

中国农业实用技术丛书

图说



农产品干燥与干制

新技术

徐圣言 姜松 编著



科学出版社

中国农业实用技术丛书

图说小麦种植新技术
图说玉米种植新技术
图说棉花种植新技术
图说种子实用新技术
图说苹果栽培新技术
图说梨树栽培新技术
图说节水农业新技术
图说绿叶蔬菜的工厂化生产新技术
图说温室蔬菜栽培新技术
图说核桃、柿树栽培新技术
图说果树塑膜大棚、温室高效栽培新技术
图说食用菌栽培新技术

图说养猪新技术
图说养牛新技术
图说养鸡新技术
图说鸡病防治新技术
图说养羊新技术
图说养鸭新技术
图说养蜂及蜂产品加工新技术
图说综合养鱼新技术

图说拖拉机和农用车的使用与维护
图说联合收割机的使用与维护
图说收割机和脱粒机的使用与维护
图说耕作种植机械的使用与维护
图说植物保护机械的使用与维护
图说喷灌机械的使用与维护
图说果蔬、畜产品、水产品的加工新技术
图说农产品干燥与干制新技术
图说粮食及油料加工新技术
图说集约化养殖新技术

(以上为已出版书目)

一看就懂 一学就会
一用就灵
科学致富的好帮手

◎ 封面设计：黄华斌 高海英

ISBN 7-03-006807-6



ISBN7-03-006807-6/S·241

定价：7.50元

中国农业实用技术丛书

图说农产品干燥与干制新技术

徐圣言 姜 松 编著

科 学 出 版 社

1998

内 容 简 介

本书介绍了农产品干燥的基本原理及方法，分别就蚕茧干燥、乳粉干燥、谷物干燥、糟渣类物料的干燥、淀粉干燥、果蔬干燥与干制等作业的基本方法和主要的干燥设备及干燥工艺等作了详细叙述。

本书可以作为广大农民与农村干部的技术参考书，也可作为从事干燥工作的工人及技术人员的培训材料。

中国农业实用技术丛书 图说农产品干燥与干制新技术

徐圣言 姜 松 编著

责任编辑 刘剑波 徐一帆

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

陕西省印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998年8月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1998年8月第一次印刷 印张：6 3/4

印数：1—10 000 字数：145 000

ISBN 7-03-006807-6/S·241

定价：7.50 元

出版说明

党的十五大要求把农业工作放在我国经济工作的首位,突出强调了农业做为国民经济基础的重要作用。为了贯彻党的农业方针,同时也为了促进、提高科学技术在农业增产的贡献率,达到我国在人均农业资源明显低于世界平均水平的条件下,用占世界7%的耕地,养活占世界22%的人口这一基本目标,我社组织数十名有造诣、有成就、有实践经验的专家、学者,集体编写了这套《中国农业实用技术》丛书。

本套丛书精选了现代农业生产中急需的、科技含量高的实用技术,分33个分册出版,重点突出了形象、直观和新技术含量,图文并茂,易学易懂,内容实用,便于操作,便于学习和掌握,适合广大农村专业户和具有一定文化知识的农民朋友阅读和参考。

本套丛书在出版以后,将对其中能够适应农业发展需要的书目进行修订,也还会不断地补充新的书目。需要说明的是,本套丛书尽管在编写过程中强调了图文并茂,力求“图说”,但由于时间仓促,部分图书

对图的绘制有些粗糙,还有的文字所占篇幅多了一点。上述不足,我们将在今后再版时予以更正和补充。

希望广大农业科技人员对本套丛书提出宝贵意见,寄期望于将来,在实现农业现代化的伟大进程中,本套丛书能发挥出更大的作用。

目 录

第一章 农产品干燥的基本原理	1
一、农产品干燥的基本知识.....	1
1. 干球温度和湿球温度	1
2. 绝对湿度和相对湿度	1
3. 空气含湿量	2
4. 农产品的含水率	2
5. 农产品和空气的水分平衡.....	4
二、农产品干燥的基本原理.....	6
1. 空气在干燥过程中的作用.....	6
2. 农产品的干燥特性曲线	6
3. 影响农产品干燥的因素	8
4. 干燥过程中农产品的主要变化	10
第二章 农产品基本干燥方法	15
一、自然干燥	15
二、空气对流干燥	16
1. 箱式干燥	16
2. 隧道式干燥	18
3. 带式干燥	22
4. 气流干燥	23
5. 流化床干燥	24
6. 仓贮干燥	27
7. 膨化干燥	27
8. 喷雾干燥	28

9. 回转干燥	32
三、滚筒干燥	33
四、真空干燥	35
五、冷冻干燥	37
六、微波干燥	41
七、远红外干燥	43
第三章 蚕茧干燥	46
一、蚕茧干燥的特点	46
二、蚕茧干燥的原理	47
1. 蚕茧干燥的目的	47
2. 蚕茧干燥的原理	47
3. 蚕茧干燥的规律	49
三、干燥工艺	51
1. 蚕茧干燥方法	51
2. 烘茧温度	52
3. 湿度	54
4. 气流	56
5. 烘茧时间	57
四、蚕茧干燥设备	58
1. 浙 73-1 型车子风扇灶	59
2. ZJH92-2 型车子风扇灶	61
3. 江苏 83 型车子风扇灶	63
4. 四川 N82 型热风烘茧灶	65
5. 推进式烘茧灶	69
6. 自动循环烘茧机	70
第四章 乳粉制作	75
一、概述	75
二、全脂乳粉生产工艺	75

1. 工艺流程	75
2. 预处理	76
3. 预热杀菌	76
三、真空浓缩	77
四、喷雾干燥	78
1. 喷雾干燥原理	78
2. 喷雾干燥流程	79
3. 雾化方法与雾化器	80
4. 喷雾干燥工艺条件	86
5. 喷雾干燥过程中物料的粘壁问题	87
五、出粉、冷却与包装	90
1. 出粉	90
2. 冷却	91
3. 称量与包装	91
六、全脂速溶乳粉	92
1. 工艺特点	92
2. 工艺流程	93
第五章 谷物干燥	96
一、谷物干燥简介	96
1. 谷物的特性	96
2. 干燥过程的机理及缓苏	101
3. 影响谷物干燥过程的主要因素	102
4. 干燥过程对谷物品质的影响	104
二、简易干燥设备	106
1. 堆放分批式干燥设备	106
2. 径向通风干燥仓	110
3. 循环干燥仓	112
三、谷物干燥机	114
1. 塔式干燥机	114

2. 流化斜槽式干燥机	138
3. 喷动床干燥机	149
4. 中央机械提升式循环干燥机	154
5. 回转式干燥机	159
第六章 其它农副产品的干燥	164
一、啤酒酵母的干燥	164
1. 滚筒干燥器的分类	164
2. 滚筒干燥器的特点	166
3. 滚筒干燥器的结构	167
二、鸡粪干燥	170
1. 鸡粪干燥设备类型	170
2. JH-1000 型鸡粪干燥器结构简介	171
3. JH-1000 型鸡粪干燥器工作原理与特点	173
三、淀粉干燥	174
1. 概述	174
2. 玉米淀粉加工过程	175
3. 气流干燥器	177
四、蔬菜干制	186
1. 蔬菜干制原理	186
2. 蔬菜干制工艺	189
3. 蔬菜干制设备	193
4. 果蔬干制实例	203
参考文献	207

第一章 农产品干燥的基本原理

一、农产品干燥的基本知识

1. 干球温度和湿球温度

干球温度系普通温度计所指示的湿空气温度。

如果用一小块湿纱布覆盖同样的温度计的感温球，并使一定速度的气流通过湿纱布，结果读出的温度将低于相同条件下的干球温度。这是因为感温球周围的水分蒸发而引起的冷却作用造成的，由此获得的读数就称为湿球温度。

在特定温度下的蒸发率，以及由蒸发导致的冷却程度，均取决于空气的相对湿度。空气的相对湿度越低，则蒸发率和冷却程度越高。因此，可通过所测得的干球温度与湿球温度来确定湿空气的相对湿度。

2. 绝对湿度和相对湿度

每立方米湿空气中所含水蒸气的质量，就称为空气的绝对湿度。绝对湿度只能表示湿空气在某一温度条件下实际所含水蒸气的质量。然而，空气在不同的温度条件下所能吸收水蒸气量的限度是不同的，因此还不能由绝对湿度来直接说明湿空气的干、湿程度。必须在相同温度的条件下，才能根据绝对湿度的数值来判断哪一种空气为干燥或潮湿。这在应用上很不方便，因此，在论述空气的干、湿程度时经常采用的是相对湿度。

空气的相对湿度可用空气的实际含水量 $\gamma_{\text{汽}}$ 与在同样温度下的饱和空气的含水量 $\gamma_{\text{饱}}$ 之比来表示。即

$$\varphi = \frac{\gamma_{\text{汽}}}{\gamma_{\text{饱}}} \times 100\%$$

空气的相对湿度也可以用空气的水蒸气分压力 $P_{\text{汽}}$ 与同样温度下的饱和水蒸气分压力 $P_{\text{饱}}$ 之比来表示。即

$$\varphi = \frac{P_{\text{汽}}}{P_{\text{饱}}} \times 100\%$$

3. 空气含湿量

在农产品干燥的湿度计算中，需具体确定对空气进行加湿或减湿的数量。为了计算方便起见，就采用 1 千克干空气来作为计算的标准，因为无论湿空气的状态如何变化，其中干空气的重量总是不变的。1 千克干空气中所含的水蒸气的重量，称为湿空气的含湿量，用符号 W 表示，即

$$W = \frac{G_{\text{汽}}}{G_{\text{干}}} \text{ (千克/千克干空气)}$$

要特别指出的是 1 千克干空气，它不同于 1 千克湿空气，它是把水蒸气的重量计算在干空气之外的。

4. 农产品的含水率

农产品是有生命的物质，并含有一定数量的水分，因此，常把农产品看成为一种有生命的湿物体。即

$$G = G_{\text{干}} + W$$

式中 G ——农产品重量 (千克)；

$G_{\text{干}}$ ——农产品中绝对干物质的重量 (千克)；

W ——农产品中水分的重量 (千克)。

农产品水分含量的表示方法有两种：湿基表示法和干基表示法。所谓湿基表示法，是以农产品（湿物料）重量为基准，即把农产品重量 G 作为 100%，农产品中水分的含量以农产品中水分在农产品中所占的重量百分数来表示。

$$M(\%) = \frac{W}{G} \times 100\% = \frac{W}{G_{\mp} + W} \times 100\%$$

式中 M ——农产品湿基含水率（%）。

所谓干基表示法，是以农产品中绝对干物质重量 $G_{\mp}$ 为基准，即把农产品绝对干物质重量作为 100%，以农产品中水分重量对农产品绝对干物质重量之比的百分数来表示。

$$M_{\mp}(\%) = \frac{W}{G_{\mp}} \times 100\%$$

式中 $M_{\mp}$ ——农产品干基含水率（%）。

通常所说的农产品含水率，是指农产品的湿基含水率。农产品干基含水率常用在农产品干燥理论计算中，因为农产品中绝对干物质的重量是不随农产品中水分重量的变化而变化的，计算起来比较方便。但在使用干基含水率时必须加符号注明。

农产品中湿基含水率与干基含水率相互换算式为

$$M(\%) = \frac{M_{\mp}}{100 + M_{\mp}} \times 100\%$$

$$M_{\mp}(\%) = \frac{M}{100 - M} \times 100\%$$

农产品的水分含量是农产品出售、贮藏及加工中要考虑的一个重要因素，农产品干燥的目的也就是将农产品的水分降低到安全贮藏及适合加工的范围内。

农产品中的水分有结合水分和自由水分，但只有自由水分才能被细菌、酶和化学反应所触及，此即有效水分。降低

或去除自由水分可延长农产品贮藏期。

表 1.1 列出了一些农产品的收获水分和安全贮藏水分，以供参考。

表 1.1 收获与安全贮藏水分（%，湿基）

农产品种类	最大收获水分	收获损失最少的适宜水分	一般收获水分	安全贮藏水分	
				贮藏一年	贮藏五年
黑 麦	25	16~20	12~18	13	11
大 麦	30	18~20	10~18	13	11
燕 麦	32	15~20	10~18	14	11
小 麦	38	18~20	9~17	13~14	11~12
稻 谷	38	25~27	16~25	12~14	10~12
玉 米	35	28~32	14~30	13	10~11
高 粱	35	30~35	10~20	12~13	10~11

5. 农产品和空气的水分平衡

在农产品干燥过程中，当农产品含水率、相对湿度和温度处于特定条件下时，尽管干燥空气还未饱和，似乎还能吸收掉农产品中的一些水分，但实际上已不能再进行任何干燥。例如，空气的温度是 15.5℃，相对湿度是 70%，这空气虽低于饱和 30%，却不能对含水率为 14% 左右的谷物进行干燥（参见表 1.2）。

表 1.2 农产品含水率与空气相对湿度的平衡值

农产品湿基 含水率% 相对湿度 % 温度 C	17	16	15	14	13	12
4.5	78	73	68	61	54	47
15.5	83	79	74	68	61	53
25.0	85	81	77	71	65	58

与任何含水物质一样，农产品也具有一种持水的本能。并

且随着含水率的下降，农产品保持剩余水分的能力也趋于增强。同样，在特定含水率条件下，当农产品的温度降低，其持水能力增强。

脱水干制时，农产品的水分能下降的程度是由空气湿度所决定的。干燥的农产品极易吸水。农产品的水分含量始终要和周围空气的湿度处于平衡状态。农产品的水分含量降低，则其蒸汽压相应下降，脱水干制后，低水分表面上的蒸汽压也随之而下降。此时，如果物料表面和其水分相对应的蒸汽压低于空气的蒸汽压，则空气中水蒸气不断向物料表面附近扩散，而物料则从它表面附近的空气中吸收水蒸气而增加其水分，直至表面附近蒸汽压和空气蒸汽压相互平衡，物料才不再吸收水分。因蒸汽压随温度而异，故在不同温度时各种农产品有它自己相应的平衡相对湿度。因此，平衡相对湿度就是在一定温度下农产品既不从空气中吸取水分，也不向空气蒸发水分时的空气湿度。如低于这个空气湿度则农产品将进一步干燥，反之，则农产品不再干燥，而是从空气中吸取水分。和平衡相对湿度相对应的农产品水分含量称为平衡水分。

图 1.1 是马铃薯在各温度时的等温吸湿曲线。如图所示，温度为 40℃ 时，如平衡相对湿度为 30%，则马铃薯

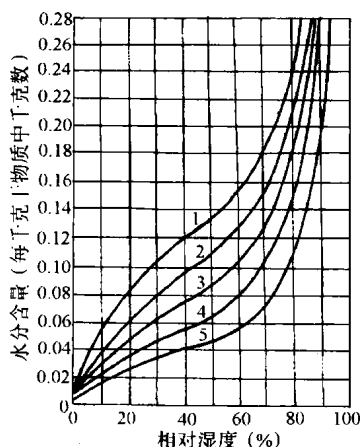


图 1.1 马铃薯的等温吸湿曲线
1. 温度 20℃ 2. 温度 40℃ 3. 温度 60℃ 4. 温度 80℃ 5. 温度 100℃

薯的平衡水分分为 8%；如果要在同样温度条件下将马铃薯水分降低至 6%，则空气的平衡相对湿度必须降低到 20%；如果要将马铃薯水分降低至 6%，空气的相对湿度仍为 30%，则温度必须提高到 60℃。

二、农产品干燥的基本原理

将热量传递给农产品并促进农产品组织中水分向外转移是农产品脱水干燥的基本过程。因此，湿、热的转移是农产品干燥基本原理中的核心问题。

1. 空气在干燥过程中的作用

要使农产品能够长期安全贮藏，必须把农产品水分降低到安全水分的范围内。

在农产品干燥过程中，干燥空气（即气流）是一个最重要的因素。它起着两种作用：把从农产品中蒸发出来的水分带走；提供使水分蒸发所需要的热量。而能否有效地带走水分和提供蒸发所需要的热量，则主要取决于空气的温度和相对湿度。在温度一定的条件下，气流的相对湿度越低，干燥能力越强。反之，当气流的相对湿度高于与农产品相平衡的空气相对湿度值时，不仅不能把农产品的水分带走，相反农产品还有可能吸收空气中的水分。除温度与湿度外，气流速度也是一个重要因素。在一定温度、湿度条件下，气流速度越高，在一定范围内干燥的进程越快。

2. 农产品的干燥特性曲线

在干燥过程中，农产品中的水分不断汽化，农产品的重