

الموضوع:

التمرين الأول: (5 نقاط)

الإيسيدين (Hépcidine) بروتين يفرزه الكبد في الدم، حيث ينظم امتصاص الحديد في الأمعاء. ينجم عن نقص هذا البروتين مرض يدعى داء الاصطباغ الدموي (Hémochromatose) الناتج عن إفراط في الامتصاص المعوي للحديد.

- يتم تركيب Hépcidine وفق ظاهرتين حيويتين (T1 و T2) يمكن ملاحظتهما على مستوى الخلايا الكبدية خلال عملية التعبير المورثي (الشكلان أ و ب) من الوثيقة (1). يمثل الشكل (ج) من نفس الوثيقة المراحل المحتملة التي قد تمر بها السلسلة الببتيدية للوصول إلى البنية الفراغية الصحيحة لبروتين Hépcidine.

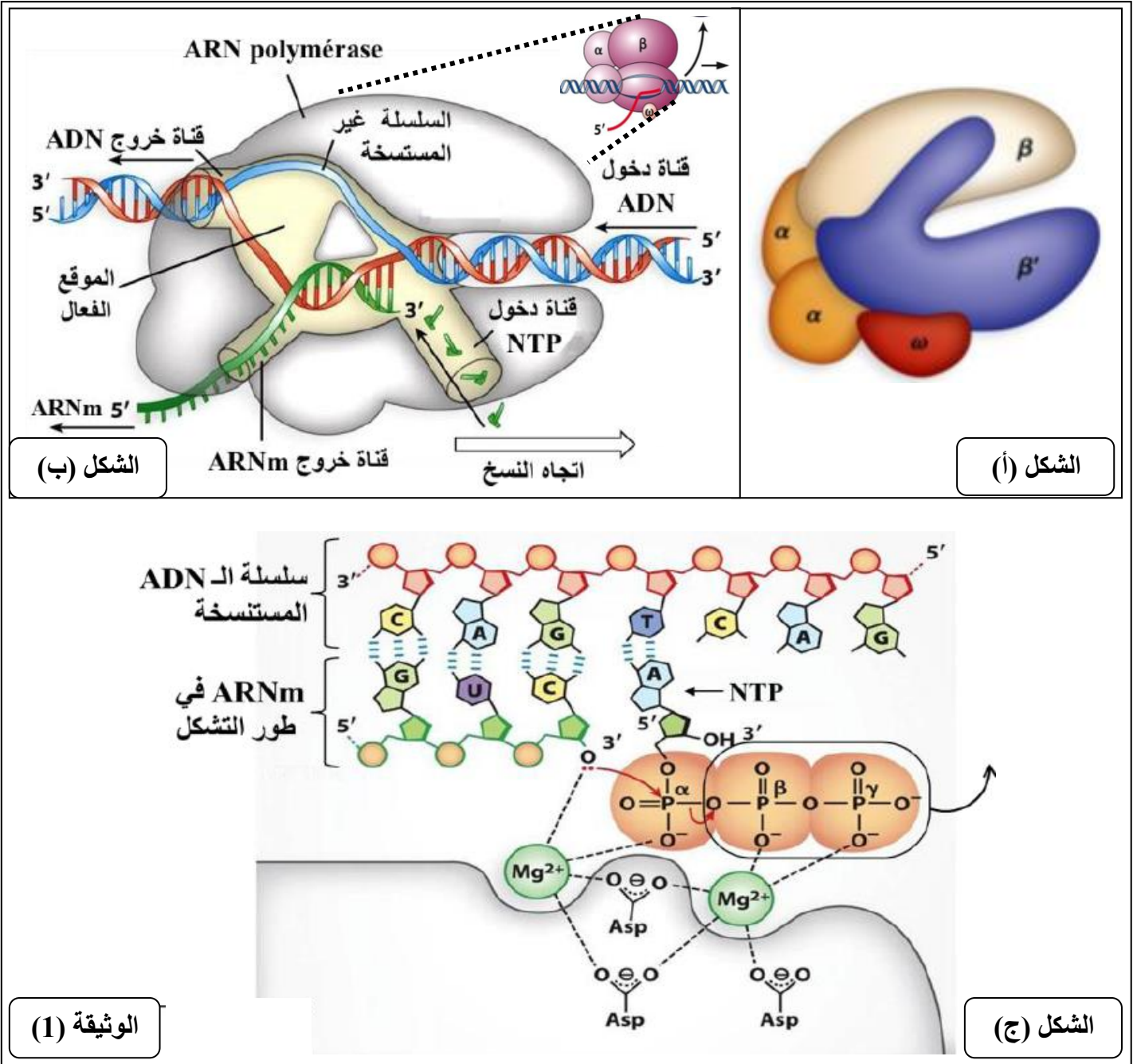
جدول مختصر للشفرات الوراثية	
Tyr	UAU
Arg	CGU
Arg	CGG
Arg	AGG
Thr	ACC
Trp	UGG
Ser	UCC
Ala	GCC
Ala	GCA
Ile	AUA

- أ. قدم عنوانا مناسباً للشكلين (أ) و (ب) ثم سم العناصر المشار إليها بالأرقام؟
ب. أنجز رسماً تفسيريًا للجزء المؤطر (س) في الشكل (أ) من الوثيقة (1) يحمل البيانات الضرورية؟
- أ. بالاستعانة بجدول الشفرة الوراثية أعلاه سم العناصر (A1, A2, A3, A4, A5) في الشكل (ب) من الوثيقة (1)؟
ب. أكتب متتالية القواعد الأزوتية لجزء المورثة الموافقة لمتعدد الببتيد : Met-AA₁-AA₂-AA₃-AA₄-AA₅؟
3. تعرف على البيانات الممثلة بالأرقام في الشكل (ج) ثم اشرح كيفية الانتقال من البنية (س) إلى البنية (ص)؟
4. اعتمادا على معلوماتك ومعطيات الوثيقة (1) علل العبارة التالية: " إن تتالي الأحماض الأمينية للبروتين يتضمن المعلومة اللازمة للحصول على بنية ثلاثية الأبعاد مستقرة، البنية التي تعطي بروتين Hépcidine وظيفته البيولوجية ".

التمرين الثاني: (7,5 نقطة)

I. الـARN بوليميراز معقد إنزيمي مسؤول عن تركيب جزيئة الـARNm خلال عملية نسخ المورثة. لإبراز جانب من نشاطه الإنزيمي نقترح عليك الدراسة التالية:

1. يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (1) بنية إنزيم الـARN بوليميراز عند خلية بكتيرية, ويمثل الشكل (ب) نفس الإنزيم في حالة نشاط.



ملاحظة: NTP = نيوكليوتيدة ثلاثية الفوسفات.

أ. صف بالاعتماد على الشكلين (أ) و (ب) بنية إنزيم الـARN بوليميراز التي تسمح له بأداء وظيفته؟

ب. ماهي مواد التفاعل المستعملة خلال هذا النشاط الإنزيمي و ماهي نواتجه؟

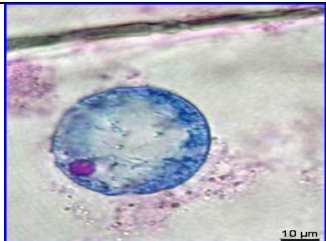
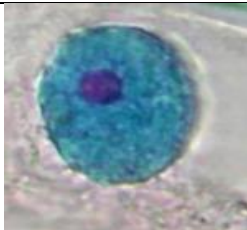
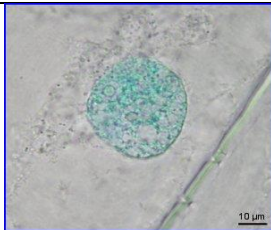
2. يمثل الشكل (ج) من الوثيقة (1) النشاط التحفيزي لإنزيم الـARN بوليميراز الذي يحدث على مستوى الموقع الفعال.

أ. صف الموقع الفعال لهذا الإنزيم ثم اشرح بدقة مراحل التحفيز الإنزيمي التي تسمح بتشكيل سلسلة الـARNm؟

II. قصد دراسة العوامل المؤثرة على النشاط التحفيزي لإنزيم الـARN بوليميراز نستعرض المعطيات التجريبية التالية:

المعطى الأول:

- نقوم بحضن عدد من اليوزينيات (كريات دم بيضاء) في وجود تراكيز متزايدة من مركب α -أمانيتين (مادة مستخلصة من فطر سام (*Amanita phalloid*) خلال أزمنة مختلفة. بعد ذلك بتقنية خاصة نستخلص سيتوبلازم الخلايا ثم نخضعه لتقنية الهجرة الكهربائية لفصل جزيئات الـARN. تلوين سلاسل الـARN بأحمر البيروني أعطى النتائج الممثلة في الجدول التالي:

← البقع السوداء تشير إلى جزيئات الـARNm المعزولة بتقنية الإلكتروفوراز.	تراكيز الـ α -أمانيتين ($\mu\text{g/ml}$)			
	0 - 10^{-5}	10^{-3}	10^{-1}	1
← أحمر البيروني يلون الـARN بالون الوردي				
				

الجدول

1. ماهي المعلومات المستخلصة من تحليلك لنتائج الجدول؟

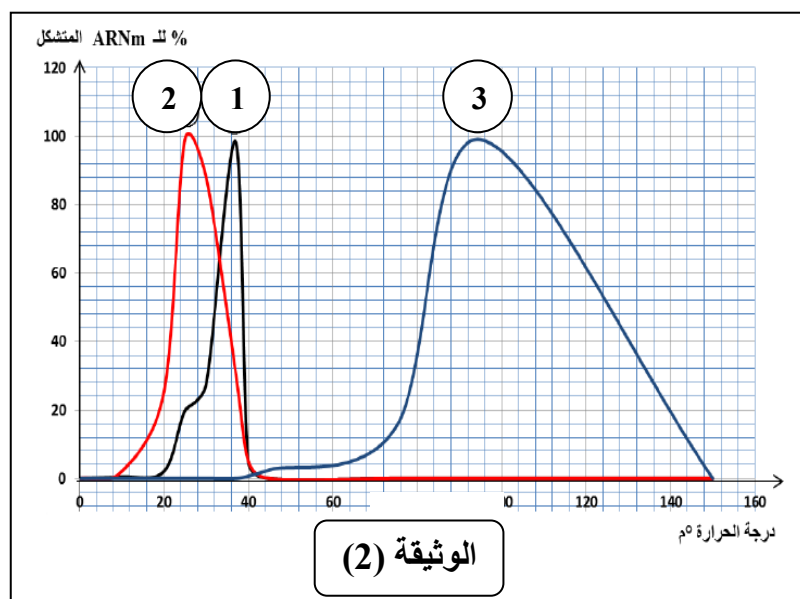
المعطى الثاني:

- تم استخلاص إنزيم الـARN بوليميراز من خلايا كائنات حية مختلفة ثم أنجزت مجموعة من التجارب، نتائجها موضحة في الوثيقة (2).

المنحنى (1): يخص إنزيم الـARN بوليميراز مستخلص من خلية إنسان.

المنحنى (2): يخص إنزيم الـARN بوليميراز مستخلص من خلية نباتية.

المنحنى (3): يخص إنزيم الـARN بوليميراز مستخلص من خلية بكتيرية تعيش في المياه الساخنة (Thermo *Philus aquaticus*).



التجربة 2	التجربة 1	الشروط والنتائج
4	10	تركيز الإنزيم
16	4	تركيز الركيزة S
25	25	درجة الحرارة (°م)
8	8	قيمة الـPH
4	4	تركيز المعقد ES
34,8	34,8	السرعة الابتدائية Vi (ملغ/ل/د)

الجدول المرفق

1. حلل هذه المنحنيات، ماذا تستنتج؟

2. فسر تأثير تغيرات درجة الحرارة على النشاط الإنزيمي؟

3. أعيدت نفس التجربة السابقة على إنزيم الـARN بوليميراز

مستخلص من خلية إنسان عند درجة حرارة = 37 °م، لكن

عند درجة حموضة PH = 1، النتائج كانت عدم تشكل الـARNm.

- مستعينا بالشكل (ج) من الوثيقة (1)، فسر هذه النتائج التجريبية؟

المعطى الثالث:

1. يمثل الجدول المرفق نتائج النشاط الإنزيمي لإنزيم معين مع مادة تفاعله خلال تجربتين مختلفتين.

أ. قارن بين نتائج التجريبتين, ماذا تستنتج؟

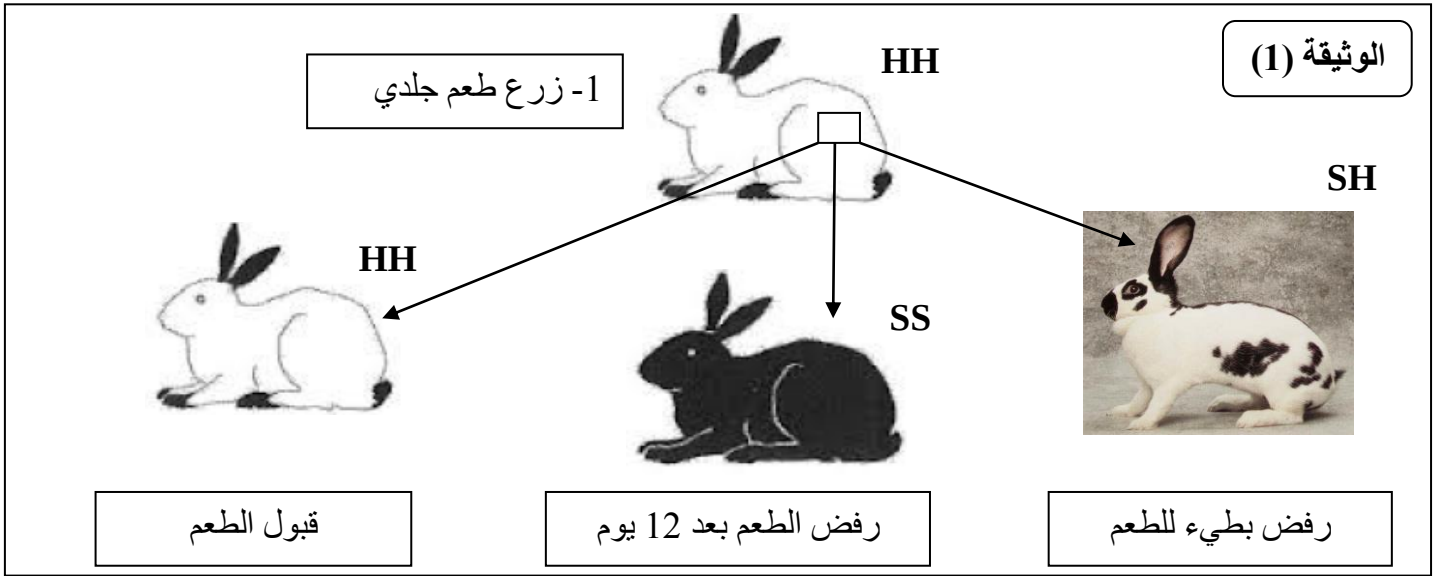
ب. استخرج العامل المحدد لسرعة التفاعل الإنزيمي في كل تجربة؟

2. نمذج العلاقة بين الإنزيم و مادة التفاعل في التجريبتين (1) و (2) باستعمال نصف التراكيز المعطاة في الجدول؟

التمرين الثالث: (5,7 نقطة)

يمثل كل فرد وحدة بيولوجية مستقلة بذاتها, إذ تستطيع عضويته التمييز بين مكونات الذات و اللادات وتلعب البروتينات الغشائية دورا أساسيا في ذلك.

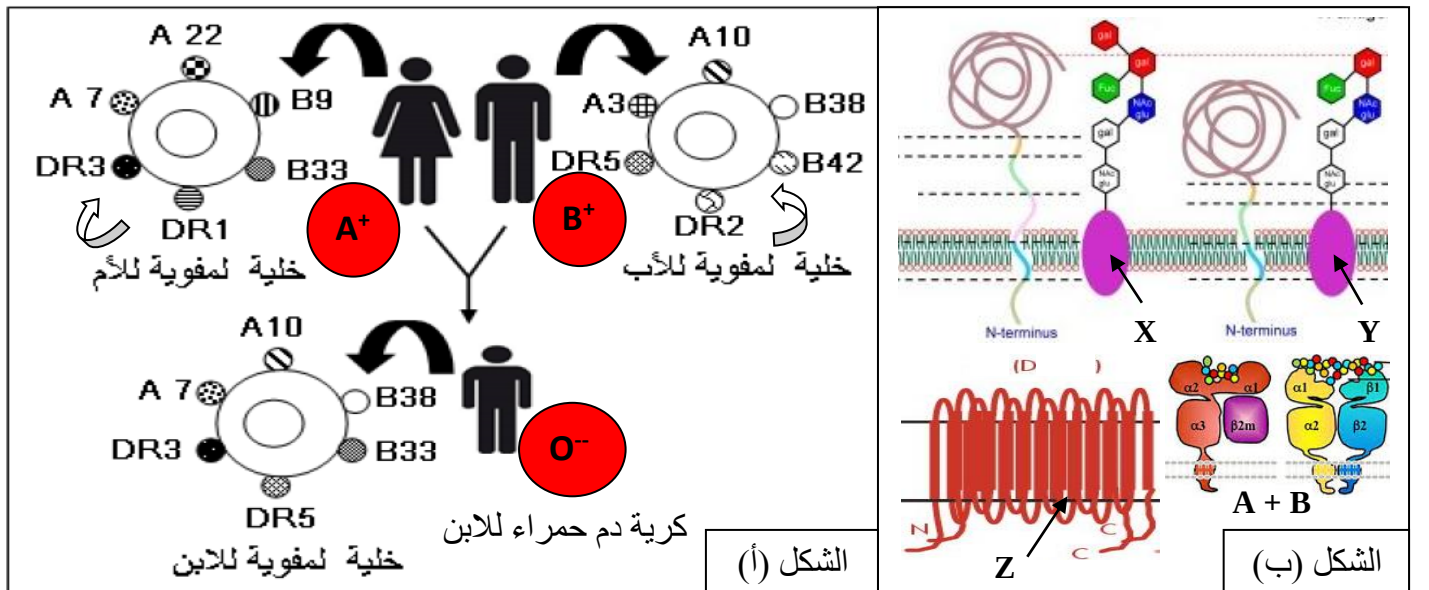
I. تطرح زراعة الأعضاء مشكل الرفض. الوثيقة (1) الموائية تلخص تجارب أجريت على أرانب من سلالات مختلفة.



- اقترح فرضيات تفسر بها النتائج المحصل عليها في الوثيقة (1)؟

II. لمعرفة أسباب قبول أو رفض الطعم وكذا إمكانية نقل الدم, تقترح عليك الدراسات التالية:

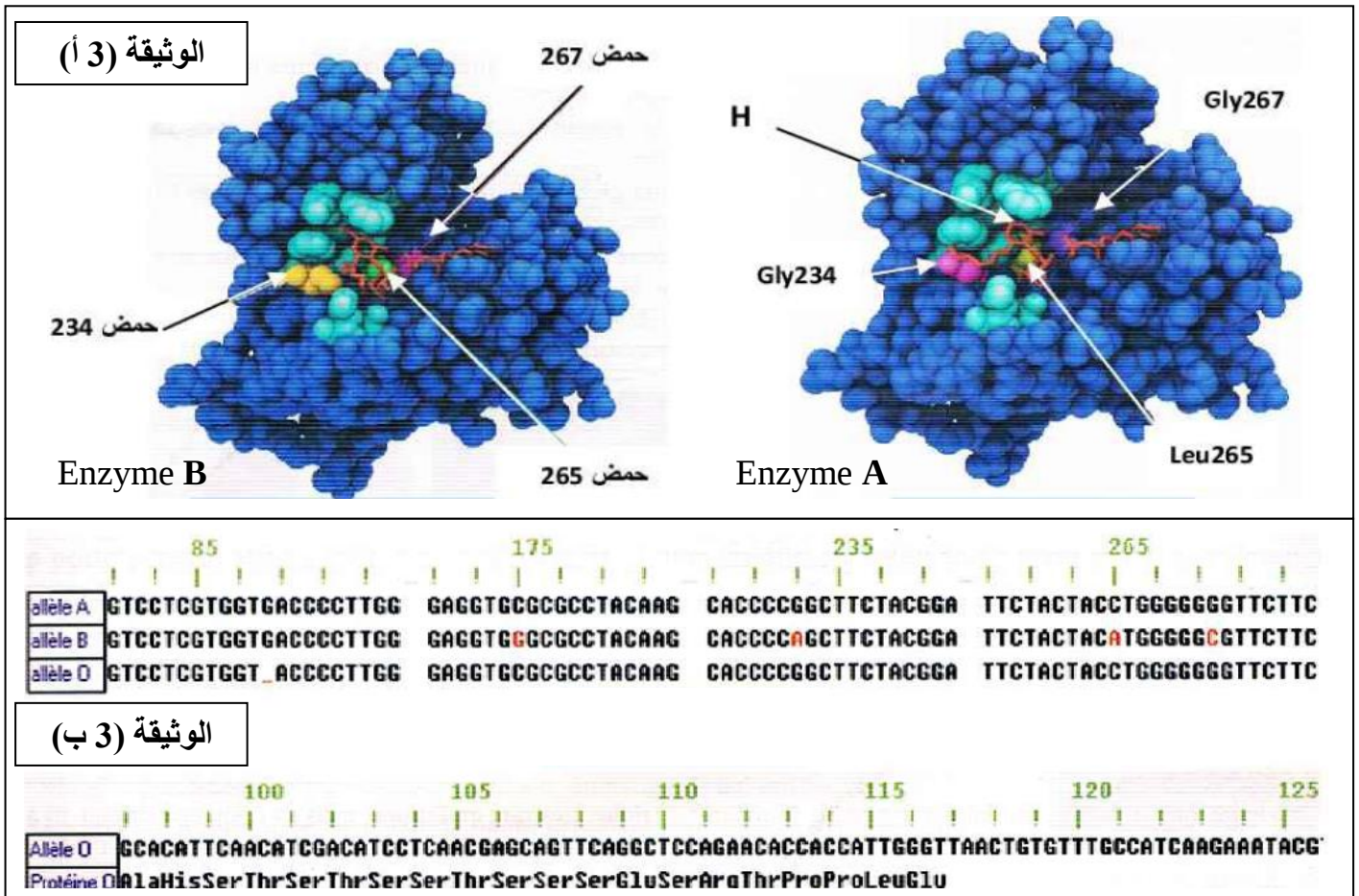
1. توضح الوثيقة (2) توارث بروتينات غشائية لدى عائلة بحيث: الشكل (أ) يمثل المؤشرات الغشائية لأفرادها الثلاث باقتصار التمثيل على A, B, DR, أما الشكل (ب) فيمثل البنية الجزيئية لبعض المؤشرات الغشائية المميزة للذات.



الوثيقة (2)

بالاعتماد على معطيات الوثيقة (2) (أ، ب):

- أ. تعرف على المؤشرات الغشائية المشار إليها بالأحرف في الشكل (ب) ثم قارن بينها؟
- ب. بالاعتماد على معطيات الشكل (أ)، مثل الأنماط الوراثية لأفراد هذه العائلة؟ علما أن مورثة الزمر الدموية ABO تقع على الصبغي رقم 9 ومورثة الريزوس تقع على الصبغي رقم 1.
- ج. اشرح باستدلال منطقي لماذا تطرح زراعة الأعضاء مشاكل تؤدي إلى رفضها من طرف عضوية المستقبل؟
2. يتم تركيب الجزيئات الغليكوبروتينية التي تحدد الزمر الدموية وفق سلسلة من التفاعلات تشرف عليها إنزيمات مختلفة مصدرها مورثات مختلفة. نقوم بدراسة المرحلة الأخيرة من هذه التفاعلات لتركيب هذه الجزيئات.
- تمثل الوثيقة (3- أ) بنية الإنزيمين A و B باستعمال برنامج Rastop مرتبطان بالمؤشر H حيث الأحماض الأمية 234, 265, 267 تميز الموقع الفعال للإنزيمين.
- تضم كل مورثة من مورثتي الأليلين A و B المسؤولتين عن تركيب الإنزيمين (1062 نيكليوتيدة)، بينما الأليل O 1061 نيكليوتيدة. أمكن باستعمال برنامج Anagène تحليل جزء من السلسلة غير المستنسخة للأليلات الثلاثة (الوثيقة 3 ب).



- أ. قارن بين مورثات الأليلات الثلاثة؟
- ب. باستعمال جدول الشفرة الوراثية، فسر بدقة الاختلافات بين الأنزيمين A و B؟
- ج. بناء على إجابتك السابقة و باستغلال معطيات الوثيقة (2) ومعارفك المكتسبة، اشرح اختلاف وظيفة الإنزيمين A و B؟
- د. علل العبارة : "الأليل O يشرف على تركيب بروتين غير وظيفي"؟
- III. اعتمادا على ما توصلت إليه في هذه الدراسة ومعلوماتك، لخص في نص علمي دور البروتينات الغشائية في التمييز بين الذات و اللذات؟

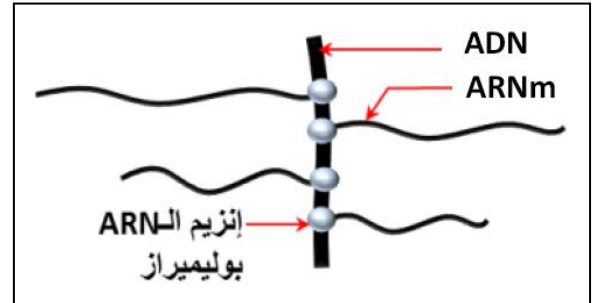
الإجابة المقترحة لاختبار الثلاثي الأول في مادة العلوم الطبيعية

التمرين الأول:

1. أ. العنوان والبيانات:

الشكل	العنوان	البيانات المرقمة (العناصر)
الشكل (أ)	رسم تخطيطي لظاهرة النسخ كما تبدو بالمجهر الالكتروني	1. خيوط الـARNm, 2. ARN بوليميراز, 3. ADN (مورثة)
الشكل (ب)	رسم تخطيطي لظاهرة الترجمة (مرحلة الاستطالة)	1. الموقع P, 2. الموقع A, 3. تحت وحدة صغرى للريبوزوم, 4. ARNt الناقل, 5. رامزة مضادة

ب. رسم تخطيطي تفسيري للجزء المؤطر:



ملاحظة: يمكن أن يقدم التلميذ رسماً تفسيرياً مفصلاً لظاهرة النسخ لذلك تقبل إجابته.

2. أ. تسمية العناصر:

A1	A2	A3	A4	A5
Tyr	Ala	Arg	Ser	Thr

ب. كتابة جزء المورثة الموافق لمتعدد الببتيد:

ARNm : 5'-AUG UAU GCA CGG UCC ACC-3'OH

5'-ATG TAT GCA CGG TCC ACC-3'OH : السلسلة غير المستنسخة
 OH-3'TAC ATA CGT GCC AGG TGG-5'P : السلسلة المستنسخة

}

ADN

3. بيانات الشكل (ج):

1. انطواء, 2. منطقة بينية, 3. بنيات ثانوية, 4. منطقة انعطاف.

الشرح:

الانتقال من (س) إلى (ع):

- يحدث انطواء للسلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية على مستوى مناطق محددة فتتشكل بنيات مطوية β مع بقاء بعض المناطق غير منطوية (المناطق البينية). استقرار البنية الثانوية يكون بسبب الروابط الهيدروجينية بين مجموعات $C=O$ و $N-H$ التابعة للروابط الببتيدية.

الانتقال من (ع) إلى (ص):

- يلتف متعدد الببتيد الناتج وهذا يسمح بتشكيل روابط بين أحماض أمينية محددة (روابط كبريتية، شاردية، هيدروجينية، الخ...) ومتموضعة بكيفية دقيقة في السلسلة الببتيدية فتتخذ بنية فراغية محددة تسمح له بالتخصص الوظيفي.

4. تحليل العبارة:

نعلم أن تتالي الأحماض الأمينية في سلسلة متعدد الببتيد أثناء الاستطالة يفرضه تتالي رامزات الـARNm، وعليه:

- بما أن سلسلة الأحماض الأمينية هي محددة وراثيا وفق تسلسل نيوكليوتيدات جزيئة الـADN (السلسلة المعبرة)، فالمعلومة الوراثية إذن هي التي تحدد البنية الفراغية للبروتين التي تسمح له بأداء وظيفته، أي أن وجود أحماض أمينية من نوع محدد في أماكن محددة يؤدي إلى تكوين روابط كيميائية تحدد البنية الفراغية للبروتين وتعمل على ثباتها، حيث تكسير تلك الروابط يفقد البنية الفراغية الطبيعية للبروتين وبالتالي يفقد وظيفته.

التمرين الثاني:

I-1- أ- وصف بنية إنزيم ARN بوليميراز:

- يتكون إنزيم ARN بوليميراز من 5 تحت وحدات (α 2، β ، β' و ω) (بنية رابعة)
- يحتوي إنزيم الـARN بوليميراز على موقع فعال يتواجد في المركز على مستوى تحت الـ β ، β' تتصل به 4 قنوات تسمح الأولى بدخول جزيئة الـADN و الثانية بخروجها و الثالثة خاصة بإدخال النيكلوتيدات ثلاثية الفوسفات الحرة إلى موقع التفاعل بينما تسمح القناة الرابعة بتحرير سلسلة الـARNm المركبة على مستوى الموقع الفعال.
ب- مادة التفاعل هي النيكلوتيدات ثلاثية الفوسفات (NTP) التي يتم ربطها لتشكيل الناتج المتمثل في سلسلة الـARNm.
2- أ- وصف الموقع الفعال لإنزيم ARN بوليميراز: يتكون الموقع الفعال لإنزيم ARN بوليميراز من ثلاثة أحماض أمينية من نوع Asp مرتبطة بذرتين من نوع Mg^{2+}

- شرح مراحل التحفيز الإنزيمي:

- تثبت النيكلوتيدة ثلاثية الفوسفات (NTP) بعد وصولها إلى الموقع الفعال مقابل النيكلوتيدة المكتملة لها على مستوى السلسلة المستنسخة من الـADN بواسطة روابط هيدروجينية
- تشكل روابط انتقالية بين ذرتي Mg^{2+} (الموقع الفعال) و ذرات الأكسجين الموجودة على مستوى مجموعات الفوسفات α ، β ، γ (مادة التفاعل)
- تنكسر الرابطة بين ذرة الفوسفور P^a و ذرة الأكسجين التي تربطها مع P^b وتعوض برابطة أخرى تنشأ بين P^a وذرة الأكسجين الحرة لسكر آخر نيكلوتيدة مدمجة وينتج عن ذلك تحرير ثنائي الفوسفات (DP) وتشكيل سلسلة الـARNm التي تتحرر في نهاية التركيب.

II. المعطى الأول:

1. تحليل نتائج الجدول :

يدرس الجدول نتائج فصل جزيئات الـARNm بطريقة الهجرة الكهربائية وكذا الكشف عن أماكن تواجد الـARN في أجزاء خلوية مفصولة لخلايا موضوعة في وسط يحوي تراكيز متزايدة من مركب α -أمانيتين حيث نلاحظ:
- في التراكيز: (0 – 10^{-5} ميكروغرام/مل): نلاحظ تركز الـARN بكثافة على مستوى الهيولى والنوية (اللون الوردي)، يوافقها ظهور بقعة سوداء ذات كثافة عالية كما توضحه نتيجة الهجرة الكهربائية،
- عند التركيز: 10^{-3} ميكروغرام/مل: نلاحظ تناقص كمية الـARN المتواجدة في النوية والهيولى (تناقص شدة اللون الوردي) وهو ما يتوافق مع تناقص كثافة البقعة التي تعبر عن الـARNm المفصولة بتقنية الإلكترولفوراز،
- عند التركيز: 10^{-1} ميكروغرام/مل: نسجل اختفاء وتلاشي الـARN في الهيولى مع بقاء كمية صغيرة في النوية، يوافقها نقص كثافة البقعة المفصولة بالالكتروفوراز،
- عند التركيز 1 ميكروغرام/مل: نلاحظ اختفاء كلي للـARN (اختفاء اللون الوردي)، مع تواجد آثار فقط على مستوى النوية، يقابلها ظهور بقعة ذات كثافة تقريبا منعدمة.
ومنه: تتناقص كمية الـARN المركبة بتزايد تراكيز مادة α -أمانيتين في الوسط.

المعلومات المستخلصة:

- يتأثر النشاط الإنزيمي بعوامل الوسط منها : مركب α -أمانيتين الذي يعتبر مادة مثبطة وكابحة للنشاط التحفيزي لإنزيم ARN بوليميراز،
- عملية بناء وتصنيع الـARN تتوقف على حيوية ونشاط إنزيم الـARN بوليميراز في الوسط.

المعطى الثاني:

1- تحليل المنحنيات:

تمثل هذه المنحنيات النشاط الإنزيمي لأنزيم ARN بوليميراز مترجم بكمية ARNm المتشكل بدلالة تغيرات درجة حرارة الوسط حيث نلاحظ:

المنحنى (1): ينشط إنزيم ARN بوليميراز المستخلص من خلية إنسان في مجال حرارة من 20°م إلى 40°م ويكون نشاطه أعظميا عند 37°م.

المنحنى (2): ينشط إنزيم ARN بوليميراز المستخلص من خلية نباتية في مجال حرارة من 10°م إلى 40°م ويكون نشاطه أعظميا عند 25°م.

المنحنى (3): ينشط إنزيم ARN بوليميراز المستخلص من خلية بكتيرية تعيش في المياه الساخنة في مجال حرارة من 37°م إلى 150°م ويكون نشاطه أعظميا عند 95°م.

الاستنتاج: تؤثر تغيرات درجة الحرارة على النشاط الإنزيمي، حيث يبلغ كل إنزيم نشاطه الأعظمي في درجة حرارة معينة تسمى بدرجة الحرارة المثلى.

2 - تفسير تأثير تغيرات درجة الحرارة على النشاط الإنزيمي:

- في درجات الحرارة المنخفضة (بالنسبة لدرجة الحرارة المثلى لنشاط الإنزيم) تقل حركة الجزيئات بشكل كبير فتقل فرص ارتباط الإنزيم بمادة تفاعله ويصبح بذلك الإنزيم غير نشط (حالة تثبيط).

- في درجة الحرارة المرتفعة (مقارنة بدرجة الحرارة المثلى لنشاط الإنزيم) يتخرب الإنزيم (البروتين) بسبب تكسر بعض الروابط المحافظة على بنيته الفراغية، وبالتالي يفقد نهائيا بنيته الفراغية المميزة و خاصة شكل الموقع الفعال الذي يصبح غير مكمل لمادة التفاعل فيفقد نشاطه التحفيزي (وظيفته).

3. التفسير:

- تؤثر درجة PH الغير ملائمة على شحنة المجموعات الكيميائية الحرة في جذور الاحماض الامينية خاصة تلك الموجودة في الموقع الفعال للإنزيم مما يمنع حدوث التكامل بين المجموعات الكيميائية في الموقع الفعال والمجموعات الكيميائية لمادة التفاعل، مما يفقد الإنزيم فعاليته التحفيزية.

بحيث:

- في الوسط الحمضي (تسود الحالة الكاتيونية)، الوظائف COO- لل Asp تثبت H⁺ و تصبح COOH فتتكسر الرابطة بين حمض الأسبارتيك وشوارد Mg²⁺ أي أنه لا تتشكل رابطة انتقالية بين مادة التفاعل والمجموعات الكيميائية للموقع الفعال.

- يؤدي تغير الحالة الأيونية للموقع الفعال (بابتعاد PH الوسط التفاعلي عن ال PH الأمثل) إلى فقد الشحنة المميزة له مما يعيق تثبيت مادة التفاعل وبالتالي يمنع حدوث التفاعل.

المعطى الثالث:

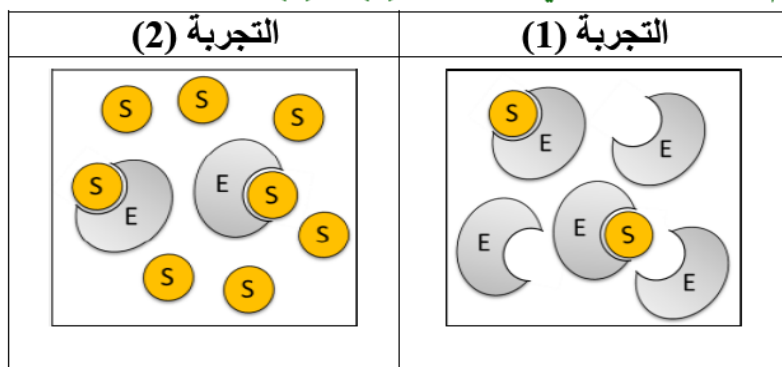
أ- المقارنة بين نتائج التجريبتين:

أجريت التجريبتان في شروط مماثلة من حيث درجة الحرارة و الـ pH و متغيرة من حيث تركيز الإنزيم و مادة التفاعل ففي التجربة (1) تركيز الإنزيم أكبر من تركيز مادة التفاعل أما في التجربة (2) فإن تركيز مادة التفاعل أكبر من تركيز الإنزيم و رغم ذلك تم تشكيل نفس التركيز من المعقدات (ES) و كانت السرعة الابتدائية متماثلة

الاستنتاج: تتوقف السرعة الابتدائية للتفاعل الإنزيمي على تركيز المعقدات الإنزيمية المتشكلة.

ب- العامل المحدد لسرعة التفاعل الإنزيمي هو التركيز الأضعف بين الإنزيم و مادة التفاعل وعليه يعتبر تركيز مادة التفاعل (4 و 1) عاملا محددا لسرعة التفاعل في التجربة (1) و تركيز الإنزيم (4 و 1) عاملا محددا لسرعة التفاعل في التجربة (2).

2 - نمذجة العلاقة بين الإنزيم و مادة التفاعل في التجريبتين (1) و (2):



التمرين الثالث:

- اقتراح فرضيات: ف 1- تقبل العضوية الطعم الذي يوافقها من حيث النظام CMH.
- ف 2- ترفض العضوية الطعم الذي يخلفها من حيث النظام CMH.
- II. 1. أ. التعرف على المؤشرات الغشائية:

المؤشر الغشائي	البيان
HLA1 + HLA2	A + B
المستضد B (غليكوبروتين الزمرة B)	X
المستضد H	Y
المستضد D (بروتين عامل الريزوس)	Z

المقارنة بين المؤشرات الغشائية:

المؤشرات	HLA1	HLA2	المستضد B	المستضد H	المستضد D
عناصر المقارنة					
أوجه التشابه	مؤشرات <u>غشائية</u> ذات طبيعة <u>غليكوبروتينية</u> (بروتينية), مميزة للذات وهي <u>محددة وراثيا</u> (يشرف على تركيبها برنامج وراثي تابع للبيضة المخصبة)				
أوجه الاختلاف					
مقر التواجد	جميع الخلايا المنواة	LB + البالعات	ك. د. ح للزمرة B	ك. د. ح للزمرة O	ك. د. ح
المورثة	الصبغي 6 + 15	الصبغي 6	الصبغي 9 + 19	الصبغي 9	الصبغي 1
موقع تثبيت الببتيد المستضدي	$\alpha 1-\alpha 2$	$\alpha 1-\beta 1$	/	/	/
طبيعة حيز تثبيت الببتيد المستضدي	مغلق	مفتوح	/	/	/
السكر الأخير	غير محدد	غير محدد	الغلاكتوز	فيكوز	لا يوجد

ب. الأنماط الوراثية لأفراد العائلة:

- الخلايا اللمفاوية:

الأب	الأم	الابن
DR5 B38 A10 DR2 B42 A3	DR3 B33 A7 DR1 B9 A22	DR5 B38 A10 DR3 B33 A7

- الكريات الحمراء:

الأب (B ⁺)	الأم (A ⁺)	الابن (O ⁻)

ج. الشرح:

تطرح زراعة الأعضاء مشاكل مختلفة تؤدي إلى رفضها من طرف عضوية المستقبل نتيجة خصائص مورثات نظام CMH التي تتميز بما يلي:

الشكل أ يبين:

- . تعدد مورثات نظام الـ CMH (A, B, C, DR, DQ, DP)
- . تعدد أليلات كل مورثة و الفرد لا يحمل إلا أليلين منها.

. الأليلات متساوية السيادة.

. و بالتالي عدد احتمالات التراكيب الوراثية الممكنة كبير جدا ولكل فرد تركيبة خاصة تميزه، فباستثناء التوأم الحقيقي يصعب إيجاد فردين متماثلين الـ CMH ولذلك كلما كانت نسبة التماثل بين الأفراد قليلة كلما كان عدد أنواع جزيئات مؤشرات الذات مختلفا بين المعطي و المستقبل كبيرا وعليه يلعب العضو المزروع دور مولد ضد ترفضه مناعة الفرد المستقبل؛ فزرع الأعضاء بدون مراعاة التوافق النسيجي يؤدي إلى الرفض.

2. أ. المقارنة بين مورثات الأليلات الثلاثة:

المقارنة بين الأليل A و الأليل B:

- طفرات
بالاستبدال
- تم استبدال القاعدة الأزوتية رقم 125 (C) في الأليل A بـ G في الأليل B,
 - تم استبدال القاعدة الأزوتية رقم 232 (G) في الأليل A بالقاعدة A في الأليل B,
 - تم استبدال القاعدة الأزوتية رقم 265 (C) في الأليل A بالقاعدة A في الأليل B,
 - تم استبدال القاعدة الأزوتية رقم 272 (G) في الأليل A بالقاعدة C في الأليل B,

المقارنة بين الأليل A و الأليل O:

- تم حذف النيوكليوتيدة G رقم 92 في الأليل O (طفرة بالحذف).

ب. تفسير الاختلاف بين الإنزيمين A و B:

- يعود الاختلاف بين الإنزيمين A و B إلى اختلاف الحمضين الأمينيين المشكلين للموقع الفعال, حيث تم استبدال كل من Gly234 و Leu265 في الإنزيم A بـ Ser234 و Met265 في الإنزيم B بسبب استبدال الثلاثيتين CCG, GAC للأليل A (السلسلة المستنسخة) بـ TCG, TAC للأليل B (السلسلة المستنسخة).

ج. الشرح:

- يشترك الإنزيمين في نفس موقع التنشيط (نفس الأحماض الأمينية) وهو ما يسمح لهما بالتعرف على ركيزة واحدة (المؤشر H) ويعود الفرق إلى وجود اختلاف على مستوى موقع التحفيز (كما تمت الإشارة سابقا تم استبدال الغلايسين واللويسين في الإنزيم A بالسيرين والميثيونين في الإنزيم B) وهذا يؤدي إلى اختلاف على مستوى الوظيفة حيث يقوم الإنزيم A بربط سكر N أستيل غلاكتوأمين بالمؤشر H في حين يقوم الإنزيم B بربط سكر الغلاكتوز بالمادة H لتشكيل المؤشر الغشائي B (الوثيقة 2) أي أن هناك تخصص نوعي لكلا الإنزيمين تجاه نوع التفاعل.

د. التعليل:

- يعلل تركيب إنزيم غير وظيفي O نتيجة عدم اكتمال نضج السلسلة الببتيدية وهذا بسبب ظهور الثلاثية TAA في السلسلة الغير مستنسخة للأليل 0 والتي يوافقها في سلسلة الـ ARNm ظهور رامزة توقف UAA والتي لا يوافقها أي حمض أميني وهذا ما يؤدي إلى توقف بناء السلسلة الببتيدية ومنه تشكيل إنزيم غير وظيفي غير مكتمل النمو.

الجزء 3: نص علمي يلخص دور الجزيئات الغشائية في التمييز بين الذات واللذات:
- يملك كل فرد تركيبة بروتينية خاصة من الجزيئات HLA مرتبطة بالتعدد الأليلي للمورثات المشفرة لهذه البروتينات. تتحدد جزيئات الذات وراثيا وهي تمثل مؤشرات الهوية البيولوجية وتعرف باسم: نظام معقد التوافق النسيجي الرئيسي (CMH). تصنف جزيئات HLA إلى صنفين، جزيئات الصنف I: توجد على سطح جميع خلايا العضوية ما عدا الكريات الحمراء؛ جزيئات الصنف II، توجد بشكل أساسي على سطح بعض الخلايا المناعية (الخلايا العارضة للمستضد، الخلايا LB).

تلعب هذه الجزيئات الغشائية دورا أساسيا في التمييز بين الذات واللذات

التعبير اللغوي العلمي الدقيق، الموارد الأساسية ، الانسجام