اسرار اللون

في مياه النبات والحيوان

المادتان الخضراء والصفراء في النبات والحمراء في الدم

تسبغ الطبيعة على الكائنات من نبات وحيوان ألواناً تفتن الالباب بجمالها وتحير العقول بأسرارها . ففي حدائق الازهار تجد الاديم مكسوًّا ببساط سندسي يرتاح اليه البصر وتقوم في جنباتها شجيرات متفتحة النوّار سحرية الالوان فواحة العبير . وفي حديقة الحيوانات بالجيزة طيور تستوقف النظر والذهن بألوان ريشها بين أخضر وأحمر وأصفر . فما سر هذه الالوان وهل في دراستها سبيل الى فهم ناحية من لغز الحياة ؟

إن مباحث علماء الكيمياء الحيوية الحديثة في هذا الموضوع تشير الى اننا على عتبة انقلاب خطير الشأن في فهم بعض اسرار الحياة عن طريق فهم سر التلوين في الطبيعة . ولا يستبعد ان يفضي هذا الفهم الى فوائد عملية جليلة الشأن في توفير اسباب الصحة ومواد الغذاء والوقود

فالمادة الخضراء في النبات، وهي المعروفة باسم الكلوروفيل في اللغات الاجنبية (وقد اقترح لها مجمع فؤاد الاول للغة العربية لفظ اليخضور) تحتوي في تركيبها الكيميائي وطريقة تركيبها للنشاء والسكر على اسرار اذا استطاع العلماء أن ينفذوا اليها ، مكنّهم من مجاراة الطبيعة في صنع مواد الغذاء والوقود على أهون سبيل وبأيسر نفقة

ثم ان اليخضور يهم الاطباء وعلماء الكيمياء الحيوية لأن تركيب جزيئه قريب الشبه بتركيب جزيء مادة أخرى، لاغنى عنها للحياة وهي المادة الحمراء التي تجري في الدم فتدعوه اليخضور ومن معانيه في اللغة الاحمر . فكل كشف جديد في معرفة سرّ من اسرار المادة الحمراء يسدي خدمة جليلة الى الباحثين في اسرار الاخرى

وقراء المقتطف يذكرون ان العالم الالماني هانس فيشر Fischer منح جائزة نوبل الكيميائية سنة ١٩٣٠ لنجاحه في تركيب مادة الهيماتين — وهي المادة الحمراء التي في كريات الدم الحمر في الحيوان — بالتركيب الصناعي . ولكنهم قد لا يعلمون أن فيشر نفسه من أدق الباحثين وأرسخهم قدماً في دراسة اليخضور كذلك

ومما لاريب فيه ان كثيراً من الحقائق التي توصل العلماء الى معرفتها عن طبائع الطيائر انما أتيح لهم لان الباحثين في طبائع اليخضور مهدوا لهم السبيل . وليست الثقة بين الوقوف على اسرار اليخضور وطبائعه وفهم الامراض الناشئة عنه بالثقة البعيدة . ثم هناك اللون الاصفر ، وهو عادة من الالوان التي لا يقام لها وزن كبير في خصائص الاجسام الحية واسرار حياتها ، وذلك لان لون اليخضور الاخضر في النبات يغلب عليه ويحجبه عن الانظار . ولكن شركة كوداك تمكنت من صنع مصفاة لونية ، تستطيع ان تحجب الاشعة الخضر في ضوء ما ، وتأذن لسائر الاشعة في ذلك الضوء في المرور من خلالها . فاذا نظرت الى غابة خضراء ، او الى حقل سندسي البساط من خلال هذه المصفاة ، رأيته أصفر فاقعاً يخالط صفرته قليل من اللون البرتقالي والاحمر . والواقع ان البحث أثبت وجود اللون الاصفر والاصفر المحمر في كل خلية نباتية . والدليل الحاسم على ذلك ان الطيارين الحربيين يميزون بين الاخضر السندسي في الحقل والاشياء المدهونة باللون الاخضر باستعمال المصفاة اللونية فيرون الحقل أصفر والاجسام المدهونة باللون الاخضر خضراء قاتمة . وفائدة هذا التمييز في الاعمال الحربية لا تخفى

ليس ثمة ريب في ان دراسة اللون الاصفر في الخلايا النباتية قد افضى الى فوائد عملية جليلة القدر . وذلك لأن بين الاجسام الصفر في خلايا النبات مواد تعرف باسم « الكاروتينويد » Carbuoids وهي مصدر غني بفيتامين ﻫ واذا شئنا ان نقيس بالمال قيمة الصحة التي يجنيها الناس من استعمال هذا الفيتامين تعذر ذلك علينا . بل يضاف الى ذلك ان هناك فريقاً من العلماء يذهب الى أن هذا الفيتامين عامل ذو شأن في إطالة مدى الحياة الانسانية

***

اللون الاخضر واسع الانتشار في الطبيعة . وفي سعة انتشاره دليل على ان « اليخضور » عامل اساسي من عوامل الحياة على سطح الكرة الارضية مهما يكن القالب الذي تفرغ فيه الحياة . وسبب ذلك ان اليخضور هو المادة التي تعتمد عليها الطبيعة في تحويل طاقة الشمس الى طاقة الحياة . ولولاه لما كان لنا غذاء ولا لحم ولا قمح ولا ناس

***

يعرف فعل تركيب النشا والسكر في اجسام النبات بوساطة اليخضور بفعل التركيب الضوئي Photosynthesis وطريقته ان يمتص النبات الماء من التربة ثم يقتنص الطاقة من اشعة الشمس ، فيحدث التفاعل بين جزيء الماء وجزيء ثاني اكسيد الكربون فيتولد النشاء والسكر وجزيئاتهما غنية بطاقة الحرارة ، ويطلق الاكسجين نتيجة لهذا التفاعل حراً يستنشقه الأحياء . ولولا

فعل التركيب الضوئي . لقلَّ مقدار الاكسجين في الهواء بتثبيته في المركبات التي يدخل في تركيبها ولجاء زمن تزول فيه الحياة عما نعرفها ، من سطح الارض

***

بعد ذلك يتحوَّل السكر رويداً رويداً الى موادَّ اخرى . فهو يتحوَّل بالتخمير كحولاً ومنهُ تتولَّد المواد التي يصنع منها الجليسرين والزيوت والشحوم والبروتينات والفيتامينات والادهان الخضر والحمر والصفر . جميع هذه المواد ترتدُّ الى السكر المصنوع بطريقة التركيب الضوئي من الماء وثاني اكسيد الكربون وطاقة الشمس بوساطة اليخضور . وليس في أرقى مصانع العالم الآن ما يجاري فعل التركيب الضوئي ، في توليد هذه المواد

وقد دلَّ البحث على ان اليخضور يخضوران في الحقيقة ، يتشابه جزيئاهما في تركيبها وقد وسم أحدهما بحرف الألف فعرفا باسم يخضور (ا) والثاني بحرف الباء يخضور (ب) . فاذا استخلص الاول وبلور كان أزرق سواداً . واذا حلَّ في الكحول كان أزرق مخضاراً . أما الثاني فلون بلوراته أخضر مسوادٌّ ومحلولهُ الكحولي أخضر صافٍ . والاول يتحول الى الثاني بازالة ذرتين من ذرَّات الايدروجين من جزيئهِ واحلال ذرة أكسجين محلها . وقد تبين علماء الكيمياء الحيوية ان اليخضورين متلازمان في خلية النبات ، فكلٌّ منهما عامل لا يستغنى عنهُ في فعل التركيب الضوئي

وجزيء اليخضور نسيج معقد من ذرَّات الكربون والايدروجين والاكسجين والنتروجين . فاذا كان هذا الجزيء مشتركاً في فعل التركيب الضوئي ، شوهدت في وسطهِ ذرَّة مغنيسيوم . وجزيء الهيماتين (اليحمور) كذلك نسيج معقد من ذرَّات الكربون والايدروجين والاكسجين . ولكنهُ يختلف عن جزيء اليخضور في انهُ اذا كان جزيء الهيماتين مشتركاً في فعل نقل الاكسجين ، وجدت في مركز الجزيء ذرة حديد ، يقابلها في جزيء اليخضور ذرة مغنيسيوم

ولا يخفى أن الغرض الاول من الهيماتين هو نقل الاكسجين في أجسام الاحياء . ولذلك يصاب المصابون بفقر الدم (ومن أعراضهِ نقص الكريات الحمر المحتوية على الهيماتين في الدم) بضيق النفس لان قلة الكريات الحمر تحول دون حصول انساج الجسم على كفايتها من الاكسجين . والشحوب الذي يطرأ على وجه المصاب بالانيميا دليل على ان الجسم في حاجة الى الحديد مفرغاً في قالب الهيماتين

أما الهيموغلوبين فهو مادة بروتينية يطلق بكل جزيء من جزيئاتها أربعة جزيئات من

الهيماتين وهذه المادة هي قوام الكريات الحمر في الدم . وهذه الكريات تمتص الاكسجين من الهواء من خلال انسجة الرئتين الرقيقة وتحمله في مجرى الدم الى خلايا الانسجة فتأخذه منها وتستعمله لتوليد الحرارة اللازمة لافعال الجسم الحي . وترتد الكريات الحمر مثقلة بنتيجة الاحتراق — وهي ثاني اكسيد الكربون — فتطلقها من خلال نسيج الرئتين وتمتص الاكسجين بدلا منها . ولذلك يحتاج الجسم الى تنفس الهواء الطلق التي لكي يأخذ منه اكبر قدر من الاكسجين يحتاج اليه ، والى عدد معين من الكريات الحمر في كل سنتمتر مكعب من الدم حتى يستطيع ان يوصل الى خلايا انسجته المختلفة القدر اللازم لها من الاكسجين

***

والاسلوب الكيميائي الذي يتم به فعل نقل الاكسجين من الرئتين الى خلايا الانسجة ، قوامه ان ذرة الحديد في مركز جزيء الهيماتين متصفة بالقدرة على اجتذاب ذرة اكسجين اليها والاحتفاظ بها الى ان يحين موعد اطلاقها

ولما كان جزيء الهيموغلوبين مرتبطاً باربعة جزيئات من الهيماتين ، ففي قدرة جزيء الهيموغلوبين ان يجتذب اربعة جزيئات من الاكسجين . وكل كرية من كريات الدم الحمر تحتوي على عدد كبير من جزيئات الهيموغلوبين ففي وسعها ان تحمل من الرئتين الى خلايا الانسجة عدداً كبيراً من ذرات الاكسجين . وعلى ذلك يكون فعل نقل الاكسجين من الرئتين الى خلايا الانسجة فعلاً دقيقاً

وليس ثمة عالم يظن ان الشبه بين الخضور واليحمور جاء اتفاقاً . والرأي الغالب ان الطبيعة ادركت في عصر ماض بعيد ، عند ما كانت الحياة لا تزال في الدرجات الاولى من سلم ارتقائها ، فائدة ابدال ذرة المغنيسيوم بذرة الحديد في جزيء الكلوروفيل فصار في وسع ذلك الجزيء — وقد صار مركزه ذرة حديد — ان ينقل الاكسجين ، وكذلك مهدت الطريق لظهور الحيوان الاحمر الدم ، الذي نشأت منه الحيوانات العليا

وهذا الرأي ليس تصوراً مجرداً بل ان نتائج الباحث الحديثة تؤيده . فالانسان في أشد الحاجة الى مقادير يسيرة جداً من النحاس والمنغنيس في جسمه

وقد ثبت ان من شأن هذين العنصرين ان يؤثرا في تركيب الهيموغلوبين في مراكز معينة في النظام . ثم ظهر ان تركيب الكلوروفيل لا يتم في خلايا ورق النبات اذا خلا الورق من مقادير يسيرة جداً من النحاس والمنغنيس

والبحث في سر الالوان في الطبيعة أفضى الى كشف من أخطر الكشوف شأناً في علوم

الاحياء . ولملخص هذا الكشف ان مادة الهيماتين موجودة في كل جسم حيّ في البكتريا والشجرة الباردة والمؤازرة (الاميبا) والانسان . ومن الطبيعي ان يسأل القارىء لماذا لا يغلب اللون الاحمر على جميع الاحياء . والردّ على ذلك ان مقادير هذه المادة في معظم الاحياء يسيرة جدًّا لا تتبين العين لونها ، ولكن المطياف جهاز دقيق الاحساس وبه استدل العلماء على وجود الهيماتين في جميع الاحياء

ومن الغريب ما كشفهُ البحث من ان الهيماتين في الاحياء الدنية يفعل فيها فعلهُ في دم الانسان اي ينقل الاكسجين . ولكن الاسلوب يختلف قليلاً في الحالين . فجزيئات الهيماتين تتناول الاكسجين من جزيئات أخرى وتنقلها الى جزيئات في حاجة اليه فيحدث تفاعل الاحتراق (الأكسدة) فتطلق قدر من الطاقة يمكن الجسم الحي من القيام ببعض أفعاله

وبذلك يصحّ القول ان مادة اللون الاحمر في الدم كانت سبيلاً الى فهم سرّ من أسرار الحياة العويصة . واذا سار العلماء على الطريق السويّ في استيضاح هذا السر لم يقتصر فهمهم على فهم النشاط الحيوي في الكائنات بل تعداه الى فهم الاساليب التي يولد بها النور البارد مثلاً الذي يشبه نور الحباحب والاحياء المائية المضيئة ، فيوفر بذلك نحو ٩٠ في المائة من الطاقة التي ينفقها لتوليد الضوء الكهربائي

***

قلنا ان للون الاصفر شأناً عظيماً في فهم ناحية من أسرار الحياة . وقد تجلّت منزلتهُ هذه في دراسة الجزر . فمادة الملوّنة المستخرجة من الجزر تعرف باسم كاروتينويد Carotenoid وقد ظلّت هذه المادة المصدر الرئيسي لفيتامين A حتى تمكن الكيميائي الحيوي Kuhn من تركيبه بالتأليف الكيميائي

استخرجت مادة الجزر الملونة من جذور الجزر سنة ١٩٣١ ودعيت كاروتين ومن المسلّم به الآن انها خليط من ثلاث مواد اسماؤها كاروتين الفا وبيتا وجما فاذا حللت تحوّل اللون الاحمر الى اصفر كصفار الازهار الصفر ومُح البيض ولكن هذا لا يعني ان كلّ مادة صفراء في النبات كاروتينويد ولا ان جميع المواد المعروفة باسم كارتينويد صفراء

غير ان اسرار هذه المواد لم تفهم إلاّ بعد ان كشف ترتيب الذرات في جزيئاتها وبعد بحث دقيق في هذه الناحية ظهر ان جزيئها تؤلفهُ حلقة من ذرات الكربون والايدروجين تتدلى منها سلسلة من ذرات الكربون والايدروجين واحياناً من ذرات الاكسجين . ويلوح ان لطول السلسلة وكيفية ارتباط الذرات بعضها ببعض صلة باللون . واللون الاصفر هو الغالب فاذا حدث تغيير يسير في مواقع الذرات وفي طول السلسلة تحول لون الجزيء الى برتقالي او

أحمر او الى أحمر بنفسجي او الى أزرق قاتم وهو نادر . فالمادة الحمراء في البطيخ والطماطم كاروتينويد قريبة الصلة بالمادة الصفراء الكاروتينويدية التي في الازهار الصفر . وفيتامين د كاروتينويد ايضاً ولكن لا لون له ولا نعلم سبب ذلك

***

في الحيوانات القفارية تتحول احدى الكاروتينات الثلاث الى فيتامين د — ويلوح ان الكبد هي مقر هذا التحول — من جزيء اصفر الى جزيء لا لون له . وهذه الحيوانات لا تستطيع ان تحصل على المادة التي تحولها الى فيتامين إلا من نبات يصنع هذه المادة الصفراء

ولا يخفى ان نقص فيتامين د في جسم حيوان ما يفضي الى ضعف مقاومة المرض وتكس البشرة والاغشية المخاطية ، وضعف البصر في الضوء الخافت ، وجفاف العينين وضعفها واخيراً فقد البصر

والاتصال بين الحيوان والنبات لا يجب ان يكون مباشراً . فقد يأكل الحيوان مادة حيوان آخر تغذّى بمادة نباتية فيها الكاروتينويد . و « زيت السمك » من هذا القبيل

ولا يخفى ان المادة الصفراء في الفواكه والخضر والازهار الصفر هي كاروتينويدات ولكن هنالك مادة صفراء اخرى مثل فيتامين ب ٢ تدعى (ريبوفلافين) وهي تستخرج من اللبن . والرأي ان هذه المادة الصفراء او هذا الفيتامين يطيل مدى الحياة اذ ثبت ان حياة الفأر والجرذ تطول متى كثرت هذه المادة في غذائها

واللون الاصفر يعود بنا الى اللون الاحمر . فقد ظهر ان الريبوفلافين — الاصفر — صلة بين الفيتامينات والانزيمات . والانزيمات كما لا يخفى من العوامل الفعالة في زيادة النشاط الحيوي . فاذا ارتبط الريبوفلافين بجزيئات البروتينات الكبيرة تمكنها من ان تزيد نشاط التفاعل الحيوي . واذن فالريبوفلافين الاصفر هو زميل الهيمين الأحمر في السيطرة على النشاط الحيوي

***

ما أحكم الحلقة التي صنعها الطبيعة ! هو ذا فيتامين د المتولد من المادة الصفراء لا غنى عنه للبصر السليم ، لأنه مادة اساسية في شبكية العين — لوحتها الحساسة . وهذا الأحمر الذي لا يستغني عنه الجسم متولد من مخضور الورقة الخضراء . ثم هو ذا الهيمين والريبوفلافين يجهزان الجسم الحي بما يمكنه من تحطيم المواد التي ينشيها المخضور فيولد من تحطيمها طاقة لا يستغني عنها الجسم الحي في افعاله الحيوية !