# بسم الله الرحمن الرحيم

كيمياء اغذية نظري

المحاضرة الاولى : الماء – حالات الماء – تركيب الماء – انواع الماء.

## المـــــــــــــــــــاء The water

أَوَلَمْ يَرَ ٱلَّذِينَ كَفَرُوٓاْ
أَنَّ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَٰهُمَاۖ وَجَعَلْنَا
مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّۚ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ٣٠

**الانبياء آية ٣٠**

الماء يوجد في الطبيعة في نوعين من المواد.

١–يوجد بالمواد الغير حية مثل الحجارة والصخور والمعادن.

٢–يوجد في المادة الحية مثل الاحياء الدقيقة والنباتات والحيوانات والانسان .

وتقسم المادة الحية الى مجموعتين رئيسيتين:

١–كائنات ذاتية التغذية وتشمل جميع النباتات الخضراء وعدد من الاحياء المجهرية

٢–كائنات غير ذاتية التغذية وهي التي تعتمد في غذائها على الاحياء ذاتية التغذية .

الماء مكون رئيسي في معظم الاغذية وتصل نسبة الماء مع الكاربوهيدات والدهون والبروتينات الى اكثر من ٩٩% من كتلة الغذاء. يوجد الماء داخل الخلية الحية وخارجها كمذيب او وسط للتشتيت للعديد من المنتجات ويكون الماء الطور المشتت في بعض المنتجات، مثل الزبد والمارجرين. ونظرا الى ان الماء هو **المذيب العام** Universal solvent ومهم كأحد مكونات الاغذية يكون لدراسة خواصه وسلوكه في الاغذية اهمية كبيرة ويبين الجدول(١) بعض الامثلة على نسبة وجود الماء في الغذاء.

الجدول١) امثله على نسبة الماء في بعض الاغذية

| طماطة | خس | قرنابيط | برتقال | حليب | موز | دجاج | سمك | رز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| %٩٥ | %٩٥ | %٩٢ | %٨٧ | %٨٧ | %٧٥ | %٧٠ | %٦٧ | %١٢ |

محتوى الماء في بعض الاغذية:

ان دراسة الماء في الاغذية تكمن الى حد كبير في دراسة المحاليل المائية وكيف ان المذاب يغير صفات المذيب وهناك معاير متعلقة بالماء والتي تستعمل في ثباتيه الاغذية وتشمل.

١-المحتوى المائي Water capacity

٢-تركيز المواد المذابة Concentration of dissolved substances

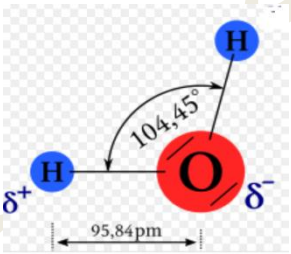
٣-الضغط الازموزي Osmotic pressure

٤- رطوبة التعادل equilibrium relative humidity(E.R.H)

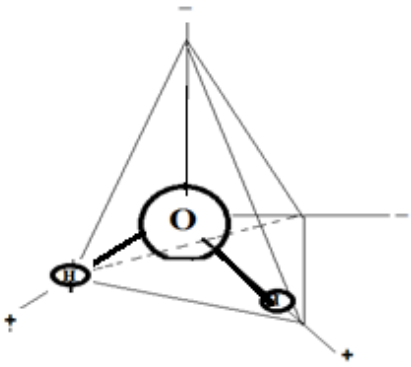
٥-الفعالية المائية water activity($a_w$)

## جزيئة الماء:

تكون جزيئة الماء غير مستقيمة، قطبية تحتوي على ذرة اوكسجين مرتبطة تساهميا مع ذرتين هيدروجين تكون الزاوية بينهما ١٠٥° والبعد بين ذرتين الهيدروجين والاوكسجين٠,٩٥٧ انكسترون. جزيئة الماء لها اربع اقطاب ومستديرة ذات قطر ٢,٧٦انكستروم. تمتلك جزيئة الماء على شحنتين موجبتين وشحنتين سالبتين كما في الشكل ادناه.

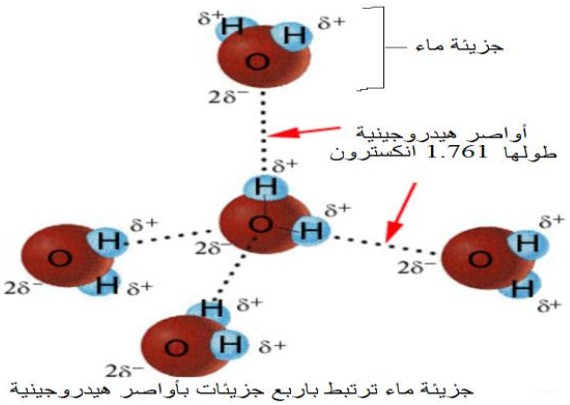



يعد الماء من المذيبات الجيدة للأملاح . والاواصر الهيدروجينية من ابرز الصفات المميزة لجزيئة الماء ، لجزيئة الماء شحنات كهربائية، اذا تشتمل ذرة الاوكسجين على شحنتين سالبتين وتحمل كل ذرة هيدروجين شحنة موجبة لذلك تكون ذرة الاوكسجين اكثر سالبيه كما في الشكل ادناه.




الشكل يوضح اتجاه الشحنات في جزيئة الماء

ان وجود الشحنات على طرفي جزيئة الماء جهة السالبة وجهة الموجبة يؤدي الى وجود قوة جذب على نهايتي جزيئة الماء وكذلك يؤدي الى جذب بين جزيئات الماء المختلفة، ويطلق على هذا الجذب بين الجزيئات المختلفة بالأواصر الهيدروجينية. الشكل ادناه يوضح ارتباط جزيئة الماء مع ارع جزيئات ماء اخرى .



جزيئة ماء ترتبط باربع جزيئات بأواصر هيدروجينية

الصفات الطبيعية للماء :-

١- الكيميائية [التغيرات الكيمائية تؤودي الى تحطيم جزيئة الماء الى هيدروجين واوكسجين او جذر هيدروكسيل

٢- الفيزيائية [تبقى جزيئة الماء متماسة في التغيرات الفيزيائية]

وتعتمد المياه في مجملها على التغيرات الفيزيائية والكيميائية، الشكل(٢) امثلة على التغيرات الفيزيائية والكيمائية.

جدول(٢) امثلة على التغيرات الفيزيائية والكيميائية

| المركب | تغير فيزيائي | تغير كيميائي |
|---|---|---|
| الماء | انجماد، ذوبان، تبخر | يتحلل الى هيدروجين واوكسجين |
| سكر | ذوبان، تبلور | يتحلل الى هيدروجين واوكسجين وكاربون |
| بروتين | ترسيب، ذوبان | يتحلل الى احماض امينية |
| دهن | انصهار، تبلور | يتحلل الى احماض دهنية وكليسيرول |

ان تحلل جزيئة السكروز في المعدة، وتحلل الكلسيريدات الثلاثية في الامعاء.
سكروز الى كلوكوز + فركتوز وتحلل الكليسيريدات(زيت)الى احماض دهنية + كليسيرول هو تغير كيميائي ومن الامثلة على التغيرات الطبيعية هي انجماد الماء وتبخرة وتكثفة.

الجدول امثلة مقارنة بين الخواص الطبيعية للماء وببعض المركبات

| المادة | التركيب الجزيئي | الوزن الجزيئي | درجة حرارة الذوبان | درجة حرارة الغليان |
|---|---|---|---|---|
| ميثان | CH4 | ١٦ | ١٨٤- | ١٦١- |
| امونيا | NH3 | ١٧ | ٧٨- | ٣٣- |
| ماء | H2O | ١٨ | صفر | ١٠٠+ |
| فلوريد الهيدروجين | HF | ٢٠ | ٨٣- | ٢٠+ |
| اوكسجين | O2 | ٣٢ | | ١٨٣- |
| نتروجين | N2 | ٢٨ | | ١٩٦- |

الحرارة الكامنة للانصهار الماء او انجماده ٨٠سعرة/غم
الحرارة الكامنة لتبخر الماء او التكثيف ٥٣٩ سعرة/غم

**الماء في المادة الغذائية .**

يعد الماء مادة غذائية اساسية ومهمة للوظائف الاعتيادية للخلية اذا يدخل الى الجسم بكميات كبيرة بحالة سائلة او احد مكونات الاغذية، وكذلك يتكون داخل الجسم لكونه احد نواتج النهائية لعمليات الايض اذ ينتتج كل غرام واحد من ايض الكاربوهيدرات ٠.٦غم ماء، ومن الدهون ١.١غم ماء، ومن ايض البروتينات ٠.٤غم ماء.

## خواص السوائل

عند ذوبان المواد في الماء فأن العشوائية تقل لان جزيئات الماء تتجه الى جزيئات المذاب لذلك تكون لجزيئات الماء فرصة اقل للهروب من الحالة السائلة الى الحالة الغازية ويترتب على ذلك انخفاض الضغط البخاري للماء وانخفاض درجة الانجماد وارتفاع درجة الغليان.

يوضح قانون راؤول Raouls law ذلك وينص على:

في المحاليل المثالية الانخفاض النسبي للضغط البخاري للمذيب يكون مساوي للكسر المولي للمذاب.

$$\frac{p}{po} = \frac{n2}{n1+n2}$$

Po ضغط بخار السائل المذيب

P ضغط بخار المحلول

N1 عدد مولات المذاب

N2 عدد مولات المذيب

**مثال:-** لتر واحد من الماء يساوي $\frac{1000}{18}$ =55.51 mol $\frac{\text{غم الوزن}}{\text{الجزيئي الوزن}}$

ولذلك يحتوي الكيلو غرام الواحد من الماء على ٥٥.٥١ مول، لذلك مول واحد من المذاب المثالي عندما يذوب في كيلو غرام واحد من الماء سوف ينخفض ضغط البخار بنفسه ١/(١+٥٥.٥١) اي بنسبة ٠.٠١٧

وتكون الفعالية كالاتي: 1−0.017= 0.98

ويمكن حساب فعالية الماء كما في المعادلة:

$$\frac{p}{po} = \frac{n2}{n1+n2} \quad , \qquad \frac{p}{po} = \frac{55.51}{1+55.51} = 0.98$$

$$\frac{p}{po} = aw$$

$$E.R.H = aw \times 100$$

وعليه فان فعالية المحلول السابق هي ٠.٩٨ وفعالية الماء تساوي واحد (١) والتي تكون مكافئة للرطوبة النسبية( E.R.H) والمساوية ١٠٠%. ان ذوبان المواد الغذائية المختلفة في الماء يؤدي الى انخفاض ضغط البخار وبالتالي انخفاض الفعالية للماء $a_w$ بقدر اكبر مما هو متوقع طبقاً لقانون راوؤل.

**ارتباط الماء**

يوجد الماء في الأغذية بهيئات مختلفة ويقسم الى ثلاث انواع:-

١-ماء الطبقة الاحادية monolyer water

٢-الماء الشعري capillary water

٣-الماء الضعيف الارتباط loosely bound water

يوجد الماء المرتبط في المادة الغذائية في حالة منتظمة ومنجذب بقوة ويكون غير قابل للانجماد

**علاقة فعالية الماء والمحتوى المائي:**

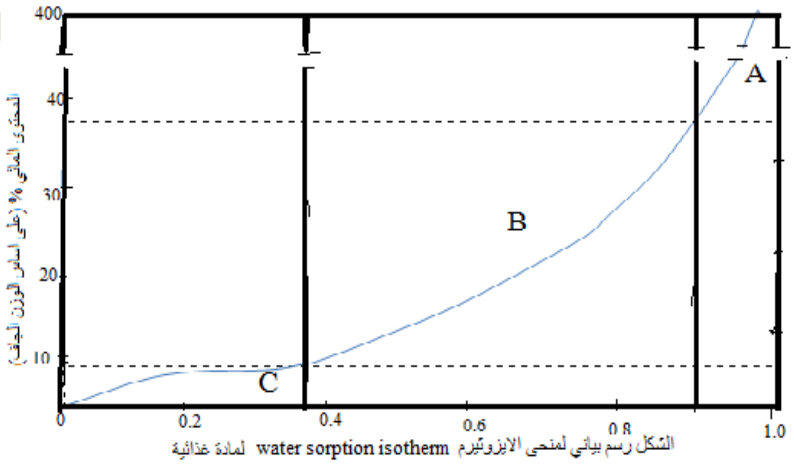
يطلق على الرسم البياني للعلاقة بين فعالية الماء والمحتوى المائي sorption isotherms وتفيد هذه العلاقة البيانية لإيضاح محتوى الماء في الاغذية والتعرف على فعالية الماء المرغوب فيها وغير المرغوب فيها، وكذلك التعرف على التغيرات المهمة التي قد تحصل في المحتوى المائي وكيفية تأثير ذلك في فعالية الماء، ويوضح الشكل العلاقة البيانية بين المحتوى المائي وفعالية المائي isotherm لمادة غذائية.

عند اضافة الماء الى مادة غذائية جافة فأن جزيئات الماء سوف تدمص على مواقع مناسبة من المادة الغذائية حتى تشغل جميع هذه المواقع، وعند هذه النقطة نحصل على طبقة احادية monolyer والتي تتمثل بنقطه C في الشكل ادناه، وقرب من هذه النقطة (عند اكتمال تكون الطبقة الاحادية ) نحصل على تغيرات في المحتوى المائي لها اثر كبير على فعالية الماء $a_w$، ان ماء الطبقة C الطبقة الاحادية يكون على درجات عالية من الاستقرار، وفي معظم الاحيان يكون جزء لا يتجزأ من الجزء الصلب للمادة الغذائية .

وهو لا يتجمد في اي درجة حرارة. توجد الطبقة الاحادية عادة في الاغذية المتكونة من نسبة عالية من مكونات ذائبة ذات وزن جزيئي صغير.

وبعد الطبقة الاحادية، المنطقة B في الشكل يكون اقل ارتباط بالمادة الغذائية وفي هذه الطبقة يكون ادمصاص الماء لعدة طبقات من الماء وتكون هذه الطبقة مناسبة لذوبان المكونات القابلة للذوبان في الماء وتعتمد طبيعة المنطقة B على طبيعة المواد المذابة المشار اليها.

يختلف الماء في المنطقة B وC كثيراً عن الماء الحر الموجود في نقطة A على الرغم من الماء الحر الموجود في المنطقة A هو موجود فعلاً في النظام الغذائي، وارتباطه في المادة الغذائية يكون ضعيف .




الشكل رسم بياني لمنحى الايزوثيرم water sorption isotherm لمادة غذائية

ان الارتفاع التدريجي في درجة الحرارة يؤدي الى التغير التدريجي في الضغط البخاري وبالتالي التغير في فعالية الماء.

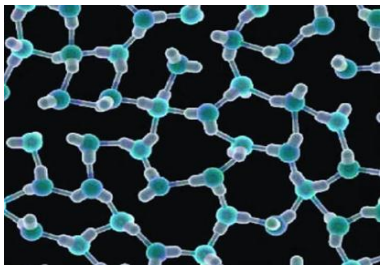
## انواع الماء:

يقسم الماء الى ثلاثة انواع هي ماء الطبقة الاحادية والماء الشعري والماء ضعيف الارتباط (الماء الحر).

يوجد الماء المرتبط في المادة الغذائية في حالة منتظمة ومنجذب اليها بقوة ولايكون متاحاً ليكون مذيباً وغير قابل للانجماد. وهناك تعريف للماء المرتبط هو الماء الذي لا يتجمد تحت الصفر المئوي(−٢٠م°).

## الانجماد وتركيب الثلج

تتمكن جزيئة الماء من ربط اربع جزيئات ماء اخرى وتكوين شكل رباعيtetrahedral وهذا يؤدي الى تكوين الشبكة البلورية السداسية hexagonal crystallatice في الثلج تكوين تكوين الشبكة البلورية يكون رخواً وغير قوي وفيه تجاويف كبيرة نسبيا ممايننتج عن ذلك حجم نوعي كبير.



بلورة الثلج

في جزيئة الماء تبلغ المسافة بين ذرة اوكسجين وذرة هيدروجين انكستروم واحد ، وعند تكوين الاواصر الهيدروجينية تبلغ المسافة بين ذرة الهيدروجين وذرة الاوكسجين من الجزيئة الاخرى ٢.٧٦ انكستروم.

تتكسر الاواصر الهيدروجينية عند تكوين الثلج وتصبع جزيئات الماء اكثر تراصاً في الماء السائل.

يؤدي الانجماد البطيء الى تكوين بلورات ثلج كبيرة في الفسح الموجودة خارج الخلايا اما الانجماد السريع يؤدي الى تكوين بلورات صغيرة داخل وخارج الخلايا.

$$\frac{P}{P_o} = a_w = E.R.H$$

يتمدد حجم الماء حوالي ٩%عند الانجماد.

**المحاليـــــــل:**

ذكرنا ان الماء مذيب عام ولذلك هو وسط جيد لانتشار الكثير من المواد. ولقابليته على اذابة العديد من المواد فهو المذيب الاهم في الانظمة الغذائية.

عند اذابة مادة ما في الماء فانه يطلق على مزيجها بالمحلول. وقد يتكون المحلول من مادتين او اكثر على ان يكون متجانساً فيزيائياً وكيميائياً وتكون المواد الذائبة اما بصورة جزيئية او بصورة متأينة. ومن الامثلة على المحاليل المتأينة محلول كلوريد الصوديوم في الماء الذي يتأين الى ايون الصوديوم الموجب $Na^+$ وايون الكلور السالب $Cl^-$. وتتأين غالبية الاملاح والحوامض والقواعد عند احلالها في الماء.

اما بالنسبة للمحاليل الجزيئية فأن جزيئات المادة لاتتأين على الرغم من انها تذوب بكاملها، وتحدث الاذابة في هذه الحالة نتيجة لتجاذب الاصرة الهيدروجينية في الماء مع المجاميع القطبية لهذه الجزيئات. كما هو الحال في اذابة السكر في الماء.

تساعد رفع درجة حرارة المحلول زيادة الذوبانية، ارتفاع درجة الحرارة يقلل من قوة التجاذب بين جزيئات الماء مما يسهل من ذوبان السكر.

**خواص المحاليل**

يسمى المذيب بالطور المستمر والمادة المذابة بالطور المنتشر.

**ضغط الانتشار**:هو انتشار جزيئات المذاب في جميع الاتجاهات وتركز قسم منها على سطح المحلول الناتج بكمية تتناسب طردياً مع التركيز.

**ضغط المحلول:** مدى قابلية انفصال الجزيئات او الايونات عن بعضها والذوبان بين جزيئات المذيب. ويتناسب طردياً مع تركيز الجزيئات المذابة .

**المحلول المشبع:** هو المذيب الذي لا يقبل كمية زائدة من المذاب على درجة حرارة معينة وتصل الى حالة توازن عندما تكون كمية المادة التي تذوب تساوي كمية المادة التي تترسب وعند تسخين المحاليل المشبعة فانها تقبل كمية اضافية من المادة المذابة الى حد ما وعند التبريد الى حالتها الاولى تبقى المادة المذابة دون ترسب وتسمى هذه المحاليل المشبعة في هذه الحالة بالمحاليل فوق المشبعة Super Saturation وهذه الاخيرة تكون قلقة غير ثابتة. كما تتأثر قابلية ذوبان المواد الضعيفة بحجم دقائقها مثل كبريتات النحاس وكبريتات الباريوم حيث تذوب الجزيئات الصغيرة والمتوسطة لتكوين محلول مشبع ، ولكنها تتجمع حول الجزيئات الكبيرة ويزداد حجمها وبالتالي اختفاء الجزيئات الصغيرة وتدعى هذه الحالة بالترسيب المنتظم.

ويعبر عن تركيز المحاليل بعدة طرق هي:

١-التركيز المولاري: وهو عدد الغرامات الجزيئية من المذاب في لتر من المحلول مولاري= الوزن الغرامي*لتر/الوزن الجزيئي

٢-التركيز المولالي: وهو عدد الغرامات الجزيئية من المذاب في ١٠٠٠ غرام من المذيب .

٣-النسبة المئوية: ويعبر عنها بوزن بالغرام الى وزن ١٠٠غم من المحلول.

٤-النسبة الحجمية: ويعبر عنها بوزن بالغرام الى وزن ١٠٠ مل من المحلول.

٥-العيارية: هي اذابة وزن مكافئ غرامي من المادة في لتر من المحلول. عياري= الوزن الغرامي*لتر/الوزن المكافئ.

**الخواص الكيميائية:**

من اهم الخواص الكيميائية للمحاليل هى الحموضة والقاعدية وهما مهمة جداً في قيام الخلايا بوظائفها.

كما لها اهمية في التعقيم والخزن فالمحاليل الحامضية يمكن تعقيمها على درجة حرارة اقل من درجة تعقيم المحاليل القاعدية كما وان ايون الهيدروجين في المحاليل الحامضية يكون كافياً للتأثير على درجة الحرارة القاتلة للاحياء بكفاءة عالية.

ينتج الطعم الحامضي عن وجود الهيدروجين اما الخواص القاعدية فانها تنتج عن وجود ايونات الهيدروكسيل السالبة .

وتقاس الحموضة والقاعدية باستخدام تعبير الاس الهيدروجيني الـ pH :

$$2H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$K = \frac{[H^+]\ [OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K \times H_2O = [H^+]\ [OH^-]$$

وعلى اعتبار ان قيمة $K \times H_2O$ ثابتة وان قيمة $OH^-$ تساوي ١x ١٠^-٧ وان قيمة $H^+$ تساوي ١x ١٠^-٧ بدرجة حرارة ٢٥ مئوي.

أذن $[10^{-7} \times 1]\ [10^{-7} \times 1] = K \times H_2O$

$$[H^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

وبذلك يكون $pH + pOH = -Log\ [10^{-14}]$

اذن $pH + pOH = 14$

اذا كان الـ pH يساوي ٥ أحسب الـpOH ؟

أذن ٥ + pOH =١٤

pOH = ١٤ -٥

pOH = ٩ وفي حالة التعادل يكون الـpH يساوي ٧ والـpOH يساوي ٧.

**المحاليل المنظمة:Buffers**

تعرف بأنها المحاليل التي تقاوم التغير المفاجيء في الـpH نتيجة لاضافة كميات قليلة من الحوامض او القواعد وهي موجودة في كافة انظمة الخلايا الحية وهي اساسية في كافة الانظمة للحفاظ على تركيز ايون الهيدروجين $H^+$ المناسب لوظائف الانظمة الحيوية في الخلية.

تتكون المحاليل المنظمة من حامض ضعيف وملحه او قاعدة ضعيفة وملحها. ومثال على الحامض الضعيف حامض الخليك:

$$\underset{\text{مانح}}{CH_3COOH\ (H^+)} \rightleftharpoons \underset{\text{مستقبل}}{CH_3COO^-\ (H^+)} + H^+$$

$$Ka = \frac{[CH_3COO^-]\ [H^+]}{[CH_3COOH]}$$

وعند اعادة ترتيب المعادلة باخراج تركيز تكون:

$$[H^+] = Ka\ \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

وبأخذ اللوغارتم للطرفين تكون:

$$-\text{Log}\ H = -\text{Log}Ka - \text{Log}\frac{[CH_3COOH]^{acid}}{[CH_3COO^-]^{solt}}$$

$$pH = pKa + \text{Log}\frac{[CH_3COO^-]^{solt}}{[CH_3COOH]^{acid}}$$

المصادر:

الدكتور باسل كامل دلالي، الدكتور كامل حمودي الركابي، ١٩٨٨م