



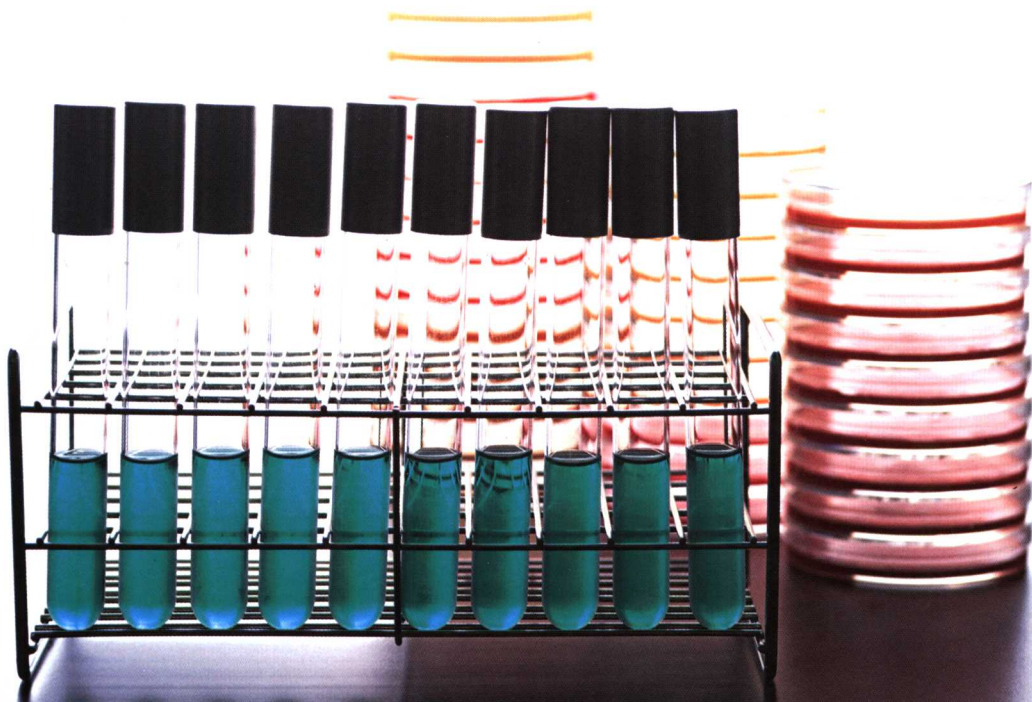
GAODENG ZHIYE JIAOYU SHIPINLEI ZHUANYE XILIE JIAOCAI

• 高等职业教育食品类专业系列教材 •

食品生物化学

S H I P I N S H E N G W U H U A X U E

李培青 主编



中国轻工业出版社

高等职业教育食品类专业系列教材

食品生物化学

李培青 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品生物化学/李培青主编. —北京:中国轻工业出版社, 2006. 7

高等职业教育食品类专业系列教材

ISBN 7-5019-5372-4

I. 食... II. 李... III. 食品—生物化学—高等学校: 技术学校—教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 033888 号

责任编辑: 白 洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 宋琳媛
版式设计: 马金路 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 利森达印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720×1000 1/16 印张: 18

字 数: 347 千字

书 号: ISBN 7-5019-5372-4/TS·3127 定 价: 26.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

51047J4X101ZBW

高等职业教育食品类专业系列教材

编审委员会成员名单

主 任 张安宁

副主任 朱 珠 莫慧平 刘 冬

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 越 王 锋 马兆瑞 孙连富 刘用成 李五聚

吴云辉 杜克生 杨 君 杨爱萍 杨登想 张旭光

张孔海 梁传伟 翟玮玮

前 言

经过十几年的探索,我国高等职业教育的教学工作已经走上了“培养具有综合素质、发展潜力的高技能人才”的科学轨道。为了真正把学生培养成为高技能人才,实践性教学环节就成为“高职”教学的重点。在这样的客观环境下,各“高职”院校都对基础课进行了调整。其中一种方式是,将相互之间关系密切的课程加以整合,这样既加强了学科之间的相互渗透,又避免了相关学科内容的重复开设,其结果是既提高了基础课的教学效率,又为实践性教学提供了更多的时间。

就“高职”食品类专业来看,比较成功的基础课调整的做法是,将原来单独开设的“食品化学”和“生物化学”整合为“食品生物化学”。本书就是在总结整合后“食品生物化学”的教学实践和使用已经出版的《食品生物化学》教材的基础上编写而成的。

本书内容包括:水、矿物质、糖类、脂类、核酸、蛋白质、维生素、酶等的组成、结构、性能、新陈代谢(酶与新陈代谢的关系)以及相关知识在食品专业中的应用;主要食品原料的化学组成及其易发生的生物化学变化;由食品中的天然因素和外部因素形成的食品的风味;食品添加剂和食品中的禁忌成分;与各章内容有关的实验与实训。

在本书的编写过程中,我们时刻注意把握科学性、先进性和实用性原则。选取经过检验确认正确,又能代表本学科发展方向,食品类专业必需又符合“高职”层次教学要求的相关内容编入教材。结论性的知识既简单讲出为什么,更让学生知道其在食品专业中的应用。新陈代谢部分由于不是食品加工和分析类专业的重点内容,加之“高职”教学层次的要求,注重了一般代谢过程的讲解,避免了复杂的生化原理的探讨,而且采取了难点分散的做法,即把各类食品成分的新陈代谢放在相应章节中讲解。此外,本书把与各章相关的实验实训分散安排在相应章节之后,使教材的使用更加方便。

本书的各部分内容之间,既保持了相对独立性又有内在联系,同时还注意了它们与相关学科的关系,真正做到了基础课之间的相互渗透以及基础课为专业课服务。

本书的编写“大纲”是编审人员集体讨论制定的,具体编写分工是:第一章由江苏食品职业技术学院王蕊编写,第二章由河南漯河职业技术学院陈新华编写,第三章由深圳职业技术学院张丽君编写,第四章由徐州工业职业技术学院甘聃编写,第五、七、八章由山东临沂技术学院李培青编写,第六章由湖北大学职业技

术学院盛希群编写,第九章由河南信阳农业高等专科学校邵颖编写,第十章由广东轻工业职业技术学院姚勇芳编写。山东临沂技术学院张华、周华参加了本书的编写。山东临沂技术学院李先建担任本书主审,对本书大纲和书稿进行了认真深入的审阅,提出了许多指导性宝贵意见,使本书质量得以保证。

本书适合高等职业教育食品类专业(如食品加工技术专业、食品生物技术专业、食品检验与质量控制技术专业等等)学生作教材使用。

编 者

目 录

绪论	(1)
第一章 水、矿物质	(4)
第一节 水的存在与水分活度	(4)
第二节 水与食品	(7)
第三节 人体内水的代谢	(11)
第四节 矿物质	(14)
实验与实训 食品灰分的测定	(21)
思考与练习	(22)
第二章 糖类	(23)
第一节 糖类的分类、性质及其应用	(23)
第二节 单糖	(31)
第三节 低聚糖	(38)
第四节 多糖	(43)
第五节 结合糖	(52)
第六节 糖类的代谢	(54)
实验与实训 寡糖和多糖的水解	(59)
思考与练习	(60)
第三章 脂类	(61)
第一节 脂类的分类与存在	(61)
第二节 脂肪酸的分类与各类脂肪酸简介	(63)
第三节 重要的单纯脂	(66)
第四节 重要的复合脂	(76)
第五节 重要的衍生脂	(78)
第六节 生物膜	(81)
第七节 脂类的代谢	(83)
实验与实训 油脂氧化值的测定	(86)
思考与练习	(87)
第四章 核酸	(88)
第一节 核酸的组成、分类与存在	(88)
第二节 DNA 和 RNA 的结构与功能简介	(91)

第三节 核酸与核苷酸的主要性质及其应用	(94)
第四节 核酸的代谢	(96)
第五节 核酸在食品工业中的应用	(99)
实验与实训 酵母 RNA 的分离及组分鉴定	(101)
思考与练习	(103)
第五章 蛋白质	(104)
第一节 氨基酸的结构、分类、性质与应用	(104)
第二节 蛋白质的组成、分类与结构简介	(111)
第三节 蛋白质的性质及其应用	(115)
第四节 蛋白质的代谢	(126)
第五节 几类物质代谢之间的相互关系	(130)
实验与实训 蛋白质的性质	(132)
思考与练习	(134)
第六章 维生素	(135)
第一节 维生素的存在、分类、命名	(135)
第二节 水溶性维生素	(136)
第三节 脂溶性维生素	(142)
实验与实训 维生素 A、维生素 B ₁ 和维生素 B ₂ 的定性鉴定	(145)
思考与练习	(147)
第七章 酶与激素	(148)
第一节 酶的分类、命名与结构简介	(148)
第二节 酶的生物催化作用	(152)
第三节 食品中重要的酶	(158)
第四节 激素	(166)
第五节 物质代谢的调节与控制	(170)
实验与实训 温度对酶活力的影响	(174)
思考与练习	(175)
第八章 主要食品原料的化学组成及其易发生的生物化学变化	(176)
第一节 主要动物性食品原料的化学组成	(176)
第二节 主要植物性食品原料的化学组成	(185)
第三节 食用菌类食品原料	(193)
第四节 动物屠宰后组织的僵直与成熟	(194)
第五节 肉在煮制时的变化	(196)
第六节 果蔬在成熟及采收后的变化特点	(199)
实验与实训 动植物组织中糖、脂肪、蛋白质的鉴定	(203)

思考与练习	(205)
第九章 食品风味化学基础	(206)
第一节 食品风味概述	(206)
第二节 食品中的色素	(208)
第三节 食品中嗅觉物质的形成	(215)
第四节 食品的香气	(217)
第五节 味感的分类及影响因素	(222)
第六节 各种味感及其呈味物质	(223)
第七节 食品加工中味感的调配	(230)
实验与实训 植物叶绿体色素的提取、分离(纸层析法) 及理化性质测定	(231)
思考与练习	(233)
第十章 食品添加剂与食品中的嫌忌成分	(234)
第一节 食品添加剂的定义、分类与一般要求	(234)
第二节 着色剂、护色剂、漂白剂	(235)
第三节 香料、香精	(239)
第四节 调味剂	(244)
第五节 膨松剂	(247)
第六节 增稠剂	(249)
第七节 乳化剂	(251)
第八节 营养强化剂	(252)
第九节 抗氧化剂	(254)
第十节 防腐剂	(255)
第十一节 食品酶制剂	(260)
第十二节 食品中的异味	(260)
第十三节 动物性食品中的毒素	(262)
第十四节 植物性和食用菌类食品中的毒素	(266)
第十五节 食品加工和贮藏过程中产生的毒素	(270)
实验与实训 根据要求设计并做实验	(274)
思考与练习	(275)
参考文献	(276)

绪 论

在学习一门课程之前,对这门课程的性质、学习这门课程的作用、基本的学习方法等问题,都要有比较明确的了解。

一、食品生物化学的学科特点

1. 食品生物化学的研究对象

顾名思义,食品生物化学研究的基本对象是食品。关于食品,要明确下面两个问题。

(1) 食品的概念 广义地说,所谓食品,是指被食用并经消化吸收以后,或构成机体组织,或供给机体能量,或调节机体生理机能的物质。根据这一标准判断,一是某些未经加工(或只进行了粗加工)的自然生物如生鲜大葱、大蒜属于食品,二是部分人的某些嗜好品如咖啡等也属于食品。

在食品科学中,能够成为食品的物质,必须具备两个基本要素:一是具有营养价值,二是对人体安全无害。因此,我们可以认为,食品是能被食用,对人体具有营养价值且安全无害的物质。根据这一标准判断,上面提到的某些未经加工(或只进行了粗加工)的自然生物如生鲜大葱、大蒜仍然属于食品。可见,这一定义还不是很严格,一般把这一定义范畴内的食品称为食物。即能被食用,对人体具有营养价值且安全无害的物质,称为食物。

至此,可能大家已经能够得出严格意义上的食品的定义了。

严格地说,食品就是将对人体具有营养价值且安全无害的物质,按照一定的要求加工后可供人食用的产品。

按照这一定义,凡是能够加工成为食品的物质称为食品原料。

在我们的实际生活中,对食品与食物不做严格的区别。在我们学习的过程中,应当适当加以区分。在一般的叙述(例如食品的代谢等)中用食物的概念,在要求比较严格(例如有关概念和性质的阐述)或者特定环境(例如食品工业)中应用时要用食品这一概念。

(2) 食品的组成成分 生产食品的原料,除了极少数以外(如食盐),几乎都是来自于动植物以及食用菌。此外,由于加工贮运过程中势必会增加一些非生物、非天然的成分,可见,组成食品的成分主要有天然成分和非天然成分两大类。其中,天然成分包括无机成分和有机成分,无机成分如水、矿物质,有机成分如糖类、脂类、核酸、蛋白质、维生素等。非天然成分主要有食品添加剂以及污染物。

2. 食品生物化学的研究内容

通过中学化学的学习,我们已经知道:化学是一门研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的基础自然科学。

如果把化学科学的研究应用到生物学科中去,便形成了以研究生物体的化学组成和生物体在生存发展过程中发生的化学变化为主要内容的生物化学学科。

上面我们已经讲过,食品的原料除了极少数以外(如食盐),几乎都是来自于动植物以及食用菌等生物。因此,完全可以把生物化学的研究应用到食品科学领域中去。这样,就形成了以食品成分的组成、结构、性能和加工、贮运过程中的化学变化以及食品成分在人体内的代谢为主要研究内容的学科,这就是食品生物化学。

21 世纪的食品生物化学,除了研究以上内容以外,还要研究基因和遗传信息对食品原料品质形成的规律以及最终对食品质量和营养价值的影响。

二、学习食品生物化学的意义

随着生活水平的不断提高,仅仅满足于“保障供给”已经不能适应市场对食品消费的需求。从成分上讲,人们需要有更多更好的营养食品和保健食品,从食用方式上讲,人们需要有更多更好的方便食品和快餐食品。而食品资源的开发、加工方法的研究、贮藏方式的选择等等,都必须建立在对人类食品体系的化学组成、性质以及在生物体内外各种条件下的化学变化规律的深入了解的基础上。可见食品生物化学是食品科学体系中很重要的一门基础学科。所以,作为食品专业的学生,必须学习并且要学好这门课程。

三、如何学习食品生物化学

1. 明确课程的知识体系

要学习某一门课程,首先要在明确这门课程的学科特点的基础上了解其基本的知识体系。

食品生物化学的学科特点本身,就决定了该门课程的知识体系。具体地讲,我们把这门课程划分为五个知识版块。第一版块,主要学习食品的主要成分水、矿物质、糖类、脂类、核酸、蛋白质、维生素的组成、结构、物理和化学以及生物化学性质、在食品加工和贮藏过程中发生的变化、被人体消化吸收后的代谢规律等内容。第二版块,学习有关酶的知识。除了几乎所有的生物化学反应的进行都需要酶的催化以外,酶应用最广泛的领域就是食品工业。这里之所以把酶放在各种食品成分在人体中的代谢以后集中学习,一是考虑代谢部分不是“高职”食品类(加工、分析等)专业的重点内容,只做一般学习,这样一来,高中学过的酶的

知识基本够用;二是考虑这里学习的酶的知识重点是酶与食品,不影响前面有关知识的学习。所以,为了突出食品生物化学的重点内容,就把有关酶的知识作为第二版块。第三版块,主要食品原料的化学组成及其易发生的生物化学变化。在第一版块中学习某一种食品成分时,不可能详尽学习其在食品及其原料中的存在,而以食品原料的种类为载体学习各种成分的存在,容易安排得更加全面具体。此外,有关食品原料组织代谢的知识,也是这门学科必须涉及的内容。由以上成分加工而成的食品会是什么风味呢?这就顺理成章地推出了第四版块——食品风味化学知识。最后,为了使知识体系更加完整,更是为了学习的内容完成学科要求,学习第五版块——食品添加剂和食品中的禁忌成分。

理顺了以上知识体系,对学好这门学科会有很大帮助。

2. 要善于归纳总结,并在理解的基础上加强记忆

虽然食品生物化学的知识点看起来很多,但许多知识仍然是可以归纳的。例如,维生素尽管有几十种,但是可以归纳为水溶性维生素和脂溶性维生素两大类;食品的风味尽管很多,但是可以归纳为色、香、味等几类。把所学的知识按照一定规律归纳以后,便可以化零为整、化繁为简,使其更加条理化,变得容易学习尤其是便于记忆。此外,许多食品成分的组成、结构、性质,在理解的基础上还是需要记忆的,这样在应用的时候就得心应手,会感到很方便。

3. 注重理论联系实际

这一学习方法包括两个方面:一是注重所学知识在专业中的应用,二是注重实验实训。只有注重所学知识在专业中的应用,才能使你发现知识的价值,提高学习的积极性。而且,这样做既能用基础理论指导专业学习,反过来还能加深对所学基础理论知识的理解,全面提高学习效率。主动做好每章内容后面列出的实验实训,不单单是一种技能训练,还能够提高我们分析问题和解决问题的能力,而且能使我们加深对所学理论知识的理解,同样能够很快地提高学习效率。

注:本书中楷体字者为阅读内容。

第一章 水、矿物质

[引言]

从绪论中我们可以看出,人及其食物体系的化学组成,包括无机物质和有机物质两大类,无机物质包括水和矿物质。按照知识之间的内在联系和一般的认知规律,我们从无机物质——水和矿物质开始食品生物化学的学习。

[内容概述]

本章主要学习水在生物体中的存在状态,表示水在生物体中活性的水分活度,水分含量、水分活度与食品品质的关系,水在食品加工中的作用,有关水在人体内代谢的知识,如水的生理功能、人体内水平衡及其调节等。

矿物质含量虽然很少,但却是人体不可或缺的无机成分。人体的成分反映出人对食物成分的需要,所以“矿物质”也是我们本章学习的一个重点内容。本章首先学习矿物质的基础知识——分类、存在、主要性质,其次根据学科要求,学习矿物质的生理功能。在学习各种重要的矿物质时,主要学习它们的存在、性能、在人体内的代谢等内容。

学完本章理论内容以后,请大家做实验——水分活度的测定,食品中灰分的测定。

[学习目标]

1. 明确水在生物组织与食品中的存在状态。
2. 掌握水分活度的定义以及简单计算方法。
3. 明确水分含量、水分活度对食品品质的影响。
4. 了解水在食品加工中的作用。
5. 了解水在人体中的生理作用,人体内水的来源、去路等水平衡与调节的知识,食品成分与人体内水平衡的关系。
6. 在教师指导下,能按要求做本章实验。

第一节 水的存在与水分活度

一、水在生物体内的含量

水是生物体中含量最多的物质。但是,在生物体中,不同门类,同一门类的不同个体,同一个体的不同生长阶段、不同组织器官,含水量是不相同的。例如,人体的相对水分含量随年龄增长而减少:两个月的胎儿身体中含水量高达97%,而新生儿体内的含水量即减至74%,成年人体重的58%~67%是水。

水在其他脊椎动物体内的分布也是不均匀的。肌肉和肝、脑、肾等含水量为

70%~80%,皮肤含水60%~70%,骨骼含水为12%~15%,血液含水80%以上。在植物中,含水量不但与部位有关,还与种类、发育状况有关。

一般来说,植物根、茎、叶等营养器官含水量较高,为鲜重的70%~90%,甚至更高;而植物的繁殖器官种子含水量常在12%~15%。

在微生物中,随种类不同也有差异。营养体的含水量在75%~85%之间,繁殖体如芽孢、孢子等含水量在10%~15%。

各类食品原料中的具体含水量在第八章中详细介绍。

二、生物组织与食品中的水分状态

新鲜的动植物组织和许多食品中都含有大量水分,但在切开时一般都不会大量流失,这是因为水分子被不同的作用力所系着的缘故。系着水分子的作用力有两类:氢键结合力和毛细管力。

生物组织中由氢键结合力系着的水习惯上称为结合水(束缚水),与之相对的称为自由水。

1. 结合水

结合水有两个特点:第一,不易结冰(冰点约 -40°C)。第二,不能作为溶质的溶剂。结合水不易结冰这一特性有很重要的生物学意义。由于这种性质,使得植物的种子和微生物的孢子(都是几乎没有自由水的材料)得以在很低的温度下保持其生命力,而多汁的组织(新鲜水果、蔬菜、肉等)由于含有大量的水,在冰冻后细胞结构被冰晶所破坏,解冻后组织不同程度地崩溃。

在生物材料和食品中,无机离子在总量中所占比例极少,因此离子结合的水量微不足道,大部分的结合水是和蛋白质、糖类等相结合的。据测定,每100g蛋白质平均可结合50g水,每100g淀粉的持水力在30~40g之间。

2. 自由水

自由水包括组织、细胞中容易结冰,也能溶解溶质的那些水分。它分为三类:不可移动水或滞化水、毛细管水和自由流动水。

(1) 滞化水 虽然由水合作用结合的水量可达蛋白质或糖类物质质量的50%,但与生物组织和大多数食品中的含水量相比仍然是很少的。例如一块重100g的肉,总含水量为70~75g,除去近10g结合水外,还有60~65g水,这些水极大部分是被组织中的显微和亚显微结构与膜所阻留住的水,不能自由流动,所以称为不可移动水或滞化水。

(2) 毛细管水 是指在生物组织的细胞间隙和制成食品的结构组织中还存在着的一种由毛细管力所系留的水分。在生物组织中,这部分水又称为细胞间水。毛细管水在物理和化学性质上与滞化水相同。

(3) 自由流动水 动物的血浆、淋巴和尿液、植物的导管和细胞内液泡中的

水分都可以自由流动,所以叫自由流动水。

三、水分活度

以上将生物组织和食品中的水按其存在状态分为结合水与自由水,这种区分过于简单化了。为了更好地定量说明生物组织和食品中的水分状态,需引入水分活度的概念。

在计算时,水分活度可近似地表示为食品样品表面水分的蒸汽分压与同一温度下纯水的饱和蒸汽压之比。

$$A_w = \frac{p}{p_0} = \frac{ERH}{100}$$

式中 A_w ——水分活度;

p ——溶液或食品表面的水分的蒸汽分压;

p_0 ——同温度下纯水的饱和蒸汽压;

ERH——平衡相对湿度,即物料既不吸湿也不散湿时的大气相对湿度。

在一定温度下,纯水的饱和蒸汽压是一个常数(可查表获得)。由 $A_w = \frac{p}{p_0}$ 可知,要计算在一定温度下食品的水分活度,只要测定出食品中自由水的蒸汽压即可。

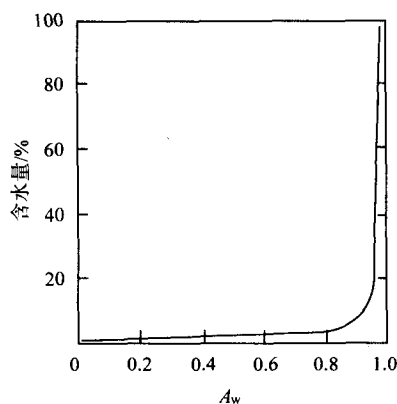


图 1-1 含水量与 A_w 的关系

对于纯水而言,其 p 与 p_0 值相等,因此 A_w 值为 1。然而食品中的水分里含有无机盐和有机物,其 p 值小于 p_0 ,故 A_w 值小于 1。在通常的高含水量食品(约 1g 水/1g 干物质)中, A_w 接近 1.0,近似理想稀溶液。

实际测定食品的 A_w 时,只要将食品放入密闭容器内至水分达到平衡,找到容器内的平衡相对湿度,即可算出食品的 A_w 。

图 1-1 表示物料中的含水量与水分活度之间的关系。从图 1-1 的曲线上低含水量区的线段可以看出,极少量的水分变动即可引起水分活度的极大变动(这一线段称为等温吸湿曲线)。

第二节 水与食品

一、水分与食品原料及成品质量的鲜和嫩的关系

含水量的多少是许多食品原料及其成品鲜嫩的重要标志。例如,刚采摘的果蔬含水量多,就显得鲜嫩,而一旦失去水分,它们就会枯萎、皱缩且失重,表面显得干瘪。

食品加工中为了使食品鲜嫩,有时就要保持原料中的水分,这就需要根据不同的原料选择不同的加工方法。例如在肉制品加工中,一般来说老龄动物的含水量少,肌肉结构紧密、肉质硬实、结缔组织较多,宜用小火较长时间加热。不当的加热会将肌肉纤维组织彻底破坏,使本来可以保持住的水分甚至营养物质和风味物质丢失。而年幼的畜禽肉含水量高、结构较疏松,宜采用急火短时间加热的方法,使原料内部的水分少受损失,以达到鲜嫩的效果。

二、水分活度对食品品质的影响

各种食品在一定条件下各有其一定的水分活度,各种微生物及各种生物化学反应也都有各自一定的 A_w 阈值。掌握了它们的 A_w 阈值,对于控制食品加工的条件和稳定性有重要的指导作用。

1. 水分活度对食品质构的影响

水分活度对干燥和半干燥食品的质构有较大的影响。当 A_w 从 0.2~0.3 增加到 0.65 时,大多数半干或干燥食品的硬度及黏性增加。研究表明,肉制品韧性的增加可能与交联作用及高水分活度下发生的化学反应有关,如胶凝及吸水基团水合能力的改变。 A_w 为 0.4~0.5 时,肉干的硬度及耐嚼性最大;增加水分含量,肉干的硬度及耐嚼性都降低。另外,饼干、爆玉米等市售的各种脆性食品,必须在较低的 A_w 下才能保持其酥脆。为了避免绵白糖、奶粉以及速溶咖啡结块或变硬发黏,都需要使产品具有相当低的 A_w 。控制 A_w 在 0.35~0.5 可保持干燥食品的理想性质。而对含水较多的食品,如果冻布丁、蛋糕、面包等,它们的 A_w 大于周围空气的相对湿度,保存时需要防止水分蒸发。有些研究认为,将火腿、牛肉、豌豆等食品的 A_w 从 0.7 提高到 0.99 时,能够获得更令人满意的食物品质。

2. 水分活度对微生物生长繁殖的影响

食品在贮存和销售过程中,微生物可能在食品中生长繁殖,影响食品质量,甚至产生有害物质。食品中各种微生物的生长繁殖,是由其水分活度而不是由其含水量所决定的。当 A_w 低于某种微生物生长所需的最低 A_w 时,这种微生物就不能生长。不同的微生物生长都有其适宜的水分活度范围,其中细菌对低

水分活度最敏感,酵母菌次之,霉菌的敏感性最差。食品中水分活度与微生物生长的关系见表 1-1。

表 1-1 食品中水分活度与微生物生长的关系

A_w 范围	在此 A_w 范围内所能抑制的微生物	在此 A_w 范围内的食品
0.95~1.00	假单胞菌、大肠杆菌、变形杆菌、芽孢杆菌、志贺氏菌属、克雷伯氏菌属、产气荚膜梭状芽孢杆菌、一些酵母等	罐头、新鲜果蔬、肉、鱼及牛乳、熟香肠、面包、含约 40% (质量分数) 蔗糖或 7% 氯化钠的食品等
0.90~0.91	沙门氏菌属、溶血性弧菌、沙雷氏杆菌、乳酸杆菌属、肉毒梭状芽孢杆菌、乳酸杆菌属、足球菌、一些霉菌、酵母(红酵母、毕赤氏酵母)	一些干酪、腌制肉(火腿)、一些水果汁浓缩物、含有 55% (质量分数) 蔗糖或 12% 氯化钠的食品
0.87~0.90	许多酵母(假丝酵母、球拟酵母、汉逊氏酵母)、小球菌	发酵香肠、人造奶油、干的干酪、人造奶油、含 65% (质量分数) 蔗糖(饱和)或 15% 氯化钠的食品
0.80~0.87	大多数霉菌(产生毒素的青霉菌)、金黄色葡萄球菌、大多数酵母菌属	大多数浓缩水果汁、甜炼乳、巧克力糖浆、水果糖浆、面粉、米、家庭自制火腿、含有 15%~17% 水分的副产品类食品、水果蛋糕等
0.75~0.80	大多数嗜盐细菌、产真菌毒素的曲霉	果酱、杏仁酥糖、糖渍水果等
0.65~0.70	嗜干霉菌、二孢酵母	砂性软糖、棉花糖、果冻、糖蜜、一些干果
0.60~0.65	耐渗透压酵母	太妃糖、胶凝糖、蜂蜜、含 15%~20% 水分的干果等
0.50	微生物不增殖	含 12% 水分的酱、含 10% 水分的调味料
0.40	微生物不增殖	约含 5% 水分的全蛋粉
0.30	微生物不增殖	含 3%~5% 水分的曲奇饼、面包硬皮
0.20	微生物不增殖	含 2%~3% 水分的全脂奶粉、含 5% 水分的脱水蔬菜、脆饼干等

需要指出的是:同一种微生物在不同溶质的水溶液中生长所需的 A_w 是不同的,如金黄色葡萄球菌生长的最低 A_w 在乳粉中是 0.861,而在酒精中则是 0.973。

3. 水分活度对酶促反应的影响

当 A_w 小于 0.80 时,导致食品原料腐败的大部分酶会失去活性,如酚氧化酶和过氧化物酶、维生素 C 氧化酶、淀粉酶等。然而,即使在 0.1~0.3 这样的低 A_w 下,脂肪氧化酶仍能保持较强活力。例如 30℃ 时贮藏的大麦粉和卵磷脂的混合物,在低 A_w 下基本不发生酶解反应;在贮藏 48d 以后,当 A_w 上升到 0.7 时,该食品的脂酶解反应速率迅速提高。此外,酶促反应速率还与酶能否与食品