

水活度在食品中的重要性

Anthony J. Fontna Jr. 美国 DECAGON 公司高级科研专家
培安公司译

水活度在微生物生长、食品变质反应方面，进行食品的稳定性和安全性预测是一个重要的参数。几个世纪以来，人们都是通过干燥、冷冻、加糖或盐的方法来控制食品中的水，利用此方法来保存食品或控制食品安全。

水活度是对系统中水的能量状态的一个测量（或是水被“束缚”的程度的测量），因此它可以成为溶剂并加入到化学反应、生化反应、微生物增长中。

为了更好地理解这个概念，让我们假设有两箱水，一箱装 10000 加仑，另一箱装 1 加仑，这两箱的水会如何移动呢？水的体积不发生任何作用。压力是唯一的影响因素。将含 1 加仑水的水箱抬上山顶，不管体积如何，一加仑的水会向山下低压力的水流动。同理可知，含水量是不能预测水分迁移方向的，但水活度可以告诉你答案。

食品安全的目标之一就是防止有害微生物的生长并产生毒素。这些微生物的生长有一个水活度的限制，低于该水活度，这些有害微生物将无法生长。水活度而非水含量决定着微生物生长的最低限度。绝大部分食品变质细菌在水活度高于 0.9 的情况下会生长。

除了微生物和水活度存在一定的关系，水活度也会影响食品微生物的其它方面，例如：孢子形成、发芽及毒枝菌素的生长。

水活度不但会影响微生物的变质，化学反应和酶解反应与水活度也存在一定的关系。水可以通过影响食品系统的粘性来充当溶剂或反应物或改变反应物的变动。水活度会影响非褐酶变反应、脂质氧化、维他命降解、酶解反应、蛋白质变性、淀粉变性和面粉沉降的速度和程度。

随着水活度的提高，非酶褐变反应的机率也会随之提高，水活度在 0.6-0.7 之间时，会达到最大值。虽然受不同机制的影响，当水活度存在中间范围并在最高和最低之间变化时，脂质氧化率可以达到最低。这些反应都会导致异样的味道和气味的变化。食品系统里水溶性维他命的降解随着水活度的提高而增加。酶和蛋白质的稳定性由于其相对易碎性会明显地受到水活度的影响。水活度也会影响淀粉糊化温度和回生进程。

除了预测各种化学反应和酶解反应的机率，水活度还会影响食品的构造结构。水活度值高的食品被描述成水分大、多汁、柔软的食品，当这些食品的水活度降低时，食品会发生意想不到的组织变化，例如：变干、变硬、味道陈腐。水活度值低的食品常常应该是这样的：脆脆的、易碎，而高水活度的食品会使其结构成吸水性结构。干燥的、谷物类食品和面粉类食品如饼干、曲奇、薯片、爆米花，当水活度增加时，会失去其脆脆的口感。通过利用 GLASSY MATERIALS 过度或快速干燥或重复吸收水分可以导致你不想得到的效果：例如食品失去脆感，易断裂。

水活度在多种成分的食品中控制水分迁移的一个重要参数。一些食品包含一些不同水活度的物质，例如，带果脯的燕麦。除非水活度得到控制，否则的话水分就会从水活度较高的果脯里迁移到水活度低的燕麦中，造成水果变的又干又硬，而燕麦则变的湿了。

水活度也是影响存储过程中粉末和脱水产品稳定性的重要因素。控制水活度是粉末产品维持产品该有的结构、质地、稳定性、密度和持水性，这些在加工、处理、包装和存储过程中都很重要的属性。

水活度也决定着产品的货架期。水活度高低关键值可以根据食品中微生物以及食品的质地、味道、外观、香味、营养和烹调质量这些因素来确定。食品透过包装的水分交换律和朝一个 a_w 极限关键值变化的 a_w 的变化率决定着产品的货架期。

美国 FDA 的 GMP 管理条例中引入了水活度指南来定义食品安全规则。GMP 规范的目的是详细阐述行业具体的要求和应当遵照的做法来保证食品在卫生的环境下生产，保证食品纯净、卫生和食用安全。

在过去测量食品的水活度是一项耗时和困难的过程。但新型的仪器技术极大地提高了测量的速度、准确度和可靠性。

露点法是已经使用了几十年的基本的蒸汽压测量法。露点仪器使用镜面冷凝技术，精确、快速且使用简单。商用露点仪的 a_w 测量范围在 0.030 到 1.000 之间，精度 ± 0.001 ，误差在 ± 0.003 ，测量时间一般在 5 分钟之内。

使用 Aqualab 水分活度仪，样品会在一个装有一面镜子、光学传感器、红外温度传感器的密封腔体内达到平衡。达到平衡时，腔体内空气的相对湿度与样品的水分活度相同。一个热电冷却器可以精确地控制镜面的温度，光学反射率传感器准确地检测出在哪一点凝结首先出现，而镜子上热电偶准确地检测出露点的温度。一个红外温度计测量出样品的温度。露点和样品的温度用来决定水活度。

使用随仪器附带的一系列预混合的标准盐溶液可以完成 Aqualab 仪器的标定和日常维护。

每个食品生产商都需要知道当他们的产品在货架上时将会发生什么。耐存储意味着不会发霉，但它也包含着很多食品质量其他方面问题。举一个知名的美国提子麦麸麦片制造商的例子：提子麦麸麦片的生产商和消费者都希望麦片干脆而提子耐嚼，当消费者吃到了一颗坚若顽石的提子而崩掉了一颗牙齿时候也极为惊讶，生产商不久也因为收到了诉讼而吃惊。幸运的是并不是所有的水分迁移问题在法庭收场，但如果你生产和销售含有离散的原料，你需要知道当产品在货架上时水分往哪里迁移。

一个水果蛋糕制造商想要预测经过一段时间之后她的水果蛋糕状况。她不想当水果片变干变硬时蛋糕变湿，所以她测量了水分含量。蛋糕含有 30% 的水分，水果含水量是 50%。她知道水分会达到平衡，所以她以为水分会从湿度大的组分（水果）迁移到湿度小的组分（蛋糕）里面。

不幸的是她想错了。当她在关注水分含量并对此深信不移的时候，一个遵循着水活度的完全不同的游戏正在进行着。如果她还是不知道这个游戏准则，最后也将会对这个例子的结局——蛋糕更干，水果更湿感到惊讶，因为虽然水分含量如此，但蛋糕的水活度比水果高。

在这个例子中，水分含量只是一个干扰项，关注这个数字结局只不过是戏弄而已。确实，除非施加其他的力量，水分都会达到平衡。但只有在系统中每个地方每一部分的吉布斯自由能达到一致时才会达到平衡。水活度是吉布斯自由能的一种测量方式，而水分含量却和水的能量无关。为了更好的理解这个概念，想象之前讲到的两箱水，一箱装有 10,000 加仑几乎装满了，另一箱只有 1 加仑几乎是空的。水将会怎么移动？知道这两箱水的水分含量完全是一个误导，水的体积并不重要。水是从压力高的地方流向压力低的地方，并不是从多的地方流向少的地方。如果我们将这个近乎空的水箱抬到满箱水的上面来提高它的压力，那么最后一加仑的水也会从空水箱跑到。

同样的，水活度而不是水分容量预测着产品中水分将如何迁移。水果蛋糕生产商可以开发出一个蛋糕和水果片中含有相同水活度的食谱。那么当这个蛋糕在存储和销售的过程中都不会引起任何因为水分而吃惊的事件了，它是一款安全、美味、耐存储的产品。

解决水分迁移问题的一个方案是提高或者降低分散组分里的水活度直到它们含有相同的水分活度值。你也能通过增大组分的粘度来阻止发生在组分之间的扩散过程。一个可以食用的屏障，像一个圆锥形的冰淇淋外面附一层巧克力外壳可以阻止水分迁移。有时候水活度不同而不能平衡需要独立的包装。

基于目录商业后来发展成为在线零售和商业街上销售的巧克力连锁店 Hotel Chocolat 是英国知名的巧克力生产商。这家公司一直很重视高质量的巧克力，它现在正在开发一系列填充巧克力。但是，填充物的货架期要短的多，不像巧克力那样通常都有 12 个月甚至更长的货架期。为了保证这种新型的填充巧克力的安全，Hotel Chocolat 的开发实验室采购了一台 Decagon 公司的 Aqualab Series 4TE 水活度分析仪。

Hotel Chocolat 使用的 Aqualab Series 4TE 是一款实验室级别的仪器，可以极其快速地给出准确的水分活度实验结果。它的分辨率可以达到 $\pm 0.001aw$ ，精度达到 $\pm 0.003aw$ ，内置温度平衡系统。

Hotel Chocolat 的技术经理 Adam Geileskey 解释到他们为什么选择 Aqualab Series 4TE，“大家普遍认为这是一款性价比非常高、性能非常好的产品，其他的巧克力制造商也已经在使用这款产品。没有 Aqualab 我们不能启动我们的新产品开发项目来创造这一系列的填充巧克力。”

Aqualab Series 4TE 不仅能提供很高的分辨率和高的精确度，它的使用也很简单，Geileskey 先生说到，“对于初次使用者来说，它的操作、清洁、标定都非常直观，而且它只需要最少的维护，而且完全可信。”

Hotel Chocolat 现在已经有一个产品线的填充巧克力在销售，还有更多正在开发中。Geileskey 先生补充到，“一旦产品生产跟上了开发，我们也将使用 Aqualab 来控制产品质量。它操作起来很容易，检测也非常快，能够立即扮演好产品开发和质量控制两个角色。”