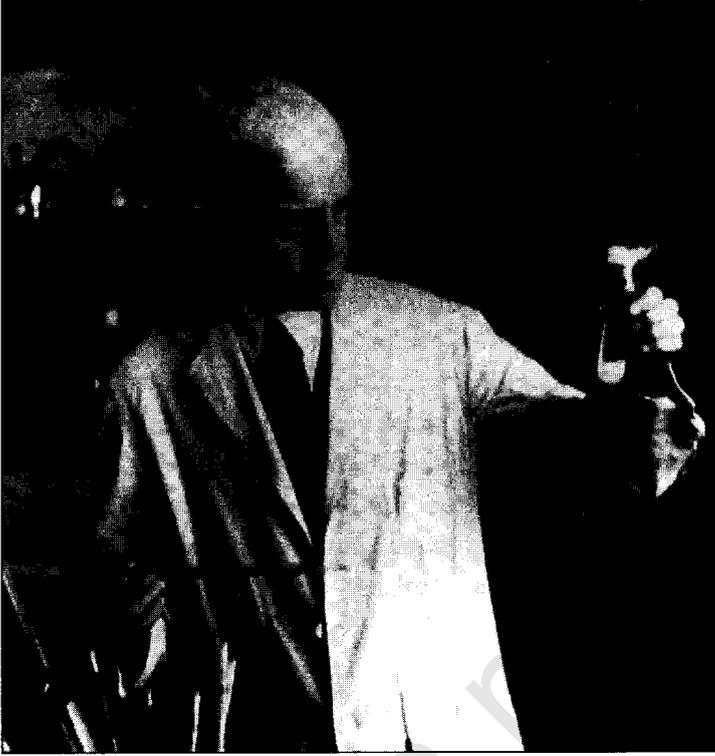


## نشوء الأحماض النووية

عندما بدأ واطسون وكريك البحث في موضوع الحمض النووي DNA، كانت بنية ذلك الحمض واحدة من المسائل الرئيسية المطروحة على بساط الأبحاث البيولوجية. أن عمل الأحماض النووية كـ DNA ظل غير واضح لبعض الوقت بعد أن تم اكتشاف تلك الأحماض. وقد تم حينها افتراض أن الجينات مشكلة من البروتينات لأن البروتينات لها بنية كانت فيما يبدو قادرة على حمل الكم الهائل من المعلومات اللازمة لتكاثر الكائنات الحية.

إن الوحدة الرئيسية في البروتين هي سلسلة جزيئات مشكلة من وحدات فرعية تدعى الأحماض الأمينية. ويمكن أن يوجد أكثر من عشرين حمض أميني في مختلف الخلايا، ويمكن أن يحتوي البروتين على



العالم أوزوالد أفيري الباحث  
في علم البكتيريا في معهد  
روكفلر في نيويورك الذي  
استنتج من دراساته على  
البكتيريا أن الـ DNA هو  
مادة المورثات/الجينات.

الأحماض الأمينية بأي عدد وبأي تسلسل . بعض  
البروتينات لها أكثر من سلسلة من الأحماض الأمينية .  
وهذا التعقيد يتناقض وبشدة مع الحمض النووي الذي له  
أربع وحدات فرعية فقط . وهذا التنوع المحدود في  
الوحدات الفرعية جعل الأحماض النووية تبدو غير  
مرشحة لحمل جوهر المادة الجينية أو الوراثة، لأنه لم  
يكن يبدو أن لديها القدرة على حمل المعلومات  
الموجودة لدى البروتينات . وفي الواقع، كان هناك اعتقاداً  
سائداً أن كل واحدة من الحمض النووي تتألف من  
مجموعة الأسس الأربعة، وأن هذا التركيب رباعي

النويات (تيرانوكليوتيد) كما سمي، يكرر نفسه باطراد، مما لا يعطيه الفرصة لحمل المعلومات البيولوجية (الأحيائية).

إلا أن تلك الفكرة تغيرت عام 1940 بشكل دراماتيكي، بفضل أبحاث عدة أجريت كان أولها ذلك الذي قدمه الباحث البريطاني فريدريك غريفيث (Frederick Griffith)، ثم البحث الذي قدمه العالم أوزوالد ت. أفيري (Oswald T. Avery)، من معهد روكفلر (Rockefeller Institute) في نيويورك. كانت الجهود التي بذلها أفيري في هذا المجال مبنية على العمل الذي قام به غريفيث قبل عدة سنوات، وهو طبيب يقوم بأبحاث تابعة لوزارة الصحة البريطانية على بكتيريا ذات الرئة. تظهر هذه البكتيريا في شكلين؛ الأول يسمى الناعم / S (smooth) لأن البكتيريا تظهر تحت المجهر محاطة بكيس لامع، أما الثاني فيسمى الخشن / R (rough) لأنه ليس لديه ذلك الكيس. وتكون البكتيريا الناعمة (S) قاتلة، لأنها عندما كانت تصيب حيوان المخبر، فإن ذلك الحيوان سرعان ما يموت. أما البكتيريا التي من النوع الخشن (R) فإنها غير مؤذية بصورة نسبية، فعندما كانت تصيب حيواناً، فإن ذلك الحيوان يبقى حياً على العموم.

ما قام به غريفيث هو أنه حقن عدداً من الفئران بكمية بسيطة من البكتيريا/R غير الضارة والحية وبكمية كبيرة من البكتيريا/S التي تم قتلها بالحرارة، فماتت معظم الفئران.

وبعد فحصها، اكتشف غريفيث وجود بكتيريا/S حية. إذ أن هناك شيئاً ما قام بتحويل بكتيريا/R غير المؤذية إلى بكتيريا حية من النوع S حية. إذ أن هناك شيئاً ما قام بتحويل بكتيريا/R غير المؤذية إلى بكتيريا حية من النوع S القاتل. لقد شكك الكثيرون بنتائج غريفيث، إلا أنها سرعان ما تأكدت نتيجة عمل مخابر أخرى بما فيها مخبر أفيري. وكان السؤال الذي طرحه أفيري يتركز حول هوية العامل المحوّل، أي المادة التي أثرت في السمة الوراثية (الجينية) للبكتيريا/R، ذلك التأثير الذي أعاد الخلايا الميتة إلى الحياة.

في البدء افترض أفيري أن العامل المحول كان بروتيناً من نوع ما. ومن أجل اختبار صحة ذلك الافتراض، قام هو وزملاؤه بسلسلة من الدراسات الحذرة والمنهجية. وبعد أن كثر عدداً كبيراً من البكتيريا في وعاء كبير (راقود)، قام غريفيث بقتلها كلها، ثم قام بسلسلة حاسمة من التجارب عرض فيها العامل المحول لأنزيمات، وهي عبارة عن بروتينات تستطيع اختراق البروتين وجزيئات طبيعية أخرى. فقام باستخدام الأنزيم المعروف بقدرته على هضم البروتين، ومع ذلك ظلّ العامل المحول نشطاً. ولكنه عندما استخدم أنزيماً قادراً على هضم الـ DNA - الـ DNA ase - وهو بروتين ينظّم التفاعلات الكيميائية في الجسم)، توقف نشاط العامل المحول بعد أن دمره ذلك الأنزيم.

أثبتت تلك التجارب، بالإضافة إلى غيرها، أن العامل المحول - مورث المكورات العنقودية - كان من الـ DNA. وقد كتب أفري في رسالة إلى شقيقه روي يقول:

«هذا يعني أن الأحماض النووية ليست مهمة فقط في تركيبها وإنما هي مواد لها دور عملي حيوي في تحديد النشاطات الكيميائية والصفات المعينة للخلايا... فمن الممكن إحداث تغييرات وراثية يمكن التنبؤ بها في الخلايا... إنها تبدو كالفيرس - يمكن أن تكون جيناً (مورثاً)».

لقد ذكر أفري تلك الملاحظة في رسالة خاصة، لكنه ظل متردداً من نشرها على العلن. وعندما نشرها أخيراً في بحث علمي كانت لهجته حذرة للغاية. وعلى الأرجح، كلفه ذلك التردد حرمانه من نيل جائزة نوبل؛ فقد مات بعد فترة قصيرة من نشر بحثه وقبل أن تجري التجارب اللازمة، التي كان يصر على ضرورة إجرائها، لتأكيد ما توصل إليه.

ومع ذلك، ظل السؤال حول كيفية حمل الـ DNA للمعلومات الوراثية قائماً. إذ أن الـ DNA كان يبدو جزيئاً لا يملك ذلك التنوع اللازم لحمل العدد الهائل من المعلومات المطلوبة للتحكم بالكائن الحي. إن الفرضية القائلة برباعية النويات، التي ذكرت أن الـ DNA هو جزيء متكرر تتكرر فيه أربعة أسس بشكل مطرد إلى ما لا نهاية، كانت بالكاد بمثابة قانون للجزيء الحامل للمعلومات.

وجاء الجواب من عالم يدعى إيرفن تشارغاف (Erwin Chargaff) الذي كان عمله بمثابة الملهم لواطسون وكريك، وذلك وفقاً لما رواه واطسون في كتابه «الحلزون المضاعف The Double Helix» فقد ذكر أنه في إحدى الأمسيات وبينما كان كريك يتبادل الحديث في النادي مع جون غريفيث (John Griffith)، وهو كيميائي منظر، تطرقا إلى الحديث عن كيفية قيام المورثات (الجينات) بتكرار نفسها. وكانا قد حضرا للتو محاضرة عن الفلك تدور حول «المبدأ الكوني (الكوزمولوجي) الصحيح» وكانا يتناقشان حول إمكانية وجود «مبدأ بيولوجي صحيح».

كانت فكرة غريفيث بمثابة نظرية القفل والمفتاح، فالجين يتشكل بتثبيت نفسه على سطح الجين الأصلي. وبالمقابل تقدم كريك باقتراح حول وجود بعض القوى الجاذبة بين الوجوه المسطحة لأسس الـ DNA، وأن الجذب الجزيئي بين الذرات على حواف أسس معينة يمكن من تكافؤ وانسجام أسس الجين الجديد مع أسس الجين الأصلي. وقد تبين أن هذا التفسير، الذي كان عملية بيولوجية بلغة الفيزياء، صحيح. وسرعان ما قدم غريفيث إلى كريك الحسابات التي قام بها في هذا الخصوص والتي بينت أن الأدينين يجذب الثيمين وأن الغوانين يجذب السيتوسين، وذلك اعتماداً على القانون الذي توصل إليه إيرفن تشارغاف. فقد بين أنه يوجد في الـ DNA دائماً الكمية نفسها من الثيمين والأدينين (مقترحاً

أنهما يشكلان زوجين بطريقة ما) وأن الشيء نفسه يتكرر مع الغوانين والسيتوسين، على الرغم من أنه من ناحية الوفرة فإن كمية الغوانين إلى السيتوسين تختلف عن كمية الأدينين إلى الثيمين.

وتعليقاً على روايته تلك، كتب كريك لاحقاً:

«أنني واثق من أنني لم أكن على علم بقانون تشيرغاف ذلك في ذلك الوقت، وحتى لو ذكر جيم (واطسون) - حسب ادعائه - بأنه قد أطلعني عليه سابقاً. وإذا كان ذلك صحيحاً فإنني ببساطة قد نسيتَه».

تأثر تشارغاف - الباحث في كلية الفيزيائيين والجراحين في جامعة كولومبيا في نيويورك - ببحث أفري. وعن هذا كتب لاحقاً:

«لقد أعطانا أفري النص الأول للغة جديدة، أو بالأحرى دلنا على مكان البحث عنها. وقد عزمت على البحث عنها».

لقد كان المنهج الذي اتبعه تشارغاف يمثل تقنيةً جديدةً سمي بالفصل الكروماتوغرافي. كانت الخطوة الأولى في هذا التكنيك هي تعريض عدد من جزيئات الـ DNA إلى شيء يمكن أن يقسمها إلى مكوناتها الأساسية ويعزل الأسس. ثم تستعمل ورقة ترشيح لامتصاص المحلول الذي يحتوي على الـ DNA المقسوم. عندها نجد أن كل أساس قد توضع في مكان مختلف على ورقة الترشيح. ثم تقسم البقع التي تحتوي على كل أساس وتغسل الأسس من على الورقة لقياس

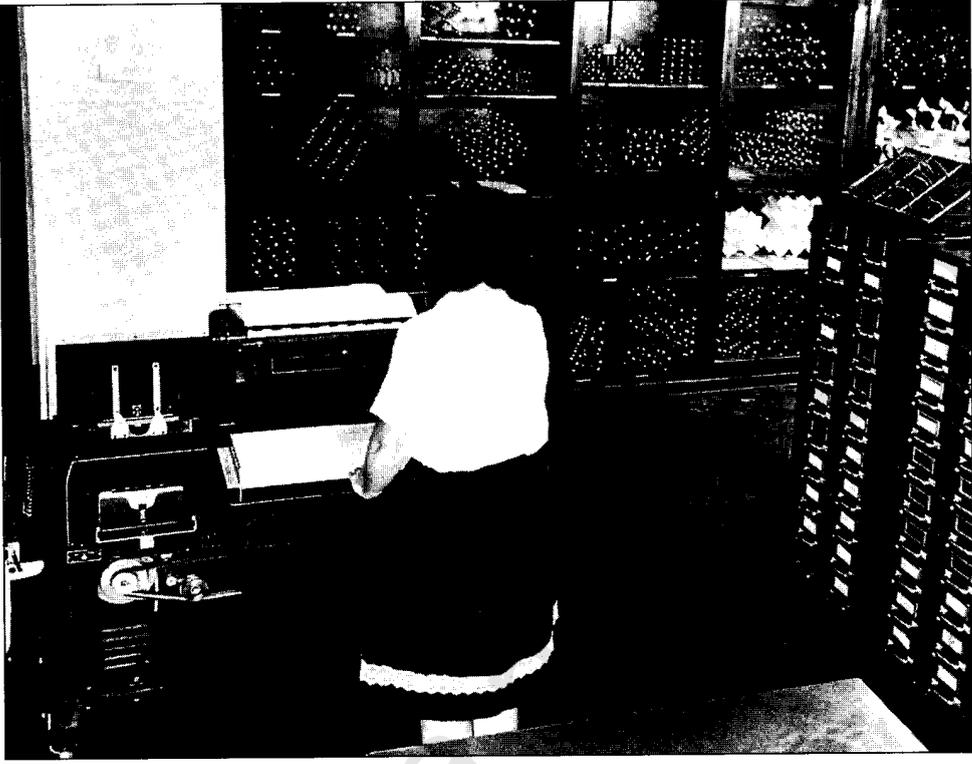
درجة تركيزها .

لم يكن ذاك عملاً سهلاً بالنسبة لتشارغاف، إذ كان يتوجب عليه بداية تطوير عدد من التقنيات الضرورية لعمله. ولم يستطع نشر بحث يتضمن النتائج التي توصل إليها قبل عام 1950. وقد تركز بحثه على اكتشافه كون الأسس الأربعة للحمض النووي DNA تظهر بنسب مختلفة بشكل كبير بين الأنواع الأحيائية المختلفة. إلا أن ذلك البحث لحظ أنه لم توجد أية فروق في الحمض النووي لنواة الخلية العادية عن الخلايا المنوية. لقد قضى بحث تشارغاف بهذا على فرضية النويات الأربع، إلا أنه ترك السؤال عن كيفية حمل الـ DNA ونقله للمعلومات الوراثية مطروحاً.

وقد كان الجواب النهائي لذلك السؤال موجوداً في جملة وردت في بحث تشارغاف كما تبين لاحقاً. فقد ورد فيه:

«على كل حال، فإنه من الجدير بالذكر - مع أنه ربما يكون عرضياً ولا يمكن أن يقال بعد - أن كل الأحماض النووية خماسية الكربون غير المؤكسدة / deoxyntose nucleic acids/ (DNAs) التي تم فحصها حتى الآن... لها نسبة بين الأدينين إلى الثمين وبين الغوانين إلى السيتوسين لا تزيد عن الواحد /1/».

فمقابل كل A / أدينين كان هناك T / ثمين، ومقابل كل G / غوانين يوجد C / سيتوسين. لم يحمل تشارغاف هذه الملاحظة الكثير، إلا أنها فتحت أبواباً لغيره من



سيدة تراقب آلة تحقيق  
البطاقات خاصة بانكسارات  
أشعة X- التي استخدمت  
لتحديد البنية الجزيئية.

الباحثين. وكان فرانسيس كريك واحداً منهم، وفقاً لرواية  
واطسون حول هذا الموضوع.

ومهما كانت الرواية الفعلية، فإن مساهمة تشارغاف  
كانت أساسية من أجل التوصل إلى الحل النهائي للغز  
الـ DNA. إلا أن مساهمته تلك كانت واحدة من بين  
الكثير من المساهمات التي قدمتها هيئة من العلماء  
المنتشرين في نصف الكرة الأرضية تقريباً.

من بين تلك الشخصيات العلمية كان رئيس مخبر  
كانفديش في جامعة كامبردج السير لورنس براغ (Sir  
Lawrence Bragg)، والذي تحت رئاسته قام واطسون

وكريك بعملهما الحاسم بخصوص الـ DNA .

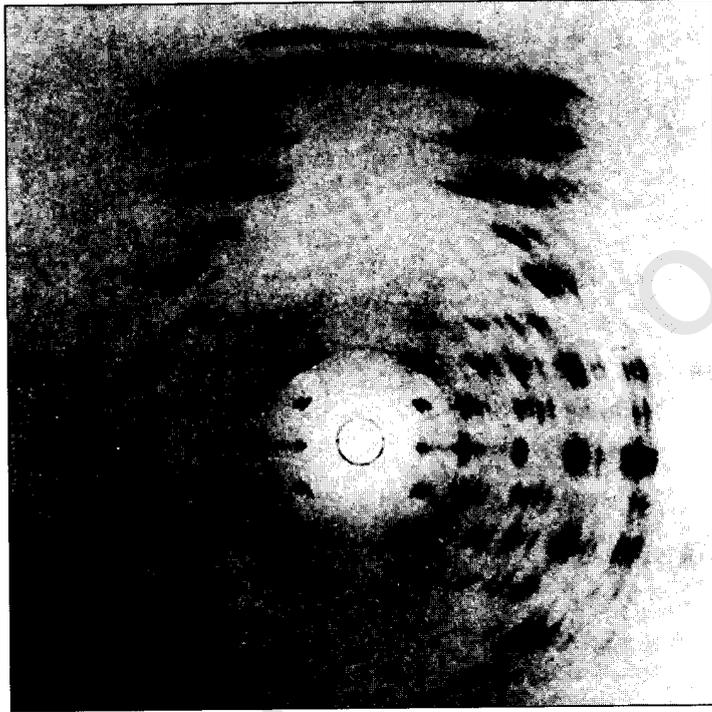
قبل أربعة عقود، ابتكر براغ ما يعرف بحيود الأشعة السينية، وهو التكنيك الذي يحدد تركيب الجزيئات الصلبة وذلك بتعريضها لأشعة X- ثم تحليل الظلال الناتجة عن ارتداد أشعة X- عن بلورات الجزيء (البلورة هي مجموعة عادية منتظمة من الجزيئات).

تعمل الأشعة السينية من خلال تحليل النماذج التي تظهر عند توجيه الأشعة عبر بلورة من الجزيء الذي تتم دراسته. لنفترض أن حزمتين من أشعة X- تم توجيههما على بلورة، فإن الحزمتين ستنعكسان بطريقتين مختلفتين خلال مرورهما عبر البلورة، وسيتم التقاط النموذج المنحرف الناجم، كما يسمى، على ورقة فوتوغرافية. وبدراسة واحد أو أكثر من تلك النماذج المنحرفة، يكون ممكناً تحديد وضع الذرات والمسافات بينها في البلورة. وبالطبع، فإنه كلما كان الجزيء أكثر تعقيداً، كان تحديد بنيته أكثر صعوبة.

إن تطوير براغ لعلم البلوريات من خلال الأشعة السينية أدى لنيله جائزة نوبل وكان بذلك أصغر عالم يفوز بها، إذ كان حينها في الخامسة والعشرين من عمره. وبعدها أصبح مديراً لمخبر كافنديش قام براغ بتغيير هام فيه، ذلك التغيير الذي أدى إلى انضمام واطسون وكرريك للعمل فيه.

كان مخبر كافنديش متخصصاً بالفيزياء التجريبية بشكل

تم الحصول على هذا النموذج لانكسار أشعة X- لشكل من الـ DNA لأول مرة من قبل العالم موريس ويلكنز.



تقليدي. فقام براغ بتوسيع نطاق أبحاثه في اتجاهين غير متعلقين ظاهرياً ببعض إلا أن لهما موضوعاً مشتركاً. كان أحدهما هو علم الفلك الإشعاعي؛ فبتشجيع من براغ، قام فيزيائي شاب يدعى مارتن رايل (Martin Ryle) بإنشاء أول تلسكوب لاسلكي في العالم، وكان يستطيع تلقي الموجات الإشعاعية المبعثة من السماء. وقد قاد هذا العمل إلى اكتشاف أشياء كانت غريبة ومجهولة في ذلك الوقت عن الكون مما أحدث ثورة في علم الفلك.

كما قاد براغ المخبر باتجاه التحري عن بلورات الجزيئات البيولوجية بالاعتماد على حيود الأشعة السينية.

وفيما يبدو أنه بعيد كل البعد عن علم الفلك الإشعاعي، فإن هذا العمل كان يشبهه في أنه يتطلب تحليل النماذج الغريبة؛ كالأشياء الموجودة في الكون من جهة، والجزيئات البيولوجية الموجودة في المخبر من جهة أخرى. إن ذلك التغيير الذي قام براغ بهندسته هو الذي مكن كريك وواطسون من دراسة الـ DNA في كافنديش.

من الشخصيات الرئيسية التي لعبت دوراً في التحري عن الجزيئات البيولوجية بواسطة تقنية حيود أشعة X- كان ماكس بيروتر (Max Perutz). فقد قام بتطوير طريقة لتطبيق تقنيات براغ حول علم البلوريات المرتبط بأشعة X- في دراسة الجزيئات البيولوجية، بعد أن كانت في العادة تطبق على الجزيئات الهامة بالنسبة لعلم الفيزياء فقط. وقد علق بيروتر على هذا بعد سنوات بقوله:

«عندما أريته (براغ) الصور التي أخذتها بواسطة أشعة X- للهموغلوبين أشرق وجهه».

وعندما اكتشف أنه من الممكن تطبيق تلك الطريقة لتحديد بنية البروتينات:

«انهمرت الدموع على وجنتيه».

وعلى كل حال، لم يكن جميع الذين شاركوا في قصة الـ DNA من مخبر كافنديش. إذ كان هناك عالم آخر من الكلية الملكية في لندن وهو الفيزيائي موريس ويلكنز (Maurice Wilkins) الذي تحول إلى العمل في مجال البيولوجيا وأصبح باحثاً رائداً في مجال الـ DNA. لقد

لعب ويلكنز دوراً حاسماً في اكتشاف بنية الـ DNA - لدرجة أهلته لمشاركة واطسون وكريك في جائزة نوبل -. كان ويلكنز خبيراً في علم البلورات وكانت تتوفر لديه أجهزة من أفضل الأجهزة في العالم. وكان أحد اكتشافاته الحاسمة هو أن جزيئات الحياة، كـ DNA، يمكن أن يكون لها جسماً بلورياً. وكما قال، في اجتماع حضره في إيطاليا عام 1951، بلغة علمية رسمية:

«عندما يوجد شيء حي بالحالة البلورية فإن الإمكانية تتزايد للتفسير الجزيئي للبنية والوظيفة البيولوجية. وبشكل خاص فإن دراسة البروتينات النووية المتبلرة في الخلية الحية يمكن أن يساعد في الاقتراب من حل مشكلة بنية المورثة (الجين)».

كان جيم واطسون من بين الأشخاص الذين حضروا ذلك الاجتماع. وقد أثارت كلمات ويلكنز انتباهه، لأنه كان يخشى من احتمال أن تكون للجينات بنى غير نظامية مما سيجعل دراستها في غاية الصعوبة. فجاء اكتشاف ويلكنز ليقضي على ذلك الاحتمال المزعج. وكان الأمر المشجع بالنسبة لواطسون أن عمله في كامبردج سيجعله قريباً من مخبر ويلكنز في لندن.

لكن ويلكنز لم يكن يعمل بمفرده، إذ كانت تعمل معه في الكلية الملكية الباحثة روزاليند فرانكلين (Rosalind Franklin) الموهوبة في علم البلورات والتي كانت تعمل على استخدام أشعة X- في علم البلورات من أجل تحديد بنية الحمض النووي منقوص الأوكسجين/ DNA. كان

ويلكنز وروزاليند بعيدين كل البعد عن أن يكونا صديقين، إذ أن خلافاتهما كانت علنية ومن أشهر الخلافات التي حصلت في تاريخ المنازعات العلمية.

درست روزاليند فرانكلين الكيمياء في جامعة كامبردج وعملت في مجال علم تبلّر الفحم أولاً في إنكلترا ثم لاحقاً في فرنسا. وبإجماع الأشخاص الذين عرفوها كانت سيدة صارمة واقعية التفكير اعتادت أن تعبر عن آرائها بطريقة فظة. وكان الانطباع الذي أعطته لمن حولها هو احترافيتها العلمية وصلابة رأيها. كانت ذات قوام نحيل وقصير، وشعر كث، وعينان متوقدتان، أنيقة الملبس بطريقة تتم عن الذوق. انضمت للعمل في الكلية الملكية عام 1951 وكان عمرها حينذاك واحداً وثلاثين عاماً، وكان سبب عملها هناك هو اهتمامها بتطبيق علم البلورات على دراسة بنية الجزيئات الأحيائية بما فيها الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين DNA.

لكونها امرأة، تعرضت فرانكلين لكثير من المضايقات عند انتقالها من فرنسا للعمل في الكلية الملكية. فعلى سبيل المثال كانت هناك نساء أخريات في تلك الكلية لم يكن مسموحاً لهن استخدام القاعة العامة المخصصة لاستراحة أعضاء الكلية من الذكور. وكان هذا التمييز هو الذي دفعها للانتقال عام 1953 إلى كلية بيربيك (Birbeck College) حيث تابعت عملها على موضوع الـ DNA.

اعتقد ويلكنز أنه قد تمّ تعيين روزاليند فرانكلين

لمساعدته في تعلّم المزيد عن تقنيات حيود أشعة X- التي كانت ضرورية لحل مشاكل بنية الـ DNA. وكان يظن أنهما سيتعاونان في العمل. إلا أن فرانكلين أعلنت عام 1951 أنها لن تتعاون مع ويلكنز، وذلك في الوقت نفسه الذي انضم فيه واطسون للعمل في كامبردج. كما أصرت أن مهمة تحديد بنية الـ DNA قد أوكلت إليها وحدها. وكان إصرارها على هذه النقطة بداية لنزاع طويل بين ويلكنز وفرانكلين.

في الواقع، إن الخلاف بين فرانكلين وويلكنز سرعان ما اتخذ حجماً أكبر من حجمه بكثير، وقد علّق واطسون على ذلك قائلاً:

«منذ اللحظة التي وصلت فيها إلى مخبر موريس، بدأ الاثنان بإزعاج أحدهما الآخر. وكان مخبر موريس في حينها مبتدأ في العمل بمجال حيود أشعة X- ويحاجة لخبير في هذا الشأن لمساعدته فكان الأمل بأن روزي، وهي خبيرة في علم البلورات، ستساعد في تسريع إنجاز أبحاث المخبر. فادعت أنها تسلمت العمل على أساس حل مسألة الـ DNA بنفسها ولم تعتبر نفسها مساعدة فقط في مخبر موريس».

ظَلَّ الصراع بينهما مستمراً حتى وفاة ويلكنز المبكرة بعد إصابته بمرض السرطان عام 1958 وهو في السابعة والثلاثين من عمره فقط. في ذلك الوقت كانت روزاليندا قد اقتربت تماماً من اكتشاف بنية الـ DNA. إذ أن النماذج التي استطاعت الحصول عليها لانحرافات أشعة X- كانت

مفاتيحاً هامة لتحديد تلك البنية .

عملت فرانكلين أيضاً مع واطسون وكريك واختلفت مع الأول حول بعض النقاط . وعلى مدى سنوات ظلّ الخلاف قائماً حول مدى مساهمتها في اكتشاف الحلزون المضاعف . قد اتفق بشكل عام على أنها لم تقم بالخطوة الأخيرة الفاصلة التي كانت ستمكنها من تحديد بنية الـ DNA . إلا أن هنالك العديد الذين يعتقدون أن فرانكلين قامت بعمل هام كاف يجعلها تستحق تبوء مكانة رفيعة في تاريخ العلم، وأنها قد حرمت بدون وجه حق من الشرف الذي منح للعلماء الآخرين الذين ساهموا في حل معضلة الـ DNA .

وفي كتابه، رسم واطسون لوحة مضحكة لروزاليند فرانكلين معلقاً عليها:

«لم تكن تضع أحمر شفاه بالمرّة لإظهار تباين مع شعرها الفاحم السواد، بينما كانت ملبسها، وهي في عمر الواحد والثلاثين، تحرك خيال المراهقين الإنكليز ذوي الجوارب الزرقاء» .

إلا أن ذلك الوصف لم يقدم صورة حقيقية عنها . صحيح أن لها مظهراً خارجياً صلباً أثناء العمل، إلا أن أصدقاءها كانت لهم شهادة مغايرة بها، إذ قالوا إنها مسلية عندما تكون مرتاحة . وكعالمة كان عندها نوعاً من الإصرار والعزم من أجل تحقيق هدفها، وهذا أمر يمدح عليه عادة العلماء الذكور وعلى الأخص أولئك العاملون في مجال علم الوراثة .

أصبحت فرانكلين مع واطسون وكريك جزءاً من شبكة منتشرة في العالم (بشكل غير رسمي) من العلماء الواقفين على جبهة الأبحاث الوراثية. ففي الولايات المتحدة، كان هناك العالم سلفاتوروري لوريا (Salvatore Luria) الذي كان ذا تأثير كبير على واطسون في جامعة إنديانا. كان لوريا عضواً في حلقة من الباحثين المنتشرين في الولايات المتحدة وأوروبا، والذين كانوا يطلقون على أنفسهم اسم «مجموعة البلعمة»<sup>(\*)</sup> (phage group) لأنهم كانوا يقومون بأبحاثهم على مجموعة من الفيروسات التي تصيب البكتيريا فتبتلعها - وتسمى فيروسات البلعمة أو الفيروسات آكلة البكتيريا -.

كانت ميزة العمل على فيروسات البلعمة هو البساطة النسبية لنظام الوراثة عندها. فالبكتيريا الملتهممة مشكلة من بروتين وحمض نووي. وعندما يصادف الفيروس الآكل خلية بكتيرية وحيدة فإنه يلتصق بتلك الخلية ويحقن مادته الوراثية فيها. عندها تقوم هذه المادة الوراثية بالسيطرة على نظام التكاثر لخلية البكتيريا وتقوم بتصنيع فيروسات آكلة. وخلال /20/ دقيقة فقط تموت خلية البكتيريا الأصلية ويتشكل حوالي /200/ فيروس بلعمي جديد جاهز لإصابة بكتيريات أخرى وتكرار العملية. كانت

---

(\*) البلعمة: هي عملية ابتلاع الأجسام الغريبة والبكتيريا والقضاء عليها. وكلمة /phage/ في الإنكليزية هي لاحقة معناها الآكل أو الملتهم (المعزب).

«مجموعة البلعمة» مؤلفة من علماء يعملون في عدد من المخابر على عدد من الفيروسات. وقد أصبح جيم واطسون عضواً في تلك المجموعة في جامعة إنديانا وأقام علاقات وطيدة مع أعضائها.

وفي الوقت الذي بدأ واطسون فيه العمل مع كريك، تسلم رسالة من عضو في المجموعة المذكورة، ألفرد هيرشي (Alfred Hershey) الذي قدم تفسيرات كثيرة عن الفيروسات آكلة البكتيريا. وقد اشتهرت الدراسة الهامة التي قام بها مع زميلته مارثا تشاينز (Martha Chase) وأصبحت تعرف باسم «تجربة خلاط وارنغ» The Waring Blender experiment.

مجموعة علماء البلعمة في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا عام 1949 وهم من اليسار: جان ويغل، أول مالوي، إيلي وولمان، غانثر ستنت، ماكس ديلبروك، جيورجيو سولي.



كان موضوع الدراسة هو تحديد دور كلا النوعين من الجزيئات؛ أي الـ DNA والبروتين، التي يتشكل منها فيروس البلعمة. ابتداءً هيرشي وتشايز عملهما بإنماء فيروسات البلعمة في وسطين بيئيين مختلفين - الأول يحوي على فوسفور له نشاط إشعاعي والثاني على كبريت له نشاط إشعاعي. وذلك لأن الفوسفور نصر هام في الـ DNA أما الكبريت فلا يوجد فيه على الإطلاق، كما أن الفوسفور ذا النشاط الإشعاعي يكون موجوداً في DNA البلعميات. وبطريقة مشابهة، فإن الكبريت ذا النشاط الإشعاعي لا يوجد إلا في البروتين فقط.

بعد ذلك قاما بتعريض خلايا بكتيرية للنوعين من فيروسات البلعمة التي أعدها بعناية. كان أحد النوعين يحتوي على كبريت إشعاعي النشاط فقط والذي هو علامة البروتين، والثاني يحمل فوسفوراً إشعاعي النشاط فقط والذي هو علامة الـ DNA. وكانت خطوتهما الثانية هي كسر خلايا البكتيريا التي تعرضت لتلك الفيروسات ليعرفا إذا ما كانت تحتوي على البروتين أو الـ DNA. لأن وجود البروتين يعني أنه هو الذي حمل المعلومات الوراثية لفيروس البلعمة، أما إيجاد الـ DNA فيعني أنه هو حامل المعلومات الوراثية.

ثم واجهت هذه التجربة مشكلة، لأن هيرشي وتشايز لم يجدا طريقة جيدة لفصل عناصر الجزيء المختلفة. فقاما بوضع الخلايا في الخلاط المعروف باسم «وارنغ

## The Waring Blendor

إن جهاز المزج أو الخلط الذي استخدمه ألفرد هيرشي ومارثا تشايز في تجربتهما البالغة الأهمية تم تسميته تيمناً باسم فريد وارنغ (Fred Waring) الذي كان قائداً لمجموعة بين ثلاثينيات وأربعينيات القرن العشرين. لم يكن وارنغ هو من اخترع تلك الآلة، ولكنه ساهم في جعل تنفيذ فكرتها ممكناً كما ساهم في جعلها شهيرة. بدأت القصة عام 1936، عندما قام وارنغ وجماعته، البنسلفانيون، بإنهاء بث إذاعي في مسرح فاندربيلت (Vanderbilt Theater) في مانهاتن. كان وارنغ حينها قد تعرف على مروج اختراعات يدعى فريد أوسيو (Fred Osius)، كانت لديه فكرة عن جهاز خلط مطبخي جديد وثنوري إلا أنه لم يكن لديه نموذجاً عملياً للجهاز. استحوذت فكرة مثل هذا الجهاز على اهتمام وارنغ لدرجة جعلته يوافق على دفع المال اللازم لتطويرها.

بعد ستة أشهر وبعد دفع مبلغ /25000/ دولار، لم يستطع وارنغ الحصول على نموذج عملي للجهاز، لذا قام وارنغ بتحويل المشروع إلى أحد زملائه. بعدها تم تقديم أول جهاز سمي «الخلط السحري» /The Miracle Mixer، وعرض في معرض المطعم الوطني في شيكاغو في شهر أيلول/سبتمبر 1937. نجح ذلك الجهاز نجاحاً ملحوظاً وألهم الكثيرين من أجل تطوير خلطات أخرى في السنوات اللاحقة. وقد حرص وارنغ على إعطاء جهازه اسم بلندور /blendor مستخدماً حرف «o» بدلاً من «e» (blender) وذلك لتمييزه تجارياً عن باقي الأجهزة المطروحة، فأصبح اسم الجهاز وارنغ بلندور. وبعد الحرب العالمية الثانية قامت منتجات وارنغ بتقديم تسهيلات صناعية مختلفة في كونكتكت، حيث ظلت البلندور تصنع من ضمنها.

لم يكن هيرشي وتشايز العالمين الطبيين الوحيدين اللذين استخدموا الخلط. فقد استخدم جوناس سالك (Jonas Salk) جهازاً مماثلاً لمساعدته في إعداد المواد التي استخدمها من أجل تطوير لقاح شلل الأطفال. ولقد أصبح الآن يوجد كثير من الأجهزة المنافسة لذلك الخلط، إلا أنه لا زال يحتفظ بمكانته في الأوساط الطبية والعلمية.

بليندر» الذي قام بمهمة فصل تلك المكونات بطريقة جيدة. فوجد أن البروتين الحامل للكبريت بقي في سائل خارج الخلية، بينما بقي الـ DNA الحامل للفوسفور داخل الخلية. إن هذا الاكتشاف بيّن أن الـ DNA هو الذي يحمل معلومات البلعمة الوراثية وليس البروتين. وقد لخص واطسون لاحقاً هذا الاكتشاف بعبارة يقول فيها إن الـ DNA: «هو القبعة في صندوق القبعات»، بينما البروتين يخدم فيها كحافطة للـ DNA في الفيروس.

إن هذا العمل طرح سؤالاً مباشراً عن كيفية حمل الحمض النووي منقوص الأوكسجين /DNA/ للمعلومات الوراثية. وما هو الشيء الموجود في بنية الـ DNA الذي يجعله قادراً على نقل صفات الأحياء من جيل إلى جيل؟ قاد هذا السؤال بدوره إلى سؤال آخر: ما الذي يجعل من التغييرات التي تسمى بالتغيرات الأحيائية أن تطرأ على البنية الوراثية للكائن الحي؟ (مثلما يحدث عندما يقوم الفيروس أو البكتيريا بتطوير مقاومتها للدواء على سبيل المثال). ولم يكن واطسون وكريك العالمين الوحيدين اللذين طرحا تلك الأسئلة.



الحائزون على جائزة نوبل عام 1962 باللباس الرسمي في احتفال خاص بهذه المناسبة في استوكهولم، ويظهر في الصورة واطسون (الثاني من اليمين) وكريك (الثالث من اليسار) وويلكنز (أقصى اليسار) الذين اشتركوا في جائزة نوبل في الطب عن عملهم على تحديد بنية الحمض النووي، الجزيء المسئول عن نقل المعلومات الوراثية.