



محاضرات كيمياء الاغذية

لطلبة المرحلة الثالثة

Enzymes الانزيمات

اعداد

ا.م.د. ايناس مظفر خليل

قسم علوم الاغذية

كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد

2020-2019

الانزيمات Enzymes

الانزيمات عبارة عن عوامل مساعدة حيوية تعمل على تسريع معدلات التفاعلات الكيميائية وهي ذات طبيعة بروتينية، وكما هو الحال في البروتينات فإن الإنزيم يتألف من اتحاد عدد كبير من الأحماض الأمينية تكون فيما بينها سلسلة أو أكثر من متعدد الببتيد. توجد الأحماض الأمينية في هذه السلاسل وفق تتابع معين خاص بكل إنزيم مما يؤدي في النهاية إلى تركيب فراغي محدد يمكن الإنزيم من القدرة على تسريع حدوث تفاعل خاص به. والإنزيم هي كلمة لاتينية تعني في الخميرة in yeast اذ اكتشفت أولاً في عملية تخمر الكلوكوز إلى كحول بواسطة الخميرة.

تتشابه الإنزيمات في فعلها مع العوامل المساعدة الكيميائية الأخرى. إذ أنها تشارك في التفاعل دون أن تغير من نتيجته، أي أنها تعود في نهاية التفاعل إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه قبل بدء التفاعل مما يمكنها من المشاركة بتفاعل جديد وهذا ما يسمح لكميات قليلة من الأنزيم بالمشاركة لمدة زمنية طويلة في التفاعل، لكنها تمتاز عن العوامل المساعدة الأخرى بكفاءتها العالية. كما تمتاز عن العوامل المساعدة الأخرى بالدرجة العالية من التخصص التي تتمتع بها تجاه المادة المتفاعلة ونوع التفاعل. فكل إنزيم يختص بمادة متفاعلة واحدة يطلق عليها المادة الاساس Substrate، وقد يختص الإنزيم بمجموعة محددة من المواد المتشابهة في التركيب.

بما ان جميع الانزيمات عبارة عن مواد بروتينية ، فان اي عامل مثل الحرارة والحوامض والقواعد القوية والمذيبات العضوية او اي مادة تؤدي الى تغيير طبيعة البروتين (المسخ denaturation) ، سوف تسبب تحطيم فعالية الانزيم .

تذوب الانزيمات في الماء والكليسيروول والاسيتون والكحول المخففين، وتترسب الانزيمات من محاليلها بواسطة كبريتات الامونيوم وحامض الخليك ثلاثي الكلور والكحول المركز.

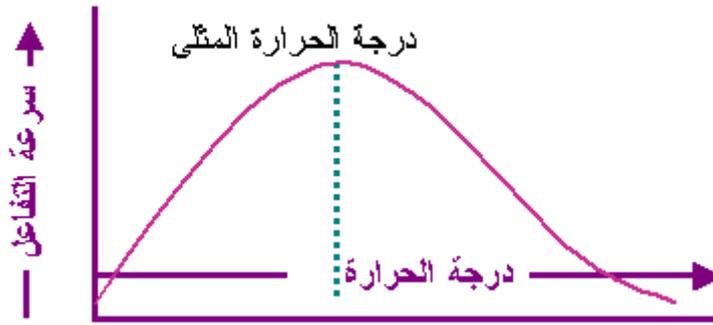
قد تتكون الانزيمات من سلسلة واحدة او سلاسل ببتيدية متعددة ، مثل الإنزيمات المحللة: إنزيم اليوربيز وإنزيم الأميليز. قد تحتوي الانزيمات على جزء عضوي مرتبط بالبروتين يسمى prosthetic group او مرافق انزيمي cofactor ، وفي بعض الحالات يرتبط الجزء العضوي بالجزء البروتيني بقوة خلال التفاعل الذي يقوم الانزيم بدور العامل المساعد فيه مثل FDA المرتبط بانزيمات Dehydrogenases وفي حالات اخرى يرتبط الجزء العضوي بالانزيمات ولكن ليس بقوة مثل NAD وتنفصل عن الانزيم خلال او عند نهاية التفاعل وتسمى المرافقات العضوية في هذه الحالات بالمرافقات الانزيمية.

غالبا ما تحتاج الانزيمات الى بعض الايونات لفعاليتها وقد تكون هذه الايونات موجبة الشحنة cations او سالبة الشحنة anions والتي تعمل كمنشطات للانزيم ، لكنه يستطيع ان يقوم بعمله بدون هذه الايونات المنشطة.

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الإنزيمية

1- درجة الحرارة temperature

الإنزيمات حساسة لدرجة الحرارة فعند درجة الصفر يقف عمل الإنزيم تماماً ويمكن أن يستعيد نشاطه مرة أخرى تدريجياً برفع درجة الحرارة. إذ تؤدي زيادة درجة الحرارة الى زيادة سرعة التفاعل الذي يشارك فيه الإنزيم لكن بحدود معينة ففي البداية تزداد سرعة التفاعل بازدياد درجة الحرارة ويصل نشاط الإنزيم إلى ذروته عند درجة الحرارة المثلى optimum temperature لعمل الإنزيم، إلا أن زيادة درجة الحرارة بعد ذلك تؤدي إلى الإقلال من سرعة التفاعل حتى تصل إلى الصفر عند الدرجات الحرارية العالية. تعتمد درجة الحرارة المثلى على الوقت، أي أن إطالة مدة تعريض الإنزيم للدرجات العالية سيؤدي إلى انخفاض في درجات الحرارة المثلى الظاهرية



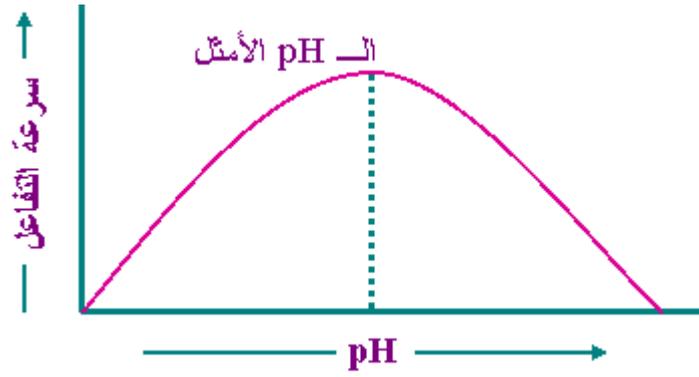
شكل(1): تأثير درجات الحرارة في سرعة التفاعلات الإنزيمية

ان سبب ذلك يعود الى عاملين متعاكسين 1- زيادة سرعة التفاعل نتيجة ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة النشاط الجزيئي لمواد التفاعل. 2- زيادة تحطم الإنزيم نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي الى هبوط سرعة التفاعل الى الصفر. لقد وجد ان ارتفاع درجة الحرارة الى 45 م يؤدي الى زيادة سرعة التفاعل (النقطة 1 المذكورة اعلاه) ، بعد ذلك تأتي أهمية العامل 2 إذ تتغير طبيعة الإنزيم البروتينية denaturation .

2- الاس الهيدروجيني pH

لكل إنزيم درجة حموضة pH مناسبة يكون نشاطه عندها أكبر ما يمكن ويقل نشاطه إذا تغير درجة pH ارتفاعاً أو انخفاضاً وذلك لما يطرأ على الإنزيم من تغير وذلك لتغيير شحنة الأحماض الامينية المكونة لسلسلة البروتين والتي تشارك في ربط المواد المتفاعلة بمركز نشاط الإنزيم. إذ يحصل تغيرات في تاين الإنزيم أو المادة الاساس التي يعمل عليها أو المعقد المتكون بين الإنزيم والمادة الاساس ، إضافة الى ذلك ان التاثر الايوني في حالة القيم العالية أو الواطئة من الاس الهيدروجيني يؤدي تغير الطبيعة البروتينية للإنزيم .

لكل إنزيم حدود معينة من pH التي يعمل ضمنها ولكل إنزيم pH معين يعمل عنده على الطاقة القصوى ويسمى optimum pH الذي يتأثر بعوامل عدة منها مصدر الإنزيم ونوع المادة التي يعمل عليها ودرجة حرارة وسط التفاعل.



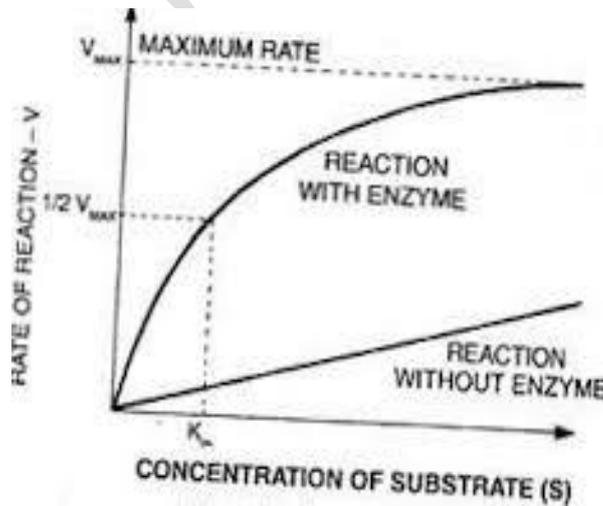
شكل(2): تأثير pH في سرعة التفاعلات الانزيمية

3- تأثير تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم substrate concentration

عندما يكون تركيز الانزيم ثابتاً ويزداد تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم ، في هذه الحالة نلاحظ زيادة ملحوظة في سرعة التفاعل ، واذا استمرت زيادة تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم ، تبدأ الزيادة في سرعة التفاعل بالانخفاض وعند وصول التفاعل الى مرحلة يكون فيها تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم عالياً ، عند ذلك نلاحظ عدم حدوث اي زيادة في سرعة التفاعل.

عبر العالم ميكيليس Michaelis ان التفاعلات التي تتم بمساعدة الانزيمات وتكون تراكيز المادة التي يعمل عليها الانزيم مختلفة بانها ثنائية الطور، ففي الطور الاول اي عندما يكون تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم قليلا تكون المواقع الفعالة في الانزيم غير مشبعة بالمادة التي يعمل عليها الانزيم وبناء على ذلك فان سرعة عمل الانزيم تختلف بتركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم في وسط التفاعل.

اما في الطور الثاني اي عندما يكون تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم عاليا فان جميع المواقع الفعالة في الانزيم تكون مشبعة، وعند هذه النقطة يعمل الانزيم على السرعة القصوى maximum velocity وتكون سرعة التفاعل مستقلة عن تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم.



شكل(3): تأثير تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم في سرعة التفاعل

يعرف ثابت ميكالس بانه تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم عندما تكون السرعة القصوى في منتصفها

ان لثابت ميكالس – مينتون اهمية كبيرة في خواص انزيم ما ، فعندما تكون قيمة هذا الثابت قليلة فان ذلك يعطي مؤشر الى وجود الفة عالية بين الانزيم والمادة التي يعمل عليها ، بينما القيمة العالية لهذا الثابت تعني وجوب توفير تركيز عال من المادة التي يعمل عليها الانزيم الى درجة نصف التشبع او نصف الفعالية القصوى، اي الوصول الى السرعة الاولية. تستعمل وحدة مول/ لتر لثابت ميكالس – منتون وتتراوح قيمة هذا الثابت بين 10^{-2} - 10^5 مول / لتر.

4- تأثير تركيز الإنزيم على سرعة التفاعل

هناك علاقة طردية بين سرعة التفاعل وزيادة تركيز الإنزيم بوجود زيادة من المادة المتفاعلة فإن زيادة نسبة الإنزيم يزيد من سرعة التفاعل، وذلك بشكل مطلق طالما وجدت مادة التفاعل.

5- تأثير وجود المثبطات

يقصد بالمثبطات مركبات يترتب على وجودها انخفاض في نشاط الإنزيم وفي بعض الأحيان توقف نشاط الإنزيم كلية. وتنقسم قسمين:

أولاً: النوع الأول له تأثير مؤقت على النشاط الإنزيمي حيث يستعيد الإنزيم نشاطه بعد زوال المثبط ثانياً: مثبطات لها تأثير دائم على الإنزيم فلا يستعيد الإنزيم نشاطه بزوال تأثير المثبط.

التثبيط التنافسي competitive inhibition : يحدث عندما يتنافس مركب ما مع المادة التي يعمل عليها الانزيم للارتباط بالموقع الفعال للانزيم نتيجة وجود تشابه في تركيب المركبين، فمثلاً يتنافس حامض المالمونيك مع حامض السكسينيك على الموقع الفعال للانزيم المسمى سكسينيك ديهيدروجينيز لوجود تشابه في تركيبهما.

تعتمد درجة التثبيط على عوامل عدة وهي: 1- تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم 2- تركيز المثبط 3- الالفة النسبية الموجودة بين الانزيم والمادة التي يعمل عليها وبمعنى اخر قيمة Km للمركب المعقد بين الانزيم والمادة التي يعمل عليها وقيمة Km للمركب المعقد بين الانزيم والمثبط. يكون الفعل التثبيطي في هذه الحالة عكسي reversible اي بالامكان الحفاظ على فعالية الانزيم بزيادة تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم .

التثبيط اللاتنافسي noncompetitive inhibition : ليس بالامكان عكس هذا النوع من التثبيط بزيادة تركيز المادة التي يعمل عليها الانزيم ، تعتمد درجة التثبيط في هذه الحالة على تركيز المثبط والالفة بين الانزيم والمثبط.

تتخصص المثبطات في عملها فمثلاً الانزيمات التي تحتوي على الحديد تثبط بوساطة السيانييد والانزيمات المحتوية على مجاميع السلفاهيدريل تثبط بوساطة النحاس والزنابق كما ان بعض الفوسفات العضوية تثبط فعالية الانزيمات التي لها فعالية الاستريز.

المواقع الفعالة للانزيمات Active sites

الموقع الفعال لانزيم ما عبارة عن الموقع او المساحة التي يتم فيها تحليل المادة التي يعمل عليها الانزيم اي ما يسمى catalysis . تتكون كثير من الانزيمات من مواد بروتينية فقط ويترتب على ذلك ان الموقع الفعال يجب ان يتكون من واحد او اكثر من الاحماض الامينية ، اضافة الى ذلك غالبا ما تشارك الايونات او المرافقات الانزيمية في عملية catalysis جزءا مهما لا يتجزء من المركب المعقد المقترن بين الانزيم والمادة الاساس اي Enzyme-substrate complex مما يشير الى وجود مواقع متخصصة لربط هذه المركبات المختلفة (المادة الاساس والمرافق الانزيمي والايونات) الى الموقع الفعال.

عند تكون الانزيم من مادة بروتينية فقط ، فان بعض الاحماض الامينية تساهم في الموقع الفعال للانزيم وليست جميعها اذ بالامكان ازالة جزء كبير من بروتينات بعض الانزيمات بدون ان يؤدي ذلك الى تغير كبير في فعالية الانزيم . من الاحماض الامينية التي غالبا ما توجد في المواقع الفعالة للانزيمات المختلفة هي السيرين والهستيدين وحامض الكلوتاميك والاسبارتيك والارجنين والتايروسين اذ توجد هذه الاحماض الامينية في المواقع الفعالة لانزيمات التربسين والكايموترسين والفوسفوكوكوميونيز والفوسفوريليز.

الانزيمات المرتبطة Bound enzymes

يقصد بها ربط الانزيم بمادة غير ذائبة او حامل غير ذائب insoluble carrier ، يرتبط الانزيم بالحامل غير الذائب بوساطة او اصر تساهمية.

تكون الانزيمات في حالتها الطبيعية ذائبة بالماء ويسبب استعمالها بحالتها الذائبة في عمليات التصنيع المختلفة الى العديد من المشاكل منها :

- 1- يكون من الضروري استعمال بعض المثبطات لانهاء فعالية الانزيم بعد القيام بدوره واحداث التغير المطلوب ، اذا لم يسمح باستعمال المثبطات فمن الضروري ترسيب الانزيم بطريقة ما او معاملة المنتج بدرجة حرارة عالية للحد من نشاط الانزيم.
- 2- غير اقتصادية ، اذ يستعمل الانزيم لمرة واحدة فقط ولا يمكن استعماله مرة اخرى.

لجأ العلماء الى طريقة اخرى يرتبط فيها الانزيم على سطح او حامل غير ذائب وبعد الانتهاء من العمليات التصنيعية يكون من السهولة ايضا ازالته، مزايا الطريقة :

- 1- تساعد هذه الطريقة على استعمال الانزيم مرة اخرى
- 2- ان للانزيم المرتبط ثباتية اعلى تجاه المعاملات الحرارية والاس الهيدروجيني.
- 3- تقصر مدة تحليل البروتينات من ايام عدة الى دقائق عدة.

تستعمل لتحويل النشا الى كلوكوز وذلك بحجز الالف- اميليز على حامل غير ذائب ، كما يستعمل انزيم البابين المحجوز على حامل غير ذائب في صناعة البيرة لتحليل البروتينات التي تسبب تضبيب عند تيريد البيرة.

1- التاثيرات المفيدة

الانزيم	المادة الغذائية	فعله او الغرض من استعماله
الاميليز amylase	عمل المعجنات	زيادة محتوى السكر لعمل الخميرة
	الحبوب	تحويل النشا الى دكستريين وزيادة امتصاص الماء
	عصير الفواكه والجلي	ازالة النشا لتحسين صفات المنتج
	البكتين	المساعدة في تحضير البكتين من بذور التفاح
اللاكتيز (بيتا- كالاكتوسيديز) lactase	الشراب والسكريات	تحويل النشا الى دكستريين ذو وزن جزيئي واطى (شراب الذرة)
	الخضراوات	تحليل النشا لزيادة طراوة الخضراوات
	الاييس كريم	منع تبلور اللاكتوز الذي يؤدي الى انتاج قوام متحبب في الايس كريم
	الحليب	زيادة ثباتية بروتينات الحليب المجمد بازالة اللاكتوز
سيليليز Cellulase	الاغذية المختلفة	تحويل اللاكتوز الى كالاكتوز وكلوكوز
	عمل البيرة	تحليل السكريات المعقدة لجدران الخلايا
	القهوة	تحليل السليلوز خلايا تجفيف الحبوب
	الثمار	ازالة التحبب الموجود في الكمثرى، وسهولة ازالة قشور المشمش والطماطه
تانيز tannase	عمل البيرة	ازالة المواد الفينولية المتعددة
الانزيمات البكتينية protease	الفواكه	زيادة طراوة وتحسين قوام الفاكهة
	عمل البيرة	تحسين القوام والنكهة وتحسين القيمة الغذائية للبيرة خلال عملية التخمير.

2- التاثيرات الضارة (غير المفيدة)

الانزيم	المادة الغذائية	فعله او الغرض من استعماله
البيروكسيديز peroxidase	الخضراوات	اعطاء نكهة غير مرغوبة
	الفواكه	يساعد على اسمرار اللون
الانزيمات المحللة للبروتين Protease	البيض	يقلل من عمر الخزن
	الحبوب	تغيير لون النخالة الى لون غامق
اللايبيز lipase	الحليب ومنتجاته والزيت	الزناخة
	الفواكه والخضراوات	تطور اللون الاسمر وانتاج نكهة غير مرغوبة وخسارة الفيتامينات
انزيم بولي فينول اوكسيديز Polyphenol oxidase	الفواكه والخضراوات	تطعيم فيتامين C
Ascorbic acid oxidase	الخضراوات والفواكه	تحطيم الثيامين (vitamin B1)
ثيامينيز Thiaminase	اللحوم والاسماك	



محاضرات كيمياء الاغذية

لطلبة المرحلة الثالثة

البروتينات proteins

اعداد

ا.م.د. ايناس مظفر خليل

قسم علوم الاغذية

كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد

2020-2019

البروتينات proteins

البروتينات مواد متبلمرة polymers ذات وزن جزيئي عال ولها طبيعة غروية ولا تنفذ من خلال الاغشية شبه النفاذة وللبروتينات صفات امفوتيرية اي انها تتصرف كاحماض وقواعد في آن واحد. تتحلل البروتينات الى احماض امينية بصورة عامة ، عدا بعض المجاميع الاضافية مثل الهيم والحديد والنحاس وقد تحتوي بعض البروتينات على مركبات عضوية كما في البروتينات المقترنة.

تعد البروتينات من المكونات الاساسية للخلايا الحية وتستعمل في تكوين وتجديد الاجهزة الحية المختلفة، وتمتلك بعض البروتينات وظائف متخصصة جداً مثل الانزيمات enzymes ويعمل بعضها اجساماً مضادة antibodies ويؤدي قسم منها وظائف مهمة في السيطرة على التمثيل الغذائي (الايض) metabolism .

تتمكن النباتات من تخليق البروتينات من مصادر غير عضوية مثل النتروجين والماء وثاني اوكسيد الكربون، في حين تعتمد الحيوانات وكذلك الانسان على المصادر النباتية او البروتين الحيواني في غذائهم لتجهيزهم ببعض المكونات مثل الاحماض الامينية الاساسية.

يتكون البروتين من النتروجين والكربون والاكسجين ، وتحتوي بعض البروتينات على الكبريت وبعضها يحتوي على الفسفور واحياناً تحتوي على الزنك والحديد والنحاس . تتكون البروتينات من نتروجين وكربون واكسجين وهيدروجين وكبريت بنسب (16، 50، 22، 7)% على الترتيب وكبريت بنسبة 0.5-3%.

هنالك 20 نوع من الأحماض الأمينية ، كل بروتين له فعاليته الخاصة في جسم الإنسان، و يُعطي كل واحد غرام من البروتينات 4 سعرات حرارية لجسم الإنسان.

تتباين القيمة البيولوجية للبروتينات ويكم الاختلاف في ان بعض البروتينات تكون غنية بالاحماض الامينية الاساسية والاخرى لا تحتوي على كميات كافية من هذه الاحماض ، فمثلا تكون البروتينات الموجودة في اللحوم والمنتجات الحيوانية الاخرى هي بروتينات كاملة، أي أنها تقدّم جميع الأحماض الأمينية التي لا يستطيع الجسم صنعها بنفسه. أمّا البروتينات النباتية فهي بروتينات غير كاملة، أي يجب أن تُضاف إليها بروتينات أخرى كي يحصل الجسم على جميع الأحماض الأمينية اللازمة له.

تعتمد كميّة البروتين التي يحتاج إليها الجسم كلّ يوم على السنّ والجنس. يحتاج الإنسان إلى كميّة أكبر من البروتين عندما يكبر في السن، وكذلك يحتاج الرجال إلى كميّة أكبر من البروتين ممّا تحتاج إليه النساء.

اهم الوظائف الحيوية للبروتينات

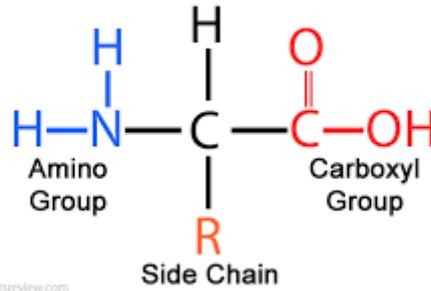
- المحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي في الجسم.
- تدخل في تكوين الأجسام المضادة المسؤولة عن المناعة الطبيعية للجسم.
- تدخل في تكوين الهرمونات المسؤولة عن تنظيم نشاطات الجسم.
- تدخل في تكوين الأنزيمات المسؤولة عن التفاعلات الكيميائية في الجسم.

- تساهم في تركيب بروتينات بلازما الدم والهيموغلوبين هو بروتين مسؤول عن حمل ونقل الأوكسجين خلال الجسم.
- خزن الجزيئات، مثل بروتين الفيرتين المستخدم في خزن الحديد في الكبد.
- بناء، تقوية، وتصليح أنسجة الجسم، مثل الكيراتين الموجود في الشعر.
- تزويد الجسم باحتياجاته من الأحماض الأمينية الأساسية.
- الوقاية من أمراض نقص البروتين كالتأخر في النمو ومرض الاستسقاء.
- الأكتين والميوسين هي بروتينات مسؤولة عن تقلص عضلات الجسم.
- الرودبسين هو بروتين موجود في العين يستخدم للرؤية.

الاحماض الامينية والاواصر الببتيدية

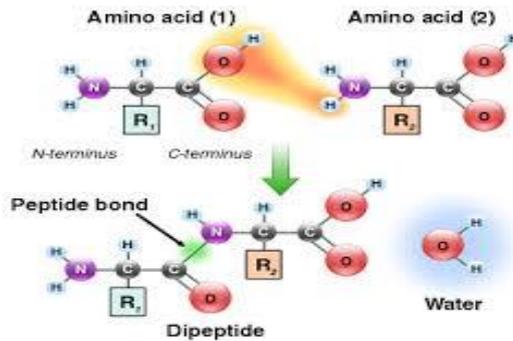
تتكون الاحماض الامينية من ذرة كربون وذرة هيدروجين ومجموعة امين amino group ومجموعة كاربوكسيل carboxyl group ومجموعة ملحقة side chain التي تختلف باختلاف الاحماض الامينية.

Amino Acid Structure

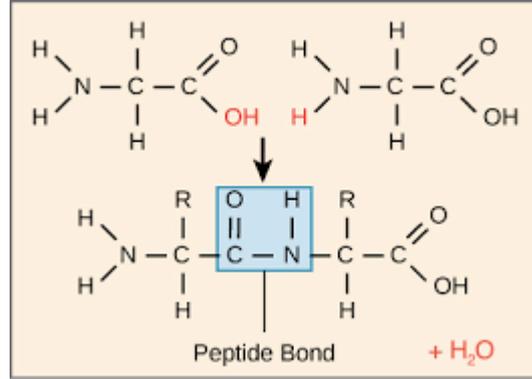


شكل (1): تركيب الحامض الاميني

تتحد الاحماض الامينية مع بعضها في تكوين البروتينات خلال اواصر اميدية amid bonds التي تتكون بين مجموعة الكاربوكسيل α (الفا) والمجموعة الامينية وتسمى هذه الاواصر بالاواصر الببتيدية peptide linkages .

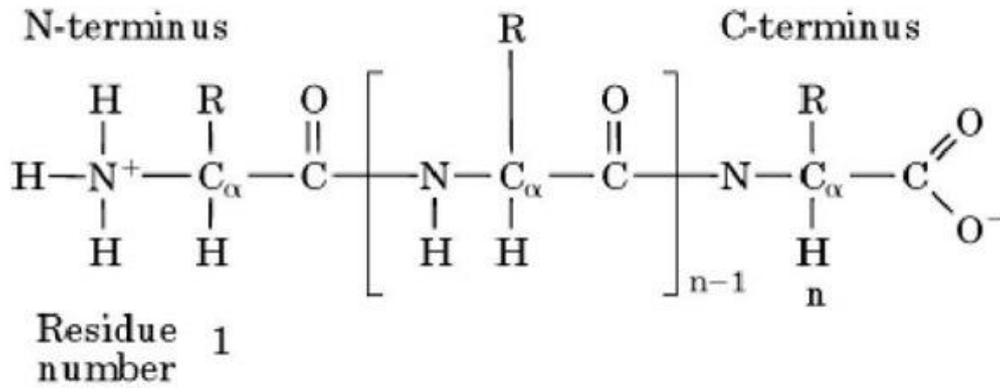


تسمى المواد الناتجة من تكوين الاواصر البيبتيدية بالبيبتيدات ويطلق على البيبتيدة المتكونة من حامضين اميين بالبيبتيدة الثنائية dipeptide ، والتي تحتوي على احماض امينية عدة بالبيبتيدة المتعددة polypeptide .



شكل(3) : بيبتيدة ثنائية مكونة من اتحاد جزينتين من الحامض الاميني كلايسين

يكتب التركيب الكيماوي عادة للبيبتيدات بوضع المجموعة الامينية الطرفية - الفا (N- terminus) الى اليسار بينما توضع المجموعة الكربوكسيلية الطرفية - الفا (C-terminus) الى اليمين .



شكل(4): المجموعتين الطرفية الامينية والكربوكسيلية في البيبتيدات

تكون الاواصر البيبتيدية الموجودة في البروتينات مقاومة نوعا ما للتحلل وتستعمل الحوامض او القواعد القوية لمدد زمنية طويلة لاكمال التحلل. تقوم بعض الانزيمات المتخصصة بتحليل البروتينات بدرجات حرارية معتدلة وبوقت قصير جداً مقارنة بالحوامض والقواعد.

يفضل التحلل الحامضي للبروتينات على التحلل القاعدي ، لان القواعد تحول الاحماض الامينية الموجودة في الطبيعة على هيئة (L) الى خليط راسيمي racemic mixture يحتوي على الهيبتين D و L .

يؤدي تحلل البروتينات بواسطة الحوامض الى تحطم معظم التربتوفان وتحطم بعض السيرين والثريونين وكذلك الكلوتامين والاسبارجين، بينما يؤدي التحلل القاعدي الى تحطم الارجنين والسستين والسستين والاسبارجين والكلوتامين.

الانزيمات المحللة للبروتين proteolytic enzymes

يوجد عدد كبير من الانزيمات المحللة للبروتين التي تنتج الببتيدات والاحماض الامينية . تمتص الاحماض الامينية من قبل الامعاء الدقيقة وقد تستعمل في تخليق جزيئات بروتينية اخرى ، او قد تتحول الاحماض الامينية الى يوريا وCO₂ وماء.

تستعمل الانزيمات المحللة للبروتين proteolytic enzymes لتحليل البروتينات ، وتقسم الى صنفين رئيسيين هما:

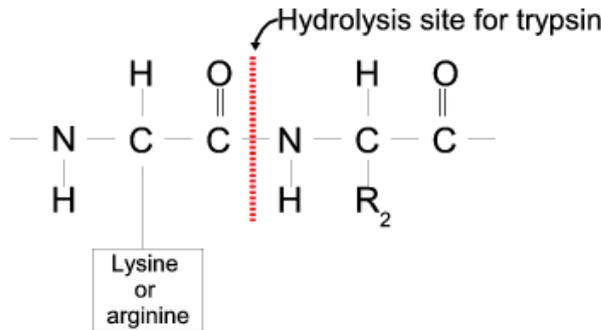
1- الببتيدازات الداخلية endopeptidase: تقوم بتحليل الاواصر الببتيدية الداخلية للبروتينات. اذ تهاجم الاواصر الببتيدية الموجودة في داخل واطراف جزيئة البروتين ويطلق عليها بالبروتيازات proteases من امثلتها الببسين والتربسين والايلاستين والكايوتربسين (التي تمثل مصادر حيوانية) ، والباباين والفايسين (مصادر نباتية).

2- الببتيدازات الخارجية exopeptidase : تقوم بتحليل الاواصر الببتيدية الخارجية للبروتينات يضم نوعين الاول carboxypeptidase والثاني aminopeptidase وهما يقومان بتحليل وازالة الاحماض الامينية بصورة متعاقبة من نهايتي السلسلة الببتيدية المتعددة، اذ تحتوي هاتان النهايتان على ذرة الكربون الطرفية وذرة النتروجين الطرفية على الترتيب.

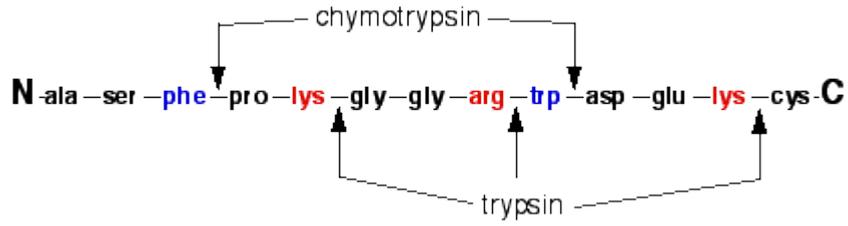
تمتلك الانزيمات المحللة للبروتين درجة عالية من التخصص ، وتقوم العديد من هذه الانزيمات بتحليل البروتين ذي الطبيعة المتغيرة denatured بدرجة اسرع من البروتين الطبيعي native .

تقوم البروتيازات بتحليل الاواصر الببتيدية التي تقع بعد الاحماض الامينية القاعدية ، وانزيمات اخرى تعمل على الاحماض الامينية الحامضية واخرى على الاحماض الامينية الحلقية aromatic .

يحلل انزيم التربسين trypsin الاواصر الببتيدية التي تكون مجموعة الكربونيل فيها عائدة الى اللايسين والارجنين



يحلل انزيم الكايموسين الاواصر الببتيدية التي تكون مجموعة الكاربونيل فيها عائدة الى الفينيل النين والتايروسين والتربتوفان. لذلك يعد التربسين اكثر تخصصا من الكايموتريسين.



تركيب البروتينات protein structure

1- التركيب الاولي primary structure

هو عبارة عن بروتين تكون فيه الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها البعض بواسطة اواصر ببتيدية في ترتيب خطي لتكوين سلسلة طويلة غير متشعبة تحتوي على عدة مئات من الاحماض الامينية ولا توجد أي روابط أو قوى أخرى بين الأحماض الأمينية.

2- التركيب الثانوي secondary structure

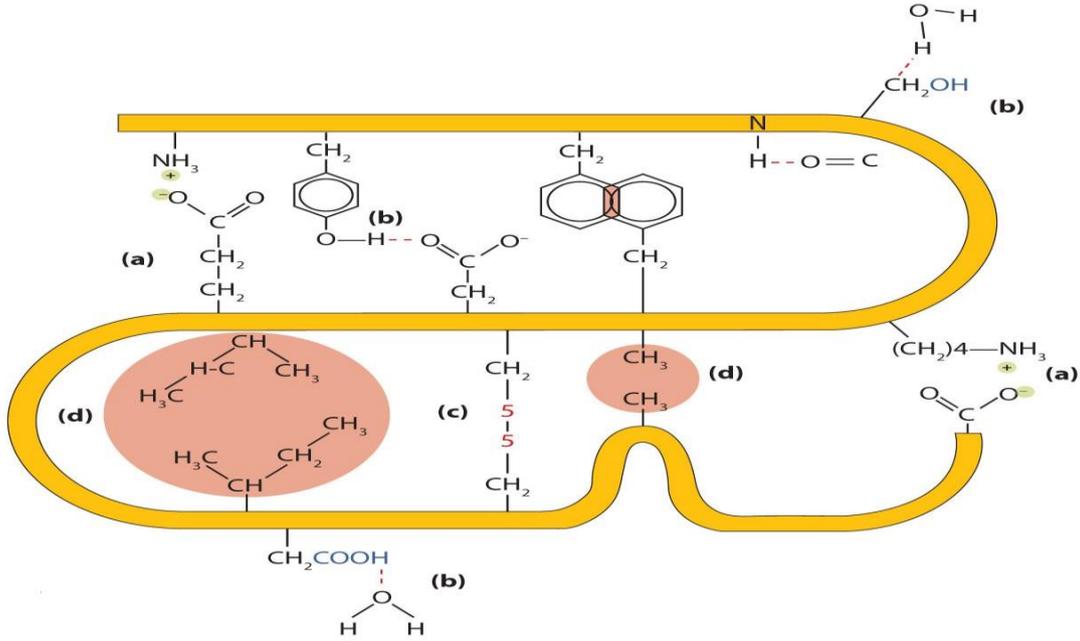
تتنظم السلاسل الببتيدية في شكل لولبي (حلزوني) helical أو في شكل صفائح مطوية β -sheets أو بشكل عشوائي. يساعد على تنظيم البروتينات بتلك الأشكال تكون روابط هيدروجينية بين ذرة الهيدروجين التابعة لمجموعة الأمين في أحد الأحماض الأمينية وذرة الأوكسجين التابعة لمجموعة الكربوكسيل التابعة لحمض أميني آخر يبعد عن الأول بثلاث وحدات أمينية في السلسلة الببتيدية الواحدة أو تكون الرابطة الهيدروجينية بين سلسلتين ببتيدية. ان تكرار الروابط الهيدروجينية بهذه الطريقة يعطى للجزء شكلاً حلزونياً. تلتف أجزاء السلسلة على هيئة لولب يميني كل دورة مؤلفة من 3.6 وحدة من الأحماض الأمينية وتبرز مجموعاتها الجانبية حول محيط اللولب بعيداً عن المحور . يتخذ الشكل الحلزوني المظهر الليفي مثل بروتين الكولاجين المكون للألياف البيضاء، وهذا النوع من البروتينات غير قابلة للذوبان في الماء مثل بروتينات الشعر والأظافر

3- التركيب الثلاثي tertiary structure

يشير هذا المصطلح الى قابية السلسلة الببتيدية للانطواء folding اذ تلتف السلاسل الببتيدية وتنطوي وتثنني حتى تصبح على شكل كروي مثل كرة صوف النسيج وذلك بفعل عدة عوامل وروابط

- تجاذب الكترولستاتيكي : بين الاحماض الامينية الحامضية والقاعدية .
- اصرة ثنائية الكبريت disulfide bond : تنشأ من أكسدة وحدتين متقابلتين من الحامض الاميني السيستئين فيتكون ارتباط.
- تجاذب المجاميع غير المحبة للماء hydrophobic مع بعضها.

- الاواصر الهيدروجينية : اذ تتكون بين المجموعات الجانبية للوحدات المشتركة في السلسلة بحيث تكون بارزة على السطح مثل الاصرة الهيدروجينية بين التايروسين ومجموعة كربوكسيلية لحمض اميني اخر.
- تجاذب قطب ثنائي مع قطب ثنائي.



شكل(5): بعض الاواصر التي تساعد في ثبات تركيب البروتين

تصنيف البروتينات

تصنف البروتينات على أساس تكوين البروتين وذوبانيته إلى:

اولا: بروتينات بسيطة **simple protein**: وهي كل بروتين يعطي عند تحلله أحماض أمينية فقط

1- الالبومين **albumin**: يذوب في الماء والمحاليل الملحية ، ويتخثر بالحرارة مثل البومين بياض البيض والبومين الدم (المصل) والحليب .

2- الكلوبولين **globulin**: يذوب في المحاليل الملحة المتعادلة للأحماض والقواعد القوية ، قليل الذوبان في الماء مثل كلوبولين مصل الدم والمايوسين الموجود في العضلات.

3- الكلوتلينات **glutelins**: تذوب في الحوامض والقواعد المخففة جدا ولا تذوب في المذيبات المتعادلة، توجد في النباتات فقط مثل كلوتين الحنطة.

4- البرولامينات prolamins : تذوب في 50-90% كحول ولا تذوب في الماء او الكحول المطلق. توجد فيالنباتات فقط مثل الكلايدين في الحنطة والرز .

5- السكليروبروتينات scleroproteins : لا تذوب في المحاليل المتعادلة وتوجد في الحيوانات فقطمثل الكولاجين والكيراتين للانسجة الرابطةوالعظام والقرون.

6- الهستونات histones : تحتوي على كمية كبيرة من الاحماض الامينية القاعدية ، توجد في الحيوانات وتذوب في الماء والحوامض والقواعد المخففة ، مثل الهستونات في البنكرياس.

7- البروتامينات protamines : تعد من البروتينات القاعدية القوية ولها اوزان جزيئية اقل من الهستونات .

ثانيا: البروتينات المقترنة conjugated protein: وهي البروتينات التي تنتج عند تحللها
أحماض أمينية و مكونات أخرى قد تكون عضوية أو غير عضوية ، مثل:

1- البروتينات النووية (النوكلوبروتينات nucleoproteins): وهي البروتينات المرتبطة
بالاحماض النووية وموجودة في النوية.

2- البروتينات الفسفورية (الفوسفوبروتينات phosphoproteins): وهي البروتينات المرتبطة
بحامض الفسفوريك وتوجد في كازين الحليب.

3- البروتينات الملونة (chromoprotein): مثل الفلافوبروتين والكلوروفيل والهيم والفيريتين

4- البروتينات الدهنية (الليبوبروتينات lipoproteins): وهي البروتينات المرتبطة
بالاحماض الدهنية مثل الكوليسترول والليسيثين وتوجد في الاغشية الحيوية

5- البروتينات السكرية (الكلايكوبروتينات glycoproteins): بروتينات مرتبطة بالسكريات
مثل كاما – كلوبيولين وهيما اكلوتينين

ثالثا: بروتينات مشتقة derived proteins: تشمل جميع نواتج تحلل البروتينات الموجودة في
الطبيعة

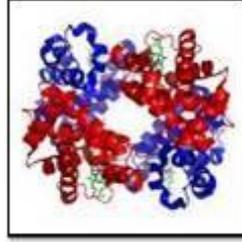
1- **المشتقات الاولية primary derivatives :** يطلق اسم البروتين على البروتينات
التي تحورت قليلا بفعل الماء او الحوامض والقواعد المخففة او الانزيمات.

2- **المشتقات الثانوية seconrary derivatives :** تشمل البروتيويزات والبيبتونات
والبيبتيدات .

تقسيم البروتينات وفق الصفات الطبيعية

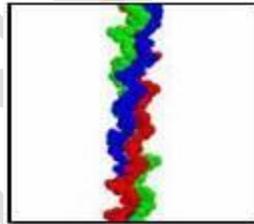
اولا: بروتينات ذات شكل كروي

تلتف السلسلة أو السلاسل الببتيدية لهذه البروتينات على بعضها بقوة لتكون جزيء ذو شكل كروي أو بيضوي ولها أهمية وظيفية في نقل العناصر اللازمة لحياة الخلية مثل (الإنزيمات- الهيموكلوبين-الالبومين في الدم)، تذوب البروتينات الكروية بسهولة في الماء.



ثانيا: بروتينات خيطية أو ليفية

لها وظائف تركيبية مثل الكولاجين الموجود في الأنسجة الضامة مثل الكيراتين الموجود في الشعر والريش والأظافر، وتعد البروتينات الليفية عديمة الذوبان في الماء.

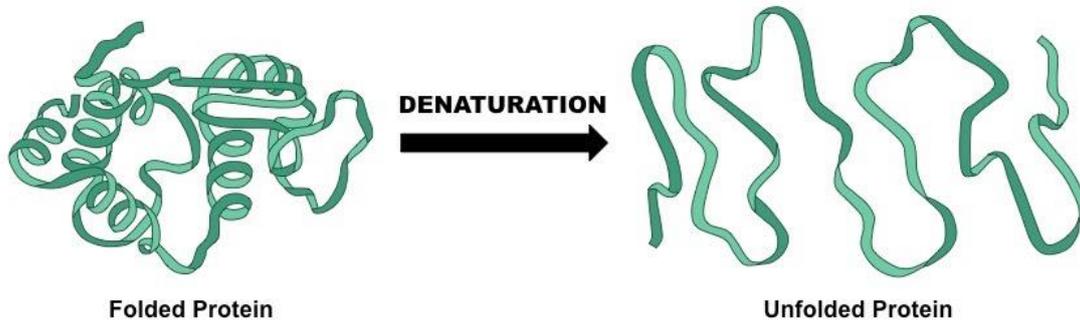


توجد في الاحماض الامينية مجاميع فعالة اخرى اضافة الى المجاميع الامينية والكاربوكسيلية تساهم في اعطاء الصفات الحامضية والقاعدية وهي:

- 1- مجموعة السلفهايدريل في cysteine (pKa= 8.39)
- 2- مجموعة الكاربوكسيل- بيتا في حامض الاسبارتيك (pKa= 3.87)
- 3- مجموعة الكاربوكسيل- كما في حامض الكلوتاميك (pKa= 4.27)
- 4- مجموعة الكوانيدوفي الارجنين (pKa= 12.48)
- 5- مجموعة الامينية ايسولون في حامض اللايسين (pKa= 10.53)
- 6- المجموعة الفينولية في التايروسين (pKa= 10.03)
- 7- مجموعة الاميدازول في الهستيدين (pKa=6.04)

تغير صفات البروتين (المسخ) denaturation

هو مجمل التغيرات التي تحصل على البروتين بوضعه الطبيعي native protein نتيجة معاملته بالحرارة والقواعد والاحماض والكحول او تعرضه للاشعة فوق البنفسجية ويؤدي ذلك الى تغيرات كبيرة في تركيبه تشمل فقدان قابلية جزيئة البروتين على الانطواء، اي انها تصبح unfolded . لا يؤدي تغير الصفات الطبيعية للبروتين الى تكسر الاواصر الببتيدية ولا تؤثر على تعاقب الاحماض الامينية في جزيئة البروتين.



شكل(7): تغير الحالة الطبيعية الملتفة للبروتينات الى غير الملتفة

التغيرات الكيميائية

تحدث عدد من التغيرات الكيميائية في بروتينات الاغذية خلال عملية التصنيع والخزن بعضها يكون مرغوبا فيه والاخر غير مرغوب . من التغيرات المفيدة والمرغوبة :

- 1- ان تسخين البروتينات على درجات حرارة معتدلة بوجود الماء يؤدي الى تحسين قيمتها الغذائية ، فمثلا يمكن الاستفادة بصورة احسن من الحوامض الامينية المحتوية على الكبريت الموجود في بروتينات فول الصويا.
- 2- ابطال نشاط مثبط التربسين trypsin inhibitor .
- 3- ابطال فعل الثيامينيز في السمك .

ان تسخين البروتين لمدة طويلة بعدم وجود الماء يؤدي الى تلف بعض الاحماض الامينية مثل التربتوفان والارجنين والميثايونين واللايسين ، كما تحدث بعض التفاعلات الكيميائية خلال المعاملات الحرارية للبروتينات التي تشمل تحلل وفقدان الماء من السيرين والثريونين وفقدان الكبريت من السستين وتكون مركبات حلقيه من حامضي الاسبارتيك والكلوتاميك والثريونين. من اهم التغيرات التي تحصل على البروتينات نتيجة المعاملة الحرارية هو حدوث تفاعلات الاسمرار غير الانزيمية بوجود السكريات المختزلة.

الخصائص الوظيفية functional properties

هي تلك الصفات التي تجعل من البروتين المعزول احد مكونات الاغذية المفيدة ويمتلك احد الميزات الاتية: ثباتية المستحلب والرغوة وتكوين الهلام وقابلية الذوبان وربط الماء وربط الدهن واللزوجة. تضاف البروتينات المعزولة في عمل النقانق لتزيد من ثباتية المستحلب في المنتج



محاضرات كيمياء الاغذية

لطلبة المرحلة الثالثة

الدهون lipids

اعداد

ا.م.د. ايناس مظفر خليل

قسم علوم الاغذية

كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد

2020-2019

الدهون lipids

يطلق الإسم العلمي لبيدات على مجموعة المركبات المعروفة باسم الزيوت والدهون والتي تتميز بعدم ذوبانها في الماء وقدرتها على الذوبان في المذيبات العضوية مثل الكلوروفورم والإيثر والبنزين والاسيتون. تحتوي الدهون في تركيبها على الكربون والهيدروجين والأوكسجين والبعض منها يحتوي على الفسفور والنتروجين.

الوظيفة الأساسية للدهون انها مصدر مركز للطاقة لجميع خلايا الجسم فيما عدا خلايا الجهاز العصبي وكريات الدم الحمر التي تعتمد في الحصول على الطاقة من الكلوكوز، ويعطي كل 1 غم من الدهون 9 سعرات حرارية.

تصنيف الدهون

اولا: الدهون البسيطة simple lipid

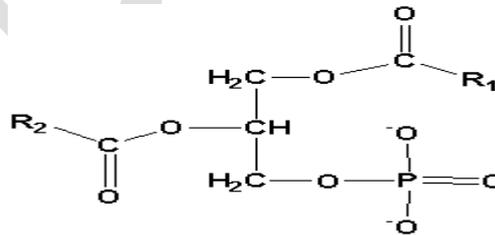
عبارة عن استرات للحوامض الدهنية مع الكحولات وتقسم الى :

- ا- **الدهون والزيوت**: عبارة عن استرات الكليسيرول مع الحوامض التي تحتوي مجموعة كاربوكسيلية واحدة (الاحماض الدهنية)
- ب- **الشمع wax** : عبارة عن استرات الاحماض الدهنية طويلة السلسلة مع كحولات احادية الهيدروكسيل

ثانيا: الدهون المركبة compound lipids

عبارة عن دهون بسيطة ترتبط بها جزيئة غير دهنية.

- ا- **الفوسفوليبيدات phospholipids** : عبارة عن استرات يحل فيها حامض الفسفوريك محل جزيئة واحدة من الاحماض الدهنية وترتبط بحامض الفسفوريك قاعدة نيتروجينية
- 1- **حامض الفوسفاتيديك phosphatidic acid** هي كليسيريدات تتكون من جزيئة واحدة من الكليسيرول وجزئتين من الاحماض الدهنية وجزيئة واحدة من حامض الفسفوريك.



Phosphatidic Acid

2- **السيثين (فوسفاتيديل كولين)**

3- **السيفالينات**: عبارة عن فوسفاتيديل ايثانول امين او فوسفاتيديل سيرين

ب- **الكلايكوليبيدات**: مركبات تحتوي على الكاربوهيدرات والاحماض الدهنية والسفنجوسين

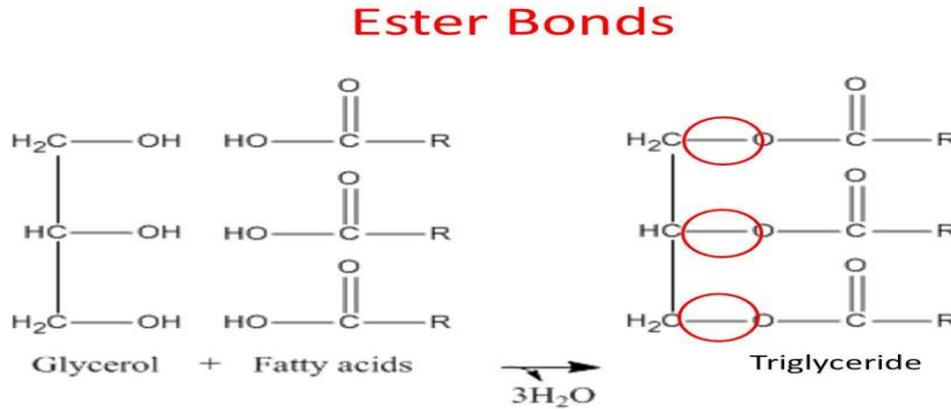
ج- **الليبوبروتينات**: مركبات معقدة تتكون من الليبيدات والبروتينات.

ثالثا: الدهون المشتقة **derived lipids**

عبارة عن نواتج تحلل الدهون وتشمل: الحوامض الدهنية الحرة والفيتامينات الذائبة بالدهن (A,E,D,K) والهيدروكربونات (الكاروتينويدات) والكحولات التي تتكون من سلسلة طويلة او تكون حلقة التركيب لا تذوب بالماء مثل الستيرويدات وفيتامين A .

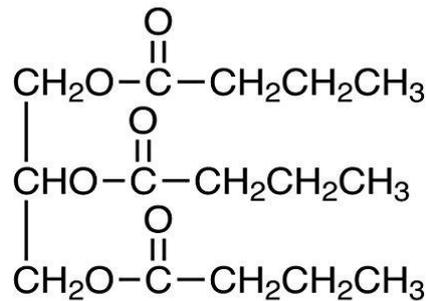
الكليسيريدات الثلاثية **Triglycerides**

تتكون من جزيئة كليسيرول وثلاث جزيئات من الاحماض الدهنية ويرتبط الكليسيرول بالاحماض الدهنية بواسطة اواصر استرية



ان الدهون الموجودة في الطبيعة هي خليط من الكليسيريدات الثلاثية المختلفة وقد تحتوي كل واحدة من الكليسيريدات الثلاثية على ثلاث احماض دهنية مختلفة ويطلق عليها الكليسيريدات المختلطة.

تسمى الكليسيريدات الثلاثية التي تحتوي على ثلاثة احماض دهنية من نفس النوع **بالكليسيريدات الثلاثية البسيطة** ويوضع المقطع (tri-) في بداية الاسم والمقطع (-in) محل المقطع (-ic) في الحامض الدهني الاصلي، فمثلا يسمى الدهن البسيط الذي يحتوي على ثلاث جزيئات من حامض البيوتريك **butyric acid** بالبيوترين الثلاثي **tributylin**.



Tributylin

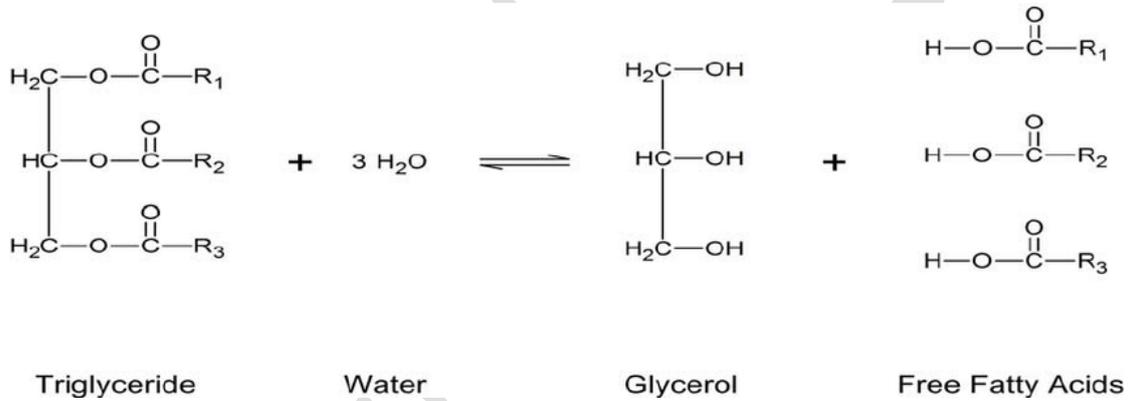
اما في حالة **الكليسيريدات الثلاثية المختلطة** والتي تحتوي على ثلاثة احماض دهنية مختلفة ، فيوضع المقطع (-yl) في نهاية الحامضين الاوليين ويوضع المقطع (-in) في نهاية الحامض الدهني الثالث ، في بعض الاحيان تحتوي الكليسيريدات الثلاثية على حامضين دهنيين من نفس النوع والحامض الدهني الثالث مختلف، في هذه الحالة يستعمل المقطع (di-) والمقطع (-in) .

يرمز لذرات الكربون على جزيئة الكليسيرول بالرموز ($\alpha \beta \alpha$) من الاعلى الى الاسفل ، ولا يختلف الموقعان ($\alpha \alpha$) عن بعضهما اذ ان انقلاب الجزيئة لا يغير من هذين الموقعين.

الكليسيريدات الثنائية والاحادية **di- and monoglycerides**

تتحلل الكليسيريدات الثلاثية اثناء الخزن جزئياً لتنتج الكليسيريدات الثنائية والاحادية ، يعتمد مدى التحلل على وجود الماء ودرجة الحرارة ووجود ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل.

ينتج عن التحلل الكامل للكليسيريدات الثلاثية كلاً من الكليسيرول والاحماض الدهنية الحرة.



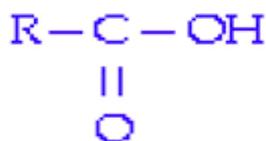
تقوم انزيمات اللابيز الموجودة في الانسجة النباتية والحيوانية بتحليل الكليسيريدات الثلاثية وتكون هذه الانزيمات متخصصة نوعاً ما في تحليلها للاواصر الاسترية اذ تقوم اولاً بتحليل الاواصر الاسترية الموجودة في ذرتي الكربون الاولى والاخيرة (α or α position) لينتج عن ذلك الكليسيريدات الثنائية والتي بدورها تتحلل الى الكليسيريدات الاحادية .

لا تتمكن معظم انزيمات اللابيز من تحليل مجموعة الاسيل الموجودة في الموقع β ولهذا تتحول β - monoglycerides الى خليط يحتوي على كليسيريدات احادية متناظرة في الموقع α

تحضر الكليسيريدات الاحادية والثنائية بوساطة **الاسترة الداخلية interstrification** للدهون مع الكليسيرول بوجود عامل مساعد ذي طبيعة قاعدية . تتم عملية الاسترة الداخلية عادة تحت الضغط الجوي الاعتيادي في محيط من النتروجين او اي غاز خامل اخر لمنع التاكسد ويسخن الخليط على درجات حرارة تتراوح بين 200-235م لمدة ساعة او ساعتين وتستعمل الصودا الكاوية او كحولات الصوديوم والفوسفات ثلاثي الصوديوم وحجر الكلس عوامل مساعدة في الاسترة الداخلية

الاحماض الدهنية **fatty acids**

Fatty Acid Structure



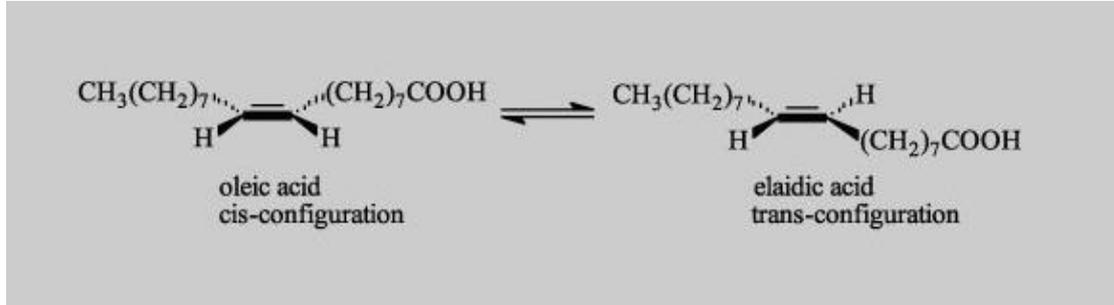
*Carboxyl group (COOH) forms the acid.
*“R” group is a hydrocarbon chain.

Table 7.1. Major Saturated fatty acids and their sources

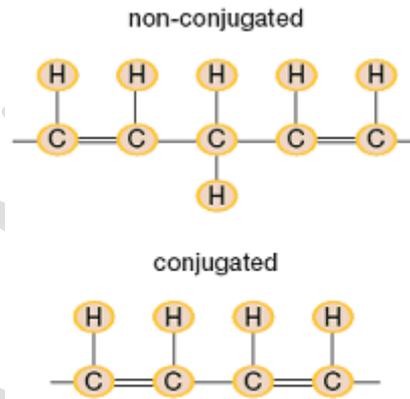
S. No.	Name of fatty acids	Structure	Source
1.	Butyric acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	Butter
2.	Caproic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Butter, palm oil, coconut oil
3.	Caprylic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	Palm oil, coconut oil
4.	Capric acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	Palm oil, coconut oil
5.	Lauric acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Plants of lauraceae, coconut oil, palm oil.
6.	Myristic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Seed fats of mace, butter, coconut oil
7.	Palmitic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Plant fats, palm oil, peanut oil.
8.	Stearic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Plant and animal fats

S. No.	Name of fatty acids	Structure	Source
9.	Arachidic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Peanut oil
10.	Behenic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	Plant lipids
11.	Lignoceric acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Plant lipids
12.	Cerotic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	Bee wax, wool

يوجد حامض الاوليك بصيغتين متشابهتين الاول في الوضع المتناظر cis ويطلق عليه حامض الاوليك oleic (درجة انصهاره 14 م) والثاني في الوضع المتقابل trans ويطلق عليه حامض اليليايديك eliadic (درجة انصهاره 44 م)



كما ان الاواصر المزدوجة في الاحماض الامينية التي تحتوي على اكثر من اصرة مزدوجة واحدة لا تكون متصلة conjugated بل تكون منفصلة عن بعضها البعض بواسطة مجموعة مثيلين وتسمى الاواصر المزدوجة في هذه الحالة non-conjugated



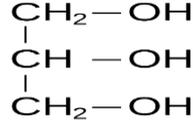
الاحماض الدهنية الحلقية

تم التعرف على العديد من الاحماض الدهنية التي تحتوي على مجاميع حلقية والتي توجد في الطبيعة مثل :

يجب ازالة الحامضين الحلقيين sterculic and malvalic من العليقة المعطاة الى الدجاج البياض لانهما يؤديان الى انتاج ما يسمى pink white disorder in eggs .

الكليسيرول glycerol

يوجد في جميع انواع الدهون والزيوت وهو كحول ثلاثي الهيدروكسيل ويكون سائل زيتي القوام ، قابل للامتزاج بالماء والكحول وعديم الذوبان بالايثر ، حلو المذاق يتحول الكليسيرول بتاثير حامضي النتريك والكبريتيك المركزين الى كليسيرين والذي يساعد على توسيع الشرايين ويستعمل في علاج امراض الشرايين والدورة الدموية.

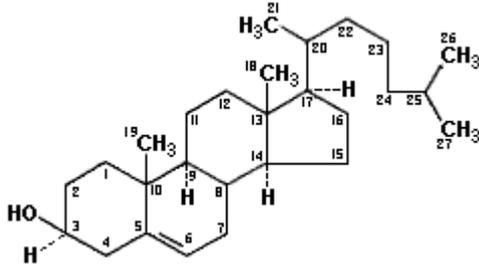
**Glycerol****الشموع waxes**

هي استرات لاحماض دهنية طويلة السلسلة مع كحولات احادية الهيدروكسيل . تكون الشموع اكثر مقاومة للتحلل مقارنة بالدهون اذ تحتاج الى درجات حرارية اعلى ووسط اكثر قاعدية . تحتوي الشموع الطبيعية على البارافينات واحماض دهنية غير مشبعة محتوية على مجاميع هيدروكسيلية، كما تحتوي الشموع على الكحولات الثانوية والكيثونات. تقوم هذه المركبات بتغطية اسطح الشعر والصوف والريش، وفي النباتات تغطي اسطح الاوراق والفواكه والسيقان.

الستيرولات sterols

هي كحولات ذات اوزان جزيئية عالية توجد في الجزء غير المتصوبن للدهن ولا تذوب بالماء ولكنها قليلة الذوبان بالكحول البارد او الايثر النفطي وهي سريعة الذوبان بالدهون ومذيبات الدهون الاعتيادية.

يعد الكوليسترول احد انواع الستيرولات

**Cholesterol**

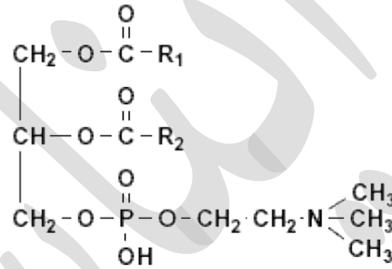
الفوسفوليبيدات phospholipids

الفوسفوليبيدات او الفوسفاتيديات هي كليسيريدات ثنائية تحتوي على حامض فسفوريك وقاعدة نيتروجينية (كولين ، ايثانول امين ، سيرين) . للفوسفوليبيدات العديد من الوظائف الحيوية المهمة منها :

- 1- مواد بنائية اساسية في بناء الخلية الحية
- 2- تعمل مركب وسيط في نقل وميتابولزم الاحماض الدهنية
- 3- مصدر للاحماض الدهنية والفوسفات
- 4- مكون اساسي للاكسدة الحيوية
- 5- مركب وسطي في نقل واستهلاك الصوديوم والبوتاسيوم
- 6- للفوسفوليبيدات دور مهم في تخثر الدم

الليسيثين Lecithin

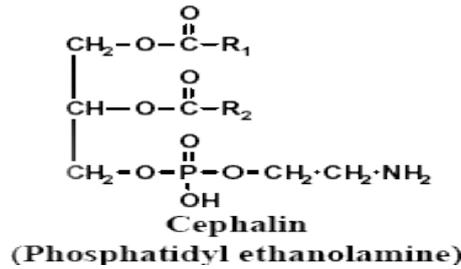
يسمى ايضا فوسفاتيديل كولين phosphatidyl choline نسبة الى وجود القاعدة النيتروجينية كولين choline في تركيبه



Lecithin (phosphatidyl choline)

السيفالينات cephalins

تختلف عن الليسيثين في نوعية القواعد النيتروجينية اذ تحتوي على الايثانول امين والسيرين بدلاً من الكولين .

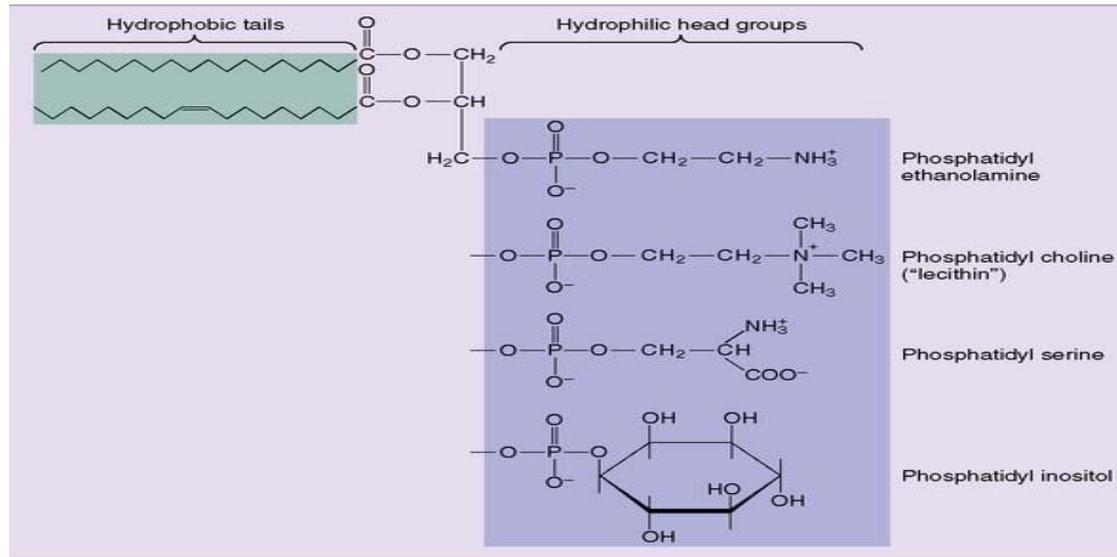


البلازموجينات plasmogens

هي احد المجاميع الثانوية للفوسفاتيدات التي تختلف عن اللسثين والسيفالينات بان الحامض الدهني في الموقع الاول (الفا) يستبدل بايثر غير مشبع. توجد في الانسجة العضلية والقلب والدماغ.

السفنكوليبيدات sphingolipids

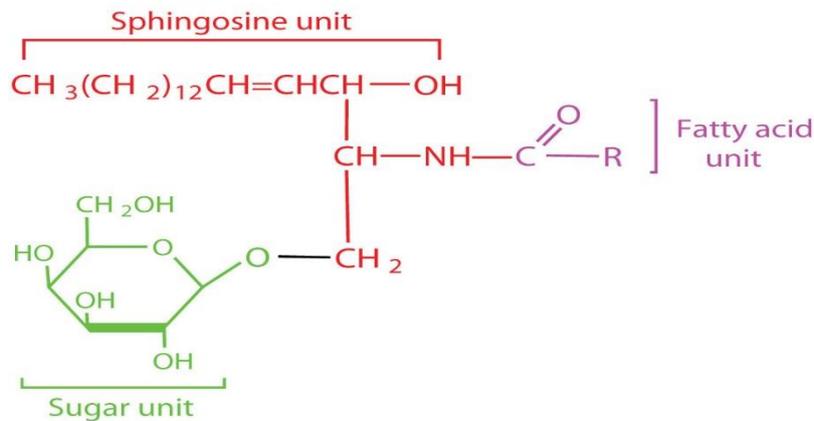
تحتوي على السفنكوسين وهو كحول اميني ذي ساسلة طويلة غير مشبعة . توجد في اغشية الخلايا الحيوانية والنباتية. يعد السفنكومالين اهم السفنكوليبيدات ويوجد في الاعصاب والانسجة الدماغية.



Structures of the most common phosphoglycerides.

السيربروسايدات او الكلايكوليبيدات cerebrosides or glycolipids

هي سفينكوليبيدات محتوية على كاربوهيدرات ، عادة الكالاكتوز ولا تحتوي على الفسفور . توجد هذه المركبات في الخلايا العصبية والدماغ والكبد والكلى والطحال.



cerebroside

الصبغات pigments

توجد صبغات الكاروتين والكاروتينويدات في الجزء غير المتصوبن لمعظم الدهون والزيوت ،
وهذه الصبغات مسؤولة عن اللون الاصفر المحمر لكثير من الدهون والزيوت.

د. ايناس مظفر خليل



محاضرات كيمياء الاغذية

لطلبة المرحلة الثالثة

الكاربوهيدرات carbohydrate

اعداد

ا.م.د. ايناس مظفر خليل

قسم علوم الاغذية

كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد

2020-2019

الكاربوهيدرات carbohydrates

توجد الكاربوهيدرات في الخلايا النباتية والحيوانية والاحياء المجهرية، يعد الكلوكوز السكر الرئيس في الخلايا الحيوانية ويخزن بهيئة كلايوجين ويوجد اللاكتوز بشكل مطلق في الحليب . تخزن السكريات في الخلايا النباتية على هيئة نشا ويطلق على السكريات ذات الوظيفة التركيبية في النباتات اسم السليلوز.

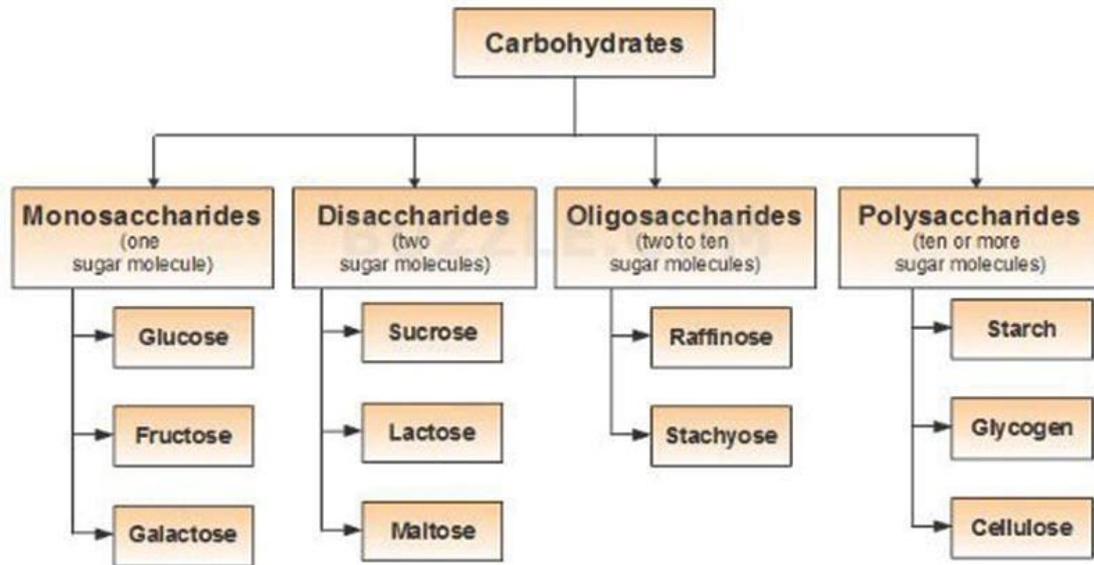
تحتوي النباتات على انواع عديدة من السكريات الاحادية وقليلة التعدد (النزرة) oligosaccharides والمتعددة polysaccharides وانواع اخرى من السكريات المتعددة يطلق عليها الاصماغ gums .

يطلق تعبير السكريات البسيطة (الاحادية) على تلك السكريات التي لا يمكن تحليلها الى مركبات ابسط. اما السكريات المركبة فتتكون من جزيئين او اكثر من السكريات الاحادية وتضم السكريات قليلة التعدد والمتعددة .

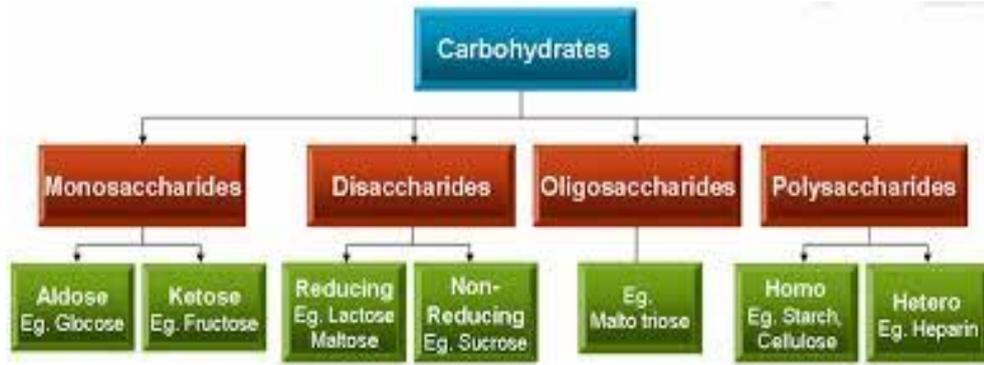
تتميز السكريات الاحادية والثنائية بحلاوة الطعم وسهولة ذوبانها في الماء وتختلف السكريات في درجة حلاوتها ويؤخذ السكرز اساسا للمقارنة ويعطى درجة حلاوة 100 وتقاس درجة حلاوة السكريات الاخرى بالنسبة له كما ياتي:

فركتوز(173)، الكلوكوز (74)، المالتوز(32.5)، الكالاكتوز(32)، اللاكتوز(16) ، السكر المقلوب (130).

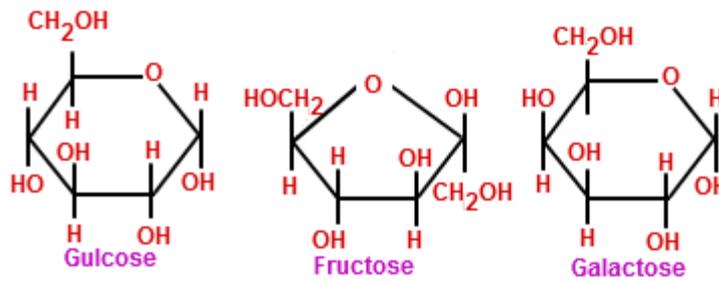
تكون السكريات المتعددة عديمة الطعم وتختلف كثيراً في قابلية هضمها ولاتذوب في الماء لكنها تكون محاليل غروية فية



اضافة الى تقسم السكريات المتعددة اما الى متجانسة (اي تحتوي على نوع واحد من السكريات الاحادية) او الى غير متجانسة (اي تحتوي على نوعين او اكثر من السكريات الاحادية).



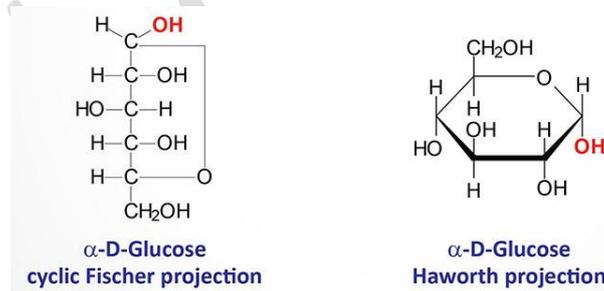
السكريات الاحادية monosaccharides



Monosaccharides

يعد الكلوكوز (ديكستروز) من اهم السكريات الاحادية ويشق من D-glyceraldehyde والذي يحتوي على ثلاث ذرات كاربون ومجموعة الديهايد aldtriose.

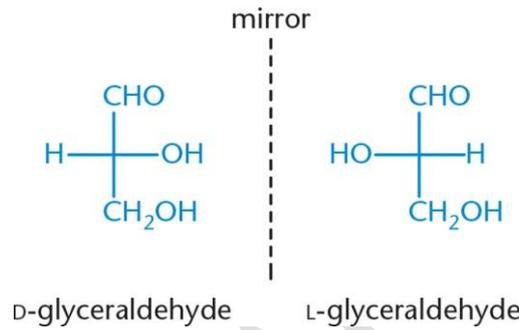
تصنف السكريات الاحادية الى سكريات تحتوي على مجموعة الديهايد واخرى تحتوي على مجموعة كيتون ومن صفاتها انها تكون مختزلة ، يكتب التركيب الكيميائي للسكريات الاحادية اما على هيئة ساسلة بسيطة مفتوحة تدعى صيغة فيشر fischer او على هيئة حلقة تدعى صيغة هوارث Howarth .



توضح صيغة فيشر للكلوكوز مجموعة الالديهايد الحرة والمجاميع الهيدروكسيلية الحرة ، لكن الكلوكوز في المحاليل المائية يوجد على هيئة هيمي اسيتال والذي يتكون بين ذرتي الكاربون الاولى والخامسة اي انه يحتوي على خمس ذرات كاربون فيطلق عليه pyranose واذا احتوت على اربع ذرات كاربون يطلق عليه فيورانوز furanose وعليه يمكن تسمية الكلوكوز باسم اخر هو D-glucopyranose . بما ان مجموعة الهيدروكسيل الواقعة على ذرة الكاربون الاولى الى

اليمن (صيغة فيشر) او الى الاسفل (صيغة هوارث) عليه يسمى الكلوكوز في هذه الحالة الفا- D -كلوكوز بايرانوز . يطلق على الفا-D - كلوكوز بانخه انومير لبيتا-D - كلوكوز والذي تقع مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على ذرة الكربون الاولنالي اليسا(فيشر) او الى الاعلى (هوارث) وتسمى ذرة الكربون الاولى في هذه الحالة بذرة الكربون الانوميرية .

توجد سلسلتين من السكريات D و L ومعظم السكريات الموجودة في الطبيعة تعود الى السلسلة D. تقع مجموعة الهيدروكسيل قبل الاخيرة في السكر الذي يعود الى السلسلة D الى اليمين، اذا بدأنا العد من مجموعة الالديهيد وبالمقابل، تقع مجموعة الهيدروكسيل قبل الاخيرة في السكر الذي يعود الى السلسلة L الى اليسار. بناءً على ذلك يمكننا القول ان السكر D عبارة عن صورة مرآة للسكر L.



لا توجد علاقة بين السكر الذي يقع ضمن السلسلة D، L وبين خاصية ذلك السكر في تدوير الضوء المستقطب. يرمز للسكر الذي يدور الضوء المستقطب الى اليمين (+) او (d) والذي يدور الضوء المستقطب الى اليسار (-) او (l) فمثلا الفركتوز عبارة عن سكر يقع ضمن السلسلة D لكنه يدور الضوء المستقطب الى اليسار .

السكريات النزرة (واطنة التعدد) Oligosaccharides

هي السكريات الناتجة من اتحاد جزئين من السكريات الاحادية السداسية والرمز العام لها $C_{12}H_{22}O_{11}$ واهمها السكروز والمالتوز واللاكتوز ، اذ تتحلل مائياً إلى وحدتين من السكريات الأحادية وهي من السكريات الشائعة في المملكة النباتية مثل سكر القصب والعنب كما أنها توجد في الحليب ، ومن أمثلة للسكريات الثنائية:

1- سكر المالتوز maltose

هو سكر ثنائي يتكون المالتوز من جزئيتين من الكلوكوز مرتبطين بواسطة اصرة كلايكوسيدية من نوع $\alpha(1-4)$ بين ذرة الكربون الاولى لجزئية الكلوكوز وبين مجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربون الرابعة لجزئية الكلوكوز الثانية وينتج عن هذا الترابط فقد جزئية ماء ، وينتج المالتوز من تحلل النشا النباتي والحيواني بواسطة إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب والامعاء، وهو سكر مختزل لاحتوائه على مجموعة كاربونيل حرة.

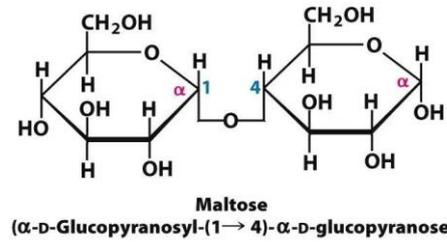
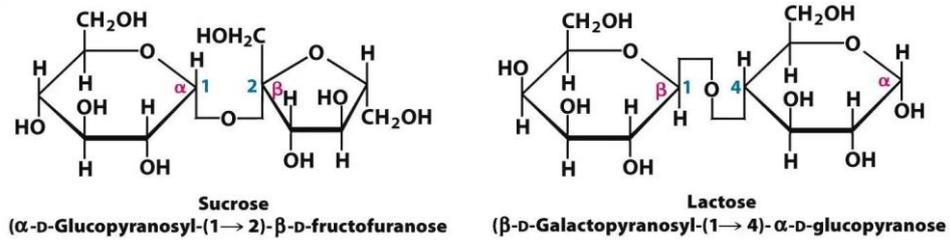
2- سكر اللاكتوز lactose

هو سكر ثنائي مختزل لاحتوائه على مجموعة كاربونيل حرة ، يوجد فقط في حليب اللبائن ويتكون اللاكتوز من الكلوكوز والكاللاكتوز متصلان باصرة كلايكوسيدية من نوع $\beta(1-4)$. يتحلل اللاكتوز بواسطة إنزيم β -galactosidase والذي يعرف باسم انزيم اللاكتيز الموجود في الأمعاء وهو أنزيم نشط لدى الأطفال الرضع ، يمتلك اللاكتوز درجة حلاوة اقل اذا ما قورنت بالسكريات الاخرى ويكون اقل ذوباناً من السكريات الاخرى (17غم /100غم ماء على 20 م°).

3- السكروز sucrose

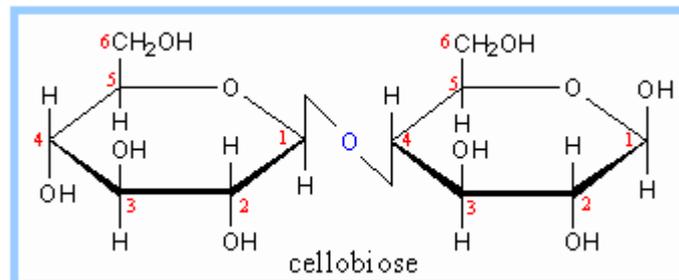
يوجد في قصب السكر او البنجر السكري ، يسمى الساكاروز saccharose او سكر القصب او سكر البنجر او سكر المائدة وهو سكر ثنائي غير مختزل لان الاصرة التي تتكون بين جزئي الكلوكوز والفركتوز تربط مجموعتي الالديهيد والكتيون مع بعضهما. يتحلل إلى كلوكوز وفركتوز بواسطة إنزيم السكريز sucrose ويطلق عليه إنزيم إنفرتيز invertase وهو انزيم يوجد في الأمعاء. بعض الحوامض العضوية مثل الستريك تحلل السكروز بسهولة لكنه لا يتمكن من تحليل اللاكتوز وتستعمل هذه الخاصية للتفريق بين هذين السكرين.

عند تسخين السكروز الى 220 م يبدأ بالتحلل مكونا الكراميل ، ينتج عند تحليل السكروز كميات متساوية من الكلوكوز والفركتوز. يمتلك السكروز درجة عالية من الذوبان على درجات حرارية مختلفة مما يساعد لاستعماله في الشراب والاغذية المختلفة التي تحتوي على السكر.

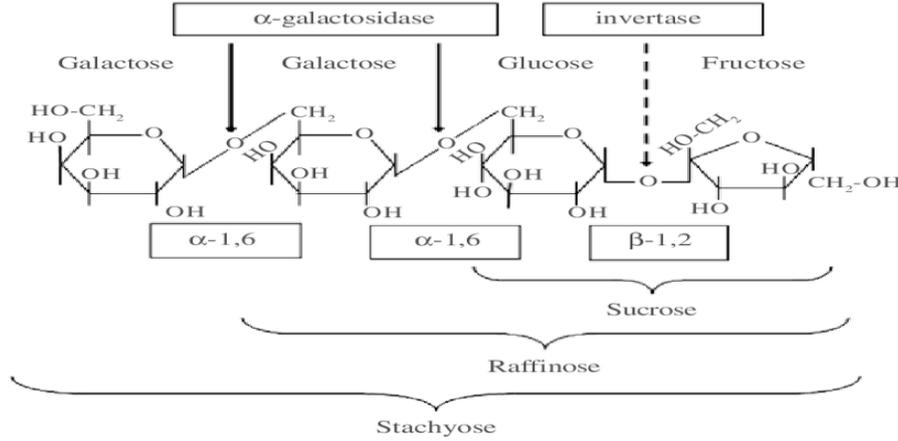


4- السليبيايوز cellobiose

سكر ثنائي مشابه للمالتوز في تركيبه ، باستثناء ان الاصرة الكلايكوسيدية بين جزئتي الكلوكوز تكون من نوع $\beta(1-4)$ ، يتكون خلال تحلل السليلوز وهو سكر مختزل لاحتوائه على مجموعة كاربونيل حرة.



تحتوي البقوليات على العديد من السكريات المتعددة (قصيرة السلسلة) مثل الـ رافينوز و الـ ستاكيوز ولا تمتص هذه السكريات بسهولة من الجهاز الهضمي مما يؤدي الى تخمرها في الامعاء الغليظة و انتاج الغازات.



السكريات المتعددة polysaccharides

هي عبارة عن سلاسل طويلة مستقيمة أو متشعبة polymer ناتجة عن ترابط نوع واحد من وحدات سكر أحادي متكرر أو أكثر بواسطة رابطة كلايكوسيدية glycosidic bond مع حذف جزئية ماء، وتقسم السكريات المتعددة إلى قسمين بناءً على تركيبها الكيميائي إلى:

1-السكريات العديدة المتجانسة Homopolysaccharides

وهي سلاسل طويلة مكونة من نوع واحد من السكريات الأحادية

- 1- البنتوزانات مثل الزيلان Xylan والاربان Arban
- 2- الهكسوزانات
 - ا- كلوكوزانات مثل النشا النباتي (وحدات متكررة من الكلوكوز) والكلايكوجين (النشا الحيواني) والدكسترين والسليولوز
 - ب- فركتوزانات مثل الانبولين Inulin
 - ج- كالاكتانات

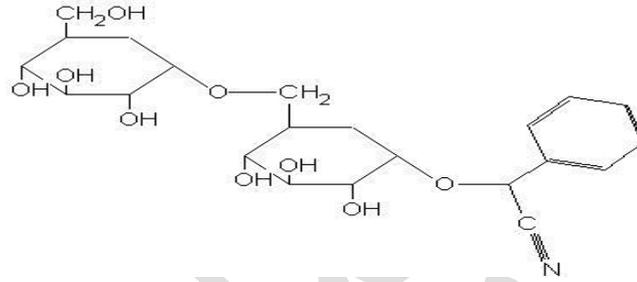
2- السكريات العديدة غير المتجانسة Heteropolysaccharides
وهي سلاسل طويلة تحتوي على نوعين أو أكثر من السكريات الاحادية مثل البكتين والصبغ والهلام النباتي mucilages

3- المحتوية على النتروجين مثل الكايتين

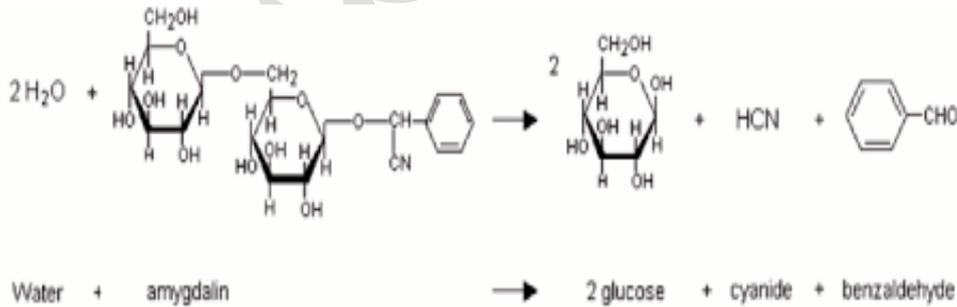
المركبات المتعلقة بالسكريات

تشمل ما ياتي:

- 1- **السكريات الامينية amino sugar** : مثل الكلوكوز امين والذي تستبدل فيه مجموعة الهيدروكسيل الواقعة على ذرة الكربون الثانية بمجموعة امينية. تكون السكريات الامينية عادة على شكل سلاسل متعددة ذات وزن جزيئي عال مثل الكايتين chitin.
- 2- **الكلايكوسيدات glycosides** : وهي عبارة عن السكريات التي تم فيها استبدال ذرة الهيدروجين الواقعة على ذرة الكربون الاولى بمجموعة الكيل لتكون اسيتال . تتحلل الكلايكوسيدات بفعل الحوامض والانزيمات لكنها تكون ثابتة تجاه القواعد. بعد تحول السكر الى اسيتال فإنه يفقد صفاته الاختزالية . تتحلل الكلايكوسيدات الى سكر سكر او كلايكون glycon و اكلايكون aglycon وهو الجزء غير السكري في الكلايكوسايد. ، مثال المركب المسمى اميكدالين amygdain المسؤول عن الطعم المر في اللوز. يسمى الجزء السكري في هذا المركب جينتيوبايوز gentiobiose وينتج التحلل الكامل للاميكدالين البنزالديهايد والكلوكوز وحامض الهيدروسيانيك.



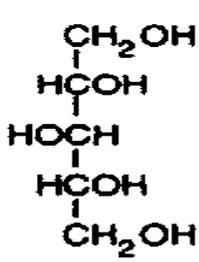
اميكدالين



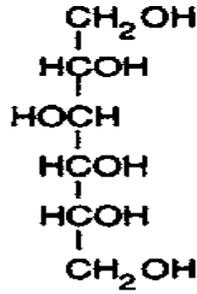
من الكلايكوسيدات الاخرى مجموعة تدعى بالفلافونون الموجودة في الحمضيات وتشمل الهسبيردين hesperidine والنارنجين naringin ويسمى الكلايكوسيد في الخردل بالسنجرين sinigrin .

- 3- **السكريات الكحولية** : توجد بصورة طبيعية في الفواكه وبالامكان انتاجها صناعيا وتستعمل في العديد من مكونات الاغذية . تحضر السكريات الكحولية باختزال السكريات الحرة بواسطة املاحات الصوديوم والمركب الناتج حلاوة مثل السكريات لكنه يمتص ببطء لذا تستعمل السكريات الكحولية كمحليات في الاغذية للمصابين بالسكري . يسمى المركب الناتج

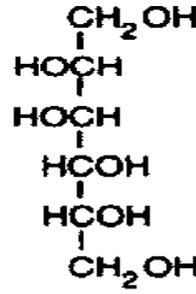
من اختزال الكلوكوز بالسوربيتول sorbitol والسكر الكحولي المستعمل على نطاق واسع . xylitol



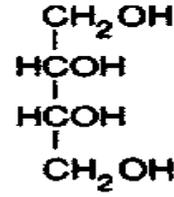
Xylitol



Sorbitol



D-Mannitol



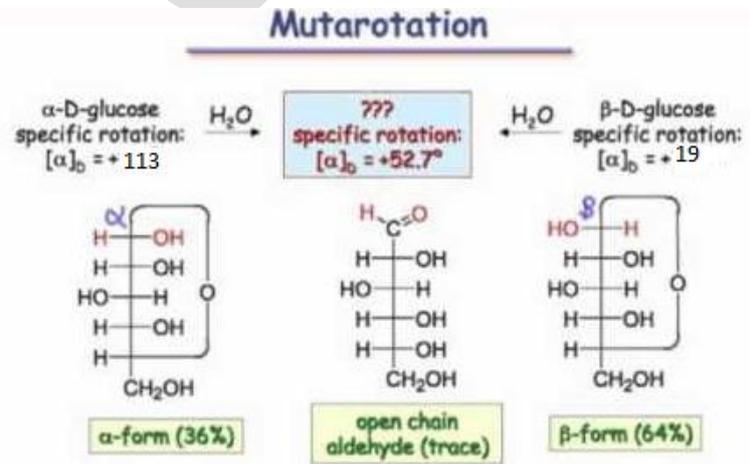
Erythritol

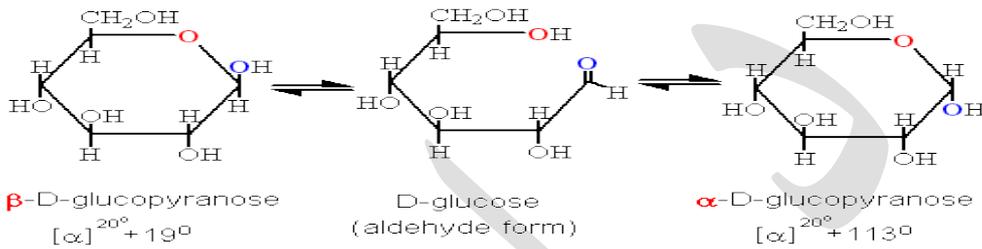
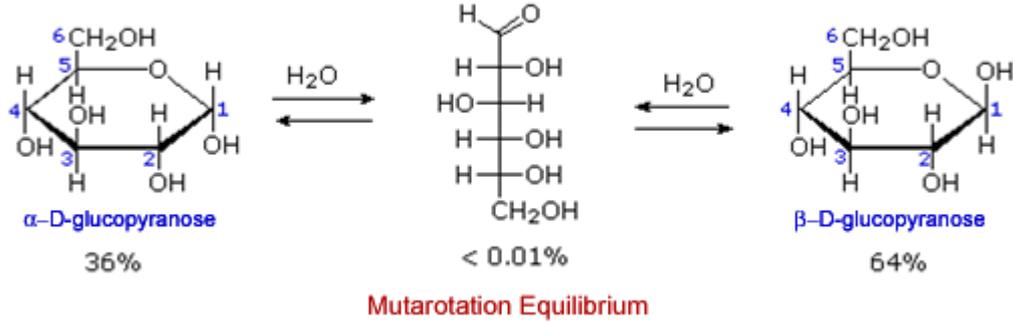
4- السكريات اللامائية anhydro sugars: توجد على هيئة سكريات متعددة في الاعشاب البحرية مثل الاكار والالجينات.

تبدل الدورة mutarotation

عند وضع سكر متبلور مختزل في الماء يحصل تعادل بين مشابهاة ذلك السكر اذ يلاحظ تبدل مستمر في الدوران النوعي حتى الوصول الى حالة التعداد النهائية التي لا يحصل بعدها اي تغيير في الدورة النوعية.

يكون الدوران النوعي لمحلول محضر حديثا من α -D-glucose هو $+113^\circ$ على 20 م . تستمر الدورة النوعية بالتناقص حتى تثبت على $+52^\circ$ وهي حالة التعداد النهائية التي تحصل بين اشكال الكلوكوز الفا وبيتا، ويكون الدوران النوعي لمحلول محضر حديثا من β -D-glucose هو $+19^\circ$ وتستمر هذه الدورة بالزيادة حتى تصل الى $+52^\circ$ وهي حالة التعداد. وجد ان في حالة التعداد ان المحلول يحتوي على 36% من α -D-glucose و64% من β -D-glucose.





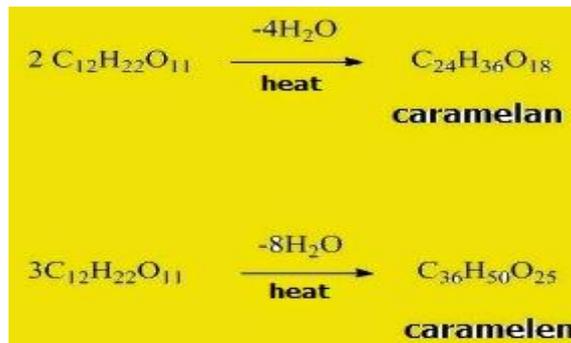
الكربلة caramelization

يعد تكوين صبغة الكراميل من التفاعلات البنية غير الانزيمية ، فعند تعرض السكريات الى الحرارة في وسط يحتوي على الماء او عند تسخين محاليل مركزة من السكريات ، تحدث سلسلة من التفاعلات تؤدي الى تكوين الكراميل.

يتكامل السكر على درجة حرارة بحدود 200 م ، وعلى درجة حرارة 160 م يذوب السكر ليكون anhydrides لكل من الكلوكوز والفركتوز وعند رفع درجة الحرارة الى 200 م تحدث سلسلة من التفاعلات تتم في ثلاث مراحل معتمدة على الوقت . فعند تسخين السكر على 200 م لمدة 35 دقيقة ينتج عن ذلك خسارة في الوزن تقدر 4.5 % نتيجة الى فقدان جزيئة ماء لكل جزيئة سكر و يتكون مركب اسمه isosaccharosan .

عند التسخين 55 دقيقة اضافية يبلغ مقدار النقص بالوزن 9% وتسمى الصبغة المتكونة كاراميلان caramel ، تذوب في الماء والايثانول ولها طعم مر .

بعد التسخين 55 دقيقة اضافية اخرى يبلغ مقدار النقص بالوزن 14% ويعادل هذا النقص فقدان 8 جزيئات ماء من كل 3 جزيئات سكر و عندها ينتج الكراميلين . ، يذوب في الماء فقط



Caramelization of sucrose (table sugar) leading to the formation of caramelan and caramelen

عند الاستمرار بالتسخين تنتج صبغة غامقة جدا لا تذوب بالماء ويكون تركيبها الكيماوي تسمى هيومين او كاراميلين humin or caramelin تساعد في اعطاء النكهة الخاصة للكاراميل مركبات عديدة تنتج من تخمر السكر وازالة الماء منه ومن هذه المركبات حامض الخليك acetic acid وحامض الفورميك formic acid والاسيتيل الثنائي diacetyl و فورمون furanone .

التبلور crystallization

يعد تكوين البلورات من الخواص المهمة للسكريات من ناحية الانتاج التجاري اذ يكون التبلور احدى الخطوات المهمة في تنقية السكريات . هناك علاقة طردية بين سهولة عملية التبلور ونقاوة المحلول السكري . تتبلور السكريات المتعددة قصيرة السلسلة oligosaccharides غير المختزلة بسهولة اكثر من المختزلة ويعود سبب ذلك الى وجود مشابهاة isomers كثيرة للسكريات المختزلة مما يجعلها غير نقية ان جاز التعبير. كما ان وجود نوع واحد من السكر في محلول ما يؤدي الى تبلوره بسهولة اكثر مقارنة بوجود انواع عدة من السكريات في المحلول.

تعد البلورة غير مرغوبة في بعض الحالات مثل تبلور سكر اللاكتوز في الحليب المركز المحلى والاييس كريم. العوامل التي تؤثر على تكوين بلورات السكر هي درجة فوق التشبع للمحلول ودرجة الحرارة والسرعة النسبية للمحلول والبلورات وطبيعة سطح البلورات .

محليات الذرة corn sweeteners

تؤدي السكريات الناتجة من تحلل نشا الذرة دوراً مهماً في الصناعات الغذائية اذ بالامكان تحليل محاليل مركزة من نشا الذرة بوساطة الحوامض والانزيمات ، نتيجة لذلك يتكسر النشا الى اجزاء صغيرة اولا ومن ثم ينتج الكلوكوز (الدكستروز) كمركب نهائي.

ان درجة انتاج وحدات الدكستروز او depolymerization تقدر كمكافي الديكستروز والذي يعرف بانه كمية السكر المختزل الكلي محسوبا كنسبة مئوية من المادة الجافة الكلية. ان لعملية تحويل النشا الى ديكستروز بوساطة الحوامض مكافي دكستروزي تقدر قيمته 55 ، لقد وجد ان الحصول على مكافي ديكستروزي اعلى من 55 بوساطة الحوامض يؤدي الى تغير لون المحلول الى الغامق وظهور الطعم المر .

يعرف شراب الكلوكوز glucose syrup بانه المحلول المشبع من السكريات الناتجة من النشا والذي يكون له مكافي دكستروزي 20 او اكثر ويسمى الناتج الذي يكون مكافئه الدكستروزي اقل من 20 مالتودكسترين maltodextrin .

في بعض الصناعات الغذائية هناك حاجة لانتاج شراب ذرة (corn syrup) على درجة حلاوة اعلى من حلاوة الكلوكوز، ويستعمل لهذا الغرض انزيم خاص يدعى glucose- isomerizing enzyme من Streptomyces يقوم بتحويل الكلوكوز الى فركتوز . يثبت الانزيم المذكور على جدار ثابت immobilized ويحتوي الشراب الناتج على 50% دكستروز و 42% فركتوز ولهذا الناتج درجة حلاوة مكافئة للسكر.

النشا starch

يتكون النشا اما من سلسلة غير متشعبة تسمى اميلوز او من سلسلة متشعبة تسمى اميلوبكتين يتراوح طول سلسلة الاميلوز 400 وحدة كلوكوز في بعض انواع الذرة الى 200 وحدة كلوكوز في البطاطا. يكون الاميلوز 17-30% من النشا الكلي في الذرة والرز والبطاطا اما في بعض الاصناف الاخرى للذرة واصناف البازلاء يكون الاميلوز 75% من النشا الكلي.

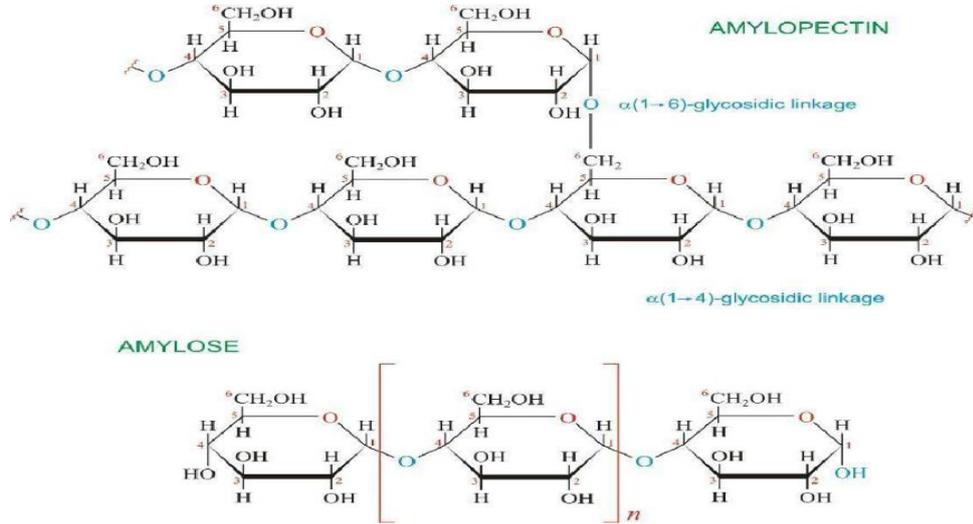
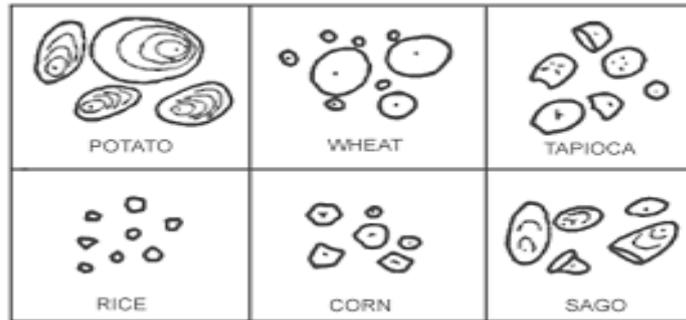
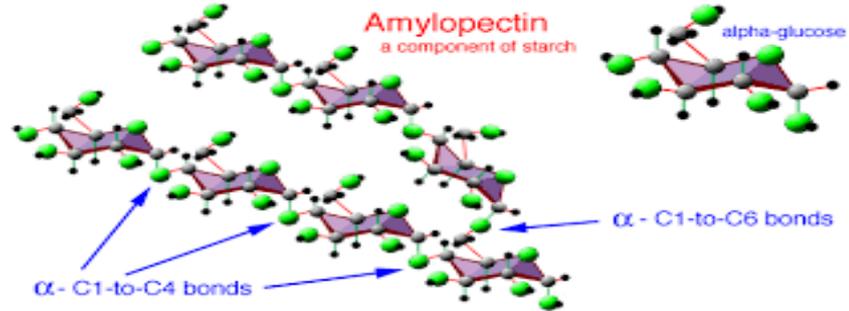
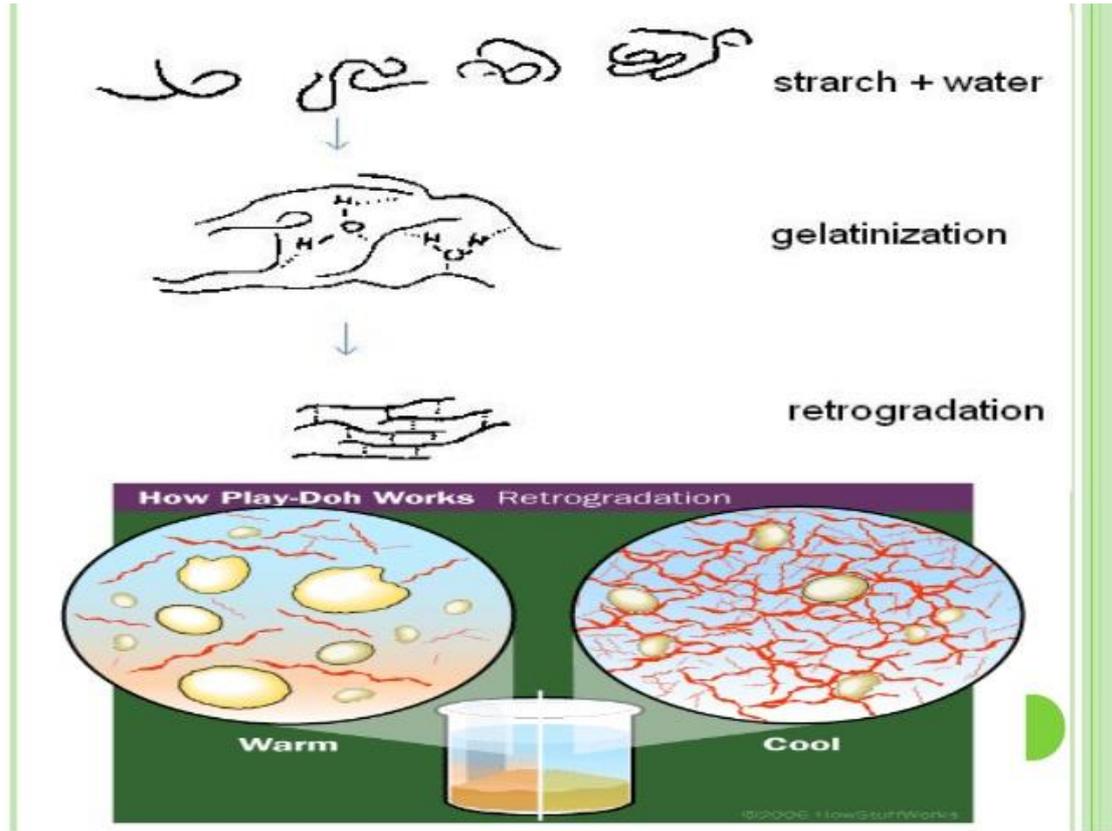


Fig 3 Amylose and amylopectin structure



اشكال حبيبات النشا من مصادر مختلفة.



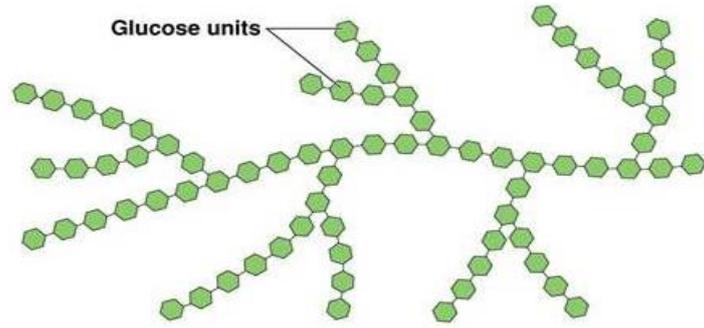
النشا المحور modified starch

يمكن تحويل صفات النشا الطبيعية بواسطة بعض المعاملات الكيميائية التي تعطي منتجاً يصلح لاستعماله لغرض معين في الصناعات الغذائية، من التحويلات البسيطة هو تحويل النشا بمعاملته مع الحوامض ليعطي نشأ ذا قوام خفيف عند الغليان والتحويل بواسطة المعاملات الانزيمية وتتمكن العجينة ذات اللزوجة المنخفضة المتحصل عليها بواسطة المعاملات الحامضية او الانزيمية من تكوين هلام عند التبريد.

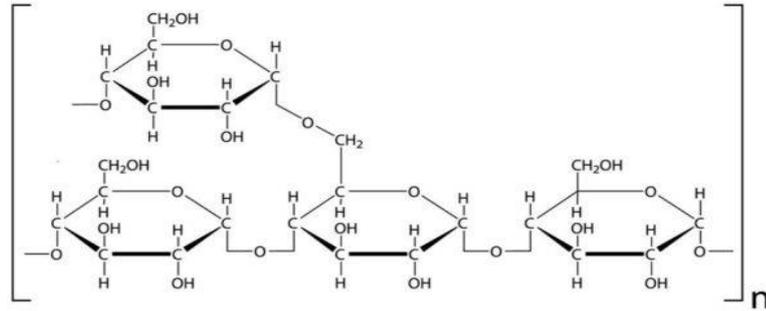
يحضر النشا المؤكسد باضافة هايوكلورايت الصوديوم الى محاليل النشا وتؤدي هذه المعاملة الى تقليل لزوجة عجينة النشا وتحسين صفاتها . يستعمل النشا المؤكسد كمادة مثبتة او مستحلبة او تعطي قواماً جيداً . تشمل مشتقات النشا خلاص النشا ، فوسفات النشا، سكسينات النشا ، اذ تحسن هذه المشتقات ثباتية عجينة النشا عند تجميدها وذوبانها مرات عدة.

الكلايكوجين glycogen

تقوم الحيوانات بخزن السكريات على هيئة كلايكوجين والذي يحتوي على الاواصر الفا(1-4) والفا (1-6)، يعطي الكلايكوجين لون بني محمر مع اليود. يشابه الكلايكوجين النشا من الناحية الكيميائية ، ويتكون الفرع الخارجي لجزيئة الكلايكوجين من 6-7 وحدات كلوكوز.



Glycogen

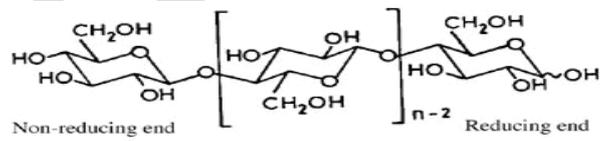
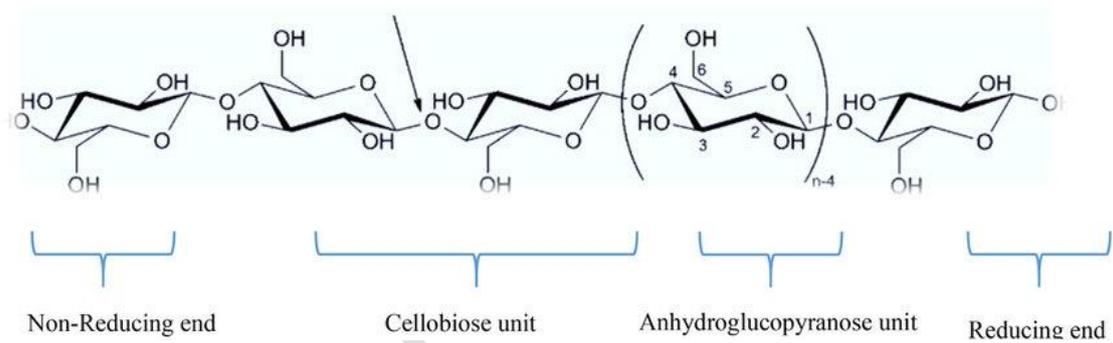
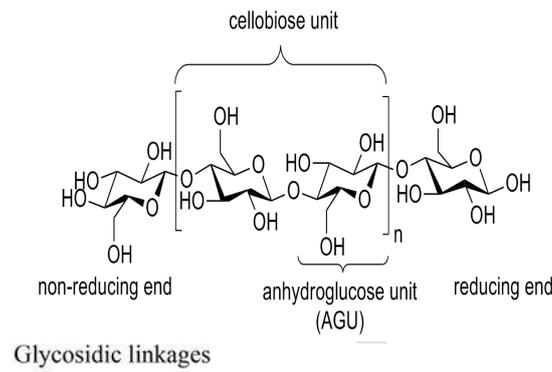
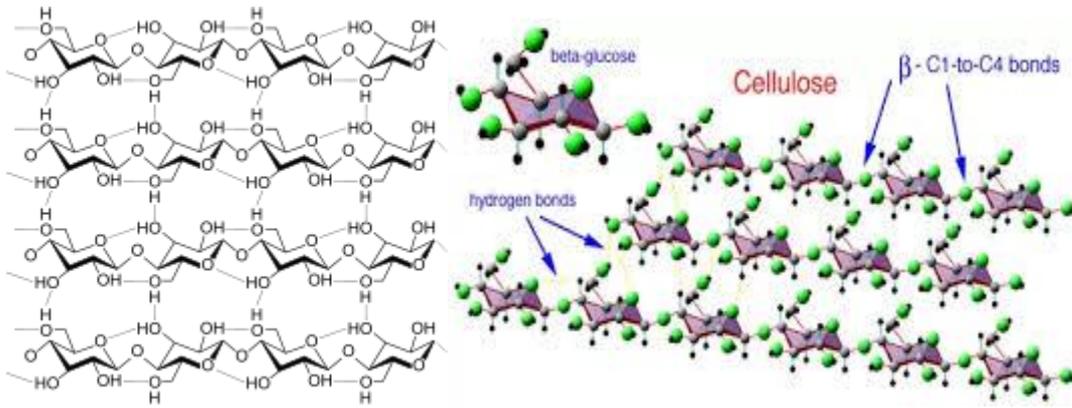


Glycogen

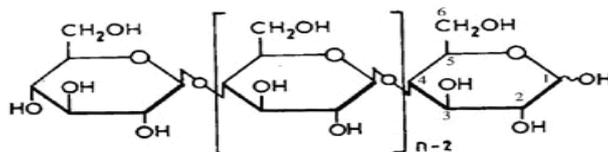
السليولوز cellulose

يتكون من سلسلة تحتوي على عدد من وحدات بيتا - كلوكوز مرتبطة مع بعضها بواسطة اواصر بيتا(1-4)، للسليولوز وظيفة تركيبية اساسية في الانسجة النباتية. عند تحلل السليولوز ينتج سكر ثنائي سلبيايوز ومن ثم ينتج الكلوكوز.

تكون جزيئة السليولوز ممتدة وشديدة الصلابة حتى في المحاليل المائية وتكون المجاميع الهيدروكسيلية البارزة من سلسلة السليولوز اواصر هيدروجينية مما ينتج عن ذلك كمية معينة من التبلور وتقاوم الاجزاء المتبلورة من سلسلة السليولوز فعل الانزيمات والكيمياويات اكثر من الاجزاء غير المتبلورة ، كذلك لا تمتص الاجزاء المتبلورة الماء بسهولة بينما تمتص الاجزاء غير المتبلورة الماء وتنتفخ. تزداد درجة انتفاخ السليولوز عند تسخينه وذلك لتاثر الاواصر الهيدروجينية بالحرارة وينتج عن ذلك نقصان في الجزء المتبلور.



Sometimes shown as



Cellulose

الهيميسليلوز والبننوزان hemicellulose and pentosan

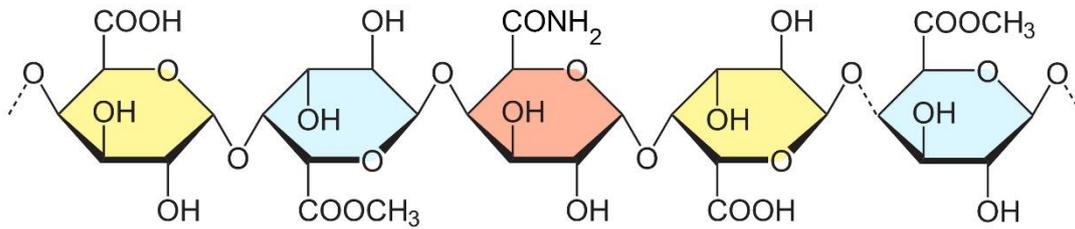
لا يعد الهيميسليلوز والبننوزان من المواد السيلوزية او النشوية بل هي عبارة عن مواد سكرية متعددة معقدة توجد في الانسجة النباتية .

الهيميسليلوز هو مادة غير نشوية وغير ذائبة بالماء ، بينما يعرف البننوزان بانه المادة غير النشوية الذائبة بالماء، يشكل البننوزان 2-3 % من طحين الحنطة، تكون البننوزانات الذائبة بالماء على درجة عالية من التفرع واللزوجة وبامكانها تكوين الهلام ويساهم في اعطاء عجينة الخبز تركيبها الخاص.

المواد البكتينية pectic substances

يعد البكتين من المواد المهمة في الصناعات الغذائية، تقع المواد البكتينية في الصفيحة الوسطى للجدار الخلوي في النباتات ، للمواد البكتينية طبيعة غروية ولها القابلية على امتصاص كمية كبيرة من الماء لذلك فان لها دوراً مهماً في المراحل الاولى لنمو النبات اذ تقوم بامتصاص الماء بسرعة وتنقله بين الخلايا بسهولة اكثر من نقله بالخاصية الازموزية.

تقع المواد البكتينية ضمن السكريات المتعددة غير المتجانسة وتكون متحدة عادة مع السليلوز لتكون ما يسمى بالبروتوبكتين protopectin او ما يسمى بالبكتوز pectose . يعد حامض الكالاكتيورونيك الوحدة البنائية للبكتين ولقد وجد ان البكتين الماخوذ من جميع المصادر يحتوي على D-galacturonic acid و D-galactose و L-arabinose و L-Rhamnos .

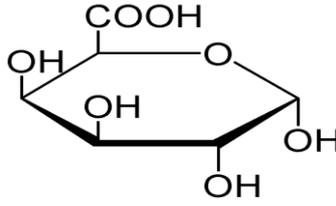


مقطع من جزيئة البكتين

تكون بعض المجاميع العائدة لاحماض الكالاكتيورونيك متاسترة جزئياً مع الكحول المثيلي.

يتحرر البروتوبكتين عند تسخين بعض النباتات الغنية بالبكتين في ماء حامضي وينفصل عن السليلوز ومن ثم يتحلل البروتوبكتين الى بكتين والذي يذوب بالماء بسرعة ، اما في الانسجة النباتية فيتم تحلل البروتوبكتين خلال عملية انضاج الفواكه بمساعدة انزيم يدعى protopectinase . يترسب البكتين بسهولة من المحاليل المائية بوساطة الكحول والاسيتون او بالفعل المشترك لكبرينات الالمنيوم وهيدروكسيد الامونيوم.

تختلف المواد البكتينية الماخوذة من مصادر مختلفة في قابليتها في تكوين الجلي بسبب الاختلاف في طول سلسلة حامض الكالاكتيورونيك ودرجة استرة المجاميع الكربوكسيلية مع الكحول المثيلي.



D- galacturonic acid

بعض المصطلحات المهمة

- 1- **حامض البكتيك pectic acid**: يتكون من وحدات متعددة من حامض الكالاكتيورونيك ولا تكون مجاميع الكربوكسيل العائدة للحامض الاخيرة ماسترة . يكون حامض البكتيك املاحا مثل بقية الحوامض ويوجد في النبات على شكل املاح للكالسيوم او المغنسيوم.
- 2- **حامض البكتينيك pectinic acid**: يسمى ايضا بالبكتين تكون بعض مجاميع الكربوكسيل ماسترة في هذه الحالة يطلق على املاح حامض البكتينيك pectinates وهي التي تستعمل في تكوين الهلام بوجود السكر والحامض.
- 3- **البكتين الواطئ الميثوكسيل low methoxyl pectins**: عبارة عن حامض البكتينيك الذي تكون غالبية المجاميع الكربوكسيلية حرة وغير ماسترة فيه.

تتحلل المواد البكتينية بفعل القواعد والحوامض والانزيمات، وهناك عدد من الانزيمات تقوم بتحليل البكتين ومن هذه الانزيمات البكتين استريز pectin esterase والذي يساعد في ازالة مجاميع الميثوكسيل جزئيا من جزيئة البكتين.

الانزيم الاخر الذي يقوم بتحليل المواد البكتينية يدعى بولي كالاكترونيز polygalactronase والذي يقوم بتحليل حامض الكالاكتيورونيك المتعدد (حامض البكتيك) الى وحدات من حامض الكالاكتيورونيك.

كيفية تكوين الهلام

هنالك نظريات عدة حول تكوين الهلام ، منها ان البكتينات عبارة عن مواد محبة للماء hydrophilic لاحتوائها على المجاميع القطبية ووظيفة الماء في تكوين الهلام هي لاذابة السكر والحامض الضروريين لتكوينه ، يعمل الماء على تشتيت البكتينات وتكوين المحاليل الغروية التي تحافظ على ثباتيتها بوساطة الشحنات السالبة الناتجة عن تايين مجاميع الكربوكسيل .

يعد الحامض ضروريا لتكوين الهلام وظيفته اعطاء ايونات الهيدروجين التي تعمل على تعادل الشحنات الموجودة على البكتينات مما يؤدي الى ترسبها .

يساعد السكر على عملية الترسيب لانه يحمى بمنافسة البكتينات على الماء الموجود ، اي انه يعمل عامل مجفف dehydrating agent ، يترتب عن هذين الفعلين ترسيب البكتين على شكل خيوط

رفيعة منتشرة في المحلول السكري ثم تقوم هذه الخيوط بربط المحلول السكري في حالة متماسكة وتعمل ما يسمى بنسيج البكتين.

العوامل المؤثرة في تكوين الهلام

- 1- تركيز ايونات الهيدروجين: ان معظم بكتينات الفواكه تكون هلاماً عند pH يتراوح بين 2.8-3.4 ، ويصعب تكوين الهلام عند ارتفاع الاس الهيدروجيني اكثر من 3.5 .
- 2- تركيز السكر: يتكون الهلام بوجود تراكيز سكرية تتراوح بين 40-70%، لكن التركيز الامثل لعمل الهلام يتراوح بين 60-65 % ويعتمد تركيز السكر المستعمل لتكوين الهلام على نوعية البكتين المستعمل وتركيز ايونات الهيدروجين ووجود الاملاح.
- 3- تركيز المادة البكتينية: كلما كان تركيز الهلام منخفضاً تطلب زيادة مدة طبخ الجلي للتخلص من الماء الزائد.

دور ايونات الثنائية في تكوين الهلام

تحتاج المواد البكتينية المحتوية على نسبة عالية من مجاميع المثيل الى السكر لتكوين الهلام ، وتقل نسبة السكر المستعملة في تكوين الهلام عندما تقل مجاميع المثيل في المادة البكتينية بشرط وجود ايونات ثنائية مثل ايونات الكالسيوم Ca^{+2} ، اذ تعمل هذه الايونات جسراً لربط مجموعتي كاربوكسيل عائدتين لجزيئين بكتينيين وبهذا تساعد على تكوين النسيج البكتيني.

يتكون الهلام بدون استعمال السكر وبمساعدة الايونات الثنائية في حالة وجود اكثر من نصف مجاميع الكاربوكسيل بحالة حرة، اي لا تكون ماسترة مع مجاميع المثيل.

الاصماغ Gums

تتميز هذه المجموعة من السكريات المتعددة ومشتقاتها بقابلية تراكيز منخفضة منها على تكوين محاليل لزجة جداً . تستعمل الاصماغ على نطاق واسع في الصناعات الغذائية مواداً مثبتة stabilizing agents او تساعد على تكوين الهلام gelling agents او مواد معلقة suspending agents .

تشمل الاصماغ انواع عدة منها رشوحات (افرزات) نباتية exudation gums واصماغ البذور واصماغ مشتقة من النشا والسليولوز الاصماغ المايكروبية ، من امثلة الاصماغ الصمغ العربي وصمغ الكوار والالجينات والكاراجينات.



محاضرات كيمياء الاغذية

لطلبة المرحلة الثالثة

المحائل solutions

اعداد

ا.م.د. ايناس مظفر خليل

قسم علوم الاغذية

كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد

2020-2019

المحاليل solutions

ان الماء مذيب عام ولذلك يعد وسطاً جيداً لانتشار الكثير من المواد. عند اذابة مادة ما في الماء فانه يطلق على مزيجهما محلول ، وقد يتكون المحلول من مزج مادتين او اكثر على ان يكون متجانساً فيزيائياً وكيمياوياً وتكون المواد الذائبة اما على صورة جزيئية او متاينة.

من امثلة المحاليل الايونية محلول كلوريد الصوديوم في الماء الذي يتاين فيه الملح المذكور منتجاً ايون الصوديوم الموجب Na^+ وايون الكلور السالب Cl^- ، ويكون هذان الايونان مختلفي الشحنة ويرتبطان في المركب المذكور ارتباطا الكترولستاتيكياً.

اما المحاليل الجزيئية فان جزيئات المادة لا تتاين 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 بالماء وتساعد رفع درجة حرارة المحلول على زيادة قابلية ذوبان السكر في الماء وذلك لان ارتفاع درجة الحرارة يقلل من قوة التجاذب بين جزيئات الماء والسكر مما يسهل ذوبان الاخير .

خواص المحلول

المحلول هو مزيج متجانس من مادتين او اكثر ، وهذا يعني ان لكل محلول وسطا يعمل على الاذابة (مذيب) واخر قابل للذوبان (مذاب) ويسمى الوسط المذيب بالطور المستمر او وسط الانتشار وهو الذي تنتشر فيه جزيئات المواد المذابة والتي يطلق عليها بالطور المنتشر.

طرائق التعبير عن تركيز المواد المذابة في المحاليل

1- التركيز المولاري molar concentration

يعبر عنه بوزن جزيئي واحد بالغرام من المذاب في لتر من المحلول وهذا يعني ان التركيز الجزيئي للمحلول molarity عبارة عن عدد الاوزان الجزيئية بالغرامات من المذاب في لتر من المحلول. من عيوب التعبير المولاري تغيير التركيز بتغير درجة الحرارة .

2- التركيز المولالي molal concentration

عبارة عن عدد الاوزان الجزيئية بالغرامات من المذاب في 1000 غم من المذيب ، لا يتغير التركيز بتغير درجة الحرارة لان تركيز المذاب والمذيب يعبر عنه بالغرامات.

3- العيارية normality

تعني اذابة وزن مكافئ واحد من المادة في لتر من المحلول، تستعمل للتعبير عن الحوامض والقواعد .

4- النسبة الوزنية

عدد غرامات المادة المذابة في 100 غم من المحلول

5- النسبة الحجمية

عدد غرامات المادة المذابة في 100 مل من المحلول

الصفات الفيزيائية للمحاليل

عند اذابة مادة معينة في مذيب ما فانها تؤدي الى تغير كبير في خواصه الطبيعية ، فعلى سبيل المثال تؤدي اذابة السكر في الماء الى ارتفاع ضغطه الازموزي ودرجة غليانه وانخفاض نقطة تجمده وتغير قوة شده السطحي وهذا ما يعرف بالخواص التجميعة colligative properties .

1- الضغط الازموزي

تعني كلمة الازموزية نفاذ الماء وبقية السوائل وحتى الايونات خلال الاغشية الدقيقة النصف نفاذة. تعد خاصية الضغط الازموزي مهمة جداً في مجال الصناعات الغذائية اذ ان كلاً من المحاليل سواء كانت ذات ضغط ازموزي عالي او واطي قد تؤدي الى قتل او ايقاف نمو الاحياء المجهرية المرضية منها وغير المرضية .

تقسيم المحاليل وفق ضغطها الازموزي:

1- محاليل مرتفعة الضغط الازموزي hypertonic solutions وهي محاليل تسبب بلزمة الاحياء المجهرية .

2- محاليل منخفضة الضغط الازموزي hypotonic solutions وهي محاليل تسبب انتفاخ خلايا الاحياء المجهرية نتيجة لاندفاع الماء داخل خلايا الاحياء المجهرية.

3- محاليل سوية الضغط الازموزي isotonic solutions وهي التي تحفظ الخلايا بدون اي تغير واحيانا تسمى بالمحاليل الفسيولوجية.

2- ارتفاع درجة الغليان

تكون درجة غليان المحاليل مرتفعة بشكل اكبر فيما لو قورنت بالمذيبات النقية، بشرط ان تكون المواد المذابة غير طيارة وينتج الارتفاع في درجة الغليان في المحاليل بسبب قوة السحب التي تبديها المواد المذابة تجاه المذيب مما يعيق تبخرها ومن ثم يتطلب درجات حرارية اعلى للوصول الى درجة الغليان وكذلك لغرض مساواة ضغط المحلول بالضغط الجوي.

تعتمد الزيادة في درجة غليان المحلول على عدد جزيئات المادة المذابة وتكون طردية اذ يؤدي اذابة وزن جزيئي بالغرامات من السكر في لتر من الماء الى رفع درجة غليانه بمقدار 0.52 م في حين ان وزن جزيئي من الملح مذاب في نفس الحجم من الماء يؤدي الى رفع درجة غليانه بمقدار 1.04 م وتسمى هذه القيمة بثابت ارتفاع درجة الغليان الجزيئي ويرمز له K_b .

تستخدم هذه الظاهرة للحصول على درجات حرارية عالية للمحاليل لغرض تعقيم المواد الغذائية وخاصة تلك التي تتعرض للتلف بوساطة الاحياء المجهرية المقاومة للحرارة ولهذا اليبب تطبخ كل من الفاصوليا والبزاليا وغيرهما من الخضراوات في محاليل ملحية التي تؤدي الى رفع درجة الغليان الى درجات حرارية عالية ، ويحصل نفس الشيء في صناعة المربيات والجلي وغيرهما اذ تستعمل المحاليل السكرية التي تؤدي الى رفع درجة الغليان.

3- انخفاض درجة الانجماد

ان الاساس في انخفاض درجة الانجماد في المحاليل مشابه للاساس الوارد بالنسبة الى ارتفاع درجة الغليان. يستخدم الاساس في انخفاض درجة انجماد المحاليل بشكل خاص في علوم الاغذية لتجميد المحاليل مثل العصير وكذلك لخفض درجة انجماد المحاليل لدرجات حرارية اقل بكثير من الصفر المئوي كما في تحضير خليط الملح والتلج الذي يستعمل في تجميد المتلجات (الايس كريم). اذ يقوم الملح بخفض درجة انجماد لتر من الماء بمقدار 1.86 م لكل وزن جزئي غرامي من الملح. يستخدم لكونه احد الطرائق الرئيسية لحفظ الاغذية وذلك لان خفض درجة حرارة الاغذية تحت الصفر المئوي يؤدي الى ابطاء التفاعلات الكيماوية وفعل الانزيمات وكذلك نمو ونشاط الاحياء المجهرية التي تسبب تلف الاغذية.

4- الشد السطحي surface tension

هي تلك القوة التي تجعل الجزيئات في سطح الماء متماسكة ويحسب بالمعادلة :

قوة الشد السطحي = القوة بالداينات / 2 سم

يقدر الشد السطحي بجهاز stalgotometer وهو عبارة عن ماصة ذات تركيب خاص في نهايتها انبوبة شعرية.

تحدث ظاهرة الشد السطحي عند سطح الانفصال بين السوائل والغازات او البخار، وللشد السطحي اهمية كبيرة في الخلايا وذلك لان المواد البيولوجية في البروتوبلاست يوجد بينها شد سطحي هائل ، يعد مصدراً من مصادر الطاقة للخلية التي تستخدم لاغراض مختلفة اذ تتولد الطاقة نتيجة لتغير الشد السطحي. اذ ان انخفاضه في نظام معين من الخلية يؤدي الى تحرر الطاقة.

تزيد المواد القطبية مثل الاملاح من الشد السطحي ، في حين ان المواد ذات الاهمية البيولوجية مثل البروتينات واللسثين والنشا والكلايكوجين واملاح المرارة تخفض الشد السطحي. يتاثر الشد السطحي بعوامل عدة مثل درجة الحرارة وتركيز المواد الذائبة.

الصفات الكيماوية للمحاليل

ان من اهم الصفات الكيماوية للمحاليل هي الحموضة والقاعدية وهما من العوامل المهمة جداً في قيام الخلايا الحية بوظائفها. اذ ان لون وبنية وحفظ الاغذية تكون جميعها حساسة تجاه تركيز الهيدروجين، ومن المعروف ان الفواكه والخضراوات التي تحتوي على حموضة عالية تكون اكثر سهولة للتعقيم من تلك التي تكون ذات حموضة واطئة.

ينتج الطعم الحامضي عن وجود الهيدروجين الموجب H^+ اما الخواص القاعدية فانها تنتج عن وجود ايونات الهيدروكسيل السالبة OH^- . وتقاس الحموضة والقاعدية باستخدام تعبير pH الذي يعرف بانه اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين وذلك بدلا من استخدام تركيز ايون الهيدروجين الذي يساوي 10×10^{-7} مولاري في الماء النقي. يتراوح مقياس pH من صفر الى 14 وبعد المحلول حامضيا اذا كانت هناك زيادة من ايونات الهيدروجين وتكون فيه pH اقل من

7. في حين يعد قاعديا اذا حدث العكس ووجدت فيه زيادة من ايونات الهيدروكسيل وتزيد فيه pH عن 7.

ان لدرجة الاس الهيدروجيني اهمية كبيرة في كيمياء البروتينات بشكل خاص وذلك لان الحوامض الامينية التي تكون البروتينات تسلك سلوكا تاينياً مثل الالكتروليتات ولذا فان هجرة البروتينات في الوسط الكهربائي تعتمد بدرجة اساسية على مقدار pH في المحلول ، اذ ان جزيئات البومين البيض تتجه نحو القطب السالب في المحلول الحامضي وذلك لان الحوامض الامينية في تلك الحالة تحمل شحنة موجبة نتيجة لوجود ايونات الهيدروجين في المحلول R-CH-COOH في حين ان تلك الجزيئات تتجه نحو القطب الموجب في المحلول القاعدي وذلك لان الحوامض الامينية تكون ذات شحنة سالبة R-CH-COO⁻ بسبب وجود ايونات الهيدروكسيل السالبة في المحلول.

يوجد pH معين لكل نوع من البروتينات التي لا تهجر فيها في المجال الكهربائي وتدعى بنقطة تعادل الشحنات الكهربائية isoelectric point وتختلف باختلاف البروتينات واستخدمت هذه النقطة ليس لدراسة صفات البروتينات فحسب وانما لعزلها وتنقيتها.

المحاليل المنظمة buffers

هي المحاليل التي تقاوم التغير المفاجئ في الاس الهيدروجيني نتيجة لاضافة كميات قليلة من الحوامض والقواعد وهي موجودة في انظمة الخلايا الحيوية كافة . من الامثلة على دورها هو محافظتها على الاس الهيدروجيني للدم في الحيوانات والزواحف والعصارة النباتية . كما انها تعد اساسية لانها الوسط الذي يحفظ كثيرا من اشكال الحياة . اما قابلية الماء بوصفه محلول منظم فهي محدودة تماما.

تتكون المحاليل المنظمة من حامض ضعيف وملحه او قاعدة ضعيفة وملحها ، فهو نظام يتكون من وسط مانح ومستقبل لايون الهيدروجين وهما في حالة توازن .



محاضرات كيمياء الاغذية

لطلبة المرحلة الثالثة

الماء water

اعداد

ا.م.د. ايناس مظفر خليل

قسم علوم الاغذية

كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد

2020-2019

الماء water

قال تعالى (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ) سورة الانبياء – الاية 30

قد يعيش الانسان لعشرات الايام بدون تناول الطعام الا انه يموت في ايام قليلة بدون شرب الماء، يعد الماء مادة دائمية الحضور ويمثل المذيب العام universal solvent وهو مكون اساس من مكونات الغذاء.

يشكل الماء ما يقارب 70% من وزن الاغذية الطازجة او أكثر، اذ ان بعض الاغذية يحتوي على نسبة عالية من الماء مثل الخضراوات والفواكه والحليب بينما يحتوي البعض الاخر على نسبة اقل مثل اللحوم ومنها ما يحتوي على نسب قليلة جداً مثل الحبوب الجافة ومنتجاتها، وهناك قسم من الاغذية تكون فيها نسبة الماء ضئيلة للغاية مثل الزيت والاعذية المتبلورة النقية نقاوة تامة نسبياً مثل السكر وملح الطعام اذ تحتوي على رطوبة مدمصة على السطوح الخارجية لبلورات تلك المواد.

يكون الماء 65% من وزن الجسم (72% العضلات، 25% العظام، 10% الاسنان). يؤدي فقدان 1% من ماء الجسم الى عطش شديد، ويسبب فقدان 3% جفاف، في حين يؤدي فقدان 15% الى الوفاة.

الماء سهل الامتصاص والخروج من الجسم ولا يخزن فيه بكميات زائدة عن حاجته، ويؤدي دوراً مهماً في كافة الاعمال الحيوية ومنها الهضم والتخلص من الفضلات وتنظيم درجة حرارة الجسم ، فالانسان الذي يتناول 2500 سعرة كبيرة في غذائه اليومي يتطلب 2.5 لتراً من الماء يومياً.

يؤدي الماء العديد من الوظائف منها تحضير المحاليل الملحية والسكرية التي تضاف للاغذية اثناء عمليات التصنيع فضلاً عن كونه عاملاً اساسياً في تنظيف الادوات الاوعية المستخدمة في التصنيع الغذائي ، ويستعمل في انتاج وتوليد البخار في مصانع الاغذية.

يعد الماء ضروري لنشاط الميكروبات والانزيمات، وتعتمد بعض طرائق حفظ الاغذية على ربط الماء الحر في الاغذية او التخلص منه جزئياً .

خواص الماء

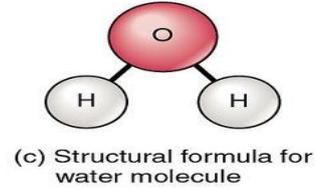
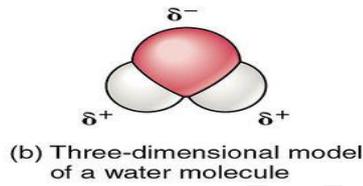
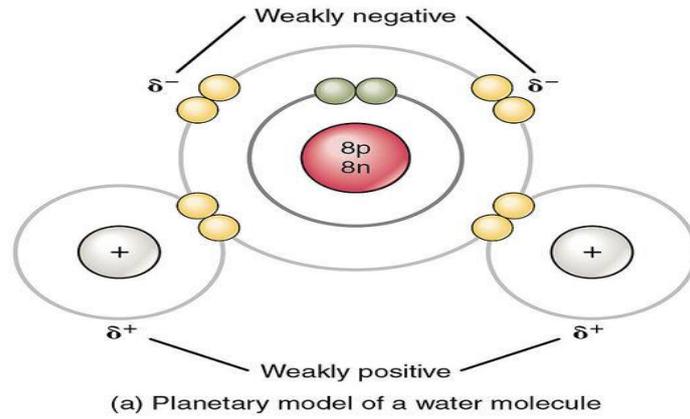
يمكن تقسيم خواص الماء الى قسمين هما : التغيرات الكيمياوية كما في حالة كسر الاصرة بين ذرتي الهيدروجين والاكسجين ، او عمليات تحليل السكروز في المعدة والكليسيريدات الثلاثية في الامعاء، والتغيرات الفيزياوية مثل بقاء جزيئة الماء على حالتها الطبيعية .

يعد الماء سائل فريد في خواصه اذا ما قورن ببقية السوائل فالماء ذو درجتى غليان وذوبان عاليتين مقارنة بالمواد المقاربة له بالوزن الجزيئي وهذا يعود الى تركيب جزيئة الماء نفسها والاصرة الهيدروجينية التي تربط جزيئات الماء . يعزى الفرق في الاختلاف الكبير بين درجتى ذوبان وغليان الماء وبقية المواد بشكل رئيس الى الاصرة الهيدروجينية الموجودة بين جزيئات الماء .

ان الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للانصهار والتبخر بالنسبة للماء عالية ويعزى ذلك الى قوة تلك الاصرة التي تربط جزيئات الماء والاخيرة مرتبة بشكل غير منتظم .

تركيب الماء

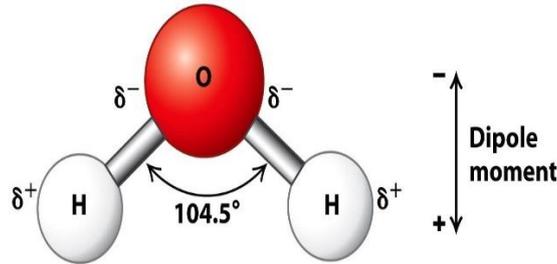
يحتوي الماء على ذرة اوكسجين ترتبط مع ذرتي هيدروجين ، تحتوي نواة ذرة الاوكسجين على ثمانية بروتونات اثنان منها في المدار الاول (الداخلي) وستة في الدار الخارجي وهذا يعني نقص الكترونين في المدار الخارجي، في حين تحتوي نواة ذرة الهيدروجين على بروتون واحد في المدار الوحيد الموجود، وبذلك فان ذرتي الهيدروجين تسهمان ببروتونين وتساهم ذرة الاوكسجين ببروتونين في ذرة الهيدروجين وتصبح جزيئة الماء مستقرة.هذا يعني ان كل جزيئة ماء تحتوي على زوجين من الالكترونات مرتبطة تساهمياً.



شكل (1): تكوين جزيئة الماء

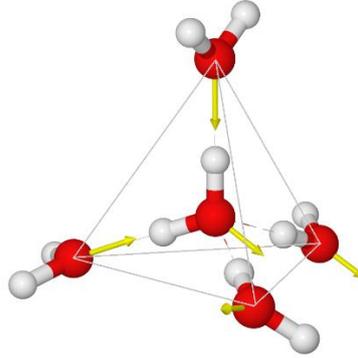
ارتباط الهيدروجين في الماء

ترتبط ذرتي الهيدروجين بذرة الاوكسجين بحيث يكونان زاوية مقدارها 105 درجة تقريباً. يعد الماء متعادل كهربائياً في كافة الاحوال الا ان توزيع الشحنات في جزيئته تكون ما يدعى جهة او جانباً احادياً ، اذ ان جهة الاوكسجين تعد سالبة اكثر والجهة التي تقع فيها ذرتا الهيدروجين تكون موجبة اكثر.



شكل(2): زاوية الترابط بين ذرتي الهيدروجين في جزيئة الماء

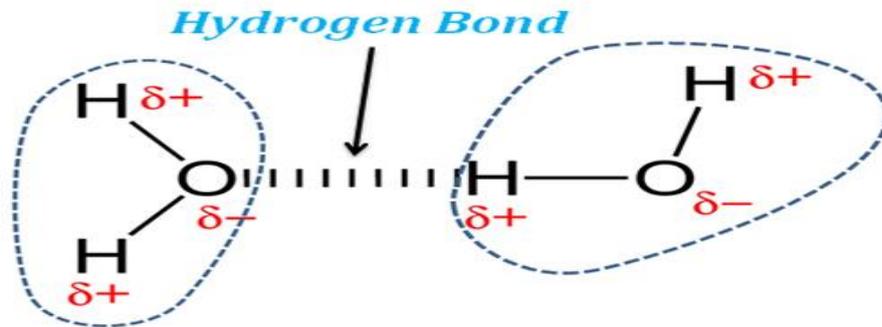
يمكن تصور جزيئة الماء وكأنها تحتل وسط هرم ثلاثي منتظم ذي اربعة اوجه كل وجه فيها على شكل مثلث وشحنتها متجهه الى الخارج ونحو الزاوية القريبة، وتعد جزيئة الماء ثنائية القطب.



شكل(3): جزيئة الماء تحتل وسط هرم منتظم

تنجذب جزيئات الماء بوساطة جزيئات المواد الاخرى التي تحمل شحنات كهربائية سواء كانت موجبة او سالبة وذلك لكون ان الشحنات المختلفة تنجذب احدهما للاخرى، وهذا يعني ان الماء يكون جزيئات اخرى نتيجة لل جذب بين القطب الموجب والقطب السالب في جزيئات اخرى مما يسبب اندماج جزيئات الماء عن طريق الاصرة الهيدروجينية.

تكون الاصرة الهيدروجينية hydrogen bond المتكونة ضعيفة جداً بالنسبة للاصرة التساهمية التي تربط الهيدروجين بالاكسجين في جزيئة الماء، وان كل جزيئة من الماء لها القدرة على الارتباط باربعة جزيئات تجاورة اثنان عن طريق الاوكسجين واثنان عن طريق ذرتي الهيدروجين.



شكل(4): تكون الاصرة الهيدروجينية بين جزيئتين من الماء

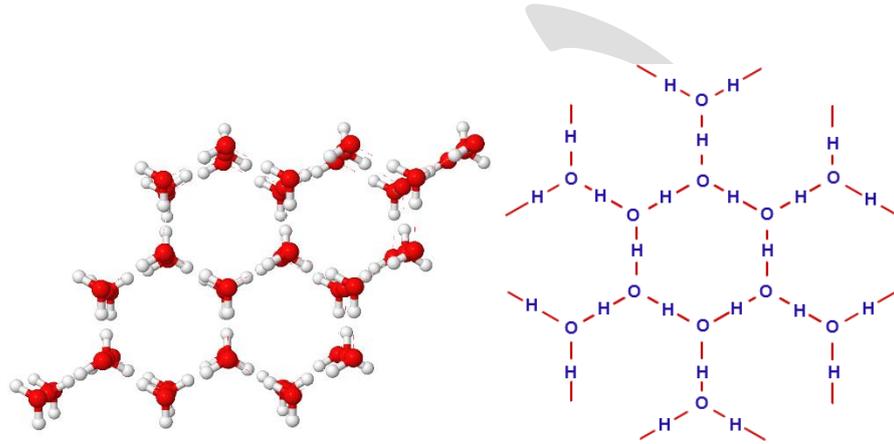
حالات الماء

1- الحالة السائلة

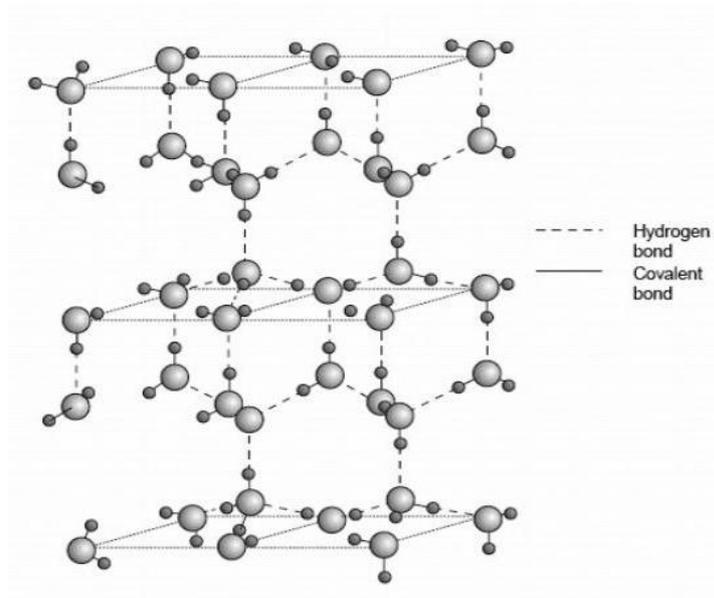
ان قابلية جزيئات الماء على تكوين الاصرة الهيدروجينية منحته الخواص الفريدة التي يتميز بها اذ ان ارتباط جزيئات عدة من الماء مع بعضها عن طريق الاصرة الهيدروجينية هي المسؤولة عن خاصية السيولة في الماء. اذ تتحدد جزيئات عدة من الماء مع بعضها بشكل عنقودي محدد وتكون حركتها حرة وذلك لحدوث تبادل داخلي بين اواصر الهيدروجين.

2- الحالة البلورية

يؤدي انخفاض درجات الحرارة الى قلة حركة جزيئات الماء تدريجياً فضلاً عن تقلص حجمه وعندما تصل درجة حرارة الماء الى 4 م فإنه يبدأ بتكوين شكل محدد من الترابط الهيدروجيني. يبدأ حجم الماء بالتمدد عندما تنخفض درجة الحرارة من 4 الى صفر مئوي وتبدأ البلورات بالتكوين نتيجة لفقدان الحرارة من الماء وخلال تحول الماء الى بلورات ثلجية فان التمدد يصبح فجائياً اذ يتحول السائل جميعه الى حالة بلورية صلبة. تصبح زاوية الترابط بين بلورات الماء على شكل مشبك وتترك فراغاً غير متكامل وتكون ذات شكل سداسي الاضلاع. ان تحويل الثلج الى بخار ماء دون المرور بالحالة السائلة يطلق عليه ظاهرة التسامي، تسبب هذه الظاهرة الاحتراق الانجمادي في الاغذية المجمدة بسبب فقدان الرطوبة منها.



شكل(5): ارتباط جزيئات الماء بشكل مضلع سداسي



شكل(6): البعد الثلاثي لشكل الماء المتبلور

3- الحالة الغازية

ان رفع درجة حرارة الماء يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات وبالوصول الى درجة حرارة عالية تتحطم بعض الاواصر الهيدروجينية وخاصة عند الوصول الى درجة حرارة الغليان اذ يكون الضغط البخاري للماء اكثر من الضغط الجوي وعندها تبدأ جزيئات الماء بالهروب من السطح متحولة الى بخار ماء بدرجة حرارة 100م على مستوى سطح البحر اي عندما يكون الضغط الجوي معادلاً الى 760 ملم زئبقي.

انواع الماء في الغذاء

- 1- الماء ذو الطبقة الاحادية
- 2- الماء المرتبط bound water: لا يعد مذيباً ولا يتجمد ويتوفر في المواد الصلبة، يشكل الماء المرتبط 10% من الماء الموجود في انسجة الحيوانات ولا يمكن تجميده، وتحتوي بروتينات بياض وصفار البيض واللحوم والاسماك على 0.4 غم من الماء المرتبط / 1 غم من البروتين الجاف. ويعرف بانه الماء الذي لا يتجمد في درجات حرارية لغاية 20 م تحت الصفر. كما يعرف بانه كمية الماء الموجودة في نظام ماء ولا تعد مذيباً .
- 3- الماء الحر free water: وهو عبارة عن الماء الموجود في سيتوبلازم الخلية وسيطاً للإذابة لباقي المكونات ويوجد في صورة حرة وله خاصية التجميد والتجمع والانتقال من مكان لآخر بسهولة حرية تامة ويخرج بالتبخير

عسرة الماء water Hardness

للماء أهمية كبيرة في التصنيع الغذائي، اذ يجب أن يكون الماء المستخدم نقي وخالي من الميكروبات الممرضة وايونات Ca و Mg المسببة للعسرة .

تعرف عسرة الماء بانها عدم مقدرة الماء على تكوين رغوة مع الصابون بسبب وجود بعض الاملاح المعدنية اهم هذه الاملاح بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد تسبب ترسب الاملاح على انابيب المياه الساخنة والغلايات.

تسبب عسرة الماء مشاكل عدة منها :

- تلف قوام الخضروات والفواكه
- يكون الماء العسر ترسبات في أجهزة التسخين مما يقلل من انتقال الحرارة وكفاءة الأجهزة.
- منع أو تقليل تدفق السوائل نتيجة لانسداد انابيب نقل السوائل وانسداد الصمامات.
- تعد تلك الترسبات قاعدية وتسبب التآكل في الالمنيوم والطلاء القصديري للعلب.
- لا يمكن استعمال الماء العسر لدرجة كبيرة في طبخ الخضراوات الجافة مثل الفاصوليا والحمص والعدس، ويكون لون الشاي قاتماً عند استعمال الماء العسر في تحضيره.
- يعد بؤرة لتجمع الأحياء المجهرية والقاذورات، وتزيد من صعوبة تنظيف الاجهزة.

تنقسم عسرة الماء الى :

- 1- عسرة دائمية : لا يمكن ازالتها بالغليان وتتكون نتيجة وجود كلوريد أو كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ أو كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4$ ، يمكن ازالتها باستعمال مواد كيميائية لان المواد الكيميائية المضافة تتفاعل مع املاح الكالسيوم او المغنسيوم وتحولها الى املاح غير ذائبة من امثلتها استعمال كاربونات الصوديوم او الاملاح متعددة الفسفور التي تقوم بتنقية الماء نتيجة لارتباطها مع ايونات الكالسيوم او المغنسيوم.
كما تستعمل تقنية التبادل الايوني اذ يتم تمرير الماء على طبقات محبة غير ذائبة التي تقوم بازالة ايونات الكالسيوم او المغنسيوم الموجودة في الماء بالتبادل مع ايونات الصوديوم او الهيدروجين ، من امثلتها السليكا المائية التي تعطي ايونات الصوديوم وتأخذ ايونات الكالسيوم او المغنسيوم بالتبادل ويتم ازالة الايونات المتجمعة من الكالسيوم او المغنسيوم بمحلول كلوريد الصوديوم الذي يزيلها ويحل محلها ايونات الصوديوم
- 2- عسرة مؤقتة Temporary Hardness: سببها بيكاربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$ او بيكاربونات المغنسيوم $Mg(HCO_3)_2$ ويمكن ازالتها عن طريق غلي الماء اذ تتحول املاح بيكاربونات الكالسيوم او المغنسيوم الذائبة الى كاربونات لنفس العناصر المذكورة وهي غير ذائبة ومن ثم يمكن ازالتها، كما يمكن ازالتها باضافة هيدرات الكلس.