

食品干燥

原理与技术

朱文学 等 编著



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书系统介绍了食品的干燥机理和干燥技术,包括食品物料的热力学性质、干燥过程中的物料的物理化学变化、物料中质热传递机理、干燥过程计算、干燥工艺等内容等。全书分上、下两篇共 13 章。上篇包括:概论、湿物料的热力学性质、食品干燥过程中的化学变化、食品干燥过程中的物理变化、食品干燥过程中的传热与传质、干燥过程计算;下篇包括第 7 章至第 13 章,为果蔬、肉制品等几大类食品的干燥技术。

本书可作为食品干燥技术研究者和工程技术人员的参考用书,也可供高等院校食品科学与工程专业及化学工程专业学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品干燥原理与技术/朱文学等编著. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-025311-8

I. 食… II. 朱… III. 食品加工-干燥 IV. TS205.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 147322 号

责任编辑:耿建业 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:赵 博 / 封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 9 月 第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009 年 9 月 第一次印刷 印张: 39 1/2

印数: 1—2 500 字数: 779 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

我国是一个农业生产及食品加工大国。2007年,全国粮食总产量为5亿多吨。“十五”期间,食品工业总产值年均增长17.3%,销售收入年均增长20.3%,经济总量连续5年居各行业之首。截至2006年底,我国食品工业生产总产值达24 808.43亿元(占全国工业总产值的7.86%),利税4047.00亿元(占全国工业利税的12.48%)。但由于我国产地交通不便和加工技术落后,粮食及农产品产后损失超过30%,在经济上造成巨大的损失,因此,在粮食、蔬菜、水果的采后进行干燥处理具有十分重要的意义。

食品干燥的目的主要有三个:①延长储藏期。经干燥的食品,其水分活性较低,有利于在室温条件下长期保藏,以延长食品的市场供给期,平衡产销高峰。②用于某些食品加工过程以改善加工品质。如大豆、花生米经过适当干燥脱水,有利于脱壳(去外衣),便于后加工,提高制品品质。另外,还促使尚未完全成熟的原料在干燥过程进一步成熟。③便于商品流通。干制食品重量减轻、容积缩小,可以显著地节省包装、储藏和运输费用,并且便于携带和储运。实际上干燥操作已经渗透到各种食品的加工环节中,成为食品加工操作的主要单元操作。

食品状态非常复杂,按被干燥的食品物料的状态可分为:①粉状食品物料。主要包括:各种淀粉、米粉、鱼粉、调味品粉、各种氨基酸和食品添加剂等。②片、条、块、颗粒状食品物料。主要包括:粮食,油料,蔬菜,水果,茶叶,饼干,“三菇二耳”等土特产,海带、紫菜、鱼虾干等海产品,以及猪、牛肉干等畜产品。③浆状食品物料。主要包括牛奶及制造各种粉体食品,如奶粉、豆粉、果胶、食用明胶、葡萄糖、果汁粉、咖啡粉等的中间物。按照被干燥的食品物料的物理化学性质可分为:①液态食品。包括溶液、胶体溶液和非相态食品。②湿固态食品。包括晶体、胶体和生物组织体。这类食品具有生物组织特征,具有各向异性和固态多系统,内部水分存在状态复杂。另外,食品含有大量营养物质,极易腐败变质。另外,为讲解方便,本书将烟草干燥技术包括在食品干燥技术里一起介绍。

为了解决食品干燥问题,国内外学者进行了大量的研究,开发了形式多样的干燥设备。食品干燥设备分类的依据有:被干食品种类、加热方式、物料运动方式和干燥设备操作方法。由于食品种类繁多、状态各异,加热方式有3种,运动方式有2种,组合起来就形成了多种多样的干燥方法。干燥机械原理与形态各异,基本上满足了生产的需要。

尽管如此,目前还有很多关键技术没有突破,造成如干燥时间长、能耗高、品质

损伤等问题。干燥是一种高能耗的操作,据资料统计,法国、英国、瑞典等发达国家,高达 12% 的工业能耗用于干燥过程,中国干燥操作的能耗约占总能耗的 10%。干燥过程对农产品和食品产品的品质具有很大的影响,有时甚至起到决定性的作用。目前仍占主导地位的热风干燥对食品的色泽、维生素 C 及其他生物活性物质破坏的程度较大,这种干燥的经济性和产品质量之间存在的矛盾,是干燥技术研究和发展中的一项重大课题。

本书就目前干燥技术发展的核心问题,如基本传热传质、干燥过程计算、干燥过程中食品物料的物理及化学变化、干燥基本工艺等问题进行了系统的讨论。在编写本书的过程中,也广泛地咨询和请教了干燥领域和食品加工领域的知名专家,力图在干燥机理和干燥技术方面建立有效的联系,以便为研究者 and 使用者提供更为有效的基础及应用支持。

本书由河南科技大学组织编写,其中:第 1 章由朱文学编写,第 2 章由樊金玲编写,第 3 章由白喜婷编写,第 4 章由李欣编写,第 5 章由任广跃编写,第 6 章由刘云宏编写,第 7 章由向进乐编写,第 8 章和第 9 章由罗磊编写,第 10 章由杜琳编写,第 11 章由张仲欣编写,第 12 章由刘建学编写,第 13 章由朱文学编写。全书由朱文学统稿并修改。

由于作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家提出宝贵意见。

作 者

2009 年 6 月

目 录

前言

上篇 干燥理论与计算

第 1 章 概论	3
1.1 被干燥食品的分类	4
1.2 食品干燥设备的分类	5
1.3 干燥机的选择	7
1.4 食品干燥技术的发展	8
第 2 章 湿物料的热力学性质	10
2.1 概述	10
2.2 物料中的水分	21
2.3 湿物料的热力学特性	38
2.4 湿物料的热物理特性	69
第 3 章 食品干燥过程中的化学变化	88
3.1 食品的化学成分	88
3.2 食品微生物腐败	94
3.3 食品干燥过程中的化学变化	123
第 4 章 食品干燥过程中的物理变化	168
4.1 食品干燥过程中物理变化的宏观特征	168
4.2 干燥过程中食品力学特性的变化(粮食的应力裂纹)	172
4.3 干燥过程中食品组织特性的变化	187
4.4 食品干燥过程中电特性的变化	205
第 5 章 食品干燥过程中的传热与传质	220
5.1 食品干燥过程的试验规律	220
5.2 湿物料与环境介质间的传热与传质	226
5.3 湿物料(多孔介质)中传热与传质	240
5.4 影响食品传热传质的因素	259
5.5 有关质热传递参数的确定	262
第 6 章 干燥过程计算	273
6.1 基本干燥过程的计算	273

6.2 干燥过程的模型与模拟	306
----------------------	-----

下篇 食品干燥技术

第7章 果蔬干燥技术	359
7.1 果蔬干燥原理	359
7.2 普通脱水果蔬加工	366
7.3 果蔬粉加工	388
7.4 果蔬脆片加工	391
第8章 肉制品干燥技术	398
8.1 肉制品干燥基础	398
8.2 肉制品干燥工艺	403
第9章 糖及淀粉类食品干燥技术	419
9.1 糖及淀粉类食品概述	419
9.2 单糖生产及干燥技术	420
9.3 低聚糖干燥技术	421
9.4 淀粉(多糖)干燥技术	430
第10章 奶类及液体食品干燥技术	449
10.1 粉末食品的理化特性	449
10.2 液体食品的喷雾干燥	457
10.3 液体食品的真空干燥	474
10.4 液体食品的冷冻干燥	479
第11章 粮油干燥技术	487
11.1 粮油干燥方法	487
11.2 典型粮油物料的干燥条件	488
11.3 典型粮油物料干燥技术	494
11.4 特殊粮油干燥技术	506
第12章 烟叶干燥技术	522
12.1 烟叶的理化特性	522
12.2 烟叶干燥原理	526
12.3 烘烤对烟叶质量的影响	529
12.4 烟叶干燥工艺	538
12.5 烘烤设备	546
12.6 烟丝干燥技术	567
第13章 茶叶干燥技术	576
13.1 茶叶干燥基础	576

13.2	茶叶的加工工艺·····	586
13.3	茶叶的干燥方法及设备·····	591
13.4	速溶茶的干燥·····	606
13.5	功能茶的干燥·····	609
参考文献 ·····		615

上篇 干燥理论与计算

第 1 章 概 论

干燥加工是大多数食品加工过程中不可缺少的操作单元。其目的是为了：

1) 赋予食品储藏性及输送性

从含多量水分的食品中除去水分(降低水活性),防止微生物及其所导致的腐败及变质,防止各个食品成分间化学反应所引起的变质,并最终赋予食品储藏性及输送性。

2) 赋予食品简便性

要求食品须具有只要经简便处理即可供饮食的特性;作为加工食品原料使用时要能容易保藏及使用。

3) 新食品材料及新食品的创新、开发

伴随着饮食生活的多样化,对于新食品材料及新食品的要求日益增加。通过干燥赋予食品或食品材料优良的品质可以创造、开发新食品。

干燥是一种古老的操作,发展至今依然受到全球各国科研人员的关注,科研人员也继续进行相关方面的研究。受关注的原因主要在于干燥工艺的复杂性,具体体现在以下几个方面:① 处理的物料不同,例如液体、固体、滤饼、半干物料等;② 对所需干燥产品的要求不同;③ 干燥时间的显著差异,例如从数秒到数月;④ 干燥过程中包含物理变化,例如收缩、膨胀、变形、结晶、软化和玻璃化转变等;⑤ 干燥过程有时也包含有化学变化,例如环保项目中烟气的脱硫反应等;⑥ 干燥过程中传热传质过程的变化;⑦ 干燥所需热量输入方式的不同,例如连续的、间歇的、同时的或按序的。

干燥的高能耗也是一个受关注的重要方面。Strumilio 等指出,大部分干燥装置的热效率在 30%~70%。另一个值得关注的方面是大部分干燥设备生产商仅仅停留在制造上面,而没有涉及干燥系统或者工艺设计,更谈不上优化设计;不少企业制造的干燥装置依然是老旧式样与结构。

无论采用哪一种方法,将热量传递给食品并促使食品组织中水分向外转移是食品干燥的基本过程。因此,食品干燥过程中既有热的传递也有质(即水分)的外移。为此,湿热的转移就是食品干燥的核心问题。

针对食品品种、形状及干燥要求多样化,已经开发了多种干燥技术与设备,一定程度上满足了食品干燥要求。为了进一步节约能源,保证干燥品的品质,目前除了进行已经比较成熟的干燥技术外,各种单一干燥方法的组合干燥方法研究开发是一个热点。

1.1 被干燥食品的分类

1. 按被干燥食品的状态

被干燥的食品物料按照状态可分为：

1) 粉状食品物料

主要包括各种淀粉(薯类、豆类、麦类、玉米、高粱等物料的淀粉),米粉,鱼粉,调味品粉(花椒、芥末等粉),果糖,山梨糖酸,各种氨基酸和食品添加剂等。

2) 片、条、块状食品物料

主要包括蔬菜和水果,茶叶,饼干,面条,“三菇二耳”等土特产,海带、紫菜、鱼虾干等海产品,以及猪、牛肉干等畜产品。

3) 浆状食品物料

主要包括牛奶及制造各种粉体食品,如奶粉、豆粉、果胶、食用明胶、葡萄糖、果汁粉、咖啡粉等的中间物。

2. 按被干燥食品的物理化学性质

被干燥的食品物料按照其物理化学性质可分为：

1) 液态食品

包括溶液、胶体溶液和非均相态食品。溶液食品主要是指如葡萄糖溶液、味精溶液、咖啡浸出液等;胶体溶液食品主要是指蛋白质溶液、果胶溶液等;非均相液态食品主要是指牛奶、蛋液、果汁等复杂的液体悬浮系统。液体食品的主要特征是具有流动性。

2) 湿固态食品

包括晶体、胶体和生物组织体。晶体主要是指如食盐、食糖等。胶体食品分两种:第一种为弹性胶体,如明胶、面团等,其特征为除去水分后收缩,但保持弹性;第二种为脆性胶体,特征是除去水分后变脆。生物组织体包括动植物原料或原料切割和加工而成的固体生物组织,如果品、蔬菜、粮食、肉类、鱼类等。这类食品的特征为具有各向异性和固态多系统,内部水分存在状态复杂。

将食品分类的目的是为了有的放矢地选择其干燥方法和干燥设备。在制定干燥工艺时考虑食品物料中水分在物料中的结合力强弱,应先用较廉价的方法除去较容易的水分,再用相对成本较高的方法除去较难除去的水分,以降低整个干燥生产成本。

1.2 食品干燥设备的分类

干燥所用的设备可按不同的标准进行分类,如表 1-1 所示。在有些干燥设备上各种加热、运动等方式均被广泛采用,如真空干燥,有时采用接触加热,有时采用辐射加热,故对干燥设备也只能进行大致的分类。干燥设备大致分类如表 1-2 所示。

表 1-1 按照不同标准对干燥机进行分类

分类标准	类 型
传热方式	接触、对流、辐射
操作方式	间歇、连续*
进料的物理状态	液体、糊状、粉末、块状、连续的片状、长条状、厚板状
干燥机中原料的状态	静止、移动、搅拌、振动、聚合、分散、流化
操作压力	真空、常压*、高压
热输入方式	对流、传导、辐射、电磁、不同方式联合
干燥介质	热空气*、过热蒸汽、烟道气
干燥温度	低于三相点、低于沸点*、高于沸点
干燥机内原料和空气的相对流动方向	顺流、逆流、混合流、错流
热输入随时间的变化	连续、间断
干燥级数	单级、多级
停留时间	短(1min)、中等(1~30min)、长(>30min)

*常用类型。

表 1-2 干燥机的分类与应用

加热方式	干燥机种类	压力	操作方式	物料状态	应用分类			
					液体、液体悬浮物	糊状物、脱水饼	粉末	颗粒、丸、挤出物
接触干燥	水平搅拌干燥机	常压/真空	间歇/连续	搅拌	○	◎	◎	○
	垂直搅拌干燥机	常压/真空	间歇	搅拌	◎	◎	◎	○
	双锥式干燥机	常压/真空	间歇	搅拌	★	○	◎	○
	转鼓干燥机	常压/真空	连续	铺层	●	◎	★	★
	托盘干燥机	常压/真空	间歇	铺层	◎	●	◎	◎
	盘式干燥机	常压/真空	连续	铺层	◎	○	◎	●
	带式干燥机(接触式)	常压/真空	连续	铺层	★	●	★	◎
	旋转蒸汽管式干燥机	常压/真空	连续	搅拌	★	○	●	◎
	回转圆筒式干燥机(间接加热)	常压/真空	连续	搅拌	★	○	●	●
	薄膜干燥机	常压/真空	连续	铺层	●	★	★	★

续表

加热方式	干燥机种类	压力	操作方式	物料状态	应用分类			
					液体、液体悬浮物	糊状物、脱水饼	粉末	颗粒、丸、挤出物
对流干燥	流化床干燥机	常压	间歇/连续	流动	★	★	●	◎
	振动流化床干燥机	常压	间歇/连续	流动	★	★	●	●
	流化床造粒器	常压	间歇	流动	★	★	●	★
	回转圆筒干燥机	常压	连续	流动	★	◎	◎	●
	气流(闪蒸)干燥机	常压	连续	流动	★	◎	●	◎
	气流(环行)干燥机	常压	连续	流动	★	◎	●	◎
	喷雾干燥机	常压	连续	流动	●	★	★	★
	悬挂干燥机	常压	间歇/连续	悬挂	长条物料			
	箱式干燥机(错流)	常压	间歇	铺层	○	◎	◎	●
	箱式干燥机(穿流)	常压	间歇	铺层	★	★	★	●
	带式干燥机(穿流和错流)	常压	连续	铺层	★	○	★	●
	带式干燥机(气流冲击)	常压	连续	流动	★	★	★	●
	隧道式干燥机	常压	半连续	铺层	★	★	○	●
	旋转百叶板式干燥机	常压	连续	铺层	★	★	●	●
	旋转闪蒸干燥机	常压	连续	铺层	◎	●	◎	○
	流化床干燥机	常压	间歇/连续	流动	★	★	●	◎
	振动流化床干燥机	常压	间歇/连续	流动	★	★	●	●
	流化床造粒器	常压	间歇	流动	★	★	●	★
	热泵干燥	常压	间歇/连续	流动	○	◎	○	●
	喷雾干燥机	常压	连续	流动	●	★	★	★
能量场干燥	微波干燥机	常压/真空	间歇/连续	铺层	★	○	◎	◎
	感应加热转筒干燥机	常压	连续	流动	★	○	◎	◎
	射频干燥机	常压/真空	间歇/连续	铺层	★	○	◎	◎
	气流-射频干燥机	常压	连续	流动	★	★	○	◎
	红外线干燥机	常压/真空	间歇/连续		★	○	◎	◎
	声波场干燥机	常压	间歇/连续		○	○	◎	◎
	太阳能干燥机	常压	间歇/连续		◎	◎	◎	◎
低温或低压	真空干燥机	真空	间歇/连续	铺层	◎	◎	◎	◎
	冷冻干燥机	真空	间歇/连续	铺层	◎	◎	◎	◎

注：●表示好；◎表示一般；○表示较差；★表示不适用。

目前常用的食品干燥方法主要是空气对流干燥。空气对流干燥设备中流动的热空气不断和食品密切接触并向它提供蒸发水分所需的热量,带走物料中蒸发出来的水分。如被干燥物为液体,则可喷成雾状,或灌注在浅盘或输送带上进行干燥。若为块片状食品,则有多种置料方式可以采用。

降低干燥时的加热温度,缩短干燥时间,保持被干燥物料的品质是干燥领域一直以来研究的课题,为此开发了多种设备。真空干燥设备主要是利用减压来降低水的沸点,借以在较低温度中干燥热敏性食品的设备。如在真空冷冻干燥设备中,当绝对压力降低到 5mmHg^* 以下时,水分将不经过液态而直接从冰晶状态升华成水蒸气。

1.3 干燥机的选择

为了缩小干燥机的选择范围,根据加工工艺对干燥机和干燥工艺的要求,可从以下4个方面进行干燥机的初选。

1. 原料和产品形状及要求

大多数的干燥机都可以干燥颗粒物料,只有少数干燥机适合于干燥浆状或薄片状物料,因此当物料形状一经确定,便可以排除一部分干燥机,但在选型时还应考虑原料的多样性或加工后的处理要求。

大部分干燥的原料和产品具有相似形状,当原料和产品形状不同时就要特别注意,此时应慎重考虑。另外,产品的特性和要求对选型也有很大的影响。

2. 操作运行方式

干燥操作对食品的质量有很大影响。食品物料在干燥过程中会出现收缩,表面硬化,呈多孔状性、疏松性以及复原不可逆性等物理和化学变化,因而,根据物料的特性施以不同干燥操作是一个值得研究的问题。由于被干燥的食品其形状、含水量、热敏特性等千差万别,因此,干燥所需要的时间、温度、汽化量、传热量等变化很大,在经济措施上也各自不同,故选择食品干燥机械时要综合考虑。

按操作运行方式可将干燥机分成间歇式和连续式。间歇式干燥机以小型为主,工作时劳动强度较大,仅适于对低生产率、长滞留时间的物料干燥,否则应选用连续流动式干燥机。某些情况下可选用半连续式干燥机。

3. 加热方式

热源的选择是一个很复杂的问题,目前所用的主要加热方式是对流加热和接

* $1\text{mmHg}=133.32\text{Pa}$

触加热,辐射和介电也有所采用,另外还有组合加热方式。

对流干燥机一般采用高风量,传热速率较高,因此干燥速率快,但排气的热损失较大,有害气体和灰尘的排放量也较高,如果绝对禁止环境污染时应采用接触式干燥方法。如果对物料温度有严格要求,最好采用真空式传导干燥,否则最好用对流干燥。

4. 生产能力

干燥机的生产能力对选型有重要的影响,大多数对流干燥机均可以处理大量的固体物料,而且结构紧凑,占地面积小。接触式干燥机的生产能力不可能太大,水分蒸发率也不能过高,这是因为受到结构的限制,不能保证足够大的传热面积。但滚筒式干燥和水平搅拌式干燥机是个例外,其传热面积较大。

1.4 食品干燥技术的发展

农产品、食品的干燥从简单使用太阳能干燥发展到目前各种各样的干燥方法及设备,如盘式干燥、隧道干燥、带式干燥、喷雾干燥、滚筒干燥、冷冻干燥、渗透压脱水、流化床干燥、红外干燥、微波干燥、组合干燥等,干燥技术的发展大致经历了四个阶段。

1. 第一阶段

厢式、床式干燥器(包括窑炉干燥、盘式干燥、隧道干燥、带式干燥等)属于这一阶段开发的干燥设备,这类设备主要利用流动的热风对产品进行加热和干燥,适合于固体物料的干燥,如谷物、切片的果蔬、块状食品等。这类干燥设备现在仍然得到广泛的应用,其技术进步主要围绕着提高传热和传质系数,流化床干燥、喷动床干燥等就是通过物料的流化来提高传热和传质效果,可视为这类干燥设备的发展。

2. 第二阶段

喷雾干燥、滚筒干燥属于这一阶段开发的干燥设备,主要解决了液态、泥状物料的干燥问题。喷雾干燥的主要优点为:能得到颗粒大小均匀的粉末状产品;能连续操作,自动化程度高;物料在干燥器内的停留时间短,热敏性物质的损失少。缺点是干燥的物料不能太稠,如果物料黏度太高,干燥困难,固形物含量一般不超过30%。转鼓干燥弥补了喷雾干燥的缺陷,一般用于干燥固形物含量较高的黏稠物料,有单转鼓和双转鼓,布料方式也有多种多样,尤其在淀粉工业得到广泛应用。

3. 第三阶段

冷冻干燥和渗透压脱水属于该阶段开发的干燥设备。渗透压脱水是将物料浸渍于高渗透压的溶液,如糖溶液、盐溶液等,主要用于水果和蔬菜的脱水。冷冻干燥必须在三相点的压力(627Pa)以下进行,能保留干燥产品原有的形态,最大限度减少色香味和生物活性物质的损失。

4. 第四阶段

微波或无线电波射频(RF)干燥、组合干燥代表了干燥技术的最新发展。微波和无线电波射频是物料内部和外部同时加热,改变了传统的由表及里的加热方式,极大地提高了干燥速度。RF的加热原理与微波加热类似,频率小于微波频率,穿透深度大。单独使用常压微波干燥,往往会导致食品内部局部过热而严重影响产品品质,特别是在干燥后期将微波和热风干燥组合,既提高了干燥速度,又可提高干燥产品质量。

单元操作复合化可防止用单一机器从原料到成品的过程中容易产生的污染和混入异物;减少热量消耗,降低制品生产成本;设备小型化,结构紧凑化,价格也降低;提高自动化程度,减小劳动强度。近年来,通过单元操作复合化的发展,小型干燥装置的研究开发和生产取得了飞跃的发展和进步。

第 2 章 湿物料的热力学性质

2.1 概 述

湿物料的状态取决于它的温度和含水量,其性质可以用一系列热力学特性和物理参数来说明。本章将重点讨论湿物料的热力学特性和热物性参数。

2.1.1 物料的湿含量

物料中湿含量可按两种方法定义:

干基湿含量

$$x = \frac{m_w}{m_d} \quad (2-1)$$

湿基湿含量

$$w = \frac{m_w}{m_d + m_w} \quad (2-2)$$

式中: x, w ——湿物料的干基湿含量和湿基湿含量, kg/kg;

m_w, m_d ——湿物料中湿分质量和绝干物料质量, kg;

$m_w + m_d = m_m$ ——湿物料的质量, kg。

干基湿含量和湿基湿含量之间可互相换算,其关系为

$$w = \frac{x}{1+x} \quad (2-3)$$

$$x = \frac{w}{1-w} \quad (2-4)$$

在干燥过程中,物料中的绝干物质的质量是恒定不变的,因此,在干燥理论中,物料的含水量通常按干基湿含量计算。

2.1.2 水分活度

人们早已认识到食品的水分含量与食品的腐败变质之间存在着一定的但不是严格的关系。浓缩与脱水过程的主要目的是减少食品的水分含量。同时增加溶质的浓度,从而减少腐败变质。然而,已经发现具有相同水分含量的食品的腐败变质情况是明显不同的,所以,水分含量并不是腐败变质的可靠的指标。水分含量这个指标不可靠的部分原因是由于水与非水组分结合的强度是不同的,参与强烈结合