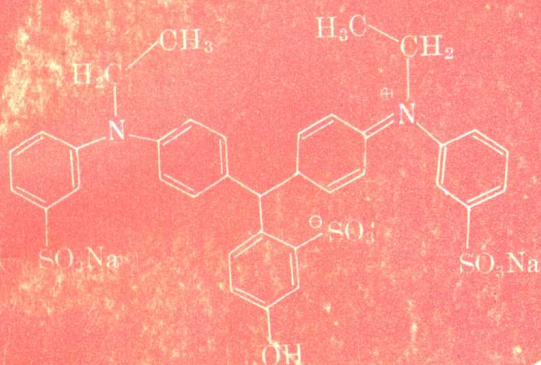




简明食品化学

殷绍辉 肖安民 编

上海科学技术出版社

简 明 食 品 化 学

殷绍辉 萧安民 编

上海科学技术出版社

简 明 食 品 化 学

殷绍辉 萧安民 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 江苏如东印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.75 字数 189,000

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数 1-3,500

ISBN 7-5323-2151-7/TS·157

定价:4.30元

内 容 提 要

本书介绍了构成食品的基本物质——水、碳水化合物、脂、蛋白质、酶、维生素和矿物质等的化学性质，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，同时还介绍了食品中重要的色、香、味化学成分和禁忌成分，并且也叙述了应用广泛的发酵技术。

本书供食品科技工作者及高等院校师生参考阅读。

前 言

“民以食为天”，这是我国人民自古以来对食物重要性的认识。据设想，到 2000 年时，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（目前只有 11g 左右），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，也唯有全社会的力量才能实现调整、改善国民食品结构这一宏伟目标。

食品科学包含多种学科，主要有化学、生物化学、微生物学和工程学等。作为食品科学的一个主要方面，食品化学涉及到对食物的组成、性质以及化学变化的认识。不言而喻，这些认识对于食品的生产、处置、加工、保藏以及满足人们的营养需要等方面都是至关重要的。

编写本书的目的，就在于为广大食品科技工作者（包括从其它专业岗位上转到食品科技方面来的同志）和技术工人提供一本概念清晰、实践性强、内容丰富新颖、写法深入浅出的常用化学知识读本，以备不时查阅之需。本书也可用作大专院校食品专业如食品科学和工艺学、农副产品加工等专业师生的教学参考书。

由于编写仓促，难免有遗漏谬误之处，欢迎读者指正。

上海科技大学食品工程专业
殷绍辉 萧安民

目 录

第一章 水和溶液 1	
第一节 水和冰的性质..... 1	
第二节 食物中的水份..... 5	
第二章 碳水化合物13	
第一节 单糖.....13	
第二节 寡糖.....27	
第三节 多糖.....30	
第三章 脂类42	
第一节 油脂的结构及性质.....43	
第二节 油脂的自动氧化和受热变化.....61	
第三节 乳状液和乳化剂.....74	
第四章 蛋白质83	
第一节 蛋白质的化学组成和分类.....83	
第二节 蛋白质的构成单位——氨基酸.....84	
第三节 蛋白质的结构.....99	
	第四节 蛋白质的物理、化学性质..... 106
	第五节 食物蛋白..... 118
	第六节 蛋白质在加工保藏过程中的变化..... 123
	第五章 酶 131
	第一节 酶是生物催化剂..... 131
	第二节 酶的分类及命名..... 132
	第三节 某些酶学术语的定义..... 134
	第四节 酶的分离提取... 136
	第五节 酶催化反应动力学..... 136
	第六节 酶活力测定法... 151
	第七节 影响酶活力的因素..... 153
	第八节 食品加工过程中常用的酶..... 163
	第九节 固定化酶和固

定化微生物·····	168
第十节 食品系统的内 源性酶·····	171
第十一节 酶抑制剂·····	181
第六章 维生素和矿物质 ·····	184
第一节 维生素·····	184
第二节 高温瞬时灭菌 法对维生素的 影响·····	200
第三节 矿物质·····	203
第七章 色香味化学 ·····	206
第一节 色素·····	206
第二节 味感物质·····	218
第三节 嗅感物质·····	224

第八章 食物中的霉忌成 分 ·····	230
第一节 食物中的天然 毒性成分·····	230
第二节 微生物毒素·····	235
第三节 食品加工及环 境污染所致的 毒性·····	239
第九章 发酵化学 ·····	246
第一节 发酵概论·····	246
第二节 酒精发酵·····	255
第三节 氨基酸发酵·····	258
第四节 菌体和单细胞 蛋白的生产·····	262

第一章 水和溶液

食品中的水分,不仅影响食品的结构质地、外观形状和口味感觉,而且影响食品的变质情况(化学的或微生物引起的)。因此,有必要了解水在食品中的作用。

第一节 水和冰的性质

一、水和冰的物理常数

水和冰的物理常数列于表 1-1。

在熔点时,固态水变成液态水,而温度并不升高。溶解热就是把 1mol 0°C 的冰完全变成 0°C 液态水所必须施于的热能。

热容就是指比热,即把 1mol 水升高 1°C 时所需的热能。

当水温上升到 100°C 时,水温就不再升高,这时需要有更多的热能来把 1mol 液态水完全转化成气态水。这个热能就称作气化热。

升华热是指把 1mol 0°C 固态水(冰),直接转变成气态水所需的热量。冷冻干燥就是利用这一性质,即在 611kPa 压力下加热,使冰直接转化成气态,而不会有液态水出现,从而使物料得以干燥。用这种方法脱水得到的产物,其质量要比其它干燥方法来得好,但成本较高。

表 1-1 水和冰的物理常数

分 子 量		18.015		
相转变性质:				
熔点即冰点($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)		0℃		
沸点($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)		100℃		
三态点		0.0099℃和 $6.10 \times 10^5 \text{ Pa}$		
0℃时的溶解热		6.012 kJ/mol		
100℃时的气化热		40.63 kJ/mol		
0℃时的升华热		50.91 kJ/mol		
其 它 性 质	20℃	0℃	0℃(冰)	-20℃(冰)
密度(kg/l)	0.9982	0.9998	0.9168	0.9193
粘度(Pa·s)	1.002×10^{-3}	1.787×10^{-3}	—	—
对空气的表面张力(N/m)	72.75×10^{-3}	75.6×10^{-3}	—	—
蒸汽压(Pa)	2.337×10^3	6.104×10^2	6.104×10^2	1.034×10^2
热容(J/kg·℃)	4.1819	4.2177	2.0019	1.9544
导热系数(J/m·s·℃)	5.983×10^2	5.644×10^2	22.40×10^2	24.33×10^2
热扩散系数(m ² /s)	1.4×10^{-5}	1.3×10^{-5}	$\sim 1.1 \times 10^{-4}$	$\sim 1.1 \times 10^{-4}$
介电常数:				
静止	80.36	80.00	91	93
$3 \times 10^9 \text{ Hz}$	76.7(25℃)	80.5(1.5℃)	—	3.2(-12℃)

水的过冷就是指把水冷至冰点以下温度,同时并不结冰。如果在这过冷水里,加入少量冰晶,那么它立即就结冰,温度也要上升至零度。1ml 非常纯净的水能过冷至 -32℃。样品体积影响着过冷水所能达到的低温。

冰晶的生长速度随温度下降而减小。快速冷冻可导致小冰晶生成,而慢速冷冻则产生大的冰晶。

在冻藏食物保存期间,冰晶倾向于增大,特别是当保藏温度有很大波动时。慢速冷冻的水果和蔬菜,其组织里常产生

很大的冰晶,大部分发生于细胞外区域。而快速冷冻,则形成非常小的冰晶,均匀分布在整个组织中。

许多溶质都有减慢冰晶生长的能力,已知酒精和蔗糖是最有效的减慢冰晶生长的化合物。同样,低浓度的蛋白质也有这个效应。

二、水分子和冰的结构

1. 水分子结构

在单个水分子中,两个氢原子分别进入氧原子的两个 sp^3 轨道(ϕ'_3, ϕ'_4),形成两个 σ 共价键。其分子轨道模型见图 1-1。

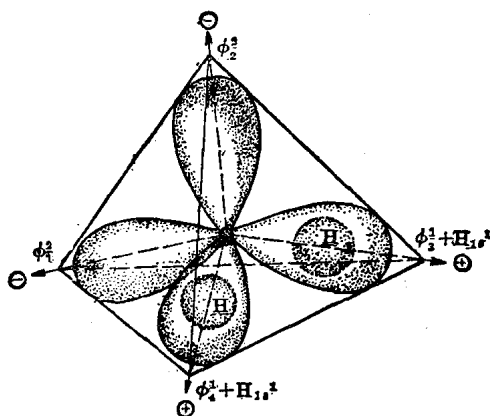


图 1-1 水分子轨道模型

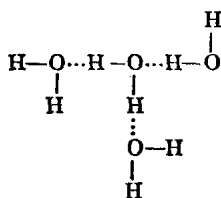
应该指出,纯水里不仅含有普通水分子,而且还含有其它痕量成份,即除了通常所知的 ^{16}O 和 ^1H 以外,还存在着同位素 ^{17}O , ^{18}O , ^2H 和 ^3H 。水还含有 H_3O^+ , OH^- ,以及它们同位素的变种。当然这些同位素一般可不予考虑。

2. 水分子间的联结

水分子(HOH)是V字形的,其O-H键的极性性质导致电荷不对称分布,产生一个偶极矩。然而这不足以完全说明水分子间的吸引力。

对水分子间联结起主要作用的是氢键,比起共价键来讲,氢键是一种弱键。

对氢键起主要作用的是静电力。电负性很强的氧原子部分拉走了两个与之共价键合的氢原子上的单电子,使它们带有部分正电荷,且使它们的电子壳层半径减至最小,即几乎成为裸露的质子,从而允许其它带有部分负电荷的氧原子接近它,或者说这个几乎裸露的质子可再渗入其它氧原子的电子云,产生强烈的静电相互作用,形成氢键。水分子间的氢键如下所示(虚线代表氢键):



此外, H_3O^+ 和 OH^- 也对氢键的生成起作用。

正是由于水分子间的氢键作用,才使得水有较大热容,较高的熔点、沸点和表面张力。

3. 冰的结构

在冰的晶体结构中,每个氧原子被另外四个氧原子包围在一个四面体型式里,结果形成一个六方晶格结构,如图1-2所示。正是由于这种开放性的结构,才使得冰的密度较小。冰在融化时,其中的某些氢键被破坏了,结果使水分子更趋靠拢,密度增大。

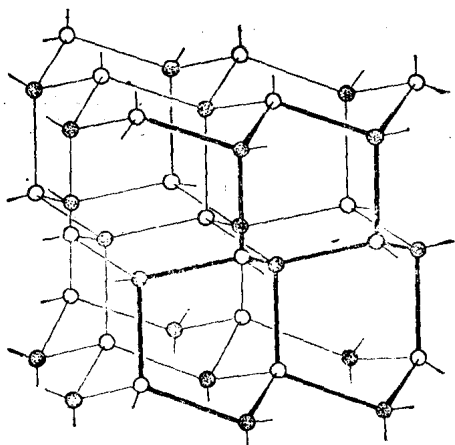


图 1 2 冰的结构

第二节 食物中的水份

一、食物中的水份状态

1. 结合水和游离水

已经知道,某些蛋白质如明胶里所含的水,一部分可通过蒸发或轻微挤压除去,或可通过冷冻干燥(0°C 以下)加以去除,但是还有一部分水,用这些方法都不能除去。前一部分水称作游离水,后一部分水称作结合水。

结合水包括结构水、邻近水和大部分多层水(见表 1-2, 1-3),它们有如下特点:(1)它在低于 -40°C 左右温度下也不易结冰;(2)它不溶解附加的溶质;(3)它可用宽线核磁共振仪加以测定。

与结合水不同,游离水在组织和细胞中易结冰,也能溶解溶质。实际上,游离水也有两种形式,一是完全游离的,另一

表 1-2 食物中的结构水及其性质

一般描述	结构水作为非水组分的一部分， 如蛋白质内部孔隙间的水
冰 点	-40℃也不结冰
溶解能力	无
流 动 性	无
气 化 热	显著增高
在高水分食物(含90%水)水分 中所占百分率	<0.03%
与吸附等温线的关系	在区域 I 的极左边，活度为 0
食品稳定性	发生自动氧化

表 1-3 食物中的邻近水和多层水的分类及其性质

性 质	邻 近 水	多 层 水
一般描述	通过水——离子和水——偶极联结，牢固束缚在非水组分的亲水部位上；这类水可形成单分子层覆盖；包括微小毛细管(直径小于0.1微米)里的水	围绕非水组分的亲水基团，占据第一层的剩余部位和其它层次；其中以水——水和水——溶质之间的氢键为主。
冰 点	-40℃也不结冰	-40℃下大部分不结冰
溶解能力	无	低~中等程度
流 动 性	显著减小	减 小
气 化 热	显著增高	低~中等程度增高
在高水分食物(含90%水)水分中所占百分率	0.5±0.4%	3±2%
与吸附等温线的关系	区域 I 里的水由微量的结构水和邻近水组成；区域 I 的上部分界线不确定，随产物和温度不同而有所变化	区域 II 里的水由区域 I 里的水及多层水所组成；区域 II 的分界线不确定，随产物和温度不同而有所变化
食品稳定性	在单分子层最稳定(0.2~0.3Aw)	随该区域下部含水量升高，几乎所有反应的速率都会增大

是被包裹在细胞或大分子网络里的。尽管后者不作机械流动,但其性质跟前者相似。游离水性质见表 1-4。

2. 水分活度

尽管在食物的含水量和食物腐败之间有一定关系,但人们也可以认识到,带有相同含水量的不同食品,其腐败倾向并不相等。因此,单用含水量这个概念并不能有效地揭示出食物的腐烂可能性,这样就发展出水分活度这个概念。

水分活度(A_w)定义为:

$$A_w = \frac{P}{P_0} = ERH = \frac{n_1}{(n_1 + n_2)}$$

式中: P 为由食物给出的水蒸气分压, P_0 为纯水在相同温度下的蒸汽压; ERH 为平衡相对湿度,即物料既不吸湿,也不散湿时的大气相对湿度; n_1 为溶剂(水)的物质的量(mol), n_2 是溶质的物质的量(mol)。

n_2 可由下式计算得到:

$$n_2 = \frac{G \Delta T_f}{1000 K_f}$$

式中: G 是样品里的溶剂的质量(g), ΔT_f 是冰点下降温度($^{\circ}C$), K_f 是水的摩尔冰点下降常数。

3. 水分子活度和含水量之间的关系

当水分百分含量超过 50% 时,水分活度接近 1.0; 当含水量低于 50% 时,水分活度小于 1,并随着水分含量减小而迅速减小。含水量和水分活度之间的关系如图 1-3 所示。

在低含水量范围里,含水量与 A_w 的关系图称作水分吸附等温线。按照含水量和水分活度情况,可把水分吸附等温线分为三个区域,见图 1-4。

区域 I 里的水被牢固束缚在食物上,不流动,其气化热比

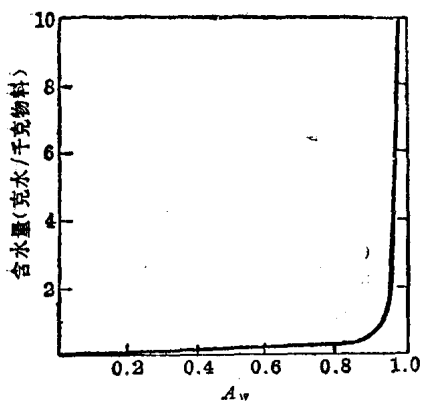


图 1-3 含水量与 A_w 的关系

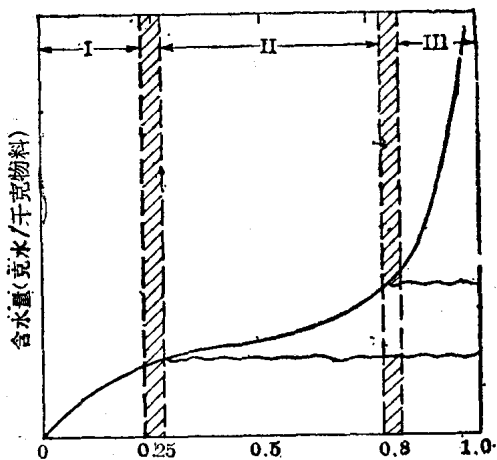


图 1-4 水分吸附等温线

纯水大得多,在 -40°C 下不结冰,也不溶解溶质,水分活度在 $0 \sim 0.25$ 之间。

区域 I 相当于食物的单分子层覆盖值。对水的单分子层覆盖值还没有确切的意义,在某些场合,它相当于表 1-2、1-3

里所说的结构水和邻近水。可以利用 BET 等温线来对水的单分子层覆盖值加以计算。BET 等温线关系式如下：

$$\frac{A_w}{(1-A_w)V} = \frac{1}{V_m C} + \left[\frac{A_w(C-1)}{V_m C} \right] \quad (1-3)$$

式中： A_w 为水分活度； V 为吸附量(g水/g干燥物质)， V_m 为单分子层覆盖值，单位同吸附量； C 为常数。

注意：只有当水分活度在 0.1~0.5 之间，BET 等温线才基本适用。以 $A_w/(1-A_w)V$ 对 A_w 作图，给出一条直线，水单分子层覆盖值可从该直线的斜率和截距计算得到 (图 1-5)。

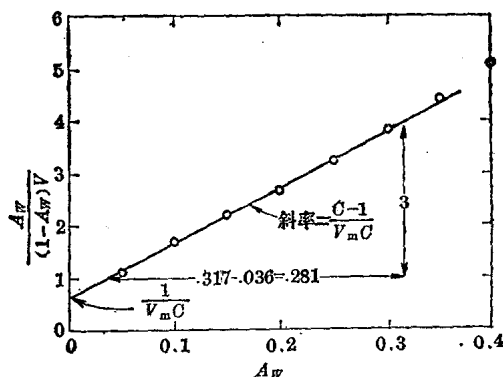


图 1-5 马铃薯淀粉的 BET 图

区域 II 里水称作多层水 (见表 1-3)，这些水靠近溶质分子，相互间以氢键结合，其气化热比纯水高。这些水大部分在 -40℃ 下也不结冰。这时水分活度在 0.25~0.8 之间。区域 I 和 II 的含水量不到食物总共含水量的 5%。

区域 III 里的水束缚性较小，可自由运动，它们在物料孔隙里凝结，其性质接近理想溶液，可溶解溶质，水分活度在 0.88~0.9 之间。这些水相当于表 1-4 里所描述的游离水。

表 1-4 食物中的游离水及其性质

一般描述	远离非水组分的水，其中以水——水氢键为主；性质类似稀盐溶液中的水；在有凝胶和细胞结构存在时，大分子流动受到阻碍。
冰 点	-40℃以上温度能结冰
溶解能力	大
流 动 性	稍有减小
气 化 热	基本不变
在高水分食物(含 90 % 水)水分中所占百分率	~96 %
与吸附等温线的关系	区域Ⅲ 里的水由区域Ⅰ和Ⅱ里的水及游离水组成；区域Ⅲ下部的分界线不明确，随产物和温度不同有所变化

对于吸湿产物来讲，需用吸附等温线来研究；对于干燥过程来讲，就需用解吸等温线来研究。吸附等温线是根据把完全干燥的样品放置在相对湿度不断增加的环境里，样品所增加的重量数据绘制而成。解吸等温线是根据把潮湿样品放置在同一相对湿度下测得水重减轻数据绘制而成。它们二者之间有一个滞后关系，见图 1-6。

二、水分活度概念的实践意义

1. 水分活度与食物腐败