البروتينات Proteins

مواد عضوية تتكون من(N-O-H-C)،يحتوي العديد منها على الكبريت وبعضها على الفسفور وفي حالات قليلة على الحديد والنحاس والزنك .تعتبر البروتينات من المركبات الأساسية للأنسجة الحية ولها علاقة فعلية لجميع النشاطات الفسيولوجية كتحديد الأنسجة والعمل كأجسام مضادة وتنظيم الإيض ....الخ النباتات تتمكن من تمثيل أو تخليق البروتينات من مصادر لاعضوية وهذه الخاصية غير موجودة في الحيوان والإنسان .القيمة الحيوية للبروتينات تختلف من مصدر لآخر ،هذا الاختلاف ناتج عن احتواءها بالحوامض الامينية الأساسية بنسب مختلفة فبعضها غنية بأحماض امينية أساسية معينة بينما تفتقر بروتينات أخرى وبالرغم من تباين البروتينات في التركيب العام فأن معظمها يتألف من

Nitrogen 16%

Carbon 50%

Hydrogen 7%

Oxygen 22%

Sulphur 0.5-3%

وحتى نتعرف على البروتينات يجب الأخذ بنظر الاعتبار النقاط التالية :

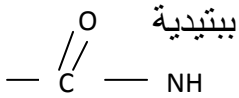
١.البروتينات هي مواد عضوية ذات وزن جزيئي عالي تكون على شكل polymer تجمع لوحدات نباتية اصغر

٢.مواد امفوتيرية نتيجة وجود المجاميع الكاربوكسيلية التي تسلك سلوك حامضي ومجموعة الأمين التي تسلك كسلوك قاعدي .

٣.طبيعتها الغروية لكون أوزانها الجزيئية عالية نسبياً.هذه المواد غير ممكن أن تمر خلال الأغشية نصف الناضجة .

٤.عند تحلل البروتينات بواسطة الحوامض أو القواعد أو الإنزيمات النتيجة النهائية حوامض امينية ومواد أخرى التي توجد كمجاميع أضافية في حالة البروتينات المرتبطة كالهيم أو الحديد أو النحاس .

٥.ترتبط وحدات الأحماض الامينية في تراكيبها البوليميرية سوتياً في تسلسل محدد ثلاثية الأبعاد الوحدات البنائية للبروتينات هي الأحماض الامينية ترتبط مع بعضها بآصرة ببتيدية



الحوامض الامينية Amino acids:

تكون طبيعياً بحدود ٢٠حامض أميني .جميع الحوامض الامينية ماعدا الكلايسين هي من المركبات التي تكون فعالة ضوئياً Optically active .تتمكن من حرف مسار الضوء لوجود ذرات كاربون غير متناظرة في تركيبها .

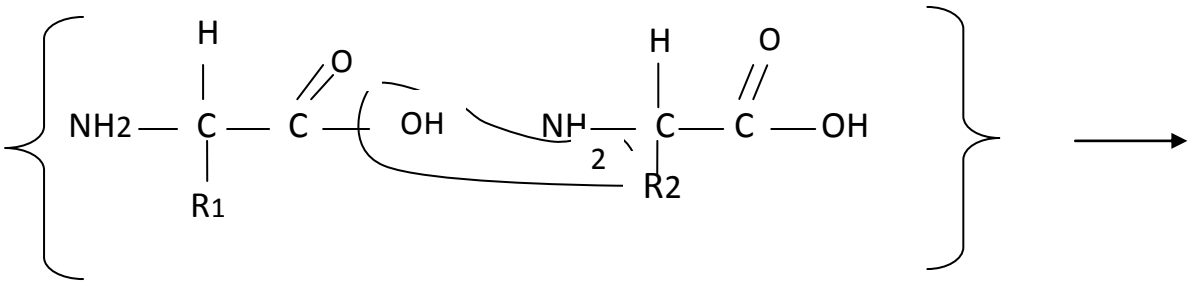
$NH_2 — CH_2 — COOH$

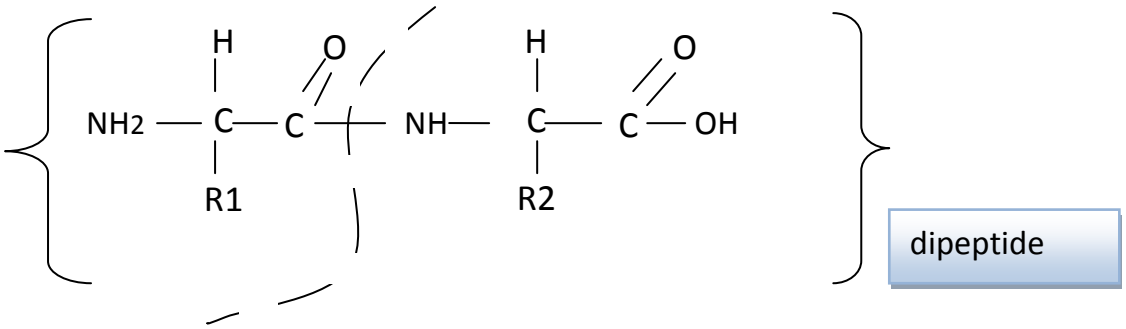
الحوامض الأخرى تحتوي على ذرات كاربون متناظرة .الأحماض الامينية تشابه الأحماض الدهنية مع اختلاف المجموعة الامينية وجميع الأحماض الامينية هي أحماض

α –amino carboxylic acid

المجاميع الامينية والكاربوكسيلية متصلة بنفس الكاربون عدا البرولين والهيدروكسي برولين من نوع **α -Imino**

عند اتصال الأحماض الامينية ببعضها يطلق عليها Peptides اتحاد مجموعة كاربوكسيلية من حامض مع مجموعة امينية من حامض مجاور .





التسمية Nomenclature:

Naline +glycine ⟶ glycyl valine

وكتقليد تكتب الببتيدات بوضع مجموعة α-amine الطرفية N-terminal إلى اليسار وال c-terminal إلى اليمين.

الروابط الببتيدية مقاومة نوعاً ما للتحلل المائي وفي غياب الانزيمات تحتاج الى تسخين لفترة طويلة مع أحماض أو قلويات قوية . يستخدم ال Proteolytic enzymes في تحلل البروتينات مائياً وهي تقسم الى indopeptidase وال exopeptida والاولى تعمل على الروابط الداخلية أما الثانية فتعمل على إزالة متعاقبة للأحماض الامينية من الطرف N والطرف L على التوالي .

تصنيف الحوامض الامينية :

يتوقف على عدد المجاميع الفعالة بالحوامض فإذا زادت المجاميع الامينية عن ١ تكون حوامض امينية قاعدية ولو زادت المجاميع الكاربوكسيلية عن ١ تكون حوامض امينية حامضية .
الاختلاف ما بين الحوامض الامينية في R

١.الأحماض الامينية الاليفاتية Aliphatic a.a. وهي أحماض متعادلة neutral

A-Mono amino carboxylic acid

1.glycin {-H} (R) $H_3\overset{+}{N}$ -CH2 -COO^-

2.Alanin {-CH3} (R) $H_3\overset{+}{N}$ - CH - COO^-
|
CH3

3.Valine {CH(CH3)2} R

4.Leucine

5.Isoleucine

6.Serine

7.Threonin ……etc

B-Mono amino dicarboxylic acid

-Aspartic acid

-A spargine …..etc

C-Di amino mono carboxylic acid

-Arginine

-Lysine

2.الأحماض الامينية الاروماتية Aromatic amino acid

A-Mono amino mono carboxylic acid

-phenyl alanine

-Tyrosine

-Tryptophane

3.الأحماض الامينية الاليفاتية المختلطة

-Heterocyclic Aliphatic amino acid

a-Mono amin mono carboxylic acid

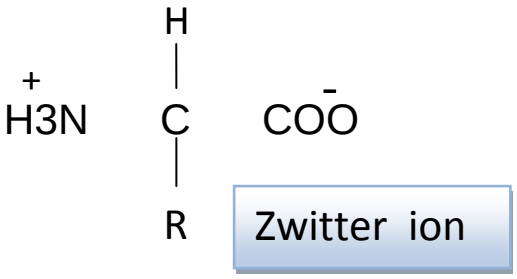
-Histidine

b-α-Imino acid

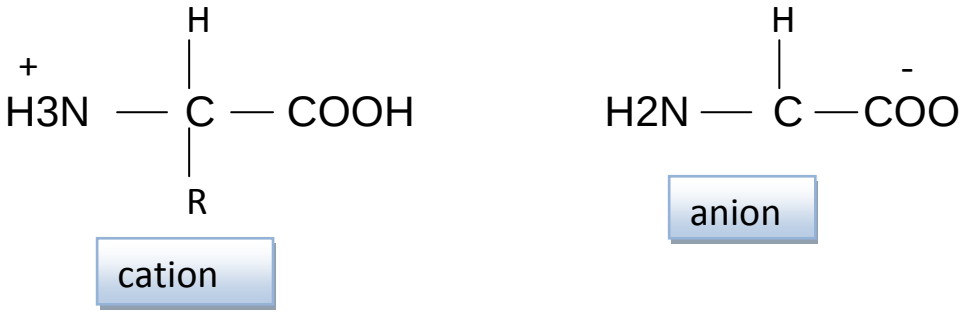
-proline

-hydroxy proline

للأحماض الامينية صفات ايونيه حيث إن مجموعة -COOH لها القدرة على إعطاء بروتون إما المجموعة الامينية فلها القدرة على أخذ بروتون -NH_2. الحامض الاميني في وضعه المتأين يطلق عليه Zwitter ion



عند انخفاض ال PH يكون الحامض موجب الشحنة cation



نقطة التعادل الكهربائي iso electric point تكون فيها الشحنات السالبة والموجبة متعادلة وعند هذه النقطة يترسب البروتين .من المجاميع الفعالة الأخرى الموجودة في بعض الأحماض الامينية إضافة إلى المجاميع الامينية و الكاربوكسيلية هي

1.Sulfhydryl group ⟶ cystein
2.β- carboxyl group ⟶ Aspartic
3.γ-carboxyl group ⟶ Glutamic acid
4.guanido gp ⟶ Arginine
5.ϵ-amino gp ⟶ Lysine
6.phenolic gp ⟶ Tyrosine
7.imidazole gp ⟶ Histidine

Classification of proteins:

اعتمادا على الخواص الفيزيائية والكيميائية ،التصنيف الاكثر شيوعاً هو الذي يقسم البروتينات الى ثلاثة مجموعات

1.Simple protein البروتينات البسيطة

وهي البروتينات التي عند تحللها مائياً تعطي حوامض فقط من أمثلتها

-Albumins

Serium albumin يذوب بالماء ويتخثر بالحرارة مثل البومين البيض وال

-globulins

لاتذوب بالماء أو قليلة الذوبان ولكن تذوب في محاليل الاملاح وتتخثر بالحرارة ،الاملاح المتعادلة والتي تتأين بسرعة مثل NaCl ،حامض وقاعدة قوية تسهل إذابة المواد البروتينية .

-glutelins

تذوب في الحوامض والقواعد المخففة مثل كلوتين الحنطة ،توجد في النباتات فقط .

-prolamins

تذوب في ٥٠-90% كحول ولاتذوب بالماء أو الكحول المطلق .توجد في النباتات فقط مثل كلايدين الحنطة .

-gliadin (wheat)

-horidine (Barley)

-Zein (maize)

-Sckroprotein سكليروبروتين

لا تذوب في المحاليل المتعادلة .توجد في الحيوانات فقط مثل الكولاجين والكرياتين.

-Histones الهستونات

تتميز بوجود نسبة عالية في الحوامض الامينية القاعدية Argine وال lysine تذوب بالماء والحوامض والقواعد المخففة مثل الهستونات الموجودة في البنكرياس .

-protamines البروتامينات

يشكل الحامض الاميني الارجنين بنسبة ٧٠-٨٠% من مجوع الأحماض الامينية ولذلك تعتبر من البروتينات القاعدية القوية .تذوب بالماء والامونيا ولاتتخثر بالحرارة .تتحد عادتاً مع الأحماض النووية .

٢- البروتينات المركبة conjugated protein

وتسمى مقترنة أحيانا وهي عبارة عن مواد بروتينية متحدة مع مواد غير بروتينية مثل

١.البروتينات النووية Nucleoprotein

بروتين +حامض نووي

الأحماض النووية تكون شديدة الحامضية إما البروتينات فتكون قاعدية مثل الهستونات والبروتامينات . موجودة في النوية

٢.البروتينات الدهنية أو الشحمية Lipo protein

بروتين +دهن

مثل الكوليسترول والليستين موجودة في صفار البيض والحليب .

٣.البروتينات السكرية glycoprotein

بروتين+سكر

مثل البومين البيض والهيما كلوتين في فول الصويا .السكريات عادتاً تشمل المانوز والفركتوز والكلاكتوز والكلوكوز .

٣- مشتقات البروتينات أو البروتينات المشتقة Derived protein

نواتج تحلل البروتينات التي عانت تغير إنزيمي أو تغيرات كيمياوية أو فيزياوية .

-primary derivatives مشتقات أولية

مثل البروتيان Protean وهي بروتينات تحورت بفعل الحوامض أو القواعد المخففة أو الإنزيمات مثل الكازين (الحليب المتجبن) والفايبرين (الدم المتخثر)

-Secondary derivative

عمل الإنزيمات أو المواد الكيمياوية يكون كبير نسبياً ولذلك تشمل المشتقات الثانوية

البروثيوزات والبيتونات والببتيدات تذوب هذه البروتينات بالماء ولا تتخثر بالحرارة .

ثانياً: البروتينات المقترنة تبعاً للجزء غير البروتيني الذي تحتويه أو تبعاً للمجوعة التي قد تكون حامض نووي(Nucleoprotein) أو قد يكون عبارة عن كاربوهيدرات (mucoprotein أو Glycoprotein) أو عبارة عن لبيد (Lipoprotein)أو مجموعة ملونة (chromoprotein) كما في الهيماكلوبين والسايتوكرومات والفلافوربروتينات أو يكون عناصر معدنية (metalloprotein) وتضم العديد من الانزيمات .لقد ساعدت طرق الفصل بالكروموتوغرافي في عمليات فصل وتنقية وتحليل هذه البروتينات .

تركيب البروتينات :

ترتبط الحوامض الامينية المتعاقبة في جزيئات البروتين تساهمياً لتكوين بوليمرات طويلة غير متشعبة ويطلق على الأواصر التي تربط الأحماض الامينية Peptide linkage التي تتكون بإزالة جزيئة ماء من مجموعة كاربوكسيلية عائدة لحامض اميني والمجموعة الامينية –ألفا العائدة للحامض الاميني المجاور ويطلق على البوليمرات المتكونة بالسلاسل الببتيدية المتعددة التي تحتوي على المئات من الأحماض الامينية وقد تحتوي جزيئة البروتين الواحدة على أكثر من سلسلة ببتيدية واحدة .توجد بعض البروتينات على درجة عالية من الاستقرارية Stability وذات وزن جزيئي عالي ويمكن فصلها بصورة متجانسة وبلوراتها من الأنسجة والخلايا .وبالإمكان حساب العدد التقريبي للأحماض الامينية الموجودة في بروتين بسيط لايحوي على مجموعة Prostatic group بقسمة الوزن الجزيئي للبروتين على ١٢٠ .يبلغ معدل الوزن الجزيئي للأحماض الامينية العشرين الموجودة في البروتينات حوالي ١٣٨ ألا ان جزيئة ماء تزال (وزنها الجزيئي ١٨)عند تكوين الآصرة الببتيدية لذلك فإن معدل الوزن الجزيئي للحامض الاميني الموجود في السلسلة الببتيدية المتعددة هو ١٢٠.

الهيئة التركيبية للبروتينات The conformation of protein

لكل جزيئة بروتينية في حالتها الطبيعية Native state شكل ذو بعد ثلاثي متميز ومتخصص يطلق عليه الهيئة التركيبية Conformation وتبعاً لذلك يمكن تقسيم البروتينات إلى :

اولاً:البروتينات الليفية . Fibrous prot أي ذات الشكل الليفي وهي قوية وغير ذائبة بالماء والمحاليل الملحية وهي تكون الأنسجة الرابطة في الحيوانات (مثل الكولاجين وألفا –كيرياتين في الشعر والقرون والريش والأظافر) والايلاستين.

ثانياً:البروتينات الكروية .Globular prot عبارة عن سلاسل ببتيدية متعددة منطوية بشدة لتكون كرات متراصة وهذا الصنف يذوب في المحاليل المائية ويشمل االهرمونات وكذلك تشمل البروتينات التي تقوم بوظائف النقل Transport function مثل Serium albumin والهيموكلوبين هناك نوع من البروتينات تشابه البروتينات الليفية في التركيب ألا أنها تذوب في المحاليل الملحية المخففة كالمايوسين والفايبروبروتين.

التركيب الأولي Primary struct. للبروتين يشير إلى ارتباط الأحماض الامينية مع بعضها بواسطة الأواصر الببتيدية ،أي تعطي فكرة عن الأحماض الامينية بسلسلة طويلة غير متشعبة تحتوي على مئات الأحماض الامينية .

التركيب الثانوي Secondary struct. يشير إلى تكوين الشكل الحلزوني α-helix لسلاسل الببتيدية المتعددة .

التركيب الثلاثي Tertiary struct. يفسر كيفية انطواء السلسلة الببتيدية المتعددة لتكوين الشكل المنطوي المتراص وشبه كروي والحلزون يلتف بشكل دائري .

التركيب الرباعي Quaternary struct. عدد وحدات monomers البروتين التي يجب أن ترتبط مع بعضها لتكون الصيغة الفعالة لذلك البروتين من الناحية الحيوية ،وهو أكثر من وحدة واحدة من البروتين ترتبط مع بعضها لتكون الشكل الفعال للبروتين من الناحية البايولوجية.

تحتوي معظم البروتينات الكبيرة ليفية أم كروية على اثنين أو أكثر من السلاسل الببتيدية المتعددة ويطلق عليه Oligomeric prot. وتحتوي السلاسل الببتيدية المتعددة على ١٠٠-٣٠٠ حامض اميني (36000-2000 Mwt). البومين السيرم Serum albumin يحتوى على ٥٥٠حامض اميني والمايوسين ١٨٠٠حامض اميني ويمكن القول أن أي بروتين يتجاوز وزنه الجزيئي ٥٠٠٠٠فعلى الأرجح أنه متكون من سلسلتين أو أكثر.

الدنترة Denaturation

الدنترة أو عملية المسخ هي تغير حالة البروتين الطبيعية وتؤدي إلى فقدان صفاته الفسيولوجية .تحصل الدنترة للعديد من البروتينات على درجات أعلى من ٥٠-٦٠ مْ أو التبريد إلى درجات حرارة اقل من١٠-١٥مْ .الدنترة تفقد الانزيمات فعاليتها البايولوجية .لاتكسر الدنترة الأواصر التساهمية المسؤلة عن تكوين الببتيدات لكنها تكسر الأواصر الهيدروجينية محوله البروتين من حالة الانطواء Folded إلى حالة Unfolded .إن تعاقب الأحماض الامينية هو الذي يحدد الهيئة التركيبية الطبيعية Native conformation أو حالة الانطواء من خلال حدوث التداخلات المختلفة بين السلاسل الطرفية للأحماض الامينية مع بعضها ومع المذيب .وترجع البروتينات المدنترة إلى حالتها الطبيعية Renaturation أو يعاد انطواءها Refolded إذا تهيأت لها الظروف المناسبة من PH ودرجة الحرارة .

Modes and Types of Denaturation

1.Thermal Denaturation

2.Denaturation by changing PH

3. Denaturation by Urea

4. Denaturation by guanidinium chloride

5. Denaturation by other Guanidinium salts

6. Denaturation by Inorganic salts

7. Denaturation by organic solvents and solutes

8. Denaturation by Detergents

The functional diversity of protein الوظائف المختلفة للبروتينات

١.الانزيمات: تعتبر اكبر اصناف البروتينات ويمكن التعرف على اكثر من ١٠٠٠انزيم لحد الان وكل انزيم يقوم في المساعدة على انجاز تفاعل كيمياوي متخصص .يختلف التركيب الكيمياوي للانزيمات التي لها وظائف متشابه لكنها من مصادر مختلفة مثل تربسين لخنزير وتربسين البقر عبارة عن جزيئتين بالرغم من تشابه وظيفتهما .تقع الانزيمات تحت صنف البروتينات الكروية .

٢. بروتينات الخزن : مثل البومين البيض ، كازين ، فيرتين ،كلياداين .زين

٣.بروتينات النقل :تتمكن هذه البرويتنات من ربط ونقل انواع خاصة من الجزيئات خلال مجرى الدم مثل :

الهيموكلوبين	نقل الاوكسجين في دم الفقريات
هيموسيانين	نقل الاوكسجين في دم اللافقريات
مايوكلوبين	نقل الاوكسجين في دم العضلات
البومين المصل	نقل الامراض الدهنية في الدم
بيتالايبوبروتين	نقل الليبيدات في الدم .....الخ

٤.بروتينات الانقباض والانبساط

يعتبر الاكتين Actin والمايوسين Myosin (الأولى خويطات متحركة في أل Myofibril والثانية خويطات في Myofibril) تعتبر هذا البروتيناين من البروتينات المهمة التي تساعد في انقباض وانبساط العضلات .

٥.بروتينات الحماية في دم الفقريات مثل

- مضادات الأجسام (تكوين مركبات معقدة مع البروتينات الغريبة)

- فايرينوجين (المادة الأولية للفايرين في تخثر الدم)

٦.الهرمونات

مثل الأنسولين الذي يفرزه البنكرياس يقومك بتنظيم ميتابولزم الكلوكوز ويؤدي نقصه في الجسم إلى مرض السكري

٧.السموم والتوكسينات

وهي ايضاً تتكون من نفس الأحماض الامينية العشرين .حيث أن الأحماض الامينية لوحدها ليس لها فعالية بايولوجية اوسمية .ألا أن ارتباطها بتعاقب خاص وتكوين التركيب ذو البعد الثلاثي يعطيه فعالية بايولوجية متخصصة ومن السموم :

سم ألـ **Clostridium botulinum** الذي يسبب التسمم الغذائي وسم الدفتريا (سم بكتيري)وسم الأفعى (إنزيم يحلل الفوسفوكليسيريدات)والرايسين (سم بروتيني من ألـ **Castor bean**)

الصفات الطبيعية والكيمياوية للبروتينات

Physical and chemical properties of proteins

صفات البروتينات

١.السلوك الامفوتيري Amphoteric behavior

يطلق على الأحماض الامينية والبروتينات بأنها مواد امفولتية Ampholytes والمادة الامفولتية هي التي تسلك سلوك حامضي وقاعدي معاً وبما أن البروتينات عبارة عن مواد الكتروليتية Electrolytes فأنها تهاجر في المجال الكهربائي ويعتمد اتجاه الهجرة على الشحنة الصافية Net charge لجزيئة البروتين .تتأثر الشحنة الصافية بالـ PH اذ انه توجد لكل بروتين فيمه معينه من الـ PH لا يهاجر عندها في المجال الكهربائي ويطلق عليها (PI) Isoelectric point وهي عبارة عن ثابت Constant تساعد في توصيف البروتينات.

الاوزان الجزيئية ونقاط التعادل الكهربائي لبعض البروتين

البروتين	الوزن الجزيئي	PI
سايتوكروم	١٣٠٠٠	١٠,٦
رايبونيو كليز	١٤٠٠٠	٧,٨
مايو كلوبين (حصان)	١٧٠٠٠	٧,٠
كاربوكسي بيتيديز	٣٤٠٠٠	٦,٠
البومين البيض (دجاج)	٤٠٠٠٠	٤,٦
كاتاليز	٢٥٠٠٠٠	٥,٦
بوريز	٤٨٠٠٠٠	٥,١

يطلق على الاحماض الامينية والبروتينات بأنها ايونات ثنائية القطب Dipolar ions أو Zwitter ion عند نقطة التعادل الكهربائي .

٢.قابلية البروتينات على ربط الايونات

Ion binding of proteins

نظراً لطبيعة البروتينات الامفولتية فأنها تكون املاحاً من نوعين :

الأول:تربط انيونات للبروتين (الشحنات السالبة) Prot.anions مع الكاتيونات

الثاني: تربط كاتيونات للبروتين (الشحنات الموجبة) Prot.cations مع الانيونات

تكون العديد من الايونات أملاح مع البروتينات ويستفاد من ذلك في ترسيب البروتينات فمثلاً تستعمل الاحماض التالية :

Phosphotungstic acid ,trichloro acid ,picric acid ,sulfa salicylic acid

Perchloric acid

انيونات هذه الاحماض تكون املاحا غير ذائبة مع البروتينات عندما تكون الاخيرةبهئية كاتيونات (أي على الجهة الحامضية من نقاط التعادل الكهربائي) تتضمن الطريقة القياسية لتقدير كمية النتروجين البروتيني في محلول ما على تقدير النتروجين الكلي اولاً بطريقة كيلداهل ومن ثم تقدير البروتين في الراشح المتحصل عليه بعد ترسيب البروتينات بأحد الحوامض المذكورة اعلاه والفرق الناتج بين النتروجين الكلي والنتروجين غير البروتيني عبارة عن النتروجين البروتيني يقدر معدل المحتوى النتروجيني في البروتينات حوالي ١٦%لذا فأن ضرب قيمة النتروجين البروتيني بـ٦,٢٥ يعطي كمية البروتين في النموذج .ألا أن هذا الرقم ليس ثابتاًبل يختلف احياناً تبعاًللمادة الغذائية المراد تحليلها .تستعمل ايونات المعادن الثقيلة لترسيب البروتينات على الجهة القاعدية في نقاط تعادلها الكهربائي .اذ تسلك البروتينات تحت هذه الظروف سلوك الانيونات .من الايونات المستعملة لهذه الغرض هي ايونات الزئبق والنحاس والفضة والزنك والباريوم .

٣.الهجرة في المجال الكهربائي **Electrophoresis**

٤.الذوبان

ظاهرة الـ **Salting –in** والـ **Salting –out**

الانزيمات المحللة للبكتين

درست في الفواكه والخضر وهناك دراسات متعددة على إنزيمات التحور وقبل دراسة الانزيمات المحللة للبكتين يجب معرفة ماهو البكتين الذي ينتشر في جميع الخلايا للنباتات الراقية والتي لها علاقة وثيقة بقوام الفواكه وتحديد مدى صلابة القوام .يتحول البروتوبكتين غير الذائب بفعل الانزيمات المحلل للمواد البكتينية إلى بكتين وبكتات ومواد ذائبة أخرى مما يؤدي إلى إكساب الثمار القوام الطري المرغوب عند النضج .

الجمعية الكيمياوية الأمريكية صنفت المواد البكتينية إلى

-Pectic Substances

-galacturonic acid

-Protopectin

-Pectinic acid

-Pectin

-Pectic acid

من الانزيمات التي تعمل على المواد البكتينية وتقوم بتكسيرها والتي يطلق عليها Pectolytic Enzyme

هي

إنزيمات التحلل المائي للمواد البكتينية Hydrolysis

ومن هذه الانزيمات هي (PE)Pectin esterase يحفز هذا الإنزيم التحلل المائي للآصرة الاستيرية الموجود في مجموعة الميثوكسيل وبين ذرة الكاربون ٦ لحامض الكلاكترونيك الموجود في سلسلة المواد البكتينية وله تسميات أخرى مثل

Pectin methoxylase ,Pectase ,Pectin methyl esterase

ومن الدراسات على PE في مجال التمور هي دراسة هذا الإنزيم في أربعة اصناف من التمور العراقية الزهدي ،البريم ،الخضراوي ،الخستاوي خلال مراحل النضج المختلفة حيث وجد أن فعالية الانزيم مختلفة بين هذه الاصناف وتزداد في مراحل النضج المتقدمة لهذه الاصناف ووصلت اقصى نشاط في مرحلة الرطب ٥٠%في حين انخفضت الفعالية الانزيمية في مرحلة التمر الجاف .

Poly galacturonase PG

هذه الانزيمات تحفز تفاعلات التحلل المائي للأواصر **Glycosidic bond α 1,4** بين وحدات حامض الكلاكترونيك المكونة للمواد البكتينية ولهذا الإنزيم تسميات أخرى مثل **Pectinase, Pectate hydrolase** ..... الخ

عند متابعة نشاط هذا الإنزيم في صنف دكله نور خلال مراحل النضج وجد أنه ليس له فعالية خلال مرحلة الحجري المبكر أو المتأخر وتبدأ فعاليته بالارتفاع التدريجي خلال المراحل المتقدمة من النضج ووصلت أقصاها في مرحلة ٥٠-١٠٠%رطب .

Peroxidase

موجود في التمور إلا ان تأثيره غير معروف وهو اكثر تحملاً للحرارة من الـ **Invertase** الـ **Poly phenolase** التراكيز العالية من السكروز توقف فعالية هذا الإنزيم.

PPO Poly phenolase

مسؤول عن الأكسدة الإنزيمية **Enzymatic oxidation** التي تحدث في التمور مسببة اسوداد التمور وهو أكثر حساسية من البروكسيديز تجاه الحموضة وتحمله للحرارة وسط بين الانفريتز والبروكسيديز وفي دراسة أجريت لتقدير فعالية هذا الإنزيم خلال مراحل النضج لوحظ إن مرحلة الحجري المتوسط والخلال المتأخر يمتلك أعلى فعالية مقارنة مع المراحل الأخرى من النضج هذا الإنزيم يقوم بأكسدة المواد الفينولية وله تسميات أخرى مثل

Tyrosinase , phenolase ,Catechol oxidase

يمكن استخلاص هذا الإنزيم بأستخدام الاثيلين كلايكول مع الأسيتون والذي أعطت نقاوة عالية عند استخدام الكروموتوغرافي