غالبا ما تتعرض المواد الغذائية خلال عمليات التحضير والتصنيع الى ظروف مختلفة مثل الحرارة والرطوبة والتركيز الى تحفيز تفاعلات مختلفة مرشحة للحدوث لذلك تعد المادة الغذائية على انها ((((نظام كيميائي سريع التغير))))

وتصنف بعض هذه التغيرات على انها مرغوب فيها والبعض الاخر غير مرغوب فيه وعليه يتوجب فهم المادة الغذائية على انها (((نظام كيميائي حيوي على درجة عالية من الاهمية للعاملين في تقنية الاغذية والذي ينحصر اهتمامهم في تشجيع حدوث التغيرات المرغوب فيها ومنع حدوث التغيرات غير المرغوب فيها قدر الامكن))) لذا سيتم تناول كل مكون على حدة لبيان اهميته .

Water الماء

يعد الماء احد المكونات الاساسية للعديد من المواد الغذائية ، وقد يوجد الماء داخل الخلايا intracellular او خارج الخلايا extracellular للخضروات او المنتجات الحيوانية كمذيب او وسط للتشتيت للعديد من المنتجات، او قد يكون الماء الطور المشتت في بعض المنتجات المستحلبة مثال الزبد والمارجرين .

وقد يكون الماء احد المنتجات او المكونات الثانوية لبعض المنتجات الاخرى لذا نجد ان الماء يختلف محتواه من مادة غذائية الى اخرى او من منتج غذائي الى اخر كما موضح في الجدول الاتي :

المنتوج	% الماء		% الماء
طماطة	95	سمك معلب	67
خس	95	لحم	65
قرنابيط	92	جبن	37
برتقال	87	خبز ابيض	35
عصير التفاح	87	مربى	28
بطاطة	78	عسل	20
موز	75	زبد	16
دجاج	70	طحين حنطة	12
قهوة محمصة	5	حليب مجفف	4

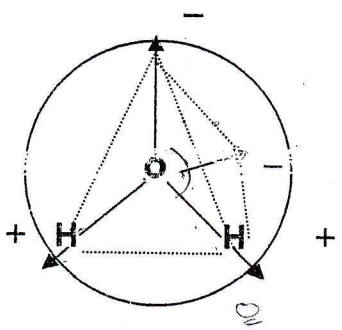
ونظرا لاهمية الماء كاحد مكونات الاغذية فان لدراسة خواصه وسلوكه في الاغذية اهمية كبيرة ، وكذلك فان وجود الماء في الاغذية يؤثر في تلفها من الناحيتين الكيميائية والمايكروبايولوجية لذا تعد ازالة الماء او تجميده ضرورية في بعض عمليات التصنيع الغذائي اما بواسطة التجفيف او التجمد ويصاحب ذلك تغيرات جوهرية في الناتج النهائي في كلتا الحالتين .

لقد عرف قديما انه كلما زادت نسبة الماء في الاغذية زادت سرعة تلفها ، كما تم التوصل الى انه بالامكان تاخير هذا التلف او منعه باستعمال بعض الطرق البدائية المعروفة عندئذ منها استعمال الحرارة او اشعة الشمس لتجفيف بعض الاغذية حيث يؤدي ذلك الى تركيز المواد المذابة في الماء لذا بالامكان القول ان زيادة تركيز المواد المذابة هي التي تعمل على اطالة حفظ الاغذية بدلا من القول ان نقصان المحتوى المائي يعمل على على اطالة حفظ الاغذية . لذلك نجد ان التمليح Salting (زيادة تركيز المواد في

الماء) وكذلك عمل الشراب المركز Syruping يعملان على اطالة حفظ الاغذية وقد استعمل التجفيف والتمليح للاغذية ذات الاصل الحيواني واستعمل الـ Syruping لحفظ الفواكه .

الماء الجزيئي

تكون جزيئة الماء غير مستقيمة مستقطبة ، تحتوي على ذرة اوكسجين مرتبطة تساهميا بذرتي هيدروجين ، وان السلوك غير الاعتيادي للماء يكمن في تركيب جزيئة الماء نفسها ، حيث يظهر الشكل قابلية جزيئة الماء على تكوين الاواصر الهيدروجينية ، حيث تترتب جزيئة الماء بزاوية قدرها 105° وتكون المسافة بين ذرتي الهيدروجين وذرة الاوكسجين 0.957 انكستروم (10^{-10} م).



حيث يمكن وصف جزيئة الماء على انها جزيئة او جسم ذو اربعة اقطاب ومستدير في الوقت نفسه وذات قطر2.76 انكستروم وتكون ذرة الاوكسجين في وسط او مركز هذا الجسم ، يوضح الشكل ان لهذا الجسم شحنتان سالبتين وشحنتين موجبتين ولما للفصل الموجود بين شحنات جزيئة الماء فان الجذب بين الجزيئات المتجاورة يكون اكبر مما هو عليه الحال في قوى فاندرفال (وهي عبارة عن الجذب غير المتخصص الذي يحصل بين ذرتين تكون المسافة بينهما (3-4 انكستروم) وتقدر طاقة هذه الاصرة بـ (1-3 كيلو سعرة / مول).

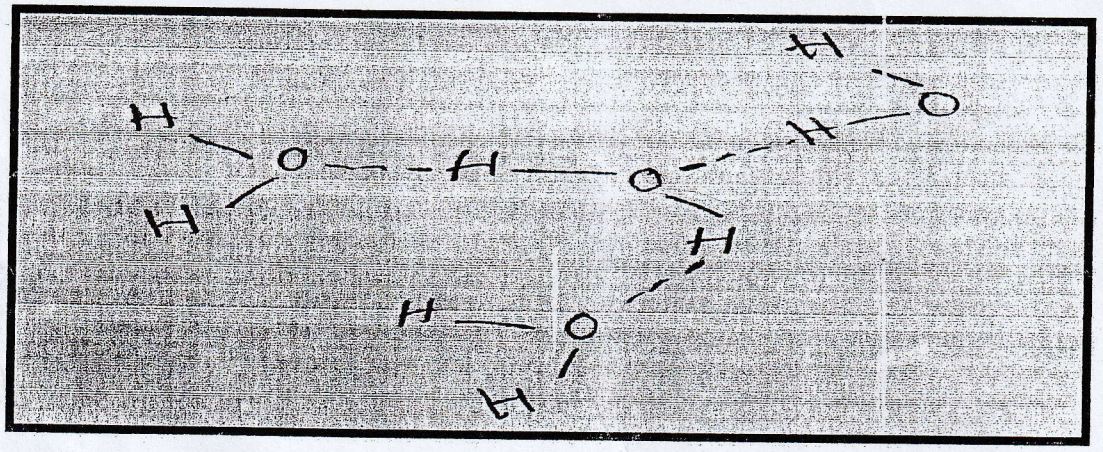
كما تعد قطبية جزيئة الماء وكذلك اتجاه جزيئة الماء العاملين الاساسيين للقيمة الكبيرة لثابت العزل الكهربائي للماء السائل. ويمثل ثابت العزل قوى جذب الايونات المختلفة الشحنة وكذلك ثابت العزل الكهربائي عبارة عن النسبة بين الشحنات الكهربائية .

ان توزيع الالكترونات في جزيئة الماء يكون غير متناسق، بحيث تكون احدى الجهات اكثر ايجابية في شحنتها مقارنة بالجهة الاخرى لذلك فان جزيئة كهذه لا يكون لها شحنة صافية بل تحاول ان توحد نفسها في المجال الكهربائي بحيث تكون الجهة السالبة مقابلة للقطب الموجب وبالمقابل الجهة الموجبة مقابلة للقطب السالب.

لذا يكون الماء من المذيبات الجيدة للاملاح لان ثابت عزله الكهربائي يكون كبير جدا. فعند ذوبان الاملاح في الماء فانها سوف تتحلل الى ايونات سالبة الشحنة واخرى موجبة الشحنة وسوف تعمل هذه الشحنات على جذب الماء حولها لتكون هياكل مميهة مستقرة وان هذه الهياكل تعمل على فصل الايونات الحاملة للشحنة عن بعضها في المحاليل المائية.

تعد الاواصر الهيدروجينية من ابرز الصفات المميزة لجزيئة الماء وبما ان جزيئة الماء غير مستقيمة وهي حاملة للشحنات الكهربائية فتشكل النهاية التي توجد ذرة اوكسجين منطقة سالبة الشحنة اما النهاية التي توجد فيها ذرتا الهيدروجين منطقة موجبة الشحنة ، كما ان السالبية الكهربائية للاوكسجين هي اعلى (3.5 مقارنة بـ 2.1 للهيدروجين) لذا فان هذه الفروقات في قابلية الجذب للالكترونات لنهايتي جزيئة الماء يؤدي الى جذب قوي بين جزيئات الماء المختلفة ويطلق على هذا الجذب

الهيدروجيني او الاواصر الهيدروجينية ، وبالامكان تشبيه الماء السائل كنظام متبلور يماثل تركيب الثلج الذي فيه مجاميع رباعية من الجزيئات مرتبة ترتيبا متناسقا ، بحيث تكون جزيئة ماء في الوسط تحاط بها ثلاث جزيئات اخرى من الماء ، ان للاواصر الهيدروجينة دورا مهما في التداخلات بين الماء والمواد المذابة في الانظمة البايولوجية لان الاواصر الهيدروجينية لا تتكون بين جزيئات الماء فقط وانما بين الماء وبين جزيئات قطبية اخرى مثل الاحماض الكاربوكسيلية والكحولات والكاربوهيدرات .....الخ .



الصفات الفيزيائية للماء Physical properties of water

يمكن تقسيم صفات الماء الى نوعين :

١-التغيرات الكيميائية : تشمل تكسير الاواصر بين ذرات الهيدروجين والاوكسجين .

٢-التغيرات الطبيعية : تبقى فيها جزيئة الماء محافظة على تماسكها.

ان الماء ذو صفات فريدة مقارنة بالسائل الاخرى وذلك :

١- يمتلك الماء درجة غليان ودرجة انصهار اعلى مقارنة بمواد اخرى لها وزن جزيئي مماثل للماء ، وهذا يعود بشكل اساسي الى الاواصر الهيدروجينية بين جزيئات الماء لذلك نجد ان الماء يوجد بشكل سائلعلى معظم الدجات الحرارية البيئية .

٢- الحرارة النوعية للماء عالية وهذا يعني ان كمية كبيرة من الحرارة يمكن ان تمتص او تتحرر بتغير طفيف بدرجة ولهذه الخاصية اهمية كبيرة في امتصاص الحرارة وخزنها في الانسجة .

٣- الحرارة الكامنة للانصهار ودرجة حرارة التبخر تكونان عاليتين للماء وهذه الخواص عبارة عن نتائج مباشرة لقوة الاواصر الهيدروجينية بين جزيئات الماء فعندما تكون درجة حرارة الماء منخفضة فان قوة الاواصر الهيدروجينية تكون كافية لمسك الجزيئات مع بعضها على هيئة ثلج ويعبر عن الحرارة الكامنة للانصهار بانها (((عدد السعرات الحرارية (80 سعرة حرارية /غم) اللازمة لتحويل غرام واحد من الثلج في درجة حرارة الصفر مئوي الى ماءسائل في الدرجة الحرارية نفسها)))) .

٤- من الخواص الغريبة الاخرى للماءن عندما ينجمد الماء فانه يتمدد وعلى العكس من ذلك فانه يتقلص عند ذوبانه ويعد الماء احدى المواد القليلة التي لها هذه الخاصية وعند تغير هيئة الثلج (صلب القوام) الى سائل فان درجة الحرارة لا تتغير وتبقى ثابتة .

اما الحرارة للتبخر فهي عدد السعرات اللازمة لتغير غرام واحد من سائل الى بخار في درجة حرارة الغليان وتقدر هذه الحرارة بـ 540 سعرة /غم وليس هنالك نظرية تعطي التفسير الكامل للخواص الشاذة للماء فمثلا تمدد الماء عند انجماده قد يعزى الى تحول جزيئات الماء من حالة سائلة اقل انتظاما الى الحالة الصلبة الاكثر انتظاما.

ذوبان المركبات البايولوجية

المركبات القطبية غير المتاينة مثل السكريات والكحولات والالديهايدات والكيتونات والاحماض العضوية وعدد اخر من المركبات تذوب في الماء بفعل الاواصر الهيدروجينية حيث تعمل جزيئات الماء ذات القطبية العالية على تخفيض الاواصر الهيدروجينية بين المواد المذابة وبذلك تكون اكثر تعرضا للذوبان في الماء .

عند تكوين الاواصر الهيدروجينية تبلغ المسافة بين ذرة الهيدروجين وذرة الاوكسجين (1 انكستروم) كما وتبلغ المسافة بين الهيدروجين والاوكسجين الاخرى (1.76 انكستروم) ، وتنكسر هذه الاواصر الهيدروجينية عند تكوين الثلج حيث تكون جزيئات الماء اقل تراصا في الماء السائل .

أما الاملاح فانها تذوب بطريقة مختلفة فمثلا كلوريد الصوديوم (مركب ايوني) يكون فيه التجاذب الكهربائي بين جزيئة الماء القطبية وبين ايونات الصوديوم الموجبة اقوى من التجاذب بين الايونات والتي تجمعها مع بعضهاذا فان النهايات السالبة لجزيئة الماء تسحب الايونات الموجبة للملح لذا يترتب على ذلك تلاشي التركيب البلوري للملح واختفاءه .

وتعد المجاميع غير المتاينة والواقعة على السلاسل الطرفية للبروتينات ومجاميع الاستر في اللبيدات من بن المواقع التي يمكن ان تستضيف الواد القطبية الموجودة في السلاسل البايولوجية .

كما ان ظاهرة التهلم gelation ناتجة عن حدوث تداخلات كبيرة بين الماء والمادة المذابة بفعل الاواصر الهيدروجينية بحيث يؤدي الى عدم افساح المجال لجزيئات الماء بالحركة ، وعلى العكس فاذا كانت الارتباطات الهيدروجينية كبيرة بين جزيئات المادة المذابةفان ذلك سيؤدي الى آلة اتحادها مع الماء وسوف تكون جزيئات كبيرة غير ذائبة .

الاطوار الثلاثة للماء

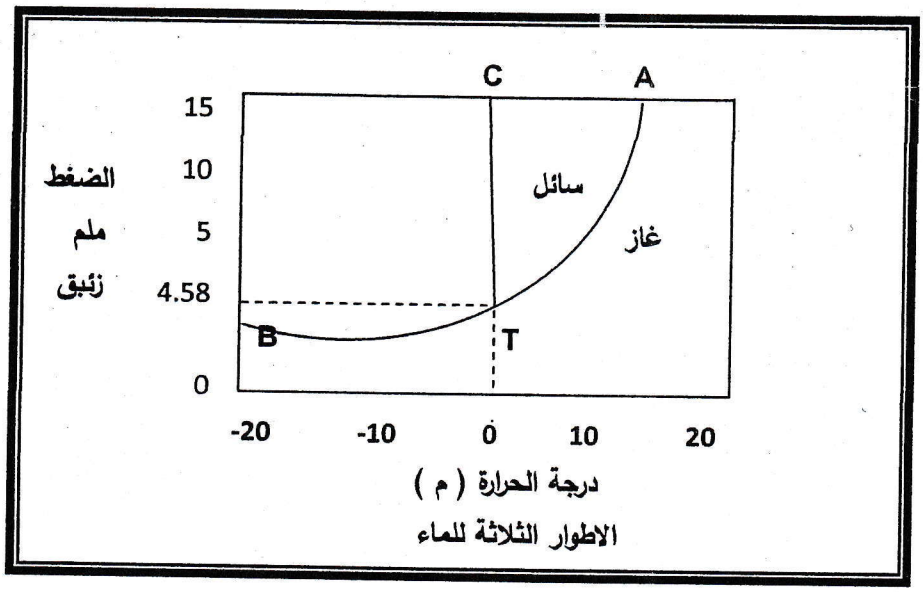
من المعلوم ان للماء ثلاثة اطوار هي السائل والصلب والغاز وتكون هذه الاطوار منفصلة عن بعضها تبعا للظروف ، ويمكن تمثيلها بثلاثة خطوط للتعادل هي :

١-خط ضغط بخار الماء ويرمز له TA

٢-خط ضغط الانصهار ويرمز له TC

٣-خط ضغط التسامي ويرمز له TB

حيث تلتقي هذه الخطوط الثلاثة في النقطة (T) والتي تكون عندها جميع الاطوار المذكورة في حالة تعادل لذا يطلق عليها النقطة الثلاثية للماء كما يتوضح من الشكل الاتي :



الاطوار الثلاثة للماء

فعند تسخين الثلج تحت ضغط اقل من 4.58 ملم زئبق فان الثلج يتحول مباشرة الى بخار وهذا في الحقيقة هو اساس عملية التجفيد (التجفيف بالتجفيد).

يؤدي الانجماد البطئ الى تكوين بلورات ثلج كبيرة تقع في النسيج الموجود خارج الخلايا اما الانجماد السريع فيؤدي الى تكوين بلورات ثلج صغيرة يقع داخل وخارج الخلايا ، وعند تجميد المادة الغذائية يتحول الماء الى ثلج عند درجة عالية من النقاوة مما يؤدي الى زيادة تدريجية في تركيز السائل غير المتجمد (ويصاحب ذلك تغيرات في الـ pH واللزوجة والقوة الايونية وبعض الخواص الاخرى) ان تحول الماء الى ثلج وتمدده وخاصة عندما تكون البلورات كبيرة يؤدي الى حدوث ضغط موقعي وينتج من ذلك ضرر ميكانيكي في المواد الموجودة داخل الخلية .

فعالية الماء وتلف الاغذية

فعالية الماء (aw) Water activity هو عبارة عن مصطلح له علاقة بكمية الماء اللازمة او التي لها علاقة بالنمو المايكروبي وكذلك الفعالية الانزيمية في الاغذية . ان الماء في المادة الغذائية لا يكون في توازن او تعادل مع بخار الماء المحيط بالمادة الغذائية نفسها لذا فان المحتوى المائي يكون متغيرا بمرور الوقت وقد يكون لهذا اثر كبير فيثباتية المادة الغذائية وبالتالي يؤثر في تعليب المواد الغذائية وحفظها . ومن الجدير بالذكر انه ليس كل الماء الموجود في المواد الغذائية يكون حرا بحيث يعمل او يكون بل ان قسما منه يكون مرتبطا مع بعض المجاميع المتخصصة العائدة لمركبات غير ذائبة وفضلا عن ذلك تكون بعض المواد المذابة مرتبطة ايضا بالمركبات غير الذائبة لذلك فان معرفة محتوى الاغذية من الماء وطبيعة المواد المذابة الموجودة وكميتها لا تعطي اساسا دقيقا لحساب مستوى فعالية الماء في الاغذية .

لفعالية الماء في الاغذية اهمية كبيرة في سير التفاعلات الكيميائية والمايكروبايولوجية التي تؤدي الى تلف الاغذية . فالاغذية المجففة والمجمدة تمتاز بقابلية عالية عند الخزن لانخفاض محتواها المائي وعادة تقل فعالية الماء في المادة الغذائية اما بالتجفيف او باضافة مادة مذابة بالماء كالسكر والملح حيث يكون النمو البكتيري مستحيلا عندما تنخفض الفعالية المائية عن 0.9 . كما يتثبط نمو الاعفان والخمائر عند فعالية تتراوح بين 0.8 -0.88 بالرغم من وجود بعض سلالات الخمائر التي تفضل التراكيز العالية