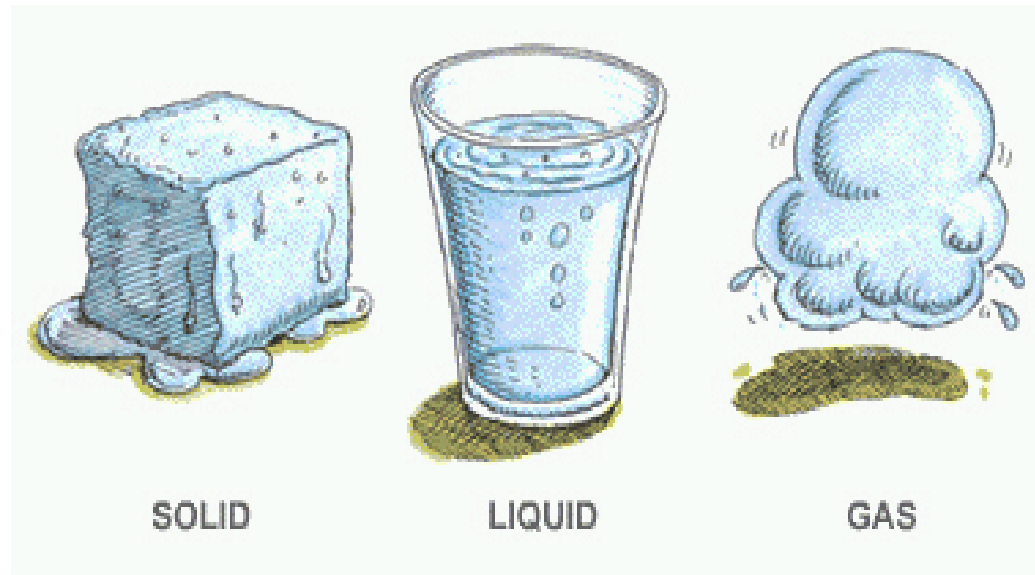


食品生物化学

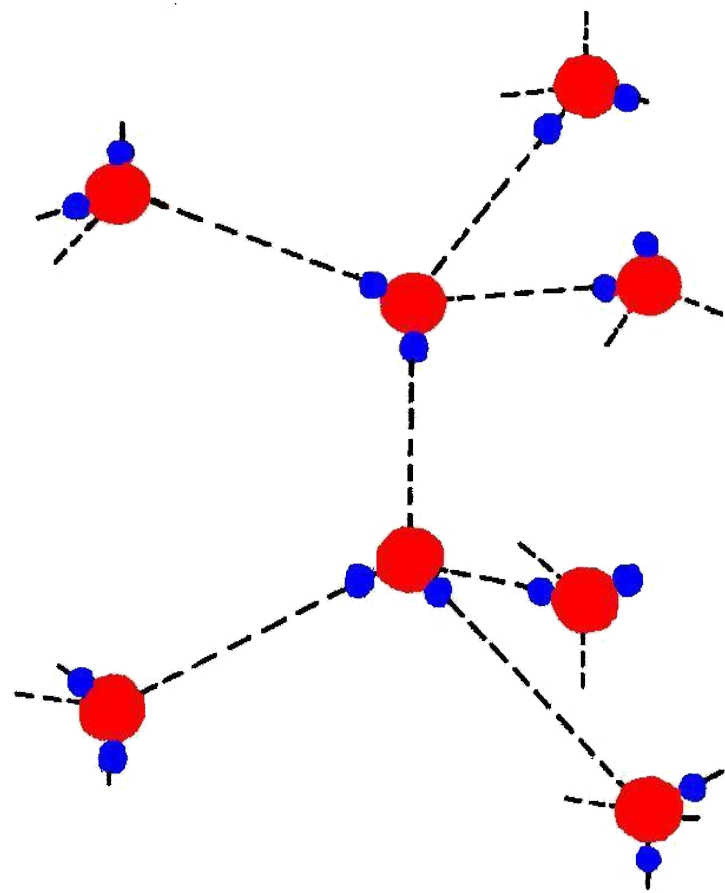
模块一 水分



教学目的:

- 1.使学生理解水与冰的结构及在食品中的性质;
- 2.理解水分活度的定义和吸湿等温线;
- 3.掌握水分活度对温度的相依性,水分活度与食品的稳定性的关系;
- 4.了解在冰点温度以下,冰与食品质量的关系及其在储藏和加工中的运用。

重点难点: 水分活度的概及其与食品稳定性的关系。



目录

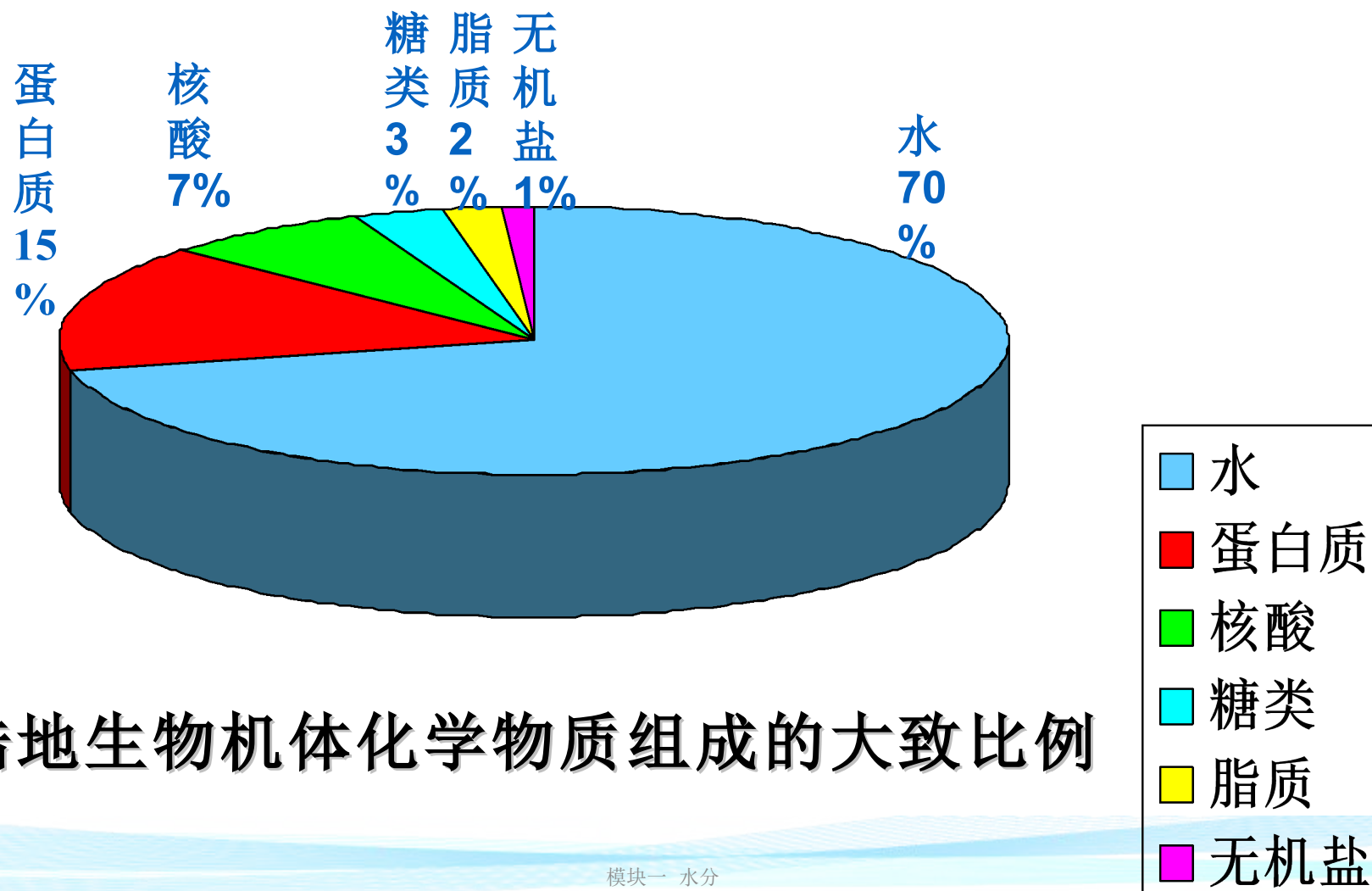
CONTENTS

一、概述

二、食品中的水

三、水分活度

1.水在生物体内的含量及生理功用



水的生理功能

- 水虽无直接的营养价值，但具有某些特殊性能，如溶解力强，介电常数大，比热高，粘度小等，是维持生理活性和进行新陈代谢不可缺少的物质。
- 水是体内化学作用的介质，同时也是生物化学反应的反应物及组织和细胞所需的养分和代谢物在体内运转的载体。

2.水和冰的物理特性

(1) 熔点、沸点、**介电常数**、**表面张力**、热容、相变热等物理常数较高：如甲烷的b.p： -162°C ，m.p： -183°C ，而水b.p： 100°C ，m.p： 0°C ；

(2) 热导性、热扩散速度：**冰 > 水**

——水的**冻结速度比解冻速度要快得多**

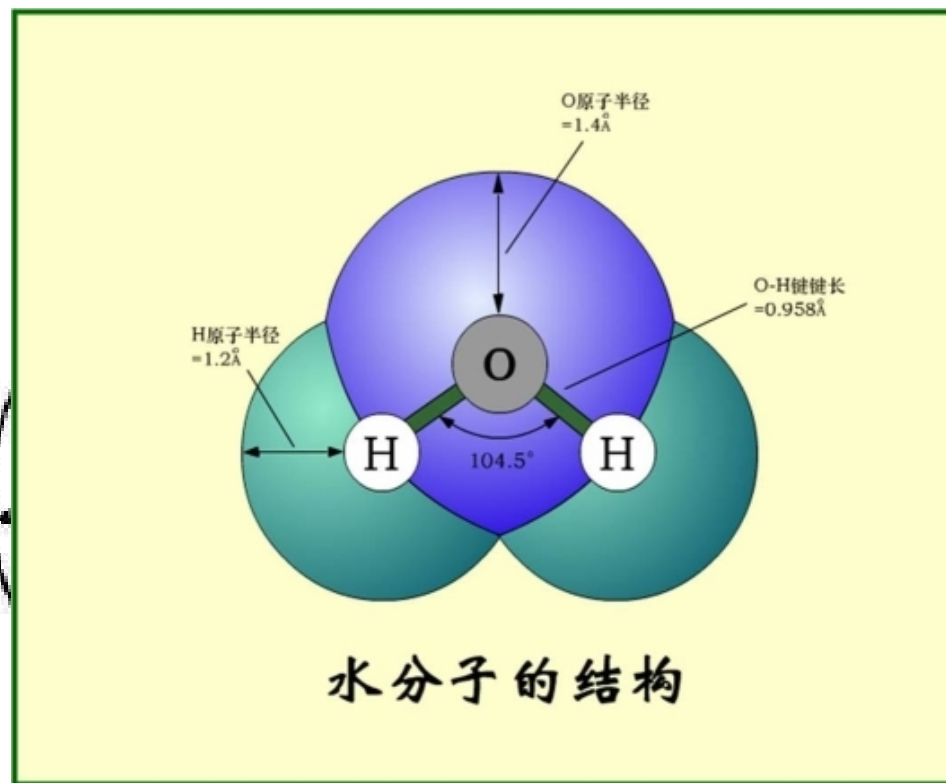
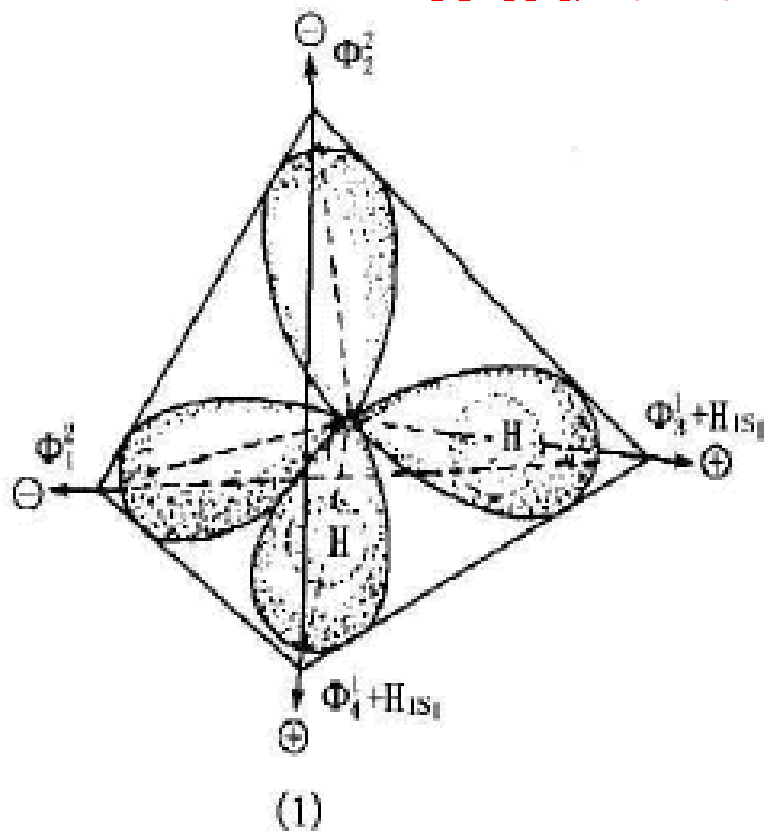
(3) 水在冻结时体积增加，表现出异常的膨胀行为，这会使得含水的食品在冻结的过程中其组织结构遭到破坏。

水和冰的物理常数

物 理 量 名 称	物 理 常 数 值			
相对分子质量	18.0153			
相变性质				
熔点(101.3kPa)/℃	0.000			
沸点(101.3kPa)/℃	100.000			
临界温度/℃	373.99			
临界压力	22.064MPa(218.6 atm)			
三相点	0.01℃和 611.73Pa(4.589 mmHg)			
熔化热(0℃)	6.012kJ(1.436kcal)/mol			
蒸发热(100℃)	40.657kJ(9.711kcal)/mol			
升华热(0℃)	50.91kJ(12.06kcal)/mol			
其他性质	20℃ (水)	0℃ (水)	0℃ (冰)	-20℃ (冰)
密度/(g/cm ³)	0.998 21	0.999 84	0.9168	0.9193
黏度/(Pa·s)	1.002×10^{-3}	1.793×10^{-3}	—	—
界面张力(相对于空气)/(N/m)	72.75×10^{-3}	75.64×10^{-3}	—	—
蒸汽压/(kPa)	2.3388	0.6113	0.6113	0.103
热容量/[J/(g·K)]	4.1818	4.2176	2.1009	1.9544
热传导(液体)/[W/(m·K)]	0.5984	0.5610	2.240	2.433
热扩散系数/(m ² /s)	1.4×10^{-7}	1.3×10^{-7}	11.7×10^{-7}	11.8×10^{-7}
介电常数	80.20	87.90	~90	~98

·为什么有异常的水和冰物理特性

Why ? ? ?

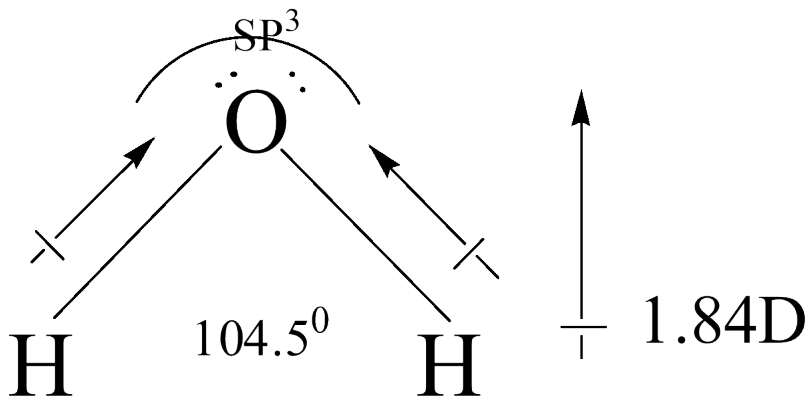


单个水分子的结构示意图

(1) sp^3 构型;(2)气态水分子的范德瓦耳斯半径

(1) 水分子的结构

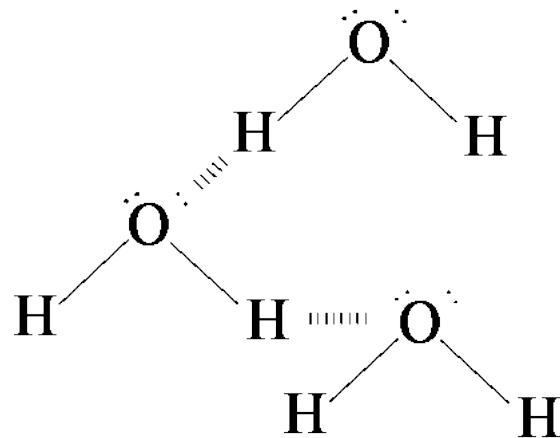
- 水的异常性质可以推测水分子间存在强烈的吸引力以及水和冰具有不常结构。



- 单个水分子的键角为 104.5° ，接近正四面体的角度 $109'28''$ ，O-H核间距 0.958 ，氢和氧的范德华半径分别为 0.12nm 和 0.14nm 。

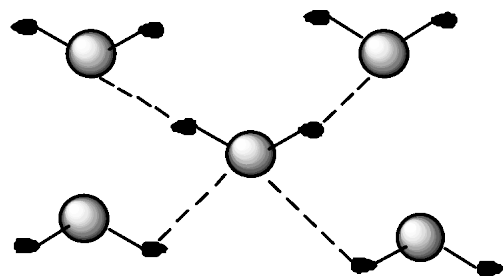
水分子的缔合与水的三态

由于水分子的极性及其两种组成原子的电负性差别，导致水分子之间可以通过形成氢键而呈现缔合状态：

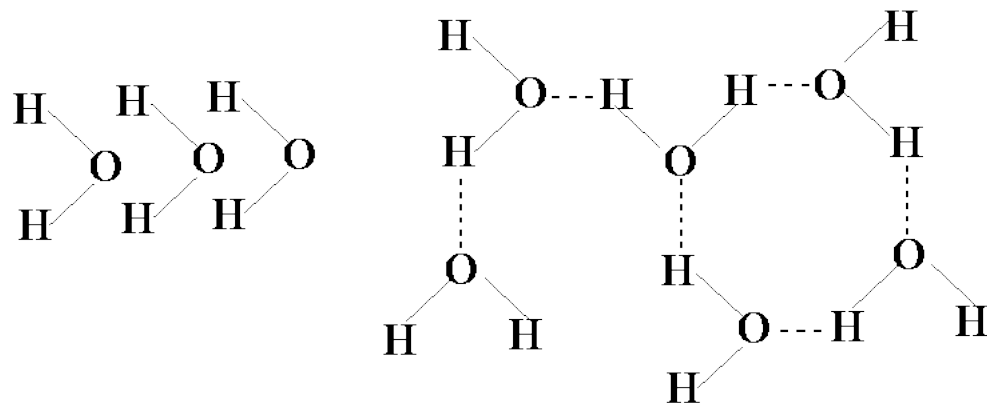


[返回](#)

由于每个水分子上有**四个**形成氢键的位点，因此每个水分子的可以通过氢键结合4个水分子。

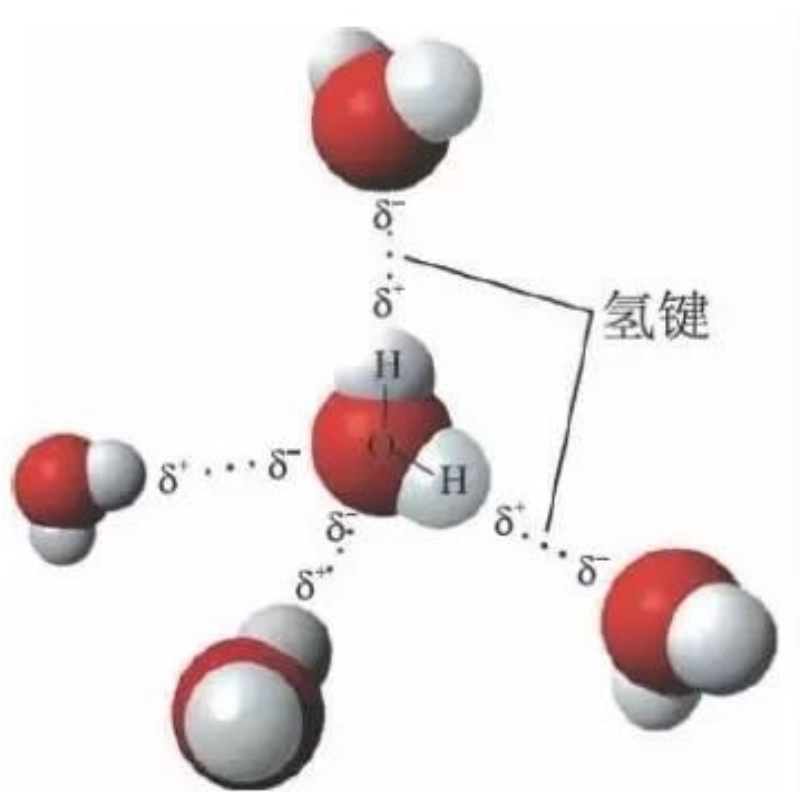
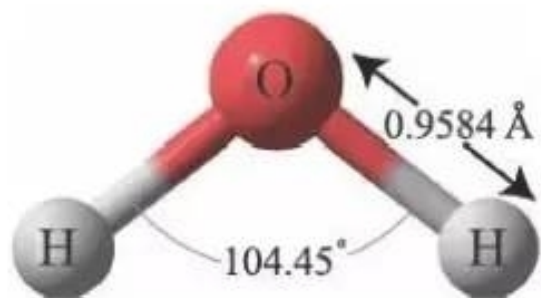


水分子之间还可以以静电力相互结合，因此缔合态的水在空间有不同的存在形式，如：

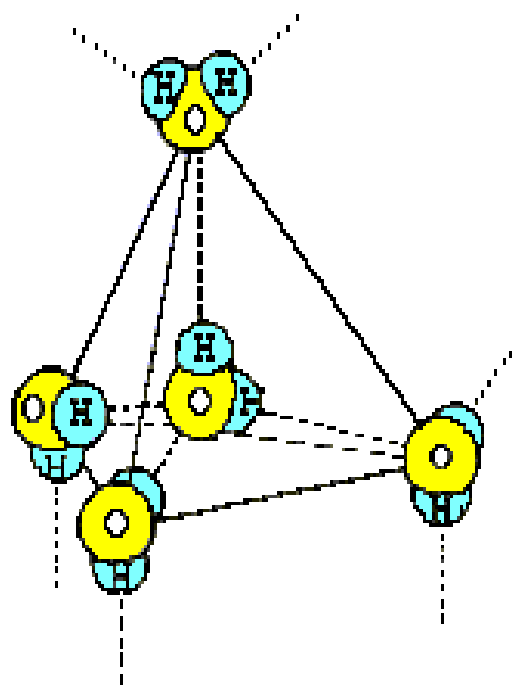


不同的缔合形式，可导致水分子之间的缔合数大于4。

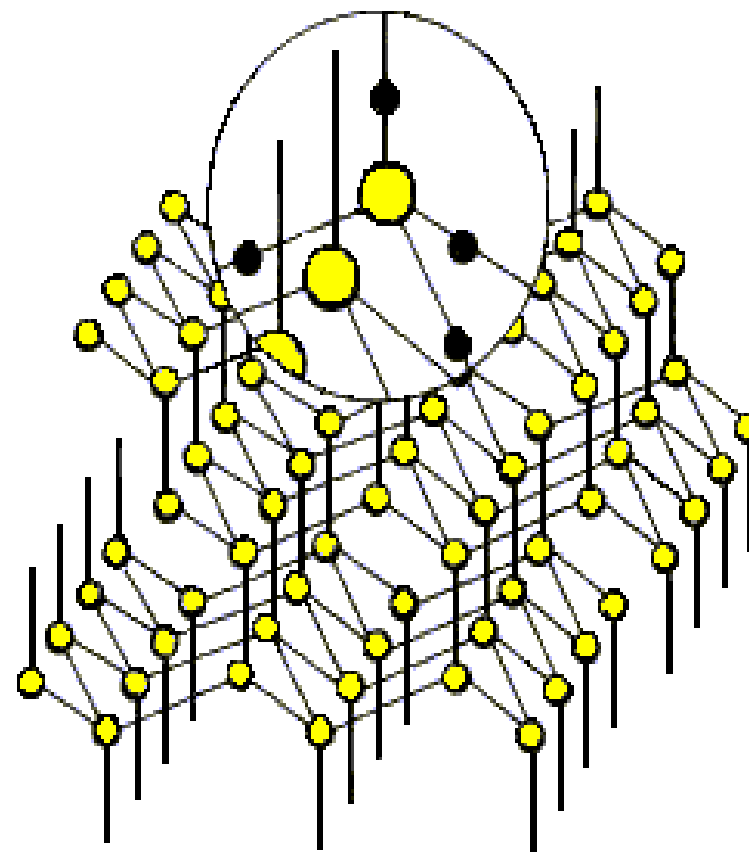
每个水分子最多能够与 个水分子通过 结合，每个水分子在 维空间有相等数目的氢键给体和受体。



(2) 冰的结构



(a)

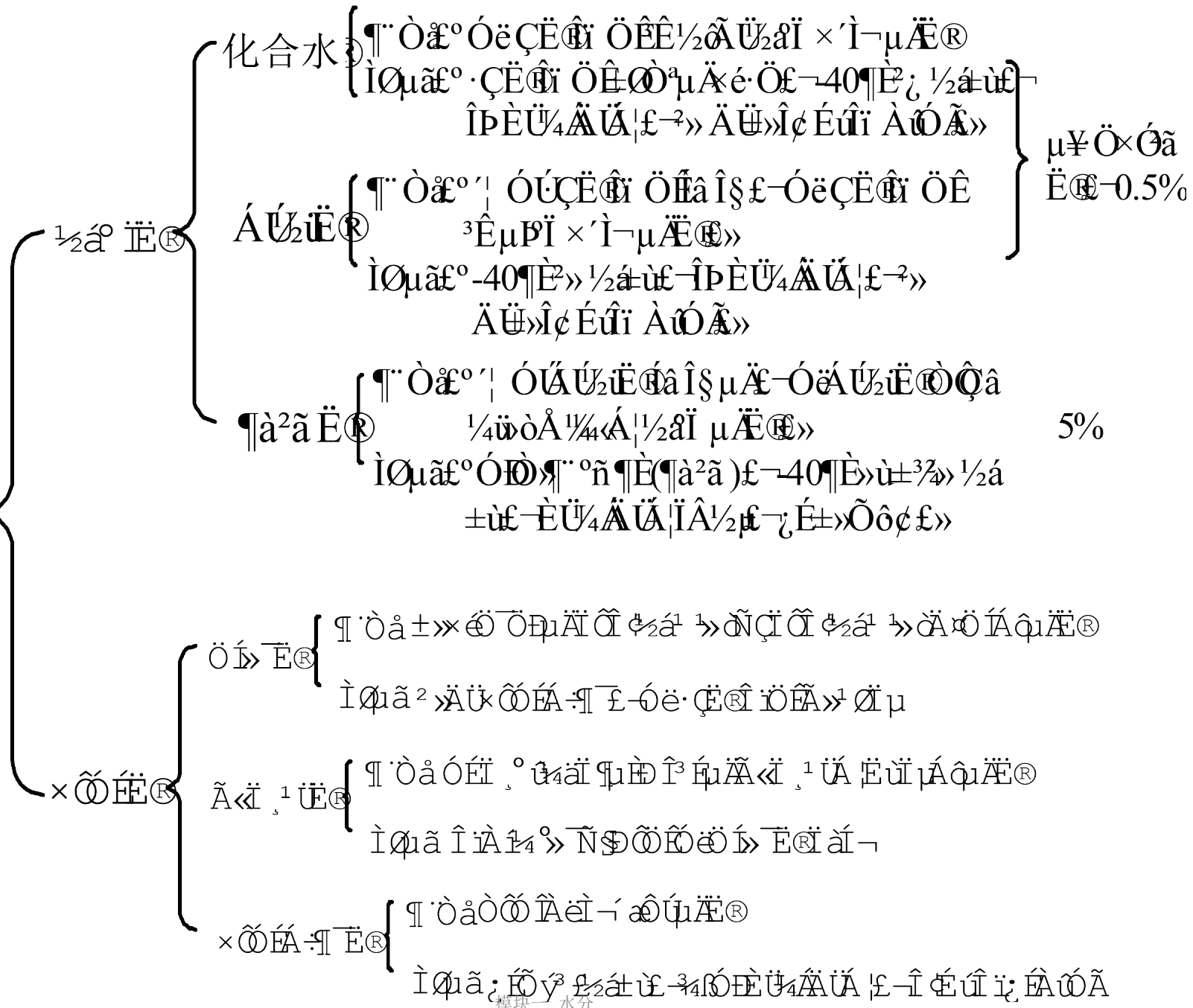


(b)

- **固态水（冰），是水分子有序排列成的大且长的晶体，是水分子靠氢键连接构成非常“疏松”的刚性结构。**
- **冰比液态水的结构更为“疏松”，比容较大。**
- **冰有11种结构，但六方型是大多数冷冻食品中重要的冰结晶形式。**

- **食品中的水，是以自由态、水合态、胶体吸润态、表面吸附态等状态存在的。**
- **水之所以能以各种形态存在于动植物组织中，是由于水能被两种作用力即氢键结合力和毛细管力联系着。**

Ê³Æ·
 ÖË®
 μÄæ
 ÔÍÎ
 Ê½



模块一 水分

结合水

- 结合水是与食品中蛋白质、淀粉、果胶物质、纤维素等成分通过氢键而结合着的。
- 根据各种有机分子的不同极性基团与水形成氢键的牢固程度有所不同。结合水又可分为单分子层结合水和多分子层结合水

自由水

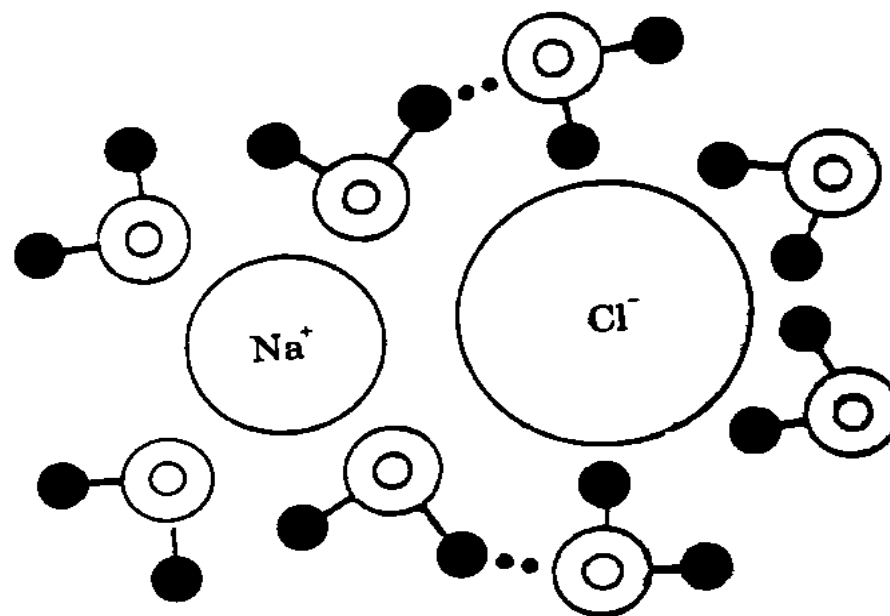
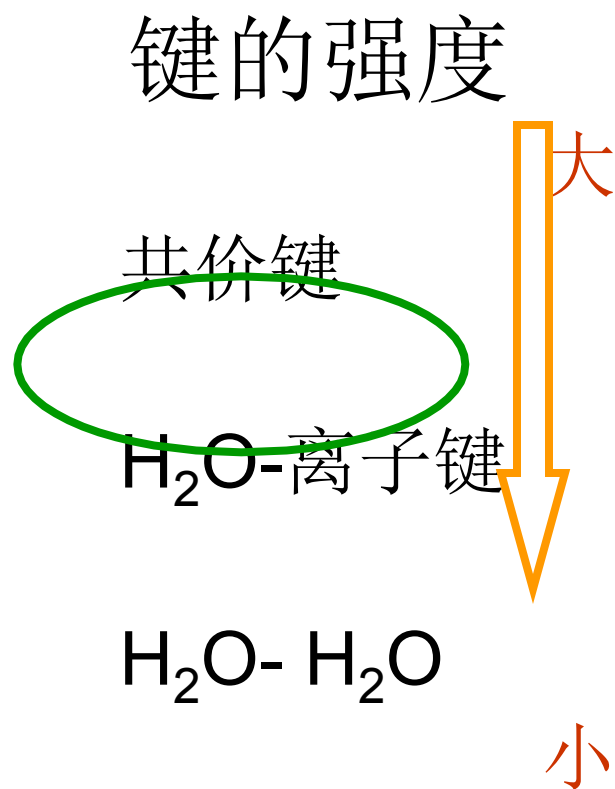
以毛细管力联系着的水称为自由水(或游离水)。

存在于植物组织的细胞质、膜、细胞间隙中和任何组织的循环液以及制成食品的结构组织中。

食品中不同状态水的性质比较

	结 合 水	自 由 水
一般描述	存在于溶质或其他非水成分附近的那部分水，它包括化合水、邻近水及几乎全部的多层水。	距离非水成分位置最远，主要以水-水氢键存在。
冰点（与纯水比较）	冰点下降至-40℃都不结冰	能结冰，冰点略有下降
溶解溶质的能力	无	有
平动运动（分子水平）与纯水比较	大大降低，甚至无	变化较小
蒸发焓（与纯水比较）	增大	基本无变化
在高水分食品（90% H_2O 或9g H_2O /g干物质）中占总水分含量的%	<0.03~3	约96

(1) 水与离子基团的相互作用



与NaCl邻近的水分子的排列
(仅指出了纸平面上的水分子)

(2) 水与具有氢键形成能力的中性基团（亲水性溶质）的相互作用

键的强度

大

共价键

H₂O-离子

H₂O- H₂O

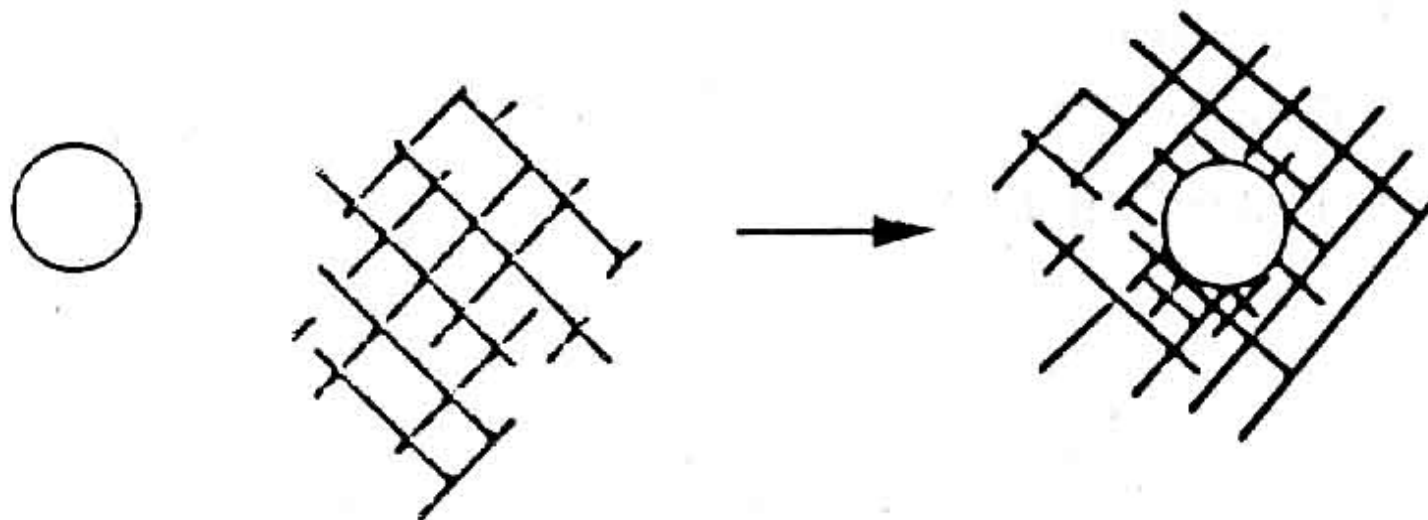
H₂O- 亲水性溶质

小



(3) 水与疏水基团的相互作用

疏水水合(Hydrophobic hydration): 向水中添加疏水物质时, 由于它们与水分子产生斥力, 从而使疏水基团附近的水分子之间的氢键键合增强, 使得熵减小, 此过程成为疏水水合。油脂烃类分层。





(4) 水与双亲分子的相互作用

水作为双亲分子的分散介质

双亲分子

- 一个分子中同时存在亲水和疏水基团
- 脂肪酸盐、蛋白脂质、糖脂、极性脂质、核酸

水中存在同时含有多个亲水性和疏水性侧链基团的生物大分子，其分子中的疏水基团以色散力相互吸引，避开与水的接触，疏水基团包埋在分子内部，亲水基与水以氢键结合，这种现象称**疏水性基相互作用**。

水分活度表示食品中水分可以被微生物所利用的程度。

在物理化学上**水分活度**是指食品的水分蒸汽压与相同温度下纯水的蒸汽压的比值，可以用公式：

$A_w = P/P_0$ ，也可以用相对平衡湿度表示 $A_w = ERH/100$ 。

其中： A_w ——水分活度；

p ——样品中水的蒸气分压；

p_0 ——同温纯水蒸气压；



注意：

- 1.上述公式成立的**前提**是溶液是**理想溶液**并达到**热力学平衡**，食品体系一般不符合这个条件，因此上式严格讲，只是**近似**的表达。
2. A_w 是样品的**内在品质**，而ERH是样品的**环境性质**；仅当样品与它的环境达到**平衡**时，上式才能成立。

$$A_w = p/p_0 = ERH/100 = N = n_1/(n_1+n_2) < 1$$

- 水分活度测定方法：

a. 冰点测定法：通过测定样品冰点的降低值（ ΔT_f ）及含水量（求出 n_1 ），根据公式：

$$A_w = N = n_1 / (n_1 + n_2)$$

$$n_2 = G \Delta T_f / 1000 K_f ;$$

（ G 样品中溶剂的质量； K_f 水的摩尔冰点下降常数）

即可求出样品的水分活度。

b. 相对湿度传感器测定法：

将已知含水量的样品置于恒温密闭的小容器中，**达到平衡**；用**湿度传感器**测定其空间的湿度，即可得出ERH， $A_w = ERH/100$ 得到样品的水分活度。



c. 恒定相对湿度平衡室法（康维微量扩散器测定法）

- 恒温密闭小容器、样品和饱和盐溶液（两种以上）；

- 样品量一般为1g；恒温温度一般为25℃

- 测定达平衡时样品吸收/失去水的质量，用下式求算：

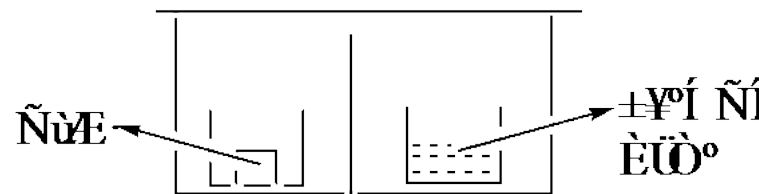
$$A_w = (Ax + By) / (x + y)$$

其中：A：活度低的盐溶液活度；

B：活度高的盐溶液活度

x：使用B时的净增值；

y：使用A时的净减值；



康维氏微量扩散器

水分活度与温度的关系

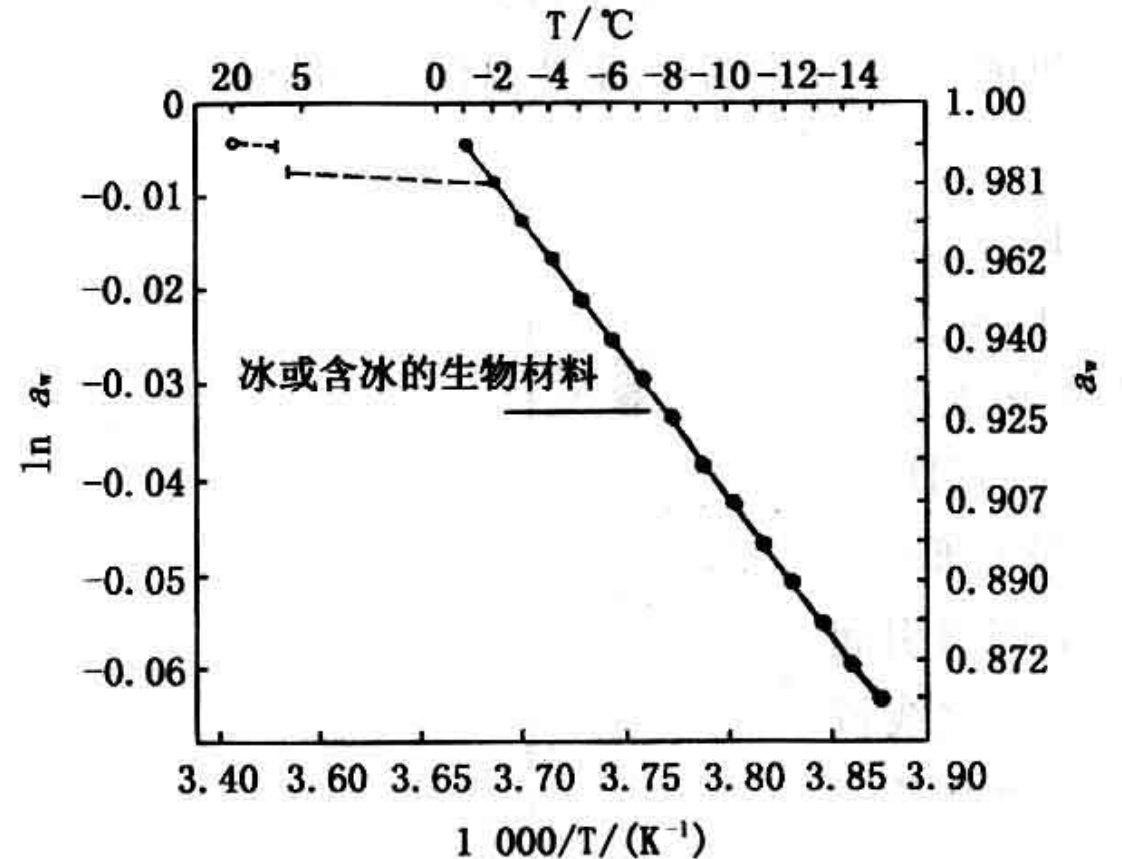
➤ 水分含量相同，温度不同， A_w 不同
水分活度与温度的函数可用克劳修斯-克拉伯龙方程来表示。

$$\ln A_w = -\Delta H / RT + C$$

T-绝对温度，

R-气体常数

ΔH -样品中水分的吸湿热



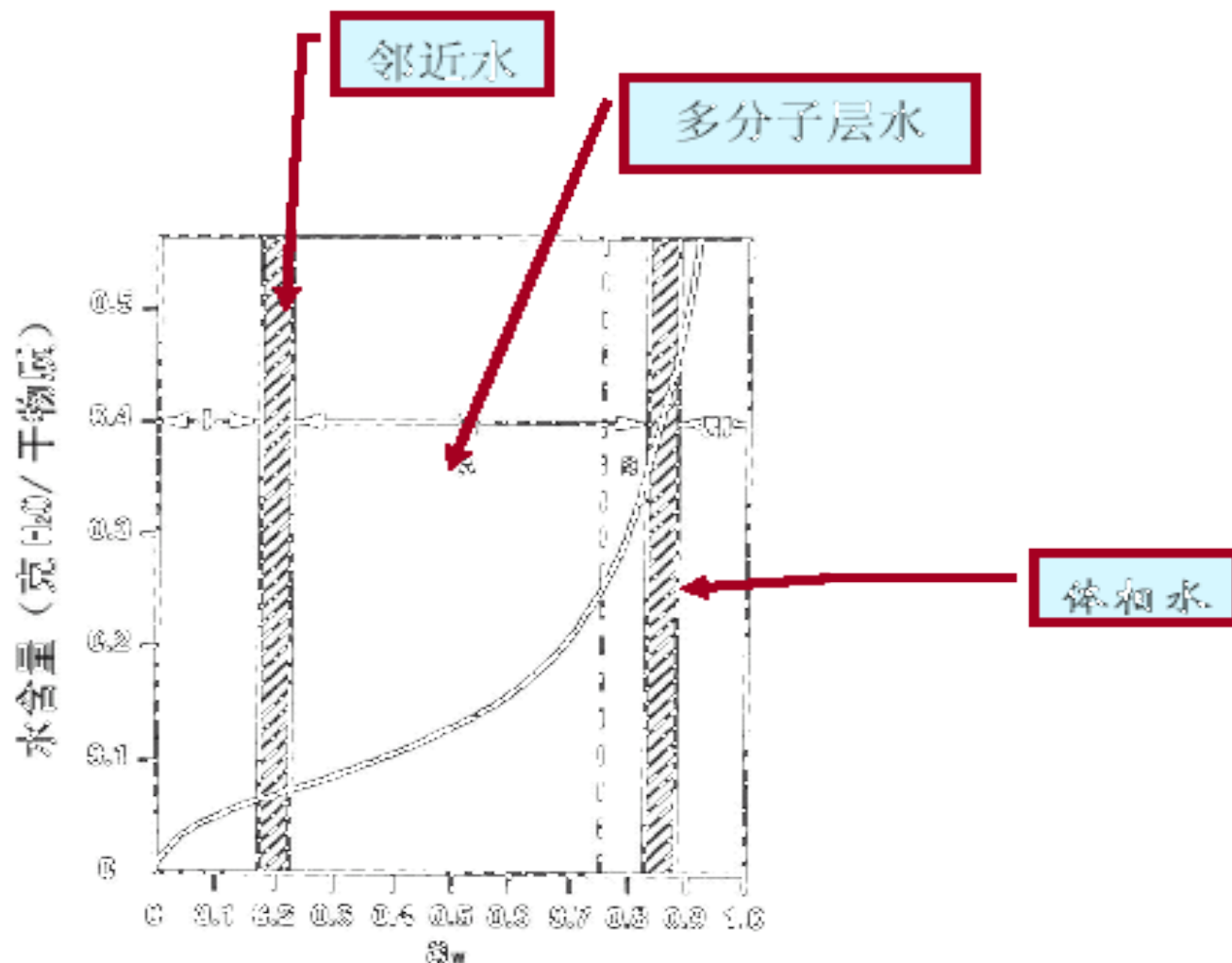
在冰点以上及以下时，样品的水分活度与温度的关系

比较高于和低于冻结温度下的 A_w 时应注意三个重要差别:

- u 冰点以下， $\text{Log}A_w - 1/T$ 的线性关系继续存在；
- u 温度对 A_w 的影响在冰点下远大于在冰点以上（冰冻冷藏的依据），温度下降，导致 A_w 下降很快，有利于降低温度，抵抗败坏；
- u 在试样的冰点此直线出现明显的转折。

水分吸湿等温曲线 (Moisture Sorption Isotherms)

在恒定温下，食品的水含量（以g水/g干物质表示）对其活度形成的曲线称为等温吸湿曲线（MSI）。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/468025071036006117>