



新农村建设实用技术丛书

农产品干燥技术

科学技术部中国农村技术开发中心

组织编写



中国农业科学技术出版社



种植系列

养殖系列

林业开发与利用系列

植物病虫害防治系列

动物疾病防治系列

农产品加工系列

农机使用与维护系列

农村能源开发与利用系列

生态环境治理系列

乡村规划与建设系列

农村医疗卫生系列

农村生活服务系列

新农村建设与实用技术

WUJINGCUNJIANDESHIYONGJISHU



责任编辑 崔改泵

ISBN 7-80233-128-5



9 787802 331280 >

马钢

创意群设计制作
<http://www.castp.cn>

ISBN 7-80233-128-5/S · 935

定价: 9.80元



新农村建设实用技术丛书

农产品干燥技术

科学技术部中国农村技术开发中心
组织编写



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农产品干燥技术/汪政富等编著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2006. 10
(新农村建设实用技术丛书·农产品加工系列)
ISBN 7-80233-128-5

I. 农... II. 汪... III. ①水果加工-干燥-基本知识
②蔬菜加工-干燥-基本知识 IV. TS 255.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第137954号

责任编辑 崔改泵
责任校对 贾晓红 康苗苗
整体设计 孙宝林 马 钢

出版发行 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街12号 邮编:100081
电 话 (010) 68919704 (发行部) (010) 62121228 (编辑室)
(010) 68919703 (读者服务部)
传 真 (010) 68975144
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 新华书店北京发行所
印 刷 者 北京雅艺彩印有限公司
开 本 850 mm × 1168 mm 1/32
印 张 4 插页 1
字 数 110千字
版 次 2006年10月第1版 2006年10月第1次印刷
定 价 9.80元

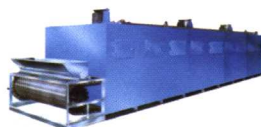
❖ 版权所有·侵权必究 ❖



ZLG 系列振动流化床干燥(冷却)机产品



LPG 系列高速离心喷雾干燥机



DW 系列带式干燥机



JRF 系列燃煤间接热风炉



高速离心喷雾干燥机



GIA 系列流化床干燥机



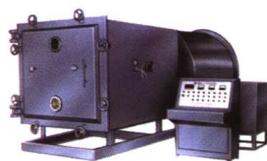
燃气热风炉



链排式热风炉



MQG 脉冲式气流干燥设备



JZG 系列冷冻真空干燥机



LPG 系列高速离心喷雾干燥机



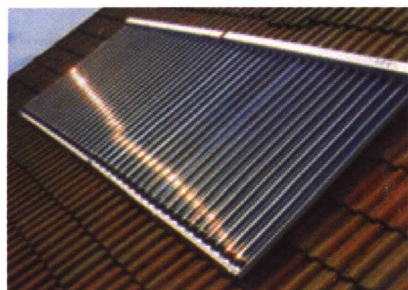
JRF 系列燃煤热风炉



WHZ 智能化微波真空连续干燥机



WHZ 系列微波回转真空干燥机



太阳能集热器



远红外辐射干燥采暖设备



LPG 型高速离心喷雾干燥机



ZLG 系列振动流化床

《新农村建设实用技术丛书》

编辑委员会

主 任：刘燕华

副 主 任：杜占元 吴远彬 刘 旭

委 员：(按姓氏笔画排序)

方智远	王 喆	石元春	刘 旭
刘燕华	朱 明	余 健	吴远彬
张子仪	李思经	杜占元	汪懋华
赵春江	贾敬敦	高 潮	曹一化

主 编：吴远彬

副 主 编：王 喆 李思经

执行编辑：(按姓氏笔画排序)

于双民	马 钢	文 杰	王敬华
卢 琦	卢兵友	史秀菊	刘英杰
朱清科	闫庆健	张 凯	沈银书
林聚家	金逸民	胡小松	胡京华
赵庆惠	袁学国	郭志伟	黄 卫
龚时宏	翟 勇		

序

丹心终不改，白发为谁生。科技工作者历来具有忧国忧民的情愫。党的十六届五中全会提出建设社会主义新农村的重大历史任务，广大科技工作者更加感到前程似锦、责任重大，纷纷以实际行动担当起这项使命。中国农村技术开发中心和中国农业科学技术出版社经过努力，在很短的时间里就筹划编撰了《新农村建设系列科技丛书》，这是落实胡锦涛总书记提出的“尊重农民意愿，维护农民利益，增进农民福祉”指示精神又一重要体现，是建设新农村开局之年的一份厚礼。贺为序。

新农村建设重大历史任务的提出，指明了当前和今后一个时期“三农”工作的方向。全国科学技术大会的召开和《国家中长期科学技术发展规划纲要》的发布实施，树立了我国科技发展史上新的里程碑。党中央国务院做出的重大战略决策和部署，既对农村科技工作提出了新要求，又给农村科技事业提供了空前发展的新机遇。科技部积极响应中央号召，把科技促进社会主义新农村建设作为农村科技工作的中心任务，从高新技术研究、关键技术攻关、技术集成配套、科技成果转化和综合科技示范等方面进行了全面部署，并启动实施了新农村建设科技促进行动。编辑出版《新农村建设系列科技丛书》正是落实农村科技工作部署，把先进、实用技术推广到农村，为新农村建设提供有力科技支撑的一项重要举措。

这套丛书从三个层次多侧面、多角度、全方位为新农村建设

提供科技支撑。一是以广大农民为读者群，从现代农业、农村社区、城镇化等方面入手，着眼于能够满足当前新农村建设中发展生产、乡村建设、生态环境、医疗卫生实际需求，编辑出版《新农村建设实用技术丛书》；二是以县、乡村干部和企业为读者群，着眼于新农村建设中迫切需要解决的重大问题，在新农村社区规划、农村住宅设计及新材料和节材节能技术、能源和资源高效利用、节水和给排水、农村生态修复、农产品加工保鲜、种植、养殖等方面，集成配套现有技术，编辑出版《新农村建设集成技术丛书》；三是以从事农村科技学习、研究、管理的学生、学者和管理干部等为读者群，着眼于农村科技的前沿领域，深入浅出地介绍相关科技领域的国内外研究现状和发展前景，编辑出版《新农村建设重大科技前沿丛书》。

该套丛书通俗易懂、图文并茂、深入浅出，凝结了一批权威专家、科技骨干和具有丰富实践经验的专业技术人员的心血和智慧，体现了科技界倾注“三农”，依靠科技推动新农村建设的信心和决心，必将为新农村建设做出新的贡献。

科学技术是第一生产力。《新农村建设系列科技丛书》的出版发行是顺应历史潮流，惠泽广大农民，落实新农村建设部署的重要措施之一。今后我们将进一步研究探索科技推进新农村建设的途径和措施，为广大科技人员投身于新农村建设提供更为广阔的空间和平台。“天下顺治在民富，天下和静在民乐，天下兴行在民趋于正。”让我们肩负起历史的使命，落实科学发展观，以科技创新和机制创新为动力，与时俱进、开拓进取，为社会主义新农村建设提供强大的支撑和不竭的动力。

中华人民共和国科学技术部副部长

刘燕华

2006年7月10日于北京

《农产品干燥技术》编写人员

汪政富 方舒正 樊 艳 赵彩青 编著



汪政富

博士，男，毕业于北京科技大学热能工程专业，清华大学热能工程专业博士后，先后在北京农业大学农业工程系，中国农业大学园艺学院园艺设施与工程专业执教，目前为中国农业大学食品科学与营养工程学院副教授，硕士生导师，主要从事农产品干燥、冷冻冷藏工程的数学模拟与优化方面的教学和研究。在国内核心期刊和国际学术刊物上发表学术论文 50 余篇，其中 20 余篇为 SCI、EI 收录，主讲课程为：食品工程原理、计算机辅助设计 AUTOCAD、制冷原理与冷库设计、生物能源与环境。

目 录

一、概述	(1)
(一) 干燥及干制的定义	(1)
(二) 农产品干燥及干制加工的意义	(2)
(三) 农产品干燥及干制加工业的发展趋势	(4)
(四) 农产品干燥及干制加工产品存在的问题	(9)
二、干燥及干制加工技术原理	(12)
(一) 太阳能干燥技术	(12)
(二) 热风及自然风干燥技术	(14)
(三) 真空冷冻干燥技术	(15)
(四) 微波和高频干燥技术	(16)
(五) 红外热辐射干燥技术	(18)
(六) 渗透干燥技术	(19)
三、干燥设备与工艺流程	(21)
(一) 太阳能干燥设备及工艺流程	(21)
(二) 热风及自然风干燥设备及工艺流程	(26)
(三) 真空冷冻干燥设备及工艺流程	(49)
(四) 微波和高频干燥设备及工艺流程	(52)
(五) 红外热辐射干燥设备及工艺流程	(56)
(六) 渗透干燥设备及工艺流程	(59)
四、干燥与干制技术的应用	(61)
(一) 粮食的干燥与贮藏	(61)
(二) 水果的干制与干燥	(71)

目 录

（三）蔬菜的干制与干燥	（75）
（四）水产品的处理与干制	（81）
（五）畜禽产品的干制	（84）
（六）饮料产品的干燥	（89）
（七）饲料的干燥	（103）
（八）木材的干燥	（109）
参考文献	（114）

一、概 述

(一) 干燥及干制的定义

从物料中脱去水分的过程称为干燥。因此，可以把干燥理解为物料的脱水过程，它是将高水分的液态、固态或半固态原料变成低水分产品的操作。干燥保藏是指在自然条件或人工控制条件下，降低食品中的水分，达到足以防止腐败变质的水平并使其尽量保持低水分的保藏方法。干燥过程在农业生产中被广泛采用，是农业保藏中最常用的加工过程。干燥对象是农产品不同加工阶段的物料，如原料、半成品和成品。农产品干燥具有十分重要的意义，通过干燥可以除去物料中多余的水分，以便于产品加工、运输、贮藏和销售。

根据干燥方法和工艺的不同，农产品干燥的时间可以是几秒、几小时甚至几天。干燥机械也有很多种类，如用来处理液态原料的干燥设备与处理含水固体的干燥设备是截然不同的。在某些脱水食品制造过程中，干燥通常是最后一道加工工序。因为它不仅把含水率降到所需的程度，而且对产品的其他许多品质特性，如风味、色泽、质构、特殊成分的活性、营养成分保存等有显著的影响。这些品质特性会影响最终产品的风味和感官品质，干燥期间所发生的物理和化学变化非常复杂。

(二) 农产品干燥及干制加工的意义

1. 水分对食品的影响

干燥的目的就是除去多余的水分。农产品的保藏与水分是紧密相关的。

(1) 水分与微生物生长的关系 很多情况下, 食品的腐败变质是由微生物作用和生物化学反应造成的, 任何微生物进行生长繁殖以及多数生物化学反应都需要以水作为溶剂或介质。干燥就是通过对食品中水分的脱除, 进而降低食品的水分含量, 从而限制微生物活动、生长繁殖, 抑制不良化学反应的进行, 达到长期保藏的目的。

干制使食品和微生物同时脱水, 微生物所处环境不适于生长, 微生物就长期处于休眠状态。需要注意的是, 环境条件一旦适宜, 微生物又会重新恢复活动。干制并不能将微生物全部杀死, 只能抑制其活动。有时在干燥前应进行杀菌处理。

(2) 干制对酶的影响 由于酶的存在, 农产品加工中产品容易变为深褐色, 称之为褐变, 或发生其他一些不良反应。水分减少时, 酶的活性也会下降。低水分食品中的酶仍会缓慢活动, 只有在极低的水分含量下, 酶的活性才会完全消失。

酶在湿热条件下易失去活性, 即钝化, 为了控制干制品中酶的活动, 就有必要在干制前对农产品中的酶进行湿热或化学钝化处理, 以达到限制不良反应的目的。

2. 干燥技术在农产品、食品加工中的应用及意义

干燥不仅是保藏食品的重要手段, 也是一项重要的食品加工技术。绝大多数农产品、食品的加工都涉及到干燥技术。人们逐渐认识到, 虽然腌制、熏制和罐头食品能够长期贮存, 但它们具有致癌因素或导致营养损失的可能, 而经干燥加工的食品具有方便、耐贮藏的特点, 而且更加的健康, 先进的干燥工艺更是可以

降低营养成分的损失。

我国由于产地交通不便和加工技术落后，农产品在采摘、运输、贮存、销售过程中损失超过 30%，使我国经济和农民利益蒙受了巨大损失。不同于我国的情况，发达国家非常重视农产品产后的加工，产品的损耗率一般控制在 5% ~ 20% 之间。因此，通过干燥技术对粮食、蔬菜、水果进行采后处理具有十分重要的意义。

我国是世界上最大的粮食生产和消费国家，年总产粮食约 5 亿吨。据统计，我国粮食收获后在脱粒、晾晒、贮存、运输等过程中损失率很高，远远超过联合国粮农组织规定的 5% 标准，达到了 15%。在这些损失中，每年因气候潮湿，来不及晒干或未达到安全水分而造成霉变、发芽等损失的粮食高达 5%，若按年产 5 亿吨粮食计算，相当于损失 2 500 万吨粮食，这一数字是惊人的。目前，急需发展农产品干燥技术。

粮食烘干技术是通过控制温度、湿度等因素，以机械为主要手段，经过相关的工艺和技术，在尽量不损害粮食品质前提下，降低粮食中的水分含量，使其达到国家安全贮存标准的干燥技术。它具有许多显著的优点：一是有效降低各种灾害性天气所带来的损失；二是依靠机械，减轻劳动强度，提高劳动生产率；三是提高粮食的品质，增强其耐贮性和加工性；四是可以防止传统的自然干燥对粮食造成的污染，还可以杜绝农民占用公路晾晒造成交通伤亡事故。粮食烘干技术使传统的单纯依靠自然阳光在晒场上翻晒方法成为过去，为全面建设社会主义新农村提供了强大的技术支持。

除了粮食外，水果和蔬菜是农业生产中非常重要的农产品，它们不但味美，而且具有非常丰富的营养，是人们获得维生素、无机物（钙、磷、铁等）、碳水化合物、膳食纤维等营养元素的重要来源。一些果蔬中还富含维生素 A 原（胡萝卜素）等，人体所需的维生素 C 主要是从水果和蔬菜中获得的。但是由于新

鲜水果和蔬菜含有大量的水分，含水量大都超过 90%，采后处理不当便会腐烂，干燥技术提供了解决这些难题的金钥匙。

脱水蔬菜是干燥技术应用于农产品的一个重要方面。近十几年来，脱水蔬菜在各国迅速崛起。蔬菜通过脱水处理，大大提高了产品的附加值，增强了保藏性，用途十分广泛。脱水蔬菜可以作为食品工业的原料或配料，例如，食品添加剂、方便食品中的配菜；它经过处理还可用于生产调味品，例如，洋葱粉、大蒜粉、辣椒粉等。

脱水蔬菜在发达国家的蔬菜中占有很大的比例。在美国，占洋葱收获量的 20%，占大蒜收获量的 80%，占葡萄收获量的 25%。而我国，除辣椒外，其他脱水蔬菜的比例都非常低。

目前，国际市场上冷冻干燥食品的需求量正在逐年增加，这项技术也普遍用于生产脱水蔬菜和水果。20 世纪 70 年代全世界冷冻干燥食品的产量仅为 20 万吨，到 20 世纪 90 年代已达到上千万吨。这些年冷冻干燥食品在美国的消耗量为 500 万吨以上，在日本为 160 万吨以上，法国为 150 万吨以上。这些冷冻干燥食品的消费大国每年需要有相当数量的冷冻干燥食品从外国进口，例如日本每年花 1 000 亿日元进口冷冻干燥食品。我国地大物博，蔬菜、水果的品种多样，产量巨大，劳动力资源丰富并且价格便宜，利用干燥技术发展脱水蔬菜和脱水水果等产品具有广阔的前景。

（三）农产品干燥及干制加工业的发展趋势

1. 农产品干燥方法和设备的种类及发展

农产品有众多的种类，其加工中的形态也多种多样，如液态、固态、半固态及颗粒状等，因此农产品干燥机械的种类也十分繁多。据统计，工业上开发应用的干燥机械有 100 种左右。干燥机械的分类方式也有多种，如按加热方法可分为对流干燥、外

部辐射干燥、传导（接触）干燥、内部加热干燥即微波干燥。按加热介质的种类可分为热风干燥、蒸汽或过热蒸汽干燥、红外及微波干燥等。

农产品的干燥从简单使用太阳能发展到目前各种各样的干燥方法及设备，如热风干燥、真空冷冻干燥、微波干燥、高频干燥、红外辐射干燥、渗透干燥、分子筛干燥以及两种以上干燥方法的组合干燥等。干燥技术的发展大致经历了四个阶段：

（1）第一代干燥技术及设备 箱式、床式干燥器属于第一代干燥设备，如热风炉、流化床、盘式干燥、带式干燥等。这类干燥设备使用流动的热风对物料进行干燥加热，一般适用于固体物料，如谷物、果蔬片等。虽然它们属于第一代干燥设备，但它们的应用现在仍十分广泛。其发展趋势主要是提高传热和传质效果，从而改善干燥效果，加快干燥速度。流化床干燥、喷动床干燥等就是通过物料的流化来提高干燥效果的。

（2）第二代干燥技术及设备 第二代干燥技术包括喷雾干燥、滚筒干燥，主要解决了液态、半固态物料的干燥问题。喷雾干燥的主要优点为：干燥效果好，能得到颗粒大小均匀的粉末状产品；物料在干燥机内停留的时间短，从而减少了热敏性物料的损失；能连续操作，自动化程度高。缺点是如果干燥的物料太稠，则干燥十分困难。

滚筒干燥弥补了喷雾干燥的缺陷，可用于干燥固形物含量较高的黏稠物料。滚筒干燥可分为单滚筒式和双滚筒式，在淀粉工业中应用广泛。

（3）第三代干燥技术及设备 冷冻干燥和渗透干燥属于第三代干燥技术，冷冻干燥能尽量保持食品中的原有营养成分，并能保留干燥产品原有的形态，减少色、香、味的损失；渗透干燥是将物料浸渍于高渗透压的溶液，如糖溶液、盐溶液等，使物料中的水渗透到这些溶液中，主要用于水果和蔬菜的脱水。

（4）第四代干燥技术及设备 微波干燥、无线电波射频