

水分活性与食品保存

如所周知,食品的变值是和微生物的繁殖有直接关系的。要保存食品就要防止微生物在食品上繁殖。而微生物只能在水溶液中生长,也就是说在绝对无水的条件下,或在纯水中,微生物是不能生长的。各种微生物的生长都要求一定的水份。当基值的水份活性低于某一限度时,微生物就不能生长。

(一) 霉菌

霉菌比细菌及酵母在更低的水份活性范围下也能生长。但水份活性在0.64以下,任何霉菌都不能发芽,如果最低水份活性极限为0.65则称为干性霉菌。只有这些特种霉菌在这场合下能够发芽,与食品有关的霉菌,在水份活性0.7尚能发芽的很少见。水份活性0.8以上则有属于念珠霉的 *Trichothecium*, *Cladosporium*, 青霉以及一些曲霉可以发芽。霉菌之中的根霉 (*Rhizopus*), 毛霉 (*mucor*), 葡萄孢霉 (*Botrytis*) 等,在水份活性不到0.93以上时则不发芽。不同种的霉菌对水份活性的要求差异很大,例如曲霉属中的灰绿曲霉 (*glaucus*), 薛氏曲霉 (*Chevalieri*), 葡萄曲霉 (*repen*), 刺孢曲霉 (*echinulatus*), 赤曲霉 (*ruber*), 安氏曲霉 (*amstelodmi*) 等属于干性霉菌,它们要求水份活性极限值很低,当水份活性为0.66~0.64时,在1~2年以后还有一部份发芽,而黑曲霉 (*niger*) 等如水份活性不到0.9就不发芽。

霉菌在最适温度时,孢子发芽要求水份活性较低,温度离开最适温度越远,要求水份活性越高。至于发芽速度则无论那一个温度下,如果水份活性减少则发芽速度都减慢。在低水份活性场合下则诱导期延长,发芽开始的时间迟缓,发芽的伸长速度慢。在最适的水份活性

场合下,一天内就发芽,而在最低水份活性极限的场合下,则要几个月到一年以上才发芽。新培养出来的新鲜孢子比较老孢子在更低的水份活性极限下也能发芽。

霉菌菌丝的生长与水份活性的关系和孢子发芽是有一些不同的。一般地说,菌丝生长要求较高的水份活性。例如灰绿曲霉 (*Asp. glaucus*) 孢子发芽要求的最低水份活性极限为0.73~0.75,但菌丝生长则要求0.85以上,而最适的水份活性则为0.93~0.97。根霉菌的生长要求水份活性在0.94以上,最适水份活性在0.98以上。青霉的最适水份活性为0.9935。黑曲霉的最适水份活性为0.98。

霉菌在最适水份活性时,菌丝一般每小时增长200~400微米,每天增长5~10毫米。从实用的观点出发,为了延长霉菌孢子发芽的诱导期,降低菌丝的生长速度,就要把水份活性降低到最适水份活性以下。在实际的食品保存上常常取得很大的效果,可以大大地延长食品的保存期。

(二) 酵母

酵母比细菌能耐干燥,比较霉菌则要求更多的水份。除了耐渗透压性酵母之外,一般酵母的最低水份活性极限值为0.94~0.88。各种酵母的最低水份活性极限值都是恒定的,不受培养条件的改变而变动。降低水份活性则延缓生长诱导期,降低对数期的生长速度,细胞总数下降。在低水平的水份活性情况下发酵就受到障碍。例如培养基中添加糖份,使水份活性从0.985下降为0.905,则面包酵母的发酵就直线地下降。加进同一数量的糖如果加进的是蔗糖则比加进单糖对发酵的障碍较少,这是因为

蔗糖的分子量比单糖大,因此,在同一数量的情况下,蔗糖的克分子数比单糖少,因而水份活性下降的程度就比单糖少。在同一水份活性的场合下,各种糖类对发酵的障碍程度是相等的。

(三) 细菌

细菌比酵母及霉菌对水份的要求更高。大部份细菌的最低水份活性极限值在0.94以上。细菌的最适水份活性差不多接近于1.0,都在0.995以上。降低水份活性则诱导期延长,细胞分裂速度下降。例如金黄色葡萄球菌(*Staphy. aureus*)如果水份活性从0.99下降为0.95,则生长速度就直线下降。在水份活性为0.9的场合下,生长速度比较在最适水份活性(0.995~0.990)场合下减慢1/10。水份活性为0.96以下时,菌体生长就下降。水份活性为0.86时,则在30℃经30天也不见有生长。沙门氏菌在其最适水份活性(0.995~0.990)以下时,生长速度也同样地直线下降。病原菌 *Vibrio metschni* 则与上述两种菌不同,在水份活性为0.999时只能微弱地生长,添加盐类使水份活性为0.995却能生长得很好。对链球菌来说,添加0.55克分子的食盐,使水份活性为0.982则增殖得很好。有许多种细菌培养基中添加0.5~1%的食盐就是为了获得对细菌生长最合适的水份活性。

(四) 特种微生物

干性霉菌 这类霉菌的最低水份活性极限是0.65,如果环境水份活性大则不能生长。例如干霉、灰绿曲霉在水份活性0.97以上就不能生长,这些霉菌在一般培养基中生长是困难的。为了分离适应低水份活性的霉菌则要求含40%蔗糖的培养基中才能分离出来。培养安氏曲霉时,要在培养基中加盐,使其水份活性为0.96才能生长得好。使咸鱼变褐色的 *Sporend-onemasebi* 曾经被认为是一种嗜盐菌,但也可以用硝酸钠,氯化钾或葡萄糖代替食盐,因此称之为耐渗透压性菌比较贴切。又因为虽然用加盐培养基,但如果水份活性在0.98以上则不能

生长,所以最合理的是称之为干性霉菌。

耐渗透压性酵母 能够在糖浓度很高的糖浆,浓缩果汁等上面生长的酵母属 (*Saccharomyces rouxii*, *Sacch. rosei*, *Sacch. mellis*, *Sacch. itaicus*); 汉逊氏酵母属 (*Hansenula anomala*); 德巴利氏酵母属 (*Debaryomyces hansenii*); 毕赤氏酵母属 (*Pichia membranae faciens*); 接合毕赤氏酵母属 (*Zygopichia*) 等酵母品种是耐糖性的。对于它们所适应的水份活性数值还不清楚。这些酵母多数也是耐食盐性强的,称之为耐盐性酵母(鲁氏酵母及德巴利氏酵母等)。对在盐类、糖或甘油溶液中的最低水份活性极限值是差不多的。与鲁氏酵母来说,在PH4.8的果糖糖浆中,水份活性尽管为0.62~0.65,30℃两个月内还缓缓地生长。在水份活性为0.62的场合下,细胞数为开始时的2.3倍,但水份活性为0.65的场合下,其增殖速度却减慢13倍,其他耐糖性酵母如果糖量增加则生长最适温度要从25℃提高到35℃,生理性质受到了改变。

嗜盐菌 嗜盐菌的特性是可以在高浓度的食盐环境下生长,这是由于对食盐有特别的要求,抑或可用其他溶质代替食盐以取得相同的水份活性,这是确定该菌是否系嗜盐菌的一个标志。小球菌 *Mc. halodenitrificans* 等如果食盐浓度不到2.2%就不生长,用其他盐类不能代替,而 *Vibrio costicolus* 等则不一定要求食盐,只要保持适当的水份活性,则用其他盐类也可以。

综上所述,微生物的生长受环境的水份活性所制约,当水份活性在一定极限数值以下时,微生物就不能生长。当水份活性不适合时,微生物生长诱导期就推迟,生长速度减慢。因此,为了保存食品除了采取隔绝空气或添加对微生物生长有害的防腐剂之外,还可以考虑降低食品的水份活性,以达到防止微生物感染,避免食品变质的目的。降低食品的水份活性可以探取下列三种手段:

1. 增加溶性,例如在食品中添加食盐或

糖。

2. 除去作为溶媒的水份，将食品干燥。

3. 将食品冷冻（这方面当然也和微生物生长所要求的温度有关）。

食品的水份活性如果在0.70以下，则一般细菌、酵母、及霉菌除耐渗透压性酵母及干性霉菌之外都不能生长。

食品的水份活性在0.70以下时，其水份含量(%)如下：

干 果	18~25	干 菜	14~20
脱脂干肉	15	干 蛋	10~11
全脂奶粉	15	脱脂奶粉	8
淀 粉	18	面 粉	13~15
贮 藏 米	13~14	豆 类	15

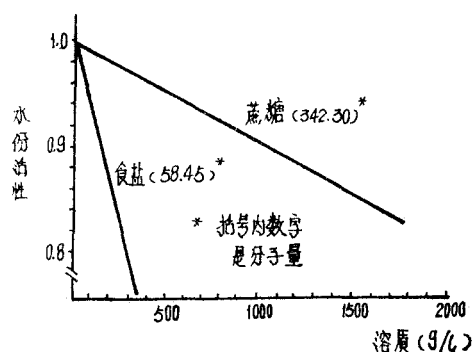
因此，保存上述食品时，应将该食品干燥到上述水份含量以下。

新鲜食品如肉、鱼、果实、蔬菜等的水份活性为0.88~0.99。这种水份活性范围都在各种微生物的最低水份活性极限值之上，而且接近于各种微生物生长的最适水份活性，因此很容易感染微生物。

干燥食品如果干燥程度低，水份活性为0.8~0.85时，在1~2周内会感染各种霉菌而迅速腐败。水份活性在0.75时则腐败迟缓，这和微生物种类、食品的组成成分、温度等不同而异。食品水份活性为0.70时，在相当长的时间内不会变质。水份活性为0.65时，只有极少数微生物能够生长。一般地说，如果食品保存三个月则要求水份活性在0.72以下。如果要贮存2~3年则要求水份活性在0.65以下。特别是在较高的温度下贮存则要求有更低的水份活性。水份含量为13~14%的贮藏米，其水份活性为0.60~0.64，任何霉菌也不生长。如果水份含量为14~15%，相当于水份活性0.64~0.70，则灰绿霉菌等一部份霉菌开始生长。水份含量为15~16%，相当于水份活性0.70~0.73，则白曲霉，构巢曲霉(Asp. nidulans)或青霉Penicillium citreo-viride等可以生长。

决定食品的保存性不能单纯按其水份含量来考虑。例如金黄色葡萄球菌生长所要求的最低水份活性极限值为0.86，而相当于这个水份活性值的水份含量则由于各种食品之不同而异。例如干肉为23%，奶粉为16%，干燥肉汁为63%。所以按水份含量多少是难以判断食品保存性的。又如有两种脱水马铃薯，其一水份含量为15.9%，其二水份含量为12.6%，而前者糖(溶质)含量为9.7%，后者糖含量为0.7%，二者的水份活性均为0.70，二者的保存性是一样的。

增加溶质就可以降低水份活性，这个原理广泛地利用作为糖浆、浓缩果汁、果酱、糖果等加糖食品或盐渍食品的保存手段。食盐与蔗糖的数量与水份活性的关系如下图所示：



从上图可见，食盐浓度尽管达到饱和，但水份活性仅为0.75，所以不能把希望寄托在食用许可的范围内添加溶质数量以显著地降低水份活性。

冷冻食品由于冷冻温度之不同，一定量的冰与溶液的浓度保持一定的平衡。因此冷冻食品的水份活性随着温度的改变而变动。温度越低，水份活性也越低。例如某种食品在-5、-10、-15℃时的水份活性分别为0.9526、0.9074、0.8642。从降低水份活性这方面来考虑，冷冻是保存食品的很好手段，既不必添加任何附加剂(盐或糖或防腐剂)，也不必改变食品的组织结构(干燥)，完全可以保存食品的原风味。(收稿日期80.4)

袁振远