وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تكريت

كلية التربية للعلوم الصرفة

المرحلة الاولى (صباحي , مسائي)

((محاضرات علم الخلية النظري))

م.د. شذى حازم شاكر

٢٠٢٣ م

١٤٤٥ هـ

الفصل الثاني

التركيب العام وكيمياء الخلية
General Structure and Chemistly of the Cell

التركيب العام:-

تقسم الكائنات الحية من وجهة نظر علم الخلية الى قسمين رئيسيين هما : الكائنات بدائية النواة والكائنات حقيقية النواة.

اولاً : الكائنات بدائية النواة : Prokaryote

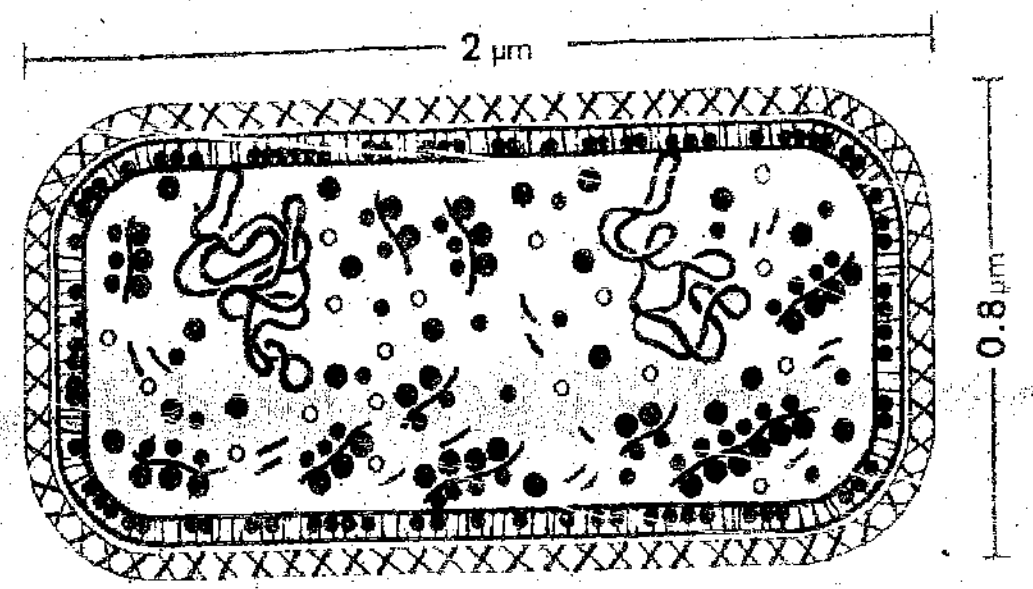
كالبكتريا والطحالب الخضراء – الزرقاء حيث تفتقر هذه الكائنات الى الغلاف النووي كما وتحتوي على كروموسوم مفرد يتكون من جزئية DNA دائرية التي يكون موقعها في المجال النووي (يطلق عليها ايضاً بالنيوكليود Nucleoid) تعد الكائنات بدائية النواة أسلاف الكائنات حقيقية النواة من الناحية التطورية. وفي الحقيقة ان بدائية النواة وجدها قد اكتشفت كمتحجرات عمرها يصل الى حوالي ثلاثة بلايين سنة. بيقماً من المحتمل ان حقيقة النواة قد ظهرت قبل بليون سنة. وعلى الرغم من الاختلاف الموجود بين هذه الكائنات كما هو مبين في الجدول رقم (٢-١) ولكن هنالك تماثلاً كبيراً في الوظيفة والتنظيم الجزيئي فضلاً عن ذلك فإن جميع أنواع الحياة تكون مادتها الوراثية الحامض النووي ولها نفس الشفرة الوراثية والالية الرايبوسومية التي تستخدم للبناء البروتيني ، فضلاً عن السمات الاساسية التي تؤشر الى أصل مشترك.

الجدول رقم (٢-١)

يبين المقارنة بين التنظيم الخلوي في الكائنات بدائية النواة والكائنات حقيقية النواة

الصفة	بدائية النواة	حقيقية النواة
الغلاف النووي	مفقود	موجود
حجم الخلية	صغير ١٠٠ - ١ مايكرومتر	كبيرة غالباً ١٠ - ١٠٠ مايكرومتر
المادة الوراثية	أ. لايكون الـ DNA متزامناً مع البروتينات في الكروموسومات ب. النواة مفقودة ج. مجموعة ارتباط واحدة د. الـ DNA المتكرر اما هو موجود بكمية قليلة جداً أو غير موجود	أ. يكون الـ DNA متزامناً مع البروتينات في الكروموسومات ب. النواة موجودة ج. مجموعتان أو أكثر من الارتباط. د. الـ DNA المتكرر يكون موجوداً.
الانقسام الخلوي	لايوجد انقسام خيطي، بل توجد التبرعم او الانشطار	يوجد انقسام خيطي واختزالي
الرايبوسومات	٧٠S (٥٠S + ٣٠S)	٨٠S (٦٠S + ٤٠S)
الميتوكوندريا والبلاستيدات	غير موجودة، ويكون موقع الانزيمات التنفسية وانزيمات البناء الضوئي في غشاء البلازما	موجودة
جدار الخلية	غير سليلوزي	سليلوزي عقد في النباتات
نظام الاغشاء والافراز الخلوي	غير موجود	موجود
عضية الحركة	سوط بسيط، ليفة مفردة	سوط وأهداب ذات تركيب معقد
التغذية	الامتصاص بصورة عامة وبعضها لها القابلية على التركيب الضوئي	الامتصاص، البضم، التركيب الضوئي

وكما هو مبين في الشكل ٢ – ١ ان طول خلية البكتريا الواحدة يصل الى مايقرب من ٢ مايكروميتر وسمكها ٨ر٠ مايكروميتر. وهي محاطة بجدار خلوي صلب يصل سمكه الى اكثر من ١٠٠ر٠ مايكروميتر ويحتوي على بروتين وسكريات متعددة وجزئيات ليبيدية. ويوجد داخل جدار الخلية غشاء البلازما ، حيث يساهم في تثبيت المحيط الداخلي الخاص لبروتوبلازم البكتريا وذلك عن طريق السيطرة على دخول وخروج الجزئيات الصغيرة والأيونات وكذلك فإن الانزيمات التي تشترك في عملية الايض التأكسدي وتلك التي تؤلف سلسلة التنفس تكون ملازمة لغشاء البلازما ايضاً ، بينما تكون هذه الانزيمات في حقيقية النواة مقتصرة على عضية خاصة في السايتوبلازم وهي المايتوكوندريا .



XXX	جدار الخلية		الرايبوسزمات المتعددة
	السلسلة التنفسية غشاء البلازما	● ● 50S	الوحدة الثانوية
	DNA	●●● 30S	الوحدة الثانوية
—	RNA	○○○	البروتين

الشكل ٢ – ١ : مخطط لخلية بكتريا القولون *Escherichia Coli*

ويمكن استخدام المجهر الالكتروني في تمييز مناطق نووية خفيفة (نيوكليويد) التي يوجد فيها الكروموسوم والمتمثل بجزيئة DNA الدائرية المفردة ، حيث يبلغ طولها واحد ملم (= ٣١٠ مايكروميتر) عندما تكون غير ملفوفة ، وتحوي على جميع المعلومات الوراثية للبكتريا. إن المعلومات الوراثية الموجودة في DNA البكتريا كافية لتشفير بناء ٢٠٠٠ – ٣٠٠٠ نوع من البروتينات. فضلاً عن الكروموسوم ، فأن قسماً من البكتريا التي تولد مقاومة للمضادات تحتوي على DNA حلقي (أو دائري) صغير يسمى البلازميد Plasmid وهو يعد كروموسوما اضافياً صغيراً الذي يمكن عزله وإعادة أندماجه مرة ثانية. كذلك يمكن ربط الجينات (وهي قطع من الـ DNA) بالبلازميد الذي ينقل بعد ذلك الى البكتريا باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية . كما يحاط بالـ DNA منطقة مظلمة من البروتوبلازم تتكون من حوالي ٢٠٠٠٠ الى ٣٠٠٠٠ جزيئة يصل قطرها حوالي ٢٥٠ انكستروم تسمى هذه الجزيئات بالرايبوسومات التي تتكون بدورها من RNA وبروتينات ، وتكون الرايبوسومات موضع البناء البروتيني. وقد توجد على شكل مجاميع تسمى متعدد الرايبوسومات Poly Ribosomes التي تتكون من وحدات ثانوية subunits (أنظر الفصل الثالث عشر) أما بقية الخلية فهي تكون مملوءة بالماء وانواع من RNA وجزيئات بروتينية (تشمل الانزيمات) وجزيئات صغيرة مختلفة.

تمتلك بعض انواع البكتريا على عضو الحركة وهو السوط حيث يكون على شكل أمتداد يصل عرضه حوالي ٠,٠١ مايكروميتر يتباين في الطول. كل سوط من هذه الاسواط يتكون من ليفة مفردة.

المايكوبلازما : Mycoplasma

يتبين مما تقدم حول خلية البكتريا حقيقة انه لابد من أن يكون هناك حد كحجم ادنى للخلية ، ومع ذلك فمها صغر حجم الخلية فيجب ان تمتلك على صفات اساسية وهي :-

١- ان يكون لها غشاء بلازمي.
٢- ان تحوي على مادة وراثية.
٣- ان تحوي على آلية بناء حيوي.

وأصغر كائن يعد ملائماً للدراسة هي البكتريا المسماة بالمايكوبلازما mycoplasma (والتي تسمى سابقاً = Pleuro-Pnemonia like organism (pplo) (اي بكتريا ذات الجنب والرئة) التي تسبب أمراضاً معدية في قسم من الحيوانات والانسان كذلك يمكن زراعتها خارج الجسم الحي كأي بكتريا. قطر هذه الاحياء يتراوح بين ٠٫٢٥ - ١٫٠ مايكرومتر وبذلك فأن حجمها قد يساوي حجم الفيروسات تقريباً. كما تعد هذه الاحياء مهمة من الناحية البايولوجية بسبب صغر حجمها حيث تكون اصغر من البكتريا بألف مرة وأصغر من خلية حقيقية النواة بمليون مرة.

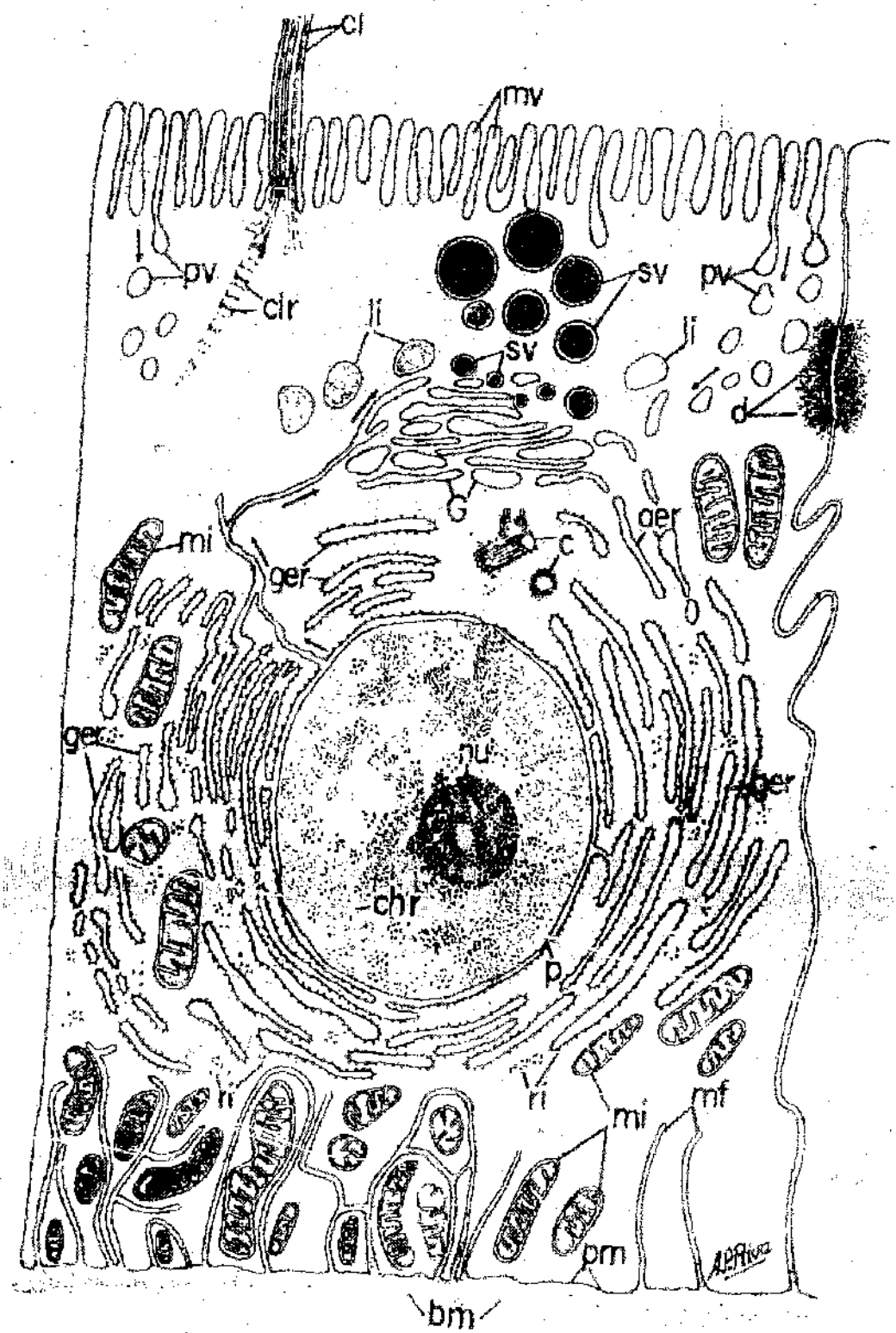
ثانياً : الكائنات حقيقية النواة : Eukaryotes

تحتوي خلايا الكائنات حقيقية النواة على كتلة صغيرة من المادة الاولية Protoplasm وتتكون من السايتوبلازم والنواة ومحاطة بغشاء البلازما Plasma membrane (شكل ٢-٢) وفيما يلي الصفات العامة المشتركة لجميع الخلايا في حقيقية النواة:

الشكل : Shape

تكون للخلايا اشكال ثابتة خاصة بها باستثناء كريات الدم البيضاء ، ويعتمد شكل الخلية بصورة خاصة على التكيف الوظيفي وجزئياً على الشد السطحي ولزوجة المادة الأولية ، وكذلك على الفعل الميكانيكي المؤثر في الخلايا المجاورة ومدى صلابة غشاء الخلية

عند فحص الخلايا تحت المجهر يتوجب علينا ان نفهم اننا نفحص الخلية بابعادها الثلاثة ، والمقاطع المفحوصة ذات الاتجاهات المختلفة ، لذلك فإن أدق طريقة تدلنا بصورة كاملة على الشكل الحقيقي للخلايا هي بعمل مقاطع مسلسلة ومتعاقبة ذات سمك معلوم ثم رسم كافة هذه المقاطع وعمل نموذج لها من الشمع.



aer = الشبكة الاندوبلازمية غير المحببة pm = غشاء البلازما chr = الكروموسوم
mv = الزغيبات d = الديسموسوم ri = الرايبوسوم nu = النوية P = الثقب
bm = الغشاء القاعدي clr = جذر الهدب sv = حويصلة الافراز cl = الهدب mf = الطية
العضلية pv = حويصلة الشرب الخلوي mi = المايتوكوندريا li = الجسم المحال ger =
الشبكة الاندوبلازمية المحببة G = معقد كولجي c = المريكز

الشكل ٢ - ٢ : مخطط عام لخلية حيوانية مثالية كما تظهر تحت المجهر الالكتروني .

الحجم :
Size

تكون بعض الخلايا الحيوانية والنباتية ذات حجم كبير بحيث يمكن مشاهدتها بالعين المجردة فعلى سبيل المثال بيوض بعض الطيور التي لها قطر يصل الى بضع سنتمترات التي تتكون على الاقل في باديء الامر من خلية واحدة ، ومع ذلك فان بقية الخلايا تتطلب بعض التكبيرات لكي نتمكن من دراستها. واصغر خلية حيوانية يصل قطرها الى حوالي ٤ مايكرومتر.

لقد تم إثبات ان حجم الخلية يكون ثابتاً بصورة عامة لكل نوع معين من الخلية ويكون بحالة مستقلة عن حجم الكائن. فعلى سبيل المثال خلايا الكلية أو الكبد تكون تقريباً بنفس الحجم في الثور ، والحصان ، والفأر ، أما الاختلاف في الكتلة الكلية للعضو فيعتمد على عدد الخلايا وليس حجمها وتسمى هذه الحقيقة بقانون الحجم الثابت Law of constant volume .

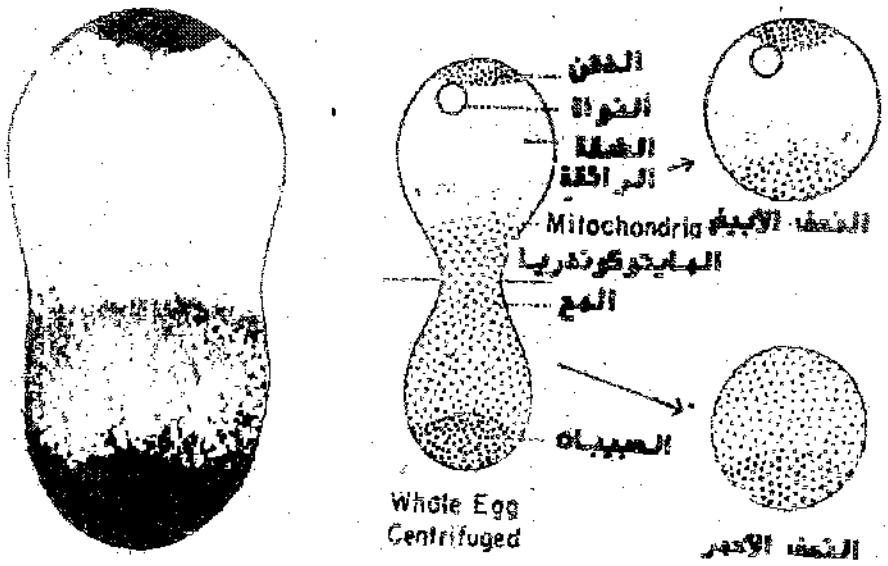
الخلايا الحية : Living cells

لايمكن دراسة الخلايا الحية تحت المجهر الالكتروني كونها سميكة بصورة عامة . ولهذا السبب استخدمت المجاهر الضوئية لمثل هذه الدراسات ، حيث يتم عزل الخلايا الحية باستخدام سائل متكافيء التركيز Isotonic liquid مثل مصل الدم ، أو محاليل ملحية فسيولوجية او في مزارع نسيجية.

كما يمكن ايضاً وضع الخلايا الحية في جهاز الطرد المركزي ومن ثم ملاحظة تأثير ذلك في مكونات الخلية وذلك باستخدام ميكرسكوب خاص.

فاذا ماعرضت بيوض قنفذ البحر للطرد المركزي فسوف يحصل على طبقات للمكونات المختلفة للجبلة الداخلية endoplasm حسب كثافة هذه المكونات كما هو مبين في الشكل ٢-٣.

حيث تستطيل البيضة وثم تتخصر عند المنطقة الوسطى وتتجمع القطرات الدهنية عند القطب البعيد عن المركز Centripetal pole، يلي ذلك مجال رائق عريض وهو قاعدة السايتوبلازم التي تحتوي على النواة. ثم تليها طبقة المايتوكوندريا ثم الاجسام الحية . أما الحبيبات الصبغية فتتجمع عند منطقة القطب وقد لوحظ العديد من الاجسام فضلاً عن المايتوكوندريا في الخلية على سبيل المثال قطرات لبيدية ذات انكسار عال واجسام محية ، وأصباغ وحبيبات خزن.



الشكل ٢ – ٣ : بيضة قنفذ البحر معرضة لفعل قوة الطرد المركزي .

الخلايا المثبتة : Fixed cells

تظهر خلايا حقيقية النواة المثبتة انظمة معقدة ، حيث يكون السايتوبلازم محاطا بغشاء البلازما الذي يحوي العديد من الاختلافات ، فالجدار الخلوي في الخلايا النباتية والغلاف في الخلايا الحيوانية تكون خارج غشاء البلازما . يكون السايتوبلازم مقسماً الى حجرات رئيسية وأخرى ثانوية بواسطة العديد من الاغشية الضمظوية Intracellular membrane التي تكون جهازاً غشائياً داخلياً كبيراً ، يكون القسم الرئيسي منه الشبكة الاندوبلازمية (الخشنة والناعمة) والغلاف النووي مع الثقوب النووية ، ومعقد كولجي ، والاجسام الحالة والمايتوكوندريا وحويصلات الخزن ... الخ .

النواة والكروماتين والكروموسومات :
Nucleus, Chromatin and Chromosomes

تعد النواة التركيب الاكثر وضوحاً داخل الخلية حيث تكون على شكل كروي وتعد قلب الخلية وهي ايضاً مستودع لجميع المعلومات الوراثية تقريباً والتي تحتاجها الخلية لتكاثرها وبناء الاجزاء المستبدلة فيها .

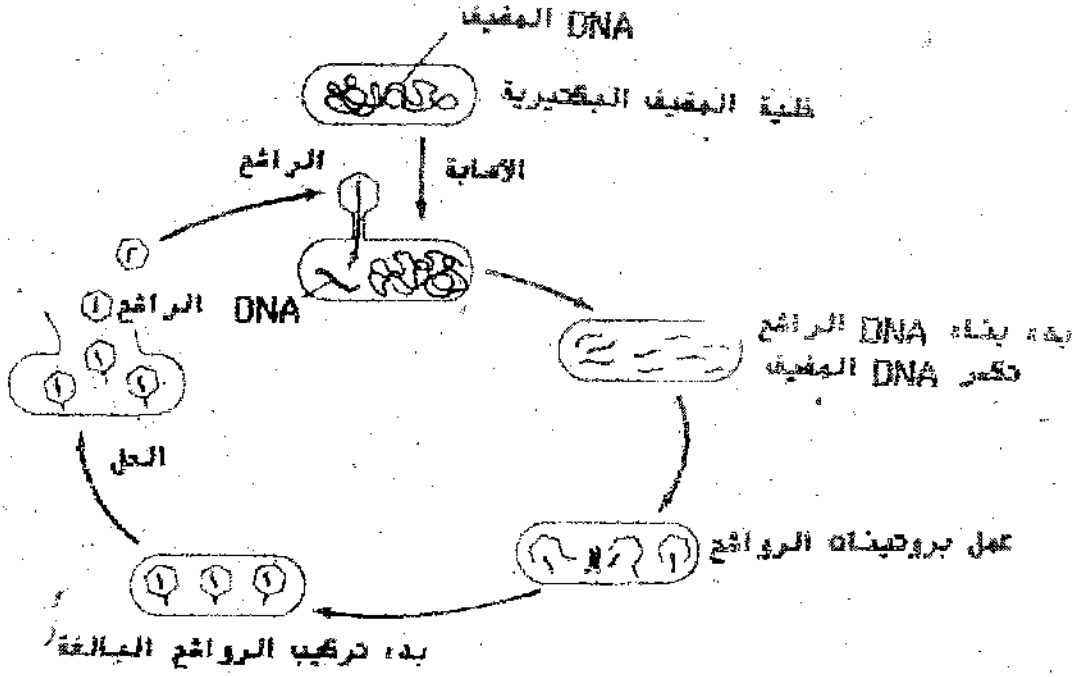
حبيبات تسمى حبيبات نيسلية من الكروماتين التي تتكون على الاغلب من بروتين و DNA ، حيث يحوي الـ DNA على المعلومات الوراثية للخلية. وينتشر الكروماتين اعتياديا داخل النواة ولكن قبل انقسام الخلية حيث يتكثف مكونا الكروموسومات التي يمكن مشاهدتها تحت المجهر الضوئي. كما يوجد في النواة النوية Nucleolus وهي تكون عادة واضحة عندما تكون الكروموسومات غير واضحة التكوين بعد. كما تختص النوية بانتاج الرايبوسومات.

الرواشح : Virouses

تعد الرواشح مجموعة مختلفة فهي لاتأتي ضمن الكائنات حقيقية النواة أو بدائية النواة . يصل حجمها بين ٠,٠٠٣ - ٠,٠٣ مايكرومتر او بحجم الرايبوسومات تقريبا الى الحجم الذي يمكن ان تشاهد تحت المجهر الضوئي. يتكون ابسط انواع الرواشح من الحامض النووي والبروتين ولكن الرواشح الاكثر تعقيدا لها انواع اضافية من الجزيئات العضوية في تركيبها. يكون الحامض النووي اما DNA او RNA وليس كلاهما. تغلف الرواشح في بعض الاحيان بغلاف ولكن هذا الغلاف في الحقيقية تحصل عليه الرواشح من الخلية المضيفة host cell وبعدها تتحرر الرواشح المتكونة من مضيفاتها لكي تعيد الدورة ثانية وهكذا يتم تكاثر الرواشح في جسم المضيف (شكل ٢-٤).

يعد هذا النوع من التضاعف الاختلاف الرئيسي الذي يميز الرواشح عن بقية الانواع الحلوية.

وكما ذكرنا سابقا حول وجوب امتلاك الخلايا الحية على الميزات الثلاث الرئيسة لكي تتمكن من البقاء والتكاثر بصورة مستقلة ، فإن الرواشح وجدت انها تمتلك على ميزة واحدة فقط من هذه الميزات الثلاث وهي احتواؤها على المادة الوراثية ، لذلك تعتمد الرواشح على خلايا المضيف لاكمال الميزات الاخرى. وبهذا يمكن اعتبارها كائنات خلوية ، ولكن هل هي احياء لها وجود (أوكينونة) ؟ سؤال لاجواب عليه بصورة نهائية ومقبولة والسبب يعود الى عدم وجود تعريف كامل للحياة يرضي الجميع.



الشكل ٢ – ٤ : دورة حياة الملتهم البكتيري ، حيث تتكون ذرية الرواشح المعدية في خلية المضيف مستفيدة من الفعاليات الحيوية للمضيف بينما تجهز المعلومات الوراثية من الراشح.

كيمياء الخلية :

تتباين الكميات النسبية لمركبات المادة الأولية المختلفة من خلية الى اخرى ومن نسيج الى آخر الخ بين بنظر الاعتبار عمر الخلية ونوع ودرجة التخصص.

ويبين الجدول رقم ٢ – ٢ النسب التقريبية للمكونات الكيميائية للخلية بعد إجراء التحليلات لها وتعد هذه المكونات إحدى الصفات المهمة للكائنات الحية عامة.

الجدول رقم (٢ - ٢)
يبين النسب التقريبية للمكونات الكيميائية للخلية.

اسم المادة	النسب المئوية	نوع المادة
الماء	٨٥-٩٠	بصورة حرة او مرتبطة
البروتين	٧ - ١٠	Albumines, globulines, and nucleoprotein
المواد الدهنية	١ - ٢	الشحوم(اللبيدات)
المواد العضوية الاخرى	١ - ١ر٥	الكاربوهيدرات
المواد غير العضوية	١ - ١ر٥	Na, K, Ca, Mg, Cl, So, Po
DNA	٠ر٤	
RNA	٠ر٧	

الماء : Water

يوجد الماء بكميات كبيرة في الخلية ويعمل مذيباً طبيعياً للأيونات المعدنية ومواد أخرى . يُعد الماء وسطاً مفرقاً او مشتتاً ذا أهمية عالية للمركب الغروي (ويمكن تعريف المركب الغروي Colloid انهُ عبارة عن انتشار مادة في أخرى بحيث تكون الصفات الكيميائية متوسطة مابين تلك التي للمحاليل الحقيقية والمعلقات) واهم أنواع الغرويات في الخلايا الحية هي نوع العنقودية المشتركة Coacervate والتي تحاول ان تكون فيها الجزيئات المنحلة في حالة متجمعة . ويتضح ان اهم انواع العنقودية المشتركة من الناحية البايولوجية هي تلك الناتجة عن التفاعل المتداخل لاثنين من الغرويات المحبة للماء hydrophilic colloids ذات شحنات متعاكسة مثل الهستونات histones والحامض النووي . أما الماء الحر فيعد مذيباً رئيسياً في الخلية ويكون وسطاً ملائماً للعديد من التفاعلات الحيوية . إن كلا نوعي الماء الحر والمرتبط يشكلان عنصرين مهمين في الحفاظ على الحالة الغروية للمادة الاولية . لذلك فإن الماء والمواد العضوية للخلية يكونان وحدات غير منفصلة أو جهازاً يُوضح بنيتها ووظيفتها.

تشترك الجزيئات المائية أيضاً في كثير من التفاعلات الانزيمية في الخلية كما في تكوين الحامض النووي من حامض الفيوماريك Fumaric acid. إن الخصائص القطبية (شحنة سالبة عند أحد الطرفين وشحنة موجبة عند الطرف الآخر) مضافاً اليها قدرة الهيدروجين للتأصر (ميل الهيدروجين لمشاركة الكترونات ذرة الأوكسجين المجاورة) هي التي تجعل الماء مذيباً عاماً تقريباً . تذوب كثير من المركبات العضوية في الماء ، ومنها تلك التي تحوي على مجموعة OH كالكحول والكيتون (C = O) والكربوكسيل COOH كالحوامض الامينية والبروتينات ومجموعة الامينات NH_2. تتحد الكربوهيدرات بالماء بمقادير متباينة لتعطي مركبات تتفاوت أشكالها مابين البلورات الى سوائل لزجة . كما إن للدهون علاقة خاصة بالماء ، لأن السلاسل الكاربونية الدهنية aliphatic الطويلة غير قطبية محبة للماء hydrophilic إذ عندما ترتبط الشحوم بمجاميع كالفوسفات او الكاربوهيدرات تصبح قطبية محبة للماء hydrophilic عند احدى نهايتيها وكارهة للماء hydrophobic (محبة للدهون) عند النهاية الاخرى . أما الأملاح فإنها تتأين بسهولة في الماء لتعطي تفاعل مشحونة .

البروتين : Protein

يمكننا القول حقاً أن البروتينات هي المكونات الأساسية للتركيب الخلوي ولوظيفته وذلك لإنها تؤلف ٨٥ ٪ من الوزن الجاف للخلايا ، (جدول رقم ٢ - ٢) . والخصوصية الموجودة فيها هي القدرة على تمييز الاختلاف بين جزيئة واخرى حيث تعطيها هذه الصفة دوراً رئيسياً في تنظيم العمليات الحيوية . حيث أن الاختلاف الطفيف بين بروتين وآخر نتيجة للفروق الضئيلة في التركيب الكيميائي وفي تسلسل احماضها الامينية يمنحها خصائص من شأنها تميز احدى أنواع الخلايا عن غيرها ، وأحد الأفراد عن غيره .

يحتوي البروتين على القواعد العضوية للمادة الأولية وهي كاربون وهيدروجين وأوكسجين ، ونتروجين وكبريت . كما تتكون جزيئة البروتين من سلسلة طويلة من الاحماض الأمينية amino acids المتحدة مع بعضها بواسطة أصرة ببتيدية .

الأحماض الأمينية Amino Acids

تحوي الأحماض الأمينية على مجموعتين أحدهما حامضية COOH والثانية قاعدية NH ، وعليه فإنها جزيئة أمفوتيرية amphoteric (ذات تفاعلين) .

تخزين هذه المجاميع في المحاليل المتعادلة ويقال للحامض الاميني في هذه الحالة بالايون الهجين Zwitterion وهو متعادل كهربائياً .

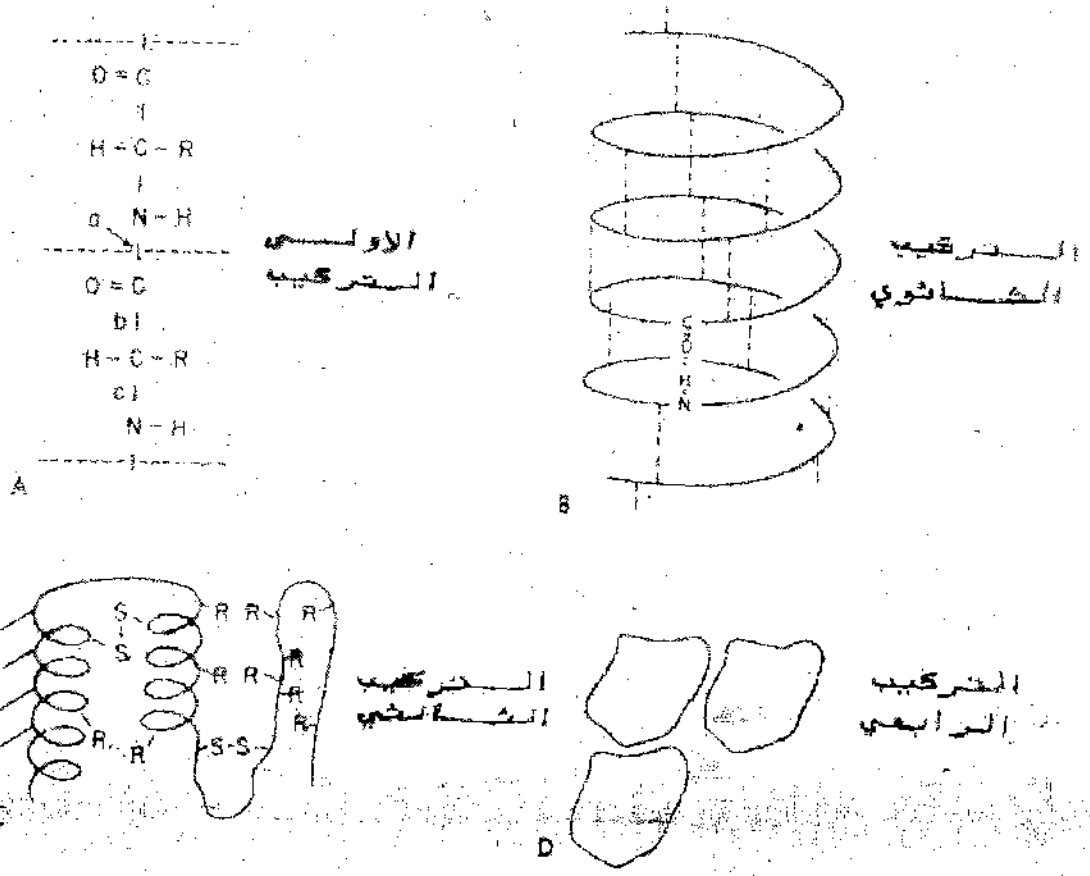
أما في المحاليل الحامضية (التي يكون فيها pH واطئاً أي أن تركيز H^+ عالٍ) يخفض تفكك مجموعة COOH وتكتسب مجموعة NH ايون H^+ بسهولة لتعطي الجزيئة NH شحنة نهائية موجبة .

أما في المحاليل القاعدية (التي يكون فيها pH عالياً أي تركيز H^+ واطيء) فمن السهل على مجموعة COOH و NH ان تفقد ايون H^+ ويصبح الحامض الاميني ذا شحنة نهائية سالبة . تدعى الببتيدات المضاعفة والمؤلفة مما يقرب من خمسين حامضاً أمينياً بالببتيدات المتعددة ، في حين تلك التي تتكون من اكثر من خمسين حامضاً فتدعى عموماً بالبروتينات .

التركيب الاولي : Primary Structure

يُعرف ترتيب الاحماض الامينية لسلسلة متعدد الببتيدات بالتركيب الاولي لجزيئة البروتين . وهي تُعد أهم الانواع حيث تبني التراكيب الأخرى لجزيئة البروتين . تشمل مجاميع من الوحدات الثانوية للبروتين على التركيب الثانوي والثالثي التي بدورها تكون التركيب الرباعي . كما يتكون العديد من البروتينات بواسطة عدد من الوحدات الثانوية لمتعدد الببتيدات (شكل ٢ – ٥) .

تنتظم الاحماض الامينية في جزيئة البروتين على شكل خرزات مشكوكة ويُعد ترتيبها مهماً جداً من الناحية البايولوجية حيث إن أي تغيير في حامض أميني واحد لجزيئة الهيموكلوبين يسبب تغييراً بيولوجياً ملحوظاً .



الشكل ٢ – ٥ : المستويات الاربعة في تركيب البروتينات كما هي موضحة في جزيئة الهيموكلوبين

التركيب الثانوي : Secondary Structure

تكون سلسلة متعدد الببتيدات في بعض الاحيان مستقيمة إذا ما تكّون البروتين من عدة مئات من الاحماض الامينية ولكن أغلب الأحيان تظهر أشكالاً أخرى تسمى بما يعرف بالتركيب الثانوي ومثال على ذلك helix keratin - و keratin- (شكل ٢-٥).

التركيب الثالثي : Tertiary Structure

إن مايسمى بالبروتينات الكروية توجد فيها سلسلة متعدد الببتيدات متصلة مع بعض بطريقة بحيث تشكل تركيباً معقداً بابعاد ثلاثة . إن الترتيب لهذه السلاسل يُعد مُعقداً جداً ولكن يمكن حلها بواسطة استخدام تقنية حيود الاشعة السينية X-ray diffractions .

إن المناطق غير الملولبة في البروتين الكروي هي التي تسمح بتكوين الطيات foldings وهذا الطي لايحدث بصورة عشوائية بل بنمط مُعين . وهناك تركيب رابعي Quaternary structure حيث توجد سلسلتان من متعددة الببتيدات او اكثر في جزيئة البروتين (شكل ٢ – ٥) .

وبعد أن عرفنا تراكيب البروتين الأربعة تجدر الاشارة هنا الى أهم أنواع البروتينات وهي تقسم الى قسمين رئيسيين : –

١ – البروتينات البسيطة : Simple Proteins

وهي المركبات التي عند تحللها تنتج بصورة خاصة احماضاً أمينية الفة alph amino acids ومن اهم هذه المجاميع هي :

أ – بروتينات البيض : مثل زلال البيض Egg albumin المحين Vitelline في مح البيض . حيث تذوب في الماء وتتصلب بالحرارة .

ب – بروتينات البلازما واللمف : مثل الكلوبيولين Globulins حيث لايذوب في الماء لكنهُ يذوب في محاليل الملح المخففة .

جـ – البروتامين : تكون المركبات القاعدية قوية لخلايا الحيمن (مثال على ذلك Salmine, Clupin) وبعضها أقل قاعدية مثل الهستونات حيث وجدت في الكثير من نويات الخلية .

٢ – البروتينات المقترنة : Conjugated Proteins

وهي التي تعادل بروتيناً بسيطاً فضلا عن مواد اخرى تسمى مجموعة الـ Prosthetic وتنتج عند تحللها أحماضاً أمينية الفة alpha amina acid فضلاً عن مركبات عضوية أخرى . ومن المجاميع التي تشتمل عليها البروتينات المقترنة هي :

أ – البروتينات النووية : Nucleo Proteins

مثل بروتين الكروموسوم والبروتين الرايبوسومي اللذين لهما دور مهم في الخلية .

ب - البروتينات الليبدية : Lipo Proteins

وهي بروتينات مع حوامض دهنية عالية .

ج - البروتينات السكرية : Glyco Proteins

وهي بروتينات مع كاربوهيدرات .

د - البروتينات التنفسية : Chromato Proteins

حيث تُعد مجاميع ذات انتشار واسع وتشمل على الكلوبين الدموي hemoglobin، السايتوكرومات والهيموسيانين Heamocyanin.

الآواصر في جزيئة البروتين :

إن الآصرة الهيدروجينية الضعيفة تكون مسؤولية على إبقاء سلسلة متعدد الببتيد مع بعض . وتُعد هذه الآصرة من نوع الكهروستاتيكية ومهمة حيث إن ذرة الهيدروجين ترتبط بواسطة اثنين من الذرات القوية الكهرومغناطيسية ، لذلك فإن الآصرة الهيدروجينية يمكن أن تكون نوعاً من الجسر بين ذرتين سالبتين قويتين مثال ذلك كاربون ، نتروجين .

هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من الآواصر :

١ - الآصرة التساهمية Covalent bond.

٢ - الآصرة الايونية Ionic bond

٣ - الآصرة البينية Intermediate bond

الاحماض النووية : Nucleic Acids

موقعها : Location

توجد الأحماض النووية في النواة وفي السايتوبلازم فالموجود في النواة يكون متزاملاً مع الكروموسومات ، وهذه الحوامض مهمة في نقل المعلومات الوراثية من النواة الى السايتوبلازم حيث تتم عملية البناء البروتيني .

التركيب الكيميائي للأحماض النووية :
Chemical Structure of Nucleic Acids

هناك نوعان رئيسيان من الاحماض النووية هما الحامض النووي الرايبوزي اللاوكسجيني DNA والحامض النووي الرايبوزي RNA.

يحتوي الحامض النووي على سكر الرايبوز والرايبوز اللاأوكسجيني deoxy ribose وقواعد نتروجينية بيريميدينية Pyrimidine (وتشمل على السايتوسين Cytocine والثايمين thymine) ، وبيورنية purines (وتشمل على الكوانين guanine والادنين adenine) . وأهم القواعد النتروجينية في الـ DNA هي A, T, G, C أما الـ RNA فيحوي على القواعد النتروجينية A, U, G, C. وهناك اختلاف آخر بين الاحماض النووية حيث يكون الاوكسجين مفقوداً من موقع الكاربون لسكر الرايبوز في الـ DNA.

كما توجد علاقة خاصة بين قواعد البيورين والبيريميدين حيث يتصل أحد القواعد النتروجينية في مجموعة البيورين مع قاعدة نتروجينية خاصة من مجموعة البيريميدين ولهذا فإن نسبة A ; T تساوي 1 : 1 أما نسبة C / G فهي ليست ثابتة دائماً حيث تعتمد على نوع الكائن الحي . يبقى السؤال هنا عن نوع السيطرة التي يمتلكها الحامض النووي على الأفعال الحيوية في الخلية ؟ والإجابة على السؤال ليست كاملة ولكن المتفق عليه بصورة واضحة هي العلاقة بين الـ DNA ومواضع المعلومات الوراثية .

أما الـ RNA فتكون علاقته بتركيب البروتين حيث يعمل على شكل حامل لمعلومات الوراثية من الكروموسوم في النواة الى السايتوبلازم محل تركيب او بناء البروتينات ، باستثناء بعض الرواشح مثل راشح تبرقش التبغ TMV (Tobacco mosaic virus) حيث أن الـ RNA هو الحامض النووي الوحيد الذي يقوم مقام الـ DNA (انظر الفصل الحادي عشر) .

نموذج واطسون وكريك : Watson and Crick Model

استطاع كل من واتسون Watson وكرك Crick وبمساعدة طرائق الكيمياء الحيوية وحيود الاشعة السينية أن يفترضا نموذجاً سنة ١٩٥٣ يوضحان فيه طبيعة

ب – البروتينات الليبدية : Lipo Proteins

وهي بروتينات مع حوامض دهنية عالية .

ج – البروتينات السكرية : Glyco Proteins

وهي بروتينات مع كاربوهيدرات .

د – البروتينات النفسية : Chromato Proteins

حيث تُعد مجاميع ذات أنتشار واسع وتشمل على الكلوبين الدموي hemoglobin، السايتوكرومات والهيموسيانين Heamocyanin.

الأواصر في جزيئة البروتين :

إن الأصرة الهيدروجينية الضعيفة تكون مسؤولية على إبقاء سلسلة متعدد الببتيد مع بعض . وتُعد هذه الأصرة من نوع الكهروستاتيكية ومهمة حيث إن ذرة الهيدروجين تربط بواسطة اثنين من الذرات القوية الكهرومغناطيسية ، لذلك فإن الأصرة الهيدروجينية يمكن أن تكون نوعاً من الجسر بين ذرتين سالبتين قويتين مثال ذلك كاربون : نتروجين .

هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من الأواصر :

١ – الأصرة التساهمية Covalent bond

٢ – الأصرة الايونية Ionic bond

٣ – الأصرة البينية Intermediate bond

الاحماض النووية : Nucleic Acids

موقعها : Location

توجد الأحماض النووية في النواة وفي السايتوبلازم فالموجود في النواة يكون متزاملاً مع الكروموسومات ، وهذه الحوامض مهمة في نقل المعلومات الوراثية من النواة الى السايتوبلازم حيث تتم عملية البناء البروتيني .

التركيب الكيميائي للأحماض النووية :

Chemical Structure of Nucleic Acids

هناك نوعان رئيسيان من الأحماض النووية هما الحامض النووي الرايبوزي اللاوكسجيني DNA والحامض النووي الرايبوزي RNA.

يحتوي الحامض النووي على سكر الرايبوز والرايبوز اللاأوكسجيني deoxy ribose وقواعد نتروجينية بيريميدينية Pyrimidine (وتشمل على السايتوسين Cytocine والثايمين thymine) ، وبيورنيية purines (وتشمل على الكوانين guanine والادنين adenine) . وأهم القواعد النتروجينية في الـ DNA هي A, T, G, C أما الـ RNA فيحوي على القواعد النتروجينية A, U, G, C. وهناك اختلاف آخر بين الأحماض النووية حيث يكون الاوكسجين مفقوداً من موقع الكاربون لسكر الرايبوز في الـ DNA.

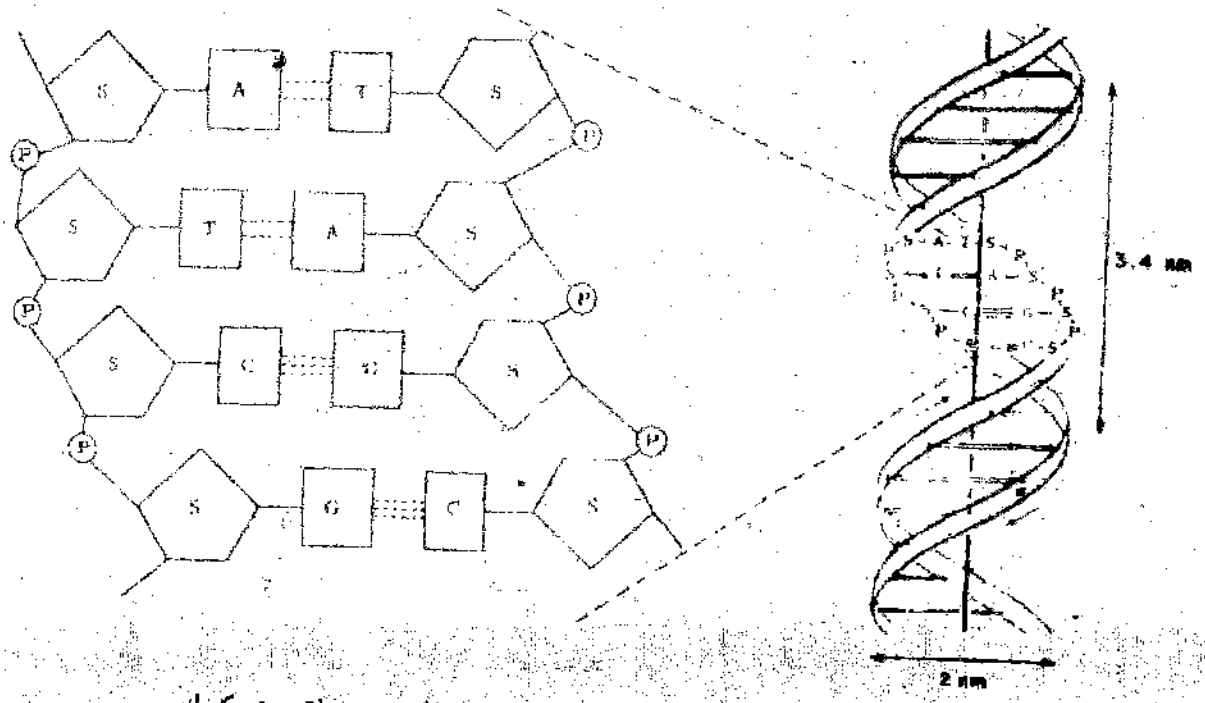
كما توجد علاقة خاصة بين قواعد البيورين والبيريميدين حيث يتصل أحد القواعد النتروجينية في مجموعة البيورين مع قاعدة نتروجينية خاصة من مجموعة البيريميدين ولهذا فإن نسبة A : T تساوي 1 : 1 أما نسبة C / G فهي ليست ثابتة دائماً حيث تعتمد على نوع الكائن الحي . يبقى السؤال هنا عن نوع السيطرة التي يمتلكها الحامض النووي على الأفعال الحيوية في الخلية ؟ والإجابة على السؤال ليست كاملة ولكن المتفق عليه بصورة واضحة هي العلاقة بين الـ DNA ومواضع المعلومات الوراثية .

أما الـ RNA فتكون علاقته بتركيب البروتين حيث يعمل على شكل حامل لمعلومات الوراثية من الكروموسوم في النواة الى السايتوبلازم محل تركيب او بناء البروتينات ، باستثناء بعض الرواشح مثل راشح تبرقش التبغ TMV (Tobacco mosaic virus) حيث أن الـ RNA هو الحامض النووي الوحيد الذي يقوم مقام الـ DNA (انظر الفصل الحادي عشر) .

نموذج واطسون وكريك : Watson and Crick Model

استطاع كل من واتسون Watson وكرك Crick وبمساعدة طرائق الكيمياء الحيوية وحيود الأشعة السينية أن يفترضا نموذجاً سنة ١٩٥٣ يوضحان فيه طبيعة

جزيئة الـ DNA التي لاقى قبولاً واسع النطاق ، حيث تتألف هذه الجزيئة أساساً من سلسلتي بنتوز – فوسفات في ترتيب حلزوني مجدول مزدوج مرتبط ببعضه بازواج القواعد التي ترتبط بدورها بأواصر الهيدروجين (شكل ٢ – ٦) .



الشكل ٢ – ٦ : نموذج جزيئي لـ DNA المزدوج اللولب والمقترح من واتسون وكريك .

تكون طول كل طية من الحلزون مايقرب من ٣,٤ نانوميتر ويوجد مايقرب من ١٠ ازواج من القواعد في كل طية ويبلغ القطر مايقرب من ٢٠٠٠ نانوميتر وهذه المسافة تتفق مع اصغر فراغ ملائم لأزواج القواعد وعلى اساس هذه القياسات تكون القواعد أدنين . ثايمين – كوانين – سايتوسين .

ان معظم التحاليل التي اجريت على الـ DNA قد اظهرت وجود علاقة بنسبة 1:1 بين الادنين والثايمين وبين الكوانين والسايتوسين .

وسوف يتم التطرق بصورة مفصلة اكثر في الفصل الحادي عشر حول الاحماض النووية.

اللبيد : Lipid

تكون اللبيدات مهمة في كثير من الافعال الحيوية للخلية وبالاخص في عملية الايض التاكسدي Oxidative metabolism الذي يشمل كلا من المايتوكندريا والبلاستيدات.

تصنف اللبيدات الى الانواع الاتية :-

١- اللبيدات البسيطة : Simple Lipids

وهي ايستر الكحول للحوامض الدهنية وتشمل :

أ . الشحوم الطبيعية : Glycerides ، واحياناً تسمى ثلاثي الكلسيريدات triglycerides التي هي ثلاثي الايستر triesters للحامض الدهني والكليسيرول.

ب . الشمع : Wax ، والتي هي ايسترات للحوامض الدهنية مع كحول غير الكليسيرول مثل شمع النحل.

٢- الستيرويد : Steroid

وهي مشتقات هايدروكربون تتصف بتعدد الحلقات Cyclopentose وتعود مجموعة من المواد ذات الاهمية الكبيرة الى الستيرويد مثل هورمونات الجنس كورتيكوستيرون Corticosteron وهورمونات اللحاء الكظري (المجاور للكلية) adrenal cortical وقسم من الفيتامينات مثل فيتامين D, E, K .

٣- اللبيدات المقترنة : Conjugated Lipids

وهي التي تنتج عند تحللها مواد اخرى فضلاً عن الكحول والحوامض ومنها :-

أ . اللبيدات المفسفرة : Phospholipids

حيث تحتوي على فوسفات ونتروجين وتشمل هذه المجموعة على Lecithin ، Cephalin ، Sphingomylein و acetal phospholipids .

ب . الليبيدات جانبية المخ : crosides

وهي حوامض دهنية متحدة مع نتروجين تحتوي على كاربوهيدرات وتشمل هذه المجموعة على Kerasin و Phrenosin كما وتوجد بالاخص على شكل مكونات الـ myelin للخلايا في العصب.

٤- الليبوكرومات : Liphochromes

وهي اصباغ حمراء او برتقالية في الخلية تذوب في مذيبات عضوية ولاتذوب في الماء وتشمل هذه المجموعة على الكاروتين في الجزر والزانثوفيل في الالياف وفيتامين A .

الكاربوهيدرات : Carbohydrates

وهي مركبات كثيرة الانتشار في الكائنات الحية من نبات أو حيوان ، وهي المصدر الاساسي للطاقة اللازمة للفعاليات المختلفة.

تحتوي الكاربوهيدرات على ثلاثة عناصر هي الكاربون والهيدروجين والاوكسجين وتكون النسب بين الهايدروجين والاوكسجين كما هي النسبة بينها في الماء H_2O والصيغة العامة لتركيب الكاربوهيدرات هي $Cn(H_2O)n$ تبعاً لنوعية الجذر او المجموعة المرتبطة بذرات الكاربون.

يمكن تصنيف الكاربوهيدرات الى ثلاثة مجاميع وهي :

١- سكر أحادي (أو السكر البسيط) : Monosaccharides

وتركيبه الكيميائي $C_6H_{12}O_6$ ، تعتمد على عدد ذرات الكاربون في السلسلة مثلاً ترايوز triose لها ثلاث حلقات كاربونية وبنتوز pentose لها خمس حلقات كاربونية وهكذا. وعد الكلوكوز من السكريات السداسية الكاربون وهو يعد مصدراً رئيسياً للطاقة في الخلية.

٢- سكر ثنائي : Disaccharides

وتركيبه الكيميائي $C_{12}H_{22}O_{11}$. يتكون من اتحاد جزيئتين سكر احادي. ومن اشهر انواعها المالتوز واللاكتوز والسكروز.

٤- الكبريت : Sulpher

من المركبات غير العضوية التي تعد مهمة لتجهز الارتباط في جهاز الخيط المغزلي اثناء انقسام الخلية.

٥- المغنيسيوم والمنغنيز: Magnesium Mg and Manganese Mn

قد تخدم على شكل عوامل مساعدة لفعالية انزيمات خاصة.

اما وجود الحديد والكالسيوم والمغنيسيوم في النواة فيعد احد الادلة التي تبرهن على وجود رابطة خاصة بين الايونات والتنظيم الجزيئي للكروموسومات.

■ ■ ■

٣- السكريات المتعددة : Polysaccharides

وتركيبها الكيميائي $Cn(H_2O)n$. حيث تتكون الجزيئة الواحدة من اتحاد عدد من جزيئات السكر الاحادي مكونة جزيئة كبيرة لاتذوب في الماء بسهولة وتعمل محلولاً غروياً عند تسخينها مع الماء. ومن اهم انواعها النشأ ، السليلوز الذي يعد من المركبات الرئيسية في جدار الخلية النباتية والانيولين.

هناك انواع مهمة من المركبات التي تعود الى السكريات المتعددة وتحتوي على أحماض امينية او متحدة مع البروتينات ويطلق عليها بالسكريات المتعددة المخاطية Mucopolysaccharide.

المركبات غير العضوية : Inorganic Components of the Cell

بجانب الاملاح التي توجد في الخلية المتحدة مع الجزيئات العضوية يوجد ايضاً الكثير من الاملاح اللاعضوية بصورة طليقة او بحالة متأينة . وتكون العلاقة بين مختلف الاملاح اللاعضوية وبين الاملاح والمكونات العضوية معقدة للغاية ، فهي تحافظ بصورة عامة على الموازنة الايونية الضرورية للعمليات الفسلجية المختلفة في الخلية ، وهذه المركبات هي :

١- تلك التي توجد بحالة ايونية مثل جزيئات موجبة الشحنة أو cations مثل Na^+ وجزيئات سالبة الشحنة أو anions مثل Cl^- .

٢- مجموعة الفوسفات PO_4^{3-} .

وهي احد الايونات المهمة في تنظيم او بنية المادة الاولية وفي فعاليته الحيوية . وقد وجدت هذه المجموعة متلازمة مع البروتينات على شكل بروتينات مفسفرة او ليبيدات مفسفرة.

٣- اديوسين ثلاثي الفوسفات : Adenosine Triphosphat ATP

ويعد المصدر الرئيسي للطاقة في الخلية حيث ان رابطة المجاميع الفوسفاتية تظهر مستويات ذات طاقة عالية.