

# 单元一 食品中的水

- 一、 水的物理特性及对食品的作用
- 二、 食品中水的存在状态
- 三、 水分活度与吸湿等温线
- 四、 水分活度与食品稳定性的关系

本章重点：

水分活度的概念和意义，食品中水的存在状态，水与溶质的相互作用，水分活度与食品的稳定性的关系。



### 三 水分活度与吸湿等温线

#### 1. 水分活度的定义

(1) 食品的  
平衡水分

含水量：食品中水分的总质量。

定义：当食品内部的水蒸气压与外界空气的水蒸气压在一定温度下达成平衡时，食品的含水量保持一定的数值。

## (2) 水分活度 ( $a_w$ )

水分活度的定义：在一定温度下，食品中水的蒸汽压 ( $p$ ) 与纯水的饱和蒸汽压 ( $p_0$ ) 的比值，其大小介于0和1之间，可表示如下：

$$a_w = P/P_0$$

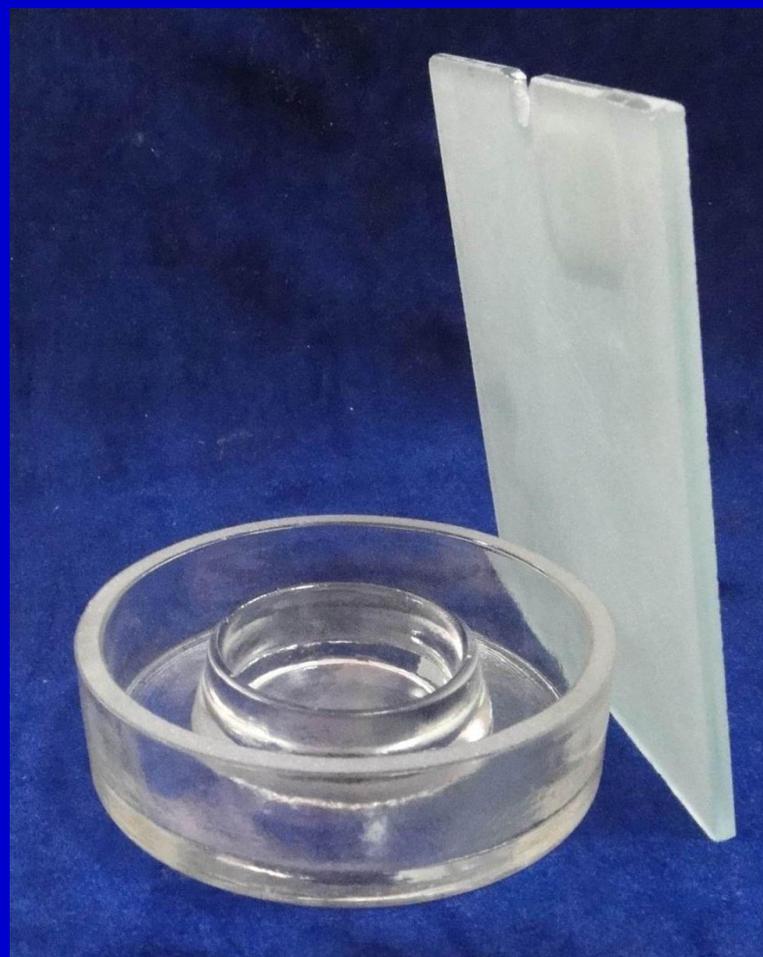
在数值上，食品水分活度等同于空气的平衡相对湿度：

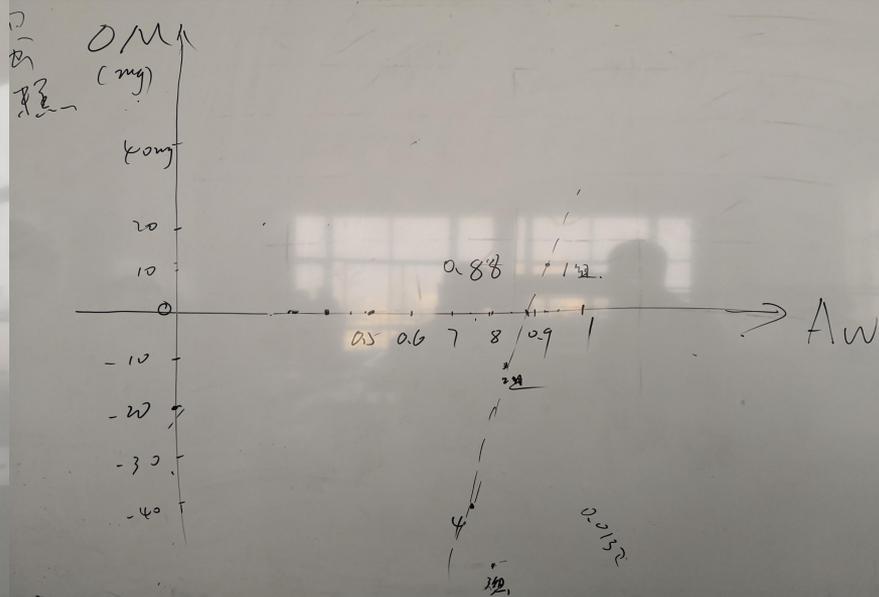
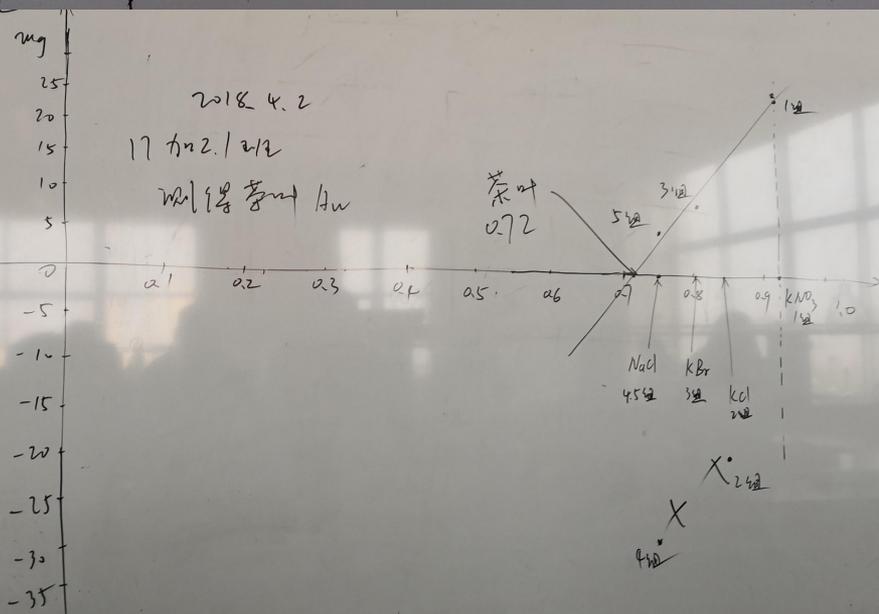
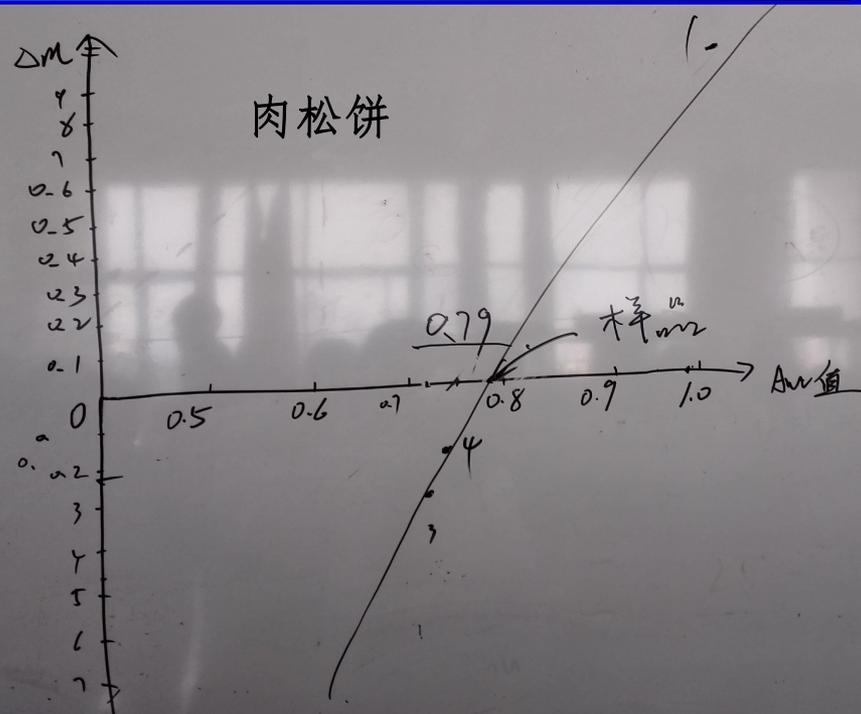
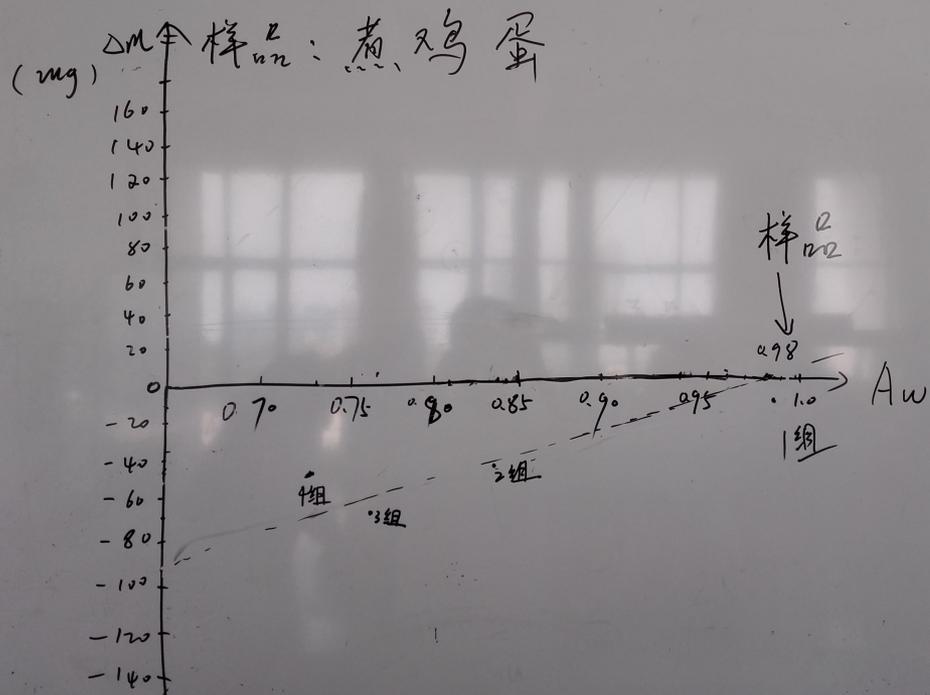
$$a_w = P/P_0 = ERH\%$$

## 注意：

水分活度的物理意义是表征生物组织和食品中能参与各种生理作用的水分含量与总含水量的定量关系。

简单来说， $A_w$ 表征意义就是描述食品中的水能被微生物利用的程度或者食品中的水和非水物质结合的紧密程度。





### (3) 食品中水分活度与食品水分含量的关系

食品中水分活度与食品水分含量是两个不同的概念。相同水分活度的食品，含水量不一定相同。同一种食品，在一定范围内，含水量变化，水分活度也随之改变。

$a_w=0.7$ 时若干食品中的含水量 (g水/g干物质)

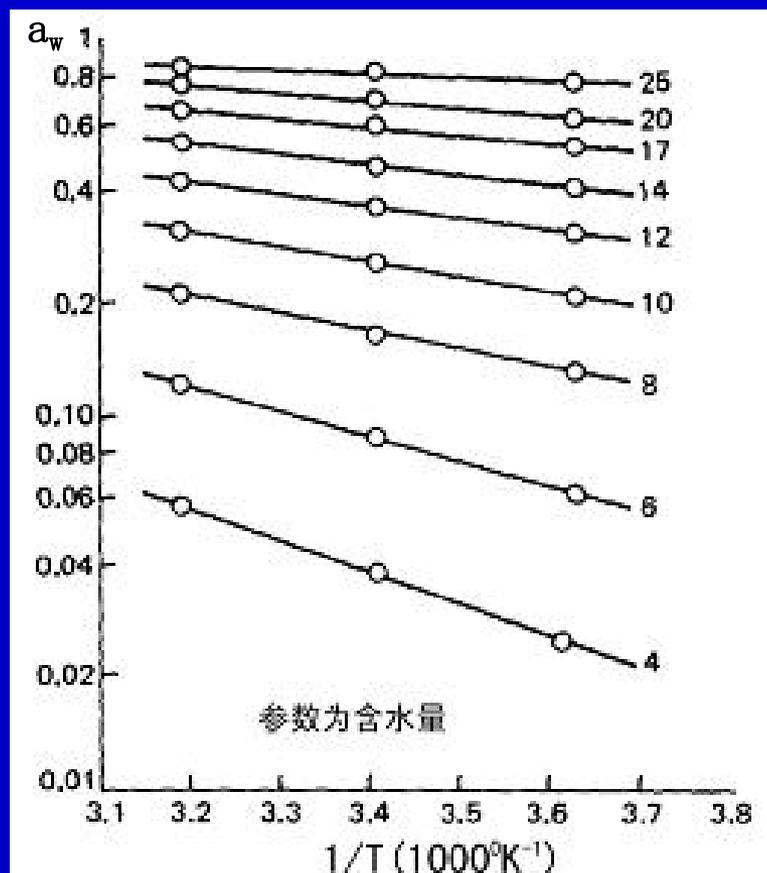
食品	含水量	食品	含水量	食品	含水量
凤梨	0.28	干淀粉	0.13	鱼肉	0.21
苹果	0.34	干马铃薯	0.15	鸡肉	0.18
香蕉	0.25	大豆	0.10		

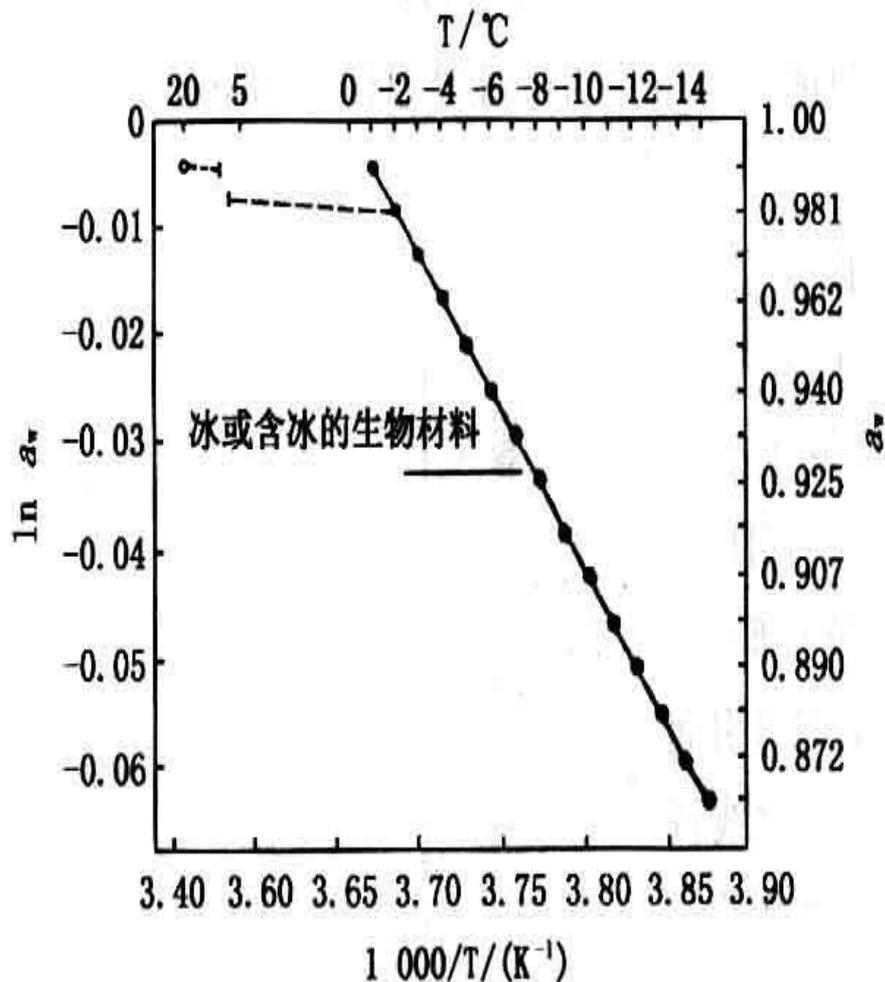
## 2. 水分活度与温度的关系

上述关系是：在一定的水分含量范围内： $\ln a_w$ 与 $1/T$ 是一种线性关系。

从左图得出如下结论：

- 从水分含量4%到25%， $a_w$ 与温度（5-50℃）关系为直线；
- 水分含量较少时，温度所引起的 $a_w$ 变化小。





在冰点以上及以下时,样品的水分活度与温度的关系

左图提示:

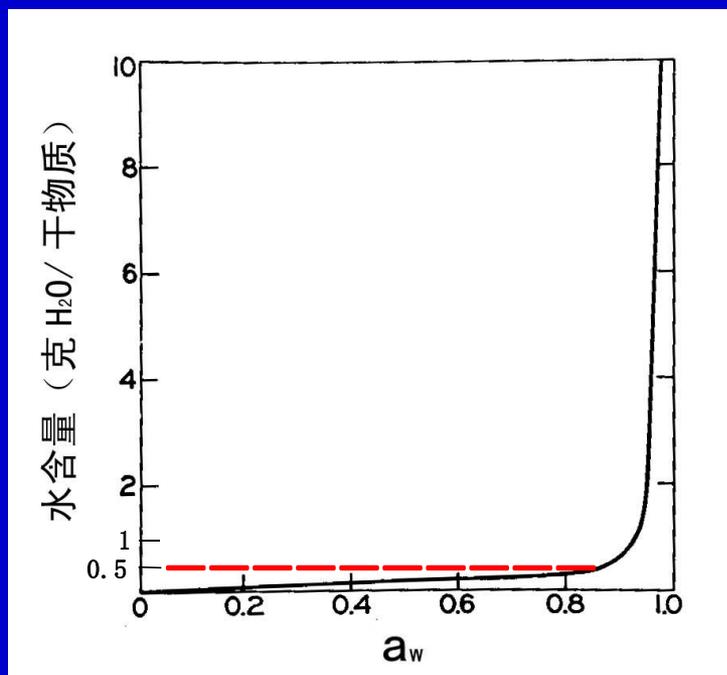
- $a_w$ 与温度关系在冰点以下是线性关系;
- 温度对 $a_w$ 的影响在冰点以下远大于在冰点以上;
- 比较冰点上下温度对 $a_w$ 影响时要注意两点:其一是在冰点以上温度时,试样成分对 $a_w$ 影响较大;其二是在冰点下 $a_w$ 的变化仅与温度有较大关系。

小结：

- a.  $a_w$ 是描述食品中能参与各种生理作用和被微生物利用情况的水的概念；
- b.  $a_w$ 与食品的种类和成分有很大关系（冰点以上）；
- c. 即使有相同的 $a_w$ ，不同食品之间含水量也可能不同；
- d. 温度升高， $a_w$ 也随之变大（冰点以上），但对低水分含量的食品影响有限；
- e. 冰点以下， $a_w$ 的变化只与温度变化有关，与食品成分或含水量的变化关系不大。

### 3. 水分等温吸湿曲线

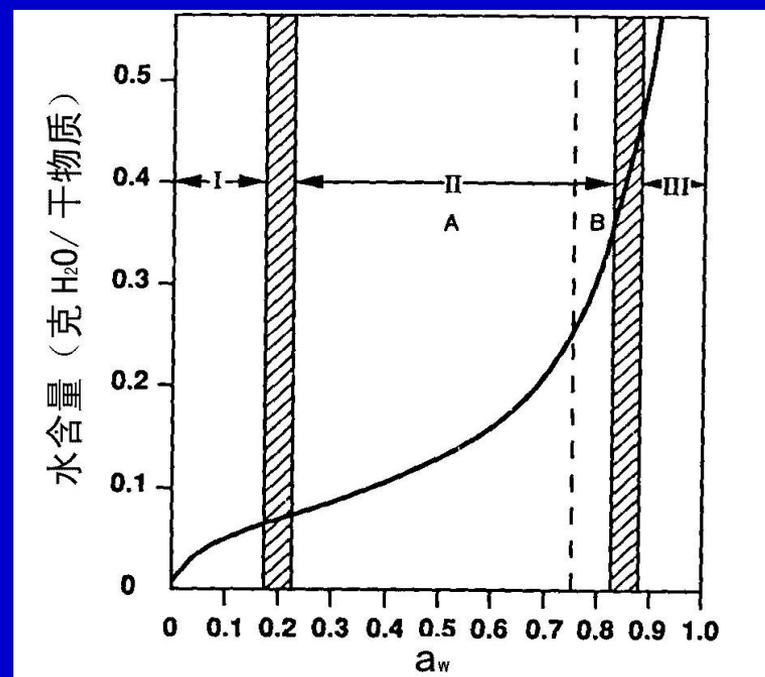
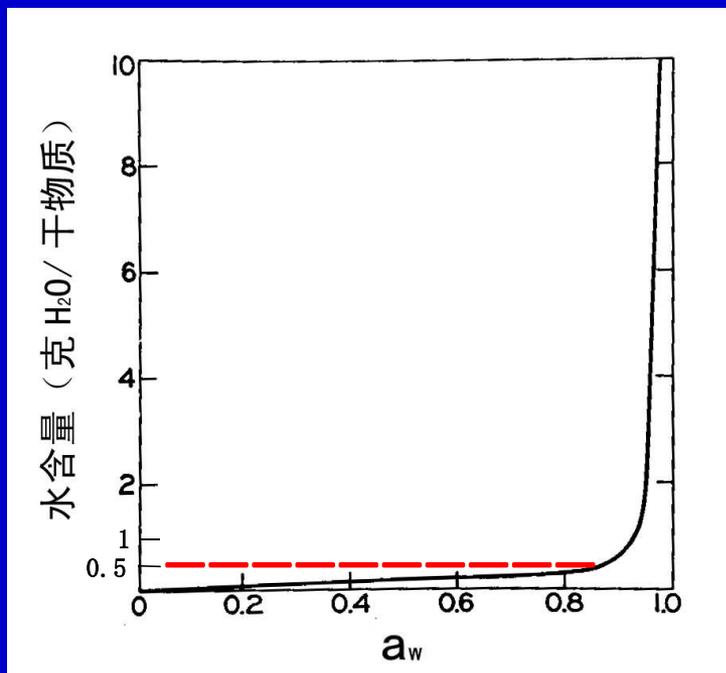
#### (1) 定义和区



在**恒温条件**下，以食品的含水量（每单位质量g干物质中水的质量）对水活度绘图形成的曲线，称为等温吸湿曲线，MSI。

据MSI可预测含水量对食品稳定性的影响，从MSI还可看出食品中非水组分与水结合能力的强弱。

MSI上，把水分含量小于30%范围内曲线放大，含水量稍变化就会导致水分活度的大幅度改变，曲线呈一反S形。根据水分活度与含水量的关系可将此曲线分成三个区域，分别称为I区、II区、III区。



宽水分含量范围食品的水分吸着等温线

低水分含量范围食品的水分吸着等温线

## (2) MSI上不同区水分特性

区	I区	II区	III区
$a_w$	0-0.2	0.2-0.85	>0.85
含水量%	1-2	2-5	95
冷冻能力	不能冻结	不能-轻微冻结	正常
溶剂能力	无	轻微-适度	正常
水分状态	单分子层水	多分子层水	体相水
微生物利用	不可利用	部分可利用	可利用

## I 区水

对应 $a_w$ 约为0-0.25。这部分水是食品中与非水物质结合最为紧密的水，吸湿时最先吸入，干燥时最后排除，不能使干物质膨润，更不能起到溶解的作用。I区最高水分活度对应的含水量就是食物的单分子层水。

## II 区水

对应 $a_w$ 约为0.25-0.80。该部分水实际上是少量单层水和大部分多层水，他们将起到膨润和部分溶解的作用，会加速化学反应的速度。

这部分水也是干制和半干制遇到最多的情况，也是工业上考虑因素最多的情况。

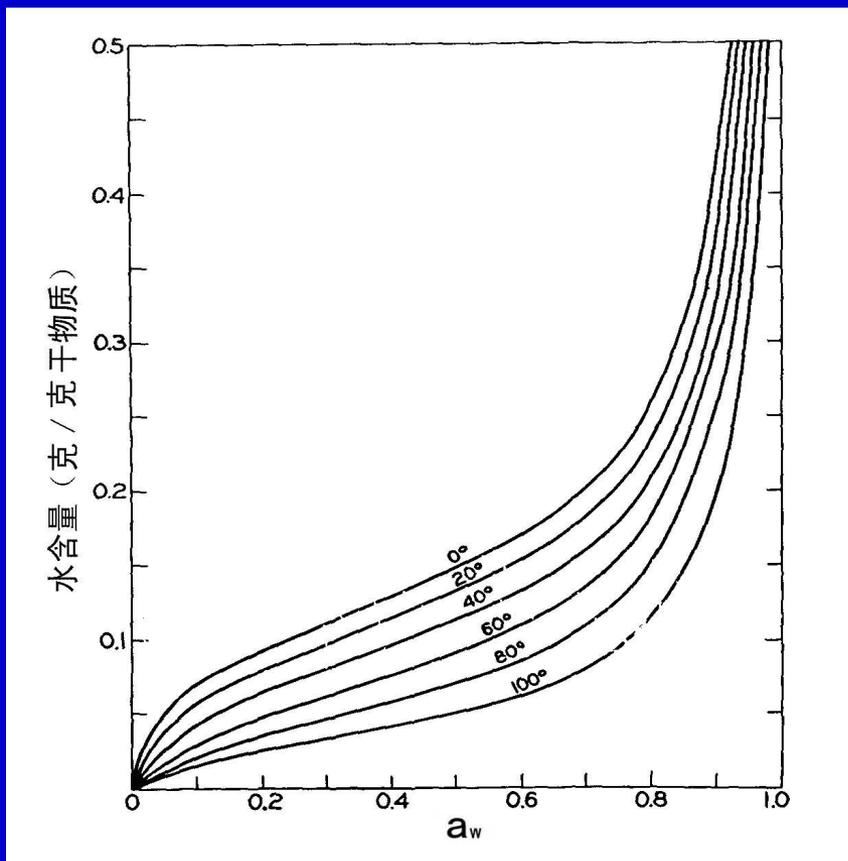
应

### III区水

并非所有食品都有。对应 $a_w$ 约为0.8-0.99。这部分水可以看做体相水，在食品体系中被物理作用所截留，导致流动性比纯水降低。但其他性质与I区水和II区水有明显差异，如能作为溶剂物质，并且还可以参与化学反应和微生物生长。

III区的水是在食品中I区水和II区水与非水物质的结合趋于饱和的情况下才存在的。因此，再向食品中加大水量， $A_w$ 变化不大。这部分在高水分含量食品中能够占到含水量的95%以上。

## 4. 水分吸湿等温线与温度的关系



左图提示:

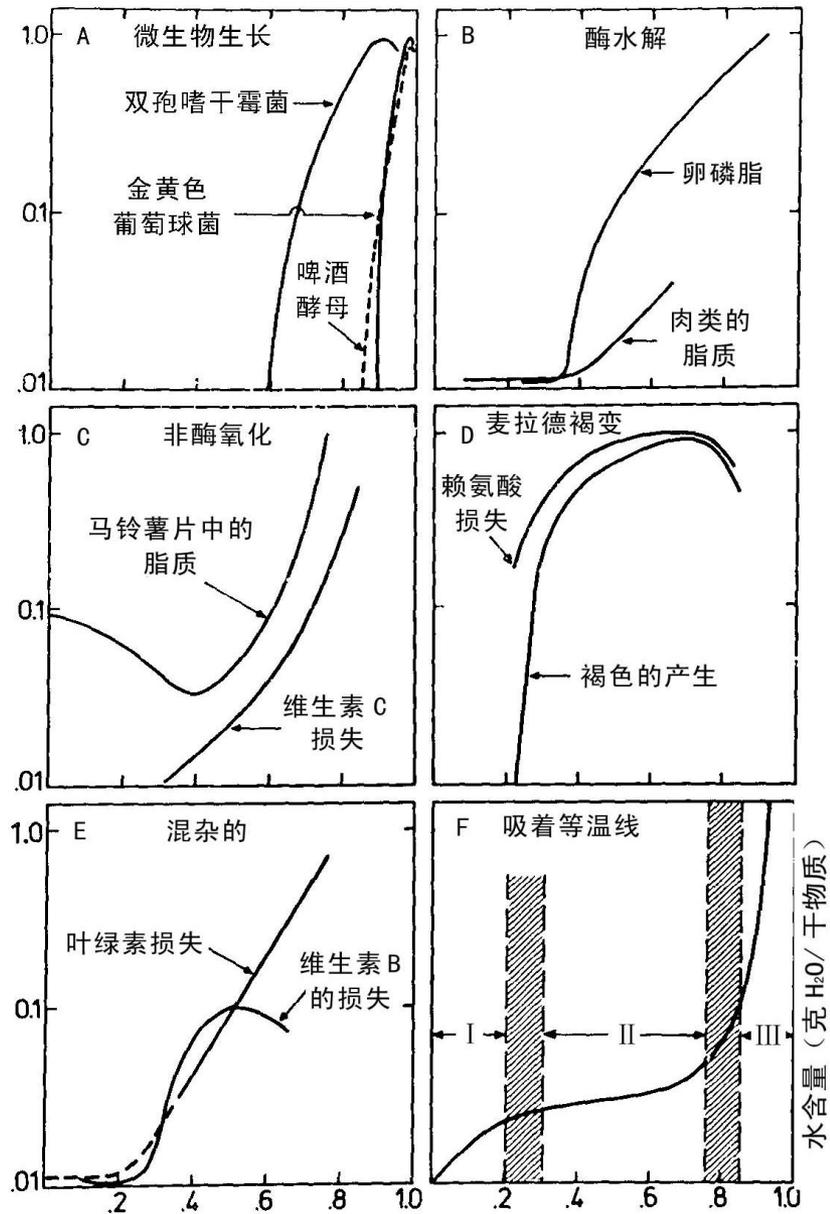
MSI与温度有密切的关系, 同一水分含量, 温度愈高,  $a_w$ 也愈大。亦即食品的 $a_w$ 随温度的提高而提高。

在不同温度下马铃薯的水分解吸等温线

## 四 水分活度与食品的稳定性的关系

$a_w$ 比水分含量能更好的反应食品稳定性。原因与下列因素有关：

- a.  $a_w$ 对微生物生长有更为密切的关系。
- b.  $a_w$ 与引起食品品质下降的诸多化学反应、酶促反应及质构变化有高度的相关性。
- c. 用 $a_w$ 比用水分含量更清楚地表示水分在不同区域移动情况。
- d. 从MSI图中所示的单分子层水的 $a_w$  (0.20-0.30)所对应的含量是干燥食品的水分含量的最佳要求。
- e. 另外,  $a_w$ 比水分含量易测, 且又不破坏试样。



从左图可知，除脂质氧化在  $a_w \leq 0.3$  时有较高反应外，其他反应均是  $a_w$  愈小速度愈小。也就是说，对多数食品而言，低  $a_w$  有利于食品的稳定性。

# 1. 食品中 $a_w$ 与微生物生长的关系

## 食品中水分活度与微生物生长的关系 (一)

$A_w$ 范围	在此范围内的最低 $a_w$ 值一般能抑制的微生物	食品
1.00-0.95	假单胞菌属、埃希氏杆菌属、变形杆菌属、志贺氏杆菌属、芽孢杆菌属、克雷伯氏菌属、梭菌属、产生荚膜杆菌、几种酵母菌	极易腐败的新鲜食品、水果、蔬菜、肉、鱼和乳制品罐头、熟香肠和面包。含约40%(W/W)的蔗糖或7%NaCl的食品
0.95-0.91	沙门氏菌属、副溶血弧菌、肉毒杆菌、沙雷氏菌属、乳杆菌属、足球菌属、几种霉菌、酵母(红酵母属、毕赤酵母属)	奶酪、咸肉和火腿、某些浓缩果汁、蔗糖含量为55%(W/W)或含12%NaCl的食品

## 食品中水分活度与微生物生长的关系 (二)

0.91~0.87	许多酵母菌(假丝酵母、汉逊氏酵母属、球拟酵母属)、微球菌属	发酵香肠、蛋糕、干奶酪、人造黄油及含65%蔗糖(W/W)或15%NaCl的食品
0.87~0.80	大多数霉菌(产霉菌毒素的青霉菌)金黄色葡萄球菌、德巴利氏酵母	大多数果汁浓缩物、甜冻乳、巧克力糖、枫糖浆、果汁糖浆、面粉、大米、含15%~17%水分的豆类、水果糕点、火腿、软糖
0.80~0.75	大多数嗜盐杆菌、产霉菌毒素的曲霉菌	果酱、马茉兰、桔子果酱、杏仁软糖、果汁软糖
0.75~0.65	嗜干性霉菌、双孢子酵母	含10%水分的燕麦片、牛轧糖块、勿奇糖(一种软质奶糖)、果冻、棉花糖、糖蜜、某些干果、坚果、蔗糖
0.65~0.60	嗜高渗酵母( <i>Saccharomyces rouxi</i> )、几种霉菌(二孢红曲霉, <i>Aspergillus echinulatus</i> ) <i>Monascusbiporus</i>	含水15%~20%的干果, 某些太妃糖和焦糖、蜂蜜
0.50	微生物不繁殖	含水分约12%的面条和水分含量约10%的调味品
0.40	微生物不繁殖	水分含量约5%的全蛋粉
0.30	微生物不繁殖	含水量为3%~5%的甜饼、脆点心和面包屑
0.20	微生物不繁殖	水分为2%~3%的全脂奶粉、含水分5%的脱水蔬菜、含水约5%的玉米花、脆点心、烤饼

## 2. 食品中 $a_w$ 与化学的及酶促反应关系

$a_w$ 与化学的及酶促反应的关系较为复杂：

- a. 水分不仅参与其反应，而且由于伴随水分的移动促使各反应的进行；
- b. 其二是通过与极性基团及离子基团的水合作用影响它们的反应；
- c. 是通过与生物大分子的水合作用和溶胀作用，使其暴露出新的作用位点；高含量的水，由于稀释作用可减慢反应。

## 3. 食品中 $a_w$ 与脂质氧化的关系

水分对脂质氧化既有促进作用，又有抑制作用。当食品中水分处在单分层水（ $a_w=0.35$ 左右）时，可抑制氧化作用；当食品中 $a_w$ 大于或小于0.35后，水分对脂质氧化促进作用。

## 水分活度与脂类氧化的关系：

$a_w=0.35$ 可抑制氧化作用的原因主要有：

- a. 覆盖可氧化部位，阻止其与氧接触；
- b. 与金属离子水合，消除了由金属离子引发的氧化作用；
- c. 与氢过氧化物氢键结合，抑制了由此引发的氧化作用；
- d. 促进游离基间相互结合，抑制了游离基在脂质氧化中链式反应。

$a_w>0.35$ 促进氧化作用的原因主要有：

- a. 水作为溶剂，便于反应物和产物移动，有利于氧化作用的进行；
- b. 是水分对生物大分子的溶胀作用，暴露出新的氧化部位，有利于氧化的进行。

本章内容完

谢谢大家