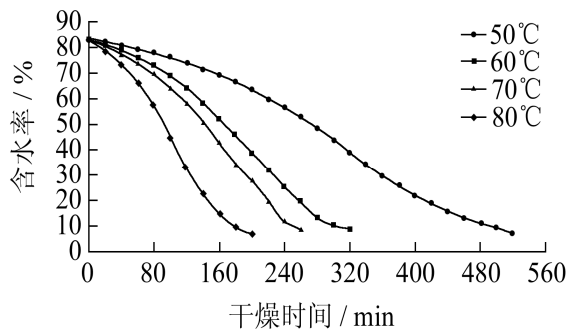


图5 不同干燥温度在厚度为 3 kg/m<sup>2</sup> 的干燥曲线

Fig.5 3 kg/m<sup>2</sup> different temperature drying curve

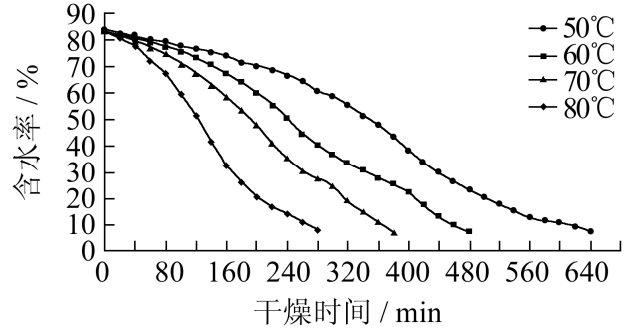


图6 不同干燥温度在厚度为 4.5 kg/m<sup>2</sup> 的干燥曲线

Fig.6 4.5 kg/m<sup>2</sup> different temperature drying curve

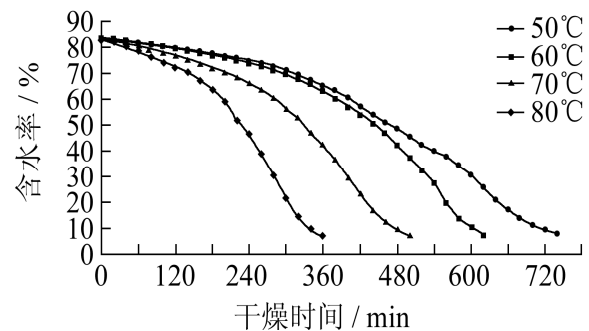


图7 不同干燥温度在厚度为 6 kg/m<sup>2</sup> 的干燥曲线

Fig.7 6 kg/m<sup>2</sup> different temperature drying curve

从图5~7知,干燥温度对干燥时间的影响也是成反比关系的。温度越高,热空气温度提高,与物料进行的热交换也提高,因此所需要的干燥时间减少。

### 2.3 菠萝皮的临界含水量

由于 80 °C 干燥得到的成品带有一点焦味,因此选用 70 °C 为干燥温度,6 kg/m<sup>2</sup> 为物料干燥厚度得到的成品最佳,相应的干燥曲线如图8所示。

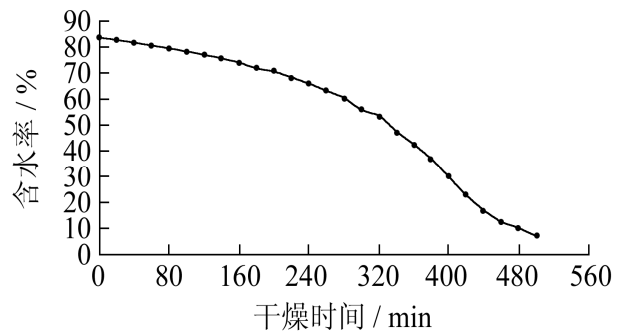


图8 最佳工艺干燥曲线

Fig.8 Best fine technics drying curve

将最佳工艺的干燥曲线图(图8)中的数据整理成干燥速率与干基含水比(即物料干基与物料含水量的比值)的关系曲线,得出干燥速率曲线图9所示。

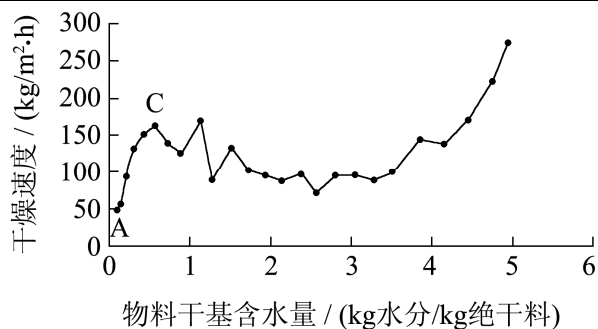


图9 最佳工艺干燥速率曲线

Fig. 9 Best fine technics drying speed curve

从图9中看出,点C到点A阶段,干燥速率始终降低,C点是恒速与降速阶段的分界点,为临界点。从图知,C点的干基含水比为0.58,折算成含水量为36.81%,由此可得,菠萝皮的临界含水量(湿基)为36.81%,干燥速度是162.07 kg/m<sup>2</sup>·h。

## 2.4 干燥规律

### 2.4.1 热阶段

由以上图例可知,在含水量到达70%之前,干燥曲线都比较平缓,此阶段为预热阶段。菠萝皮刚放进干燥器,此时含水量较大,温度上升缓慢,菠萝皮表面的水分也开始蒸发,在这阶段的干燥曲线较为缓慢。

### 2.4.2 恒速干燥阶段

恒速干燥阶段是在物料含水量70%到30%左右的阶段里,干燥曲线最陡,此时,菠萝皮大量的非结合水由内向外传递,迅速到达菠萝皮的表面,使表面仍保持有一点湿润,但水分很快就在表面蒸发。此时的干燥主要由外部扩散传质所控制。由上面图中的干燥曲线可对比看出,干燥温度为80℃的干燥曲线在此阶段要比50℃的干燥曲线要陡。另外,对高水分物料的恒速干燥阶段,一般来说都较短,并且有干燥温度越高,干燥所需时间越短的趋势。此时,菠萝皮的表面温度上升不快,菠萝皮从热空气吸收的热量主要用于水分的蒸发。

### 2.4.3 降速干燥阶段

在降速干燥阶段,主要是结合水的扩散蒸发。此时,菠萝皮的表面温度稍高于其内部温度,温度梯度与水分梯度方向相反,阻碍菠萝皮内层的水分向表面作扩散运动,使干燥过程变得缓慢。随着含水量的降低,降速干燥阶段的水分蒸发量减少,菠萝皮从热空气吸收的热量逐渐用于自身的温升,以促进水分蒸发。降速干燥的后期,菠萝皮的含水量已降到一个较低的水平,蒸发量变得更小,此时菠萝皮的温度上升很快,直至趋近于热空气的温度。干燥的后期菠萝皮中的绝大部分水分已被热风带走,接近干燥要求。

### 2.4.4 冷却降温阶段

当菠萝皮干燥到接近要求时,可以关闭干燥器。此时是菠萝皮的冷却降温阶段。干燥器内仍具有一定温度,热空气开始冷却,同时,菠萝皮在冷却降温的同时,水分仍略有蒸发,慢慢到达干燥要求。这样,不仅可以达到干燥的要求,也可以节省能量。

## 3 结论

通过本实验得出,物料干燥厚度为6 kg/m<sup>2</sup>,干燥温度为70℃得出的成品较好(均匀松散,颜色均匀,且带有浓郁的菠萝香味)。成品水分含量为7.20%,总糖7.49%,粗蛋白3.71%,粗纤维23.58%,粗灰分3.12%。干燥时间为8小时20分钟,干燥效率0.15%/min,干燥生产率12.00 g/min。菠萝皮的临界含水量(湿基)为36.81%。物料的干燥过程分为四个阶段,预热阶段、恒速干燥阶段、降速干燥阶段和冷却降温阶段,其中恒速干燥阶段所占比例最大,用的干燥时间较长。

实验表明,在相同干燥温度下,物料厚度与干燥时间成正比关系,厚度越厚,所需时间越长。而在物料厚度相同的情况下,干燥温度与干燥时间成反比关系,温度越高,所需时间越短。

## 参考文献

- [1] 叶盛权,侯少波,张琴,等.菠萝皮饲料添加剂的研制[J].食品研究与开发,2004,25(6): 45
- [2] 各地特色资源开发利用之三十八,菠萝的营养成分及功效.中国食品报,2007,8: 1
- [3] 陈玉水.农副产品废弃物的生物净化与利用研究[J].福建农业科技,1998(增刊):25-28
- [4] 王俊,巢炎,傅俊杰,等.辐照苹果热风干燥工艺的实验研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(5):579-582
- [5] 杨礼富,谢贵水.菠萝加工废料-果皮渣的综合利用[J].热带农业科学,2002,22(4):67-71
- [6] 蒋志红,吴晓萍,林华娟.食品分析实验讲义[M].广东海洋大学,2005(9):36-56
- [7] 吴谋成.食品分析与感官评定[M].中国农业出版社,2004(8):85-93
- [8] 苑艳辉.菠萝皮的综合利用[J].食品与发酵工业,2005,31(20):145-147
- [9] 王金丽,邓怡国,黄晖.菠萝叶纤维干燥特性试验研究[J].农业工程学报,2005,21(10):151-154

(下转第29页)