

مجلة الفردوس لمادة

علوم الطبيعة والحياة

الثالثة شعبتي
العلوم
التجريبية
و الرياضيات

المجال التعليمي الأول : التخصص
الوظيفي للبروتينات .

الوحدة التعليمية 02 : لعلاقة بين البنية
والتخصص الوظيفي للبروتين .

من إعداد الأستاذة
جلمودي خيرة

السنة الدراسية : 2021 - 2022

<u>المجال التعليمي 01 : التخصص الوظيفي للبروتينات.</u> <u>الوحدة التعليمية 02 : العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين</u> <u>المقطع التعليمي : العلاقة بين البنية والتخصص الوظيفي للبروتين.</u>	<u>المستوى الدراسي :</u> <u>الثالثة ثانوي علوم تجريبية</u>	<u>الأستاذة : جلودى خيرة</u>
<u>الكفاءة القاعدية 1:</u> يقدم بناء على أسس علمية إرشادات لمشكل إختلال وظيفي عضوي بتجنييد المعارف المتعلقة بالإتصال على مستوى الجزيئات الحاملة للمعلومة.		
<u>الاهداف التعليمية:</u> يحدد العلاقة بين البنية والتخصص الوظيفي للبروتين.		
<u>الموارد المستهدفة:</u>	تظهر البروتينات ببنيات فراغية مختلفة، محددة بعدد و طبيعة وتوالي الأحماض الأمينية التي تدخل في بنائها. -تتكون جزيئات الأحماض الأمينية من مجموعة وظيفية أمينية NH2 - ومجموعة وظيفية حمضية COOH- مرتبطتان بالكربون α وهما مصدرا الخاصية الأمفوتيرية -يوجد عشرون نوعا من الأحماض الأمينية تدخل في بنية البروتينات الطبيعية تختلف فيما بينها في السلسلة الجانبية الجذر R (وجود وظائف قابلة للتأين). -تصنف الأحماض الأمينية حسب السلسلة الجانبية إلى: * أحماض أمينية قاعدية (ليزين ، أرجنين ، هستدين) * أحماض أمينية حمضية (Asp – Glu) * أحماض أمينية متعادلة (سيرين ، الغليسين . - تسلك الأحماض الأمينية سلوك الأحماض (تفقد بروتونات) وسلوك القواعد (تكتسب بروتونات) وذلك تبعا لدرجة حموضة الوسط لذلك تسمى بالمركبات الأمفوتيرية (الحقيقية) . - ترتبط الأحماض الأمينية المتتالية في سلسلة ببتيدية بروابط تكافؤية تدعى الرابطة الببتيدية CO-NH - تختلف الببتيدات عن بعضها بالقدرة على التفكك الشاردي لسلاسلها الجانبية التي تحدد طبيعتها الأمفوتيرية وخصائصها الكهربائية. -تتوقف البنية الفراغية وبالتالي التخصص الوظيفي للبروتين، على الروابط التي تنشأ بين أحماض أمينية محددة (جسور ثنائية الكبريت ، شاردية،) ، وبتوضعة بطريقة دقيقة في السلسلة أو السلاسل الببتيدية حسب الرسالة الوراثية.	
	يسترجع مكتسباته من السنة الثانية حول الوحدات البنائية للبروتين ومميزات البروتينات . يطرح مشكلة حول العلاقة بين بنية البروتين وتخصصه الوظيفي . ← يقترح فرضيات :	
	← يتعرف على مستويات البنية الفراغية لبعض البروتينات لتحقيق ذلك : - يقارن بين البنيات الفراغية لبعض البروتينات الوظيفية (أنزيمات ، هرمونات ،.....) باستعمال مبرمج محاكاة مثل راستوب (rastop) .	
	← يحدد الوظائف المميزة والمشاركة بين الأحماض الأمينية والجزء المتغير الجذر R لتحقيق ذلك : - الصبغ المفصلة للأحماض الأمينية العشرون . - يصنف الأحماض الامينية حسب وجود في الجذر R وظائف أمينية أو حمضية القابلة للتأين.	
	← يستنتج الخاصية الأمفوتيرية للأحماض الأمينية والبروتينات انطلاقا من استغلال : - نتائج الرحلان الكهربائي للأحماض الأمينية في أوساط ذات قيم PH مختلفة .	
	← يبين كيفية تشكيل الرابطة الببتيدية بين حمضين أميين متتاليين باستعمال الصيغة الكيميائية المفصلة لثنائي أو متعدد ببتيد ومعارفه حول الرابطة التكافؤية.	
	← يظهر العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد والتخصص الوظيفي للبروتينات لتحقيق ذلك : - تحليل نتائج تجربة Anfinsen . - يحدد مختلف أنواع الروابط التي تضمن استقرار المستويات البنيوية المختلفة للبروتين.	
	<u>توجيهات حول استعمال الاسناد المقترحة :</u> يستعمل برنامج راستوب وثيقة ص 47 وثيقة ص 48 وثيقة ص 49 ادراج وثيقة تبين الروابط التي تساهم في استقرار البنية الثلاثية .	
	<u>التقييم المرحلي للكفاءة :</u> تمرين حول سلوك الأحماض الأمينية الحمضية والقاعدية . وضعية تتضمن اختلال وظيفي ناتج عن تغير في البنية الفراغية للبروتين .	

وضعية الانطلاق

يتم تركيب البروتين في الخلية على مستوى الريبوزومات ثم تنتقل إلى جهاز كولجي كي تنضج أي تكتسب بنية فراغية محددة ثلاثية الأبعاد وظيفية .

مثال الدراسة : تركيب جزيئة

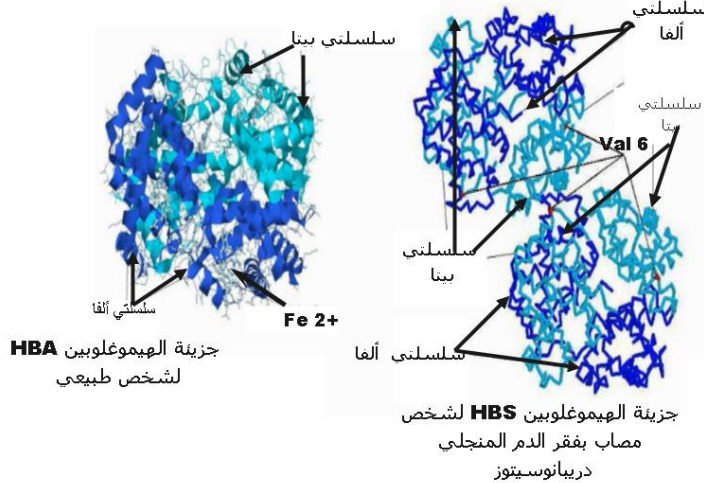
الهيموغلوبين HBA الطبيعية و HBS غير طبيعية .

التعليمة : بالمقارنة بين الجزيئتين

HBS و HBA

1- قدم المشكل العلمي المطروح .

2- اقترح فرضيات تحدد من خلالها العلاقة بين بنية البروتين وتخصصه الوظيفي.



الاجابة

بالمقارنة بين الجزيئتين HBA و HBS نجد :

HBS	HBA	
الجزيئتين من طبيعة بروتينية ، كل جزيئة مكونة من أربع سلاسل ببتيدية ($\alpha 2$ و $\beta 2$).	أوجه التشابه	
الحمض الأميني رقم 6 من نوع Val	الحمض الأميني رقم 6 من نوع Glu	أوجه الاختلاف
بنية فراغية غير طبيعية	بنية فراغية طبيعية	
جزيئات مترابطة (ألياف صلبة)	جزيئات حرة	
جزيئات فقدت تخصصها الوظيفي	جزيئات اكتسبت تخصصها الوظيفي	

ومنه نستنتج أن الجزيئات البروتينية ذات البنية الفراغية الطبيعية تكسبه تخصص وظيفي وفقدان بنيته الفراغية تفقده تخصصه الوظيفي .

حدد العلاقة بين البنية الفراغية للبروتين وتخصصه الوظيفي .

المشكلة

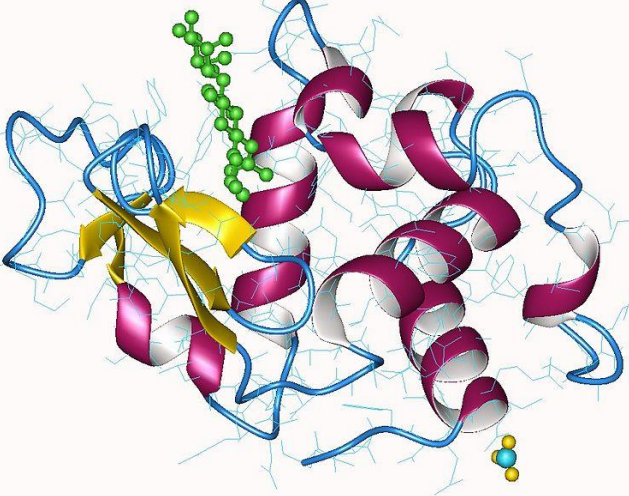
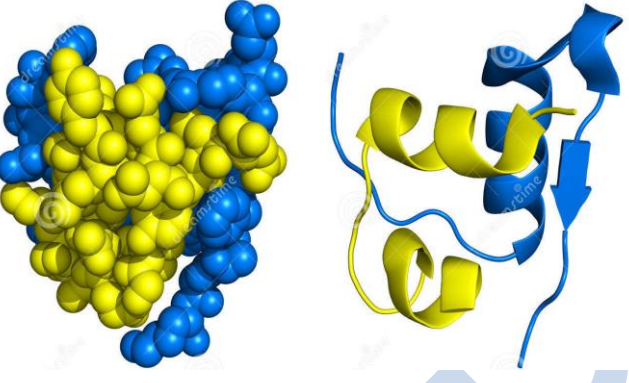
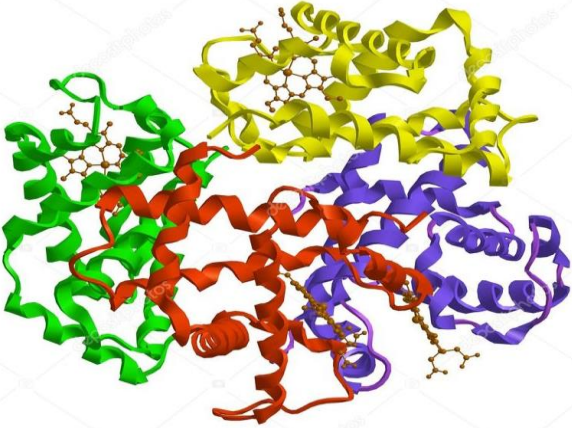
تتوقف البنية الفراغية للبروتين وبالتالي تخصصه الوظيفي على :

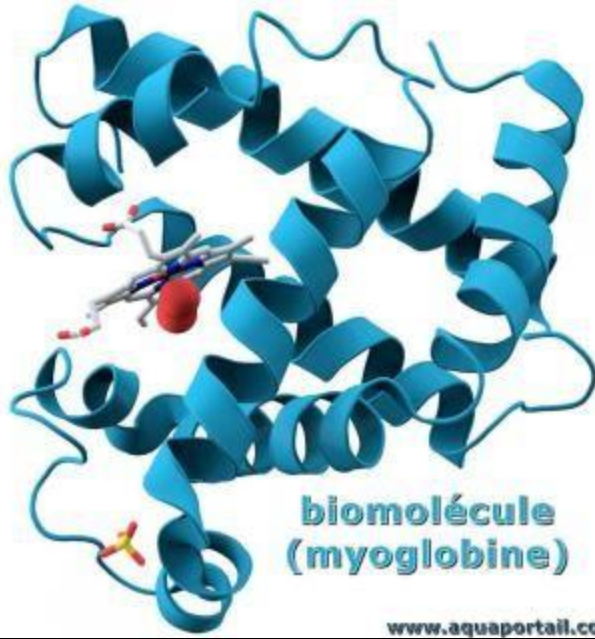
اقتراح فرضيات

الفرضية 01 : الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتين

الفرضية 02 : الروابط التي تنشأ بين العناصر الكيميائية لجذور الأحماض الأمينية المحددة (جسور ثنائية الكبريت، شارديت،) والتي تساهم في التفاف السلسلة أو السلاسل الببتيدية مشكلة بنية ثلاثية الأبعاد .

الحصة التعليمية 01 : مستويات البنية الفراغية .

المهمة 1	1- يتعرف على مستويات البنية الفراغية لبعض البروتينات لتحقيق ذلك :
1- يقارن بين البنيات الفراغية لبعض البروتينات الوظيفية (أنزيمات ، هرمونات ،) باستعمال مبرمج محاكاة مثل راستوب (rastop) .	
	اسم الجزيئة: اليزوزيم: Lysozyme التصنيف: إنزيم إمالة عدد السلاسل الببتيدية: سلسلة واحدة عدد الأحماض الأمينية: 129 عدد الروابط: 1066 عدد الحلزون α: 5 عدد الرقائق β: 5 عدد مناطق الانعطاف: 24
	اسم الجزيئة: الأنسولين: Insuline التصنيف: هرمون القصور السكري عدد السلاسل الببتيدية: سلسلتان عدد الأحماض الأمينية: 51 عدد الروابط: 794 عدد الحلزون α: 3 عدد الرقائق β: 0 عدد مناطق الانعطاف: 1
	اسم الجزيئة: الهيموجلوبين: Hémoglobine التصنيف: البروتينات الخضابية (صبغية) عدد السلاسل الببتيدية: 4 سلاسل عدد الأحماض الأمينية: 574 عدد الروابط: 4684 عدد الحلزون α: 36 عدد الرقائق β: 0 عدد مناطق الانعطاف: 0



اسم الجزيئة: الميوجلوبين: Myoglobine
 التصنيف: البروتينات الخضائية (الصبائية)
 عدد السلاسل الببتيدية: سلسلة واحدة
 عدد الأحماض الأمينية: 151
 عدد الروابط: 1455
 عدد الحلزون α : 8
 عدد الرقائق β : 0
 عدد مناطق الانعطاف: 0

1- قارن بين البنيات الفراغية لبعض البروتينات الوظيفية.

التعليمية

1- المقارنة بين البنيات الفراغية لبعض البروتينات الوظيفية.

أوجه المقارنة	الليزوزيم	الانسولين	الميوجلوبين	الهيموغلوبين
الدور	انزيم الاماهة	بروتين خضابي للعضلات	هرمون القصور السكري	بروتين خضابي للدم
نوع البنية الفراغية	ثلاثية			رابعة
عدد السلاسل الببتيدية	01	02	04	
عدد الاحماض الامينية	129	151	51	574
عدد الروابط	1066	1455	794	4684
عدد البنيات الحلزونية α	5	8	3	36
عدد البنيات المطوية β	5	0	0	0
عدد مناطق الانعطاف	24	0	1	0

الاستنتاج: تظهر البروتينات بنيات فراغية مختلفة ثلاثية أو رابعة (بها الحلزونية α أو المطوية β أو كليهما)، محددة بعدد الأحماض الأمينية التي تدخل في بنائه وكذا بعدد الروابط الكيميائية.

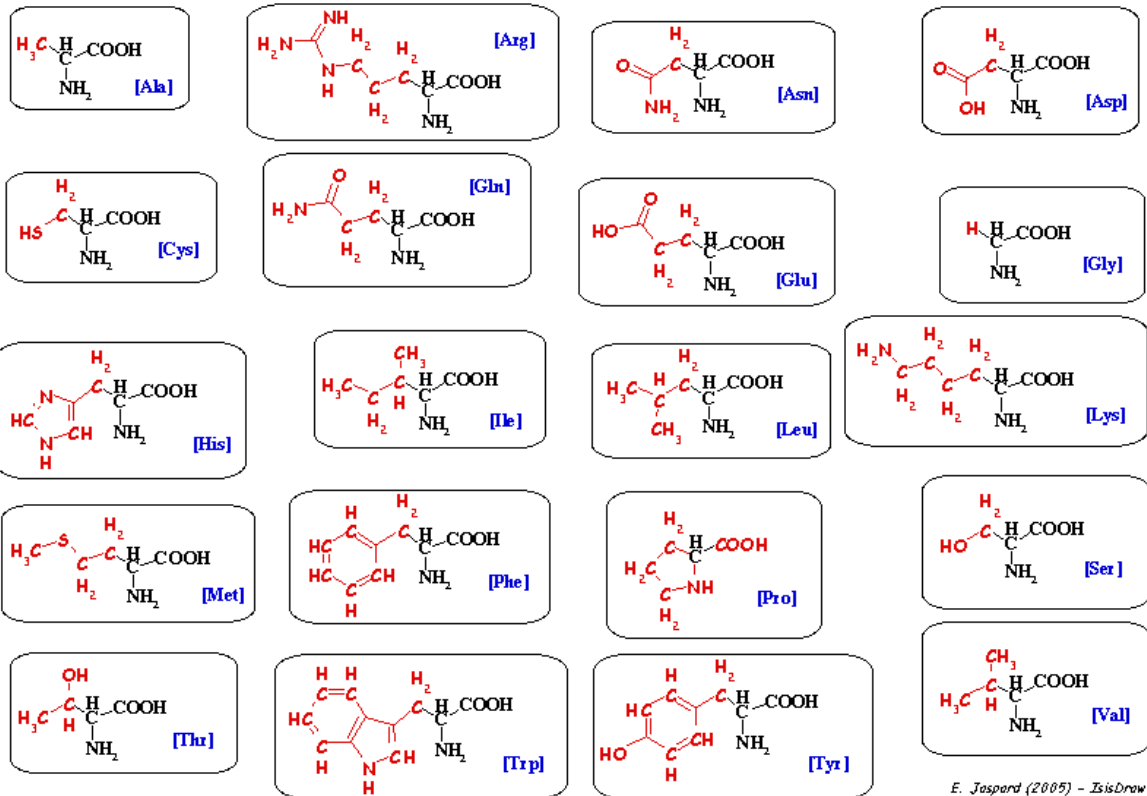
الحصة التعليمية 02 : تصنيف الأحماض الأمينية

2- يحدد الوظائف المميزة والمشاركة بين الأحماض الأمينية والجزء المتغير الجذر R لتحقيق ذلك :

المهمة 2

الوثائق :

** تمثل الوثيقة التالية الصيغ المفصلة للأحماض الأمينية العشرين :



E. Jaspard (2005) - IsisDraw

Les 20 acides aminés

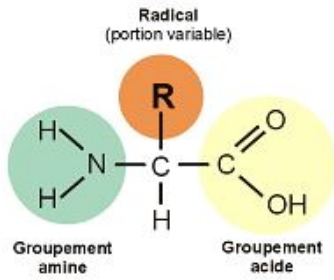
Acide glutamique	Glu
Acide aspartique	Asp
Alanine	Ala
Arginine	Arg
Asparagine	Asn
Cystéine	Cys
Glutamine	Gln
Glycine	Gly
Histidine	His
Isoleucine	Ile

Leucine	Leu
Lysine	Lys
Méthionine	Met
Phénylalanine	Phe
Proline	Pro
Sérine	Ser
Thréonine	Thr
Tryptophane	Trp
Tyrosine	Tyr
Valine	Val

1- بين الصيغة العامة للحمض الأميني ميرزا الجزء الثابت (الوظائف المشتركة) والجزء المتغير.
ثم صنفها حسب وجود في الجذر R وظائف أمينية أو حمضية القابلة للتأين.

التعليمات:

1- الصيغة العامة للحمض الأميني:



** التصنيف حسب وجود في الجذر R وظائف أمينية أو حمضية القابلة للتأين.

تصنف الأحماض الأمينية إلى ثلاث مجموعات وهي:

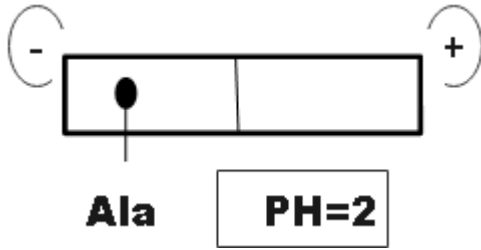
(1) **الأحماض الأمينية القاعدية** بها مجموع الوظائف القاعدية أكبر من مجموع الوظائف الحامضية وعددها 03 هي Arg-Lys - His

(2) **الأحماض الأمينية الحامضية** بها مجموع الوظائف الحامضية أكبر من مجموع الوظائف القاعدية وعددها 02 هي : Glu - Asp.

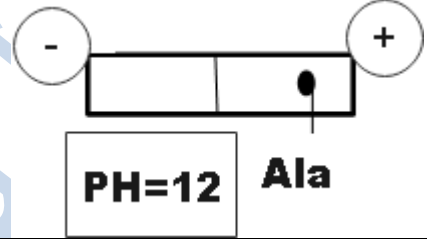
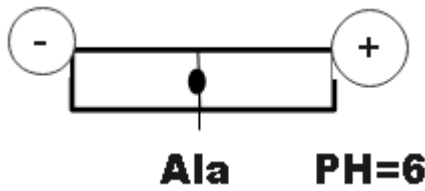
(3) **الأحماض الأمينية المعتدلة** بها مجموع الوظائف الحامضية يساوي مجموع الوظائف القاعدية وعددها 15 باقي الأحماض الأمينية.

- نتائج الرحلان الكهربائي للأحماض الأمينية في أوساط ذات قيم PH مختلفة .

لغرض تحديد شحنة الحمض الأميني ألانين Ala تم وضع قطرة من محلول الحمض الأميني في منتصف شريط ورق الترشيح في جهاز الهجرة الكهربائية عند $PH=2$ بعد انتهاء مدة الفصل كانت النتيجة كما يلي



تم تكرار التجربة السابقة عند $PH=12$ ثم عند $PH=6$ النتائج موضحة في الوثيقة :



الوثائق :

- 1- باستغلالك لنتائج الرحلان الكهربائي للأحماض الأمينية في أوساط ذات قيم PH المختلفة استنتج الخاصية التي يتميز بها الأحماض الأمينية والبروتينات.
- 2- أكتب التفاعلات الكيميائية للحمض الأميني في أوساط PH المختلفة .

التعليمية

- 1- استغلال نتائج الرحلان الكهربائي للأحماض الأمينية في أوساط ذات قيم PH المختلفة ثم استنتج الخاصية التي يتميز بها الأحماض الأمينية والبروتينات.
- *** توضح الوثيقة نتائج الرحلان الشاردي للأحماض الأمينية في أوساط PH مختلفة حيث نلاحظ :
❖ عند $PH=2$:

نسجل هجرة الحمض الأميني Ala نحو القطب السالب فهو يحمل شحنة موجبة .

أي أن الوظيفة الأمينية أو القاعدية ($-NH_2$) اكتسبت بروتون (H^+) فأصبحت ($-NH_3^+$) .
ومنه Ala سلك سلوك قاعدة في وسط حامضي وهذا عند : $PH < PHi$.

❖ عند $PH=12$:

نسجل هجرة الحمض الأميني Ala نحو القطب الموجب فهو يحمل شحنة سالبة .

أي أن الوظيفة الحمضية أو الكربوكسيلية ($-COOH$) فقدت بروتون (H^+) فأصبحت ($-COO^-$) .
ومنه Ala سلك سلوك الحمض في الوسط القاعدي وهذا عند : $PH > PHi$.

❖ عند $PH=6$:

نسجل ترسب الحمض الأميني Ala في منتصف ورقة الفصل فهو متعادل كهربائياً (مجموع الشحن الموجبة يساوي مجموع الشحن السالبة) .

أي أن الوظيفة الحمضية ($-COOH$) فقدت بروتون (H^+) فأصبحت ($-COO^-$) كما اكتسبت الوظيفة الأمينية ($-NH_2$) بروتون (H^+) فأصبحت ($-NH_3^+$) .

ومنه Ala سلك سلوك الحمض وسلوك القاعدة في آن واحد في وسط معتدل وهذا عند : $PH = PHi = 6$

استغلال الوثيقة

ومنه نستنتج أن الأحماض الأمينية والبروتينات تتميز بخاصية الأمفوتيرية أو الحمقلية لها القدرة على أن تسلك :

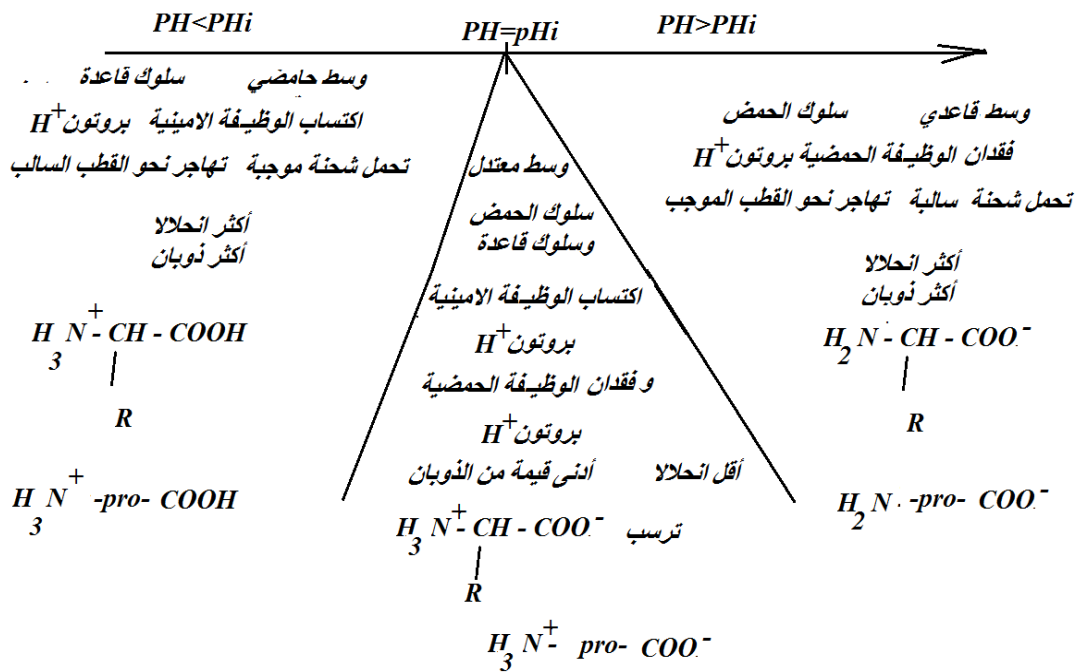
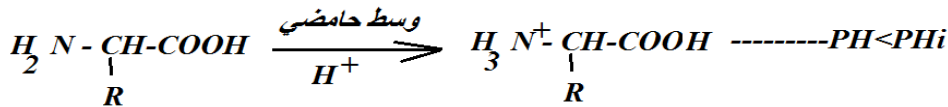
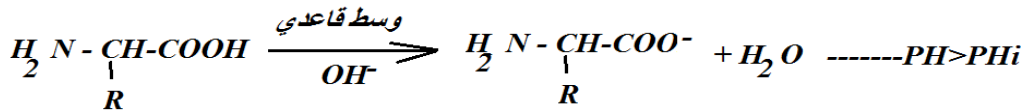
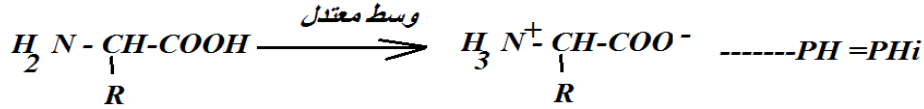
** سلوك الحمض في الوسط القاعدي وهذا عند : $PH > PHi$

** سلوك قاعدة في وسط حامضي وهذا عند : $PH < PHi$

** سلوك الحمض و سلوك القاعدة في آن واحد في وسط معتدل وهذا عند : $PH = PHi$

ملاحظة : PHi نقطة التعادل الكهربائي للأحماض الأمينية .

2- أكتب التفاعلات الكيميائية للحمض الاميني في أوساط PH المختلفة .



ملاحظة : مبدأ تقنية الهجرة الكهربائية : تعتمد على فصل المركبات الحمقلية ضمن مجال كهربائي وذلك حسب تغير PH الوسط حيث على حسب هذا PH يكتسب المركب الحمقلي شحنته تمكنه من الهجرة ضمن المجال الكهربائي وبالتالي فصله عن المركبات الأخرى .

المهمة 4	4- تشكيل الرابطة الببتيدية:
المهمة 4	** اظهار كيفية تشكيل الرابطة الببتيدية بين حمضين أميين متتاليين باستعمال الصيغ المفصلة لثنائي الببتيد أو متعدد الببتيد ومعارفه حول الرابطة التكافؤية . $ \begin{array}{c} H_2N - CH - CO - NH - CH - COOH + H_2O \\ \quad \quad \quad \uparrow \quad \quad \\ R_1 \quad \quad \quad \text{رابطة ببتيدية} \quad \quad R_2 \end{array} $ ثنائي الببتيد AA₁ AA₂
التعليمية	1- انطلاقا من الوثيقة قدم تعريفا لرابطة الببتيدية ثم احسب عدد الوظائف الأمينية و عدد الوظائف الكربوكسيلية في رباعي الببتيد . هل يتأثر عددها بطول السلسلة الببتيدية . 2- احسب عدد الروابط الببتيدية وجزيئات الماء المتحررة في السلسلة الببتيدية.
استغلال الوثيقة	1- تعريف الرابطة الببتيدية هي : رابطة تكافؤية تنشأ بين الوظيفة الكربوكسيلية للحمض الأميني الاول والوظيفة الامينية للحمض الأميني الموالي مع تحرير جزيئة ماء .
$\begin{array}{c} R_1 \quad \quad \quad R_2 \\ H_2N - CH - COOH + H_2N - CH - COOH \\ \quad \quad \quad \\ R_1 \quad \quad \quad R_2 \end{array}$ انزيمات الربط انزيمات محللة تركييب دمج اماهة تحليل $\begin{array}{c} H_2N - CH - CO - NH - CH - COOH + H_2O \\ \quad \quad \quad \uparrow \quad \quad \\ R_1 \quad \quad \quad \text{رابطة ببتيدية} \quad \quad R_2 \end{array}$ ثنائي الببتيد AA₁ AA₂ ** عدد الوظائف الأمينية في رباعي الببتيد هو 01 . ** عدد الوظائف الكربوكسيلية في رباعي الببتيد هو 01 . ** لا يتأثر عدد هذه الوظائف بطول السلسلة الببتيدية على شرط اهمال الجذور R . 2- عدد الروابط الببتيدية وجزيئات الماء المتحررة في السلسلة الببتيدية تكون دائما (N-1) حيث N عدد الاحماض الامينية الداخلة في تركيب السلسلة الببتيدية .	

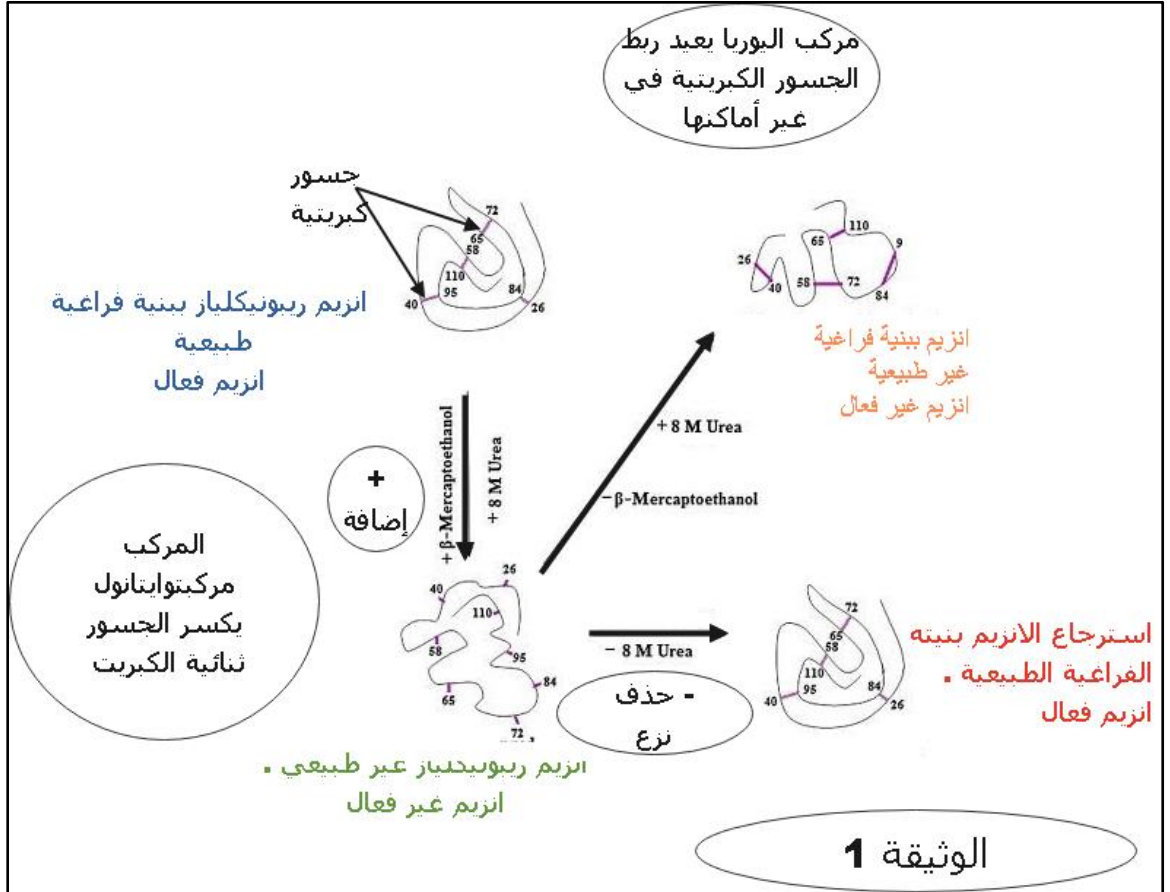
الحصة التعليمية 05 : العلاقة بين البنية ووظيفة البروتين

المهمة 5

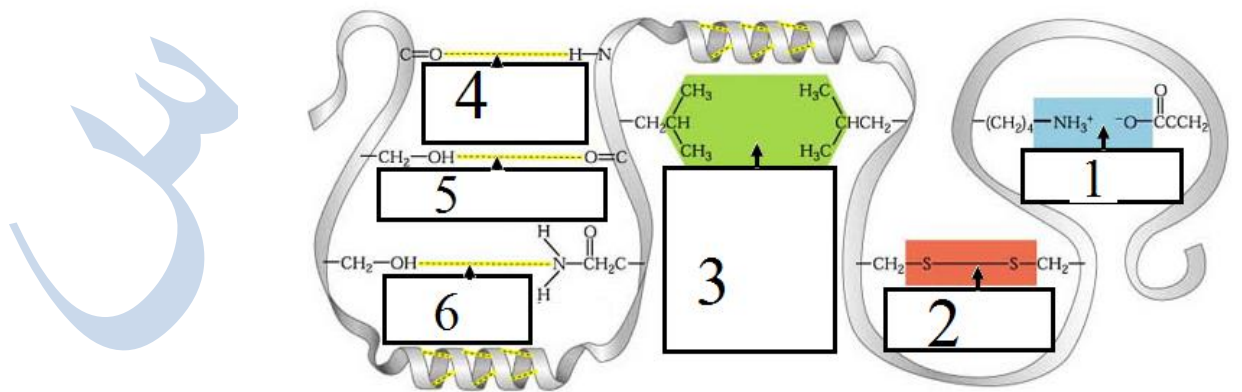
5 - يظهر العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد والتخصص الوظيفي للبروتينات لتحقيق ذلك :

1- تحليل نتائج تجربة Anfinsen .

من خلال نتائج تجربة أنفينسن Anfinsen والتي أجراها العالم على إنزيم الريبونوكلياز Ribonuclease إنزيم يحلل الARNm بعد الترجمة المؤلف من 124 حمض أميني .



2- يحدد مختلف أنواع الروابط التي تضمن استقرار المستويات البنيوية المختلفة للبروتين.



1- حلل نتائج تجربة أنفينسن .

2- أذكر مختلف أنواع الروابط التي تضمن استقرار المستويات البنيوية المختلفة للبروتين ثم حدد مختلف المستويات البنيوية للبروتين.

3- صادق على صحة الفرضية المقترحة

1- التحليل : توضح الوثيقة نتائج تجربة أنفينسن حيث نلاحظ :

التعليمات

استغلال

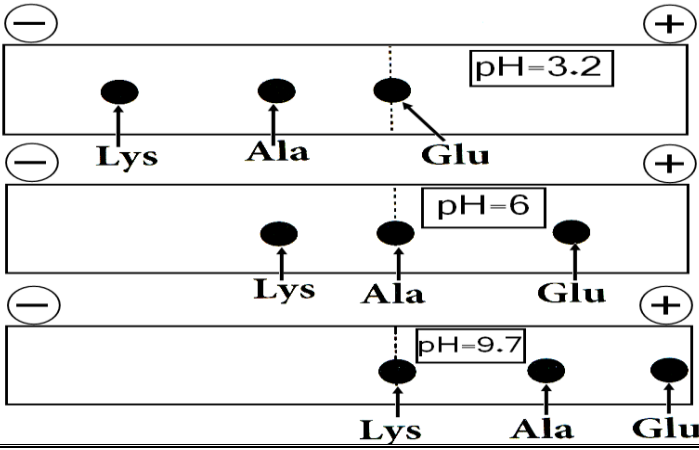
الوثيقة	** بعد اضافة المادتين الكيميائيتين β مركبتو إيثانول $2(\text{HS-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH})$ و اليوريا : تكسرت الجسور ثنائية الكبريت فأصبحت البنية الفراغية للانزيم غير طبيعية وغير فعال أي أن الجسور ثنائية الكبريت تساهم في استقرار البنية الفراغية ومنه اكتساب وظيفته. ** بعد ازالة المادة الكيميائية β مركبتو إيثانول فقط وإبقاء على مادة اليوريا نسجل إعادة استرجاع الجسور ثنائية الكبريت لكن في غير موضعها الأصلي (95-84) (26-40) فنحصل على انزيم ذو بنية فراغية غير طبيعية وغير فعال. أي أن البنية الفراغية الوظيفية تتطلب استرجاع الروابط الكيميائية في أما كنها الصحيحة ضمن السلسلة الببتيدية . ** بعد ازالة المادتين الكيميائيتين β مركبتو إيثانول و اليوريا يستعيد الانزيم روابطه الكيميائية وهي الجسور ثنائية الكبريت ومنه استرجاع بنيته الفراغية الطبيعية والفعالة. ومنه نستنتج ما يلي : تتوقف البنية الفراغية ثلاثية الأبعاد للبروتينات وبالتالي تخصصه الوظيفي على الروابط الكيميائية (منها جسور ثنائية الكبريت) التي تنشأ بين المجاميع الكيميائية لجذور الأحماض الأمينية المحددة (من نوع Cys) والمتوضعة بطريقة دقيقة ضمن السلسلة أو السلاسل الببتيدية حسب المعلومة الوراثية.
	2- أذكر مختلف أنواع الروابط التي تضمن استقرار المستويات البنيوية المختلفة للبروتين. 1- الرابطة الشاردية . 2- جسور ثنائي الكبريت. 3- رابطة كارهة للماء. 4- رابطة هيدروجينية . *** تحديد مختلف المستويات البنيوية للبروتين. 1* البنية الأولى: عبارة عن تتابع عدد ونوع وتسلسل محدد من AA ترتبط فيما بينها بروابط ببتيدية مشكلة سلسلة خطية . 2* البنية الثانوية: تظهر روابط جديدة هيدروجينية بالبنية الاولى بين هيدروجين الوظيفة الامينية واكسجين الوظيفة الكربوكسيلية للروابط الببتيدية فتنشأ بنيت جديدة ثانوية α حلزونية و β ورقية. 3* البنية الثالثة: ثلاثية الأبعاد هي بنية أكثر تعقيدا من البنية الثانوية تأخذ بعدا ثالثا نتيجة انثناء السلاسل الببتيدية ذات البنية الثانوية اما من نوع α أو من نوع β أو كليهما ، فيكثر بها شدة الالتفاف والحلزنة بفضل ظهور روابط جديدة تساهم في ثبات واستقرار البنية الفراغية وهي : ** روابط هيدروجينية : تنشأ بين (H) (O) للجذور R لل AA . ** جسور ثنائية الكبريت : تنشأ بين (S) $^-(S)$ لل AA من نوع Cys . ** رابطة شاردية : تنشأ بين (COO$^-$) (NH$_3^+$) . ** الروابط الكارهة للماء تنشأ بين الجذور الكارهة للماء مثل الجذرين للحمضين الأميين Val و Val * البنية الرابعة: بنية ثلاثية الأبعاد هو اتحاد لتحت وحدتين أو أكثر كل تحت وحدة ذات لنية ثالثة . ترتبط تحت الوحدات بروابط ضعيفة .
المصادقة	3- هذه النتائج المحصل عليها تعطي حلا للمشكلة : حدد العلاقة بين البنية الفراغية للبروتين وتخصصه الوظيفي . وتصادق على صحة الفرضية والتي تنص على: تتوقف البنية الفراغية وبالتالي التخصص الوظيفي للبروتين، على عدد ونوع وتسلسل الأحماض الأمينية وكذا على الروابط التي تنشأ بين المجاميع الكيميائية لجذور الأحماض الأمينية المحددة (جسور ثنائية الكبريت، شاردية، روابط هيدروجينية ، الروابط الكارهة للماء) ، والمتوضعة بطريقة دقيقة في السلسلة أو السلاسل الببتيدية حسب الرسالة الوراثية والتي تساهم في استقرار البنية الفراغية للبروتينات .

التمرين 01: قصد التعرف على سلوك الأحماض الأمينية

وضع خليط من 3 أحماض أمينية (الألنن، حمض الجلوتاميك الليزين) في جهاز الرحلان الشاردي في أوساط مختلفة من PH.

1- حلل نتائج كل عملية فصل.

2- مثل الصيغة الكيميائية لكل حمض أميني عند PHi



التمرين 02: بغية تحديد قيمة PHi للبروتين من بروتينات الدم تم عزله وأجريت تجربة الفصل بالرحلان الشاردي عند قيم

PH مختلفة النتائج مدونة في الجدول التالي:

1- مثل منحنى تغير مسافة الحركة بدلالة PH

ثم قدم له تحليلا ثم مثل صيغته عند PH=2 و PH=8

2- كيف يمكن عزل هذا البروتين عن بقية بروتينات الدم.

PH الوسط	2	3	4.6	8
مسافة التحرك (سم)	3	2	0	4
إتجاه الحركة	نحو المهبط	نحو المهبط	يبقى في منتصف ورقة الفصل	نحو المصعد

