الفصل الثامن

أضواء البحر

لقد عرف منذ قديم الزمان أن هناك أضواء ساطعة تنبعث أحيانًا من ماء البحر ، وربما استمرت هذه الأضواء فترة من الزمن ، أو أنها تظهر ثم تختفى على شكل ومضات قصيرة متتالية وهى تكون غاية فى الوضوح وخصوصًا فى الليالى المظلمة التى يغيب فيها القمر . كما أنها تشاهد فى بعض المناطق بصورة مستمرة ، وفى مناطق أخرى تظهر فى بعض المواسم وتختفى فى مواسم أخرى .

وقد عرف فيما بعد أن تلك الأضواء إنما تنبعث من أجسام بعض الكائنات البحرية ، ولذلك فقد أطلق عليها العلماء اسم « الإضاءة الحيوية » bioluminescence.

والواقع أن ظاهرة الإضاءة الحيوية عبارة عن عملية كيميائية يتم حدوثها فى كثير من الكائنات الحية من نبات أو حيوان ، ولايكون الضوء الناتج خلال هذه العملية مصحوبًا بالحرارة ، وينبعث هذا الضوء أثناء أكسدة بعض المواد الكيميائية الموجودة داخل خلايا الجسم ، ومع أن هناك قليلا من « النباتات المضيئة » مثل البكتريا والفطريات فإن الأغلبية العظمى من الكائنات المنتجة للضوء تنتمى إلى عالم الحيوان ، وخصوصًا الحيوانات البحرية كالأسماك وغيرها ، أما على سطح الأرض فلا توجد الإضاءة

الحيوية إلا فى عدد من الحشرات الليلية مثل « الذبات المضىء » fireflies الذى ينتشر فى المناطق الاستوائية وكذلك فى « الديدان المتوهجة» glowworms وينتمى كلاهما إلى الحشرات غمدية الأجنحة .

ومع أن كثيرا من الحيوانات البحرية المضيئة تعيش فى الطبقات السطحية للماء كالسوطيات وغيرها ، فإن الاضاءة الحيوية هى على وجه الخصوص من مميزات حيوانات الأعماق التى تستوطن الأماكن المعتمة من قاع المحيط كالأسماك وقناديل البحر والأنواع المختلفة من الجمبرى والحبارات وغيرها .

الأعضاء الضوئية :

إن إنتاج الإضاءة الحيوية يتم فى دنيا الحيوان بثلاث طرق مختلفة ، فقد يحدث هذا الانتاج داخل خلايا الجسم فيشع منها الضوء ، أو أن هذه الخلايا تفرز سائلا مضيئا يتدفق منها إلى الخارج ، أو أن هذا الضوء تنتجه بعض البكتريا التكافليةالمضيئة التى تعيش بصفة مستمرة داخل جسم الحيوان . ويختص كل حيوان مضىء عادة بطريقة واحدة من تلك الطرق الثلاث لإنتاج الضوء ، ولكن هناك بعض الحيوانات مثل الأسماك والجمبرى التى يتم فيها إنتاج الضوء بالطريقتين الأولى والثانية فى نفس الوقت ، ومن الحيوانات التى تفرز السوائل المضيئة الديدان عديدة الأشواك

والرخويات ذات المصراعين والحبارات والأسماك العظمية .

والخلايا الغدية التى تـرز هدا السائل المضىء قد تكون منتظمة فى طبقة طلائية واحدة تمتد على السطح الخارجى للجسم ، أو إنها توجد داخل أكياس متفرقة وعميقة تحت هذا السطح ، وتخرج منها الافرازات المضيئة عن طريق قنوات تفتح على السطح الخارجى للجسم ، ويكون هناك نوعان من الخلايا المفرزة داخل الأكياس ، إحداهما تنتج مادة كيميائية تسمى « لوسيفيرين » luciferin والأخرى تنتج أنزيما معينًا يسمى « لوسيفيريز » luciferase كما فى بعض القشريات البحرية الصغيرة التى تنتمى إلى مجموعة الجمبرى ، ولكن فى الحبارات ينتج الإفراز المضىء داخل غدة خاصة كبيرة الحجم تلتصق بكيس الحبر ويتدفق منها إلى تجويف البرنس ومنه إلى خارج الجسم عن طريق الزراقة أو السيفون (شكل ٢٩) .

وتحتوى حيوانات الأعماق - وهى التى تتواجد عند قاع البحر - مثل بعض الحبارات والجمبرى والأسماك القاعية على أكثر الأعضاء الضوئية تعقيدا . وذلك لأنها لاتحتوى على الخلايا المنتجة للضوء فحسب بل تحتوى أيضًا على تركيبات إضافية تزيد من فعالية تلك الأعضاء وإظهار الأضواء التى تنبعث منها فى صورة براقة ، ويكون العضو الضوئى عادة على شكل كأس أو قدح تحيط به من الخارج طبقة كثيفة من الصبغ ، ويبطنه من الداخل نسيج

(شكل ٢٩) قطاع فى العضو الضوئى لإحدى الحبارات الصغيرة .

عاكس ، ويحتوى الكأس بداخله على كتلة من الخلايا المنتجة للضوء (أو الفوتوسيتات) كما يسميها العلماء . وتوجد عند فوهته عدسة واحدة أو أكثر تعمل على تشتت الضوء عند مروره خلالها فى طريقه إلى الخارج (شكل ٣٠) . ووجود النسيج العاكس هو السبب فى أن الأعضاء الضوئية تظهر دائمًا براقة لامعة ، وقد عُرف الآن أن هذا النسيج يحتوى على بلورات من « اليورات » فى الذباب المضىء ، أما فى الأسماك فهو يحتوى على رقائق من مادة « الجوانين » وهى المادة التى توجد فى قشور الأسماك وتجعلها تظهر فضية لامعة . (شكل ٣٠) .

أما فى الحالات التى تكون فيها البكتريا التكافلية المضيئة هى

(شكل ٣٠) قطاع فى الضو الضوئى لإحدى الأسماك القاعية .

مصدر الضوء الذى يشع من جسم الحيوان ، فإن هذه البكتريا تتجمع عادة داخل أكياس خصة تنتشر على سطح الجسم فى أماكن متفرقة ، ففى الأسماك مثلا توجد صفوف منتظمة من مثل هذه الأكياس المحتوية على البكتريا المضيئة على كل من الفك الأسفل والسطح البطنى للجذع (شكل ٣١) . أو حول العينين كما فى بعض الحبارات (شكل ٣٢) .

(شكل ٣١) إحدى أسماك الأعماق ، يشاهد بها عضو ضوئى كبير أسفل العين وصفوف منتظمة من الأكياس الضوئية على السطح البطنى للجذع .

إنتاج الضوء :

وفى جميع الحالات التى يتم فيها حدوث الإضاءة الحيوية – سواء كانت هذه الاضاءة صادرة من خلايا صغيرة متفرقة أو من خلايا منتظمة فى صفوف على شكل نسيج أو من أعضاء ضوئية معقدة – فإن عملية الإضاءة نفسها تنتج عن « اللوسيفيرين » الذى يوجد دائمًا داخل الخلايا الضوئية وتتم أكسدته بواسطة أنزيم

(شكل ٣٢) نوع من الحبارات وتشاهد به الأكياس الضوئية حول العينين .

« اللوسيفيريز » فيشع الضوء من تلك الخلايا نتيجة لذلك ، ويؤدى هذا الإنزيم وظيفة العامل المساعد فقط catalyst كما هى الحال فى أية عملية كيميائية أخرى .

وقد أظهرت البحوث الحديثة أن « اللوسيفيرين » الموجود فى الخلايا الضوئية لعدد كبير من الحيوانات المضيئة لايمثل مادة

كيميائية واحدة بل يختلف فى تركيبه الكيميائى من حيوان لآخر ، فمثلا وجد أن « اللوسيفيرين » المستخرج من أحد « قناديل البحر » عبارة عن مادة بروتينية فى حين أن ذلك المستخرج من أحد القشريات الصغيرة التى تنتمى إلى مجموعة « براغيث البحر » عبارة عن « بوليبتيد » متحد مع صبغ أصفر ، واللوسيفيرين المستخرج من البكتريا عبارة عن أحد المركبات الفوسفاتية المعقدة وهكذا . ولذلك فإن العلماء لايتكلمون حاليًا عن « اللوسيفيرين » كما كان معروفًا من قبل ، بل عن مجموعة « اللوسيفيرات » إذ وجد أن لكل حيوان مضيء نوعًا خاصًا به من تلك المواد الكيمائية المنتجة للضوء . وفى الواقع أننا مدينون بكثير من هذه المعلومات المتعلقة بكيمياء الإضاءة الحيوية إلى عالم الفسيولوجيا الأمريكى نيوتن هارفى Newton Harvey فقد ركز الجزء الأكبر من بحوثه على المواد المنتجة للضوء كما أصدر مؤلفًا ضخمًا بعنوان « الإضاءة الحيوية » متضمنًا نتائج هذه البحوث .

الخليج المتوهج :

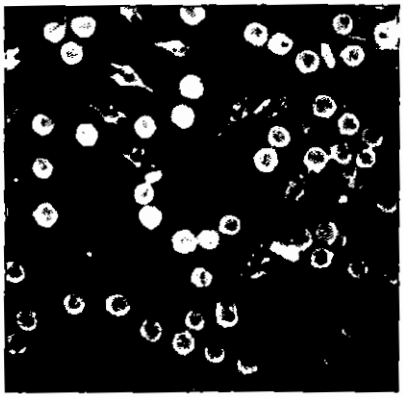
ومع أن كمية الضوء التى تصدر عن حيوان صغير وحيد الخلية تكون قليلة فى حد ذاتها فإن تجمع مثل هذه الحيوانات بصورة كثيفة يجعل الإضاءة الحيوية الصادرة عنها واضحة تمامًا ، بل إنها قد تضيء بعض الأماكن البحرية بشكل يدعو إلى الدهشة والإعجاب . ففى

بور توريكو مثلا - وهى إحدى جزر الهند الغربية المواجهة للساحل الأمريكى - يوجد خليج يطلقون عليه هناك اسم « الخليج المتوهج » ، وهو يقع على الساحل الجنوبى الغربى لتلك الجزيرة وتبلغ مساحته ستين فدانًا ، وقد أطلق عليه هذا الاسم لأنه يظل مضيئًا حتى فى الليالى المظلمة التى يغيب فيها القمر ، فى حين تكون الشواطىء الأخرى مظلمة بوجه عام (شكل ٣٣) . ويرجع السبب فى ذلك إلى احتواء الماء فى هذا الخليج على بعض الكائنات المضيئة وحيدة الخلية التى تنتمى إلى جنس « بيرود

(شكل ٣٣) منظر عام للخليج المتوهج فى بورتوريكو .

ينيوم » Pyrodinium من الدينوفلا جيلاتا من السوطيات ، وهى حيوانات دقيقة الحجم تعيش فى الماء بأعداد ضخمة للغاية تعد بالبلايين وتغطى صفحة الماء وخصوصًا فى مواسم تكاثرها خلال الصيف (شكل ٣٤) . ومن هذه الأعداد الضخمة تنبعث أضواء قوية تنير الخليج ، وخصوصًا عندما تحدث إثارة لتلك الكائنات المضيئة . ويتم ذلك على سبيل المثال عند ارتطام الأمواج بصخور الشاطىء حيث يتوهج الماء بشكل واضح بعد كل موجة آتية من البحر . كما أن اندفاع أحد القوارب البخارية التى تجوب هذا الخليج يجعله يترك وراءه فى الماء « ذيلا مضيئًا » يدل على مسار القارب . كما تؤدى حركة الأسماك السابحة إلى نفس هذه النتيجة ، فيظهر وراء كل واحدة منها « ذيل مضىء » يوضح مسارها فى الماء أما إذا كنت على ظهر هذا القارب ووضعت يدك فى الماء ثم سحبتها منه فإنها تخرج وهى مضيئة بدرجة تسمح لك بالقراءة فى الظلام .

وقد استغل اليابانيون مثل هذه الظاهرة استغلالا بارعا خلال الحرب العالمية الثانية ، فكان الجنود الذين يخرجون فى ظلام الليل لأداء بعض المهمات الخاصة لايسمح لهم باستخدام البطاريات حتى لا يراهم الأعداء ، بل يزود كل منهم بحفنة من القشريات الصغيرة المجففة من جنس « سيبريدينا » Cypridina وهى قشريات مضيئة تحتفظ بقدرتها على إشعاع الضوء بعد التجفيف ، وكانت تصاد أثناء



(شكل ٣٤) قطرة من ماء الخليج المتوهج تحت الميكروسكوب ، وبها عدد من الكائنات المضيئة دقيقة الحجم .

الحرب بكميات كبيرة لهذا الغرض ، فإذا أراد أحد الجنود استخدام الضوء فإنه يقوم بترطيب تلك القشريات المجففة بالماء ثم يفركها بإحدى يديه ، فتصبح هذه اليد مضيئة بدرجة تكفى لقراءة الخرائط الحربية أو الرسائل العاجلة دون أن يراه أحد .

فائدة الضوء للكائنات الحية :

لقد رأينا فيما سبق أن هناك أنواعًا عديدة من الكائنات المضيئة وأنها تمارس وسائل مختلفة لإنتاج الضوء الذى يشع من أجسامها ، ومنذ أن عرفت هذه الكائنات لأول مرة فى التاريخ العلمى حتى

يومنا هذا والعلماء المختصون . يقدمون لنا التفسيرات المختلفة المتعلقة بفائدة مثل هذه الأضواء للكائنات المنتجة لها ، وهى بطبيعة الحال تختلف من حالة إلى أخرى تبعًا لطبيعة هذه الكائنات ، ففى البكتريا مثلا – وهى نباتات دقيقة الحجم يعيش البعض منها معيشة تكافلية داخل أجسام بعض الحيوانات البحرية وتمدها بالضوء كما رأينا سابقا – لم يستطيع العلماء حتى الآن إعطاء أى تفسير مقبول عن فائدة هذه الإشعاعات الضوئية للبكتريا نفسها ، وينطبق هذا أيضا على الحيوانات الدقيقة من الأوليات المضيئة التى يحتوى جسم كل منها على خلية واحدة والتى لايمكن التعرف على وجودها إلا عن طريق الميكروسكوب .

وفى بعض الجوفمعويات مثل قناديل البحر أو أقلام البحر أو حاملات الأمشاط أو غيرها لايشع الضوء منها إلا عن طريق الإثارة أو اللمس ، وعندئذ يشتعل الجسم كله بضوء ساطع قوى مفاجىء لإرهاب الحيوانات التى تهاجمها كالأسماك أو الحبارات أو غيرها فترتد عنها تلك الحيوانات فى خوف وفزع وبذلك تنجو الحيوانات المضيئة من الهلاك ، وهى إحدى وسائل الدفاع عن النفس .

وتمتلك حيوانات الأعماق – كبعض أنواع الحبارات والأسماك والجمبرى وغيرها – أكثر الأعضاء الضوئية تعقيدًا كما ذكرنا من قبل ، وتعيش هذه الحيوانات عند قاع البحر فى أماكن قد يصل عمقها إلى ٣٠٠٠ قامة أو أكثر ، ولما كانت الأشعة الضوئية الصادرة

من الشمس لاتصل إلى مثل هذه المسافات الكبيرة ، لأنها تمتص خلال الطبقات السطحية للماء ، فإن هذه الأعماق تكون مظلمة تمامًا . ومن الواضح أن امتلاك تلك الحيوانات لأعضاء ضوئية قوية يساعدها كثيرًا على الحياة فى مثل هذا الظلام الدامس ، فهى تعمل تمامًا كالمصابيح التى تنير لها الطريق وتجعلها قادرة على التعرف على معالم البيئة الطبيعية التى تعيش فيها ، وعن طريقها تستطيع البحث عن الغذاء كما تستطيع أيضًا التعرف على المخابىء التى تلجأ إليها عند الحاجة للإبقاء على حياتها والابتعاد عن المخاطر التى قد تواجهها فى حياتها اليومية .

وقد قام العالم « بيب » Beebe بعمل حصر شامل للأسماك البحرية التى تم الحصول عليها بالقرب من جزر برمودا فى المحيط الأطلنطى ، وذلك للتعرف على مدى انتشار الأعضاء الضوئية بين تلك الأسماك ، فوجد أن ثلثى الأنواع التى صيدت تحت عمق ٥٥٠ مترًا كانت أنواعًا مضيئة ، أما إذا كان الحصر عدديًا (أى أنه يتعلق بعدد الأفراد التى تم فحصها) فقد ظهر أن أكثر من تسعة أعشار هذه الأفراد كانت من حاملات الأعضاء الضوئية . وهو مايوضح أهمية تلك الأعضاء للحيو نات البحرية التى تعيش بعيدا عن المياه السطحية .

أما الحبارات والأسماك وقناديل البحر وأنواع الجمبرى التى تعيش فى المياه السطحية أو بالقرب منها فإن امتلاكها للأعضاء

الضوئية يساعدنا فى الحصول على الغذاء بطريقة أخرى ، فالمعروف أن كثيرًا من البلانكتونات الحيوانية مثل يرقات القشريات تتجه فى تحركاتها المحدودة نحو الضوء ، فإذا ماظهر بالقرب منها حيوان يضيء فإنها سرعان ماتندفع إليه كما تندفع الفراشات نحو اللهب ، أما تلك الفراشات فإنها تحترق ويكون مصيرها الهلاك ، ولكن البلانكتونات الصغيرة التى تندفع نحو الحيوانات المضيئة فإنها لا تحترق بهذا اللهب عديم الحرارة ، بل تجد فى انتظارها أفواهًا جائعة سرعان ماتلتهمها ، ويكون مصيرها أيضًا هو الهلاك ولكن بطريقة أخرى . ولذلك تستطيع الحيوانات المضيئة الحصول على احتياجاتها الغذائية دون عناء كبير .

ويستغل الصيادون فى الملايو مثل هذه المعلومات عندما يخرجون ليلاً لصيد الأسماك ، فهم لايحملون معهم « الطعم » الذى يعدونه مسبقًا لهذا الغرض بل يحملون أيضًا بعض الأعضاء الضوئية التى يستخرجونها من الحيوانات المضيئة لمساعدتهم على الصيد ، فيقوم الواحد منهم بتزويد السنارة قبل إنزالها إلى الماء بأحد الأعضاء الضوئية بالإضافة إلى « الطعم » لاجتذاب الأسماك الكبيرة ، وسرعان ماتقع الأسماك فريسة لهذا الضوء الخادع ، ويعود الصيادون وقد امتلأت سلالهم بالصيد الوفير .

وليس من المعروف حاليًا إذا كانت الحيوانات البحرية تستخدم الإضاءة الحيوية كوسيلة يتعرف بها الزوجان (الذكر والأنثى)

أحدهما إلى الآخر فيما يطلق عليه العلماء اسم « الاشارات التزاوجية » فهى لم تدرس بالتفصيل فى الحيوانات البحرية كما درست مثلا فى الذباب المضيء ، والسبب فى ذلك هو سهولة الحصول عليه حيًّا فى أعداد كبيرة تكفى لإجراء التجارب المعملية ، وقد أوضحت مثل هذه التجارب أن الذكور فقط هى القادرة على إنتاج الأضواء القوية وأنها لاتصدرها إلا فى ظلمة الليل ، ولذلك فهى تعتبر من « الإشارات التزاوجية » يصدرها الذكور ليستدل بها الإناث على أماكن وجودها .

وهناك بعض الحيوانات البحرية كالأسماك والقشريات والحبارات التى تنتقل من مكان إلى مكان فى مجموعات كبيرة كما يحدث فى الجراد أو أسراب الطيور التى لاتوجد منفردة إلا فى القليل النادر ، ويوجد لبعض تلك الحيوانات البحرية الجماعية أعضاء ضوئية بسيطة أو معقدة ، وقد قيل عن الإضاءة الحيوية فى تلك الحالة إنها تساعد كثيرًا على بقاء المجموعة الواحدة متماسكة فلا يضل بعض أفرادها عن بقية القطيع ، وخصوصا عندما تسبح أثناء الليل أو فى ظلمة الأعماق .

تلك بعض الآراء العلمية التى تقدم بها علماء الأحياء لتفسير ظاهرة الإضاءة الحيوية ، وإيضاح أهميتها للكائنات المضيئة والدور الذى تلعبه فى حياة هذه الكائنات وسلوكها فى بيئاتها الطبيعية ، وقد اعتمدت بعض هذه الآراء إما على المشاهدة المباشرة ؛ أو التجارب

المعملية التى أجريت فى كثير من معامل الأحياء البحرية ، أو المقارنة ببعض الظواهر الحيوية الأخرى المماثلة ، ولكن لابد من مرور بعض الوقت وعمل مزيد من الدراسات للتعرف على بعض الغموض الذى لايزال يحيط بهذه الظاهرة وخصوصا فيما يتعلق بالحيوانات البحرية .