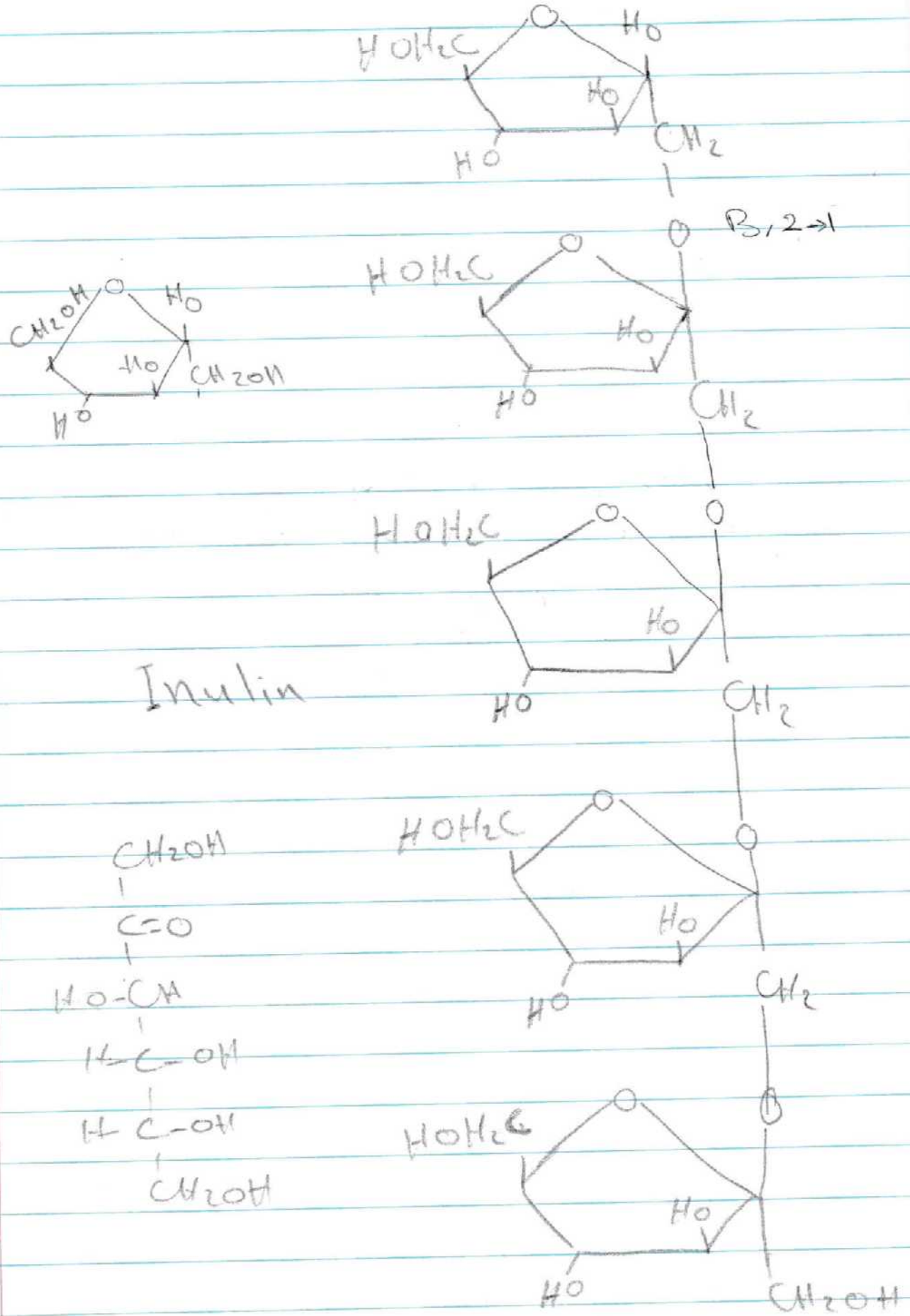
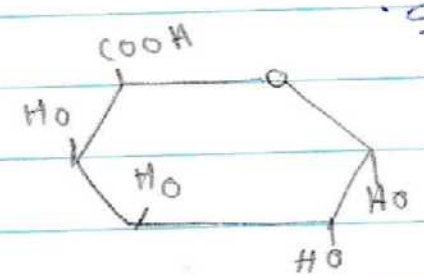

Inulin
β, 2→1

Hetero polysaccharides

المواد البكتينية pectins

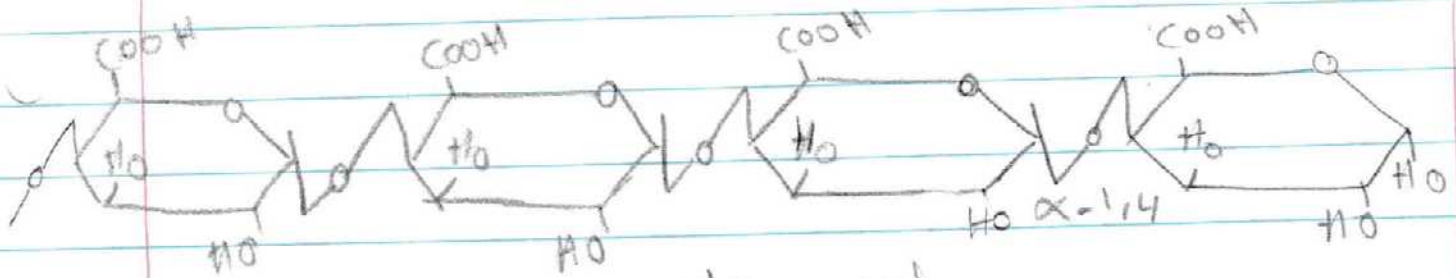
تعتبر المواد البكتينية من الكربوهيدرات المتعددة غير النشوية وهي بوليمرات تركيبية. تقع المواد البكتينية في الصفيحة الوسطى للجدار الخلوي في النباتات والفواكه والخضر. ولهذه المواد طبيعة غروية ولها القابلية على امتصاص كميات كبيرة من الماء. وعند الناحية الكيميائية هي عبارة عن بوليمرات سكرية لـ D-galacturonic acid وهو الوحدة البنائية لها مؤسترة جزئياً بالميثانول بينما مجاميع الكاربوكسيل الأخرة المتبقية تكون متعادلة جزئياً، وقد تؤستل acetylated بعض مجاميع الهيدروكسيل على C2 و C3 وعادة تكون مرتبطة مع السليلوز لتكون ما يسمى protopectin أو pectose. تحتوي البكتينات المأخوذة من المواد النباتية تحتوي على سكريات مثل D-galactose، L-Arabinose، L-Rhamnose. ويتراوح الوزن الجزيئي للمواد البكتينية 10,000 - 400,000. يتكون protopectin عند تسخين بعض النباتات الغنية بالبكتين في محلول مائي حامضي فينفصل عن السليلوز ومن ثم يتحلل protopectin إلى pectin والذي يذوب بالماء بسرعة، أما في النسبة النباتية فيتم تحلل protopectin خلال عملية إنضاج الفاكهة بمساعدة إنزيم protopectinase وهناك علاقة طردية بين درجة إنضاج الفاكهة وتحول البروتوبكتين غير الذائب إلى بكتين ذائب.

تختلف المواد البكتينية المأخوذة من مصادر مختلفة في قابليتها على تكوين الهلام حيث تعرف في أبسط سلسلة galacturonic acid وجميعها مؤسترة بمجاميع الكاربوكسيلية مع الكحول المثيلي.



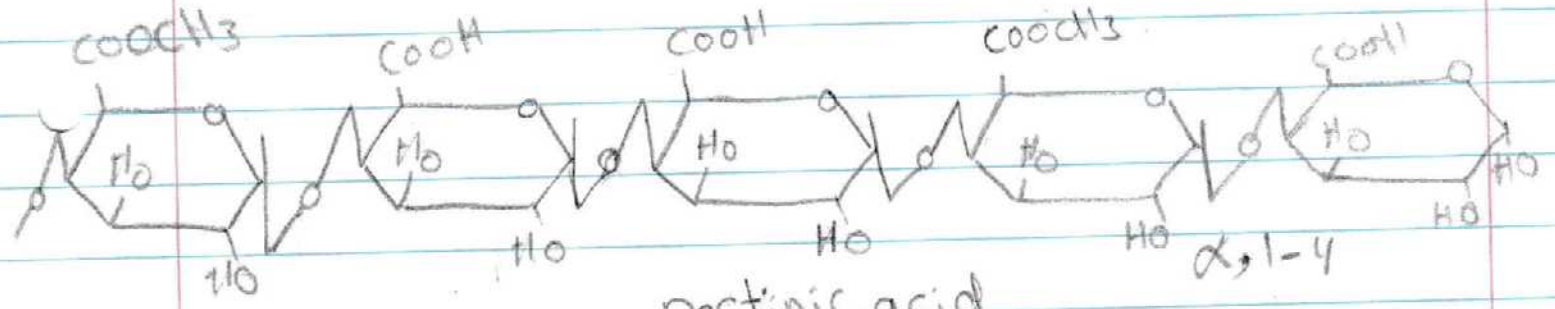
D-galacturonic acid

1- pectic acid يتكون حامض البكتيك من وحدات متعددة من حامض galacturonic ولا تكون مجاميع الكاربوكسيل الطرفية للحامض الأخيرة مؤسترة esterified. ويكون حامض البكتيك املح ويوجد على شكل املح Mg او Ca.



pectic acid

٢- pectinic acid: يسمى ايضا البكتين pectins تكون بعض مجاميع الكاربوكسيل حرة في هذه الحالة يطلق على ارتباط حامض البكتينيك بالبكتينات (pectinates) وهي التي تستعمل في تكوين الجيلي بوجود السكر والحامض.

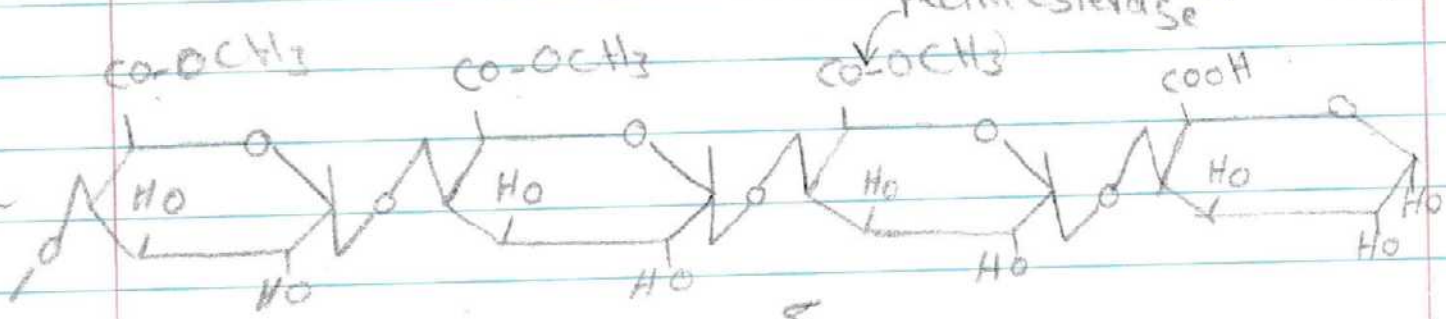


pectinic acid

٣- البكتين الواطئ المثوكسيل Low Methoxyl pectins: عبارة عن حامض البكتينيك الذي تكون غالبية المجاميع الكاربوكسيلية حرة غير محمية بمجموعة الميثيل.

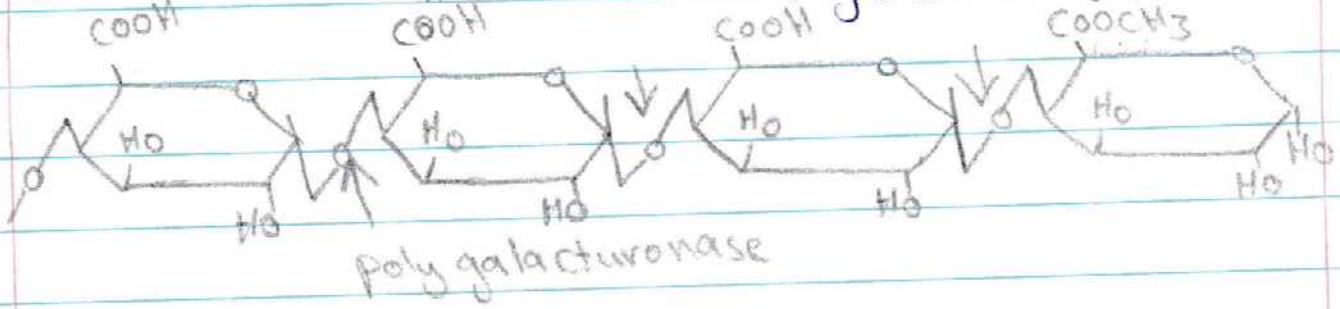
تحلل المواد البكتينية.

تحلل المواد البكتينية بفعل القواعد والحامض والانزيمات، وهناك عدد من الانزيمات تقوم بتحليل البكتين ومنها انزيم pectin esterase والذي يساعد في ازالة مجاميع الميثوكسيل جزئيا من جزيئة البكتين. يودي هذا الانزيم في هيج الثمار الغنية بالبكتين ويعمل بنشاط على pH 7-5 ويحتاج هذا الانزيم على الاقل وحدة واحدة من حامض galacturonic acid الحاوية على مجموعة كاربوكسيلية حرة ليتمكن من مهاجمة الوحدة المجاورة الحاوية على مجموعة ميثيل.



H^+

وهناك انزيم اخر يقوم بتحليل المواد البكتينية يسمى polygalacturonase الذي يقوم بتحليل pectic acid (polygalacturonic acid) الى وحدات galacturonic من هاتين



polygalacturonic acid

0.5 - 0.2

تكوين الهلام

تكون البكتينات سوائل لزجة في الماء وتزداد هذه اللزوجة بطول السلسلة البكتينية ودرجة الاسترة. تكون مواد البكتينية هلام مع السكر بوجود حامض، ولهذة الصفات اهمية في صناعة اجبان وألبان. ويقوم السكر بمنافسة المواد البكتينية على الماء. وتقدر نوعية المواد البكتينية للاستعمالات الصناعية بما يسمى درجة البكتين pectin grade وهي عبارة عن نسبة عدد اجزاء السكر المضافة الى جزء واحد من البكتين للحصول على هلام ذي قوام مقبول. ان الظروف المناسبة لانتاج هلام ذي قوام مقبول تعتمد على وجود pH يتراوح مابين 3.2 - 3.5 ونسبة السكر 65 - 70٪ والبكتين 0.2 - 1.5٪ وتعتمد قوة الهلام على الوزن الجزيئي للبكتين فكلما ازداد الوزن الجزيئي كلما كان تركيب الهلام اقوى.

ميكانيكية او آلية تكوين الهلام

هناك عدة نظريات حول تكوين الهلام. البكتينات عبارة عن مواد محبة للماء hydrophilic لاحتوائها على المجاميع القطبية. ووظيفة الماء في تكوين الهلام هي اذابة السكر والحامض والانزيمين لتكونه ويعمل الماء ايضا على تشتت جزيئات البكتين وتكوين الجيل الهلامي التي تحافظ على تماسكها الشحنات السالبة الناتجة عن تأين مجاميع الكاربوكسيل ويعتبر الحامض ضروري لتكوين الهلام ووظيفته اعطاء ايونات H^+ التي تعمل على معادلة الشحنات الموجودة على جزيئات البكتين مما يؤدي الى ترسبها ويساعد السكر في عملية الترسيب لانه يقوم بمنافسة البكتين على الارتباط بالماء الموجود

ايضا يعمل كعامل مجفف dehydrating agent، فيترسب البكتين على شكل خيوط رفيعة منتشرة في المحلول السكري ثم تقوم هذه الخيوط بربط المحلول السكري في حالة متماسكة وتكون ما يسمى بالنسيج البكتيني أو شبكة البكتين pectin network.

العوامل المؤثرة على تكوين الهلام

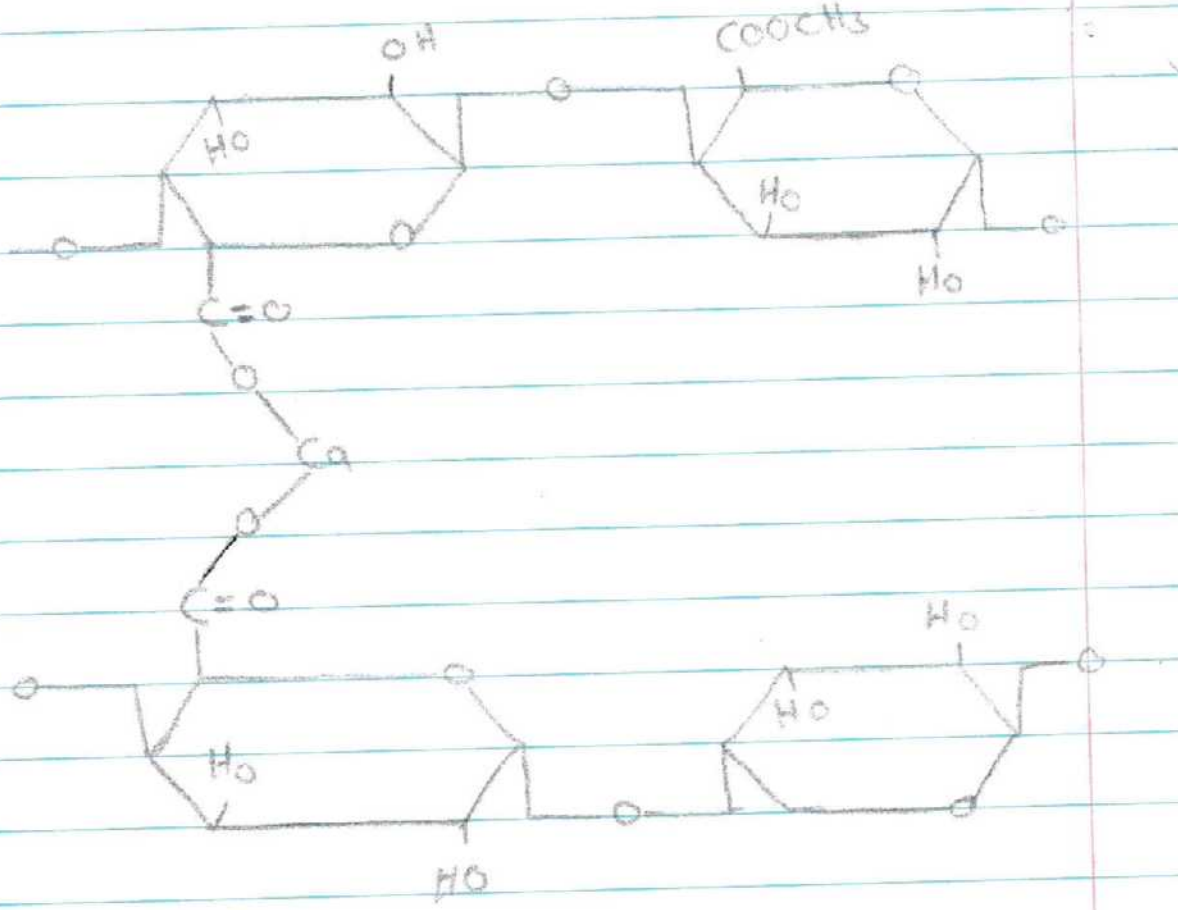
١- تركيز ايونات H^+: معظم البكتينات في الفواكه تكون هلام على pH يتراوح ما بين 2.8 - 3.4 ويذهب تكون هلام عند ارتفاع الـ pH أكثر من 3.5. هناك علاقة طردية بين ارتفاع الـ pH والوقت اللازم لتكوين الهلام. يتكون الهلام على درجة حرارية أعلى اذا انخفض الـ pH عن 2.8 ووجد ان قوة الهلام المتكونة تزداد عندما يتراوح الـ pH ما بين 1.9 - 2.5 في حالة انخفاض درجة استرة المادة البكتينية من 55 - 75 %. ويعتمد الـ pH الأمثل لتكوين الهلام على نوعية المادة البكتينية المستعملة ومحتواها من حامض البيوكسيل ووجود الأملاح وتركيز السكر.

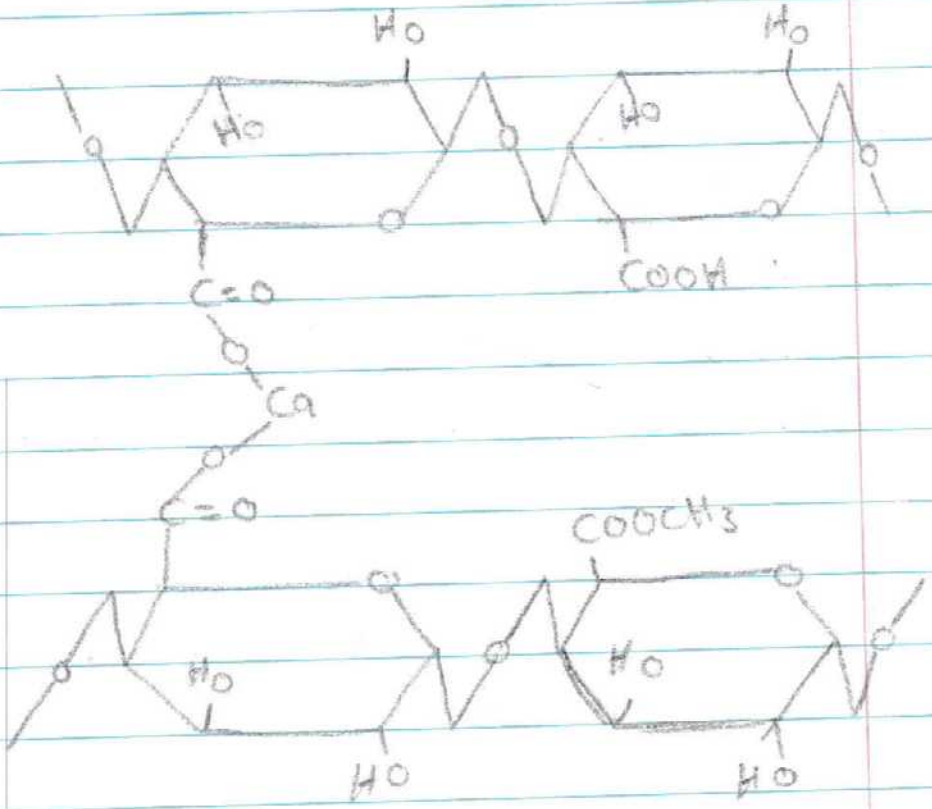
٢- تركيز السكر: يتكون الهلام بتراكيز سكرية تتراوح من 40 - 70 %، ولكن تركيز السكر الأمثل لعمل الهلام 60 - 65 %. ويعتمد تركيز السكر المستعمل في تكوين الهلام على نوعية البكتين المستعمل وتركيز ايونات H^+ ووجود الأملاح.

٣- تركيز المادة البكتينية. يعتمد تركيز البكتين في الهلام الناتج على مقدار ما يستخلص من الماء خلال عملية طبخ الفواكه أو الخضروات. فكلما كانت البكتين مستخلص كلما كانت مدة الطبخ أطول للتخلص من الماء الزائد.

دور الايونات ثنائية التكافؤ في تكوين الهلام

تحتاج المواد البكتينية المحتوية على نسبة عالية من مجاميع البيوكسيل الى نسبة عالية من السكر لتكوين الهلام، وتقل نسبة السكر المستعملة عندما تقل نسبة مجاميع البيوكسيل في المادة البكتينية بشرط وجود ايونات ثنائية مثل ايونات Ca^{++} و Mg^{++} ويعتقد ان هذه الايونات تعمل كجسر لربط مجموعتي كاربوكسيل لجزيئين بكتينية وبهذا تساعد هذه الايونات على تكوين النسيج البكتيني





دور ايونات Ca^{++} في تكوين الهلام

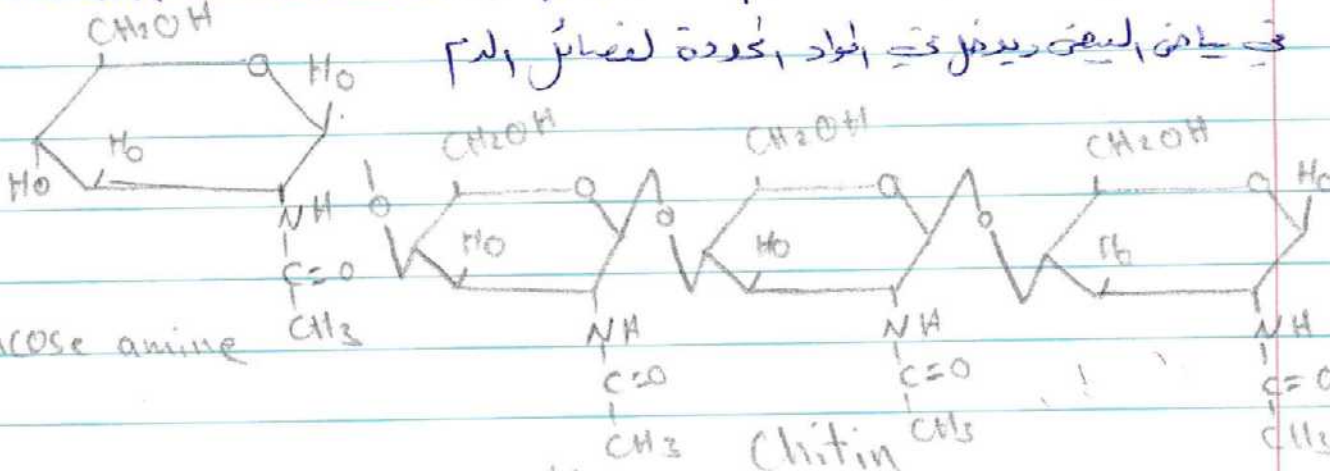
الصموغ Gums

تتميز هذه المجموعة من الكربوهيدرات المعقدة وتشترك بقابلية تراكيز منخفضة منها على تكوين محاليل لزجة جداً. تستعمل على نطاق واسع في الصناعات الغذائية كمواد مثبتة أو مواد تساعد على تكوين الهلام. وتشمل الصموغ الأعشاب البحرية والصموغ الميكروبية / الصموغ البذور. تحتوي جميع الصموغ على مجموعات محبة للماء والتي ترتبط مع الماء لتكوين محاليل هلامية أو محاليل لزجة. تؤثر طبيعة تكوين الكربوهيدرات المختلفة على صفات الصمغ الناتج. فالكربوهيدرات المعقدة المتفرعة السلسلة تكون محلول عالي اللزوجة مقارنة بالكربوهيدرات المعقدة المتفرعة ولكن الكربوهيدرات المعقدة المتفرعة تكون هلام ذو ثباتية عالية مقارنة بالكربوهيدرات المتفرعة. وتستعمل كمواد طبيعية من هذه المواد الصمغ العربي gum arabic / صمغ الكوار guar gums / agar / alginate / carrageenan.

٣- الكاربوهيدرات المحتوية على N

السكريات الأمينية Amino sugars

ومنها chitin له تركيب مشابه لتركيب السليلوز ذات الوحدة البنائية له هو glucose amine ويختلف عن تركيب السليلوز باستبدال مجموعة OH في C2 بمجموعة amine هو عبارة عن بوليمر متجانس غير متفرع ترتبط جزيئات glucose amine مع بعضها بأواصر كلوكوسيدية من نوع β,1-4 تتراوح الوزن الجزيئي 5000 - 650 كيلوتون يتواجد chitin في الهيكل الخارجي لمفصليات الأرجل (الحشرات) والقشريات وجدار الخلايا للفطريات والطحالب الخضراء ويدخل في تكوين الفقاريات والأوتار وصمامات القلب. أما glucose amine يعتبر من المكونات الأساسية Mucoprotein مثل Ovamucin الموجودة Ovalbumin في بياض البيض ويدخل في المواد المحددة لفصائل الدم



الدهون (الليبيدات) Lipids

توجد الدهون في الطبيعة وتعرف بأنها مجموعة من المركبات غير المتجانسة التي لا تذوب في الماء وانما تذوب في المركبات العضوية مثل الإيثر، الكلوروفورم، البنزين والاسيتون. تحتوي الدهون في تركيبها على C / H / O وبعضها يحتوي على N / P. تكون الدهون الحيوانية صلبة في درجة حرارة الغرفة العادية، بينما تكون الدهون النباتية سائلة عند درجة حرارة الغرفة وتطلق زيوت. تعتبر الدهون من المركبات العضوية الرئيسية والتي لها قيمة غذائية عالية وتقسم الدهون الى

١- الدهون البسيطة Simple Lipids: عبارة عن استرات للاحماض الدهنية مع الكحولات وتقسم الى

٢- الدهون والزيوت: Fat and Oils استرات الكليسرول مع احماض دهنية احادية الكاربوكسيل.

ب- الشموع Waxes استرات الكحولات احادية الهيدروكسيل طويلة السلسلة مع احماض دهنية طويلة السلسلة.

٣- الدهون المركبة (الليبيدات المركبة) Compound lipids

عبارة عن دهون بسيطة ترتبط بمركبات غير دهنية وتشمل

أ- الفوسفوليبيدات phospholipids عبارة عن استرات يحل محل احد احماض الفوسفوريك محل جزيئة واحدة من الاحماض الدهنية ويرتبط حامض الفوسفوريك قاعدة نتروجينية وتقسم الى

١- phosphatidic acid: عبارة عن كليسريدات تتكون من جزيئة واحدة من الكليسرول وجزيئتين من الاحماض الدهنية وجزيئة واحدة من حامض الفوسفوريك

ب- phosphatidyl choline او Lecithins

ج- phosphatidyl serine او Cephalins او phosphatidyl ethanolamine

ب- الكلايكوليبيدات Glycolipids: وهي مركبات تحتوي على الكربوهيدرات والاحماض الدهنية والسفنكوسينول Sphingosinol

ج- الليبوبروتينات Lipoproteins وهي مركبات معقدة من الليبيدات والبروتينات.

٣- الدهون المشتقة (الليبيدات المشتقة) Derived lipids
وهي نواتج تحلل الدهون وتشمل
أ- الأحماض الدهنية Fatty acid
ب- الكحولات alcohols تتكون من سلسلة طويلة أو تكون حلقية التركيب
لترتبط بالماء مثل Sterols وفيتامين A
ج- Hydrocarbons مثل caroteneoids
د- Fat soluble vitamins (D, E, K).

الدهون البسيطة Simple lipids
تتكون الدهون الطبيعية من الجليسريدات الثلاثية وكميات ضئيلة من
الجليسريدات الأحادية والثنائية وقد توجد نسب قليلة جداً من الأحماض الدهنية،
أما الدهون المصنعة (processed fats) فتحتوي على حوالي 20% من الجليسريدات
الثنائية والأحادية وتوجد أيضاً مواد أخرى ذات أهمية تغذوية مثل الفيتامينات
الذائبة بالدهن والستيرولات والفوسفوليبيدات.
الدهون الصالحة للأكل Edible fats: هي خليط معقد من الجليسريدات الثلاثية
مع كميات قليلة من مواد موجودة طبيعياً أو مضافة خلال عملية تصنيع وتخزين الدهون
وبصورة عامة تحتوي الدهون والزيوت الصالحة للأكل على
Fatty acids, Monoglycerides, diglycerides, Triglycerides
, pigments, Fat soluble Vitamin, sterols, phospholipids
water, trace metals, oxidation products, hydrocarbons

ان وجود الأحماض الدهنية الحرة في الدهون دليل على درجة التحلل المائي
للجليسريدات الثلاثية، بينما يكون وجود البيروكسيدات والألديهيدات
والكيتونات دليل على مقدار التأكسد الحاصل في الدهون.

Fatty acids الأحماض الدهنية

تكون معظم الأحماض الدهنية غير المتفرعة أحادية الكاربوكسيل، تحتوي على طول السلسلة ودرجة التشبع وعدم التشبع. وهناك عدد محدود من الأحماض الدهنية الحرة في الزيوت النباتية والحيوانية وبعض البذور والمكسرات.

1- Saturated fatty acid

Butyric acid	$CH_3(CH_2)_2COOH$	Butter fat
caproic acid	$CH_3(CH_2)_4COOH$	butter fat, coconut oil, palm nut oil
caprylic acid	$CH_3(CH_2)_6COOH$	〃 〃 〃
Capric acid	$CH_3(CH_2)_8COOH$	〃 〃 〃
Lauric acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	〃 〃 〃
Myristic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	coconut oil, palm nut oil, most animal and plant fats
palmitic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	practically all animal and plant fats
Stearic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	animal fats and minor component of plant fats
Arachidic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	peanut oil

2- Un saturated fatty acid

Oleic acid	$CH_3(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7COOH$ cis-9-	plant and animal fats
Elaidic acid	trans 9- $C_{17}H_{33}COOH$	animal fats
Linoleic acid	cis-9,12 $CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7COOH$	peanut, linseed, cotton oils
Linolenic acid	cis-9,12,15	linseed and other seed oils

$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

Arachidonic acid	cis-5,8,11,14	Fish oil and traces in animal fats

$CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_3-COOH$