**水产饲料的水分活度：安全、质量以及效益**

Brady Carter

(Decagon Devices, Pullman, WA)

许多水产饲料生产企业都测量水分活度来防止保存期间发生霉变。他们认为水分活度只和微生物以及霉变有关，但是忽略了利用这个有多种用途的指标也可以用来提高质量和收益。

**加工过头导致损失**

霉变是水产饲料在贮存期间造成损失的最普遍原因之一。因为产品的水分活度在小于0.65aw不会发生霉变，生产企业可能会误认为更低的水分活度更好因为这是绝对安全的。

但是，对于水分活度低于0.65 aw来说，对水产饲料的安全性和货架期没有任何的改善，因为所有的致病菌都在0.86 aw以上，而霉菌的生长都在0.65 aw停止。实际上，过于干燥可能会导致质量和利润的损失。

一个过于干燥的水产饲料会对制粒过程和质构有影响。对于水产饲料来水是按重量交易，过于干燥的饲料同时也会直接影响收益。对于了解与水分活度相关的安全性和质量的生产企业来说，生产的饲料会在一个稍低于0.65aw的最佳指标，来获取最大的安全性、质量以及收益。

**水分分析**

水分活度和微生物生长的直接关系使得水分活度是一个非常重要的安全性指标。然而水分含量可以是一个很重要的标准指标，USDA解释说这“并不是基于安全性考虑”。从安全性方面考虑的最佳指标是水分活度，为什么呢？

霉菌和其他微生物，比如李斯特菌和沙门氏菌的生长和繁殖需要水，细菌通过细胞膜来获取水分。水进入细胞的动力是来自于细胞内外水的能量的差异。

水从能量高的地方移动到能量低的地方。想象一壶烧开的水，壶里水分子的能量比室内气体中的水分子能量要高，可以想象到的是水变成蒸汽，然后从壶里移动到室内气体中。

实际上，水总是在运动。包装袋中的水产饲料在潮湿的环境中吸收水分，而在一个干燥环境中会失水。

水分活度是一种测量水的能量的方法，可以准确的预测水分子如何运动，或者是否可以被霉菌和微生物所利用。水分活度的范围是从0到1.0，纯水的能量为1.0。

**霉菌和微生物生长**

水分活度的概念被微生物学家和食品技术人员接受已经几十年，是食品安全和质量最普遍的使用标准。微生物和霉菌有一个最低的水分活度生长限值（Beuchat, 1983; Scott, 1957）。水分活度而不是水分含量决定微生物生长可利用的最低限值。

表1列出了常见腐败菌生长的最低水分活度限值。这些限值的条件是在微生物生长所处的环境其他条件（比如, pH和温度等）都在理想状态下时的水分活度值。他们代表了真实的最低水分活度，而没有其他因素限制生长。限制大多数致病菌生长的水分活度是0.90。而腐败霉菌的水分活度最低值是0.70，限制所有微生物生长的限值是0.60。在临界水分活度值下烘干水产饲料会控制霉菌和微生物生长。即使水分含量比正常能接受的值要高，如果水分活度足够低，微生物也无法利用水分来支持生长。

表1 常见腐败菌的最低水分活度生长限制

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 微生物 | 最低aw |  | 微生物 | 最低aw |
| 肉毒杆菌E | 0.97 |  | 扩展青霉菌 | 0.83 |
| 荧光假单胞菌 | 0.97 |  | 岛青霉菌 | 0.83 |
| 大肠埃希氏菌 | 0.95 |  | Hansen隐球菌 | 0.83 |
| 产气荚膜梭菌 | 0.95 |  | 烟曲霉 | 0.82 |
| 沙门菌属 | 0.95 |  | 圆弧青霉菌 | 0.81 |
| 肉毒杆菌A,B | 0.94 |  | 拜耳- 酵母 | 0.80 |
| 副溶血弧菌 | 0.94 |  | 马顿青霉 | 0.79 |
|  |  |  | 产黄青霉 | 0.79 |
| 蜡样芽孢杆菌 | 0.93 |  | 黑曲霉 | 0.77 |
| 黑色根霉菌 | 0.93 |  | aspergillus achraceous | 0.77 |
| 单增李斯特氏菌 | 0.92 |  | 局限曲霉 | 0.75 |
| 枯草芽胞杆菌 | 0.91 |  | 亮白曲霉 | 0.75 |
| 金黄色酿脓葡萄球菌 | 0.90 |  | 谢瓦散囊菌 | 0.71 |
| 酿酒酵母 | 0.90 |  | 阿姆斯特丹散囊菌 | 0.70 |
| 念珠菌 | 0.88 |  | 鲁氏酵母 | 0.62 |
| 金黄色葡萄球菌有氧 | 0.86 |  | 红曲霉孢子 | 0.61 |

在这个干燥的像沙漠的条件下，也存在微生物和环境中的渗透不平衡，微生物会成休眠状态甚至死亡。表2列出了一些不同水产饲料的水分活度和水分含量。这些水分活度用Decagon公司的Aqualab镜面冷凝露点水分活度仪来测量。所有样品重复测量两次。这些结果表明水分活度和水分含量都依赖于水产食品的配方。表2和表1这些水分活度值的比较表明了这些水产饲料基于水分活度值的腐败的可能性。

表2 常见水产饲料的水分活度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 饲料 | 水分活度 | 最大水分含量% |
| Trout 450 3/32" | 0.6287 | 8.8 |
| Trout Grower #4 | 0.5047 | 6.2 |
| Shrimp 35/2.5 | 0.5043 | 7.1 |
| Shrimp Starter #1 40/5 | 0.4831 | 7.9 |
| Catfish 5/32" | 0.4733 | 7.1 |
| Trout 450 3/16" | 0.4495 | 6.2 |
| Shrimp Starter #2 40/5 | 0.4343 | 6.9 |
| Trout Starter #2 | 0.4314 | 6.2 |
| Trout 400 1/8" | 0.4188 | 6.1 |
| Grower 400 | 0.4072 | 6.2 |
| Steelhead 1/8" | 0.3263 | 5.2 |
| Fingerling 300 | 0.3154 | 5.0 |
| Game Fish Chow | 0.3137 | 5.0 |
| Shrimp Production 3/32" | 0.2757 | 4.2 |

对这两个表进行比较也说明水分含量并不是一个很好的指标用于指示霉菌和其他腐败菌的可能性。

高水分含量可以有更好的质构，改善生产工艺以及获得更好的利润。水分活度可以在研发配方的时候用保水剂，比如盐、糖、丙二醇和丙三醇等来控制。

**水分活度的测量**

水产饲料企业一般在制粒后测量水分活度，或者测量鱼粉。测量水分活度的过程是，使用人员放一些样品到样品杯中，样品杯被密封在测试的样品仓中。当样品的水分活度和空气的相对湿度达到平衡后，顶部气体的相对湿度也就是样品的水分活度。仪器采用镜面露点传感器或者可调激光来直接测量顶部气体的相对湿度，或者用电容传感器进行间接测量。相比较而言，直接测量方法更加准确。最快可以在5分钟内测量水分活度，这样生产企业可以对产品的水分活度进行生产线上的检测。便携式的仪器虽然使用非常方便，但是相对来说准确度差一些。

**水分活度-水分超级指标**

因为水分活度是一个安全性和质量相关的重要指标，对生产企业来说是一个非常超级的指标，可以让企业生产出来的饲料确保安全，而且又能不至于过于干燥。所以，对于饲料来说，这是一个与安全、质量和收益相关的关键参数。

Aqualab是美国专业的水分活度解决方案领导者，采用可溯源的镜面冷凝露点方法，是美国USP和FDA推荐使用的方法，能够在5分钟内快速测量饲料水分活度。目前大部分的饲料企业和研发机构都在使用Aqualab水分活度仪。

如有需要，请联系Decagon Devices公司北京办事处 010-65610082 infocn@aqualab.com

