المحاضرة الاولى

الكيمياء الحياتية والخلية الحية

Biochemistry & Living cell

ان الكيمياء الحياتية فرع من فروع الكيمياء التي تختص بدراسة الانظمة الكيميائية في الخلايا الحية للكائنات باختلاف انواعها وانماطها . وقد تقدم هذا العلم كثيرا في السنوات الأخيرة فاصبح له منهجا علميا وبحثيا واضحا رغم عدم تفسير الكثير من الظواهر الحياتية.

تصنف الكيمياء الحياتية الى صنفين أساسيين هما :

1- الكيمياء الحياتية النوعية(الوصفية) :

وهي تقوم بدراسة التركيب الكيميائي الدقيق للمادة الحياتية اي نوع هذه المادة ووصفها .

2- الكيمياء الحياتية الحركية :

وهي تهتم بدراسة العمليات الايضية التي تجري داخل جسم الكائن الحي وما يرافق ذلك من تفاعلات كيميائية مختلفة.

تحتوي الخلية الحية على العديد من المركبات الكيميائية المختلفة بنوعيها العضوي وغير العضوي والتي تكون على درجه عالية من التعقيد وتختلف هذه المركبات باختلاف صنف ونوع الكائن الحي . ان لكل مادة كيميائية في الخلية الحية وظيفة حياتية معينة فالكاربوهيدرات والدهون البروتينات والاحماض النووية والتي تمثل المواد الاساسية في الخلية لها اهمية حياتية وكيميائية كبيرة ومن خلالها تستطيع الخلية الحية اداء فعالياتها الحياتية على وجه الدقة وان الخلل في هذه المركبات سيؤدي الى اضطراب في ميكانيكية عمل الخلية وبالتالي حدوث الامراض والتي من شأنها استهلاك الخلية حياتيا .

لقد اصبحت من مهمات الكيميائي الحياتي دراسة المسارات الكيميائية والمواد الايضية الموجودة في هذه المسارات وفي النهاية حساب الطاقة الناتجة او المستهلكة من هذه المسارات .

ان تناسق وانتظام عمل المركبات الكيميائية في الخلية الحية يؤدي الى ان تقوم الكائنات الحية باعمال مفيدة حياتيا كالحركة والنشاط الحياتي .

لقد اصبح علم الكيمياء الحياتية يشكل ركيزة اساسية لعلوم اخرى مثل علوم الحياة والطب والصيدلة والزراعة والصناعات الغذائية وتكنلوجيا المواد الصناعية المنتجة حياتيا . على الرغم من وجود بعض المشاكل التي لازالت في طور الاستكشاف وايجاد الحلول لها اذ مازالت بعض المركبات الكيميائية غير مكتشفة وغير محدد التركيب الكيميائي لها كما ان مسارات العمليات الايضية لكثير من الجزيئات الحياتية غير معروفة الى الان وكذلك ميكانيكية وفعل بعض الانزيمات وما هو دورها الحياتي الدقيق وكيف تعمل وكيف ترتبط بالمادة الاساسية فما زال يكتنفها الغموض رغم المعلومات المتوفرة لدينا كما ان عمل الهرمونات لازال يشكل سرا عند كيميائي الحياة وما زالت الكيمياء الحياتية للجهاز العصبي في بدايتها كما ان تفسير عمل الجينات وعلاقتها بالوراثة لا زال يكتنفه الكثير من الغموض . وما زالت آلية انتقال الصفات الورا ثية من الاباء الى الابناء فيها الكثير من الاسرار الحياتية غير الواضحة.

الجزيئات الكيميائية في الخلية الحيةChemical molecules in the living cell

ان الجزيئات الكبيرة الموجودة في الخلية الحية هي الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون والاحماض النووية اما الجزيئات الصغيرة فهي السكريات الاحادية والاحماض الامينية والاحماض الدهنية والقواعد النتروجينية . ولكل صنف من هذه الجزيئات وظيفته الخاصة كما ان هذه الجزيئات ترتبط مع بعضها البعض بمسارات حياتية معينة وترتبط الكاربوهيدرات والدهون بمسارات ايضية وترتبط الكاربوهيدرات مع الاحماض الامينية بمسارات ايضية اخرى وهكذا وهذا هو السر اذ ان هذه المركبات تعمل بديناميكية متكاملة ونسق منتظم يؤدي في النهاية الى تكامل عمل الخلية الحية كيميائيا وحياتيا وبالتالي ادامة حياة الكائن الحي .

النظام الكيموحياتي للخلية الحية Biochemical system of living cell

تحتوي الخلية الحية على عدة عضيات حياتية تعمل بطريقة كيموحياتية تضمن للخلية اداء فعالياتها بصورة دقيقة متكاملة وهذه الانظمة الحياتية هي :

1 - غشاء الخليةCell membrane

ان غشاء الخلية يحيط بجميع عضيات الخلية الحية ووظيفتة مرور المواد الغذائية وهو بالتالي ذو نفاذية اختيارية اي انه يسمح بامتصاص المواد المغذية الاساسية لداخل الخلية وفي الوقت نفسه يمنع خروج وتسرب مواد الخلية الى الخارج كما يقوم بطرح فضلات الخلية ويمنع دخول بعض المواد السامة.يتكون غشاء الخلية كيميائيا بصوره رئيسية من الدهون بنسبة (40%) والبروتينات بنسبة (60%) . كما يحتوي غشاء الخلية على انظمة النقل الفعال لايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور وكذلك الاحماض الامينية , وايضا يحتوي على عدد من الانزيمات المتخصصة .

2 - النواة Nucleus

تعد النواة مركز المعلومات الوراثيه في الخلية ، يتراوح قطرها بين (4-6) مايكرومتر وتحتوي على نيوكليوبروتينات nucleoproteinsوالذي نصفة من الحامض DNA وايضا الكروموسومات chromosomesوهي بروتينات قاعدية متحدة مع DNA وعليه فان DNA يتركز في النواة بنسبة 90% تقريبا، كما تحتوي النواة على جسيم صغير هو النوية . ان الغشاء الخارجي للنواة يكون مغطى بالرايبوسومات ribosomesوالتي يتم فيها البناء الحياتي للبروتينات اعتمادا على عمليات استنساخ DNAوترجمة mRNA وكذلك بوجود القواعد النتروجينية والشفرات الوراثية . يحيط بالنواة غشاء مزدوج هو غشاء النواة يعمل على تنظيم دخول وخروج المواد الى ومن النواة .

3- السايتوبلازمCytoplasm

هو المادة السائلة الموجودة في الخلية الحية وهو عبارة عن كتلة بروتوبلازمية تنطمر عضيات الخلية فيه ومن المعلوم ان اغلب الانزيمات توجد في السايتوبلازم ، ويحتوي على خليط غير متجانس من البروتينات و RNA وسكر الكلوكوز واليوريا والكرياتنين وحامض اليوريك كما يحتوي على عدد من الالكتروليتات .

4- المايتوكوندريا Mitochondria

هي ثاني اكبر العضيات الموجودة في الخلية ولها تركيب غشائي مزدوج (داخلي وخارجي) ويكون شكلها بيضوي ، وتدعى المايتوكوندريا بيوت الطاقة وذلك لقابليتها على انتاج جزيئات مركب الطاقة الحياتية الادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) كما انها تقوم بتركيز ايونات الكالسيوم Ca^{2+} وايضا تنظم عملية دخول وخروج بعض المركبات الكيميائية ومنها ATP ، اي انها تقوم بدور تنظيمي في عمليات الهدم والبناء . تحتوي

حشوة matrixالمايتوكوندريا على بروتينات ودهون متعادلة ودهون مفسفرة واحماض نووية وانزيمات مختلفة . ان عدد المايتوكوندريا في الخلية يعتمد على وظيفة الخلية وطبيعتها ويوجد ما بين (1-1000) مايتوكوندريافي الخلية الواحدة .

5- الاجسام المجهريةMicrobodies

تسمى أيضا ببروكسيزوماتperoxisomesوهي عبارة عن أوعية أو أكياس ذات غشاء مفرد ، ويتواجد الجسم المجهري في السايتوبلازم ، ويحتوي على انزيمات يورات ديهايدروجنيز urate dehydrogenase والانزيمات المؤكسدة للاحماض الامينيةنوع Dو LD,L -aminoOxidaseوانزيمات كتاليز catalase وانزيمات سترات ديهايدروجنيز citrate dehydrogenase . وللاجسام المجهرية دور في اكسدة بعض انواع الغذاء ، ويكون بيروكسيد الهيدروجين هو ناتج اختزال الاوكسجين في هذه الاجسام اذ يتفكك ليعطي اوكسجين وماء .

6 - الشبكة الاندوبلازميةEndoplasmic reticulum

هي مجموعة من الاوعية الغشائية المتفرعة والمطوية وتكون موجودة في السايتوبلازم ، ويتكون غلاف الشبكة من طبقتين مزدوجتين من الدهون المفسفرة phospholipids، وهي على نوعين احداهما ملساء او ناعمة والاخرى خشنة . ان الشبكة الاندوبلازمية الخشنة مغطاة بالرايبوزومات ribosomesوقد تكون هذه الرايبوزومات متجمعة مع بعضها على شكل سلسلة تشبه المسبحة تسمى الرايبوزومات المتعددةاوالبولي سومات polysomes . ان الرايبوزومات هي مصانع انتاج البروتينات .

اما الشبكة الاندوبلازمية الناعمة لا تحتوي على الرايبوزومات وفيها انزيمات تختلف عن الموجودة في الشبكة الخشنة ، ومن هذه الانزيمات هي انزيمات بناء الدهون وهرمونات الستيرويد والدهون المفسفرة واستطالة الاحماض الدهنية .

7- جهاز كولجيGolgi apparatusهو حويصلات عنقودية متوازية ذات اغلفة ملساء ويقوم بوظائف متعددة مثل استقبال البروتين وتركيزه ونقله الى خارج الخلية وكذلك تجميع البروتين لتكوين غلاف اللايسوسومات فضلا عن دورة في بناء البروتينات السكرية glycoproteinsويعمل على البناء الحياتي للدهون المفسفرة وكذلك يقوم جهاز كولجي بخزن البروتينات المتكونة في الشبكة الاندوبلازمية وافراز بعض الهرمونات .

الجسيمات الحالة (اللايسوسومات)Lysosomesهي اجسام كروية الشكل ويبلغ قطر اللايسوسوم من (0.9 - 0.4) مايكرومتر وتحتوي على عدد من الانزيمات المحللة (hydrolases) والتي لها قيمة pH مثلى في مدى حامضي . وان غشاء الجسيم الحال يتكون من بروتينات ودهون وهذا يمنع الانزيمات الموجودة في الداخل من الانسياب خارجا الى السايتوبلازم . عند موت الخلية يتضرر غشاء الجسيم الحال وتتحرر الانزيمات المحللة مؤدية بالتالي الى تحلل محتويات الخلية بطريقة ذاتية . ان وظيفة الجسيمات الحالة هي هضم وتحلل الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون والاحماض النووية .

8- الفجواتVascuolesهي عبارة عن جسيمات ذات شكل كروي ، وتكون قريبة من اجسام كولجي وكذلك بالقرب من القنوات التي تساهم في عملية دخول او افراز المواد الى داخل الخلية ووظيفتها المشاركة في عملية ازالة الاجسام الغريبة من الخلية فضلا عن كونها تعد مخزنا مؤقتا .

9- البلاستيدات الخضراءChloroplastsوتوجد في الخلايا النباتية وتكون ذات صبغة مركزة ، وتحتوي البلاستيدات على الصبغة الخضراء(الكلوروفيل) والتي لها دور في عملية البناء الضوئي photosynthesis يحتوي غشاء البلاستيدة على اغشية على شكل صفائح تدعى الكرانا grana والتي تتجمع فيها الدهون والكلوروفيل كما ان البلاستيدات الخضراء تكون مليئة بمادة الستروما stroma وهي ذات طبيعة بروتينية وتحتوي الستروما على الانزيمات المساهمة في عملية تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون في البناء الضوئي .

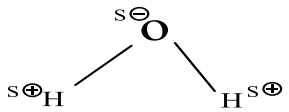
الماء والمحاليل في الكيمياء الحياتية

Water &Solutions in Biochemistry

الماء مركب لاعضوي اسمه الكيميائي اوكسيد الهيدروجين ورمزه H_2O . يحتوي جسم الكائن الحي على نسبة من الماء بحوالي 70% او اكثر من ذلك من وزن الجسم مقارنة بالمركبات الكيميائية الاخرى ويمتاز الماء بوجوده بغزارة على سطح الكرة الارضية وامتلاكه خصائص كيميائية بالاضافة الى وجود الماء بغزارة على سطح الكرة الارضية ، فانه يمتلك خصائص كيميائية وفيزيائية فريدة من نوعها تجعلهُ ملائماً جدا للانظمة الحياتية (البايلوجية) ومن هذه الخصائص هي :

1 – القطبية Polarity

يمتلك الماء كمركب قطبية عالية وذلك نظرا للسالبية الكهربائية electronegativity العالية لذرة الاوكسجين وزاوية الآصره ما بين ذرتي الهيدروجين ، فذرة الاوكسجين حاملة للشحنه السالبة الجزئية في حين تحمل ذرتا الهيدروجين شحنة موجبة جزئية كما في الشكل (1-2) .ونظرا لكون الماء مذيب عالي القطبية فانه بامكانه اذابة المركبات القطبية في حين لا يمكنه اذابة المركبات غير القطبية الحاوية على مجاميع كارهة للماء .



شكل (1-2) قطبية جزيئة الماء

2- التآصر الهيدروجينيHydrogen bondingان الآصرة الهيدروجينية هي قوة تجاذب الكتروستاتيكي تتكون بين ذرتين احدهما الهيدروجين في مركب مع ذرة اخرى قد تكون الاوكسجيناو النتروجين في جزيئة اخرى للمركب نفسه او لمركب الاخر . وهذا يعني ان الآصرة الهيدروجينية في الماء تتكون من ارتباط ذرة اوكسجين في جزيئة ماء مع ذرة هيدروجين في جزيئة ماء اخرى وعليه فإن الماء في الحالة السائلة يمكنه تكوين عدد من الاواصر الهيدروجينية .

3 – حرارة التبخر Evaporization heatان كمية الحرارة اللازمة لتبخر غرام واحد من الماء تعادل 540 سعرة\غم ومن ثم فان لهذه الحرارة فائدة عالية في المحافظة على نسبة الماء داخل الجسم اذ ان تبخر الماء يكون في اقل صورة .

4 – درجة الانصهارMelting pointيعد الماء مركب ذو درجة انصهار عالية مقارنة بدرجات انصهار المذيبات الاخرى مثل الايثانول والاسيتون والكلوروفورم . ان هذه الدرجة العالية للانصهار تجعل الماء ذا اهمية حياتية وذلك لمحافظته على الكائنات الحية من الانجماد .

5 – السعه الحرارية العاليةHigh heat capacityيحتاج الماء لرفع درجة حرارة غرام واحد منه الى كمية حرارة تقدر بسعره حرارية واحدة . وعليه فان كمية الحرارة هذه بالنسبة للماء تعد كبيرة . ان الفائدة الحياتية من هذه الخاصية هو كون الكائن الحي باستطاعته ان يكتسب حرارة عالية نسبيا او يفقدها باقل ما يمكن من دون تغير في درجة حرارة الجسم

الماء كمذيبWater as a solventنظرا للقطبية العالية التي يمتلكها مذيب الماء . لذلك فهو يذيب الجزيئات القطبية والايونية ، حيث يستطيع الماء اذابة كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) حيث عند الاذابة تحيط ذرات الاوكسجين ذات الشحنه السالبة بايون الصوديوم ذو الشحنه الموجبة (Na^+) في حين تحيط ذرات الهيدروجين ذات الشحنة الموجبة بايون الكلوريد ذو الشحنة السالبة (Cl^-) .

وعلى هذا الاساس فبما ان الماء مركب لاعضوي فان بامكانه اذابة اغلب المركبات اللاعضوية لانها مركبات ايونية . وايضا يستطيع الماء من اذابة بعض المركبات العضوية الحاوية على مجاميع قطبية ومنها السكريات والبروتينات الكروية وبعض الاحماض الامينية والكحولات والألدهايدات والكيتونات وبعض الحوامض الكاربوكسيلية ويفسر ذوبان هذه المركبات في الماء الى ميل الماء القوي الى تكوين اواصر هيدروجينية مع المجاميع الفعالة (الوظيفية) في هذه المركبات وعليه فان اغلب المركبات الكيميائية الموجودة في الخلايا الحية هي مركبات قطبية ولهذا تكون سريعة الذوبان في الماء .

اما المركبات غير القطبية الموجودة في الانسجة الحية مثل الدهون فان انتقالها وتحولها من نسيج الى اخر يتطلب منها الارتباط بجزيئة قطبية وبالتالي تمتلك درجة من القطبية ومن ثم تذوب في الماء ومن الامثلة الحياتية على ذلك هي :

1 – الاتحاد مع بروتينات مصل الدم Associaation with blood plasma proteins

ان بروتينات مصل الدم مثل الالبومين albumin تقوم بنقل كثير من المركبات غير القطبية مثل الاحماض الدهنية والبليروبين bilirubin وبعض الادوية مثل البنسلين والاسبرين ، اذ تحتوي جزيئة الالبومين في

تركيبها الكيميائي على سلاسل جانبية مشحونة كهربائيا ، اي انها تكون قطبية وعليه فانها تذوب في الماء وفي جزيئة الالبومين ايضا مناطق غير قطبية بامكانها الاتحاد مع المركبات غير القطبية .

2 – تكوين المذيلاتFormation of micellesان الدهون بصورة عامة لا تذوب في الماء بسبب احتوائها على المجاميع غير القطبية(السلاسل الهيدروكاربونية) الاّ ان الاحماض الدهنية المستقطبة والدهون المستقطبة مثل الدهون الفوسفاتية والاسفنجية واملاح الصفراء تمتلك مجاميع مستقطبة وعليه فان الدهن يتكون من جزئين احدهما لا يذوب في الماء ويسمى كاره للماء hydrophobic والاخر يذوب في الماء ويسمى محب للماء hydrophilic ولهذا تدعى هذه الدهون والدهون المزدوجة (قطبية – غير قطبية) وتسمى امفيباتك amphipatic(انظر الفصل الرابع).

ان تواجد هذه الدهون مزدوجة القطبية بتركيز حرج في الاوساط المائية يؤدي الى تكوين المذيلاتmicelles اي انه تتجة المجاميع غير المستقطبة وهي السلاسل الهيدروكاربونية نحو الداخل وتتجاذب مع بعضها بوساطة قوى فاندرفالز Vanderwalls rcesof ، في حين تتجة المجاميع المستقطبة الى الخارج مرتبطة بالطور المائي . ان الدهون قد تذوب مكونه مستحلبات amulsions وهي دقائق اكبر منالمذيلات(انظر الفصل الرابع) .

ان التركيب الاساس لاغشية الخلايا هو عبارة عن طبقة مزدوجة bilayers من الدهون القطبية – اللاقطبية المزدوجة .

تفكك الماء Dissociation of water

ان الماء لا يتأين كليا اي ان تأين او تفكك الماء يحدث جزئيا كما في المعادلة الاتية :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

وعليه فان عدد ايونات الهيدروجين الموجبة (البروتونات) تكون مساوية لعدد ايونات الهيدروكسيل السالبة في حالة الماء النقي ففي درجة حرارة $25^{\circ}C$ يكون تركيز ايون الهيدروجين مساويا لتركيز ايون الهيدروكسيل ويعادل10^{-7} مول\لتر ويعبر عن تركيز ايون الهيدروجين بالرمز $[H^+]$ ، وعند ضرب تراكيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل نحصل على ثابت التفكك dissociation constant ويساوي 10^{-14} كما في العلاقة :

$Ka = [H^+][OH^-]=10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$

ان اغلب التفاعلات الحياتية تتم في محاليل مائية وتعتمد على تركيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل .

الأس الهيدروجيني والمحاليل المنظمة pH and buffers

ان التفاعلات الحياتية التي تتم في المحاليل المائية تكون قريبة من حالة التعادل بوجود المحاليل المنظمة وهي مزيج لحامض ضعيف واحد املاحه او قاعدة ضعيفة واحد املاحها . ان pH هو اللوغارتيم السالب لتركيز ايون الهيدروجين او اللوغارتيم السالب لتركيز ايون الهيدروكسيل ويمكن قياس pH بوساطة معادلة هندرسون – هاسلبالخ Henderson – Hasselbalch equation ان السوائل الخلوية في الانسجة تكون منظمة بوجود ايونات البيكاربونات والفوسفات وبوجود تراكيز عالية من البروتينات . ان معادلة هندرسون – هاسلباخ للحامض يمكن توضيحها من خلال معادلة تفكك الحامض الذي يمثل HA وكما ياتي :

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

ان ثابت التفكك للحامض HA يعرف بالعلاقة :

$$Ka = \frac{[H^+] + [A^-]}{[HA]}$$

وعليه فان :

$$[H^+] = \frac{\text{Ka [HA]}}{[\text{A}^-]}$$

لان $pH = -[H^+]log$

اذن

$$-\log[H^+] = -\log Ka + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$

وعليه فان

$$pH = PKa + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$

كما يمكن حساب الاس الهيدروجيني للمحلول المنظم كما ياتي :

(تفكك الحامض الضعيف) $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

(تفكك ملح الحامض الضعيف) $BA \rightleftharpoons B^+ + A^-$

ولان تركيز $[A^-]$ من الحامض يكون قليلا جدا ويهمل لذلك فان A^- تساوي كمية الملح BA ولانه HA المتفككة قليلة لذا فان تركيز HA يساوي الكمية المضافة وعليه نحصل على المعادلة التالية :

$$pH = PKa + \log \frac{[BA]}{[HA]}$$

وعلى الرغم من ان اغلب التفاعلات الكيموحياتية تحدث عند اس هيدروجيني قريب من التعادل غير ان هناك محاليل تعمل بأُس هيدروجيني اخر غير pH=7 كما في الجدول (2-1) .

جدول (2-1) قيم الاس الهيدروجيني لبعض السوائل الحياتية

السائل الحياتي	قيمة pH
عصير المعدة	1.5 – 2.0
الخل	2.4 – 3.4
الادرار	4.8 – 7.5
الحليب	6.2 – 7.2
الليمون	2.2 – 2.4
بلازما الدم	7.3 – 7.5
البيض	7.6 – 8.0
عصير الامعاء	7.0- 8.0