



## البروتينات

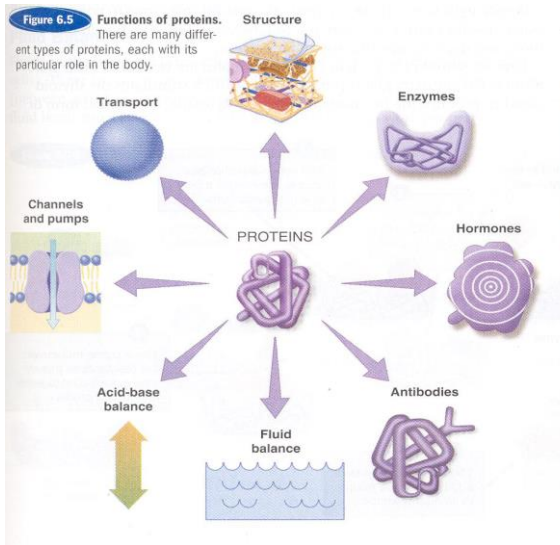
- البروتينات: هي مركّبات مؤلّفة من ذرات C و H و O و N مرتبة في حموض أمينية (AA) وموصولة بسلسلة عديدة الببتيد، كما أن بعض الحموض الأمينية قد تحتوي الكبريت.
- تتصل الحموض الأمينية بمجموعة متنوعة ومختلفة من التسلسلات.
  - ثمة الآلاف من البروتينات المختلفة.

## أدوار البروتينات:

تشكل البروتينات مواد بناء للنمو Growth والمحافظة على البنية العضلية والصيانة Maintenance.

تدخل في بنية الأنزيمات والهرمونات.

تلعب دوراً في تنظيم توازن السوائل Regulation of fluid balance ، و باختلاله تحدث الوذمة Edema .

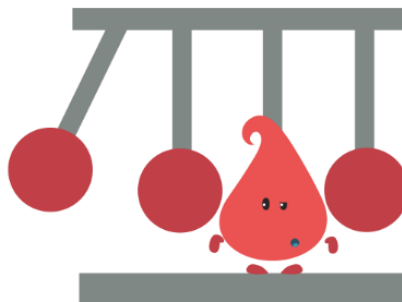


تلعب دوراً في تنظيم توازن الحمض والأساس، واختلاله يسبب حماضاً أو قلاء، حيث هناك دوائى تحافظ على توازن pH الجسم منها دائرة البروتين.

تلعب دوراً في المناعة Immunity ، في تشكيل الأضداد والمستضدات Antigens, Antibodies.

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 الإنزيمي Browning- non enzymatic كما في تفاعلات ميلارد الكيميائية (الساكرات المرجعة مع الحموض الأمينية التي تنتج عن تفكك البروتينات).

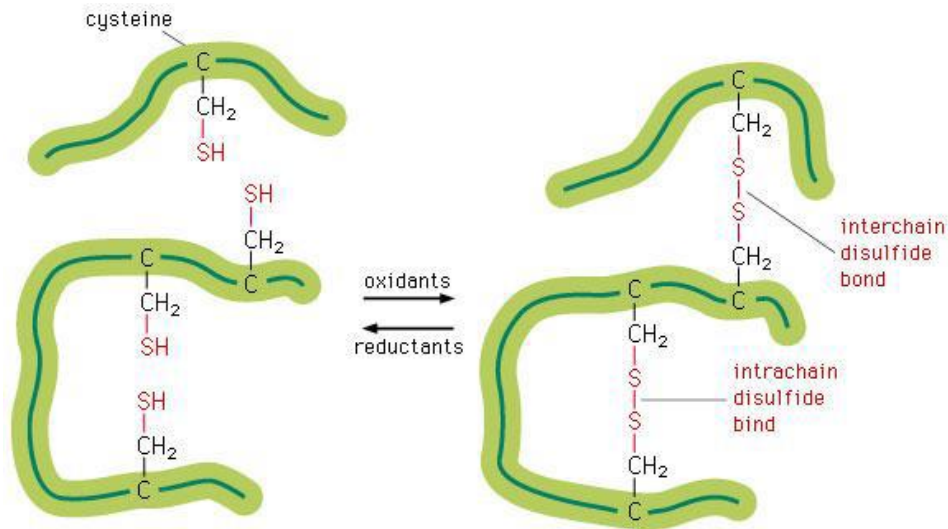
التحلية Sweetening ، كالأسبارتام aspartame (وهو ثنائي ببتيد).

تشكيل بنية (قوام) المادة الغذائية Structure ، كالغلوتين (الدابوق) في الخبز حيث

بوجود الخميرة في العجين تستقلب المواد الغذائية وتنتج غاز  $CO_2$  الذي يُحتَجَز في الشبكة البروتينية، مما يعطي الخبز شكله وانتفاخه، حسب نسبة الغلوتين في عجين الخبز فإنه يمكن تحديد جودة تخمره وإمكانية رقه.

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

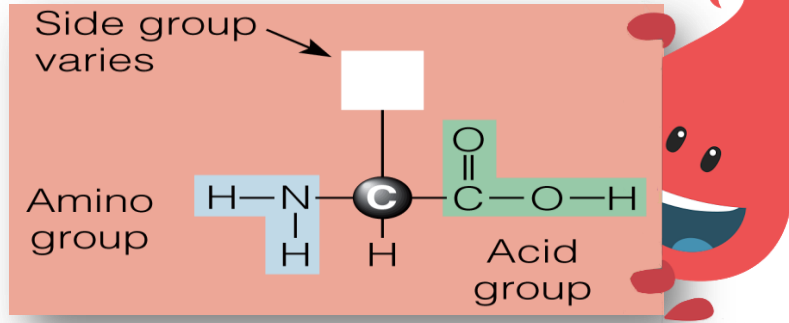
$CO_2$





## 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 شكلاً ببتيداً ثنائياً Dipeptide.

✓ وإذا ارتبطت ثلاثة حموض أمينية شكلت ببتيداً ثلاثياً

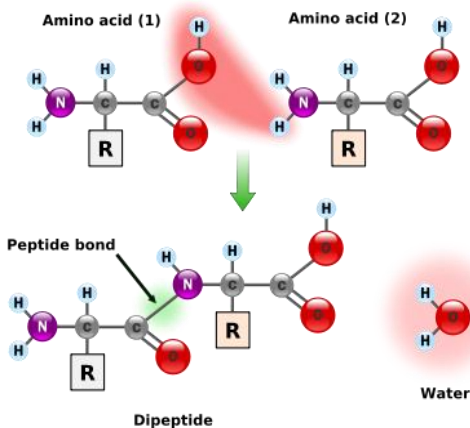
.Tripeptide

✓ وإذا ارتبطت أربعة إلى تسعة شكلت قليل ببتيد

.Oligopeptide

✓ وإذا ارتبط أكثر من عشرة حموض أمينية شكلت 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:



كيف تتشكل الروابط الببتيدية؟

■ تتحد الوظيفة الحمضية من الحمض الأميني الأول مع الوظيفة الأمينية من الحمض الأميني الثاني فتنتج جزيئة ماء ويتشكل الرابط الببتيدي وتتشكل سلسلة عديد الببتيد عبر تعاقب الحموض الأمينية.

## بنية البروتين

١) يبدو البروتين متألّفاً من سلسلة من الأحماض الأمينية كما في الشكل تدعى بنية البروتين

الموضحة في الشكل البنية الأولية Primary structure (تسلسل

من الأحماض الأمينية فقط)، إذ أنها لا تشكل المظهر النهائي

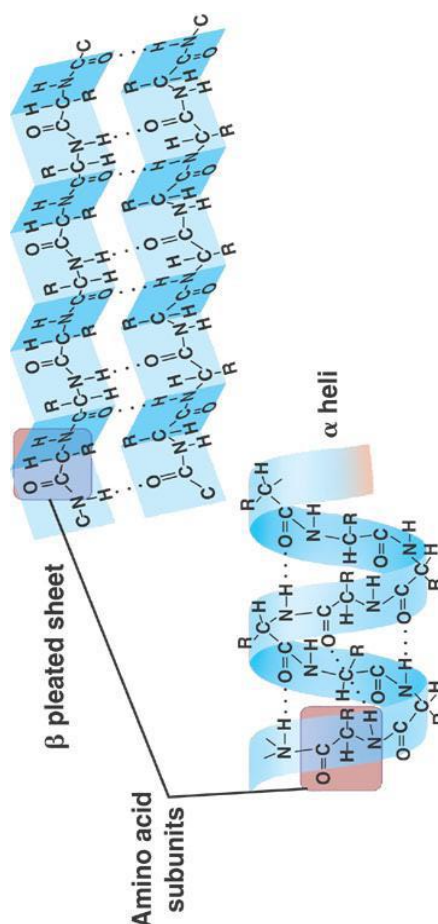
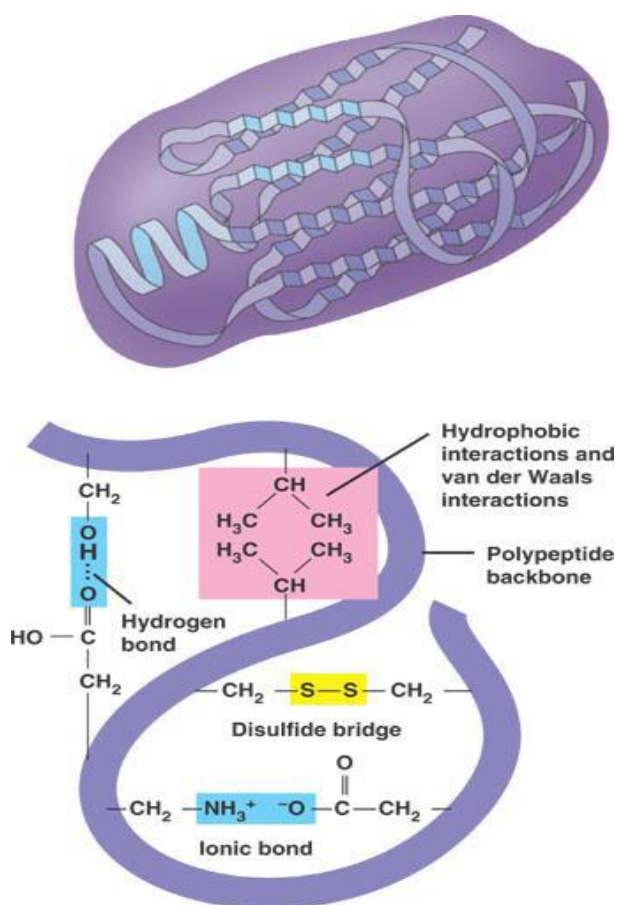
للبروتين، بل تخضع لعدد من عمليات التطوي Folding لتحصل على

شكلها النهائي.

الرابطه في النية الأولى هي الرابطه البتيدية، وهي رابطه قوية.

٢) حينما تخضع البنية الأولية للتطوي فإنها تعطي إحدى البنيتين  
الثانويتين Secondary structure، الحلزون ألفا ( $\alpha$  - helix) أو  
 الصفائف بيتا ( $\beta$  - sheets)، والسبب في هذه البنى هي روابط  
هيدروجينية أو روابط فاندر فالس

ويبين الشكل التالي الحزبون ألفا والصحائف بيتا،\* يلي بتشبه مروحة الطفولة\* وتمثل الخطوط المنقطعة الروابط الهيدروجينية:







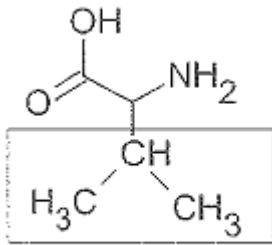
(٣) لا تبقى سلسلة البروتين في إحدى الشكليات السابقتين أيضاً، بل تخضع للمزيد من التطوي لتعطي **البنية الثالثة Tertiary structure**، وتساهم في تشكيلها عدة روابط:

➡ **الرابطة الهيدروجينية ضمن السلسلة.**

➡ **الرابطة الشاردية Ionic bond:** فحينما يمتلك حمض أميني وظيفة أمينية إضافية مثل اللايزين فإنها تكون قابلة لأن تكسب شحنة إيجابية ( $\text{NH}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3^+$ )، وحينما يمتلك حمض أميني وظيفة كربوكسيلية إضافية مثل الحمض الأميني أسبارتيك أسيد فإنها تكون قابلة لأن تكسب شحنة سلبية ( $\text{COOH} \rightleftharpoons \text{COO}^-$ )، وحينما تلتقي هاتان الشحنتان ضمن سلسلة الحمض الأميني فإنهما تشكلان رابطة شاردية.

➡ **الجسور ثنائية الكبريت Disulfide bridge** (كما بين السيستئين والسيستئين (S-S) التي

تسهم كذلك في هذه البنية.



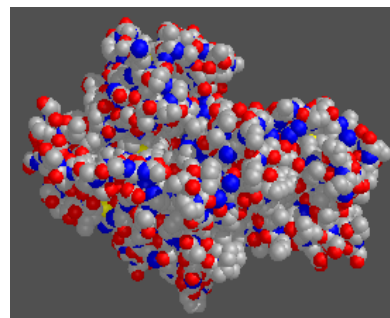
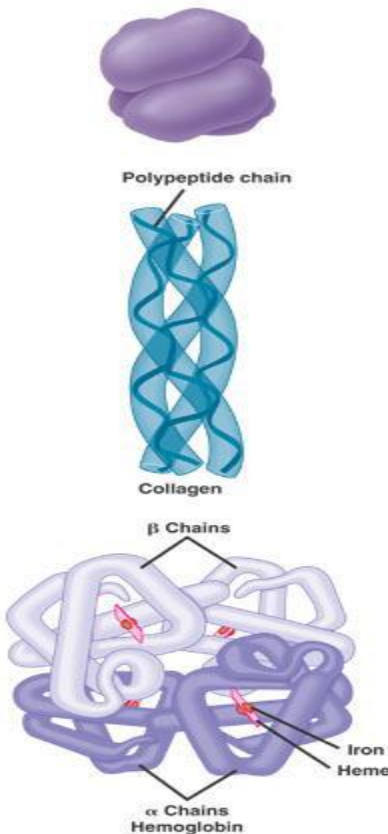
Valine (Val)

➡ **التداخلات الكارهة للماء Hydrophobic interactions**

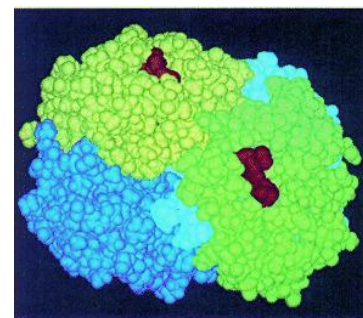
، فالفالين (كما في الشكل) يمتلك جزءاً غير قطبي كارهاً للماء، فإذا التقى مع فالين آخر فإن الجزأين الكارهين للماء يشكلان تداخلاً كارهاً للماء يسهم في إعطاء البنية الثالثة.

(٤) لا يبقى البروتين أيضاً ببنيته الثالثة، فنتجمع عدة بنى مع بعضها (البنى الثالثة معاً أو البنى الثالثة مع الثانوية مع الأولية) لتشكل **بنية رابعة Quaternary structure**، والبنية الرابعة تكون بأخفض وضع من الطاقة كي تثبت بنية البروتين .

**يبين الشكل الأيسر الذي يمثل الهيموغلوبين والذي يعتبر مثالا لبنية رابعة:**



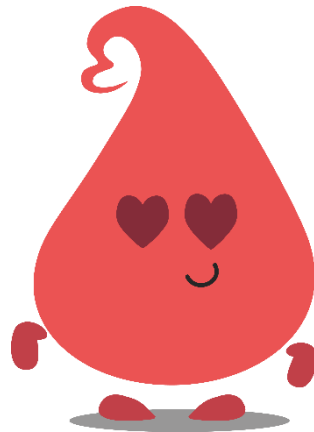
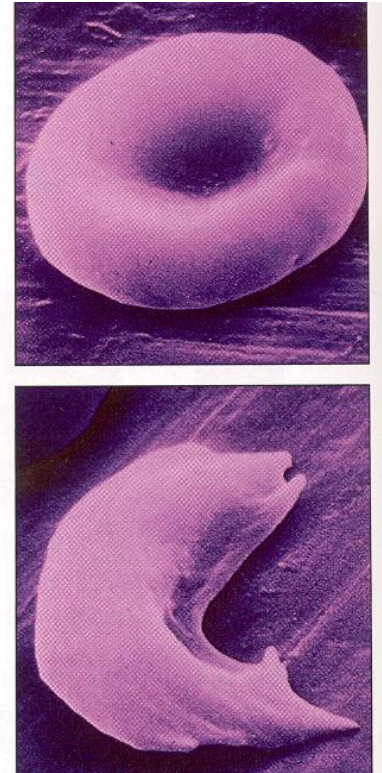
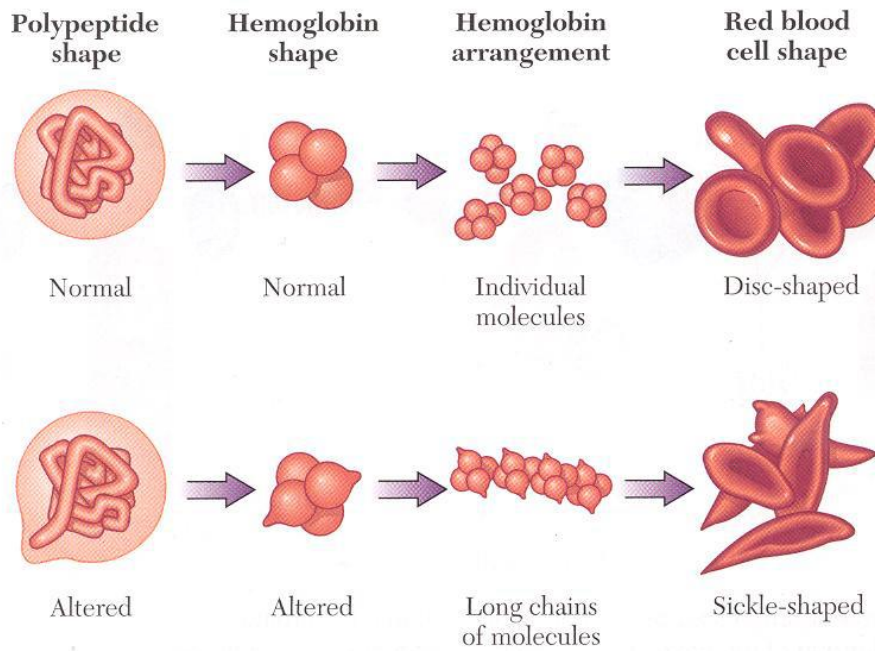
الهكسوكيناز



الهيموغلوبين

أقوى الروابط السابقة هي الرابطة الببتيدية وبالتالي فإن البنية الأولية هي البنية الأقوى

- ويجب أن نعلم أن تسلسل الحموض الأمينية لا يكون عشوائياً كيفما اتفق، بل مضبوطاً بدقة جينية، وإن أي اختلاف في أي حمض أميني يعطي بروتيناً طافراً.
- كمرض فقر الدم المنجلي حيث سبب تغيير حمض أميني واحد في بنية الهيموغلوبين تغييراً في شكل الجزيء البروتيني ووظيفته، فأصبح شكل كريات الدم الحمراء منفثلاً .distorted





## تصنيف الحموض الأمينية

### التصنيف حسب حاجة الجسم لها:

يمكن أن تصنّف الحموض الأمينية في بروتينات الغذاء إلى:

- A. أساسية Essential: (لا يمكن الاستغناء عنها indispensable)، حيث لا يمكن اصطناعها الجسم ، لذا يجب الحصول عليه من الغذاء.
- B. غير أساسية Non – essential: (يمكن الاستغناء عنها dispensable) إذ يمكن أن تُصنع في الجسم.
- C. أساسية شرطية Conditionally essential: (لا يمكن الاستغناء عنها)، أي إنها غير أساسية لكنها تصبح كذلك في شروط محددة،

❖ يعتبر الفينيل ألانين حمض أميني أساسي لا يمكن للجسم اصطناعه ويجب الحصول عليه من الغذاء، وهو يتحول بإنزيم الفينيل ألانين هيدروكسيلاز إلى تيروزين، لذا يعتبر التيروسين غير أساسي لأن للجسم القدرة على اصطناعه، ولكن في حالة مرض بيلة الفينيل كيتون phenylketonuria (PKU) الذي يتميز بعوز الإنزيم السابق فإن الجسم يغدو غير قادر على تصنيع التيروسين في هذه الحالة يتراكم الفينيل ألانين بالجسم و يعمل أنزيم الترانس أميناز على تحويله إلى الفينيل بيروفات الذي يطرح عبر البول مسبباً PKU (بيلة الفينيل كيتون)،

وبالتالي فإن التيروسين يعتبر في هذه الحالة أساسي شرطي لاستعصاء تصنيعه داخل الجسم.





## فكرة يجب أن نعلم بها!!!

يتحول التيروسين في الجسم إلى التيروسكسين والدوبامين والميلانين وبالتالي فإن عوزه يسبب نقص التصبغ (بسبب نقص الميلانين)، وقصور النمو (بسبب نقص التيروسكسين) مترافقة مع تراكم الفينيل ألانين الذي يعطي رائحة الفينيل كيتون في البول، وإذا استمر هذا التراكم فإنه ينتهي بالتخلف العقلي.

الحمية الخالية من الفينيل ألانين هي العلاج المناسب لهذا المرض، وهي حمية صعبة جداً ولا يوجد تقريباً غذاء إلا ويحوي فينيل ألانين لذلك في حالة الحمية لا يجب أن يزيد معدل الفينيل ألانين عن ٦ ملغ/دل، فيجب دائماً معايرة الفينيل ألانين بالدم، لكن ظهر مؤخراً دواء يعطى ليحل محل الإنزيم المعوز يدعى السابروبتيرين (كوفان تجارياً Kuvan) يقوم بتحويل الفينيل ألانين إلى تيروزين.

- ❖ **الميتيونين** وهو حمض أميني أساسي ضروري لاصطناع السيستئين (غير أساسي لإمكانية تصنيعه بالجسم)، بعض الأغذية تفتقر للميتيونين مثل البقوليات ➡ فإذا كان غذاؤنا معتمد على البقوليات فقط ➡ حيث نقص الميتيونين يؤدي لنقص السيستئين ➡ فأصبح السيستئين **أساسي شرطي**.
- ❖ **الهستيدين** أساسي شرطي لأنه أساسي عند الأطفال فقط إذ يمكن للبالغين تصنيعه.

إذا الحمض الأميني الأساسي الشرطي: سيستئين، تيروزين، هيسستدين.





يبين هذا الجدول تصنيف الحموض الأمينية حسب احتياج الجسم لها:

حموض أمينية أساسية Essential AA	حموض أمينية غير أساسية Nonessential AA
Histidine (اساسي شرطي)	Alanine
Isoleucine	Arginine
Leucine	Asparagine
Lysine	Aspartic Acid
Methionine	Cysteine (اساسي شرطي)
Phenylalanine	Glutamic acid
Threonine	Glutamine
Tryptophan	Glycine
Valine	Proline
	Serine
	Tyrosine (اساسي شرطي)

### تصنيف الحموض الأمينية حسب المجموعة الوظيفية الجانبية side group :

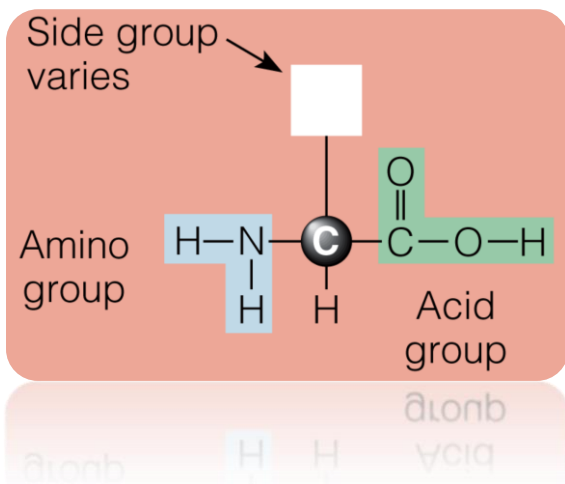
١ - ذات السلاسل الجانبية الأليفاتية غير القطبية :

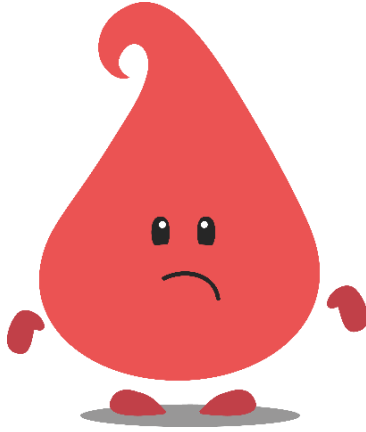
- الألانين.
- اللوسين.
- الميثيونين.
- الغليسين.
- الإيزولويسين.
- الفالين.

٢ - ذات السلاسل الجانبية الأليفاتية القطبية غير

المشحونة (المحبة للماء):

- الأسبارجين.
- الغلوتامين.
- السيرين.
- السيستئين\*.
- البرولين.
- التريونين.





٣ - ذات السلاسل الجانبية المشحونة إيجاباً \*\*:

- الأسبارجين.
- الهيستيدين.
- الليزين.

٤ - ذات السلاسل الجانبية المشحونة سلباً \*\*:

- حمض الأسبارتيك.
- حمض الغلوتاميك.

٥ - ذات السلاسل الجانبية العطرية:

- الفينيل ألانين.
- التربتوفان.
- التيروسين.

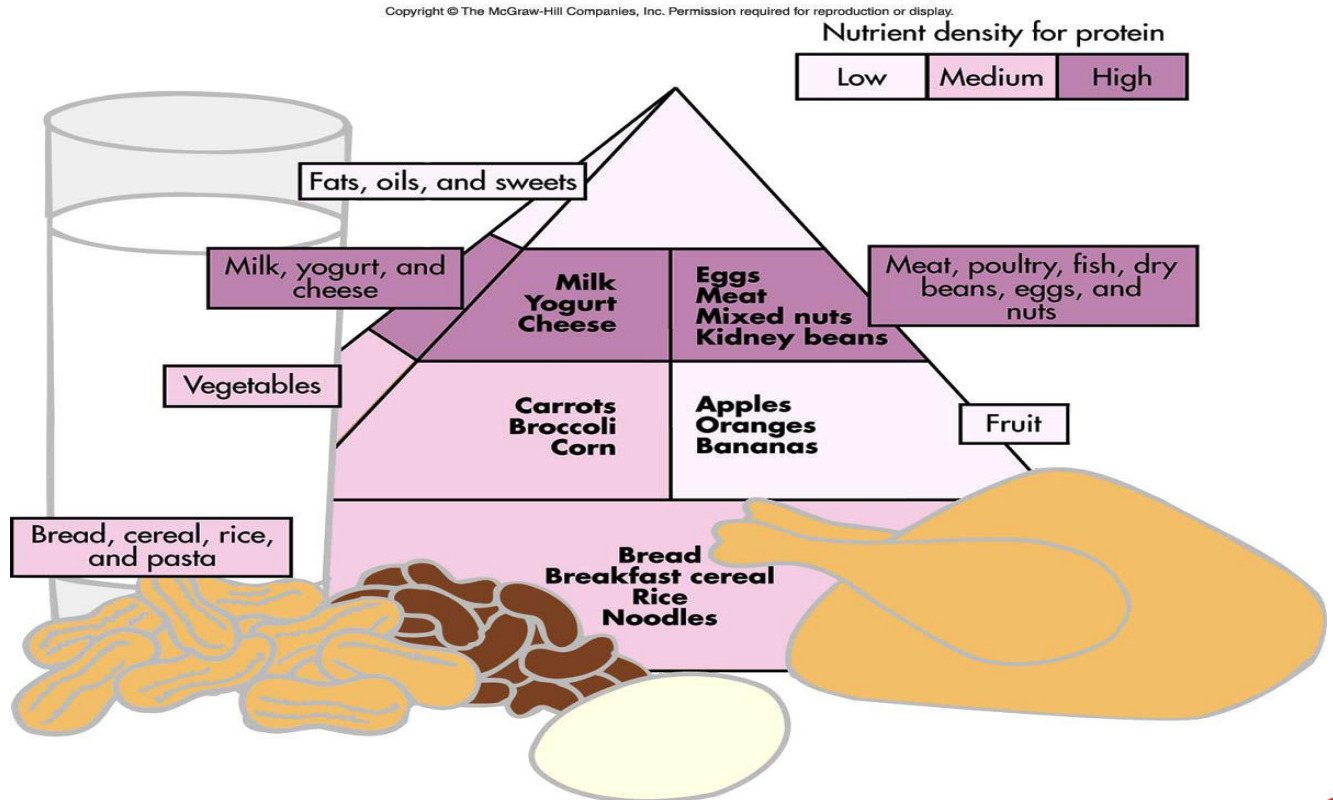
\* (السيستئين يحوي مجموعة SH القطبية غير المشحونة).

\*\* تأتي الشحنة (الإيجابية من  $NH_3^+$  والسلبية من  $COO^-$ ).

## مصادر البروتين في الغذاء:

تكون مصادر البروتين:

① نباتية (حبوب، بقول، بعض المكسرات) أو ② حيوانية (حليب، بيض، جبن، لحم).





وسنركز على بروتينات البيض والحليب، و يبين الجدول الآتي بروتينات البيض ونسبها المئوية:

1.5	Ovomucine	54	Ovalbumine
0.8	Flavoproteine	13	Conalbumine
0.5	Ovoglycoproteine	11	Ovomucoide
0.5	Ovomacroglobuline	4	Lysozyme
0.1	Ovoinhibiteur	4	Ovoglobuline G3
0.5	Avidine	4	Ovoglobuline G2

قد تكون لبعض الحموض الأمينية أهمية خاصة أكثر من قيمتها الغذائية نذكر منها:

### بروتينات بياض البيض:

إن صفار البيض مهياً ليصبح جنيناً، وتكون وظيفة بياض البيض تغذيته وحمايته من الجراثيم التي تدخل عبر مسامات القشرة (فارماكولوجية وغذائية)، والغاية من التركيز على بروتينات البيض هو أن لأربعة منها دوراً حيوياً:

١ بروتين الكونالبيومين Conalbumine: (والذي يدعى الأوفوترانسفيرين **Ovotransferrin**) له القدرة على ربط شوارد الحديد، وبالتالي يحرم الجراثيم من الاستفادة منها، ولهذا فإن له تأثيراً مضاداً للميكروبات ومضادة أكسدة (فمن الممكن أن يكون الحديد معزز لتفاعلات الأكسدة)

٢ بروتين الليزوزيم Lysozyme: بروتين قادر على حل الرابط N – أسيتيل موراميك N-acetylmuramic الموجود في غلاف الخلايا الجرثومية مما يؤدي إلى تحللها فقتلها، وبالتالي فإن له فاعلية مضادة للجراثيم أيضاً، ومن الجدير بالذكر أن هذا البروتين موجود في حليب الأم بأضعاف تواجدته في الحليب البقري (الذي يصنع من الحليب المجفف) مما يكسبه خواص طبيعية مضادة للجراثيم تعطي مناعة للرضيع.





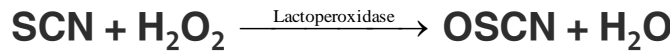
❧ بروتين الأفيدين Avidine: يمتلك القدرة على الارتباط بالبيوتين (الفيتامين B7) الضروري لحياة الجراثيم فيحرمها من الاستفادة منه ، وبالتالي فإن له فاعلية مضادة للميكروبات أيضاً.

❧ بروتين الأوفوموكويد Ovomucoide: (والذي يدعى أيضاً مخاطين البيض) وهو مثبت للتريبسين Trypsin inhibitor ، ومضاد سرطان anticancer

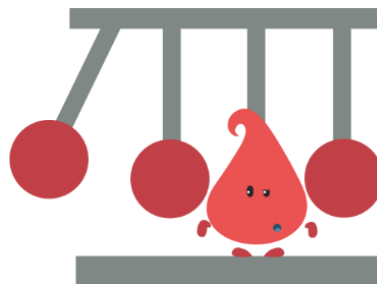
- لكن إذا كان للكونالبيومين القدرة على الارتباط بالحديد ولأفيدين القدرة على الارتباط بالبيوتين (B7)، فهل يخسر البشر هذين العنصرين عند تناول البيض؟  
الجواب: كلا، فهذان البروتينان يتخربان بالحرارة التي تستخدم لسلق البيض أو قليه، أما عند تناول البيض نيئاً فإنهما قد يكونان ما يزالان موجودين وقد تحدث خسارة للحديد أو البيوتين جراء ذلك: / أيضاً يخاف من البيض النيء من تلوثه بالسالمونيلا لذلك البيض المسلوق هو الأفضل.
- عندما نتناول هذه البروتينات ألا ترتبط بالحديد و البيوتين بالجسم وبالتالي تحرمنا منهم؟  
الجواب: عند طبخ البيض تتخرب هذه البروتينات وبالتالي لا تعمل داخل الجسم.

### بروتينات الحليب:

❖ بروتين (إنزيم) اللاكتوبيروكسيداز Lactoperoxidase (LP) (بروتين سكري) وهو إنزيم يحتوي ذرة حديد له دور مضاد جرثومي يسهم في حفظ الحليب النيء \*الغير المغلي\* (إذ إن الحليب غني بالماء وذو pH معتدلة فيكون عرضة بشكل كبير للنمو الجرثومي)، ويكون الحفظ عن طريق ما يدعى «جملة اللاكتوبيروكسيداز»، وهي جملة تحتاج شاردة التيوسيانات والماء الأوكسجيني بوجود اللاكتوبيروكسيداز لتعطي هيبو التيوسيانات (وهي التي لها دور مضاد للجراثيم) والماء:



واللاكتوبيروكسيداز يتخرب بالحرارة لذلك يستخدم كمشعر للتعقيم (يعني إذا لسا موجود فالحليب مو مغلي)





تجري الآن اختبارات لإمكانية استخدامه مع جملّة التيوسيانات في تصنيع المراهم المضادة للجراثيم.

❖ بروتين اللاكتوفيرين Lactoferrin وهو بروتين سكري (غليكوبروتين) له دور في ربط شوارد الحديد، وهو موجود في حليب الأم بكميات كبيرة وبالتالي يسهم في إمداد الرضيع بكميات وافرة من الحديد، ولذلك فإن التغذية الأمومية في بداية حياة الرضيع كافية لإمداده بالمقدار الذي يحتاجه منه \* \_\*.

يحتوي حليب الأم 2 – 4 ملغ/مل من اللاكتوفيرين بينما يكون تركيزه في حليب البقر bovine milk حوالي 0.1 – 0.3 ملغ/مل لذلك نجد أن كلاهما فقير بالحديد ولكن امتصاصه الحديد من حليب الأم عالية جداً.

## تصنيف البروتينات

يمكن تقسيم البروتينات إلى مجموعتين:

### (أ) البروتينات المتجانسة Homoproteins:

والتي تحتوي في بنيتها على حموض أمينية فقط، وتضم:

➡ البروتينات البسيطة Simple proteins: تسفر عند الحلمة عن حموض أمينية فقط (أي عند

التحليل هذه البروتينات لا نجد إلا العناصر C,H,O,N,S) لذلك عند غلي الحليب نخسر هذا

الأنزيم ولكن بالمقابل نتخلص من الجراثيم الموجودة ، وتتضمن الأصناف الآتية:

● الألبومينات Albumins.

● الغلوبولينات Globulins.

● الكولاجينات Collagens.

● الفبرينات Fibrins.





## ٢) البروتينات المتغايرة Heteroproteins:

والتي تحتوي أجزاء إضافية غير بروتينية أو زمراً ضميمية prosthetic group وتضم:  
➡ **البروتينات المقترنة Conjugated proteins:** وهي التي تحتوي جزءاً من حموض أمينية مقترناً مع مواد غير بروتينية مثل اللبيدات أو الحموض النووية أو الكربوهيدرات، بعض البروتينات المقترنة الأساسية هي ما يلي:

- ✓ الفوسفوبروتينات Phosphoproteins (مثل الكازئين في الحليب) بروتين + فوسفات.
- ✓ الليبوبروتينات Lipoproteins (مثل HDL، VLDL، LDL) بروتين + جزيء ليبيدي.
- ✓ النوكليوبروتينات Nucleoproteins بروتينات نووية.
- ✓ الغليكوبروتينات Glycoproteins بروتينات سكرية.
- ✓ الكروموبروتينات Chromoproteins (البروتينات الصبغية كالهيموغلوبين أحمر اللون يحوي ذرة حديد في بنيته).

## تمسخ البروتينات Denaturation of Proteins :

تتمسخ البروتينات بفعل:

### • عوامل فيزيائية:

- التسخين Heating.
- التبريد Cooling.
- المعالجة الآلية Mechanical treatment.
- الضغط الهيدروستاتيكي Hydrostatic pressure.
- الإشعاع Radiation.

### • عوامل كيميائية:

- الحموض Acids.
- القلويات Bases.
- المعادن Metals.
- المحلات العضوية Organic solvents.





**يعني التمسّخ:** تفكك البنية الرابعة أو الثالثة أو الثانية<sup>٢</sup> للبروتين بسبب تفكك الروابط الهيدروجينية وروابط فاندر فالس، لكن البنية الأولية تبقى على حالها، لأن الرابطة الببتيدية رابطة قوية، فيتحول البروتين من وظيفي إلى غير وظيفي بسبب تبديل البنية ثلاثية الأبعاد الخاصة به (أي الذي يتغير هو شكل البروتين لكن بنيته تبقى حموض أمينية) فإذا بالتمسخ تتغير الخواص فقط.

## هل تمسخ البروتينات أمر مرغوب أم مكروه؟؟

لا يكون التمسّخ أمراً غير مرغوب دائماً، فإذا كان البروتين الغذائي متمسّخاً فإن الإنزيم الهاضم له سيعمل عليه بشكل أفضل وأسهل، ولذلك يكون هضم البيض المسلوق أسهل من هضم البيض النيئ (بينما يكون حفظ البيض النيئ أسهل من حفظ البيض المسلوق لأن البروتينات الحيوية التي سبق ذكرها ما تزال فعّالة [كالكونالسيوم والأفيدين]، بينما تكون قد فقدت فاعليتها بحرارة السلق). بالتالي نجد أن التمسّخ أمر إيجابي فيما يخص عملية هضم البروتينات. لكن بالمقابل فإن تمسخ البروتين يعني فقد وظائفه المنوطة به، فمثلاً لا يمكن الاستفادة من خواص البيض المخفوق لصنع الكيك إلا إذا كان نيئاً، إذ يتعذر استخدام البيض المسلوق في إعداداته.

### كمثال آخر:

نعلم أن معظم مركبات الجهاز المناعي هي بروتينات، وبالتالي فإن تمسخها يعني فقدان الوظيفة المناعية وهو أمر غير مرغوب إطلاقاً.

**وعلى النقيض من ذلك، وكمثال آخر:** تقوم ربّات المنازل بسلق الأنغار (الأرضي شوكي) أو الفول قبل حفظه، حيث إن السلق يخرب الإنزيمات المسؤولة عن إحداث الاسمرار الإنزيمي له (يعني مشان ما يسودو)، وبالتالي فإن فقد وظيفة البروتين أصبح أمراً مرغوباً في هذه الحالة المسؤول عن الاسمرار أنزيمات الولي فينول أوكسيدز.

مما سبق نستنتج أن!^

تمسخ البروتين قد يكون مرغوباً وغير مرغوب، بحسب الغاية من ذلك.


<sup>٢</sup> ( قد تتمسخ وقد تبقى )







## هل تمسخ البروتينات عملية عكوسة؟؟

وقد يكون تمسخ البروتين عكوساً أو غير عكوس، فإذا تمسخ البروتين وتحول إلى بنيته المفردة، ثم زال العامل الذي أدى إلى التمسح  فإن البروتين يمكن أن يعود إلى ما كان عليه (أي قابل للعكس) ومثال عليه عند تسخين الحليب ومن ثم تبريده أما في حالة تحول الحليب إلى جبن يتخرب الأنزيم الذي يحول الفينيل ألانين إلى ميتونين فيرسب الكازئين (غير عكوس).  
 لكن أحياناً عند فرد البروتين فإنه قد تنكشف وظائف SH مطمورة (من حمض سيستئين)، فإذا التقت وظيفتان لم تكونا في البنية الأصلية على اتصال وأصبحتا بعد الفرد على اتصال فإنهما ستشكلان جسراً ثنائي الكبريت فيكتسب البروتين شكلاً جديداً ويكون التمسح غير عكوس عندئذ

فتشكل جسور ثنائية الكبريت يجعل التمسح غير عكوس.

## متى يكون الهضم أسهل اذا كان البروتين بنيته الكاملة أم المتمسحة؟؟

أكد المتمسخ، يعني وقت يجي الأنزيم ويلقي البروتين مفرد أسهل وأسرع للهضم من انو يلاقي مثل ماهو وصعب الهضم  
 لهيك هضم البيض المسلوق أسهل من الني ^\_^

## الآثار المجلّة للتمسخ على البروتين

- ١ - يقلل التمسح ذوبانية البروتين Decreased solubility .
- ٢ - يبدل التمسح قياس البروتين وشكله Alteration of size and shape .
- ٣ - يكسب التمسح البروتين تفاعلية أكبر greater reactivity (تفاعلات البنية المفردة تكون أسهل).
- ٤ - يقلل التمسح فاعلية البروتين الحيوية Decreased biological activity (كالإنزيمات والبروتينات المناعية).
- ٥ - يزيد التمسح الحساسية للكهارل Increased sensitivity to electrolytes بسبب فرد البنية.





## 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  $0.8 \times 70$ ).

بفرض تجاوزت القيمة 0.8 غ في الجسم وين رح يروحو؟؟

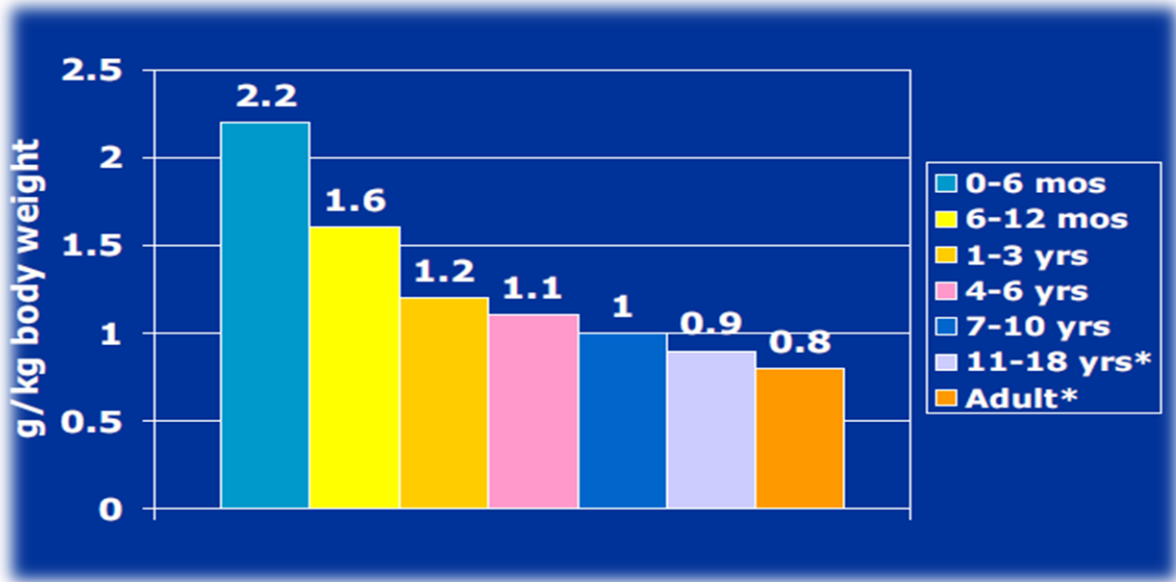
يبتخزنو عشكل دسم اذا لم يترافق مع تمارين رياضية (عند الترافق مع التمارين تتحول لعضلات)

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

مثال: شخص وزنه 154 باوند نقسم على 2.2 = 70

$$70 \times 0.8 = 56g$$

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

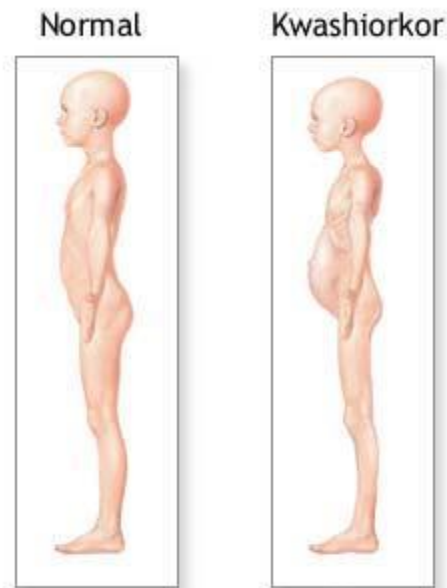


## عوز البروتين

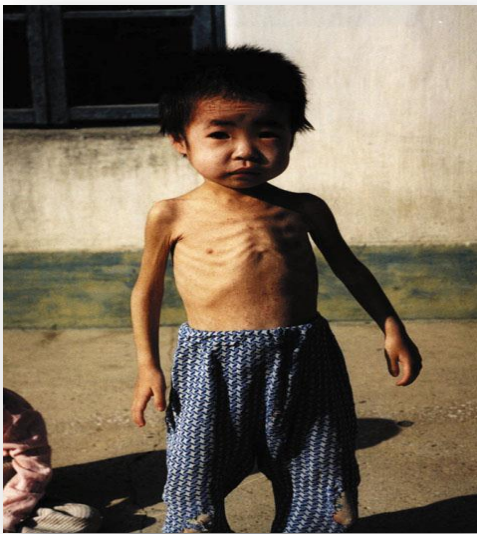
حينما يقتصر الغذاء على مصادر الطاقة فقط كالسكريات والدهن دون احتوائه على البروتين فإن ذلك يؤدي إلى الإصابة بـ **كواشيوركور Kwashiorkor** (احتباس سوائل وحبن) لأن من وظائف البروتين توازن السوائل فإذا اختل البروتين يختل التوازن ويؤدي للحبن الذي ينتج عن تناول غير الكافي للبروتين، **وتتجلى أعراضه** بالتعب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



© 2007 Thomson Higher Education



ADAM.



✳ أما إذا كانت التغذية سيئة بشكل عام لا تحوي مصادر طاقة أخرى (لا سكريات ولا دسماً ولا بروتيناً) فإننا نكون أمام مرض **يدعى سوء التغذية بالبروتين والطاقة Protein – energy malnutrition (PEM)** أو ما يعرف بـ **داء السغل 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 - طريقة كيلدال 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  $K_2SO_4$  لرفع درجة الغليان (ترفع الحرارة من 337 إلى 373) مع وسيط<sup>٣</sup> 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  $H_2SO_4$  Sulfuric acid فإن الأمونيا تلتقط هيدروجيناً ويتحرر النتروجين بشكل كبريتات الأمونيوم  $(NH_4)_2SO_4$  - كأنها عملية أكسدة-، بعد الهضم نأخذ الأنبوب ونضعه في جهاز كيلدال.

<sup>٣</sup> الوسيط: سابقاً كان يستخدم أوكسيد الزئبق لكن لخطورته الصحية استعيض عنه بالنحاس لكنه لم يأت بنتائج جيدة، فكانت أفضل طريقة (سيلينيوم أو نحاس بشكل أقراص فوارة).



٢. وحدة التقطير *Distillation*

- ٨ بعد ذلك يضاف هيدروكسيد الصوديوم المركز  $\text{Concentrated NaOH}$  إلى محلول كبريتات الأمونيوم وحمض الكبريت، مما يرفع الـ pH محولاً الأمونيوم إلى أمونيا  $\text{NH}_3$ .
- ٩ عند تسخين العينة الحاوية على الأمونيا و هيدروكسيد الصوديوم وكبريتات الصوديوم تنطلق الأمونيا (النشادر)  $\text{NH}_3$  بشكل غاز.
- ١٠ يمكننا تكثيف غاز الأمونيا وإدخاله في فيول يحتوي كمية معلومة ومقاسة تجريبياً من حمض البور  $\text{Boric acid}$  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 حيث يزيح حمض كلور الماء  $\text{HCl}$  (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.

١١ فإذا تتضمن طريقة كليدال:

أ - الهضم بالحمض  $\text{Digestion with acid}$  والتحفيز  $\text{Catalysis}$ : نحصل منه على كبريتات الأمونيوم.

ب - التقطير بالبخار والقلوي  $\text{Distillation with steam and alkali}$ : تتشكل البورات.

ج المعايرة بالحمض والمشعرات  $\text{Titration with acid and indicators}$ :

بورات  $\text{HCl}$  ← حمض بور من جديد.



SHIMADZU

## Kjeldahl Method

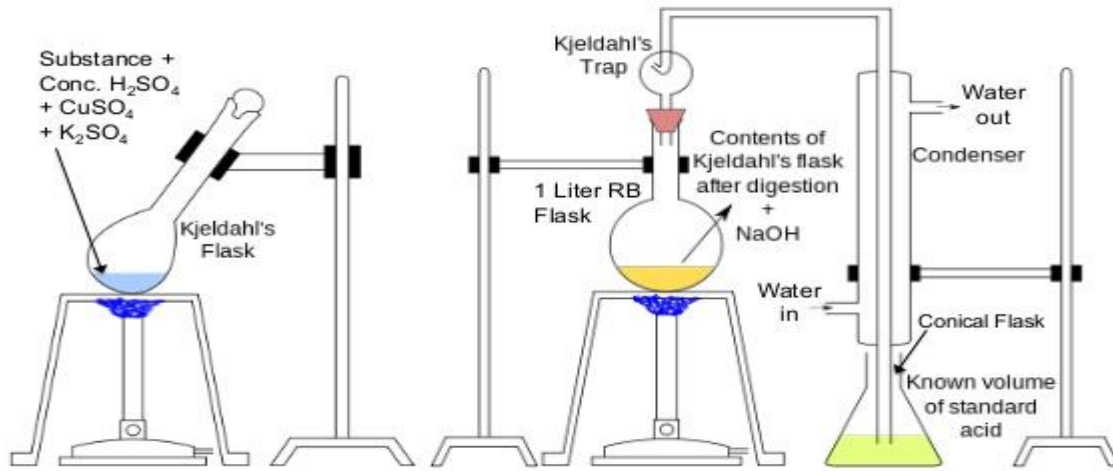
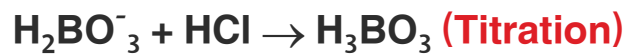


Image: Wikipedia

6 / 27

### تفاعلات طريقة كيلدال:



إن عدد مولات HCl المستخدمة = عدد مولات البورات = عدد مولات  $\text{NH}_3$  المتشكلة = عدد ذرات

النيتروجين في العينة، وبالتالي فإن كل مول من HCl يعبر عن ذرة نيتروجين واحدة:

كل 1 مول HCl نظامي يعادل 1 مول من ذرات النيتروجين = 14 غ

كل 1 ليتر 1HCl نظامي يعادل 14 غ من النيتروجين

كل 1 مل 1HCl نظامي يعادل 0.014 غ من النيتروجين

كل 1 مل 0.1HCl نظامي يعادل 0.0014 غ من النيتروجين (0.1 N من HCl هو التركيز المستخدم بالمعايرة)

المصرف (y مل) من 0.1 HCl نظامي يعادل x غ من النيتروجين

$$x = y \times 0.0014 \text{ g}$$



$$x = y \times 0.0014 \text{ g}$$

وهو مقدار النيتروجين في العينة، ثم نقسم على وزن العينة لنحصل على كمية الآزوت في

1غ، ثم نضرب بـ 100 للحصول على كمية النيتروجين في 100 غ من العينة:

$$(*) \frac{y \times 0.0014}{\text{وزن العينة}} \times 100$$

إن كل 100 غ من البروتين تحتوي 16٪ من النيتروجين، وبالتالي فإن نتيجة العلاقة (\*) تُضرب بـ

100 وتُقسم على 16، وبما أن  $\frac{100}{16} = 6.25$  فيمكن الضرب مباشرة بـ 6.25، حيث يُعد هذا الرقم

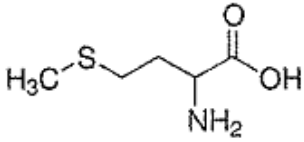
عامل تصحيح، وهو عامل تصحيح عام حتى نحول النتيجة من آزوت إلى بروتين، لكن لكل بروتين

عامل تصحيح خاصاً به بحسب مقدار

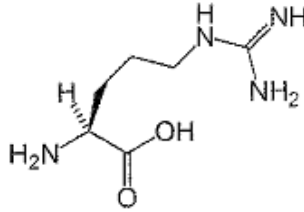
النيتروجين فيه (فالأرجينين يحتوي 4

ذرات نيتروجين، أما الميثيونين فيحتوي

ذرة واحدة فقط).



الميثيونين



الأرجينين

### محاسن طريقة كيلدال:

- قابلة للتطبيق في معظم عينات الطعام، فجميع مخابر التغذية والتموين والصحة تستخدمها.
- بسيطة.
- غير مكلفة.
- مقبولة كطريقة رسمية.
- يمكن أن تقيس ميليفرامات البروتين.



### مساوئ 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.
- دقتها ضعيفة إذا ما قورنت بطرق أخرى.
- طريقة أكالة Corrosive (خطيرة) حيث يجب استخدام المخيلة 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 كمياً باستخدام كاشف نسلر (رابع يود الزئبق واليوتاس) في وسط قلوي، وينتج معقد ذو لون برتقالي عند إضافته، ويمكن أن يقاس التركيز عند طول موجة  $\lambda = 380 \text{ nm}$  بالسبيكتروفوتوميتر:



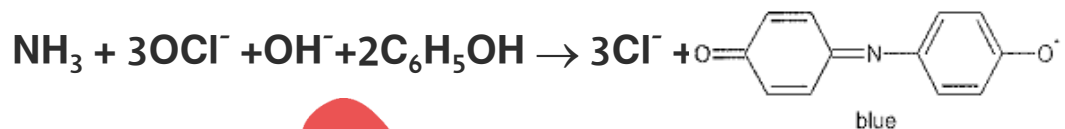
♣ حيث كاشف نسلر هو  $\text{NH}_4\text{HgI}_2$  يود ثنائي زئبق الأمونيوم.  
♣ لا تستخدم كثيراً وهي أيضاً تعتمد على النتروجين

## 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، وللمعايرة شوارد الأمونيوم نستخدم قطب أمونيوم ذا غشاء شفاف 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 معقد الإندوفينول ذي اللون الأزرق، الذي يقاس عند طول موجة تساوي  $\lambda = 630 \text{ nm}$ ، أو تمكن معايرته حجمياً.



### 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 استخداماً هي طريقة كدال.

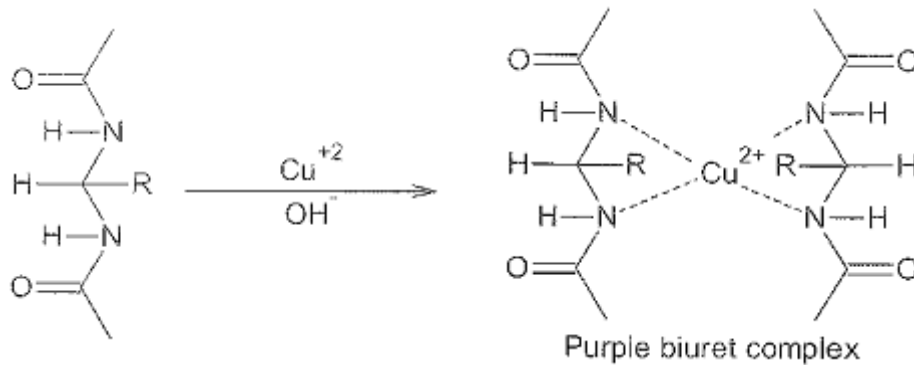
تقتصر الطرق السابقة على معايرة النيتروجين، لكن ثمة طرقاً لمعايرة البروتين بحد ذاته (فلا حاجة هنا لتحرير النيتروجين)، وهي:

### ٥ - 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 وردياً Pinkish – purple

### لا حاجة هنا لعامل تصحيح.

يوضح الشكل تفاعل بيوريت:



### محاسن طريقة بيوريت (لم تذكره الدكتور)

- أرخص وأسرع من طريقة كيلدال.
- مشاكلها أقل مع انحرافات اللون.
- لا يتداخل فيها سوى القليل من المواد.
- لا تقيس النيتروجين غير البروتيني non – protein nitrogen NPN.





## مساوي طريقة بيوريت:

- غير حساسة، فتصل حساسيتها إلى مستوى 2 – 4 ملغ فقط.
- تتداخل مع الأصبغة الصفراوية bile pigments.
- تتداخل مع أملاح الأمونيوم.
- تتداخل مع السكريات لأنها تُعاير بنفس الطريقة (بمحلول فهلغ، وكبريتات النحاس أحد مكوناته).
- الليبيدات والفحوم يمكن أن تؤثر على صفاء المحلول.
- يجب أن يكون البروتين منحلًا.

## ٦ - طريقة لوري Lowry method:

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

➡ إن بعض الحموض الأمينية الفينولية كالتيروسين و/أو التربتوفان في بروتين ما ترجع كاشف حمض الفوسفوموليبيديك مع حمض الفوسفوتنغستيك (ويدعى كاشف الفولين<sup>٤</sup> – سيوكالتو Folin Ciocalteu reagent).

➡ تم ربط هذه الطريقة مع طريقة بيوريت، فإذا تم وضع كبريتات النحاس مع طرطرات الصوديوم والبوليتاسيوم في محلول قلوي (كاشف بيوريت) فإن ذلك يؤدي إلى تحول النحاس (Cu(II) إلى نحاسي، وتقوم عندئذ شوارد النحاسي Cu(I) بإرجاع كاشف الفولين إلى معقد ملون بلون أزرق، تُحدد قيم الامتصاص Absorbance على مقياس الطيف الضوئي spectrophotometer عند طول موجة  $\lambda = 750 \text{ nm}$ .

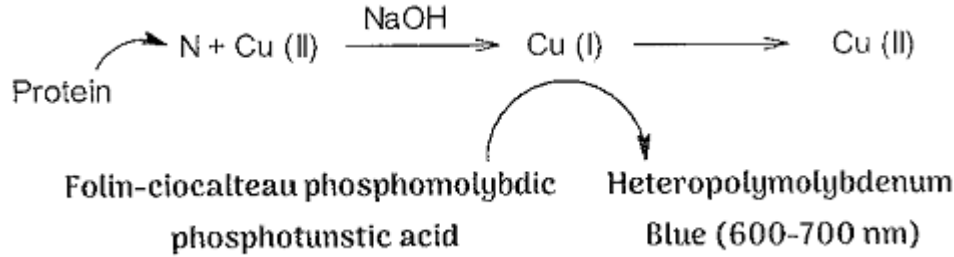
إن ربط طريقة لوري مع طريقة بيوريت أعطى حساسية أكبر، فيمكن بهذه الطريقة تحديد بروتينات (العينة حتى 0.2 مكغ).

<sup>٤</sup> الوظائف الفينولية ترجع كاشف الفولين لذلك يستخدم لمعايرة البولي فينول الموجود بالشاي وبعض الفواكه والخضراوات الذي يكون عبارة عن مضاد أكسدة.



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.



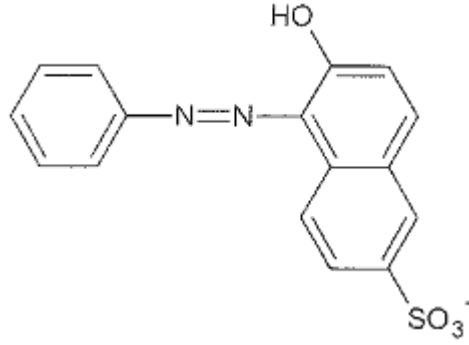
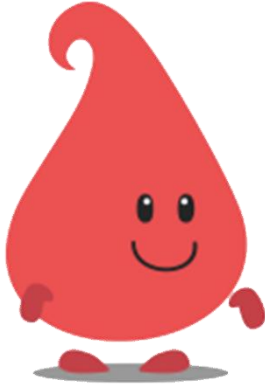
**توضيح للتفاعل:** يتحول النحاس إلى نحاسي ويؤثر على الفولين أو نقول أن البروتين تفاعل مع النحاسي وشكل معقد يتفاعل مع الفولين ويرجعه ويعطي اللون الأزرق.

### محاسن طريقة لوري ( لم تذكره الدكتور):

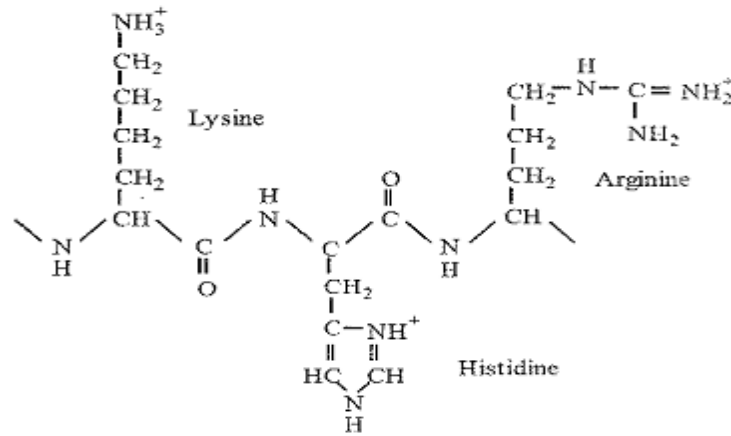
- هي أكثر الطرق الطيفية الضوئية المتاحة حساسية لتحديد إجمالي البروتين.
- هذه الطريقة **أكثر نوعية** من معظم طرائق معايرة البروتين الأخرى، وهي أفضل في التعامل مع البروتينات من طريقة العكر في محاليل البروتين.
- طريقة لوري سريعة نسبياً، إذ تحتاج ما بين ساعة إلى ساعتين للتحليل.
- تستخدم هذه الطريقة في الحقل الطبي الحيوي biomedical field بشكل واسع.

### ٧ . طريقة ضم الصباغ Dye binding method:

يقوم مبدأ هذه الطريقة على أنه 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 الهستيدين والأرجينين والليزين هي الحموض الأمينية التي تكتسب شحنة موجبة في pH منخفضة:



يمكن استعمال أزرق الكوماسي (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 الثلاثية في البروتينات، وعندها يتحول اللون من بني محمر إلى أزرق.

نهاية المحاضرة نترككم مع ملخص ظريف لطيف ^\_^





## ملخص المحاضرة

### وظائف بروتينات الطعام:

- ربط الماء
- الاسمرار Browning غير الإنزيمي كما في تفاعلات ميلارد الكيميائية (الساكر المراجعة مع الحموض الأمينية).
- التحلية، كالأسبارتام (وهو ثنائي ببتيد).
- تشكيل البنية (قوام)، كالغلوتين (الدابوق) في الخبز، وبيض البيض في الميرنغ.

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

### تصنيف الحموض الأمينية في بروتين الغذاء:

#### التصنيف حسب حاجة الجسم لها:

- A. أساسية : Essential (لا يمكن الاستغناء عنها indispensable)،
- B. غير أساسية Non – essential: (يمكن الاستغناء عنها dispensable)
- C. أساسية شرطية: Conditionally essential

#### التصنيف حسب المجموعات الوظيفية:

- ١ - ذات السلاسل الجانبية الأليفاتية غير القطبية:
- ٢ - ذات السلاسل الجانبية الأليفاتية القطبية غير المشحونة (المحبة للماء)
- ٣ - ذات السلاسل الجانبية المشحونة إيجاباً
- ٤ - ذات السلاسل الجانبية المشحونة سلباً
- ٥ - ذات السلاسل الجانبية العطرية





## يمكن تقسيم البروتينات إلى مجموعتين:

- ١ - البروتينات المتجانسة Homoproteins: والتي تحتوي على حموض أمينية فقط
- ٢ - البروتينات المتغايرة Heteroproteins: والتي تحتوي زمر وظيفية إضافية غير بروتينية أو زمراً ضميمية prosthetic group

## تمسّخ البروتينات:

- ✓ يحدث نتيجة عوامل كيميائية أو فيزيائية
- ✓ تمسّخ البروتين قد يكون مرغوباً وغير مرغوب، بحسب الغاية من ذلك.
- ✓ وقد يكون تمسّخ البروتين عكوساً أو غير عكوس

## الآثار التمسّخ على البروتين:

- ١ - يقلل التمسّخ ذوبانية البروتين.
- ٢ - يبدل التمسّخ قياس البروتين وشكله.
- ٣ - يكسب التمسّخ البروتين تفاعلية reactivity أكبر
- ٤ - يقلل التمسّخ فاعلية البروتين الحيوية
- ٥ - يزيد التمسّخ الحساسية للكهارل.



## عوز البروتين:

السكريات والدهن في الغذاء دون احتوائه على البروتين ← داء كواشيوركور Kwashiorkor (احتباس سوائل وحبّ)

## وتتجلّى أعراضه:

- ❖ بالتعب
- ❖ الوذمة (احتباس السوائل)
- ❖ هزال العضلات
- ❖ نقص الكتلة العضلية muscle wasting
- ❖ مع تضخم الكبد liver enlargement
- ❖ نقص تصبّغ الجلد.



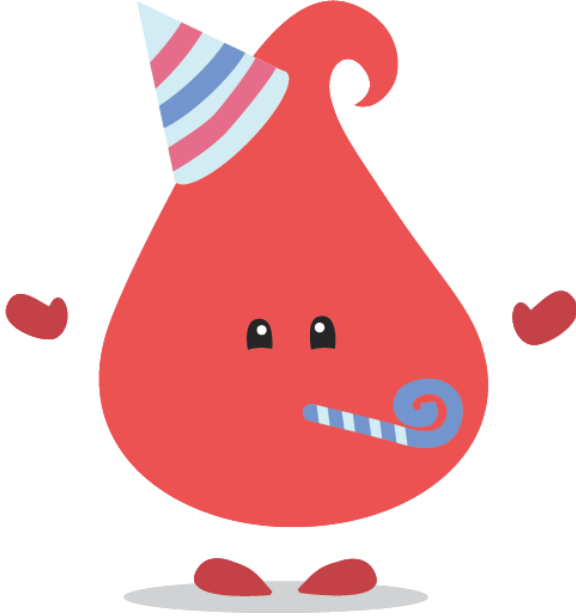




➤ الغذاء لا يحوي مصادر طاقية (لا سكريات ولا دسماً ولا بروتيناً) ← سوء التغذية بالبروتين وال الطاقة (PEM Protein – energy malnutrition)، أو ما يعرف بداء السغل Marasmus

### معايرة البروتينات في الغذاء:

- ١ - طريقة كليدال
- ٢ - طريقة نسلر
- ٣ - طريقة القطب النوعي
- ٤ - تفاعل بيرتلو
- ٥ - طريقة بيوريت (أو طريقة البولة المضاعفة)
- ٦ - طريقة لوري
- ٧ - طريقة ضم الصباغ .



## اختر الإجابة الصحيحة أو الخاطئة

مرض Kwashiorkor يصيب المرضى بعوز	١
<p>A. المواد المغذية عامة</p> <p>B. البروتينات</p> <p>C. الفيتامينات</p>	B
عند معايرة البروتينات نستخدم محلول نحاسي قلوي في :	٢
C	
عند معايرة البروتينات نستخدم محلول أزرق الكوماسي في:	٣
E	
عند معايرة البروتينات نستخدم حمض البور في: B	٤
عند معايرة البروتينات نستخدم حمض الفوسفوتنغسيك في: A	٥
عند معايرة البروتينات نستخدم محلول هيبوكلوريت الفينول في: D	٦
<p>A. طريقة لوري</p> <p>B. طريقة كليدال (مرحلة التقطير)</p> <p>C. طريقة بيوريت</p> <p>D. طريقة بيرتلو (إعطاء اندوفينول)</p> <p>E. طريقة برادفورد (ضم الصباغ)</p>	