جامعة الأنبار – كلية التربية للبنات

أسم المادة: علم الخلية Cytology

-عنوان المحاضرة الثانية-

كيمياء الخلية Cell Chemistry

مدرسة المادة: د. هديل عبدالأله عبد الرزاق

- المصادر العلمية المتبعة في محاضرات بايولوجية الخلية :

1. عزيز، جبرائيل برصوم .1991 . بايولوجية الخلية
2. الفيصل ، عبد الحسين . 2000 . الخلية : التركيب الدقيق والوظائف
3. الربيعي ، عباس حسين مغير. 2013 . علم حياة الخلية

– علم الخلية Cytology –

– المحاضرة الثانية –

– كيمياء الخلية Cell Chemistry :

أن التعريف الكيميائي للخلية والذي ينص (هي تجمع لعدد هائل من الجزيئات المختلفة والتي تنتظم بصورة عالية الدقة تمكن الخلية من أداء فعاليتها الحياتية المختلفة) . تتباين الكميات النسبية لمركبات المادة الأولية المختلفة من خلية إلى أخرى ومن نسيج إلى أخر أخذين بنظر الأعتبار عمر الخلية ونوع درجة التخصص .

– المكونات الكيميائية للخلية : Chemical Components of the Cell

لقد أولى علم الخلية اهتماما كبيرا بدراسة المكونات الكيميائية لأجزاء الخلية تمهيدا لدراسة تنظيمها الجزيئي ، وقد ترافقت تلك الدراسة مع تطور تقنيات دراسة الخلية ، فقد تضمنت المحاولات الأولى تحليلات كيمياوية لأنسجة تامة كالكبد والمخ والأنسجة المولدة. إلا أن نتائج تلك التحليلات لم تكن دقيقة بما فيه الكفاية. أن المادة التي استخدمت في التحليلات كانت مزيجا لأنواع متعددة من الخلايا اضافة إلى مواد خلوية وخارجية. وبظهور تقنية الطرد المركزي وعزل الأجزاء الخلوية عن بعضها البعض اصبحت المعلومات بخصوص التركيب الجزيئي لمكونات الخلية اكثر أهمية ودقة.

– أولا : العناصر الكيميائية :

يدخل في بنية الخلايا مجموعة من العناصر الكيميائية التي يمكن تقسيمها إلى :

– العناصر الكبيرة : Macroelements

وهي كبيرة المقدار وتدخل في بناء الخلية الحيوانية وتشكل 9.99% من التركيب الكيميائي وينتمي إلى هذه العناصر الكبيرة أحد عشر عنصرا يشكل ذرات الكاربون والاوكسجين والهيدروجين النسبة العظمى منها (95% من المادة الحية) ، بينما يشكل كل من الكبريت والكلور والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور 4.9% من المادة الحية.

– العناصر المكروية : Microelements

وتدعى ايضا العناصر الزهيدة Oligoelements ومثالها الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والكوبالت والنيكل واليود والبروم والألمنيوم....وهي تقوم بدور وسيطي أساسي عند سير التفاعلات الكيميائية الحيوية biochemical reactions. فالحديد يدخل في تركيب خضاب الدم والكوبالت يدخل في تركيب الفيتامين B12، والزنك يزيد من فعالية الهرمونات الجنسية عند الثدييات ، واليود يدخل في بنية هرمونات الغدة الدرقية.

ثانيا – المركبات الكيميائية :

يمكن تقسيم المركبات الكيميائية التي تدخل في بنية الخلية إلى زمرتين كبيرتين وهما :

1. المواد اللاعضوية inorganic substance (matters): وتضم الماء والمواد المعدنية والغازات.
2. المواد العضوية organic substance (matters): وتضم السكريات والبروتينات والشحميات والحوامض النووية والأنزيمات والفيتامينات والهرمونات.

– المكونات اللاعضوية Inorganic Components :

– الماء Water :

يمثل الماء النسبة الكبيرة في تركيب الخلايا حيث تبلغ نسبته حوالي 60–90% وهو مايجعل الأوكسجين والهيدروجين تبعا لذلك يحتلان النسبة العالية في الخلايا وتتوزع باقي النسب على المركبات العضوية واللاعضوية وغيرها . يتألف الماء من جزيئات مترابطة مع بعضها بأواصر هيدروجينية متعددة وتتركب الجزيئة الواحدة منه من ذرة أوكسجين وذرتان من الهيدروجين .

أن ذرة الأوكسجين ذات شحنة سالبة ثنائية التكافؤ لذلك ترتبط بها ذرتا الهيدروجين مؤدية إلى تكوين جزيئة الماء ذات القطبية الثنائية الضعيفة . يعد الماء وسطا مفرقا أو مشتتا ذا أهمية عالية للمركب الغروي (عبارة عن أنتشار مادة في أخرى بحيث تكون الصفات الكيميائية متوسطة ما بين تلك التي للمحاليل الحقيقية والمعلقات) ، أما الماء الحر فيعد مذيبا رئيسيا في الخلية ويكون وسطا ملائما للعديد من التفاعلات الحيوية . أن كلا نوعي الماء الحر والمرتبط يشكلان عنصرين مهمين في الحفاظ على الحالة الغروية للمادة الأولية وتشترك الجزيئات المائية أيضا في كثير من التفاعلات الأنزيمية في الخلية . إن الخصائص القطبية (شحنة سالبة عند أحد الطرفين وشحنة موجبة عند الطرف الأخر) مضافا إليها قدرة الهيدروجين للتأصر (ميل الهيدروجين لمشاركة ألكترونات ذرة أوكسجين المجاورة) هي التي تجعل الماء مذيبا عاما تقريبا.

– الرابطة الهيدروجينية لجزيئة الماء Hydrogen bonds of water molecule:

الاواصر الهيدروجينية هي قوى جذب ضعيفة بين ذرة سالبة الالكترونات (N أو O) وبين ذرة (O-H أو N-H) فجزيئة الماء في الحالة السائلة لها القابلية على تكوين اواصر هيدروجينية مع جزيئة ماء أخرى فضلا عن ذلك تستطيع تكوين اواصر هيدروجينية مع مركبات (الهيدروكسيل والفوسفات والأمين) ونظرا لاحتواء جزيئات الماء على هاتين الخاصيتين (القطبية والاصرة الهيدروجينية) فانه يمتلك الصفات الأتية :

1. الماء كمذيب Water A solvent
2. يعد الماء متماسكا ومتلاصقا Water is Cohesive and adhesive
3. قابلية استيعاب عال للحرارة High Heat Capacity

4. ارتفاع درجة حرارة التبخر High heat of vaporization

5. درجة انصهار عالية High melting point

– المكونات العضوية : Organic Components

ان المكونات العضوية هي عبارة عن سلاسل طويلة مكونة من تكرار وحدات معينة متصلة مع بعضها بواسطة روابط كيميائية وتسمى هذه الوحدات البنائية مونومير (احادي الوحدة) Monomer بينما تدعى الجزيئة الكبيرة المكونة من تكرار المونوميرات بالبوليمير (متعدد الوحدات Polymer) ان اختلاف عدد المونوميرات المكونة لجزيئة كبيرة معينة يؤدي إلى تكوين جزيئات ذات صفات مختلفة منها ومن المكونات العضوية للخلية البروتينات والكربوهيدرات واللبيدات Lipids والأحماض النووية.

1. البروتين Proteins :

البروتينات هي المكونات الأساسية للتركيب الخلوي ولوظيفته وذلك لأنها تؤلف 85% من الوزن الجاف للخلايا ، والخصوصية الموجودة في البروتينات هي القدرة على تمييز الاختلاف بين جزيئة وأخرى حيث تعطيها هذه الصفة دورا رئيسيا في تنظيم العمليات الخلوية ، حيث أن الاختلاف الطفيف بين بروتين وأخر نتيجة للفروق الضئيلة في التركيب الكيميائي وفي تسلسل أحماضها الأمينية يمنحها خصائص من شأنها تميز أحدى أنواع الخلايا عن غيرها وأحد الأفراد عن غيره يحتوي البروتين على القواعد الضعيفة للمادة الأولية وهي كاربون وهيدروجين وأوكسجين ونتروجين وكبريت ، كما تتكون جزيئة البروتين من سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية المرتبطه مع بعضها بواسطة أصرة ببتيدية .

– تراكيب البروتين :

1.التركيب الأولي : Primary Structure

يعرف ترتيب الأحماض الأمينية لسلسلة متعددة الببتيدات بالتركيب الأولي لجزيئة البروتين ، وهي تعد أهم الأنواع حيث تبنى التراكيب الأخرى لجزيئة البروتين تشمل مجاميع من الوحدات الثانوية للبروتين على التركيب الثانوي والثالثي التي بدورها تكون التركيب الرباعي .

تنتظم الأحماض الأمينية في جزيئة البروتين على شكل خرزات مشكوكة ويعد ترتيبها مهما جدا من الناحية البايولوجية حيث أن أي تغيير في حامض أميني واحد لجزيئة الهيموكلوبين يسبب تغييرا بايولوجيا ملحوظا.

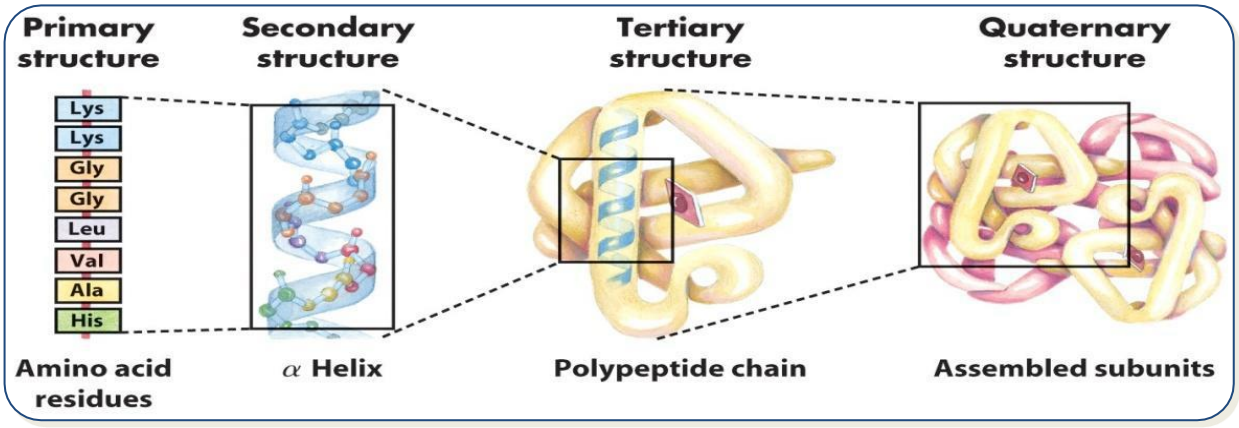
2 .التركيب الثانوي Secondary Structure

تكون سلسلة متعدد الببتيدات في بعض الأحيان مستقيمة إذا ماتكون البروتين من عدة مئات من الأحماض الأمينية ولكن أغلب الأحيان تظهر أشكالا أخرى تسمى بما يعرف بالتركيب الثانوي ومثال على ذلك alpha–helix .

3. التركيب الثالثي Tertiary Structure:

إن ما يسمى بالبروتينات الكروية توجد فيها سلسلة متعدد الببتيدات متصلة مع بعض بحيث تشكل تركيبا معقدا بأبعاد ثلاثة ، إن الترتيب لهذه السلاسل يعد معقدا جدا ولكن يمكن حلها بواسطة استخدام تقنية حيود الأشعة السينية X-ray diffractions.

4- التركيب الرباعي Quaternary structure: وفيه ترتبط وحدات مختلفة أو متشابهة من السلاسل الببتيدية (subunits) مع بعضها البعض لتكون الشكل الرباعي الأبعاد للبروتين. مثال جزئ الهيموجلوبين المتكون من أربعة وحدات مرتبطة معاً.



وبعد أن عرفنا تراكيب البروتين الأربعة تجدر الإشارة هنا إلى أهم أنواع البروتينات وهي تقسم إلى قسمين رئيسين:

1. البروتينات البسيطة Simple Proteins :

وهي المركبات التي عند تحللها تنتج بصورة خاصة أحماضا أمينية أليفة ومن أهم هذه المجاميع هي :

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

ب. بروتينات البلازما واللمف : مثل الكلوبيولين Globulins حيث لاتذوب في الماء لكنه يذوب في محاليل الملح المخففة .

ج. البروتامين : تكون المركبات القاعدية قوية وبعضها أقل قاعدية مثل الهستونات حيث وجدت في الكثير من نويات الخلية .

2. البروتينات المقترنة Conjucated Proteins :

وهي التي تعادل بروتينا بسيطا فضلا عن مواد أخرى وتنتج عند تحللها أحماضا أمينية أليفة فضلا عن مركبات عضوية أخرى . ومن المجاميع التي تشتمل عليها البروتينات المقترنة هي :

أ. البروتينات النووية Nucleo Proteins

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

ب. البروتينات اللبيدية Lipo Proteins

وهي بروتينات مع حوامض دهنية عالية.

ج. البروتينات السكرية Glygo Proteins

وهي بروتينات مع كاربوهيدرات.

د. البروتينات التنفسية Chromato Proteins:

حيث تعد مجاميع ذات أنتشار واسع وتشمل الكلوبين الدموي hemoglobin ، السايتوكرومات والهيموسيانين.

3- الأحماض النووية Nucleic Acids :

- موقعها Locations :

توجد الأحماض النووية في النواة والسايتوبلازم فالموجود في النواة يكون متزاملا مع الكروموسومات ، وهذه الخواص مهمة في نقل المعلومات الوراثية من النواة إلى السايتوبلازم حيث تتم عملية البناء البروتيني .

- تركيب الأحماض النووية :

الأحماض النووية هي سلسلة من عديد الوحدات (بوليمرات) مشابهة لما هو الحال في البروتينات إلا أنها تختلف عنها في الصفات والوظائف . تتألف سلسلة عديد الوحدات في الحامض النووي من نيوكليوتيدات متكررة تنتظم بطريقة معينة مؤلفة زوج من السلاسل التي تلتف على بعضها بطريقة منظمة خاصة في الحامض النووي DNA بينما يتألف الحامض النووي RNA من سلسلة مفردة.

لقد تبين من خلال التحليل الكيميائي للأحماض النووية بأن النيوكليوتيدات مؤلف من سكر خماسي وقاعدة نايتروجينية ومجموعة فوسفات ، لقد بينت هذه التحاليل بأن النيوكليوتيدات الحامض النووي DNA مؤلفة من سكر خماسي منقوص الأوكسجين مقارنة مع سكر خماسي ذو مجموعتي هيدروكسيل في الحامض النووي RNA ، كما تبين بأن نيوكليوتيدات الحامض النووي RNA لا تحتوي على قاعدة الثايمين المتوفرة في نيوكليوتيدات الحامض النووي DNA بل تستبدل هذه باليوراسيل .

لقد أتاحت الدراسات الكيميائية على الأحماض النووية معرفة الكثير من المعلومات عنها منها أن نسبة القواعد النايتروجينية في الأحماض النووية مختلفة وأنها تختلف من حامض نووي لنوع معين في الأحياء إلى أخر .

ترتبط النيوكليوتيدات المؤلفة لسلاسل الأحماض النووية بطريقة معينة بحيث ترتبط المجموعة الفوسفورية الواقعة في النهاية الخامسة لنيوكليوتيد مع ذرة الكاربون الثالثة لسكر نيوكليوتيد التالي . تدعى هذه الروابط الفسفور ثنائي الأستر وهي تمثل العمود الفقري لسلاسل عديد النيوكليوتيدات المؤلفة للحامض النووي.

أن اتجاهات ارتباط مجموعة الفوسفات لذرة الكاربون الخامسة لسكر نيوكليوتيد مع ذرة الكاربون الثالثة لسكر النيوكليوتيد التالي تستمر على طول السلسلة '5 ⟵ 3 , 5 ⟵ '3 مما يولد قطبية معينة ذات أهمية في التضاعف والوظائف الوراثية ، ونتيجة لذلك فأن كل سلسلة من سلاسل الحامض النووي تنتهي بمجموعة فوسفوريل في النهاية الخامسة ومجموعة هيدروكسيل في النهاية الثالثة .

تترتب نهايات شريطي الحامض النووي باتجاهات متعاكسة (في الحامض النووي DNA) حيث يبدأ الشريط الأول بالنهاية الخامسة لينتهي بالنهاية الثالثة بينما يبدأ الشريط الثاني بنهايته المجاورة لبداية الشريط الأول بالنهاية الثالثة لينتهي بالنهاية الخامسة وهو ما يطلق عليه بالتوازي المتضاد ، ولا يمكن مشاهدة التوازي المتضاد في الحامض النووي RNA لأنه يتألف من شريط مفرد فقط.

3. اللبيد Lipid :

تكون اللبيدات مهمة في كثير من الأفعال الحيوية للخلية وبالأخص في عملية الأيض التأكسدي Oxidative metabolism الذي يشمل كلا من المايتوكوندريا والبلاستيدات .

تصنف اللبيدات إلى الأنواع الأتية :

أ. اللبيدات البسيطة Simple Lipids :

وهي أيستر الكحول للحوامض الدهنية وتشمل :

1. الشحوم الطبيعية Glycerides :

وأحيانا تسمى ثلاثي الكليسيريدات triglyceride التي هي ثلاثي الأيستر triesters للحامض الدهني والكليسيرول .

2. الشمع Wax :

التي هي أيسترات للحوامض الدهنية مع كحول غير الكليسيرول مثل شمع النحل .

ب. الستيرويد Steroid :

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

ج. اللبيدات المقترنة Conjugated Lipids :

وهي التي تنتج عند تحللها مواد أخرى فضلا عن الكحول والحوامض ومنها :

1.اللبيدات المفسفرة Phospholipids :

حيث تحتوي على فوسفات ونتروجين وتشمل هذه المجموعة على Lecithin ، Cephalin ، Sphingomylein ، Acetal Phospholipids .

2. اللبيدات جانبية المخ Cerebrosides :

وهي حوامض دهنية متحدة مع نتروجين تحتوي على الكاربوهيدرات وتشمل هذه المجموعة على Kerasin و Phrenosin كما وتوجد بالأخص على شكل مكونات الـ Mylein للنخاعين في العصب .

د. الليبوكرومات Liphochromes :

وهي أصباغ حمراء أو برتقالية في الخلية تذوب في مذيبات عضوية ولا تذوب في الماء ، وتشمل هذه المجموعة على الكاروتين في الجزر والزانثوفيلات في الألياف وفيتامين A .

5. الكاربوهيدرات Carbohydrate :

وهي مركبات كثيرة الأنتشار في الكائنات الحية من نبات أو حيوان وهي المصدر الأساسي للطاقة اللازمة للفعليات المختلفة .

تحتوي الكاربوهيدرات على ثلاثة عناصر هي الكاربون والهيدروجين والأوكسجين والصيغة العامة لتركيب الكاربوهيدرات هي Cn(H2O)n .

يمكن تصنيف الكاربوهيدرات إلى ثلاثة مجاميع وهي :

1. سكر أحادي (سكر بسيط) : Mono saccharides

تركيبه الكيميائي C6H12O6 ، تعتمد على عدد ذرات الكاربون في السلسلة مثل triose لها ثلاث حلقات كاربونية و Pentose لها خمس حلقات كاربونية وهكذا ، الكلوكوز من السكريات السداسية الكاربون وهو يعد مصدرا رئيسا للطاقة في الخلية.

2. سكر ثنائي Disaccharides :

تركيبه الكيميائي C12H22O11 يتكون من أتحاد جزيئتين سكر أحادي ومن أشهر أنواعها المالتوز واللاكتوز والسكروز .

3. السكريات المتعددة Polysaccharides :

تركيبها الكيميائي Cn(H2O)n حيث تتكون الجزيئة من أتحاد عدد من جزيئات السكر الأحادي مكونة جزيئة كبيرة لا تذوب في الماء بسهولة ومن أهم أنواعها النشا ، السليلوز الذي يعد من المركبات الرئيسية في جدار الخلية النباتية والأنيولين .

6. المركبات غير العضوية Inorganic Components of the Cell

بجانب الأملاح التي توجد في الخلية المتحدة مع الجزيئات العضوية يوجد أيضا الكثير من الأملاح اللاعضوية بصورة طليقة أو بحالة متأينة فهي تحافظ بصورة عامة على الموازنة الأيونية الضرورية للعمليات الفسلجية المختلفة في الخلية ، وهذه المركبات هي :

1- تلك التي توجد بحالة أيونية مثل جزيئات موجبة الشحنة مثل +Na وجزيئات سالبة الشحنة مثل -Cl.

2- مجموعة الفوسفات PO4 :

وهي أحد الأيونات المهمة في تنظيم أو بنية المادة الأولية وفي فعاليتها الحيوية ، وقد وجدت هذه المجموعة متلازمة مع البروتينات المفسفرة أو لبيدات مفسفرة .

3- أدينوسين ثلاثي الفوسفات : Adenosine Triphosphate ATP

يعد المصدر الرئيسي للطاقة في الخلية حيث أن رابطة المجاميع الفوسفاتية تظهر مستويات ذات طاقة عالية.

4- الكبريت Sulpher :

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

5- المغنيسيوم والمنغنيز Magnesium Mg & Manganese Mn :

تكون على شكل عوامل مساعدة لفعالية أنزيمات خاصة.

أما وجود الحديد والكالسيوم والمغنيسيوم في النواة فيعد أحد الأدلة التي تبرهن على وجود رابطة خاصة بين الأيونات والتنظيم الجزيئي للكروموسومات.