

责任编辑：于子豹 袁 娜

封面设计：飒 飒

食品工艺学

食品工艺学

王 珺 主编

王 珺 主编

中国商业出版社



定价：40.00元

作者简介

王珺，男，1985年6月，籍贯四川，硕士，西南大学柑桔研究所（中国农业科学院柑桔研究所）科技成果转化中心主任，实验师，主要从事农产品深加工技术研发及推广、农产品深加工副产物综合利用、柑桔全产业链标准化管理模式开发、相关科技成果推广及应用等。

中国商业出版社

食品工艺学

王 珺 主编

 中国商业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品工艺学 / 王珺主编. -- 北京 : 中国商业出版社, 2020.8

ISBN 978-7-5208-1234-4

I. ①食… II. ①王… III. ①食品工艺学
IV. ①TS201.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第160105号

责任编辑：于子豹 袁 娜

中国商业出版社出版发行

010-63180647 www.c-cbook.com

(100053 北京广安门内报国寺 1 号)

新华书店经销

福建省天一屏山印务有限公司印刷

★

787毫米 × 1092毫米 16开 9.5 印张 100 千字

2020 年 8 月第 1 版 2020 年 8 月第 1 次

定价：40.00 元

★★★★

(如有印装质量问题可更换)

前 言

食品是人们生活的第一需要。随着我国经济的发展和城乡居民生活水平的提高，人们对食品的需求也发生了很大变化，不仅要求吃饱，更要求营养、安全、优质、快捷、方便和多层次、多样化，这也为推动我国食品工业的升级创造了日益增长的消费市场和强大动力。食品工艺是食品工业的重要支柱之一，食品工艺学的发展关系到每个人的生活，人们都在享受着食品工艺学发展带来的便捷生活和健康。

本书共分为五章：第一章是绪论，内容包括食品概述、食品加工工艺、食品工艺学的研究内容和范畴以及农产品深加工的意义及其发展趋势；第二章对农产品的深加工共性技术进行解读，内容包括杀菌技术与粉碎技术、分离技术与干燥技术、膨化技术与压榨技术以及无菌包装技术与速冻技术；第三章对果蔬制品加工工艺进行探究，内容包括果蔬加工产品与原料、果蔬速冻与果蔬干制、果蔬糖制与蔬菜腌制以及果蔬副产品的综合利用；第四章对粮油产品加工工艺进行研究，内容包括小麦和稻谷深加工、大豆和玉米深加工、食用油脂制品深加工以及薯类食品和杂粮食品深加工；第五章对畜产食品加工工艺进行探讨，内容包括肉制品、乳制品、蛋制品以及水产品的加工。

全书旨在对食品加工工艺学的知识进行一次较为系统和全面梳理，从宏观上勾画出食品加工相关学科知识之间的联系，尤其注重理论与实践的深度融合，不仅将食品科学与食品工艺领域科技发展的新理论合理融入，使读者通过对本书的学习，可以深入把握食品行业发展的全貌，也将食品行业的新知识、新技术、新工艺、新材料写入本书中，使读者掌握最先进的知识和技能，对我国应用型人才的培养大有帮助。

本书不仅可供院校食品工艺学专业师生使用，也可供农产品加工等相关专业的学生参考使用，对国家新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

本书在撰写过程中得到专家、学者的指导和帮助，在此表示诚挚谢意。由于学术水平以及客观条件限制，书中所涉及内容难免有疏漏之处，希望读者能够积极批评指正，以待进一步修改。

作 者

2020年5月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 食品概述	2
第二节 食品加工工艺	9
第三节 食品工艺学的研究内容和范畴	14
第四节 农产品深加工的意义及其发展趋势	21
第二章 农产品的深加工共性技术解读	27
第一节 杀菌技术与粉碎技术	28
第二节 分离技术与干燥技术	35
第三节 膨化技术与压榨技术	41
第四节 无菌包装技术与速冻技术	44
第三章 果蔬制品加工工艺	49
第一节 果蔬加工产品与原料	50
第二节 果蔬速冻与果蔬干制	54
第三节 果蔬糖制与蔬菜腌制	63
第四节 果蔬副产品的综合利用	78
第四章 粮油产品加工工艺	85
第一节 小麦和稻谷深加工	86
第二节 大豆和玉米深加工	95
第三节 食用油脂制品深加工	105
第四节 薯类食品和杂粮食品深加工	111

第五章 畜产食品加工工艺	121
第一节 肉制品加工工艺	122
第二节 乳制品加工工艺	132
第三节 蛋制品加工工艺	136
第四节 水产品加工工艺	140
参考文献	144

第一章 绪 论

【教学目标】

1. 熟悉食品的概念、功能、特性
2. 理解食品加工工艺选择的原则
3. 了解食品工业的发展趋势

【相关知识】

第一节 食品概述

一、食物和食品的界定

人类自从在地球上出现以来,就一直在为生存而努力。早期人类主要是狩猎或采集可食用的东西,这些可供人类食用或具有可食性的物质统称为食物。食物被认为是人类最基本的需要,是人类赖以生存的物质基础,是人体生长发育、更新细胞、修补组织、调节机能必不可少的营养物质,也是产生热量保持体温、进行体力活动的能量来源。食物除少数物质,如盐类外,几乎全部来自动物、植物和微生物。现代社会,食物的主要来源是从农田种植、畜牧饲养、渔业捕捞和养殖、林业的采摘和栽培中获得,即源于农、林、牧、副、渔或大农业。

早期人类饮食的方式主要是生食,但在长期进化中,除其中一些食物,如水果、蔬菜等可供直接食用外,对于粮食、肉类等食物,人类学会了烧、烤、煮等处理后再食用。到了现代,人类更加懂得并有目的地对食物进行相应处理,这些处理包括将食物挑拣、清洗或进行加热、脱水、调味、配制等加工,经过这些处理后得到相应的产品称为成品,这种产品既可以满足消费者的饮食需求,又可以使食物便于贮藏而不易腐败变质。将食物经过不同的配制和各种加工处理,从而形成形态、风味、营养价值各不相同、花色品种各异的加工产品,这些经过加工制作的食物统称为食品^①。

食品指各种供人食用或者饮用的成品和原料以及按照传统既是食品又是药品的物品,但是不包括以治疗为目的的物品。这样,一个食品的概念包含了食物和食品。广义上,食品的概念包括可直接食用的制品以及食品原料、食品配料、食品添加剂等一切可食用的物质。

食品是人们日常生活的一部分,通常所遇到或所说的食品,或在市场或家庭中可供消费的食品,品种有成千上万。由于不同的人群对食品关心侧重点不同,不同地区也有不同的喜好习惯,食品名称又有多种多样,目前尚无统一规范的分方法。因此,常规或习惯按下列方法对食品进行分类:

^① 胡小松,吴继红.农产品深加工技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2007.

按加工工艺分类,有罐藏食品(或罐头食品)、冷冻食品、干制食品、腌渍食品、烟熏食品、辐射食品、发酵食品、焙烤食品、挤压膨化食品等,从这些名称可知这类食品所用的加工工艺或保藏方法,多被一般食品工厂采用。

按原料来源分类,有肉制品、乳制品、水产制品、谷物制品、果蔬制品、大豆制品、糖果、巧克力等。这些名称反映出食品的原料组成,一般农产品加工行业或食品工业被采用。

按产品特点分类,有健康食品、营养食品、功能食品(保健食品)、方便食品、工程食品(模拟食品)、旅游食品、休闲食品、快餐食品、微波食品、饮料饮品等。这些名称迎合了消费者需求,表现出消费属性,通常在商业或超市中多见。

按食用对象分类,有老年食品、儿童食品、婴幼儿食品、妇女食品、运动员食品、航空食品、军用食品等。这些名称反映出食品消费人群,常在营销中使用。

此外,近年来随着社会经济的发展和科技信息的加快,出现了一些新的利用食品的特点或迎合消费者需求的食品名称,如绿色食品、有机食品、无公害食品、转基因食品、海洋食品、航天食品等,并且新名称将会不断出现。

上述不同的分类方法各有特点,如按原料分类,有利于行业管理或生产组织,但同一原料往往可用于制成多种产品,而一种产品又往往需要使用多种原料,因此按原料分类不能涵盖所有食品;按消费对象对食品分类,有利于市场组织,但忽视了食品的物质特性。同一种食品有可能因不同需要归属到多种食品种类中。因此,为了更好地描述某种食品,可以分大类、多层次、因地制宜按需分类。对加工食品进行合理分类,有利于食品的生产、管理和监督。因此,建立食品相应的分类规范标准是十分有必要的。

二、食品的功能分析

在物质丰富和生活水平不断提高的今天,人类的饮食不仅是可充饥,还有更多的作用。食品对人类发挥的作用可称为食品的功能。

(一) 食品的营养功能

食品是人类为满足人体营养需求的重要来源,提供人体活动和生长所需的化学成分。保持人类的生存,是食品的第一功能——营养功能,也是最基本的功能。

食品中的营养成分按大类划分,主要有蛋白质、碳水化合物(糖)、脂肪、维生素、矿物质、膳食纤维等。此外,水和空气也是人体新陈代谢过程中必不可少的物质。一般在营养学中,水被列为营养素,但食品加工中不将其视为营养素。

作为人体能源的主要是碳水化合物、脂肪和蛋白质,这三类物质在人体代谢中可按多种方式相互关联和转化,而维生素、矿物质和微量元素是食品中重要的营养组成成分。维生素有脂溶性和水溶性两大类,人体对其需求量不大,但其在促进蛋白质、脂肪和碳水化合物代谢、维持人体生命和健康方面起着重要作用。矿物质在人体骨骼、代谢酶、体液平衡和激素方面具有重要作用。

食品的营养价值,通常指在食品中的营养素种类及其质和量的关系。通常认为若食品中含有一定量的人体所需营养素,则具有一定的营养价值,否则即无营养价值。例如,某些饮料由某些食品风味添加剂和水配制而成,即无营养价值,而某些含有较多营养素且质量较高的食品,则营养价值较高。一般来说,动物蛋白质的营养价值比植物蛋白质高,因为动物蛋白质的必需氨基酸含量和彼此的比例关系更符合人体需求。

一种食品的最终营养价值不仅取决于营养素的全面和均衡,还体现在食品原料的获得、加工、贮藏和生产全过程中的稳定性和保持率方面,以及营养成分是否以一种可在代谢中被利用的形式存在,即营养成分的生物利用率方面。

(二) 食品的感官功能

消费者对食品的需求不仅满足于吃饱,还须在饮食过程中满足视觉、触觉、味觉、听觉等感官方面的需求。每个消费者都存在爱好或嗜好,这是人类对食品的物理、化学和心理的反应。食品的感官功能不仅是出于对消费者享受的需求,而且有助于促进食品的消化吸收。诱人的食品可以引起消费者的食欲和促进人体消化液的分泌,从而推动消费者购买。在当今生活中,食品的这一功能显得更加突出。食品的感官功能通常体现在以下方面:

外观。食品的外观包括大小、形状、色泽、光泽等。一般要求食品应大小适中、造型美观、便于携带拿取、色泽悦目等。如儿童食品,通常做成小孩子喜爱的动物形状并具有鲜艳的颜色。

质构。食品的内部组织结构包括硬度、黏性、韧性、弹性、酥脆度、稠度等。食品质构的好坏直接影响食品入口后消费者的感受,进而影响消费者的接受程度。不同的消费者对食品质构的喜好有所不同,通常食品的质构都是针对特定

的食品消费群而定的。

风味。风味包括气味和味道。气味有香气、臭味、水果味、腥味等；味道有酸、甜、苦、辣、咸、麻、鲜和各种复合味道等。消费者对食品风味的需求有很强的地域性，如冰岛、澳洲地区喜好烟熏味，我国四川、湖南等地区喜好麻辣味，而江浙一带则偏好甜味。各种食物或食品具有本身的特定风味，如柑、橙、苹果有水果味，水产有特定的腥味等。

（三）食品的保健功能

饮食与健康存在密切关系，如某些消费者喜爱食用高糖、高脂肪、高胆固醇食品，由于摄入能量过剩或营养不当而引起高血脂、肥胖，造成高血压、冠心病，易发糖尿病及癌症等，有些消费者由于缺乏营养素，如维生素或矿物质等，使得身体健康下降引起疾病。随着科技发展和研究水平的提高，研究人员已经发现在食物成分中除通常已知的大量营养素外，还含有少量或微量的化学物质，如黄酮类、多酚、皂苷类化合物、肽类、低聚糖、多价不饱和脂肪酸、益生菌类等。这些成分一般不属于营养素范畴，而这些成分对人体具有调节机体的作用，或称为具有生理活性，因此被称为功能因子。这些成分对于糖尿病、心血管病、肿瘤、癌症、肥胖患者等有调节机体、增强免疫功能和促进康复作用或有阻止慢性疾病发生的作用。

食品的保健功能是多方面的，除对疾病有预防作用外，还有益智、美容、抗衰老、提神、助消化、增高、抗炎、乌发、清火等多方面的保健作用。一些食品的新保健功能正在不断被发现和开发，越来越多的新功能因子的组成和结构被阐明、其药理作用被明确和证实。含有功能因子和具有调节机体功能作用的食物被称为功能性食品，在我国又称为保健食品。此类食品的出现实现了食品功能的提升，可以代替药物对人体进行保健，但不能治疗疾病。

在我国早期已发现一些药食同源的食物，而在欧美有健康食品或营养食品的说法。虽然名称各有不同，但食品的第三功能已得到全世界的认同。随着功能性食品越来越受到人们的重视，全世界在食品科学领域对食品功能作用或药理作用的研究已快速增加，并发展形成功能性食品科学。

通过强化食品中量少的营养素或添加生理活性物质（功能因子），起到调节人体生理功能的作用，可以使食品具有第三功能，成为功能性食品。功能性食品是食品科学领域的新发展，是食品发展的方向。随着生活水平的提高及营养学、

医学等知识的普及，人们开始密切关注健康问题，功能性食品将会得到越来越大的发展。

三、食品的特点

从食品科学与工程专业角度来看，食品若要被大规模工业化生产并进入商业流通领域，必须具有安全性、保藏性和方便性。

（一）食品的安全性

食品安全性指食品必须是无毒、无害、无副作用，应当防止食品污染和有害因素对人体健康的危害以及造成的危险性，不会因食用食品而导致食源性疾病的发生或中毒和产生任何危害作用。在食品加工中，食品安全除了与常用名词“食品卫生”为同义词外，还应包括因食用而引起任何危险的其他方面，如食品（果冻）体积过大易引起婴儿咽噎危险、食品包装中放有玩具而使儿童误食等。

食物中可能含有或无意中污染上一些有毒有害物质，这样的食物存在危害，可能会损害健康。因此，在食品加工过程中，从使用的原料到使用的器具和设备、工艺处理条件、环境以及操作人员的卫生，都必须采取一定的预防措施控制或减少危害，以确保食品在可以接受的危险度下不会对健康造成损害。

导致食品不安全的因素有微生物、化学、物理等方面，可通过食品卫生学意义的指标反映。微生物指标主要有细菌总数、致病菌、霉菌等；化学污染指标有重金属，如铅、砷、汞等，农药残留和药物残留，如抗生素类和激素类药物等；物理性因素包括食品在生产加工过程中吸附、吸收外来的放射性核素，或混入食品的杂质超标，或食品外形引起食用危险等。此外，还有其他不安全因素，如疯牛病、禽流感、假冒伪劣食品、食品添加剂的不合理使用以及存在疑议的转基因食品等。

世界各国政府对食品的安全性问题均十分重视，并纷纷以立法的形式保障食品的安全性，从而使食品的安全性成为食品最重要的特性。

（二）食品的保藏性

食品营养丰富，也极易腐败变质。为了保证持续供应和地区间交流以及最重要的食品品质和安全性，食品必须具有一定的保藏性，在一定的时期内食品应该保持原有的品质或加工时的品质或质量。食品的品质降低到不能被消费者接受的程度所需要的时间被定义为食品货架寿命或货架期，也就是商品仍可销售的时间，

又可称为保藏期或保存期。

一种食品的货架寿命取决于其加工方法、包装和贮藏条件等因素，如牛乳在低温下比室温贮藏的货架寿命长；罐装和高温杀菌牛乳可在室温下贮藏，并比消毒牛乳低温贮藏的货架寿命更长。食品货架寿命的长短可依据需要而定，应有利于食品贮藏、运输、销售和消费。

食品货架寿命是生产商和销售商必须考虑的指标以及消费者选择食品的依据之一，是商业化食品所必备和要求的。

（三）食品的方便性

食品作为日常快速消费品，应切实从消费者的实际出发，具有方便实用性，应便于食用、携带、运输及保藏。食品通过加工可以提供方便性，如液体食物的浓缩、干燥可节省包装，为运输和贮藏提供方便性。近年来，伴随着食品科技的发展，食品的食用方便性也得到了快速发展，在包装容器以及外包装上的发展，则反映了方便性这一特性，易拉罐、易拉盖、易开包装袋等大大方便了消费者的开启；一些净菜、配菜、盆菜食品、微波食品等出现，则为现代快节奏生活的家庭用餐消费者提供了方便，为家务劳动社会化提供了条件；快餐店、超市、杂货店销售的快餐、开袋（盒）即食的食品，为家庭外的餐饮提供了快捷便利。这些类型的食品对制备供应速度、保藏条件和包装容器，如带自加热的装置或可微波材料等，都有专门要求。

食品的方便性充分体现了食品人性化的一面，将直接影响食品消费者的可接受性，是食品不容忽视的一个重要方面。这一特性与保藏性是食品工业或食品科学与工程专业中所指的食品与厨师或家庭所制作的食品的区别所在。

四、食品管理

食品的三个功能和三个特性，可以作为食品的基本要素，每种食品所具有的功能，反映食品的价值和作用。在我国，食品管理根据每种食品所具有的功能，可分为三个层次。

（一）普通食品的管理

通常将具有营养或感官功能或兼有营养和感官两者功能的食品称为普通食品，目前市场上出现的大部分食品属于这一类；专供婴幼儿的主、辅食品，必须符合国家卫生行政部门制定的营养、卫生标准。这类食品的生产要求必须符合国

家食品卫生标准，产品可以应用国家标准、行业标准，没有相应标准则由生产工厂制定企业标准，由市县标准计量行政部门审定，生产由县级以上卫生行政部门管理监督。如果是食品新资源所生产的食品，应由省、自治区、直辖市以上卫生行政部门管理监督。

（二）特殊膳食食品的管理

特殊膳食食品是为满足某些特殊人群的生理需要，或某些疾病患者的营养需要，按特殊配方而专门加工的食品。此类食品的营养成分和含量，与可类比的普通食品有显著不同，可提高营养素的含量或补加某种营养素。

该类食品应在外包装上明确标示其能量和营养素含量水平和适用的特殊人群，可用“无糖速溶豆粉”“强化铁高蛋白速溶豆粉”等具有特殊含意的修饰词；可以声称某种营养素对维持人体正常生长、发育的生理作用，如“钙是构成骨骼和牙齿的主要成分，并维持骨骼密度”“蛋白质有助于构成或修复人体组织”“铁是血红蛋白的形成因子”“维生素 E 保护人体组织内的脂肪免受氧化”“叶酸有助于胎儿正常发育”等。但不得宣称具有某种保健功能或对某种疾病有预防、缓解、治疗或治愈作用，不得声称或暗示有治愈、治疗或防止疾病的作用，也不得声称产品本身具有某种营养素的功能。

（三）保健食品的管理

保健食品是表明具有特定保健功能的食品，即适宜于特定人群食用，具有调节机体功能，不以治疗疾病为目的的食品。目前，我国确定保健食品的功能主要有增强免疫力、辅助降血脂、辅助降血糖、抗氧化、辅助改善记忆力、缓解视疲劳、促进排铅、辅助降血压、改善睡眠、促进泌乳、缓解体力疲劳、提高缺氧耐受力、对辐射危害有辅助保护、减肥、改善生长发育、增加骨密度、改善营养性贫血、对化学性肝损伤有辅助保护、祛痤疮、祛黄褐斑、改善皮肤水分、改善皮肤油分、调节肠道菌群、促进消化、通便、对胃黏膜损伤有辅助保护等。保健食品（功能食品）应有相应的法规管理，在我国由专门国家市场监督管理总局审批。一种食品往往有一种或几种生理调节作用，在我国只允许申报有两项功能作用。

针对某一功能添加营养强化剂，或直接补充营养素的食品，可称为营养强化食品，在美国称为膳食补充剂，可以宣称保健功能，也属于保健食品的管理范围。该类食品的最高价值应体现在营养、感官和功能三位一体。

第二节 食品加工工艺

一、食品加工的相关概念和目的

(一) 食品加工的相关概念

食品加工是将食物或原料经过劳动力、机器、能量及科学知识，把它们转变成半成品或可食用的产品（食品）过程。通常，加工可以分为不同的单元操作，如清洗、粉碎、混合、分离、成型、发酵、热处理、冷冻、装罐、输送和包装等部分，而每一部分也称作业或工序。每一种单元操作根据所起的作用或简单和复杂程度，又可以归为预处理、普通加工、复杂加工以及热加工、冷加工、脱水加工、包装等。按原料的被加工程度，食品加工又可分为初级加工和精深加工。初级加工如简单加工和一些基本加工，经过几步可完成，不改变原料的整体性等，其产品增值有限或作为中间产品和精深加工的原料；精深加工往往改变原料的外形或特征和属性，涉及食品的组分或成分甚至分子，大多有复杂加工或经过多步加工操作，使产品在功能和质量上有相应的提高，产品的价值也随之增加。

食品加工的相关重要概念有增加热能或提高温度，减少热能或降低温度，脱水或降低水分含量，利用包装维持通过加工操作建立的理想产品特性。这些加工与食品功能和特性密切相关。

许多食品加工操作是利用热能提高产品温度和延长货架期。在大多数情况下，主要目的是在一定时间内应用预定的高温减少食品中的微生物数量。巴氏杀菌是加工操作的一个很好例子。巴氏杀菌是利用既定的时间与温度关系消除食品中的营养致病菌。巴氏杀菌要符合致病菌数量，除了必须减少到最低要求外，还要减少腐败菌的数量，从而在低温下延长食品货架期。

1. 热烫

热烫是一种类似于巴氏杀菌的加热处理，专门用于水果和蔬菜。该过程也是利用既定的时间与温度关系，选择性地钝化食品中的酶。归根到底，加工的结果是增加产品稳定性，降低贮藏过程中食品的腐败变质。

最公认的涉及热能的加工操作可能是商业灭菌，或用热能获得罐装食品的稳

定性。商业灭菌是利用既定的温度与时间关系选择性地消除食品中的致病菌芽孢。同样的加工也会极大地减少食品中的腐败菌数量，并且在容器内缺氧的情况中甚至在室温下，微生物也不能生长繁殖。

用热能提高产品温度的加工还有另外优点。首先，能够减少食品中的抗营养成分，这些成分对热敏感，容易被钝化；其次，易于提高一些营养素在人体代谢中的可利用性。最后，热能为良好的加工控制提供机会。必须指出，热加工也有不利的方面。最为熟知的缺点是热处理会导致食品中营养成分含量降低。食品中的大多数营养素属性是热敏性，即使在最低的时间与温度关系下加工也会减少。同样，食品中大部分质量属性是热敏性，用典型的热加工会降低食品理想的质量属性。

2. 除去热能

除去热能的加工指降低产品的温度和延长货架期，其基本目的是在食品贮藏和分销过程中利用低温减少或消除微生物的活性和生长繁殖。冷却或降低产品的温度，随后冷藏，能控制腐败微生物的生长繁殖，获得理想的长货架期。这种延长货架期的方法常用于许多易腐产品，包括新鲜水果和蔬菜，以及鲜肉和水产品。

该过程是从产品中除去足量的热能，使产品中的水发生相变，从而抑制微生物的生长，延长货架期。很显然，食品冰晶的形成会引起产品的物理特征发生显著改变，这都是由冷冻和随后解冻所造成的结果。

除去热能作为食品加工操作有其缺陷，主要是食品在冷藏和分销过程中需要维持低温，否则易受到热量伤害。这种操作的缺点在冷藏食品和冷冻食品中都有。此外，冷冻食品还有另一个缺点，在食品结构内形成的冰结晶会引起产品质量下降。在大多数情况下，这些不利的变化与加工过程中冰晶体形成的大小有关。

3. 脱水加工

一般来说，加工的目的是减少产品中水分含量而延长货架期。更具体地说，是利用低水分含量限制或消除微生物生长繁殖，或消除影响货架期的其他限制因素。

脱水加工的一种类型被称为浓缩，即从液体食品中除去足量的水以抑制微生物生长繁殖。液态食品通常含水超过 85%，浓缩加工后将使产品固形物浓度增加到 40% ~ 50%。一般来说，这种浓度会限制微生物对水的利用，从而抑制微生

物的生长繁殖。

脱水加工的另一类型是干燥处理。这个过程是将食品中的水分除去到微生物活性被抑制或消除的程度。通常，干燥食品的水分含量低于10%，而对于微生物活性的抑制作用，是与降低微生物生长繁殖所需的水分活度有关的。干燥食品在外观上与原来食品相比有明显差别。脱水加工的第一个缺点就是引起产品显著变化，主要是产品质量属性有明显降低；第二个缺点是从产品中除去水分需要大量热能。

4. 包装

包装，即维持通过加工操作建立的产品特性所需的加工步骤。包装材料和容器因产品而异，并受到包装前采用的加工操作类型影响。要维持加工建立的理想产品特性，需要精选包装或容器材料。容器类型和包装形式都会受到加工的影响，特别是当考虑产品是预先装罐还是加工后再装罐时。归根到底，包装或包装材料的目的是为了维持通过加工操作已建立的货架期。包装不仅是加工中，而且是商业流通中必不可少的。

(二) 食品加工的目的

大多数食品加工操作旨在通过减少或消除微生物活性而延长产品的货架期。总的目标是指加工操作应满足确保与微生物有关的人类健康安全的最低要求。必须指出，大多数食品加工操作会影响产品的物理和感官特性。目前，在食品工业中普遍的做法是用加工操作作为提高食品物理和感官特性的一种方式。

食品加工的目的可以归为四个方面：

第一，满足消费者要求。在市场经济条件下，大多数产品的加工以市场需求为导向，食品加工也是如此，即要满足消费者对食品功能和特性的全面要求，随着消费者需求的不断出现，新的食品也不断涌现。如随着生活节奏的加快，快餐、方便食品应运而生；随着人们对健康的重视，保健食品层出不穷；消费者因个性的千差万别，需要有多样的产品种类为他们提供更多的选择机会，而加工就是迎合消费者兴趣爱好的一种有效手段。

第二，延长食品的保藏期。最初的食品加工起源于对食物的保藏，现在对大多数食品的加工都会延长产品保藏期，即延长食品货架寿命的目的。这样可确保食品的市场供应。

第三，增加食品的安全性。整个食品加工过程中，维持的共同要素之一是在

食品到达最终消费者时要建立和维持食品的安全性。食品加工业具有防止食物中毒的良好记录，可从每年消费数以亿计的罐装、袋装等食品上得到证实。有资料表明，有 92% 的食物中毒是由致病菌引起的，而经加工过的食品造成的食物中毒，只占有所有食物中毒的一小部分。

第四，提高附加值。对食品原料进行加工，会使食品的价值增加，带来相应的经济社会效益，若进行深加工，可进一步提高食品品质，大大增加食品的附加值。在所有食品加工业中，其共性是将原材料转变成高价值的产品。如将原材料转变成应用广泛的配料产品，在食品工业部门十分常见。同样，将原料或食品配料转变成最终消费的食品，会使食品的原料价值增加。根据资料，食品加工可以使农产品增值 2 ~ 4 倍。

食品加工或多或少都含有这些目的，但要加工一个特定食品，其目的性可能各不相同，如冷冻食品的目的主要是保藏或延长货架寿命；糖果加工的主要目的是提供多样性；农副产品加工的目的主要是提高其附加值。

二、食品工艺解析

食品工艺是将原料加工成半成品或将原料和半成品加工成食品的过程和方法，包括从原料到成品或将配料转变成最终消费品所需要的加工步骤或全部过程。

工艺是与原料和产品联系在一起，每种产品都有相应工艺。也就是说，将一种原料加工成产品，其中涉及采用什么加工方法或单元操作、需要几种加工方法或单元操作以及这些加工方法或单元操作如何组合。从原材料到成品的途径可能有多种，具体到每一种过程，则取决于食品加工的目的和要求。根据不同的食品要求，可以选用相应的单元操作，不同的单元操作组成不同的加工工艺；在一些情况下，从原材料到食品加工是一步转变，有些情况下，加工转变步骤数量不断增加。将这些单元操作中的某种或某些有机和合理地组合起来的加工步骤，就是一个完整的食品加工工艺流程。工艺由不同工序组成，产品生产一般要经过若干道工序过程。

食品工艺决定加工食品的质量。食品质量的高低取决于工艺的合理性和每道工序所采用的加工技术。每道工序可以通过不同的技术实现。应用不同的技术所得到的产品质量会不同，这被认为是食品技术的核心。例如，冷冻可以使食品

保持品质，但如果采用自然冻结，会因时间长而使产品在贮藏后被解冻时品质降低；而快速冻结技术，可以使冻制品保持很好的品质；如食品杀菌可以采用常规的常压加热杀菌，但热处理过程会对食品的质构、风味和色泽产生不良影响；加热和停止加热的速度越快，产生破坏性的变化越小，故高温瞬时加热更为适合。另一种新技术是在高达几千个大气压力下，使微生物失活和酶纯化，而对食品的风味、质构影响极小。因此，食品加工采用高新技术，选择新的能够提高食品质量和生产效率的加工技术，可以使食品工艺具有先进性。

当食品工艺具有变化性、多样性和复杂性时，食品的种类可以不断改变和创新。值得注意的是，食品加工并非是步骤越多越好；相反，有些食品应该减少加工工序和加工程度，如尽量不加热或用低温加热，以保持食物的新鲜或原有的特征或特色。

总之，食品加工应该根据实际需要选定加工工艺，但所有过程和方法的确定是否有科学依据，表明该食品生产技术水平的高低。

第三节 食品工艺学的研究内容和范畴

食品工艺学是根据技术上先进、经济上合理的原则，研究食品的原材料、半成品和成品的加工过程和方法的一门应用科学，是食品科学与工程学科的重要组成部分。

在国际食品科学领域中，对食品工艺学的定义是将食品科学原理应用于食品原料的加工处理，将其转变为高质量和稳定性的各种产品，进行包装和分配，以便满足消费者对安全、卫生、营养和美味食品的需求。食品工艺学要将其他技术，如包装材料（如钢铁、马口铁、玻璃、铝、塑料）、工程、仪器、电子、农业和生物技术整合应用到食品中。

具体来说，食品工艺学是应用化学、物理学、生物学、生物化学、微生物学、营养学、药学以及食品工程原理等各方面的基础知识，研究食品的加工与保藏，研究加工对食品质量方面的影响以及保证食品在包装、运输和销售中保持质量所需要的加工条件，应用新技术创造满足消费者需求的新型食品，探讨食品资源利用以及资源与环境的关系，实现食品工业生产合理化、科学化和现代化的一门应用科学^①。

一、食品原料的特征与保藏

（一）食品原料的特征

食品加工原料的来源广泛、品种众多，有植物性原料，如谷物、玉米、豆类、薯类、水果、叶类蔬菜等；有动物性原料，如家禽、畜产、水产（包括淡水和海洋的）以及蛋类和乳类等；有微生物来源，如菇类、菌类、藻类、单细胞蛋白等；还有矿物性原料和化学合成原料，如食品配料或食品添加剂等。这些原料的特点主要表现在：

第一，有生命活动。这些食物原料大都是活体，如蔬菜、水果、坚果等植物性原料，在采收或离开植物母体之后仍然是活的；家畜、家禽和鱼类在屠宰后组织死亡，但细胞中的生化反应仍在继续，存在于这些产品中的微生物是活的；原

^① 夏文水. 食品工艺学 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.

料一经采收或屠宰后即进入变质过程。

第二，季节性和地区性。许多食品原料的生长、采收等都严格受季节影响，不适时的原料一般品质较差，会影响质量和销售价格。原料的生长受到自然环境制约，不同种类的原料有不同的生长环境。同一种原料，由于生态环境的不同，其生长期、收获期、原料品质等也有一定差异。

第三，复杂性。原料的种类众多，种类和品种不同，其构造、形状、大小、化学组成等各有差异。此外，食物化学成分多，是混合物，除营养成分外还有其他几十种到上百上千种化合物，食品成分有相对分子质量成千上万的大分子，也有几十到几百的小分子；既有有机物又有无机物；食物体系复杂，有胶体、固体、液体、气体（如碳酸饮料中的 CO_2 ）等。

第四，易腐性。食物因含有大量的营养物质，同时又富含水分，极易腐败变质，尤其受到机械损伤后的果蔬更易腐烂。在食品加工中，按照腐败变质的可能性，将食品原料分为：极易腐败原料（贮藏期 1 天 ~ 2 周），如肉类和大多数水果和部分蔬菜；中等腐败原料（贮藏期 2 周 ~ 2 月），如柑橘、苹果和大多数块根类蔬菜；不易腐败原料（贮藏期 2 月 ~ 8 月），如粮食谷物、豆类、种子和无生命的原料如糖、淀粉和盐等。因此，一种食品的加工工艺、设备选型都必须根据原料特点选择。

（二）食品变质的原因

食品变质主要包括食品外观、质构、风味等感官特征改变，营养价值、安全性和审美感觉下降等。在食品加工中引起食品变质的原因，主要有以下三个方面：

第一，微生物作用。微生物大量存在于空气、水和土壤中，加工用具和容器上，存在于工作人员的手上，附着在食品原料上，可以说无处不有，无孔不入。所以，食物在加工、贮藏、运输过程中，一些有害微生物会生长繁殖引起食品的腐败变质或产生质量危害。常见的易对食品造成污染的细菌有假单胞菌、微球菌、葡萄球菌、芽孢杆菌与芽孢梭菌、肠杆菌、弧菌及黄杆菌、嗜盐杆菌、嗜盐球菌、乳杆菌等。

霉菌对食品的污染多见于南方多雨地区，目前已知的霉菌毒素约 200 种，与食品质量安全关系较为密切的有黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、杂色曲霉素等。霉菌及毒素对食品污染后可引起人体中毒，或降低食品的营养价值。据不完全统计，全世界每年平均有 2% 的谷物由于霉变不能食用而造成巨大的经济损失。

第二，酶的作用。食物原料的生命体中存在很多酶系，如苹果、梨、杏、香蕉、葡萄、樱桃、草莓等仁果、核果和一些蔬菜中的多酚氧化酶，诱发酶促褐变，对加工中产品色泽的影响较大。又如动物死后，动物体内氧化酶产生大量酸性产物，使肌肉发生显著的僵直现象。例如，果蔬采摘后呼吸作用的加强，使其发芽以及生理过熟引起变质。自溶是酶活动下出现的组织或细胞解体的一种现象。食品原料中还可能含有脂肪酶、蛋白酶、氧化还原酶等，这些酶的活动能引起食物或食品变质。

第三，物理化学作用。食品在热、冷、水分、氧气、光以及时间条件下会发生物理化学变化。如在空气和光的条件下，由氧化反应引起变质，发生油脂的氧化酸败、色素氧化变色、维生素氧化变质等。由于热、酸碱化合物或长时间的存放，会发生影响食品质量的变化，如蛋白质变性、淀粉老化、沉淀及破乳等。食品中有蛋白质和糖类化合物存在时，受热更易发生美拉德反应引起褐变。挥发性风味物质易受热丧失。食品在失水和复水时会发生外观和质构的变化。几乎所有的物理化学变化都是随时间而加重的，即食品质量随时间而下降，说明食品加工可延长食品的货架寿命，但不能无限延长。最终任何食品的质量都会下降，故用日期表示食品货架期是极其重要的。当然，有些食品如干酪、香肠、葡萄酒和其他发酵食品加工完后贮放一段时间，即陈化后可使风味更好、品质提高。但陈化过的食品在贮藏中同样会有质量下降的现象。

（三）食品的保藏途径

食品加工是针对引起食品腐败变质的原因，采取合理可靠的技术和方法控制腐败变质，以保证食品的质量并达到相应的保藏期。对于由化学变化引起的食品变质，如氧化、褐变，则可以根据化学反应的影响因素选择化学保藏剂。对于生物类食品或活体食物类，加工与保藏主要有四大类途径：

第一，运用无菌原理。杀灭食品中腐败菌、致病菌以及其他微生物或使微生物的数量减少到能使食品长期保存所允许的最低限度。最经典的方法是加热杀菌处理的罐藏技术。一般来说，凡是能够将微生物杀死的条件都可以使酶失活。此外，有原子能射线电离辐射杀菌、过滤除菌和利用压力、电磁等杀菌手段，其中一些方法由于没有热效应，又被称为冷杀菌。如果这样的杀菌条件充足，食品将会有很长的货架寿命。

第二，抑制微生物活动。利用某些物理、化学因素抑制食品中微生物和酶的

活动,是一种暂时性的保藏方法。如降低温度(冷冻)、脱水降低水分活度、利用渗透压、添加防腐抗氧化等手段属于这类保藏方法。这样的保藏期比较有限,易受到贮藏条件影响。

第三,利用发酵原理。发酵保藏又称生物化学保存,是利用某些有益微生物的活动产生和积累的代谢产物,如酸和抗生素,抑制其他有害微生物的活动,从而达到延长食品保藏期的目的。食品发酵必须控制微生物的类型和环境条件,同时由于本身有微生物存在,其相应的保藏期不长,且对贮藏条件的控制有比较高的要求。

第四,维持食品最低生命活动。新鲜果蔬是有生命活动的有机体,当保持其生命活动时,果蔬本身则具有抗拒外界危害的能力,因而必须创造一种恰当的贮藏条件,使果蔬采摘后尽可能降低其物质消耗的水平,如降低呼吸作用,将其正常衰老的进程抑制到最缓慢的程度,以维持最低的生命活动,减慢变质进程。

温度是影响果蔬贮藏质量最重要的因素,同时适当地控制贮藏期中,果蔬贮藏环境中氧和二氧化碳等气体成分的组成,是提高贮藏质量的有力措施。这种在低温下调节果蔬贮藏环境的气体成分方法,简称气调贮藏,目前常用的有气调冷藏库贮藏法和薄膜封闭气调法。

二、食品质量要素与食品加工的影响

(一) 食品质量要素

食品质量的好坏是构成食品特征及可接受性的要素,主要包括食品感官指标、营养素含量、卫生指标和保藏期等方面。

感官指标通常包括色、香、味、质构等方面。一种食品应当具有原料特点所带来的感官性质,对于食品的感官指标,大多是通过专业人员的感官评定评判,并形成了一门相应的感官鉴定科学。近年来,随着科学的进步和分析仪器的发展,很多指标可以通过仪器测量以评判产品质量的优劣,如用于质构测定的质构仪,用于色泽变化的色差仪和用于风味分析的气质联用仪器等。

营养价值主要反映在营养素成分和相应的含量上,通过化学或仪器分析检测定量,通常要求被标注在食品包装上。

卫生指标对于普通食品来说主要有微生物总数、致病菌数、重金属含量,一些要求较高的食品还需要检测农药残留和抗生素等。为保证食品安全,食品卫生

指标为国家强制性标准。

食品包装上需要标明相应的生产日期和保藏期。由食品质量要素评定食品质量，主要是以相应的食品质量标准为依据。对应于食品质量评判和控制，相应应有国际、国家和企业不同层次的质量标准，许多出口食品要符合国际食品质量标准。

（二）食品加工的影响

加工会对食品产生很大的影响。加工可改善食品的质量，增强其营养、感官、安全和保藏性，比如肉制品的腌制，是用食盐、硝酸盐、亚硝酸盐、糖与其他辅料对原料肉进行处理的工艺过程，腌制后可提高肉制品的风味、色泽、持水性等性能以及保藏性。大豆中含有抗营养因子，经过加工除去后，提高安全性；果蔬及其汁水经脱水处理，可以提高固形物含量或浓度，提高保藏性；食品蛋白质经酶水解可以增加消化吸收性和具有保健功能；发酵增加了食品中的维生素含量，提高了营养价值，若加工不当，则产生相应的质量问题。如牛乳经过长时间高温加热则发生褐变反应。在高温处理或煮沸时，在与牛乳接触的加热面上易形成乳石。乳石的形成不仅影响传热，降低热效率，影响杀菌效果，而且会造成乳固体量的损失。长时间加热会对食品色泽产生不利影响，会使营养素和生理活性物质受到破坏。

食品的加工是使营养素在加工、贮藏过程中损失最小，提高其稳定性。当营养成分的损失不可避免而且较大时，法律允许加入一定量的营养成分，以达到强化目的。

食品加工对食品质量的影响是一个复杂的问题，加工工艺和技术的选择，需要综合多方面因素进行考虑，需要深入研究食品在加工过程中的生物、化学和物理变化，以及这些变化所带来对食品质量的影响，从而加工出最佳食品。

三、创造满足消费者需求的食品

人们对食品的需要随着时代发展而不断变化，食品加工若要跟上食品的消费趋势，应该用创新的思路开发食品，以满足消费者对新颖、不同类型食品的需求，所以成功的食品开发是科学与创新的结合。

人们选择食品时受到多种因素影响，食品工业或食品科学家应更多地考虑这些因素并采取行动，抢在消费者选择前进行新产品开发，使消费者得到所期望的产品。新产品的开发应包括建立高质量的食品标准或符合国际食品标准，以保证

质量,促进和方便世界贸易。目前,食品标准常作为食品国际贸易壁垒。为此,开发新产品可有多种途径,对现有产品的改善和改变或对食品某一质量和特性方面的改变或几个方面的改变,都会创造出一种新的食品,如改变包装、提高方便性、强化营养、增加功能、降低成本等。

过去的观点是把食品工业看作食品加工业,但从当今满足创新需要来看,食品工业不仅是实施单元操作进行加工,而且还要对食品进行设计,如配方设计、形状设计、包装设计等,更重要的是要从食物中发现功能因子或食品的新保健功能。从这个意义上讲,食品工业不仅是食品加工业,从“加工+设计+发现=创造”的观点来看,食品工业更是一个创造性工业。

四、现有食物资源的利用与开发

随着世界人口的增加和土地面积的减少,食品产量是否满足需求仍然是一个重大问题,而在充分利用现有食物资源和开辟食物资源途径的过程中,食品加工将发挥重要作用。

(一) 合理利用食物现有资源

除了提高农产品的产量,保证充足的资源外,加强农产品的贮藏保鲜、加大食品加工比例,充分发挥食物成分的有效价值,可以减少食物资源的损失和浪费,是合理利用资源的有效方法。同时,对食物加工后产生的副产品、下脚料或废弃物,应加强研究开发利用,如苹果、橘子等水果制汁后,果皮、果渣可提取果胶;谷物、薯类加工所剩下的壳、芯、渣等可开发膳食纤维;豆类、子仁类经榨油后的渣饼可以分离植物蛋白,大豆加工废液可提取低聚糖类化合物;动物肉类加工带来的血液可利用制备血色素或分离多种蛋白成分,动物皮可提取食用明胶,动物骨经超微粉碎可加工为钙补充剂;牛乳干酪生产的副产品乳清液体可以回收乳清蛋白和乳糖;水产虾蟹取肉后的加工下脚料可提取蛋白质和甲壳素等。这些都可以有效提高资源的利用率,并且极大地降低食品工厂的废弃物排放,减少对环境的污染。

(二) 加强对现有食物资源的开发

在人类生存的地球上,富饶的土地、适宜的气候给予人类丰富的食物资源。限于人类活动、知识和地区差异,有许多食物资源还未开发利用,如大量的海洋食物资源和水产养殖用途还未完全开发,许多野生动植物品种食用还较少,昆

虫、藻类蛋白资源易养殖而产量可以很大，许多可食性的动植物功能食品因子开发等，都需要通过食品加工解决食用性和安全性，使之成为食品，因此食品工艺是必不可少的。此外，利用生物技术生产蛋白质，是未来获得食品资源的有效途径。通过生物工程技术构建“工程植物细胞”，不仅可获得如同肉、蛋、奶的高蛋白营养物质，而且能够制成具有保健功能的产品。如英国科学家已从蘑菇中提取出蛋白质制成“真菌肉”，这种“真菌肉”不含脂肪，且蛋白质含量比牛肉还高。

（三）食品资源和生态环境保护

食品资源与生态环境有着密切关系，生态环境不仅是食物资源的基础，更是人类生存的根本。农产品种植、养殖的土壤、水质等环境和农药、化肥的施用等方面都影响着产品质量，只有生态环境好的地方才能生产出高质量的食物资源，绿色食品、有机食品、无公害食品的生产是从生态环境要求开始的。

环境污染会影响食物资源的生产和食品质量，为此应该保护生态环境，减少污染，任何生产所引起的环境污染都必须加以治理。这就要求在食品工艺设计、研究中，应该选用不产生污染或少产生污染的工艺路线，选用与生态环境友好的食品加工技术，对可能造成的污染应采取有效的措施加以治理。与生态环境有关的食品加工问题，还有不能以珍稀动植物为原料加工食品，以免引起这些动植物资源的枯竭或消亡。当今，环境与发展问题越来越引起人们的重视，只有认真保护环境，才能形成循环经济，实现可持续发展。

第四节 农产品深加工的意义及其发展趋势

一、农产品深加工的现实意义

农产品深加工是联系工业和农业的纽带。农产品深加工业的发展,可以促进农业增效、农民增收,推进传统农业向现代农业转变,引导我国实现从农业大国向农业强国的质的飞跃,是新时期新的经济增长点和支柱产业,是社会主义新农村建设的物质基础,是小康社会建设的现实性需求,这些又都是共同构建和谐社会的支撑^①。

(一) 解决“三农”问题的途径

解决“三农”问题是社会主义新农村建设时期的首要任务。我国“三农”问题产生的根源是,随着农业新技术的逐步应用、农产品产量提高,但因产品流通不畅、附加值低而导致的“农业大生产”与“市场低消费”之间的矛盾深化。因此,解决“三农”问题的关键是促进、保障农业增效和农民增收。发展农产品加工业,提高农产品的加工深度,大幅度提高农产品的附加值,提高农业的综合效益,是增加农民收入的一条有效途径。

第一,推进农业增效。发展农产品加工业,有助于缓解农业增长面临的需求约束,为农产品找到“大市场”,以克服农产品“卖难”问题;加工业的发展,使农产品原料找到市场,同时市场化的竞争机制可有效调节初级农产品价格,减缓甚至消除初级农产品价格下跌趋势。优势农产品、特色农产品的加工,可以实现工业带动农业,促进农业生产结构的调整,由市场引导农产品生产,形成有竞争力的农产品生产布局,最终提高农业效益。农产品加工业延长了农业生产产业链,提高了农产品的附加值。

第二,促进农民增收。我国是农业大国,农产品资源丰富,但农业基础地位不牢固,农产品在国际市场缺乏竞争力,农民收入增长缓慢等问题长期存在。农民收入长期在低水平徘徊已经成为内需不足的一个症结,影响整个国民经济的发展。

^① 孔欣欣,王莹莹.新工科背景下食品工艺课程群建设探索[J].农产品加工,2019(02):107-109+112.

展。在大多数农产品价格已经高于国际市场的情况下，已不可能依靠提高农产品收购价格来增加农民收入。同时，买方市场条件下出现的农产品供求失衡，使得农民增产不增收的矛盾更为突出，在这种情况下，只有大力发展农产品的精深加工，多层次开发增值，才是增加农业后续效益、提高农民收入水平的战略选择。

在我国，越来越多的农产品加工企业实行产加销一体化经营，与当地的农民形成较为稳定的利益共同关系，既保证企业自身效益，又降低农民纯粹从事农业生产的风险，增加了农民收入来源。由于劳动力的转移，提高了农业劳动生产率，相应提高了农业劳动力的人均收入，从农业生产到加工形成了紧密有机的系统，农业产品的出路得到了可靠保证，农民的收入也有了保证。这实际上是通过转变农民单纯作为原料供应者的角色，降低农民纯粹从事农业生产的风险，增加农民的收入来源。

（二）新的经济增长点与支柱产业

从世界发展过程看，随着人均收入的增加，农业部门与非农业部门的相对比重逐步下降，同时农业初级产品在成品价值中比例下降，而农产品加工业的增加则相对增加。从世界经济发展来看，无论发达国家还是发展中国家，农产品加工及相关行业都是国民经济中举足轻重的经济部门，是一国经济发展的主要工业活动，是对生产、贸易和就业做出重大贡献的行业。

农产品加工业的较快发展，已成为我国农村经济和国民经济中极具潜力的新的增长点。近年来，以大量转化农产品为基本特征的食品工业在快速发展，对我国国民经济的发展起到极大的推动作用，我国食品工业创造的产值已位居国民经济制造业之首。

由于食品工业与农业关联度最大，食品工业不仅转化了大量农产品，同时也起到了大范围带动农户的作用，并对服务业、运输业、包装业、机械制造业等相关行业产生了带动作用。农产品加工业已成为我国经济发展的新的经济增长点和支柱产业。

（三）农产品加工业的助推器作用

完善的产业体系是现代农业的重要标志。农产品加工业是农业产业体系的重要环节，是农业产业化化的核心。当今世界，国与国之间的农业竞争是整个农业体系之间的竞争，而不仅仅是农业生产之间的竞争。从发达国家农业发展的实践来看，农业发展的根本出路在于实现从数量型农业向质量和效益型农业的转变、传

统农业向现代化农业的转变。

我国过去在传统计划经济体制下，年复一年的简单农业劳动“种—收—卖”的产业链，在短缺型经济年代里有其存在的合理性。但随着农业的发展，传统的农业经营模式大大限制了农业自身的获利空间，尤其随着市场经济的不断深入发展，获利空间将越来越小。农产品加工产业在现代农业产业体系中则具有农业生产丰收平衡器、农产品加工转化器和农业效益放大器的突出作用，具有对农业产业发展的龙头带动作用和对农业生产的指导与引导作用。

农产品加工业的一体化发展在不改变以家庭经营为基础的基础上，通过与龙头企业各种形式的经济联合和结合，扩大市场需求信息、生产计划、产品生产、产品销售等方面的规模效应，较好地解决“小生产”与“大市场”之间的矛盾，使农业产业链条大大延伸，农产品市场大为拓展，逐步形成农业专业化生产、企业化经营、社会化服务的格局，最终形成完整的现代化农业生产体系。

（四）引导农业大国向农业强国转变

我国虽为农业大国，但并非农业强国，这主要表现在我国加入世纪贸易组织以后的国际市场上，如粮、油、棉、糖等我国大宗农产品品种处于劣势，生产成本明显高于国际市场价格。我国水果的种植面积和产量位居世界第一，但出口量不高，花卉和粮食也同样如此，我国农产品在国际市场上没有竞争力。长期以来，由于我国农业人均资源占有率低、劳动生产率低、农业产业链短，农民只能是城市消费初级产品和工业生产原料提供者，未能得到第二、三产业环节的价值额，造成我国农业成为弱质产业。

农业大国必须从农业弱国走向农业强国。要走向农业强国，需要有实质性的飞跃。目前，我国农产品加工能力低下，与人们日益丰富的消费需求和平衡农产品供求的现实要求之间存在矛盾，制约我国由农业大国向农业强国转变。因此，提高我国农产品加工水平，更大规模地实行农产品加工转化，完善“从田头到餐桌”的加工产业链，为中国农业的发展开拓新的领域，不仅可以解决当前农产品“卖难”和农民增收的困难，更有利于提高农业整体素质、增强农业竞争力、提高我国农业的国际竞争力，加快中国由农业大国向农业强国的转变。

（五）推动社会主义新农村的建设

随着我国改革开放不断深入，我国经济得到快速发展，但是经济发展不平衡，城乡与地区之间存在较大差异性，农业和农村发展仍然处在艰难的爬坡阶

段,农业基础设施脆弱、农村社会事业发展滞后、农民收入增长缓慢。发展农村经济、增加农民收入已成为建设社会主义新农村的主要任务。对此,利用农产品加工企业的龙头带动作用,促进农村形成大规模的农业生产,对促进农业增效、农民增收,使全国农民脱贫致富具有不可替代的作用,也有利于推进社会主义新农村建设^①。

二、农产品深加工的发展

农业纳入市场,农产品和加工产品也要纳入市场,参与市场竞争,农产品深加工的发展趋势必然要适应现代农业的发展和农产品加工市场的需求。在完整的农业产业体系下,加工产品的市场竞争力源于农产品加工业的产业化经营水平的提高、农产品加工的集中度和规模的扩大、现代化企业运营机制的完善、加工新技术和装备的应用及企业自身科技创新能力的提高。

(一) 加工原料的专用化

专用化的加工原料是影响农产品加工业发展的重要因素之一,只有使用优质专用原料才能生产出高质量的加工制品。国外农产品加工业的发展非常重视加工用原料品种的开发和加工原料基地的建设,农产品加工企业大都建有自己的种植园或由有合同关系的种植园种植农产品加工专用品种,如美国薯条加工采用专用品种“夏波蒂”,薯片加工采用“大西洋”品种,有效保障产品质量;再如国外加工小麦品种分类很细,不同的加工专用粉有特定的加工品种。虽然我国是农产品生产大国,但农产品加工专用品种较为稀缺。

(二) 加工技术的高新化

发达国家农产品加工业的快速发展,主要是高新技术发挥了重要作用。通过采用高新技术对农产品进行深加工,提高农产品的国际竞争力和经济效益。目前,农产品加工高新技术不断被开发和利用,如微电子技术、超高温短时杀菌技术、超高压技术、冷冻浓缩技术、反渗透浓缩技术、真空冷冻干燥技术、微波技术、无菌包装技术、超微粉碎技术、膜分离技术、超临界流体萃取技术、分子蒸馏技术、膨化与挤压技术、微胶囊技术、生物工程技术等,这些技术已在农产品加工领域得到广泛应用,提高了劳动生产率、产品质量和经济效益,大大降低了生产成本,减少了生产损耗。

^① 余蕾. 食品技术视野下科技工作者的社会责任 [D]. 成都: 成都理工大学, 2015: 11-15.

目前,国内越来越多的大型企业认识到先进的生产技术和装备应用,能够有效提高生产效率,降低生产成本,提高产品质量,因而越来越多的加工企业将企业在加工技术方面的创新作为一个大的发展战略实施。

(三) 加工装备的智能化

农产品加工装备的智能化,主要体现在目前农产品加工装备的连续化、自动化程度日益提高,以及对生产过程的控制更加人性方面化。农产品加工装备的智能化,主要是通过机电一体化技术和光电液自动化控制技术实现的,如由连续式生产设备代替间歇式生产设备,由专业化生产设备代替通用化生产设备,由大型化生产设备代替中小型生产设备,使生产线实现连续化生产、专业化作业、自动化调节、规模化经营等。这样可显著提高生产效率和经济效益,改善劳动条件,提高产品质量,降低加工成本,增强产品和企业的市场竞争力。目前,许多农产品加工装备的大型企业或跨国公司,大都发展生产线高度自动化、生产规模大型化的生产设备,以高效率生产赢得市场竞争能力。同时,为了实现质量控制的全程化,在农产品加工过程中以最短的时间完成加工原料、在制品、成品各项指标的检测,以达到指导生产和控制质量的目的。目前在线快速自动检测技术已成为世界农产品加工装备的技术发展主流。

(四) 资源利用率高效化

农产品资源高效利用是农产品增值的重要途径。发达国家对农产品资源深加工程度和综合利用水平越来越高,其主要利用高新加工技术提升农产品加工水平,延长农业产业链,并采用“清洁生产技术”,在加工过程中做到“零排放”,从而把农产品转化成高附加值产品。

农产品资源的高效利用主要表现在两个方面,一方面通过高新技术改造传统工艺和开发新产品,形成多层次、多品种的产品,降低成本;另一方面对农产品加工过程中产生的副产品和下脚料进行深度开发,实现资源的全效利用。农产品资源高效利用不仅可以提高经济效益,还能减少环境污染。

(五) 加工能力的规模化

规模化生产是产业发展获得成功的必由之路。近年来,国内已经出现一批高速度、大规模、超常规、跳跃式、高起点、具有较强经济实力和市场竞争优势的大中型骨干企业和企业集团,产业集中度不断提高。这些崭露头角的骨干企业带动了农产品加工业的跨越式发展。内蒙古的乳品加工,河南、河北的小麦和肉类

加工，吉林的玉米和肉牛加工，湖南的水稻加工，江苏、福建的茶叶加工，新疆的葡萄和番茄加工等，都已形成特色鲜明的产业体系和区域经济格局。

产业集中度提高和企业规模扩大，意味着企业有更强的新技术消化吸收能力，有更强的技术创新能力，有利于提高农产品深加工企业的经营效益和产品市场竞争力，从而参与国际大市场的竞争。企业规模化发展必然成为我国农产品深加工发展的最终趋势。

【课后习题】

1. 简述食品的特点与功能。
2. 简述食品加工的目的。
3. 简述食品工艺学的研究内容。
4. 简述农产品深加工的意义。

第二章 农产品的深加工共性技术解读

【教学目标】

1. 掌握湿热杀菌技术与应用。
2. 掌握粉碎技术的分类方法。
3. 掌握速冻技术的方法与优点。

【相关知识】

第一节 杀菌技术与粉碎技术

一、杀菌技术

杀菌（灭菌）指采用物理或化学的方法杀死所有微生物，使其永久性地丧失活性的办法。杀菌技术包括热杀菌和非热杀菌，热杀菌主要有：湿热杀菌、干热杀菌、微波杀菌和电热（欧姆）杀菌等；非热杀菌主要有：化学与生物杀菌、辐照杀菌、紫外线杀菌、脉冲杀菌、超高压杀菌、脉冲电场（PEF）杀菌以及振动磁场杀菌等^①。

（一）热杀菌技术

1. 湿热杀菌技术

湿热杀菌包括低温长时杀菌法（巴氏杀菌）、高温短时杀菌法、超高温瞬时杀菌法。

巴氏杀菌是一种较温和的热杀菌形式，通常处理温度在100℃以下，典型的巴氏杀菌条件是62.8℃/30min，巴氏杀菌可使食品中的酶失去活性，并破坏食品中热敏性的微生物和致病菌。巴氏杀菌的目的及其产品的贮藏期主要取决于杀菌条件、食品成分（如pH值）和包装情况。对低酸性食品（pH>4.6）的主要目的是杀灭致病菌；对于酸性食品，还包括杀灭腐败菌和钝化酶。

高温短时杀菌法主要指食品在100℃以上、130℃以下温度条件下的杀菌处理，主要应用于pH>4.5的低酸性食品杀菌。这种杀菌方式需要快速有效的热传导，通常使用刮板式或管式热交换器。这种方式适用于液体或小颗粒混合物料。

超高温瞬时杀菌法（UHT）指将物料在连续流动的状态下，经热交换器加热至13℃ 5 ~ 150℃保持几秒钟，以达到商业无菌水平（完全破坏其中可以生长的微生物和芽孢），然后迅速冷却到一定温度后再进行无菌灌装，以最大限度地减少产品在物理、化学及感观上的变化。

^① 张懿, 王丽萍. 调理食品杀菌技术研究进展 [J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(08): 785-792.

蒸汽喷射式加热灭菌法指采用蒸汽喷射的 UHT 灭菌法，通常叫作直接蒸汽喷射或 DSI。在最后的灭菌阶段，将产品与蒸汽在一定的压力下混合，蒸汽释放出潜热，将产品快速加热至灭菌温度。这种直接加热系统加热产品的速度比其他任何间接系统都要快。这种灭菌方式不容易形成结垢，可加工黏度高的产品，但蒸汽压力将限制设备长时间运转，故设备本身的成本和运转成本高。

液态奶生产中普遍采用的是湿热灭菌法，如巴氏灭菌奶与高温瞬时灭菌奶，是最常见的两种灭菌乳产品。巴氏杀菌奶，一般采用 85℃ 加热 15s 的杀菌工艺加工而成，可保持牛奶的风味、外观和质量，能够杀死牛奶中的酵母、霉菌及大部分细菌（包括致病菌），但不能杀死其中的耐热菌及其芽孢，经巴氏杀菌的牛奶中仍有一定数量的细菌存在，在条件温和时会重新繁殖并影响其货架寿命，一般保藏期为 1 个月。

超高温灭菌指在温度和时间分别为 135℃ ~ 150℃、2 ~ 8s 条件下，对牛奶进行灭菌处理的一种方法，能够杀死产品中的微生物，可以获得长达半年的保藏期。

2. 干热灭菌技术

干热灭菌，即利用加热的高温空气进行灭菌。由于干热空气穿透力差，一般要求在 160℃ 下，维持 2h。干热灭菌适合于耐高温但不耐湿物品的灭菌，如玻璃器材、陶瓷制品、金属器材及油剂等。

3. 微波杀菌技术

微波杀菌是一种新技术，其机理是通过微波能的热力效应作用和非热力效应作用达到杀菌目的。微波杀菌具有温度较低、时间短、速度快、能耗少、无残留、操作方便，可最大限度地保持食品的风味和营养成分等特点，尤其适合于半固体、固体（粉体）食品。在应用微波杀菌工艺技术时，在确定微波功率的前提下，原料或产品的水分和厚度、包装材料、辐照时间等是关键因素。微波可用于肉、肉制品、禽制品、水果、蔬菜、罐头、奶、奶制品、谷物和面包等一系列产品的杀菌、灭菌和消毒。微波杀菌比常规的杀菌方法能保留更多的活性物质，保证产品中具有生理活性的营养成分是微波灭菌的一大特点。因此，微波杀菌应用于人参、香菇、猴头菌、花粉、天麻以及其他中药、中成药的干燥、灭菌是非常合适的。微波杀菌可在包装前进行，也可在包装后进行，但需要确保微波加热灭菌产生的蒸汽不会胀破包装袋，对此可采取加压或其他措施。同时，微波具有不

均匀性，应注意避免加热不足和过度加热的问题。

4. 电热杀菌技术

电热杀菌是利用电极，将电流直接导入食品，由食品本身介电性质所产生的热量，以达到直接杀菌的目的。这种加热方式对流体与颗粒同时施以电流，若两者导电特性相似，则两者同时快速生热且加热程度均匀，可使目的产品在加热时没有经历大的温度梯度且液体与颗粒同时被加热，因此加工时间短、产品品质高，能够使产品在高温处理后仍保持完好的颗粒形状。这种加热方式要求加热表面不燃烧，加热期间产品不允许搅动，液体载体不能过分加热，这样才能保持加热颗粒和颗粒之间受热均匀。

电热杀菌是对黏性食品和块状食品进行连续杀菌的一种新方法。电热杀菌可以加工直径 15cm 的块状食品，能够最大限度地保持产品块形。但加工中要注意电热杀菌时电极腐蚀可能带来的污染。

(二) 非热杀菌技术

1. 化学杀菌技术

化学杀菌主要指在产品中通过添加抑菌剂和防腐剂，达到抑菌或杀菌的目的。常用的化学物质有过氧化氢、二氧化氯、臭氧、邻苯二醛等。这种方法易于操作、控制，杀菌效果好，成本较低，但在使用中易受水分、温度、pH值和机体环境等因素影响，作用效果变化较大，若应用在食品中，残留的化学试剂可能使菌体产生抗体，还可能影响食品的自然风味和质构。

2. 辐照杀菌技术

辐照杀菌技术是利用放射线同位素钴 60、铯 137 生产的 γ 射线或低能加速器放射出的 β 射线，对包装食品进行辐照处理。放射物质钴 60 放射出的强力 γ 射线，可彻底摧毁细菌的遗传因子，彻底破坏它们的生机，使用高剂量时几乎可以消灭任何细菌。

辐照处理是一种冷处理的物理方法，几乎不引起物料温度的升高，可较好地保持食品原有的风味和外观；辐照采用的射线能够穿透食品包装材料达到食品深层，不仅能抑制发芽，延缓呼吸，还能杀虫灭菌，并且辐照处理过程不添加任何化学物质，无有害物质残留，也不污染环境，耗能低，可以节约能源。经辐照完全杀菌法处理后的牛肉、鸡肉、火腿、猪肉、香肠、鱼虾等在常温（21℃ ~ 38℃）下能贮藏两年以上，色香味仍然俱佳。

用 50 万拉德照射就能清除富有蛋白质的食品，如肉类、乳制品、蛋制品中危害极大的沙门氏菌，也能杀灭冷冻食品深处的沙门氏菌。现在全世界已有 20 多个国家批准应用辐照杀菌的食品可供人类食用，如鸡肉、猪肉、鲜鱼、蘑菇、香料、马铃薯、大米、洋葱、小麦等。辐照食品安全可靠，未发现有放射性物质残留，能够保持原有质量和色香味。而且辐照食品保藏期长，照射一次可保鲜数年，既杀死细菌，又抑制与延缓食品本身新陈代谢的生命活动，消除食品变质根源，并且辐照杀菌可节省大量能量，任何食物用辐照法保鲜仅普通包装便可贮藏，省去大量制罐、冷冻冷藏等所需材料以及能量，同时，辐照保藏可代替部分冰箱保藏。

3. 紫外线杀菌技术

紫外杀菌是在紫外线照射下，使微生物致死的一种灭菌方法。一般采用紫外杀菌灯发射紫外光，不同的紫外波段灭菌方式不同，其中 253.7nm 谱线所含能量可以有效破坏有机物分子 DNA 结构，使有机物分子丧失活性或抑制有机物分子的持续分裂繁殖，达到杀菌目的；185nm 谱线在空气中可产生臭氧，而臭氧也可以起到杀菌、除味的效果。但紫外线不具备穿透性，一般用于加工厂用水杀菌、液体杀菌、固体产品表面杀菌以及加工车间、设备器具、工作台的杀菌等。

4. 超高压杀菌技术

超高压技术（UHP）被誉为“21 世纪十大尖端科技”，是目前最为成熟的非热力杀菌技术。工作原理是将食品密封于弹性容器或置于无菌压力系统中（常以水或其他流体介质作为传递压力的介质物），在高静压（100 ~ 1000MPa）、常温或稍高于常温（25℃ ~ 60℃）下处理一段时间，以达到加工保藏的目的。

高压杀菌机理通常认为高压下微生物细胞核被压成许多小碎片，和原生质等一起变成糊状，蛋白质和酶发生变性，这种不可逆的变化即可造成微生物死亡和酶钝化变性。目前，国外超高压技术已在果酱（草莓酱、猕猴桃酱、苹果酱等）、果汁（橘子汁等）、含果肉的果冻、豆浆、乳蛋白制品、鱼糜鱼糕、鱼肉制品、牛肉制品、甲壳类水产品等中开展系列研究，并取得产业化效果。

5. 高密度二氧化碳杀菌技术

高密度二氧化碳（DPCD）已成为食品加工领域中一种新型非热杀菌技术。其基本原理是将食品置于密封的处理釜中，给予高密度二氧化碳处理（压强不大于 100MPa），形成高压、高酸环境，在一定温度和压强下对食品进行处理，从

而杀灭微生物和钝化酶，使食品得以长期贮藏。高密度二氧化碳技术能够保留食品原有的品质，与超高压（100 ~ 1000MPa）技术相比压力低、成本低、节约能源，有利于环保。但目前其设备以及应用仍在进一步研究中。

6. 脉冲电场杀菌技术

脉冲电场杀菌技术（PEF）是一项新兴的物理杀菌技术，主要原理是基于细胞结构和液态食品体系间的电学特性差异，在两个电极之间产生的高压脉冲电场环境。当食品置于或流经处理室中时会受到脉冲电场作用，从而在常温下杀灭微生物和钝化酶活性，使食品得以长期贮藏。

脉冲电磁场为杀菌技术对微生物的杀灭效果和酶的钝化效果明显；杀菌时间非常短，不足1秒钟，通常是几十微秒便可以完成；处理温度低，可以在常温下或更低的温度下进行杀菌，对产品的物理、化学特性改变甚小，对风味、色泽和营养成分几乎没有破坏，可最大限度地保持产品的新鲜度；处理均匀，节省能源（耗能不到热处理的50%），可达到环保效果。

7. 脉冲电磁场杀菌技术

电磁杀菌的连续可操作性以及短时处理潜能，使其成为细胞破裂非热处理单元操作的最佳候选对象。脉冲电磁场的特性参数决定其是一种与以往灭菌方法不同的全新工艺，具有以下特点：对食品杀菌的处理时间为几秒，可达到商业无菌的要求；在常温常压下进行，对食品的损害极小，处理后食品的营养成分、物理性质、化学性质改变较少，风味、口感无明显差异；由于电磁场的穿透力极强，较易穿透食品，适用范围极广；由于电磁杀菌的非热特性，可以广泛应用于热敏性物质；由于其利用的是电能，低能耗，低污染，符合目前能源利用要求。目前，国外已用交变磁场对酿造调味品，如味精、醋、酱油、酒及乳制品进行杀菌，而且其杀菌后的食品品质好，货架期明显延长。

二、粉碎技术

粉碎是用机械力的方法克服物料内部凝聚力，达到使之破碎的单元操作。

（1）根据被粉碎物料和成品粒度大小，粉碎可分为粗粉碎、中粉碎、微粉碎和超微粉碎四种。

粗粉碎原料粒度在40 ~ 1500mm范围内，成品颗粒粒度为5 ~ 50mm。

中粉碎原料粒度在10 ~ 100mm，成品粒度为5 ~ 10mm。

微粉碎原料粒度在 5 ~ 10mm，成品粒度在 100 μ m 以下。

超微粉碎原料粒度在 0.5 ~ 5mm，成品粒度在 10 ~ 25 μ m 以下。

(2) 根据粉碎方式进行划分

挤压粉碎方式适用于脆性物料，若被处理物料有一定韧性或塑性，可使物料处理后呈片状，如麦片、米片以及油料轧片。

弯曲折断粉碎方式适用于处理较大块的长或薄的脆性物料。如榨油残渣油饼、玉米穗等，粉碎的粒度较低。

剪切粉碎适用于粉碎韧性物料，新形成的表面比较规则，易于控制处理后粒度的大小，而一般果蔬的切块、切片、切丝或者秸秆还田、饲料粉碎等。

撞击粉碎适用于质量较大的脆性物料，较大块的粉碎与微粉碎均可使用。

研磨粉碎是一种通过摩擦使物料受到破坏的粉碎方式，是一种既有挤压又有剪切的复杂过程。由于研磨工作表面的差异性，可以产生形形色色的工艺效果。

超微粉碎是粉碎加工技术的高科技尖端技术。物料在粉碎过程中由于机械力和化学效应等作用，物料的物理形态、化学结构发生变化，进而引起物理化学性质变化。和传统的粉碎技术相比，超微粉碎的物料产品粒度微小，比表面积剧增，物料分散性、吸附性、溶解性、化学活性、生物活性等有很大改善。超微粉技术可使某些农产品加工产生革命性变化，目前的超微粉碎技术有化学合成法和机械粉碎法两种：化学合成法可制得微米级、亚微米级，甚至纳米级粉体，但产量低、加工成本高、应用范围窄；机械粉碎法成本低、产量大，是制备超微粉体的主要手段，现已应用于工业生产。

机械粉碎法可分为气流粉碎、媒体搅拌粉碎和冲击粉碎三种方法。目前利用气流超微粉碎技术开发出的软饮料有粉茶、豆类固体饮料、超细骨粉配制富钙饮料和速溶绿豆精等。超微粉碎技术用于加工果皮、果核或者谷物类产品的皮、糠等，可以显著提高制品的口感以及人体的吸收利用率。

超微粉碎技术用于不同质地的各种药材，可使其中有效成分直接暴露出来，从而使药物起效更加迅速、充分。中药经超微粉碎处理后，其粒度更加细微、均匀，因此表面积增加，孔隙率增大，吸附性和溶解性增强，药物能够较好地分散、溶解于胃液中，增大与胃黏膜的接触面积，从而更易被胃肠道吸收，大大提高生物利用率。另外，将具有保健滋补作用的中药加工成超细微粉，可减少资源浪费、增加药物吸收、改善药物口感，也将其作为添加剂加入一些食品中制成各

种保健食品；或将具有消除色斑、滋养皮肤等功效的中药或提取物进行超微粉碎，与其他原料调配成各种疗效型化妆品，提高其疗效及品质。

第二节 分离技术与干燥技术

一、分离技术

农产品原料往往附着一些农药、肥料或土壤，又因微生物、昆虫、病害、机械损伤等原因，有的是不可利用的，有的品质不好。因此，为了提高产品的商品价值，提高加工利用率，在加工前或进入市场前，农产品大多经历一系列原料分离操作，并且为得到特定的产品形式，需要进行更精细的分离过程，对所需产物进行提纯。

沉淀分离属于最古老的一种分离技术，是向混合液中加入沉淀剂，或改变混合液的 pH 值与温度等参数，使待分离物质以无定形非结晶的沉淀物析出而得到分离的一种方法。如利用等电点沉淀法可以提取谷氨酸，利用加热可使蛋白质变性而沉淀出来。

过滤分离，即利用孔隙过滤机理，在压力作用下使小于孔隙的液体流过，大于孔隙的颗粒被阻隔，从而使相对密度不同的液体或液体中固体颗粒得以分离。硅藻土过滤是最常用的一种过滤方式，可用在饮料和酒的澄清工艺中。硅藻土是由硅藻类动物和其他生物硅质骨骼部分的堆积和随后变化而成的，其化学成分主要是 SiO_2 ，其中 SO_2 通常占 85% 以上，最高可达 94%。

硅藻土的颜色为白色、灰白色、灰色和浅灰褐色等，具有细腻、松散、质轻、多孔、吸水和渗透性强的特性。硅藻土助滤剂的应用范围广泛，如酿造、饮料行业，糖类、糖浆、食用油、脂肪及蜡制品、水处理、纤维素液体制品，水果蔬菜类液体、胶体、酶活油等。

悬浊液和乳浊液往往因固体颗粒沉降过慢而很难采用重力沉降法分离，因此采用离心分离方法，产生远远大于固体颗粒本身重力的离心分离力，加快沉降速度，从而在较短的时间内完成液—固分离的过程。很多农产品加工中都会用到离心分离技术，如制糖工业中的砂糖分蜜，制盐工业中的晶盐脱卤，淀粉工业中的淀粉与蛋白质分离，油脂工业的食油精制，以及啤酒、果汁、饮料的澄清，味精、橘油和酵母的分离等。

界面力分离是利用固—液、气—液或气—固两相界面的相际传质作用，对混合物进行分离的单元操作。界面力分离可分为泡沫分离与吸附分离。泡沫分离是将气体通入溶液或悬浮液中产生气泡，气泡表面会将溶液中的溶质或悬浮液中分散的粒子加以吸附或附着，从而实现混合物的分离。泡沫吸附分离是利用多孔性固体作为吸附剂处理气体或液体混合物，使其中某一种或数种组分被吸附在固体表面以达到分离目的的一种单元操作。

泡沫分离在制糖工业中常用于澄清糖汁，此外用于蛋白质与酶的提取分离。吸附分离包括气体吸附与液体吸附。液体吸附是农产品加工中常见的操作，利用吸附可以除去存在于液体中的微量物质。吸附分离常用的吸附剂有活性炭、分子筛、活化氧化铝、硅胶、活性土和合成树脂等。例如，制糖工业中采用活性炭吸附生产精制砂糖。活性炭也可加工成炭分子筛，具有分子筛作用，用于改善饮料气味等，或用于食品的脱色、脱臭及脱苦处理，如柑橘汁的脱苦等。

结晶指从均匀相中形成固体颗粒的过程，是制备纯物质的有效方法。结晶法在食品配料和食品添加剂的生产中有着极其重要的地位，如柠檬酸和柠檬酸盐，蔗糖、葡萄糖、谷氨酸钠、果糖、葡萄糖酸和葡萄糖酸盐、乳酸、苹果酸和乳酸盐等。

浸提是将溶剂加入固相或另一液相混合物中，使其中所含的一种或几种组分溶出，从而使混合物得到完全或部分分离的过程。浸提技术在农产品加工中的应用很广泛，如食用油的浸提、香料的浸提、果汁的提取、咖啡豆可溶成分的浸提以及甜菜中糖分的浸提等。

超临界流体萃取是利用某些溶剂在临界值以上所具有的特性提取混合物中可溶性组分的一项新的分离技术。超临界流体萃取具有溶剂萃取法和蒸馏法特点，具有显著提高产品回收率和纯度、改进产品质量、降低能耗、对人体无害、安全稳定等优点。目前广泛选用二氧化碳作为超临界萃取剂，因为二氧化碳在常温便可以达到超临界状态，不会氧化制品，不具引燃性、爆炸性和化学反应性，并且具有无毒、无污染、萃取效率高等优点，在某些国家这种技术已经开始用于商业性生产。如啤酒花的提取和咖啡中脱咖啡因，香辛物的萃取，精油的萃取，油脂脱臭、脱色，功能性物质的萃取及中药成分的分​​离等。

蒸馏是分离液体混合物的典型单元操作。这种操作是将液体混合物部分气化，利用其中各组分挥发度不同的特性来实现分离的方法。

蒸馏按照操作方式可分为间歇和连续蒸馏两种方式；按蒸馏方法可分为简单蒸馏、平衡蒸馏（闪蒸）、精馏和特殊精馏等。对于一般较易分离的物系或对分离要求不高时，可采用简单蒸馏或闪蒸，较难分离的可采用精馏，很难分离的或用普通精馏不能分离的可采用特殊精馏。工业中以精馏的应用最为广泛；按操作压强可分为常压、加压和减压精馏。

分子蒸馏技术是一项较新的工业化生产分离技术。分子蒸馏又叫短程蒸馏，是一种非平衡蒸馏，依据不同物质分子平均自由程的差别在高真空（压强一般小于5Pa）下实现物质间的分离，其应用能够解决大量常规蒸馏技术所不能解决的问题，具有真空度高、蒸馏温度低、受热时间短、分离程度高等特点，能够大大降低高沸点物料的分​​离成本，极好地保护热敏物料的品质，特别适用于高沸点、热敏性及易氧化物质的分离纯化，能够解决大量用常规蒸馏技术难于解决的问题。此技术已经广泛应用于高纯物质分离纯化，特别适合于天然物质的分离，目前分子蒸馏技术已成功应用于精制鱼油、天然维生素E、二聚酸、共轭亚油酸、辣椒红色素等工业化生产。

用天然或人工合成的高分子膜，以外界能量或化学位差为推动力，对双组分或多组分的溶质或溶剂进行分离、分级、提纯和浓缩的方法，统称为膜分离法。在一个容器中，如果用膜把它分成两部分，膜的一侧是水溶液，另一侧是纯水，或者膜的两侧是浓度不同的溶液，则通常把小分子溶质透过膜向纯水侧或稀溶液侧移动、水分透过膜向溶液侧或浓溶液侧移动的分​​离称为渗析（或透析）。如果仅溶液中的水分（溶剂）透过膜向纯水侧或浓溶液侧移动，溶质不透过膜移动，这种分离称为渗透。

膜分离的方法有反渗透与超滤以及电渗析。反渗透是利用反渗透膜选择性地透过溶剂（通常是水）性质，对溶液施加压力以克服溶液的渗透压，使溶剂通过反渗透膜从溶液中分离出来的过程。超滤则是应用厚度为1.0 ~ 20.0（或更大）的超滤膜过滤含有大分子或微细粒子的溶液，使大分子或微细粒子从溶液中分离的过程。电渗析是在外电场的作用下，利用一种特殊膜（离子交换膜）对离子具有不同的选择透过性而使溶液中的阴阳离子与其溶剂分离。

膜分离技术特点：①膜分离过程是在常温下进行，因而特别适于对热敏感的物质，如果汁、酶、药品等分离、浓缩与富集。②膜分离过程不发生相变化，能耗低，因此膜分离技术又称省能技术。③膜分离过程可用于冷法杀菌，代替沿袭

的杀菌工艺，能够有效保持产品的色、香、味及营养成分。④膜分离过程不仅适用于无机物、有机物、细菌，甚至还适用于许多溶液体系的分离，如溶液中大分子与无机盐、一些共沸物或近沸点物系的分离等。⑤仅用压力作为膜分离的推动力，装置简便，操作容易，易自控、维修，且在闭合回路中运转，减少了空气中氧的影响。⑥膜分离过程易保持食品某些功效特性，如蛋白质的泡沫稳定性等。⑦膜分离工艺适应性强，处理规模可大可小，操作维护方便，易于实现自动化控制。

现代膜分离技术在农产品加工业中的应用不仅改变了传统加工工艺，简化了操作，降低了成本，而且提高了产品质量，增加了产品的品种。在乳品工业中应用的主要方面是乳清蛋白的回收、脱盐和牛乳的浓缩。在豆制品生产上的主要应用于从废液中回收蛋白质。膜技术在食品加工中应用得越来越多，在许多方面都有潜在的应用可能。

二、干燥技术

干燥泛指使物料中所含湿分（水分或其他溶剂）气化并去除的处理过程。常用的干燥方法有物理干燥法与化学干燥法，前者包括自然通风干燥，太阳能干燥，采用机械压榨、沉降、过滤、离心分离机械等方法除去湿分等。化学干燥法则是直接用吸湿性化学物品（如硫酸、无水氯化钙等）作为干燥剂吸除湿分的过程。

（一）气相干燥技术

气相干燥是将新鲜物料送入真空干燥机，抽空之后，通入合适的蒸汽（例如有机物蒸汽、煤油），使之冷凝于物料之上，并通过其释放的冷凝热使物料加热而迅速干燥的技术。热泵干燥技术是一种新的节能干燥技术，是湿空气首先接触到蒸发器，空气中的水分冷却到露点凝结，除湿后的空气向前流动到达冷凝器，散发的热量使之升温，成为高载湿能力干燥介质，再用风机吹回干燥室内与物料对流，从而实现物料的干燥。

热泵干燥技术是一种能够从低温热源吸收热量，并使其在较高温度下作为有用热能，有效地加以利用的热能装置。热泵干燥系统的形式较多，按照干燥介质（空气）循环情况，可分为开路式、部分循环式和闭路式三种。

（二）辐射干燥技术

辐射干燥是以辐射形式加热物料的干燥方法，包括红外线干燥、微波干燥、

高频干燥等。红外线干燥为物料放在频率为 1 ~ 10MHz 交流电场中的干燥。物料吸收红外线后,在物料内部自发产生热效应,使其得到均匀干燥。红外干燥具有速度快、生产效率高、节约能源、设备规模小、建设费用低、干燥质量好的优点,目前已应用在果蔬脱水以及谷物干燥中。

(三) 微波干燥技术

微波干燥为在 300M ~ 300GHz 交流电场中的干燥。微波干燥的优点是干燥速度快;加热均匀,制品质量好;反应灵敏、控制方便;热效率高;设备占地小等;缺点是耗电多、成本高,一般需要与其他干燥方式相结合。微波干燥常用于干燥马铃薯片或者橘子粉、葡萄粉等。

(四) 气流干燥(热风干燥)技术

气流干燥是把湿润状态的泥状、块状、粉粒体状等物料采用适当的加料方式加入干燥管内,物料被分散在高速流动的热气流中,湿物料在气流输送过程中被去除湿分,得到粉状或粒状的干燥物料。气流干燥只适用于在潮湿状态下仍能在气体中自由流动的颗粒食品,如面粉、淀粉、葡萄糖、果汁粉等。

(五) 真空冷冻干燥技术

真空冷冻干燥是将含水物料冷冻到冰点以下,使水转变为冰,然后在较高真空度下将冰转变为蒸汽而除去湿分的干燥方法。真空冷冻干燥是在中真空区至高真空区内进行的。冷冻干燥与的特点:

第一,冷冻干燥是在低于水的三相点压力(609Pa)下进行的干燥。其对应的相平衡温度低,因而物料干燥时的温度低,且处于真空状态下。此法特别适用于热敏食品以及易氧化食品的干燥,可以保留新鲜食品的色、香、味及维生素 C 等营养物质。

第二,由于物料中水分存在的空间,在水分升华以后基本维持不变,故干燥后制品不会失去原有的固体框架结构,保持原有形状。

第三,由于物料中水分在预冻结后以冰晶形态存在,原来溶于水中的无机盐被均匀地分配在物料中。升华时,溶于中的无机盐就地析出,避免了一般干燥方法因物料内部水分向表面扩散所携带的无机盐而造成表面硬化现象。因此,冷冻干燥制品复水后易于恢复原来的性质和形状。

第四,因物料处于冰冻状态,升华所需的热可采用常温或温度稍高的液体或气体为加热剂,所以热能利用经济。干燥设备无须绝热,甚至可以由导热性较好

的材料制成，以利用外界的热量。

第五，由于操作是在高真空和低温下进行，需要有一整套高真空获得设备和制冷设备，故投资费和操作费较大，产品成本高。

第六，冷冻干燥食品，可长期保藏，保持原有食品的物理、化学、生物学以及感官性质不变。需要时，加水可恢复原有的形状和结构。常用于肉类、水产类、蔬菜类、速溶咖啡、速溶茶、水果粉、香料、辛辣料、酱油等干燥。

（六）喷雾干燥技术

喷雾干燥是采用雾化器将原料液（可以是溶液、乳浊液或悬浮液，也可以是熔融液或膏糊液）分散为雾滴，用热干燥介质（通常是热气流）干燥雾滴而获得产品（产品可根据要求制成粉状、颗粒状、空心状或团粒状）的一种干燥方法。喷雾干燥的优点是干燥速度极快；物料的热损害小；干制品溶解性及分散性好，具有速溶性；生产过程简单，操作控制方便，适合于连续化生产。喷雾干燥的缺点是单位制品的耗热较多，热效率较低。

喷雾干燥主要用于乳、蛋粉的生产。经喷雾干燥法生产的奶粉是均匀粉状产品，无须再经烘干、晾粉、粉碎等工艺过程，可直接包装为成品，使奶粉的生产过程实现机械化、连续化和大型化，并因物料表面温度不会太高而提高奶粉产品的质量。

第三节 膨化技术与压榨技术

一、膨化技术

膨化技术指将谷物或蛋白质等原料经过加工使体积膨胀许多倍，内部组织成为多孔、疏松的海绵状结构。食品膨化的方法有两种，一种是采用急热使水分骤然汽化；另一种是含水原料在高压加热中突然降压。目前的膨化技术主要有挤压膨化、气流膨化、微波膨化与油炸膨化。

挤压膨化，即使用螺杆挤压机，同时完成混炼、破碎、杀菌、压缩成型、脱水等工序而制成膨化产品的过程。挤压膨化技术的特点：①应用范围广，除可加工各种膨化食品和强化食品外，也可用于对各种原料的加工，如谷类、豆类、薯类等，还能加工蔬菜及某些动物蛋白等，或用于饲料、酿造等行业。②工艺简单，成本低。③使用低价粗原料，便于粗粮细作，粗粮膨化后，能够改变物料的组织结构、密度和复水性能，质地变柔软，口感和风味得到改善，消化吸收率提高。④产品种类多，利用相同的膨化设备改变各种原料及工艺条件，可得到各种膨化产品，产品形状可随模孔形状改变。⑤只要管理严格，生产过程中将无废弃物排出^①。

气流膨化与挤压膨化的原理基本一致，只是气流膨化所需要的热量全部依靠外部加热，膨化所需的高压全部来自密闭容器中水分的汽化和气体的膨胀，所以气流膨化的对象一般是粒状，目前仅限于小吃食品的生产。

微波膨化是利用微波的内部加热特性，使物料内部迅速受热升温产生大量蒸汽，内部大量蒸汽迅速向外冲出，形成无数微孔通道，使组织膨胀、疏松。微波用于膨化的例子有爆玉米花等，微波膨化可以生产很多方便的食品和点心，如在面条制作过程中添加蛋白质、膨化剂、发泡剂和作料揉合成型，然后经微波干燥，生产出复水性良好的快速面。

油炸膨化是用油、煎、炸的方式使食品膨化的操作。主要制品有油炸薯片、

^① 胡玉华，郭祯祥，王华东，等. 挤压膨化技术在谷物加工中的应用 [J]. 粮食与饲料工业，2014（12）：37-39.

油炸薯条以及油炸龙虾片等。市售的许多膨化小食品，是利用木薯淀粉制坯后油炸膨化制成的，实际上油条的制作也属于油炸膨化。

二、压榨技术

（一）压榨原理

压榨是通过机械压缩力将液相从液固两相混合物中分离出来的一种单元操作。压榨技术主要用于油脂工业以及果蔬制汁。压榨取油是通过借助机械力的作用，将油脂从油料中挤压出来的取油方法。按压榨取油的深度以及压榨时榨料所受压力大小，压榨取油可分为一次压榨和浸出取油配合的预榨。压榨取油与其他取油方法相比，具有工艺简单，配套设备少，对油料品种适应强，生产灵活，油品质量好、色泽浅、风味醇正等优点。但压榨后饼残油量高，动力消耗大，零件易损耗。这种方法可以用于从可可豆、椰子、花生、棕榈仁、大豆、菜籽等种子或果仁中榨取油脂。压榨可以用于制取果汁，如苹果、柑橘、番茄汁等。榨汁方式包括以下种类：

螺旋榨汁机，其特点是结构简单、故障少、生产效率高、价格低；缺点是出汁率低，汁易氧化，制取的汁液中混合物含量高，一般适用于加工未成熟的果蔬，常用于葡萄、番茄和浆果水果类的榨汁。

带式榨汁机，其特点是节约占地面积，出汁率高，渣中含水量低，但设备成本高。由于是敞开式作业，汁液易氧化，可适用于葡萄、苹果、浆果类水果的榨汁。

旋转分割式榨汁机，由于柑橘类水果的油脂层、海绵层、脉络组织和种子中含有一些使果汁发苦的物质，所以不能采用破碎压榨取汁的方法，一般采用锥形榨汁机提汁，即布朗提汁法，另一种是FMC公司的整果榨汁法。

裹包式榨汁，主要用于制取果蔬汁，一般是将果蔬浆用合成纤维布包裹起来，层层堆码，加压使汁液流出。这种方式造价低廉，操作方便，出汁率高，但效率低，劳动强度大，易使汁浆氧化。目前，此种方法适用于苹果、梨、菠萝及浆果的榨汁。

（二）热榨技术与冷榨技术

根据压榨前物料是否进行热处理，压榨可分为热榨和冷榨；根据残渣是否经浸提后再次压榨，可分为二次压榨和一次压榨。

热榨是原料破碎后经过热处理，进行榨汁的操作。热榨可以钝化酶的活性，同时可抑制微生物的繁殖，保证果汁质量。此工艺主要适用于核果类和浆果类水果的榨汁。此外，制造红葡萄果汁时，为提高色素浸出率，一般采用热榨。

冷榨是相对于热榨而言，指原料破碎后，不进行热处理作业，在常温或低于常温的条件下榨汁。如仁果类的苹果，一般采用冷榨。冷榨有助于保持水果的自然颜色，提高产品的稳定性。采用冷榨技术制油，是力求避免对油料的过加热和过多的化学处理，使得成品油和饼粕的品质得到相应提高，如油的滋味、外观等，保持油的纯天然特性，避免高温加工油脂时产生有害物质，又尽可能保留油中的生理活性物质，如维生素 E 等，油脂加工后的饼粕蛋白也可得到充分利用。

据报道，经冷榨所得的油仅含微量的磷和游离脂肪酸，具有色浅、滋味特别柔和、气味清香等较好的品质特性。由于冷榨油中磷和游离脂肪酸含量低，毛油基本上已具备了脱胶或中和后油的品质，无须精炼即可食用。冷榨食用油以远高于其他方式加工的食用油价格为人们所接受。此外，冷榨技术理论与研究正在进一步成熟中。

第四节 无菌包装技术与速冻技术

一、无菌包装技术

无菌包装技术指在无菌环境条件下,把无菌或预杀菌的产品填充到无菌容器并密封的技术。无菌包装技术主要应用于食品工业。无菌包装技术的特点:①根据食品的特性与要求选择最适宜的方法对内容产品进行杀菌(如高温短时杀菌法、超高温瞬时杀菌法等),使食品色泽、风味、组织和营养成分得到最好地保护,并尽可能延长其货架期以便于贮藏运输。②产品和包装材料分别杀菌,不存在包装后再进行杀菌的传热障碍,包装质量不受所装容器大小、形状影响,可得到品质均一的产品,尤其能够生产出普通罐装方法无法做到的大型包装食品。③食品和容器间没有普通罐装食品杀菌时的供热过程,彼此不易发生反应。④由于容器表面杀菌可采用先进的冷杀菌技术或其他有效的表面杀菌技术,因而对包装材料的要求相对宽泛。⑤无菌包装技术适用于自动化连续生产,节约能源、劳动力。

实现无菌包装必须具备三个条件:①物料本身无菌;②包装容器无菌;③工作环境无菌^①。

无菌包装材料在很大程度上决定了灭菌方式,可选用的无菌包装方式有多种:

第一种,无菌纸包装。用于无菌包装的纸包装材料,实际上是一种复合材料,是由纸/聚乙烯/铝箔/沙林树脂等制成的多层复合纸板。无菌纸包装有两种形式:屋顶包和砖形包。这种包装材料在灭菌奶的包装中有广泛应用。

第二种,无菌杯式包装。无菌杯式包装使用的材料为多层共挤无菌包装片材。

第三种,无菌铝与塑袋包装。这种包装方法类似无菌纸包装,只是所用材料是铝与塑复合膜,包装形式是袋装。

^① 赵玉平,金海珠,刘玉田,等.食品工艺实验教学体系探索[J].农产品加工(学刊),2010(09):104-105+110.

第四种，箱中袋。对于大容量的包装可以采用箱中袋的形式。将已经灭菌的食品灌入经过预灭菌的密封多层塑料袋中，灌装后的袋子装在木质或纸板制成的外包装箱中或钢桶中，主要包装浓浆或基料。目前，这种包装形式已基本取代以前用铁桶或塑料桶包装，并在其内加入防腐剂的保存食品方法。

第五种，瓶装。瓶装主要有玻璃瓶和塑料瓶等。无菌包装的玻璃瓶材料为轻量化强化玻璃，耐热、耐冲击。

第六种，金属罐。金属罐是无菌包装使用最早的包装形式之一，主要分为马口铁罐和铝罐两种。金属罐灭菌方法是干热灭菌，即采用高温过热蒸汽灭菌。

第七种，复合罐。复合罐是由两种以上材料组成的三片罐，即底和盖用金属，罐身用铝箔、纸板或聚丙烯等材料制成。复合罐的印刷效果好、成本低、质量轻、处理方便而不造成污染。但是，复合罐的气密性比金属罐差，耐热性也较差，因此欧美和日本各国都用其作为冷冻浓缩果汁的无菌包装容器。由于复合罐的耐热性较差，灭菌温度较低，难以杀灭某些耐热菌，因此仅限于灌装高酸性的果汁。

第八种，纸基复合材料容器。纸基复合材料容器是由纸、聚乙烯、铝箔等多种材料组成，西欧各国的无菌包装较多采用这类容器，尤以瑞典利乐包装公司生产的无菌砖形盒、菱形袋为典型。这种复合材料对氧气和水蒸气的阻隔性极佳，而且印刷效果也很好，饮用方便，产品的货架期长，是饮料无菌包装的理想材料之一。

纸容器的灭菌是采用过氧化氢（双氧水）与加热相结合的方法，先将包装材料进行过氧化氢水浴；然后，灌装时在进料管部位采用管形加热元件使其中空气温度升高，促使纸内表面过氧化氢液膜迅速分解成水和新生态氧。这种氧具有极强的灭菌能力，可使容器达到无菌要求；也有采用高浓度的过氧化氢溶液在80℃温度下，对包装材料进行8~9s的灭菌工艺的。

第九种，塑料容器。塑料是无菌包装中发展最快、应用最广泛的材料，其成本较低，形状多样化，机械适应性强，特别是近年来塑料薄膜的共挤复合以及容器成型技术的不断发展，推动了塑料在无菌包装材料领域的发展。

对于塑料包装材料的要求，主要是具有对产品的保护保存性、适应流通的机械强度、包装机的适应性以及商品性等，尤其要求对氧气和水蒸气有较高的阻隔性，因此，当前世界各国所采用的无菌塑料主要是复合薄膜。由于塑料耐热性较差，目前对塑料包装材料的灭菌方法常用过氧化氢灭菌，也有用过氧化氢低浓度

溶液与紫外线、无菌热空气相结合的技术,据报道这些方法均有良好的灭菌效果。为了防止过氧化氢在操作环境内扩散,采用低浓度过氧化氢比较有利。

除了以上所列的包装容器和材料外,在无菌包装中还会涉及特殊材料,如金属复合材料容器、纸质与金属复合的容器等。随着人们对食品质量要求的提高和人类生存环境的可持续发展需要,包装材料和容器逐渐走向环保和绿色,特别是在人们日常消费的食品包装方面,更加需要注意健康和绿色。

包装环境(即包装生产线)包括设备和工作环境。无菌包装设备是一个机组的总称,主要由灭菌冷却和无菌灌装设备两大部分组成。在机组中必须配备相适应的物料输送系统,要有完全可靠的自动控制系统,要设置自动清洗系统,要使用特殊的包装材料;工作中要求水、电、蒸汽、压缩空气的供应必须完全可靠。食品所经过的系统必须保证无菌,食品灌装进入包装容器时所经过的空间环境要保证无菌。此外,无菌包装一般要用大型设备,尤其是食品灭菌机和无菌包装机,设备投资大,成本较高;操作和管理的卫生要求严格,难度大,一旦污染将会成批报废,造成浪费,损失很大,而且从头到尾的各个环节必须重新灭菌;设备和产品的专一性强,不适宜生产小批量多品种的产品,广泛使用性差;无菌包装难以应用在高黏度食品以及固体食品上,一般只用于流动性较好的食品。

总之,无菌包装不仅要求综合运用先进的杀菌和除菌技术,使物料、容器、作业环境等达到规定的杀菌水平,而且在整个过程中必须确保其无菌性。目前,无菌包装技术已经得到广泛应用,无菌包装主要应用于果蔬汁、乳制品及酱类食品的包装,并正由均质流体向液固混合、颗粒食品,甚至固体块状产品发展,应用范围在逐步扩大。

二、速冻技术

冻结的方法有缓冻与速冻两种。缓冻是物料放在绝热的低温室内($-18^{\circ}\text{C} \sim -4^{\circ}\text{C}$,常用温度为 $-29^{\circ}\text{C} \sim -23^{\circ}\text{C}$),在静态空气中进行冻结的方法。速冻是利用低温和空气高速流动,促使物料快速散热,以达到迅速冻结的要求。

相对于缓冻而言,速冻因散热迅速、食品温度急剧下降,冰晶在细胞内或肌纤维内形成,量多而细小,分布均匀,所以解冻时可将原先冻结的大部分汁液吸回并保持原态,解冻后的质地和风味也好得多。速冻技术可将产品温度迅速降低到微生物生长活动所需要的温度之下,有利于抑制微生物的增长及生化反应,并

且产品在冻结设备中停留的时间短,有利于提高设备的利用率和生产的连续性。

速冻技术的优点:①速冻食品卫生质量优。食品经快速冻结造成的冷冲击可杀死部分有害微生物,同时生产、贮藏及销售过程一直处于低温状态,有效保证了食品的卫生安全;快速冻结也能最大限度地保持食品本身的色泽风味及营养成分。②营养合理。速冻调理食品配料时,可以通过原料的不同搭配控制脂肪、热量及胆固醇的含量,以适应不同消费者的需要。③食用方便。速冻食品既能调节季节性供需平衡,又能减轻家务劳动,减少城市垃圾,保护环境。④成本较低。与罐头食品相比,速冻食品具有口味鲜和能耗低的优点,速冻食品比罐头食品能耗低30%。目前,速冻食品主要分为四大类:速冻水产品类、速冻果菜类、速冻畜禽肉类、速冻调理食品类。

流态化速冻是一种速冻新技术,是在一定流速的冷空气作用下,使物料在流态化操作条件下得到快速冻结的一种方法。流态化液氮速冻装置采用安全可靠和环境友好型低温液体(从空气中分离出的液态氮,温度为 -196°C)作为冷冻剂,直接与被冷冻的物料表面接触,并使被冷冻的物料实现流态化。由于这种冷冻方式的传热速度非常快,处理食品的数量大幅度提高,通常液氮流态化冷冻装置的生产量比同样规模的机械式流态化冷冻装置高出一倍。

液氮食品流态化速冻装置除了使装置提高冷冻速度和效率以外,更重要的是使食品的品质保持在最好状态,这是机械式冷冻设备无法与其比拟的。这种工艺可以用于冻结各种农产品,应用最多的是果蔬类产品,尤其是蔬菜类产品。

适宜流态化单体速冻的蔬菜,一般有六类:①果菜类(可食部分是菜的果实和嫩的种子),如青刀豆、豇豆、豌豆、茄子、番茄、黄瓜、辣椒等。②叶菜类(可食部分是菜的叶和鲜嫩叶柄),如菠菜、芹菜、韭菜、蒜薹、小白菜、油菜、香菜等。③茎菜类(可食部分是鲜嫩的茎和变态的茎),如马铃薯、芦笋、莴笋、芋头、香椿等。④根菜类(可食部分是变态根),如胡萝卜、山药等。⑤花菜类(可食部分是花部器官)菜花等。⑥食用菌类(可食部分是无毒真菌的子实体),如鲜蘑菇、香菇、凤尾菇等。

适宜流态化单体速冻的水果通常有以下种类:葡萄、桃、李子、樱桃、草莓、荔枝、板栗、西瓜、梨、杏等。

【课后习题】

1. 说明冷冻干燥与常规干燥法的特点。

2. 比较各类非热杀菌技术特征及其对食品品质的影响。
3. 试述湿热杀菌的类型与特点。
4. 分析无菌包装的方式。

第三章 果蔬制品加工工艺

【教学目标】

1. 掌握果蔬采收与加工产品之间的关系。
2. 掌握速冻对果蔬的影响机理。
3. 掌握果蔬干制的方法和操作要点。
4. 掌握蔬菜腌制的类别与工艺。

【相关知识】

第一节 果蔬加工产品与原料

一、果蔬加工产品及其分类

目前,国内外果蔬加工产品主要有果蔬罐头、果蔬汁、脱水蔬菜、速冻果蔬、冻干果蔬、果蔬脆片、功能型果蔬制品等。

果蔬罐头指以新鲜果蔬为原料,经过整理(去皮、去囊衣、切分等)、灌装、杀菌等加工处理后得到的罐藏果蔬产品。果蔬罐头是国际市场近百年来久盛不衰的大众食品,由于携带和食用方便,产品贮存时间长,能够很好地调节市场和淡旺季节,因此备受世界各国消费者的青睐。

果蔬汁指以新鲜果蔬为原料,经过物理方法(如压榨、浸提等)提取得到的汁液。作为绿色健康食品的果蔬汁,一直受到广大消费者的追捧,世界范围的果蔬饮料消费总量在不断增加,果汁饮料、功能性饮料等受到更多消费者的青睐。果蔬汁加工的品种有浓缩果汁、鲜榨果蔬汁、复合果蔬汁、果肉饮料等。

脱水蔬菜又称复水菜,是将新鲜蔬菜经过洗涤、烘干等加工制作,脱去蔬菜中大部分水分后制成的一种干菜。蔬菜原有色泽和营养成分基本保持不变。脱水蔬菜既易于贮存和运输,又能有效调节蔬菜生产淡旺季节;食用时只要将其浸入清水中即可复原,并保留蔬菜原来的色泽、营养和风味。

速冻果蔬是将新鲜果蔬在 -25°C 以下迅速冻结,然后在 -18°C 或更低温度条件下贮存运输,并长期保存的一种果蔬产品。由于其加工的原料均为新鲜果蔬,速冻形成的冰晶小,最大限度地保持了天然食品原有的新鲜程度、色泽、风味及营养成分。

果蔬脆片是将新鲜果蔬经真空油炸脱水等工艺生产的一种果蔬深加工产品。由于工艺过程中真空的存在,使得果蔬脱水在相对较低的温度下进行,从而保证食品的营养成分不受高温破坏。正是真空低温油炸脱水的特定工艺,使得果蔬脆片以松脆的口感、天然的成分、宜人的口味、丰富的营养,引起人们消费的热情。

冻干果蔬是将新鲜果蔬先进行冻结,再在真空条件下实现升华(冰直接变成汽)脱水而获得的干制果蔬产品。冻干果蔬由于是在低温和真空条件下生产,所

以具有极其优良的品质,形、色、味、营养成分都与鲜品基本相同,复水性好。冻干果蔬不需要冷藏设备,密封包装后,可在常温下长期贮存、运输和销售。

鲜切果蔬又称果蔬最少加工,指新鲜蔬菜和水果原料经清洗、修整、鲜切等工序后,用塑料薄膜袋或以塑料托盘盛装并外覆塑料膜包装,供消费者立即食用的一种新型果蔬加工产品。

功能性果蔬制品是指可以带来保健功效的制品。比较有代表性的功能型果蔬制品有复合保健浆果粉、营养酸橙粉、干燥李子酱、果蔬提取物补充剂、天然番茄复合物、水果低热量甜味料等。

果蔬深加工已成为国内外果蔬加工的发展趋势。在实际的果蔬深加工过程中,往往有大量废弃物产生,如风落果、不合格果,以及大量的下脚料,如果皮、果核、种子、叶、茎、花、根等,这些废弃物中含有较为丰富的营养成分,对这些废弃物加以利用称为果蔬综合利用。

二、果蔬原料加工

果蔬原料的种类和品种繁多,不同品种的果蔬原物理化性质不同,适宜的加工方法也各不相同。根据原料特性进行合理加工,是保证资源得到最有效利用的途径。优良产品的产生由加工品本身的制作要求和原料本身的特性共同决定。原料和加工制品的适用性见表 3-1^①。

表 3-1 加工产品和原料之间的关系

加工制品种类	加工原料特性	果蔬原料种类
果汁及果酒类产品	汁液丰富,容易取汁,可溶性固形物含量高,酸度适宜,风味芳香独特,色泽良好,果胶含量少	葡萄、柑橘、苹果、梨、菠萝、番茄、黄瓜、芹菜、大蒜、胡萝卜等
干制品	干物质含量较高、水分含量较低、可食部分多、粗纤维少、风味及色泽好	大枣、花茶、山楂、龙眼、杏、胡萝卜、木耳及大部分食用菌等
罐藏、果脯、冷冻制品	质地紧密,可食用部分多,肉厚,糖酸比适当、色香味好	大多数果蔬均适合
果酱制品	果胶物质含量丰富、有机酸含量较高、风味和香气浓郁	草莓、山楂、杏等
蔬菜腌制品	水分含量低、干物质较多、肉质厚、有独特风味、粗纤维少	较好的腌制原料有芥菜类、根菜类、榨菜、黄瓜

^① 陈野,刘会平.食品工艺学(第3版)[M].北京:中国轻工业出版社,2014.

（一）果品采收与加工

果蔬原料的成熟度和采收期，在后期加工处理中，对产品的质量有直接影响。一般来讲，果蔬的成熟度分为三个阶段：可采成熟度、加工成熟度（又称食用成熟度）和生理成熟度。

可采成熟度指果蔬充分膨大长成，但风味还未达到顶点。这时采收的果实，适宜储运或者经成熟后可达到加工要求。需要长期贮存和运输的果实以及果脯类产品的原料，如香蕉、苹果、桃等水果可在此时采收。部分工厂为了延长加工期也常在此时采收，以备日后加工。

加工成熟度指果实已具备该品种应有的加工特性，又可分为适当成熟与充分成熟。根据加工类别的不同，要求的成熟度也不同，如制造果汁类，要求原料充分成熟，色泽好且香味浓，糖酸比适中，榨汁容易，损耗低；制造干制品类，要求果实充分成熟，否则缺乏应有的果香味，制品质地坚硬，而且有的果实若青绿色未褪尽，干制后会因叶绿素分解变成暗褐色，影响外观品质；制造果脯、罐头类则要求原料成熟适当，因果胶物质较多，组织比较坚硬，可以经受高温煮制；果糕、果冻类加工时，要求原料具有适当的成熟度，其目的是利用果胶含量高，使制成品具有凝胶特性。

生理成熟度指果实变软过老化，营养价值降低，一般称这个阶段为过熟。这种果实除了可制成果汁和果酱外，一般不适宜加工成其他产品。

以上三种成熟度的范围和界限其实很难划分，但仍然可以根据这些范围，结合不同的目的、要求，确定果蔬的采收成熟度。

（二）蔬菜采收与加工

由于蔬菜供食用的器官不同，它们在田间生长发育过程变化很大，故恰当的采收，对加工至关重要。例如，蘑菇实体生长到 1.8 ~ 4.0cm 时采收制作清水蘑菇罐头为宜，过大、开伞后蘑菇，菌柄空心，外观欠佳，只可制作蘑菇干。金针菇以花蕾充分膨大还未开放时又制作罐头和干制品为优，花蕾开放后，易折断，品质变劣。

青豌豆、菜豆等罐头用原料，以初熟期采收为宜。青豌豆开花后 17 ~ 18 天采收品质最好，糖分含量高，粗纤维少，表皮柔嫩，制成的罐头甜、嫩、不混汤。如采收过早，果实发育不充分，难以加工，产量也低；若选择在成熟期后采收，则籽粒变老，糖类转化成淀粉，失去加工的价值。

青菜头、萝卜和胡萝卜等要充分膨胀，尚未抽薹时采收为宜，此时原料粗纤维少；过老者，其组织木质化或糠心，不堪食用。马铃薯、藕富含淀粉，则以地上茎开始枯萎时采收为宜，这时淀粉含量高。

叶菜类与大部分果实类不同，一般要在生长期采收，此时粗纤维少、品质好。对于某些果菜类，如进行酱腌的黄瓜，则要求选择幼嫩的乳黄瓜或小黄瓜。

（三）原料的新鲜度与加工

原料越新鲜，加工的品质越好，损耗率也越低。果品蔬菜多属易腐产品，因此从采收到加工应尽量缩短时间。大部分果蔬原料贮存期短、易破损、易被微生物感染，在采收、运输过程中易造成机械损伤。因此，加工需及时，否则会造成原料严重腐烂，大量损耗，影响企业的经济效益。对此，应采取一切措施缩短从采收到加工的时间，如玉米、豌豆、青刀豆及叶菜类，最好立即进行预冷处理；蘑菇等食用菌要用腌渍保藏；桃子、李子、番茄、苹果等最好用冷藏库贮存。在采收、运输过程中也要注意防治机械损伤、日晒、雨淋及冻伤等，以保证原料的新鲜度。

第二节 果蔬速冻与果蔬干制

一、果蔬速冻

果蔬速冻是将经过处理的果蔬原料用快速冷冻的方法使水分变成固态冰晶结构，并在低温条件下（通常 $-20^{\circ}\text{C} \sim -18^{\circ}\text{C}$ ）保存。果蔬速冻有利于抑制果蔬内部的理化变化和微生物的破坏作用，从而使产品得以较长期保藏。果蔬速冻比其他加工方法更能够保持新鲜果蔬原有的色泽、风味和营养价值，是现代先进的加工方法。

（一）果蔬速冻的影响

1. 速冻物理变化对果蔬的影响

冷冻处理过程可以导致细胞膜发生变化，使增大透性，降低膨压，由此增加细胞膜和细胞壁对水分和离子的通透性。

冷冻期间，细胞间隙的水分比细胞原生质体中的水分先结冰，原生质体内的冰点下降，处在过冷却状态。过冷却的水比细胞间隙冰晶的蒸汽压高，因而细胞内水分向细胞间隙转移，细胞间隙的冰结晶不断长大。果蔬组织的冰点及冻结过程由其细胞内的可溶性固形物决定。

植物组织中冰晶的增长可导致细胞壁、胞间层和原生质体等不可逆变化和损害，特别是在缓冻情况下，可造成细胞壁破裂，组织结构崩解。在速冻情况下，在显微镜下观察番茄薄壁细胞组织，发现细胞内外和细胞壁中存在的冰晶体都是非常细小的，细胞间隙没有扩大，原生质紧贴细胞壁，阻止水分外移，这种微小的冰晶体对组织结构的影响较小。在比较快的解冻过程中观察到对原生质的损伤也是微小的，质体保存比较完整，液泡膜有时未受到损害。保持细胞液的结构完整对维持细胞内静压非常重要，可以防止流汁和组织软化。

果蔬速冻保藏的目的是尽可能地保持其新鲜特性，但在冻结和解冻期间常常组织萎蔫，产品的质地和外观与加工前的状态有差异。组织的崩解、软化、流汁等程度因产品的种类和状况而有所不同，如食用大黄，其肉质组织中的细胞虽有坚硬的细胞壁，但冷冻时在组织中形成冰晶体，使细胞发生胞壁分离，靠近冰晶

体的许多细胞被扭曲和破碎,使细胞内容物流入细胞间隙,解冻后汁液流失。

冷冻的组织细胞失去水分,解冻后不能恢复其膨胀度和原始体积,细胞间隙增大,细胞之间的接触部分减少。冷冻材料未经切面检查时,可以看到每个细胞周围有 3/4 以上的部分与其他细胞接触,而冻结过的细胞与其他细胞接触的部位减少到 1/4^①。

由于果蔬在冻结以后需要进行内外包装才能冻藏,因此,冻藏期间的干缩现象不像冻藏肉胴体一样严重。

2. 速冻化学变化对果蔬的影响

果蔬原料的降温、冻结、冷冻贮存和解冻期间都可能发生色泽、风味、质地等变化,因而影响产品的质量。

在冻结和贮存期间,果蔬组织中会积累羰基化合物和乙醇等,产生挥发性异味。原料中含类脂物较多,由于氧化作用也会产生异味。据报道,豌豆、四季豆和甜玉米在冷冻贮存中,类脂化合物中的游离脂肪酸等都有显著增加。

褪绿与褐变是果蔬冬藏期间发生的色泽变化。叶绿素转化为脱镁叶绿素,使果蔬从绿色变为灰绿色,影响产品的外观品质,降低商品价值。酚类物质在酶的作用下发生氧化,使果蔬褐变,如苹果、梨中的绿原酸、儿茶酸等,是多酚氧化酶的主要成分。这种褐变反应迅速,变色快。

冻藏及解冻后,果品软化的原因之一是果胶酶的存在使果胶水解,原果胶变成可溶性果胶,组织结构分离。

冷冻产品的色泽风味变化都有酶参与,酶的活性在低温时仍能保持,只是反应速率大大降低。在过冷状态下,酶的活性常常被激发。

果蔬在冷冻贮存中,低温对营养成分有保护作用。但由于原料在冷冻前的一系列处理,使原料暴露在空气中的面积大大增加,维生素 C 因氧化而减少。这些化学变化在冻藏中继续进行,只是进行得较为缓慢。如蔬菜保存在 -12.2°C 下,维生素 C 迅速减少;保持在 -18°C 时,损失则是小得多。维生素 B₁ 属热敏感,在冻藏中损失很少;维生素 B₂ 在冷冻前的处理中有所降低,但是在冻藏中损失较少。

^① 吴广辉,毕韬韬.“果蔬加工技术”课程标准的开发研究[J].农产品加工,2015(20):74-76.

3. 速冻对果蔬中酶的活性影响

冷冻产品的色泽、风味变化,很多是在酶的作用下产生的。酶的活性受温度影响较大,也受 pH 值和基质影响。酶的活性在高温 93℃左右被破坏,而温度降至 -73℃还有部分活性存在,食品冷冻对酶的活性只起到抑制作用,使其活性降低,温度越低,时间越长,酶蛋白失活程度越重。酶的活性虽然在冷冻冷藏中显著下降,但是并不能说明酶完全失活,在长期冷藏中,酶的作用仍可使果蔬变质。当果蔬解冻后,随着温度升高,仍保持活性的酶将重新活跃起来,加速果蔬变质。因此,速冻果蔬在解冻后应迅速食用和使用。

研究表明,酶在过冷状况下,其活性常被激发。因此,在速冻前常采用一些辅助措施破坏或抑制酶的活性,例如冷冻以前采用的烫漂处理、浸渍液中添加抗坏血酸或柠檬酸以及采用硫处理等。

果蔬原料中加入糖浆对冷冻产品的风味、色泽也有良好的保护作用。糖浆涂布在果蔬表面既能阻止其与空气接触,减少氧化机会,也有利于保护果蔬中挥发性酯类香气的散失,对酸性果实可增加其甜味。冷冻加工中常将抗坏血酸和柠檬酸溶于糖浆中,以提高其保护效果。

4. 速冻对微生物的影响

果蔬速冻保藏主要涉及的微生物有细菌、霉菌和酵母菌。根据微生物对温度的耐受程度,将其划分为四类,即嗜冷菌、适冷菌、嗜温菌和嗜热菌。微生物的生长、繁殖活动有一定的适宜温度范围,超过或低于这一最适温度,微生物的生长活动会受到抑制甚至致死,其机理为冷冻低温使微生物细胞原生质蛋白质变性,使微生物细胞大量脱水,使微生物细胞受到冰晶体的机械损伤而死亡。大多数微生物在低于0℃的温度下,其生长活动可被抑制,有些酵母菌和霉菌比细菌的耐低温能力强,有些能在-9.5℃被冻结的基质中生活,而微生物的孢子比营养细胞有更强的忍受低温能力,常常能免于冷冻伤害。

果蔬在冷冻之前容易遭受微生物的污染,并且时间拖得越久,感染越重。有时原料经热烫后冷却不彻底,即进行包装冷冻,因包装材料阻碍热的传导而导致冷却缓慢,尤其是包装中心的温度下降很慢,在冷冻期间仍有微生物造成的破坏发生。因此,应在原料冷却到接近冰点后再进行包装冷冻,或者将果蔬冻结后再进行包装。

冷冻可以使很多微生物致死,但不是使所有的微生物都致死。有些微生物

在冷冻食品中能够生存数年之久。例如，一些引起食物中毒的微生物，产生毒素的肉毒杆菌和葡萄球菌仍能生存。据报道，在 -16°C 下肉毒杆菌能存活12个月之久，其毒素可保持14个月，在 -79°C 下其毒素仍可保持两个月。冷冻果蔬一旦解冻，在适宜的温湿度下，残存微生物的活动便会加剧，造成果蔬腐烂变质，所以果蔬解冻后应尽快食用。

（二）果蔬速冻的工艺

近些年，我国果蔬速冻工艺技术有了许多重大发展。第一，速冻果蔬的包装形式由整体的大包装转向经过加工鲜切处理的小包装；第二，冻结方式开始广泛使用以空气为介质的吹风式冻结装置、管架冻结装置、可连续生产的冻结装置、流态化冻结装置等，使冻结的温度更加均匀，生产效益更高；第三，作为冷源的制冷装置也有新的突破，如利用液态氮、液态二氧化碳等直接喷洒冻结，使冻结的温度显著降低，冻结速度大幅度提高，使速冻果蔬的质量全面提升。在速冻设备方面，我国已开发出螺旋式速冻机、流态化速冻机等设备，满足国内速冻行业的部分需求。

1. 速冻果蔬的操作要点

（1）原料选择。要求原料品种优良，成熟度适当，规格整齐，无农药和微生物污染等。原料品质是决定速冻果蔬品质的重要因素，因此要注意选择适宜速冻加工的品种。水果、蔬菜的品种不同，对冷冻的承受能力也有差别。一般含水分和纤维多的品种，对冷冻的适应能力较差，而含水分少、淀粉多的品种，对冷冻的适应能力较强。

（2）采收运输。采收原料要细致，避免机械伤。蔬菜采收后应立即运往加工地点，在运输中要避免剧烈颠簸，防日晒雨淋。

（3）原料整理。蔬菜原料应当日采摘当日加工，必要时可采用冷藏保鲜，但时间不宜过长，以免鲜度减退或变质。为避免微生物污染，应加速处理，并在各个环节多加注意。原料应充分清洗干净，加工所用的冷却水要经过消毒，工作人员、工具、设备、场所清洁卫生的标准要求要高，加工车间要加以隔离。速冻果蔬属于方便食品，加工过程中并不能充分保证灭菌措施，因此微生物的检测指标要求较为严格。挑选原料时应剔除病虫害、机械伤、成熟度过高或过低的原料，有些品种需要去皮、去核、去筋等适当切分。

（4）烫漂。一般应用于速冻蔬菜，主要目的是钝化酶的活性。常用的热

烫方法有沸水法和蒸汽法两种，温度为 $95^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，热烫过程中要保持水温稳定。为加强护色效果，沸水热烫还可加入0.2%的碳酸氢钠（绿色蔬菜如青豆荚）或0.1%柠檬酸（浅色蔬菜如马铃薯）等。热烫时间可根据果蔬种类、形状、大小等而定，以钝化酶的活性为目的，尽量缩短时间（通常为 $2 \sim 5\text{min}$ ，也有的只有几秒）。

原料热烫后应迅速冷却，一般有水冷却和空气冷却，可以用浸泡、喷淋、吹风等方式。最好能冷却至 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，最高不超过 20°C 。经过烫漂和冷却的原料带有水分，可采用振动筛或离心机脱水，沥干水分，以免产品在冻结时黏结。

（5）浸渍糖液。考虑到热烫对速冻水果品质的影响，可采用浸渍糖液，并结合添加柠檬酸、维生素C或异维生素C的方法，以抑制酶活性，防止产品变色和氧化；可以采用拌干糖粉的办法，不同品种水果的加糖量不同，一般控制在 $30\% \sim 50\%$ ，柠檬酸为 $0.3\% \sim 0.5\%$ ，维生素C或异维生素C为 0.1% 。

（6）预冷与速冻。经过前处理的原料，可预冷至 0°C ，有利于加快冻结。许多速冻装置设有预冷设施，或者在进入速冻前首先在其他冷库预冷，然后陆续进入冻结。冻结速度往往因果蔬品种、块形大小、堆料厚度、入冻时品温、冻结温度等不同而有差异，故必须在工艺条件上及工序安排上考虑紧凑配合。

经过前处理的果蔬应尽快冻结，速冻温度在 $-35^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ ，风速应保持在 $3 \sim 5\text{m/s}$ ，这样才能保证冻结以最短的时间（ $< 30\text{min}$ ）通过最大冰晶生成区，使冻品的中心温度尽快达到 $-18^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 。只有这样，才能使90%以上的水分在原来位置上结成细小冰晶，均匀分布在细胞内，从而获得品质新鲜、营养和色泽保存良好的速冻果蔬。

（7）包装。冻结后的产品经包装后入库冻藏，为加快冻结速度，多数果蔬冻品采用先冻结后包装的方式，但有些产品如叶菜类，为避免破碎可以先包装后冻结。

包装前，应按批次进行质量检查及微生物指标检测。为防止产品氧化褐变和干耗，在包装前对某些产品镀冰衣，即将产品倒入水温低于 5°C 的镀冰槽内，入水后迅速捞出，使产品外层镀包一层薄薄的冰衣。速冻果蔬的包装有大、中、小各种形式，包装材料有纸、玻璃纸、聚乙烯薄膜（或硬塑）等。为避免产品干耗、氧化、污染而采用透气性能低的包装材料，还可以采用抽真空包装或抽气充氮包装，此外应有外包装（大多用纸箱），每件重 $10 \sim 15\text{kg}$ 。包装大小可按消费需

求而定,半成品或厨房用料的产品,可用大包装;家庭用或方便食品可用小包装(袋、小托盘、盒、杯等)。

分装应保证在低温下进行。工序要安排紧凑,同时要求在最短的时间内完成,重新入库。一般冻品在 $-4^{\circ}\text{C} \sim -2^{\circ}\text{C}$ 时,即会发生重结晶,所以,应在 -5°C 以下包装。

(8) 冻藏。速冻果蔬的长期贮存,要求将贮存温度控制在 -18°C 以下,冻藏过程应保持稳定的温度和相对湿度。若在冻藏过程中库温上下波动,会导致重结晶,增大冰晶体,这些大的冰晶体对果蔬组织细胞的机械损伤更大,解冻后产品的汁液流失增多,严重影响产品品质。此外,不应与其他有异味的食品混藏,应采用专库贮存。速冻果蔬产品的冻藏期一般可达 $10 \sim 12$ 个月,如贮存条件好则可达两年。

(9) 运输销售。在运输时,要应用有制冷及保温装置的汽车、火车、船、集装箱等专用设施,运输时间长的要将温度控制在 -18°C 以下,销售时也应有低温货架或货柜。整个商品的供应程序采用“冷冻链”系统,使冻藏、运输、销售及家庭贮存始终处于 -18°C 以下,以保证速冻果蔬品质。

2. 速冻果蔬产品品质控制

速冻果蔬的产品品质是否良好,与加工过程的各个环节有直接关系,其主要影响因素有原料品质、速冻前的加工处理工艺、速冻过程中影响品质的各种因素及速冻后的冻藏、运输、销售及家庭贮存等环节影响。

(1) 原料品质。一般原料的初始品质越好,新鲜度越高,其冻结加工后的产品品质也越好。对于果蔬类食品,采摘期、采摘方式、虫害、农药及成熟度等是影响果蔬初始品质的主要因素。果蔬的收获时间过早或过晚、虫害和农药污染严重、采摘时造成机械损伤等,都不利于冻结加工后的产品品质。

(2) 加工处理。果蔬速冻加工处理包括原料挑选、整理、清洗、切分、烫漂、冷却、冻结等环节。每一个环节都必须认真操作,任何操作不当都会影响冻结品质。例如,挑选、整理原料时,不能食用的部分是否剔除,大小是否均匀;清洗是否符合卫生标准;切分是否整齐;烫漂时间、温度是否达到要求;冷却温度的高低及冻结前需要包装的食品,其包装是否严密等。

酶活性对于果蔬类食品的冻结及冻藏品质的影响尤为重要,不经过烫漂直接进行冷冻不可能完全使其失活。为了使酶失活,对具体的果蔬品种应控制其相应

的烫漂时间及温度。个别品种因工艺要求，也可不经烫漂而直接冻结。

预处理工序是操作人员与原料接触最频繁的环节，这就要求操作人员进入车间前戴好帽子，穿好工作服，洗手消毒，并通过风淋，吹去附着在身上的毛发。产品中混进的小金属片可通过专用金属探测仪检测。车间可采用电子杀虫器驱虫。冻结速度是影响速冻果蔬品质的关键因素，冻结速度越快，产品品质越好。提高冻结速度的工艺措施：①冻结前尽量降低初温和沥干水分；②尽量降低冻结温度和提高风速；③尽可能切分和减少堆放厚度；④采用单体冻结。

(3) 包装。包装材料的选择，最重要的是尽量降低水蒸气和气体的透过性（水蒸气的透过性是由于冻结时果蔬中的水分逸散到空气中而产生干耗；气体透过性是由于空气的接触而使产品氧化）；在低温时，包装材料的物理耐冲击性要强。在低温时，包装材料变脆，易受物理冲击而破损，失去包装效果。另外，包装袋内部的空隙越大，果蔬的干耗越高，氧化越严重。所以，应采用真空包装，使包装材料紧贴产品。如果是冻结前包装，则应留适量空隙，以防果蔬冻结后产品体积膨胀而胀破包装袋。

(4) 冻藏的温度和时间。速冻果蔬的早期品质是优良的，但经过各个环节到达消费者手中时，最终的产品品质会有差异。在冻藏中，产品品质会发生变化，其变化大小，主要取决于冻藏的温度和时间，冻藏温度越低，品质变化越小；在相同温度下，冻藏期越长，变化越大，品质越差。

速冻与冻藏是获得贮存期长且品质优良的速冻商品的关键环节。任何一个环节出现问题都不会得到高品质产品。因此，采用优质的原料，科学的加工处理和贮存，良好的包装材料，才能获得优质的速冻果蔬产品。

3. 解冻对速冻果蔬品质的影响

解冻是速冻果蔬在食用前或进一步加工前的必经步骤。对于小包装的速冻蔬菜和水果，家庭中常结合烹调和自然条件下融化两种典型的解冻方式。解冻过程对于加工原料来说，不仅直接关系到解冻原料的组织结构，而且对加工后产品的品质和风味等都有直接影响。

解冻指冻结时食品中形成的冰晶还原融化成水，所以可视为冻结的逆过程。一般解冻食品在 -5°C 停留的时间越长，食品变色、产生异味的情况越严重，所以解冻时最好能快速通过此温度带。解冻终温由解冻食品的用途所决定，用作加工原料的冻品，半解冻至中心温度达 -5°C 即可，以能用刀切割为准，此时汁液

流失较少。一般，解冻介质的温度不宜过高，以不超过 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 为宜。通常低温缓慢解冻比高温快速解冻时汁液流失少，但蔬菜和调理冷冻食品用快速解冻比缓慢解冻好。

速冻蔬菜的食用方法与新鲜蔬菜基本相同，可根据蔬菜品种和食用习惯稍加解冻，即可下锅烹调。速冻水果一般解冻后即可食用，浆果类水果大多用于糕点、冰淇淋、果酱或蜜饯的生产，这些水果虽然经过冷冻加工，但其品质变化较小。

二、果蔬干制

果蔬的干制在我国历史悠久，源远流长。古代人利用日晒进行自然干制，大大延长了果蔬的保藏期。随着社会的进步，科技的发展，人工干制技术也有了较快发展，从技术、设备、工艺上都日趋完善。尽管如此，自然干制在某些产品上仍有用武之地，特别是我国地域广，经济发展不平衡，自然干制在近期仍占重要地位。如在甘肃、新疆，由于气候干燥，采用自然干制法加工葡萄干，不仅质量好，而且成本低；还有一些山区仍用自然干制法加工野菜。

果蔬干制指脱出一定水分，将可溶性物质的浓度提高到微生物难以利用的程度，同时保持果蔬原来风味的果蔬加工方法。制品通常是果干或菜干，是一种既经济而又大众化的加工方法，其优点有以下三点。

第一，干制设备可简可繁，简易的生产技术较易掌握，生产成本低，可就地取材，就地加工。

第二，干制品水分含量少，若有包装，则容易保存，且体积小、重量轻、携带方便，容易进行运输与贮存。

第三，由于干制技术的提高，干制的果蔬品质量显著改进，食用方便。

第四，可以调节果蔬生产淡旺季，有利于解决果蔬终年供应问题。

（一）原料的处理

要获得品质优良的干制品，减少原料消耗，降低生产成本，就必须注意原料的选择和处理好果蔬干制对原料的要求。果品原料要求干物质含量高，纤维素含量低，风味好，核小皮薄；蔬菜原料要求肉质厚，组织致密，粗纤维少，新鲜饱满，色泽好，废弃部分少。

大部分果蔬都可进行干制，只有少数种类由于化学成分或组织结构的关系不适宜干制，如芦笋干制后会失去脆嫩品质；黄瓜干制后会失去柔嫩松脆的质地；

番茄除喷雾干燥法制造番茄粉外，因其水分含量高，在加工过程中汁液损失较大，成品吸湿性又强，容易变质，不宜用一般方法进行干制。

（二）果蔬干制方法

食品干制方法分为天然干燥法和自然干燥法两类。天然干燥法是利用太阳的辐射使食品中的水分蒸发，或者利用寒冷天气使食品中的水分冻结，再通过冻融循环除去水分的干燥方法。人工干燥法则是利用特殊的装置调节干制工艺条件，使食品水分脱除的干燥方法。人工干燥方法依热交换方式和水分除去方式不同，又可分成常压对流干燥法、真空干燥法、辐射干燥法和冷冻干燥法等。

自然干制法包括晒干和风干等自然方法。

晒干指直接利用太阳光的辐射能进行干燥的过程。风干指利用湿物料的平衡水蒸气压与空气中的水蒸气压的压差进行脱水干燥的过程。晒干过程中通常包含风干作用。晒干过程物料的温度低于或等于空气温度，炎热干燥和通风良好的气候环境条件适宜晒干。晒干和风干方法可用于固态食品物料的干燥（如果、蔬、鱼、肉），尤其适宜以湿润水分为主的物料干燥（如粮谷类等）。

食品晒干可采用悬挂架式或用竹、木制成的晒盘、晒席作为干燥支撑物。物料不宜直接铺在场地上晾晒，以保证食品卫生品质。晒干需要较多场地，场地宜选在向阳，光照时间长，通风位置并远离家畜厩棚、垃圾堆和养蜂场，场地便于排水，防止灰尘和其他污染。

为加速并保证食品均匀干燥，晒干时应注意控制物料层厚度。物料层不宜过厚，并注意定期翻动物料。晒干时间随食品物料的种类和气候条件而异，一般2~3天，长则10多天，甚至更长的时间。

人工干制方法是利用特殊的装置调节干燥工艺条件，去除食品中水分的干燥方法。按其干燥原理、工艺、流程，可分为空气对流干燥、接触干燥、冷冻干燥以及利用辐射能干燥。

第三节 果蔬糖制与蔬菜腌制

一、果蔬糖制

果蔬糖制是以果蔬为原料，与糖或其他辅料配合加工成糖制品的加工技术。果蔬糖制是利用高浓度糖液的防腐保藏作用进行加工的，是我国古老食品加工方法之一。

果蔬糖制品具有高糖、高酸的特点，不仅能改善原料的食用品质，赋予产品良好的色泽和风味，而且能提高产品的耐贮运性。加工方法不同，产品色、香、味、形及组织均有不同程度的改变。采用不同的加工方法可以丰富食品的花色品种，满足社会各阶层需要。随着消费者健康意识的提高，果脯蜜饯正向着低糖化方向发展。

（一）果蔬糖制品的分类与特点

我国糖制品依据加工方法和成品的形态，一般分为蜜饯和果酱两大类。

1. 蜜饯类糖制品的分类与特点

蜜饯类糖制品指果蔬经整理、硬化等预处理，加糖煮制而成，制品保持一定形态的高糖产品，含糖量在 60% ~ 70%。

（1）按产品形态及风味分类。

湿态蜜饯：果蔬原料糖制后，按罐藏原理保存于高浓度糖液中，果实完整，饱满，质地细软，呈半透明，如蜜饯海棠、蜜饯樱桃、糖青梅、蜜金橘等。

干态蜜饯：糖制后晾干或烘干，不黏手，外干内湿，半透明，有些产品表面裹有一层透明糖衣或结晶糖粉，如橘饼、蜜李子、蜜桃片、冬瓜条、糖藕片等。

凉果：用咸果坯为主原料的甘草制品。果品经盐腌、脱盐、晒干，加配调料蜜制，再晒干而成。制品含糖果量不超过 35%，外观保持原果形，表面干燥，皱缩，有的品种表面有层盐霜，味甘美、酸甜、略咸，有原果风味。如陈皮梅、话梅、橄榄制品等。

（2）按产品传统加工方法分类。

京式蜜饯：主要代表产品是北京果脯，又称“北蜜”“北脯”，如各种果脯、

山楂糕、果丹皮等。

苏式蜜饯：主产地苏州。历来选料讲究，制作精细，形态别致，色泽鲜艳，风味清雅，代表产品有糖渍蜜饯和返砂蜜饯两类。糖渍蜜饯类，表面微有糖液，色鲜肉脆，清甜爽口，原果风味浓郁，如糖青梅、糖佛手、糖渍无花果、蜜渍金柑等。返砂蜜饯类，制品表面干燥，微有糖霜，色泽清新，形态别致，酥松味甜，如天香枣、白糖杨梅、苏式话梅、苏州橘饼等。

广式蜜饯：以凉果和糖衣蜜饯为代表产品，主产地为广州、潮州、汕头。凉果类产品指甘草制品，味甜、酸、咸适口，回味悠长，如奶油话梅、陈皮梅、甘草杨梅、香草、芒果等。糖衣蜜饯的特点是产品表面干燥，有糖霜，原果风味浓，如糖莲子、糖明姜、冬瓜茶、蜜菠萝等。

闽式蜜饯：主产地为福建漳州、泉州、福州，以橄榄制品为主产品。制品的最大特点是细腻，添加香味突出，爽口而有回味，如大福果、丁香橄榄、加应子、蜜桃片、盐金橘等。

川式蜜饯：以四川内江地区为主产区，如橘红蜜饯、呼瓜糖、蜜辣椒、蜜苦瓜等。

2. 果酱类糖制品的分类与特点

果酱类为果蔬的汁、肉加糖煮制浓缩而成，形态呈黏糊状、冻体或胶态，属高糖含酸食品。一般用于抹面包、大馍、饼干食用。

果酱：分泥状及块状果酱两种。果品原料经处理后，打碎或切成块状，是加糖（含酸及果胶低的原料可适量加酸和果胶）浓缩而成的凝胶制品。制品呈黏糊状，带有细小果块，含糖量 55% 以上，含酸量 1%。如苹果、桃酱、山楂酱、草莓酱、杏酱等。

果菜泥：可以是单种或数种果菜泥的混合，原料经软化、打浆、筛滤后得到细腻的果肉浆液，加入适量砂糖（或不加糖），经加热浓缩而成。制品呈酱糊状，糖酸比稍低于果酱，口感细腻。如枣泥、什锦果泥、南瓜糊、胡萝卜泥等。

果膏：以果汁加糖浓缩制成，含糖 60% 以上，呈浓稠浆状。如梨膏、桑葚膏、山楂膏等。这类制品多数作为疗效食品。

果冻：选用含果胶丰富的果实为原料，将果实软化、榨汁、过滤后，加糖、酸以及适量果胶（酸或果胶含量高时可以不加），经加热浓缩制成。该制品应具有光滑透明的形状，切割时有弹性，其切面柔滑而有光泽。如山楂冻、柑橘冻、

猕猴桃冻等。

果糕：在果泥中加入预先搅拌成光洁状的蛋白，注入容器成型，烘干，呈多孔性而柔软的果糕，或将果泥摊成薄层成型，或在果泥中加入粉碎的或切成丝的橘皮、苹果皮或山楂皮等摊成薄层，再于 50℃ ~ 60℃ 下烘干至不黏手，切成小块，用玻璃纸包装，或在果肉浆液中加入糖、酸、果胶浓缩后浇盘、烘制、包装而成，如南酸枣糕、猕猴桃糕、胡萝卜糕、山楂糕等。

果丹皮：将果泥干燥成皮状的糖制品。在果泥中加糖搅拌、刮片、烘干、成卷或切片，用玻璃纸包装的制品，如苹果果丹皮、山楂果丹皮等。

马莱兰：以柑橘类果实为原料所制成的凝胶产品。加工方法与果冻基本相似，不同的是需要在果冻配料加入柑橘类外果皮的条状薄片，并使这些薄片均匀分布于制品中。食用时软滑，富有橘皮的特有风味。

（二）果蔬糖制的工艺

1. 蜜饯的加工工艺

果蔬蜜饯加工过程，主要是将果蔬原料置于高浓度的糖液中，使原料组织中的水分在高渗透压下发生渗透脱水作用，而糖液中的糖分则向组织内部扩散，增加制品的含糖量，延长果蔬的保藏期，并可增加果蔬制品的花色品种。

（1）原料预处理。

原料预处理包括原料选择、分级、清洗、去皮、去核、切分、盐腌、烫漂、硬化、护色、染色等工艺。总体来说，在进行糖煮或浸糖之前的处理都属于预处理。不同的原料和不同的产品需要进行的预处理工艺和程序各不相同。

（2）糖制（糖渍）。

糖制是蜜饯类加工的主要工艺。糖制过程是果蔬排水吸糖的过程，糖液中的糖分依赖扩散作用先进入组织细胞间隙，再通过渗透作用进入细胞内最终达到要求的含糖量。

糖制方法有蜜制（冷制）和煮制（热制）两种。蜜制适用于皮薄多汁、质地柔软的原料；煮制适用于质地紧密，耐煮性强的原料。

（3）烘晒与上糖衣。

除糖渍蜜饯外，多数制品在糖制后需要进行烘晒，除去部分水分，使表面不黏手，利于保藏。烘烤温度不宜超过 65℃，烘烤后的蜜饯，要求保持完整、饱满、不皱缩、质地柔软，含水量在 18% ~ 22%，含糖达 60% ~ 65%。将在干燥后用

过饱和糖液浸泡取出冷却,使糖液在制品表面上凝结成一层晶亮的糖衣薄膜,使制品不黏结、不返砂,增强保藏性,这种产品称糖衣蜜饯。在干燥结束时的蜜饯表面撒上结晶糖粉或白砂糖,拌匀,筛去多余糖粉,即得晶糖蜜饯。

(4) 包装和贮藏。

干燥后,蜜饯应及时整理或整形,然后按商品包装要求进行包装。包装既要达到防潮、防霉,便于转运和保藏,还要在市场竞争中具备美观、大方、新颖和反映制品面貌的装潢。干态蜜饯或半干态蜜饯的包装形式,一般先用塑料食品袋包装,再进行装箱(纸箱或木箱),箱内衬牛皮纸或玻璃纸,每箱装置25kg。颗粒包装,小包装和大包装,已成为新的发展趋势。每块蜜饯先用透明玻璃纸包好,再装入塑料食品袋或硬纸包装盒内,然后装箱外用带纸黏好,木箱扎铁箍两道。带汁的糖渍蜜饯则采用罐头包装形式,在装罐、密封后,用90℃进行巴氏杀菌20~30min,取出冷却。

贮存期间如发现制品轻度吸湿变质现象,则应将制品放入烘房复烤,冷却后重新包装;受潮严重的制品要重新煮烘后复制为成品。

2. 果酱类加工工艺

果酱类制品是以果品为原料,经过清洗、去皮、去核、软化、打浆或磨细,或压榨取汁,加糖及其他配料,经过浓缩、装罐而成的一类半流体或固体食品。

(1) 原料选择与预处理。

果酱类、果泥类制品要选柔软多汁、易于破碎的品种,一般在充分成熟时采收;果冻制品的原料要求果胶质丰富并于生时采收。原料需先剔除霉烂、成熟度低等不合格果实,必要时按成熟度分级,再按不同种类的产品要求,分别经过清洗、去皮(或不去皮)、去核(或不去核)、切块(莓果类及全果糖渍品原料要保持全果)、修整(彻底修除斑点、虫害等部分)等处理。果皮粗硬的原料必须除去外皮。去皮、切块时易变色的果实,必须及时浸入食盐中或酸溶液中护色,并尽快加热软化,破坏酶的活力。

(2) 加热软化。

加热软化的主要目的是破坏酶的活力,防止变色和果胶消解;软化果肉组织,便于打浆和糖液渗透。果实软化时,可加水或稀糖液加热软体,软化升温要快,时间依原料种类及温度而异。每次投料不宜过多,生产流程要快,防止长时间加热,影响风味和色泽。生产果冻的果实,软化后需经过榨汁、过滤等处理。

柑橘类一般先使用果肉榨汁，残渣再加入适量水加热软化，抽出的果胶液与汁混合使用。

（3）加糖及配料。

果酱类制品由于含酸较高，需要原料有足够的酸度或加入柠檬酸，且要求原料富含果胶。其配比如下：果肉（汁）占总配料量的30%~50%，砂糖占总配料量的50%~65%（可加入一定量的淀粉糖浆），成品总酸量0.5%~1.0%（不足可用柠檬酸调），成品果胶量0.4%~0.9%（不足可加入果胶和琼脂）。

投料顺序为：先将果肉入锅加热软化10~20min，然后分批加入浓糖液，浓缩到接近终点，按次序加入果胶液或琼脂液，最后用柠檬酸调配，搅拌浓缩至终点出锅。

（4）加热浓缩。

加热浓缩是果蔬原料及糖液中水分的蒸发过程。大部分果蔬原料对热敏感，浓缩方法和设备有常压浓缩和减压浓缩。

（5）包装。

果酱类大多用玻璃瓶或防酸涂料马口铁罐为包装容器，容器使用前必须彻底洗刷干净。铁罐以95℃~100℃的热水或蒸汽消毒3~5min，玻璃罐用95℃~100℃的蒸汽消毒5~10min，然后倒罐沥水。装罐时，保持罐温在40℃以上，胶圈经水浸泡脱酸后使用，罐盖以沸水消毒3~5min。果丹皮、丹糕等干态制品采用玻璃纸包装；果糕类制品包装时内层用糯米纸，外层用塑料糖果纸。

果酱、果膏、果冻出锅后，应及时快速装罐密封，一般要求每锅酱分装完毕不超过30min，密封时的酱体温度不低于80℃~90℃，封罐后应立即杀菌冷却。

（6）杀菌冷却。

果酱在加热浓缩过程中，微生物绝大多数被杀死，加上果酱高糖高酸，对微生物也有抑制作用，一般装罐密封后，残留于果酱中的微生物是难以繁殖危害的。对于工艺卫生条件好的生产厂家，可在封罐后倒置数分钟，利用酱体的余热进行罐盖消毒，然后直接入库，不用杀菌，即可保存1~2年。但为了安全，在封罐后须进行杀菌处理。

（三）果蔬糖制品常见的质量问题与控制

果蔬糖制品常见的质量问题包括返砂、流汁、皱缩、褐变等感官质量问题。随着低糖化要求和食品添加剂的使用，果蔬糖制品常常发生食品添加剂超标、细

菌总数超标等卫生和安全问题。

1. 糖制品的返砂、流汤及其控制

返砂指糖制品在贮藏期间表面或内部出现晶体颗粒的现象。非糖衣果脯蜜饯返砂，表面出现结晶糖霜，质地变硬且粗糖，表面失去光泽，易于破损。返砂主要因为果脯蜜饯制品中蔗糖的含量过高，制作时蔗糖的转化率不够，糖液中转化糖含量不足。返砂程度将随转化糖含量增多而降低。正常果脯成品含水量为17%~19%，总糖含量为68%~72%，其中还原糖含量为43%。当转化糖占总含糖量60%以上时，不会发生成品表面或内部蔗糖和葡萄糖结晶现象，这时制品的质量最佳。当转化糖占总糖量50%以下时，干制后成品会不同程度地出现返砂现象。

流汤又称返潮，指果蔬糖制品在包装、贮存和销售过程中吸潮，表面发黏的现象。返潮后产品保藏性降低，容易发生霉变或者腐败变质。果脯蜜饯流汤发黏的主要原因：①制品转化糖含量过高；②贮藏环境湿度过大；③烘干操作不当，使果脯、蜜饯内部水分含量过高。防止糖制品返砂或返潮，最有效的办法是控制糖制过程糖液中蔗糖与转化糖之间的比例。

影响糖转化的主要因素是糖液和果蔬组织的pH及温度。pH2.0~2.5，加热时可以促使蔗糖转化，提高转化糖的比例。杏脯很少出现返砂现象，与原料中含有较多的有机酸有关。生产上多采用加柠檬酸或盐酸调节糖液的pH值，工厂连续生产，糖液循环使用，糖液的pH值以及蔗糖与转化糖的比例随循环次数增加而改变。因此，应在煮制过程中检验糖液中总糖和转化糖含量。按正规操作方法，糖液中总糖量为54%~60%，若转化糖已达25%以上（占总糖量的43%~45%），即可认为符合要求，烘干后的成品不致返砂和返潮。

2. 蜜饯类产品的软烂、皱缩及其控制

组织松软的原料在煮制过程容易软烂，软烂的主要原因有：①原料选择不严格。品种和成熟度不一致。质地不同的原料在相同条件下煮制，导致质地软的原料被煮烂。②硬化处理不足。有些果蔬、如冬瓜、杨梅、草莓等，因本身组织较松软，不耐煮，须经硬化处理，但是由于硬化操作不足，果蔬组织硬度不够，经不起糖煮而软烂。③预处理过度。为便于渗糖，有些果蔬原料须事先刺孔或划纹，如金橘、蜜枣等，但若刺孔过密过大、划纹太密太深，则易煮烂。④受热时间过长。糖煮时间过长或煮后没有及时散热，则会因受热时间过长而软烂。

果蔬组织在糖制过程中容易出现皱缩现象，皱缩的主要原因有：①糖煮时糖液初始浓度过高或糖液浓度提高过快。果蔬组织透糖是逐步由外向里进行，若糖液初始浓度过高，可使原料表面过快脱水而造成表面皱缩。②产品含水量过大。果蔬透糖不充分，含糖量不足，含水量过大，虽然成品当时看起来饱满，但经过干燥，水分蒸发以后则皱缩。

防止软烂与皱缩的主要措施：①严格选择原料。原料质地的优劣对果脯、蜜饯组织影响甚大，应选择质地细腻、成熟度一致，不过生也过熟的品种为原料。②预处理方式和程度恰当。如制孔的深度和密度应适当，划纹也不能过深、过密。③控制硬化程度。使硬化处理达到保证质地完整，不致因煮制软烂，又不能过度硬化使组织粗糙。④严格控制煮制温度和时间，防止煮烂。⑤果脯的皱缩主要是“吃糖”不足，干燥后容易出现皱缩干瘪。克服的方法：应在糖制过程中掌握分次加糖，使糖液浓度逐渐提高，延长浸渍时间，使糖充分渗入。真空渗糖是防止皱缩的重要措施之一。因为抽真空处理可以使果蔬组织内部空气和水分快速被抽出，有利于糖分的渗入。随真空破除，外压作用又促使糖分快速渗入。⑥控制糖液浓度。糖渍和糖煮初期的糖液浓度不宜过高，否则很容易导致表面皱缩，内部水分难以及时排除，随着温度的升高，内部蒸汽压膨胀，还可能使组织破裂。如果后期糖液浓度不够高，达到渗透平衡时，组织含糖量不够，经过干燥后也容易皱缩。因此，糖制过程的糖浓度应控制由低到高的原则。

3. 糖制品的褐变及其控制

褐变是果脯、蜜饯常见的质量问题，这种现象在浅色果脯、蜜饯中表现得很明显。褐变后，果脯、蜜饯的色泽会变暗变褐，失去原来的鲜亮色泽，有损感官指标。

褐变的主要原因：①单宁氧化。很多水果，如苹果、草莓、桃、杏等，本身含有较多的单宁物质，当果肉暴露于空气中时，其中含有的多酚氧化酶会将单宁物质催化氧化，生成有色醌类物质，这种褐变不但影响外观，也会破坏风味和营养成分。②羰氨反应。糖分与果蔬中的一些氨基酸发生羰氨反应，形成具有络合性质的黑色物质，使之产生褐变。在氨基酸中，以色氨酸、脯氨酸、组氨酸、赖氨酸、天门冬氨酸的褐变活性较强；糖类中，主要是葡萄糖易于与氨基酸起反应。③受热不均或受热过度导致褐变。绝大多数果脯、蜜饯都需要经过烘烤工序，以排除多余水分。如果烘烤时温度控制不当，尤其是用炉灶进行烘烤时，容易使产

品焦化而变色。受热不均匀，产品颜色有明显差异。④天然色素分解导致产品褐变。原料本身含有天然色素，果脯在干燥过程中烘烤时间过长、温度过高、产品酸度过高、日晒和光照等，都会引起色素分解。

防止酶褐变的措施：防止酶褐变的关键在于钝化氧化酶类的活性，尽量减少原料或产品与氧气接触。当果蔬原料以盐坯或糖坯保存时，必须在原料最上面盖上一层盐或糖，减少原料与空气接触。当果蔬去皮、切分后，其肉质在空气中很容易变色，对此应在去皮、切分后须立即浸入盐水、亚硫酸钠或其他复合护色溶液中，进行护色处理。采用90℃热水烫漂原料，钝化氧化酶类，可以有效防止褐变；利用酸的作用控制酶促褐变，也是一种广泛采用的方法。氧化酶的活性随着pH的下降也有所降低，常用的酸有柠檬酸、苹果酸、抗坏血酸等。通常将有机酸加入护色液中，起到协同护色的作用。经常翻动果块，使之受热均匀，避免局部过热而引起焦糖化。采用真空糖煮或真空浓缩糖液，可以减轻或避免高温引起的焦糖化。

糖煮后的制品应置于容易散热的容器中及时散热，若在温度较高情况下受热过久、转化糖含量高时，易产生较严重的褐变。糖液经多次糖煮后，含有较多杂质及转化糖，易于褐变，应避免使用这种糖液。直接接触果脯、蜜饯原料的设备和器具，应用不锈钢等抗腐蚀性强的材料制作，特别是避免铁制器具直接接触果脯、蜜饯原料。在用含氨基酸较多的原料制作果脯、蜜饯时，其糖料要避免使用葡萄糖，防止葡萄糖与氨基酸发生羰氨反应。

4. 糖制品的霉变及其控制

由于果脯、蜜饯加工过程并非在无菌条件下进行，加工结束也没有严格的杀菌过程，而且很多产品没有严密的包装。在生产和贮运过程，产品表面微生物污染是难免的，在适合条件下，很容易导致表面微生物繁殖。因此，应该严格控制果脯、蜜饯生产和贮运过程的卫生条件，采用密闭隔氧包装，以抑制微生物生长繁殖。

二、蔬菜腌渍

蔬菜腌渍是利用食盐以及其他物质添加渗入蔬菜组织内，降低水分活度，提高结合水含量及渗透压或脱水等作用，有选择地控制有益微生物活动和发酵，抑制腐败菌的生长，从而防止蔬菜变质，保持其食用品质的一种方法。蔬菜腌渍加

工,具有制作容易、设备简单、成本低廉、容易大众化以及贮运方便等特点,并且腌渍品具有独特的风味可刺激人的味觉,增进食欲,帮助消化和促进人体健康。另外,蔬菜腌渍还能调节蔬菜生产淡旺季,丰富副食品种类,满足市场需要。

(一) 蔬菜腌渍品的分类与特点

蔬菜腌渍品按所用材料、腌渍过程和成品状态,可以分为两大类,即发酵性腌渍品和非发酵性腌渍品。根据产品和工艺的特点又可将每一大类划分成若干小类。发酵性腌渍品的特点是腌渍时食盐用量低,同时有显著的乳酸发酵,如酸菜、泡菜等。非发酵性腌渍品的特点是腌渍时食盐用量较高,使乳酸发酵受到完全抑制或只能极其微弱地进行,其间也可以加入香料,如咸菜、酱菜等。

1. 非发酵性腌渍品的分类与特点

非发酵性腌渍品的特点是腌渍时所用食盐浓度较大,腌渍过程中的发酵作用不显著,产品的含酸量低,但含盐量较高,通常感觉不出产品有酸味。这类产品可划分成以下小类:

(1) 盐渍菜类。

湿态腌咸菜。该产品制成后,菜与腌渍液不分开。普通的腌菜都属于此类,如腌雪里蕻。

半干态腌咸菜。该产品制成后,菜与腌渍液分开,但产品含水量仍较高,产品表面潮润,如榨菜。

干态腌咸菜。该产品腌渍后,一般要经过干燥处理,产品含水量相对较低,产品表面干燥,如萧山萝卜干。

(2) 酱渍菜类。

酱渍菜的特点是先将原料进行盐腌,制成半成品,再将半成品浸入酱或酱油中酱渍而成,产品具有浓郁的酱香味。酱渍菜又可以分为以下类别:

咸味酱菜。原料腌渍后用咸酱(黄酱)酱渍而成,如普通的酱菜。

甜味酱菜。原料腌渍后用甜酱(或酱油加糖)酱渍而成,产品甜味突出,如甜酱黄瓜,甜酱包瓜等。

(3) 糖醋渍菜类。

这类产品一般是先将蔬菜制成咸坯,再用糖和食醋进行浸渍或调味而成,如糖醋大蒜、糖醋蒜头等。

(4) 糟、糖渍菜类。

将原料腌渍后,再用酒糟、米糠等进行处理,使产品具有糟、糠的特有风味。

2. 发酵性腌渍品的分类与特点

发酵性腌渍品的特点是腌渍时用盐量较少或不用盐,腌渍过程中有比较旺盛的乳酸发酵现象,同时伴随有微弱的酒精发酵与醋酸发酵,利用发酵所产生的乳酸与加入的食盐、香料、调味料等防腐作用,使产品得以保藏,并增进其风味。根据腌渍方法和成品状态不同,又分为下列两种类型:

(1) 湿态发酵腌渍品。用低浓度的食盐溶液浸泡蔬菜或用清水发酵蔬菜而制成一类带酸味的蔬菜腌渍品,如泡菜、酸白菜等。

(2) 半干态发酵腌渍品。先将菜体经风干或人工脱去部分水分,然后行盐腌,让其自然发酵后熟而成的一类蔬菜腌渍品,如半干态发酵酸菜等。

(二) 盐渍菜类腌渍品加工工艺

以榨菜为例,加工榨菜所用原料是一种茎用芥菜,俗称青菜头。茎用芥菜的膨大茎部组织细嫩,营养丰富,最适于腌渍。原料经去皮、切分、脱水,盐腌、拌料装坛、后熟转味而成,称坛装榨菜。再以坛装或大池贮存榨菜为原料,经切分、脱盐、拌料(调味)、抽空密封、杀菌冷却制成方便榨菜。我国有两大榨菜产地,一个是重庆涪陵,另一个在江浙沪。传统的涪陵榨菜以风脱水为主,由于风脱水工艺费工费时,还受自然气候条件影响,不符合现代化大生产需求,现在工业化生产几乎都采用了盐脱水工艺。

原料宜选择组织细嫩、坚实、皮薄、粗纤维少、突起物圆钝、凹沟浅而小、整体呈圆形或椭圆形、体形不太大的菜头。目前,大多采用大池腌渍,腌渍池为地下式,用耐酸水泥或耐酸瓷砖做内壁。一层菜一层盐,层层压实。第一次腌渍,用量盐为菜块质量的3%~3.5%。用盐量以“下轻上重”为原则,顶层以盐层盖面,并铺上竹编隔板,加压重石,腌渍3天即可起池,沥干或榨干菜块中的盐卤。第二次腌渍,方法与一次腌渍基本相同,用盐量增加到8%,腌渍时间要达到20天,菜坯含盐达10%以上便可起池。如果需要较长时间保存,菜坯还需要增加含盐量。

现代榨菜加工一般不采用作坊压榨方式,很多企业采用一次腌渍,机械离心脱水。根据风味和产品标准配料并拌匀。外销菜的辣椒粉不可混有辣椒种子,各级菜所用花椒均用整粒,不可碾成细粉。装坛层层压紧,坛口加面盐50g,坛面

标明毛重、净重、等级、厂名、装坛日期等。

刚拌料装坛的菜块，存放在阴凉干燥处后熟一段时间，等生味逐渐消失，色香味才能充分显现。后熟期，食盐和香料继续渗入菜块，各种发酵作用、氨基酸转化，其他成分的氧化及酯化作用都同时进行。榨菜的后熟期至少需要两个月。

装坛后 15 ~ 20 天，将塞口取开，检查坛口菜是否原样完好，如菜头下落变松，则添加同等级菜装满装紧，加盖面盐；如坛面菜生花长霉，则将霉变者全部取尽，另换同级菜装紧至满，撒盖面盐 125g。在菜面上铺一层干箬叶覆盖，塞入干菜叶，中间压实高出坛口少许，四周扎紧严密，抹干坛沿，用水泥沙浆封口，以待运销。榨菜装坛后还须抽样开坛验收，合格者存放入阴凉库中保存。

（三）酱菜类腌渍品加工工艺

酱菜加工原料必须先用盐腌，只有少数蔬菜，如草食蚕、嫩姜及嫩辣椒可以直接进行酱腌。原料经充分洗净后，应削去其粗筋须根、黑斑烂点，然后根据原料的种类和大小形态，剖成两半或切成条状、片状或颗粒状，也有不改变形态者，如小型萝卜、小嫩黄瓜、大蒜头、藠头等。原料准备完成后，即可进行盐腌处理。

盐腌的方法分干腌和湿腌两种。干腌法是用占原料鲜重 14% ~ 16% 的干盐直接与原料拌和，或与原料分层撒盐于缸内或大池内。此法适用于含水量较大的蔬菜，如萝卜、莴苣及菜瓜等。湿腌法则用 25% 的食盐溶液浸泡原料。盐液的用量与原料重量相等。适用于含水量较少的蔬菜，如大头菜、大蒜头等。盐腌处理的期限因蔬菜种类不同而异，一般为 7 ~ 20 天不等。

酱渍是将盐腌的菜坯脱盐后浸渍于甜酱或豆酱（咸酱），或酱油中，使酱料中的色香味物质扩散到菜坯内，即菜坯、酱料各物质的渗透平衡过程。酱菜的质量决定于酱料好坏。优质的酱料酱香突出，鲜味浓，无异味，色泽红褐，黏稠适度。

盐腌的菜坯食盐含量较高，必须取出用清水浸泡进行脱盐处理后才能进行酱渍。对此，应将菜坯用流动的清水浸泡，此法脱盐的效果较快。脱盐处理并不要求把菜坯中的食盐全部脱除干净，而是脱去绝大部分的食盐，保留小部分的食盐，含盐量在 2% ~ 2.5% 即为合适。脱盐处理完毕，即可取出菜坯沥明水后进行酱渍。

酱渍的方法有三：其一，直接将处理好的菜坯浸没在豆酱或甜面酱的酱缸内；其二，在缸内先放一层菜坯再加一层酱，层层相间地进行酱渍；其三，将原

料如草食蚕、嫩姜等先装入布袋内，然后用酱覆盖。酱的用量一般与菜坯重量相等。当然，酱的比例越小越好，最少不得低于3：7，即酱为30kg、菜坯为70kg。

在酱渍过程中需要进行搅动，使原料能够均匀地吸附酱色和酱味，同时使酱的汁液能够顺利地渗透到原料的细胞组织中。成熟的酱菜不但色香味与酱完全一样，而且质地嫩脆，色泽酱红呈半透明状。

在酱渍过程中，菜坯中的水分也会渗入酱中，直到菜坯组织细胞内外汁液的渗透压力达到平衡时才停止。当这一平衡达到时，酱菜即已成熟。酱渍时间的长短因菜坯种类及大小而异，一般约需半个月。在酱渍期间，经常翻拌可以使上下菜坯比较均匀地吸收酱汁，如果在夏天，由于温度高，酱菜的成熟期限可以大为缩短。

由于菜坯中仍含有较多水分，入酱后菜坯中的水分会逐渐渗出，使酱的浓度不断降低。为了获得品质优良的酱菜，应连续进行三次酱渍。第一次在第一个酱缸内进行酱渍，一周后取出转入第二个酱缸内，用新鲜的酱再酱渍一周，随后取出转入第三个酱缸内继续酱渍一周，至此酱菜成熟。已成熟的酱菜在第三个酱缸内继续存放，可以长期保存不坏。

第一个酱缸内的酱重复使用两三次后便不适宜再用，但可供榨取次等酱油用。榨后的酱渣再用水浸泡，脱去食盐后，还可供作饲料用。第二个酱缸内的酱使用两三次后可作为下一批的第一次酱渍用；第三个酱缸内的酱使用两三次后可作为下一批的第二次酱渍用，下一批的第三个酱缸则需另配新酱。如此循环更新，即可保证酱菜的品质始终维持在同一个水平上。

在常压下酱渍时间长，酱料耗量大，可采用真空—压缩速制酱菜新工艺，将菜坯置密封渗透缸内，抽至一定程度真空后，随即吸入酱料，并压入净化的压缩空气，维持适当压力及温度十几小时到3天，酱菜便制成，较常压渗透平衡时间可缩短10倍以上。

在酱料中加入各种调味料，可酱制成各种花色品种。如加入花椒、香料、料酒等制成五香酱菜；加入辣椒酱制成辣酱菜，将多种菜坯按比例混合酱渍或已酱渍好的多种酱菜，按比例搭配包装制成八宝酱菜、什锦酱菜。

（四）蔬菜类腌渍品的质量问题与控制

1. 蔬菜腌渍品的质量劣变及其原因

（1）腌菜变黑。蔬菜腌渍后，色泽都会有所加深，但除一些品种的特殊要

求外,腌渍品一般为翠绿色或黄、褐色,如果不要求产品色泽太深的腌菜变成黑褐色,就是一种劣变。导致这种劣变的原因主要有:①腌渍时食盐的分布不均匀,含盐多的部位正常发酵菌的活动受到抑制,而含盐少的部位有害菌迅速繁殖;②腌菜暴露于腌渍液的液面之上,致使产品氧化严重和受到有害菌的侵染;③腌渍时使用铁质器具,铁和原料中的单宁物质作用而使产品变黑;④有些原料中的氧化酶活性较高且原料中含有较多的易氧化物质,可在长期腌渍中使产品色泽变深。

(2)腌菜变红。当腌菜未被盐水淹没并与空气接触时,由于红酵母菌的繁殖,会使腌菜的表面生成桃红色或深红色。

(3)腌菜质地变软。腌菜质地变软,主要是蔬菜中不溶性的果胶被分解为可溶性果胶造成,其形成原因主要是:①腌渍时用盐量过少,乳酸形成快而多,过高的酸性环境使腌菜易于软化;②腌渍初期温度过高,使蔬菜组织破坏而变软;③腌渍器具不洁,兼以高温,有害微生物的活动使腌菜变软;④腌菜表面有酵母菌和其他有害菌的繁殖,导致腌菜变软。

(4)腌菜变黏。植物乳杆菌或某些霉菌、酵母菌在较高温度时迅速繁殖,形成黏性物质,使腌菜变黏。

(5)腌菜的其他劣变。腌菜在腌渍时出现长膜、生霉、腐烂、变味等现象,都与微生物的活动有关,导致这些败坏的原因多为腌渍前原料的新鲜度、清洁度差以及腌渍器具不洁,腌渍时用盐量不当以及腌渍期间的管理不当等。

2. 酱腌菜的质量控制与质量管理

(1)蔬菜采后必须及时加工腌渍。蔬菜收获后,光合作用停止,干物质不能再增加,已积累在蔬菜中的各种物质,有的逐渐消耗于呼吸,有的则在酶的催化作用下转化、转移或分解。同时,蔬菜在生理上经历幼嫩到成熟、衰老的过程,细胞和组织的形态、结构、特性等发生一系列变化。蔬菜的耐贮性、抗病性和食用品质相应降低。同时,蔬菜采后堆积时间过长,引起蔬菜“出汗”,附着或滴落到蔬菜表面的水珠,有利于微生物孢子的传播、萌发和侵入,必然导致蔬菜的腐烂,所以蔬菜必须及时加工腌渍。另外,蔬菜在采收和运输时,要防止机械损伤,否则会加速腐烂变质,并影响产品品质。

(2)减少腌渍前的微生物含量。腌渍品的劣变很多都与微生物的污染有关,而减少腌渍前的微生物含量对于防止腌渍品的劣变具有极为重要的意义。

要减少腌渍前的微生物含量，一是要使用新鲜脆嫩，成熟度适宜，无损伤且无病虫害的原料；二是腌渍前要将原料进行认真清洗，以减少原料的带菌量；三是使用的容器、器具必须清洁卫生，同时做好环境卫生，尽量减少腌渍前的微生物含量。

腌渍的卫生条件是防腐的重要因素，对腌渍品的品质影响较大。目前，我国酱腌菜生产以手工操作多，机械化程度低，对生产卫生条件难以达到标准化控制。部分中小型加工厂，生产卫生条件较差，导致整个生产环境或产品带菌量都较高。微生物污染严重，影响食用安全和产品保存期。因此，腌渍之前原料、腌渍容器要洗净，减少杂菌污染；腌渍用水必须清洁卫生；腌渍场所应经常保持干净整洁，阴凉通风，无蚊蝇飞虫。对此，建立质量安全保障体系，保障腌渍蔬菜生产的卫生安全是非常必要的。

(3) 腌渍用水必须清洁卫生。腌渍用水必须符合国家生活饮用水的卫生标准，使用不洁之水，会使腌渍环境中的微生物数量大大增加，使得腌渍品极易劣变，而使用含硝酸盐较多的水，则会使腌渍品的硝酸盐、亚硝酸盐含量过高，严重影响产品的卫生质量。

(4) 注意腌渍用盐的质量。用于腌渍的食盐，应符合国家食用盐的卫生标准，不纯的食盐不仅会影响腌渍品的品质，使制品发苦，组织硬化或产生斑点，还可能因含有对人体健康有害的化学物质，如钡、氟、铅、锌等而降低腌渍品的卫生安全性。因此，用于腌渍的食盐必须是符合国家食用盐卫生标准的食用盐，而且最好用精制食盐。

(5) 使用的容器适宜。供制作腌菜的容器应符合下列要求，便于封闭以隔离空气，便于洗涤，杀菌消毒，对制品无不良影响并无毒无害。常用的容器有陶质的缸、坛和水泥池等。对于水泥发酵池，由于乳酸和水泥作用后使靠近水泥部分的菜容易变坏，所以应在池壁和池底外表加一层不为乳酸所影响的隔离物，如涂上一层抗酸涂料等。

(6) 及时合理地用盐抑制微生物生长繁殖和氧化反应。蔬菜腌渍主要是利用食盐的渗透防腐与微生物发酵双重作用，抑制酶活性和某些氧化反应，并抑制引起腌渍品腐败的微生物生长繁殖。蔬菜在腌渍发酵中，应创造厌氧条件，采用适宜的食盐浓度，保持蔬菜的清洁度，创造适宜乳酸菌生长与繁殖条件，使乳酸菌快速生长繁殖，产生乳酸，获得腌渍品发酵和保藏效果。

(7) 加强中间产品的贮藏管理和生产管理。咸坯贮存过程, 防止淋雨或滴入生水引起霉变; 保持卤水清澈不浑浊, 咸坯色泽正常。如果发现卤量与盐分不足或菜卤菜坯变质时, 应及时加足盐量或更换盐卤, 菜坯的盐分含量为 8% ~ 20%; 避免菜坯表皮糜烂、塌皮、软化等现象。

酱菜加工要定期换酱与翻袋或倒缸。根据不同的菜坯, 采用不同的酱渍工艺, 还要准确掌握酱菜的成熟期。酱渍时间过长, 影响酱菜的脆度、色泽和风味。

第四节 果蔬副产品的综合利用

我国疆域辽阔，地跨寒、温、热带，自然条件优越，各地区的气候、土壤和地形差异较大，果蔬资源极其丰富。果蔬作物无论是蔬菜还是水果，都是种类繁多，产品多样，从地下的根到地上的茎、叶、花、果实和种子，均可以利用。

每年收获季节，除大量供给市场新鲜果蔬和贮藏加工外，往往还有大量具有利用价值的副产品和下脚料，如果肉碎片、果皮、果心、种子及其他果蔬产品的下脚料。在原料生产基地，从栽培至收获的整个生产过程中，还会有较大数量的落花、落果及残次果实，这些原料中含有很多有用的成分，可以加工成或提取出有相当高价值的产品。

所谓果蔬综合加工利用，就是对果蔬的果、皮、汁、肉、种子、根茎、叶、花及加工后的残渣和落地果、野生果等进行有效利用。综合利用不仅可以防止和减轻环境污染，还可以变一用为多用、变小用为大用、变无用为有用、变废为宝，扩大原料来源，同时还可以促进科学技术发展，进而促进整个加工业的发展。重视农副产品资源的综合利用，充分挖掘农副产品资源的再生潜力，是现代食品工业的一项重要课题。

一、果蔬中的果胶

果胶是一种亲水性植物胶，广泛存在于高等植物的根、茎、叶、果的细胞壁中。果胶主要成分是D-半乳糖醛酸，其中部分半乳糖醛酸被甲醇酯化，相对分子质量在3万~18万。商品化果胶有液体果胶和果胶粉，根据原料、生产工艺，果胶的色泽从乳白色到淡黄褐色各不相同。根据酯化度(DM)不同，果胶分为高甲氧基(酯化度大于50%)果胶和低甲氧基(酯化度小于50%)果胶，后者包括酰胺果胶。

果胶具有良好的乳化、增稠、稳定和胶凝作用，在食品、纺织、印染、烟草、冶金等领域得到广泛应用。而且果胶具有抗菌、止血、消肿、解毒、止泻、降血脂、抗辐射等作用，是一种优良的药物制剂基质，近年来在医药领域的应用较为广泛。随着功能性多糖的开发研究，果胶作为水溶性膳食纤维，越来越受到研究

与加工行业的重视^①。

果胶提取基本原理，是将在植物体中的水不溶性果胶原分解为水溶性果胶，并使之与植物中的纤维素、淀粉、天然色素等分离，从而获得一定纯度的果胶。制备果胶的原料有很多，如柠檬、柑橘、柚子、酸橙、葡萄、苹果等水果的皮或渣，还有蚕沙，向日葵托盘及梗等。目前，果胶的商业性生产原料以柑橘果皮为主，鉴于北方苹果较多，苹果渣中果胶质量较高，果胶的市售价格又相当可观，且苹果皮渣被简单处理作为饲料，或直接作为工业垃圾弃掉，造成资源浪费。因此研究从苹果渣中提取果胶的生产工艺很有必要。

虽然几乎每种植物都含有果胶，但真正的商业化生产仅限于利用苹果渣和柑橘皮作为原料，因为用它们生产的果胶质量较好，且原料中果胶含量相对较高。果胶的生产首先要经过抽提工艺，再经分离、纯化、离析和干燥、碾磨、标准化等加工工艺精制而成。目前，果胶提取有很多方法，酸提取法是较为普遍采用的一种方法，还有微生物法、浸泡法、离子交换法等。下面做具体介绍：

酸提取法。原果胶在稀酸中加热可转变为可溶性果胶，果胶的提取率和质量与抽提时的加水量、pH、温度、酸的种类等有关。酸可用无机酸，也可用有机酸，如盐酸、磷酸、柠檬酸、苹果酸等，生产中多采用盐酸。

离子交换法。经预处理的原料，与离子交换剂和水在 pH1.3 ~ 1.6 制成料浆。一般方法为：原料先与 30 ~ 50 倍水混合，加入一定的离子交换剂，调节料浆的 pH 到 1.3 ~ 1.6，在搅拌下加热 2h，过滤，分离出不溶性的离子交换剂和废渣，即得到含有果胶的滤液。

微生物法。将绞碎的原料浸入杀菌水中，放入发酵罐中，接种 5% 的种液，振荡培养，利用微生物产生的酶的作用，可使果胶从植物组织中游离出来。这种酶能选择性分解植物组织中的复合多糖体，从而可有效提取出植物组织中的果胶，其作用一定时间后，过滤培养液，得到果胶提取液。

采用酸提取法时，原料因打碎、加热而成胶黏的糊状，使提取液过滤困难，同时易腐蚀设备，而微生物法低温发酵提取果胶，易过滤。实际上，微生物法和酶法提取果胶原理相似，都是用酶将果胶从植物组织中提取出来。采用微生物发酵法提取的果胶分子量大，果胶的胶凝度高，质量稳定；从发展潜力来看，其具有广阔前景。

^① 汪志君，韩永斌，姚晓玲. 食品工艺学 [M]. 北京：中国质检出版社，2012.

果胶物质是以原果胶、果胶和果胶酸三种状态存在于果实的组织内。这三种状态的果胶物质在果实内可由酶（原果胶酶及果胶酶）的作用而分解，通常是随着果实的成熟进行转变。在未成熟的果实中，以原果胶的状态存在为主；在成熟时，原果胶逐渐分解成为果胶和纤维素；在过熟的果实中，果胶又进一步分解为果胶酸及甲醇；最后，果胶酸还会在果胶酸酶的作用下分解为还原糖。采收后的果实，与酸或碱一起加热，也会促进以上相同的转化。

在果实组织中，果胶物质存在的形态，会影响果实的食用品质和加工性能。果胶物质中的原果胶及果胶酸不溶于水。果胶在溶液状态时遇酒精和某些盐类易凝结沉淀，可以使之从溶液中分离出来。通常利用这些特性提取果胶。

果胶是一种白色胶体，无香无味，与适量的糖和酸一起加热后，可凝结成胶冻，在水果中以柑橘类、苹果、山楂的凝冻能力最高。果胶酸具有一定的实用价值，本身虽不具有一定的凝冻能力，但与钙盐作用后所生成的果胶酸钙，即转变为不溶于水而能够凝结成胶冻状态，并且少用或不用糖和酸即可凝冻。

二、籽油

每年对水果等农产品进行加工的过程中，都会产生大量的籽资源，如每年对葡萄进行加工中可产生 3.2 万 ~ 5.6 万吨的葡萄籽，苹果加工中可产生 5.4 万 ~ 8.1 万吨的苹果籽，番茄制品生产中也会产生多达 4 万吨的番茄籽，以及橘、猕猴桃、柚、草莓、石榴等进行加工中，也会产生为数不少的籽资源。这些籽资源大多被混在皮渣中用作饲料或被堆积，甚至直接废弃，这不仅造成资源的巨大浪费，还造成环境污染。这些果蔬籽中不仅含有大量的油脂，而且含有丰富的蛋白质、维生素和矿物质；所以，对这些籽资源进行综合开发利用，将会具有很高的潜力。葡萄籽油的提取可采用压榨法、溶剂浸提法等。

将处理后的葡萄籽加热，用一般的榨油方法提取，可得到带暗绿色的葡萄籽油，收油率为 10% ~ 12%。将提取的葡萄籽油放入精炼的容器中，电动搅拌并缓慢加热，加入葡萄籽油（体积比 3% ~ 7%）配制精炼剂，加热升温，当温度升至 120℃ 时大量气泡产生，同时有水分蒸发出，保持油温至气泡基本消失，将上层清油洗涤脱色，即得到黄色精葡萄籽油。

将处理后的葡萄籽投入带有回流装置的容器中，以石油醚为溶剂，间接加热，在温度 60℃ ~ 90℃ 的条件下浸提。过滤除去滤渣，再利用石油醚与葡萄籽油沸

点的不同,将其分离,得到微带暗色的葡萄籽油。经过精炼的油色泽淡黄,晶莹透亮。葡萄籽油不仅可以作为安全的食用油,而且因其含有的亚油酸和脂溶性维生素而具有特殊的保健作用。

番茄籽油的提取工艺和其他食用油的基本相似,主要有机械压榨法和溶剂浸提法。一般采用机械压榨法出油率为17%,石油醚溶剂浸提法可到30%以上。番茄籽油色泽金黄清亮,香味适口,含多种维生素,尤其是维生素E、维生素C含量很高,其理化性质与棉籽油相似。

三、天然色素

食用色素是食品添加剂的重要组成部分,不仅广泛应用于食品工业中改善食品的色泽,增进人们对美的享受方面,而且广泛应用于医药和化妆品方面。食用色素按来源,可分为天然色素和人工合成色素两类。随着科学技术的发展,合成色素对人体的危害已日益引起人们的高度重视,目前世界各国使用合成色素的品种和数量日益减少。

天然食用色素主要从自然界各种植物中提取,其中很多品种均具有生理活性。相对合成的色素而言,天然色素更加安全无毒,是近年来国际上竞相开发的重点。植物体中含有的天然色素种类很多,可分为叶绿素、黄酮类色素、花色素与花色苷、姜黄色素、甜菜色素等。除花色素是水溶性色素外,其他都是脂溶性色素。目前,我国天然色素占植物提取产业主导地位,占据市场的半壁江山。天然色素存在于植物体的不同部位,其结构也不相同,所以浸提天然色素时,需要根据其原料来源和处理方法,采取不同的分离方法。

园艺植物中主要含有水溶性、醇溶性的花色苷、黄酮类色素以及脂溶性色素,目前提取的工艺主要有浸提法和浓缩法及超临界流体萃取法等。浸提法工艺设备简单,关键是如何提高收得率和过滤纯化,以获得纯度高的精制产品。

浓缩法主要应用于天然果菜汁的直接压榨、浓缩提取色素。该法生产的产品同样存在纯度和精度问题,否则产品缺乏竞争能力,不利于企业发展。超临界流体萃取法是现代高新技术用于果蔬色素提取的先进方法。

四、膳食纤维

膳食纤维主要指不能被人类胃肠道中消化酶所消化,且不被人体吸收利用的

多糖。这类多糖主要来自植物细胞壁的复合碳水化合物，也可称为非淀粉多糖，其主要成分包括纤维素、半纤维素、果胶、树胶、木质素、抗性淀粉等。根据溶解性不同，膳食纤维可分为总膳食纤维、水溶性膳食纤维和水不溶性膳食纤维；根据生产原料不同，膳食纤维可分为谷物类膳食纤维和果蔬类膳食纤维等。

膳食纤维资源广泛，主要存在于农产品及食品加工过程中的下脚料和废弃物中，如果渣（皮）、蔬菜渣、食用菌下脚料等果蔬类及小麦麸皮、豆渣、荞麦皮、米糠等谷物类。以苹果渣为例，干燥滤渣中总膳食纤维的质量分数为 70%，其中水溶性膳食纤维占到 15%，水不溶性膳食纤维占到 55%，含量非常高。因此，研究生产膳食纤维，实际上是研究农副产品综合利用，延长产业链，提升农产品附加值，意义重大。

果蔬膳食纤维中高活性纤维的比例远大于谷物纤维，果蔬废渣中蛋白、淀粉等物质的含量较低，易于得到高纯度纤维产品，使加工提取工艺简单化。果蔬废渣干燥保存后，可在水果蔬菜的非收获季节加工纤维产品。另外，纤维产品的生产设备在果蔬加工的淡季，可以用已有的设备生产纤维产品，使工厂的设备得到进一步利用，又可解决闲散劳动力、创造新价值，给企业带来可观的经济效益。

提取膳食纤维的方法有粗分离法、化学分离法及化学试剂与酶结合分离法。悬浮法和气流分级法可作为粗分离法的代表，这类方法得到的产品不纯净，但可以改变原料中各成分的相对含量，如可减少植酸、淀粉含量，增加膳食纤维的含量，一般用于初分离。化学分离法指将粗产品或原料干燥、磨碎后，采用化学试剂提取而制备各种膳食纤维的方法。如果采用化学分离方法制备，还含有少量蛋白质和淀粉，要制备极纯净的膳食纤维，必须结合酶处理，即采用化学试剂与酶结合分离法。

膳食纤维有“第七营养素”之称，是平衡膳食结构的必需营养素之一。其主要功能是防止便秘、结肠炎、动脉硬化、高血脂、肥胖症等。此外，膳食纤维能够吸收肠内有害金属，清扫肠内毒素，防止大肠癌、直肠癌等疾病。

柑橘皮渣经过提取精油、果胶、色素、糖苷等后，还剩有占柑橘果皮渣重 60% 的残渣，这些残渣的主要成分为纤维素及半纤维素。利用这些残渣或柑橘皮渣可以提取食用纤维素。目前，从柑橘果皮渣中提取纤维素，多数是从柑橘果皮渣中提取果胶后，再制取食用纤维素。

【课后习题】

1. 简述果蔬加工产品分为哪些种类。
2. 简述果蔬成熟度、原料的新鲜度与加工关系。
3. 简述果蔬干制对原料的要求。
4. 简述果蔬糖制所用辅料的主要种类、特性及有关作用。

第四章 粮油产品加工工艺

【教学目标】

1. 熟悉小麦制粉的基本原理和工艺过程；
2. 掌握常见面制品和稻谷加工工艺流程；
3. 掌握油脂制取方法及加工工艺流程；
4. 了解大豆的化学成分与功能性质，掌握豆制品加工的工艺原理及工艺流程。

【相关知识】

第一节 小麦和稻谷深加工

一、小麦的深加工

(一) 小麦的加工工艺

小麦是全世界主要的粮食作物，也是世界上栽培最早的作物之一。目前，小麦已成为全世界分布范围最广、种植面积最大、总产量最高、供给营养最多的粮食作物之一。人类所需蛋白质的20%以上是由小麦提供的，这相当于肉、蛋、奶产品为人类提供的蛋白质总和。小麦在我国种植面积和总产量仅次于水稻，是第二大粮食作物，也是我国北方人民的第一大主粮作物。

小麦的主要消费途径是先加工成小麦面粉，然后加工成各种面制食品。小麦制粉是小麦制品加工中的基础且重要的组成部分。随着社会发展和技术进步，等级粉、专用粉相继问世，利用含面筋多少和面筋强弱不同以及不同等级的面粉为原料，可加工成各种不同类型的面制食品。

1. 小麦的分类

依据播种季节，可将我国小麦分为春小麦和冬小麦；按照皮色可将小麦分为白皮小麦和红皮小麦。白皮小麦籽粒外皮是黄白色或乳白色，皮薄，胚乳含量高，出粉率高，多生长在南方麦区；红皮小麦籽粒外皮呈深红色或红褐色，皮层较厚，胚乳所占比例较少，出粉率较低，但蛋白质含量较高。

根据籽粒质地状况，可将小麦分为硬质小麦和软质小麦。硬质小麦胚乳质地紧密，籽粒横截面的一半以上呈半透明状，称为角质。硬质小麦含角质粒50%以上；软质小麦的胚乳质地疏松，籽粒横断面的一半以上呈不透明的粉质状。软质小麦含粉质粒50%以上。一般硬质小麦的面筋含量高，筋力强；软质小麦的面筋含量低，筋力弱。

2. 小麦的制粉工艺

(1) 小麦制粉基本原理

小麦制粉的任务是将净麦破碎，刮尽麸皮上的胚乳，将胚乳研磨成面粉，分离出混在面粉中的麸屑。小麦制粉流程，简称粉路，包括研磨、筛理、清粉

和刷麸等环节。小麦制粉应将胚乳与麦皮和麦胚分离。其最佳方法应该是剥皮制粉，最大限度地避免胚乳部分受皮层和麦胚污染。但是，麦粒结构特殊，皮层与胚乳组织之间没有明显的分离层，且结合紧密，加上麦粒有一腹沟，占表皮 $1/4 \sim 1/3$ ，本身形状不规则，所以不可能做到完全剥皮。

目前，国内外多采用破碎麦粒，逐渐研磨，多道筛理的方式分离麸皮和胚乳（面粉）。小麦皮层组织结构紧密而坚韧，而胚乳组织疏散而松软，在相同的压力、剪力和削力下，两者粉碎后产生的颗粒程度不同，因此，可利用筛理方式分离，达到除去麸皮，保留面粉的目的。

通常，粒度差异与施加压力大小有关，压力越大（如一次性粉碎），差异越小，面粉与麸皮通过筛理分离困难；压力相对较小（如多次加压），粒度差异增大，筛理效率提高，面粉纯净，这是现代制粉轻碾制粉的原理。现代制粉工艺是围绕扩大皮层与胚乳粒度差异而展开的，润麦、松粉技术等应用也是如此。

（2）剥皮制粉的工艺

经过基本清理程序的小麦，利用碾麦机除去部分皮层，碾除部分皮层的小麦再适当着水进行碾磨、筛理，并获取面粉。与早期方法不同，近几年利用特制的砂辊碾麦机，轻碾、磨削麦粒皮层，去皮幅度较大，基本上保留糊粉层，但仍应完全去除腹沟部分的皮层。剥皮后的小麦，为简化粉路和生产品高等级面粉，提高出粉率，打下很好的工艺基础。

剥皮制粉的工艺特点：①提高清理效率。小麦表皮的麦毛在一般清理过程中很难去净。经过剥皮，麦毛和附着于外皮的泥土均可除净，可以降低净麦的灰分，提高入磨小麦的纯度。②提高面粉质量。小麦经过剥皮后，灰分降低，含有蛋白质等多种营养成分的糊粉层磨入粉中，提高面粉的营养价值，在食用上也容易消化和吸收。③提高出粉率。同样的面粉标准，剥皮制粉可提高出粉率。因小麦剥皮后，净灰分含量降低，制粉时可在前路大量出粉，减轻后路负荷，使后路皮磨能够更好地发挥其磨研、剥刮作用。另外，由于剥除内、外果皮使大部分皮层提前分离，减少麸皮混入面粉的机会，从而提高出粉率，减少面粉的损失。④提高制粉等级。由于提前剥除大部分皮层，面粉中含麸量降低，在研磨、筛理和分级过程中容易获得高等级面粉。⑤可以缩短粉路。由于提前剥除大部分皮层，研磨时可减少皮磨道数，不需要多道皮磨剥刮皮层上的胚乳，心磨上道数也相应减少。⑥可以提高“芽麦”面粉质量。芽麦的表层及外层胚乳由于淀粉酶及蛋白酶等活

性增强,部分淀粉水解,有的感染霉菌,不利于剥皮制粉,面粉易发黏、发黑。采用剥皮制粉工艺可将皮层及外层较次的胚乳部分去除,留下麦心部分研磨制粉,面粉质量明显提高。

剥皮制粉应注意的问题:①小麦胚乳角质程度低,强度低,必须轻碾和分层碾去麦皮,剥皮率达到9%,可把外果皮及内果皮和种皮的绝大部分剥掉,而剥皮率超过9%,糊粉层会有部分剥除。对于好的小麦可适当保留糊粉层;对于芽麦,则应提高剥皮率。但是在增加剥皮率时,势必要增加胚乳的破碎率。②剥皮后的小麦,由于仍会残留一部分内果皮和种皮,这部分皮层韧性差,易碎,所以剥皮小麦须进行二次着水,以提高剩余皮层的韧性,为分离皮层、提高面粉质量打下基础。③剥皮后要尽量将剥掉的皮层与胚乳分离,否则会影响小麦的散落性,易造成管道堵塞。④应对进一步剥除腹沟内的皮层进行研究,提高剥皮率,一定程度上改变制粉工艺,提高面粉质量。

(二) 面粉的化学成分

1. 蛋白质

面粉中的蛋白质,根据溶解性的不同,可分为麦清蛋白、麦球蛋白、麦醇溶蛋白、麦谷蛋白等。其中,最重要的是麦醇溶蛋白和麦谷蛋白,它们是面筋的主要成分。麦清蛋白溶于水,而麦球蛋白不溶于水但溶于稀盐溶液。麦醇溶蛋白能溶于70%的乙醇溶液,但麦谷蛋白只能溶于稀酸或稀碱溶液。

当面粉加水混合形成面团时,存在于面粉颗粒中的面筋网络聚集到一起形成一个连续的网络结构。醇溶蛋白是相当小的单链,分子量从30000Da到100000Da不等。麦醇溶蛋白由分子内二硫键构成,与面筋的黏性和延伸性有关。麦谷蛋白分子量远大于醇溶蛋白,平均分子量为 3×10^6 Da。^①麦谷蛋白由17~20条多肽链构成,主要通过分子内和分子间二硫键聚合。麦谷蛋白赋予面筋弹性。

面团的形成:面粉加水和成面团时,在搅拌机或手工搓揉作用下,麦谷蛋白首先吸水膨胀,在逐渐膨胀过程中吸收同时水化的麦醇溶蛋白、麦清蛋白、麦球蛋白。在充分水化润胀的蛋白质分子在搅拌机作用下相互接触时,不同蛋白分子的巯基之间会相互交联,麦谷蛋白的分子内二硫键转变成分子间二硫键,形成巨

^① 张璐,崔柳青,王晓曦,等.面筋蛋白与小麦加工品质关系研究进展[J].河南工业大学学报(自然科学版),2012,33(04):95-100.

大的立体网状结构。这种网状结构构成面团骨架，其他成分如淀粉、脂肪、低分子糖、无机盐和水填充在面筋网络结构中，形成具有良好黏弹性和延伸性的面团。

2. 碳水化合物

碳水化合物是面粉中非常重要的成分，占面粉质量 75%。其主要包括淀粉、低分子糖和少量糊精。面粉中的淀粉主要由直链淀粉（25%）和支链淀粉（75%）构成。

在小麦制粉时，由于磨的挤压、研磨作用，有少量淀粉粒的表面被破坏，这样的淀粉是损伤淀粉。与完整淀粉粒相比，损伤淀粉粒能够吸收大量水分。同样，与完整淀粉粒相比，损伤淀粉容易受淀粉酶作用。面粉中损伤淀粉必须适量，因为损伤淀粉有较强的持水能力。如果面粉中的损伤淀粉过多，会导致面团发黏，醒发过度，表皮色泽过深。损伤淀粉的含量根据不同的面制食品要求和面粉中蛋白质的含量确定。如面包粉损伤淀粉含量高达 28%，而饼干粉和蛋糕粉的损伤淀粉含量分别为 7.0% 和 3.4%。

除了淀粉之外，面粉中的碳水化合物还包括少量的游离糖、戊聚糖和纤维素。面粉中含有 2 ~ 3% 的戊聚糖。尽管这些戊聚糖的含量较少，但能够显著影响面团的流变学性质和面包品质。在面粉中添加一定量的戊聚糖能提高面团的持气能力。此外，面粉中含有一定量的纤维素，有利于胃肠蠕动，能够促进对其他营养成分的吸收，并将有毒物质带到体外。

3. 脂质

面粉中脂肪含量较少，为 1% ~ 2%。面粉在储藏过程中，甘油酯在脂肪酶的作用下水解形成脂肪酸，导致面粉酸败变质。酸败变质的面粉焙烤蒸煮品质差，面团的延伸性降低，持气性减弱，面包或馒头的体积小，易开裂，风味不佳。面粉中，类脂是构成面筋的重要部分，如卵磷脂是良好的乳化剂，使面包、馒头组织细腻、柔软，延缓淀粉的老化作用。

4. 矿物质

面粉中含有 0.5% 的灰分。灰分含量与面粉中麸皮的数量直接相关，因为麸皮中矿物质含量高于胚乳和胚芽。面粉中灰分含量越高，则面粉颜色越深，并且使面团的加工处理困难，麸皮也能破坏面筋网络结构。

5. 酶

面粉中一些酶类，尤其是淀粉酶，对面包的加工非常重要。淀粉酶属于水解

酶，能够催化淀粉水解。常见的是 α 淀粉酶，是一种外切酶，在面包制作过程中能够缓慢作用于损伤淀粉颗粒，可将糊化淀粉快速水解为糊精、低聚糖和少量麦芽糖类。钙离子是这种酶的激活剂，而麸皮中存在的植酸能够与钙离子反应，因而是这种酶的抑制剂。

小麦胚乳中蛋白酶的活力较低，而糊粉层、皮层和胚芽中蛋白酶的活力较高。因此，发芽小麦中的蛋白酶活力快速增强。在和面和醒发过程中，小麦中的蛋白酶能够降低面团的稠度。通常可以在强筋粉中添加少量真菌蛋白酶，减少和面时间，改善面团的延伸性。

二、稻谷的深加工

稻谷加工的主要途径是碾米，一般包括清理、砻谷及砻下物分离、碾米及成品整理。

（一）稻谷的清理方法

稻谷清理除杂的方法有很多，但其基本方法主要包括风选法（依据空气动力学特性的不同）、筛选法（依据宽度与厚度的不同）、精选法（依据形状和长度的不同）、相对密度分选法（依据比重的不同）、磁选法（依据磁性的不同）等。

风选法是利用稻谷和杂质之间空气动力学性质的不同，借助气流作用进行除杂的方法。按照气流方向，风选可分为垂直气流风选、水平气流分选或倾斜气流风选三种。

利用被筛理物料之间粒度（宽度、厚度和长度）和形状的差别，借助筛孔分离杂质，或将物料分级方法。物料经筛选后，凡是留在筛面上的未穿过筛孔的物料称为筛上物，穿过筛孔的物料为筛下物，通过一层筛面分别可得两种物料。碾米厂常用的设备有溜筛、振动筛、高速筛、平面回转筛等。

相对密度分选是利用稻谷和砂石等相对密度及悬浮速度或沉降速度等物理特性的不同，借助于适当的设备进行除杂方法。

根据所用介质不同，相对密度分选可分为湿法和干法两类。湿法是以水为介质，利用粮粒和砂石等杂质的相对密度以及在水中的沉降速度不同进行除杂。在稻谷加工厂，湿法去石常用于蒸谷米加工中的清理工艺。干法去石是以空气为介质，利用粮粒和砂石等杂质相对密度及悬浮速度的不同进行除杂。精米加工厂广泛应用此法去除并肩石，相应设备为比重去石机。

利用磁力将物料中磁性金属杂质去除的方法称为磁选。当物料通过磁场时，由于稻谷是非导磁性物体，不受磁场的作用而自由通过，而磁性金属杂质则易被磁性场磁化，与异性磁极相吸而去除。磁性金属杂质分离的条件，是磁场对磁性金属杂质的磁力大于与其反作用力。常用的磁选设备有 CXP 型磁选器、永磁筒、永磁滚筒、无动力磁选器等。

（二）砻谷方式

稻谷加工中脱除稻壳的工序称为脱壳，俗称砻谷。脱去稻壳的机械称为砻谷机。砻谷是根据谷粒结构的特点，对其施加一定机械力破坏稻壳而使稻壳脱离糙米的过程。根据稻谷脱壳时的受力状况和脱壳方式，稻谷脱壳的方法通常可分为挤压搓撕脱壳、端压搓撕脱壳和撞击脱壳三种。

挤压搓撕脱壳指稻谷两侧受两个不同运动速度的工作面挤压、搓撕作用而除去颖壳的方法。在挤压力和摩擦力作用下，稻壳产生拉伸、剪切、扭转等变形，这些变形统称为搓撕效应。当搓撕效应大于稻壳的结合强度时，稻壳被撕裂而脱离糙米，从而达到脱壳目的。挤压搓撕脱壳设备主要有胶辊砻谷机和辊带式砻谷机。

端压搓撕脱壳指谷粒两端受两个不等速运动的工作面挤压、搓撕作用而脱去颖壳的方法。典型的端压搓撕脱壳设备是砂盘砻谷机。

撞击脱壳指高速运动的谷粒与固定工作面的撞击而脱壳的方法。借助于机械作用力加速的谷粒，以一定的入射角冲向静置的粗糙面，在撞击的一瞬间，谷粒的一端受到较大的撞击力和摩擦力作用，当这一作用力超过稻谷颖壳的结合强度时，颖壳被破坏而脱去。典型的撞击脱壳设备是离心式砻谷机。

（三）砻下物分离

1. 稻壳分离

稻谷经砻谷后，脱下的稻壳俗称砻糠或大糠。由于它的容积大，比重小，散落性差，若不把它分离开，将影响以后各生产工序的工艺效果。混有大量的稻壳将使谷糙混合物的流动性差，降低谷糙分离效果。因此，砻谷后必须及时将稻壳分离干净。稻壳的容重、比重和悬浮速度比稻谷、糙米小得多。因此，可利用风选方法从砻谷后的混合物中分离出稻壳。目前广泛使用吸风分离方法，在分离的同时可借气流将稻壳输送至砻糠间。

2. 稻壳收集

稻壳经风选分离后进行收集，也是稻谷加工中不可忽视的一道工序。收集稻壳不但要求把全部稻壳收集起来，而且要使排放的空气达到规定的含尘浓度指标，以免污染空气，影响环境卫生。稻壳收集的方法主要有重力沉降和离心沉降两种。重力沉降是利用沉降室，使稻壳在随气流进入沉降室后突然减速的情况下，依靠自身重力而沉降。带有稻壳的气流进入砻糠房后，由于体积突然扩大，风速降低，稻壳及大颗粒尘屑便逐步沉降，气流则由砻糠房上部气窗或屋顶排气管排出。这种收集方法所耗动力少，但占地面积大，降尘效果较差，易造成糠尘外扬。因此，建在城市中的米厂不宜使用。

离心沉降是使带有稻壳的气流进入离心分离器内，利用离心力和重力作用使稻壳沉降。一般来说，离心分离器对于粒径在 10 μm 以上的物料颗粒有较好的沉降效果。采用这种方法，设备结构简单、价格低、维修方便，收集的稻壳便于整理。在碾米厂中，离心沉降是应用较广的稻壳收集方法。为了延长离心分离器的使用寿命，一般用玻璃制造。

3. 谷糙分离方法

稻谷和糙米具有不同的粒度、密度、容重、摩擦因数、悬浮速度和弹性等。目前，我国所采用的谷糙分离方法，主要有筛选法、密度分离法两种。

(1) 筛选法

筛选法是利用稻谷和糙米间粒度的不同以及自动分级特性进行谷糙分离的方法，使用的分离设备主要是谷糙分离平转筛。谷糙分离平转筛利用稻谷和糙米在粒度、密度、容重以及表面摩擦因数等物理特性方面存在的差异，使谷糙混合物在做平面回转运动的筛面上产生自动分级，粒度大、密度小、表面粗糙的稻谷浮于物料上层，粒度小、密度大、表面光滑的糙米沉于物料底层。糙米与筛面接触，再配备适当的筛孔，糙米即穿过筛孔成为筛下物；稻谷被下层米阻挡，无法与筛面接触，且稻谷的粒度较大，不易穿过筛孔。因此，从筛面上流过成为筛上物，使谷糙混合物得以分离。

(2) 密度分离法

密度分离法是利用稻谷和糙米密度的不同以及自动分级特性进行谷糙分离的方法，使用的分离设备主要是重力谷糙分离机。重力谷糙分离机利用稻谷与糙米在密度、表面摩擦因数等物理特性方面的差异，借助双向倾斜并做往复运动的粗

糙工作面作用,使谷糙混合物产生自动分级,稻谷“上浮”,糙米“下浮”。沉于底层的糙米受粗糙工作面上凸台(或袋孔)上推作用向上斜移,自分离面上部分出。浮于上层的稻谷则在自身重力和进料推力的作用下向分离面下方移动,至下出口排出,从而使谷糙混合物得以分离。

(3) 弹性分离法

弹性分离法是利用稻谷和糙米弹性的不同以及自动分级特性进行谷糙分离的方法,使用的分离设备是撞击谷糙分离机。撞击谷糙分离机是利用稻谷和糙米的弹性、密度和摩擦因数等物理特性方面的差异,借助具有适宜反弹面的分离槽进行谷糙分离。

(四) 碾米方法

碾米的目的是碾除糙米的皮层。糙米皮层虽含有较多的营养素,如脂肪、蛋白质等,但粗纤维含量高,吸水性、膨胀性差,食用品质低劣且不易储藏。糙米去皮程度是衡量大米加工精度的依据,即糙米去皮愈多,成品大米精度愈高。碾米的过程中,应尽量保持米粒完整,减少碎米,提高出米率,提高大米的纯度。

碾米的基本方法为化学碾米和机械碾米。化学碾米是利用溶剂对糙米皮层进行处理,然后对糙米进行轻碾。化学碾米过程碎米少、出米率高,但因投资大、成本高、溶剂来源、残留等问题不易解决,一直未推广。世界各国普遍使用的碾米方法是机械碾米。机械碾米又称常规碾米,即运用机械设备产生的作用力对糙米进行碾白的方法。机械碾米可分为摩擦擦离碾白和研削铅碾白。

(五) 成品的整理

糙米碾成白米后,表面往往黏附一些糠粉,且米温较高,混有一定量的碎米。为了提高大米的质量,要对糙米进行一定整理。

抛光目的是为了生产高质量大米,以满足人们生活水平日益提高的需要。抛光实质是湿法擦米,是将符合一定精度的白米,经着水润湿以后送入专用设备(白米抛光机)内,在一定温度下,米粒表面的淀粉胶质化,米粒晶莹光洁、不黏附糠粉、不脱落米粉。

色选是利用光电原理,从大量散装产品中颜色不正常的或感受病虫害的个体(球、块或颗粒)以及外来夹杂物检出并分离的单元操作,利用物料之间的色泽差异进行分选的色选所使用的设备即为色选机。在不合格产品与合格产品因粒

度十分接近而无法用筛选设备分离,或密度基本相同无法用密度筛选设备分离时,色选机能够进行有效分离,其独特作用十分明显。

第二节 大豆和玉米深加工

一、大豆的深加工

(一) 大豆结构

大豆荚果脱去其果荚后即为大豆籽粒。大豆籽粒有球形、扁圆形等，是典型的双子叶无胚乳种子。大豆籽粒的外层为种皮，其内为胚，种皮和胚之间为胚乳残存组织。成熟的大豆种子由种皮和胚两部分组成。

由于大豆籽粒的各个组成部分细胞组织形态不同，其构成物质也有很大差异。大豆种皮除糊粉层以外都含有一定量的蛋白质和脂肪，其他部分几乎都是由纤维素、半纤维素、果胶质等物质组成，在食品加工中一般作为豆渣而除去。胚根、胚轴、胚芽、子叶，则主要以蛋白质、脂肪、糖为主，富含异黄酮和皂苷。

(二) 大豆的化学成分含量

大豆富含营养物质，含有 40% 的蛋白质、18% 的脂肪、10% 的水分、5% 的纤维和 5% 的灰分。大豆中的蛋白质含量是小麦、大米等谷类作物两倍以上^①。

1. 碳水化合物含量

大豆中的碳水化合物含量占总质量 25%，主要成分为蔗糖、棉籽糖、水苏糖等低聚糖和阿拉伯半乳糖等多糖类。成熟的大豆中淀粉含量较低，仅为 0.4%~0.9%。另外，在成熟的大豆中不含葡萄糖等还原糖。大豆中的碳水化合物可以分为可溶性与不溶性两大类。在全部碳水化合物中，除蔗糖外均难以被人体消化，而且其中有一些碳水化合物在人体肠道内还会被菌类利用并产生气体，使人食后有胀气感。因此，大豆用于食品时，要采取措施除去这些不消化的碳水化合物。

2. 蛋白质含量

根据蛋白质溶解性的不同，大豆蛋白质可以分为清蛋白和球蛋白两类。一般，清蛋白占蛋白质总量的 5%，球蛋白占 90%。球蛋白可用等电点沉淀法（pH 为 4~5 时）沉淀析出，再用超速离心分离法分出 2S、7S、11S 和 15S 四种分子质量

^① 林亲录，秦丹，孙庆杰. 食品工艺学 [M]. 长沙：中南大学出版社，2013.

不同的球蛋白组分，其中7S和11S球蛋白之和占总蛋白含量70%以上，与大豆的加工性关系密切。

大豆球蛋白分子的长轴与短轴长度比小于10 : 1。蛋白质分子中的疏水基所占体积较大，亲水性也较差，而彼此之间的亲和力很大，从而形成卷曲—螺旋结构。疏水基一般转向螺旋内部，当球蛋白变性时，次级键打开，肽链舒展，由水溶状态转为不溶状态的纤维蛋白结构。

3. 脂肪含量

大豆油在室温下呈黄色液体，为半干性油，在人体的消化吸收率达97.5%，为优质食用植物油，其中不饱和脂肪酸含量达60%以上。大豆油中含有1.1% ~ 3.2%的磷脂，主要为卵磷脂和脑磷脂。卵磷脂具有很好的乳化性，脑磷脂具有加速血液凝固的作用。大豆油脂中的不皂化物主要是醇类、类胡萝卜素、植物色素及生育酚类物质，总含量为0.5% ~ 1.6%。

4. 大豆中的酶及抗营养因子含量

大豆中含有许多种酶，引起食品加工领域关注的主要有脂肪氧化酶、尿素酶；抗营养因子有胰蛋白酶抑制素和红细胞凝集素。

大豆中脂肪氧化酶的活性较高，当大豆籽粒破碎后，只要有少量的水分存在就可以与大豆中的亚油酸、亚麻酸等底物发生降解反应。脂肪氧化酶的活力与pH有关。pH为7 ~ 8时，脂肪氧化酶的活性最高，但是在pH为7 ~ 8时，亚油酸是不溶解的。

尿素酶属于酰胺酶类，是分解酰胺和尿素产生二氧化碳和氨气的酶，也是大豆中抗营养因子之一，在大豆中的含量较高。由于尿素酶容易受热而失去活性，而且容易准确测定，经常作为确认大豆制品加热处理程度的指标。

大豆中的胰蛋白酶抑制素有7 ~ 10种，但是至今只有两种被提纯和比较详细的研究。有报道称胰蛋白酶抑制素能够使老鼠和小鸡的胰脏肿大；也有报道称大豆中微量的胰蛋白酶抑制素对治疗急性胰腺炎、糖尿病及调节胰岛素失调有一定效果。胰蛋白酶抑制素的热稳定性较高，在80℃时处理活性失去较少，100℃处理20min其活性丧失达90%以上，120℃处理3min也可以达到同样效果。

大豆中至少有4种细胞凝集素。脱脂后的大豆粉中含有3%的细胞凝集素。细胞凝集素能够引起红细胞凝聚，同时很容易被胃蛋白酶钝化。大豆细胞凝集素受热很快失去活性，甚至活性完全消失。因此，加热过的大豆食品，细胞凝集素

不会对人体造成不良影响。

5. 大豆中的微量成分

大豆中的无机盐有10余种，通常含有钙、磷、铁、钾等无机盐，它们的总含量一般为4.0%~5.0%。钙的含量在不同品种的大豆中差异较大，范围在163~470mg/100g。大豆的含钙量与蒸煮后大豆的硬度有关，含钙量越高，蒸煮后大豆的硬度越大。在大豆的无机盐中除钾以外，磷的含量最高。但是磷在大豆中有4种不同的存在形式。其中，植酸钙镁中含磷量占75%，磷脂中含量占12%；无机磷占4.5%，残留磷占6%。植酸钙镁是由植酸与钙镁离子络合形成的盐，严重影响人体对钙、镁的吸收。但是大豆经过发芽后，植酸被分解为无机盐和肌醇，被络合的金属游离出来，提高了钙、镁的利用率。

大豆中的维生素含量较少，品种不多，其中以水溶性维生素为主，脂溶性维生素较少，如果大豆中的维生素在大豆制品热处理加工中破坏很多，制品中含量就更少。

皂苷，又名皂甙或皂素，是类固醇或三萜系化合物的低聚配糖体总称。皂苷在大豆中占干基的2%，脱脂大豆中的含量为0.6%。皂苷多呈中性，少数为酸性，易溶于水和90%以下的乙醇溶液中，难以溶解于乙醚中；对热稳定，但是在酸性条件中遇热易分解。

皂苷具有溶血性和毒性，所以通常把它看作抗营养成分。但是有研究表明，大豆皂苷不仅对人体无生理上的阻碍作用，而且有降低过氧化脂类生成作用，因此对高血压和肥胖病有一定疗效，也有抗炎症、抗溃疡和抗过敏功效。

6. 大豆中的有机酸与异黄酮

大豆中含有多种有机酸，其中柠檬酸含量最高，还有醋酸、延胡索酸等，利用大豆中的有机酸可以生产大豆清凉饮料。大豆中含有少量异黄酮，具有一定抗氧化能力，其生理活性和提取方法是目前研究的热点。

二、玉米的深加工

玉米是当今世界最重要的三大粮食作物之一，单位面积产量位居第一，并且人类对玉米的加工利用程度远远超过水稻和小麦。玉米深加工行业是以玉米为原料，采用物理、化学方法和发酵工程等工艺技术对玉米进行深度加工的行业。玉米深加工产品伴随技术的进步而不断丰富，由过去单纯的淀粉产品发展到淀粉

糖、各种发酵产品、变性淀粉、玉米油和蛋白饲料等多门类的产品体系，目前以玉米为原料制成的加工产品有500种以上，在食品、化工、发酵、医药、纺织、造纸等工业生产中有着广泛应用。

玉米具有多种营养物质，除淀粉外还含有蛋白质、脂肪、纤维素等物质。如果不进行充分利用，不仅浪费资源，经济效益低，还会造成环境污染。玉米的综合利用深度加工，不仅是发展食品工业和蛋白饲料工业所必需，而且是为进一步促使农业持续发展所急需。

通过玉米综合利用深度加工，资源得到合理利用，不仅使企业的经济效益有较大提高，而且可以减轻环境的污染。玉米的增产为玉米综合利用深度加工提供了丰富资源，而综合利用深度加工又为玉米提供了广阔的出路，为人民生活提供了丰富食品，为养殖业提供了高蛋白饲料来源；进一步促进了养殖业的发展，为人民生活增加更多的肉蛋奶创造了条件，实现和加速了国民经济中种植、加工、养殖、种植的良性循环。

（一）玉米制品的类别

玉米食品工业领域的深加工，主要有直接利用玉米原料发酵制酒精等发酵产品，还有用玉米先制成淀粉作为原料，再进一步加工成味精、淀粉糖等深加工产品。目前，玉米制品按照其使用用途分为多种。

1. 食用玉米制品及其特点

玉米是世界上最重要的食粮之一，特别是对于非洲、拉丁美洲国家。现今，全世界有 1/3 的人以玉米籽粒作为主要食粮。玉米的营养成分优于稻米、薯类等，其缺点是颗粒大、食味差、黏性小。随着玉米加工工业的发展，玉米的食用品质不断改善，形成种类多样的玉米食品。

特制玉米粉和玉米胚芽粉。玉米籽粒脂肪含量较高，在贮藏过程中会因脂肪氧化作用而产生不良味道。经加工而成的特制玉米粉，含油量降低到 1% 以下，可改善食用品质，粒度较细，适于与小麦面粉掺和制作各种面食。由于其富含蛋白质和较多维生素，添加制成的食品营养价值高，是儿童和老年人的食用佳品。

玉米膨化食品具有疏松多孔、结构均匀、质地柔软的特点，不仅色、香、味俱佳，而且提高营养价值和食品消化率。

玉米片是一种快餐食品，便于携带，保存时间长，既可直接食用，又可制作其他食品，还可根据不同作料制成各种风味的方便食品。

甜玉米可充当蔬菜或鲜食，加工产品包括整穗速冻、籽粒速冻和罐头三种。

玉米啤酒。因玉米蛋白质含量与稻米接近而低于大麦、淀粉含量，与稻米接近而高于大麦，所以玉米是比较理想的啤酒生产原料。

2. 饲用玉米制品及其特点

世界上有 65% 的玉米用作饲料，是畜牧业赖以发展的重要基础。玉米籽粒，特别是黄粒玉米是良好的饲料，可直接作为猪、牛、马、鸡、鹅等畜禽饲料，特别适用于肥猪、肉牛、奶牛、肉鸡。随着饲料工业的发展，浓缩饲料和配合饲料广泛应用，单纯用玉米作饲料的量已大为减少。

玉米秸秆也是良好饲料，特别是牛的高能饲料，可以代替部分玉米籽粒。玉米秸秆的缺点是含蛋白质和钙较少，需要加以补充。秸秆青贮不仅可以保持茎叶鲜嫩多汁，而且在青贮过程中经微生物作用会产生乳酸等物质，可增强适口性。

玉米加工副产品的饲料应用。在玉米湿磨工艺和干磨工艺中，以及淀粉、啤酒、糊精和糖等加工过程中生产的胚、麸皮、浆液等副产品，是重要的饲料资源。

3. 工业加工玉米及其特点

玉米籽粒是重要的工业原料，初加工和深加工的产品有 2000 ~ 3000 种。初加工产品和副产品可作为基础原料进一步加工利用，在食品、化工、发酵、医药、纺织、造纸等工业生产中有广泛应用。另外，玉米秸秆和穗轴可以培养生产食用菌，编织提篮、地毯、坐毯等手工艺品，行销国内外。

玉米在淀粉生产中占有重要位置，世界上大部分淀粉是用玉米生产的。美国等一些国家则完全以玉米为原料。为适应对玉米淀粉量与质的要求，玉米淀粉的加工工艺已取得引人注目的发展，特别是在发达国家，玉米淀粉加工已形成重要的工业生产行业。

玉米为发酵工业提供了丰富而经济的碳水化合物。通过酶解生成的葡萄糖，是发酵工业的良好原料。加工的副产品，如玉米浸泡液、粉浆等都可用于发酵工业生产酒精、啤酒等产品。

随着科技发展，以淀粉为原料的制糖工业正在兴起，品种、产量和应用范围大大增加，其中以玉米为原料的制糖工业尤为引人注目。专家预计，未来玉米糖将占甜味剂市场的 50%，玉米将成为主要的制糖原料。

由玉米胚加工制得的植物油脂主要由不饱和脂肪酸组成。其中，亚油酸是人体必需脂肪酸，是构成人体细胞的组成部分，在人体内可与胆固醇相结合，呈流

动性和正常代谢,有防治动脉粥样硬化等心血管疾病功效。玉米油中的谷固醇具有降低胆固醇的功效,富含维生素E,有抗氧化作用,具有防治干眼病、夜盲症、皮炎、支气管扩张等多种功能,并具有一定的抗癌作用。另外,玉米油的营养价值高,味觉好,不易变质,因而深受人们欢迎。

目前,玉米加工业已成为世界重点发展的农业产品加工业。特别是玉米生产大国的美国、中国和欧洲共同体等国家和地区,更是把玉米加工业视为关系国计民生的支柱产业。因此,发展玉米加工业是人类21世纪的一个重要战略。

(二) 玉米深加工的一般加工方法

目前,玉米加工工艺可概括为两种:全粒法和玉米提胚法。全粒法采用锤片式粉碎机粉碎后分级发酵,其工艺简单,现很少采用;玉米提胚法又分为干法提胚、湿法提胚、半湿法提胚三种。

1. 干法提胚法

干法提胚法指玉米直接脱胚制渣,再经一次或多次压胚后提取玉米胚。这种工艺流程不仅胚芽损失率较高,胚中含淀粉也较高。该工艺主要应用于玉米联产提胚生产玉米片类食品、玉米珍珠米等及脱脂玉米粉,也可用于部分万吨以下小型酒精厂或(饲料用能量)饲料厂。

2. 湿法提胚法

将玉米用大量含亚硫酸的水浸泡后进行研磨脱胚,用旋流分离器分离得到较完整的胚芽。该法广泛应用于淀粉和葡萄糖行业。

3. 半湿法提胚法

该工艺利用玉米胚芽和胚乳吸水后的弹性、韧性及破碎强度的不同分出胚芽,达到分离胚的目的。将玉米破碎、去皮、脱胚后,再利用胚、胚乳和皮的粒度、比重及悬浮速度不同,分出纯净的胚乳(含胚心约1.2%)和胚、胚乳混合物。将混合物用空气重力分级,再将胚压扁,经筛分出胚,可得到纯胚乳。半湿法提胚工艺被酒精厂广泛采用。

在玉米深加工技术中,湿法加工的主产品有淀粉、乙醇和高果糖浆,而副产品有玉米油、玉米蛋白饲料、谷朊粉和二氧化碳;干法加工的主产品为乙醇(饮用乙醇和燃料乙醇),副产品为饲料和二氧化碳。

湿法加工尽管有产品附加值较高、产品种类较多,可根据市场供求情况而及时调整生产计划等优点,但其流程复杂,建厂的投资费用较高,玉米的浸泡时间

长,水的处理量大,而干法加工装置投资小,但副产品的价值低。干法加工早期的主要产品是饮用酒,目前干法加工的重点已转向燃料乙醇的生产。

湿法加工技术主要涉及加酶湿法加工和膜分离技术的应用。加酶湿法加工的优点是浸渍时间短、投资小、耗能低、用水量大大减少、酶可反复使用。目前,加酶湿法加工的主要缺点是酶的价格过高。膜分离技术的应用,为浸渍水的分离和利用打开了新的途径。

干法加工技术在燃料乙醇的生产中应用广泛。在干法加工中,昂贵的原料成本占总成本 60%,高附加值副产品的开发被认为是干法加工的唯一出路,但这一过程常常是既费时又代价昂贵的过程。近年来,研究人员已提出一系列的改进方法,如萃取发酵法、发酵—蒸馏耦合技术、序列萃取法、发酵—渗透法汽化膜耦合技术等。

(三) 玉米加工方法中的高新技术

目前,国内外玉米深加工方法中主要应用的高新技术:

1. 膜分离技术

在世界玉米淀粉和淀粉糖加工工业中,膜分离技术还是一门新的技术,但正在快速发展成为广泛应用于浓缩、提纯和分离的有效方法。其中一些应用已付诸工业实践。

2. 现代生物技术

从酶开发到玉米深加工是成功的和重要的技术转移。伴随着高温液化工艺的引入,玉米精炼工业和酶工业平衡增长,酶技术的进步使玉米淀粉与淀粉糖加工中的过滤、分馏、离子交换、工艺控制和碳处理等方面都有了改善。

基因工程技术的进步导致一系列酶产品的创新。酶产品的基因工程有效降低成本,使玉米深加工产品在市场上具有竞争力。新酶的使用得到更高质量的葡萄糖,使产品增加几个百分点的甜度,并可以和其他的甜味剂竞争。产品生产周期因为加入新的酶而缩短。通过减少不理想的副产品构成,控制产品产量和降低离子交换成本等方法,大大改变成本。

这些新的酶产品使目前葡萄糖、酒精和果糖产品工艺中的酶成本降低到 10 年以前的一半以下,通过改进酶附加的工艺,成本节约也表现出来。低成本高纯度葡萄糖的生产,净化了微生物发酵产品。例如,氨基酸、糖、酒精、有机酸、抗生素和酶等高附加值产品的开发,使葡萄糖成为更受欢迎的碳源。

总之,现代生物技术,尤其是基因工程技术方面的进步,导致一系列酶产品方面的创新和酶产品成本降低,极大提高了玉米深加工产品在市场上的竞争力。

3. 特种玉米粉的加工技术

玉米淀粉的分子大,口感粗糙,一直被视作为粗粮。目前,国内市场上玉米粉也很多,都是玉米去皮去胚后的粉碎物,没有解决口感和营养问题。利用超微粉碎技术,结合现代生物工程技术,制得的生物酶化特种玉米粉保持了玉米的自然香味并解决食用口感问题。

特种玉米粉是以普通玉米为原料,利用生物工程技术对其分子结构进行局部修饰,使分子链得到适当调整和嫁接后精制而成,不添加任何胶类物质、防腐剂、抗氧化剂。

玉米粉保留了玉米原有的色泽、香味、营养成分及玉米中具有抗衰老作用的亚油酸,而且含玉米特殊的营养成分卵磷脂、谷固醇、磷、镁和具有可刺激胃肠蠕动的纤维素等全部天然营养,粗纤维含量高,是其他谷物制品无法比拟的。通过超微细加工技术的特种玉米粉,其颗粒细度超过市场上常见的小麦粉,超过200目,且强度理化指标达到小麦粉的强度理化指标。这种特种玉米粉不仅可以制作水饺、馄饨、小笼包、面条、馒头、烙饼、方便面等,还可以生产通心粉、糕点、面包等,食用口感爽滑、筋道,去除了玉米面口感粗糙的缺点,不仅具有小麦粉的滑顺可口,荞麦面粉的筋性,而且口味更具有玉米食品特有的清香,味道鲜美,营养丰富。

4. 玉米方便面的加工技术

从现阶段玉米方便面生产厂家的生产情况看,干法生产玉米方便面的成本比较低,因此确定使用干法生产玉米方便面较为合理。因为普通玉米面缺乏相应黏度,目前国内玉米方便面都是通过挤压膨化工艺设备,将玉米面挤成面条,这种生产方法有两个缺点:第一,设备价格高昂,甚至需要进口设备。第二,因为设备和操作原因容易堵塞挤出孔,致使产品质量不稳定。因此需要换一种更为合理的生产方法。根据国内实际情况,面粉方便面生产设备和技术已经非常成熟,并且设备质量很好,采用非油炸面粉方便面生产技术生产玉米方便面是可行的,生产的首要条件是改善玉米粉的黏合性,有利于压延和切条。经过生物发酵生产的特种玉米完全可以达到加工要求,考虑到玉米粉中蛋白质含量较少,可以适当添加谷朊粉,以进一步提高面条的筋度。

5. 玉米粉生产酵母的新技术

玉米粉生产酵母的新技术具有以下特点：

采用磷酸—糖化酶法水解制糖新技术，糖化时间缩短 1/3。除玉米中的淀粉转化为糖供生产酵母外，玉米粉中的蛋白质破坏极少，可回收利用，无废渣排放。

菌种生产速度快，对糖转化率高，蛋白质含量丰富，是国内外公认的可供药用、食用的优良酵母菌种。

采用高密度酵母细胞深层连续培养，酵母浓度可满足工业化生产水平。该项技术所产酵母蛋白质含量高，可作为药用酵母、食用酵母及饲料酵母。用作药用酵母的生产，成本比用糖蜜为原料生产的酵母低。用作食用酵母，其价格以所含蛋白质计，仅为鱼肉禽蛋的 1/3。用作饲料酵母，可代替进口鱼粉。

玉米营养价值较高，玉米的综合利用技术日趋成熟，但仍需要更多、更优秀的新技术应用到玉米的深加工领域，以推动我国玉米深加工产业的发展。

（四）玉米原淀粉及其加工

由玉米生产的淀粉称为玉米原淀粉。玉米是生产淀粉的主要原料，用玉米生产淀粉，成本低、质量高，保持玉米谷粒中原淀粉固有的基本特性，是化学成分最佳的淀粉。玉米淀粉的提取，关键是将玉米籽粒的有效成分进行分离，而湿磨是目前玉米淀粉生产的有效方法之一。由于玉米籽粒硬度较大，首先要将其浸泡软化，然后通过一系列工艺过程，实现胚芽、纤维、麸质等分离，最后剩下玉米淀粉。但由于湿淀粉易变质，不耐贮存，还应迅速干燥脱水。

玉米淀粉工业是玉米加工工业的基础，有了玉米淀粉才能开展玉米多层次利用。为适应对玉米淀粉质量的要求，玉米淀粉的加工工艺已取得引人注目的发展，特别是在发达国家，玉米淀粉加工已形成重要的工业生产行业。玉米原淀粉保持了玉米谷粒中原淀粉固有的基本特性，是诸多领域的原料。以玉米淀粉为原料的加工产品，广泛应用于食品、饲料、纺织、造纸及石油勘探等工业。如在食品中可用作抗结块剂、稀释剂、成型剂、悬浮剂等；在医药工业中，玉米淀粉是制作葡萄糖、生产青霉素、链霉素等多种抗菌素培养基的主要成分，也是一些片状药物的添加剂；在纺织和造纸工业中，主要用作上浆剂和产品表面的涂料；在化工工业中，玉米淀粉用于生产醋酸、丙酮等化工产品。以玉米淀粉为主要原料的生物降解塑料，经理化工艺处理后，具有和普通塑料相同的特性，也不会因日常使用而变质，在使用后极易通过土壤中的微生物分解，价格方面仅比目前市场上普

通塑料高 10%，在半年内的降解率最高可达 100%。

尽管我国淀粉工业发展速度较快，但也存在明显的不足，主要是：工厂规模小，产品质量不稳定，且产品质量达优级的工厂为数不多，与国际水平之间存有较大差距；能耗高，环境污染严重，国有中、小型淀粉厂由于水、电、汽的消耗较大，大部分工厂做不到闭锁循环，废水排放量大，环境污染严重；效率低、损失大。

鉴于上述情况，只有采取现代化的技术，合理地利用原料，扩大生产规模，才可使多数陷于停产或减产的淀粉厂焕发生机与活力。

第三节 食用油脂制品深加工

食用油脂是生产液体油、起酥油、人造黄油及在食品加工过程中添加的功能性专用油脂的原料。油脂具有重要的生理功能，提供人体必需脂肪酸，含有丰富的脂溶性物质，是人体生长发育所必需的营养素之一。

通常把富含油脂的原料称为油料，植物油料种类很多，资源非常丰富。油料种子是植物油的第一大来源，不仅用于制取油脂，还可以作为提取蛋白质的原料。植物油的第二大来源是含油木本作物，如橄榄油、可可油以及棕榈油，这些油都是从果肉中提取的，并非来自果实的种子。从棕榈籽粒中提取到的油称为棕榈仁油，其脂肪酸组成与棕榈油有明显不同。根据含油率的高低，还可以将植物油料分成两类，含油率大于30%的称为高含油率油料，如菜籽、棉籽、花生、芝麻等；含油率在8%~25%的称为低含油率油料，如大豆等^①。

一、油料种子的化学成分分析

油料种籽的种类很多，不同油料的化学成分及含量也不尽相同，但大多数都含有油脂、蛋白质、碳水化合物及一些脂溶性组分，如磷脂、脂肪酸、色素、蜡质、烃类、醛类、醇类等物质。

植物油料种籽中的脂肪是由脂肪酸与甘油在脂肪酶作用下酯化而成的，主要指甘油三酸酯，占油脂总含量95%以上。在化学结构上，油脂是由甘油与脂肪酸形成的酯类物质，但天然油脂物化性质差异很大，很大程度取决于其所含的脂肪酸种类、组成及其在甘油三酸酯分子中的立体分布。

蛋白质是油料籽粒中的第二大组分，油料籽粒中的蛋白主要是球蛋白，占蛋白总量的80%以上，含有丰富的必需氨基酸。蛋白质的性质对油脂加工工艺及品质具有较大影响。蛋白质在加热、干燥、加压及有机溶剂等作用下发生变性形成凝胶，有利于油脂的分离；氨基酸的氨基与含羰基化合物发生羰氨缩合反应，生成深色物质，导致油脂色泽加深；蛋白质还可以与油料中的特殊物质，如棉酚

^① 任力民，房创民，邓时荣. 油脂加工及产品安全的探讨 [J]. 粮食与食品工业，2013，20(06)：61-64.

发生作用，生成结合棉酚，降低油脂的品质。鉴于油料籽粒中蛋白质具有较高的营养价值，油籽经取油后，从饼粕中可以得到优质的植物蛋白产品。

油料籽粒成熟过程中，碳水化合物多转化为脂肪，因此成熟籽粒中的碳水化合物含量少，主要存在于油料籽粒的皮壳中。在高温条件下，糖类可以发生焦糖化反应，还可以与氨基酸反应，从而导致油脂的色泽加深；糖与氨基酸的反应可以赋予油脂较好的风味。因此，在花生油、芝麻油等芳香性油加工过程中，适度的羰氨缩合反应是有利的。

油脂中除含有甘油三酸酯外，还含有一些微量组分，含量虽少，但对油脂的品质影响较大。这些成分通常称为不皂化物，包括磷脂、生育酚、磷脂、脂溶性色素、微量金属等，有些成分对油脂加工是有利的，如生育酚，能够抑制油脂的氧化进程，而有些成分对油脂加工及品质会产生不利影响。因此，油脂制取的目的是除去不利于油脂品质的成分，尽量减少有效成分的损失。

二、油料的预处理工序

原料预处理是制取高纯度植物油的必备条件，包括清洗、脱壳（皮）、破碎、蒸炒等工序。

（1）清洗。大多数油料籽粒在制油前需要进行清洗以便除去杂质。油料籽粒中存在的杂质会降低出油率和蛋白质得率，影响成品油的质量（尤其是色泽），并会增加设备损耗。大豆、葵花子、花生中常见的杂质有碎粮粒、石块、沙子以及非油料籽粒等，采用筛选和风力配套的大容量筛选机，可以除去颗粒大小和密度不同的杂质。此外，永磁或电磁分选可以用于分离金属杂质。

（2）剥壳及脱皮。油料籽粒清洗后，有的需要进行剥壳或脱皮。皮壳含油率低，在压饼时会吸收部分油脂，降低设备生产能力。此外，一些油料籽粒的外壳含有熔点较高的蜡质，在提取过程中会随着油一同被提取出来。油料籽粒皮壳含纤维多，可以提高籽粒硬度，不利于压榨，但并非所有油料皮壳都需要脱除。例如，在生产低温食用豆粕和高蛋白饲料用豆粕工艺中，脱皮（壳）是为了提高蛋白含量和减少纤维含量；在常规生产高温食用豆粕工艺中，其目的是增加浸出设备处理量、降低粕残油率、减少能耗和提高浸出毛油质量，可以采用风选机将壳与籽仁分离，后者用于油脂制取。通常，葵花子脱除半数外壳即可，卡诺拉油籽和红花籽籽粒较小，不予脱壳。

脱壳应适度，防止破碎过度粉末度增加而难以与壳分离。适度破碎可以破坏油料籽粒细胞，释放出油脂，如果破碎过度会增加皮壳含油率，降低出油率。一些油料籽粒，如大豆，在脱壳前常常需要干燥、调质，或者进行热处理，以便于壳与籽粒分离。

(3) 破碎。对于颗粒较大的油料必须破碎成一定大小的颗粒度，以利于后续加工。通过研磨或轧坯降低籽粒颗粒大小，大多数油料籽粒压榨成片状，厚度为 0.38 ~ 0.50mm，对于籽粒较大的油料在轧坯前还需要进行粗破碎。研究表明，水酶法制取花生油时需要将花生籽粒破碎至 30 μ m 以下才能将油籽细胞充分破碎，但其黏度会大大增加，不利于后续的操作过程，而将油料先冷冻后破碎会有效降低籽粒的黏度，但成本较高。

(4) 加热或蒸炒。料坯提取油脂前还需要加热或蒸炒。油料的蒸炒是指生坯经过湿润、加热、整坯、炒坯等处理，成为熟坯的过程。蒸炒温度取决于油料类型，一般温度在 80 $^{\circ}$ C ~ 105 $^{\circ}$ C，最高不宜超过 130 $^{\circ}$ C。轧坯前将油料籽粒进行适当加热或蒸炒，可以破坏籽粒细胞，使蛋白凝固变性，便于油脂溶出，同时使油脂在高温下的流动性增强，破坏霉菌和细菌等微生物，钝化酶活。此外，可以调节料坯水分。棉籽中含有有毒物质，通过蒸炒可促进棉酚转化脱毒。

三、油脂的制取方法

油脂提取的方法有多种，不同的提取方法可以影响油脂的品质、气味、色泽等。选择制油工艺取决于原料含油率、饼粕中允许残油率、蛋白的允许变性程度等因素。所有的油脂提取工艺都尽可能将油脂与其他非油杂质分离，提高油脂纯度，并得到富含蛋白、附加值高的油料饼粕。

(一) 机械压榨法

压榨取油的过程，就是借助机械外力的作用，将油脂从榨料中挤压出来的过程。压榨过程中，榨料粒子不仅会发生变形、油脂分离、摩擦发热、水分蒸发等物理作用，还会发生蛋白变性、酶钝化和破坏、某些物质的结合等生化反应。压榨，实际是油脂从榨料粒子孔隙中被挤压出来和榨料粒子受压形成油饼的两个过程。

在压榨的开始阶段，粒子发生变形并在个别接触处结合，粒子间空隙缩小，油脂开始被压出；在压榨的主要阶段，粒子进一步变形结合，其内空隙缩得更小，油脂大量压出；压榨的结束阶段，粒子结合完成。其内空隙的横截面突然缩小，

油路显著封闭,此时油脂已很少被榨出。解除压力后的油饼,由于弹性变形而膨胀,其内形成细孔,有时有粗的裂缝,未排走的油反而被吸入。

在压力作用下,料坯粒子间随着油脂的排出而不断挤紧,粒子间的直接接触、相互间产生压力而造成某粒子的塑性变形,尤其在油膜破裂处将会相互结成一体。榨料已不再是松散体而开始形成一种完整的可塑体,称为油饼。油饼的成型是压榨制油过程中建立排油压力的前提,更是压榨制油过程中排油的必要条件。压力和油脂黏度是决定排油的主要动力和可能条件。

常用的压榨设备有液压榨油机、螺旋榨油机等。机械压榨法通常应用于含油率高的原料,无须采用有机溶剂,与其他取油方法相比,具有工艺简单、配套设备少、对油料品种适应性强、生产灵活、油品质量好、色泽浅、风味醇正的优点;但压榨后的饼残油率高,出油效率较低、饼粕蛋白质变性严重,只能作为饲料用。

为了降低饼粕残油率,提高生产效率,可以先通过机械预榨分离部分油脂,留在饼粕里的油采用有机溶剂浸提,这种制油方法称为预榨—溶剂浸提法。在预榨过程中,螺杆挤压设备施加压力较低,有较少部分油脂榨出,预榨后的饼粕中含油率为15%~18%,之后采用溶剂提取,两种工艺制得的油脂混合后进行精炼。为了解决油脂热压榨后饼粕蛋白质变性程度高、利用率低,营养成分损失的问题,近几年将冷榨法用于花生油、山茶籽油等提取,提取温度不超过60℃,可以较完整地保留油籽中的营养成分。

(二) 溶剂浸出法

溶剂浸出法是应用最广泛的制油方法,原料中油可以完全被浸出,油和料粕未经热的作用,可以有效利用。

1. 溶剂浸出法原理

溶剂浸出机理包括溶剂浸润、扩散和渗透三种作用。提取过程中,大量容易提取的油脂部分从油料籽粒细胞(尤其是从细胞表面)中溶出,细胞内油脂的迁移主要依靠毛细管流动作用,迁移速率部分取决于溶剂混合油的黏度。迁移速度慢的油脂仍存于未经破坏的细胞中,必须通过渗透作用取得,这一作用较慢。由于几乎所有膨化籽粒的细胞在预榨过程中被破坏,且多孔性增加,因此溶剂的浸润作用很重要。

2. 影响提油效果的要素

(1) 料坯和预榨饼的性质。料坯和预榨饼的性质主要取决于料坯的结构和

料坯入浸水分。料坯结构应具有均匀一致性，并且具有必要的机械性能，外部多孔性好。水分含量应适当，料坯入浸水分过高会使溶剂对油脂的溶解度降低，当料坯入浸水分太低时，会影响料坯的结构强度，从而产生更多的粉末。

(2) 浸出温度。提高浸出温度，可以增加扩散作用，使油脂和溶剂的黏度减少，从而增加浸出速度。但浸出温度过高，会造成浸出器汽化溶剂量增多，油脂浸出困难，压力增加，不利于油脂浸出。一般，浸出温度应低于溶剂馏程初沸点 5°C 。

(3) 浸出时间。浸出时间即应保证油脂分子有足够的时间扩散到溶剂中，随着浸出时间的延长，粕残油的降低缓慢，浸出毛油中非油物质的含量增加。一般，浸出时间为 90 ~ 120min。

3. 溶剂特性与浸提方式

提取溶剂种类及提取方式，取决于原料性质和所提取油脂的类型。溶剂的极性对油脂的提取具有一定影响，极性溶剂会增加极性脂，如磷脂的溶出。因此，提取油脂中的甘油三酸酯需要采用非极性溶剂。

提取油脂的理想溶剂应具备的条件：①对油脂溶解度高，微溶或不溶解蛋白质、氨基酸和碳水化合物；②能够抑制油脂被酶解，不与油脂发生副反应；③对油脂具有很好的渗透性；④沸点低，容易回收等。常用的溶剂有醇类（甲醇、乙醇、异丙醇、正丁醇）、酮类、酮醇类、醚类、烃类或其混合物。在选择浸提溶剂时，溶剂的易燃性和毒性也是需要考虑的重要因素，因此，推广环保效益高、能耗低、油粕蛋白变性程度低的新型制油溶剂，成为油脂加工业可持续发展的重要内容之一。

新型制油溶剂主要包括异己烷、正戊烷、丁烷和异丙醇等毒性较低的有机溶剂，美国已成功将异己烷作为浸提溶剂进行植物油脂的产业化生产，我国推广使用液态烃生产低温粕也渐成规模。

(三) 超临界流体的萃取法

超临界流体萃取技术是用超临界流体状态下的流体作为溶剂，对油料中油脂进行萃取分离的技术。

超临界流体具有介于液体和气体之间的物化性质，其相对接近液体的密度使其具有较高的溶解度，而相对接近气体的黏度，又使它有较高的流动性能。扩散系数介于液体和气体之间，对所需萃取的物质组织有较佳的渗透性和较高的传质速

率。 CO_2 的临界温度为 31.1°C ，临界压力为 72.9atm ，当高于临界点时， CO_2 不液化，但位于黏度增大的超临界状态。利用超临界 CO_2 萃取油脂，能够大大降低有机溶剂的使用，避免油脚处理问题，而且 CO_2 无毒无味，容易回收，采用 CO_2 萃取油脂不需要高温条件，可以得到高回收率的非极性油脂，包括酯化的脂肪酸、甘油三酯和不皂化物。复杂的极性脂质仅微溶于 SFC-CO_2 中，添加如甲醇、乙醇或水等夹带剂或改性剂，可以提高 SFC-CO_2 的极性，从而提高极性脂质萃取率。该法已用于多种食品中脂质的萃取。

油料颗粒大小会影响籽粒溶于 SFC-CO_2 中的表面积，进而影响萃取率。水分含量高会阻碍原料与 SFC-CO_2 之间的接触，阻碍油脂的扩散。 SFC-CO_2 可以代替溶剂浸提法萃取油脂，并被 AOAC 推荐为从油料籽粒中提取油脂的方法。研究表明，在萃取亚麻籽油时，15% 乙醇做改性剂，多次萃取所得的提取率与石油醚萃取率相当。利用 SFC-CO_2 萃取油脂的缺点是设备昂贵，而且在提取过程中，水等非脂物质也一同被萃取出来。

第四节 薯类食品和杂粮食品深加工

一、薯类的深加工

薯类，包括马铃薯和甘薯、木薯，是我国仅次于小麦、水稻和玉米的主要粮食作物。以薯类为原料可以开发出一系列加工产品。近年来，一些营养、方便、美味的薯类食品，特别是马铃薯食品受到广大消费者喜爱。

国外对马铃薯食品加工技术的研究和应用历史较长，对马铃薯从原料生产、贮藏、产品加工、生产过程的质量控制以及产品的市场营销等方面都进行了全面、系统的研究。近几年，我国在薯类加工利用方面的研究也相当活跃，并取得了一些成果。随着薯类加工层次的延伸和工艺技术的革新，其经济价值也提高了几倍甚至几十倍。发展薯类的生产和加工，对于改善人们的食物构成，提高人们的生活水平，增加农产品的附加值具有积极意义。

（一）薯类的营养价值

薯类中的营养物质丰富。甘薯中的蛋白质组成与大米中的蛋白质组成相似，是营养价值较高的蛋白质。甘薯中的淀粉也容易被人体消化吸收，特别是胡萝卜素和抗坏血酸的含量较高。马铃薯中的蛋白质是完全蛋白质，赖氨酸和色氨酸含量高，这两种氨基酸正是一般粮食所缺乏的。

马铃薯中的淀粉也容易被人体消化吸收，抗坏血酸的含量非常丰富。美国农业部研究中心研究报告指出，作为食品，全脂牛奶和马铃薯两样便可提供人体所需的营养物质。鲜木薯块根中，有 28% 的优质淀粉和丰富的维生素，并且木薯精粉可代替稻米和麦粉作粮食用。

我国薯类生产分布广泛，除木薯外，马铃薯和甘薯几乎全国都有种植。就马铃薯而言，在我国南方气候温度较高的地方，适宜生产早熟品种和生长期较短的鲜食型品种；在北方比较寒冷且气候温差大的地方，适宜生产淀粉或固形物含量高的加工型品种。

我国甘薯和木薯的加工量较小，传统加工的主要产品是淀粉和粉丝、粉条一类食品。马铃薯是主要的工业加工产品。我国马铃薯加工业起步较晚，长期以鲜

食和加工初级产品为主，总体上还比较落后。目前，我国马铃薯生产总量中，加工量占15%，加工制品有十几种。具有比较优势的马铃薯加工制品有精制淀粉、变性淀粉、油炸薯片、速冻薯条、马铃薯全粉等。

我国薯类加工业呈现出如下特点：薯类，特别是马铃薯专用品种取得较大发展；加工产品和生产规模发展较快；产业化发展模式得到有效推广；技术水平有较大提高；产品质量意识明显增强；技术创新力度进一步加大。存在的主要问题是：原料品种和品质满足不了加工要求；贮藏技术水平低，损耗大；加工装备技术落后，缺乏创新产品；生产标准不完善、缺乏过程控制和质量安全保障等。

（二）薯类制品的类别

马铃薯制品种类繁多，主要加工方向：一是直接加工成食品；二是加工成工业原料，以便后续深加工成各种食品及其他产品。

以马铃薯直接加工的食品有：脱水马铃薯、马铃薯泥、油炸马铃薯片、冷冻马铃薯条、马铃薯脆片、马铃薯果脯等。

以马铃薯加工成的工业产品有：马铃薯淀粉、马铃薯全粉以及马铃薯干制品、速冻食品。以马铃薯粉加工的食品很多，常见的有五种：①方便食品，包括快餐食品、马铃薯面包、马铃薯饼干、马铃薯方便面、薯糕以及婴幼儿食品等；②休闲食品，包括复合薯片、各类膨化小食品、油炸小食品；③马铃薯饮料，包括马铃薯浓汤，含马铃薯饮料、马铃薯奶等；马铃薯调味品，包括马铃薯醋、马铃薯酱、马铃薯怡糖；④马铃薯淀粉制品，包括粉丝、粉条、粉皮等；⑤马铃薯淀粉衍生物，包括酸变性淀粉、预糊化淀粉、氧化淀粉、糊精、酯化淀粉、醚化淀粉、交联淀粉、淀粉等数十种，它们大多可作为食品的添加剂和改良剂。

马铃薯食品味美可口、新颖别致、营养丰富，很受消费者欢迎。因此，合理开发利用马铃薯资源，探讨马铃薯加工技术，提高其经济价值，越来越受到人们的重视。

（三）薯类深加工的方法

1. 薯类淀粉的加工方法

薯类淀粉的加工工艺多种多样，不同的分离方法决定不同的工艺。此处介绍的是较为先进的马铃薯淀粉加工全旋流工艺。该工艺可一次完成渣（纤维）分离、蛋白质分离、脂肪和灰分分离以及淀粉洗涤等工序，从而简化设备结构和工艺过程。该工艺主要设备包括鲜薯去皮机、清洗机、刨丝机、自清过滤器、全旋流装

置、分离筛、离心脱水机或真空过滤机、干燥机、筛分机以及其他配套设备。目前,该工艺成套技术已全部国产化,马铃薯淀粉全线提取率 88%,产品质量好。鲜薯直接加工淀粉多采用马铃薯为原料,甘薯、木薯淀粉多用薯干加工。马铃薯淀粉制取时,应选成熟新鲜、干物质含量 > 20%、长度 > 30mm 的新鲜薯为原料。

鲜薯加工淀粉的工艺关键点在于:

清洗:目的是除去原料所携带的泥沙及轻杂质(如秸秆、木片等),主要设备为清洗去石机。

粉碎:目的是尽可能多地破坏块茎细胞壁,使淀粉颗粒最大限度地游离出来。主要设备为双级粉碎机或挫磨机。

全旋流分离:目的是尽可能将粉碎后浆料中的纤维、蛋白质、脂肪和灰分等从浆料中分离出去,得到比较纯净的高质量淀粉。全旋流分离工作由一套全旋流工作系统完成,可同时完成渣(纤维)浆分离、蛋白质分离、脂肪和灰分分离以及淀粉洗涤等工序。全旋流分离工作系统由自清过滤器、旋流器机组和曲筛等构成。

精制:对旋流分离后的淀粉乳进行除细沙和细渣工序,该工序由除沙器和曲筛完成。其中,除沙器主要是清除淀粉乳中的细沙和其他类似的杂质,除沙器一般采用两极串联。经除沙后的淀粉乳泵入曲筛,曲筛筛面除起到过滤作用外,还起到检验旋流分离机组工作质量的作用。

脱水:脱去淀粉乳中过多的水分,以便进行干燥处理。经脱水得到的是含水率为 40% 湿淀粉。该工序主要设备为卧式刮刀卸料离心机、三足式离心机或真空转鼓过滤机。

干燥:对于马铃薯淀粉含水率要求不超过 20%。干燥过程中必须注意不能使淀粉颗粒的温度高于 70℃ ~ 80℃,以免出现糊化现象。主要设备为气流干燥机。

计量包装:干燥后的淀粉,为了使得到的淀粉细度均匀,通常对淀粉进行过筛分级。筛网细度为 100 目,筛下物经计量后进行包装,即成为商品淀粉。主要设备为成品筛、重量计量器、缝包机等。

2. 薯类变性淀粉的加工方法

为扩大淀粉的使用范围,用物理化学或生物方法对淀粉进行变性处理,得到的产品即为变性淀粉。变性淀粉改善了淀粉的高分子属性或增加新的性状,使其具有比原淀粉更优良的性质,以满足不同需求。目前,已商品化的变性淀粉有几

百个品种。就淀粉深加工来说,生产变性淀粉可增值几倍到几十倍,有很高的经济效益。

目前,生产变性淀粉的方法有化学法、物理法和生物法。应用最广的是化学法。化学法生产又分为湿法工艺(液相反应工艺)和干法工艺(固相反应工艺),目前工业上应用最为普遍的是湿法工艺,几乎所有变性淀粉都可以用湿法生产。采用干法生产的变性淀粉品种较少,但其工艺简单、不用水、收率高、无污染,是一种很有前途的生产方法。

主要设备和技术关键点在于:

计量和调浆:根据淀粉量计算水和化学试剂加入量。用波美计测量浓度,并通过自动测量仪表完成这一过程;也可采用测定淀粉乳罐的液位,代替淀粉乳质量测定。

反应:反应是变性淀粉生产中最关键的工序,原料、浓度、物料配比、反应温度和时间,甚至混合搅拌的好坏,都会不同程度地影响最终产品的质量和性能。反应是在反应器中进行。

洗涤:反应后的变性淀粉需经过洗涤除去残留的变性剂及副产物。大型装置的水洗多采用多管旋流器的逆流洗涤,一般为3~4级洗涤,二级回收。

脱水:洗涤后变性淀粉乳的浓度为34%~38%,必须将其脱水至水分含量40%以下才能进行干燥。脱水常采用真空转鼓过滤机完成。

干燥:湿变性淀粉含水率较高,相对较难干燥。常用气流干燥,其热效率高、干燥速度快。

二、杂粮的深加工

小杂粮是小宗粮豆作物的统称,其中主要的谷物小杂粮包括荞麦(甜荞、苦荞)、燕麦(莜麦)、谷子、高粱、糜子、籽粒宽、薏苡、青稞等;小杂豆包括绿豆、红小豆、豌豆、豇豆、蚕豆、黑豆、芸豆、小扁豆、鹰嘴豆等。由于小杂粮作物具有生育期短、地区适应性强、多种实用价值的特点,并以其丰富的营养价值、特殊的保健作用、独特的品质和加工产品的美食风味等,普遍受到国内外生产者、经营者和消费者的青睐和关注。

杂粮是营养价值高、保健功能强,可作为重要医食同源的新型食品资源,如荞麦可降血脂和胆固醇,对高血压、糖尿病有辅助疗效;绿豆可清热解暑、利水

消肿、明目降压、止泻痢；小米健脾胃、养肾气、消虚热，有安眠作用；红小豆可通便、利尿和消肿，对肾脏病和心脏病有一定疗效。

杂粮是重要的食品加工原料。由于小杂粮多种植在偏远无污染山区，是绿色无污染的天然食品资源。小杂粮可以加工出不同风味的烘焙食品、发酵食品、糕点食品、蒸煮食品、饮料饮品等，丰富了食品市场，改善了人们生活。目前，市场上畅销的杂粮产品，如苦荞挂面、燕麦片、苦荞陈醋、小磨香油等都远销海内外，其中小豆、绿豆粉是食品工业非常好的添加剂，用绿豆生产的龙口粉丝也是驰名中外。此外，杂粮具有广阔的国际市场，如出口日本的荞麦、绿豆、小豆，出口新加坡、马来西亚、泰国的黑豆、小豆，出口法国、意大利、加拿大的豆类、谷子和糜子等，是我国出口土特产品中的大宗产品，是我国出口创汇的重要来源。

近年来，粗粮在城乡居民粮食消费结构中所占比重大幅度下降，低于粮食消费量的8%。由于食物过于精细、单调，同时食用动物脂肪增多等原因，我国高血压病、心血管病、糖尿病等人群发病率不断上升。消费者渴求营养丰富、美味可口、用多种粮食制作食品，而荞麦、燕麦、小米、豆类等多种杂粮中富含蛋白质、膳食纤维、芦丁、不饱和脂肪酸、多种维生素和矿物质元素，不仅营养丰富，还有很好的保健功能，对老年性疾病有很好的防治作用。因此，杂粮食品的加工销售市场前景广阔。

（一）杂粮的原料特征

1. 荞麦的营养价值与保健

荞麦营养成分全面，富含蛋白质、淀粉、脂肪、粗纤维、维生素、矿物元素等，与其他的大宗粮食作物相比，具有许多独特优势。荞麦种子的蛋白质、脂肪高于大米和小麦，蛋白质高于玉米；维生素压高于其他粮食4~24倍，且含有其他禾谷类粮食所没有的叶绿素、芦丁（维生素P）。与甜荞相比，苦荞中芦丁含量高13.5倍，维生素压高3.16倍。

荞麦含19种氨基酸，含量丰富，氨基酸比例适当，富含赖氨酸和色氨酸。苦荞的氨基酸含量更高，其中8种必需氨基酸含量都高于小麦、大米和玉米，赖氨酸是玉米的3倍，色氨酸是玉米的35倍；甜荞的赖氨酸含量是玉米的1倍，色氨酸20倍。此外，荞麦中含量较高的组氨酸和精氨酸对于婴儿和儿童的健康成长是必需的。

荞麦面食有杀肠道病菌、消积化滞、凉血、除湿解毒、治肾炎、蚀体内恶肉之功效。荞麦中含有大量芦丁、槲皮素及其他黄酮类物质，芦丁可防治毛细血管脆弱性出血引起的脑出血、肺出血、脑膜炎、腹膜炎、胃炎等。

甜荞和苦荞中含有一种有益人体的无机元素，不但可提高人体内必需元素含量，还有保肝肾功能、造血功能及增强免疫功能，有强体、健脑、美容，提高智力、保持心血管正常、降低胆固醇的效果。荞麦中含铜量高，铜能促进铁的吸收，人体内缺铜会引起铁的不足，导致营养性贫血。故食用荞麦有益于贫血病的防治。荞麦还含有其他粮食稀缺的硒，有利于防癌。苦荞和甜荞对治疗糖尿病、冠心病、动脉硬化等顽症具有一定疗效。

国外研究表明，荞麦具有增强肌体免疫能力和抗炎、防癌作用。苦荞中的脂肪酸，多为不饱和油酸和亚油酸，油酸在人体中合成花生四烯酸，是降低血压，合成对人体生理调节机能起重要作用的前列腺素和脑神经的重要成分；荞麦中的苦味素，是清热、降火、健胃的成分。

2. 燕麦的营养价值与保健

燕麦籽粒营养成分极为丰富，每100g裸燕麦粉中含蛋白质15.6g，比普通小麦粉高65.8%，比玉米高75.3%；脂肪含量8.8g，居谷类作物首位。裸燕麦油脂中的亚油酸含量占脂肪含量的38.1%~52.0%。人体必需的8种氨基酸不仅含量高而且配比平衡，如赖氨酸含量是小麦、稻米的两倍以上，色氨酸含量是小麦、稻米的1.7倍以上。此外，燕麦籽粒中含有较丰富的维生素B和少量维生素E、钙、磷、铁以及禾谷类作物中独有的皂苷。

燕麦具有多种生理功能，如调节血脂、减肥、延缓衰老、调节血糖、改善肠胃道功能等。燕麦中的亚油酸是人类最重要的必需脂肪酸，不仅维持人体正常的新陈代谢，而且是合成前列腺素的必要成分。

燕麦中含有多种能够降低胆固醇的物质，如单不饱和脂肪酸、可溶性纤维、皂苷素等，都可以降低血液中的胆固醇、甘油三酯等含量，从而减少患心血管疾病风险。经大量研究表明，燕麦中的葡聚糖具有降低血糖、降低胆固醇、减少心血管疾病、预防糖尿病等生理功能。

燕麦中含有大量多酚类抗氧化物质，如肉桂酸衍生物、对香豆酸、对羟基苯甲酸、邻羟基苯甲酸、4-羟基苯乙酸、香草醛、儿茶酚等，使燕麦具有降血脂、提高免疫力、抑制脂质氧化及延缓衰老等重要生理功能。此外，燕麦含有的微量

皂苷素与植物纤维结合，可以吸收胆汁酸，有益于身体健康。

3. 大麦的营养成分与保健

每 100g 大麦的营养成分为：粗蛋白 8g、脂肪 1.5g、可利用糖类 75g、粗纤维 0.5g、矿物质钙 15mg、磷 200mg、铁 1.5mg、钠 4mg、钾 180mg，灰分 0.9g，水分 13g，热量 1380.72kJ。随品种不同，其营养成分含量也有所不同。

一般，大麦品种的赖氨酸含量为 3.0 ~ 3.5g/100g。赖氨酸是人体正常代谢所必需的氨基酸，人体自身不能合成，它具有明显提高智能、增强记忆、防止脑细胞衰老和老年痴呆症早发，增强机体抵抗力以及促进骨骼发育之功能。大麦中的非皂化成分包括胡萝卜素、生育酚和异戊二烯类等，占大麦油 8%，这些成分均对健康有利。大麦中的生育酚和亚油酸具有抑制胆固醇的作用。

大麦可溶性纤维是大麦粉水悬浮液黏度以及食用时肠溶物黏度的决定因素。可溶性纤维的低胆固醇效应被认为部分取决于这种黏性，有利于抑制膳食胆固醇和脂肪及其他营养物的吸收，同时对心血管病和糖尿病等有预防作用。

（二）杂粮食品的加工种类

1. 杂粮焙烤类食品

焙烤食品指面食制品在加工过程中最后的熟制工序，是采用焙烤工艺的一大类产品，其基础原料多为谷类，主要辅助材料有糖、油、鸡蛋、牛奶等。小杂粮营养成分丰富，但荞麦、燕麦等杂粮面粉中由于面筋蛋白含量少，含有大量淀粉，所以不宜制作面包，但以荞麦、燕麦、大麦、小米、绿豆等为原料，配以小麦粉等，可以加工成各种面包、饼干、糕点等食品，具有特殊风味，口感好，并且具有营养保健价值。如荞麦面包、荞麦饼干、荞麦蛋糕、荞面煎饼、燕麦面包、燕麦饼干、燕麦蛋糕、燕麦酥饼、小米饼干、小米豆粉营养饼干、烤小米饼、小米煎饼、大麦面包、大麦饼干、大麦蛋糕、绿豆糕等。

2. 杂粮面制品类

以荞麦、燕麦、高粱、薏米、小米、豌豆、绿豆等为原料，配合面粉，可以加工各种挂面、方便面、速食面、冷面等，如荞麦挂面、苦荞速食面、荞麦方便面、荞麦面条、燕麦方便面、燕麦保健挂面、糍粑、黑米速食面等。

3. 杂粮饮料和发酵类食品

以小杂粮为原料可以加工各种饮料和发酵食品。发酵食品指利用微生物或曲种，以碳水化合物、蛋白质为原料进行转化，从而形成人们需要的食物或食品，

如苦荞茶、荞麦酸奶、荞麦醋、燕麦营养乳、燕麦发酵乳、燕麦格瓦斯、燕麦酒、大麦茶饮料、大麦乳酸菌饮料、麦茶发酵清凉饮料、大麦啤酒、黑豆酸奶、白酒、青稞酒等。可用青稞代替大米酿制黄酒，青稞黄酒富含多种氨基酸、维生素及矿物质等成分，营养丰富，是一种深受广大消费者喜爱的饮料酒。

4. 杂粮膨化类食品

膨化食品主要是以水分较少的米、麦、豆类等原料，经加热和加压处理，使其体积膨胀，组织结构发生变化，并通过特殊的膜孔得到各种形状，然后加工而成的食品。其产品结构蓬松，质地松脆，携带方便，易于消化，是理想的休闲食品。以杂粮为原料生产的各种谷物早餐膨化食品、儿童休闲膨化食品，很受消费者及市场欢迎，如雪饼、薏米酥、大麦膨化小食品等。

5. 杂粮米制品类

以各种谷物杂粮或杂豆为原料，可以生产各种方便米饭、米粉、八宝粥、即食粥等，如荞麦米饭、苦荞凉粉、即食燕麦米、即食燕麦片、即食燕麦粥、双歧大麦速食粥、红豆粥等。

（三）杂粮加工副产品的利用

1. 类黄酮物质的利用

荞麦含有丰富的类黄酮物质，特别是苦荞皮层中含有丰富的类黄酮物质，如芦丁、槲皮素等。芦丁具有软化血管、防治高血压和动脉粥样硬化等作用。荞麦中的类黄酮物质具有降糖降脂、增强人体免疫力、延缓衰老、清除体内自由基、抗氧化等作用，而苦荞是谷物中提取类黄酮物质的良好来源。

2. β - 葡聚糖的利用

燕麦或大麦可溶性膳食纤维中的主要成分是 β - 葡聚糖，具有降低人体胆固醇含量，同时对心血管病和糖尿病等有预防作用。西藏青稞 β - 葡聚糖含量在3.66% ~ 8.62%，平均值为5.25%。因此，青稞是提取 β - 葡聚糖的良好来源。

3. 天然色素的利用

从荞麦皮中提取黑色素，具有抗氧化性，可用作天然的抗氧化剂；从高梁壳中提取色素，这种天然色素无臭、无毒，在食品、化妆品和药膜上均有广泛用途。高粱茎秆除传统用途作烧材、建材外，还可加工成板材。

4. 杂粮蛋白质的利用

杂粮蛋白质含量丰富，传统的淀粉粗加工在提取淀粉后忽略了蛋白的开发利

用,只是把它作为生产废料或牲畜饲料,造成资源浪费,产品附加值低。如绿豆生产淀粉后的蛋白质,如果能够回收利用,将是一种很好的食品添加剂。绿豆蛋白质功效比较高,氨基酸种类齐全,赖氨酸含量较为丰富。同时,绿豆蛋白质具有优良的溶解性、保水性、乳化性、凝胶性、发泡性和泡沫稳定性等功能特性,在食品加工业的面制品、肉制品、乳制品和饮料中的应用前景广阔。

5. 膳食纤维的利用

利用燕麦麸皮、谷壳、豆渣、豆皮等下脚料可以制备膳食纤维,因为膳食纤维已被公认为是“第七营养素”,是常用的制造功能性食品的原料。麸皮、豆渣等是制备膳食纤维的极好原料。绿豆中除淀粉和蛋白质外,还有纤维素。绿豆中纤维素主要存在于绿豆皮中,绿豆皮占绿豆总质量的7%~10%,在绿豆皮中,纤维素含量占50%~60%。因此,合理开发绿豆皮中的纤维素,可提高绿豆的综合利用率。

【课后习题】

1. 小麦制粉的工艺流程是什么?
2. 传统面制品有哪些,加工工艺特点是什么?
3. 稻谷加工工艺流程是什么?
4. 食用油脂的提取方法有哪些?
5. 传统豆制品有哪些种类,主要工艺特点是什么?

第五章 畜产食品加工工艺

【教学目标】

1. 掌握肉、乳、蛋、水产品的组成成分。
2. 掌握肉、乳、蛋、水产品贮藏加工过程中的性质变化。
3. 掌握肉、乳、蛋、水产品制品的加工原理。
4. 掌握肉、乳、蛋、水产品的加工方法。

【相关知识】

第一节 肉制品加工工艺

随着农业、畜牧业的发展,人类把野兽驯养成家畜,野鸟驯养成家禽。现在,我国家畜主要是猪、牛、羊、兔;肉用禽类包括鸡、鸭、鹅、鸽,为畜牧业的发展提供了广泛的肉制品加工原料。

在肉品工业中,肉指各种食用畜禽经宰杀后所得的胴体,俗称白条肉,包括肌肉组织、脂肪组织、结缔组织和骨组织。原料肉经过加工处理所得制品,称肉制品。

一、分割肉的分类

我国市场零售的猪胴体分成以下部分:肩颈肉、臀腿肉、背腰肉、肋腹肉、前后肘子及前颈肉。

肩颈肉俗称前槽、夹心。前端从第1颈椎,后端从第4~5胸椎或第5~6根肋骨间,与背线成直角切断。

臀腿肉俗称后腿、后丘。从最后腰椎与荐椎结合部和背线成直角垂直切断,下端可根据不同用途进行分割。

背腰肉俗称外脊、大排、硬肋、横排。前面去掉肩颈部,后面去掉臀腿部,余下的中段肉体从脊椎骨下4~6cm处平行切开,上部即为背腰部。

肋腹肉俗称软肋、五花。与背腰部分离,切去奶脯即是。

前臂和小腿肉俗称肘子、蹄髈。前臂上从肘关节下从腕关节切断,小腿上从膝关节下从跗关节切断。

前颈肉从1~2颈椎处,或3~4颈椎处切断。

二、肉中的主要化学成分

肉的化学成分主要指肌肉组织的各种化学物质的组成,包括水分、蛋白质、脂类、碳水化合物、含氮浸出物及少量矿物质和维生素等。

(一) 肉中的水分

水分在肌肉中的含量为70%~80%。

（二）肉中的蛋白质

肌肉中除水分外，主要成分是蛋白质，占18%~20%，占肉中固形物的80%。肌肉中的蛋白质按照其所存在于肌肉组织上位置的不同，分为肌原纤维蛋白质、肌浆蛋白和肉基质蛋白质三类。

肌原纤维蛋白质是构成肌原纤维的蛋白质，通常利用离子强度0.5以上的高浓度盐溶液抽出。抽出后，即可溶于低离子强度的盐溶液中。

肌浆蛋白包括肌溶蛋白和肌红蛋白等。肌溶蛋白属白蛋白类的单纯蛋白质，存在于肌原纤维间，易溶于水，把肉加水浸透可以溶出。肌浆蛋白并不稳定，易发生变性沉淀。

肌红蛋白是一种复合性的色素蛋白质，由一分子的珠蛋白和一个亚铁血红素结合而成，是肌肉呈现红色的主要部分。

肉基质蛋白质为结缔组织蛋白质，包括胶原蛋白、弹性蛋白，网状蛋白等，存在于结缔组织的纤维及基质中。

胶原蛋白是构成胶原纤维的主要成分，占胶原纤维固体物的85%。胶原蛋白含有大量甘氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸，后两者为胶原蛋白所特有，其他蛋白质不含有或含量甚微。因此，通常通过测定羟脯氨酸含量确定肌肉结缔组织的含量，并作为衡量肌肉质量的一个指标。

胶原蛋白性质稳定，具有很强的延伸力，不溶于水及稀盐溶液，在酸或碱的溶液中可以膨胀，不易被一般的蛋白酶水解，但可被胶原蛋白酶水解。

胶原蛋白遇热会发生热收缩，热收缩温度随动物的种类有较大差异，一般鱼类为45℃，哺乳动物为60℃~65℃。当加热温度大于热收缩温度时，胶原蛋白会逐渐变成明胶，变为明胶的过程并非水解过程，而是氢键断开，原胶原分子的3条螺旋被解开，因而易溶于水中，当冷却时会形成明胶。明胶易被酶水解，也易消化。在肉品加工中，多利用胶原蛋白的性质加工肉冻类产品。

弹性蛋白在黄色结缔组织中含量较多，为弹力纤维的主要成分，占弹力纤维固形物的75%，胶原纤维中也有，占7%。其氨基酸组成有1/3为甘氨酸，脯氨酸、缬氨酸占40%~50%。不含色氨酸和羟脯氨酸。弹性蛋白属硬蛋白，对酸、碱、盐较稳定，且煮沸不能分解；不被胃蛋白酶、胰蛋白酶水解，可被弹性蛋白酶水解。

在肌肉中，网状蛋白为构成肌内膜的主要蛋白，含有 4% 的结合糖类和 10% 的结合脂肪酸，其氨基酸组成与胶原蛋白相似，用胶原蛋白酶水解，可产生与胶原蛋白同样的肽类。因此，有人认为网状蛋白的蛋白质部分与胶原蛋白相同或类似。此外，网状蛋白对酸、碱比较稳定。

（三）肉中的脂类

动物的脂肪可分为蓄积脂肪和组织脂肪两大类。蓄积脂肪包括皮下脂肪、肾周围脂肪、大网膜脂肪及肌肉间脂肪等；组织脂肪为肌肉及脏器内的脂肪。家畜的脂肪组织的 90% 为中性脂肪，水分占 7% ~ 8%，蛋白质占 3% ~ 4%，还有少量磷脂和固醇酯。

肉类脂肪有 20 多种脂肪酸，其中饱和脂肪酸以硬脂酸和软脂酸居多，不饱和脂肪酸以油酸居多；其次是亚油酸。

不同动物脂肪的脂肪酸组成不一致。相对来说，鸡脂肪和猪脂肪含不饱和脂肪酸较多，牛脂肪和羊脂肪含饱和脂肪酸较多。

三、肉的食用品质分析

肉的食用品质主要包括肉的颜色、风味、保水性、嫩度等，这些性质在肉的加工贮藏中直接影响肉品的质量。

（一）肉的颜色

肉的颜色，本质上由肌红蛋白和血红蛋白产生。肌红蛋白为肉自身的色素蛋白，肉色的深浅与其含量有关。影响肌肉颜色变化的因素有：

环境中的氧含量：氧气分压的高低决定肌红蛋白是形成氧合肌红蛋白还是高铁肌红蛋白，从而直接影响肉的颜色。

湿度：环境湿度大，则肌红蛋白氧化速度慢，因在肉表面有水汽层，影响氧的扩散。如果湿度低且空气流速快，则加速高铁肌红蛋白的形成，使肉色褐变加快。

温度：环境温度高时促进氧化，温度低时则氧化慢。为了防止肉变褐氧化，应尽可能在低温下贮存。

pH：动物在宰前糖原消耗过多，尸僵后肉的极限 pH 高，易出现生理异常肉，牛肉为颜色较黑、发硬、发干，而猪的肉色易变得苍白。

微生物：微生物污染会使肉表面颜色发生改变。细菌分解蛋白质使肉色污

浊，霉菌则在肉表面形成白色、红色、绿色、黑色等色斑或发出荧光。

（二）肉的嫩度

肉的嫩度是消费者最重视的食用品质之一，决定肉在食用时的口感，是反映肉质地的指标。肉的嫩度包括对舌或颊的柔软性、对牙齿压力的抵抗性、咬断肌纤维的难易程度和嚼碎程度等方面。影响肉嫩度的因素主要是结缔组织的含量、性质及肌原纤维蛋白的化学结构状态。

1. 宰割前因素的影响

年龄：一般说来，幼龄家畜的肉比老龄家畜嫩，但前者的结缔组织含量反而高于后者。其原因在于幼龄家畜肌肉中胶原蛋白的交联程度低，易因加热而裂解。成年动物的胶原蛋白的交联程度高，不易受热和酸、碱的影响。

肌肉的解剖学位置：牛的腰大肌最嫩，胸头肌最老。经常使用的肌肉，如半膜肌和股二头肌，比不经常使用的肉（腰大肌）的弹性蛋白含量多。同一肌肉的不同部位嫩度也不同，牛的半膜肌从近端到远端嫩度逐渐下降。

营养状况：凡营养良好的家畜，肌肉脂肪含量高，大理石纹丰富，肉的嫩度好。

2. 宰割后因素的影响

尸僵和成熟：宰后尸僵发生时，肉的硬度会大大增加。肌肉发生异常尸僵，如冷收缩和解冻僵直，肉会发生强烈收缩，从而使硬度达到最大。僵直解除后，随着成熟的进行，硬度降低，嫩度也随之提高。

加热处理：加热对肉嫩度有双重效应，既可以使肉变嫩，又可使其变硬，取决于加热的温度和时间。加热可引起肌肉蛋白质的变性，使其发生凝固、凝集和短缩现象。当温度在 $65^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ 时，肌肉纤维的长度会收缩 $25\% \sim 30\%$ ，从而使肉的嫩度降低。另一方面，肌肉中的结缔组织在 $60^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 时会发生短缩，而超过这一温度会逐渐转变为明胶，使肉的嫩度得到改善。

电刺激：电刺激可以提高肉嫩度，主要是通过加速肌肉代谢，缩短尸僵的持续期并降低尸僵的程度。此外，电刺激可以避免羊胴体和牛胴体产生冷收缩。

酶：蛋白酶类可以嫩化肉。常用的酶为植物蛋白酶，主要有木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶和无花果蛋白酶，商业上使用的嫩肉粉多为木瓜蛋白酶。酶对肉的嫩化作用，主要是对蛋白质的裂解所致。

（三）肉的系水力

肉的系水力又称保水力，指当肌肉受外力作用，如在加压、切碎、加热、冷冻、解冻、腌制等加工或贮藏条件下保持其原有水分与添加水分的能力。肉的系水力对肉的品质有很大影响，是肉质评定时的重要指标之一^①。

pH 值对肌肉系水力的影响，实质上是影响蛋白质分子的静电荷效应。蛋白质分子所带有的静电荷对系水力有双重意义：一是静电荷是蛋白质分子吸引水分子强有力的中心；二是由于静电荷增加蛋白质分子间的静电排斥力，使其网络结构松弛，系水力提高。当静电荷数减少时，蛋白质分子间发生凝聚紧缩，系水力降低。肌肉 pH 值接近等电点时（pH5.0 ~ 5.4），静电荷数达到最低，这时肌肉的系水力也最低。

肌肉的系水力在宰后的尸僵和成熟期间会发生显著变化。刚宰后的肌肉，系水力高，但经几个小时后迅速下降，一般在 24 ~ 28h 内，过了这段时间，系水力会逐渐回升。僵直解除后，随着成熟，肉的系水力会回升，其原因除了 pH 值的回升外，还与蛋白质的变化有关。

对肌肉系水力影响较大的有食盐和磷酸盐等。食盐对肌肉系水力的影响与食盐的使用量和肉块大小有关。当使用一定离子强度的食盐时，由于增加了肌肉中肌球蛋白的溶解性，会提高保水性；当食盐使用量过大或肉块较大，食盐只用于大块肉的表面，则由于渗透压原因，造成肉的脱水。磷酸盐的种类很多，在肉品加工中使用的多为多聚磷酸盐。磷酸盐主要是通过提高肉的 pH 值和增加离子强度，提高肉的系水力。

肉加热时系水力明显降低，加热程度越高，系水力下降越明显，这是由于蛋白质的热变性作用，使肌原纤维紧缩。

四、肉的贮藏与保鲜

在正常条件下，刚屠宰的动物深层组织通常是无菌的，但在屠宰和加工过程中，肉的表面会受到微生物污染。开始时，肉表面的微生物只能经由循环系统或淋巴系统穿过肌肉组织进入肌肉深部。当肉表面的微生物数量增多，出现明显的腐败或肌肉组织的整体性受到破坏时，表面的微生物可直接进入肉中。

胴体表面初始污染的微生物主要来源是动物的表皮和被毛及屠宰环境。胴体

^① 张德权, 惠腾, 王振宇. 我国肉品加工科技现状及趋势 [J]. 肉类研究, 2020, 34(01): 1-8.

表面初始污染的微生物大多是革兰氏阳性嗜温菌，主要有微球菌、葡萄球菌和芽孢杆菌，来自粪便和表皮；少部分是革兰氏阴性菌，主要来自土壤、水和植物的假单胞菌，也有少量来自粪便的肠道致病菌。在屠宰期间，屠宰工具、工作台和人体也会将细菌带给胴体。

在卫生状况良好的条件下，屠宰动物的肉，初始细菌数为 $10^2 \sim 10^2$ CFU/cm²，其中1%~10%能在低温下生长。猪肉初始污染的微生物数不同于牛羊肉，热烫褪毛可使胴体表面微生物数减少到少于 10^3 CFU/cm²，而且存活的主要是耐热微生物。它们构成肉中的起始菌群，如果贮藏不当，则会导致肉的腐败，呈现出发黏、变色、变味，形成霉斑、霉点等，使肉失去食用价值及商品属性，对此必须采取措施加以防范。

对于肉的保鲜方法，工业上主要采用低温贮藏方法。按温度可分为冷却保鲜（0℃~4℃）和冻结保鲜（-18℃以下）两种。此外，辐射保藏和气调包装也有使用。

（一）肉的冷却保鲜法

冷却保鲜是将肉温降至0℃~4℃进行短期贮藏的一种方法。尤其在冷鲜分割肉的销售方面较为普及。

冷却条件：畜肉的冷却主要采用空气冷却，即通过各种类型的冷却设备，使室内温度保持在0℃。冷却时间取决于冷却室温度、湿度和空气流速，以及胴体大小、肥度、数量、胴体初温和终温等。

冷却终温一般在0℃~4℃，牛肉多冷却到3℃~4℃，然后移到0℃~1℃冷藏室内，使肉温逐渐下降；加工分割胴体，先冷却到12℃~15℃，再进行分割，然后冷却到1℃~4℃。

冷却间温度：热鲜肉易腐败，为尽快抑制微生物生长繁殖和酶的活性，保证肉的质量，延长保存期，要尽快把肉温降低到一定范围。肉的冰点在-1℃左右，冷却终温以0℃左右为好，因而冷却间在进肉之前，应使空气温度保持在-4℃左右。在进肉结束后，即使初始放热快，冷却间温度也不会很快升高，冷却过程保持在0℃左右。

冷却间相对湿度：冷却间的相对湿度对微生物的生长繁殖和肉的干耗（一般为胴体重的3%）起到十分重要的作用。湿度大，有利于降低肉的干耗，但微生物生长繁殖加快，且肉表面不易形成皮膜；湿度小，微生物活动减弱，有利于肉

表面的皮膜形成,但肉的干耗大。在整个冷却过程中,水分不断蒸发,总水分蒸发量的50%以上是在冷却初期(最初1/4冷却时间内)完成。因此,在冷却初期,空气与胴体之间温差大,冷却速度快,RH宜在95%以上;之后,宜维持在90%~95%,冷却后期RH以维持在90%为宜。这种阶段性地选择相对湿度,不仅可缩短冷却时间,减少水分蒸发,抑制微生物大量繁殖,而且可使肉表面形成良好的皮膜,不致产生严重干耗,达到冷却目的。

空气流速:空气流动速度对干耗和冷却时间也极为重要。相对湿度高,空气流速低,虽然能够使干耗降到最低程度,但容易使胴体长霉和发黏。若要及时把由胴体表面转移到空气中的热量带走,并保持冷却间温度和相对湿度均匀分布,需要保持一定速度的空气循环。冷却过程中,空气流速一般应控制在0.5~1m/s,最高不超过2m/s,否则会使肉的干耗增加。

冷却方法:冷却方法包括空气冷却、水冷却、冰冷却和真空冷却等。我国主要采用空气冷却法。进肉前,冷却间温度降至-4℃左右。进行冷却时,把经过冷晾的胴体沿吊轨推入冷却间,胴体间距保持3~5cm,以利于空气循环和较快散热。当胴体最厚部位中心温度达到0℃~4℃时,冷却过程即可完成。

(二) 肉的冷冻保鲜法

肉全部变成冰的过程叫作肉的冻结。对于瘦肉来说,初始冰点时肉中冻结水占50%,在-5℃时,冻结水的百分比占80%。由此可见,从初始冰点到-5℃时,肉中有80%的水冻结成冰;从-5℃到-30℃,虽然温度下降较多,但由于溶质浓度的增加,其冰点相应降低,冻结水的百分比只增加10%。因而,从初始冰点到-5℃这个大量形成冰晶的温度范围叫作最大冰晶生成带。肉在通过其最大冰晶生成带时,要放出大量热量,因而需要的时间较长。

缓慢冻结:在肉冻结期间,冰晶首先在肌纤维之间形成,这是因为肌细胞外液的冰点比肌细胞内液的冰点较高。缓慢冻结时,冰晶在肌细胞之间形成和生长,从而使肌细胞外液浓度增加。由于渗透压的作用,肌细胞会因失去水分而发生脱水收缩,在收缩的细胞之间易形成相对较少而大的冰晶。

快速冻结:快速冻结时,肉的热量丧失较快,使得肌细胞来不及脱水便在细胞内形成冰晶。换句话说,肉内冰层推进速度大于水移动速度,在肌细胞内外形成大量的小冰晶。

冰晶在肉中的分布和大小十分重要。缓慢冻结的肉类因为水分不能返回到

原来位置，在解冻时会失去较多肉汁，而快速冻结的肉类不会出现这样的问题，所以冻肉的质量高。此外，冰晶的形状有针状、棒状等不规则形状，冰晶大小从 $10\mu\text{m}$ 到 $800\mu\text{m}$ 不等，如果肉块较厚，冻肉的表层和深层所形成的冰晶也不同，表层形成的冰晶体积小数量多，深层形成的冰晶少而大。

肉类的冻结方法多采用空气冻结法、板式冻结法和浸渍冻结法。其中，空气冻结法最为常用。根据空气所处状态和流速不同，又分为静止空气冻结法和鼓风冻结法。

解冻是冻结的逆过程，使冻结肉中的冰晶溶化成水，肉恢复到冻前的新鲜状态，以便于加工。冻肉完全恢复到冻前状态是不可能的，随着温度升高，肉会出现一系列变化。

解冻方法有多种，如空气解冻、水或盐水解冻、真空解冻、微波解冻等，在肉类工业中大多采用空气解冻和水解冻，解冻的条件主要是控制温度、湿度和解冻速度。

五、肉的腌制

我国传统肉制品不仅品种丰富，而且在色、香、味、形方面形成鲜明的地方特点。按其产品特点，中式肉制品分为腌腊制品、酱卤制品、烧烤制品、灌肠制品、烟熏制品、干制品、油炸制品等。其中，腌腊制品、肉干制品、烧烤与酱卤制品更富有特色。

用食盐或添加（亚）硝酸盐、蔗糖与腌料处理肉类的过程称为腌制。添加食盐的主要作用是呈味和抑制微生物的生长繁殖，而添加亚硝酸盐或硝酸盐的作用，主要是使之产生腌肉的颜色。腌制过程中，肌红蛋白与亚硝酸盐作用会形成亚硝基肌红蛋白，产生腌肉的颜色。其机理为：肉中的酸性环境主要是由酸形成。由于血液循环停止，供氧不足，肌肉中糖原通过酵解作用分解产生乳酸。随着乳酸的积累，肌肉组织中的pH值逐渐降低到 $5.5 \sim 6.4$ ，促进亚硝酸盐生成亚硝酸，亚硝酸在还原性物质作用下形成NO。

NO的形成速度与介质的酸度、温度以及还原性物质的存在有关，所以形成亚硝基肌红蛋白（NO-Mb）需要一定时间，而直接使用亚硝酸盐比使用硝酸盐的呈色速度快，反应生成的NO与肌肉中的肌红蛋白（Mb）反应，首先生成一氧化氮高铁肌红蛋白（NO-Met-Mb），一氧化氮高铁肌红蛋白在有还原性物质存

在时，再还原成一氧化氮肌红蛋白（NO-Mh），呈鲜艳的亮红色，NO-Mb见光可以分解，遇加热时则形成稳定的一氧化氮血色原。

（一）影响腌肉制品色泽的要素

亚硝酸盐的使用量：肉制品的色泽与亚硝酸盐的使用量有关，用量不足，颜色淡而不均，在空气中氧气的作用下会迅速变色，贮藏后色泽变化恶劣。为了保证肉呈红色，亚硝酸盐的最低用量为0.05g/kg。为了确保安全，我国规定，在肉类制品中亚硝酸盐的最大使用量为0.15g/kg，在这个范围内，可根据肉类原料的色素蛋白数量及气温情况变动。

肉的pH值：肉的pH值影响亚硝酸盐的发色作用。亚硝酸盐只有在酸性介质中才能还原成NO，故pH值接近7.0时肉色较淡，特别是为了提高肉制品的持水性，常加入碱性磷酸盐，加入后常造成pH值向中性偏移，使呈色效果不佳，所以必须注意其用量。在过低的pH值环境中，亚硝酸盐的消耗量增大，如使用亚硝酸盐过量，又容易引起绿变，一般发色最适宜的pH值范围为5.6~6.0。

温度：生肉呈色的进行过程比较缓慢，经过烘烤、加热后，则反应速度加快，而如果配好料后不及时处理，生肉就褪色，特别是灌肠机中的回料，会因氧化作用褪色，这就要求迅速操作，及时加热。

腌制添加剂：添加抗坏血酸，当其用量高于亚硝酸盐，在腌制时可起助呈色作用，在贮藏时可起护色作用；蔗糖和葡萄糖由于其还原作用，可影响肉色强度和稳定性；加烟酸、烟酰胺也可以形成比较稳定的红色，但这些物质没有防腐作用，所以暂时不能代替亚硝酸盐。

其他因素：微生物和光线等影响腌肉色泽的稳定性。正常腌制的肉，切开置于空气中后切面褪色发黄，是因为亚硝基肌红蛋白在微生物作用下引起卟啉环的变化。亚硝基肌红蛋白对光不稳定，在光的作用下，NO-血色原失去NO，再氧化成高铁血色原，高铁血色原在微生物等作用下，使得血色素中的卟啉环发生变化，生成绿色、黄色或无色的衍生物。

（二）肉类的腌制方法

肉类腌制的方法可分为干腌法、湿腌法、盐水注射及混合腌制法四种。

干腌法：干腌是利用食盐或混合盐涂擦在肉的表面，然后层堆在腌制架上或层装在腌制容器内，依靠外渗汁液形成盐液进行腌制的方法。干腌法腌制时间较长，但腌制品有独特的风味和质地。我国名产火腿、咸肉、烟熏肋肉均采用此法

腌制。

湿腌法：湿腌法是将肉浸泡在预先配制好的食盐溶液中，通过扩散和水分转移，让腌制剂渗入肉内部并分布均匀，常用于腌制分割肉、肋部肉等。

盐水注射法：为了加快食盐的渗透，防止腌肉的腐败变质，目前广泛采用盐水注射法。盐水注射法最初出现的是单针头注射，逐渐发展为由多针头的盐水注射机进行注射。用盐水注射法可以缩短腌制时间，提高生产效率，降低生产成本。为进一步加快腌制速度和盐液吸收程度，注射后通常采用按摩或滚揉操作，即利用机械的作用促进盐溶性蛋白质抽提，以提高制品保水性，改善肉质。

混合腌制法：利用干腌和湿腌互补性的一种腌制方法。腌制肉类时，用干盐腌后再用盐水腌制，如南京板鸭、西式培根的加工。干腌和湿腌结合可以避免湿腌液因食品水分外渗而降低盐浓度，同时腌制时不会出现干腌促进食品表面发生脱水现象。另外，可有效阻止内部发酵或腐败。

第二节 乳制品加工工艺

一、乳的化学成分

乳是哺乳动物分娩后由乳腺产生的分泌物。除人乳外，分泌量及经济价值最大的乳，首推牛乳。一般单称乳时，指的是牛乳。

牛乳的组成包括水及总固形物两部分，牛乳中还含有一定量的气体。人们应用的主要是牛乳中的固形物，即乳固体，也称为乳干物质^①。

水是牛乳的主要成分之一，占总量的87%~89%。水在牛乳中作为分散介质存在，使得牛乳成为均匀、稳定的流体。

将牛乳干燥到恒重时所得到的剩余物，称为乳固体。乳固体包括乳蛋白、乳脂肪、乳糖、无机盐和维生素。

牛乳中含有3.0%~3.5%的蛋白质；牛乳的含氮化合物中，95%是乳蛋白质，5%是非蛋白态含氮化合物。酪蛋白是牛乳中主要的蛋白质，占乳蛋白质总量的80%~82%。乳清蛋白质指溶解分散在乳清中的蛋白，占乳蛋白质的18%~20%。

乳脂肪占乳脂质的97%~98%，以微细的乳浊（微细脂肪球）状态分散于牛乳中，1mL牛乳中有20~40亿个脂肪球。一般，脂肪含量多的品种，脂肪球也大，随着泌乳期的推移，脂肪球逐渐变小，此时脂肪球数量增加。

乳糖是哺乳动物乳汁中特有的成分，也是提供能量的物质。牛乳中，乳糖含量为4.5%~4.6%，受乳牛品种、个体等因素影响，一般含乳脂肪高的牛乳，乳糖含量也较高。乳糖占牛乳中总碳水化合物的99.8%，其余为葡萄糖等。

牛乳中的矿物元素大部分与有机酸结合成盐类，少部分与蛋白质结合及吸附于脂肪球膜，牛乳中的矿物元素主要有钙、磷、钠、钾、镁、氯、硫。其中，碱性成分多于酸性成分。

乳中维生素不是提供能量的物质，但其微量即能调节体内的新陈代谢，与动物营养及繁殖有密切关系。人体所需的维生素，牛乳中几乎都有。当乳牛受到饲

^① 汪志君，韩永斌，姚晓玲.食品工艺学[M].北京：中国质检出版社，2012.

养管理、疾病、气温以及其他各种因素影响时，乳的成分和性质往往发生变化，这种乳称作异常乳，不适于加工优质产品。异常乳包括营养不良乳、微生物污染乳、病牛乳等，因此应加强鉴别检验，及时剔除，以免混入影响产品质量。

二、鲜乳的预处理方法

验收合格的鲜乳必须经过净乳、冷却、贮乳和标准化，才能进行下一步加工。

净乳是去除乳中存在的各种机械杂质并减少微生物的数量。常用的方法有过滤法和离心法，净乳温度为 20℃ ~ 30℃。其处理方法：先简单粗滤，在受奶槽上装过滤网并铺上多层纱布，也可以在输送乳的管道中连接一个过滤筒。滤布或过滤筒通常在连续过滤 5000 ~ 10000L 牛乳后，更换清洗、灭菌。离心净乳是乳品生产中最适宜，也最常用的方法。离心净乳机不仅能够去除乳中的机械杂质，还能除去乳中的乳腺体细胞和某些微生物。离心净乳一般设在粗滤之后、冷却之前。净化后的原料乳应立即冷却到 4℃ ~ 10℃，以抑制细菌的繁殖，保证后续加工前的原料乳质量。

为保证连续生产，乳品厂必须有一定的原料贮存量。贮存量一般为生产能力的 50% ~ 100%。贮乳罐（缸）为卧式或立式不锈钢罐，容积有大有小。为防止乳在贮乳罐中升温，应有绝缘层或冷却夹套，并带搅拌器、视孔、入孔及温度计、液位计、自动清洗装置。其绝缘性能以贮乳 10h 以上、升温 2℃ ~ 3℃ 为标准。

标准化的目的是保证牛乳中含有规定的最低脂肪含量，这里指的是半脱脂乳和标准化乳，而脱脂乳是一种稀奶油分离产品，原则上无须标准化。各国牛乳标准化的要求有所不同，我国的国家标准规定全脂乳的脂肪含量为 $\geq 3.1\%$ ，部分脱脂乳为 1.0% ~ 2.0%，脱脂巴氏杀菌乳为 $\leq 0.5\%$ 。标准化的操作是按照多去少补原则进行，在贮乳罐中添加稀奶油或在标准化机中连续进行。

三、普通消毒牛乳的加工工艺

均质。均质指对脂肪球进行适当的机械处理，把它们分散成更细小的微粒，均匀一致地分散在乳中。

杀菌。消毒（纯）乳的杀菌方法，现普遍采用 90℃ ~ 92℃ / 15 ~ 20s 的高温短时杀菌法。

冷却。经过杀菌的牛乳应尽快冷却至 4℃，冷却速度越快越好，主要是预防

磷酸酶的激活。

灌装。采用的包装材料应无毒害、无污染；避光、密封性好，有一定的抗压强度；便于运输、携带、开启。常见的包装形式有玻璃瓶、聚乙烯塑料瓶、塑料袋、复合塑纸袋和纸盒等，该过程中应避免二次污染及尽量避免灌装时产品升温。

贮存。巴氏杀菌的特点决定其产品贮存和分销过程中必须保持冷链的连续性，其中从乳品厂到卖点的运输过程及产品在卖点的贮存过程是冷链的两个最薄弱环节。

四、炼乳加工

炼乳可分为淡炼乳和甜炼乳两种类型。淡炼乳是一种经过灭菌处理、外观颜色淡似稀奶油的浓缩乳制品。淡炼乳指鲜牛乳经过预热、杀菌，体积浓缩至原来的40%~45%，装罐后再经高温灭菌制成的产品。甜炼乳是一种加入糖的浓缩乳。甜炼乳产品呈淡黄色，像蛋黄酱。甜炼乳的糖分较高，故渗透压也较高，能够杀死大部分微生物。通常，全脂甜炼乳含有8%的脂肪、45%的蔗糖、20%的非脂乳固体和低于28%的水分。

生产炼乳时，原料乳的标准化主要是脂肪的标准化，关键是要精确。由于淡炼乳的浓度较难控制，一般是先浓缩到比所要求的浓度稍高浓度，浓缩后再加水调整到产品所要求的浓度，所以再标准化也被称为加水。

预热的目的是杀死致病菌和有害微生物，提高蒸发速度防止结焦，使酪蛋白适当变性，提高其热稳定性。预热采用的条件：甜炼乳可用80℃~85℃，3~5min，也可采用UHT法，可用135℃，2~5s。淡炼乳可用95℃~100℃，10~15min，也采用UHT法，可用135℃，2~5s。

加糖目的是赋予产品甜味，抑制微生物生长。甜炼乳中，蔗糖含量与其溶液的比率用蔗糖比表示，一般在62.5%~64.5%。

在炼乳生产中主要采用真空浓缩，即减压加热蒸发。真空（减压）情况下，将蒸发的沸腾温度控制在40~70℃，热损失可降到最低。此时，牛乳沸腾的温度主要由压力（即真空度）决定，也受到牛乳的浓度和蒸发器内牛乳产生的静压制约。

浓缩的工艺参数：①浓缩时间一般不超过2.5h，越短越好。浓缩时间若超过2.5h易使炼乳变色、变稠，而且因脂肪球在浓缩过程中合并，直径增大会使脂肪

上浮。②浓缩温度若超过 60℃，乳蛋白的热变性程度增大，且容易促使脂肪球膜蛋白破坏，加剧脂肪球合并、增大趋势，但浓缩后期的乳温若低于 48℃，甜炼乳也容易变稠。③加热蒸汽压力。浓缩初期控制在 0.1MPa，之后逐渐减小，浓缩结束前 15 ~ 20min，蒸汽压力应降至 0.05MPa。选择合适的冷却条件，可防止甜炼乳变稠、褐变；控制乳糖结晶，赋予产品良好的组织状态和稳定性。

淡炼乳冷却温度与装罐时间有关，当日装罐需冷却到 10℃以下，次日装罐则要降到 4℃以下。淡炼乳在最后阶段要进行高温灭菌处理，对其热稳定性要求较高。为了能够预见高温灭菌对产品品质造成的影响，需要进行小批量试验。

甜炼乳灌装：冷却结晶后的甜炼乳一般温度在 20℃，为防止夏季马上灌装会由于罐内外温差较大引起罐外壁“出汗”，即罐周围空气中的水蒸气因温度下降而达到饱和状态并凝结在罐外壁上，对此可以在灌装前适当升温，一般以接近大气温度为准。另外，由于甜炼乳灌装后不再杀菌，与甜炼乳接触的灌装机和容器均应严格消毒。

淡炼乳灌装：淡炼乳灌装工艺和设备与甜炼乳基本相同，但因其灌装后要进行高温杀菌，故对装罐和封罐操作要求较高，容器和封口应能承受杀菌时的高温、高压，防止罐头发生裂漏。

淡炼乳灭菌要求杀死微生物、钝化酶；提高黏度，防止脂肪上浮。常采用高压灭菌锅、连续式杀菌机杀菌。

第三节 蛋制品加工工艺

一、蛋的化学组成

蛋壳主要由无机物构成，占整个蛋壳的 94% ~ 97%，有机物占蛋壳的 3% ~ 6%，无机物主要是碳酸钙（占 93%），其次有少量的碳酸镁（占 1.0%）及磷酸钙和磷酸镁。有机物主要为蛋白质，属于胶原蛋白。

禽蛋中的蛋清是一种以水作为分散介质，以蛋白质作为分散相的胶体物质。禽蛋蛋白中水分占 87.3 ~ 88.6%，蛋白质占 10.8 ~ 11.6%。蛋白的结构不同，所含的蛋白质种类不同，蛋白的胶体状态也有所改变。

蛋黄含有 50% 的水分，其余大部分是蛋白质和脂肪，两者比例为 2 : 1，脂肪主要以脂蛋白的形式存在。此外，还含有糖类、矿物质、维生素、色素等。

二、湿蛋制品的加工

湿蛋制品指将检验合格的鲜蛋去壳后，经特定加工工艺而生产出的一类含水量较高的蛋制品，是食品工业及其他工业广泛使用的原料。湿蛋制品分为蛋液品、冰蛋品和湿蛋品三大类，一般以鸡蛋为原料。现以冰蛋品为例介绍如下：

冰蛋品指将蛋液在杀菌后装入罐内进行低温冷冻获得的一类蛋制品，是长期贮存蛋品的一种有效方法。

巴氏杀菌冰鸡蛋的加工方法：

第一步，搅拌与过滤。为了使蛋液中蛋白与蛋黄混合均匀，组织状态均匀一致，加热杀菌更完全，必须将打蛋后的蛋液放入搅拌过滤器内搅拌成均匀的乳状液。搅拌时应注意尽量不使其发泡，否则会影响后面加热杀菌的效果。

第二步，巴氏杀菌（巴氏消毒）。蛋液的巴氏杀菌，即对蛋液进行低温杀菌，是在尽量保持蛋液营养价值条件下，杀灭其中的致病菌，最大限度地减少蛋液中细菌数目的处理方法。巴氏杀菌的条件为全蛋液、蛋黄液 60℃ ~ 67℃，蛋白液为 55℃ ~ 57℃，3 ~ 4min。

第三步，冷却（预冷）。杀菌后的蛋液应迅速冷却降温至 4℃ 左右。

第四步，灌装。蛋液降温达到要求时即可灌装。灌装容器使用前必须洗净并用 121℃蒸汽消毒 30min，待干燥后备用。

第五步，冷冻。将灌装好的蛋液送入低温冷冻间冻结。

第六步，包装。冻结完成后，马口铁罐需要用纸箱包装，用塑料袋灌装的产品，也应在其外面加硬纸盒包装，以便于保管和运输。

第七步，冷藏。将包装好的冰蛋送入 -18℃以下的低温冷库中贮藏。如果是冰蛋黄可放于 -8℃左右的冷库中冷藏，冰蛋的冷藏期一般为 6 个月以上^①。

冰蛋品主要用于食品工业，如用于生产面包、饼干、糕点、鸡蛋白、冰淇淋、糖果、布丁、肉制品等。冰蛋品还可在产蛋的淡季投放市场，弥补鲜蛋供应不足的问题。

三、蛋粉的加工

蛋粉指用喷雾干燥法除去蛋液中的水分而加工出的粉末状产品，我国主要生产全蛋粉和蛋黄粉。这类产品的贮藏性良好。干蛋粉主要供食用和食品工业用，如生产糖果、饼干、面包、冰淇淋、蛋黄酱等。此外，蛋黄粉还可提炼出蛋黄素，用于医药工业，提炼出的蛋黄油可用于油画及化妆用品等。蛋粉的加工方法与奶粉的加工方法类似。

蛋粉生产加工步骤：

第一步，搅拌过滤。搅拌是使蛋液均匀一致，过滤是为了除去蛋液中的各种杂质。若搅拌过滤不充分，其中的杂质很容易堵塞雾化器，从而严重影响喷雾干燥的进行。

第二步，巴氏消毒。蛋液的巴氏杀菌，即对蛋液进行低温杀菌，在尽量保持蛋液营养价值条件下，杀灭其中的致病菌，最大限度地减少蛋液中细菌数目的处理方法。巴氏杀菌的条件为全蛋液、蛋黄液 60℃ ~ 67℃，蛋白液 55℃ ~ 57℃，3 ~ 4min。

第三步，喷雾干燥。通常采用压力喷雾干燥法或离心喷雾干燥法。其中，离心喷雾干燥方法较好，其优点是干燥速度快，对产品的色、香、味、营养成分影响小，成品的冲调性好。但喷雾干燥室体积较大，设备热利用率低，粉尘回收装置比较复杂。

^① 雷铭杨. 液蛋制品贮藏期间加工特性变化研究 [D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019: 12-17.

压力喷雾干燥：经加热杀菌后的蛋液由压力泵喷射入干燥室，形成雾状微粒，另有鼓风机将加热空气送入干燥室，蛋液微粒中的水分便在瞬间（0.3s左右）受热蒸发而干燥成为蛋粉。

离心喷雾干燥：蛋液由压力泵送入高速旋转的离心盘内，使蛋液成为漩涡式环流雾状，同时将加热空气送入干燥室，使雾状蛋液被脱水干燥。

第四步，过筛。干燥后的蛋粉送至筛粉室过筛，除去粗大颗粒，经称量后包装。筛粉一般采用机械振动筛。

第五步，包装。干蛋粉通常采用马口铁箱灌装，也可采用塑料袋包装后再装入纸箱包装。在包装前，包装室及室内用具必须无菌，马口铁箱及衬纸也必须经过严格的消毒处理装缸（箱）。

四、其他蛋制品的加工

（一）皮蛋加工

皮蛋又叫松花蛋、彩蛋、变蛋。成熟后的皮蛋，是我国最著名的蛋制品。其蛋白呈棕褐色或绿褐色凝胶体，有弹性，蛋白凝胶体内有松针状的结晶花纹，故名松花蛋。其蛋黄呈深浅不同的墨绿、草绿、茶色凝固体（溏心皮蛋蛋黄中心呈橘黄色糨糊状），其色彩多样、变化多端，故又称彩蛋、变蛋。皮蛋的种类很多，按蛋黄的凝固程度不同，分为溏心皮蛋和硬心皮蛋；按加工辅料不同，分为无铅皮蛋、五香皮蛋、糖皮蛋等品种。

皮蛋形成的基本原理主要是蛋白质遇碱发生变性而凝固。皮蛋在加工过程中所使用的生石灰（ CaO ）和纯碱（ Na_2CO_3 ），在水中可生成强碱氢氧化钠（ NaOH ）。当蛋白和蛋黄遇到一定浓度的 NaOH 后，由于蛋白质分子结构受到破坏而发生变性，蛋白部分蛋白质变性后形成具有弹性的凝胶体。蛋黄部分则因蛋白质变性和脂肪皂化反应形成凝固体。在碱性条件下，由于部分蛋白质水解产生游离氨基酸，进一步分解产生 H_2S ， H_2S 与蛋内或添加的 Fe^{2+} 、 Pb^{2+} 等离子反应生成黑色的 FeS 和 PbS ，使皮蛋呈现黑色或墨绿色。国内民间加工皮蛋的方法很多，但是各种方法使用的辅助材料基本相同，加工工艺主要有浸泡包泥法、包泥法及浸泡法三种，现以浸泡包泥法为例进行介绍。

料液的配制：目前，国内各地生产溏心皮蛋时的配料具有一定差异，并且在同一地区也要随气候季节的变化而改变料液的配比。在夏季或气候炎热的地方加

工皮蛋时，为了防止浸泡过程中皮蛋蛋黄上浮或产生变质，应在配制料液时适当加大纯碱及生石灰的用量，以加速皮蛋的成熟，缩短浸泡时间。加工溏心皮蛋料液的参考配方：沸水 100kg、纯碱 6.25kg、生石灰 16kg、氧化铅 0.25kg、食盐 3.5kg、红茶末 0.63kg。

验料：检验料液浓度可以采用波美比重计测定法，浸泡皮蛋的料液在 13℃ ~ 15℃ 可取得较好效果。

装缸与浸泡：装缸前应在缸底铺一层洁净的麦秸以防蛋被压破。最上层蛋应离缸口 15cm，并加木棍压住，防止加汤料后鸭蛋上浮。然后，将配好并经冷却的料液缓慢灌入缸内，至料液完全淹没鸭蛋为止。

成熟期的管理：成熟期的管理工作对皮蛋的质量有重要影响。首先，应控制室温在 20℃ ~ 24℃；其次，勤观察、勤检查。检查一般进行三次。

出缸：成熟的皮蛋在手中抛掷时有轻微的弹颤感；剖开检查时，蛋白凝固良好，光洁，不黏壳，呈墨绿色，蛋黄呈绿褐色。在一般情况下，皮蛋浸泡的时间为 30 ~ 40 天，夏季气温高，浸泡时间宜较短，冬季浸泡时间可适当延长。

品质检验：检验方法主要以感官检验为主，即采用“一看、二掂、三摇晃、四照”的方法进行检验。

涂泥包糠（或涂膜）：经检验后的皮蛋要及时涂泥包糠。其作用是：防止蛋壳破损，延长皮蛋的保质期，促进皮蛋的后熟。每枚蛋裹泥 40g 左右，裹泥的厚度一般为 2 ~ 3mm。

装缸（箱）贮藏：将裹好泥料的皮蛋迅速装缸密封贮藏，密封保存的主要作用是防止水分蒸发和包泥脱落，延长产品的保质期。库温控制在 10℃ ~ 20℃，贮存期一般为 3 ~ 4 个月。

（二）咸蛋加工

咸蛋又名盐蛋、腌蛋、味蛋，是我国著名的传统食品，具有特殊风味，食用方便。江苏高邮的咸蛋最为著名，具有“鲜、细、嫩、松、沙、油”六大特点，其切面黄白分明，蛋白粉嫩洁白，蛋黄橘红油润无硬心，食之鲜美可口。

咸蛋主要是将鸭蛋或鸡蛋用食盐腌制而成。在腌制过程中，食盐通过蛋壳气孔、蛋壳膜、蛋白膜、蛋黄膜，逐渐向蛋白及蛋黄渗透、扩散，从而使皮蛋获得一定的防腐能力，改善产品风味。

咸蛋加工有盐泥涂布法、盐水浸渍法等。

1. 盐泥涂布

盐泥的配制：食盐 6.5kg、干黄土 7kg、冷开水 4kg、鸭蛋 65kg。

加工过程：先将食盐放在容器内，加冷开水溶解，再加入经晒干、粉碎的黄土细粉，用木棒搅拌使其成为糨糊状。

泥浆浓稠程度的检验方法：取一枚蛋放入泥浆中，若蛋的一半沉入泥浆，一半浮于泥浆上，则表示泥浆浓稠度合适。然后，将挑选好的原料蛋放入泥浆中（每次3~5枚），使蛋壳粘满盐泥，再将蛋取出滚上一层干草灰入缸成熟。

2. 盐水浸渍

用食盐水直接浸泡腌制咸蛋，其用料少，方法简单，成熟时间短。我国城乡居民普遍采用这种方法腌制咸蛋。

盐水的配制：冷开水 80kg、食盐 20kg、花椒、白酒适量，将食盐于冷开水中溶解，再放入花椒、白酒即可。

浸泡腌制：将鲜蛋放入干净的缸内并压实，慢慢灌入盐水使蛋完全浸没，加盖密封腌制 20 天即可成熟。浸泡腌制时间最多不能超过 30 天，否则成品过咸而且蛋壳上出现黑斑。用此法加工的咸蛋不宜久贮，否则容易腐败变质。

第四节 水产品加工工艺

一、水产品腌制的方法

第一，干盐渍法。干盐渍法又称干腌法，即利用鱼体中渗出的水分和干盐（结晶状态的食盐）形成食盐溶液进行盐渍的方法。该方法是将食盐在容器中均匀地撒于各层被腌制的鱼体之间进行盐渍。在食盐的渗透压及吸湿性条件下，食盐首先吸收鱼体的水分再溶于水中，形成食盐溶液。此溶液在生产上称为自然盐水（又称鱼卤）。

第二，盐水盐渍法。盐水盐渍法又称湿腌法，即将鱼体浸入食盐水中进行腌制。通常在坛、桶等容器中将食盐配成溶液，再将鱼体放入浸腌中。相对于干盐渍法中的“自然盐水”，此时食盐溶解于水得到的盐溶液在生产上称为“人工盐水”。该方法将鱼体浸于盐水中，食盐均匀浸入鱼体的同时，使鱼体避免与空气接触，防止脂肪的氧化，避免“油烧”现象的产生。这种方法适用于多脂鱼和大

型鱼类。但应注意的是，在盐渍过程中，盐水渗透速度较快，易出现盐溶液被稀释的问题，需要及时补充盐量。故该法耗盐量大，对腌制容器要求也较高。

第三，混合盐渍法。该法将干盐渍法和盐水盐渍法相结合，即将敷有干盐的鱼体排列在底部盛有人工盐水的坛或桶等容器中，以一层盐一层鱼的方式叠堆放好，在最上层再撒上一层盐，盖上盖板再压上重石进行腌制，以防止鱼体在盐渍时盐液浓度被稀释。采用这种方法，可以迅速形成盐水，食盐的渗透均匀，能够很好地抑制鱼体的脂肪氧化，使制品的外观也较好。

第四，低温盐渍法。冷却盐渍法是利用碎冰或制冷设备将温度控制在 $0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 的盐渍方法。冷却盐渍法的用盐量应按照加冰量而定，因为冰融化时会稀释盐水的浓度，在确定用盐量时必须将冰融化为水的因素考虑在内。容器下部所用的冰、盐量占总量 $15\% \sim 20\%$ ，中部占 $30\% \sim 40\%$ ，上部占 $40\% \sim 45\%$ 。此种盐渍方法的目的是在盐渍过程中阻止鱼肉组织中的自溶作用和细菌作用过程的进行，以保证鱼品质量。

冷冻盐渍法将鱼体冷冻后进行盐渍。一般在操作技术上是将经过冷冻的鱼体放上食盐逐层置于容器中，进行干盐法的盐渍过程。冷冻盐渍法在鱼体冻结情况下盐渍，随着鱼体解冻盐分逐渐渗入。冷冻盐渍的目的是为了防止在盐渍过程中鱼肉深处发生变质，因为大而肥壮的鱼体，其盐渍过程较慢。所以，冷冻盐渍法只适用于制造熏制或干制的半成品，或用于盐渍大而肥壮的贵重鱼品。

二、水产干制品加工方法

（一）天然干燥法

天然干燥法又称日光干燥法，即利用太阳辐射和风力对水产品进行干燥的方法。在干燥过程中，太阳辐射促使水产品的水分蒸发，又有风力把水产品周围的水蒸气不断带走，最终达到干燥目的。

天然干制的特点是方法简单、操作简便、生产费用低，节省能耗，能够就地加工。但天然干制法干燥缓慢，存在很多难以控制的因素（如温度、风速），难以制成品质优良的产品；需要有大面积晒场和大量劳动力，劳动生产率极低；容易遭受灰尘、杂质、昆虫等污染和鸟类、啮齿动物等侵袭，既不卫生，又有损耗。

（二）人工干燥法

鼓风干燥法分为热风干燥法和冷风干燥法。两种方法均是利用流动循环的空

气带走原料表面的湿空气层而达到干燥目的。热风循环可以提高原料的温度,促进水分蒸发,但是容易对原料品质造成不良影响;冷风干燥避免了这一过程,将温度控制在 $15^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$,此温度段不易造成脂肪氧化和美拉德反应引起的褐变,适用于高值鱼类的干燥,产品的色泽良好。

真空冷冻干燥法,又称升华干燥法,即原料冻结后置于真空状态下,使冰直接升华为水蒸气而逸出,达到干燥目的。真空冷冻干燥因干燥温度低,对水产品的组织结构和营养成分破坏较少,复水性和色泽香味良好。但设备费用较贵,干燥周期长,以使产品成本较高,故多用于虾类等经济价值高而个体形态较小的制品。

(三) 辐射干燥法

辐射干燥法是利用电磁波作为热源使食品脱水的方法。根据使用电磁波的频率,辐射干燥法可以分为红外线干燥和微波干燥两种方法。①红外线干燥法是利用红外线作为热源,直接照射到水产品原料上,使其温度升高,引起水分蒸发而得到干燥的方法。红外线干燥法干燥速率快,干燥时间仅为热风干燥的 $10\% \sim 20\%$;由于食品表层和内部同时吸收红外线,因而干燥较均匀,品质较好。②微波干燥是将微波直接与原料接触,将高频电磁波转化为热能的过程。微波一方面能转化为原料升温的热能对原料加热,另一方面能与原料中的生物活性成分或微生物等相互作用,使其活性受到抑制。

三、水产速冻技术

水产品速冻技术是将新鲜的水产品原料与配料经过加工后,利用速冻装置使其在 -3°C 及以下进行快速冻结,使产品中心温度在 $20 \sim 30\text{min}$ 内从 -1°C 降至 -5°C ,然后降到 -18°C ,并经包装后在 -18°C 及以下的条件进行冻藏和流通。

速冻水产品的特点是:①最大限度地保持水产品原有的新鲜度,体现为“色、香、味、形、劲”俱佳,而且解冻后汁液流失少。②贮存期长。因为速冻制品的温度已降低到 -18°C ,并且在 -18°C 以下冻藏,食品内的微生物已经完全停止生长繁殖,酶的活性已经严重受到抑制,水产品内的生物化学反应速度明显减弱以致基本停止,从而达到长期贮存保鲜的目的。③速冻水产品卫生、运输方便,食用方便省时。

【课后习题】

1. 肉的加工特性有哪些，分别有哪些影响因素？
2. 根据肉色的变化机理，谈谈如何在实践中保持肉色？
3. 牛乳的主要化学成分包括哪些？
4. 蛋的化学成分有哪些，其基本的功能特性包括哪些方面？
5. 水产干制品加工方法有哪些？

参考文献

一、著作类

- [1] 陈野, 刘会平. 食品工艺学 (第三版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2014.
- [2] 胡小松, 吴继红. 农产品深加工技术 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [3] 林亲录, 秦丹, 孙庆杰. 食品工艺学 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2013.
- [4] 汪志君, 韩永斌, 姚晓玲. 食品工艺学 [M]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
- [5] 夏文水. 食品工艺学 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.

二、期刊类

- [1] 陈铁壁, 刘冬敏, 袁志辉, 等. 食品工艺实验教学方法的研究与实践 [J]. 教育教学论坛, 2016 (14): 215-216.
- [2] 陈雪燕, 王灿国, 程敦公, 等. 小麦加工品质相关贮藏蛋白、基因及其遗传改良研究进展 [J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19 (01): 1-9.
- [3] 侯琤斐, 任虹, 彭乙雪, 等. 膜分离技术在食品精深加工中的应用 [J]. 食品科学, 2012, 33 (13): 287-291.
- [4] 胡玉华, 郭祯祥, 王华东, 等. 挤压膨化技术在谷物加工中的应用 [J]. 粮食与饲料工业, 2014 (12): 37-39.
- [5] 胡中海, 孙谦, 龙勇, 等. 水果速冻保鲜技术研究进展 [J]. 食品与发酵工业, 2015, 41 (02): 242-247.
- [6] 纪建海. 小麦加工技术的发展沿革 [J]. 粮食加工, 2011, 36 (01): 10-12.
- [7] 金建昌, 王楠, 王石磊, 等. 食品工艺原理课程应用型改革初探 [J]. 广州化工, 2018, 46 (14): 115-116.
- [8] 孔欣欣, 王莹莹. 新工科背景下食品工艺课程群建设探索 [J]. 农产品加工, 2019 (02): 107-109+112.

- [9] 雷铭杨.液蛋制品贮藏期间加工特性变化研究[D].武汉:武汉轻工大学,2019:12-17.
- [10] 马叶萱,王金升,霍小龙.小麦和玉米加工副产品的营养和饲喂[J].现代畜牧科技,2019(03):48+50.
- [11] 任力民,房创民,邓时荣.油脂加工及产品安全的探讨[J].粮食与食品工业,2013,20(06):61-64.
- [12] 宋佳玮,郑明媛,王宇,等.果蔬速冻技术、设备和质量控制现状分析[J].保鲜与加工,2019,19(03):154-161.
- [13] 宋凯,徐仰丽,郭远明,等.真空冷冻干燥技术在食品加工应用中的关键问题[J].食品与机械,2013,29(06):232-235.
- [14] 王也,吕为乔,李树君,等.农产品微波干燥技术与装备的研究进展[J].包装与食品机械,2016,34(03):56-61.
- [15] 吴广辉,毕韬韬.“果蔬加工技术”课程标准的开发研究[J].农产品加工,2015(20):74-76.
- [16] 杨方威,冯叙桥,曹雪慧,等.膜分离技术在食品工业中的应用及研究进展[J].食品科学,2014,35(11):330-338.
- [17] 叶琼娟,余铭,张全凯,等.速冻技术在食品工业中的应用研究进展[J].农产品加工(学刊),2012(12):97-100.
- [18] 余蕾.食品技术视野下科技工作者的社会责任[D].成都:成都理工大学,2015:11-15.
- [19] 张德权,惠腾,王振宇.我国肉品加工科技现状及趋势[J].肉类研究,2020,34(01):1-8.
- [20] 张国增,郑学玲,钟葵,等.小麦面粉蛋白品质与其加工特性的关系[J].核农学报,2012,26(07):1012-1017.
- [21] 张璐,崔柳青,王晓曦,等.面筋蛋白与小麦加工品质关系研究进展[J].河南工业大学学报(自然科学版),2012,33(04):95-100.
- [22] 张懋,王丽萍.调理食品杀菌技术研究进展[J].食品与生物技术学报,2012,31(08):785-792.
- [23] 张云飞,田蒙奎,许奎.我国膜分离技术的发展现状[J].现代化工,2017,37(04):6-10.

- [24] 赵玉平, 金海珠, 刘玉田, 等.食品工艺实验教学体系探索[J].农产品加工(学刊), 2010(09): 104-105+110.
- [25] 甄泽康, 付铮, 闫铭铭.浅谈果蔬的低温保鲜技术[J].南方农机, 2019, 50(13): 74.