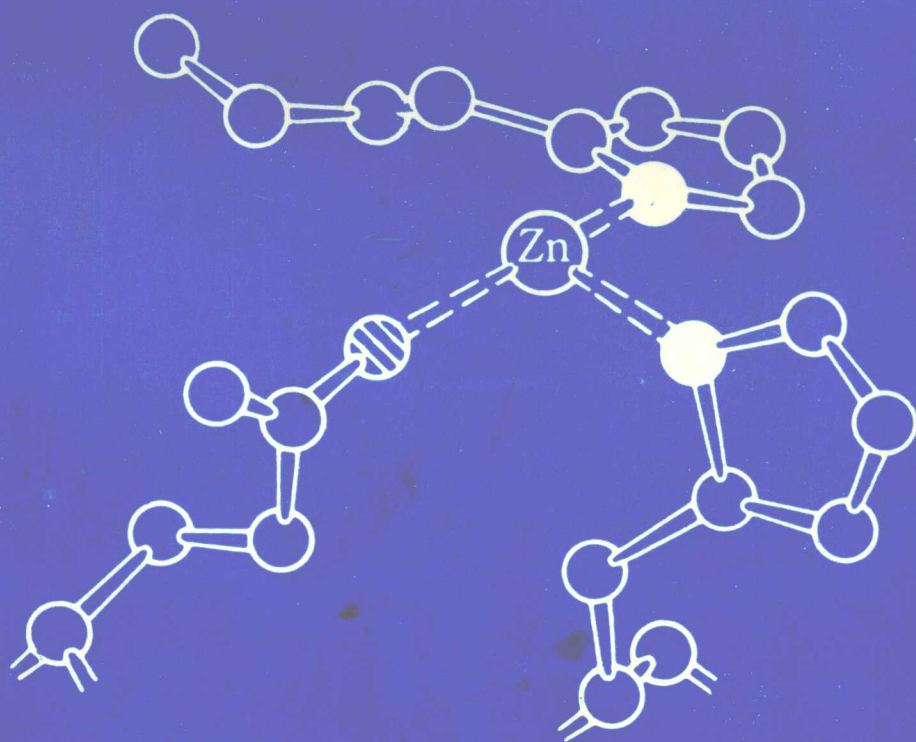


食品化学

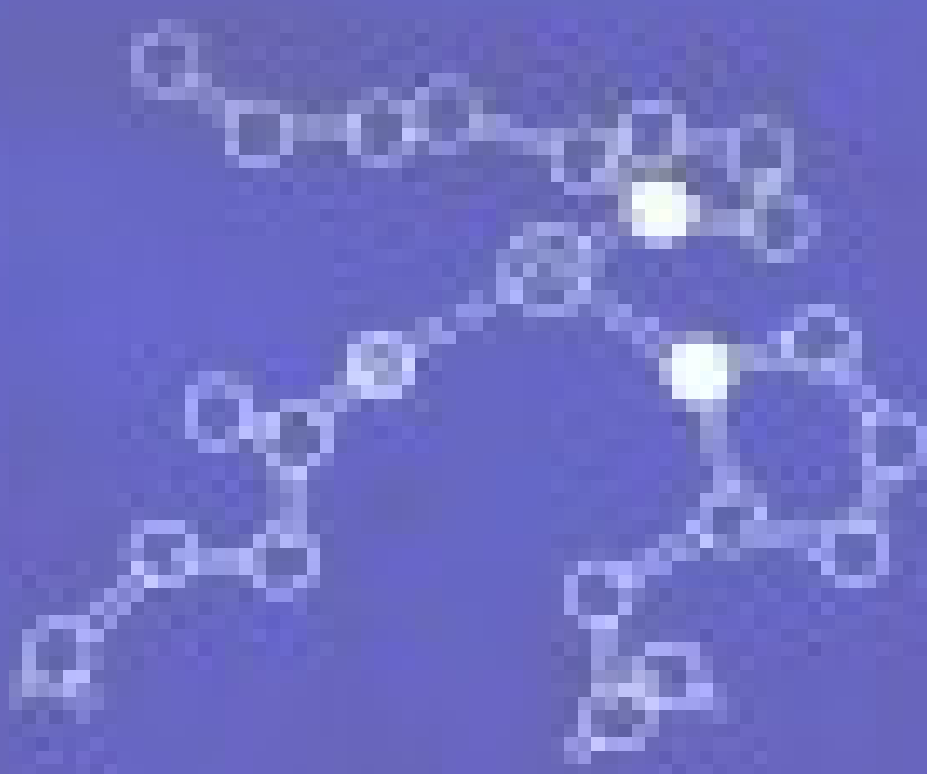
主编 王清连 王林嵩



河南科学技术出版社

食品化学

第二版 下册



中国轻工业出版社

食品化学

主 编： 王清连 王林嵩

副主编：（以姓氏笔划为序）

千卫星 邓志瑞 石渊渊

刘翠娥 师玉忠 李彦章

黄翠萍 渠桂荣 魏新军

编 委：（以姓氏笔划为序）

千卫星 马全顺 王清连 王林嵩

邓志瑞 石渊渊 刘翠娥 师玉忠

吕迎辉 李彦章 武桂新 黄翠萍

渠桂荣 魏新军

河南科技出版社

内容提要

本书以食品化学为主线,着重论述了与食品加工、贮存相关的物理、化学性质及各种反应,并论述了食品成分在不同类型食品及食品原料中的特性及如何控制这些成分在加工、贮存中的不良变化。同时介绍了近年来食品化学研究的新进展。

食品化学

主编 王清连 王林嵩
责任编辑 马艳茹 赵怀庆

河南科学技术出版社出版发行
郑州市农业路 73 号
邮政编码:450002 电话:(0371)5721450
河南中医学院印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:345 千字
1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷
印数:1—2000
ISBN 7-5349-1944-4/R·412 定价:18.00 元

前 言

本书介绍了构成食品的基本物质——水、糖类、脂类、蛋白质、矿物质、维生素、酶等的化学性质,以及利用这些性质对食品进行加工、保藏和分析的技术手段,同时还介绍了食品外添加剂、食品中重要的色、香、味化学成分和嫌忌成分及褐变反应和控制措施。

该书在内容上反映了近年来在食品化学成分上的新进展、新问题,介绍、解释了食品化学成分发生主要反应机理的最新理论和加工、贮存中控制这些反应所能采取措施的依据。

在结构编排上,以食品中化学成分为主线,着重论述与食品加工、贮存相关的物理、化学性质及各种反应。穿插食品成分在不同类型食品原料中的特性及如何控制这些成分在加工、贮存中的不良变化。

全书共分十一章。其中绪言由河南轻工业学院吕迎辉、河南职业技术师范学院王清连编写,第七章亦由王清连编写,第一、三章分别由河南职业技术师范学院魏新军、师玉忠编写,第二章由河南师范大学李彦章编写,第四章由河南师范大学王林嵩编写,第五章由河南师范大学千卫星、马全顺编写,第六章由河南省卫生防疫站刘翠娥编写,第八章由新乡制药厂黄翠萍和河南师范大学渠桂荣编写,第九章由河南师范大学邓志瑞编写,第十章由河南师范大学武桂新、河南省卫生防疫站刘翠娥编写,第十一章由河南开封医学专科学校石渊渊编写。主编为王清连、王林嵩。

编写本书的目的,在于为生产和科学研究部门的广大食品科技工作者提供一本简明扼要、概念清晰、内容丰富新颖、实践性强的参考用书,以备工作查阅之需。本书也可作为大专院校食品专业、食品科学和工艺学、农副产品加工等相关专业师生的教学用书。

由于编者水平和时间有限,难免有遗漏不妥之处,恳请读者指正。

编者

1996年5月

目 录

绪言	1
第一章 水分	4
第一节 水的结构特点和性质	4
第二节 食品中水分存在的状态	6
第三节 水分活度及在食品中的作用	7
第二章 糖类物质	11
第一节 糖类物质的概念及分类	11
第二节 单糖、低聚糖的物理性质和化学性质	14
第三节 植物性食品中的多糖类物质	21
第四节 其他类食品中的多糖	26
第三章 脂类物质	31
第一节 脂类物质的范畴及分类	31
第二节 油脂的物理性质	32
第三节 油脂的化学性质	36
第四节 油脂的加工性质	46
第五节 油脂在食品中的作用	49
第四章 蛋白质	50
第一节 蛋白质的组成与结构特征	50
第二节 蛋白质的分类	54
第三节 蛋白质的性质	55
第四节 动物性食品中的蛋白质	72
第五节 植物性食品中的蛋白质	76
第五章 矿物质	80
第一节 矿物质的分类和作用	80
第二节 矿物质在食品中存在的状态及在加工过程中的损失和获得	89
第三节 矿物质对食品稳定性和加工特性的影响	91
第四节 酸性食品与碱性食品	93
第六章 维生素	95
第一节 维生素的概念及分类	95
第二节 脂溶性维生素	96
第三节 水溶性维生素	100
第四节 维生素在食品加工储存中损失的原因	107
第五节 保护维生素的措施	111

第七章 食物中的呈色物质及褐变反应	113
第一节 食品中固有的色素	113
第二节 其他天然食用色素	125
第三节 食用合成色素	128
第四节 褐变作用	130
第八章 食品的风味和风味物质	138
第一节 风味及感觉基础	138
第二节 甜味与甜味物质	139
第三节 咸味和咸味物质	145
第四节 酸味与酸味物质	146
第五节 苦味及苦味物质	148
第六节 辣味与辣味物质	150
第七节 涩味	151
第八节 鲜味及鲜味物质	152
第九节 食品的香味和呈香物质	154
第九章 食品添加剂	162
第一节 食品外添加物的种类、性质和作用机理	162
第二节 酸类添加剂	162
第三节 碱类添加剂	164
第四节 抑菌剂	165
第五节 抗氧化剂	168
第六节 螯合剂	172
第七节 甜味剂	174
第八节 稳定剂和增稠剂	174
第九节 组织硬化剂	175
第十节 面类制品添加剂	176
第十章 酶	179
第一节 酶的组成和分类	179
第二节 酶反应特性	180
第三节 食品加工贮存中相关酶作用的原理和特性	186
第十一章 食物中的嫌忌成分	193
第一节 化学物质结构与毒性的关系	193
第二节 食物中的天然毒性成分	195
第三节 微生物毒素	200
第四节 食品加工及环境污染所致的毒性	203
主要参考文献	206

绪 言

一、食品化学的概念和任务

人类为了维持生命,增强免疫力,达到健康长寿,保证生长发育并能够从事各种劳动,必须从食物中摄取各种营养成分和能量。“民以食为天”,这是我国人民自古以来对食物重要性的认识。按照设想,到2000年,我国居民膳食每人每日所摄总热量达11.3kJ,蛋白质摄入量为75g左右,其中动物蛋白应占20g,脂肪摄入量为60g左右,其中亚油酸应占食物总热量的3%。届时,中国人的膳食结构将实现由温饱型向均衡营养型的转变。因此,食品科学的发展已引起全社会有识之士的关注,也只有全社会为之努力才能实现调整、改善国民食品结构的宏伟目标。

人类把能够供给人体正常生理功能所必须的成分和能量的物质称为营养成分,如碳水化合物、蛋白质、脂类化合物、维生素、矿物质、水分等。人们经口摄入体内的含有营养成分的物料统称为食物。人类的食物绝大多数都是经过加工后才可食用的,经加工后的食物称为食品。但通常地也指一切食物为食品。

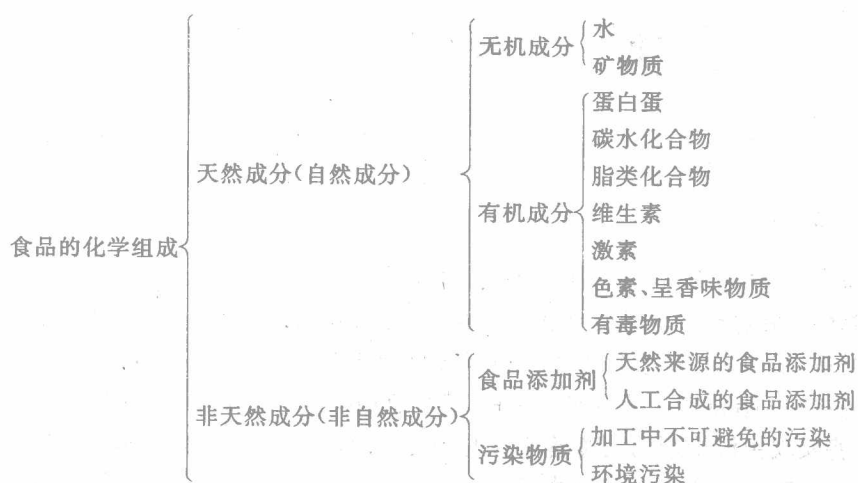
食品必须符合三项基本要求:含有一定的易消化的营养物质;人们所喜爱的色、香、味和对人体无害。而对食品的这三项基本要求,却受着食品的化学组成及理化性质的制约。

食品科学包含多种学科,主要有化学、生物学、细菌学和工程学等。作为食品科学的一个重要方面,食品化学是研究食品的组成、理化性质及其产生的化学变化的科学。食品化学与化学、生物化学、生理化学、植物学、动物学和分子生物学有着密切的关系。食品化学依赖上述这些学科的知识有效地研究和控制作为人类食品来源的生物物质。有关生物物质所固有的特征和研究它们的方法是食品化学和其他生物化学都需要研究的问题。然而,需要指出的是,食品化学的某些特殊问题是不同于其他生物学的。生物化学主要研究包括在与生命相适应或几乎相适应的环境条件下生物物质所进行的繁殖、生长和变化。而食品化学主要研究死的或将要死的生物物质(收获后的植物生理学和宰后的肌肉生理学),这些生物物质暴露在变化很大的各种环境条件之中。如在销售新鲜水果和蔬菜时适宜于维持残有的生命过程的条件是食品化学所研究的问题;而在试图长期保存食品时,也就是在热处理、冷冻、浓缩、脱水、辐射处理和添加化学防腐剂时,食品化学则主要研究不适宜生命生存的条件。此外,食品化学还研究组织破碎的食品(面粉、果汁、菜汁、分离和改性的组分及加工的食品)、单细胞来源的食品(蛋和微生物)和一种主要的生物流体(牛乳等)的化学性质。概言之,食品化学与其他生物学所研究的问题有很多共同点,但也有它们自己研究的特殊问题。不言而喻,这些问题对于食品的生产、处置、加工、保藏以及满足人类的营养需要都是至关重要的。

二、食品化学的研究内容

人类食物的主要来源是其他生物。但人类的食物在化学组成上不完相同于自然生物。这是因为在食品生产、加工、贮运过程中不可避免地要引入一些非自然成分,这些成分在不同程度上也要参与或干预人体的代谢与生理机能活动。基于以上观点,食品的化学组成及理化性质

是食品化学研究的基本内容。食品的化学组成如下列图解表示。



按照我国的饮食习惯,食品可分为2类:一类为主食(主要是粮食制品),它的主要营养成分是碳水化合物;另一类为副食。副食大致可分为3类:植物性食品、动物性食品、加工制造的食品。植物性食品主要是果菜,其营养成分主要是碳水化合物、维生素、矿物质。动物性食品包括肉、蛋禽、水产、乳品等,营养成分以蛋白质、脂肪为主,还有脂溶性维生素。加工制造的食品种类繁多,如糕点、糖果、食糖、菜叶、豆制品、肉、蛋、水产、乳、菜、果、食用植物油以及各种调味品等。研究这些食品的化学组成除以满足人们对营养的需求外,食品化学还要研究能引起人们食欲的可口风味和卫生上的安全性。如研究与风味有关的色、香、味及防止食品中毒的嫌忌成分等。

此外,由于食品有的直接利用其生物天然的新鲜状态,有的加工后食用。植物性食物在收获后,动物性食物在屠宰后,由于本身含有的酶的作用,常会引起一些食物成分的变化,而这些变化对食用时的食品品质有很大的影响,因此食品加工过程中酶活性的控制和利用成为食品化学的重要内容。

在食品贮藏加工过程中涉及到食物成分间的相互反应,这会给食品带来显著的影响。特别是在食品工业迅速发展的情况下,各种食品添加剂的使用日益广泛。这也成为食品化学一个重要研究内容。

综上所述,食品化学研究的主要内容是食品的营养成分,食品的色、香、味的成分,食品中有害成分的化学组成,食品中有关成分的理化性质以及它们在生产、加工、贮存、鉴定过程中的变化和应用。

三、食品化学的地位与展望

我国各地都有丰富的食物资源,这些食物资源有待进一步的开发利用以满足人们对各种食品的需要。因此,食品化学为开发食品的资源、提高和保证食品的质量提供了必要的理论知识。随着现代科学的发展和生产水平的不断提高,人类对食物的需要便不再仅以饱腹为满足,而对食物的营养质量和感官质量提出愈来愈多,并且愈来愈高的要求。食品也不再仅限于补给人们的营养,而且还满足人们的特殊需要和某些嗜好。食品化学就是探索食品本质的科学,只

有掌握了食物的组成及其理化性质才能正确地制造出更富营养、更美味可口、更安全的食品，达到人们以正确的和愉快的饮食水平来提高人们的身体素质。

食品化学是一门新兴学科。但是随着食品工业生产的发展和新食品资源的开发，人们必将提出更多的关于食品化学方面的问题，这将有利于推动食品化学的发展，并反过来促进食品工业的进一步发展。

第一章 水分

水广泛存在于自然界,它是生命所必需的,约占人体的三分之二。在生命体中,它是体温的稳定剂、营养素和排泄物的载体、反应剂和反应介质、生物大分子构象的稳定剂以及包括催化性质在内的大分子动力学性质的可能的促进剂。

在大多数食品中,尤其是生鲜食物中,水是含量最大或较大的成分。每种食品的水分含量是不相同的。水对食品的结构、外观、味道以及对变质的敏感性有着很大的影响。用传统的方法脱水会大大地改变食品的原有性质,即使复水,多数情况下也不能复原。在食品中,水能使蛋白质、淀粉等膨润而形成凝胶,并溶解大多数物质形成溶液,对食品的鲜度、硬度、呈味性、柔韧性、保藏性和加工性等均起着重要的作用。

第一节 水的结构特点和性质

水和其他与之组成相似的分子(H_2S 、 HF)相比,表现出较独特的物理化学性质。它具有高的熔点和沸点,特别大的表面张力、介电常数、热容以及相变热(熔化热、蒸发热以及升华热)值,在凝固时具有异常的膨胀特性,水还有较大的导热率,它冻结的速度远比解冻的速度快。

一、水的结构和缔合

水分子是由2个氢原子和1个氧原子的单键结合成的非线性极性共价化合物。氧原子的外层电子构型为 $2\text{S}^2 2\text{P}^4$,成键时,先行杂化而形成4个 SP^3 杂化轨道,其中2个轨道各有1个未成对电子,另2个轨道则各有1对已成对电子。2个未成对电子分别与2个氢原子的1S电子形成键,构成1个水分子,其空间结构如图1-1所示。由于氧原子上的2对孤对电子的排斥,2个O—H共价键之间的夹角压缩到 104.5° ,键长为 0.09572nm 。

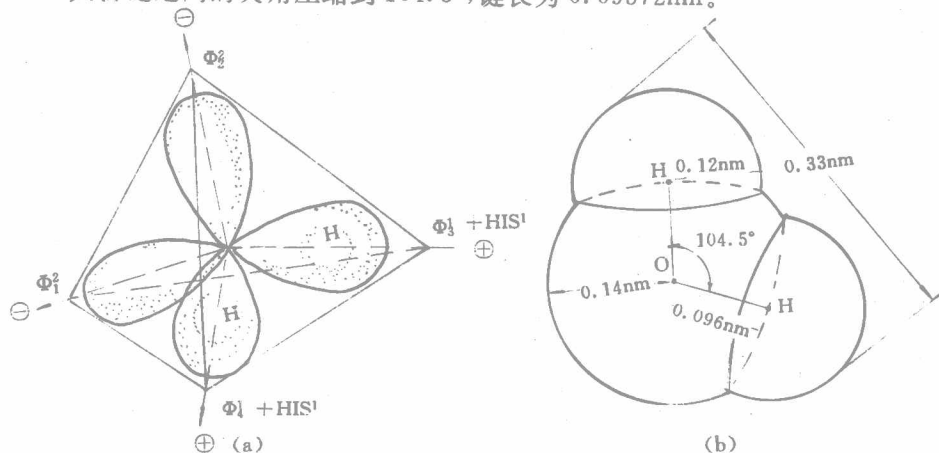


图 1-1 水分子的空间结构

(1) SP^3 构型 (2)在蒸气态中水分子的半径

水分子中,由于氧原子比氢原子的电负性大,因此,O—H 键为极性键,整个分子为强极性分子,偶极矩为 1.84D,这种极性程度使分子间产生引力,水分子之间便形成氢键,使 2 个、3 个、4 个……水分子缔合起来。由于水分子的缔合作用,就造成了水具有低蒸气压、高沸点、高溶化热、高蒸发热的特点。

水分子间呈现大的引力是由于水分子在三维空间内形成许多氢键。与共价键(平均键能约 335kJ/mol)相比,氢键是弱键(键能为 2kJ/mol~40kJ/mol)。水分子中氢键(H...O)的核间距离(0.179nm),较 O—H 的核间距离(0.097nm)远。

水形成冰时,冰中每个水分子都被相邻的 4 个水分子所形成的四面体包围着。每个水分子以氢键与周围的 4 个水分子相联结,从而形成一个庞大的非紧密堆积晶体。这种晶体主要是氢键力起作用,此外还有一部分分子间引力起作用。所以,冰具有低熔点、硬度和密度较小的特点。

表 1-1 水和冰的一些物理常数

水	温 度					
	0℃	20℃	40℃	60℃	80℃	100℃
蒸气压(kPa)	0.61	2.27	7.37	19.91	47.35	101.31
密度(g/m ³)	0.9998	0.9982	0.9922	0.9832	0.9718	0.9583
比热(J/g·℃)	4.22	4.18	4.18	4.18	4.19	4.21
汽化势(J/g)	2498.74	2451.88	2404.6	2356.90	2306.69	2254.81
热传导(J/cm·S·℃)	2.0167	2.1548	2.2594	2.3472	2.4100	2.4477
表面张力(μN/cm)	766.2	727.5	695.5	661.7	626.0	588.4
粘度	1.792	1.002	0.653	0.466	0.355	0.282
折射率	1.3338	1.3330	1.3306	1.3272	1.3230	1.3180
介电常数	88.0	80.4	73.3	66.7	60.8	55.3
热扩张系数(×10 ⁻⁵)	-	2.07	3.87	5.38	6.57	-

冰	温 度						
	0℃	-5℃	-10℃	-15℃	-20℃	-25℃	-30℃
蒸气压(kPa)	0.610	0.401	0.260	0.165	0.103	0.063	0.037
熔化热(J/g)	333.89	-	-	-	-	-	-
升华热(kJ/g)	2.836	-	2.813	-	2.790	-	2.771
密度(g/cm ³)	0.9168	0.9171	0.9175	0.9178	0.9182	0.9185	0.9183
比热(J/g·℃)	2.041	-	1.996	-	1.994	-	1.885
热扩张系数(×10 ⁻⁵)	9.2	7.1	5.5	4.4	3.9	3.6	3.5
热容量(J/g)	2.06	-	-	-	1.94	1.94	-

二、与食品有关的水的重要性质

1. 密度 水在 4℃时密度最大,为 1g/cm³。0℃时冰的密度为 0.917g/cm³。水冻结为冰时体积膨胀,每升水约膨胀 1.62ml,这是多水食品冷冻保藏时,组织易被破坏的主要原因,所以,含水量高的食品不易反复冻融。

2. 沸点 水的沸点比较高,在 1 个大气压下,100℃时沸腾汽化。改变压力可改变水的沸

点。减小压力可使沸点降低,欲使食品脱水而又不能耐高温时,可采用减压低温的方法;相反,增大压力可以使沸点升高,如在 1.95 个大气压下水的沸点为 120°C ,在 100°C 下不易煮熟的食品,如动物的筋和骨、豆类等,可以使用压力锅来提高温度缩短时间。

3. 水的热学性质 由于水分子的缔合,水的比热较大。因此,水作用加热介质具有热容量大的特点。水具有高的汽化热,水蒸气在液化时会放出大量的热量,蒸气也是食品加工中常用的加热介质。冰的熔化热为 333.89J/g ,在熔化时可吸收较多的热量,可以用于冷藏和冰镇食物。

4. 高的介电常数 在 20°C 时水的介电常数是 80.36,而大多数生物体的干物质的介电常数为 $2.2\sim 4.0$ 。所以,水能促进电解质的电离。

5. 强的溶解能力 由于水的介电常数大,溶解离子型化合物的能力就较强,即使非离子极性化合物,如糖类、醇类、醛类、酮类等有机物质,也可与水形成氢键而溶于水。甚至不溶于水的物质,如脂肪和某些蛋白质,也能在适当的条件下分散在水中形成乳浊液或胶体溶液。

有关水和冰的物理常数列于表 1-1。

第二节 食品中水分存在的状态

虽然新鲜的动、植物组织和一些固态食物中含有大量水,但是在切开时一般都不会流出水来,干淀粉和面粉虽然含水量在 $13\%\sim 15\%$,却感觉不到是“湿”的,这是因为水分被不同的作用力所系着的缘故,系水分子的作用力有 2 类:氢键结合力和毛细管力。以氢键结合力维系着的水称为结合水(或称束缚水),以毛细管力维系着的水称为自由水(或游离水)。但是,结合水和自由水之间的界限很难定量地作截然的区分,只能根据物理、化学性质作定性的区分。

结合水不同于纯水,在 0°C 以下一般不结冰,其冰点在 -20°C 以下,甚至达 -40°C ,加热至 100°C 时也不蒸发,不再表现出溶剂的特性,微生物也不能利用它。食物中的蛋白质和多糖含有大量的极性基因,如 $-\text{NH}_3^+$ 、 $-\text{COO}^-$ 、 $\text{C}=\text{O}$ 、 $-\text{SH}$ 等,通过形成氢键与水结合,这部分在热力学上是不自由的。各种有机分子的不同极性基因与水形成氢键的牢固程度是不同的。蛋白质多肽链中赖氨酸和精氨酸残基里侧链上的氨基,天冬氨酸和谷氨酸残基里侧链上的羧基,肽链两端的羧基和氨基,以及果胶物质中的未酯化的羧基与形成氢键的键能大,结合得牢固,称为单分子层结合水。而蛋白质中的酰胺基、淀粉、果胶质、纤维素等分子中的羟基与水也能形成氢键,但键能小,不牢固,称为多分子层结合水。另外,食品中含有一些易水合的离子,也可结合一部分水,如 $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_x]^+$,但数量不大。

结合水的量与食品中有机大分子的极性基团的数量有比较固定的比例关系。每 100g 蛋白质可结合水分平均高达 50g 。在动物器官组织中,蛋白质约占 20% ,所以在 100g 组织中与蛋白质结合的水可达 10g 。植物组织内的情况也与此相似,每 100g 淀粉的持水能力在 $30\text{g}\sim 40\text{g}$ 之间。

结合水对食品的风味起着重要作用,尤其是单分子层结合更为重要。当结合水被强行与食品分离时,食品风味、质量就会被改变。

自由水以毛细管凝聚状态存在于动植物体的细胞内外,它们基本上保持着纯水的物理特性,在 0°C 左右结冰,有溶剂特性,可被微生物利用,在食品中因蒸发而散失,也会因吸潮而增加,容易发生增减的变化,如蔬菜、水果蔫萎时失去的水就是自由水。在一定条件下,食品被微

生物威胁的程度,不取决于食品中水分的总含量,而仅仅决定于食品中自由水的含量。

一般在食品成分表中列出的多种食品及食品原料的含水量,是指总含水量,包括自由水和结合水。在动物性食品中的水分约有 30% 是结合水,70% 是自由水,其持水能力较好。植物性食品中结合水的比例一般要小一些。

第三节 水分活度及在食品中的作用

将食品或动植物组织中的水分为结合水与自由水,仅仅能够说明水分的存在状态。为了更好地定量说明食品或动植物组织中的水分状态,需引入水分活度的概念。

一、水分活度概念

水分活度是表示食品中的水分可被利用的程度,如被微生物利用、参与化学反应、起溶剂作用的程度等。当水分被束缚程度大时,则可被利用的程度小,水分的活度就小。反之,水分活度就大。

水分活度(A_w)可近似地表示为溶液中水的蒸气压与纯水蒸气压之比:

$$A_w = \frac{P}{P_0} = \frac{ERH}{100}$$

式中 P 为溶液或食品中水的蒸气压; P_0 为同温度下纯水的饱和蒸气压; ERH 是平衡相对湿度,即物料吸湿与散湿达到平衡时的大气相对湿度。

对于纯水来说,在气液平衡时,水面上的水蒸气压就是饱和水蒸气压,即 $P=P_0$,故 A_w 为 1。而食品中的水受到一定的束缚,达气液平衡时,其水蒸气分压总是小于 P_0 ,所以, A_w 总是小于 1。

二、水分活度与食品中水分含量的关系

一般说来,食品的含水量越高,水分活度就越大。水分活度与食品中水分含量的关系如图 1-2 所示。

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。但是,在图 1-2 曲线上低含水量区的线段上,水分含量很小的变化就会引起水分活度极大的变动,曲线的这一线段称为等温吸湿曲线,放大后的这一线段如图 1-3。对于多数动植物食品,由于水分多,得到的是放湿曲线;对于冻结干燥和其他干燥食品得到的是吸湿曲线。在等温吸湿曲线的吸附与解吸之间有滞后现象。

根据水分含量与水分活度的关系,等温吸湿曲线可分为 3 个区段。

第 I 区段是单层水分子区(图中 A 段)。在低湿度范围,水分子多和食品成分中的羧基和氨基等基团牢固结合,形成单分子层的结合水,结合力最强, A_w 也就最低,在 0~0.25 之间,物料含水 0g/g 干物质~0.07g/g 干物质。

第 II 区段是多层分子区(图中 B 段)。在此区段,水分子多与食品成分中酰胺基、羧基等结合,形成多分子层结合水,还有直径 $<1\mu\text{m}$ 的毛细管中的水。 A_w 在 0.25~0.8 之间,物料含水量在 0.07g 水/g 干物质~0.33g 水/g 干物质范围内。

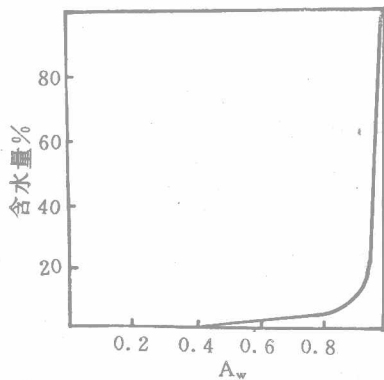


图 1-2 A_w 与含水量的关系

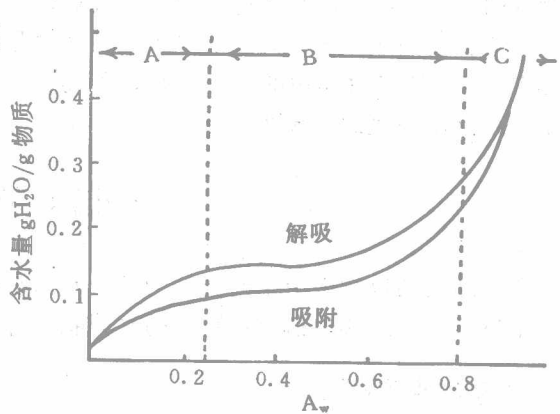


图 1-3 等温吸湿曲线

A: 结合水 B: 半结合水 C: 自由水

第Ⅲ区段是毛细管凝聚水区(图中C段)。在此区段,水分在物料上以物理截留的方式凝结在食物的多孔性结构中,例如,直径 $>1\mu\text{m}$ 的大毛细管中的水分和纤维丝上的水分,其性质接近理想溶液, A_w 在0.80~0.99之间,物料含水量最低为0.14g/g干物质~0.33g/g干物质,最高为20g/g干物质。

三、水分活度和食品腐败

食品中微生物的生长繁殖与水分活度之间有密切的关系。不同的微生物在食品中繁殖时,都有它最适宜的水分活度范围,细菌对水分活度最敏感,其次是酵母和霉菌,在一般情况下, $A_w < 0.90$ 时,细菌不能生长; $A_w < 0.87$ 时大多数酵母受到抑制; $A_w < 0.80$ 时,大多数霉菌不能生长,但也有例外情况。微生物生长繁殖与水分活度的关系如表1-2所示。如果水分活度高于微生物生长繁殖所必需的最低 A_w 值时,微生物就可能导致食品腐败变质。了解微生物所需的 A_w 条件就可以预测食品的耐藏性。目前,食品科学界正致力于探索按预定要求控制食品的 A_w 值以达到免杀菌保存食品的可能性。需要指出的是,即使同样含水量的食品,在贮藏期间的稳定性也是因种类而异的,这是因为食品的成分和质构状态不同,水分的束缚程度不同,因而 A_w 值也不同的缘故。由此可见, A_w 值对估价食品耐藏性有着十分重要的意义。

四、水分活度和生物化学反应

多数食品是以动植物组织为原料的,甚至许多植物果类本身就可以直接食用。在大多数食品加工和贮存过程中,始终存在着生物化学反应,水作为一种化学反应的介质,它的数量和存在状态直接或间接影响着生物化学反应的进程。食品的 A_w 值与一些生物化学反应的关系如图1-4。

水分在酶促反应中起着溶解基质和增加基质流动性等作用。食品中水分活度极低时,酶反应几乎停止,或者反应极慢。当 A_w 值增加时,毛细管的凝聚作用开始,毛细管微孔充满了水,导致基质溶解于水,酶反应速度增大。一般说来,控制食品的 A_w 在0.3以下,食品中淀粉酶、酚氧化酶、过氧化酶,受到极大的抑制。

对于脂类氧化反应来讲,从极低的 A_w 值开始,氧化速度随着水分的增加而降低,直到

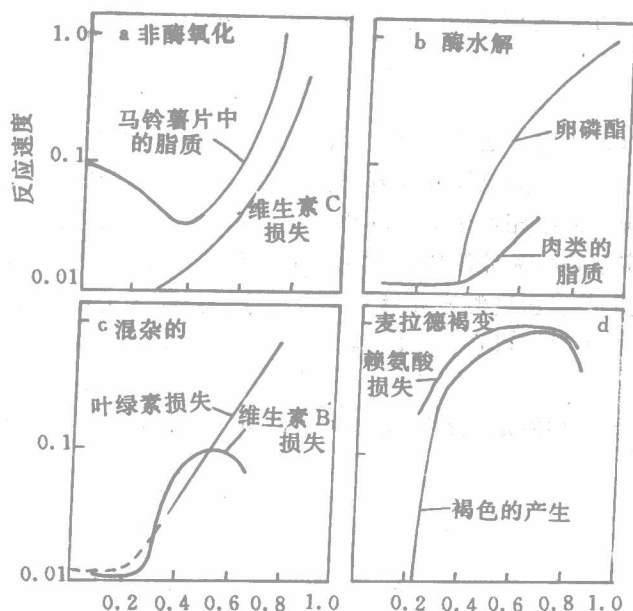


图 1-4 食品 A_w 值与生物化学反应

a: 氧化(非酶)与 A_w b: 酶水解与 A_w
c: 其他生物化学反应与 A_w d: Maillard 褐变与 A_w

A_w 值接近等温线的 A 区与 B 区的边界;而进一步增加水就使氧化速度增加直到 A_w 值接近 B 区与 C 区的边界。这是因为加入到非常干燥的样品中的水能结合氢过氧化物,干扰了它们的分解,于是阻碍了氧化的进行;另外,这部分水能同催化氧化的金属离子发生水化作用,从而降低了金属离子的催化效力。当水加到超过 A 区与 B 区的边界时,所加入的水增加了氧的溶解度和使分子膨胀,暴露更多的催化部位,从而加速了氧化。

表 1-2 微生物生长繁殖的最低 A_w 值

微生物种类	生长繁殖的最低 A_w
Gram 氏阴性杆菌、一部分细菌孢子、某些酵母菌	1.00~0.95
大多数球菌、乳杆菌、某些霉菌	0.95~0.91
大多数酵母	0.91~0.87
大多数霉菌、金黄色葡萄球菌	0.87~0.80
大多数耐盐细菌	0.80~0.75
任何微生物不能生长	<0.60

当 Maillard 反应、维生素 B_1 分解曲线在 A_w 值达到中等至较高的数值时,都呈现出最大速度,当水分活度再增加时,反应速度下降,这是由于:①水是这些反应的一种产物,增加水分含量能造成产物的抑制作用;②当样品中水分含量使得能增加速度的那些成分的溶解度以及

流动性不再成为限制因素时,进一步加入水将稀释增加速度的成分,从而降低反应速度。

总的来说,化学反应的最小速度一般首先出现在等温线的 A 区与 B 区之间的边界(A_w 为 0.2~0.3);当 A_w 进一步降低时,除了氧化反应外,全都保持在最小值。

五、水分活度的测量

水分活度的测量可以采用内插法、毛发湿度计测定法、热电偶仪测定法等几种方法。有些方法仅需要分析天平等一些简单的仪器和装置,有些方法则需要专门的仪器。其基本原理都是根据样品与外界达到吸湿与散湿相对平衡时的相对湿度来求得 A_w 值。

鲁夫特水分活性测定仪是食品监测中经常用到的一种专门仪器,其外形如同一个小盒子,盒体用不锈钢做成,盒盖上装有湿度测定元件和一个温度补偿用的毛细管温度计。测定时将样品置于盒内,旋紧盒盖约 3 小时即可在盖上的刻度盘上直接读出 A_w 值。使用时每周用制好的盐溶液进行一次校正。

另外,改进型摩德尔 880 型测定仪和声纳水分活性测定仪也用于食品 A_w 值的测量研究。