

现代食品深加工技术丛书

食品变温压差膨化联合干燥 理论与技术

毕金峰 等 著



科学出版社

现代食品深加工技术丛书

食品变温压差膨化联合干燥 理论与技术

毕金峰 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书内容包括国内外食品变温压差膨化联合干燥技术发展概况、研究进展和发展趋势,重点介绍了食品变温压差膨化联合干燥的概念、基本原理、预处理技术、果品干燥技术、蔬菜干燥技术、干燥机理、干燥工艺流程和产品标准等,最后提出联合干燥技术的发展趋势。

本书汇集了作者 10 余年的科研积累和实践经验,既可作为科研院所、高等院校食品科学与工程及相关专业的教学参考书,也可作为食品加工企业技术与管理人员的实践指导书。

图书在版编目(CIP)数据

食品变温压差膨化联合干燥理论与技术/毕金峰等著. —北京:科学出版社, 2015.12

(现代食品深加工技术丛书)

ISBN 978-7-03-046719-5

I. ①食… II. ①毕… III. ①食品加工—干燥 IV. ①TS205.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 302752 号

责任编辑:贾超 宁倩/责任校对:贾娜娜 贾伟娟

责任印制:赵博/封面设计:东方人华

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 12 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 12 月第一次印刷 印张:26

字数:500 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“现代食品深加工技术丛书” 编写委员会

主 编 孙宝国

副主编 金征宇

编 委 (以姓名汉语拼音为序)

毕金峰	曹雁平	程云辉	段长青	哈益明
江连洲	孔保华	励建荣	林 洪	林亲录
刘新旗	陆启玉	马美湖	木泰华	单 杨
王 静	王 强	王 硕	王凤忠	魏益民
谢明勇	徐 岩	杨贞耐	叶兴乾	张 泓
张 敏	张 懋	张 偲	张春晖	张德权
张丽萍	张名位	赵谋明	周光宏	周素梅

秘 书 贾 超

联系方式

电话:010-64001695

邮箱:jiachao@mail.sciencep.com

丛 书 序

食品加工是指直接以农、林、牧、渔业产品为原料进行的谷物磨制、食用油提取、制糖、屠宰及肉类加工、水产品加工、蔬菜加工、水果加工和坚果加工等。食品深加工其实就是食品原料进一步加工,改变了食材的初始状态,例如,把肉做成罐头等。现在我国有机农业尚处于初级阶段,产品单调、初级产品多,而在发达国家,80%都是加工产品和精深加工产品。所以,这也是未来一个很好的发展方向。随着人民生活水平的提高、科学技术的不断进步,功能性的深加工食品将成为我国居民消费的热点,其需求量大、市场前景广阔。

改革开放 30 多年来,我国食品产业总产值以年均 10% 以上的递增速度持续快速发展,已经成为国民经济中十分重要的独立产业体系,成为集农业、制造业、现代物流服务业于一体的增长最快、最具活力的国民经济支柱产业,成为我国国民经济发展极具潜力的新的经济增长点。2012 年,我国规模以上食品工业企业 33 692 家,占同期全部工业企业的 10.1%,食品工业总产值达到 8.96 万亿元,同比增长 21.7%,占工业总产值的 9.8%。预计 2015 年食品工业总产值将突破 12.3 万亿元。随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,食品产业在保持持续上扬势头的同时,仍将有很大的发展潜力。

民以食为天。食品产业是关系到国民营养与健康的民生产业。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,人民对食品工业提出了更高的要求,食品加工的范围和深度不断扩展,其所利用的科学技术也越来越先进。现代食品已朝着方便、营养、健康、美味、实惠的方向发展,传统食品现代化、普通食品功能化是食品工业发展的大趋势。新型食品产业又是高技术产业。近些年,具有高技术、高附加值特点的食品精深加工发展尤为迅猛。国内食品加工起步晚、中小企业多、技术相对落后,导致产品在市场上的竞争力弱,特组织了国内外食品加工领域的专家、教授,编著了“现代食品深加工技术丛书”。

本套丛书由多部专著组成,不仅包括传统的肉品深加工、稻谷深加工、水产品深加工、禽蛋深加工、乳品深加工、水果深加工、蔬菜深加工,还包含了新型食材及其副产品的深加工、功能性成分的分离提取,以及现代食品综合加工利用新技术等。

各部专著的作者由国内工作在食品加工、研究第一线的专家担任。所有作者都根据市场的需求,详细论述食品工程中最前沿的相关技术与理念。不求面面俱到,但求精深、透彻,将国际上前沿、先进的理论与技术实践呈现给读者,同时还附有便于读者进一步查阅信息的参考文献。每一部对于大学、科研机构的学生或研究者来说都是重要的参考。希望能拓宽食品加工领域科研人员和企业技术人员的思路,推进食品技术创新和产品质量提升,提高我国食品的市场竞争力。

中国工程院院士



2014年3月

前 言

干燥既是一种历史悠久的加工技术,也是一种现代化加工技术。传统的日晒、晾干和烘干等方式为人类加工保藏食品和制造新产品做出了重大贡献。随着现代科技的快速发展,新型干燥理论与技术不断完善和涌现,形成了几十种甚至更多的干燥技术与装备。干燥技术由单一干燥向联合干燥方向发展,干燥理论与技术也由单纯研究脱水机理、模型建立向高效节能提质等领域拓展,进而生产出了更多安全、优质、节能的产品,不断满足人们日益增长的物质和文化生活需要。

按照干燥热源不同,干燥可以分为太阳能干燥、热风干燥、微波干燥、红外干燥等;按照干燥温度的不同,可以分为真空冷冻干燥、低温热风(真空)干燥、高温热风干燥、过热蒸汽干燥等;按照干燥产品状态不同,可以分为原始物料干燥、块(片、丁、条)状物料干燥、粉状物料干燥、流体浆状物料干燥、液体物料干燥等;按照干燥介质不同,可以分为热风空气介质干燥、油介质干燥、惰性气体介质干燥等;按照干燥机理不同,可以分为热风干燥、真空冷冻干燥、热泵干燥、油浴干燥、变温压差膨化干燥、微波真空干燥、真空干燥、渗透干燥、流化床干燥等。联合干燥是指根据原料的特性,将两种或两种以上的干燥方式依据优势互补的原则,分阶段进行的复合干燥技术,如热风-红外联合干燥、热风-微波联合干燥、红外-微波联合干燥、微波-热风联合干燥、红外-真空联合干燥、过热蒸汽-热泵联合干燥、冷冻-微波真空联合干燥等。

变温压差膨化联合干燥又称爆炸膨化干燥(explosion puffing drying)、气流膨化干燥、压差膨化干燥或低温高压膨化干燥等,近期又升级为脉动压差闪蒸联合干燥技术,是一种新型、环保、节能的干燥技术,近十年来受到干燥行业的广泛关注。本书由作者及所在团队以10余年来在变温压差膨化干燥领域的研究结果为基础,进行分类梳理、整理和编写而成。

本书共7章。第1章为概论,介绍了食品变温压差膨化联合干燥技术的基本原理、操作流程、设备的优缺点、国内外研究现状和应用前景等;第2章为食品变温压差膨化联合干燥预处理技术,介绍了原料预处理方式对变温压差膨化联合干燥食品品质的影响;第3章为果品变温压差膨化联合干燥技术,系统介绍了苹果、柑橘、桃等13种果品的联合干燥工艺研究;第4章为蔬菜变温压差膨化联合干燥技术,系统介绍了胡萝卜、甘薯、马铃薯、大蒜4种蔬菜的联合干燥工艺研究;第5章为食品变温压差膨化联合干燥机理研究,介绍了变温压差膨化联合干燥的机理和食品在联合干燥过程中品质的变化规律以及不同干燥方式对产品品质

的影响等；第6章为食品变温压差膨化联合干燥工艺流程和产品标准，主要结合具体的食品工艺关键技术研究结果，提出了7种果蔬膨化产品的质量标准；第7章为食品变温压差膨化联合干燥技术发展趋势，在分析国内外研究现状的基础上展望了干燥设备、干燥原料和干燥技术等的发展趋势。本书旨在为广大从事干燥研究的专家学者和学生提供参考，也为从事干燥加工的企业技术和管理人员提供科技支撑。

第1章由毕金峰、刘璇、陈芹芹、周林燕、易建勇等编写，第2章由刘璇、易建勇、吕健、吴昕烨等编写，第3章由毕金峰、陈芹芹、周林燕、周沫、吕健等编写，第4章由易建勇、周沫、高琨等编写，第5章由周林燕、刘璇、陈芹芹、易建勇等编写，第6章由毕金峰、刘璇、周林燕、易建勇、吕健等编写，第7章由毕金峰、刘璇、陈芹芹、周林燕等编写。参与本书编写的还有：王杕、李宝玉、曾萃、马立霞、丁媛媛、于静静、赖必辉、杨爱金、曾日成、邵春霖、司旭、李兆路、郭小宁、高鹤、王萍等。同时，在编写过程中参考了国内外有关专家学者的著作与论文，在此表示衷心的感谢。

由于受试验材料、手段、方法、编写时间及作者水平限制，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。



2015年11月于北京

目 录

第1章 概论	1
1.1 食品膨化联合干燥技术发展概述	1
1.2 食品变温压差膨化联合干燥定义及基本原理	2
1.2.1 食品变温压差膨化联合干燥定义	2
1.2.2 变温压差膨化联合干燥的基本要素	3
1.2.3 变温压差膨化联合干燥的动力机制	3
1.3 食品变温压差膨化联合干燥基本操作流程	4
1.3.1 升温升压阶段	4
1.3.2 膨化降压阶段	4
1.3.3 真空定型阶段	4
1.4 食品变温压差膨化联合干燥技术与装备的优缺点	4
1.4.1 优点	4
1.4.2 缺点	5
1.5 食品变温压差膨化联合干燥技术国外研究进展	6
1.6 食品变温压差膨化联合干燥技术国内研究进展	9
1.6.1 变温压差膨化联合干燥技术国内研究进展	9
1.6.2 变温压差膨化联合干燥设备改进及完善研究	10
1.7 食品变温压差膨化联合干燥技术应用前景	10
1.7.1 变温压差膨化联合干燥产品的特点	11
1.7.2 变温压差膨化联合干燥产品的应用	11
参考文献	12
第2章 食品变温压差膨化联合干燥预处理技术	14
2.1 原料预处理技术	14
2.1.1 原料预处理方式	14
2.1.2 原料护色处理技术	17
2.1.3 原料热烫预处理技术	20
2.1.4 原料碱液浸泡处理技术	22
2.1.5 浸渍预处理技术	23
2.1.6 冷冻预处理技术	27
2.2 原料预干燥技术	28

2.2.1	渗透干燥技术	28
2.2.2	食品热风干燥预处理技术	33
2.2.3	真空冷冻干燥预处理技术	36
2.2.4	食品中短波红外干燥预处理技术	39
2.2.5	真空微波干燥预处理技术	50
	参考文献	57
第3章	果品变温压差膨化联合干燥技术	60
3.1	苹果变温压差膨化联合干燥技术	60
3.1.1	材料与方法	60
3.1.2	结果与分析	61
3.1.3	结论	74
3.2	柑橘变温压差膨化联合干燥技术	74
3.2.1	材料与方法	74
3.2.2	结果与分析	75
3.2.3	结论	85
3.3	桃变温压差膨化联合干燥技术	85
3.3.1	材料与方法	86
3.3.2	结果与分析	86
3.3.3	结论	102
3.4	菠萝变温压差膨化联合干燥技术	103
3.4.1	材料与方法	103
3.4.2	结果与分析	105
3.4.3	结论	120
3.5	芒果变温压差膨化联合干燥技术	121
3.5.1	材料与方法	121
3.5.2	结果与分析	122
3.5.3	结论	139
3.6	香蕉变温压差膨化联合干燥技术	140
3.6.1	材料与方法	140
3.6.2	结果与分析	141
3.6.3	结论	156
3.7	菠萝蜜变温压差膨化联合干燥技术	156
3.7.1	材料与方法	157
3.7.2	结果与分析	158

3.7.3 结论	171
3.8 火龙果变温压差膨化联合干燥技术	172
3.8.1 材料与方法	172
3.8.2 结果与分析	173
3.8.3 结论	178
3.9 蓝莓变温压差膨化联合干燥技术	178
3.9.1 材料与方法	179
3.9.2 结果与分析	180
3.9.3 结论	187
3.10 树莓变温压差膨化联合干燥技术	188
3.10.1 材料与方法	188
3.10.2 结果与分析	190
3.10.3 结论	197
3.11 桑葚变温压差膨化联合干燥技术	197
3.11.1 材料与方法	198
3.11.2 结果与分析	200
3.11.3 结论	211
3.12 哈密瓜变温压差膨化联合干燥技术	211
3.12.1 材料与方法	212
3.12.2 结果与分析	214
3.12.3 结论	228
3.13 枣变温压差膨化联合干燥技术	229
3.13.1 材料与方法	229
3.13.2 结果与分析	230
3.13.3 结论	245
参考文献	245
第4章 蔬菜变温压差膨化联合干燥技术	247
4.1 胡萝卜变温压差膨化联合干燥技术	247
4.1.1 材料与方法	247
4.1.2 结果与分析	248
4.1.3 结论	265
4.2 甘薯变温压差膨化联合干燥技术	265
4.2.1 材料与方法	266
4.2.2 结果与分析	267

4.2.3 结论	277
4.3 马铃薯变温压差膨化联合干燥技术	277
4.3.1 材料与方法	277
4.3.2 结果与分析	278
4.3.3 结论	288
4.4 大蒜变温压差膨化联合干燥技术	288
4.4.1 材料与方法	288
4.4.2 结果与分析	289
4.4.3 结论	304
参考文献	305
第5章 食品变温压差膨化联合干燥机理研究	306
5.1 食品变温压差膨化联合干燥机理分析	306
5.1.1 变温压差膨化联合干燥机理	306
5.1.2 变温压差膨化联合干燥的影响因素	306
5.1.3 膨化过程中水分变化研究	309
5.2 变温压差膨化联合干燥过程中物料品质变化规律研究	310
5.2.1 营养品质变化规律研究	311
5.2.2 风味品质变化规律研究	315
5.2.3 微观结构品质变化规律研究	326
5.3 不同干燥方式对产品品质的影响研究	328
5.3.1 不同干燥方式对产品质构的影响	328
5.3.2 不同干燥方式对产品营养成分的影响	332
5.3.3 不同干燥方式风味物质差异性研究	341
5.3.4 不同干燥方式对产品微观结构的影响	348
参考文献	354
第6章 食品变温压差膨化联合干燥工艺流程和产品标准	355
6.1 果蔬变温压差膨化联合干燥生产工艺	355
6.1.1 枣变温压差膨化联合干燥工艺要点	355
6.1.2 芒果变温压差膨化联合干燥工艺要点	358
6.1.3 甘薯变温压差膨化联合干燥工艺要点	361
6.1.4 香蕉变温压差膨化联合干燥工艺要点	363
6.1.5 胡萝卜变温压差膨化联合干燥工艺要点	364
6.1.6 哈密瓜变温压差膨化联合干燥工艺要点	365
6.1.7 苹果变温压差膨化联合干燥工艺要点	367

6.2 变温压差膨化联合干燥产品质量标准	368
6.2.1 苹果变温压差膨化联合干燥产品质量标准	368
6.2.2 柑橘变温压差膨化联合干燥产品质量标准	371
6.2.3 哈密瓜变温压差膨化联合干燥产品质量标准	373
6.2.4 马铃薯变温压差膨化联合干燥产品质量标准	376
6.2.5 芒果变温压差膨化联合干燥产品质量标准	378
6.2.6 甘薯变温压差膨化联合干燥产品质量标准	380
6.2.7 胡萝卜变温压差膨化联合干燥产品质量标准	383
参考文献	386
第7章 食品变温压差膨化联合干燥技术发展趋势	387
7.1 食品变温压差膨化联合干燥设备发展趋势	387
7.2 食品变温压差膨化联合干燥原料应用拓展	389
7.2.1 在畜禽及水产休闲食品中的应用	389
7.2.2 在粮油休闲食品中的应用	389
7.2.3 在特色休闲食品中的应用	390
7.3 食品联合干燥技术发展趋势	390
7.3.1 联合干燥国外研究现状	390
7.3.2 联合干燥国内研究现状	394
7.3.3 联合干燥发展趋势	396
参考文献	398
索引词	399

第 1 章 概 论

1.1 食品膨化联合干燥技术发展概述

膨化联合干燥是指根据原料特性,将其他一种或一种以上的干燥方式与膨化干燥方式相结合,依据优势互补原则,分阶段进行的一种复合的,涉及传热、传质、数学以及自动化控制等多学科的综合性极强的联合干燥技术。膨化食品是将挤压技术应用于食品加工中最先获得成功的产品,多是以谷物、豆类或薯类为主要原料,另有多种调味料,经加湿(调整水分)、挤压、膨化、油炸、烘烤、调味(或不调味)等工艺制成的,具有一定酥松度的食品。膨化食品具有品种繁多、质地酥脆、味美可口、食用方便、营养物质易于消化吸收等特点。

目前根据制作工艺不同,膨化食品可分为直接膨化型、共挤压型和间接膨化型三种。一是直接膨化型休闲食品。直接膨化型休闲食品消费非常广泛,制作工艺也比较简单。原料经挤压蒸煮后,膨化成型为疏松多孔状产品,再经烘烤脱水或油炸后,在表面喷涂一层美味可口的调味料即可,如玉米果、膨化虾条等。加工这种产品一般使用较先进的双螺杆挤压机,生产过程中可根据不同的原料及产品的质量要求随时调节温度、压力、物料湿度、供料量等参数。产品挤出后,水分含量一般在 7%~10%,着味后可直接包装上市,也可以进一步干燥到水分低于 5%。二是共挤压型休闲食品。共挤压加工是使两种性质不同的物料在挤压模板处结合的一种技术。这两种物料可来自两台挤压机,也可来自一台挤压机和一台泵。加工时,谷物类物料在挤压后形成中空的管状物,由奶酪、巧克力、糖等制成有较好流动性的夹心料,通过夹心泵后,共同挤出模具,在膨化物料挤出的同时将馅料注入管状物中间,形成膨化夹心的小食品,可通过调整夹心料的配方来制成各种不同口味的休闲产品。三是间接膨化型休闲食品。间接膨化型休闲食品被称为“第三代休闲食品”,属于一种半成品。这种食品在加工时物料在挤压机内蒸煮且温度低于 100℃,这样物料通过模板时,其中的水分不能变成蒸汽而膨化,而在后期通过油炸或热空气膨化过程去除水分以获得最终质地。

食品膨化技术在我国有着悠久的历史,但应用现代膨化技术生产膨化食品的时间并不长。我国第一台挤压机于 20 世纪 70 年代末期在上海研制成功,这标志着我国工业生产挤压膨化食品开始起步。近年来,美国的 Frito-Lay 公司、日本的 Calbee 公司以及欧洲和东南亚很多著名的膨化食品生产企业纷纷在中国投资建厂,生产各种膨化食品,使我国膨化食品加工业进入快速发展阶段。随

着人们生活水平的提高,利用膨化技术生产膨化食品在我国具有十分广阔的发展前景。

膨化食品生产技术主要指挤压膨化技术和高温膨化技术。高温膨化技术是一种将现代化的机械挤压成型技术与比较古老的油炸膨化、砂炒膨化等处理工艺结合起来而获得膨化食品的一种技术,其中以油炸膨化最为常见。高温膨化技术常应用于间歇生产中,生产工艺较为复杂,生产周期较长,产量也受到一定的限制;但由于这种膨化技术对设备要求不高,对原料的等级要求不严格,而且可拓宽一些原料的利用途径,所制得的膨化食品也有其独特的风味、外观和口感,从而整体的可口性得到提高,因此仍广泛应用于膨化食品的生产中。挤压膨化技术、微波膨化技术、烘焙膨化技术、真空低温油炸技术、脉动压差闪蒸膨化技术等是近些年膨化技术发展的方向。

1.2 食品变温压差膨化联合干燥定义及基本原理

1.2.1 食品变温压差膨化联合干燥定义

变温压差膨化联合干燥又称爆炸膨化干燥(explosion puffing drying)、气流膨化干燥、压差膨化干燥或低温高压膨化干燥等,近期又升级为脉动压差闪蒸联合干燥技术。变温是指物料膨化温度和真空干燥温度不同,在干燥过程中温度处于不断变化过程中;压差是指物料在膨化瞬间经历了一个由高压到低压的过程;膨化是利用相变和气体的热压效应原理使被加工物料内部的水分瞬间升温汽化、减压膨胀,并依靠气体的膨胀力带动组织中高分子物质的结构变性,从而形成具有网状结构特征、定型的多孔状物质的过程;干燥是膨化的物料在真空(膨化)状态下去除水分的过程。

食品变温压差膨化联合干燥是以新鲜食品为原料,经过清洗、去皮、去核、切分或不切分、预处理和预干燥等前处理工序后,采用变温压差膨化干燥设备进行的干燥过程。变温压差膨化干燥设备主要由膨化罐和一个体积比膨化罐大5~10倍的真空罐组成。原料经预干燥至水分含量为15%~35%(不同果蔬原料要求有所不同),然后将其置于膨化罐内,通过加热使物料内部水分不断蒸发,罐内压力从常压上升至0.1~0.4MPa时,物料升温至一定温度,产品处于高温高压状态,随后迅速打开连接膨化罐和真空罐(真空罐已预先抽真空)的泄压阀,由于膨化罐内瞬间降压,物料内部水分瞬间蒸发,物料组织迅速膨胀,形成均匀的蜂窝状结构,接着在真空状态下维持加热脱水一段时间,直至达到所需的安全含水量(3%~5%),停止加热,使膨化罐内温度冷却至室温,破除真空,恢复常压,取出产品,进行分级包装,即得到膨化产品。

1.2.2 变温压差膨化联合干燥的基本要素

从膨化过程分析,物料特性和外界环境与膨化直接关联,即只有当物料与环境同时符合膨化所需要的特定条件时,膨化才有可能得以顺利进行。特定条件包括以下几方面:一是在膨化发生以前,物料内部必须均匀含有安全汽化剂,即可汽化的液体,果蔬原料含有大量的水分,原料内部的自由水提供了膨化过程中所需的汽化剂;二是从相变段到增压段,物料内部能广泛形成相对密闭的弹性小室,同时,要保证小室内气体增压速度大于气体外泄造成的减压速度,以满足气体增压的需要;三是构成气体小室的内壁材料必须要有拉伸成膜性,而且能在固化段蒸汽外溢后,迅速干燥并固化成膨化制品的相对不回缩结构网架,原料较大的细胞结构可以作为膨化过程中的弹性小室,其中细胞壁的主要组成成分为纤维素,这也为膨化产品提供了相对不回缩的结构网架;四是外界要提供足以完成膨化全过程的能量,包括相变段的液体升温需能、汽化需能、膨化需能、干燥需能等,这个过程可以通过外界方式获得,如加热、微波等。对于果蔬物料而言,最安全的液体就是自身所含的自由水,成膜材料则是其中的淀粉、蛋白质等大分子物质,而成品的网架材料除淀粉、蛋白质外,少量其他大分子物质亦可以填充其间,如纤维素等。

原料经过切分等预处理并在一定的干燥温度下进行预干燥后,会在物料表面形成部分干燥层,这是由物料表面和内部失水速度不同造成的。干燥时间过长,物料内部水分散失过多,在变温压差膨化发生时,没有足够的水汽化并带动预干燥后的物料膨化;反之,如果预干燥时间不够,没有形成一定厚度的部分干燥层,则不利于膨化产品外形的固定和保持,并且预干燥不足还会导致在后期膨化干燥阶段耗费更多的能量。

1.2.3 变温压差膨化联合干燥的动力机制

变温压差膨化联合干燥的动力是物料产品形成独特网状质构特性的关键所在。膨化动力的产生主要由物料内部水分的能量释放所致。在外部提供能量的条件下,物料内部的水分子热运动最先加剧,分子动能增大,当水分子所获能量超出相互间的束缚极限时,就会发生分子离散。水分子的离散作用必然致使物料内部水分状态发生变化,产生相变和蒸汽膨胀,其结果必然造成对与之接触的物料结构的冲击。当这种冲击作用超出维持大分子物质空间结构的力,并超出大分子物质维持物料空间结构的支撑力时,就会带动大分子物质空间结构的扩展变性,最终造成膨化物料的质构变化。

此外,物料在膨化过程中还存在一定的含湿量梯度。梯度差异的形成是由水分在物料中的分布差异和水分与物料之间的结合差异所致。不同的湿量梯度会造成膨化动力产生时间上的差异和质量的不均匀性,影响膨化产品质量。所以物料必须具备均匀的含水条件,以利于膨化动力的均衡发生。

1.3 食品变温压差膨化联合干燥基本操作流程

1.3.1 升温升压阶段

(1) 膨化设备开启之前, 首先进行开机检查。检查蒸汽发生器是否有充足的水(不得低于容积的 1/2); 检查设备阀门的开、闭状态: 加热阀门处在 1/2 开通状态, 疏水器前阀门处于完全打开状态, 疏水器旁通阀门关闭, 回气阀门关闭, 排气排水阀门关闭, 进冷水阀门关闭。

(2) 开启蒸汽发生器, 当蒸汽发生器压力表显示接近 0.4MPa 时, 开启空压机。

(3) 空压机工作结束后, 开启操作面板的总电源、温度表和温度控制的开关, 设定所需的膨化温度, 待温度升到所需温度时, 将物料放入罐中。

(4) 打开真空水循环泵和抽水泵开关, 当压力表降至 0.085MPa 以下时, 开启罗茨泵。

1.3.2 膨化降压阶段

当时间、温度和真空度均达到工艺要求, 已具备膨化条件时, 打开操作面板上的泄压阀开关, 泄压阀瞬间打开, 罐内瞬间减压, 物料膨起, 进入抽空阶段。

同时, 设定所需的抽空温度, 关闭加热阀门, 打开疏水器旁通阀门和排气阀门, 将罐内的蒸汽排掉, 关闭疏水器前阀门和旁通阀门, 打开进冷水阀门, 温度降到一定程度时, 关闭进冷水阀门, 打开疏水器旁通阀门、疏水器前阀门和通气阀门。当温度降到所需温度时, 将所有阀门恢复到起始状态。

1.3.3 真空定型阶段

物料在真空条件下, 维持瞬间泄压时形成的多腔室孔状结构状态, 到达抽空干燥时间时, 使物料水分含量达到条件要求。停止加热, 使膨化罐温度冷却至室温, 关闭真空阀门, 打开膨化罐回气阀, 等膨化罐内真空消除后, 打开罐门, 将物料取出。

1.4 食品变温压差膨化联合干燥技术与装备的优缺点

1.4.1 优点

1. 干燥产品品质优异

变温压差膨化联合干燥条件温和, 干燥时间短, 原料的营养成分损失较少,