

主编：崔富春



果品蔬菜 干燥技术

GUOPINSHUCAIGANZAOJISHU

李耀维 编著



中国社会科学出版社

农村实用科技与技能培训丛书

主编 崔富春

果品蔬菜干燥技术

李耀维 编著

 中国出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

果品蔬菜干燥技术/李耀维编著. 北京: 中国
出版社, 2006. 9
(农村实用科技与技能培训丛书/崔富春 主编)

ISBN 7-5087-1123-8

I. 果... II. 李... III. ①水果加工—干燥②蔬菜
加工—干燥 IV. TS255.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 098468 号

丛 书 名: 农村实用科技与技能培训丛书

主 编: 崔富春

书 名: 果品蔬菜干燥技术

编 著 者: 李耀维

责任编辑: 王紫千 陈创业

出版发行: 中国出版社 邮政编码: 100032

通联方法: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电话: (010) 66051698 电传: (010) 66051713

邮购部: (010) 66060275

经 销: 各地新华书店

印刷装订: 北京市宇海印刷厂

开 本: 140mm×203mm 1/32

印 张: 3.25

字 数: 75 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 6.00 元

(凡中国出版社图书有缺漏页、残破等质量问题, 本社负责调换)

建设社会主义新农村书屋

总顾问：回良玉

编辑指导委员会

主 任：李学举

副主任：翟卫华 柳斌杰 胡占凡 窦玉沛

委 员：詹成付 吴尚之 涂更新 王英利

李宗达 米有录 王爱平

农村实用科技与技能培训丛书编辑委员会

主 任：崔富春

副主任：左义河 宗颖生 弓永华

成 员：（按姓氏笔画为序）

王金胜 孙泰森 邢国明 李生才

李生泉 李宏全 李国柱 杨 鹏

郭晋平 郭玉明 郝利平 武星亮

兰良鼎 薛孝恩

总序 造就新农民 建设新农村

李学举

党的十六届五中全会作出了建设社会主义新农村的战略部署。在社会主义新农村建设过程中，大力发展农村文化事业，努力培养有文化、懂技术、会经营的新型农民，既是新农村建设取得进展的重要标志，也是把社会主义新农村建设不断推向前进的基本保证。

为落实中央的战略部署，中央文明办、民政部、新闻出版总署、国家广电总局决定，将已开展三期的“万家社区图书室援建和万家社区读书活动”由城市全面拓展到农村，“十一五”期间计划在全国三分之一以上的村委会开展农村图书室援建和读书活动，使两亿多农民由此受益，让这项造福城市居民的民心工程同时也造福亿万农民群众。中央领导同志对此十分重视，中共中央政治局委员、国务院副总理回良玉同志作出重要批示：“发展农村文化事业是新农村建设的重要内容，也是农村发展中一个亟待加强的薄弱环节。在农村开展图书室援建和读书活动，为亿万农民群众送去读得懂、用得上的各种有益书刊，对造就有文化、懂技术、会经营的新型农民，满足农民全面发展的需求，将发挥重要作用。对这项事关农民切身利益、事关社会主义新农村建设的重要活动，要精心组织，务求实效。”

中共中央政治局委员、中央书记处书记、中宣部部长刘云山

同志也作出重要批示。他指出：“万家社区图书室援建和万家社区读书活动，是一项得人心、暖人心、聚人心的活动，对丰富城市居民的文化生活、推动学习型社区建设发挥了重要作用。这项活动由城市拓展到农村，必将对丰富和满足广大农民群众的精神文化生活，推动社会主义新农村建设发挥积极作用。要精心组织，务求实效，把这件事关群众利益的好事做好。”

为了使活动真正取得实效，让亿万农民群众足不出村就能读到他们“读得懂、用得上”的图书，活动的主办单位精心组织数百名专家学者和政府相关负责人，编辑了“建设社会主义新农村书屋”。“书屋”共分农村政策法律、农村公共管理与社会建设、农村经济发展与经营管理、农村实用科技与技能培训、精神文明与科学生活、中华传统文化道德与民俗民风、文学精品与人物传记、农村卫生与医疗保健、农村教育与文化体育、农民看世界等10大类、1000个品种。这些图书几乎涵盖了新农村建设的方方面面。“书屋”用农民的语言、农民的话，深入浅出，使具有初中文化水平的人就能读得懂；“书屋”贴近农村、贴近农民、贴近农村生活的实际，贴近农民的文化需求，使农民读后能够用得上。

希望农村图书室援建和农村读书活动深入持久地开展下去，使活动成为一项深受欢迎的富民活动，造福亿万农民。希望“书屋”能为农民群众提供一个了解外界信息的窗口，成为农民学文化、学科技的课堂，为提高农民素质，扩大农民的视野，陶冶农民的情操发挥积极作用。同时，也希望更多有识之士参与这项活动，推动农村文化建设，关心支持社会主义新农村建设。

值此“新农村书屋”付梓之际，以此为序。

二〇〇六年九月

目 录

第一章 果品蔬菜干燥的原理与技术基础

- 第一节 湿物料的水分状态与性质 /1
- 第二节 干燥过程中的水热传递 /6
- 第三节 果品蔬菜在干燥过程中的变化 /10

第二章 果品蔬菜干燥方法与设备

- 第一节 果品蔬菜干燥方法概述 /14
- 第二节 烤房建筑的基本要求 /28
- 第三节 自然循环小型烤房的建筑 /29
- 第四节 强制循环烟气供热烤房的建筑 /37
- 第五节 强制循环蒸汽供热烤房的建筑 /42

第三章 干燥原料的预处理

- 第一节 原料的洗涤、去皮、去核与切分 /48
- 第二节 热烫 /52
- 第三节 亚硫酸处理 /55
- 第四节 浸碱 /57

第四章 果品蔬菜干燥工艺

- 第一节 果品蔬菜人工干燥操作技术 /59
- 第二节 枣的干燥 /61

- 第三节 柿的干燥 /62
- 第四节 葡萄的干燥 /64
- 第五节 杏的干燥 /67
- 第六节 桃的干燥 /68
- 第七节 李的干燥 /69
- 第八节 苹果的干燥 /71
- 第九节 梨的干燥 /72
- 第十节 无花果的干燥 /73
- 第十一节 龙眼及荔枝的干燥 /74
- 第十二节 叶菜类的干燥 /75
- 第十三节 花菜类的干燥 /76
- 第十四节 根类菜的干燥 /77
- 第十五节 薯类的干燥 /78
- 第十六节 豆类的干燥 /81
- 第十七节 番茄和瓜类的干燥 /82
- 第十八节 辣椒的干燥 /83
- 第十九节 食用菌和竹笋的干燥 /84

第五章 成品的包装与贮藏

- 第一节 成品包装前的处理 /87
- 第二节 成品的包装 /90
- 第三节 成品的贮藏 /91
- 第四节 复水 /93

参考文献 /95

后记 /96

第一章 果品蔬菜干燥的原理与技术基础

干燥是在一定的技术条件下促使物料水分蒸发脱除的工艺过程。果品蔬菜干燥方法与设备可简可繁，生产技术易于掌握，加工成本低，其产品可在室温条件下长期保存，且体积小，重量轻。果品蔬菜干燥是一门经济实用的加工技术。

果品蔬菜干燥是热现象、生物和化学现象的综合过程。为保证产品的质地和风味，在研制干燥设备和制定干燥工艺的过程中，必须考虑果品蔬菜的水分状态、干燥机理及影响因素、果品蔬菜在干燥过程中的品质变化等问题。

第一节 湿物料的水分状态与性质

干燥前的果品蔬菜称为湿物料。众所周知，新鲜果品蔬菜极易腐败变质，其主要因素是微生物活动与不良化学反应。新鲜果品蔬菜中含有大量水分，可以为微生物活动以及与果品蔬菜品质变化相关的酶促反应和化学反应提供必要条件。由此可见，降低果品蔬菜水分含量可以有效地控制微生物活动和不良化学反应引起的腐败变质。

一、湿物料中的水分状态

新鲜果品蔬菜中的水分含量一般为70%~90%，除水分以外的物质称为干物质，水分和干物质是组成果品蔬菜的基本物质。湿物料中的水分可分为三种状态：

1. 游离水

在新鲜果品蔬菜中游离水含量很大，占总含水量的70%~90%，如表1—1所示。游离水包括由植物组织的显微、亚显微结构与膜所阻留的滞化水；由组织细胞和组织结构中的毛细管维系的悬着水；植物体内及细胞内可以相对自由流动的水分。游离水的特点是对溶质起溶剂作用，能溶解糖酸等多种物质，流动性大，在冰点温度下很容易结冰。当游离水含量很高时，很容易被微生物所利用和作为果品蔬菜内许多生理活动与酶促反应的介质。所以，游离水含量高的产品很容易腐败变质。由于游离水流动性大，不被束缚，可借助毛细管作用及渗透作用在组织内外水蒸气分压差作用下向外或向外移动，在干燥过程中很容易被脱除。

2. 结合水

胶体结合水是被吸附于产品组织内亲胶体表面的水分。胶体结合水不具备溶剂性质，不容易被微生物和酶活动所利用。在干燥过程中游离水没有大量蒸发前它不会被蒸发。

3. 化合水

化合水存在于组成果品蔬菜的化学物质中，与物质分子呈化合状态，性质稳定，不能被干燥作用排除。

表 1-1 几种果品蔬菜的水分含量

单位: %

名称	总含水量	游离水	结合水
苹果	88.70	64.60	24.10
甘蓝	92.20	82.90	9.30
马铃薯	81.50	64.00	17.50
胡萝卜	88.60	66.20	22.40

二、湿物料的性质

1. 湿物料的含水率

湿物料的含水率有干基与湿基之分。湿物料相对于单位干物质所含水分称为干基含水率。

$$W = \frac{\text{湿物料中水分含量}}{\text{湿物料中干物质含量}} \times 100\%$$

单位湿物料中的水分含量称为湿基含水率。

$$w = \frac{\text{湿物料中水分含量}}{\text{湿物料含量}} \times 100\%$$

干基含水率与湿基含水率的关系为

$$W = \frac{w}{1-w}$$

干基含水率与湿基含水率的关系也可以由表 1-2 查得

表 1-2 干基含水率与湿基含水率的关系

湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)	湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)	湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)	湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)
90.0	900	84.8	558	71.0	245	25.0	33.3
89.8	880	84.6	549	70.0	233	24.0	31.6

湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)	湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)	湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)	湿基含水率 (%)	干基含水率 (%)
89.6	862	84.4	541	68.0	212	23.0	30.0
89.4	843	84.2	533	66.0	194	22.0	28.2
89.2	826	84.0	525	64.0	178	21.0	26.6
89.0	809	83.5	506	62.0	163	20.0	25.0
88.8	793	83.0	488	60.0	150	19.0	23.4
88.6	777	82.5	471	58.8	138	18.0	22.0
88.4	762	82.0	456	56.0	127	17.0	20.5
88.2	747	81.5	441	54.0	117	16.0	19.0
88.0	733	81.0	426	52.0	108	15.0	17.7
87.8	720	80.5	413	50.0	100	14.0	16.3
87.6	706	80.0	400	48.0	92.0	13.0	15.0
87.4	694	79.5	388	46.0	85.0	12.0	13.6
87.2	681	79.0	387	44.0	79.0	11.0	12.4
87.0	669	78.5	365	42.0	73.0	10.0	11.1
86.8	658	78.0	355	40.0	67.0	9.0	9.9
86.6	646	77.5	344	38.0	61.0	8.0	8.7
86.2	625	76.5	326	34.0	52.0	6.0	6.4
86.0	614	76.0	317	32.0	47.0	5.0	5.3
85.8	604	75.5	308	30.0	43.0	4.0	4.2
85.6	594	75.0	300	29.0	40.0	3.0	3.1
85.4	585	74.0	285	28.0	38.0	2.0	2.0
85.2	576	73.0	270	27.0	37.0	1.0	1.0
85.0	567	72.0	257	26.0	35.0	0.0	0.0

2. 湿物料的平衡含水率与平衡空气相对湿度

干物料置于湿空气中时, 物料会吸收空气中的水蒸气; 反之, 湿物料置于干燥的空气中时, 物料中的水分就会蒸发。总之, 物料有和空气湿度相平衡的趋势。因此, 当一定含水率的物料置于一定湿度的空气中时, 就会发生蒸发与吸湿作用, 最后达到的物料含水率与空气湿度相平衡。这时物料的含水率称为相对于空气的平衡含水率, 而将空气的相对湿度称为相对于物料的平衡空气相对湿度。

3. 湿物料的水分活度

水从湿物料中逸出的容易程度称为水分活度。在数值上湿物料的水分活度等于其平衡空气相对湿度。

水分活度表示物料中水分存在的状态, 表示水分与物料的结合程度。水分活度越小, 结合程度越高, 脱水越困难。水分活度与物料的性质及含水率有关。对于不同的物料, 含水率相同时水分活度不一定相同。对于同一物料, 其含水率增加时, 水分活度也增大。

4. 水分活度与农产品腐败的关系

微生物赖以生存的水主要是游离水, 果品蔬菜中游离水含量越多, 水分活度越大, 越容易被微生物侵害。如表 1-3 所示, 在各类微生物中, 细菌对水分活度的要求最高, 当水分活度 > 0.90 时才能生长繁殖; 其次是酵母菌, 水分活度的阈值是 0.87 ; 再次是霉菌, 大多数霉菌在水分活度为 0.80 时就开始繁殖。

干燥产品的水分活度降低到难以利用的程度, 阻碍或抑制了微生物的繁殖, 也抑制或钝化了许多酶的活性, 减小了一些酶促氧化和非酶褐变的进行, 因而可以长期保存。

酶促反应的速度和生成物的量与物料的水分活度成正比。水分活度越高, 酶促反应速度越快, 生成物的量越多, 物料变质越严重。

表 1-3 微生物生长繁殖的最低水分活度

微生物种类	最低水分活度
革兰氏阴性杆菌、部分细菌的孢子和部分酵母菌	1.0—0.95
大多数球菌、乳杆菌、杆菌科的营养体细胞、部分霉菌	0.95—0.91
大多数酵母菌	0.91—0.87
大多数霉菌、金黄色葡萄球菌	0.87—0.80
大多数耐盐细菌	0.80—0.75
耐干燥霉菌	0.75—0.65
耐高渗透压酵母菌	0.65—0.60
任何微生物都不能生长	<0.60

第二节 干燥过程中的水热传递

一、干燥过程概述

在干燥过程中，当物料与干燥的高温介质接触时，便会从介质中吸取热量，其中一部分用于物料温度的升高，另一部分用于物料中水分的蒸发。为了使干燥过程持续进行，必须由干燥介质不停地向物料传递热量，并把物料蒸发出来的水分带走。

在干燥初期，首先是物料表面的水分吸收能量变为水蒸气大量蒸发，称为水分外扩散。外扩散速度与物料的表面积，空气流速，温度和空气相对湿度有关。物料表面积越大，空气流速越快，温度越高以及空气相对湿度越小，则水分外扩散速度越快，反之亦反。

随着外扩散的进行，物料表面水分越来越少。当物料表面水分

含量低于内部时，造成物料内部与表面水分之间的水蒸气分压差，这时，内部水分就会向表面转移，形成水分内扩散。影响水分内扩散的因素，主要是物料内的湿度梯度。湿度梯度越大，水分内扩散速度也越快。此外，物料的温度梯度也是影响水分内扩散的因素之一。一般情况下，物料内温度梯度的方向与水分梯度方向相反，对水分内扩散形成阻碍作用。在物料干燥过程中，有时采用升温，降温再升温的方式，使得物料内部温度高于表面温度，形成正向温度梯度，水分借助温度梯度沿热流方向由内向外移动而蒸发。

为使物料的水分由内部顺利地向表面扩散再由表面蒸发，就必须使水分的内扩散与外扩散之间相互协调平衡。在干燥过程中，物料表面水分蒸发太快使外扩散速度过多地超过内扩散速度，将在物料表面形成一层硬壳，从而隔断水分外扩散与内扩散的联系，使内部水分需要更多的时间才能移动到表面，致使干燥速度延缓。此时，由于内部水分含量高，蒸气压力大，将可能使物料开裂，从而降低干燥产品的品质。

干燥过程可分为三个阶段：

1. 加热阶段

干燥初期，由于物料与干燥介质的温差较大，物料从干燥介质中大量吸收热量，温度迅速升高，并趋于干燥介质的湿球温度。同时物料含水率下降，干燥速度由零逐渐增加至最大值。

2. 恒速干燥阶段

物料温度升高到干燥介质的湿球温度后，不再升高，物料从干燥介质吸收的热量全部用来蒸发水分，干燥速度保持恒定，进入恒速干燥阶段。在恒速干燥阶段，大部分物料蒸发的水分为游离水，

蒸发速度主要由水分外扩散速度决定。

3. 减速干燥阶段

物料水分蒸发掉 50%~60% 以后, 游离水大为减少, 开始蒸发部分胶体结合水。这时, 内部水分扩散速度小于表面水分气化速度, 干燥速度主要由内扩散速度决定。随着干燥时间的延长, 干燥速度逐渐减少, 进入减速干燥阶段。在这一阶段, 介质所提供的热量一部分用于水分蒸发, 另一部分则对物料加热, 使物料温度逐渐升高。最后, 物料水分达到该条件下的平衡含水率, 水分蒸发停止, 物料温度升高至介质的干球温度, 干燥过程结束。

二、影响干燥速度的因素

在干燥过程中, 干燥速度快慢对产品的品质好坏起决定性作用。当其他条件相同时, 干燥速度越快, 越不容易发生不良变化, 产品的品质越好。影响干燥速度的因素主要有干燥介质的温度、湿度、流动速度及物料的种类状态等。

1. 干燥介质的温湿度

在生产中, 多数情况以预热空气作为干燥介质, 空气的温度和相对湿度对物料干燥速度影响很大。在空气温度不变的情况下, 相对湿度越小, 则该空气的湿度饱和差越大, 物料的干燥速度越快。空气温度升高, 相对湿度就会减小, 也利于水分蒸发。在升高温度的同时降低空气的湿度, 不但干燥速度加快, 干制品的含水量也可以达到更低的程度。但是, 从保证产品的品质考虑, 在果品蔬菜干燥时, 尤其是在干燥的初期, 一般不宜采用过高的温度, 否则会产生下列不良现象。

(1) 当物料含水量很高时, 干燥初期温度过高易使组织中汁液

迅速膨胀，细胞壁破裂，内容物流失。

(2) 糖分和其他有机物常因高温而分解或焦化，影响产品的外观和风味。

(3) 易造成物料表面结壳，影响内部水分的蒸发，降低干燥速度。

因此，在干燥过程中，尤其是对一些富含糖分和芳香物质的物料，应特别注意控制好干燥介质的温度。

2. 干燥介质的流动速度

干燥介质的流动速度越大，物料表面水分蒸发越快。加大介质流动速度有两个作用：一是能把热量及时传递给物料，使物料保持较高的温度；二是能从物料周围及时带走蒸发出的水分，使物料表面空气维持未饱和状态，促进水分不断蒸发。

3. 物料的种类和状态

物料的种类不同，其化学成份及组织结构也不同，干燥速度亦不同。由于水分是从物料表面蒸发的，物料切分越细，越薄，蒸发表面积越大，蒸发速度越快，完成干燥所需时间就越短。去皮可以消除皮对水分蒸发的阻碍作用，烫漂及熏硫均可改变细胞壁的性质，利于水分向外扩散，这些措施均有利于加快干燥速度。

4. 物料的装载量

干燥过程中，物料装载量要以不妨碍空气流通，便于热量传递和水分蒸发为原则。物料的装载量与厚薄，对干燥速度有很大的影响，若装载量过大，不利于干燥介质流通，影响水分蒸发。干燥过程中，应随着物料体积的变化，适当调整其厚度。