جامعه حماه

كليه الصيدله

كيمياء الأغذيه و مراقبتها

البروتينات

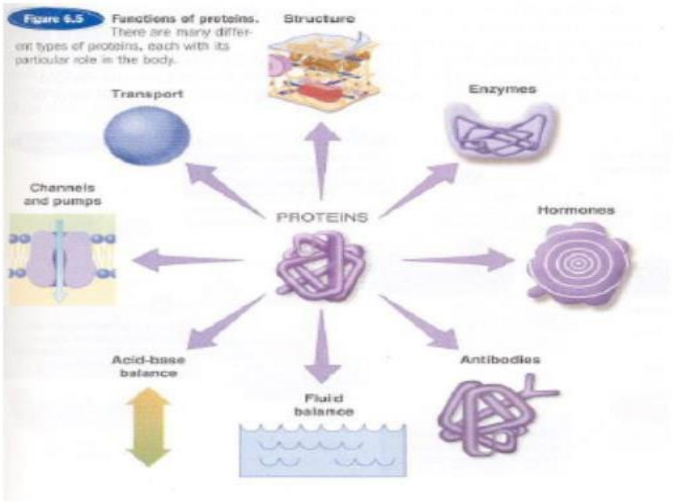
البروتينات

البروتينات: هي مركّبات مؤلّفة من ذرات C و H و O و N مرتبة في حموض أمينية (AA) وموصولة بسلسلة عديدة الببتيد، كما أن بعض الحموض الأمينية قد تحتوي الكبريت.

- تتصل الحموض الأمينية بمجموعة متنوعة ومختلفة من التسلسلات.
- ثمة الآلاف من البروتينات المختلفة.

أدوار البروتينات:

- تشكل البروتينات مواد بناء للنمو Growth والمحافظة على البنية العضلية والصيانة Maintenance.
- تدخل في بنية الأنزيمات والهرمونات.
- تلعب دوراً فى تنظيم توازن السوائل Regulation of fluid balance ، و باختلاله تحدث الوذمةEdema .

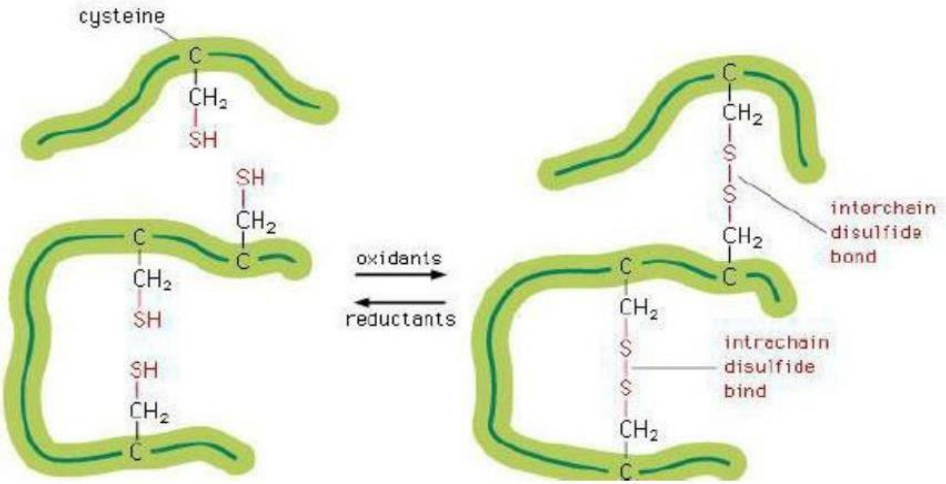


- تلعب دوراً في تنظيم توازن الحمض والأساس،
- واختلاله يسبب حماضاً أو قلاء، حيث هناك دوارئ
- تحافظ على توازن ph الجسم منها دارئة البروتين.
- تلعب دوراً في المناعة Immunity ، في تشكيل الأضداد والمستضداتAntibodies، Antigens.
- تشكل مصدراً للطاقة (كل ١ غ يعطي ٤ كيلو كالوري من الطاقة).
- لها وظائف ناقلة مثل الهيموغلوبين (ينقل الأوكسجين) وقد تدخل في تركيب قنوات النقل الشاردي ، أو دعامية مثل الكولاجين.

وظائف بروتينات الطعام:

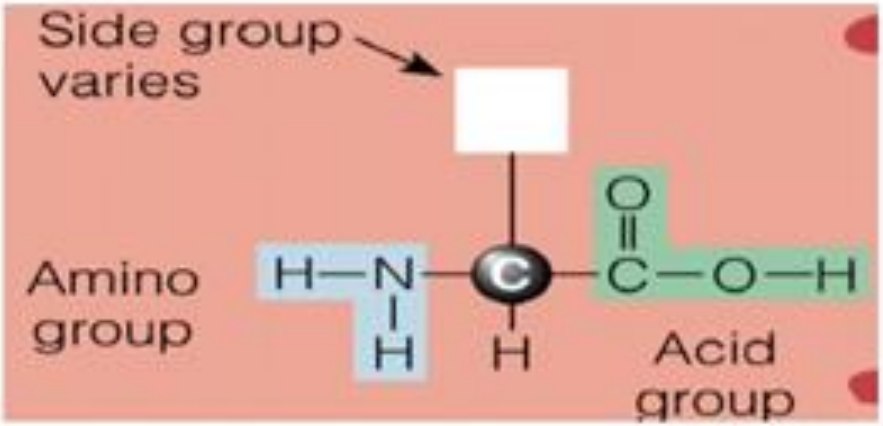
- **ربط الماء Water Binding** ، كالجيلاتين والمواد الصلبة الجافة غير الدسمة في الحليب (تشكل هلامات).
- **الاسمرار غير الانزيمي Browning- non enzymatic** كما في **تفاعلات ميلارد الكيميائية** (السكاكر المرجعة مع الحموض الأمينية التي تنتج عن تفكك البروتينات).
- التحلية Sweetening ، كالأسبارتام aspartame (وهو ثنائي ببتيد).
- تشكيل بنية(قوام) المادة الغذائية Structure ، كالغلوتين (الدابوق) في الخبز حيث
- بوجود الخميرة في العجين تستقلب المواد الغذائية وتنتج غاز CO_2 الذي يُحتَجز في الشبكة البروتينية، مما يعطي الخبز شكله وانتفاخه، حسب نسبة الغلوتين في عجين الخبز فإنه يمكن تحديد جودة تخمّره وإمكانية رقّه.

- لاحظ تسلسل الأحماض الأمينية في غلوتين القمح، ولاحظ الجسور الكبريتية (الروابط ثنائية الكبريت) المتشكلة فيما بينها. هذه الجسور هي المسؤولة عن تشكيل الشبكة التي تحتجز غاز CO_2



بنية الحمض الأميني

❋ يتألف الحمض الأميني من **وظيفة أمينية ووظيفة كربوكسيلية**، بالإضافة إلى مجموعة جانبية يختلف الحمض الأميني باختلافها.



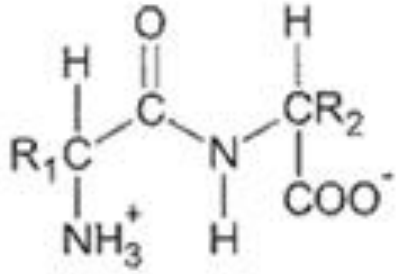
❋ **ويرتبط حمضان أمينيان معاً بالتكثف:**

✓ فإذا ارتبط حمضان أمينيان شكلا ببتيداً ثنائياً Dipeptide.

✓ وإذا ارتبطت ثلاثة حموض أمينية شكلت ببتيداً ثلاثية Tripeptide.

✓ وإذا ارتبطت أربعة إلى تسعة شكّلت قليل ببتيد Oligopeptide.

✓ وإذا ارتبط أكثر من عشرة حموض أمينية شكّلت عديد ببتيد Polypeptide.

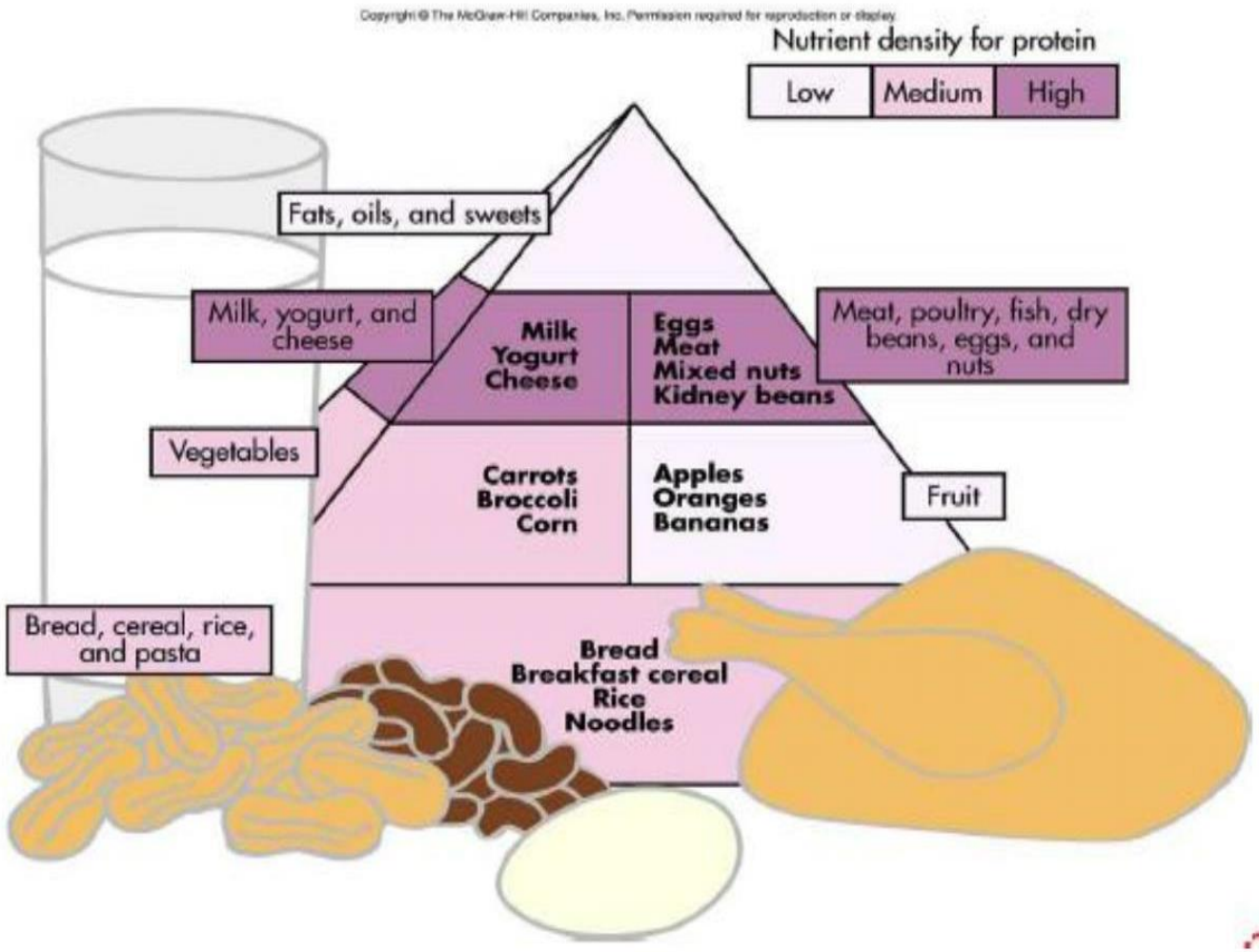


ترتبط الحموض الأمينية مع بعضها **بروابط أميدية** (وتدعى أيضاً الروابط الببتيدية)، فإذا ارتبطت عشرة حموض أمينية أو أقل فإن الناتج يدعى **ببتيداً**، أما إذا كانت أكثر من عشرة فيُدعى **بروتيناً**.

مصادر البروتين في الغذاء:

تكون مصادر البروتين:

❶ نباتية (حبوب، بقول،بعض المكسرات) أو ❷حيوانية (حليب، بيض، جبن، لحم).



الحاجة من البروتينات

يحتاج البالغون **0.8 غ** لكل كغ من وزن الجسم في اليوم، فإذا كان بالغ يزن 70 كغ فهو يحتاج 56 غراماً من البروتين يومياً (ضربنا 70×0.8).

بفرض تجاوزت القيمة ٠.٨ غ في الجسم وين رح يروحو؟؟

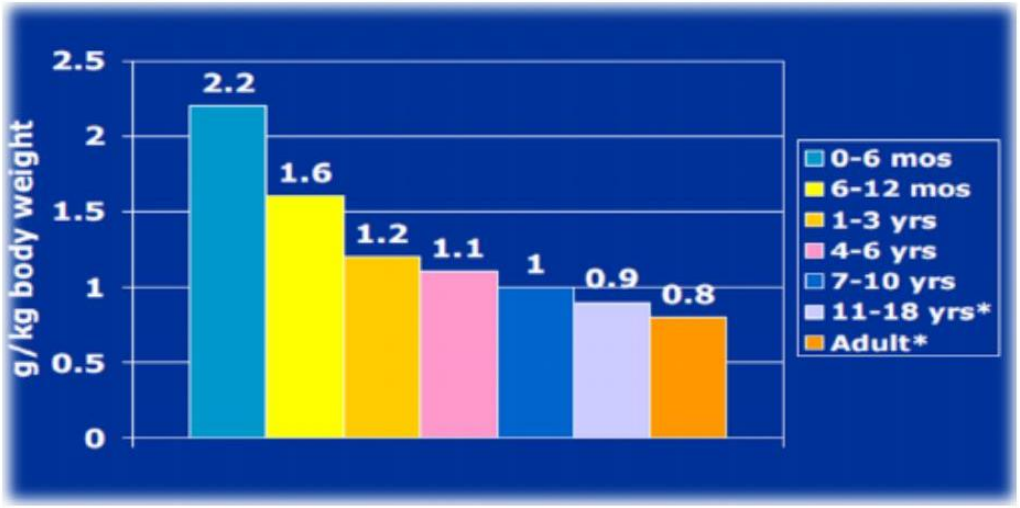
بيتخزنو عشكل دسم اذا لم يترافق مع تمارين رياضية (عند الترافق مع التمارين تتحول لعضلات)

في حال أعطينا الوزن بالباوند في الامتحان وللتحويل من الباوند ←كغ نقسم على 2.2

مثال: شخص وزنه 154باوند نقسم على 2.2 =70

70×0.8=56g

تزداد الحاجة عند الرياضيين Athletes والحوامل، وتزداد أيضاً عند الأطفال لأنهم في طور النمو، فتصبح الحاجة لدى الأطفال 2.2 غ/كغ/يوم.



عوز البروتين

حينما يقتصر الغذاء على مصادر الطاقة فقط كالسكريات والدسم دون احتوائه على البروتين فإن ذلك يؤدي إلى الإصابة **بداء كواشيوركور Kwashiorkor** (احتباس سوائل وحبن) لأن من وظائف البروتين توازن السوائل فإذا اختل البروتين يختل التوازن ويؤدي للحبن الذي ينتج عن التناول غير الكافي للبروتين، **وتتجلّى أعراضه** بالتعب والوذمة (احتباس السوائل) وهُزال العضلات ونقص الكتلة العضلية muscle wasting مع تضخّم الكبد liver enlargement، بالإضافة إلى نقص تصبّغ الجلد.

* أما إذا كانت التغذية سيئة بشكل عام لا تحوي مصادر طاقيّة أخرى (لا سكّريات ولا دسماً ولا بروتيناً) فإننا نكون أمام مرض **يدعى سوء التغذية بالبروتين والطاقة Protein – energy malnutrition (PEM)**، أو ما يعرف بداء السغَل Marasmus (نراه بالمجاعات).

معايرة البروتينات في الغذاء

❖ طالما أن البروتينات تتكون من أحماض أمينية، وطالما أن الحمض الأميني يحوي وظيفة أمينية فإن بالإمكان معايرة البروتينات عن طريق معايرة محتوى النيتروجين فيها.

تتضمن طرق معايرة البروتينات ما يلي:

١ ـ طريقة كليدال Kieldahl's method:

- تعتمد هذه الطريقة على تحرير نيتروجين البروتين، و تحويله إلى أمونيا NH_3 بعملية هضم بحمض الكبريت الكثيف والتسخين وإضافة كبريتات البوتاسيوم K2SO4لرفع درجة الغليان(ترفع الحرارة من 337إلى373) مع وسيط[٣] سيلينيوم أو نحاس بشكل أقراص فوارة لتسهيل عملية الهضم، وفي نفس الوقت يتأكسد الكربون والهيدروجين إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء.

١. وحدة الهضم Digestion

- ✓ نزن المادة الغذائية وتوضع في أنبوب مصنوع من البيركس(أنبوب أو مطرة كيلدال) يتحمل الحرارة ثم نضيف H_2SO_4 الكثيف $+K_2SO_4$+ الوسيط، ثم يوضع في وحدة (وعاء) الهضم (علبة معدنية تضم مكاناً لست أنابيب)، وتوضع الوحدة تحت داخون hood(مخلية للهواء) يسحب الأبخرة المتشكلة لئلا تزعج رائحتها العامل(تنتج أبخرة خطيرة)، في بداية عملية الهضم يكون المحلول أسود عكر وتنتهي عندما يتحول إلى رائق وتستغرق العملية حوالي ساعتين على الأقل،
- ✓ بوجود حمض الكبريت Sulfuric acid H_2SO_4 فإن الأمونيا تلتقط هيدروجيناً ويتحرر النتروجين بشكل كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ -كأنها عملية أكسدة-،بعد الهضم نأخذ الأنبوب ونضعه في جهاز كيلدال،

٢. وحدة التقطير Distillation

- بعد ذلك يضاف هيدروكسيد الصوديوم المركّز Concentrated NaOH إلى محلول كبريتات الأمونيوم وحمض الكبريت، مما يرفع الـ pH محولاً الأمونيوم إلى أمونيا NH_3.
- عند تسخين العينة الحاوية على الأمونيا و هيدروكسيد الصوديوم وكبريتات الصوديوم تنطلق الأمونيا (النشادر) NH_3 بشكل غاز.
- يمكننا تكثيف غاز الأمونيا وإدخاله في فيول يحتوي كمية معلومة ومقاسة تجريبيا من حمض البور Boric acid ومشعراً لقياس الـ pH، تدعى هذه المرحلة **مرحلة التقطير**، وتجري في وحدة التقطير، المشعر المستخدم هو **أحمر الميتيل** (أحمر في الوسط الحمضي و أصفر في القلوي)، فما يحدث أن حمض البور يتحول بوجود النشادر إلى بورات الأمونيوم، ذات الصفة القلوية، فيتحول لون المشعر من أحمر إلى أصفر .

٣. وحدة المعايرة Titration

في مرحلة المعايرة: تتم معايرة بورات الأمونيوم حتى نقطة نهاية المعايرة باستخدام حمض كلور الماء، ويجب أن نكون على علم بنظامية normality حمض كلور الماء المستخدم ج حيث يزيح حمض كلور الماء HCl (حمض قوي) حمض البور (حمض ضعيف) من ملحه (بورات الأمونيوم) فيتحرر حمض البور ويرجع الوسط حمضياً، فيعود اللون أحمر لمشعر أحمر الميتيل وهي نقطة نهاية المعايرة.

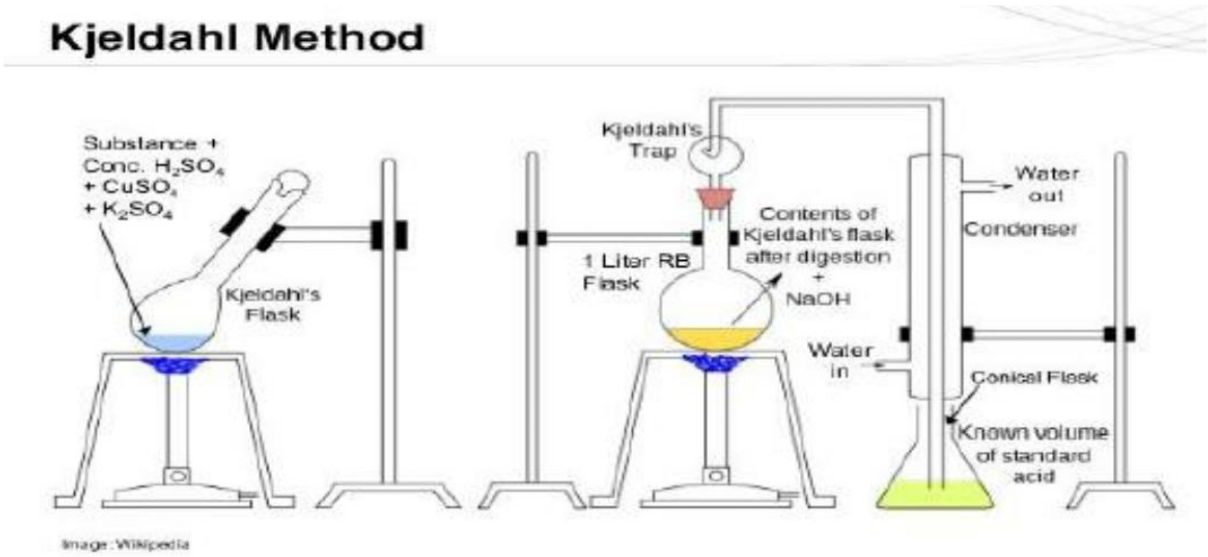
- فإذاً تتضمن طريقة كليدال:

أ ـ الهضم بالحمض Digestion with acid والتحفيز Catalysis: نحصل منه على كبريتات الأمونيوم.

ب ـ التقطير بالبخار والقلوي Distillation with steam and alkalil: تتشكل البورات.

جـ المعايرة بالحمض والمشعرات Titration with acid and indicators:

بورات+HCL←حمض بور من جديد.



تفاعلات طريقة كيلدال:

$$\text{Protein} + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)SO_4 \quad \text{(Digestion)}$$

$$NH^+_4 + NaOH \rightarrow \text{steam \& heat} \rightarrow NH_3 \uparrow + H_2O \quad \text{(Distillation)}$$

$$NH_3(1) + H_3BO_3 \rightarrow NH_4^+ + H_2BO_3^- \quad \text{(trapped)}$$

$$H_2BO^-_3 + HCl \rightarrow H_3BO_3 \quad \text{(Titration)}$$

محاسن طريقة كيلدال:

- قابلة للتطبيق في معظم عينات الطعام، فجميع مخابر التغذية والتموين والصحة تستخدمها.

- بسيطة.
- غير مكلفة.
- مقبولة كطريقة رسمية.
- يمكن أن تقيس ميليغرامات البروتين.

مساوى طريقة كيلدال:

- تقيس إجمالي النيتروجين لا البروتين (ويمكن للنيتروجين ألا يكون قادماً من البروتين، التيامين والكلوروفيل مثلاً يحتويان على نيتروجين).
- مستهلكة للوقت، إذ تحتاج ساعتين على الأقل.
- دقّتها ضعيفة إذا ما قورنت بطرق أخرى.
- طريقة أكالة Corrosive (خطيرة) حيث يجب استخدام المخلية لخروج غازات سامة أحياناً.

٢ . طريقة نسلر Nessler method:

- تعتمد أيضا على معايرة النتروجين في العينة ولكن بدلاً من المعايرة بالحمض، فإن الأمونيا أو النيتروجين يمكن أن يحددا كمّياً باستخدام كاشف نسلر (رابع يود الزئبق والبوتاس) في وسط قلوي، وينتج معقد ذو لون برتقالي عند إضافته، ويمكن أن يقاس التركيز عند طول موجة λ = 380 nm بالسبيكتروفوتوميتر:

$$NH_4OH + 2HgI_2 + 2KI + 3KOH \rightarrow NH_4Hg_2I + 7KI + 4H_2O$$

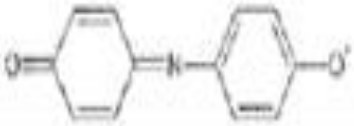
- حيث كاسف نسلر هو NH_4HgI_2 يود ثنائي زئبق الأمونيوم،
- لا تستخدم كثيراً وهي أيضاً تعتمد على النتروجين

٣ . طريقة القطب النوعي Specific electrode method:

- لمعايرة شوارد الهيدروجين نستخدم قطب هيدروجين وهو غشاء نصف نفوذ داخله توجد شوارد الهيدروجين، ولمعايرة شوارد الفلور نستخدم قطب فلور، **ولمعايرة شوارد الأمونيوم** نستخدم قطب أمونيوم ذا غشاء شفّاف نفوذ يحوي في داخله محلولاً معلوم التركيز من شوارد الأمونيوم، وعند وضعه ضمن محلول للأمونيوم يحدث عبور لهذه الشوارد فينشأ اختلاف في فرق الكمون يمكن قياسه يتناسب مع تركيز النتروجين في العينة ، **وهذا ما يدعى طريقة القطب النوعي.**

٤ . تفاعل بيرتلو Berthelot reaction:

تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الأمونيا مع هيبوكلوريت الفينول لإعطاء معقّد الإندوفينول ذي اللون الأزرق، الذي يقاس عند طول موجة تساوي λ = 630 nm، أو تمكن معايرته حجمياً.

$$NH_3 + 3OCl^- + OH^- + 2C_6H_5OH \rightarrow 3Cl^- + \text{  }$$

ملاحظات:

- طريقتا نسلر وبيرتلو طريقتان لونيتان.
- إن الطرق الأربعة السابقة تعتمد على معايرة النيتروجين، وجميعها تحتاج في البداية إلى عملية هضم للحصول على الأمونيوم. ونضرب النتيجة (التركيز)دائماً بعامل التصحيح.
- أكثر الطرائق استخداما هي طريقة كلدال.

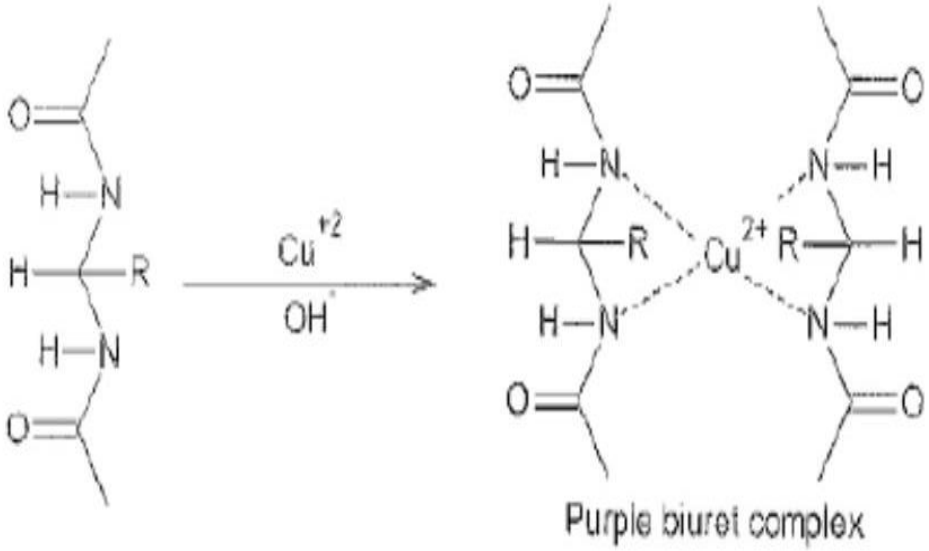
تقتصر الطرق السابقة على **معايرة النيتروجين**، لكن ثمّة طرقاً لمعايرة البروتين بحد ذاته (فلا حاجة هنا لتحرير النيتروجين)، وهي:

٥ ـ طريقة بيوريت Biuret method (أو طريقة البولة المضاعفة): سؤال امتحان!!

يقوم مبدأ طريقة بيوريت على أن شوارد النحاس Cu^{++} (من كبريتات النحاس) يشكل في محلول قلوي (طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم + قلوي) مقعد مع الروابط الببتيدية يعطي لوناً بنفسجياً ورديا Pinkish – purple

لا حاجة هنا لعامل تصحيح.

يوضح الشكل تفاعل بيوريت:



Purple biuret complex

٦ ـ طريقة لوري Lowry method:

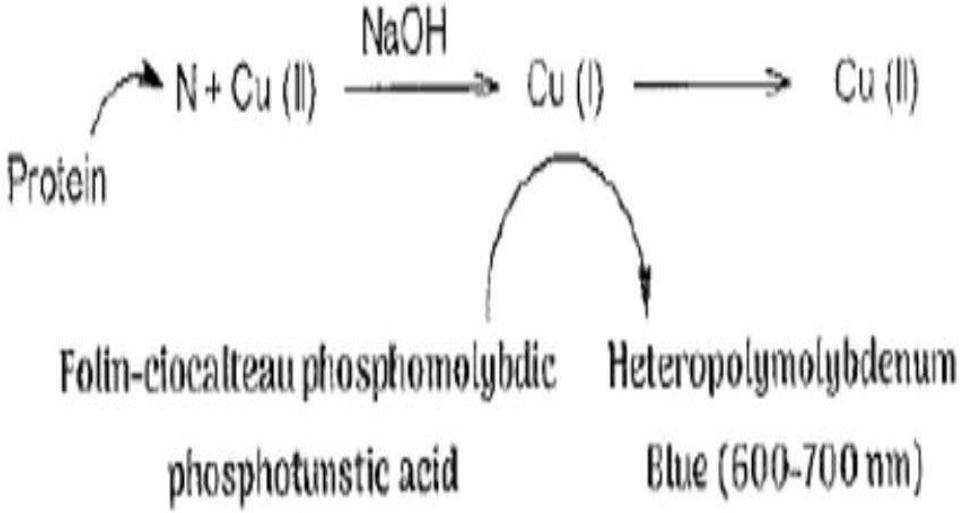
طريقة لوري: هي طريقة لونية colorimetric تعتمد على تشكيل لون أزرق.

- إن بعض الحموض الأمينية الفينولية كالتيروزين و/أو التربتوفان في بروتين ما ترجع كاشف حمض الفوسفوموليبديك مع حمض الفوسفوتنغستيك (ويدعى كاشف الفولين[٤] – سيوكالتو Folin Ciocalteu reagent).
- تم ربط هذه الطريقة مع طريقة بيوريت، فإذا تم وضع كبريتات النحاس مع طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم في محلول قلوي (كاشف بيوريت) فإن ذلك يؤدي إلى تحوّل النحاس Cu(II) إلى نحاسي، وتقوم عندئذ شوارد النحاسي Cu(I) بإرجاع كاشف الفولين إلى معقّد ملوّن بلون أزرق، تُحدّد قيم الامتصاص Absorbance على مقياس الطيف الضوئي spectrophotometer عند طول موجة λ = 750 nm.

إن ربط طريقة لوري مع طريقة بيوريت أعطى حساسية أكبر، فيمكن بهذه الطريقة تحديد بروتينات العينة حتى 0.2 مكغ.

تستخدم هذه طريقة لمعايرة البروتين في المخابر الحيوية، فهي أكثر الطرائق حساسية.

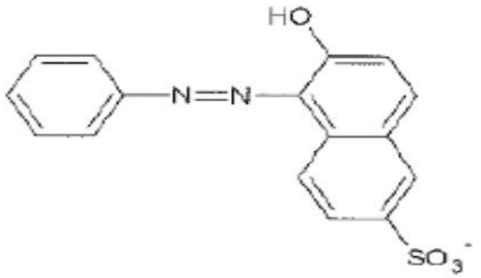
فإذاً، يقوم مبدأ الطريقة على تفاعل نيتروجين الببتيدات مع شوارد النحاس الثنائي تحت ظروف قلوية،



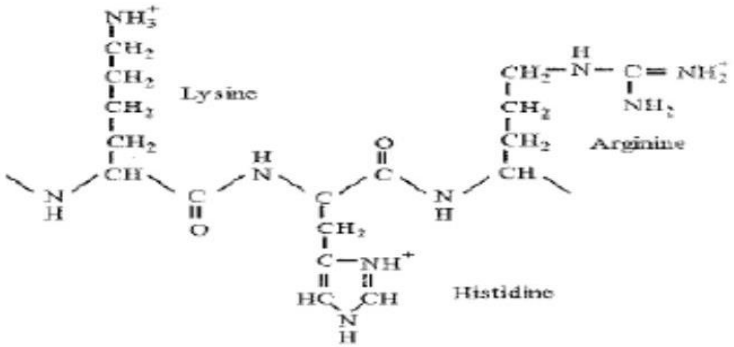
توضيح للتفاعل: يتحول النحاس إلى نحاسي ويؤثر على الفولين أو نقول أن البروتين تفاعل مع النحاسي وشكل معقد يتفاعل مع الفولين ويرجعه ويعطي اللون الأزرق.

٧ ـ طريقة ضم الصباغ Dye binding method:

يقوم مبدأ هذه الطريقة على أنّه وفي pH منخفضة (بوقاء يعطي pH=2)، فإن المجموعات الأساسية (الأمينية) للبروتين تكتسب شحنة موجبة لترتبط بشكل كمي بالصباغ المشحون بشحنة سالبة، وهو صباغ الأسيد أورانج 12 (Acid Orange 12) ذو اللون البرتقالي، وعند الارتباط فإن الصباغ يفقد لونه، وبالتالي كلما كان اللون أقل شدة كان تركيز البروتين أكبر.



إن الهيستيدين والأرجينين والليزين هي الحموض الأمينية التي تكتسب **شحنة موجبة** في pH منخفضة:



يمكن استعمال أزرق الكوماسي اللماع Coomassie brilliant Blue بدلاً من الأسيد أورانج 12، وتدعى الطريقة حينئذ معايرة براد فورد Bradford assay. يرتبط أزرق الكوماسي إلى حموض أمينية محددة وإلى البنى الثالثية في البروتينات، وعندها يتحول اللون من بني محمر إلى أزرق.

جودة البروتين:

❖ لا تمتلك جميع البروتينات نفس الجودة، ويتم تحديد جودة بروتين ما بحسب الحموضة الأمينية الموجودة فيه، فكلما احتوى البروتين حموضاً أمينية أساسية أكثر كان أكثر جودة.

ندعو الحموض الأمينية الناقصة من غذاء ما بالحموض الأمينية المحدودة Limited amino acids

كما نعلم يوجد نوعين من البروتينات :

- **البروتينات الحيوانية:** ذات جودة عالية فهي **لا** تفتقر إلى أي حمض أميني.
- **البروتينات النباتية:** ذات جودة منخفضة أو بروتينات غير كاملة، أي إنها تحتوي حموضاً أمينية محدودة، ونذكر الحبوب والبقول كمثال توضيحي:

طرق تحديد جودة البروتين METHODS FOR EVALUATING PROTEIN QUALITY

القيمة الحيوية BV	قابلية الهضم TD	الحرز الكيميائي CS
صافي استخدام البروتين NPU	نسبة كفاءة البروتين PER	حرز الحموض الأمينية AAS

قابلية هضم البروتين True Protein digestibility (TD)

من أبسط الطرق لتحديد جودة البروتين ، فكلّما كانت قابلية هضم البروتين أكبر كان أكثر جودة.

العوامل المؤثرة على قابلية البروتين للهضم :

- هيئة البروتين Protein conformation: تتواجد الحموض الأمينية بشكلين فراغيين ميمن D وميسر L وفي الغذاء تكون من الشكل الميسر غالبا.
- حجم جزيئة البروتين ومساحة سطحها Size and surface of the protein particle.
- عمليات المعالجة: فسلق البيض يسهل هضم البروتين نتيجة لتمسخه، وسحق الحبوب يجعل سطح التماس أوسع ويسهّل عملية الهضم.
- العوامل المضادة للتغذية Ant nutritional factors، فمثلاً: تحتوي بعض أنواع البقوليات مثبطات للتربسين Trypsin inhibitor: التي تثبط التربسين والكيموتربسين (أنزيمات هاضمة للبروتينات) فيتوقف هضم البروتين ⇦ تقل قابلة الهضم ⇦ تنخفض جودة البروتين، ويتم التخلص من مثبطات التربسين بطبخ البقول.

❖ البروتين المرتبط إلى المعادن أو الليبيدات أو الحموض النووية(نيكلوبروتين) أو السيللوز أو عديدات السكريد الأخرى(غليكوبروتين) يمكن أن محدود قابلية الهضم جزئياً، كما أن تناول بعض الألياف مع البروتينات يمكن أن يشكّل معقدات معها، فالتانينات في الشاي يمكن أن تشكل أيضاً معقدات مع البروتين فتحدّ من هضمها وامتصاصها.

- تُحسب قابلية الهضم الحقيقية True Digestibility (TD) وفق العلاقة الآتية:

$$\text{true digestibility} = \frac{N_{absorbed}}{N_{intake}} \times 100$$

حيث:

- $N_{absorbed}$ تشير إلى البروتين الممتص من الأمعاء .
- N_{intake} تشير إلى البروتين المتناول.

حيث **البروتين الممتص** = كمية البروتين المتناول in take - كمية البروتين المطروحة في البراز eliminated ، وبالتالي:

$$\text{true digestibility} = \frac{N_{intake} - N_{eliminated}}{N_{intake}} \times 100$$

القيمة الحيوية Biological value (BV)

- لكن تبين أن الكلام السابق غير دقيق تماماً، إذ إن امتصاص الأمعاء لا يعبّر عن استهلاك البروتين، فقد تمتص الأمعاء بشراهة مقداراً كبيراً من البروتين لكن لا يشترط أن يستخدمها الجسم كلها، فتطرح ما لم تستهلكه على شكل نيتروجين في البول، لذلك تم الاتفاق على مصطلح البروتين **المحتبس retained**، أي ما استفاد منه الجسم، وهو يساوي المتناول مطروحاً منه مجموع المطروح في البراز (الذي لم يمتص) مع المطروح في البول (الذي امتص لكن لم تكن ثمة حاجة إليه):

المحتبس = المتناول ـ (المطروح في البراز + المطروح في البول)

❖ و باستخدام المحتبس من البروتين أمكن حساب القيمة الحيوية BV التي يعطيها هذا البروتين للجسم وهي تساوي المحتبس مقسوماً على الممتص:

$$BV = \frac{N_{retained}}{N_{absorbed}} \times 100$$

صافي استخدام البروتين Net protein utilization (NPU)

طريقة حساب تستند على المشاركة بين القيمة الحيوية وقابلية هضم بروتين الطعام، ويساوي TD مضروباً بـ BV أي المحتبس مقسوماً على المتناول:

$$NPU = TD \times BV \times 100 = \frac{N_{absorbed}}{N_{aintake}} \times \frac{N_{aretained}}{N_{absorbed}} \times 100 = \frac{N_{retained}}{N_{intake}} \times 100$$

- لو فرضنا تناولنا 100g بروتين عندها كمية امتصاص أكبر تعني هضم أكبر وكل ما امتص سوف يطرح بالبراز
- وكلما كانت القيم TB أو BV أو NPU أعلى كانت جودة البروتين أعلى.

نسبة كفاءة البروتين Protein efficiency ratio (PER)

- بما أن أكثر استخدام البروتين في الجسم هو بهدف البناء فلذلك تمّت الاستعانة بحيوانات التجربة لتحديد جودة البروتين بدقة وكانت خطة العمل كالآتي:
- قُسّمت 10فئران إلى مجموعتين الأولى مجموعة شاهدة وتسمى **مجموعة الحمية diet group** أُعطيت غذاء **لا يحتوي على بروتين اطلاقاً**، و أُعطيت الثانية **مجموعة الاختبار test group** غذاء يحوي **البروتين المراد فحصه** لمدة شهر و بانتهاء فترة الاختبار يفترض أن ينخفض وزن المجموعة التي لم تُعط البروتين، وأن يزداد وزن التي أُعطيت إيّاه بحسب جودة البروتين،

- ونقول أن نسبة كفاءة البروتين في النمو تعتمد على الوزن المكتسب في الفئران النامية مقسوماً على متناولها من بروتين طعام معيّن خلال فترة الاختبار، ويُحسب بتقسيم مجموع **القيمة المطلقة** للوزن المكتسب من قبل مجموعة الاختبار التي أعطيت البروتين والوزن المفقود من قبل مجموعة الحمية الأساسية (المجموعة الشاهدة التي لم تعط البروتين) على المتناول من البروتين:

$$PER = \frac{\text{wt gain test group} + \text{wt loss of basal diet group}}{\text{protein intake}}$$

فإذا اكتسبت مجموعة الاختبار 5 غرامات من الوزن، وفقدت المجموعة الشاهدة 10 غرامات من الوزن، فإن بسط العلاقة السابقة يساوي 15=|10-|+5،

كلما كانت PER أعلى (ازداد وزن المجموعة الأولى ونقص وزن الأخرى) كان البروتين أجود

الحَرَز الكيميائي Chemical score

- طريقة أخرى تستخدم لتقييم جودة البروتين ، ويساوي النسبة المئوية لكمية الحموض الأمينية المحدودة في البروتين المختبر test protein مقسومة على كمية الحموض الأمينية المحدودة في البروتين المعياري reference protein (وغالباً ما يكون البروتين المعياري هو الكازئين أو بروتين البيض لأنه من أجود أنواع البروتينات)

مثلاً: البقول ينقصها الميتونين (يوجد بكمية محدودة) فنحسب كم غرام موجود منه في وزن معين من العينة المأخوذة وليكن x وننسبه إلى كمية هذا الحمض في بروتين البيض الموجود في وزن x من البيض .

$$\text{Chemical score} = \frac{\text{of limited amino acid in test protein}}{\text{g of limited amino acid in referance protein}} \times 100$$

مثال أخر حسابي: بروتين قمح ينقصه الليزين ويحتوي البيض من الليزين 72g/kg أما القمح فيحوي 27g/kg فتكون

$$\text{Chemical score} = \frac{27}{72} \times 100 = 0.375 \times 100 = 37.5$$

حرز الحموض الأمينية (AAS)

- أو قابلية هضم البروتين المصححة بحَرَز الحموض الأمينية
- Protein digestibility corrected amino acid score (PDCAAS) وهي طريقة جديدة ومن المحتمل أنها أكثر دقة لتقييم جودة بروتينات الطعام.
- وتستند على محتوى بروتين الطعام من الحموض الأمينية وقابلية هضمها الحقيقية وقدرتها على الإمداد بالحموض الأمينية التي لا غنى عنها بكميات كافية لاستيفاء احتياجات الجسم من الحموض الأمينية.
- إن AAS يساوي نسبة الحموض الأمينية في البروتين المختبر على حاجة الجسم السليم اليومية من هذه الحموض الأمينية :

$$AAS = \frac{\%\ \text{amino acid in test protein}}{\%\ \text{correspondy amino acid requirment}}$$

- فلحساب AAS للميتيونين في فول الصويا مثلاً، فإننا نحسب النسبة المئوية للميتيونين في فول الصويا وننسبه إلى الحاجة اليومية للجسم من الميتيونين