

---

# 荧光素酶

June 2006 Molecule of the Month by David Goodsell

译者：黄丹娟（农科院茶叶所）

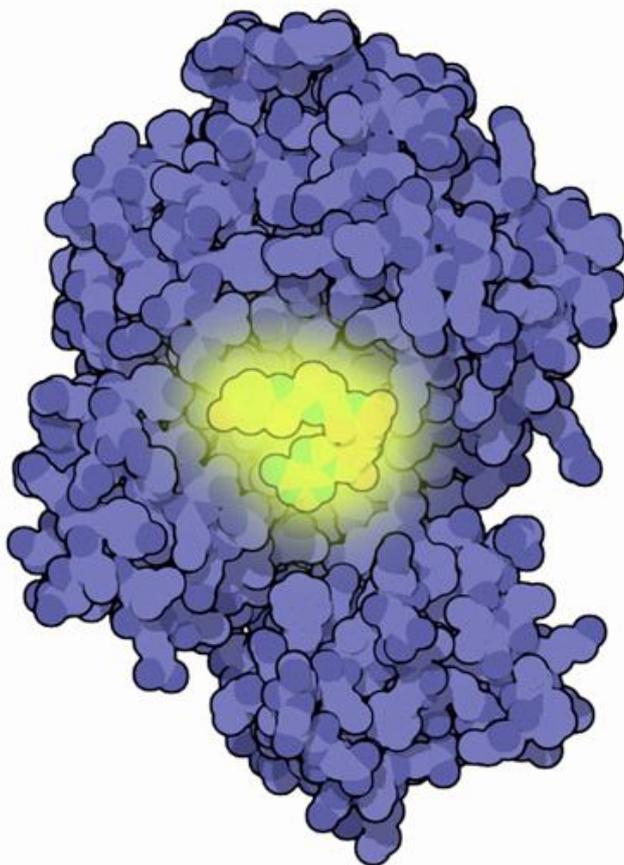
关键词：生物荧光；荧光素；萤火虫

## 引言

你还记得第一次看见萤火虫时的情景吗？如果你住在落基山脉和美国东海岸之间的任何地方，那么在孩童时期你很可能追赶过萤火虫。如果你像我一样住在世界的其他地方，你也许会有在暑假期间发现萤火中的乐趣。它们是温暖夏日里令人愉悦的奇迹。

## 小小萤火虫发光，发光

萤火虫发出的淡黄色的光是由其体内的荧光素酶（蛋白质数据库编号 2d1s）产生的。这并不是一个简单的过程，因为发光需要很多能量，如产生一个绿光光子需要的能量可以打开 8 个 ATP 分子，所以荧光素酶发光是一个耗能的过程。荧光素酶的辅因子，即荧光素，能与氧结合形成一个高度紧张的复合物。当这个氧化物在 ATP 的参与下被破坏时，产生  $\text{CO}_2$ ，从而形成具有较高活性的形式，即可发光。



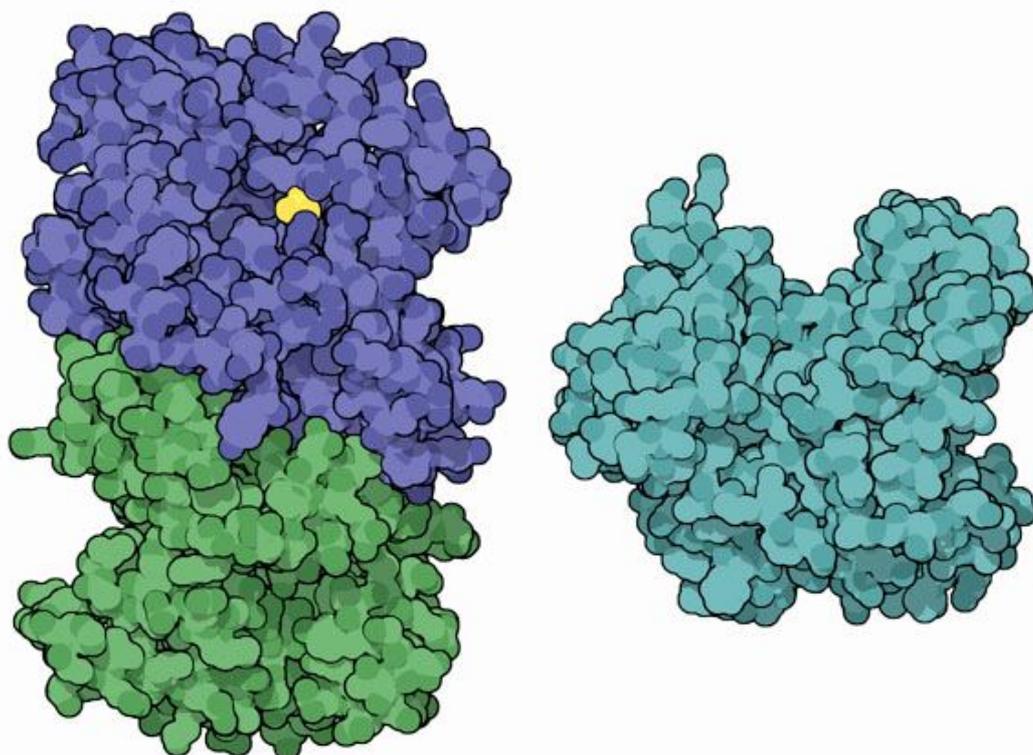
---

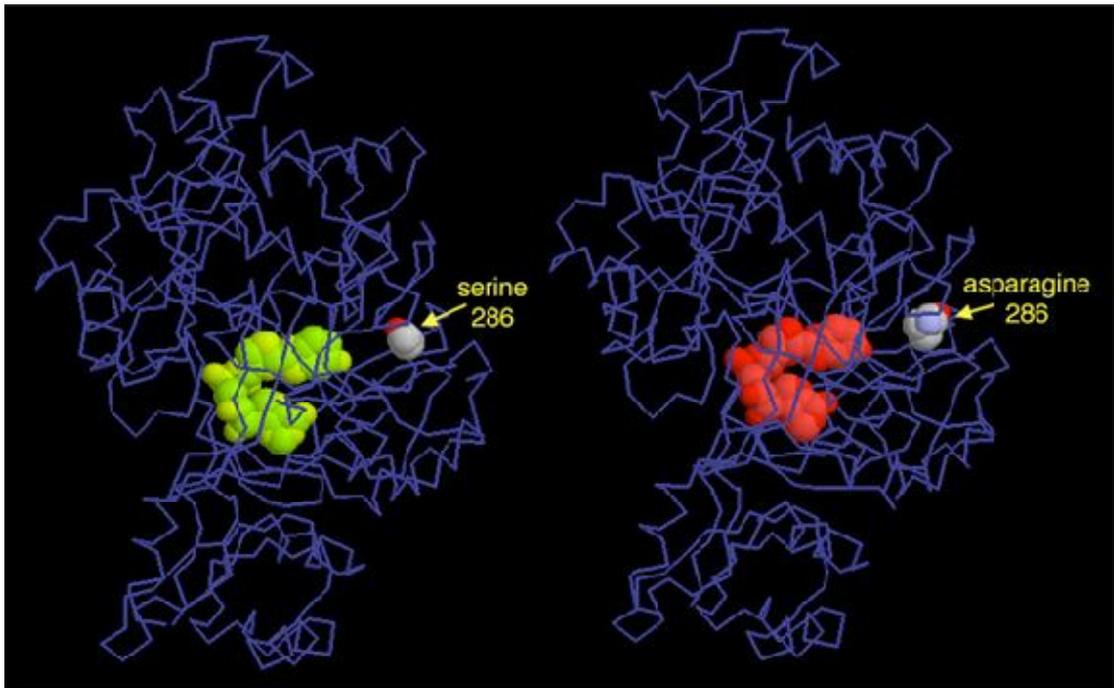
## 照亮方向

由于荧光素酶的发光反应是整套的，仅仅只需要氧气和 ATP，聪明的研究者们已把它作为科研中的重要工具。它可以作为细胞中报告 ATP 数量的感应器。如果某处在发光，那么在其周围一定存在 ATP。荧光素酶与其他蛋白结合，可用来观察它们是否存在于生物体中。单个细胞中荧光素酶发出的光通常太暗而无法追踪，但可用于标记大量癌细胞。通过观察发光细胞，研究者们可以追踪癌细胞的生长和代谢，以及通过观察癌细胞是否停止生长来测试抗癌药物。

## 在黑暗中发光

早在很久以前，人们就已经通过对细菌、真菌、海葵、腰鞭毛虫及萤火虫的研究，发现了生物的发光现象。在上述这些生物中，与  $O_2$  结合的是荧光素酶中的荧光素。荧光素酶蛋白种类多样，决定了荧光素也有不同的大小和形状，这暗示了它们经过各自独立的进化，却执行着相同的功能。如两个例子所示：左边的来自细菌(蛋白质数据库编号 1brl)，右边的来自腰鞭毛虫(蛋白质数据库编号 1vpr)，它们都在裂解过程中负责发出绿色荧光。我们注意到，这两种结构都只包括荧光素酶蛋白，而缺少荧光素辅因子。





## 探索其结构

荧光素酶发出的光的颜色主要取决于荧光素周围的氨基酸。上图所示的是日本萤火虫荧光素酶(蛋白质编号 2d1s)的结构,在正常情况下它发出黄绿光。但如果将其中的丝氨酸变为天冬氨酸(蛋白质编号 2d1t),则它会发出红光,如右图。令人奇怪的是,这个氨基酸离荧光素很远。研究人员认为这种颜色的变化是由蛋白质折叠以及荧光素周围的挠性变化共同引起的

## 关于荧光素酶的其他文献:

- [1] Wilson and J. W. Hastings (1998) Bioluminescence. Annual Review of Cell and Developmental Biology 14, 197-230.
- [2] T. O. Baldwin (1996) Firefly luciferase: the structure is known, but the mystery remains. Structure 4, 223-228.
- [3] D. K. Welsh and S. A. Kay (2005) Bioluminescence imaging in living organisms. Current Opinion in Biotechnology 16, 73-78.