الفصل الثاني

الماء والمحاليل في الكيمياء الحياتية

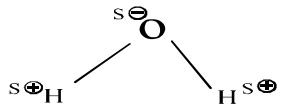
Water &Solutions in Biochemistry

مقدمة :

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 الهيدروجيني Hydrogen bonding

ان الآصرة الهيدروجينية هي قوة تجاذب الكتروستاتيكي تتكون بين ذرتين احدهما الهيدروجين في مركب مع ذرة اخرى قد تكون الاوكسجين او 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 heat

ان 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 الانصهار Melting point

يعد 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 العالية High heat capacity

يحتاج 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 كمذيب Water as a solvent

نظرا 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 المذيلات Formation of micelles

ان 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 ofrces ، في حين تتجة المجاميع المستقطبة الى الخارج مرتبطة بالطور المائي . ان الدهون قد تذوب مكونه مستحلبات amulsions وهي دقائق اكبر من المذيلات (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 $pH= -log\ [H^+]$

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 بأس 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

أسئلة الفصل الثاني

س[1]/ عدد خواص الماء الكيميائية والفيزيائية ثم بين اهميتها حياتيا.

س[2]/ ما علاقة الماء بpH في داخل جسم الكائن الحي؟

س[3]/ اشرح العبارة الاتية : تمتلك بعض الدهون خواص مزدوجة (قطبية – لا قطبية) .

س[4]/ وضح عملية تكوين المذيلات.