

第 1 章

冷链食品概述

【本章导航】

本章主要介绍冷链食品的定义和分类,以及食品冷链的构成及特点,最后结合近几年冷链食品行业数据分析了我国冷链食品的发展现状及所存在的一些问题。

导入案例

2020 年食品行业十大热门词汇揭晓 “冷链食品”居榜首

2021 年 2 月 18 日,由食品伙伴网发起的“2020 年食品行业十大热门词汇”评选活动结束。按照惯例,本次活动首先由食品论坛的热心网友针对 2020 年热门事件概括成一个关键词提交,后经过整理筛选出 15 个候选词汇,并于 2021 年 1 月 12 日—2 月 17 日在食品论坛投票。其间共有 977 位经过审核认证的注册网友参与投票,最终“冷链食品”高居“2020 年食品行业热门词汇”榜首。

资料来源:2020 年食品行业十大热门词汇揭晓“冷链食品”居榜首。食品伙伴网,<http://news.foodmate.net/2021/03/586336.html>。

1.1 冷链食品的定义和分类

冷链的起源要追溯至 19 世纪上半叶,“现代制冷之父”詹姆斯·哈里森制造出一台小型制冷压缩机。随着冰箱的出现,各种保鲜和冷冻农产品开始进入市场和消费者家庭。到 20 世纪 30 年代,欧洲的食品冷链物流体系已经初步建立。20 世纪 50 年代,世界各地有了直接以商品形式出现的冷冻食品。我国的冷链最早产生于 20 世纪 50 年代的肉食品外贸出口,随着国家经济的快速发展和政策扶持,我国的冷链食品(cold-chain food)逐渐发展到低温果蔬与鲜切果蔬(fresh-cut fruits and vegetables)、冷鲜肉及调理肉制品、冷冻面食及调制配餐食品、乳制品等。目前,冷链食品正逐渐成为我国食品工业的重要组成部分。

1.1.1 冷链食品的定义

食品是一种特殊的商品,不管是生鲜农产品还是加工食品,都具有鲜活性、保质性和易腐性,易受温度等外界环境条件的影响,需要在适当的条件下储藏和运输。伴随着人们生



拓展阅读 1.1 全球冷链行业发展新秩序

活水平的提高,人们的消费观念也在悄然发生变化,越来越多的人开始注重食品的安全、品质和营养。一些新鲜食品的原辅料、产品加工产区远离消费者的居住地区,需要通过低温流通来满足其新鲜要求,食品冷链应运而生。

2021年国家标准《物流术语》(GB/T 18354—2021)将“冷链”定义为:根据物品特性,从生产到消费的过程中使物品始终处于保持其品质所需温度环境的物流技术与组织系统。食品冷链泛指易腐食品从产地收购或捕捞之后,在产品加工、储藏、运输、分销、零售直到消费者手中的各个环节始终处于产品所必需的低温环境下,以保证食品质量安全,减少产品损耗,防止污染的特殊供应链系统。冷链食品是指以农产品、畜禽、水产品、果蔬等为主要原料,经前处理或进一步混配、调制后,在低温(10℃以下,冷却、冷冻、速冻等)工艺下生产,并在消费者食用之前始终保持在冷链状态下储存、运输、销售和配送的包装食品(或农产品)。通常而言,在食品冷链体系下生产、储运、销售的食品也被称为冷链食品。

食品冷链是随着科学技术的进步、制冷技术的发展而建立起来的,是以冷冻工艺学为基础、以制冷技术为手段、在低温条件下的物流现象。食品冷链比一般物流体系的要求更高,任何环节出现问题都会影响到冷链食品的质量安全。因此,冷藏链建设要求把所涉及的生产、运输、销售、经济和技术性等各种问题集中起来考虑,协调相互间的关系,以确保易腐食品的加工、运输和销售。

1.1.2 冷链食品的分类

1. 按加工温度分类

按加工温度,冷链食品可分为冷藏食品、冷冻食品和速冻食品。冷藏食品是将食品原料或配料经清洗、分割、包装、冷却等加工处理,在8℃以下、冻结点以上条件下储运及销售的食物;冷冻食品是将食品原料经选别、洗净、去杂、成型、调味、冷冻等加工处理,使食品热中心温度达到-18℃或以下,并在小于或等于-18℃条件下储运及销售的食物;速冻食品是采用速冻加工技术,使产品快速通过最大冰晶生成区,当中心温度达到或低于-18℃时完成冻结过程,并在冷链条件下进入销售市场的食物。

2. 按加工程度分类

按加工程度,冷链食品可分为生鲜农产品和调制加工食物。生鲜农产品有粮谷、豆薯、果蔬、肉、禽、蛋、水产品等;调制加工食物是以粮食、畜禽肉、水产品、果蔬等为原料,并配以调味料等辅料,经调制加工后制成的食物。

3. 从社会消费角度分类

从社会消费角度,冷链食品可分为宅食物、餐饮厨房食物、团膳食物、交通旅游食物等。

4. 按产品品类分类

按产品品类,冷链食品可分为水果与蔬菜、肉与肉制品、乳与乳制品、蛋与蛋制品、水产品、豆制品、冷冻饮品、冷冻调理食品等。

1.2 食品冷链的构成及特点

1.2.1 食品冷链的构成

食品冷链主要包括原材料获取及冷却环节、冷冻加工环节、温控储藏环节、冷藏运输与配送环节和冷藏销售环节等,如图 1-1 所示。

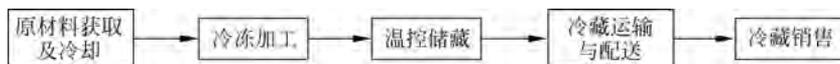


图 1-1 食品冷链的构成

(1) 原材料获取及冷却环节。该环节的质量高低直接决定了整个食品冷链的质量。获取高质量的原材料,及时、快速地进行冷却可有效控制温度变化对产品新鲜度和质量的影响,如果蔬采后应快速预冷处理。

(2) 冷冻加工环节。该环节包括肉禽类、鱼类、水产品 and 蛋类的冷却与冻结,各种速冻食品的加工以及奶制品的低温加工等。对于该环节,温度控制非常重要,主要涉及的冷链装备有冷却、冻结和速冻装置。

(3) 温控储藏环节。该环节包括食品的冷藏和冻藏,也包括果蔬的气调储藏等。此环节应保证食品在储存和加工过程中处于低温保鲜环境。此环节主要涉及各类冷藏库、冷藏柜、冻结柜及家用冰箱等。

(4) 冷藏运输与配送环节。该环节包括冷藏、冷冻食品的中、长途干线运输及区域、支线及城市配送等。其中,温度的波动是引起食品质量下降的主要原因之一,需要运输工具具有良好的温控性能。运输与配送环节将不同的冷链环节连接起来,贯穿整个冷链过程。冷藏运输有多种方式,如公路、铁路、水路和航空冷藏运输等,用到的运输工具主要有冷藏车、冷藏汽车、冷藏船和冷藏集装箱等低温运输工具。

(5) 冷藏销售环节。该环节包括各类冷链食品的批发及零售等,由生产厂家、批发商和零售商共同完成。近年来,随着大中城市各类连锁超市的快速发展,各种连锁超市正在成为冷链食品的主要销售渠道。这些零售终端大量使用了冷藏或冷冻陈列柜和储藏库,因此冷藏销售逐渐成为完整的食品冷链中不可或缺的重要环节。

1.2.2 食品冷链的特点

冷链的核心是为保证产品的品质,将温度控制贯穿于整个链条的始终。在此过程中,要做到真正意义上的全程冷链,需要在生产环节、流通环节和销售环节实现统一、连续的温度控制,才能保障消费者的生命安全和健康。与其他物流系统相比,食品冷链具有以下鲜明的特点。

1. 条件要求高

冷链食品的最终品质取决于冷链的储藏温度、流通时间和产品本身的耐储藏性。首先,冷链食品在物流和销售过程中,质量随温度的变化而变化,不同的食品必须对应不同的温度。其次,食品即使在低温环境下保质期也较短,因此在保证严格的温度控制外,冷链必须具有一定的时效性。另外,需对食品类产品的产地进行严格管理、追踪,对于特定的商品需要追溯原产地。

2. 高度的组织协调性和技术依赖性

冷链的特殊性使其过程具有较高的组织协调性,需要各环节之间无缝衔接,若某一环节出现差错,则会损坏食品的品质,造成一些经济损失。冷链也需要相当强大的技术支持。在整个冷链物流过程中,冷链所包含的制冷技术、保温技术、产品质量变化机理和温度控制及检测等技术是支撑冷链的技术基础。为了提高冷链物流的运作效率,需要采用先进的冷藏和运输设备以及信息系统。

3. 投资成本高

冷链食品的物流中需要投资冷库、冷藏车等基础设施,是一般物流使用的库房和普通车辆的3~5倍。冷链的运输成本高,冷库和冷藏车必须不间断地制冷才能保证温度处于恒温状态,因此电费和油费投入大。另外,冷链食品所需的技术基础建设资金比常温食品要高得多。

4. 运营复杂性

我国是一个地域极为广阔的国家,不同地区之间经济发展水平有很大差别,不同地区的生活习惯也大不相同,导致不同地区的冷链服务承载的食品种类不同。不同的食品种类则需要不同的冷链处理手段,这些就会导致冷链的运营要求具有差异,不能完全实现标准化运营。

1.3 我国冷链食品的发展现状及主要问题

1.3.1 我国冷链食品的发展现状

我国冷链物流行业发展起步较晚。2010年,我国突破人均GDP(国内生产总值)4000美元大关,冷链物流行业开始进入快速发展期。尽管随着人民生活水平的不断提高,冷链食品的消费逐年迅速增长,市场前景光明,但我国与发达国家相比,还存在非常大的差距。从整体冷链体系来看,我国尚未形成一个独立完整的冷链系统。2020年受新冠肺炎疫情的影响,部分冷链企业受到显著的市场冲击,但食品冷链整体保持稳步增长的趋势,主要呈现出以下发展特点。

拓展阅读 1.2 我国食品冷链物流发展现状及对策研究



1. 食品冷链市场需求进一步增大

根据中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会(以下简称“中物联冷链委”)数据:我国食品冷链市场需求量逐年上升,在2020年达到2.65亿吨,比2019年增长3191万吨,同比增长13.69%(图1-2)。在冷链物流服务的行业中,食品占比高达90%。在食品细分品类中,生鲜水果与蔬菜肉类占较大的比例,2019年水果、蔬菜、肉类与水产品占比总和达到了88%。2020年,我国食品冷链物流市场总规模约为3729亿元,比2019年增长337.8亿元,同比增长9.96%(图1-3)。我国中产阶级还在扩增,城镇化进程还在加速,消费者的食品安全意识也在不断提升。随着全球范围内农产品、冷链食品产地、加工地和消费市场重塑,冷链全球性需求正在增加,为食品冷链提供了巨大的发展空间,以速冻食品、乳制品、肉类和海产品为代表的冷链行业正走上提升期的轨道。

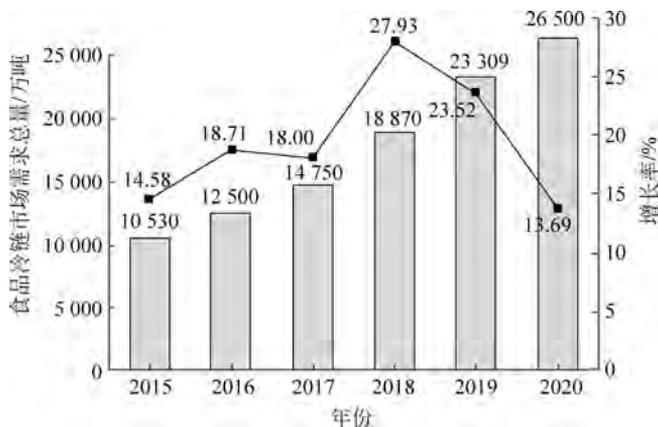


图 1-2 2015—2020 年食品冷链市场需求总量

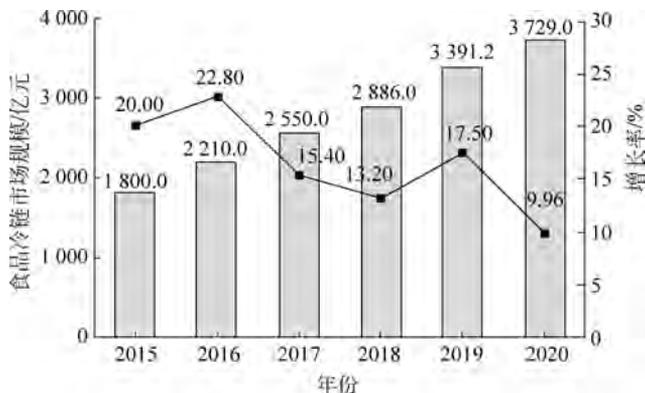


图 1-3 2015—2020 年食品冷链市场规模

2. 冷链基础设施不断完善

在中共中央政治局会议提出实施城乡冷链物流设施建设补短板工程的要求后,我国

冷链设施建设加快推进。中商产业研究院的数据显示,2020年全国冷库容量达到6665万吨,新增库容612万吨,同比增长10.11%。2020年,我国冷藏车市场保有量达到27.5万辆,比2019年的21.47万辆增长28.1%。由此可见,即使在受疫情影响的2020年,冷藏车市场依然“炽热”。根据终端上牌信息,2020年冷藏车销量同比增长39.9%,是2020年商用车市场中最红火的细分市场。此外,在冷链运输方面,2017年和2018年铁路运输发展迅速。据中物联冷链委不完全统计,2018年国内新开通铁路冷链线路近20条,铁路冷链运量超过160万吨,极大地丰富了运输手段,降低了冷链成本。^①

3. 政策环境和标准化体系不断完善

近些年,受国家政策驱动,我国冷链物流产业发展速度加快。2009年3月,国务院常

拓展阅读 1.3 疫情防控下我国食品冷链的考验与发展



务会议通过了《物流业调整和振兴规划》,受此规划影响,多地区、多领域出台涉及冷链物流的政策。由于国家政策的大力扶持,再加上巨大市场空间的吸引,不少企业纷纷加快布局冷链物流。相比国家层面宏观的冷链政策,地方性冷链政策的相继出台对于企业发展更是有实实在在的好处。比如,

2020年新疆维吾尔自治区出台了《新疆冷链物流标准化发展规划(2020—2025)》,从扩大冷链物流市场体系、优化疆内冷链物流空间布局、完善冷链物流基础设施网络等方面大力支持“西果东送”,加快培育像奎屯、阿克苏等地区的一级冷链物流标准化试点。我国食品冷链标准化体系的建设工作,经过相关政府、协会的不断推动,在冷链基础设施、管理和技术等层面不同程度地对冷链标准进行了制定和补充,整个冷链物流标准环境更加完善,行业秩序越发规范。

2020年,由于新冠肺炎病毒在冷链环境中被检测出,疫情防控的特殊需求也对冷链食品的管理提出了更高要求。自2020年8月30日开始,在短时间内,国务院应对新冠肺炎疫情联防联控机制发布了多个重要冷链食品防疫管理规范要求,包括《关于加强冷链食品新冠病毒核酸检测等工作的紧急通知》(联防联控机制综发〔2020〕220号)、《关于印发进口冷链食品预防性全面消毒工作方案的通知》(联防联控机制综发〔2020〕255号)等。2020年11月9日公布的《进口冷链食品预防性全面消毒工作方案》,明确要求在不改变各地现有总体防控安排的前提下,根据进口冷链食品的物流特点,在按要求完成新冠病毒检测采样工作后,分别在口岸查验、交通运输、掏箱入库、批发零售等环节,在进口冷链食品首次与我境内人员接触前实施预防性全面消毒处理,最大限度降低新冠病毒通过进口冷链食品输入风险。根据《中华人民共和国食品安全法》的规定,国家卫生健康委员会、国家市场监督管理总局联合印发2020年第7号公告,发布了包括GB31605—2020《食品安全国家标准 食品冷链物流卫生规范》在内的42项新食品安全国家标准,并于2021年3月11日正式实施。该规范补充了当食品冷链物流关系到公共卫生事件时,食品经营者应采取的措施和要求,防止食品、环境和人员受到污染与感染。表1-1列举了国家和地方发布/实施的部分冷链政策和标准。

^① <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1692201381064078492&wfr=spider&for=pc>.

表 1-1 国家和地方发布/实施的部分冷链政策和标准

国家政策				
序号	文号	政策名称	发文机关	概要
1	财办建〔2019〕69号	《关于推动农商互联完善农产品供应链的通知》	财政部办公厅、商务部办公厅	中央财政拟对确定支持的每个省(自治区、直辖市)安排2亿元资金支持;资金分两年安排,2019年每省(自治区、直辖市)支持1亿元,2020年根据工作开展情况再拨付剩余资金
2	—	《中共中央 国务院关于深化改革加强食品安全工作的意见》	中共中央、国务院	提出史上“四个最严”,即最严谨的标准、最严格的监管、最严厉的处罚、最严肃的问责,提出47条具体举措,并要求大力发展冷链物流,进一步加强食品安全工作
冷链相关标准				
序号	标准编号	标准名称	实施日期	规定范围
1	JT/T 1234—2019	《道路冷链运输服务规则》	2019-03-01	本标准规定了道路冷链运输服务的企业、人员、设施设备、作业、文件和记录等要求;适用于道路运输企业从事的普通货物道路冷链运输业务,不适用于危险货物道路冷链运输业务
2	T/GDFPT 0001—2019	《食品生产流通冷链包装、运输与储藏规范》	2019-06-01	本标准规定了食品生产流通冷链包装、运输与储藏规范的术语和定义;适用于食品冷链中的包装、运输与储藏过程管理
3	T/GDFPT 0002—2019	《食品生产流通冷链分拣与配送规范》	2019-06-01	本标准规定了食品生产流通冷链分拣与配送规范的术语和定义;适用于食品冷链中的分拣与配送过程管理
4	GB/T 36088—2018	《冷链物流信息管理要求》	2018-10-01	本标准规定了冷链物流信息管理原则、信息内容和信息管理要求;适用于冷链物流各环节信息的记录与应用
5	GB/T 28843—2012	《食品冷链物流追溯管理要求》	2012-12-01	本标准规定了食品冷链物流的追溯管理总则以及建立追溯体系、温度信息采集、追溯信息管理和实施追溯的管理要求;适用于预包装食品从生产结束到销售之前的运输、仓储、装卸等冷链物流环节中的追溯管理

续表

冷链相关标准				
序号	标准编号	标准名称	实施日期	规定范围
6	GB 31605—2020	《食品安全国家标准 食品冷链物流卫生规范》	2021-03-11	本标准规定了在食品冷链物流过程中的基本要求、交接、运输配送、储存、人员和管理制度、追溯及召回、文件管理等方面的要求和管理准则；适用于各类食品出厂后到销售前需要温度控制的物流过程
7	T/GIEHA 025—2021	《冷链食品全流程消毒方法指南》	2021-06-01	本文件规定了冷链食品全流程消毒方法的术语和定义、非进口冷链食品消毒要求、进口冷链食品消毒要求、其他要求、常用消毒剂及使用方法；适用于采用冷冻、冷藏等方式加工，产品从出厂（进口）到销售始终处于低温状态的冷链食品在生产、装卸、运输、贮存及销售等各环节清洁和预防性消毒

地方政策

序号	地区	名称
1	北京	《北京市商务局关于新冠肺炎常态化防控下加强食品冷链物流管理的通知》
2	扬州	《关于加强进口冷链食品、国际邮件快件预防性全面消毒和新冠病毒核酸检测工作的通知》
3	吉林	《关于进一步降低物流成本的若干措施》
4	福建	《进口冷链食品新冠肺炎疫情防控导则》

1.3.2 我国冷链食品发展的主要问题

1. 冷链物流信息技术落后,专业人才匮乏

目前,我国的食品冷链物流信息技术应用少、信息化程度低、信息设备不完整。据调查,目前我国有过半的企业几乎没有采用信息系统,即便有信息系统,也只提供一些类似财务或库存管理的功能。此外,训练有素的冷链物流管理和操作人员严重缺乏,制约着食品冷链的发展。

2. 食品冷链产业的社会化、专业化程度较低

目前市场主力军还是以生产加工企业为主导的第一方冷链产业与以大型连锁经营企业、生鲜电商为主导的第二方冷链产业,专业化的第三方冷链产业比重不高。第三方冷链物流的发展滞后,一方面会产生较高的冷链物流成本,另一方面又会造成较高的食品损耗

率,由此导致冷链物流企业难以盈利。

3. 标准缺失、监管缺位问题突出

目前我国冷链物流行业的标准缺失,很多企业没有按照国家标准执行,自律性差,在冷链运输途中使用非正规的运输工具和运输方式,无法有效地实现全程温度检测、记录和报警。近年来,国家各部门出台了一系列政策措施,但存在落实不到位、推进速度慢、地方协调难等问题。就公路冷链运输而言,由于政府监管缺位,公路货运市场竞争无序,从而出现“劣币驱逐良币”的现象,公路货运市场无法向规模化、集约化整合发展,最终影响到整个冷链物流产业的规模化、集约化发展。

本书接下来将依次分为水果与蔬菜、肉与肉制品、乳与乳制品、蛋与蛋制品、水产品、豆制品、冷冻饮品和冷冻调理食品这8个章节对冷链食品进行着重介绍,从基本定义和分类、重要组成成分和营养价值、加工生产中的品质变化、食品检验、食品冷链流通等方面深入阐释冷链食品的发展状况。

【本章小结】

冷链食品是指以农产品、畜禽、水产品、果蔬等为主要原料,经前处理或进一步混配、调制后,在低温(10℃以下,冷却、冷冻、速冻等)工艺下生产,并在消费者食用之前始终保持在冷链状态下储存、运输、销售和配送的包装食品(或农产品)。食品冷链主要包括原材料获取及冷却、冷冻加工、温控储藏、冷藏运输与配送和冷藏销售等环节。与其他物流系统相比,食品冷链具有以下鲜明的特点:条件要求高,高度的组织协调性和技术依赖性,投资成本高,运营复杂性。我国冷链食品的发展现状是:食品冷链市场需求进一步增大;冷链基础设施不断完善;政策环境和标准化体系不断完善。但是,仍然存在一些问题:冷链物流信息技术落后,专业人才匮乏;食品冷链产业的社会化、专业化程度较低;标准缺失、监管缺位问题突出。

【本章习题】

一、名词解释

1. 食品冷链
2. 冷藏食品
3. 冷冻食品
4. 速冻食品

二、简答题

1. 简述食品冷链的构成。
2. 与其他物流系统相比,食品冷链的特点有哪些?

三、论述题

根据本章所学内容,论述我国冷链食品的发展现状及主要问题并提出改进措施。

【即测即练】

第 2 章

水果与蔬菜

【本章导航】

本章主要介绍果蔬的分类及化学组成；果蔬采后生理；果蔬采收要求及商品化处理规程；果蔬的低温贮藏及冷链运输。介绍果蔬从采摘到成为商品的各个操作流程,包括一般果蔬、鲜切果蔬和速冻果蔬。

导入案例

采后保鲜不当至浪费惊人

我国是果蔬生产大国,水果、蔬菜产量均居世界前列,但由于缺乏高效、实用、节能、安全的果蔬保鲜技术和装置,尤其是缺乏产地预冷装置和冷藏运输设备,我国在果蔬保鲜这块落后许多。在供应链中,水果和蔬菜的损失或浪费高于其他食品。研究报告称,中国80%以上的果蔬以常温物流或自然物流为主,导致果蔬的采后损失严重。相比西方发达国家,中国果蔬损耗率达20%~30%,远高于西方国家的5%。每年约有1.3亿吨的蔬菜和1200万吨的果品在运输中损失,腐烂损耗的果蔬可满足近2亿人的基本营养需求,造成的经济损失达750亿元。也就是说,这么多新鲜果蔬还没机会到达消费者面前,就已经坏掉了。触目惊心!果蔬高损耗是由采收不当、采后处理技术落后、贮藏条件不到位等原因造成的,而其中果蔬的保鲜问题贯穿全程,所以保鲜难题成为果蔬降低损耗的关键点,也是其痛点所在。

资料来源:果蔬年损耗1亿多吨,当前国内水果市场三大痛点引人深思。搜狐新闻,https://www.sohu.com/na/478916711_120556826.

2.1 果蔬的分类

2.1.1 水果的分类

我国国土辽阔,地跨寒、温、热三带,自然条件复杂,水果和蔬菜的种类繁多,是世界上果蔬资源极其丰富的国家之一。经初步统计,目前果树存在50多类、800余种。我国在早期就将水果划分成了五果,分别是枣、李、杏、栗、桃。一般而言,按照水果中所含糖分及水果酸的含量,可以将水果分为酸性、亚酸性和甜性三类。按照果树植物适宜的栽培气候

条件,可以将果树分为温带果树、温带和亚热带常绿果树。中医通常把水果分为寒凉、温热、甘平三类。

目前,通常按果实形态构造不同将水果大致分为核果类、仁果类、浆果类、柑橘类等。

1. 核果类

核果是由单心皮上位子房发育而成,外果皮薄,中果皮肉质化,内果皮坚硬,食用部分主要是中果皮。由于内果皮硬化形成核且其内包含种子,因此称为核果。核果类水果极易与仁果类水果混淆,它们最大的区别在于核果类水果只有一个核,而仁果类水果有多个核。核果类水果的种类有很多,如桃、杏、枣、樱桃、橄榄等,仅仅处于蔷薇科的桃类别下的品种国内就有 800 多个,而李子已知的也有 40 多种。

2. 仁果类

仁果类水果也常被称为梨果类水果,果实中心有薄膜状的种子室壁,室内含有无硬壳的种仁,因此又被称为“假果”。仁果类水果比较耐贮藏,如苹果、梨、山楂、海棠、花红(沙果)、枇杷、油柑、榲桲等。其中苹果种类繁多,可分为早熟种、中熟种、晚熟种,属于甘平类水果,适合各种体质的人食用。梨在我国的分布也特别广泛,遍及各省区市,包括秋子梨系统、白梨系统、沙梨系统、洋梨系统。

3. 浆果类

浆果是单心皮或多心皮合生雌蕊,由上位或下位子房发育形成的果实,外果皮薄,中果皮和内果皮肉质多汁,内有一粒至多粒种子。浆果类的水果一般果实较小,成熟后果肉呈浆液状,因此被称为浆果。浆果的种类有很多,包括:落叶果树的果实,如草莓、葡萄、猕猴桃、石榴、桑葚、柿子、无花果、树莓、醋栗、穗醋栗(黑加仑)、越橘等;常绿果树的果实,如龙眼、荔枝、杨桃、火龙果、莲雾等。

4. 柑橘类

柑橘类水果属芸香科下属植物,是柑橘属、金柑属和枳属植物的总称。柑橘类包括橘、柑、橙、柚、柠檬五大品种,一般来说可分为四类,即柑子、橙子、橘子和柚子,还可以详细分为柑橘、柳丁、葡萄柚等 27 种水果。柑橘类水果营养价值和保健价值较高,富含果糖、柠檬酸、维生素以及人体必需的钙、磷、镁、钠等元素。

5. 其他类

水果家族庞大,除上述 4 个类别外,还可以分为其他类别。比如,瓜果类有西瓜、甜瓜、香瓜、白兰瓜、哈密瓜等;热带及亚热带水果类有菠萝、杧果、榴梿、红毛丹等。

2.1.2 蔬菜的分类

我国栽培的蔬菜有 200 多种,其中普遍栽培的有 50~60 种。蔬菜的营养价值很高,分类也是大有讲究,通常从三方面对蔬菜进行分类:植物学,食用器官,农业生物学。

1. 植物学分类

单子叶植物主要有：藜科(根甜菜、菠菜等)，落葵科(红落葵、白落葵等)，苋科(苋菜等)，睡莲科(莲藕等)，十字花科(白菜、萝卜、花椰菜、甘蓝等)，豆科(豆薯、菜豆等)，伞形科(芹菜、香菜、胡萝卜等)。

双子叶植物主要有：旋花科(蕹菜等)，唇形科(薄荷、荆芥、罗勒、草石蚕等)，茄科(马铃薯、茄子、番茄、辣椒、甜椒等)，葫芦科(黄瓜、丝瓜、南瓜、苦瓜、佛手瓜、蛇瓜等)，菊科(茼蒿等)。

2. 食用器官分类

根菜类：肉质根类(萝卜、胡萝卜、大头菜、辣根等)，块根类(甘薯、豆薯等)。

茎菜类：地下茎类(马铃薯、芋头、藕、姜等)，地上茎类(莴苣、茭白、榨菜等)。

叶菜类：不结球叶菜(小白菜、菠菜、芹菜等)，结球叶菜(甘蓝、大白菜等)，香辛叶菜(韭菜、葱、茴香等)，鳞茎类(洋葱、百合等)。

花菜类：花椰菜、青花菜等。

果菜类：黄瓜、番茄、茄子、菜豆等。

种子类：莲籽等。

3. 农业生物学分类

根菜类主要包括萝卜、胡萝卜、根用芥菜、大头菜等。这类蔬菜食用部分为膨大的直根部分，大多生长在冷凉气候区。

白菜类主要包括白菜、芥菜、甘蓝等。其大多喜欢冷凉、湿润的气候，有较高的水质和肥力要求。

绿叶蔬菜主要包括莴苣、芹菜、菠菜、茼蒿等。这类蔬菜的食用器官是幼嫩的绿叶或茎，需要水分和氮肥的持续供应。

葱蒜类主要包括洋葱、大蒜、大葱、韭菜等。

茄果类主要包括茄子、番茄、辣椒等。

瓜类主要包括南瓜、黄瓜、丝瓜、苦瓜、冬瓜等。

豆类主要包括菜豆、豇豆、毛豆、扁豆等。

薯芋类主要包括马铃薯、山药、芋、姜等。

水生蔬菜主要包括藕、茭白、水芹等。

多年生蔬菜主要包括金针菇、竹笋、百合等。

食用菌类主要包括蘑菇、草菇、香菇、金针菇、杏鲍菇等。

其他蔬菜类包括芽苗菜和野生蔬菜等。

2.2 果蔬的化学成分

1. 水分

水果和蔬菜的含水量很高，新鲜果蔬的平均含水量为80%~90%，有些果蔬(如西

瓜、黄瓜、西红柿等)的含水量可以达到90%以上。果蔬中的水分根据存在状态主要分为游离水和结合水两类,结合水又包括胶体结合水和化合水。游离水又称自由水,与非水组分作用较弱或基本没有作用,是果蔬组织细胞中的良好溶剂,也是各种生化反应的介质,但这部分水易结冰,易蒸发损失。结合水又称束缚水,在果蔬中与非水组分通过氢键结合,牢固且不易流动,很难被蒸发、分离。果蔬中含量最多的水为游离水,占果蔬总含水量的70%~80%,其余为结合水。比如,苹果中总含水量为88.7%,其中游离水含量为64.6%,结合水含量为24.1%;甘蓝中总含水量为92.2%,其中游离水含量为82.9%,结合水含量为9.3%;马铃薯中总含水量为81.5%,其中游离水含量为64.0%,结合水含量为17.5%。水果蔬菜因为含有大量的水分而变得鲜嫩多汁,也正是因为含水量丰富给微生物生长繁殖提供了有利环境,造成果蔬的腐败、变质。

2. 碳水化合物

果蔬中的碳水化合物主要包括糖、淀粉、纤维素、半纤维素、果胶等,是果蔬中干物质的主要成分。

果蔬所含糖分主要有蔗糖、葡萄糖和果糖,另外还有甘露糖、半乳糖、木糖、核糖等。不同类型水果的含糖量有所差异:在仁果中,果糖含量较高,葡萄糖和蔗糖次之;在核果中,蔗糖含量较高,葡萄糖和果糖次之;浆果中蔗糖含量特别少,少于1%,而葡萄糖和果糖含量大致相同;柑橘类蔗糖含量较高。此外,同一类型水果中的总含糖量也有差异。比如,仁果中苹果的含糖量为6%~10%,梨的含糖量为10%~14%,山楂的含糖量要比梨和苹果高,达到25.1%;核果中桃子的含糖量在10%左右,各种枣类含糖量在30.5%~84.4%;浆果中葡萄的含糖量为10%~12%,石榴的含糖量在18.4%~19%。在总含糖量相同的情况下,果糖含量较高的会更甜一些,如苹果、梨、枇杷、香瓜、西瓜;而葡萄糖含量高的水果甜度相对较低一些,如猕猴桃、葡萄、桃子。但如果是同一种水果,口感更甜的含糖量会更高。相对于水果,蔬菜的含糖量普遍较低。如韭菜、油菜的含糖量在4%左右,生菜的含糖量只有1%左右。

淀粉属于多糖类化合物,在马铃薯、红薯、山药、芋头等薯芋类蔬菜中含量较高,像马铃薯、山药的淀粉含量可以达到14%~17%。另外,淀粉也存在于一些未成熟的水果中,伴随着果实成熟淀粉逐渐转化为糖,淀粉含量下降。比如香蕉的淀粉含量在绿熟阶段为20%~25%,而在成熟时则小于1%。

纤维素和半纤维素是构成植物细胞壁的主要成分,决定了细胞的形状和硬度。纤维素和半纤维素是膳食纤维的主要组成部分,虽然不能被人体消化,但能刺激肠的蠕动,起到辅助消化的作用。水果中纤维素的含量为0.2%~4.1%,半纤维素的含量为0.7%~2.7%;蔬菜中纤维素含量为0.3%~2.3%,半纤维素的含量为0.2%~3.1%。

果胶是一种白色无定形物质,无味,是构成细胞壁的主要成分,在果实的块茎、块根等植物器官中含量较多。在果蔬组织中,果胶物质主要以原果胶、果胶、果胶酸三种形态存在。原果胶存在于未成熟的果蔬中,随着果蔬的成熟,原果胶酶将其分解为溶于水的果胶。果胶与纤维素分离使得细胞结合力下降,从而使果实变得松软。不同种类的果蔬果胶含量有所差异,如山楂中含量为6.4%,苹果中为1%~1.8%,而大多数蔬菜的果胶含

量较低。

3. 含氮物质

果蔬中的含氮物质主要包括蛋白质、氨基酸、酰胺、铵盐等。蛋白质在果蔬中的含量较低,水果中蛋白含量较高的有香蕉、菠萝蜜等,蔬菜中蛋白含量较高的有马铃薯、芋头、毛豆、豌豆、蚕豆等,叶菜类中蛋白含量较少。另外,果蔬细胞中还存在各种酶类,在果蔬的生理代谢中发挥着重要的催化作用。比如成熟的苹果、香蕉、杧果等质地变软就是由于果胶酯酶和多聚半乳糖醛酸酶活性增强引起的。

4. 脂类

果蔬中脂类含量较少,大多数果蔬小于 0.5 mg/g,主要为不易挥发的油脂和蜡质。果蔬种子中脂类含量较高。比如核桃中脂肪含量为 65%,花生中为 45%,多用来提取植物油。除此之外,像苹果、李子、柿子等水果表面会有一层薄的蜡质,主要成分是高级脂肪酸和高级一元醇形成的酯,有利于降低果实病害、减少果实水分丧失。

5. 维生素

维生素在极性以及非极性介质中的溶解性不同,可分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类。

(1) 脂溶性维生素:包括维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K。这类维生素在食物中多与脂质共存,不溶于水,溶于脂肪以及乙醚等非极性有机溶剂,大多只含有碳、氢、氧三种元素,稳定性较强。

(2) 水溶性维生素:包括 B 族维生素和维生素 C。这类维生素与脂溶性维生素不同,除了碳、氢、氧三种元素外,有的还含有氮和硫等元素,在人体内储存较少,从肠道吸收后,多余的水溶性维生素会随尿液排出。

果蔬是食品中重要的维生素来源。维生素 A 具有维持正常视觉,调节细胞生长和分化,提高免疫力,促进细胞膜表面糖蛋白合成,抗氧化等生理功能。胡萝卜素被称为维生素 A 原,它本身不具有维生素 A 的生理活性,但是会在人体和动物的肠壁以及肝脏中转变成维生素 A,绿叶蔬菜、胡萝卜、南瓜、辣椒等果蔬中含有较多的胡萝卜素。维生素 E 具有抗氧化,清除自由基,抗衰老,美容,调节血小板的黏附力和聚集的作用。维生素 K 具有加速血液凝固的作用。维生素 E 和维生素 K 主要存在于植物的绿色部分,像莴苣主要富含维生素 E,菠菜、甘蓝主要富含维生素 K。

相比脂溶性维生素,水溶性维生素由于其易溶于水的特性,在果蔬贮藏过程中更易流失。维生素 B₁(硫胺素)主要存在于谷类、豆类中,具有维持正常食欲、胃肠道蠕动和消化液分泌的功能。维生素 B₂(核黄素)在绿叶蔬菜中含量较多,参与体内的生物氧化与能量代谢,维护皮肤和黏膜的完整性,是维持眼睛健康的必要成分,并在氧化反应中起辅酶作用。含维生素 C 的果蔬有很多,如菠菜、大白菜、甘蓝、茄子、番茄、黄瓜、橙子、柚子等,它能参与人体代谢活动,加强对病菌的抵抗力,改善铁、钙和叶酸的利用。

6. 无机盐(矿物质)

果蔬中含有铁、钙、钾、镁等多种矿物质,其中钾的含量最高,钙、铁的含量也很丰富,它们在人体中呈碱性,可以中和体内的酸性物质以维持酸碱平衡。香蕉中钾、镁的含量丰富,其中钾的含量为 347.75 mg/100 g,镁的含量为 27.42 mg/100 g。大白菜、西红柿、马铃薯中含有铜元素,而缺铜会引起失眠、贫血、心血管功能降低的现象。在蔬菜中,矿物质含量在叶菜类中占 0.4%~2.3%,在茄果类中占 0.4%~0.5%,在根菜类中占 0.6%~1.5%,在瓜类中占 0.2%~0.7%。

7. 色素

人们通常根据色泽来判断果蔬的成熟度,果蔬的色泽与其色素含量及性质有关。按色素的溶解性以及植物体中的存在状态,色素可分为脂溶性色素(质体色素)和水溶性色素(液泡色素)两类。

脂溶性色素包括叶绿素(绿色)和类胡萝卜素(红、橙、黄),其中类胡萝卜素包括胡萝卜素、叶黄素和番茄红素。胡萝卜素呈现橙黄色,在胡萝卜、南瓜、辣椒等蔬菜中及杏、黄桃等水果中含量较高,大多在果蔬成熟时才会显现出来。叶黄素呈现黄色,当叶绿素分解后,香蕉和番茄的黄色就会显现出来。番茄红素表现为橙红色,主要存在于番茄、西瓜中。

水溶性色素包括花青素和花黄素。像紫薯、蓝莓、葡萄等果蔬之所以呈现蓝紫色或紫黑色,就是因为富含花青素。pH、温度、光照、湿度都是影响花青素的重要因素。温度过高会使花青素糖苷和茚环水解,使其变为棕色。研究表明,25℃下的蓝莓花青素最稳定,60℃时的蓝莓会由蓝紫色转为无色;4℃时蓝靛果的花青素保留率最高。花黄素包括橘皮素、柠檬素、圣草素等,一般呈现浅黄色,偶尔呈鲜橙色,遇碱呈现深黄色、橙色甚至褐色。

8. 有机酸

果蔬中的有机酸有柠檬酸、苹果酸、酒石酸、草酸、琥珀酸等,有机酸的含量与其品种、成熟度以及气候条件有关。柑橘类果实中的柠檬酸含量较高,可达6%~7%;苹果中的有机酸有草酸、苹果酸、酒石酸等,其中以苹果酸含量最高;葡萄中的有机酸有琥珀酸、酒石酸、苹果酸等,其中以酒石酸含量最高;菠菜、竹笋等蔬菜中含有较高含量的草酸。

9. 多酚类物质

果蔬中富含多酚类化合物,包括酚酸类、黄酮类、单宁类、花色苷类等。多酚类化合物又被称为“第七类营养素”,对人体健康具有多种功效。大量研究表明,果蔬的抗氧化作用主要来自多酚类物质,酚类物质对于许多疾病,如糖尿病、心脑血管疾病、肥胖、免疫紊乱、神经退化性疾病、癌症和艾滋病等都有一定的预防或治疗效果。例如,葡萄酒中的白藜芦醇和多种类黄酮成分都具有较强的抗氧化性,对冠心病有良好的防治作用;茶叶中富含茶多酚,茶多酚具有抗衰老、预防肿瘤、抗辐射、抗菌、杀菌等多种生理作用;豆类中的多酚类物质具有防治乳癌和骨质疏松的作用。此外,果蔬的品质也与多酚类物质有关。例

如,柿子的涩味主要是单宁引起的;切割后的苹果、马铃薯、山药等果蔬容易发黑,是由于多酚类物质易在多酚氧化酶和过氧化物酶等酶的催化下发生氧化聚合,导致表皮褐变。

2.3 果蔬的采后生理

2.3.1 呼吸作用

果蔬在采摘后虽然脱离母体,但仍是一个活的有机体,不断进行有序的生命活动。呼吸作用是果蔬的生命细胞通过某些代谢途径将有机物质分解的同时产生能量的过程,进而给机体各种代谢活动提供所需的能量。除了补光条件下的叶菜类,果蔬采后光合作用几乎不再进行,生命活动以呼吸作用为主。

1. 呼吸类型

按氧气是否参与果蔬的呼吸过程,呼吸分为有氧呼吸和无氧呼吸。

有氧呼吸是在氧气充足的条件下,细胞将碳水化合物、有机酸、蛋白质等有机物作为呼吸底物彻底氧化分解,产生水和二氧化碳同时释放出能量的过程。有氧呼吸(以葡萄糖作为呼吸底物为例)的反应式为



其中,409 kcal(千卡)是以热能形式释放的,没有被生物活细胞或某些代谢活动所利用,这会使得采后贮藏、物流运输过程中温度升高。

无氧呼吸是发生在缺氧的条件下,呼吸底物发生不彻底的氧化分解,有的产物为乙醛、酒精,有的产物为乳酸(马铃薯块茎、甜菜块根等),并产生少量的能量。无氧呼吸(以葡萄糖作为呼吸底物为例)反应式为



果蔬在采后失去了环境中养分的供给,为维持正常的生命活动,呼吸作用是十分必要的,果蔬中的干物质会通过呼吸作用逐渐被消耗。无氧呼吸分解呼吸底物不彻底,产生的能量比有氧呼吸少,必须消耗更多的有机物才能获得和有氧呼吸相当的能量。此外,无氧呼吸积累的有毒物质在贮藏过程中还会对果蔬造成损害,使果蔬风味劣变、贮藏期缩短。因此,贮藏过程中应尽量避免无氧呼吸。

2. 呼吸跃变现象

为了更准确地描述呼吸过程,可以用呼吸强度来衡量呼吸速率的快慢。在一定温度下,呼吸强度一般用单位时间内单位重量产品放出的 CO_2 量或吸收的 O_2 量来表示,常用单位是 $\text{mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 或 $\text{mg O}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。果蔬在贮藏过程中的呼吸强度并不是一成不变的,在发育、成熟、衰老的过程中均有所变化,不同类型果蔬的呼吸强度变化趋势也不同。某些果实的呼吸强度在发育定型之前会不断下降,在成熟后又显著上升,当达到一个峰值后转为下降,这种现象称为呼吸跃变现象。具有呼吸跃变现象的果实称为跃变型果实,常见的有苹果、梨、香蕉、杏、李、猕猴桃、榴梿、无花果、番茄等。还有一些果实

没有呼吸高峰的出现,呼吸强度变化平缓。不具有呼吸跃变现象的果实称为非跃变型果实,常见的有柑橘类(甜橙、柚子、柠檬等)、葡萄、草莓、荔枝、茄子、辣椒、黄瓜、西葫芦等。跃变型果实在发生呼吸跃变的同时会出现成分和质地的变化,可以较为明显地看出从成熟到完熟的过程,如香蕉外皮由绿转黄、内部组织软化,而非跃变型果实则不是很明显。

3. 影响呼吸作用的因素

温度是影响果蔬呼吸作用的主要因素之一,在一定范围内,呼吸强度会随着温度的升高而增强,底物消耗增加,贮藏寿命缩短。一般在 $5\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,环境温度每升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 呼吸强度增加的倍数,称为温度系数(Q_{10})。大多数果蔬的 Q_{10} 在低温范围内要明显高于高温范围内。比如桃果实的 Q_{10} 在 $0\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为4.10,在 $11\sim 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为3.15,在 $16.6\sim 26.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为2.10。这一特性表明低而稳定的贮藏温度对于保持果蔬呼吸作用十分必要,温度波动会使呼吸作用明显增强,不利于果蔬产品的贮藏。但是贮藏温度并不是越低越好,为避免出现冷害甚至冻害现象,应严格控制果蔬的贮藏温度。

湿度会影响果蔬的呼吸作用。一般来说,在相对湿度高于80%时,呼吸作用基本不受影响,过低的湿度则影响很大。对于洋葱而言,贮藏期间的低湿环境可以降低呼吸强度,抑制发芽,使得器官保持休眠状态,延长贮藏期。甘薯是耐湿性果蔬,高湿度使呼吸强度降低,对贮藏产生有利影响。

气体环境也会影响果蔬的呼吸作用。在果蔬贮藏期间,影响呼吸作用的气体成分主要是 O_2 、 CO_2 、乙烯。适当降低环境中的 O_2 含量和提高 CO_2 含量可以减弱果蔬的呼吸强度,延缓呼吸高峰的出现,减少底物消耗,同时抑制乙烯的生物合成。但较低的 O_2 (含量低于2%)可能会导致无氧呼吸产生,造成果蔬的生理损害。此外,对于那些乙烯敏感型果实,在贮藏环境中可放置乙烯吸收剂,防止乙烯积累过量,从而延长贮藏时间。

2.3.2 蒸腾作用

果蔬中的水分高达85%~96%,水分使果蔬保持光泽、饱满、鲜活的状态,在果蔬的生命活动中发挥着十分重要的作用。在贮藏期间,果蔬中的水分会以水蒸气的形式散失,这个过程称为蒸腾作用。采收前的果蔬通过根系可以从土壤中补偿因蒸腾作用失去的水分,但采收后的果蔬由于根系脱离了土壤,导致失去的水分没有办法得到补偿,就会出现萎蔫、重量减小等现象。

1. 蒸腾作用对果蔬的影响

果蔬采摘后由于蒸腾作用会出现失鲜现象,因此果蔬表面失去光泽,形态萎蔫,外观不再饱满,不再新鲜和脆嫩。叶菜类失鲜表现为颜色不再鲜绿,叶子萎蔫等;萝卜失鲜会发生糠心现象;苹果失鲜会出现表皮皱缩、脆性降低。另外,蒸腾作用旺盛的果蔬往往会出现失重现象。比如,在 $2.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保藏的苹果,每周因失水失去的重量大约是总重的0.5%。

大多数果蔬的失水会对贮藏造成不利影响,还会造成果蔬自身代谢紊乱。比如,冬枣失去一定水分后会引发蔗糖水解酶、糖苷酶活力的提高,果实甜度下降,风味损失。但某

些果蔬的失水也会抑制其代谢,如大白菜收获后稍微晾晒使其失去适量水分,有利于降低呼吸强度,机械损伤减少,便于码垛。

在贮藏果蔬的冷库中,空气湿度过大,温度发生波动,此时在冷热交界面就可能出现结露现象。当库中堆积量过大或是以大箱保存果蔬时,在堆内或大箱的表面会出现很多水珠。温差是果蔬出现结露现象的根本原因,当果蔬没有经过降温就直接放到低温环境中时,在果蔬表面就会形成水珠,出现结露现象,出现结露现象的果蔬腐败的可能性增大。因此,可以通过在果蔬入库之前进行预冷、在贮藏过程中维持稳定低温、对贮藏环境进行适宜通风、果蔬堆积体积适宜、出库时进行升温操作等措施减小贮藏过程中的温度波动,以避免结露。

2. 影响蒸腾作用的因素

蒸腾作用与果蔬自身的表面积比(表面积与体积或重量之比)、表面组织结构、细胞的持水力以及果蔬的成熟度等都有关系。果蔬的表面积比越大,因蒸腾作用失去的水分就越多,如同样条件下叶菜类要比根茎类的表面积比大,失水多。蒸腾作用一般通过植物器官表皮层上的气孔与皮孔进行,叶片上多为气孔,根茎上多为皮孔。蒸腾失水的速率与表面开孔的数量有关,周围保卫细胞的含水程度可以调节其开闭。当果实成熟时,角质层会变厚,蜡质层形成充分,对水分的保持产生有利影响。

光照、温度、湿度、空气流动等都是影响蒸腾作用的外界因素。光照越强,蒸腾失水速度越快。温度是影响蒸腾作用的主要因素,通过改变空气中的水蒸气压力差来影响蒸腾作用,温度越高,蒸腾作用越高,降低温度可有效抑制蒸腾作用。不同种类果蔬的蒸腾作用受温度影响有所差异:有些果蔬的蒸腾失水速度随温度的降低迅速变慢,如柿子、橘子、西瓜、马铃薯、南瓜等;有些果蔬的蒸腾失水速度随温度的降低逐渐变慢,如无花果、葡萄、萝卜等;还有一部分果蔬蒸腾失水速度与温度关系不大,如草莓、樱桃、芹菜、茄子等。贮藏环境中的湿度越大,失水速率越低。增大果蔬附近的空气流动会使水蒸气压力差增大,从而提高果蔬失水速率。

2.3.3 成熟与衰老

果蔬在授粉后可以分为生长、成熟、衰老三个生理阶段。成熟与衰老是两个不同的阶段,但又有着不可分割的关系,果蔬在成熟过程中也伴随着衰老。

1. 成熟与衰老的概念

果蔬在经过细胞、组织分化和生长发育后,果实达到一定形状并开始成熟,这个过程称为果蔬的生理成熟。当果实不再生长,会进行一系列化学变化产生特有的香气、颜色、味道等,并且达到最佳食用阶段,这个过程称为完熟。一般来说,生理成熟到完熟的过程都叫作成熟,而完熟的前提是果蔬达到生理成熟。有些果蔬完熟的过程是发生在植株上,有些则发生在采摘后。例如,番茄一般在达到生理成熟后采摘,在采摘后的贮运阶段由绿转红并形成特有的香气和风味,达到可食用的完熟状态。衰老是指果实在达到最佳食用状态后发生组织退化、细胞崩溃和质量劣变的过程。

果实成熟、衰老后,蜡质和角质层会发生变化。比如,柑橘类果实成熟后蜡质层变得更硬,结构变得明显直到出现裂缝;苹果达到成熟后表面黏性增大,蜡质软化;番茄达到成熟后会形成厚厚的角质层,表皮变厚。有些还会出现叶柄和果柄脱落现象,如树莓在成熟后果实会与植株分离。一般来说,果蔬在未成熟前大多呈现绿色,在成熟后就会出现不同且固有的颜色,这主要是与果蔬中存在的色素类物质有关。叶绿素的存在使果蔬呈现绿色,但是成熟及采收后的果蔬不再合成叶绿素,果蔬的绿色消失,像杏、黄桃、胡萝卜、番茄等果蔬中的类胡萝卜素显露出来,呈现果蔬特有的颜色。对于绿叶蔬菜,绿色的褪去则意味着其品质下降,可通过低温、气调贮藏抑制叶绿素的分解。果蔬在成熟与衰老的过程中,其风味也会发生变化。黄瓜在幼嫩时期有涩味,在由成熟向衰老演变的过程中,涩味逐渐消失,甜味增强,这是因为单宁在果蔬成熟的过程中含量逐渐下降。

2. 成熟与衰老的调控

为了延长果蔬的贮藏寿命,温度控制尤为重要。首先,应采用适当的低温,在保证果蔬生命活动正常进行的前提下,将代谢活动降到最低水平。大部分果蔬在 $20\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时乙烯合成速度最快,低温可以抑制乙烯的生物合成,进而影响乙烯的作用效果。然而,对低温敏感的果蔬则不宜在低温下放置过长时间,因为过低的温度会造成果蔬冷害或冻害,出现冷害的果蔬乙烯合成反而会增加。在果蔬贮藏过程中,气体成分也是影响成熟衰老进程的重要因素。在一定范围内,低氧可以抑制乙烯的合成。一般情况下,当 O_2 浓度小于8%时,可以有效降低果蔬中乙烯的合成。适当增加 CO_2 浓度也能够抑制乙烯的合成,从而延缓果蔬的成熟与衰老。 CO_2 的作用效果与浓度有关,如3%~6%的 CO_2 能有效抑制苹果中乙烯的合成,而当浓度达到6%~12%时,其作用效果反而下降。当不同种类或者同种类不同成熟度的果蔬混在一起贮藏时,乙烯生成量较多的果蔬所产生的乙烯会促进乙烯生成量较少的果蔬成熟,因此要注意避免混合存放。

2.3.4 休眠与发芽

1. 休眠与发芽的概念

植物及其器官在生长发育或世代交替过程中,当遇到不良的环境条件时,有的器官为了保持生存能力会暂时停止生长进入相对静止状态,这种现象称为“休眠”。休眠是果蔬在生长发育期间暂时休息的一个时期,此时果蔬的营养物质消耗少,进行最低水平的生理活动,蒸腾失水作用降低,但仍旧保持正常的生命活动,抵抗严寒、酷暑、干旱等不良环境的能力增强。像一些块茎、鳞茎、球茎以及根茎类蔬菜都会发生休眠现象。

休眠根据其生理特点可以分为强迫休眠和生理休眠两种类型。强迫休眠是指果蔬在生长发育过程中,由于受到干旱、寒冷等不良外界环境而迫使其进入休眠状态。发生强迫休眠的果蔬在遇到适宜的发芽条件时会发芽,如白菜、萝卜在寒冬来临时会进入休眠状态,在温度回暖后便开始发芽。生理休眠是指果蔬在内在因素的影响下进入休眠,由休眠组织内部信号独自诱导引发。发生生理休眠的果蔬即使给予适宜的环境条件也不会发芽。进入休眠状态的果蔬贮藏时间变长,因此要通过控制外界环境来延长果蔬的休眠期。

可以给果蔬提供不适宜生长的温度、湿度等外界环境,使其尽快进入休眠并延缓苏醒。

果蔬的休眠期可以分为休眠前期、生理休眠期、休眠后期三个阶段。休眠前期是指果蔬收获后通过增加自身表皮和角质层的厚度来适应新的环境,通过形成膜质鳞片来减少因蒸腾作用失去的水分并抵挡病毒,在伤口处形成木栓组织或周皮层,加快愈合速度,加强对自身的保护。生理休眠期的果蔬即使给予适宜的环境也暂时不会发芽,但贮藏环境会影响果蔬生理休眠期的长短。比如 $0\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温会解除洋葱的休眠,高温、低温、物理或化学方法能够打破葡萄冬芽的休眠。果蔬在度过生理休眠期时,如果没有遇到适宜的温度、充足的水分和氧气,就会继续处于休眠状态。例如,处于温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90% 条件下的板栗在1个月内就会发芽,说明板栗在室温下就可以解除休眠,而如果在板栗休眠解除前使其处于 $-4\sim -2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷藏状态下,则会抑制呼吸的回升以及内源激素的合成,使休眠不被解除。

2. 休眠与发芽的调控

休眠是一种复杂的生理过程,只有根据果蔬的自身特点及休眠规律合理地控制一些条件,才能最大限度地调控休眠,进而对果蔬贮藏产生有利影响。

温度是影响休眠期长短的最主要因素。例如,低温可以延长板栗的休眠期;高温、干燥的环境有利于马铃薯、洋葱、大蒜等蔬菜的休眠;萝卜在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右能够延长休眠期而不发芽。低温、少氧、低湿度可以抑制呼吸强度,也能延长休眠期,因此,在贮藏期间,应尽量保持低温、干燥环境,防止休眠的解除,抑制发芽。此外,适当降低 O_2 浓度和提高 CO_2 浓度也是延长休眠期的有效手段,但对于马铃薯,气调贮藏并不是延长其休眠期的最佳手段。为了抑制发芽,可使用青鲜素、萘乙酸等作为抑芽剂。青鲜素的喷药时间一般在采前两周,过早会影响产量,过晚叶片出现干枯没有效果,多使用在洋葱、大蒜、块茎类、大白菜、萝卜等蔬菜上。萘乙酸的用量在果蔬休眠初期要高,而到了发芽前则需要减少其用量。对块茎、鳞茎类蔬菜可以采用 γ 射线处理,用来破坏芽的生长点,延缓发芽。比如对马铃薯用 $80\sim 100\text{ Gy}$ 的 γ 射线处理,可以让它在常温下3个月到1年不发芽。在使用辐照处理时,要注意时间和剂量,大多在休眠中期使用,要根据果蔬自身的特点决定剂量。

2.4 果蔬的采收及商品化处理

2.4.1 果蔬的采收

采收既是果蔬栽培的结束,也是作为商品进入流通领域的开始。采收是一个复杂的过程,采收前要对果蔬的采后用途、贮藏时间、运输方式、运输距离等有一定的了解。正确的采收时期与采收方法对果蔬的采收效果影响很大。采收过早,果蔬还未具有固有的色、香、味且营养价值低;采收过晚,进入成熟衰老期的果蔬不利于贮藏。果蔬采收状况的好坏影响果蔬的商品化处理和经济价值,因此要按照“及时、无损、保质、保量、减少损失”的原则进行采收。

1. 采收期的确定

1) 成熟度类型

果蔬的成熟度包括采收成熟度(初熟)、食用成熟度(完熟)、生理成熟度(过熟)三种形态。采收成熟度是指果蔬的大小已经确定,但是没有充分表现出色、香、味等特征,未达到最佳食用价值。苹果、香蕉、番茄等在此阶段采收后经过一段时间的贮藏,达到其固有的品质。食用成熟度是指此时果蔬已经具备特有的色、香、味,达到可鲜食的程度并且食用价值最高。桃、李、杏、葡萄以及大部分蔬菜等都可以在此时采收,采收后直接销售,但是不宜长期贮藏。生理成熟度是指果蔬在生理上已达到充分成熟阶段,组织开始变软,营养、风味等开始下降。

果蔬的采收期对果蔬产量和采后品质有很大影响。确定果蔬的最佳采收成熟度是一件非常重要的事情,应该根据果蔬采后的用途、运输距离的远近、贮藏和销售时间的长短以及产品的生理特点来确定最佳采收期。一般就地销售的产品可以适当晚些采收,而作为长期贮藏和远距离运输的产品则应该适当早些采收。

2) 成熟度指标

果蔬的色泽变化是成熟后首先表现出来的,是鉴别果蔬成熟度的重要标志。成熟度的高低与果蔬颜色的鲜艳程度成正比,达到充分成熟的果蔬颜色最鲜艳,色泽最好。然而,每个人的视觉感受不同,而且很容易受到外界因素的影响,判断标准不是很可靠,因此,可以借助分光光度计或者色差计准确客观地测量。果蔬采收时应综合考虑销售用途、运输途径、食用部位以及品种等因素。例如,打算长期运输及贮藏的番茄应该在绿熟期采收,此时番茄果顶部呈现奶油色;当地鲜销的番茄适合在粉红色或红色时采收;作为就地加工的原料进行制浆、制汁的番茄适合在充分成熟期采收。

果梗脱离的难易程度也是判断果蔬成熟度的关键因素。像苹果、梨、桃子、杏、山楂等果实,当它们达到一定成熟度时,在果柄与果枝之间会产生离层,用手托或者稍微震动就会引起脱落。为防止果蔬因重力坠落,应在产生离层前及时采收。

当果蔬达到一定成熟度时,就会呈现应有的大小和气味,因此,根据果蔬的形态以及风味也可以判断成熟度。成熟的草莓会变得饱满,果实很大,散发出淡淡的果香;冬瓜在成熟过程中表皮的茸毛会消失并伴随着蜡质白粉的出现。

果蔬硬度及饱满程度也是判断成熟度的重要指标。硬度用来表示抗压力的强弱程度,硬度越大,果蔬的抗压能力越强。像结球甘蓝、花椰菜在叶球饱满程度高且硬度大时采收更有利于贮藏;番茄、辣椒变得硬实时采收效果好;有些蔬菜的品质会随着饱满程度的提高而下降,如芹菜、莴笋等,应在变硬前采收。

果蔬中淀粉、糖、有机酸等化学物质含量的变化也可以作为判断成熟度的指标。一般使用可溶性固形物含量、糖酸比(总含糖量与总含酸量之比)以及固酸比(可溶性固形物含量与总酸量之比)的高低来判断成熟度,如四川甜橙的最低采收度的标准是固酸比达到10:1,糖酸比达到8:1。

2. 采收方法

好的采收效果不仅要求在适当的成熟度采摘,对采收方法也有较高要求。果蔬的采收方法包括人工采收和机械采收两种。

1) 人工采收

我国果蔬采收方式主要是人工采收,对于鲜食或打算长期贮藏的果蔬,一般采取人工采收的方式。人工采收的优点如下。

(1) 灵活性较强,可以根据销售运输的需要合理采收果蔬。比如市场上带绿叶子的橘子往往更加吸引人们的眼球,人工采收就可以满足需要并能减少机械损伤。

(2) 可以做到分级、分期采收。由于果树外围果实更容易受到光照,新陈代谢更加旺盛,因此比内膛果更容易成熟,这时候利用人工采收就可以分批进行,并且遵循从外到内、从下到上的顺序进行采摘,防止碰掉其他果实。

(3) 减少机械损伤。像浆果类等鲜嫩多汁的果实,采用人工采收可以做到“轻采轻放”。

但是,人工采收也存在一些缺点,如生产成本高、工具原始效率低、劳动人员多、培训不完善等。

不同果蔬人工采收的方式也有所不同,选择正确合适的采摘工具以及采摘方式是提高采摘效率、减少机械损伤的关键。人工采收一般会采用手摘、刀割、刀切、拔、挖刨等方法,像苹果、梨等果梗和果枝之间产生离层的,一般用手掌向上托起果实,果实即可脱落;柑橘果蒂容易拉伤,可以使用圆头果剪进行一果两剪法,即先从树上将果实剪下来,再将果柄齐萼片剪平;桃子、杏、李成熟后果肉变得柔软,容易造成损伤,因此在采摘前应该将指甲剪平或者是戴上手套,让果实被手掌包住,向上托起,左右轻轻摇动使其脱落;柿子果实应该先用修枝剪剪下,但是要将短果柄和萼片保留,葡萄应该用果剪将整个果穗剪下,轻采轻放。

对于叶菜、花菜,除菠菜外,大部分需要多次采收。多年生的韭菜用刀割时要保留5 cm的叶鞘基部,避免割得太低影响后期产量。大白菜、甘蓝等结球类蔬菜一般用刀将球割下来并保留2~3片外叶保护叶球。对于根茎类蔬菜如萝卜、胡萝卜,在采收时通常先将果实周围的土疏松,然后慢慢拔出,避免机械损伤。

选择人工采收时需注意,应尽量戴手套,选择适宜的采摘工具,使用采收袋或者采收篮,选择合适大小的周转箱,注意采收人员的严格培训,选择合适的采摘时间,提前看好天气等。

2) 机械采收

机械采收最大的优点是提高了采收效率,节省了劳动力,而且减少了因采摘人员过多而引起的培训、管理等一系列烦琐问题。此外,机械采收也存在一些弊端,如只能进行一次采收或者用以加工为目的的果蔬,对机械损伤敏感的果蔬有不利影响等。机械采收有时需要人工采收的配合,如用以加工的草莓,通常在人工采收1~2次后先摘掉早熟的果实,再用机械采收剩下的成熟相对一致的果实。机械采收尤其适用于果梗与果枝之间产生离层的果蔬,可通过强风或者强力振动机械,使得果树高层果实脱落,通过在树下安装传送带或者是软的帆布袋接住掉落的果实,并将其传送至分级包装机里。适合用机械采

收的果蔬成熟期差异不大,适合一次性采收,并且拥有基本是平面的采收面。机械采收对地下茎类蔬菜效果最好,因为这类蔬菜可以使用大型犁耙或挖掘机等机械进行采收,并且配备收集装置、输送装置等,大大提高了采收效率。为了提升采收效果,在机械采收前一般会喷洒放线菌酮、维生素 C、萘乙酸等果实脱落剂。在国外,核桃大多使用机械采收,在采收前 10~20 天,会在树上喷洒 500~2 000 mg/kg 的乙烯利催熟,此时果柄处形成离层造成青果皮开裂,通过摇动树干使果实落地。另外,一般使用机械采收的地区地势比较平坦,有些地势陡峭的地方受地形限制不适合用机械采收。

2.4.2 果蔬的商品化处理

为了使果蔬的营养、外观、安全性以及新鲜度得到最大限度的保持,在果蔬采收后、进入流通领域之前要对其进行一系列的商品化处理。对果蔬进行严格的商品化处理,有利于其商品品质及食用品质的稳定、货架期延长,进而满足现代消费者的消费需求。果蔬的商品化处理主要包括果蔬的整理与挑选、分级、清洗与涂膜、预冷、包装等技术环节。

1. 果蔬的整理与挑选

整理与挑选是为了将采收前遭受病虫害、生长成畸形的果实,采收后带有泥土、残枝败叶、老化根茎等以及在采收过程中受到机械损伤的果蔬进行筛选或剔除,严格的整理与挑选可为后期的包装与贮运带来便利。该过程一般以人工操作为主,在操作时要求操作人员戴手套进行,注意轻拿轻放,避免有瑕疵的果蔬混入其中,并防止产生新的损伤或生物污染。

2. 分级

果蔬在生长过程中由于外界环境以及生长位置的不同,形状、颜色、品质等都会有所差异,即便是同一植株同一枝上的果实商品形状也可能差异很大。因此,对果蔬进行分级是果蔬商品流通和提高产品竞争力的需要。在果蔬成为商品进入流通领域之前,一般在产地进行分级,根据销售市场的不同按照一定的分级标准从果蔬的大小、色泽、重量、形状、清洁度、新鲜度以及机械损伤程度或病虫害损伤程度等方面进行分类。分级使得果蔬产品标准化、商品化,对后期的包装、运输以及市场管理等方面都大有益处,使得不同等级的果蔬产品都能被合理利用,商品效益最大化。

1) 分级标准

果蔬的等级标准可以分为国家标准、国际标准、协会标准和企业标准四种。1954 年,欧共体在日内瓦制定了水果的国际标准,但为了促进经济合作和发展,目前很多标准都已经被重新修订。对于不同果蔬的分级,每个国家都有自己的标准。在我国,鲜苹果、鲜梨、核桃、板栗、红枣、红地球葡萄、鲜食甘薯、皇帝蕉等都已制定了国家标准,除此之外还有一些行业标准。水果的种类、果形大小(果实横径的最大直径)、新鲜度、产品品质等的不同使得等级也不相同。比如我国出口的红星苹果,以每相差 5 mm 为一级,直径 65~90 mm 可分为五级;根据红地球葡萄色泽、果粒、穗重、果粒着色率等等级指标可以将其分为特级、一级、二级、三级。

关于蔬菜,由于可使用部位及成熟的标准不同,通常根据品质、消费者的消费习惯、市场的需求进行分级。比如适合人们生食、蒸煮、烘烤使用的鲜食甘薯根据重量大小可分为一级薯、二级薯、迷你薯、无级别薯,其中一级薯薯块重 200~400 g,二级薯薯块重 100~200 g,迷你薯薯块重 50~100 g,并且这三者的重量不合格率不大于 2%,感官指标不合格率不大于 5%;无级别薯薯块重量小于 40 g 或者大于 400 g,感官指标不合格率不大于 5%(参考 DB32/T 1128—2007)。

2) 分级方法

果蔬的分级方法包括人工分级和机械分级两种。

人工分级是当前比较普遍的分级方法,人们靠自己的视觉判断果蔬产品的颜色、果形大小、机械损伤度等。像草莓、蘑菇、叶菜类等比较容易损伤且损伤能用肉眼识别的果蔬适合用人工分级,能够做到细致挑选,但是效率较低。人工分级也存在着不足之处,如人的肉眼看不到果蔬内部的损伤,必须借助 X 射线等方法,而且每个人对果蔬的判断也会因心理因素产生影响,差异较大,分级不标准。除了靠视觉外,人们通常还会借助分级板,利用板上直径大小不同的孔使横径和着色面积不同的果实分级,这种方法使得同一级别的果实大小比较一致,差别不大。

机械分级比人工分级方便,效率高,能够完成工作量大的分级任务,对于不容易受到机械损伤的果蔬适用。目前,现代化分级设备已经在外销商品基地得到广泛应用。果蔬的机械分级设备多采用电脑控制,有形状分选装置、重量分选装置以及颜色分选装置,其中形状分选装置是根据果蔬产品的形状大小进行分级,适用于樱桃、李子、番茄、黄瓜等;重量分选装置是根据果蔬产品的重量大小与装置系统中最先设定的重量大小比较后进行分级,适用于苹果、梨、西瓜、马铃薯等;颜色分选装置是根据果蔬产品的颜色进行分级,适用于番茄、苹果等在不同成熟期颜色较为复杂的果蔬。此外,有的分选设备还能检测到果实的内部品质,如糖度、酸度等。例如,日本 MAKI 公司生产的分选设备利用光学原理对苹果进行检测,可以测出糖度、硬度、酸度、大小等多个指标,进而对果实进行更精细化的分选。

3. 清洗与涂膜

清洗是对果蔬进行商品化处理的关键步骤,目的是将果蔬表面的污渍或农药残留清除,还可以通过向洗涤水中加入次氯酸钠、次氯酸钙、漂白粉等杀菌剂起到杀菌防腐的作用。一般通过浸泡、冲洗、喷淋的方式对果蔬产品进行清洗,洗涤用水应做到干净卫生,并且水洗后要尽快干燥,否则会引起腐烂变质。经过清洗处理的果蔬要符合商品要求,达到卫生标准。

涂膜又称“打蜡”,多用于水果中,是指在水果表面均匀涂上一层薄薄的透明膜以适当阻碍果实与外界环境的接触,有浸涂、刷涂和喷涂三种方法。涂膜在苹果、柑橘、李子等水果中应用较多,经涂膜后的果实呼吸作用受到抑制,水分的蒸发以及营养物质的消耗降低,衰老速度变缓,果实外观变得更有光泽,商品价值提高。世界上最早使用的涂膜剂有石蜡、松脂、虫胶等,商业上使用石蜡和巴西棕榈蜡较多。近年来,由于人们的消费需求不断提高,果蔬生产厂商普遍使用一些对人体无害无毒的天然蜡、合成或天然高聚物、乳化

剂等涂膜剂。比如乙酸甲壳素,是一种高分子多糖,从节肢动物外壳中提取而来,无毒无害,可以被生物降解。在涂蜡时应注意:①做到厚薄均匀,过薄无法起到保护作用,过厚则会引起果实二氧化碳中毒。②当需要给大量产品涂蜡时,要使用机械化作业,这时要定期检查清洗打蜡机,并使果实烘干。③涂蜡操作只能改善产品外观,对产品质量及贮运起到辅助作用,并不能改善果蔬内部品质,因此不能将成熟度和病虫害等问题忽略掉。

4. 预冷

果蔬预冷是将收获后的产品尽快冷却到适于贮运低温的措施。预冷是冷链物流的首要环节,在贮藏运输之前对果实进行预冷是为了:消除田间热,迅速降低品温;抑制果实的呼吸作用,延缓衰老,减少营养物质损失;抑制微生物的浸染,保持果实新鲜度,延长贮藏时间;减少冷藏运输设备以及冷库的冷负荷,保证果蔬的远距离运输。在果蔬采摘后,应尽量在产地及时预冷,这对于果蔬的品质保持十分重要。例如,在产地及时预冷的黄瓜可以在冷库中贮藏22天,但如果采收后24h再进行预冷,则只能存放12天。另外,预冷还有利于减轻某些冷敏性果实低温贮藏期间冷害的发生,如未经过预冷处理的香蕉会比在15℃下处理3天后在6℃贮藏的香蕉提前3~5天发生冷害。常见蔬菜适宜预冷方式及相关参数见表2-1。

表 2-1 常见蔬菜适宜预冷方式及相关参数

适宜预冷方式	蔬菜种类	预冷温度/℃	预冷时间/min	贮运相对湿度/%
水预冷	白萝卜	3~5	8~10	95~100
	胡萝卜	3~5	9~11	98~100
	马铃薯	3~5	15~30	90~95
	芦笋	3~5	20~40	90~95
	甜玉米	4~5	60~90	95~98
	豌豆	2~5	20~25	95~98
冷库预冷	番茄	9~10	20~30	85~90
	青椒	9~10	10~20	90~95
	黄瓜	9~10	10~15	95~100
	茄子	9~10	20~30	90~96
	生菜	2~3	10~20	98~100
	白菜	2~3	20~30	95~100
	芹菜	2~3	10~15	98~100
	青花菜	2~3	10~20	95~98
	豌豆	2~3	10~15	95
	菠菜	2~3	10~15	95~100
差压预冷	番茄	9~10	3~5	85~90
	青椒	9~10	3~4	90~95
	黄瓜	9~10	3~4	95~100
	茄子	9~10	3~6	90~96
	生菜	2~3	3~5	98~100

续表

适宜预冷方式	蔬菜种类	预冷温度/℃	预冷时间/min	贮运相对湿度/%
差压预冷	白菜	2~3	3~6	95~100
	芹菜	2~3	3~4	98~100
	青花菜	2~3	3~4	95~98
	豌豆	2~3	2~3	95
	菠菜	2~3	2~3	95~100
真空预冷	结球生菜	2~3	20~30	100
	大白菜	3~5	20~40	95~100
	菜心	2~5	12~20	95~100
	芹菜	3~5	20~30	98~100
	菠菜	3~5	20~30	98~100
	韭菜	3~5	20~30	95~100
	蘑菇	2~5	20~30	95
	大葱	3~5	10~20	98~100
	花椰菜	3~5	20~30	95~98
孢子甘蓝	4~6	20~30	95~100	

预冷的种类很多,按预冷机理可分为热传导传热预冷和蒸发相变传热预冷两类。热传导传热预冷技术常用的传热介质有水和空气,相应的预冷方法有水预冷和空气预冷。冷库预冷和差压预冷是以空气为介质的预冷方式,真空预冷是当前蒸发相变传热预冷的主要方法。目前,果蔬的主要预冷方式包括水预冷、冷库预冷、真空预冷、差压预冷,对于个别耐冷性较强且容易腐烂的果蔬也可采用碎冰冷却。

水预冷是指将冷水作为换热介质直接与农产品表面接触,使其迅速降温的过程,通常采用喷淋或浸泡的方式。水预冷具有使果蔬产品快速降温、失水较少、清洗干净的优势,如果果蔬包装容器具有很好的防水性能,则可以对包装后的果蔬进行冷水冷却,但是在冷却结束后要用冷风将其吹干。水预冷所使用的冷水一般是循环使用的,容易滋生病菌,通常会在冷水中添加一些防腐药剂。

冷库预冷是一种简单、实用的预冷方法,它是指将果蔬摊放在冷库中利用制冷机组将库内热量转移到库外,使得蔬菜尽快降温的一种冷却方式。冷库温度以果实贮温为宜,配以冷风机冷却系统,加快降温速度。冷库预冷对果蔬品种的适应性广,对蔬菜的堆积方式限制较少,操作较容易,并且可以兼做贮藏库,建造成本较低,但是冷库预冷时间长,易产生预冷不均匀的现象。

真空预冷就是利用抽真空的方法,使农产品水分在低压条件下迅速蒸发带走热量,达到快速预冷目的。使用真空预冷处理果蔬具有降温速度快、冷却均匀、操作方便的优点,但是适宜真空预冷的果蔬品种有限,容易造成水分大量损失,降低新鲜度,成本费用较高。

差压预冷是冷风预冷的一种,指在具有一定制冷能力的空间内,将农产品按规则排好,利用挡风帘(苫布)将留有的风道覆盖,通过一侧风机向外排风,在空间内产生局部负压,受压力不平衡影响引起空气流通对果蔬进行冷却。差压预冷物流链较发达,在球形以及近圆柱形果蔬的预冷上应用广泛。差压预冷的特点是:提高冷却速度,使冷却更均匀,

耗能降低；适合小型农场，设备成本较低，可以用于冷却大量产品和大型包装箱；冷空气是从低温侧流向高温侧，因此可以避免结露现象。

碎冰冷却主要是通过向包装果蔬的容器中加入碎冰，冰融化吸收果蔬热量使果蔬降温。此法是一个比较古老的冷却方法，适用于西蓝花、荔枝、杨梅、花椰菜、甜玉米、芹菜等与冰接触时不容易发生损害的果蔬或者是在田间收获时需要快速预冷的果蔬，但是碎冰冷却对于果蔬品质的保持是有限的，只能作为其他预冷方式的辅助。

5. 包装

对果蔬产品进行合理包装是果蔬商品化处理的重要步骤，经过包装的果蔬更吸引人的目光，也更具商品价值。包装是将果蔬产品用适当的材料或者容器进行保护，以防止在贮藏和流通过程中因产品之间摩擦、碰撞产生的机械损伤以及尘土、微生物等对产品造成污染和产品腐烂，降低贮运过程中因温度变化给产品带来的损失，减少果蔬中水分的消耗。此外，合理的包装会使果蔬在装卸、销售过程中方便许多，同时也使仓库以及码垛空间得到更好的利用。

果蔬的包装是否达到要求与其包装容器和包装材料密切相关。包装果蔬的容器除了要具备一定的保护性防止果蔬受到碰撞和挤压，还应具备通透性使果蔬在贮运过程中的散热和气体交换得到保证，以及具备一定的防潮性以减少因容器的吸水而造成果蔬腐败的可能性。除此之外，包装容器还应具备外表美观、重量轻便、低成本、材料获取方便且易于回收的特点。

包装容器可分为外包装和内包装，像竹筐、袋子、木箱、瓦楞纸箱、塑料箱等都属于外包装，衬垫、浅盘、包装膜、包装纸等则属于内包装。不同的内外包装各具特点：竹筐价格低廉、大小不一致、容易刺伤产品；塑料箱防潮且轻便、便于清洗消毒、可以反复使用，但是造价较高。除了通过在外包装底部加衬垫、薄垫片或者是将包装材料进行改进使内包装起到防震作用外，还应该采取一定方法使内包装具有防止果蔬失水以及调节气体成分浓度的作用，如内包装材料使用聚乙烯可以有效减少果蔬的蒸腾失水量，在膜上打孔可以解决聚乙烯包装不利于气体交换的问题。

包装果蔬时应注意：果蔬包装前应认真挑选出新鲜、干净、无机械损伤、无病虫害的产品进行分等级处理；为避免果蔬产品受到风吹、日晒、雨淋，应在冷凉条件下进行包装；包装时应做到轻拿轻放，所装果蔬量不能超出包装容器的承受能力；对不耐压、易损伤的果蔬应该在包装容器内添加衬垫物，减少产品之间的碰撞；果蔬包装不能改变果蔬的品质且只能起到一定的保护作用，不能因为好的包装而代替冷藏等贮藏手段。

6. 其他处理

除了上述五个常见的采后处理步骤，有些果蔬还需要进行预贮、愈伤、保鲜防腐、催熟、脱涩等处理。比如，结球白菜采收后的3~5天要在田间晾晒使其表面干缩，表皮韧性得到增强，可以延长贮藏期，减少贮运期的机械损伤；山药在温度38℃、相对湿度95%~100%的环境下愈伤24h，表面微生物的生长可以得到完全抑制，贮藏效果较好；对柑橘类果实使用2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D)可以使其果蒂离层的形成受到抑制，并使果蒂在

贮藏期内保持青绿,减少腐烂、病虫害,延长贮藏期;对香蕉等进行催熟处理,以便在上市前能达到吸引消费者的良好色泽及品质;将柿子进行温水浸泡或者石灰水浸泡都能达到脱涩的目的。总体而言,果蔬在商品化处理时应分品种、分用途灵活操作,如某些果蔬为了便于上市会提前催熟,而打算长时间贮藏的果蔬则不用催熟;马铃薯在采后需要先愈伤而不是预冷;对立即上市的果蔬在采后进行打蜡,而对于要贮藏的果蔬应先预冷贮藏,在上市前进行打蜡。

近年来,随着人们生活节奏的加快和对高品质果蔬产品的追求,鲜切果蔬因其即食、即用、可食率高等优点,日益受到消费者的青睐。鲜切果蔬,也称作预制果蔬、最小化加工果蔬、半加工果蔬、轻度加工果蔬、即食果蔬及即用果蔬等,是指以新鲜果蔬为原料,经分级、修整、清洗、去皮去核、切割、护色、称量、包装等处理而制成的方便果蔬制品,供消费者直接食用或餐饮业使用的一种新式加工产品。与新鲜完整果蔬相比,鲜切果蔬由于受到机械损伤而失去原有表皮的保护,更易遭受失水、变色、营养物质流失、微生物侵染等问题。因此,在鲜切果蔬的加工过程中,加工车间要始终保持在低温状态(一般要求不超过 4°C ,有的甚至更低),切割后的果蔬还要再次清洗,在清洗用水中常加入次氯酸钠进行杀菌。此外,还需要对产品进行卫生检验,包括感官检验、污染物检验、农药残留检验、致病菌检验等,以使产品符合卫生要求。



拓展阅读 2.1 鲜切果蔬保鲜技术及方法研究进展

此外,还可以将果蔬速冻制作成速冻果蔬。速冻是一种快速冻结的低温保鲜方法,是近代食品工业迅速发展的新技术。速冻果蔬是指将果蔬原料经过原料选择、预冷、清洗、去皮切分、烫漂、沥水等预处理后,采用快速冷冻的方法,使其冻结,并在适宜温度($-20\sim-18^{\circ}\text{C}$)下保存使用。近些年,速冻果蔬产业发展迅速,产品形式主要有速冻玉米粒、毛豆、薯类、板栗、西蓝花等,尤其是速冻蓝莓、黑莓,有着较好的市场前景,主要出口国外。速冻果蔬常用的速冻方法包括间接接触冷冻法(金属板接触冻结、静止空气冻结、送风冻结、半送风冻结)和直接接触冷冻法(浸渍冻结、超低温制冷剂喷淋冻结),不同冻结方式会使速冻果蔬产品的质量产生



拓展阅读 2.2 果蔬速冻技术、设备和质量控制现状分析

很大差异。采用速冻方法进行保存的果蔬降温速度快,细胞内外晶体广泛分布,数量多而小,由于压力分布均匀,果蔬的细胞组织不会受到伤害,解冻后的果蔬容易恢复到原来的状态,能够较好地保持新鲜色泽、风味和营养物质。不同果蔬在速冻过程中的冻结点是不同的,如白薯的冻结点为 -1.3°C 、芦笋为 -1.1°C 、茄子为 -0.7°C 、马铃薯为 -2.4°C 、白萝卜为 -1°C 。当前,速冻的果蔬市场也存在一些问题,过度加冰、商家混淆一般冷冻和速冻概念用普通缓慢冻结果蔬冒充速冻果蔬、冷链环节时常“断链”问题以及速冻果蔬反复消融冻结等,严重影响速冻果蔬市场的发展。

案例分析 2-1

糖度可视化 好吃看得见(脐橙篇)

据悉,2019年,赣州市脐橙种植面积达到162万亩(1亩 \approx 666.67平方米)、产量

122 万吨,产值 129 亿元。

20 多年前,一批和新奇士品质相近的赣南脐橙,用低于新奇士一半的价格出售,销量却并不见得比新奇士好。如今,赣南脐橙产值 129 亿元,是什么让赣南脐橙声名鹊起?

独有的赣南地域特征决定赣南脐橙绝佳的口感,脐橙种植端产出好果才能有卖好价的基础。产出好果后,需要确保卖到消费者手上的脐橙拥有稳定的品质。品质的稳定性,就是让消费者每次买到的脐橙“外观一样”“口感一样”,形成稳定的消费体验,树立良好的市场口碑。脐橙作为自然界的农产品,不像其他工业品一样按成分比例就能够调制出固定的口感风味,只有通过品尝才能感受到水果的酸甜度。消费者和分拣者都不可能通过切开每一个脐橙来购买和分选。让脐橙像商品一样有统一的标准显得迫切。

传统的人工分拣依靠经验、拳头比画大小、肉眼识别等方式来对脐橙做分级处理,耗时长、劳动力成本高、肉眼识别精度低,并且人的感性判断是主观意识,对标准的理解不一样,而标准化的重要基础就是统一。绿萌针对人工分拣的弊端,研发制造了脐橙智能化分选线,经过多年的更新迭代,目前绿萌拥有领先的光学检测技术和内部品质无损检测技术,能够精准地识别脐橙表皮的颜色、瑕疵、虫眼等表皮状况,不错过任何细微的瑕疵;无须切开脐橙就能准确地将口感和内部生理状况用数字量化,精准检测糖度值;同时还能将外表正常、内部已经病变的脐橙剔除出去。用数字量化果形大小、颜色、瑕疵、克度、糖度等指标,实现脐橙的标准化分级。绿萌分选科技帮助赣南脐橙分选,让分选后的脐橙满足客户需求,帮助赣南脐橙持续输出好果,让消费者购买到好脐橙,帮助赣南脐橙赢得好口碑。脐橙分选设备视觉检测系统如图 2-1 所示。



图 2-1 脐橙分选设备视觉检测系统

绿萌作为赣南本土企业,用性价比高、技术先进稳定的分选线帮助赣南脐橙分选,目前绿萌占有江西赣南脐橙分选设备 95% 的市场份额,将非标准的农产品通过数字量化分级,糖度可视化,让消费者品尝到好脐橙;通过对脐橙的采后处理以及分级采购销售的方法,让果农对脐橙品质更加重视,在一定程度上促使种植户改变了以前的依靠经验种植和没有统一采收标准的习惯;智能分选大数据为脐橙做品质分析,实现对种植端的指导,帮助赣南脐橙整体产业高品质的提升。绿萌分选让口感优良的赣南脐橙“如虎添翼”,形成区域性品牌。

资料来源:糖度可视化 好吃看得见【脐橙篇】。客家新闻网讯,<https://www.reemoon.com/news/321.html>。

2.5 果蔬的贮藏与冷链流通

2.5.1 果蔬的贮藏

我国的果蔬资源丰富、种类繁多。由于采后的果蔬离开了植株或土壤,不再吸收养分,为了保持其优良品质必须将果蔬在合适的条件下进行贮藏。不同果蔬的特点有所差异,故而选择的贮藏方式也有所不同,但贮藏的目的都是延缓果蔬的衰老进程,保持产品品质,延长货架期。温度、湿度、气体成分是果蔬贮藏过程中需要控制的主要因素。通过控制温度来进行贮藏的方法有自然降温贮藏(简易贮藏、通风库贮藏)和人工降温贮藏(机械冷藏)两种。另外,气调贮藏是在控制温度的基础上对贮藏场所的气体成分进行控制,进而达到更好的贮藏效果。

1. 简易贮藏

简易贮藏是一种自然降温贮藏方式,主要有堆藏、沟藏和窖藏三种基本形式及其衍生的其他形式。简易贮藏设施建筑简单,所需费用少,可因地制宜进行修建,适用于农村地区的小规模贮藏,但是极易受外界环境的影响。大白菜、甘蓝、板栗等耐贮性强的果蔬通常用堆藏,温暖季节可用于越冬贮藏,在寒冷季节用于短期贮藏;仁果类水果以及直根、块茎类蔬菜通常用沟藏,如在北方经常在空旷通风的田间挖沟埋藏萝卜或者耐贮性好的晚熟品种的烟台苹果;山西、山东的马铃薯、地瓜以及新疆的葡萄通常用窖藏;芹菜、花椰菜、油菜、甘蓝等比较耐寒的蔬菜通常用假植贮藏。

2. 通风库贮藏

通风库贮藏也是一种自然降温贮藏方式。通风库是在棚窖的基础上加上通风系统以及隔热设备的永久性建筑。通风库贮藏的优点是:不需要特殊设备、所需费用低、管理方便、隔热保温性能好、热绝缘结构完善、通风系统灵活,库内温度稳定而适宜,是商业上广泛贮藏苹果的手段之一。其缺点是:主要依靠库房内外温差及昼夜温差维持温度,可调节范围有限,贮藏前期温度偏高,中期偏低,一般只用来贮藏晚熟品种的苹果。

3. 机械冷藏

机械冷藏是一种现代冷藏法,借助制冷机械的作用,利用制冷剂由液态转化为气态过程中吸热的特性,以此来排除果蔬采收后带来的田间热和呼吸热以及机械或人员所造成的热负荷,使冷藏库内贮藏环境以及果蔬的温度降低,延缓果蔬衰老,从而达到延长货架期的目的。

机械冷藏是最常见的果蔬贮藏方式。每种果蔬都有自身适宜的冷藏温度(见附录1),应尽量使果蔬在适宜的温度下贮藏,避免温度波动,同时也要防止冷害发生。对于某些耐冷性强但贮藏期短的果蔬,也可以采用冰温贮藏或近冰温



拓展阅读 2.3 苹果简易冷藏库贮藏

贮藏的方法。在冰温区域(从 0℃开始到生物体冻结温度为止)对果蔬进行贮藏的方式称为冰温贮藏,近冰温贮藏是指在 0℃以下、生物体冻结温度附近对果蔬进行贮藏。在冰温贮藏期间,必须对果蔬的冰温有精准的认识,严格控制冰温库温度波动,若贮藏温度低于果蔬冰温,容易使果蔬受到冻害。与传统低温贮藏相比,近冰温贮藏的“金冠”苹果呼吸速率下降、乙烯释放速度减缓,贮藏 240 天后仍然保持较好的色泽和风味。

4. 气调贮藏

气调贮藏是在冷藏的基础上,通过改变贮藏环境中的气体成分(通常是降低 O₂ 浓度,提高 CO₂ 浓度),达到抑制果蔬呼吸强度、减少营养物质流失、延长货架期的目的。气调贮藏的特点是:保鲜效果好,贮藏时间增加,货架期延长,贮藏过程中不添加化学药物,完全符合绿色食品标准。气调贮藏也存在一些问题,如气调设备一般依赖进口,投资大;需要专业人员对气调库进行管理;我国人民消费水平有限,人们对气调贮藏的认识还不够全面,市场需求和认知能力较低。

1) 气调贮藏的类型

根据气调方式的不同,气调贮藏可分为两类:人工气调贮藏和自发气调贮藏。人工气调贮藏是指为了满足消费者意愿和产品需要,利用气调设备调节贮藏环境中的气体成分浓度,使果蔬在稳定的贮藏环境中存放。贮藏期间严格控制 O₂ 和 CO₂ 比例,与贮藏温度密切配合优化贮藏环境,进而达到更好的贮藏效果。自发气调贮藏是利用果蔬自身的呼吸作用调节贮藏环境中的气体浓度,使得 O₂ 浓度降低、CO₂ 浓度提高的一种气调贮藏方式。薄膜单果包装贮藏、薄膜袋密封贮藏、塑料大帐密封贮藏、硅橡胶窗气调贮藏都属于自发气调贮藏。自发气调贮藏过程没有严格的气体控制,完全靠果蔬自身的呼吸作用,贮藏过程中果蔬呼吸缓慢、酶活性降低、新陈代谢减慢,有良好的贮藏效果。该方法成本低、操作简单,但是要达到设定的 O₂ 和 CO₂ 浓度比例需要较长的时间。

2) 气调贮藏的条件

为了使果蔬尽可能长时间地保持新鲜度,必须抑制其新陈代谢。降低温度、提高 CO₂ 浓度和降低 O₂ 浓度是抑制新陈代谢的主要手段,气体成分与温度之间相互联系和限制,只有两者达到最佳的配合才能起到最好的贮藏效果(见附录 1)。对于亚热带的果蔬,当地的较高贮藏温度可以防止其发生冷害,但是过高的温度会破坏低 O₂ 和适量 CO₂ 对某些果蔬的护绿作用。例如,为了防止出现 CO₂ 伤害等病症,一般用高浓度 CO₂ 和低浓度 O₂ 配合 2~3℃的贮藏温度条件来贮藏某些品种的苹果。在果蔬气调贮藏前进行高 CO₂ 或者低 O₂ 处理可有效抑制产品新陈代谢,对气调贮藏产生有利影响。

2.5.2 果蔬的冷链流通

1. 果蔬的运输

1) 果蔬的运输方式

果蔬的运输方式有水路运输、铁路运输、公路运输、空运等,其中公路运输是我国最重要、最常见的短途运输方式。公路运输震动强度大,灵活性和适应性强,可以实现“门到

门”服务,成本高、运输量小;水路运输具有成本低、震动强度小、运载量大、速度慢的特点;铁路运输装载量大、速度快、效率高,但是配送地点受到限制,没有铁路的地方无法配送;空运具有速度快的优点,适合运输草莓、鲜猴头、松蘑等时令性较强的果蔬。

2) 果蔬的运输要求

温度、湿度、气体成分以及运输震动对运输过程中的果蔬品质变化均有影响。其中,温度对果蔬产品质量起决定性作用。低温运输有利于果蔬新鲜程度及良好品质的保持,经过预冷的果蔬在运输过程中能保持一定的低温且冷却速度均匀,有利于达到更好的运输质量。一般而言,果蔬的最适运输温度与果蔬的贮藏温度相一致,但是考虑到运输时间短暂,故略高于贮藏温度的运输温度对果蔬的品质变化影响不大,利用这一特性,使用保温车进行运输要比冷藏车经济实惠得多。例如,国际制冷学会推荐莴笋运输1~2天的温度为0~6℃,甜橙运输2~3天的推荐温度为2~10℃。

运输过程中的湿度变化对果蔬品质影响不大。运输车厢等工具大多数处于密集状态使得贮藏环境中的湿度迅速升高至95%~100%,且果蔬产品堆积也加速了湿度的升高,但是由于运输时间短暂,此变化对果蔬的腐烂变质影响不大。果蔬流通中适当降低O₂浓度、升高CO₂浓度能有效抑制果蔬的呼吸作用和蒸腾作用。与常温运输不同的是,在低温运输中车厢体密闭,CO₂积累,对于干冰直接冷却的冷藏运输系统可能会造成CO₂危险,一般采取干冰间接冷却。此外,运输震动会使果蔬发生碰撞、摩擦,引起果蔬的多种伤害,当果蔬发生机械损伤时,呼吸强度增大,容易造成生理异常。为减少温度、湿度、运输震动等因素对果蔬的影响,应做到“三快”(快装、快卸、快运)、“两轻”(轻装、轻卸)、“四防”(防冻、防晒、防热、防淋)。

2. 果蔬的冷链物流

随着我国经济的不断增长,居民更加注重果蔬的新鲜程度和安全性,从而促进了冷链物流的不断发展。果蔬的冷链物流是指将果蔬的采收、加工、包装、运输、贮藏等方面结合成供应链,使产品始终处于适宜的低温环境,最大限度地保证产品品质,减少损耗、降低污染。果蔬冷链物流流通操作流程如图2-2所示。

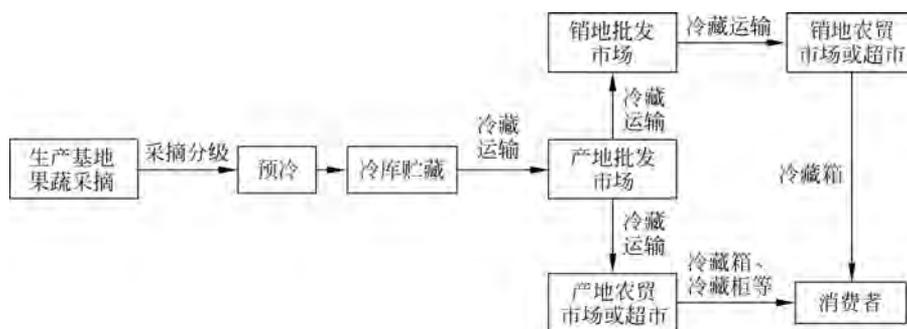


图 2-2 果蔬冷链物流流通操作流程

1) 冷链物流的运作原则

新鲜果蔬含水率高,季节性和地域性强,极易因外界因素造成腐烂。由于果蔬产品不

易储存的特性与运输基础设施的落后,果蔬产品在运输过程中损耗巨大,关键问题在于保鲜不足,因此,完善的冷链体系是果蔬产品保持新鲜的保障。完善的冷链体系包括三方面:第一,采后的果蔬仍然具有较高的水分,高温会使水分减少,因此应对果蔬进行预冷处理,防止其品质降低。第二,由于各个冷链环节的温度要求不同,因此对温度做到更加精准的控制是防止果蔬产品高温腐烂和低温冷害的必要手段。第三,销售环节也要保持一定的低温。

2) 冷链物流面临的问题及应对措施

我国大多数果蔬产于经济相对落后的农村地区,果蔬产品采摘经过挑拣、分级、清洗等操作后,一般通过摊开处理或者放置于阴凉处的方式进行预冷,预冷作业不规范,冷库设备不完善。而且,国内目前没有专门的机构管理冷链市场,多为“冰壶+棉被、冰袋+保温箱”的方式进行常温运输,使冷链出现“断链”现象。果蔬在运输过程中出现损耗,质量出现问题。随着互联网经济的发展,各方面均推广“互联网+”,努力实现“1+1>2”的经济效益。但在农村,信息传递不到位,大部分果蔬出现采后找不到货主的现象,最后只能批量低价出售。冷链物流对设备、人员的专业性要求都比较高,在冷链的各个环节都需要专业人员的指导,而在农村果蔬市场中,人们的冷链专业知识薄弱,造成果蔬的损耗加剧。

为解决我国果蔬冷链物流存在的问题,首先应该建立适合我国的较为完善的冷链系统,加强政府的宏观调控,多方合作建立集供销一体化、物流配送中心于一体的冷链物流体系;针对农村地区冷藏设备匮乏的问题,政府应统一管理,优化升级;近年来,通过电商渠道进行果蔬销售的越来越多,农村地区应抓住机会打造“互联网+”果蔬电商供应链,吸引电商投资进行冷藏设备优化,将果蔬农户信息纳入网络信息平台,使经销商、批发商、供应者信息统揽在一起,解决信息过于分散的问题,消费者可以通过线上进行果蔬购买,打破传统的果蔬冷链模式,使果蔬产品更快地流通。

案例 2-2

信息化助推冷链物流,天安农业的精品蔬菜之路

北京天安农业发展有限公司(以下简称“天安农业”)始建于1984年,源于小汤山特种蔬菜基地,是全国农业农村信息化示范基地、北京市农业产业化重点龙头企业、北京市农业信息化龙头企业。

天安农业集蔬菜生产、加工、销售、科研于一体,在蔬菜生产基地、加工设备、仓储保鲜、物流运输、电子信息管理、质量检验、安全监控、市场销售等方面形成了完善的生产、加工和销售体系与管理机制,实现了全程信息化管理,是北京市第一个实现蔬菜全程安全追溯的公司,也是北京市第一家用ERP(企业资源计划)管理系统实现信息化管理的蔬菜生产配送企业。其自主品牌“小汤山”是北京市著名商标,目前,在北京150余家商场超市设立专柜,建立了会员制,社区O2O(在线离线/线上到线下)、鲜切直供、电子商务、农场体验等多种业务模式,年销售额超过1.2亿元。

天安农业根据产品的特点对基地进行全国布局,形成了北京的密云、顺义、延庆的全年主供基地,河北的崇礼、尚义夏淡季冷凉基地,云南、海南、广西的冬淡季基地,新疆、内

蒙古、兰州等地域优势产品基地的专业化布局,当前蔬菜种植面积约 800 公顷(1 公顷=1 万平方米)。

为了降低蔬菜的损耗,提高蔬菜的品质,天安农业采取采收、预冷、运输、储存、销售等全环节冷链流通体系。

(1) 蔬菜采收后根据基地条件以及蔬菜品种要求进行高效水冷、冷库预冷或者差压预冷,除去田间热,降低菜体温度。

(2) 不同规格、不同温度库房有 17 个,冷库体积 6 000 立方米,蔬菜运输到加工车间后,加工前在冷库储存,采用保鲜库精准调控技术保证蔬菜存储质量,蔬菜加工后及时进入成品库进行低温保鲜。

(3) 拥有自己的物流冷藏车车队,在蔬菜运输中使用冷藏车运输,通过 GPS(全球定位系统)、温度传感器、车门开关传感器采集车辆实时信息,并对车辆进行管理,实现远程控制、电子围栏、在线调度等功能,有效提高了物流管理能力,保障产品质量和新鲜度。

在销售端,天安农业以商场超市为主、电子商务为辅。商场超市端采用冷库周转、冷风柜陈列方法,电子商务端采用冰袋随箱运输方法,保证蔬菜“最后一公里”的质量。

天安农业全环节冷链流通体系如图 2-3 所示。



图 2-3 天安农业全环节冷链流通体系

天安农业秉承“民以食为天,食以安为先”的理念,通过信息化助推冷链物流,走上了一条生产专业化、设施现代化、渠道多元化、管理标准化、经营品牌化的精品蔬菜之路。

【本章小结】

果蔬在采摘后虽然脱离母体,但仍是一个活的有机体,不断进行着有序的生命活动。低温能降低果蔬的呼吸作用和各种生理代谢活动,是减少果蔬腐烂变质和保障果蔬商品特性的重要手段。果蔬的冷链商品目前主要有一般果蔬、鲜切果蔬和速冻果蔬。果蔬的商品化处理主要包括果蔬的整理与挑选、分级、清洗与涂膜、预冷、包装等技术环节,对于鲜切果蔬商品会增加去皮去核、切割、护色等环节,对于速冻果蔬商品会增加烫漂、沥水、速冻等环节。目前,果蔬的主要预冷方式包括水预冷、冷库预冷、差压预冷、真空预冷,对于个别耐冷性较强的果蔬也可采用碎冰冷却。果蔬贮藏方式有简易贮藏、通风库贮藏、机械冷藏、气调贮藏,其中,借助机械冷库的机械冷藏法是最常用的贮藏方式。当前,消费者更加注重果蔬的新鲜程度和安全性,完善的冷链体系可以使果蔬产品始终处于适宜的低温环境,最大限度地保证产品的品质,减少损耗、降低污染。

【本章习题】

一、名词解释

1. 采收成熟度
2. 差压预冷
3. 真空预冷
4. 速冻果蔬
5. 人工气调贮藏
6. 自发气调贮藏

二、简答题

1. 简述果蔬预冷的目的和作用。
2. 简述果蔬预冷的方法及其特点。
3. 简述一般果蔬、鲜切果蔬和速冻果蔬的商品化处理流程。
4. 简述果蔬冷链物流流通的操作流程。

三、论述题

请结合本章内容,论述我国果蔬冷链物流面临的问题及应对措施。

【即测即练】



第 3 章

肉与肉制品

【本章导航】

本章主要介绍肉的形态结构和化学组成；肉在低温下的变化；肉与肉制品的冷链运输与保藏。最后对冷藏、冷冻肉和肉制品的检验进行了介绍。

导入案例

热鲜肉 vs 冷鲜肉选哪个？你吃对肉了吗？

“一把刀杀猪、一口锅烫毛、一杆秤卖肉”作坊式产业，清晨宰杀、清早上市，肉温为40~42℃，微生物易繁殖，保质期短，肉质坚韧、难咀嚼、难消化、不易吸收，这便是热鲜肉(fresh meat)时代。热鲜肉的加工方式导致牲畜在屠宰前因为惊恐紧张生成大量激素类物质进入血液和体液，这些物质滞留在动物体内，从而对消费者造成隐形伤害。热鲜肉属于酸性肉，众所周知，酸性体质的人容易发生病变！有的人说热鲜肉“香”，为什么香呢？因为热鲜肉没有经过排酸过程，大油含量严重超标，猪大油具有独特的香味，导致过食，引起肥胖、高血脂、血压升高三高症，容易堵塞血管，要是人的血液流得不顺畅，哪还来得健康啊！

冷鲜肉克服了热鲜肉在品质上存在的不足和缺陷，始终处于0~4℃的低温控制下，微生物的生长繁殖被抑制。另外，冷鲜肉经历了充分的成熟过程，因排酸和蛋白酶、钙激活酶等多种良性因素，产生氨基酸和风味物质，故而口感细腻、鲜嫩多汁、肉香浓郁，且充分保持了营养物质，非常有利于人体的消化吸收。目前，欧美等发达国家90%以上的消费者食用冷鲜肉。

资料来源：热鲜肉 vs 冷鲜肉选哪个？你吃对肉了吗？搜狐网，https://www.sohu.com/a/143612855_159928。

随着城乡居民收入水平的提高，肉类消费正逐渐由追求数量的温饱型向追求质量安全的小康型转变。2009年国家统计局数据显示，中国人均肉类消费比60年前增长了近13倍，如北京市民年肉类消费平均水平为60kg，20%的高收入人群肉类消费水平达到70kg。因此，我国居民的肉类消费潜力巨大。

一般来说，只要能作为人类食物的动物体组织均可称为“肉”，但人类消费的肉大多数来自家畜、家禽和水产动物，如猪、牛、羊、鸡、鸭、鹅和鱼虾等。狭义地讲，肉指动物胴体中

的肌肉组织和脂肪组织以及附着于其中的结缔组织、微量的神经和血管。由于肌肉组织是肉的主体,同时也是影响肉的食用品质和加工性能的决定因子,因此本章所讨论的冷链食品对象即是肌肉组织。

3.1 肉与肉制品的分类

根据不同处理方式可将肉与肉制品大致分为以下四类。

1. 热鲜肉

刚屠宰后不久,肉温还没有完全散失的肉,称为“热鲜肉”。但这类肉由于温度较高,在贮藏和运输过程中容易大量增殖细菌,无法保证肉的食用安全性。此外,热鲜肉在屠宰后 2~4 h 内刚好处于僵硬阶段,口感和风味都较差,加工性能较低。

2. 冷却肉

对热鲜肉进行冷却加工,使肉的中心温度在 24 h 内降至冻结点以上(0~4 ℃)而不冻结,并在此温度范围内流通和销售的肉称为“冷却肉”(chilled meat)。在此过程中,肌肉组织将发生一系列变化。肌肉的僵硬状态逐渐消失,在排酸成熟作用以及蛋白酶、钙激活酶等多种因素的作用下,大的肌纤维束逐渐向小的肌纤维、纤维碎片转变,同时蛋白质在各种酶的作用下产生氨基酸和风味物质,使肌肉变得柔嫩、多汁,经加工后可产生丰富的肉香味,因此这类肉可称为真正意义上的食用肉。此外,采用冷却方式不仅大大降低了初始菌数,而且产品一直处于低温下,卫生品质显著提高。发达国家早在 20 世纪二三十年代就开始推广冷鲜肉,目前冷鲜肉已占到消费生鲜肉的 90% 左右。在我国,冷鲜肉类消费也将成为一种趋势。

3. 冷冻肉

将未经过加工的被屠宰动物的可食部分,如剁碎、分割或去骨的猪、牛、羊肉等置于 -18 ℃ 的环境中冻结并保存的肉称为“冷冻肉”(frozen meat),但不包括加工过的肉类,如熏肉、香肠或罐头等。从微生物角度看,当肉被冷冻至 -18 ℃ 后,绝大多数微生物的生长繁殖受到抑制,安全卫生程度较高。但肉中的水分在冻结过程中,体积会增加 9% 左右,大量冰晶的形成会造成细胞破裂,组织结构遭到一定程度的破坏。解冻时,组织细胞中汁液析出,导致营养成分流失,并且风味也会明显下降。因此,在生产上常采用速冻法或急冻法以减少冷冻过程中肉内大冰晶的形成,减少肉的冷冻损伤。

4. 肉制品

以畜禽肉为原料,经调味、加工后得到的熟肉制成品或半成品称为“肉制品”,如香肠、火腿、培根、酱卤肉、烧烤肉等。由于经加工后的肉制品营养丰富,但也是微生物繁殖的良好场所,因此除某些腌腊肉制品、发酵肉制品、干制肉制品等产品外,大多数肉制品在流通和贮藏过程中均需采用真空、低温条件来抑制微生物的生长繁殖,保证产品的质量安全。

3.2 肉的形态结构和化学组成

3.2.1 肉的形态结构

动物胴体由肌肉组织(40%~60%)、脂肪组织(20%~30%)、结缔组织(8%~15%)和骨骼组织(9%~20%)四大部分组成。四种组织所占比例因畜禽的种类、品种、年龄、性别和营养状况而异。其中,肌肉组织和结缔组织对肉制品贮藏及加工性能影响最大,而又以肌肉组织最为重要,因此本节将重点介绍肌肉组织的一般结构和化学组成。

1. 宏观结构

肌肉的基本结构单位是肌细胞,由于肌细胞呈长的圆柱形,故又称为肌纤维。肌纤维直径为10~100 μm ,长度从几毫米到30 cm不等。肌纤维的细胞膜称为肌纤维膜,细胞质则称为肌浆。肌浆内含有大量沿长轴平行排列的具有明暗相间花纹的肌原纤维,在肌原纤维间分布有肌浆网、糖原颗粒、脂肪滴、肌红蛋白和线粒体等细胞器。

肌纤维与肌纤维之间有一层很薄的结缔组织膜围绕隔开,该膜称为肌内膜,每50~150条肌纤维聚集成初级肌束,每个初级肌束的表面包有一层结缔组织鞘膜,称为肌束膜。初级肌束的横截面积因动物种类、年龄、营养状况等不同有所差异,如牛一般为0.26~0.4 mm^2 。

由数十条初级肌束集结在一起即形成次级肌束(或二级肌束),并由较厚的结缔组织膜包围。许多次级肌束集结在一起即形成了肌肉块,外面包有一层较厚的结缔组织称为肌外膜。血管、神经通过这三层膜穿行其中,深入纤维表面,提供营养和传导神经冲动。此外,还有脂肪沉积其中,使肌肉断面呈现大理石样纹理。图3-1为骨骼肌一般结构的示意图。

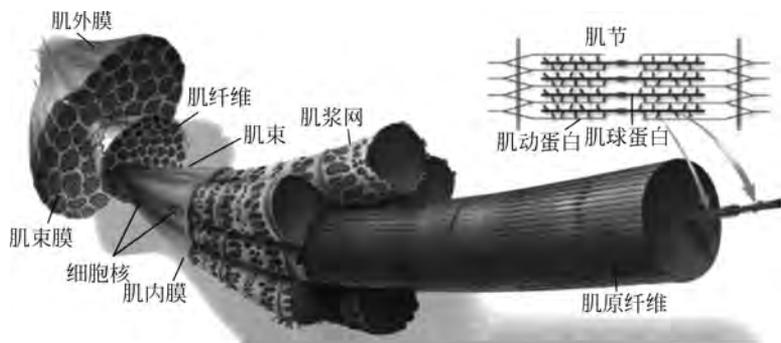


图 3-1 骨骼肌一般结构的示意图

2. 微观结构

肌细胞是一种特殊化的细胞,呈长线状,不分支,两端逐渐尖细,因此也称之为肌纤维。图3-2为横纹肌纤维结构示意图。长条状肌原纤维由在生理条件下不溶的蛋白质组

成。它们由纵向重复的单位——肌节组成。肌节是肌细胞中最小的收缩单位,从一端 z 线延伸到另一端 z 线。在光学显微镜下,由于 I-带(偏振光各向同性)和 A-带(偏振光各向异性)的光学特性不同,肌原纤维呈现带状或条状外观。在肌节中纵向排列有两组肌丝:细丝,主要由肌动蛋白和调节蛋白如原肌球蛋白、肌钙蛋白组成;粗丝,主要由肌球蛋白组成。这些纤维的一部分和肌节的横截面相互交错,在它们重叠的地方形成一个由厚纤维组成的六边形的包裹体,细肌动蛋白纤维丝与它们自己的六边形阵列上的每根粗丝的距离相等。A-带是粗丝的长度,在肌肉工作中保持恒定的长度。I-带是一侧肌节中细丝交叠点到 z 盘与另一侧肌节中细丝交叠点到 z 盘的距离。I-带的长度随着肌肉的收缩和放松而变化。H-区是 A-带中密度稍低的区域,此时细丝不与粗丝重叠,并且随着肌肉的增长或收缩而变化。在 A-带的中央有一条暗线横贯肌节,即 M 线,它可稳定粗纤维的结构。

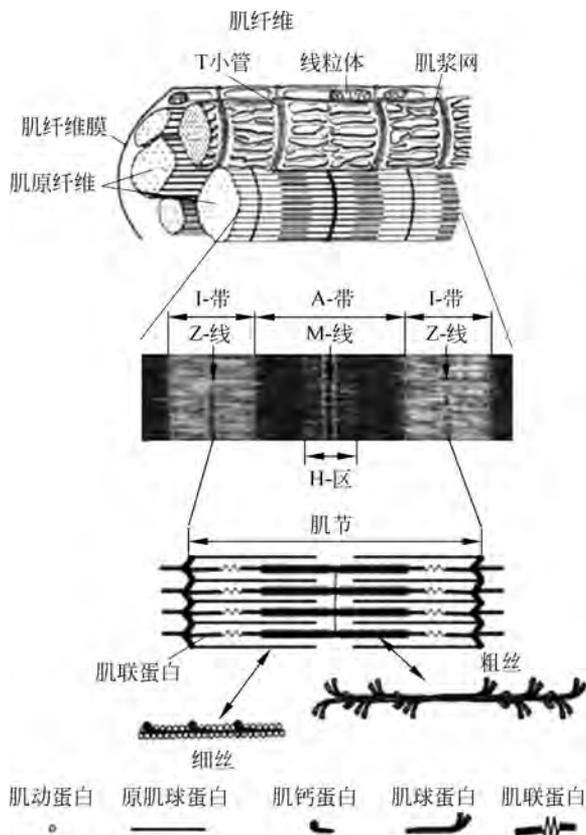


图 3-2 横纹肌纤维结构示意图

3.2.2 肉的化学组成

肉的化学组成主要有水分、蛋白质、脂肪、无机物、维生素和微量元素等。这些成分因动物的生物学因素而有所不同,而且宰后动物受内源酶、微生物等的作用,亦会发生复杂的生物化学变化,影响肉的化学成分和含量。

一般来说,猪、牛、羊的分割肉块含水量在 55%~70%,粗蛋白在 15%~20%,脂肪在 10%~30%。家禽肉水分在 73%左右,胸肉脂肪少,为 1%~2%,而腿肉在 6%左右,前者粗蛋白约为 23%,后者为 18%~19%。肌肉的典型化学成分见表 3-1。

表 3-1 典型的成年哺乳动物在宰后僵直但未降解前的肌肉化学成分

成 分		含量/%
1	水分	75.0
2	蛋白质	19.0
	(a) 肌纤维	11.5
	肌球蛋白 ^a (H、L 酶解肌球蛋白及其相关的轻链组分)	5.5
	肌动蛋白 ^a	2.5
	肌联蛋白(titin)	0.9
	N2 线蛋白(伴肌动蛋白,nebulin)	0.3
	原肌球蛋白	0.6
	肌钙蛋白 C、I 和 T	0.6
	α 、 β 和 γ 肌动素	0.5
	肌间蛋白(M-线蛋白)和 C-蛋白	0.2
	肌间线蛋白、F-和 I-蛋白、黏着斑蛋白(vinculin)、talin 等	0.4
	(b) 肌浆	5.5
	磷酸甘油醛脱氢酶	1.2
	二磷酸果糖酶	0.6
	肌酸激酶	0.5
	其他糖酵解酶(磷酸化酶)	2.2
	肌红蛋白	0.2
	血红蛋白及其他胞外蛋白	0.6
	(c) 结缔组织和细胞器	2.0
	胶原蛋白	1.0
	弹性蛋白	0.05
	线粒体等(包括细胞色素 C 和不溶性酶)	0.95
3	脂类	2.5
	中性脂肪、磷脂、脂肪酸、脂溶性物质	2.5
4	碳水化合物	1.2
	乳酸	0.90
	葡萄糖-6-磷酸	0.15
	糖原	0.10
	葡萄糖、微量糖酵解中间产物	0.05
5	其他可溶性非蛋白质物质	2.3
	(a) 含氮物	1.65
	肌酸酐	0.55
	肌苷一磷酸	0.30
	二、三磷酸吡啶核苷酸	0.10
	氨基酸	0.35
	肌肽、鹅肌肽	0.35

续表

成 分		含量/%
(b)无机物		0.65
	可溶性总磷	0.20
	钾	0.35
	钠	0.05
	镁	0.02
	钙、锌等微量金属	0.03
6	维生素	
	微量各种脂溶性和水溶性维生素	

注：^a肌动蛋白和肌球蛋白结合形成肌动球蛋白。

1. 蛋白质

根据肌肉中蛋白质在肌纤维中所处的位置和盐溶液中的溶解度,可将肌肉蛋白分为如下三类。

- (1) 结构性蛋白质,占肌肉蛋白质总量的 40%~60%。
- (2) 肌浆蛋白质,占肌肉蛋白质总量的 20%~30%。
- (3) 肉基质蛋白质,占肌肉蛋白质总量的 10%。

上述蛋白质的含量因动物种类、解剖部位等不同而有一定差异。

1) 肌原纤维蛋白

肌原纤维蛋白是肌肉的结构性蛋白质,支撑着肌纤维的形状,具有将化学能转变为机械能的功能,主要包括肌球蛋白、肌动蛋白、原肌球蛋白等,此外还包括少量调节性蛋白质。本节仅介绍构成肌原纤维蛋白的几种大分子蛋白质。

(1) 肌球蛋白。肌球蛋白是肌肉中含量最多的一种蛋白质,约占肌原纤维蛋白的 54%,是构成肌原纤维微观结构中粗丝的主要成分。其分子量为 470~510 kDa,具有黏性,易形成凝胶。肌球蛋白微溶于水,可溶于盐溶液中,等电点为 pH5.4,在 55~60℃时发生凝固。肌球蛋白头部具有 ATP(三磷酸腺苷)酶活性,可分解 ATP,并可与肌动蛋白结合形成肌动球蛋白,与肌肉的收缩直接相关。

(2) 肌动蛋白。肌动蛋白是构成细丝的主要组分,约占肌原纤维蛋白的 20%。肌动蛋白只由一条多肽链组成,分子量为 41.8~61 kDa。肌动蛋白可溶于水及稀溶液中,等电点为 pH4.7。该分子单体为直径 55 Å 的球形,称为 G-肌动蛋白,在磷酸盐和 ATP 的存在下,G-肌动蛋白可聚合为 F-肌动蛋白。肌动蛋白易形成凝胶,热凝温度为 30~35℃。

(3) 原肌球蛋白。原肌球蛋白是由两条多肽链胶合而成的长约 385 Å 的纤维状蛋白,它们彼此相连,嵌在 F-肌动蛋白分子链的螺旋沟内,构成了细丝的支架,占肌原纤维蛋白的 4%~5%,分子量 65~80 kDa。

2) 肌浆蛋白

肌浆是在肌纤维细胞中,分布在肌原纤维之间的细胞质和悬浮于细胞质中的各种有

肌物、无机物以及亚细胞结构的细胞器等。肌浆中的蛋白质占肌肉中蛋白质总量的20%~30%，其种类包括肌红蛋白、肌浆酶和肌粒蛋白等。这类蛋白基本上溶于水或低离子强度的中性盐溶液中，是肌肉中最容易提取的蛋白质。肌浆中蛋白质的主要功能是参与肌肉纤维中的物质代谢。糖酵解过程的酶构成了肌浆蛋白的主要组成部分，并且可能以多种形式(同工酶)存在。糖酵解酶可与肌原纤维蛋白中的肌动蛋白结合，糖酵解刺激时结合比例增加。糖酵解酶类也可与肌肉细胞的其他部位结合，包括肌膜、肌浆网、细胞核膜和线粒体等。

3) 结缔组织蛋白

肌内结缔组织是一种复杂的细胞外蛋白网络，可维持肌肉结构并将收缩力传送到肌腱和骨骼。结缔组织主要由胶原蛋白、弹性蛋白、蛋白多糖和糖蛋白组成。后两种蛋白质都带有很强的负电荷，可产生斥力，并具有能保持水分的伸展结构。胶原蛋白的氨基酸序列呈规律性排列，其中甘氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸含量很高，这类氨基酸属于非必需氨基酸，营养价值较低。这种特殊的排列使分子和分子间的交联随时间的推移而趋于稳定，从而增加了肉的韧性，降低消化率。

2. 水分

尽管肌肉结构坚实，但肌肉和肉中含有较高比例的水(表3-1)。水是一种偶极分子，它可与蛋白质和其他带电分子发生相互作用。因此，水可以分为结合水和非结合水，而非结合水又可在细胞结构中以固定或游离形式存在。水分虽然不是肉品的营养物质，但肉中水分含量及其持水性能直接关系到加工和贮藏过程中肉与肉制品的组织形态、品质，甚至风味。

由于蛋白质约占肉湿重的20%，水与蛋白质结合的重量约为蛋白质重量的一半，因此与蛋白质结合的水约占肉中总水量的13%。结合水与蛋白质紧密结合，即使使用冷冻干燥的方法，也不容易使水分子在肌纤维间发生流动。蛋白质变性可影响带电基团的暴露，并导致失去与水结合的能力。肌原纤维和肌浆中的蛋白组分在动物死亡后可发生不同程度的变性，这主要取决于宰后pH值下降、温度和氧化作用的结合，从而使之失去部分与水结合的能力。另外，随着畜禽年龄的增长，肉类蛋白的降解增加了带电基团的数量和保持水分的能力。

大部分水主要存在于肌纤维的致密蛋白质网络中(约85%)，通常称为截留或不易流动水。这部分水位于细丝和粗丝之间，并被毛细作用力保留。肉的最终pH值可影响肌原纤维间的保水能力。在pH值接近蛋白质等电点(5.5)时，肌原纤维间的空隙很小，而在pH值较高时，滞留水含量则显著增加。其余水则位于细胞核、细胞器、肌浆、肌纤维之间和肌束之间，这部分水通常被称为自由水，在加工和贮藏过程中很容易流失。

水分是活肌肉中的动态成分，因为收缩会导致肌纤维内水体积的减小，从而导致水分转移到肌纤维外的空间，并暂时保留在细胞结构中，直到肌肉放松时水分恢复到原来的位置。宰后初期肌原纤维的收缩也可使水分从细胞内流出到细胞外的腔室，这部分水可能被膜结构保留或丢失。细胞膜也可能发生改变，使水分流出细胞，磷脂成分和抗氧化状态在维持宰后膜结构中起关键作用。研究发现，除细胞膜结构的完整性外，宰后初期细胞骨

架蛋白的主动水解可破坏细胞膜表面的肌原纤维张力,使细胞膜和肌原纤维分离,从而提供了能够保持水分的空间。若肌原纤维在没有脱离细胞膜的情况下发生收缩,则细胞收缩后会导致明显的水分渗出。另外,有研究表明,随着宰后成熟时间的延长,猪肉的持水能力也会增强。

3. 脂肪

脂肪是仅次于肌肉的另一个重要组织,对肉的品质影响较大,肌肉内脂肪的多少直接影响肉的多汁性和嫩度。肉中脂肪的含量与畜禽的营养状况有密切关系,也与胴体的不同部位有关。动物体内的脂肪可分为两类。

1) 蓄积脂肪

蓄积脂肪存在于皮下、肾周围、肌肉块间,主要成分为中性脂肪,蓄积脂肪的含量和性质会随动物种类、年龄、营养状况等变化,通常占总脂肪酸的 75%~80%。与极性脂类相比,中性脂肪的含量变化范围很广,特别是在单胃动物中。中性脂肪即甘油酸三脂,其中主要行使功能的是脂肪酸。脂肪酸可分为两类,即饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。所有动物的脂肪都是混合脂肪酸甘油酯。肉中脂肪含有 20 多种脂肪酸,但最主要的有四种,即饱和脂肪酸棕榈酸和硬脂酸,不饱和脂肪酸油酸和亚油酸(表 3-2)。

表 3-2 不同畜禽脂肪中的主要脂肪酸含量(每 100 g 总脂肪酸)

脂肪酸	结构式	猪	牛	羊	鸡
棕榈酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	28	29	25	18
硬脂酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	13	20	25	8
油酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	46	42	39	52
亚油酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	10	2	4	17

亚油酸、亚麻油酸和花生四烯酸等不饱和脂肪酸是人体细胞膜和各种细胞器的重要组成部分,人体不能合成,必须从食物中获取。经测定,猪瘦肉中亚油酸含量比牛肉和羊肉都高,这种差异也体现在肝和肾上。此外,所有动物的肝脏和肾脏都含有一定的不饱和脂肪酸。

2) 肌内脂肪

肌内脂肪是存在于肌肉内的组织脂肪,磷脂含量较高。研究发现,一定量的肌内脂肪沉积不仅可提高肌肉的外观吸引力,还能增强肉的风味、嫩度以及多汁性。肉中脂肪酸的沉积尤其是必需脂肪酸的沉积取决于饲料中脂肪酸的量和组成,因此,可在畜禽饲养过程中在饲料中添加脂肪酸来提高肉的品质,从而提高肉的营养价值。但不饱和脂肪酸的增加可使脂肪变软,降低肉的外观吸引力,并且在加工和贮藏过程中脂肪氧化酸败程度增加,容易产生异味而降低品质。

此外,脂肪组织中可溶解有少量的脂溶性物质,如维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 和胆固醇衍生物。

4. 浸出物

肉的浸出物是指肉中除蛋白质、盐类和维生素外能溶于水的浸出性物质。新鲜肉中

浸出物占2%~3%。其中,浸出物又分为含氮浸出物和无氮浸出物两种。含氮浸出物是肌肉中各种非蛋白质的含氮化合物,多以游离状态存在,与肌肉代谢有密切关系,是蛋白质代谢的降解产物,也是肉品呈味的主要成分。

1) 含氮浸出物

含氮浸出物主要包括游离氨基酸、磷酸肌酸、核苷酸类(ATP、ADP、AMP、IMP)、肌苷、尿素等。这类物质为肉滋味的主要来源,如动物宰后肌肉中的ATP在ATP酶的作用下分解成ADP(二磷酸腺苷),进一步分解成AMP(一磷酸腺苷),AMP脱氨基后生成IMP(肌苷酸),最后降解为次黄嘌呤,后两种物质参与肉风味的形成。又如磷酸肌酸分解为肌酸,在加热条件下则形成肌酐,可提高熟肉的风味。肉中主要含氮浸出物含量见表3-3。

表 3-3 肉中主要含氮浸出物含量

含氮浸出物	含量/(mg/100 g)	含氮浸出物	含量/(mg/100 g)
肌苷	250.0	氨基酸	85.0
肌苷酸	76.8	磷酸肌酸	67.0
尿素	9.9	ATP	8.7

2) 无氮浸出物

无氮浸出物主要包括糖类和有机酸,主要种类有糖原、葡萄糖和核糖。葡萄糖含量约占肌肉总量的1%,是动物组织中提供肌肉收缩的能量来源。糖原则主要存在于肝脏和肌肉中,肌肉中含0.3%~0.8%,肝中含2%~8%。宰前动物受到刺激或疲劳,则肉中糖原储备减少。肌糖原含量的多少,对宰后肉pH值、保水性和肉色等均有影响,并且影响肉的贮藏性。

5. 无机物

肌肉中含有各种矿物质,含量为1%~2%,主要包括钠、钾、钙、镁、铁、磷、硫等元素。胴体中的钙大部分存在于骨组织中,肉中含量极微,但瘦肉中铁的含量较高。各种生肉中无机矿物质含量见表3-4。

表 3-4 各种生肉中主要无机矿物质含量

mg/100 g

肉种类	钠	钾	钙	镁	铁	磷	铜	锌
牛肉	69	334	5	24.4	2.3	276	0.1	4.3
羊肉	75	246	13	18.7	1.0	173	0.1	2.1
猪肉	45	400	4	26.1	1.4	223	0.1	2.4

6. 维生素

肉中脂溶性维生素含量较少,但B族维生素含量较多,也是人们获取此类维生素的主要来源之一。另外,动物脏器中含有大量的维生素,尤其是脂溶性维生素,如肝脏中含有较多的维生素A。生肉和器官组织中维生素含量见表3-5。

表 3-5 生肉和器官中维生素含量

mg/100 g

维生素	牛肉	猪肉	羊肉	羊肝	牛肝	猪肝	羊肾
A(I, U)	微量	微量	微量	20 000	17 000	10 000	100
B ₁ (mg)	0.07	1.00	0.15	0.27	0.23	0.31	0.49
B ₂ (mg)	0.20	0.20	0.25	3.3	3.1	3.0	1.8
尼克酸 (mg)	5.0	5.0	5.0	14.2	13.4	14.8	8.3
泛酸 (μg)	0.4	0.6	0.5				
生物素 (μg)	3.0	4.0	3.0	41.0	33.0	39.0	37.0
叶酸 (mg)	10	3	3	220	330	110	31
B ₆ (mg)	0.3	0.5	0.4	0.42	0.83	0.68	0.30
B ₁₂ (μg)	2	2	2	84	110	25	55
C (mg)	0	0	0	10	23	13	7
D(I, U)	微量	微量	微量	0.5	1.13	1.13	微量

3.3 肉在低温下的生理生化变化

低温控制是大多数肉制品加工的必需条件。肉的宰后成熟、分割、腌制、绞碎、斩拌、发酵初期等处理加工过程均需要保持低温条件,方可使物料呈现最佳的工艺特性。尤其是原料肉中,冷却、冷冻和冷藏是保证原料品质和供给的最佳方法,因此冷藏和冷冻是肉类原料生产中最重要工艺。

3.3.1 肉的冷却和冷藏

肌肉宰后并不是立即停止所有活动,而是在几小时甚至十几天内发生各种物理变化和化学变化,这些变化受很多因素的影响。经过宰后一系列的生化过程,肌肉将逐渐转变为食用肉。研究表明,即便在低温条件下,宰后肌肉中的生化反应依然在进行,只是进行速率较常温下慢而已。因此,有必要对宰后肌肉的变化进行了解,从而有助于对宰后冷却肉的品质安全进行控制。

1. 宰后 pH 值下降和产热

活体动物在屠宰放血后,由于肌肉组织内部氧气供应停止,肌肉中的无氧糖酵解逐渐代替了有氧代谢过程,从而引起乳酸的不断积累,导致肌肉 pH 值下降,这是动物宰后最重要的变化之一。但放血后 pH 下降速率和程度受宰前管理、畜禽品种等因素的影响较大。另外,由于宰后肌肉持续的代谢作用会使肉的温度不断升高,升高的程度依代谢的产热速度和持续时间而定。因此宰后产热会导致胴体冷却速率变慢,肌肉大小和所在部位以及表面、内部脂肪的多少也会影响最终的温度升高和散热速率。此外,与屠宰操作相关的外界因素也会影响热量的散失。比如,燎毛和烫洗处理可引起胴体温度升高,从而降低散热速率,屠宰间的温度、修整时间、制冷设备的温度等均会对胴体温度的降低产生重要影响。因此,为避免温度升高对肌肉蛋白的变性作用,必须采取加快肌肉散热的措施。

2. 宰后尸僵

宰后肌肉向食用肉转化过程中发生的另一种强烈变化是肌肉的宰后僵直,原本柔软松弛的肌肉逐渐失去弹性,关节无法活动而变得僵硬。畜禽宰后僵直大体上可分为三个过程。

1) 尸僵迟滞期

宰后直到开始出现尸僵现象为止,这期间肌肉的弹性以缓慢的速度消失,称为尸僵迟滞期。畜禽死后的早期阶段,为了维持肌肉组织蛋白质的有序结构和肌肉的温度,消耗的ATP由糖原酵解过程和磷酸体系提供,肌肉内的ATP水平可维持相对较高的水平,因此没有尸僵现象发生,肌肉依然具有一定的延展性和弹性。当肌肉的磷酸肌酸体系消耗尽后,仅靠糖原酵解系统提供的ATP不能满足肌肉的需要,肌球蛋白和肌动蛋白逐渐结合形成肌动球蛋白,肌肉开始出现僵直。

2) 尸僵急速形成期

当肌肉内糖原耗尽或由于乳酸的蓄积使糖酵解酶系钝化,糖酵解过程无法继续供给ATP,此时肌肉内ATP含量急剧减少,肌球蛋白和肌动蛋白迅速大量结合,肌肉弹性迅速消失而导致肌肉变硬。

3) 尸僵后期

肌肉在尸僵急速形成期后,维持延伸性非常小的状态的一段时间称为尸僵后期。肌肉达到最大尸僵后,肉的硬度可增加10~40倍。

3. 肉的解僵和成熟

当肌肉在宰后僵直达到最大限度并维持一段时间后,僵直状态逐渐解除,肉的质地逐渐变软,这一过程称为解僵。在0~4℃条件下,猪肉解僵需要2~3天,牛肉则需要7~10天。

成熟(aging)是指尸僵完全的肉在冰点以上温度条件下,由于肉中的酶类所引起的乳酸、糖原、呈味物质之间的变化,使原有尸僵状态的肉变得柔软有弹性,表面微干,带有鲜肉的自然风味,味鲜而易烹调,这种变化即为肉的成熟作用。由此可见,肉的成熟过程实际上包括肉的解僵过程,两者所发生的许多变化是一致的。

肉在成熟过程中,肌肉微观结构的完整性遭到破坏,最主要的变化是Z-线的降解,导致肌原纤维在受外力的冲击时可发生断裂,使整个肌肉松软,嫩度改善。另外,成熟过程中,肌肉的结缔组织会松散。由于结缔组织起着连接支持肌肉的作用,它的松散使整个肌肉嫩度得到改善。研究表明,结缔组织松散的原因主要在于起连接作用的交联和基质黏多糖的水解。此外,已经证明肌细胞骨架及有关蛋白的一些主要化学键被打开,某些蛋白质的水解变性即可导致僵直肌肉嫩度的改善,如肌钙蛋白T、肌间线蛋白、肌间隙纤维、M线蛋白等,而无须使大量蛋白水解。这些蛋白的水解破坏,将削弱肌节之间的连接、肌原纤维间的联系以及肌肉的整体完整紧凑性,这被认为是导致肌肉嫩度改善的主要原因。

肉的成熟作用与外界温度条件有着密切关系。温度低时,成熟作用缓慢;温度高时,成熟作用加快。然而,当肉的成熟作用完成后,肉中的生物化学变化将转为“自溶作用”,这是肉品腐败的前奏。作为零售鲜销的肉类,应尽可能地控制成熟作用的进行,防止其过

早地进入自溶阶段。因此,零售鲜肉在未出售时应尽可能地置于冷链低温中以控制成熟作用的进行。

4. 肉的腐败

自溶过程进行时,肉的 pH 反应开始趋于向中性发展,这就为各种微生物的繁殖创造了适宜的条件。当鲜肉未在低温下进行运输贮藏或贮藏温度较高、时间较长时,肉表面和环境中存在的微生物可大量繁殖从而导致肉中的蛋白质、脂类以及糖类的分解,形成各种低级产物,使肉品质发生根本性变化。

污染肉并引起肉变质的微生物主要包括两大类群。一大类群是腐生微生物,主要有:假单胞菌属、无色杆菌属、变形杆菌属、芽孢杆菌属、埃希氏杆菌属、梭状芽孢杆菌属等细菌,假丝酵母属、芽枝霉属、卵孢霉属、枝霉属、毛霉属、青霉属等真菌;另一大类群是病原微生物,如沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、结核杆菌、布鲁氏杆菌和炭疽杆菌等,这类微生物不仅使肉发生腐败,更严重的是传播疾病,造成食物中毒。肉在任何腐败阶段,对人的健康都会产生危害。无论是参与腐败的微生物及其产生的毒素,还是腐败产生的有毒分解产物,都能影响消费者的健康。因此,为保持肉的新鲜度应注意以下两点:①肉在流通过程中应始终保持卫生,即宰前、屠宰加工、冷却、运输等环节都要注意防止肉受到污染和二次污染;②在整个流通过程中要使肉始终处在低温环境中,抑制腐败菌的繁殖。

案例分析 3-1

美召回 3 000 多吨牛肉 或受沙门氏菌污染

2018 年 10 月 4 日,美国农业部食品安全及检验局发布声明说,肉类加工企业 JBS 生产的近 700 万磅(约 3 135 吨)牛肉制品或受沙门氏菌污染,因此予以召回。声明说,召回产品为牛肉馅等加工处理过的生牛肉制品,食用或接触这些产品可能导致严重健康问题甚至死亡。

这些肉制品由巴西肉类生产巨头 JBS 的美国子公司生产,生产地点位于亚利桑那州西南部的托尔森市。此次召回产品的包装日期范围是 7 月 26 日至 9 月 7 日,销售范围涉及全美。食品安全及检验局呼吁消费者将召回产品退还给商家,烹饪生肉时也要充分加热。

食品安全及检验局在声明中说,自 9 月以来已经收到来自 16 个州 57 例沙门氏菌感染的报告,其中 8 名患者提供了购买托尔森加工厂所生产的牛肉制品的发票或其他购买证明,食品安全及检验局据此认为所涉牛肉制品或是导致食物中毒的起因。

人类感染沙门氏菌后的 12~72 h 内,通常会出现腹泻、发烧、呕吐与腹痛的症状。这些症状一般会持续 4~7 天,即使没有接受治疗,绝大多数患者也可以自行痊愈。某些状况下患者可能因严重腹泻而导致脱水,必须送医院治疗。老人、婴儿等免疫系统功能不佳的人可能会发展出严重并发症。

资料来源:美召回 3000 多吨牛肉 或受沙门氏菌污染。新浪网,http://k.sina.com.cn/article_2011075080_77de920802000ciwd.html.

3.3.2 肉的冷冻和冻藏

1. 物理变化

经冷冻贮藏的肉在低温冻藏过程中的物理变化,主要是硬度、颜色和重量的变化。冻结肉在冷冻库中长期冷冻贮藏时,由于水分升华作用使肌肉组织变薄,肌肉纤维垂直切断时彼此容易分开,脂肪呈原颗粒状且易破碎。随着时间的延长,表面逐渐变为暗褐色,这主要是由于肌肉组织中的肌红蛋白被氧化和表面水分蒸发而使血红素浓度增加。同时,由于氧化作用,冻肉脂肪由白色逐渐变为黄色。

在冻藏过程中,冷冻库外的热量传入库内,库内温度发生波动,可引起肉表面水分蒸发或升华,使肉的重量减少。水分蒸发时重量损失多少取决于肉的肥瘦程度、冻藏条件和贮藏期限的长短。肉的肥度越高,干耗越小;贮藏温度低,相对湿度高,则干耗小;冻藏期限越长,干耗越大。经过长期保藏的冷冻肉,表面可形成一层脱水的海绵层,并产生较强的氧化作用。

2. 化学变化

冻肉在冻藏期间的化学变化主要是脂肪的氧化以及酶对蛋白质、糖原等的催化作用。冻肉在冻藏中不稳定的成分是脂肪,易受空气中的氧及微生物酶的作用而发生氧化反应。这种变化程度与冻藏温度有关。比如,猪肉在 -8°C 的冷藏库中贮藏6个月后脂肪表面变成黄色并产生油腥气味,贮藏12个月后这种变化深度可达 $2\sim 4\text{ mm}$,但将同样的肉放在 -18°C 的冷藏库中贮藏,12个月在脂肪上未发现变质现象。冻肉在贮藏时,蛋白质变性仍在继续。蛋白质胶体中水分外析,蛋白质的质点逐渐相互集结而凝固,致使肉的质量降低。冻肉冷库温度越高,冷藏期限越长,肉的蛋白质变性程度就会越严重。但在低温冷冻贮藏时,蛋白质的分解作用可忽略不计。冷冻肉在冻藏期间随着糖原的分解,乳酸量继续增多,使肉的pH值逐渐下降。冻藏6个月后,肉的pH值一般为 $5.6\sim 5.7$ 。

3. 组织变化

冻肉在冻库冻藏时的组织变化与冻结条件和冻藏温度有关。肉在缓慢冷冻过程中,可在细胞组织内部和周围形成大冰晶,从而造成细胞组织的破裂,致使解冻后有多余的汁液流出。若采用快速冻结方法,则可减少由细胞破裂引起的汁液损失。在贮藏过程中,冷藏库内空气温度的波动可引起肉中水分的重结晶。当温度升高时,处于肌肉纤维中间冰晶融化成水,随即透过肌纤维膜而扩散至纤维的间隙中。此时若温度再次降低,这部分水即在纤维间隙内重新结成冰晶,从而使原冰晶体积增大。大冰晶体具有挤压作用,导致肌纤维被破坏。当解冻时,冰晶融化成的水又不能为肉体组织吸收,而造成肉的汁液流失,这样既降低了肉的营养成分,又降低了肉的重量。为此应尽量保持冷冻库温度稳定,避免波动。

4. 微生物的变化

冻结肉在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下贮藏时,微生物生长繁殖几乎完全停止。但如果肉在冷藏前已被细菌或霉菌污染,或冷藏条件达不到要求,冻结肉的表面就会出现细菌和霉菌的菌落。尤其是在空气不流通的地方,更容易引起霉菌繁殖。对有较大面积霉菌繁殖的冻肉,必须经过化学和微生物的检验,确保无问题后,方能食用。

3.4 肉与肉制品的冷链流通

优质肉制品需要一个完整的冷链物流系统对其进行全程温度控制,以确保食品安全。这其中包括冷却肉的冷却、生畜禽装卸时的环境、鲜肉及产品的储存和运输条件等,亦即从原料到消费者之间的所有环节,要求在加工、运输、贮藏、销售流通的整个过程始终保持合适的低温条件,这种连续的低温环节称为肉品的冷链,其中任何一个环节出现问题都可能对肉的品质和安全造成不利影响。因此,完整的生产储运技术是肉与肉制品从生产到销售整个链条中确保食品安全的重要因素。

随着人们生活水平和肉类消费知识的提高和普及,冷却肉将取代热鲜肉和冷冻肉成为现代生鲜肉市场的主流。冷却是肉制品短期保存的重要手段,经冷却处理的肉一般可保存2周左右。若需要进一步长期保藏肉类,则需采用冷冻的方法。

本节将对肉品冷链中的低温加工、冷冻保藏、冷藏运输和冷冻销售四个方面进行介绍。

3.4.1 肉类低温加工

1. 肉类冷却工艺

目前我国肉类的冷却方法主要是冷风冷却法,即将屠宰修整后的胴体由吊轨送入冷却间,其内设有吊顶式或落地式风冷机,产生冷空气吹过肉品表面实现冷却。在冷却工艺上,我国肉类加工企业多采用一次冷却工艺。实践发现,1/4牛胴体和猪胴体的冷却时间一般为20h左右,羊胴体为10~12h,当肉最厚部位的中心温度达到 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,即可结束冷却过程。部分肉类的一次冷却技术参数见表3-6。

表 3-6 部分肉类的一次冷却技术参数

冷却过程	1/4 牛胴体		半片猪胴体		羊 胴 体	
	库温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度/%	库温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度/%	库温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度/%
进冷却间之前	-1	90~92	-4~-3	90~92	-1	90~92
进冷却间之后	0~3	95~98	0~3	95~98	0~4	95~98
冷却 10 h	-1~0	90~92	1~2	90~92	-1~0	90~92
冷却 20 h	-1~0	90~92	-3~0	90~92		

在国际上,较为常用的是两段式冷却工艺,即在冷却开始时采用较低的温度(一般为 $-10\sim-5\text{ }^{\circ}\text{C}$),使胴体表面迅速降低至冰点附近,表面形成干膜,然后再采用一般冷却方法进行第二段冷却,冷却间温度逐步升高至 $0\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,防止肉表面冻结。当肉表面温度与中心温度相等并达到 $2\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时即可完成冷却,时间通常为 $14\sim 18\text{ h}$ 。在第二段冷却过程中,冷却间空气循环速度应随温度的升高而降低。表3-7为猪肉白条两段快速冷却工艺的技术参数。

表3-7 猪肉白条两段快速冷却工艺的技术参数

阶段	质量/kg	冷却间温度/ $^{\circ}\text{C}$		冷却间平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	冷却时间/h	终温/ $^{\circ}\text{C}$			
		初温	末温			猪腿		猪颈	
						内部	表面	内部	表面
第一阶段	55	-19.5	-15.0		5.0	17.6	-4.5	17.2	-2.0
	52/55	-18.0	-13.1		5.0	18.5	-3.8	16.4	-2.4
	52/55	-16.9	-13.3		4.0	22.6	-3.6	22.1	-1.2
第二阶段				-1.0	10.0	4.0	1.6	0.4	0.1
				-1.2	14.5	3.3	2.0	0.2	0.1

与传统冷却方法相比,两段式快速冷却工艺的特点如下。

(1) 要求冷却间的单位制冷量较大。

(2) 肉表面微生物数量较少,且由于胴体表面温度快速下降,肉干耗较少,一般比传统的冷却方法干耗降低 $40\%\sim 50\%$ 。

(3) 提高了冷却间的生产能力,一般比传统冷却方法提高 $1.5\sim 2$ 倍。

在进行冷却操作时应注意以下事项。

(1) 冷却室放入货物前应保持清洁并进行消毒。

(2) 肉胴体应吊挂而不相互交叠,若胴体相互接触则影响冷空气流通,使冷却速率降低,甚至会导致胴体局部温度过高使肉自溶和腐败。

(3) 冷却过程中,应尽量减少开门次数和人员出入,以维持冷却条件和降低微生物污染的机会,可在冷库内安装紫外灯进行辐射灭菌。

2. 肉类冷冻工艺

肉的冷冻是肉冷却的继续,是让已降温至冰点附近的肉继续降温使其进入冻结状态。虽然在 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时可抑制绝大多数微生物的生长繁殖,但在此温度下,肉中酶和非酶化学作用以及物理变化还无法得到有效控制,因此在实践中常采用更低的温度,企业中一般采用 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

冻结方法可分为慢速冻结和快速冻结两种。慢速冻结得到的肉在解冻后会导致细胞汁液的大量流失;快速冻结能在肉内形成很多小冰晶,对肌纤维细胞破坏较小。因此,快速冻结比慢速冻结能更好地恢复肉本来的性质。

在冷冻介质的选择上,一般常采用冷空气进行空气冻结,操作方式和设备与肉品冷却类似,区别在于需要采用更低的温度和更高功率的风冷机。在冻结工艺上,其也可分为一

次冻结工艺和二次冻结工艺。一次冻结工艺是指将加工整理后的肉胴体不经冷却直接送入冷冻间进行冻结,但其缺点在于肉胴体易产生冷收缩现象,对冻结设备和工艺要求严格,冻藏期间的干耗较大。二次冻结工艺是将冷冻分为冷却和冷冻两个过程进行,即先将肉冷却至 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$,再将其送入冷冻间进行冻结,这种方式需要的总冻结时间较长,冻结效率低。此外,也有人采用浸渍冻结技术进行快速冷冻,该技术是利用低温的冷冻液与肉品直接接触,在肉品浸入液体后表层瞬间冻结,从而实现快速冷冻,是一种冻结速度快、低能耗的加工技术。浸渍冻结中常用的载冷剂包括醇类、糖类和盐类的水溶液等。

肉品中的水分一般在 $-2.5\sim -0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始冻结,至 $-65\sim -62\text{ }^{\circ}\text{C}$ 达到完全冻结。冻结时应尽可能采用较低的温度,以减少肉中的液态水含量。在实际操作中,推荐采用 $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的温度,当肉中心与表面温度一致时即完成冻结。冷冻后的肉应恒定在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右保藏。

3.4.2 肉类冷冻保藏

将冻结后的肉送入低温条件下的冷藏库中进行低温保藏是肉类冷加工的最终目的。在冻藏过程中,由于冻藏条件、方法和设备的不同,冻肉的品质和安全性也会发生变化。对于商品冻肉,要求解冻后肉的食用价值、外形、风味和滋味等不应发生明显改变。需要长期贮藏的肉,在放入冷冻库前应将其中心温度降低至 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,冷库温度不得超过 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$,且温度应保持恒定,波动范围不超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冷库湿度一般应保持在 $95\%\sim 98\%$,波动范围不超过 5% 。在此条件下,肉表面和内部的微生物和酶活性均受到抑制,对于设备运行成本而言也是较为经济的选择。目前,我国一些大型储备性冷库常采用 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的库温,以保证长期储存的肉类产品质量。部分冻藏肉与肉制品的冻藏温度和时间见表3-8。

表 3-8 部分冻藏肉与肉制品的冻藏温度和时间

肉品种类	温度/ $^{\circ}\text{C}$	冻藏时间/月	肉品种类	温度/ $^{\circ}\text{C}$	冻藏时间/月
牛肉	-15	6~9	羊肉	-18	8~10
牛肉	-18	8~12	羊肉	-23	9~12
肉酱	-12	5~8	猪肉	-18	4~6
肉酱	-18	8~12	猪肉	-23	8~12

3.4.3 肉类冷藏运输

肉类的流通运输是联系冷链各个环节的纽带,也是现代化冷链系统的核心部分。冷链运输对硬件设备要求较高,既要保持内部环境的稳定,又要使其不受外界环境条件的影响。肉类的冷藏运输包括生鲜肉品和熟肉制品的中、长途运输和短途配送等物流环节,主要涉及冷藏汽车、冷藏船、冷藏集装箱、铁路冷藏车等低温运输工具。不同运输方式的优劣见表3-9。

表 3-9 不同运输方式的优势

运输方式	优势
公路冷藏运输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公路网密度大于水路和铁路。 2. 公路建设成本低于铁路,又不像水路那样易受环境影响。 3. 灵活性高,不需要像铁路和水路那样进行编组、装卸、转运等。 4. 周转环节少,可实现“门到门”服务。 5. 运输周期短。 6. 运输距离短且数量少时,公路运输经济性较高
铁路冷藏运输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 运输量大,速度较快。 2. 安全性较高。良好的铁路冷藏车具有良好的隔热、气密性能,并设有加热、制冷和通风装置,可适应铁路沿线各个地区的条件变化,保持车内食品必需的储运条件。 3. 对于远距离、大批量货物。铁路冷藏运输经济性较高
水路冷藏运输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 运量大且长距离运输货物时经济性较高。 2. 对于远洋渔业,水路冷藏运输是其必不可少的运输方式。 3. 对于由水路运输的易腐食品,也需要水路冷藏运输才能保证其品质
航空运输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 运输速度快但成本较高。 2. 适用于运输附加值较高且质量降低较快的易腐货物,可保证产品品质,防止产品在运输途中的破损

在冷藏运输过程中,温度波动是引起肉品质量降低的原因之一,所以运输工具应具有良好的性能,既要保证足够低温,又要保持温度稳定,这在远途冷藏运输中尤为重要。

生鲜肉在屠宰、冷却和冷冻过程中,由于其自身携带和暴露于外界环境,肉表面不可避免地会带有部分微生物,若在运输过程中卫生管理不完善,将极大地影响肉的保存性。因此,对于需要长途运输的肉,应特别注意以下几点。

(1) 运输车或船内表面以及可能与肉表面接触的部分必须采用无毒、易于清洗消毒的材料制成。

(2) 运输途中,车船内温度应按照冷却或冷冻贮藏的要求维持一定的温度和湿度。

(3) 运输车或船在装卸货物时应尽可能地使用机械方式,尽可能缩短交运时间。

(4) 配备适当的装置,防止肉品与水、昆虫和灰尘等接触。

3.4.4 肉类冷冻销售

冷冻销售是肉品冷链的最后一个环节,包括各种冷链生鲜食品进入批发零售环节的冷冻贮藏和销售,它由生产厂家、批发商和零售商共同完成,是连接生产和消费的桥梁。随着大中城市各类连锁超市的快速发展,各种连锁超市成为冷链肉品销售的主要渠道。在这些零售终端中,肉品需要和消费者接触,不仅要看得见,还要摸得着,这对冷链末端的设备提出了特殊的要求,因此在销售环节需要大量使用冷藏陈列柜和冷藏库。

1. 冷藏陈列柜中货品陈列方式

冷藏陈列柜通常是指采用制冷方法为批发或零售的食品提供适宜保存环境的隔热箱体,它是肉品零售部门展示和销售产品所必需的设备。这就要求冷藏陈列柜不仅能够保证良好的制冷效果,还能够保证肉与肉制品的陈列便于消费者的选择,因此冷藏陈列柜中货物的摆放应遵循如下原则。

(1) 充分利用开放空间。

(2) 易于选择商品的设计。将最易选购商品放置于合适高度和黄金陈列区域,使畅销商品尽可能集中陈列。

(3) 充分考虑照明对产品外观的影响。柜内照明不仅应起到照明效果,而且应安装在使商品最显新鲜、诱人的位置,既能突出商品的新鲜度,又能达到引人注目的效果。

(4) 均匀的制冷效果。通过设计风幕隔绝外部空气的影响,达到柜内均匀制冷的目的。

(5) 容易产生品质差异的商品必须批进批出,维持排面商品品质的一致性。

2. 冷藏陈列柜的陈列温度

冷藏陈列柜作为冷链的最后环节,如果不能对温度形成有效控制,前面所有环节的努力都将白费。不同肉品所需的温度环境不同,要保证肉品品质,需要根据产品的形态和保藏温度选择合适的陈列温度。

通常来讲,生鲜肉类适宜保藏的温度为 $-2\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。生鲜肉类虽然色泽鲜艳,品质较好,但是货架期短,不适合长期陈列销售。生鲜肉类销售时一般采用卧式冷藏陈列柜,可使消费者通过近距离观察来判断生鲜肉的品质。

对于冷冻肉,适宜的保存温度为 $-20\sim -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。当冷藏陈列柜温度较高时,产品的部分解冻会引起肉品的挤压变形,甚至可能导致产品的物理、化学变化和微生物的腐败变质;当冷藏陈列柜温度较低时,部分肉品可能会发生干耗增大,氧化程度增大,影响产品的口感和安全性,此外还会增加不必要的能耗,成本上升。表 3-10 为美国采暖制冷空调工程师协会推荐的常见肉制品的陈列温度。

表 3-10 美国采暖制冷空调工程师协会推荐的常见肉制品的陈列温度

肉制品种类	陈列方式	最低温度 ¹ / $^{\circ}\text{C}$	最高温度/ $^{\circ}\text{C}$
无包装肉(封闭陈列)	陈列区 ²	2	—
熏肉	多层	0	1
带包装肉(敞开陈列)	单层	-4.5	-3.5
	多层	-4.5	-3.5
冻结肉 ³	单层	—	-25
	多层(敞开陈列)	—	-23.5
	玻璃门陈列柜	—	-21

注: 1. 在送风口处测得的温度,温度计不与商品接触。

2. 无包装新鲜肉只陈列在封闭式冷藏陈列柜中。放入前应先将其冷却到 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,且柜内温度应保持在该温度以下。依生产厂家不同,柜内温度稍有变化。

3. 对冻结肉品来说,最低温度不是关键,最高温度才是影响产品品质的最主要因素。

案例分析 3-2

冷冻肉=僵尸肉？关于冷冻肉的几点疑问

什么是冷冻肉？现实生活中，我们能买到的肉基本有三种：热鲜肉，冷鲜肉，冷冻肉。其中，冷冻肉指的是屠宰后经过 -25°C 以下快速冻结，然后在 -18°C 以下环境中贮藏、运输和销售(冻结状态)的肉。虽然冷冻肉由于长期处于冷冻状态，水分容易挥发，肉纤维变粗，口感会打一点折扣，但其安全性高和储存期长等特点也是值得肯定的。

关于冷冻肉的几点疑问：

(1) 冷冻肉没营养？吃肉主要是补充蛋白质与铁等矿物质，而冷冻肉在解冻一次后，这两种营养成分与其他两种肉差别并不大。此外，冷冻肉解冻导致的营养流失，尤其是B族维生素损失，与日常烹调对营养的损失相比，是可以忽略不计的。

(2) 冷冻肉质量缺乏保障？规模化生产的冷冻肉，有一套严格的生产规范和安全标准，外包装上的食品标签，也会对生产厂家与产品信息都有明确标示。冷冻肉是经屠宰分割后，直接放入低于 -18°C 的冷冻库里。这样有利于抑制绝大多数微生物的生长繁殖，同时也可延缓许多不利的化学反应。因此，选择正规工厂生产且正规途径购买的冷冻肉，安全方面是有保障的。

(3) 冷冻肉口感太硬？冷冻肉口感差，可能和反复冻融有关。特别是部分商家为了省电，断电导致冻肉反复冻融，破坏了肉的口感、风味和安全。肉的冷冻过程中，细胞中的水会结成小冰晶，破坏了肉的细胞结构。反复冻融，致使水分大量流失，肉的表面形成许多小空洞，使得肉吃起来又干又柴。所以，冷冻肉不好吃，可能真不是它的错。

资料来源：冷冻肉=僵尸肉？肉在冰箱到底可以放多久？中国互联网联合辟谣平台(中央网信办违法和不良信息举报中心)，https://www.piyao.org.cn/2020-11/05/c_1210872721.htm。

3.5 肉与肉制品的品质劣变与控制

3.5.1 低温肉品的异常现象

1. 冷鲜肉

在冷鲜肉生产过程中，由于贮藏温度相对于冷冻处理较高，尚无法完全抑制微生物的生长，同时冷鲜肉销售周期较短，因此，生物因素——微生物污染是造成冷鲜肉质量下降的主要原因，而物理因素和化学因素对冷鲜肉的品质影响较小。刚屠宰的健康动物内部组织没有细菌，但在冷却、排酸、运输和零售等过程中，鲜肉不可避免地与环境中的各种微生物相接触。鲜肉中含有丰富的营养成分，并且水分活度很高，是微生物生长、繁殖的理想培养基，若冷链温度控制不当，微生物会在短时间内大量繁殖，从而引起腐败变质甚至引起食源性疾病，其中在屠宰分割过程微生物污染概率最大。因此，采用规范的操作规程、改善加工环境的卫生可有效抑制有害微生物的生长，延长货架期，保证冷鲜肉的安全质量。

微生物的大量生长繁殖不仅使肉的感官性质诸如颜色、风味和质地等发生恶化,同时破坏了肉的营养价值,而且会产生大量毒素,引起食品腐败和食品安全问题。冷鲜肉常见的异常现象主要包括以下几种。

1) 表面发黏

肉品表面发黏的主要原因在于吊挂冷却时,胴体间密度过大,相互接触导致通风不良,从而引起假单胞菌、明串珠菌、无色杆菌、细球菌等的繁殖,并在肉品表面形成黏液样的物质,手触有黏滑感,同时伴有陈腐气味。发黏肉若发现较早,无腐败现象,则清洗或分割修整后即可食用,但若发生腐败现象则不能食用。

2) 发霉

霉菌可在肉品表面生长形成白色或黑色斑点。白色斑点主要是由白色分枝孢霉菌引起的,菌落直径2~6 mm,这种白点多在肉表面,擦拭后不留痕迹。黑色斑点是由蜡叶芽枝霉菌引起的,菌落直径6~13 mm,这类菌落可深入肉内部达1 cm,不易抹去。其他如青霉、曲霉、毛霉等也可在肉表面生长,形成不同大小和颜色的霉斑。已发霉的肉若无腐败现象,除去表面霉层后可供食用;若霉菌已深入肉内层,可将霉变部分剔除后立即加工食用;若霉菌繁殖使肉出现明显的霉败气味或腐败特征,则应予废弃无害化处理,不得食用。

3) 变色

肉中微生物的生长繁殖在引起肉品腐败的同时,也可造成肉的变色。冷却肉中的好氧性微生物主要有假单胞菌属的一些细菌、无色杆菌等,它们在对数生长期时大量增殖,使肉表面的氧分压降低,促进了高铁肌红蛋白的形成,使肉变质的同时也使肉表面变色。除了细菌引起的冷却肉表面变色外,一些细菌在生长繁殖过程中的副产物会氧化肌红蛋白中的铁原子,并结合在血红素中的自由结合位点而使冷却肉变色。最常见的细菌副产物为硫化氢和过氧化氢,它们与不稳定的肌红蛋白结合,分别生成硫肌红蛋白和胆绿蛋白而使肉变色。

2. 冷冻肉

肉冷冻后,肉中微生物的生长繁殖受到抑制,部分微生物由于其本身的水分被冻结,破坏了菌体结构从而失去活力。但是低温对微生物的致死作用较小,特别是一些耐低温的微生物,往往在温度和水分条件适宜的时候,又可在肉上恢复生长繁殖能力,使冷冻肉品出现异常现象。冷冻肉常见的异常现象主要包括以下几种。

1) 异味

异味是指除腐败以外的污染气味,如鱼腥味、脏器味、氨味、汽油味等。如异味较轻,修割后进行煮沸试验,若无异常气味者可供熟肉制品原料。

2) 脂肪氧化

凡畜禽生前健康状况不佳、加工场所卫生不良、冻肉存放过久或日光照射均可使脂肪变为淡黄色。低温时脂肪也可发生缓慢氧化,当产生酸败气味时表明脂肪氧化程度较为严重。如氧化仅限于表层,可将表层削去后熬工业用油,深层经煮沸试验无酸败者可供加

拓展阅读 3.1 家中冷冻肉也有保质期



工食用。

3) 变色

肉的色泽变化除一部分是由于生化作用外,常常是某些细菌所分泌的水溶性或脂溶性色素的结果,这些细菌包括假单胞菌、产碱杆菌、明串珠菌、变形杆菌等。变色的肉若无腐败现象,可清除和修割后加工食用。

4) 发光

在冷库中常见肉上有磷光,这是由一些发光杆菌引起的。肉表面有发光现象时,一般无腐败菌生长,一旦有腐败菌生长,磷光便消失。在鸡肉上有时也会出现荧光,常促使假单胞菌、产碱杆菌、黄色杆菌等产生混合荧光。发光的肉经卫生消毒后可供食用。

5) 干枯

冻肉存放过久,特别是反复冻融,肉中水分丧失,可使肉表层色泽深暗,形成一层脱水的海绵状表层。轻度干枯的肉,可去除表面干枯部分后食用,但干枯严重者味同嚼蜡,营养价值极低,无法食用。

3.5.2 肉与肉制品的品质控制

对于冷链中鲜肉和冻肉的品质控制,已有国家标准《鲜、冻肉生产良好操作规范》(GB/T 20575—2019)予以规范和说明,该标准针对冷链中鲜、冻肉生产的选址及厂区环境、厂房和车间、设施与设备、生产原料要求、检验检疫、生产过程控



拓展阅读 3.2 肉与肉制品的品质控制相关标准

制、包装、储存与运输、产品标识、产品追溯与召回管理、卫生管理及控制、记录和文件管理等方面进行了要求。此外,对于各环节中肉品品质、微生物、兽药、重金属等方面的含量要求和检测方法也可参见相关国家标准,如《食品安全国家标准 肉和肉制品经营卫生规范》(GB 20799—2016)、《食品安全国家标准 熟肉制品》(GB 2726—2016)、《食品安全国家标准 食品微生物学检验 肉毒梭菌及肉毒毒素检验》(GB 4789.12—2016)、《食品安全国家标准 肉及肉制品中双硫磷残留量的检测方法》(GB 23200.80—2016)等。本节仅介绍肉与肉制品品质控制的一些基本原则。

1. 原料品质控制

肉品原料的性质与产品的质量 and 安全性有密切关系。肉品原料可以是鲜肉、冻肉或初步加工的产品,但都要保证在不受污染、不变质的条件下短期储存。对加工需要的原料要进行认真筛选,必须使用外观好、鲜度高、品质优的原料。原料肉除应满足一定的感官和理化质量标准外,还应重点关注肉品的微生物状况:通常规定鲜肉的菌落总数检出值不得大于 10^6 (CFU/g),大肠菌群不得超过 10^4 (MPN/100 g);冻肉的菌落总数检出值不得大于 10^5 (CFU/g),大肠菌群不得超过 10^3 (MPN/100 g),沙门氏菌和腹泻性大肠杆菌不得检出。

2. 前处理控制

对于肉品原料,在冷却和冷冻前都要进行前处理,包括除内脏、放血、洗净、选择分类

等。为了保证原料的品质,肉类原料必须处在半解冻状态下进行前处理,且处理后温度仍需保持在 $-5\sim-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在前处理以及整个肉品冷链的各个环节,除应考虑所选设备能否完成加工任务、设备的效率、清洗维护的难易程度之外,还要考虑设备的卫生安全设计。如斩拌后的肉糜很容易携带微生物,在贮藏期间很容易发生微生物腐败变质,因此肉品的前处理必须设有冷却装置,以将肉品的温度保持在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。此外,不合格或设计存在缺陷的设备也容易导致产品的微生物污染。比如,设备结构缺陷或材料选择不当引起的清洗困难,部分管件(如阀门、弯头、泵等)的不合理设计和安装造成的卫生死角等。

在屠宰、清洗等加工过程中,水质管理至为重要,所有的加工用水都必须符合生产用水的基本要求。水质的好坏对肉品的保藏性影响很大,可影响肉品的物理、化学变化进而影响到产品的色香味和营养价值。生产用水在使用前可根据需要进行消毒、杀菌处理和调整pH值。生产过程中,水压和流量的调节,清水及污水输送设备等的卫生也是重要的控制内容。

3. 生产过程中的品质控制

在肉品冷链中,主要对冷冻肉进行品质控制。前已述及,冷冻速度是影响冻肉的关键因素。肉经冷冻后,品质多少会有所降低,主要原因在于肉中的蛋白质在冻结过程中会发生变性,采用快速冻结或深度冻结的方法可有效降低这种影响,操作时应确保肉品尽快地通过 $-5\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围的冰晶生成带。

4. 冷冻肉品的包装和控制

冷链中肉品包装对产品品质的影响不可忽视。合格的包装既可减缓肉品在装卸、销售过程中与外界环境的能量交换,又可通过一定的包装强度使肉品在贮藏、运输中免受机械损伤,还可隔绝外界环境对产品的污染、串味、脱水的影响。

对于包装材料,可采用塑料袋包装,兼用纸箱外包装,所有包装材料还应满足规定的卫生安全标准。在包装操作时,应保证包装材料无异物、灰尘和异味。包装结束时,应再次检查有无异味传递给产品。同时,还应经常对包装机械进行检查,如制造时间的印记状况、封印状况、密封效果等。

冷冻肉品的包装的原则如下。

(1) 应采用较高质量的包装材料和储存容器包装冷冻肉品,防止产品变质,同时也要保证产品运输和储存过程中产品的完整性。

(2) 包装编码应该能够有效辨识产品。

(3) 外部储存容器的标签应易于撕下,使容器可循环利用。

(4) 储存容器外部应标明“ $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 储存或温度更低”。

5. 冷藏、运输和销售环节控制

1) 冷藏控制

肉品冷藏库应确保有足够的库存容积和能维持低温的制冷设备,从而保证肉品在运

进运出高峰的情况下持续维持一定的低温。在冻品储存区域应安装至少两个经校准的测温仪器,记录库内各个区域的温度,及时发现温度异常的区域并进行调整。另外可在冷库中安装报警设备,当冷冻库温度异常或制冷系统出现故障时自动启动,从而提高制冷设备的反应速度。

2) 运输控制

为保证肉品品质,运输冷冻产品的车辆应满足以下要求。

(1) 车辆货物仓内应保持干净,不应有污物、肉屑、血水、异味或其他能够引起产品变质的物质。

(2) 货物仓应进行良好的结构设计,采取绝缘措施,装备具有足够制冷能力和空气输送的设备以维持货仓内温度处于 -18°C 或以下。

(3) 货舱内安装温度监控器和报警器,实时显示舱内温度变化并及时采取措施。

(4) 运输货仓的6个面应安装合适的空气循环通道。

3) 销售控制

冷冻肉品一旦卸载,应立即送入冷藏室或者零售展示柜中。为保证产品的安全性和应有的品质,应在销售环节实施低温控制。冷冻肉品应在低温陈列柜中出售,温度控制在 -15°C ,在实际运行中允许陈列柜内的温度有短暂的升高,但不能高于 -12°C 。货物的周转应该遵循“先进先出”的原则,新放进的产品应该放在出口货架的下面,如果是垂直布置的展示架,应将其放在展示架的后部。当发生不同程度的电路供应故障时,销售商应该参考生产厂商的建议来管理和销售陈列柜内的冷冻产品。负责仓库的工作人员应该了解肉品的管理要求、卫生处理程序以及在出现设备故障或者产品损坏情况下的紧急处理步骤。

【本章小结】

根据不同处理方式可将肉与肉制品大致分为以下四类:热鲜肉、冷却肉、冷冻肉和肉制品。畜禽在屠宰后,肌肉向食用肉转化过程中将发生一系列变化,包括:宰后pH值下降和产热;宰后尸僵;肉的解僵和成熟;肉的腐败等。其中,肉的成熟是指尸僵完全的肉在冰点以上温度条件下,由于肉中的酶类所引起的乳酸、糖原、呈味物质之间的变化,使原有尸僵状态的肉变得柔软有弹性,带有鲜肉的天然风味,味鲜而易烹调的过程。肉在冷冻和冻藏中的变化主要包括物理变化、化学变化和微生物引起的品质和安全性变化。肉品的冷链主要指从原料到消费者之间的所有环节,要求在加工、运输、贮藏、销售流通的整个过程始终保持合适的低温条件。冷鲜肉常见的异常现象主要包括:①表面发黏;②发霉;③变色。冷冻肉品出现的异常现象有:①异味;②脂肪氧化;③变色;④发光;⑤干枯等。

【本章习题】

一、名词解释

1. 宰后僵直
2. 肉的成熟

3. 冷冻干耗
4. 冷收缩
5. 肉品冷链

二、简答题

1. 肉类的蛋白质包括哪些?
2. 肉品在冷却和冷冻时会发生哪些变化?
3. 低温肉制品的异常现象有哪些?

三、论述题

根据本章所学内容,论述如何控制冷链中鲜肉和冻肉的品质。

【即测即练】

