كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : طحالب وفطريات

المحاضرة : الخامسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

محاضرة رقم 5 سنة

الفصل الثاني

الإضاءة الحيوية

إن العديد من الكائنات الحية المتنوعة لها القدرة على إنتاج ضوئها الخاص بعملية تدعى بالإضاءة الحيوية (Bioluminescent).

ومن الملاحظ أن الغالبية العظمى لعمليات الإضاءة الحيوية تتم في عمق المحيط، ففي الأجزاء العميقة من المحيطات حيث لا يوجد هناك أي أثر للأشعة الشمسية فإن حوالي نصف أنواع قنديل البحر بالإضافة إلى 80 % من سمك الحبار ونجم البحر وأنواع كثيرة من الأسماك البحرية تقوم بعملية الإضاءة الحيوية.

و بالمقابل تم هناك اكتشاف أنواع أرضية لها مقدرة مماثلة على إنتاج ضوئها الخاص ومن هذه الكائنات نذكر منها بعض أنوع الفطريات والحشرات ويرقات الحشرات وبعض الديدان الصغيرة، أما في المناطق القريبة من الشاطئ وفي الليالي المظلمة فإنه يمكن أن نجد مخلوقات مجهرية تومض بشكل ضعيف على الأمواج وهي الطحالب البحرية (Dinoflagellates) التي لاحظها لأول مرة العالم Bengamin franklin عام 1753.

كيمياء عملية الإضاءة الحيوية:

إن الإضاءة الحيوية هي نتيجة رد فعل كيميائي حيوي ويمكن وصفها بأنها عبارة عن إضاءة كيميائية (Chemo-luminescent) تتضمن تحويل مباشر للطاقة الكيميائية إلى طاقة ضوئية.

وإن رد الفعل هذا يتضمن العناصر التالية:

1- إنزيم اللوسيفيراز (luciferase) الذي يعمل كمحفز حيوي يسرع ويسيطر على مستوى التفاعل الكيميائي في الخلايا.

2- الركيزة أو المادة الأساس substrate (الـ luciferin) وهي عبارة عن جزيئة خاصة تعاني من تغيرات كيميائية عندما يتثبت عليها الإنزيم.

3- الفوتونات (وهي زمر للطاقة الضوئية).

4- جزيئة ATP (وهي عبارة عن جزيئات مخزنة للطاقة عند جميع الكائنات الحية).

5- الأوكسجين(الذي يعد كمحفز).

وإن الصيغة المبسطة للإضاءة الحيوية هي على الشكل التالي :

(energy) ATP + Luciferin (substrate) + Luciferase(enzyme) + O_2 ⟶ فوتونات

كما إن الإضاءة الحيوية تحدث في مرحلتين أساسيتين هما:

1- رد فعل يتضمن تفاعل الركيزة (D-Luciferin) مع جزيئة الـ ATP والأكسجين وتحت سيطرة إنزيم اللوسيفيراز.

إن كل من الإنزيم و الركيزة يختلفان كيميائياً باختلاف الكائن الحي المنتج للضوء ولكن جميع هذه الكائنات تتطلب طاقة الـ ATP.

2- إن الطاقة الكيميائية المتحررة في المرحلة الأولى تثير الجزيئة المضيئة وهذه الإثارة ناتجة عن ازدياد مستوى الطاقة في هذه الجزيئة ونتيجة لهذه الإثارة يحدث تخريب للركيزة الذي يظهر على هيئة إشعاعات فوتونية التي بدورها تصدر الضوء.

لماذا تقوم الكائنات الحية المختلفة بإنتاج عملية الإضاءة الحيوية؟

تختلف الكائنات الحية في حاجتها لإنتاج الإضاءة الحيوية باختلاف هذه الكائنات فمنها من يقوم بإنتاج هذه العملية لإيجاد غذائه أو لإيجاد شريكه أو لحماية نفسه من المفترسين وكذلك لأغراض أخرى عديدة.

فمن الملاحظ أنه في حالة طحلب (Dinoflagellata) المعروفة باسم (fire plant) فإنه يستخدم عملية الإضاءة الحيوية للدفاع عن نفسه من خلال ومضات ضوئه التي تدوم ما بين : (0.1-0.5) ثانية فهذه الفترة تساعد في جذب انتباه مفترسين آخرين الذين يأكلون أو يخيفون المفترس الأصلي لهذا الطحلب.

أما بالنسبة لحشرة اليراع وهو الكائن الشهير بإنتاجه للضوء فإنه يقوم بعملية الإضاءة الحيوية لحاجة مختلفة وهي جذب الشريك أثناء الطيران وذلك خلال فترة التزاوج (في أواخر الربيع وحتى فصل الصيف)، فقد لوحظ أن ذكر اليراع يومض مرة واحدة كل خمس ثواني ثم تومض الأنثى مرة واحدة خلال كل ثانيتين كرد على الذكر.

ومن المعروف أن هذه اليراعات تعيش في حالتها البالغة لمدة قصيرة وهي (1-4) أسابيع فمن ذلك نجد أن عملية الإضاءة الحيوية تضمن لها عدم الانقراض.

والجدير بالذكر هنا أن لكل نوع من أنواع هذه اليراعات المفترسة نمط توقيت لضوئها الخاص، ففي بعض الحالات تستطيع أنثى نوع خاص أن تقلد نمط الإضاءة الحيوية لنوع آخر فتجذب بذلك الذكر المخدوع والذي بالتالي يصبح طعام لها.

أما بالنسبة للإضاءة الحيوية عند دودة الأرض فمن الملاحظ هنا أن الإضاءة الحيوية لا تنتج عن جسم الدودة وإنما عن المادة المخاطية المفرزة من جسمها، فقد لاحظ الباحثون أن هذه المادة المخاطية تتدفق على الغالب عندما تصاب الدودة بإضراب (كالحالة التي يتم فها مسك الدودة) فمن المحتمل أن الإضاءة الحيوية تحدث عندما يتولد الناتج الثانوي الناشئ بدوره عن حالة الاضطراب السابقة حيث وجد أن هذه المادة المخاطية تساهم في إزالة تسمم الدودة.

أما بالنسبة للحبار الكائن البحري الأشهر في إحداث الإضاءة الحيوية فإن لهذا الكائن القدرة على إنتاج الحبر المضيء وذلك عندما تتم مهاجمته في أعماق المحيط القاتمة، فسحابة الحبر المضيء هذه تربك المفترسين وتتيح الفرصة للحبار لكي ينجو.

والجدير ذكره هنا أنه ضمن هذه الأعماق المظلمة توجد العديد من الأسماك التي تعيش الجراثيم المضيئة تحت عيونها، إذ تمكن هذه الجراثيم الأسماك من الرؤية بشكل أفضل في بيئتها المظلمة والبعض الآخر من هذه الأسماك تستخدم الجراثيم المضيئة للإمساك بفريستها التي تقترب منها لاكتشاف هذا الضوء و البعض الآخر يستخدم هذه الجراثيم لتساعدها في العثور على بعضها البعض أثناء فصل التزاوج أو لتبقى مع بعضها البعض ضمن الجماعة.

وهكذا نجد من الحالات السابقة أن لكل كائن حي حاجة مختلفة عن حاجة الكائن الآخر في استخدامه لضوئه الخاص الناتج عن عملية الإضاءة الحيوية.

ما هو سبب وصف الضوء الناتج عن الإضاءة الحيوية بأنه ضوء بارد؟

إن أحد المميزات الهامة التي تميز الضوء الحيوي هو أنه ضوء بارد، منتج لكميات صغيرة جداً من الحرارة وذلك على خلاف الأشكال الأخرى للضوء كضوء الشمعة وضوء المصباح.

تحدث على شكل ضوء ولذلك فإنها لا تضيع على شكل طاقة حرارية (وهذا ما نلاحظه أيضاً عند جميع الكائنات) ولهذا السبب يشار إلى الضوء الناتج عن الإضاءة الحيوية على أن ضوء بارد (Cold Light).

ما هو سبب اختلاف اللون الناتج عن الإضاءة الحيوية؟

تنتج عن عملية الإضاءة الحيوية ألوان ضوئية مختلفة :(الأحمر –البرتقالي – الأصفر –الأخضر –الأزرق– البنفسجي). ويعود سبب هذا التنوع في الألوان إلى التراكيب الكيميائية المختلفة للركيزة (luciferin) التي تختلف باختلاف الكائن الحي والتي تسبب بالتالي اختلافاً في توتر الفوتونات الناتجة عنها وبالتالي اختلاف الضوء الناتج عن هذه الفوتونات.

الإضاءة الحيوية عند الكائنات الفطرية:

يبدي العديد من الأنواع الفطرية ظاهرة الإضاءة الحيوية ومن الملاحظ انتشارها بشكل مميز في المناطق الاستوائية الرطبة حيث تتصف بالقدرة على القيام بعملية الإضاءة الحيوية في الظلام لإنتاج ضوئها الخاص وقوة ضوئها هذه تكون كافية لدرجة تمكننا معها من قراءة صحيفة بمكان قريب من هذه الفطريات.

وقد تم تصنيف هذه الفطريات المضيئة إلى (4) نماذج رتبت أبجدياً كما يلي :

النموذج (A) : وهو نموذج نادر، وتعد فطريات هذا النوع من الفطريات المضيئة الصغيرة إذ يبلغ قطر قبعته 10-12 مم، وله شكل مجموعات على قلف الأشجار أو على الأخشاب المتضررة.

النموذج(B) :وهو نموذج نادر أيضا، وتعد هذه الفطريات أكبر أنواع الفطريات المضيئة إذ يبلغ قطر قبعته حالي 30-40 مم، وتميل فطريات هذا النموذج لأن تجتمع في أعداد قليلة على الخشب المتعفن على الأرض.

النموذج (C): وهو أكثر النماذج شهرة، حجمه متوسط و يتجمع بشكل نموذجي و له قبعة سمراء غامقة و قطر هذه القبعة حوالي 15-20 مم.

النموذج (D) : أصغر أنواع الفطريات المضيئة إذ يبلغ قطر قبعته ٥ مم و يظهر بشكل مفرد على قشرة الأشجار القاسية، وهي أشجار الغابات الاستوائية الماطرة و ذلك في الأجزاء القريبة من الأرض و يعد هذا النوع نادرا أيضاً.

وفي دراسة أجراها العالم Herring عام 1978 وجد فيها أن الأجزاء المضيئة من هذه الفطريات يمكن أن تتضمن (القبعة- الصفائح - خيوط المشيبة)، وقد تبدي هذه الأجزاء الإضاءة الحيوية بشكل مجتمع أو بشكل منفصل، كما لاحظ العالم أيضاً أنه حتى الأبواغ يمكن أن تكون مضيئة، كما بين أنه إذا كان الجسم الثمري مضيئاً فإن المشيجة سوف تكون بالتالي مضيئة ولكن العكس غير صحيح.

ويعد فطر *Clitocybe illudens* المعروف باسم الفطر المصباح (lantern mushroom) أحد الأنواع الفطرية المضيئة المدهشة والذي يبدي كامل الجسم الفطري قدرته على التوهج إذ تشجع أمطار شهر أيلول ظهور هذا الفطر ثم يكتمل ظهوره في شهر كانون الأول فيبدو بشكل ساحر في الليل إذ يشاهد حول قاعدة الأشجار التي يعيش عليها (عادةً أشجار البلوط) ويأخذ شكل تجمعات، ويكون له لون برتقالي ناصع، وقد جاءت تسميته من تشابه ضوئه مع الضوء الناتج عن اشتعال شمعة موضوعة في جفرة لرأس يقطينة.

كما أننا لكي نتمكن من العثور على هذا الفطر يجب أن يكون لدينا منطقة مظلمة تماماً في أعماق الغابة وذلك في الليالي غير المقمرة.

أما بالنسبة لفطر *Armillaria mellea* هذا الفطر الطفيلي على الأشجار والشجيرات الخشبية والذي ينمو بما يشبه الجذر والذي يسمى Rhizomorphs، فإن المشيجة وذروة Rhizomorphs هي المضيئة عنده هذه الفطريات.

وقد كان الجنود في الحرب العالمية الأولى يستعملون في خنادقهم هذه القطع المتعفنة والمضيئة من الخشب ويقومون بربطها في خوذهم لمنع اصطدامهم مع بعضهم البعض في الظلام.

أما في الحرب العالمية الثانية فإن مراقبي الحرائق غطوا الخشب المتوهج بأقمشة مشمعة للخوف من أن تكشفها طائرات العدو.

وقد لاحظ العديد من العلماء هذه الظاهرة وسجلوا ملاحظاتهم حول ما يسمى بالأرض المضيئة.

ففي البداية أعتقد هؤلاء العلماء أن الضوء هذا ناشئ عن الحشرات الصغيرة أو من تفاعلات ناتجة عن الكائنات الحيوانية.

ولكن الملاحظة الأولى حول أن الضوء الصادر من الأخشاب كان ناتجاً عن الفطريات تم تسجيلها عند دراسة الأخشاب المضيئة التي كانت تستخدم في المناجم والتي درسها العالم Bisloff وذلك عام 1823، و مهدت هذه الدراسة الطريق لدراسات عدة من قبل العديد من العلماء كما مهدت الطريق أيضاً لعدد من الدراسات الحديثة التي قام بها العالم (Fabre) عام 1955 فقد أسس العالم (Fabre) لقواعد رموز ومحددات الإضاءة الحيوية عند الفطريات.

وقد بين هؤلاء العلماء الصفات التالية للضوء الصادر عن هذه الفطريات:

1. الضوء لا ينتج الحرارة.
2. الضوء لا يسير في الفراغ وفي الهدروجين وفي ثاني أكسيد الكربون.
3. الضوء مستقل عن الرطوبة وعن درجة الحرارة وعن الضوء.
4. لا تتم الإضاءة بشكل جيد بوجود الأكسجين النقي.

ثم بعد ذلك أتت أبحاث العالم (Herring) عام 1978 والتي تحدثنا عنها سابقاً.

ومنذ عام 1850 حتى بداية القرن العشرين تم تحديد الغالبية العظمى من الأنواع الفطرية المضيئة، لكن الأبحاث حول الإضاءة الحيوية تسارعت منذ عام 1920 حتى عام 1950 حيث بدأت العديد من الأبحاث لاكتشاف آلية الإضاءة الحيوية التي ما تزال تجرى حتى الآن لمعرفة المزيد حول هذه الآلية.

لماذا تقوم عدد من الفطريات بعملية الإضاءة الحيوية:

لقد اقترح العالمان (Mc Elory و Seligen) أن ظاهرة الإضاءة الحيوية عند الفطريات هي ظاهرة أثرية تحدث لتحمي بعض الأنواع فقط وقد اقترحا أن هذه الظاهرة قد نشأت عند هذه الأنواع بعد تطورها وحيث أصبح الأوكسجين ساماً بالنسبة لها، فكانت أفضل طريقة للتخلص منه هي الطريق الكيميائية وتحويله إلى ماء ويرافق ذلك إنتاج الضوء. ولكن على أية حال فإن الوظيفة التكيفية للإضاءة الحيوية عند الأنواع الفطرية

ما تزال غير مفهومة بشكل واضح بشكل جيد حتى الآن، فقد يعزى سبب قيام بعض الأنواع الفطرية بعملية الإضاءة الحيوية لكي تساعدها في عملية نشر أبواغها.

فهذه الفطريات تستعمل الضوء الصادر عنها بشكل مشابه لاستعمال الفطر Stinkhorn fungi لرائحته غير المستحبة التي تشبه رائحة المجاري أو استعمال فطر الكمأة لرائحته والذي يجذب من خلال هذه الرائحة الخنافس والذباب إليه وبالتالي ينشر الفطر بواسطة هذه الحشرات أبواغه وآلية البعثرة هذه مشابه لآلية البعثرة الشائعة عند النباتات.

فالفطر المضيء يجذب من خلال ضوئه عدداً من الحشرات التي تطير في الليل مثل (العث) وعدداً من الحشرات الأخرى (كدود البزاق والحلزونات) كما هو مبين في الشكل المجاور، والتي يكون لهذه الحشرات دور في توزيع الأبواغ الفطرية.

ومن جهة ثانية فإن هذا الضوء يجذب بعوض الفطر الذي يأكل ويتغذى على أبواغ الفطر وبالتالي يكون للضوء هنا أثر سلبي على حياة الفطر من خلال جذبه لهذا النوع من الحشرات، ولكن من الملاحظ هنا أيضاً أن هذا الضوء يجذب إليه الدبابير الطفيلية الصغيرة التي تهاجم وتتطفل على هذا البعوض الضار وذلك بوضعها لبيضها على الأفراد البالغة من هذا البعوض أو ضمن بيوضه.

كما أن هذا الضوء يجذب إليه الكائنات اللافقارية التي تتغذى على الكائنات اللافقارية الأصغر منها التي يكون لهذه الأخيرة أثر سلبي على المشيجة الفطرية وذلك بتغذيها عليها فتحافظ بذلك هذه الفطريات على سلامتها من خلال ضوئها.

لماذا لا تقوم كل الأنواع الفطرية بعملية الإضاءة الحيوية؟

تتميز كل الأنواع التي تقوم بعملية الإضاءة الحيوية بأن إصدارها للفوتونات يكون ضعيف لذلك فإن أعداداً قليلة من الكائنات المضيئة تنتج ضوءاً كافياً لكي يرى بالعين المجردة، أي أنه يمكن أن يكون الكائن منتجاً للضوء ولكن ملاحظتنا لهذا الأمر يمكن أن تكون غير واضحة.

الآلية الكيميائية لعملية الإضاءة الحيوية عند الفطريات:

كما ذكرنا سابقاً أن عملية الإضاءة الحيوية هي عبارة عن إصدار للضوء من قبل عدد من الكائنات الحية خلال رد فعل كيميائي ورد الفعل الكيميائي هذا هو عبارة عن إصدار لطاقة ضعيفة وغير متضمن لطاقة حرارية

ويعد فطر *Armillaria mellea* احد الكائنات الفطريه التي تم دراسه عملية الإضاءة الحيوية عنده، فهذا الكائن الفطري يقوم بهذه العملية بطريقة مشابه لاستخدام النباتات لعملية التركيب الضوئي ولكن الاختلاف الأساسي بينهما هو أنه عوضاً عن استخدام الضوء وغاز ثاني أكسيد الكربون في النباتات فإنه يستخدم الأوكسجين ومادة عضوية أساس، فهي تصبح بذلك عكس عملية التركيب الضوئي.

وتتم هذه العملية من خلال خطوتين هما:

الخطوة الأولى :تتضمن نشاط الركيزة وهي جزيئة اللوسيفيرين (luciferin) وذلك عندما يتم إضافة ذرتي هيدروجين لها، وهاتين الذرتين ناتجتين عن إرجاع جزيئة (NADH) وإعطاء هاتين الذرتين للجزيئة الركيزة اللوسيفيرين.

أما الخطوة الثانية: فتتضمن رد فعل جديد ومنشط لجزيئة اللوسيفيرين بواسطة الأكسجين ورد الفعل هذا محفز بواسطة إنزيم (luciferase). وفي النهاية يتم إنتاج ما يلي : الماء وجزيئة اللوسيفيرين منخفضة الطاقة وكذلك يتم إنتاج الفوتونات التي تعطي الضوء.

إن الوصف العام للعملية السابقة يظهر في المعادلتين الكيميائيتين التاليتين التي تولد الإضاءة الحيوية عند الفطريات:

الخطوة الأولى:

$$L + 2NADH \xrightarrow{a} LH_2 + 2NAD + (\text{Energy loading})$$

الخطوة الثانية:

$$LH_2 + \text{Oxygen} \xrightarrow{b} L + H_2O + \text{LIGHT}(\text{Oxygen} - \text{caused energy decay})$$

حيث تدل الرموز على :

a : إنزيم الأكسيداز **b** : إنزيم اللوسيفيراز

LH2 : جزيئة اللوسيفيرين

العوامل البيئية المؤثرة في الإضاءة الحيوية:

- تأثير درجة الحرارة :

إن أفضل درجة حرارية لإصدار الضوء عند فطر *Armillaria mellea* هي الدرجة 26 م°. إن الضوء الصادر يكون ضعيفاً ولكنه مرئي عند درجة الحرارة +1 م° ولكنه يكون ضعيف جداً عند الدرجة – 10 م°. إن الضوء الصادر يهبط بسرعة عند الدرجات الحرارية العالية ويختفي تماماً عند الدرجة 40 م°.

- تأثير الأشعة فوق البنفسجية (وذلك عند طول موجة 366 نانو متر):

تنقص عملية الإضاءة الحيوية إلى 70% في الساعات العشر الأولى من تعرضها لهذه الأشعة وبعد ذلك فإن الإضاءة الحيوية تتزايد وفي النهاية تتوقف في مستوى أخفض قليلاً ثم تعود للحد الأعلى الأصلي.

- تأثير درجة pH :

تكون درجة الـ pH المثالية لحدوث عملية الإضاءة الحيوية عند فطر *Armillaria mellea* هي عند الدرجة pH=3.5

- تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون :

وجد أن فطر *Armillaria mellea* ينمو بتأثير 10% من CO_2 (علماً أن المستوى الطبيعي الذي ينمو فيه الفطر عند هذا الغاز هو0.04%)، ولكن عند هذا التركيز يتم فقط إنتاج 50 % من عملية الإضاءة الحيوية، ولكن بتعريضه مرة ثانية للظروف الطبيعية فإن عملية الإضاءة الحيوية تعود لمستوياتها الطبيعية.

- تأثير غاز الأوكسجين:

يكون للأوكسجين أهمية كبيرة في عملية الإضاءة الحيوية، إذ إنه عند تعريض الفطر لجو خال من الأوكسجين فإن عملية الإضاءة الحيوية تخمد ببطء.

اكتشاف عملية الإضاءة الحيوية من خلال الأنظمة الحديثة:

إن الكائنات المنتجة للإضاءة الحيوية الملاحظ انتشارها في اليابان وكذلك في المناطق الاستوائية قد حفزت عدداً من الدراسات الحديثة الكيميائية للتعرف على آلية هذه العملية، وتعد الفطريات من هذه الأنواع التي تم دراستها وأهمها الفطريات ذات الأجسام الثمرية (Mushrooms) وخاصة فطر *Lampteromyces japonicus* هذا الفطر المضيء موجود في اليابان وقد أجريت عليه عدد من الدراسات و تمت معرفة أن الضوء صادر عن مادة Lampteroflavin. وقد تم اكتشاف أن مادة L-tyrosine وهي (أحد المكونات الثلاثة الضرورية من أجل كيمياء الإضاءة الحيوية وتعد أصغر هذه المكونات) تعطي الضوء عندما تتحد مع جزيئات ذات وزن جزيئي عالي أو متوسط علماً أن هذه المادة لها وزن جزيئي منخفض.

أهمية الإضاءة الحيوية في المجالات الحياتية المختلفة:

إن لدراسة الإضاءة الحيوية معنى عظيماً في حقول الطب وعلم البيئة والتقنيا الحيوية وفي مراقبة الجودة الغذائية وغير ها من المجالات العديدة الأخرى. فاختبار ATP في الإضاءة الحيوية يستخدم في المجال الطبي كاختبار سريع، ومنها اختبار الثلاث ساعات الذي يستخدم من أجل دراسة تأثير المضاد الحيوي، واختبار الخمس ساعات لدراسة التلوث الجرثومي في الجروح والأنسجة. فأغلب المضادات الحيوي تصادف باستمرار الجراثيم المقاومة فلذلك فإنه من المهم جداً تطوير العقاقير الطبية من أجل القضاء على العدوى الجرثومية فاختبار الثلاث ساعات نستطيع أن نميز به وبسرع أي مضاد حيوي سيستعمل ضد هذه الجراثيم المقاومة.

وقد طور العلماء اختبار الخمس ساعات من أجل التحكم في (Biocatalyst وذلك في مجال مراقبة الغذاء، كما طور العلماء طرق لتقييم التلوث في الحليب الخام وفي منتجات الحليب وفي اللحم والعصائر وفي منتجات غذائية أخرى فكل ذلك يساعد في الحد من خطر إفساد هذه المنتجات بالعدوى الجرثومية ومنع تفشي الأمراض التي تحدث عادةً على المنتجات الغذائية الملوثة. ويبدو حالياً أن اختبارات الإضاءة الحيوية يتم استخدامها من خلال علماء البيئة وذلك لتقدير التلوث الجرثومي لمياه الشرب وخاصة في فصل الربيع، كما أن هذه الاختبارات تزودنا بمعلومات حول تواجد الأوحال وذلك خلال عملية تنقية المياه. كما أن المشتغلين في التقانات الحيوية (Biotechnologists يستخدمون اختبار ATP الإضاءة الحيوية لاختبار المقاومة ضد النشاط الفطري و نشاط المواد المبيدة. فكل هذه الاختبارات سهلة جداً لإنجازها وتتطلب كمية قليلة من الوقت كما أنها تحد من التلوث على نطاق واسع.

هل يمكن لنظام الإضاءة الحيوية أن يحل في المستقبل محل ضوء المصابيح؟

من دون شك أنه سوف يكون هناك وقت طويل قبل استعمال الإضاءة الحيوية كبديل عن ضوء المصابيح أو عن الطاقة الشمسية. فنظام الإضاءة الحيوية يحد من الكلفة العالية ويبعث الضوء من خلال أنظمة عديدة، فمن المحتمل أنه في الوقت الذي نستنزف فيه كل الوقود المستخرج من كوكبنا، سنكون عندها مجبرين على التفكير بطرية تقنية لاستخدام نظام الإضاءة الحيوية.

مكتبة A to Z