

الأستاذ : فراح عيسى

ثانوية هواري بومدين

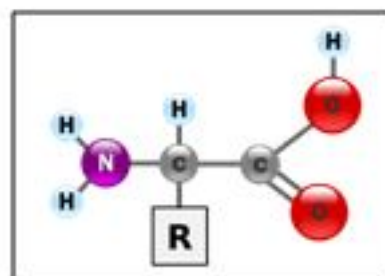
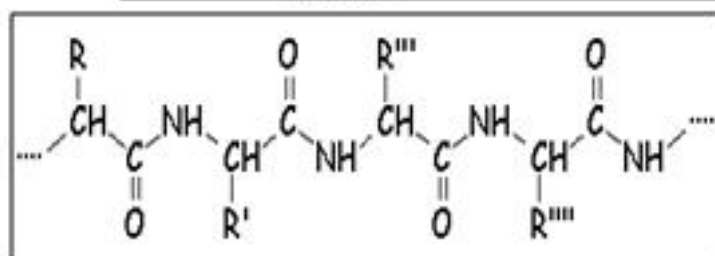
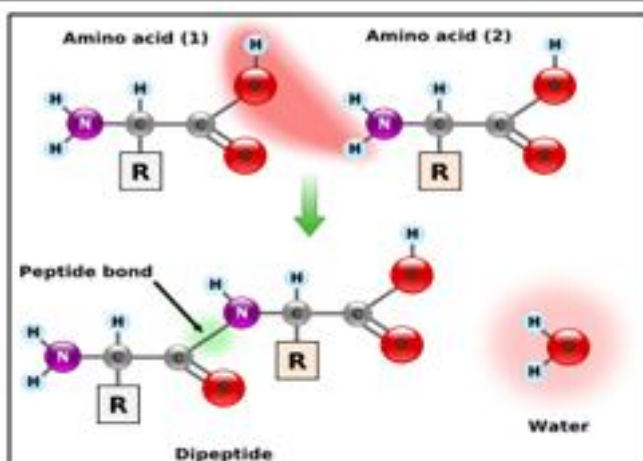
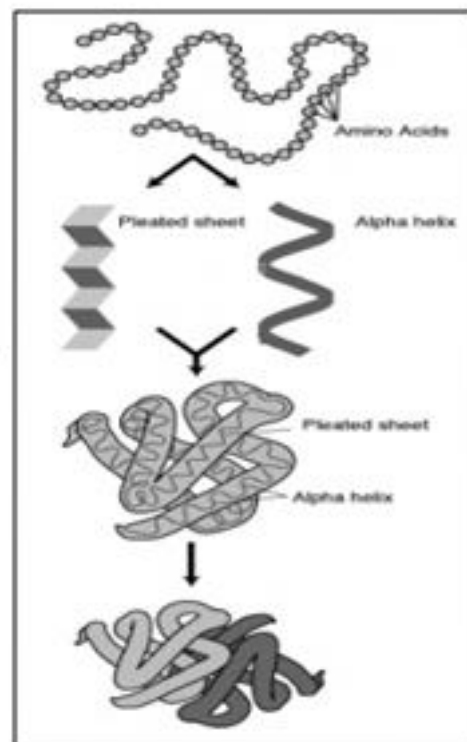
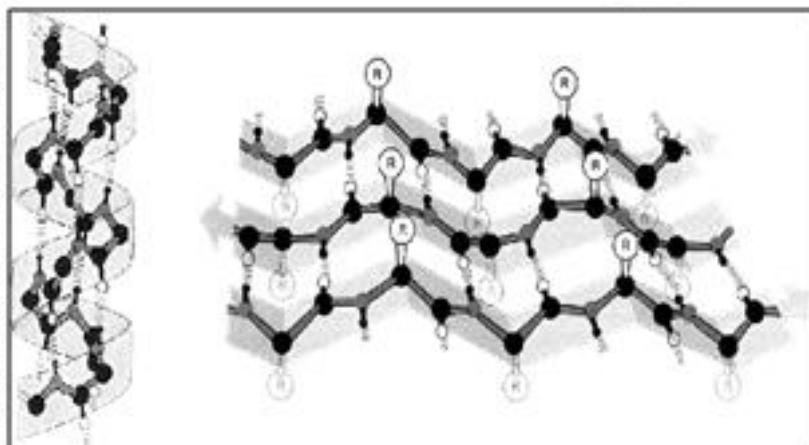
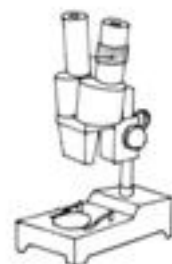
تنس

ولاية الشلف



المجال المعرفي I

التخصص الوظيفي للمبروتينات



الوحدة التعليمية 2

* العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته *

2



من إعداد الأستاذ : فراح عيسى

<https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/>

المجال الأول / الوحدة الثانية :

العلاقة بين بنية و وظيفة البروتين

دون مراعاة

التدرج

الأستاذ

أخي الكريم ، أختي الكريمة

لا تنسونا من صالح دعائكم

ويجي

ارتأيت - و هذا اجتهاد مني - إعادة ترتيب أنشطة هذه الوحدة حسب الترتيب التالي :

الحصة التعليمية 1 : مدخل إلى الوحدة .

الحصة التعليمية 2 : الوحدات البنائية للبروتين " الأحماض الأمينية " .

1 - الأحماض الأمينية :

2 - سلوك الأحماض الأمينية في الوسط :

3 - تشكل الرابطة الببتيدية :

الحصة التعليمية 3 : تمثيل البنية الفراغية للبروتين

1 - تمثيل البنية الفراغية للبروتينات:

2 - استعمال الكمبيوتر في دراسة بنية البروتينات :

3 - أمثلة عن البنية الفراغية لبعض البروتينات:

الحصة التعليمية 4 : مستويات البنية الفراغية للبروتينات

1 - البنية الأولية :

2 - البنية الثانوية :

3 - البنية الثالثية :

4 - البنية الرابعة :

5 - مستويات البنية الفراغية للبروتينات و العلاقة بينها :

6 - العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد و وظيفة البروتين :

مدخل إلى الوحدة

الحصة التعليمية 1

أ - وضعية الانطلاق :

يعتبر مرض فقر الدم المنجلي (Drépanocytose) أحد الأمراض الوراثية .
تتناول أشكال الوثيقة التالية بعض الجوانب من هذا المرض .

ب - الإشكاليات :

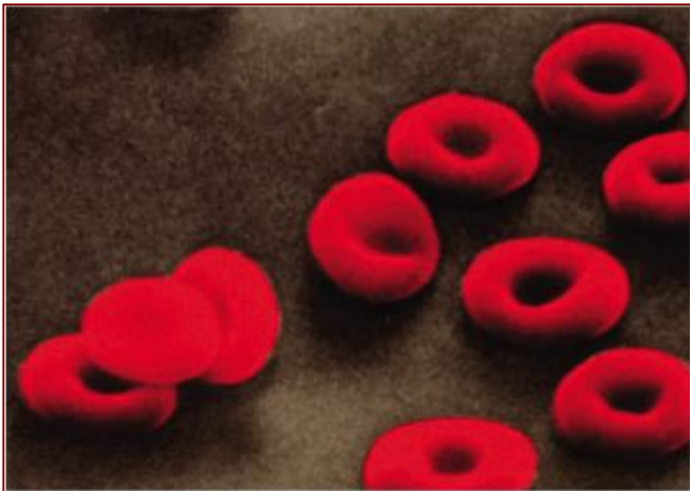
• هل توجد علاقة بين البنية الفراغية للبروتين و الوظيفة التي يقوم بها ؟

ج - الفرضيات :

- نعم .

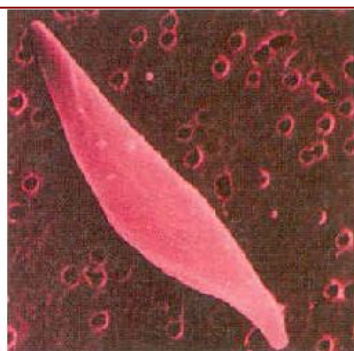
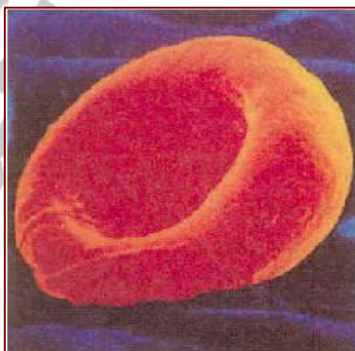
د - التقصي :

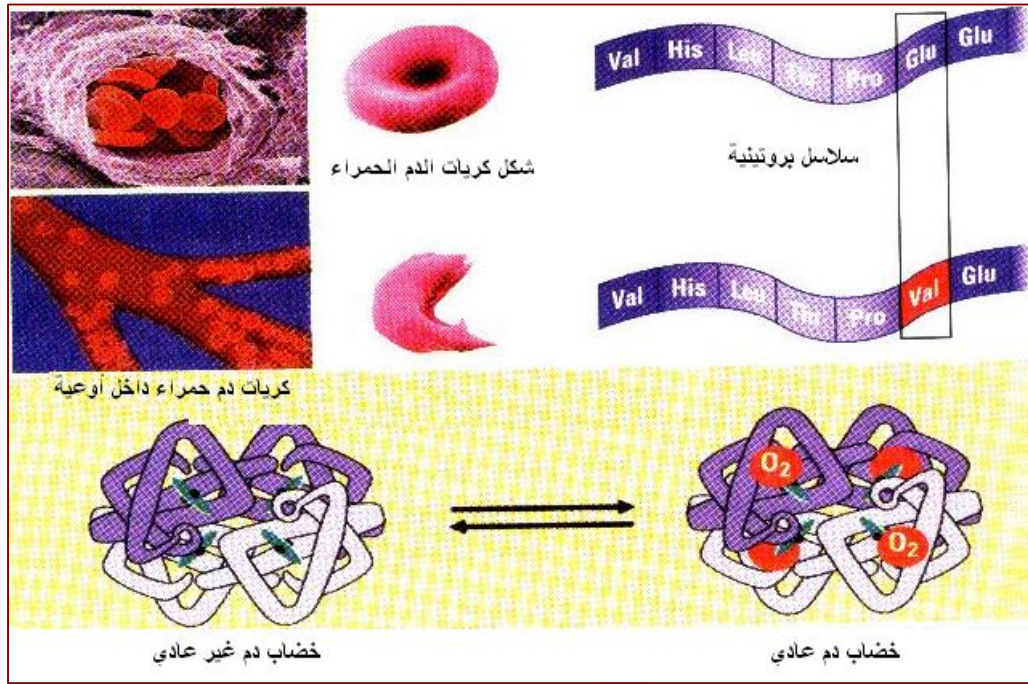
- لإظهار هذه العلاقة نقدم أشكال الوثيقة التالية الخاصة بهذا المرض .



Val His Leu Thr Pro Glu Glu ...
1 2 3 4 5 6 7

Val His Leu Thr Pro Val Glu ...
1 2 3 4 5 6 7





سلسلة بيتيدية	1	2	3	4	5	6	7	
Hb-A	H ₃ N ⁺	Val	His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu ...
							يستبدل	
Hb-S	H ₃ N ⁺	Val	His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu ...

- تعرف على مختلف هذه الأشكال .
- كريات دم حمراء عادية (قرصية) ، و أخرى مصابة (منجلية) .
- تتابع الأحماض الأمينية لجزيئة هيموغلوبين عادية ، و أخرى مصابة .
- شعيرات دموية بها كريات دم حمراء عادية ، و أخرى مصابة .
- تمثيل فراغي لجزيئة هيموغلوبين عادية ، و أخرى مصابة .
- قارن بين مختلف أشكال هذه الوثيقة .

شخص مصاب	شخص عادي	
منجلية الشكل	قرصية الشكل	شكل كريات الدم الحمراء
تسد الأوعية الدموية	تتحرك بسهولة داخل الأوعية الدموية	كريات الدم الحمراء داخل الشعيرات الدموية
الحمض الأميني رقم 6 عبارة عن فالين .	الحمض الأميني رقم 6 عبارة عن الغلوتامين .	السلاسل البروتينية
ليس لها القدرة على نقل الأكسجين	طبيعية لها القدرة على نقل الأكسجين	جزيئات الهيموغلوبين

- ما هي أسباب هذا المرض ؟
- استبدال الحمض الأميني رقم (6) و المتمثل في الغلوتامين بالحمض الأميني فالين .
- هل توجد علاقة بين بنية البروتين ووظيفته ؟ علل إجابتك .
- نعم .
- التعليل : تغير الحمض الأميني أدى إلى فقدان وظيفته .

الوحدات البنائية للبروتين " الأحماض الأمينية "

الحصة التعليمية 2

أ - وضعية الانطلاق :

من خلال دراستنا لموضوع الوراثة في السنة الثانية و آلية تركيب البروتين في الوحدة السابقة تبين لنا أن لكل بروتين تتابع و عدد من الأحماض الأمينية خاص و مميز تحدده طبيعة المعلومات الوراثية على مستوى المورثة .

ب - الإشكاليات :

• **ما طبيعة و مميزات و خصائص الأحماض الأمينية التي قد تسمح بتحديد البنية الفراغية للبروتين ؟**

ج - الفرضيات :

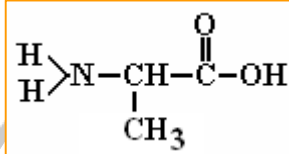
- الأحماض الأمينية مركبات عضوية تتحكم في بنية البروتين من حيث عددها ، نوعها و ترتيبها .

د - التقصي :

للتحقق من الفرضية أو الفرضيات السابقة نتطرق إلى دراسة طبيعة الأحماض الأمينية ، تصنيفها و سلوكها .

1 - الأحماض الأمينية :

الأحماض الأمينية هي مركبات عضوية صيغتها العامة موضحة في الوثيقة (2) .
كما بينت التحاليل الكيميائية الخاصة بنوع الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات وجود عشرون (20) نوعا من الأحماض الأمينية موضحة في الوثيقة (3) .



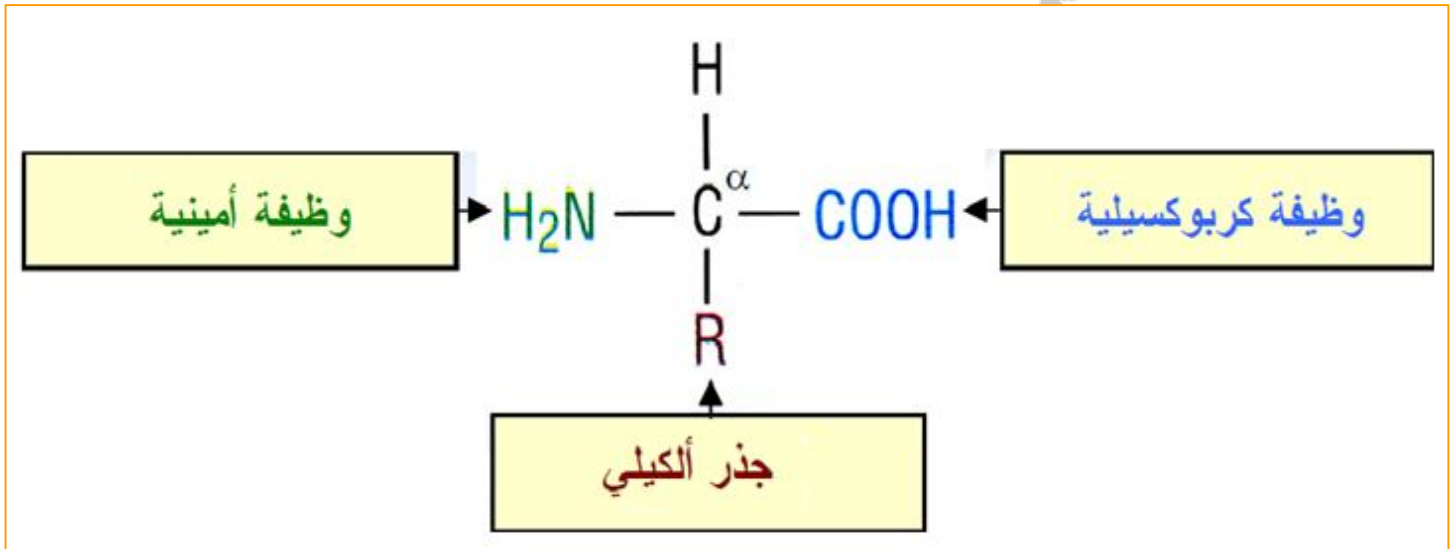
الوثيقة - 2 -

المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \\ \text{(Ala) أالين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H} \\ \text{(Gly) غليسرين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \\ \text{(Ile) إيزولوسين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{OH} \\ \text{(Ser) سيرين} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \\ \text{(Thr) ثريونين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \text{(Val) فالين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \text{(Leu) لوسين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{SH} \\ \text{(Cys) سيسثيونين} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{O}=\text{C} \\ | \\ \text{NH}_2 \\ \text{(Asn) أسبارجين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{O}=\text{C} \\ | \\ \text{NH}_2 \\ \text{(Gln) غلوتامين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{S} \\ | \\ \text{CH}_3 \\ \text{(Met) ميثيونين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{OH} \\ \text{(Tyr) تيروزين} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{(Phe) فينيل أالين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{NH}_2 \\ \text{(Lys) ليزين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{NH} \\ | \\ \text{HN}=\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{(Arg) أرجينين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{NH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \text{(Pro) بروتين} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{O}=\text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ \text{(Glu) حمض غلوتاميك} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{O}=\text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ \text{(Asp) حمض أسبارتيك} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_4\text{H}_3\text{N} \\ \text{(His) هيسثيونين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N} \\ \text{(Trp) تريبتوفان} \end{array}$

المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

- قارن بين صيغ هذه الأحماض الأمينية من حيث الوظائف المميزة و المشتركة بينها .
- تتكون جزيئات الأحماض الأمينية جميعها من :
- جزء ثابت مشترك بين جميع الأحماض الأمينية يحتوي على وظيفتين هما :
 - * وظيفة كربوكسيلية (حمضية) (-COOH) .
 - * وظيفة أمينية (-NH₂) .
- ترتبط الوظيفتان على مستوى الكربون المركزي (α) .
- جزء متغير يختلف تركيبه من حمض أميني لآخر يدعى الجذر الألكيلي يرمز له بالحرف (R) .
- استنتج صيغة عامة للحمض الأميني .



- قدم تعريفا للحمض الأميني من خلال صيغته الكيميائية العامة (الوثيقة 2) .
- الحمض الأميني هو مركب عضوي يحتوي على مجموعة كربوكسيلية (حمضية) (-COOH) ومجموعة أمينية (-NH₂) متصلتين بذرة كربون α التي تتصل بدورها بسلسلة جانبية تعرف بالجذر (R) يختلف تركيبه من حمض أميني لآخر .
- تعرف على أبسط و أعقد حمض أميني في الوثيقة (3) .
- أبسط حمض أميني هو : الغليسين Gly لاحتوائه على أقل عدد من ذرات الكربون .
- أعقد حمض أميني هو : التريبتوفان Trp لاحتوائه على أكبر عدد من ذرات الكربون .
- قارن بين جذري الحمضين الأمينيين Ser و Thr .
- يتمثل جذر الحمض الأميني Ser في : -CH₂OH
- يتمثل جذر الحمض الأميني Thr في : -CHOH-CH₃
- تعرف على الأحماض الأمينية الكبريتية .
- الأحماض الأمينية الكبريتية هي : السيستينين Cys و Met .
- تعرف على الأحماض الأمينية العطرية .
- الأحماض الأمينية العطرية هي : Trp ، Phe و Tyr .
- حدد الأحماض الأمينية ذات الجذر الحامضي .
- الأحماض الأمينية ذات الجذر الحامضي هي : Asp ، Glu .
- حدد الأحماض الأمينية ذات الجذر القاعدي .
- الأحماض الأمينية ذات الجذر القاعدي هي : Arg ، Lys ، His .
- يصنف الألانين (Ala) ضمن الأحماض الأمينية المتعادلة ، علل ذلك .
- لأن عدد المجاميع الكربوكسيلية (الحمضية) (-COOH) يساوي عدد المجاميع الأمينية (-NH₂) .

2 - تصنيف الأحماض الأمينية :

• اعتمادا على الجزء المتغير (R) اقترح إذا تصنيفا للأحماض الأمينية العشرين .



- أحماض أمينية حامضية :

هي الأحماض الأمينية التي تملك مجموعة حمضية في الجذر قادرة على تحرير بروتونات (H^+) (مجموعة COOH) مثلا ، حيث يكون عدد الوظائف الأمينية ($-\text{NH}_2$) أقل من عدد الوظائف الحمضية ($-\text{COOH}$) مثل : Glu ، Asp .

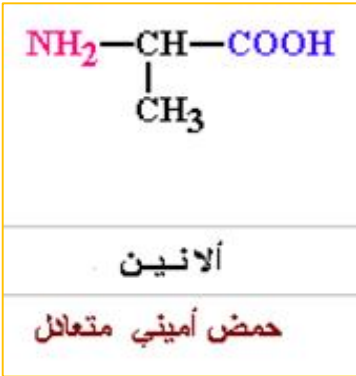
وحيدة الوظيفة الأمينية وثنائية الوظيفة الحمضية .



- أحماض أمينية قاعدية :

هي الأحماض الأمينية التي تملك مجموعة قاعدية في الجذر قادرة على اكتساب بروتونات (H^+) (مجموعة $-\text{NH}_2$) مثلا ، حيث يكون عدد الوظائف الأمينية ($-\text{NH}_2$) أكبر من عدد الوظائف الحمضية ($-\text{COOH}$) مثل : Arg ، Lys ، His .

ثنائية الوظيفة الأمينية ووحيدة الوظيفة الحمضية.



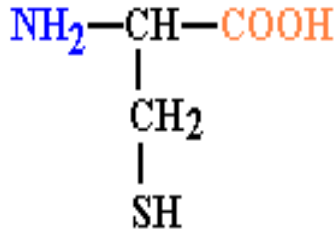
- أحماض أمينية متعادلة : هي الأحماض الأمينية التي لا تملك مجموعة حمضية أو قاعدية في الجذر ، حيث يكون عدد الوظائف الأمينية ($-\text{NH}_2$) يساوي عدد الوظائف الحمضية ($-\text{COOH}$) .

مثل : بقية الأحماض الأمينية الخمسة عشر بما فيها الكبريتية و العنبرية و الأليفاتية (جذورها الألكيلية محتواها كاربون و هيدروجين فقط و هي الفالين ، ايزولوسين ، لوسين ، الانين و غلايسين) .

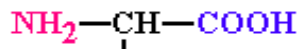
وحيدة الوظيفة الأمينية ووحيدة الوظيفة الحمضية.

أحماض أمينية عطرية

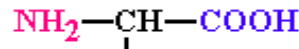
حمض أميني كبريتي



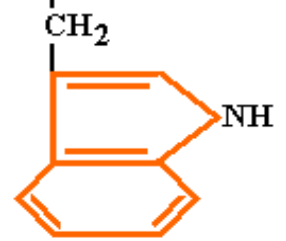
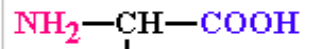
السيستئين (Cys)



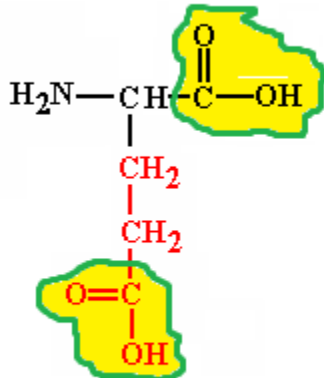
فينيل ألانين



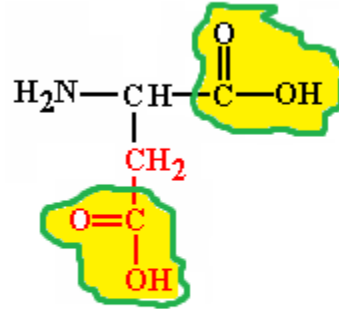
تيروزين



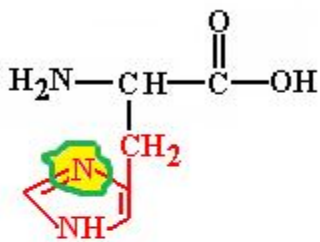
تريبتوفان



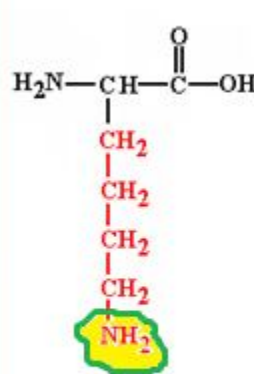
حمض غلوتاميك (Glu)



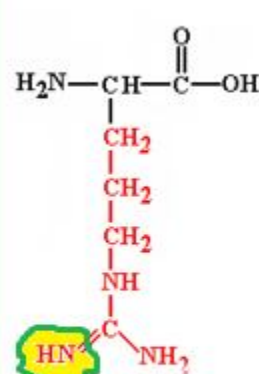
حمض أسبارتيك (Asp)



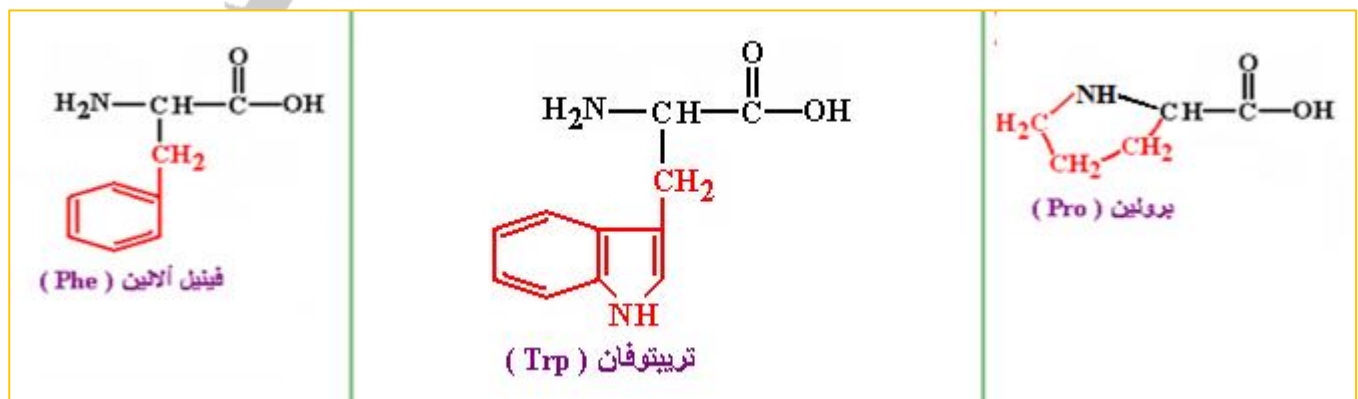
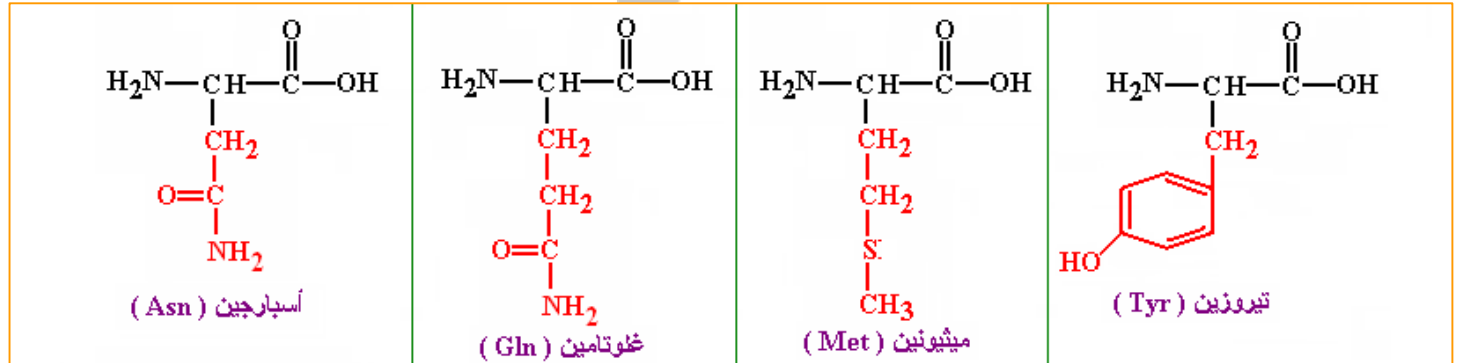
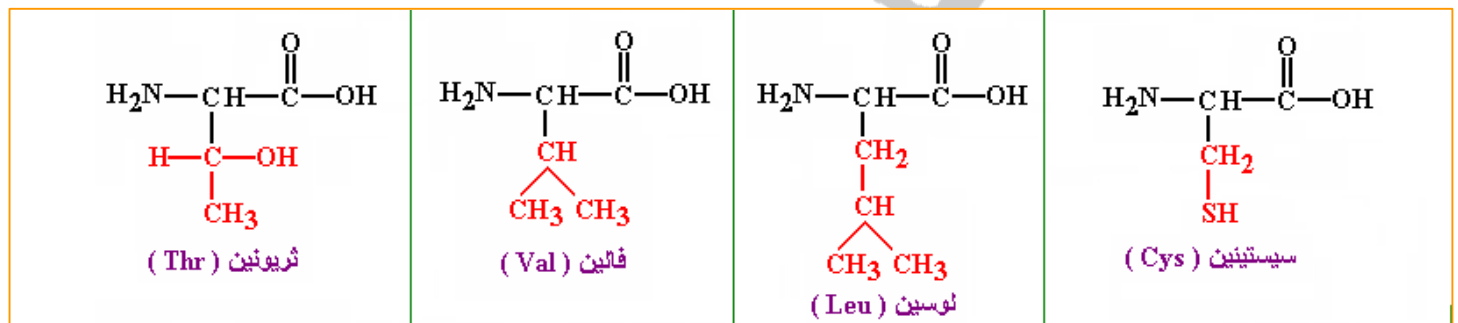
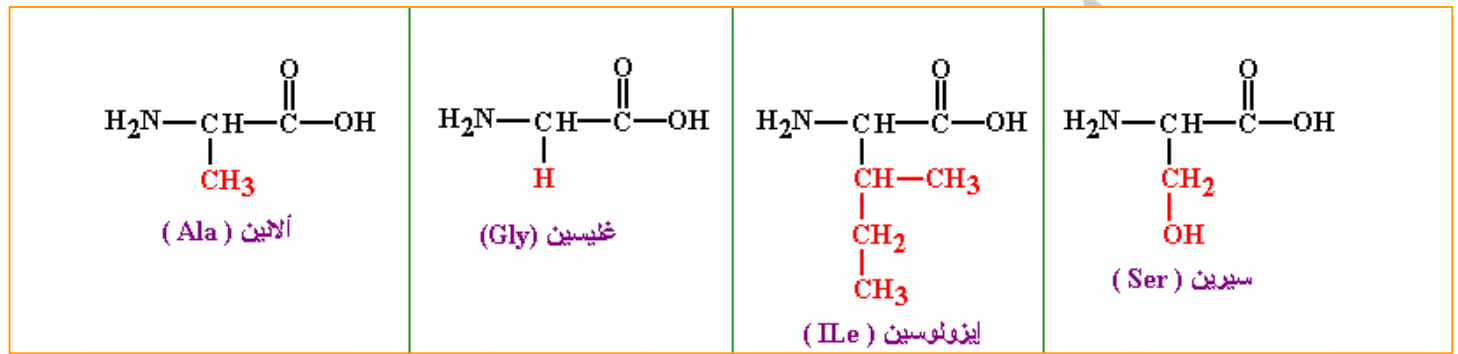
هيستيدين (His)



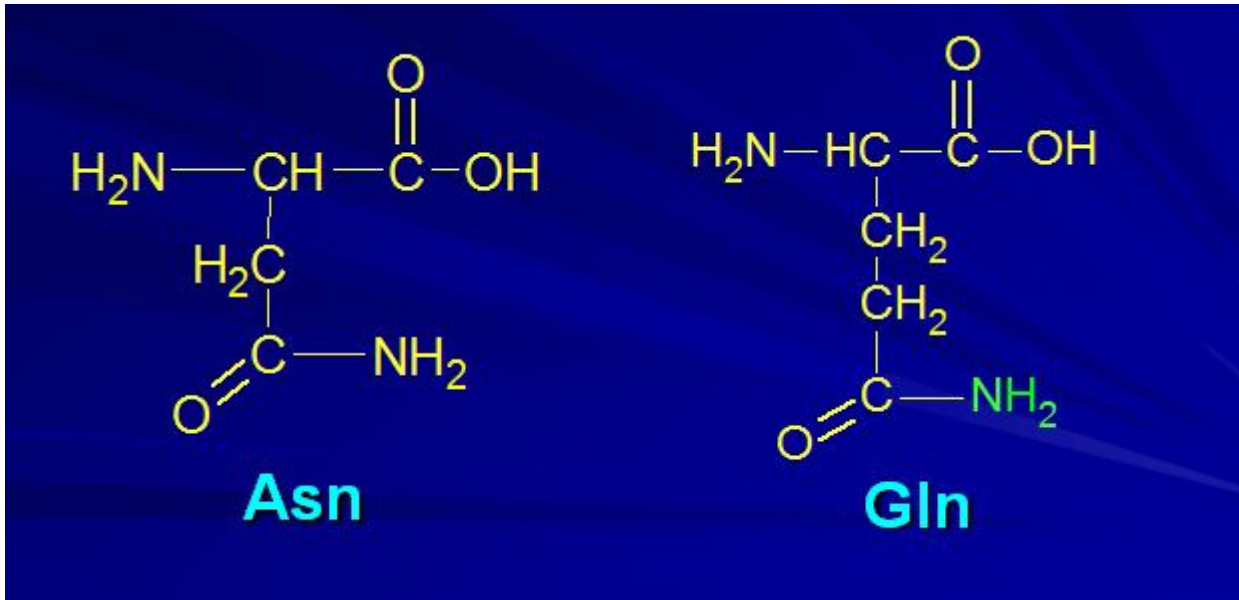
ليزين (Lys)



أرجينين (Arg)



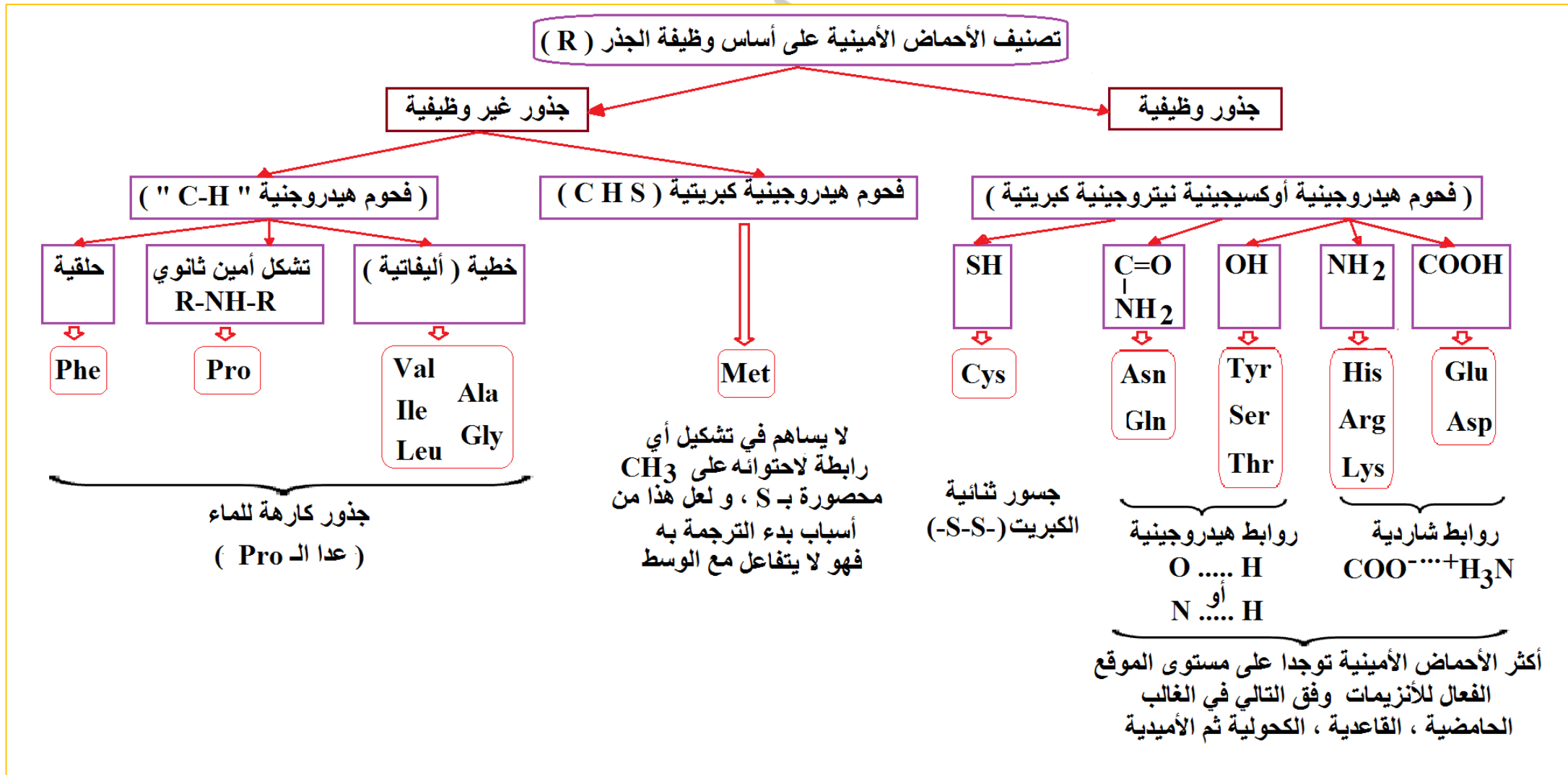
ملاحظة :



ينتمي الليزين Lys ، الأرجين Arg و الهيستيدين His إلى مجموعة الأحماض الأمينية **القاعدية** .
بينما ينتمي الغلوتامين Gln و الأسباراجين Asn إلى مجموعة الأحماض الأمينية **الأميدية** (يصنفان ضمن
الأحماض الأمينية **المتعادلة**) لاحتواء جذريهما على وظيفة أميدية غير قابلة للتأين (لا يمكنها اكتساب
بروتونا) ، حيث توجد بجذريهما مجموعة الـ CO = قبل مجموعة (- NH₂) و هذه من أصل مجموعة
الـ COOH ، أي أنها كانت كالتالي :



و كأن الوظيفة الحمضية عدلت الوظيفة القاعدية المتمثلة في المجموعة الأميدية CO-NH₂
أما الثاني (Lys) فهو ليس كذلك .



3 - سلوك الأحماض الأمينية في الوسط :

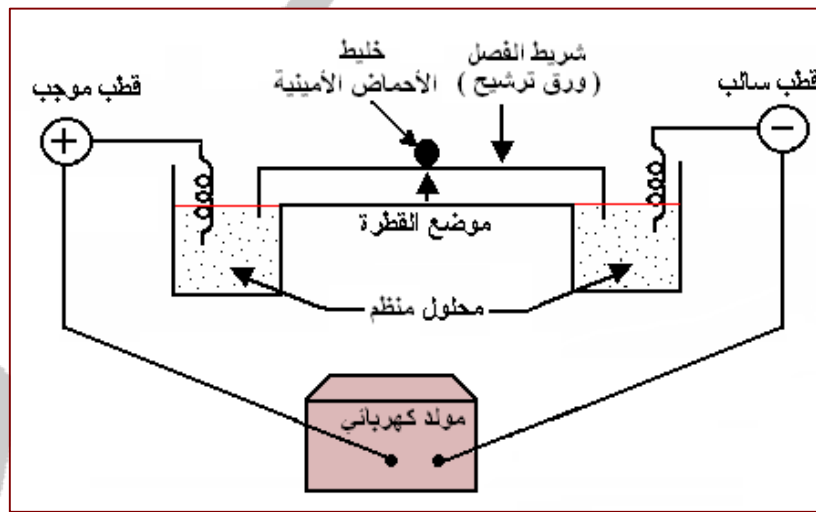
جهاز الهجرة الكهربائية :

جهاز يسمح بفصل المركبات المشحونة (أحماض أمينية أو بروتينات مثلا) وفق شحنتها ، حيث يتم وضع خليط من الأحماض الأمينية على شريط الفصل (ورق ترشيح أو مادة هلامية) المتصل بجرتين يحتوي كل منهما على محلول ذو PH محدد ، كما تحتوي كل حجرة على قطب كهربائي سالب أو موجب متصلين بمولد كهربائي .

الأحماض : هي تلك المركبات التي لها القدرة على تحرير بروتونات (H^+) .
القواعد : هي تلك المركبات التي لها القدرة على اكتساب بروتونات (H^+) .

1 - حالة حمض أميني واحد في أوساط حموضة (PH) مختلفة :

أ - لغرض تحديد شحنة الحمض الأميني ألانين (Ala) ، تم وضع قطرة من محلول الحمض الأميني في منتصف شريط ورق الترشيح في جهاز الهجرة الكهربائية (Electrophorèse) عند $PH = 2$ ثم تكرر التجربة السابقة عند $PH = 6$ ثم عند $PH = 12$. فكانت النتائج كما هي ممثلة في الصورتين (ب) و (ج) على الترتيب من الوثيقة السابقة :

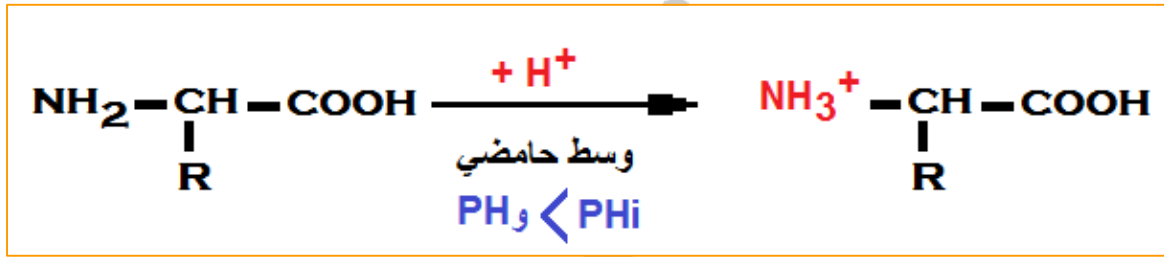


بعد انتهاء مدة الفصل كانت النتيجة كما هي موضحة في الصورة (أ) من الوثيقة التالية :

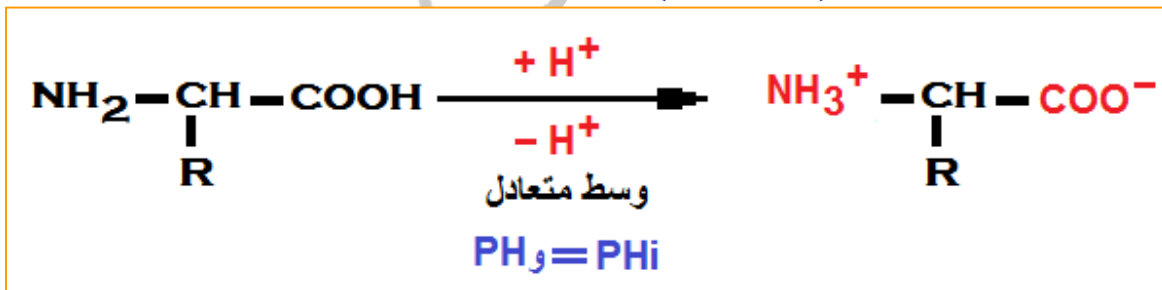
<p>الصورة (أ)</p>	<p>الصورة (ب)</p>	<p>الصورة (ج)</p>
-------------------	-------------------	-------------------

المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

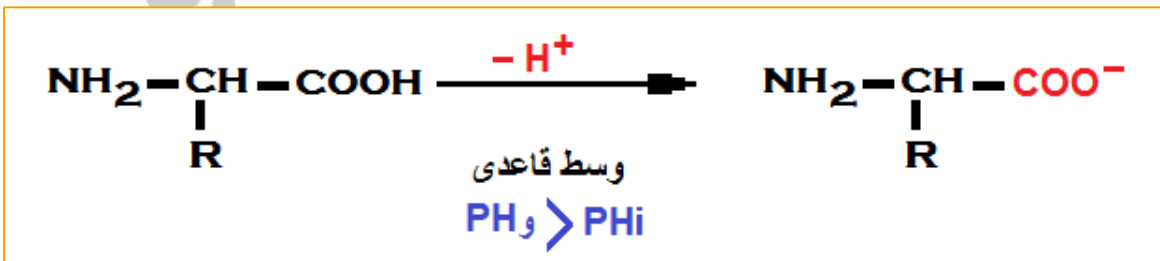
- ذكر بمبدأ تقنية الهجرة الكهربائية .
- يوضع خليط من أحماض أمينية في منتصف شريط الفصل (ورق ترشيح أو مادة هلامية) متصل بحجرتين تحتويان على محلول ذو PH محدد ، كما يغمر في إحدى الحجرتين قطب كهربائي سالب و في الحجرة الثانية قطب كهربائي موجب ، متصلين بمولد كهربائي .
- ما الهدف من تقنية الهجرة الكهربائية :
- الهدف منها فصل المركبات المشحونة (أحماض أمينية أو بروتينات مثلا) وفق شحنتها .
- حلل النتائج المحصل عليها .
- في $PH = 2$: نلاحظ انتقال (هجرة) الحمض الأميني إلى القطب السالب .
- في $PH = 6$: نلاحظ عدم انتقال (هجرة) الحمض الأميني إلى أي من القطبين .
- في $PH = 12$: نلاحظ انتقال (هجرة) الحمض الأميني إلى القطب الموجب .
- فسر نتائج الهجرة الكهربائية للحمض الأميني الألانين (Ala) ، و ماذا تستنتج ؟
- تتغير شحنة الحمض الأميني بتغير درجة PH الوسط ، و أن هجرة الحمض الأميني في هذا المجال تعتمد على نوع الشحنة التي يكتسبها .
- **في محلول ذو $PH = 2$:** تحرك الحمض الأميني باتجاه القطب السالب دلالة على أنه يحمل شحنة موجبة نتيجة تأين الوظيفة الأمينية ($-NH_2$) التي اكتسبت بروتونا و أصبحت تحمل شحنة موجبة ($-NH_3^+$) .



- **في محلول ذو $PH = 6$:** لم يتحرك الحمض الأميني إلى أي من القطبين دلالة على أنه متعادل كهربائيا أي أنه يحمل شحنة موجبة و شحنة سالبة (نتيجة تأين الوظيفة الأمينية ($-NH_2$) التي اكتسبت بروتونا و أصبحت تحمل شحنة موجبة ($-NH_3^+$) و تأين الوظيفة الكربوكسيلية ($-COOH$) التي فقدت بروتونا و أصبحت تحمل شحنة سالبة ($-COO^-$) .



- **في محلول ذو $PH = 12$:** تحرك الحمض الأميني باتجاه القطب الموجب دلالة على أنه يحمل شحنة سالبة نتيجة تأين الوظيفة الكربوكسيلية ($-COOH$) التي فقدت بروتونا و أصبحت تحمل شحنة سالبة ($-COO^-$) .



المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

- ماذا تستنتج؟
- يتغير سلوك الأحماض الأمينية حسب PH الوسط ، فهي تسلك سلوك الأحماض في وسط قاعدي و سلوك القواعد في وسط حامضي ، لذلك تسمى مركبات حمقلية (أمفوتيرية) .
- كيف تعرف قيمة PH الوسط التي يكون عندها الحمض الأميني متعادلا كهربائيا ؟
- تعرف بالـ PHi ، أي نقطة التعادل الكهربائي .
- عرف الـ PHi .
- هي قيمة PH الوسط التي يكون عندها الحمض الأميني متعادلا كهربائيا .
- إذا علمت أن الجذر (R) لحمض (Ala) هو (-CH₃) ، مثل صيغته عند قيم PH = 2 ، 6 و 12 .

$\text{H}_3\text{N}^+ - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{COOH}$	$\text{H}_3\text{N}^+ - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{COO}^-$	$\text{H}_2\text{N} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{COO}^-$
PH = 2	PH = 6	PH = 12

- استخرج قاعدة تسمح بتحديد شحنة الحمض الأميني بمقارنة قيمة الـ PH مع قيمة الـ PHi .
- إذا كانت قيمة PH الوسط أكبر من قيمة الـ PHi : يكون الوسط قاعدي ، فتتشرذ الوظيفة الكربوكسيلية فاقدة بذلك بروتونها ، و عليه تكون شحنة الحمض الأميني سالبة (-) .
- إذا كانت قيمة PH الوسط تساوي قيمة الـ PHi : يكون الوسط متعادلا ، فتتشرذ الوظيفة الكربوكسيلية فاقدة بذلك بروتونها ، كما تتشرذ الوظيفة الأمينية مكتسبة بروتونها ، و عليه تكون شحنة الحمض الأميني معدومة ، أي متعادل كهربائيا يحمل شحنة سالبة (-) و شحنة موجبة (+) (أيون زويتر Zwitter) .
- إذا كانت قيمة PH الوسط أقل من قيمة الـ PHi : يكون الوسط حامضيا ، فتتشرذ الوظيفة الأمينية مكتسبة بذلك بروتونها ، و عليه تكون شحنة الحمض الأميني موجبة (+) .

$\text{NH}_3^+ - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COOH}$	$\text{NH}_3^+ - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$	$\text{NH}_2 - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$
في وسط حامضي	في وسط متعادل	في وسط قاعدي
أيون موجب	أيون زويتر	أيون سالب
PH < PHi	PH = PHi	PH > PHi

- بمقارنة صيغة الحمض الأميني عند قيم الـ PH السابقة ، حدد سلوك الأئين (Ala) في الوسط ذو PH = 2 و PH = 12 .
- يسلك الحمض الأميني سلوك قاعدة في وسط حامضي باكتسابه لبروتون ، و سلوك حمض في وسط قاعدي بفقدانه لبروتون ، لذلك تسمى الأحماض الأمينية بمركبات أمفوتيرية (حمقلية) .

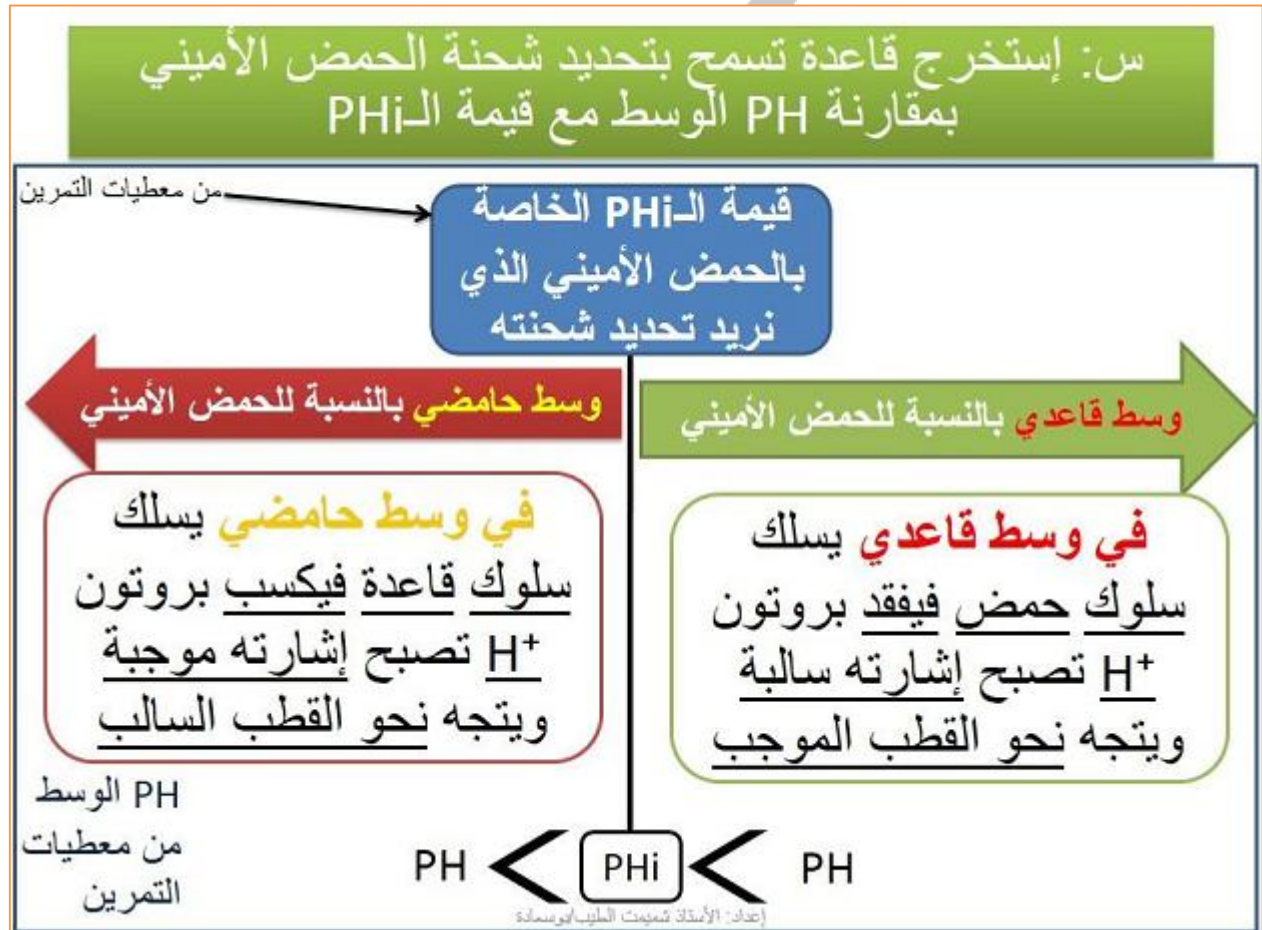
المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

ب - يبين الجدول الموالي قيم الـ PHi للأحماض الأمينية العشرين .

الحمض الأميني	حمض الأسبارتيك	حمض الغلوتاميك	سيستيئين	ميثيونين	أسبارجين	ثريونين	تيروزين	غلوتامين	سيرين	تريبتوفان
PHi	2.98	3.08	5.02	5.24	5.41	5.60	5.63	5.65	5.68	5.88

الحمض الأميني	فينيل ألانين	فالين	لوسين	إيزولوسين	غليسين	ألانين	برولين	هيستيدين	ليزين	أرجينين
PHi	5.91	6.0	6.04	6.04	6.06	6.11	6.30	7.64	9.74	10.76

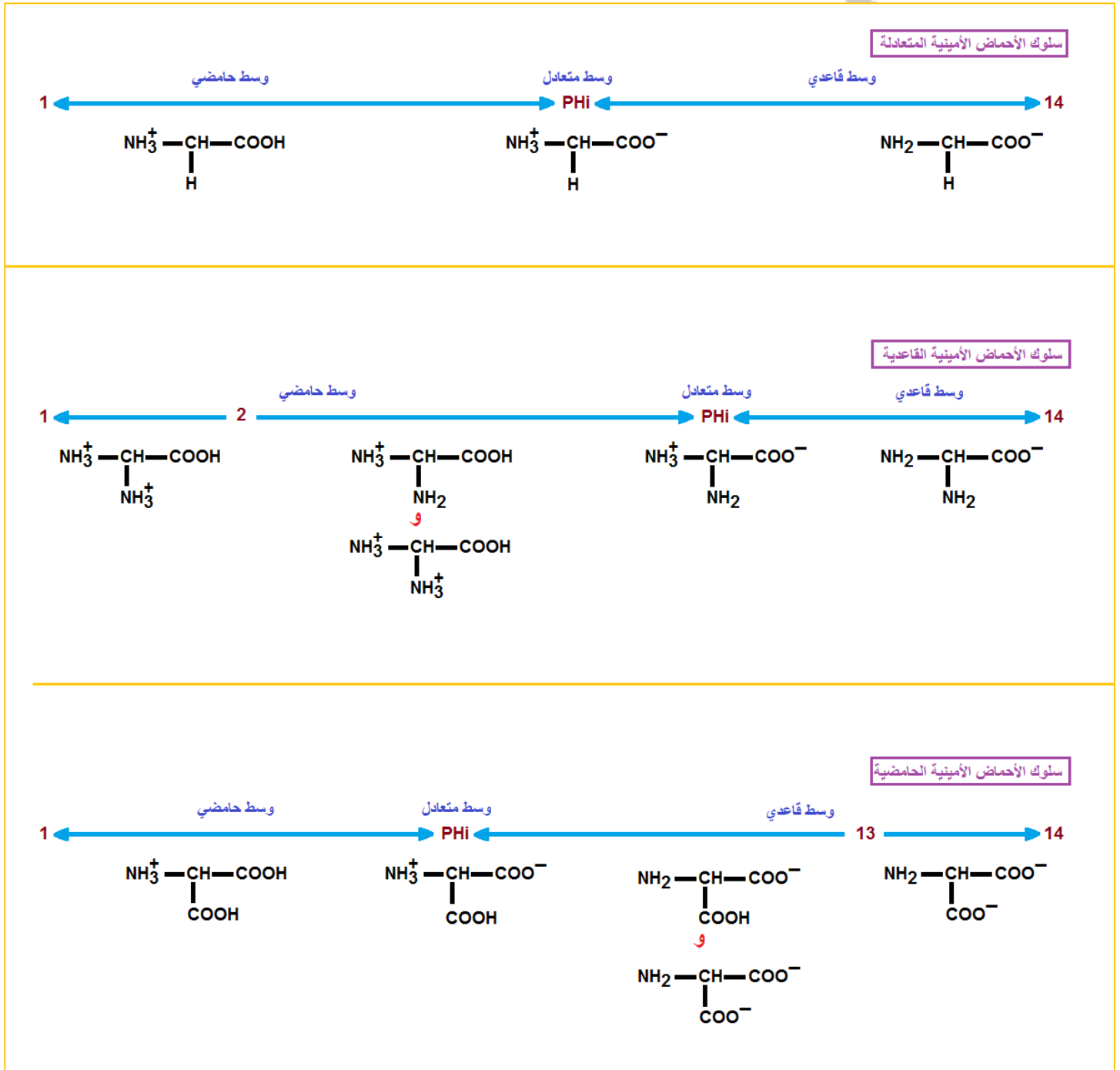
• ماذا تستخلص من هذه النتائج ؟
- لكل حمض أميني PHi خاص به .



1



ملخص لسلوك مجموعات الأحماض الأمينية :



** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته ** المجال الأول

الوسط القاعدي	الوسط الحامضي
$\text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^-$ $|$ \text{CH_3	$\text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{COOH}$ $|$ \text{CH_3
1-	1+

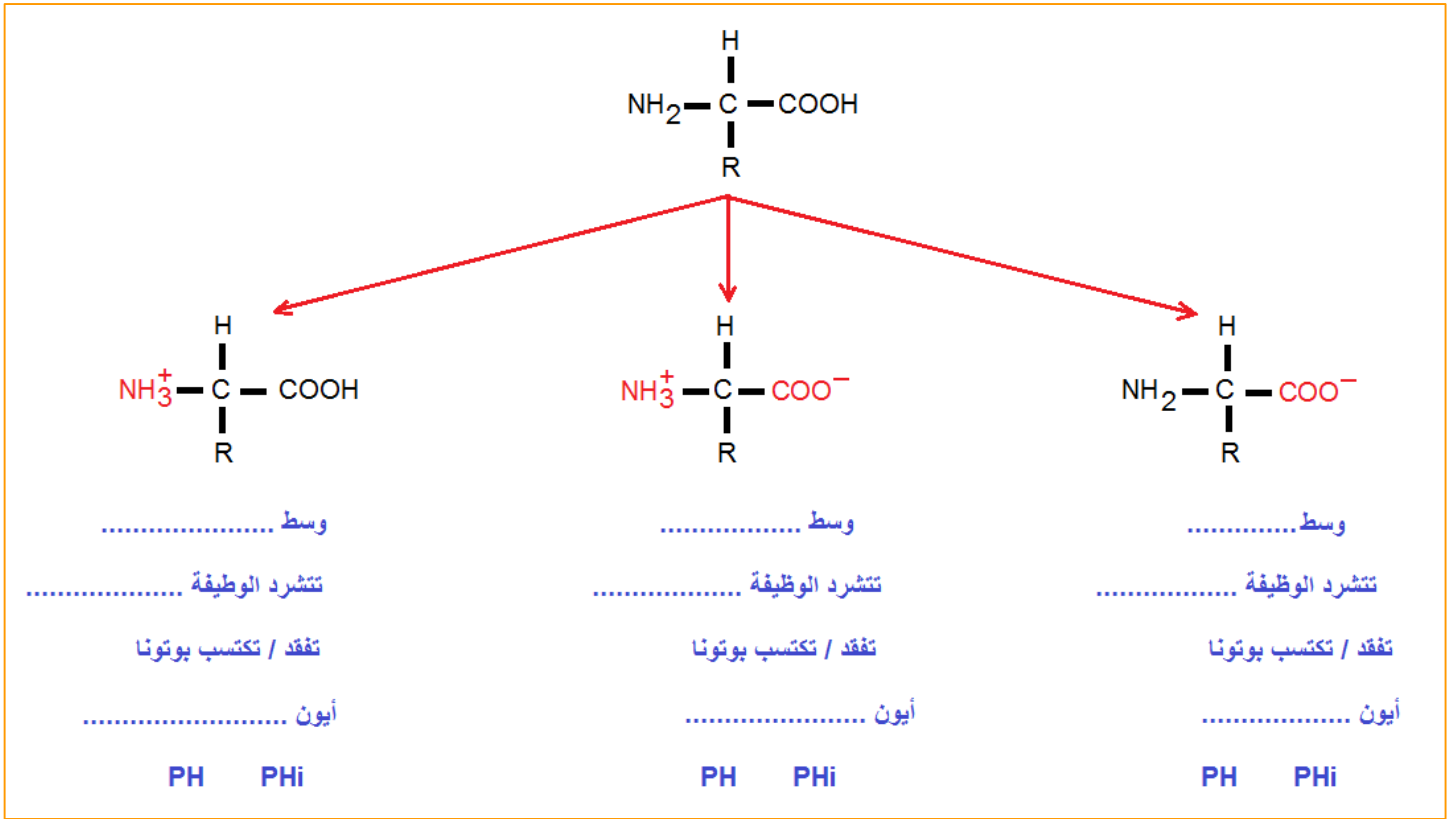
$+ \text{--- T ---}$ $|$	$+ \text{--- T --- -}$ $|$	\text{--- T --- -}$ $|
1+	0	1-

الوسط القاعدي	الوسط الحامضي
$\text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^-$ $|$ \text{CH_2$ $| \text{COO^-	$\text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{COOH}$ $|$ \text{CH_2$ $| \text{COOH
2-	1+

$+ \text{--- T ---}$ $|$	$+ \text{--- T --- -}$ $|$	\text{--- T --- -}$ $|	\text{--- T --- -}$ $| \text{---}
1+	0	1-	2-

الوسط القاعدي	الوسط الحامضي
$\text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^-$ $|$ \text{CH_2$ $| \text{NH_2	$\text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{COOH}$ $|$ \text{CH_2$ $| \text{NH_3^+
1-	2+

$+ \text{--- T ---}$ $|$ $+$	$+ \text{--- T ---}$ $|$	$+ \text{--- T --- -}$ $|$	\text{--- T --- -}$ $|
2+	1+	0	1-

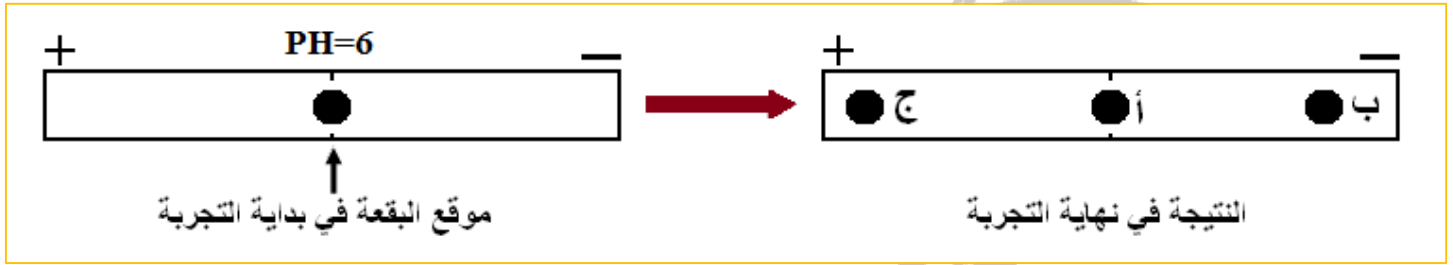


في وسط ذو **PH =** ... يهاجر الحمض الأميني ... نحو القطب ... دلالة على أنه يحمل شحنة
 أي أن **PH** الوسط **PHi** ، فسلك سلوك في وسط

أستاذ
 فراح عيسى

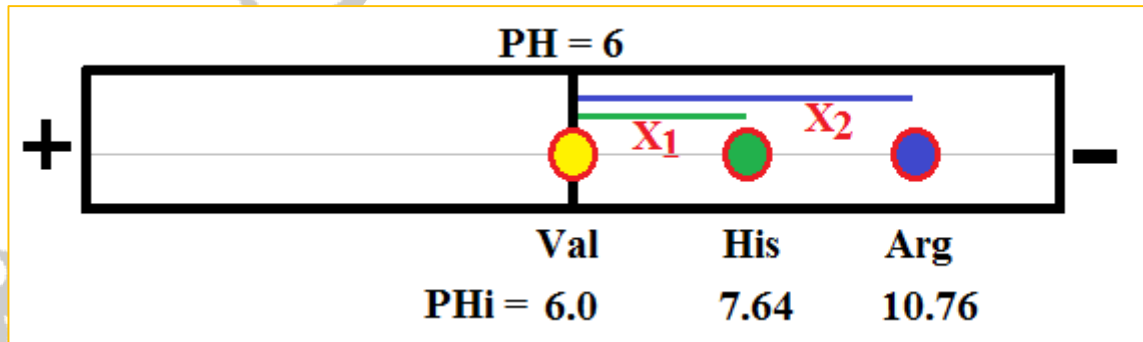
2 - حالة أحماض أمينية مختلفة في نفس وسط الحموضة (PH) :

تظهر الوثيقة الموالية نتيجة فصل خليط من أحماض أمينية ناتجة عن إمالة بيبتيد باعتماد تقنية الهجرة الكهربائية ضمن درجة حموضة : PH= 6 .



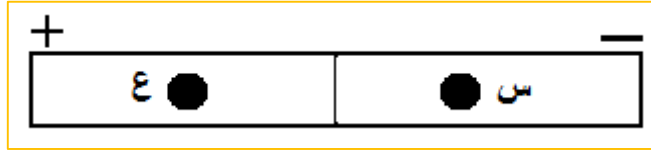
• فسر هذه النتائج .

- هاجر الحمض الأميني (ج) نحو القطب الموجب (+) لأنه يحمل شحنة سالبة (-) بسبب تأين وظيفته الكربوكسيلية (COOH) التي فقدت بروتونا كون PH الوسط قاعدي ، حيث PH الوسط أكبر من PHi الحمض الأميني .
- يبقى الحمض الأميني (أ) في منتصف شريط الفصل أي لم يهاجر إلى أي من القطبين لأنه متعادل كهربائياً ، يحمل شحنة سالبة (-) و شحنة موجبة (+) (نتيجة تأين الوظيفة الكربوكسيلية التي فقدت بروتونا ، و تأين الوظيفة الأمينية التي اكتسبت بروتونا) ، لأن PH الوسط يساوي PHi الحمض الأميني .
- هاجر الحمض الأميني (ب) نحو القطب السالب (-) لأنه يحمل شحنة موجبة (+) بسبب تأين وظيفته الأمينية (NH₂) التي اكتسبت بروتونا ، لأن PH الوسط حامضي ، حيث PH الوسط أصغر من PHi الحمض الأميني .



ملاحظة - 1 - :

إذا هاجر حمضان أمينيان إلى قطبيين مختلفين في PH معين ، فهذا يعني أن PH الوسط يكون محصورا بين قيمتي الـ PHi لكل منهما .



PHi لـ س > PH الوسط > PHi لـ ع

ملاحظة - 2 - :

تختلف مسافة هجرة الأحماض الأمينية نحو أحد القطبين باختلاف الفرق بين الـ PHi و PH الوسط أو الاختلاف في كهروإيجابيتها أو في كهروسلبيتها ، فكلما زاد الفرق بينهما زادت مسافة الهجرة .

$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ (\text{CH}_2)_4 \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ <p>ليزين Lys PHi = 9.74</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>ألانين Ala PHi = 6.11</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{SH} \end{array}$ <p>سيسنتين Cys PHi = 5.02</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{COO}^- \end{array}$ <p>حمض الأسبارتيك Asp PHi = 2.98</p>
<p>PH=6</p> <p>Val 6.0 Ala 6.11 Lys 9.74</p>		<p>PH=6</p> <p>Asp 2.98 Cys 5.02 Val 6.0</p>	

• بالنسبة لـ Val : PH - PHi = 6.0 - 6.0 = 0 ، وعليه مسافة التحرك = 0 .

• بالنسبة لـ Ala : PH - PHi = 6.0 - 6.11 = 0.11 .
 • بالنسبة لـ Cys : PH - PHi = 6.0 - 5.02 = 0.80 .
 وعليه مسافة الهجرة تكون أقل .

• بالنسبة لـ Lys : PH - PHi = 6.0 - 9.74 = 3.74 .
 • بالنسبة لـ Asp : PH - PHi = 6.0 - 2.98 = 3.02 .
 وعليه مسافة الهجرة تكون أكبر .

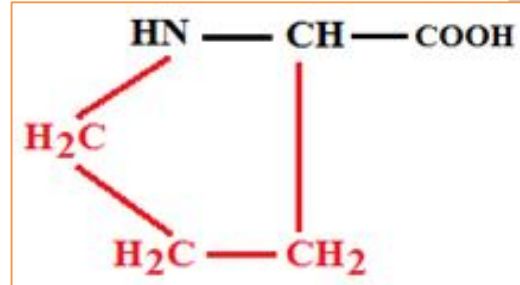
الليزين أكثر كهرو إيجابية " +2 " من الألانين " +1 "

حمض الأسبارتيك أكثر كهرو سلبية " -2 " من السيسنتين " -1 "

ملاحظة : سلوك البرولين

البرولين (Pro) هو الحمض الأميني الوحيد الذي يملك وظيفة أمينية ثانوية ، حيث يضم جذره 3 ذرات كربون مشبعة ، الثالثة منها مرتبطة بالوظيفة α الأمينية المتدخلة في تشكيل الرابطة الببتيدية .

الصيغة المفصلة للبرولين :



سلوك البرولين في أوساط PH مختلفة :

وسط حامضي	وسط متعادل	وسط قاعدي

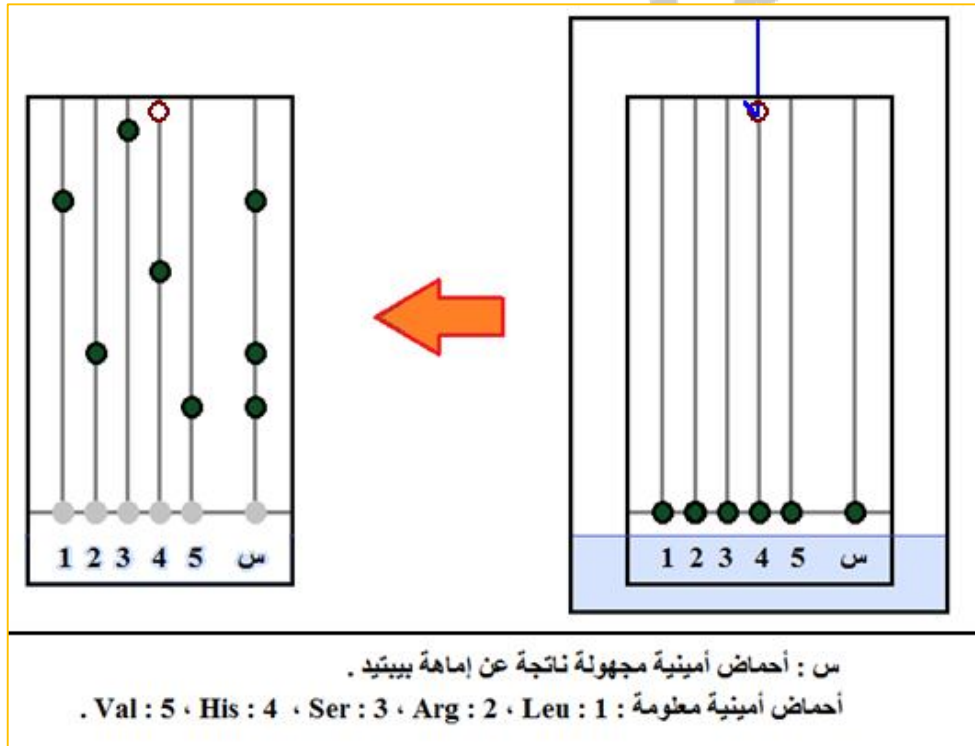
طرق فصل الأحماض الأمينية

لمعرفة أنواع الأحماض الأمينية الناتجة عن إماهة بيبتيده ، نلجأ إلى :

• **طريقة التسجيل اللوني .**

نضع على ورقة التسجيل اللوني و على نفس الخط قطرة من المحلول المجهول و قطرات من أحماض أمينية معلومة ، و بعد مدة زمنية تجفف الورقة المستعملة و يكشف عن الأحماض الأمينية بأحد الكواشف اللونية المميزة .

نقارن مسافة هجرة الأحماض الأمينية المجهولة مع الأحماض الأمينية المعلومة .
نفس مسافة الهجرة معناه نفس الحمض الأميني .



تحليل الوثيقة :

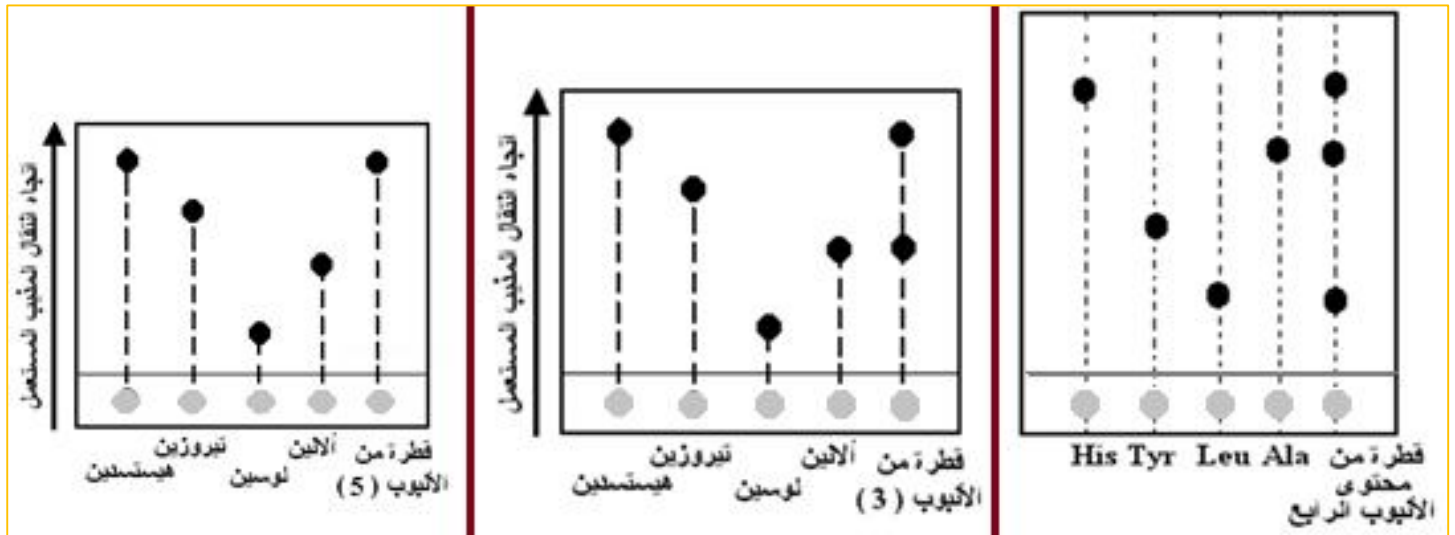
كشفت طريقة التسجيل اللوني أن الخليط (س) يتكون من 3 أنواع من الأحماض الأمينية .
بمقارنة مسافة هجرة الأحماض الأمينية المجهولة بمسافة هجرة الأحماض الأمينية المعلومة نستنتج أن :

الخليط (س) يتكون من الأحماض الأمينية التالية : Val + Arg + Leu

ملاحظة :

- 1 - البقعة الواحدة في ورقة التسجيل اللوني تشير إلى نوع الحمض الأميني و ليس إلى عدده .
- 2 - في هذا المثال فإن الخليط (س) يتكون من ثلاثة أنواع من الأحماض الأمينية ، أما عددها فتلاثة أو أكثر .

تطبيق :

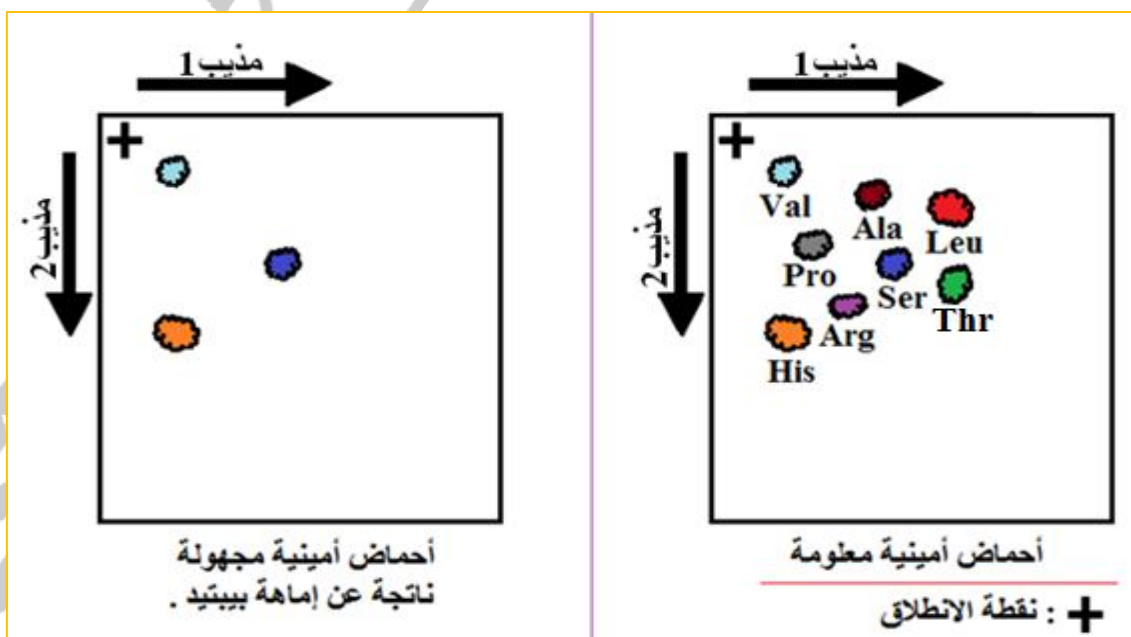


النتائج :

- الأنبوب الأول : يتكون البيبتيد المجهول من ثلاثة أنواع من الأحماض الأمينية هي: His + Ala + Leu.
- الأنبوب الثاني : يتكون البيبتيد المجهول من نوعين من الأحماض الأمينية هما : His + Ala.
- الأنبوب الثالث : يتكون البيبتيد المجهول من نوع واحد من الأحماض الأمينية هو: His.

طريقة التسجيل اللوني ذو البعدين .

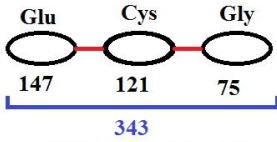
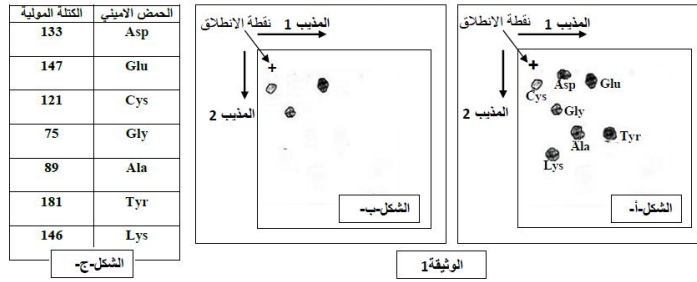
- نستعمل مذيبين ، الأول ينتشر أفقيا و الثاني ينتشر عموديا .
- نضع ، في أحد أركان ورقة التسجيل اللوني ، قطرة من محلول يحتوي على أحماض أمينية مجهولة ثم نغمر الورقة أولا في مذيب ينتشر عموديا بالخاصية الشعرية ، بعد ذلك ندير الورقة بزواوية 90° ونغمرها ثانية في مذيب آخر ينتشر عموديا بالخاصية الشعرية ، فتتحرك الأحماض الأمينية حركة عمودية و حركة أفقية (في اتجاهين = ذي بعدين) ، و بعد ذلك تجفف الورقة المستعملة و يكشف عن الأحماض الأمينية بأحد الكواشف اللونية المميزة و تقارن مع ورقة تضم أحماضا أمينية معلومة .



النتائج :

- يتكون البيبتيد المجهول من ثلاثة أنواع من الأحماض الأمينية هي: Val ، Ser ، His.

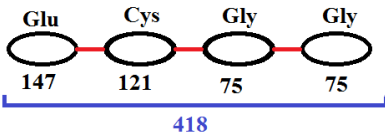
يمثل الشكل (أ) من الوثيقة 1 - نتائج التسجيل الكروماتوغرافي لسبعة أحماض أمينية



$$- 2 \text{H}_2\text{O} = 2 * 18 = 36$$

$$343 - 36 = 307$$

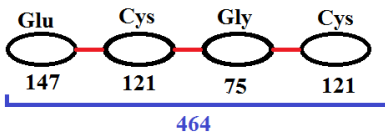
بينما يمثل لشكل (ب) من نفس الوثيقة نتائج التسجيل الكروماتوغرافي لنواتج إماهة بيبتييد كتلته المولية 307 غ / مول



$$- 3\text{H}_2\text{O} = 3 * 18 = 54$$

$$418 - 54 = 364$$

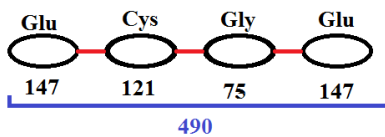
بينما يمثل لشكل (ب) من نفس الوثيقة نتائج التسجيل الكروماتوغرافي لنواتج إماهة بيبتييد كتلته المولية 364 غ / مول



$$- 3\text{H}_2\text{O} = 3 * 18 = 54$$

$$464 - 54 = 410$$

بينما يمثل لشكل (ب) من نفس الوثيقة نتائج التسجيل الكروماتوغرافي لنواتج إماهة بيبتييد كتلته المولية 410 غ / مول



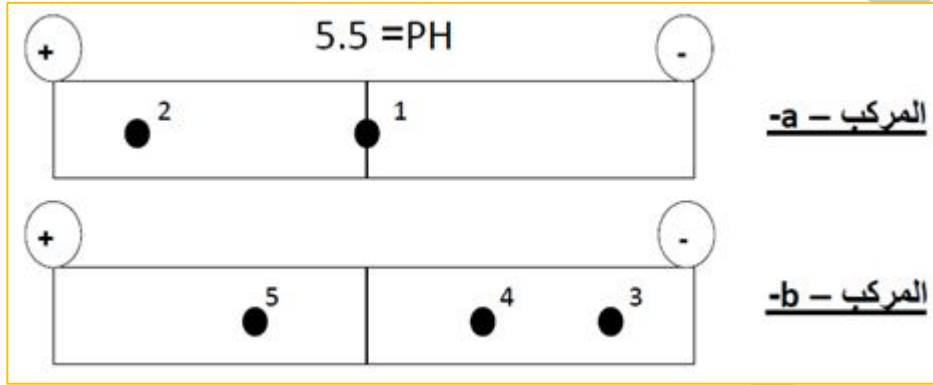
$$- 3\text{H}_2\text{O} = 3 * 18 = 54$$

$$490 - 54 = 436$$

بينما يمثل لشكل (ب) من نفس الوثيقة نتائج التسجيل الكروماتوغرافي لنواتج إماهة بيبتييد كتلته المولية 436 غ / مول

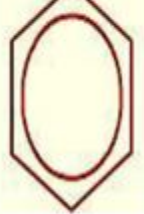
تطبيق 2 :

1 - عند دراستنا لبروتين (س) ، تبين أنه يتكون من مركبين (a) و (b) ، و بهدف التعرف على التركيب الكيميائي لهذين المركبين ، نقوم بفصل عناصرهما بطريقة الفصل (الهجرة) الكهربائي . النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة - 1 - .



الوثيقة - 1

- أ - ما هي العناصر الكيميائية المشكلة للمركبين (a) و (b) ؟
 ب - أكتب الصيغة الكيميائية العامة لهذه العناصر الكيميائية .
 ج - قدم تعريفا لهذه العناصر .
 2 - بينت التحاليل الكيميائية للبروتين (س) أنه مكون من العناصر الممثلة في الوثيقة - 2 - .

$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+ \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}^+ \\ | \quad \quad \quad | \\ \text{NH}_3^+ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ 
pHi = 3,2 حمض الغلوتاميك	pHi = 3,0 حمض الاسبارتيك	pHi = 9,8 ليزين	pHi = 10,8 أرجنين	pHi = 5,5 فيل ألانين

الوثيقة - 2

- أ - أنسب كل عنصر من الوثيقة - 2 - بالنقطة التي توافقه في الوثيقة - 1 - معللا إجابتك .
 ب - صنف العناصر الممثلة بالوثيقة - 2 - .
 ج - أكتب صيغة المركب (b) .
 د - استنتج الخاصية التي تميز هذه المركبات .

الحل :

1 - أ - ما هي العناصر الكيميائية المشكلة للمركبين (a) و (b) ؟

- تتمثل العناصر الكيميائية المشكلة للمركبين (a) و (b) في الأحماض الأمينية .
ب - أكتب الصيغة الكيميائية العامة لهذه العناصر الكيميائية .



ج - قدم تعريفا لهذه العناصر .

الأحماض الأمينية هي مركبات عضوية تتكون من :

- جزء ثابت مشترك بين جميع الأحماض الأمينية يحتوي على

وظيفتين هما : * وظيفة كربوكسيلية (حمضية) (-COOH) .

* وظيفة أمينية (-NH₂) .

ترتبط الوظيفتان على مستوى الكربون المركزي (α) .

- جزء متغير يختلف تركيبه من حمض أميني لآخر يدعى الجذر الألكيلي يرمز له بالحرف (R) .

2 - أ - أنسب كل عنصر من الوثيقة - 2 - بالنقطة التي توافقه في الوثيقة - 1 - ماعلا إجابتك .

- اللوحة (1) : تمثل الحمض الأميني " الفينيل ألانين " ، و ذلك لعدم تحركه في المجال الكهربائي إلى أي من القطبين ، و يفسر ذلك بتأين المجموعتين الوظيفيتين (الحمضية و الأمينية) ، حيث تحمل الوظيفة الكربوكسيلية شحنة سالبة ، و تحمل الوظيفة الأمينية شحنة موجبة ، و هذا يعني أنه متعادل كهربائيا لأن PH الوسط = PHi .

- اللوحة (2) : تمثل الحمض الأميني " حمض الأسبارتيك " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب الموجب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الكربوكسيلية ، حيث أصبح الحمض الأميني سالب الشحنة ، حيث سلك سلوك حمض في وسط قاعدي لأن PH الوسط أكبر من الـ PHi . اللوحة (3) : تمثل الحمض الأميني " الأرجنين " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب السالب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الأمينية ، حيث أصبح الحمض الأميني موجب الشحنة ، حيث سلك سلوك قاعدة في وسط حامضي ، لأن PH الوسط أقل من الـ PHi ، و تعزى مسافة التحرك الكبيرة إلى الفرق الكبير بين PH الوسط و الـ PHi .

- اللوحة (4) : تمثل الحمض الأميني " الليزين " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب السالب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الأمينية ، حيث أصبح الحمض الأميني موجب الشحنة ، حيث سلك سلوك قاعدة في وسط حامضي ، لأن PH الوسط > PHi و تعزى مسافة التحرك القليلة إلى الفرق القليل بين PH الوسط و الـ PHi .

- اللوحة (5) : تمثل الحمض الأميني " حمض الغلوتاميك " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب الموجب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الكربوكسيلية ، حيث أصبح الحمض الأميني سالب الشحنة ، حيث سلك سلوك حمض في وسط قاعدي ، لأن PH الوسط أكبر من الـ PHi .

ب - صنف العناصر الممثلة بالوثيقة - 2 -

- الفينيل ألانين : حمض أميني متعادل ، الأرجنين : حمض أميني فوق قاعدي .

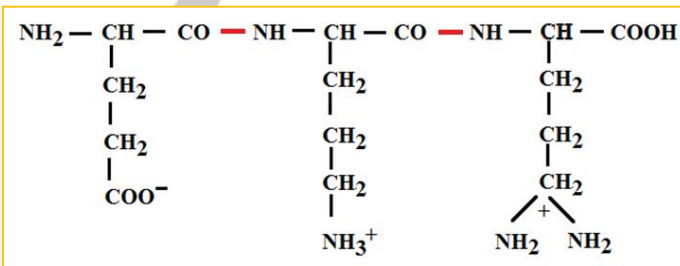
- الليزين : حمض أميني قاعدي ، حمض الأسبارتيك : حمض أميني حامضي .

- حمض الغلوتاميك : حمض أميني حامضي .

ج - كتابة صيغة المركب (b) .

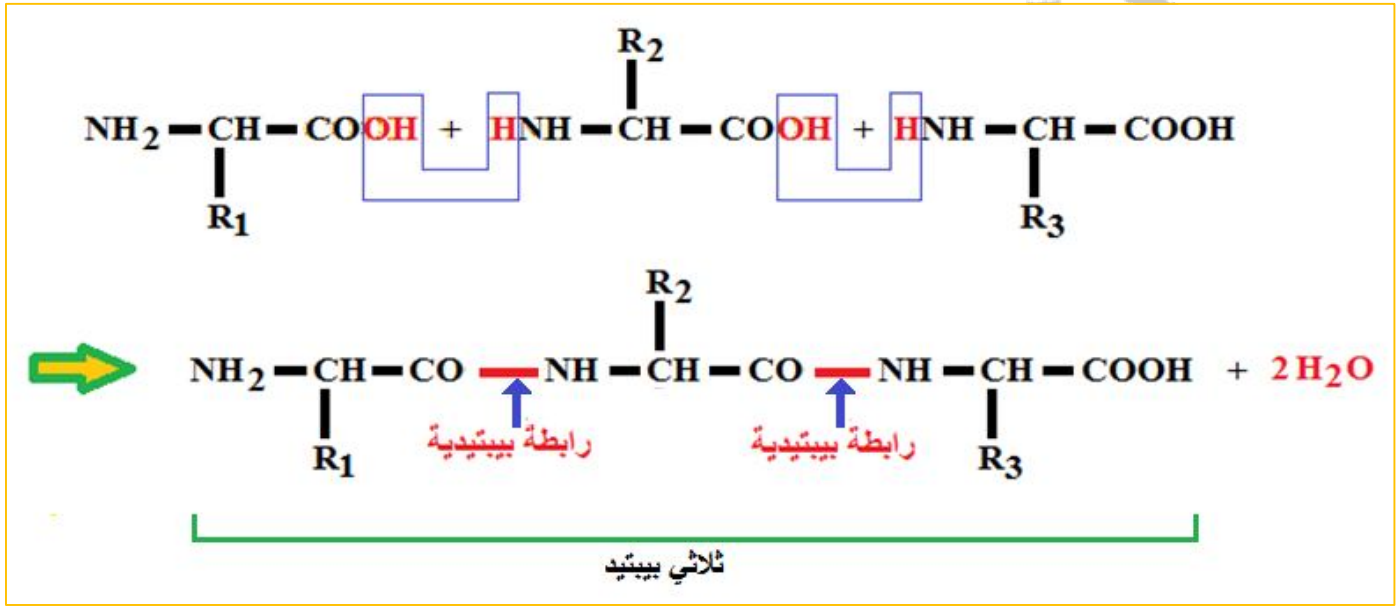
د - استنتاج الخاصية التي تميز هذه المركبات .

تتميز الأحماض الأمينية بالخاصية الحمقلية (الأمفوتيرية) ، حيث تسلك سلوك الأحماض في وسط قاعدي و سلوك القواعد في وسط حامضي .



4 - تشكل الرابطة الببتيدية :

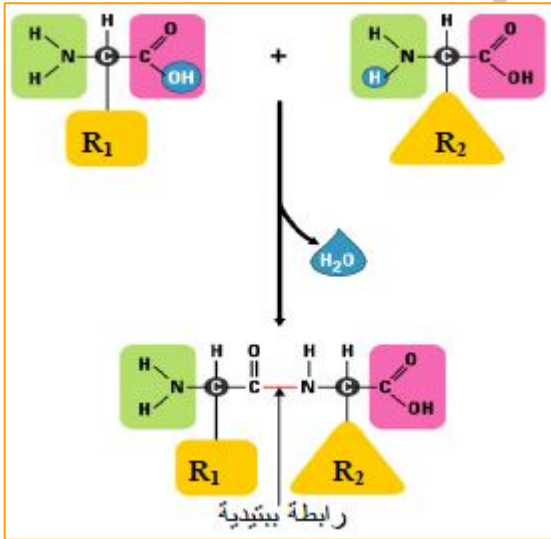
تمثل الوثيقة التالية سلسلة ببتيدية مكونة من 3 أحماض أمينية مرتبطة بروابط ببتيدية (ثلاثي ببتيد) .



● بمقارنة صيغة الببتيد الثلاثي الموضحة في الوثيقة و الصيغة العامة للأحماض الأمينية التي تعرفت عليها سابقا ، استنتج كيفية تشكل الرابطة الببتيدية .

- تتشكل الرابطة الببتيدية من اتحاد مجموعة كربوكسيلية لحمض أميني مع مجموعة أمينية لحمض أميني آخر مع تشكل جزيئة ماء .

● ما هي أنواع الوظائف الكيميائية المشاركة في تكوين الرابطة الببتيدية ؟
- الوظيفة الكربوكسيلية و الوظيفة الأمينية .



● كيف تتشكل الرابطة الببتيدية ؟

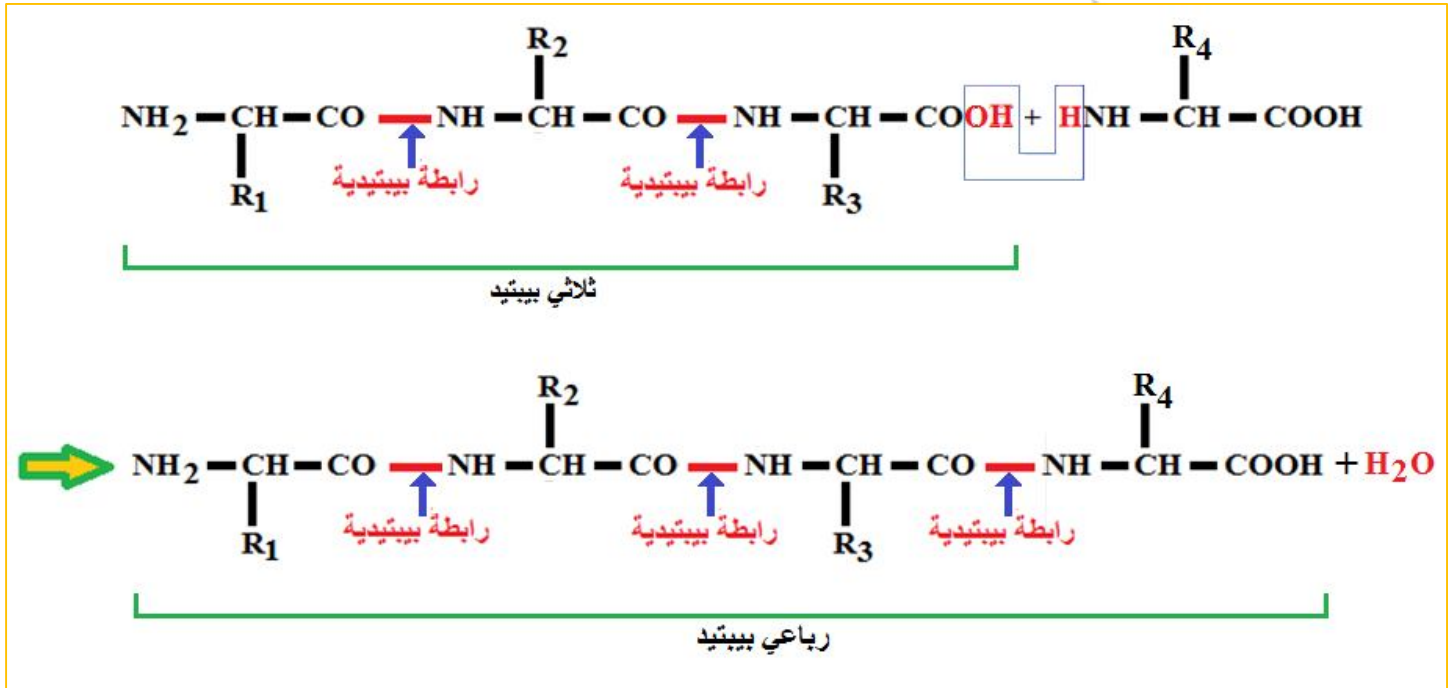
- تتشكل الرابطة الببتيدية بين الوظيفة الحمضية لحمض أميني و الوظيفة الأمينية لحمض أميني آخر مع فقد جزيئة ماء .

● قدم تعريفا للرابطة الببتيدية .

- هي رابطة تكافؤية قوية تنشأ بين حمضين أمينيين متتاليين ، بين المجموعة الكربوكسيلية للحمض الأميني الأول مع المجموعة الأمينية للحمض الأميني الموالي مع فقد جزيئة ماء .

المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

● باستعمال الصيغة العامة لحمض أميني ، شكل رباعي البيبتيد انطلاقا من ثلاثي البيبتيد الموضح في الوثيقة .



● ما هو عدد الوظائف الكربوكسيلية و الأمينية الحرة في ثلاثي و رباعي البيبتيد ؟

- وظيفة كربوكسيلية واحدة و وظيفة أمينية واحدة .

● هل يتأثر عدد هذه الوظائف بطول السلسلة ؟

- لا .

● هل يسلك البروتين (عدد كبير من الأحماض الأمينية) نفس سلوك الأحماض الأمينية ؟

- نعم .

● علل إجابتك .

- مهما كان عدد الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتين فإن هذا الأخير يحتوي دائما على وظيفة كربوكسيلية حرة في أحد طرفيه و وظيفة أمينية حرة في الطرف الآخر .

● احسب عدد أنواع رباعي البيبتيد الذي يمكن تركيبه من الوحدات البنائية في الحالتين التاليتين :

- بدون تكرار الحمض الأميني ، وبتكرار الحمض الأميني .

- بدون تكرار الحمض الأميني : $24 = 1 \times 2 \times 3 \times 4$.

- بتكرار الحمض الأميني : $256 = 4^4$.

● كيف تعلق التنوع اللامتناهي لمتعددات البيبتيد ؟

- تنوع متعددات البيبتيد مرتبط بعدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية .

● إذا علمت أن جذور الأحماض الأمينية هي كالتالي : $\text{R}_1 = \text{H}$, $\text{R}_2 = \text{CH}_2\text{OH}$, $\text{R}_3 = \text{CH}_3$:

أحسب الوزن الجزيئي لكل حمض أميني ، و لثلاثي البيبتيد الناتج .

- الكتلة المولية للجزء الثابت ($\text{NH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$) $74 = 1 + 32 + 12 + 1 + 12 + 2 + 14$.

- ح أ 1 : $74 = 1 + 74$ ، ح أ 2 : $105 = 31 + 74$ ، ح أ 3 : $89 = 15 + 74$.

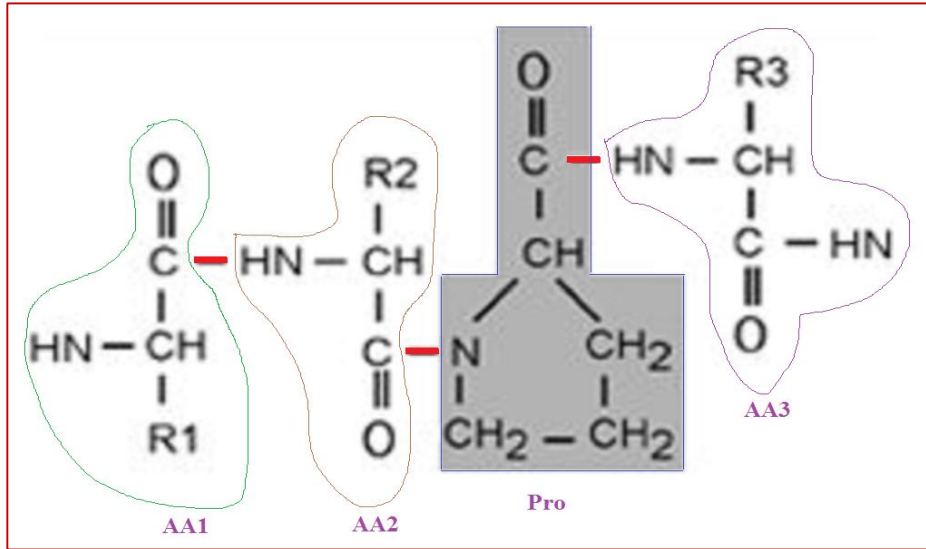
- ثلاثي بيبتيد $269 = 89 + 105 + 75$.

● إذا علمت أن الوزن الجزيئي لثلاثي البيبتيد المدروس هو 233 ، فكيف تفسر الاختلاف في النتيجة ؟

- $36 = 233 - 269$ ، هذه القيمة تمثل الكتلة المولية لجزيئين من الماء ($\text{H}_2\text{O} = 18 \times 2 = 36$)

حيث أثناء تشكل ثلاثي بيبتيد تتحرر جزيئان من الماء و تتشكل رابطتان بيبتيديتان .

ملاحظة : تدخل البرولين في تشكيل الرابطة الببتيدية :



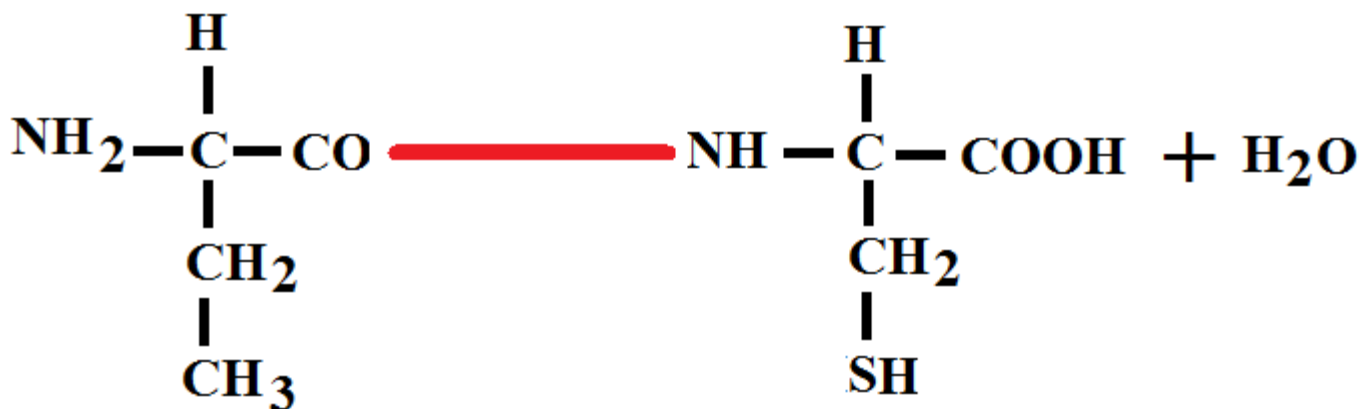
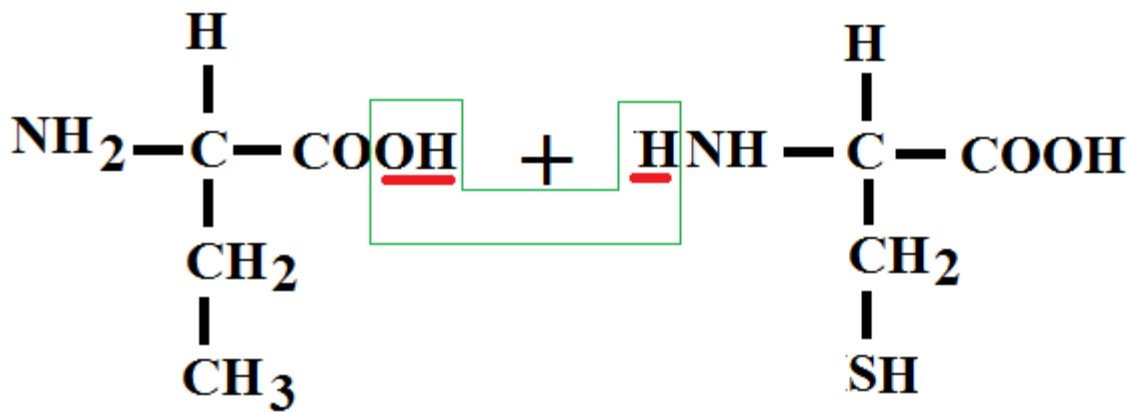
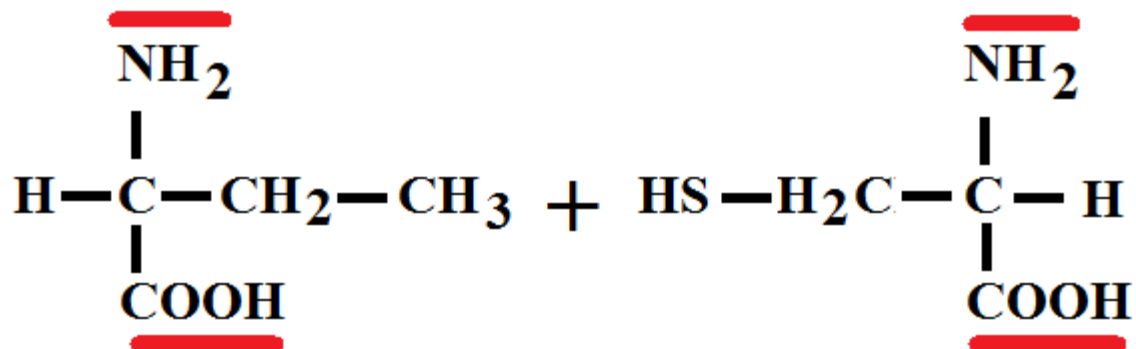
أنواع رباعي الببتيد بدون تكرار الحمض الأميني

أنواع رباعي الببتيد بتكرار الحمض الأميني

ABCD
ABDC
ACBD
ACDB
ADBC
ADCB
BACD
BADC
BCAD
BCDA
BDCA
BDAC
CABD
CADB
CBAD
CBDA
CDAB
CDBA
DABC
DACB
DCAB
DCBA
DBCA
DBAC

ABCD	AAAA	AAAB	AAAC	AAAD
ABDC	AACB	AABC	AADC	AACD
ACBD	.....	.....	.....	.....
ACDB	.....	.....	.....	.....
ADBC	.....	.....	.....	.....
ADCB	.....	.....	.....	.....
BACD	.....	.....	.....	.....
BADC	.....	.....	.....	.....
BCAD	.....	.....	.....	.....
BCDA	.....	.....	.....	.....
BDCA	.....	.....	.....	.....
BDAC	.....	.....	.....	.....
CABD	.....	.....	.....	.....
CADB	.....	.....	.....	.....
CBAD	.....	.....	.....	.....
CBDA	.....	.....	.....	.....
CDAB	.....	.....	.....	.....
CDBA	.....	.....	.....	.....
DABC	.....	.....	.....	.....
DACB	.....	.....	.....	.....
DCAB	.....	.....	.....	.....
DCBA	.....	.....	.....	.....
DBCA	.....	.....	.....	.....
DBAC	.....	.....	.....	.....

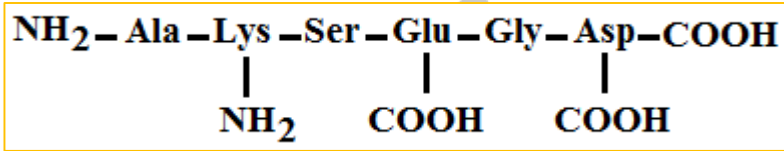
ملاحظة :



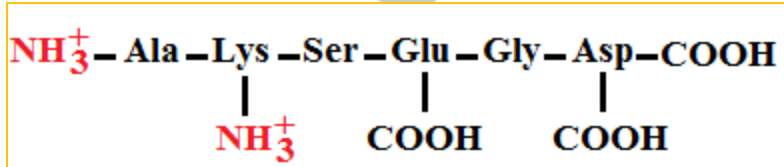
شحنة متعدد الببتيد :

- تنتج شحنة الببتيد من شحنة الأحماض الأمينية المكونة له.
- تملك السلسلة الببتيدية مهما كان طولها ونوع الأحماض الأمينية المكونة لها نهاية أمينية واحدة ونهاية كربوكسيلية واحدة ، لذلك تختلف شحنة الببتيد حسب نوع الجذور .
- بما أن جذور الأحماض الأمينية المتعادلة لا تملك أي شحنة فإن شحنة الببتيد تعتمد على الجذور الحامضية والقاعدية.
- لكل ببتيد أو بروتين قيمة pH_i تكون عندها شحنة الببتيد أو البروتين متعادلة (عدد الشحنات السالبة = الموجبة)
- يمكن تحديد هذه القيمة مخبريا بوضع الببتيد في مجال كهربائي عند درجات pH مختلفة وتحديد قيمة pH التي لا يتحرك فيها الببتيد أو البروتين.
- يمكن كذلك تحديد قيمة الشحنة عند pH الحامضي القوي ($pH=1$) و القاعدي القوي ($pH=13$) عند معرفة عدد الأحماض الأمينية القاعدية والحامضية الداخلة في تركيب الببتيد.

مثال تطبيقي :

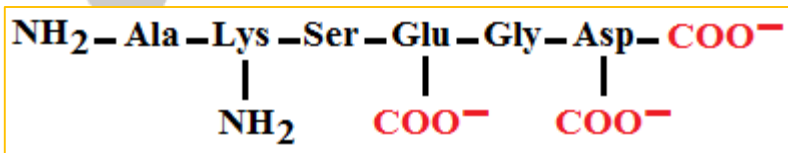


سداسي ببتيد مكون من :



شحنة الببتيد عند $pH=1$:

شحنته هي $+2$ وذلك لأن الشحنة الموجبة الأولى ناتجة من المجموعة الأمينية القاعدية في النهاية الأمينية والشحنة الموجبة الثانية ناتجة من الجذر القاعدي لحمض Lys .
أي أن شحنة الببتيد أو البروتين عند $pH=1$ هي عدد الأحماض الأمينية القاعدية $+1$.



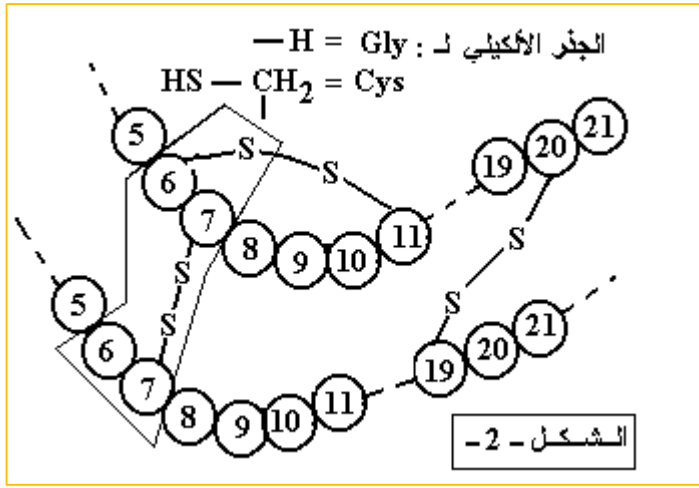
شحنة الببتيد عند $pH=13$:

شحنته هي -3 وذلك لوجود جذرين حامضيين (Glu و Asp) بالإضافة إلى النهاية الكربوكسيلية التي تكتسب شحنة سالبة في الوسط القاعدي القوي.
شحنة الببتيد هي عند $pH=13$ هي مجموع عدد الأحماض الأمينية الحامضية $+1$ لكن بإشارة سالبة

أهمية شحنة الببتيد والبروتين :

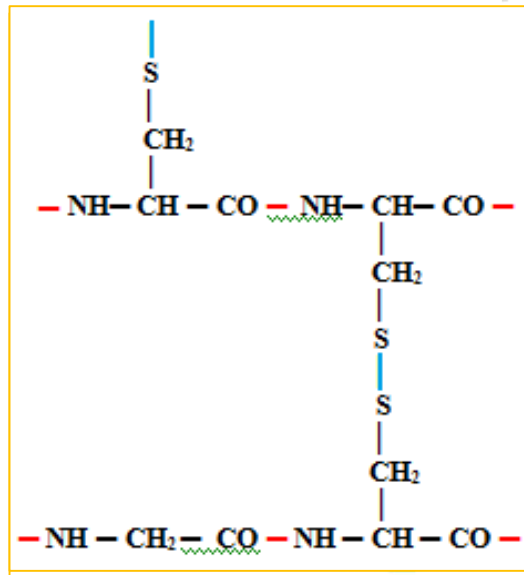
لشحنة البروتين أهمية كبيرة في الحفاظ على بنية ووظيفة البروتين مثل تكوين بعض أنواع الروابط المتدخلة في استقرار البنية الثالثية والرابعة للبروتين وكذلك في ارتباط مادة التفاعل وسير التفاعل عند الإنزيمات.

تطبيق (1) :



I - تظهر الوثيقة المولية جزيئة أنسولين ناضج .

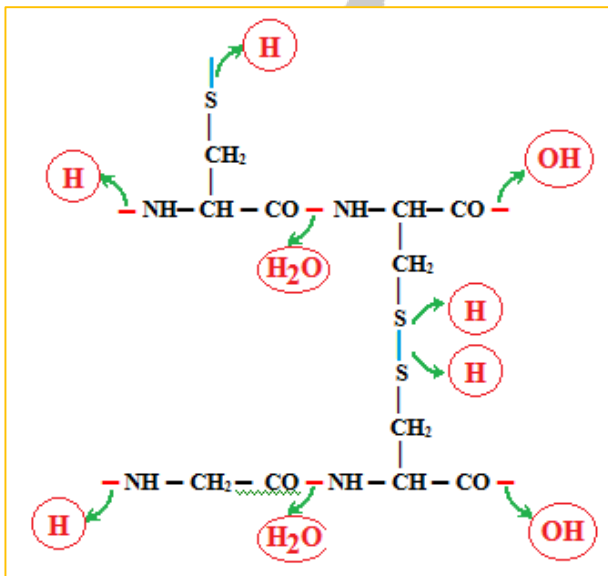
مثل الصيغة الكيميائية للجزء المؤطر ، ثم أحسب كتلته المولية إذا علمت أن :
 $R_{Gly} \rightarrow -H$ ، $R_{Cys} \rightarrow -CH_2-SH$ ، $N=14$ ، $C=12$ ، $H=1$ ، $O=16$



• تمثيل الصيغة الكيميائية للجزء المؤطر .

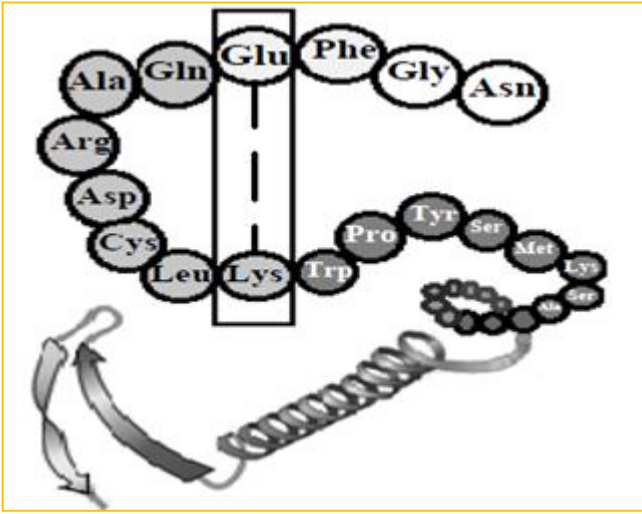
• حساب كتلته المولية للجزء المؤطر .

- الكتلة المولية للجزء الثابت (NH₂-CH-COOH) = 1+32+12+1+12+2+14 = 74 غ / مول .
- الكتلة المولية لـ Cys = (1 + 32 + 1 + 1 + 12) + 74 = 121 غ / مول .
- الكتلة المولية لـ Gly = 1 + 74 = 75 غ / مول .
- العناصر الكيميائية المنزوعة خلال ارتباط الأحماض الأمينية للجزء المؤطر هي : 4H₂O , 3H .
- كتلتها = (18 × 4) + (1 × 3) = 75 غ / مول .
- الكتلة المولية للجزء المؤطر =
 $363 = (75) - (75 + 121 + 121 + 121)$ غ / مول .



تطبيق (2) :

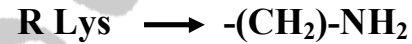
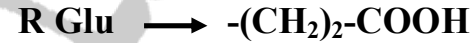
تمثل الوثيقة التالية نموذجاً توضيحياً للبنية الفراغية لبروتين مكون من سلسلة ببتيدية تم الحصول عليها باستعمال مبرمج راسنوب .



تنشأ بين الحمضين الأمينيين المؤثرين رابطة تساهم في ثبات البنية الفراغية لهذا البروتين .

1 - ما نوع الرابطة المشكلة بين الحمضين الأمينيين للجزء المؤثر ؟

2 - مثل الصيغة الكيميائية للجزء المؤثر ، ثم أحسب كتلته المولية إذا علمت أن : $C=12$, $H=1$, $O=16$



الكتلة المولية للـ Lys = 146 غ / مول .

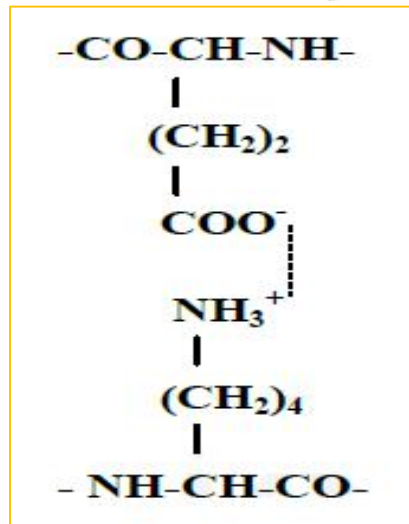
الكتلة المولية للـ Glu = 147 غ / مول .

الحل :

1 - نوع الرابطة :

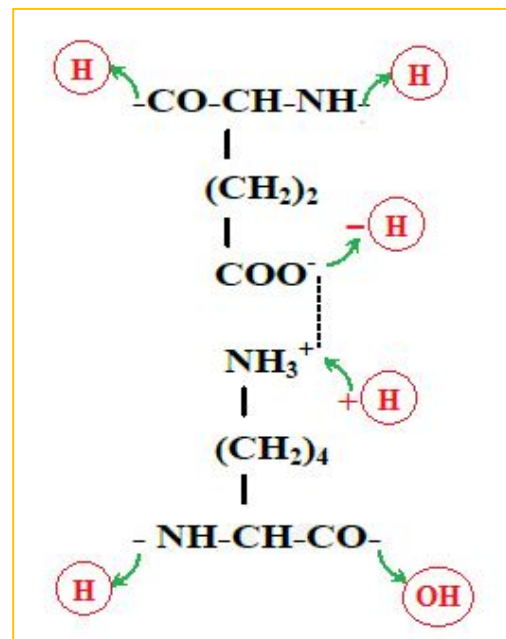
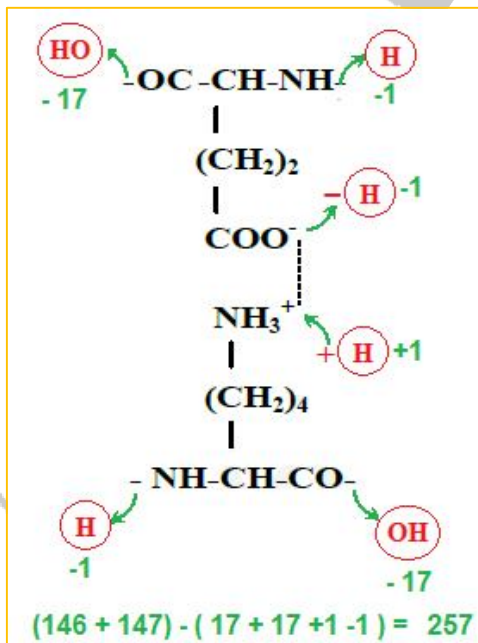
- رابطة شاردية .

2 - تمثيل الصيغة الكيميائية للجزء المؤثر .



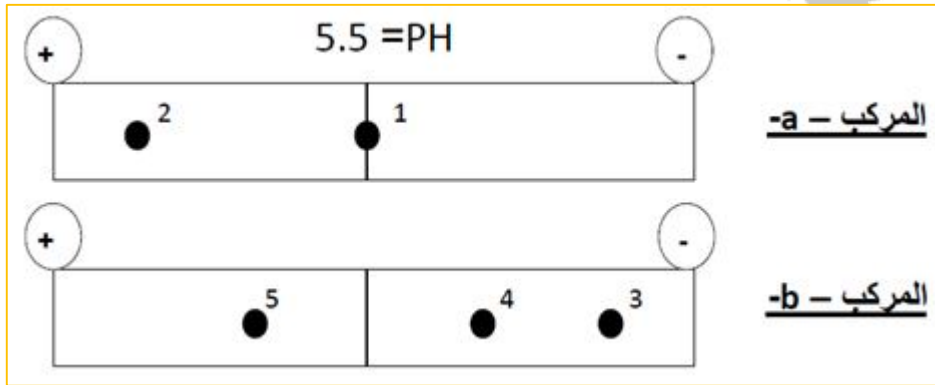
حساب كتلته المولية .

$(147 + 146) - 36 = 257$ غ / مول .



تطبيق (3) :

1 - عند دراستنا لبروتين (س) ، تبين أنه يتكون من مركبين (a) و (b) ، و بهدف التعرف على التركيب الكيميائي لهذين المركبين ، نقوم بفصل عناصرهما بطريقة الفصل (الهجرة) الكهربائي . النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة - 1 - .



الوثيقة - 1

- أ - ما هي العناصر الكيميائية المشكلة للمركبين (a) و (b) ؟
 ب - أكتب الصيغة الكيميائية العامة لهذه العناصر الكيميائية .
 ج - قدم تعريفا لهذه العناصر .
 2 - بينت التحاليل الكيميائية للبروتين (س) أنه مكون من العناصر الممثلة في الوثيقة - 2 - .

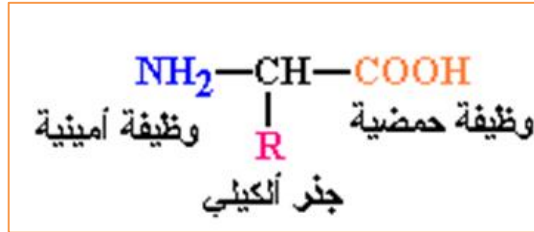
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+ \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}^+ \\ | \quad \quad \quad | \\ \text{NH}_3^+ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
pHi = 3,2 حمض الغلوتاميك	pHi = 3,0 حمض الاسبارتيك	pHi = 9,8 ليزين	pHi = 10,8 أرجنين	pHi = 5,5 فينيل آلانين

الوثيقة - 2

- أ - أنسب كل عنصر من الوثيقة - 2 - بالنقطة التي توافقه في الوثيقة - 1 - مغللا إجابتك .
 ب - صنف العناصر الممثلة بالوثيقة - 2 - .
 ج - أكتب صيغة المركب (b) .
 د - استنتج الخاصية التي تميز هذه المركبات .

الحل :

- 1 - أ - ما هي العناصر الكيميائية المشكلة للمركبين (a) و (b) ؟
- تتمثل العناصر الكيميائية المشكلة للمركبين (a) و (b) في الأحماض الأمينية .
ب - أكتب الصيغة الكيميائية العامة لهذه العناصر الكيميائية .



ج - قدم تعريفا لهذه العناصر .

- الأحماض الأمينية هي مركبات عضوية تتكون من :
- جزء ثابت مشترك بين جميع الأحماض الأمينية يحتوي على وظيفتين هما :
* وظيفة كربوكسيلية (حمضية) (-COOH) .
* وظيفة أمينية (-NH₂) .
ترتبط الوظيفتان على مستوى الكربون المركزي (α) .
- جزء متغير يختلف تركيبه من حمض أميني لآخر يدعى الجذر الألكيلي يرمز له بالحرف (R) .
2 - أ - أنسب كل عنصر من الوثيقة - 2 - بالنقطة التي توافقه في الوثيقة - 1 - مغللا إجابتك .

- اللطخة (1) : تمثل الحمض الأميني " الفينيل الأنين " ، و ذلك لعدم تحركه في المجال الكهربائي إلى أي من القطبين ، و يفسر ذلك بتأين المجموعتين الوظيفيتين (الحمضية و الأمينية) ، حيث تحمل الوظيفة الكربوكسيلية شحنة سالبة ، و تحمل الوظيفة الأمينية شحنة موجبة ، و هذا يعني أنه متعادل كهربائيا لأن PH الوسط = PHi .

- اللطخة (2) : تمثل الحمض الأميني " حمض الأسبارتيك " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب الموجب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الكربوكسيلية ، حيث أصبح الحمض الأميني سالب الشحنة ، حيث سلك سلوك حمض في وسط قاعدي لأن PH الوسط أكبر من الـ PHi .

- اللطخة (3) : تمثل الحمض الأميني " الأرجنين " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب السالب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الأمينية ، حيث أصبح الحمض الأميني موجب الشحنة ، حيث سلك سلوك قاعدة في وسط حامضي ، لأن PH الوسط أقل من الـ PHi ، و تعزى مسافة التحرك الكبيرة إلى الفرق الكبير بين PH الوسط و الـ PHi .

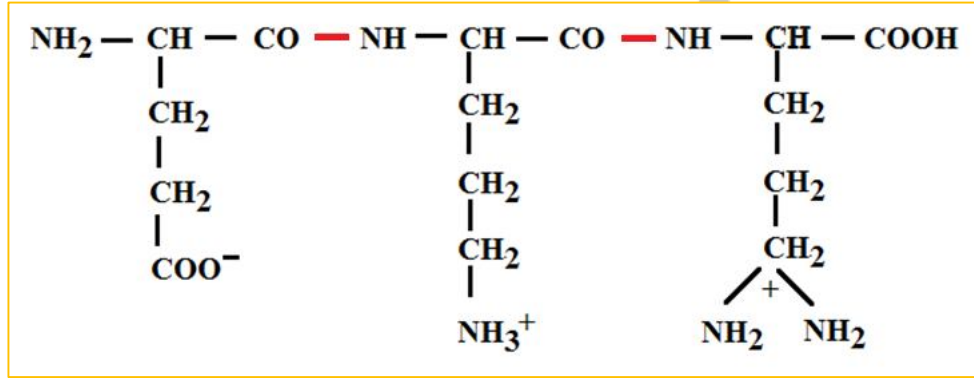
- اللطخة (4) : تمثل الحمض الأميني " الليزين " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب السالب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الأمينية ، حيث أصبح الحمض الأميني موجب الشحنة ، حيث سلك سلوك قاعدة في وسط حامضي ، لأن PH الوسط > PHi و تعزى مسافة التحرك القليلة إلى الفرق القليل بين PH الوسط و الـ PHi .

- اللطخة (5) : تمثل الحمض الأميني " حمض الغلوتاميك " ، و ذلك لتحركه في المجال الكهربائي باتجاه القطب الموجب ، و يفسر ذلك بتأين المجموعة الكربوكسيلية ، حيث أصبح الحمض الأميني سالب الشحنة ، حيث سلك سلوك حمض في وسط قاعدي ، لأن PH الوسط أكبر من الـ PHi .

ب - صنف العناصر الممثلة بالوثيقة - 2 - .

- الفينيل ألانين : حمض أميني متعادل .
- الأرجنين : حمض أميني فوق قاعدي .
- الليزين : حمض أميني قاعدي .
- حمض الأسبارتيك : حمض أميني حامضي .
- حمض الغلوتاميك : حمض أميني حامضي .

ج - كتابة صيغة المركب (b) .



د - استنتاج الخاصية التي تميز هذه المركبات .

تتميز الأحماض الأمينية بالخاصية الحمقلية (الأمفوتيرية) ، حيث تسلك سلوك الأحماض في وسط قاعدي و سلوك القواعد في وسط حامضي .

تمثيل البنية الفراغية للبروتين

الحصة التعليمية 3

أ - وضعية الانطلاق :

تأخذ البروتينات بعد تركيبها على مستوى الريبوزومات بنيات فراغية محددة و معقدة ، ليتم بعدها توجيه هذه البروتينات نحو المكان الذي تؤدي فيه وظيفتها المحددة داخل أو خارج الخلية .

ب - الإشكاليات :

- كيف يمكننا تمثيل البنية الفراغية للبروتين ؟
- ما هي مميزات هذه البنية ؟
- ما هي العلاقة بين البنية الفراغية للبروتين و الوظيفة التي يقوم بها ؟

ج - الفرضيات :

- البنية الأولية ، البنية الثانوية ، البنية الثالثية و البنية الرابعة .
- تتميز كل بنية بمميزات تميزها عن البنيات الأخرى .
- لا يكون البروتين وظيفيا إلا إذا كانت له بنية خاصة به .

د - التقصي :

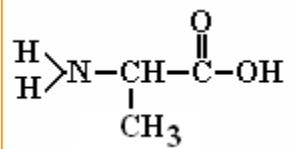
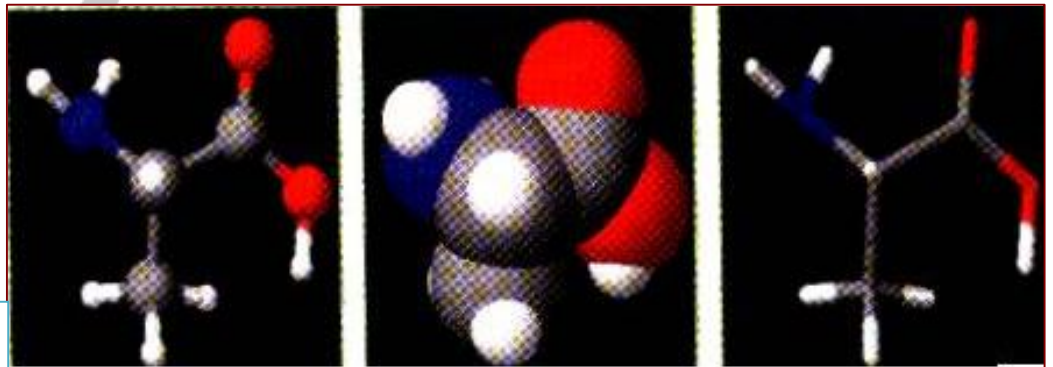
للإجابة عن هذه التساؤلات نقدم الدراسة التالية :

1 - تمثيل البنية الفراغية للبروتينات:

أ - تمثيل البنية الفراغية للجزيئات البسيطة :

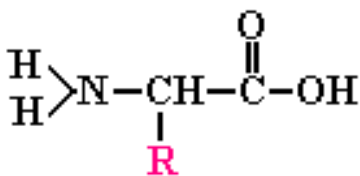
يمكن تمثيل البنية الفراغية لجزيء بسيط مثل حمض أميني بعدة طرق (نماذج) منها :

- نموذج العود (bâtonnet) .
- نموذج الكرة و العود (boule et bâtonnet) .
- النموذج المكسد (الكرة) (sphere) .

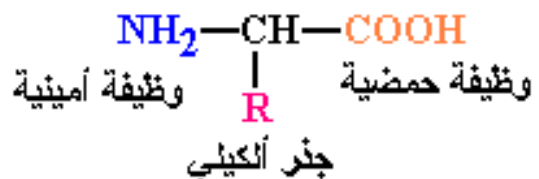


الوثيقة - 1 -

نموذج العود النموذج المكسد (الكرة) نموذج الكرة و العود



أو

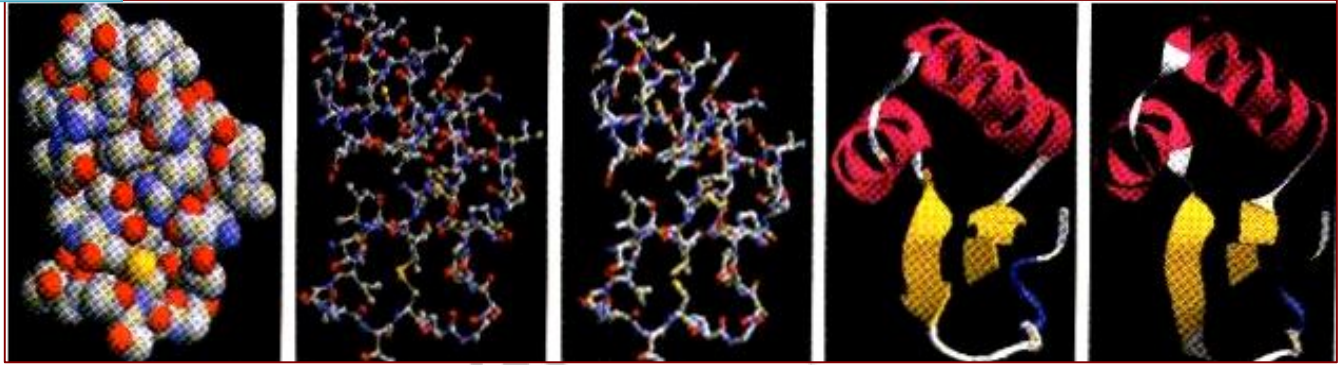


ب - تمثيل البنية الفراغية للجزيئات الكبيرة :

يحتاج تمثيل البنية الفراغية للجزيئات الكبيرة مثل البروتين باستعمال نفس النماذج السابقة بالإضافة إلى نماذج أخرى أكثر فائدة في توضيح جوانب من البنية الفراغية للبروتين مثل البنيات الثانوية α و β ومناطق الانعطاف .

فالنموذج الشريطي مثلا هو الأكثر استعمالا لأنه يظهر لنا بوضوح البنيات الثانوية و مناطق الانعطاف و يسمح لنا بمقارنة البنيات الفراغية للبروتينات . تمثل الوثيقة (2) طرقا مختلفة لتمثيل بنية بروتين . في النموذج الشريطي (Rubans) أو الشريطي السميك (Caricatures) يتم تمثيل البنية الحلزونية α عادة على شكل شريط حلزوني بلون أحمر بينما يتم إظهار البنية الثانوية β عادة على شكل مسطح بلون أصفر أو أزرق ، و قد تكون في شكل سهم لتحديد الاتجاه و تمييز البنيات β المتوازية و المتعكسة . يتم إظهار المناطق البينية (مناطق الانعطاف) بلون أبيض في شكل خيط سميك عادة .

الوثيقة - 2 -



نموذج الشريط نموذج الشريط السميك نموذج العود نموذج الكرة و العود النموذج المكدس
(Caricatures)

2 - استعمال الكمبيوتر في دراسة بنية البروتينات :

يسمح استعمال الكمبيوتر في تمثيل البنية الفراغية للبروتينات بتغيير طريقة التمثيل (النموذج) و باستعمال نموذجين في آن واحد بسهولة مما يمكننا من ملاحظة الفائدة من استعمال كل منها ، كما يسمح لنا بإجراء دراسة مفصلة لبنية البروتين و تحديد مواقع الأحماض الأمينية داخل البنية الفراغية و ربط العلاقة بين موقع الحمض الأميني و البنية الفراغية ، كما تسمح بتحديد الموقع الفعال و طريق ارتباط البروتين أو الانزيم بمادة التفاعل .

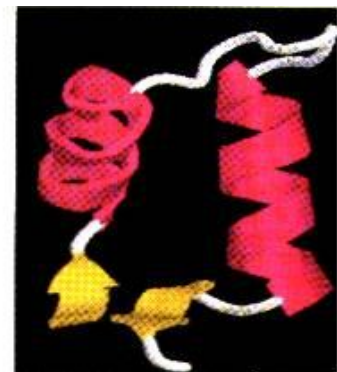
الوثيقة (3) هي تمثيل لبنيات ثانوية α و β و مناطق الانعطاف باستعمال برنامج راستوب (Rastop) أو راسمول (Rasmol) .



بنيات ثانوية β



بنيات حلزونية α



بنيات α و β

الوثيقة - 3 -

- باستعمال برنامج راستوب (Rastop) و باستغلال المعلومات السابقة حاول أن تستخرج معلومات حول مزايا كل نموذج في دراسة البروتينات .
- نموذج الكرة : يوضح أنواع الذرات المكونة للبروتين و حجم الجزيئات.
- النموذج الشريطي : يوضح البنيات الثانوية و مناطق الانعطاف .

هـ - الحصيلة المعرفية :

تظهر البروتينات ببنيات فراغية مختلفة، محددة بعدد و طبيعة و تتالي الأحماض الأمينية التي تدخل في بنائها.

أهمية برمجية Rastop :

- عرض النماذج الجزيئية (بروتينات ، أحماض النووية...) على الشاشة لغرض دراسة بنياتها الفراغية ثلاثية الأبعاد .

معلومات مفيدة

برنامج راستوب Rastop

- يستعمل برنامج " راستوب " لعرض النماذج الجزيئية لغرض دراسة البنية الفراغية ثلاثية الأبعاد للجزيئات و خاصة البروتينات و الأحماض النووية ، و ذلك عن طريق :
- تدوير الجزيئة في كل الاتجاهات .
 - تغيير نموذج العرض .
 - تغيير اللون .
 - معرفة عدد و تتابع الأحماض الأمينية .
 - اختيار حمض أميني أو بنية ثانوية أو قطعة بيتيدية .
 - تحديد جزء من البروتين .
 - تحديد الموقع الفعال .

استعمال برنامج راستوب (Rastop) :

راستوب Rastop هو أحد البرامج المستعملة في عرض البنية الفراغية للجزيئات و خاصة البروتينات .

أمثلة عن بعض النشاطات التي يمكن إجراؤها باستعمال البرنامج Rastop :

- 1- تغيير نموذج العرض **Changement de modèle de représentation** (طريقة تمثيل الجزيء) .
- 2 - تدوير الجزيء **Pivoter (tourner)** باستعمال الفأرة أو لوحة التحكم.
- 3- التكبير والتصغير **Zooming** كل البروتين أو جزء منه.
- 4- التلوين **Colorer** كل البروتين أو جزء منه.
التلوين يكون :
 - حسب نوع البنية الثانوية
 - حسب أنواع الأحماض الأمينية
 - حسب درجة الكراهة للماء
 - حسب نوع السلسلة الببتيدية
- 5- معلومات حول البروتين **Informations**
- 6- الاختيار **Sélectionner** لجزء من البروتين أو حمض أميني أو ذرات .
- 7- التحديد **Restriction** لحمض أميني أو بنية ثانوية أو للمجموعة غير البروتينية أو الموقع الفعال .

عرض و دراسة بروتين الإنسولين

فتح الملف

تغيير طريقة العرض

تدوير

معرفة عدد الأحماض الامينية

عدد السلاسل الببتيدية

نوع ، عدد وطول البنيات الثانوية

التعرف على مواقع بعض الأحماض الأمينية

تحديد عدد أحماض Cys ومواقع الجسور الكبريتية

ماهو مستوى البنية الفراغية للإنسولين؟

هل يمكن القول أن للإنسولين بنية أولية فقط؟ هل يمكن لأي بروتين أن يؤدي وظيفة ببنية أولية فقط؟

عرض ودراسة بروتين الهيموغلوبين.

فتح الملف
تغيير طريقة العرض
تدوير
معرفة عدد الأحماض الامينية
عدد السلاسل الببتيدية
نوع ، عدد وطول البنيات الثانوية
التعرف على مواقع بعض الأحماض الأمينية
تحديد مكان وجود مجموعات الهيم وذرات الحديد
عرض سلسلة واحدة لتوضيح موقع تثبيت الأكسجين
من هي الأحماض الامينية المسؤولة عن تثبيت الأكسجين؟
لماذا يعتبر غاز CO ساما جدا؟
مرض الأنيميا المنجلية؟ ماهو تأثير استبدال حمض أميني على بنية ووظيفة الهيموغلوبين؟

عرض ودراسة بروتين الميوغلوبين.

فتح الملف
تغيير طريقة العرض
تدوير
معرفة عدد الأحماض الامينية
عدد السلاسل الببتيدية
نوع ، عدد وطول البنيات الثانوية
التعرف على مواقع بعض الأحماض الأمينية
تحديد مكان وجود مجموعات الهيم وذرات الحديد
عرض سلسلة واحدة لتوضيح موقع تثبيت الأكسجين
من هي الأحماض الامينية المسؤولة عن تثبيت الأكسجين؟
لماذا يعتبر غاز CO ساما جدا؟
مرض الأنيميا المنجلية؟ ماهو تأثير استبدال حمض أميني على بنية ووظيفة الهيموغلوبين؟

عرض ودراسة إنزيم الليزوزيم

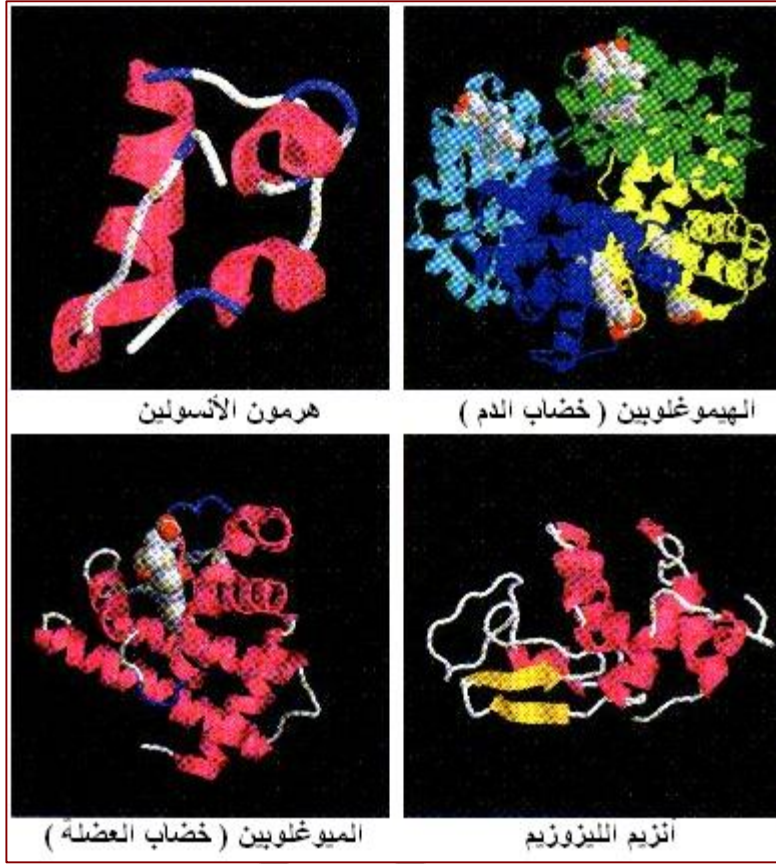
فتح الملف
تغيير طريقة العرض
تدوير
معرفة عدد الأحماض الامينية
عدد السلاسل الببتيدية
نوع ، عدد وطول البنيات الثانوية
التعرف على مواقع بعض الأحماض الأمينية
تحديد الموقع الفعال
معرفة الأحماض الأمينية المشاركة مباشرة في نشاط الإنزيم
فهم آلية عمل الإنزيم

طريقة العمل :

فتح برنامج راسنوب جديد فتح حدد البروتين المراد دراسته جزيء معلومات جزيء .

3 - أمثلة عن البنية الفراغية لبعض البروتينات:

باستعمال برنامج راستوب (برنامج كمبيوتر متخصص في محاكاة البنية الفراغية للجزيئات) قمنا بتمثيل البنية الفراغية لأربعة أنواع من البروتينات في شكل صور موضحة في الوثيقة (1) .



الوثيقة - 1 -

- من خلال التحليل المقارن لبنية البروتينات الأربعة الموضحة في الوثيقة (1) :
استخرج أوجه التشابه و الاختلاف بينها .

الميوغلوبين	الليزوزيم	الأنسولين	الهيموغلوبين	درجة التعقيد
متوسطة التعقيد	متوسطة التعقيد	بسيطة	معقدة	عدد السلاسل
واحدة	واحدة	سلسلتان	أربع سلاسل	أنواع البنيات الثانوية
الحلزونية α باللون الأحمر أو وريقات β باللون الأصفر و مناطق الانعطاف باللون الأبيض أو الأصفر				عدد البنيات الثانوية
10 - 8	10 - 8	3	أكثر من 10 حوالي 32	

✚ اقترح فرضية تفسر اختلاف البنية الفراغية للبروتين .
نفسر اختلاف البنية الفراغية للبروتين بعدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية الداخلة في تركيبه .

مستويات البنية الفراغية للبروتينات

الحصّة التعليمية 4

أ - وضعية الانطلاق :

تتميز البنية الفراغية للبروتينات بتعقيدها و صعوبة تمثيلها بطريقة صحيحة ، لذا قسمت إلى مستويات بنائية متدرجة التعقيد .

ب - الإشكاليات :

• ما هي مستويات تعقيد البنية الفراغية للبروتين ؟

ج - الفرضيات :

◆ البنية الأولية ، البنية الثانوية ، البنية الثالثية ، البنية الرابعة .

د - التقصي :

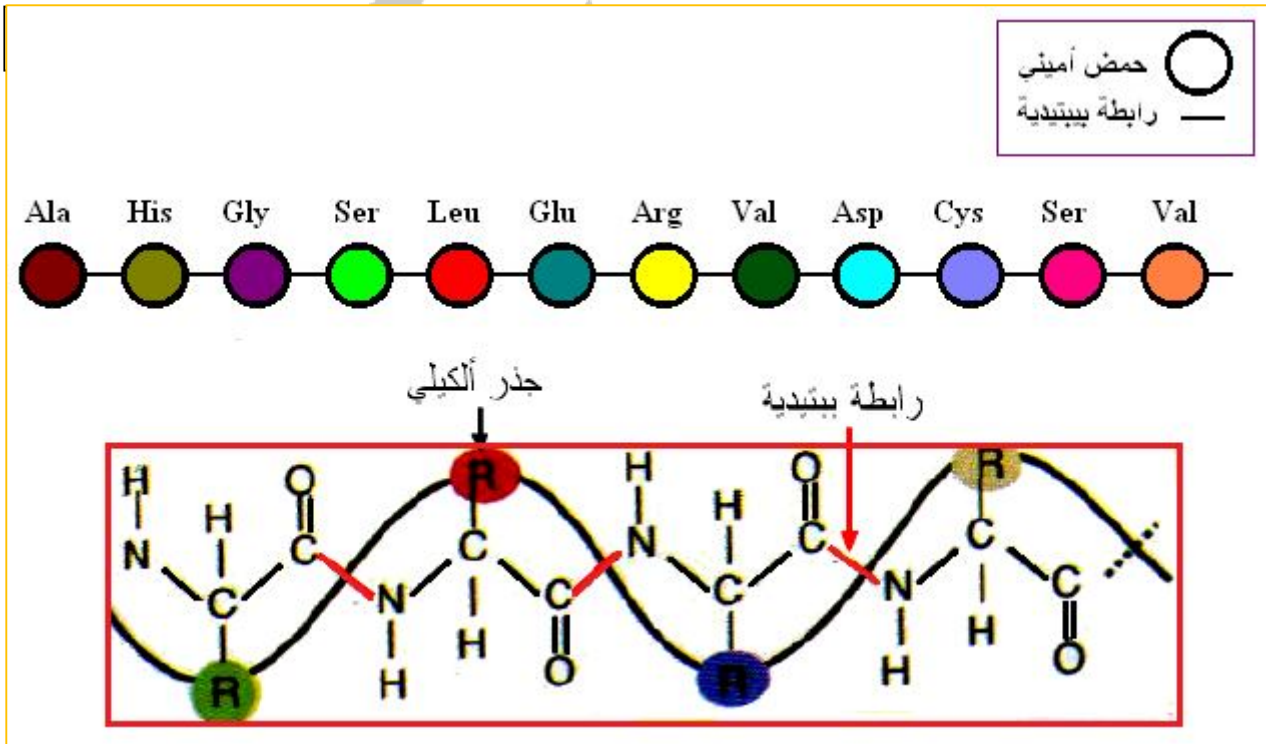
لكل بروتين بنية فراغية محددة بدقة متناهية ، هذه البنية هي المسؤولة عن وظيفة هذا البروتين. أي تغير في البنية الفراغية يؤدي إلى فقدان الوظيفة.

نظرا لتعقيد البنية الفراغية للبروتينات قام العلماء بوصف أربعة مستويات بنوية متدرجة في تعقيدها و هذه المستويات البنوية هي :

1 - البنية الأولية :

و هي ارتباط عدد من الأحماض الأمينية بروابط بيبتيديّة لتكوين سلسلة بيبتيديّة .
و تتميز هذه البنية بـ :

- * تعتبر أبسط مستوى من البنية .
- * غياب الالتفاف (الانطواء) .
- * نوع واحد من الروابط بين الأحماض الأمينية (الروابط البيبتيديّة) .



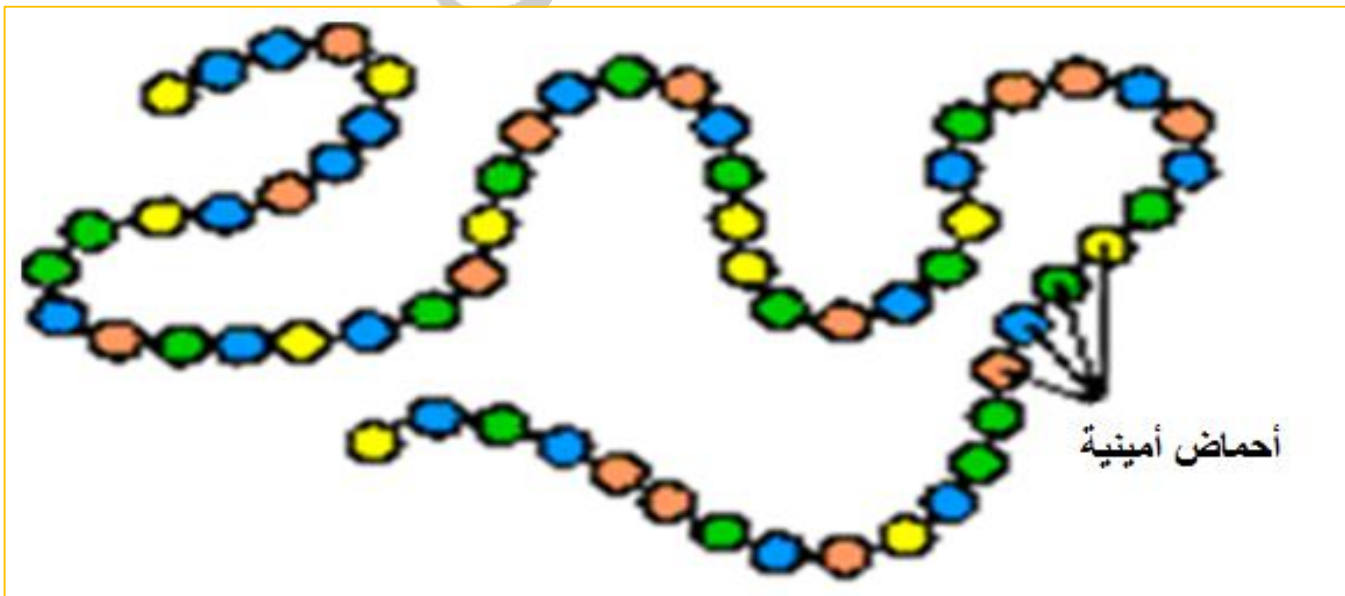
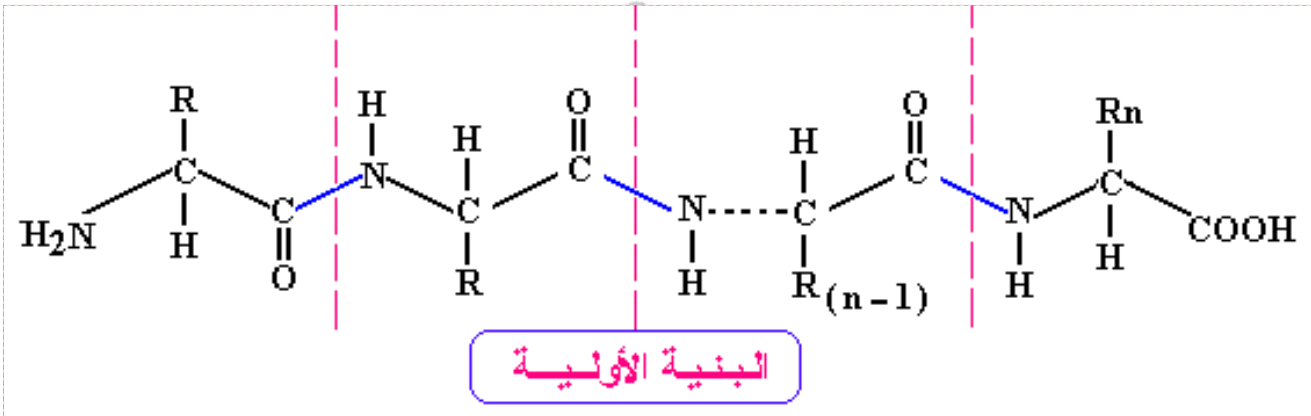
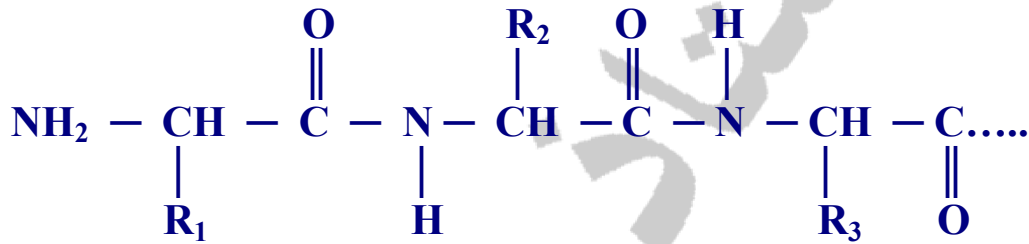
الوثيقة - 1 -

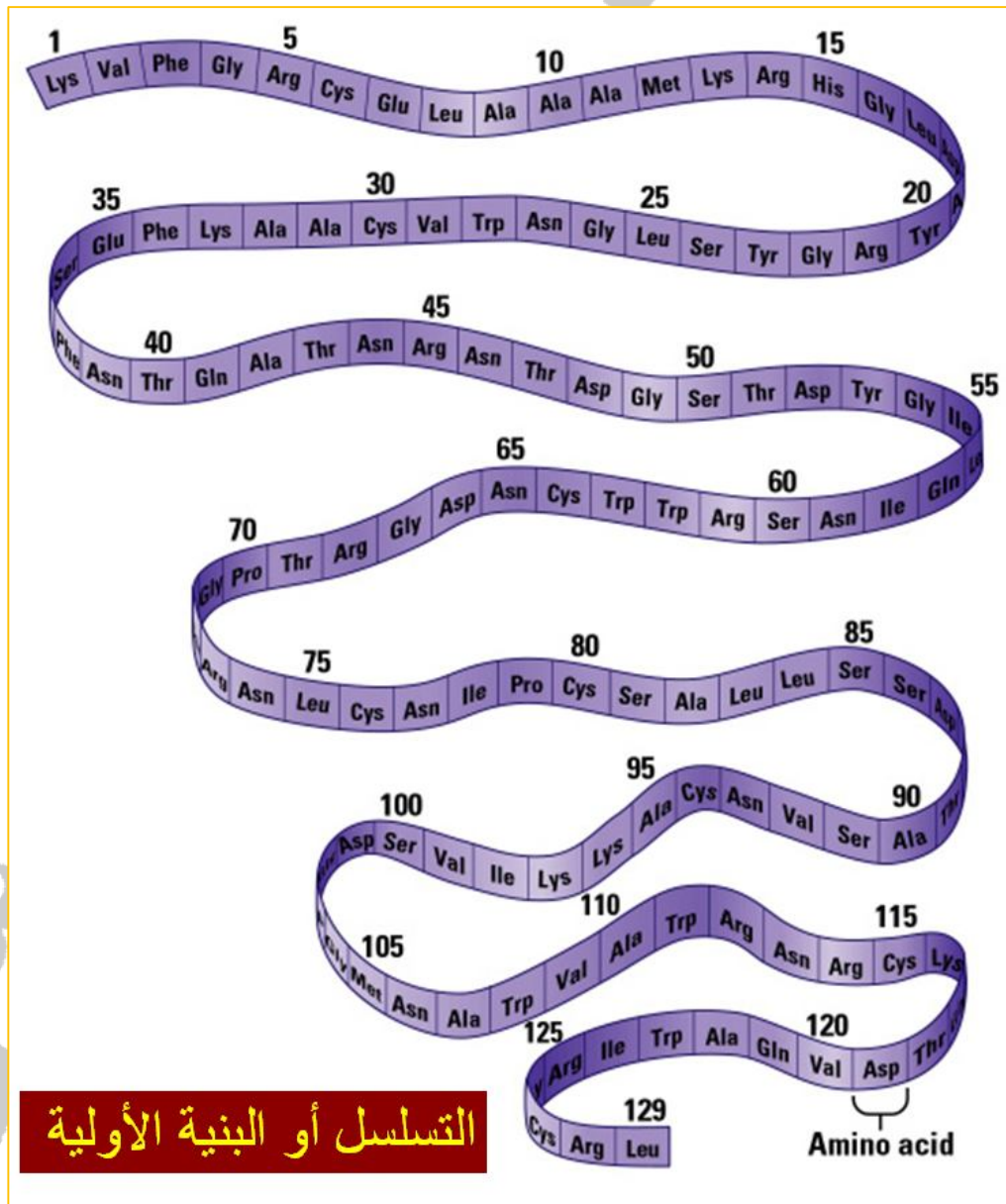
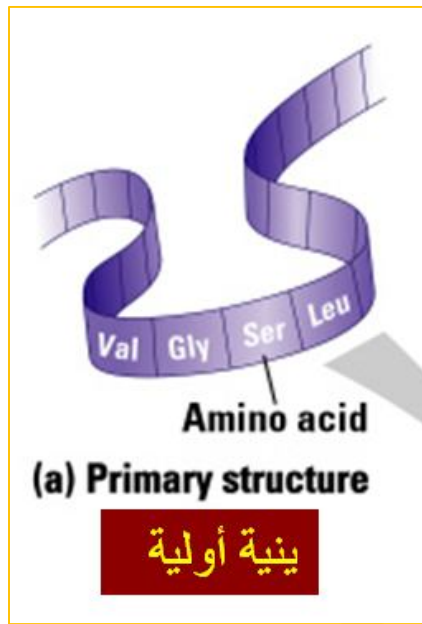
Ala – His – Ser – Glu – Leu – Gly – Val – Cys

تمثيل مختصر :



تمثيل مفصل :





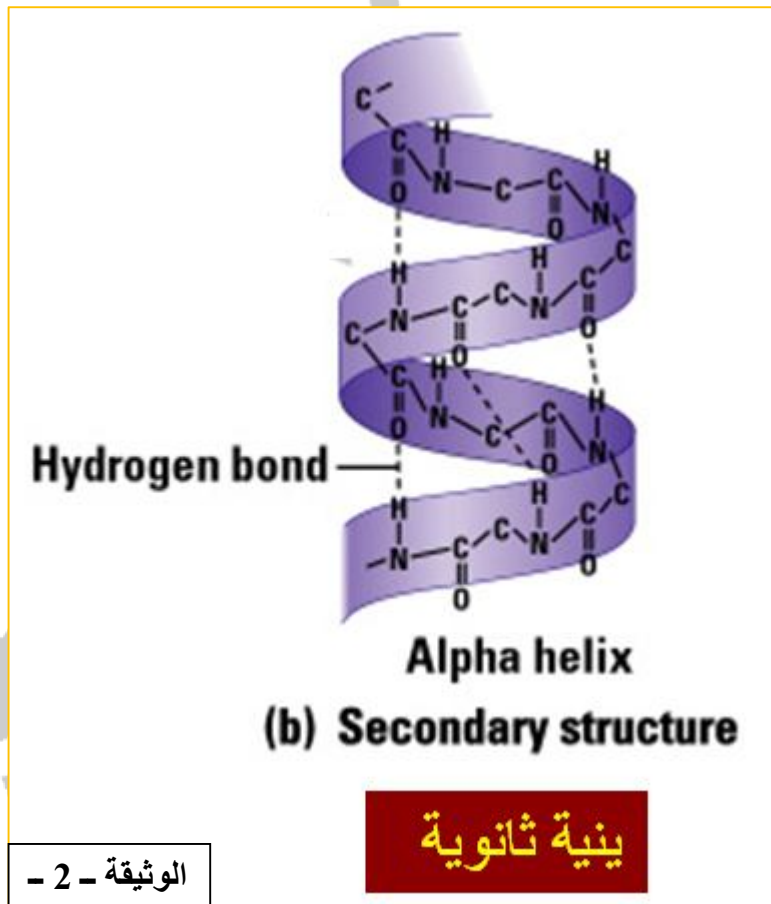
2 - البنية الثانوية :

و هي انطواء أو التفاف السلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية لتكوين بنيات ثانوية في مناطق محددة من السلسلة الببتيدية و بقاء بعض المناطق غير ملتفة تعرف بالمناطق البينية.
تتميز هذه البنية بـ :

* وجود نوع جديد من الروابط هي الروابط الهيدروجينية بين مجموعات C=O ومجموعات N-H التابعة للروابط الببتيدية.
و تتميز في البنية الثانوية نوعين من الأشكال .

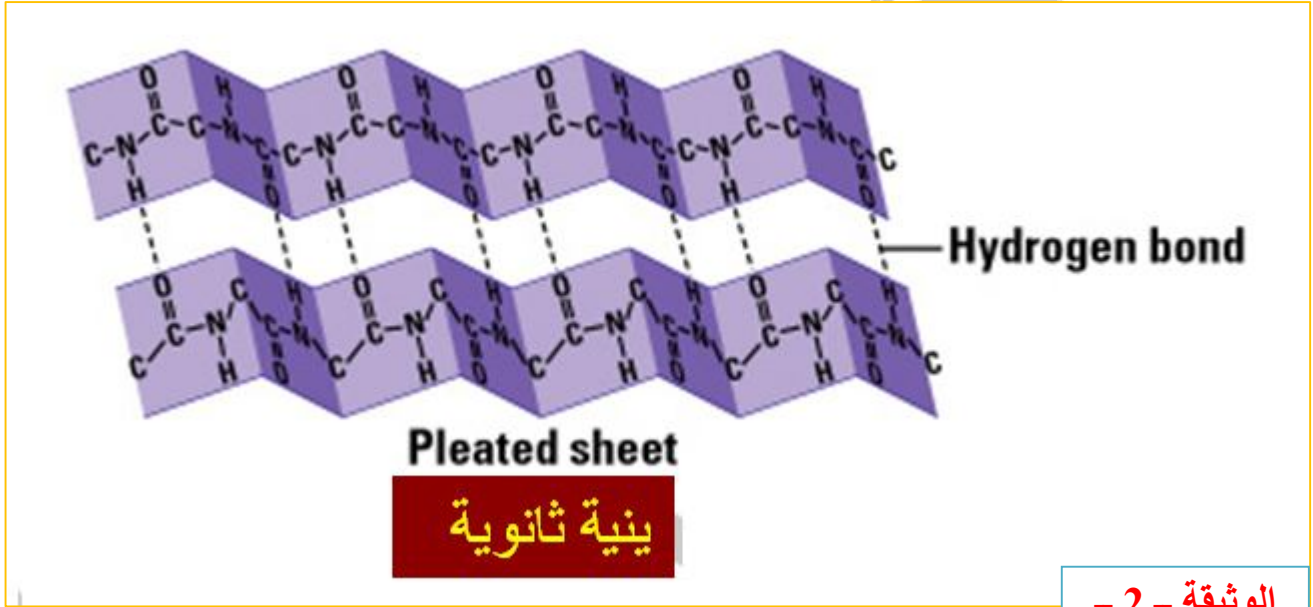
البنية الحلزونية (α) :

و هي انطواء السلسلة الببتيدية في مناطق محددة لتأخذ الشكل الحلزوني .
تنشأ الروابط الهيدروجينية بين C=O و N-H لحمضيين أمينيين يبعدان عن بعضهما بثلاثة أحماض أمينية وفق القاعدة $n+4$ ، حيث n هو موقع الحمض الأميني في السلسلة ، أي أن الحمض الأول مع الخامس والثاني مع السادس والثالث مع السابع وهكذا.....



البنية الثانوية (β) :

و هي انطواء السلسلة الببتيدية في مناطق محددة لتأخذ شكل الوريقات المطوية .
الروابط الهيدروجينية تكون بين C=O و N-H بدون قاعدة محددة للارتباط .



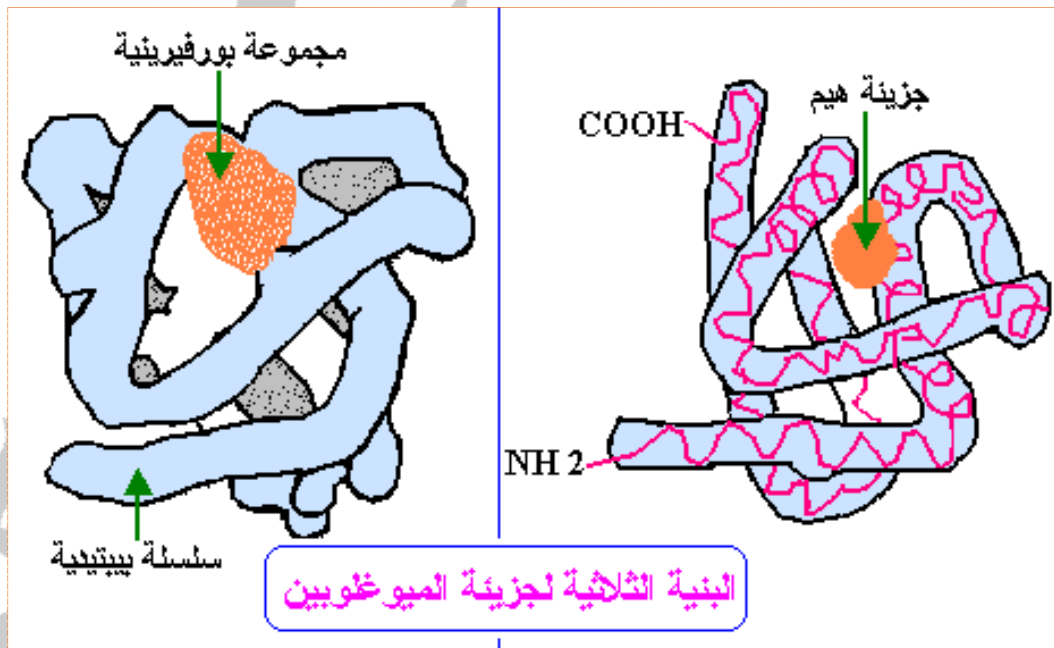
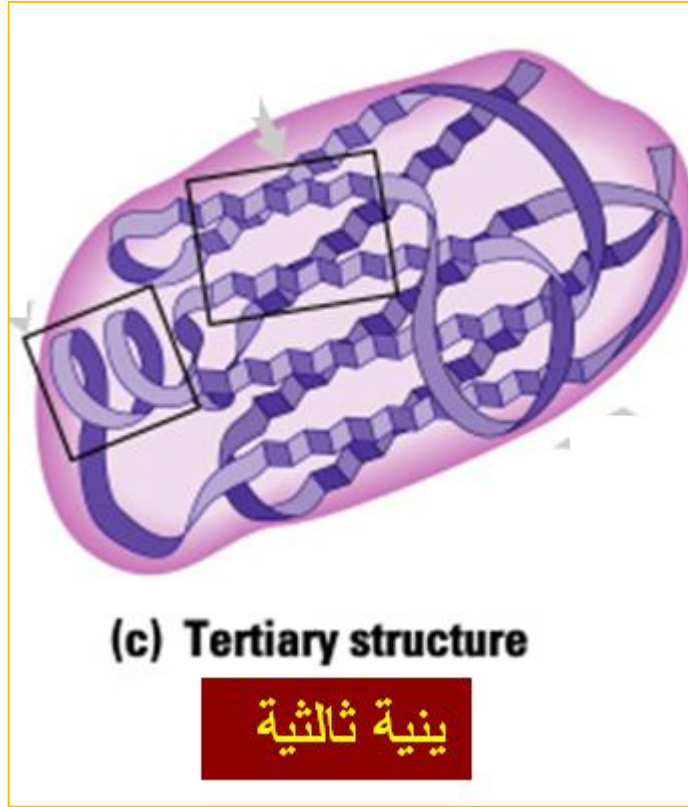
- ما هي الروابط المساهمة في ثبات و تماسك البنية الثانوية ؟
- تحافظ البنيات الثانوية على تماسكها بواسطة روابط هيدروجينية بين المجموعات المكونة للروابط الببتيدية أي بين (C=O) لحمض أميني و (NH) لحمض أميني آخر .

ملاحظة :

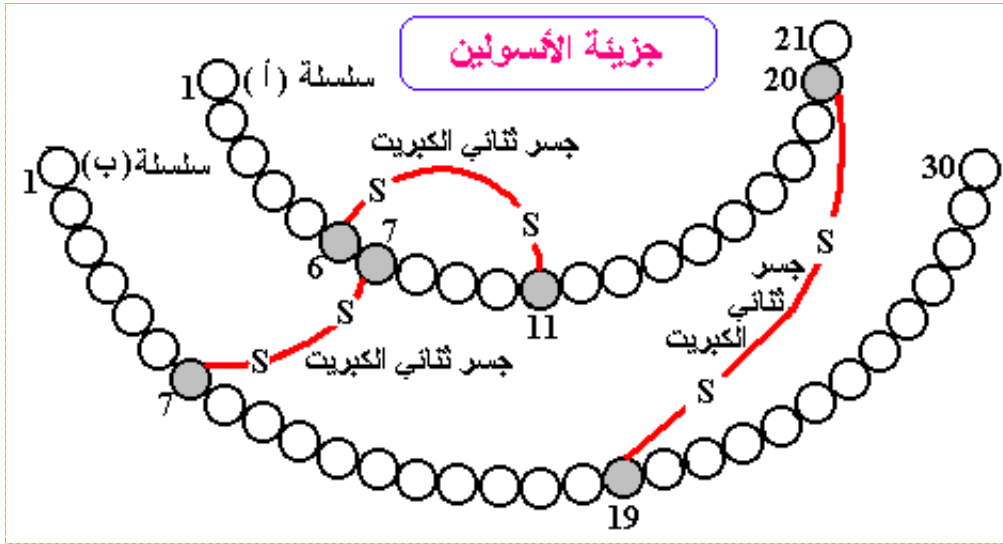
بالإضافة إلى البنيات الثانوية (α) و (β) يلاحظ في السلسلة الببتيدية وجود مناطق بينية تعرف بمناطق الانعطاف ليس لها أشكال فراغية محددة (لا تأخذ البنية α و لا البنية β) هي التي تسمح للسلسلة الببتيدية بأن تأخذ البنية الثالثة .

3 - البنية الثالثية :

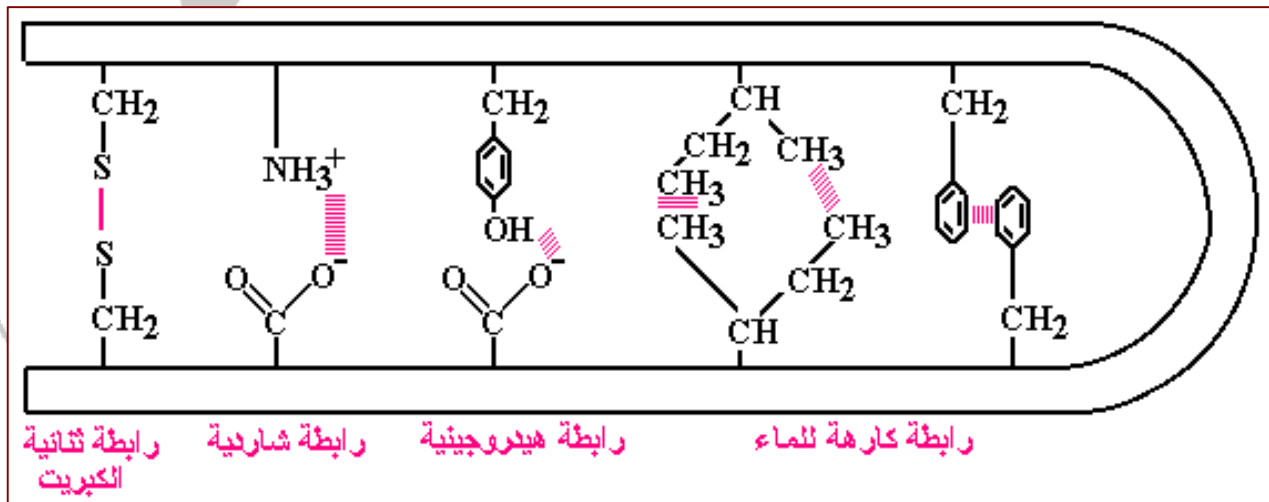
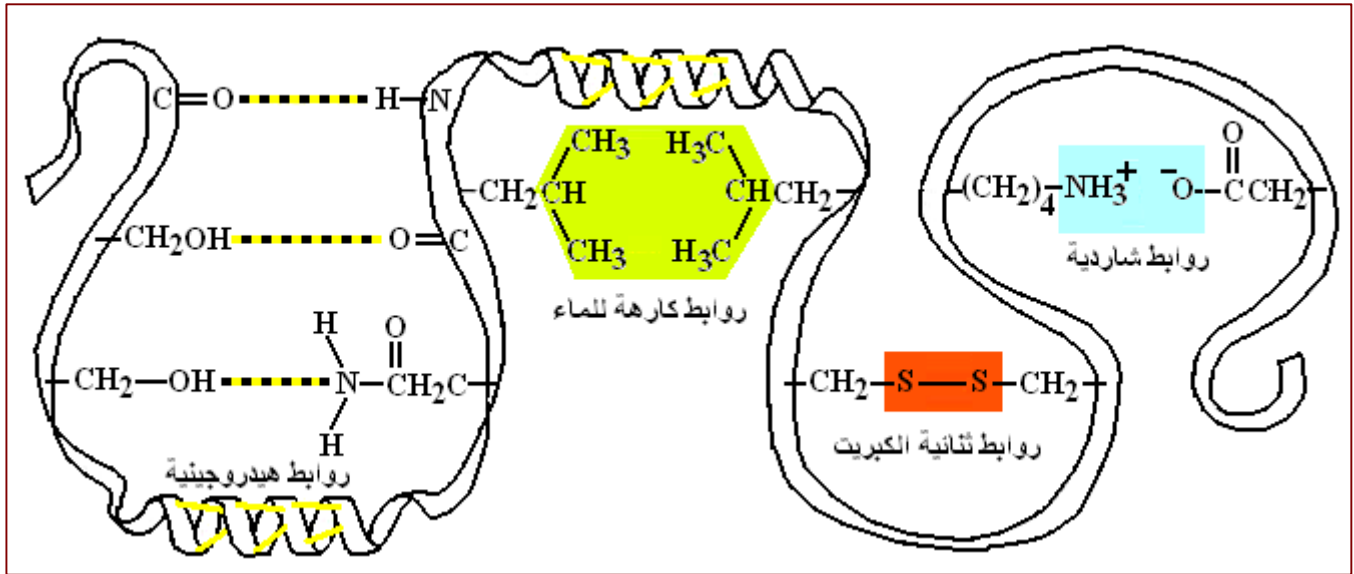
و هي انطواء أو إتفاف السلسلة الببتيدية المحتوية على عدد من البنيات الثانوية و مناطق للانعطاف . يحدث الانعطاف في مستوى المناطق البينية (الانعطاف) .
قد تحتوي البنية الثالثية على بنيات حلزونية (α) فقط أو وريقات فقط (β) أو خليط من بنيات (α) و (β) بنسب توزيع مختلف بين بروتين لآخر .

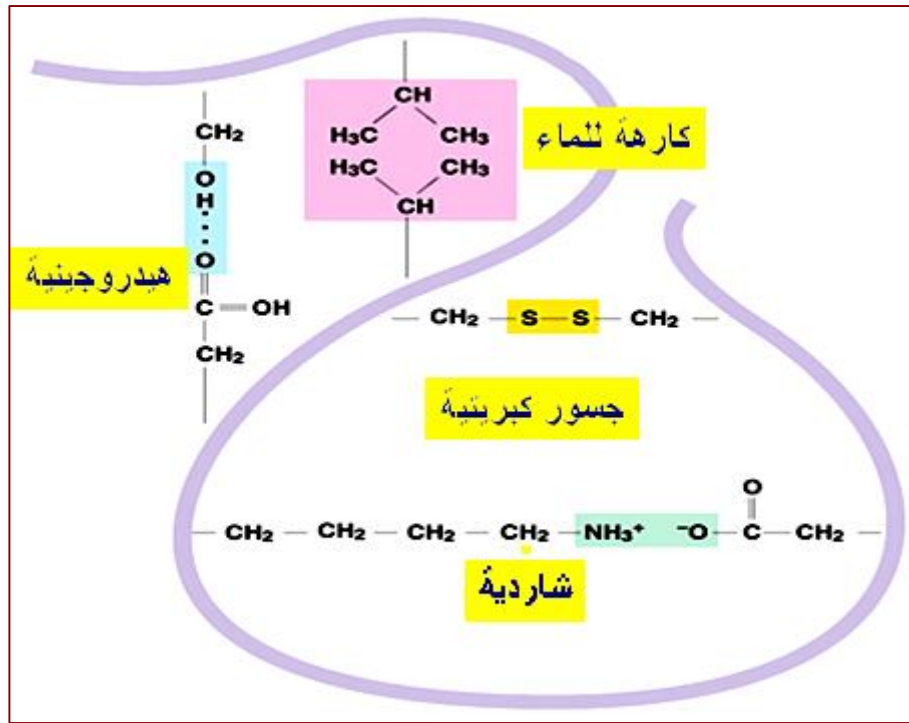


الوثيقة - 3 -



- ما هي الروابط المساهمة في ثبات و تماسك البنية الثالثية ؟
- تحافظ البنية الثالثية على استقرارها بواسطة 4 أنواع من الروابط هي :
الكبريتية ، الشاردية ، الكارهة للماء و الهيدروجينية بين المجموعات الكيميائية الموجودة في الجذور.





• ماهي الأحماض الأمينية التي تملك جذورا قادرة على تشكيل روابط في البنية الثالثة؟

1 - الرابطة الكبريتية :

- تنشأ بين جذري حمض السيستئين (Cys) و هي رابطة تكافؤية (تساهمية) قوية .

2 - الرابطة الشارديّة :

- تنشأ بين جذر أحد الأحماض الأمينية الحامضية (Glu , Asp) و بين جذر أحد الأحماض الأمينية القاعدية (Arg , Lys , His) ، و هي رابطة غير تكافؤية (غير تساهمية) ضعيفة .

3 - الرابط الكارهة للماء :


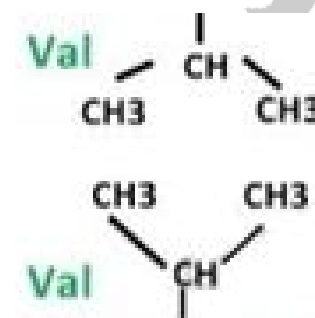
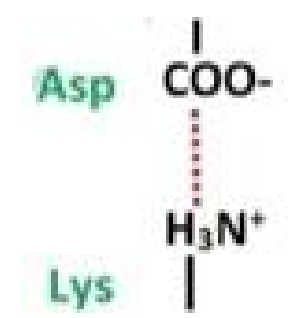
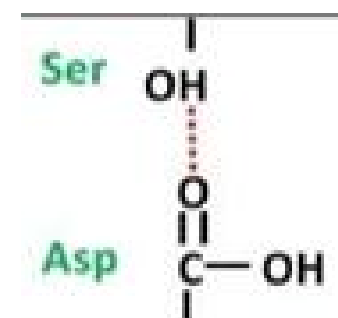
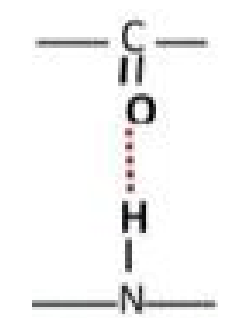
- تنشأ بين جذري حمضين أمينيين كارهين للماء (-CH₃) متشابهين أو غير متشابهين (Phe , Leu , Val ...) ، و هي رابطة غير تكافؤية (غير تساهمية) ضعيفة .

4 - الرابطة هيدروجينية :

- تنشأ بين الجذور التي تحتوي على ذرات كهروسلبية (O أو N) مع الجذور المحتوية على ذرات كهروإيجابية (H مرتبط مع O أو مع N) (C=O....HN) ، (CH₂OH....O=C) ، و هي رابطة غير تكافؤية (غير تساهمية) ضعيفة .

المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

الروابط الكيميائية التي تساهم في تشكيل و استقرار بنية البروتين

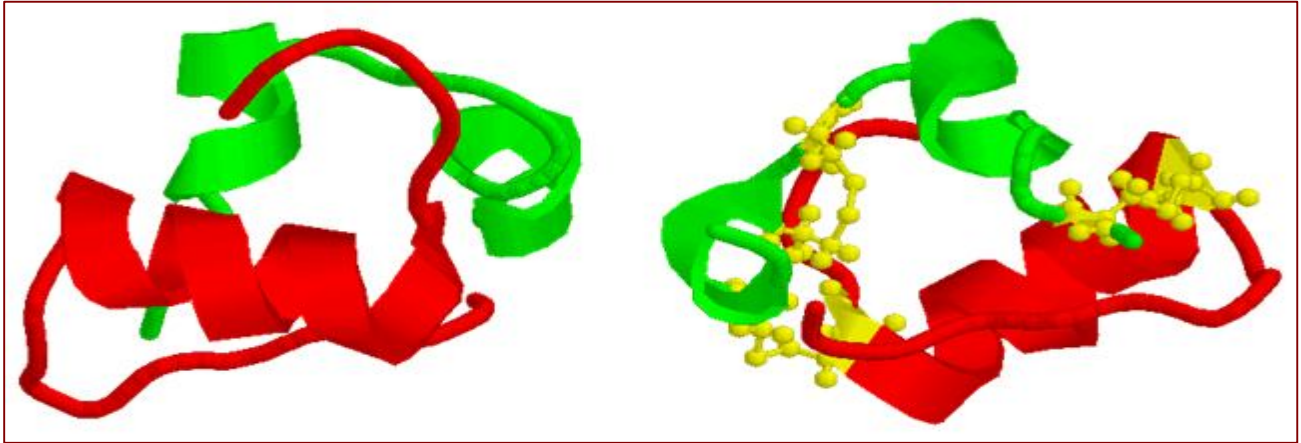
نوعها	ضعيفة (غير تساهمية)			قوية (تساهمية)	
	هيدروجينية	شاردية (أيونية)	كارهة للماء		
تواجدها	في البنية الثانوية				
تعريفها	تنشأ بين الوظائف الجانبية للأحماض الأمينية في السلسلة الببتيدية				
	تنشأ عادة بين ذرة كهوسلبية (O أو N) و ذرة هيدروجين (H) مرتبطة تساهميا بذرة كهوسلبية أخرى . مثال : بين جذور الأحماض الأمينية الحامضية (COOH) و جذور الأحماض الأمينية المتعادلة الكحولية (OH) .	تنشأ بين جذور الأحماض الأمينية القاعدية (His , Lys , His) التي تحتوي على الوظيفة الأمينية (NH ₂) التي تتشرد إلى (NH ₃ ⁺) و بين الأحماض الأمينية الحامضية (Asp , Glu) التي تحتوي على الوظيفة الحامضية (COOH) التي تتشرد إلى (COO ⁻) .	هي قوى تجاذب تنشأ بين جذور الأحماض الأمينية المتعادلة : - الأليفاتية : Ala , Gly , Leu Ile , Val , Pro - العطرية : Tyr , Phe , Trp - الكبريتية : Met حيث تنجذب هذه الجذور و تتجمع في مركز جزيئة البروتين لكي لا تكون على تماس بالماء .	تنشأ بين جذور الأحماض الأمينية المتعادلة الكبريتية التي تحتوي على الوظيفة (SH)	
صيغتها					

ملاحظة: تمثل الرابطة التكافؤية بخط مستمر (بيبتيدي / كبريتية) و تمثل الرابطة غير التكافؤية بخط منقطع (هيدروجينية / شاردية / كارهة للماء) .

البنية الفراغية للإنسولين الأولي Proinsulin



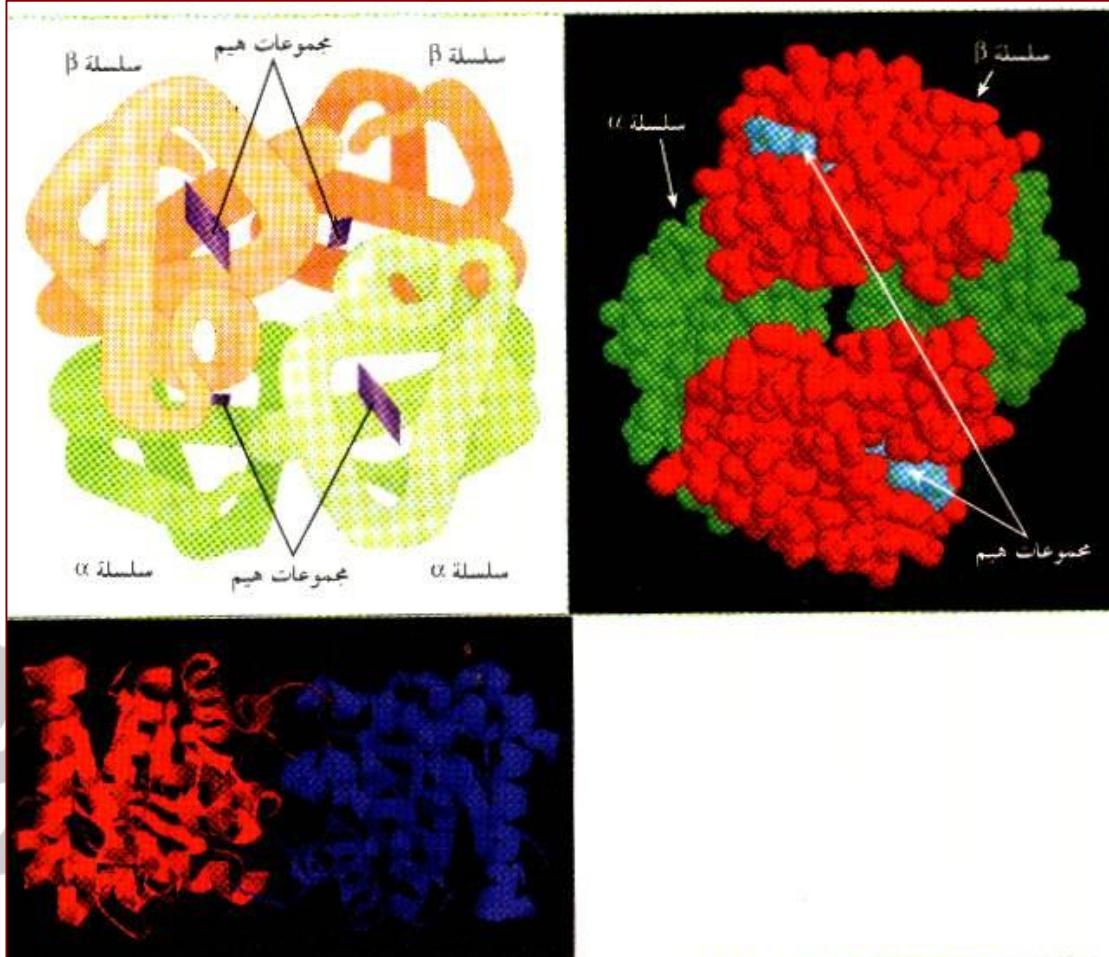
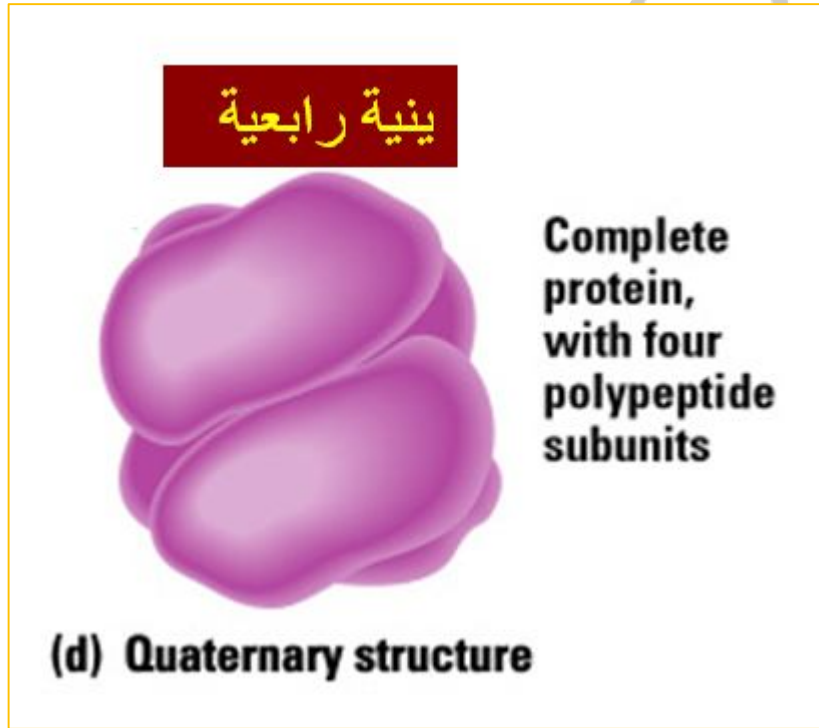
البنية الفراغية للإنسولين الناضج Insulin



- **بالاعتماد على المعطيات و الوثائق السابقة :**
- ⊕ **استخلص كيف تتطور البنية الأولية إلى بنية ثانوية :**
- **يتم الانتقال من البنية الأولية إلى البنية الثانوية عبر التفاف السلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية .**
- ⊕ **بماذا تتميز البنية الثالثية عن البنية الثانوية ؟**
- **تتميز البنية الثالثية التي هي التفاف السلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية و الثانوية بـ :**
- ⊕ **بنقص في الطول و زيادة في السمك بسبب الالتفاف .**
- ⊕ **كما تتميز عن الثانوية في نوع الروابط المساهمة في استقرارها ثنائية الكبريت ، شاردية و هيدروجينية) .**

4 - البنية الرابعة :

هي عبارة عن تجمع لسلسلتين بيبتيديتين أو أكثر لكل منها بنية ثالثة . و تسمى كل سلسلة بيبتيديية ضمن البنية الرابعة بتحت الوحدة sous unité.



المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

- كيف تحافظ البنية الرابعة على استقرارها ؟
- تحافظ البنية الرابعة على استقرارها بواسطة روابط غير تساهمية كارهة للماء أساسا بالإضافة إلى روابط شاردية وربما هيدروجينية كذلك ، بينما لا توجد روابط تساهمية بين تحت الوحدات .
- ما المقصود بتجانس و عدم تجانس البنية الرابعة ؟
- قد تكون البنية الرابعة متجانسة إذا كانت السلاسل الببتيدية (تحت الوحدات) متشابهة ، أو تكون غير متجانسة إذا كانت تحت الوحدات غير متشابهة .
- هل توجد البنية الرابعة عند جميع البروتينات ؟
- لا توجد البنية الرابعة عند جميع البروتينات ، أي أن هناك بروتينات تتوقف فيها درجة التعقيد عند البنية الثالثة .
- ما هي البنية الفراغية للبروتين التي يكون فيها وظيفيا ؟
- البنية الثالثة بالنسبة للبروتينات التي تتوقف درجة تعقيدها عند البنية الثالثة .
- البنية الرابعة بالنسبة للبروتينات التي تتوقف درجة تعقيدها عند البنية الرابعة .
- قدم أمثلة عن البروتينات ذات البنية الرابعة :
- الهيموغلوبين : يتكون من 4 تحت وحدات من سلاسل متعددة ببتيدي متماثلة مثلى مثلى ، سلسلتان من نوع (α) مكونة من 141 حمضا أمينيا و سلسلتان من نوع (β) مكونة من 146 حمضا أمينيا .
- البروتين الأنزيمي تريوز فوسفات إيزوميراز (TPI) : الذي يتكون من سلسلتين ببتيديتين (تحت وحدتين) .
- لماذا تعتبر البنية الرابعة أكثر البنيات تعقيدا ؟
- تعتبر البنية الرابعة أكثر البنيات تعقيدا مهما كان عدد السلاسل الببتيدية و هو مستوى أعلى من المستوى الثالثي لأنه يتكون من سلاسل ببتيديية لكل منها بنية ثالثة .
- هل توجد علاقة بين أربع تحت وحدات و البنية الرابعة ؟
- لا توجد علاقة بين أربع تحت وحدات و البنية الرابعة ، لأن هذه الأخيرة ناتجة عن تجمع تحت وحدتين فأكثر .
- ما أهمية البنية الثالثة و الرابعة ؟
- البنية الثالثة و الرابعة تمثل البنيات الفراغية الوظيفية إذ تتميز بالشكل الكروي الذي يسمح بتحقيق التكامل البنيوي مع المادة التي تؤثر عليها سواء كانت هذه المادة ركيزة بالنسبة للإنزيم أو مستقبل غشائي بالنسبة للهرمونات أو محدد المستضد بالنسبة للجسام المضادة.... الخ .
- بين أن الخصائص البنيوية و الوظيفية مرتبطة بتنوع الأحماض الأمينية الداخلة في تركيبها .
- يتكون أي بروتين من عدد معين من الأحماض الأمينية بنوع و ترتيب محدد .
- يؤدي اختلاف عدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية في السلاسل الببتيدية الأولية إلى اختلاف مناطق الانطواء التلقائي فيها ، و اختلاف نوع و عدد الروابط الكيميائية المساهمة في استقرارها ، و بالتالي تنوع البنى الفراغية للبروتينات ، و هذا ما يؤدي بدوره إلى تنوع وظائف البروتينات .
- معلومات حول تطور بنية البروتينات :
- البنية الأولية : بنية نظرية لا توجد في الطبيعة
- البنية الثانوية : هي البنية الناتجة عن عملية الترجمة .
- البنية الثالثة : و تتم على مستوى الشبكة الهيولية الداخلية المحببة .
- البنية الرابعة : تتم على مستوى الشبكة الهيولية الداخلية المحببة و تكتمل على مستوى جهاز كولجي .
- ملاحظة : - بنية النشاط هي البنية الثالثة و البنية الرابعة و هي خاصة بالبروتينات الكروية .
- البنية الثالثة و الرابعة هي بنيات ثلاثية الأبعاد .

تعريف المنطقة البينية و منطقة الانعطاف :

- المنطقة البينية مصطلح يطلق على السلسلة الببتيدية عندما تتخذ البنية الثانوية و هي تعني جزء من السلسلة الببتيدية غير منثن يتوسط البنى ألفا (α) و بيتا (β) ، أما منطقة الانعطاف فتطلق على نفس الأجزاء السابقة عندما تنطوي (تنعطف) على مستواها السلسلة الببتيدية ذات البناء الثانوي لتأخذ بناء أعقد هو البنية الثالثة .

ملاحظة حول بنية الأنسولين :

الأنسولين يوجد منه صورتان ، صورة نشطة (active form) وهو أنسولين أحادي الوحدة (monomer) أي جزيئة واحدة من الأنسولين المكون من سلسلتين بمجموع 51 حمض أميني ، وكذلك أنسولين ثنائي الوحدات (dimer) مكون من جزيئتي أنسولين في وجود الزنك، وصورة أخرى غير نشطة للأنسولين (inactive form) و هو أنسولين سداسي الوحدات (hexamer) في وجود الزنك وهي الصورة التي يتم بها تخزين الأنسولين داخل الخلايا (β) ضمن حويصلات خاصة.

بنية الأنسولين النشط (monomer) هي ثالثة لأن أصله سلسلة ببتيدية واحدة المشكلة للأنسولين الأولي (proinsulin) ، فتعامل السلسلتان المشكلتان له كسلسلة واحدة منطوية انطواء كاملاً ذات بنية ثالثة ، ومن ناحية أخرى فالسلاسل الببتيدية المتجمعة في البنية الرابعة كل واحدة منها ناتجة عن تعبير مورثي مستقل وهذا لا ينطبق على سلسلتي الأنسولين فهما ناتجتان في الأصل عن تعبير مورثي واحد لمورثة واحدة.

أما الأنسولين (dimer) و (hexamer) فهما ذو بنية رابعة ناتجة عن تجمع سلاسل الأنسولين ذو البنية الثالثة.

وبالتالي نقول الأنسولين ذو بنية ثالثة وكذلك رابعة مع التفصيل السابق .

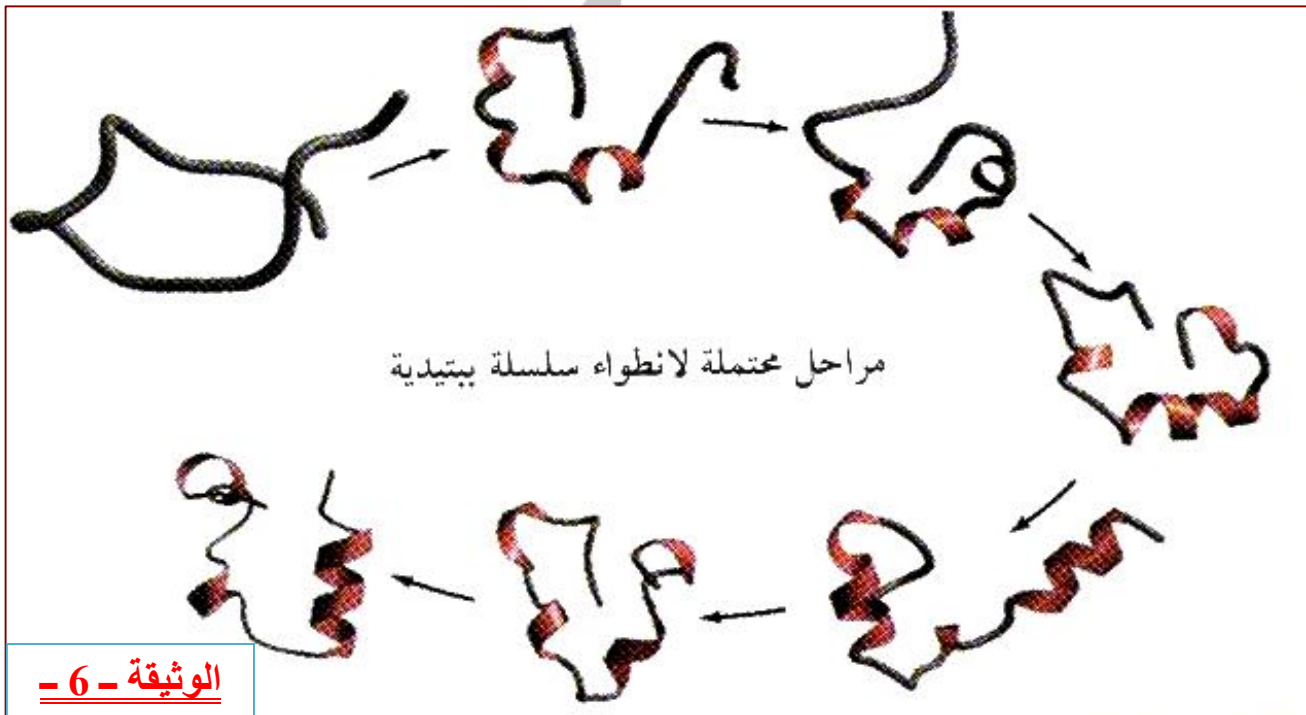
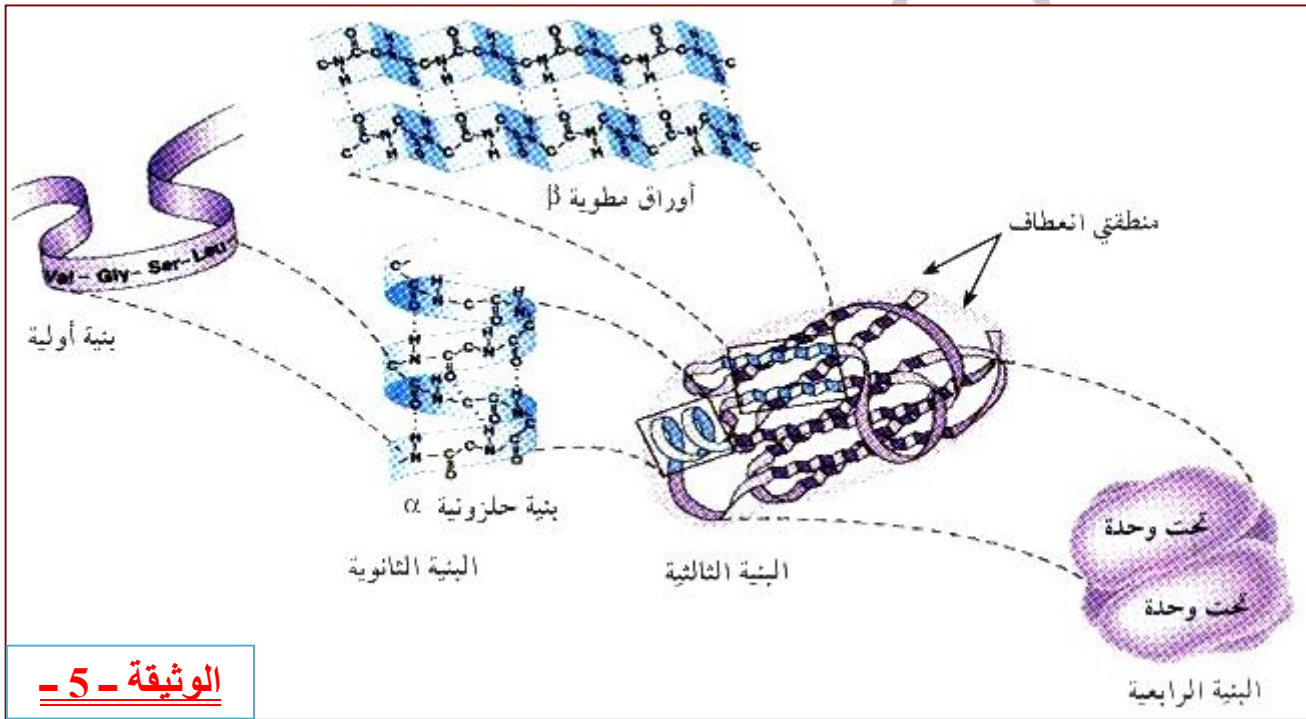
		<p>- إنسولين قبل أولي (110 ح.أ) و سلسلة ببتيدية واحدة . - إنسولين أولي (86 ح أ) و سلسلة ببتيدية واحدة . - إنسولين ناضج وفعال (51 ح أ) و سلسلتين ببتيديتين .</p>
<p>بنية الأنسولين</p>	<p>مراحل تحول الإنسولين بعد تصنيعه (نضج الأنسولين)</p>	<p>معلومات</p>

ملاحظة :

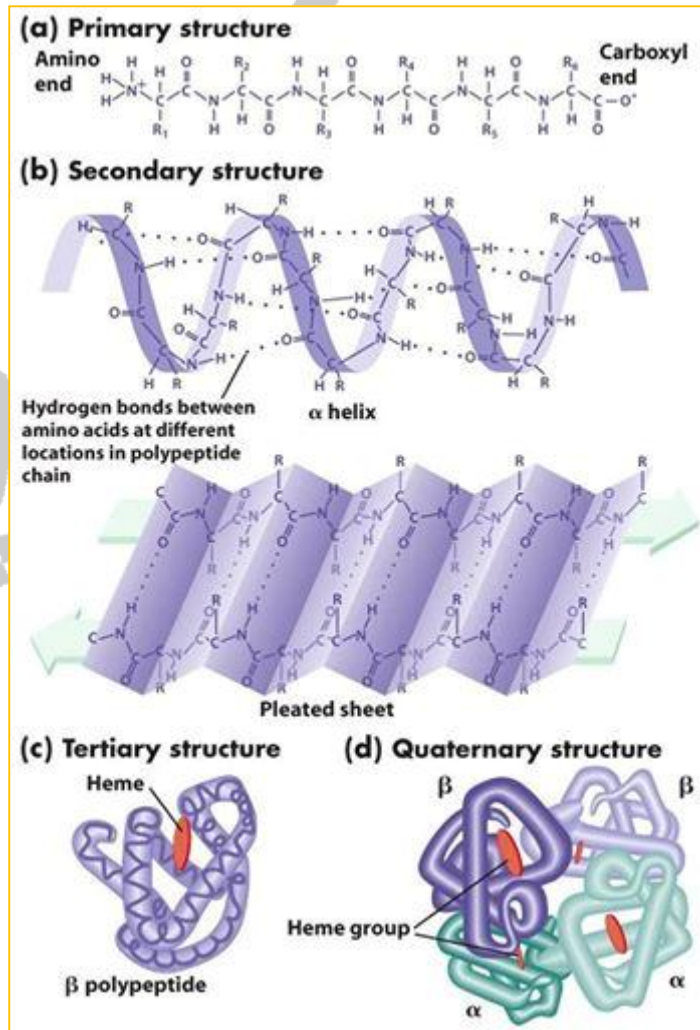
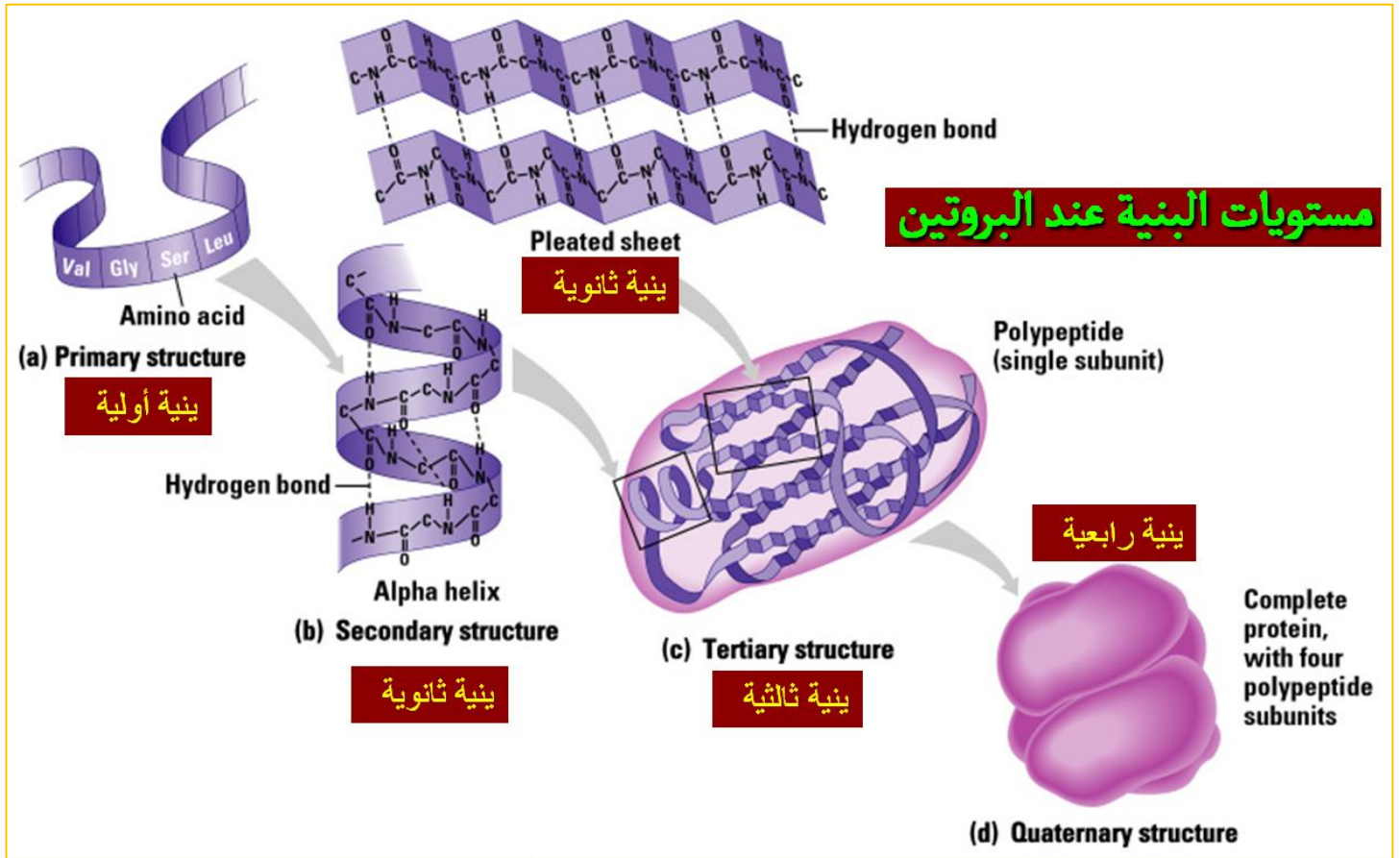
السلسلة الببتيدية تبدأ ببنية أولية و بـ **"الالتفاف"** تنشأ البنية الثانوية و بـ **"الانطواء"** تصبح ذات بنية ثالثة و بـ **"التجمع"** (تحت وحدتين فأكثر) تتشكل البنية الرابعة.

5 - مستويات البنية الفراغية للبروتينات و العلاقة بينها :

يمكن تمثيل المستويات الأربعة و العلاقة بينها كما هو موضح في الوثيقة (5) ، بينما تمثل الوثيقة (6) المراحل المحتملة التي قد تمر بها السلسلة الببتيدية للوصول إلى البنية الفراغية الصحيحة .



- تحديد أدنى و أقصى عدد من تحت الوحدات في البنية الرابعة مع التعليل .
- الحد الأدنى لتحت الوحدات هو : 2 .
- الحد أقصى لتحت الوحدات هو : غير محدد .



6 - العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد ووظيفة البروتين :

لدراسة هذه العلاقة قام العالم " Anfinsen " بإجراء تجربة على أنزيم ريبونوكلياز باستعمال مادتين هما β - مركبتوايثانول (تعمل على تحليل الجسور الكبريتية) و اليوريا (تعمل على إعاقة الانطواء الطبيعي للبروتين) . مراحل سير التجربة و نتائجها موضحة في جدول الوثيقة التالية :

المرحلة	المعاملة	النتيجة
الأولى	ريبونوكلياز + اليوريا + مركب β - مركبتوايثانول	فقدان البنية الفراغية (تخریب) : أنزيم غير فعال
الثانية	إزالة اليوريا و مركب β مركبتوايثانول	استعادة البنية الفراغية الطبيعية : أنزيم فعال
الثالثة	ريبونوكلياز مخرب + يوريا	بنية فراغية غير طبيعية (تشكل الجسور في غير الأماكن الصحيحة) : أنزيم غير فعال

يمكن تلخيص مراحل التجربة و نتائجها في الرسومات التخطيطية الموالية :



المجال الأول ** الوحدة الثانية : العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته **

● بالاعتماد على الصيغ المفصلة للأحماض الأمينية ، ماذا تمثل الأرقام داخل هذه البنية ؟

- تمثل الأرقام مواقع الحمض الأميني (Cys) .

● صف بنية أنزيم الريبونوكلياز انطلاقاً من الوثيقة - 1 - :

- يتكون أنزيم الريبونوكلياز من سلسلة بيبتيديّة واحدة مكونة من 124 حمضاً أمينياً ، لها بنية ثلاثية ، بها أربعة جسور كبريتية تنشأ بين الحمضين الأمينيين (65 - 72) و (26 - 84) و (40 - 95) و (58 - 110) .

● حلل نتائج مراحل التجربة:

المرحلة الأولى:

- بإضافة β مركبتوايثانول و اليوريا ، تكسرت الجسور الكبريتية و زال الانطواء الطبيعي ، و بالتالي فقد البروتين بنيته الفراغية (أنزيم غير فعال) .

المرحلة الثانية:

- بإزالة المادتين ، استعاد البروتين بنيته الفراغية الطبيعية حيث تشكلت الجسور الكبريتية في مواقعها الصحيحة (أنزيم فعال) .

المرحلة الثالثة:

- بإزالة مادة β مركبتوايثانول و ترك اليوريا ، حدث انطواء غير طبيعي للبروتين و تشكلت الجسور الكبريتية في غير مواقعها الصحيحة ، و بذلك اكتسب البروتين بنية فراغية غير وظيفية (أنزيم غير فعال) .

● من خلال نتائج التجربة استنتج دور تتابع و أنواع الأحماض الأمينية في تحديد البنية الفراغية و وظيفة البروتين .

- وجود أحماض أمينية من نوع محدد في أماكن محددة يؤدي إلى تكوين روابط كيميائية تحدد البنية الفراغية للبروتين و تعمل على ثباتها ، لذلك فإن تكسير هذه الروابط يفقد البنية الفراغية و تفقد معها الوظيفة .

● علل إجابتك .

- إعاقاة الانطواء الطبيعي عن طريق مركب اليوريا يؤكد ذلك .

● من خلال تحليلك للوثيقة و مما سبق ، بين على ماذا تتوقف البنية الفراغية الوظيفية للبروتين .

- تتوقف البنية الفراغية الوظيفية للبروتين على عدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية للسلسلة البروتينية التي تكسب البروتين بنية فراغية وظيفية في الوسط الملائم ، نتيجة تشكل الروابط في مواقعها الصحيحة .

● قدم تعريفاً دقيقاً للبنية الفراغية للبروتين :

- يقصد بها الشكل ثلاثي الأبعاد الذي يتخذه الجزيء في الفراغ ، و الذي يتعلق أساساً بنوع ، ترتيب و عدد الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتين من جهة ، و عدد السلاسل المكونة للبروتين إذا كان مكون من أكثر من سلسلة من جهة أخرى ، هذه البنية تحددها و تحافظ عليها مجموعة من الروابط الأساسية و الثانوية الناشئة بين مختلف الأحماض الأمينية .

● وضح كيف يكتسب البروتين المتشكل تلقائياً بنية ثلاثية الأبعاد .

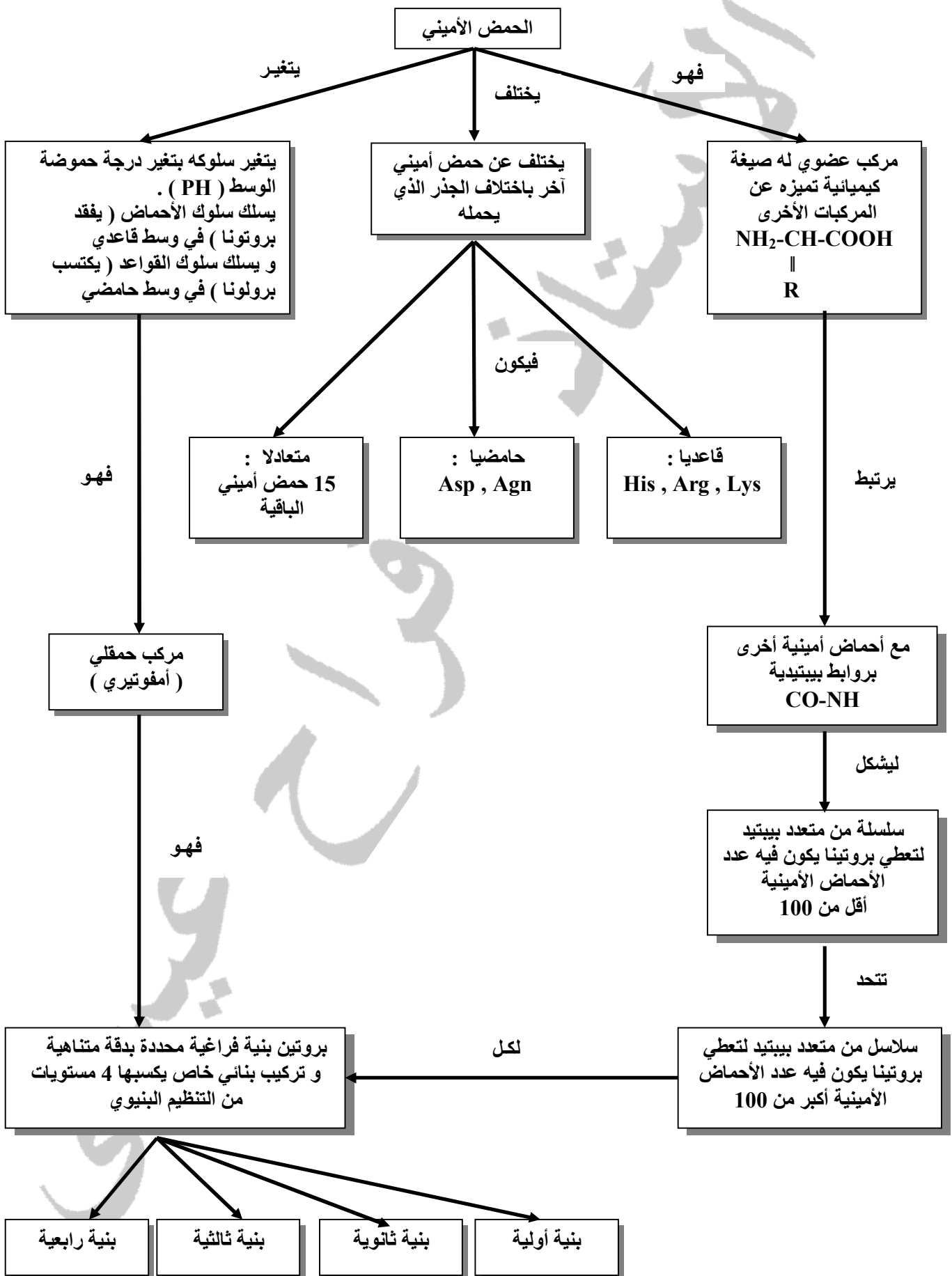
- في نهاية الترجمة تتحرر السلسلة الببتيدية في الهيولى و تأخذ بنية ثلاثية الأبعاد وظيفية نتيجة تشكل روابط كيميائية (مثل الروابط الهيدروجينية ، الكبريتية ، الشاردية ، و الكارهة للماء) بين أحماض أمينية معينة متوضعة في أماكن محددة ضمن السلسلة الببتيدية حسب المعلومة الوراثية .

● ما علاقة سلوك الأحماض الأمينية بالبنية الفراغية للبروتين و بالتالي وظيفته ؟

التغير في حموضة الوسط ← تغير سلوك الحمض الأميني ← تغير في شحنة جذور الأحماض الأمينية

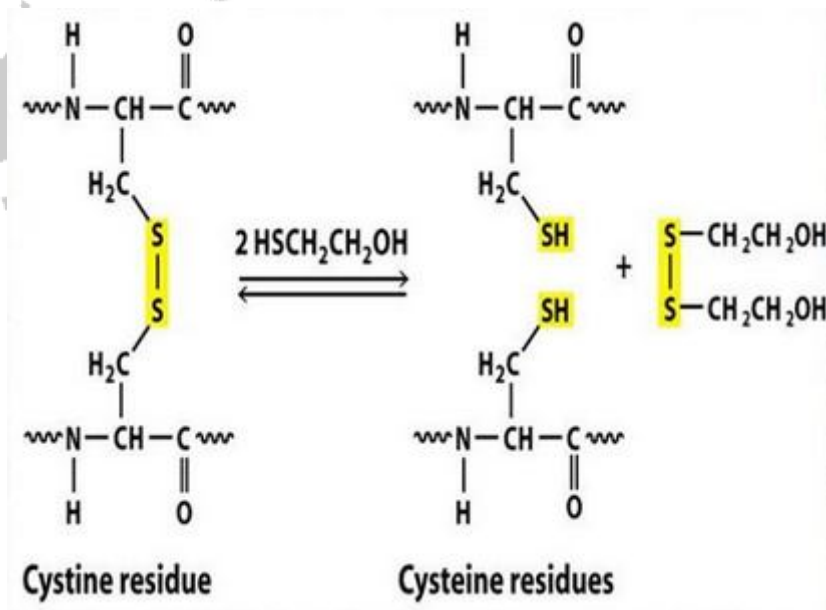
فقدان الوظيفة → فقدان البنية الفراغية → اختفاء الروابط الشاردية أو تغير في مواضعها

- **بين في نص علمي كيف يتحكم الـ ADN في تحديد البنية الفراغية للبروتين :**
 - الـ ADN (الموثة) هو الدعامة الجزيئية للمعلومة الوراثية مشفرة بتتالي ثلاثيات نوكلويدية ، لغتها محددة بأربعة أنواع من النوكلويدات (A ، T ، C ، G) .
 - أثناء الاستنساخ تتشكل نسخة وفق ترتيب و عدد الثلاثيات في الـ ADN إلى ترتيب و عدد الرموزات على مستوى الـ ARNm .
 - ينتقل الـ ARNm إلى الهيولى حيث تعمل الريبوزومات على ترجمة رموزاته إلى أحماض أمينية لتشكيل سلسلة بيبتيديّة.
 - تكتسب السلسلة البيبتيديّة بنية فراغية خاصة محددة بعدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية بفضل الروابط الكيميائية التي تنشأ بين السلاسل الجانبية لبعض الأحماض الأمينية .
- **أشرح أهمية السلاسل الجانبية في تحديد البنية الفراغية للبروتين .**
 - تظهر السلاسل الجانبية بأشكال مختلفة (موجبة ، سالبة ، كارهة للماء) و هو ما يسمح بنشأة روابط كيميائية ضعيفة (هيدروجينية ، أيونية ، كارهة للماء) أو تكافؤية (جسور ثنائية الكبريت) تسمح بانجذاب أجزاء مختلفة من الجزيئة نحو بعضها بالتقارب و بالاتفاف و الانطواء مما يكسبها بنية فراغية ثلاثية الأبعاد ذات وظيفة محددة .
- **بين أن بنية البروتين و بالتالي وظيفته محددة وراثيا .**
 - يحدد تتابع النكليوتيدات على مستوى المورثة ترتيب ، عدد و نوع الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتين التي تنشأ بينها روابط كيميائية تكافؤية و غير تكافؤية نتيجة انطواء السلسلة الأولية لتصبح ذات بنية ثلاثية الأبعاد التي تكسبه تخصصا وظيفيا محددًا مثل الهرمونات ، مستقبلات غشائية ، أجسام مضادة إلخ .
- **بين أن الخصائص البنوية و الوظيفية للبروتين مرتبطة بتنوع الأحماض الأمينية الداخلة في تركيبه .**
 - يتكون أي بروتين من عدد معين من الأحماض الأمينية بنوع و ترتيب محدد .
 - يؤدي اختلاف عدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية في السلاسل البيبتيديّة الأولية للبروتينات إلى اختلاف مناطق الانطواء التلقائي فيها ، و اختلاف نوع و عدد الروابط الكيميائية المسؤولة عن استقرارها ، و بالتالي تنوع البنى الفراغية للبروتينات ، و هذا ما يؤدي بدوره إلى تنوع وظائف البروتينات .
- **وضح في نص علمي العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته .**
 - يتوقف التخصص الوظيفي للبروتين على بنيته الفراغية و التي يحددها عدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب السلسلة البيبتيديّة و كذا الروابط الكيميائية (جسور كبريتية ، شاردية هيدروجينية ، كارهة للماء) الناشئة بين السلاسل الجانبية لأحماض أمينية محددة و متوضعة بطريقة دقيقة تسمح بتقارب بعض الأحماض الأمينية مشكلة منطقة فعالة تكسب البروتين الوظيفة .
 - أي خلل في المورثة يؤدي إلى تغير البنية الفراغية للبروتين مما يفقد تخصصه الوظيفي .
 - إذن المحافظة على البنية الفراغية للبروتين تؤدي إلى المحافظة على أداء وظيفته .



هـ - الحصيعة المعرفية :

- تظهر البروتينات ببنيات فراغية مختلفة، محددة بعدد و طبيعة وتتالي الأحماض الأمينية التي تدخل في بنائها.
- تتكون جزيئات الأحماض الأمينية من وظيفة أمينية ($-NH_2$) ووظيفة حمضية كربوكسيلية ($-COOH$) مرتبطتان بالكربون α وهما مصدرا الخاصية الأمفوتيرية .
- يوجد عشرون حمضا أمينيا أساسيا تختلف فيما بينها في السلسلة الجانبية (الجزر R).
- تصنف الأحماض الأمينية حسب السلسلة الجانبية إلى:
 - أحماض أمينية قاعدية (ليزين، أرجنين...)
 - أحماض أمينية حمضية (حمض الجلوتاميك، حمض الأسبارتيك ...)
 - أحماض أمينية متعادلة (سيرين ، الغليسين ..).
- تسلك الأحماض الأمينية سلوك الأحماض (تعطي بروتونات) وسلوك القواعد (تكتسب بروتونات) وذلك تبعا لدرجة حموضة الوسط لذلك تسمى بالمركبات الأمفوتيرية (الحمقلية).
- ترتبط الأحماض الأمينية المتتالية في سلسلة بيبتيديدة بروابط تكافؤية تدعى الرابطة البيبتيديدة ($-CO-NH-$).
- تختلف البيبتيدات عن بعضها بالقدرة على التفكك أشاردي لسلسلها الجانبية التي تحدد طبيعتها الأمفوتيرية وخصائصها الكهربائية.
- تتوقف البنية الفراغية وبالتالي التخصص الوظيفي للبروتين، على الروابط التي تنشأ بين أحماض أمينية محددة (ثنائية الكبريت، شاردية، ...) ، و متموضعة بطريقة دقيقة في السلسلة البيبتيديدة حسب الرسالة الوراثية.



تصحيح تمارين الكتاب المدرسي

التمرين 1:

يهدف التمرين إلى توظيف المعارف المكتسبة حول خصائص الأحماض الأمينية. حيث تم إدراج أحماض أمينية قاعدية وحمضية لتوضيح الاختلاف بينها وبين الأحماض الأمينية المتعادلة.

1- تحليل نتائج التجربة يسمح للتلميذ باستنتاج ثلاثة قيم مختلفة لـ pH_i لثلاثة أحماض أمينية من خلال تحديد pH الذي لا يتحرك عنده الحمض الأميني في المجال الكهربائي. يمكن كذلك التوصل إلى تطبيقات للقاعدة التي تم التوصل إليها حول تحديد نوع شحنة الحمض الأميني عند مقارنة قيمتي pH و pH_i .

2- مقارنة القيم تؤدي إلى الاستنتاج أن الأحماض الأمينية الحامضية لها pH_i منخفض (أقل بكثير من 7 وتقع عادة في قيم بين 3 و 5) أما الأحماض الأمينية القاعدية فيكون pH_i لها مرتفع (أعلى من 7)

3- يهدف السؤال إلى بناء معرفة أساسية تخص العلاقة بين مسافة الهجرة وقوة الشحنة، حيث كلما كانت الشحنة أقوى كلما كانت الهجرة أسرع نحو القطب المعاكس. قوة الشحنة لها علاقة بالفرق بين قيمتي pH و pH_i لكل حمض أميني. كلما ابتعدنا عن نقطة pH_i كلما زادت الشحنة. قيمة pH_i للحمض الأميني Lys أكبر من pH_i لحمض Ala وهي أبعد عن pH الوسط (3.2) وبالتالي تكون هجرة Lys أسرع نحو القطب السالب.

4- بالاستعانة بالوثيقة 3 الصفحة 47 يتم تمثيل الصيغة مع وضع شحنة سالبة على مجموعة COO^- وشحنة موجبة على NH_3^+ الأصلية في كلا الحالتين.

التمرين 2 :

يهدف التمرين إلى تدريب التلميذ على استعمال برنامج Rastop عن طريق محاولة الإجابة على بعض الأسئلة البسيطة. يمكن الدخول إلى الموقع لتحميل Télécharger جزيئة البروتين ثم فتحها عن طريق برنامج Rastop . لا يحتوي الموقع على الإجابة على الأسئلة الخاصة بهذا البروتين لكن الأمثلة الأخرى والأنشطة تم فيها تحديد نفس المعلومات على بروتينات أخرى.

الإجابة المختصرة عن الأسئلة التي يمكن التوصل إليها باستعمال برنامج Rastop

عد أ أ 307

الحمض الأميني الأول هو الألانين Ala والأخير هو أسبارجين Asn .

138 و 161

8 تراكيب حلزونية

8 وريقات □

استنتاج وظيفة الإنزيم يكون من خلال البحث عن المعلومات في الشبكة أو من خلال التعرف على الركيزة أو حتى من اسم الإنزيم الذي ينتمي إلى إنزيمات الببتيداز أي التي تفك الروابط الببتيدية وهو يفك الرابطة الببتيدية للحمض الأميني الأخير في السلسلة الببتيدية أي الموجود في النهاية الكربوكسيلية.

من خلال التعرف على الركيزة يتبين أنها ثنائي ببتيد مكون من حمض ألانين Ala مرتبط بحمض ليزين Lys .

التمرين 3:

يهدف التمرين كذلك إلى تطبيق حول استعمال برنامج Rastop لدراسة ومقارنة نوعين من البروتينات المعروفة والتي تقوم بأدوار هامة في جسم الإنسان والعديد من الحيوانات الثديية. يحاول التمرين طرح وضعية حقيقية إدماجية أمام التلميذ ليحاول الإجابة عنها من خلال دراسة البنية الفراغية والبحث عن المعلومات المكملة.

لإنجاز الرسومات يحتاج التلميذ إلى برنامج Rastop بالإضافة إلى ملفين يتم تحميلهما من الموقع المشار إليه الملف الأول لبروتين الميوغلوبين والملف الثاني لبروتين الهيموغلوبين.

في الصورة الأولى يغير التلميذ النموذج إلى الشريط السميك caricature ثم يلون بالأخضر من خلال Palette de couleurs .

يقوم بعد ذلك باختيار الهيم من أيقونة ABC وكتابة hem ثم يغير النموذج إلى الكرة ويلون بالأحمر من palette de couleurs .

بالنسبة لبروتين الهيموغلوبين نقوم كذلك بتغيير النموذج إلى caricature ثم نلون حسب السلسلة من خلال الأوامر في الجهة العلوية من البرنامج atome/colorer par/chaine

يقوم بعد ذلك باختيار الهيم من أيقونة ABC وكتابة hem ثم يغير النموذج إلى الكرة ويلون بالأحمر من palette de couleurs .

المعلومات المطلوب التوصل إليها:

عدد أ أ 141 + 141 + 146 + 146

السلاسل □

VAL LEU SER PRO ALA ASP LYS THR ASN VAL

VAL LEU SER PRO ALA ASP LYS THR ASN VAL

السلاسل □

VAL HIS LEU THR PRO GLU GLU LYS SER ALA

VAL HIS LEU THR PRO GLU GLU LYS SER ALA

الميوغلوبين

VAL LEU SER GLU GLY GLU TRP GLN LEU VAL

تشابه في حمض أميني واحد فقط بين □ □ و □ هو Val1
تشابه في 4 أحماض أمينية بين السلاسل □ والميوغلوبين

البنىات الحلزونية فقط

الهيم

نوع الذرات يتم تحديدهما من خلال الألوان وذلك بعد التلوين بـ CPK

الكربون وهو الغالب (لون رمادي)

الآزوت 4 ذرات (لون أزرق)

الحديد 1 (لون أصفر)

الأكسجين 4 (لون أحمر)

الهيدروجين (لون أبيض) وهو لا يظهر في هذه البنية

وظيفة الهيموغلوبين هي نقل الأكسجين

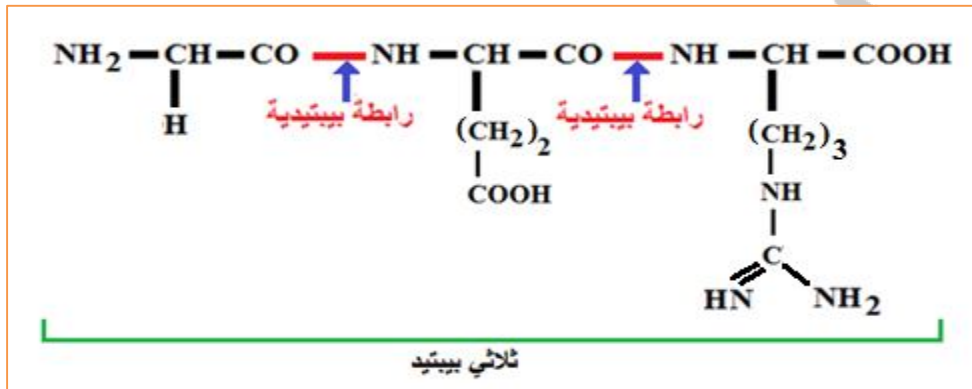
وظيفة الميوغلوبين هي تخزين الأكسجين

يتميز الحوت بقدرته الكبيرة على تخزين الأكسجين لذلك يعتبر مصدر غني بالميوغلوبين الذي يتواجد كذلك في العضلات

ويخزن الأكسجين لوقت الحاجة عند القيام بالمجهود العضلي المكثف. يحتاج الحوت إلى الأكسجين المخزن لكي يتنفس عند

الغوص نحو الأعماق ويعود إلى السطح عند استهلاك الأكسجين المخزن ليأخذ جرعة جديدة وهكذا.

1 - كتابة الصيغة الكيميائية للبيبتيد (ج) .



2 - تحديد أي من الشكلين تم الحصول على عند $\text{pH} = 1$ ، و الشكل الذي تم الحصول عليه عند $\text{pH} = 13$ مع التعليل.

الشكل (أ) : في $\text{pH} = 1$.

التعليل : في الوسط الحامضي تنتشر الوظائف الأمينية و تكتسب الأحماض الأمينية شحنة موجبة و تهاجر نحو القطب السالب .

الشكل (ب) : في $\text{pH} = 13$.

التعليل : في الوسط القاعدي تنتشر الوظائف الحمضية و تكتسب الأحماض الأمينية شحنة سالبة و تهاجر نحو القطب الموجب .

3 - تحديد نوع الحمض الأميني في كل بقعة .

يصنف الغليسين ضمن الأحماض الأمينية المتعادلة .

يصنف الغلوتامين الأحماض الأمينية الحامضية .

يصنف الأرجنين ضمن الأحماض الأمينية القاعدية .

البقعة الوسطية تعود لحمض Arg لأن $\text{pHi} < \text{pH}$ لحمض Arg $= 6$.

الحمض الأميني الثاني حامضي هو Glu ويتميز بـ $\text{pHi} < \text{pH}$ أصغر بكثير من 7 لذلك يكون سالب الشحنة لأن $\text{pHi} < \text{pH}$ وبالتالي يتجه نحو القطب الموجب .

الحمض الأميني الثالث قاعدي هو Arg ويتميز بـ $\text{pHi} > \text{pH}$ أكبر بكثير من 7 لذلك يكون موجب الشحنة لأن $\text{pHi} > \text{pH}$ وبالتالي يتجه نحو القطب السالب .

التمرين 5 :

يهدف التمرين كذلك لتحديد شحنة الببتيدات الناتجة من إمالة ببتيد آخر أطول باستعمال إنزيمات متخصصة.

الببتيد الأصلي يتكون من His-Lys-Pro-Arg-Gly-Glu

عند الإمالة بواسطة إنزيم ترپسين ينتج 3 ببتيدات ثنائية هي :

His-Lys و Pro-Arg و Gly-Glu .

شحنة الببتيدات عند $\text{pH} = 1$ تعتمد على عدد الأحماض الأمينية القاعدية التي يمكنها اكتساب شحنتين موجبتين واحدة في الطرف والأخرى في الجذر.

الببتيد الثنائي الأول تكون شحنته $= +3$ لأنه يضم حمضين أمينيين قاعديين.

الببتيد الثنائي الثاني تكون شحنته $= +2$ لأن يضم حمضين أمينيين قاعديين

أما الببتيد الثنائي الثالث فتكون شحنته $= +1$ لأنه ليس له أحماض أمينية قاعدية ليس له شحنتان موجبة في الجذور ماعدا الشحنة الطرفية في مجموعة NH_3^+ .

يمكن اختيار عدة قيم من pH لكن $\text{pH} = 1$ يسمح بفصلها لأنها تتجه بسرعات مختلفة نحو القطب السالب وأسرعها هو الببتيد الأول متبوع بالبيبتيد الثاني ثم الثالث نظرا لاختلاف قوة الشحنة.

يمكن كذلك استعمال pH يعادل pHi للبيبتيد الثاني الذي يبقى في الوسط بينما يتجه البيبتيدان الآخران نحو القطب السالب أو الموجب .



Fb : Ferah Aissa

<https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/>