

חלבונים

על קוצה המזלג

מיפוי הפרק

היבט כימי	היבט תזונתי	היבט חברתי/אישי	
<ul style="list-style-type: none"> הכרת מבנה ותכונות חומצות אמיניות; הכרות כללית עם מבנה חלבונים 	<ul style="list-style-type: none"> הכרת מזונות עשירים בחלבונים. 	<ul style="list-style-type: none"> הכרת חלבון הסויה והשפעתו על בריאותינו. 	מטרות
<ul style="list-style-type: none"> מבנה חומצות אמיניות – דו-יון; מיון חומצות אמיניות לפי קבוצות הצד שלהן; מיון חומצות אמיניות לפי קוטביותן; איזומריה אופטית בחומצות אמיניות (הסבר כללי בלבד); מבנה ראשוני של חלבון; קשר פפטידי ותגובת דחיסה לקבלתו; דנטורציה של חלבונים; חלבוני החלב. 	<ul style="list-style-type: none"> חלבון בעל איכות גבוהה, חלבון "מלא" חומצות אמיניות חיוניות ולא חיוניות לגופנו; חומצה אמינית מגבילה במזון; חלב ומוצריו. 	<ul style="list-style-type: none"> צריכה מאוזנת של חלבון כולל סויה 	תכנים ומושגים מרכזיים
<ul style="list-style-type: none"> מעברים בין צורות ייצוג שונות של חומצות אמיניות. 	<ul style="list-style-type: none"> ניתוח מידע מטבלה. 	<ul style="list-style-type: none"> חקר אירוע בנושא אכילת סויה. 	מיומנויות מרכזיות
<ul style="list-style-type: none"> פעילות באינטרנט – הכרת מבנה מולקולרי של חומצות אמיניות. 		<ul style="list-style-type: none"> איתור מידע מהאינטרנט אודות אכילת סויה ומיתוסים הקשורים בכך. 	פעילויות ייחודיות

מה אנו יודעים על חלבונים?

תשובות לשאלות הפתיחה

ידע מקדים

1. התלמיד מתבקש לענות מתוך ידע כללי, ייתכן והוא יודע כי חלבונים חשובים לבניית רקמות בגוף ככלל ורקמות שריר בפרט. תלמידים אשר עוסקים רבות בספורט עשויים לדעת כי לאחר אימון גופני מן הראוי לצרוך כמות נאותה של חלבון על מנת לאפשר תהליכי שיקום ובנייה מחדש של רקמות אשר ניזוקו במהלך האימון. אספקה לקויה של חלבון לאחר ביצוע מאמץ גופני תפגום ביעילות תהליכי הבנייה ותקטין את מהירות ההתאוששות שלאחר האימון. אספקת חלבון נאותה עשויה לסייע לספורטאי בפיתוח מסת שריר. לגבי מזונות ייתכן והתלמיד ידע כי ביצים, בשר ומוצרי חלב עשירים בחלבונים.
2. תלמידים לומדי ביולוגיה עשויים להכיר את המונח חומצה אמינית. החלבון בנוי מחומצות אמיניות הקשורות ביניהן בקשרים פפטידיים ליצירת השרשרת החלבונית. המבנה השניוני, השלישוני והרביעוני קובעים את מבנהו המרחבי של החלבון ונקבעים באמצעות הקשרים הבין מולקולריים הקיימים בשרשרת החלבון ובין שרשרת חלבון שונות (מבנה רביעוני).
3. חומצות אמיניות חיוניות כמו שמשמע משמן הינן חומצות אשר גופנו זקוק להן ובלעדיהן לא יספקו צרכיו הביולוגיים. חיוניותן של תשע חומצות אמיניות מבין העשרים מתבטאת בכך שהגוף אינו יכול לייצרן בעצמו בתהליכים מטבוליים ואנו חייבים לצרוך אותן מהמזון. לעומתן, החומצות הבלתי חיוניות הן אלו שהגוף מסוגל לייצרן בעצמו ולכן אין צורך לצרוך אותן ישירות מהמזון.

ניתוח מידע מטבלה

מטרת הפעילות היא ניתוח מידע בדגש על השוואת תכולה של פחמימות, שומנים וחלבונים במזונות שונים.

1. דוגמאות לנתונים "מפתיעים":

מוצרים כמו חיטה, עדשים, אגוזים מכילים אחוז גבוה של חלבונים. נהוג לחשוב כי מוצרים מהחי הם אלו המכילים כמויות גדולות של חלבון כמו מוצרים חלב, ביצים ובשר. לעתים נוטים להתעלם מהעובדה כי גם מוצרים הצומח עשויים להכיל חלבונים באחוזים גבוהים יחסית. גבינה צהובה שנחשבת ללא בריאה בגלל אחוזי השומן הגבוהים שבה, הינה בעלת ערך גבוה של חלבונים.

2. א. בשר ודגים לפי הטבלה מכילים כמות גבוהה של חלבון לעומת מקורות מהצומח.

מוצרים מן החי	כמות חלבון	מוצרים מן הצומח	כמות חלבון
דג סלמון	25	חיטה	13
בשר הודו מבושל	30	אגוזי פקאן	9.7
לא תמיד זה חד משמעי לדוגמא:			
חלב פרה	3	עדשים	9

אך כמובן עבור דיאטה עשירה בחלבונים עדיף לצרוך יותר מוצרים מן החי כמו בשר ודגים.

ב. מקורות מזון מהצומח העשירים בחלבונים הינם הדגנים והקטניות לדוגמא:

13	חיטה
9	עדשים

הדגנים והקטניות עשירים בחלבונים בהשוואה למקורות צמחיים אחרים המוצגים בטבלה כגון תפוחי עץ, אבוקדו, תפוחי אדמה, בננה ועוד.

3.

מאכל	חלבונים	שומנים	פחמימות
בשר הודו מבושל	30	3	0
בשר בקר מבושל	25	25	0

למרות תכולת החלבון הדומה בבשר בקר ובבשר הודו ניתן לראות כי תכולת השומן בבשר הבקר גבוהה באופן משמעותי מזו המצויה בבשר הודו. בשר הודו יספק לגוף את החלבונים הדרושים לו מבלי להוות גורם השמנה ועל כן הוא מומלץ יותר לאכילה.

4. א. לפי הנתונים המופיעים בפרק הראשון:

1 גרם חלבון מספק 4 ק"קל, 1 גרם פחמימה מספק 4 ק"קל, 1 גרם שומן מספק 9 ק"קל.

מזונות עשירים בשומנים הינם בעלי ערך קלורי גבוה.

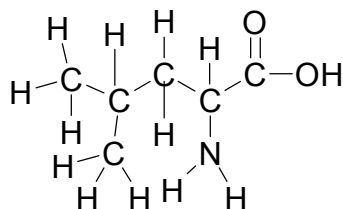
מאכל	חלבונים	שומנים	פחמימות	קלוריות
אגוזי פקאן	9.7	70	12	716.8
חיטה	13	2.5	70	354
בשר בקר מבושל	25	25	0	325
גבינה צהובה	26	17	2	265

ב. על מנת לגבש המלצה לצריכת המזונות, יש להתייחס לשאר מרכיבי המזון ולצרכים התזונתיים של אדם ספציפי. בשר בקר הינו עשיר בשומן מיותר וניתן לקבל חלבונים מן החי ממזונות אחרים אשר דלים בשומן. אגוזי פקאן הינם בעלי ערך קלורי גבוהה כתוצאה מתכולת שומן גבוהה, אך ייתכן כי בעלי ערך תזונתי הבא לידי ביטוי במרכיבי השומן כגון חומצות שומן חיוניות או ויטמינים וברזל ולכן אין לשלול את צריכתם. החיטה מכילה פחמימות המעלות את הערך הקלורי שלה אך צריכת פחמימות הינה חיונית לגופנו ולכן יש לאוכלה במידה.

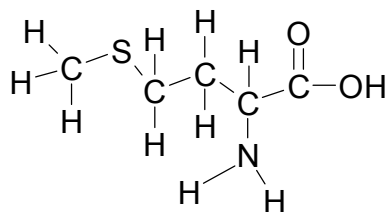
5. ישנם מרכיבי מזון אחרים כגון: מים, ויטמינים ומינרלים.

תשובות לתרגיל 1: המבנה של חומצות אמיניות ופעילות מלוות רשת להכרתן

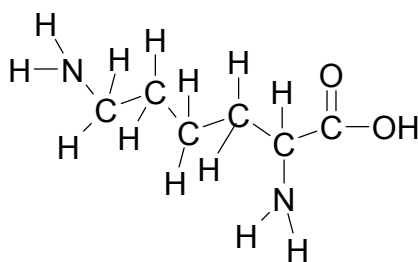
1. א. ה-R של החומצה האמינית לויצין הינו $-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$



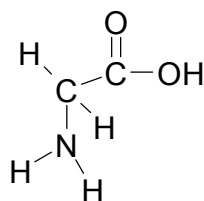
ב. ה-R של החומצה האמינית מתיונין הינו $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3$



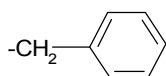
ה-R של החומצה האמינית לויזין הינו $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$



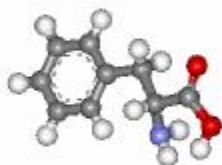
ה-R של החומצה האמינית גליצין הוא H-



ג. הקבוצה הצדדית של גליצין הינה אטום מימן בלבד בעוד שבקבוצות הצדדיות של שאר החומצות האמיניות קיימות קבוצות אטומים. בכל החומצות האמיניות קשורות לאטום הפחמן המרכזי ארבע קבוצות שונות בעוד שבגליצין אין הדבר כך, מה שמשפיע על חוסר הפעילות האופטית של חומצה אמינית זו.

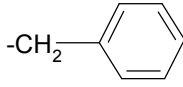
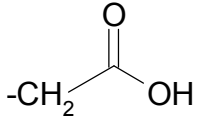


ד. ה-R של החומצה האמינית פניל אלנין הוא



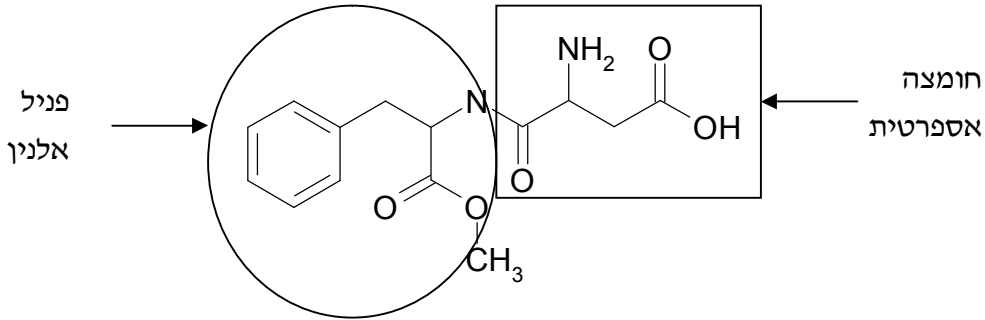
חלבונים על קצה המזלג
הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).
טעם של כימיה - מדריך למורה

2. א. הקבוצה הצדדית בחומצה האספרטית היא: CH_2COOH



הקבוצה הצדדית בפניל אלנין

ב. I.



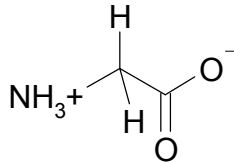
II. הקבוצה הקרבוקסילית מהחומצה האספרטית מתחברת לקבוצה האמינית מהחומצה האמינית פניל אלנין.

III. כיוון שאספרטס מכיל את החומצה האמינית פניל אלנין שאצל חולים אלו אינה מתפרקת ומצטברת בגוף עקב מחסור באנזים פניל-אלנין הידרוקסילאז.

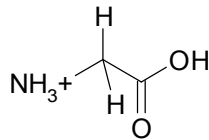
תשובות לתרגיל 2: מעברים בין צורות ייצוג – חומצות אמיניות

1.

א. נוסחת המבנה של גליצין כדו יון ב - pH=7 : $\text{NH}_3^+-\text{CH}_2-\text{COO}^-$

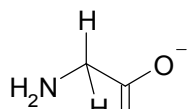


ב. נוסחת המבנה של גליצין ב - pH=1 : $\text{NH}_3^+-\text{CH}_2-\text{COOH}$



pH=1 הינו חומצי מאוד, היות הקרבוקסילי מקבל פרוטון מהמים בתמיסה ועל כן מתקבלת קבוצה קרבוקסילית בלתי טעונה.

ג. נוסחת המבנה של גליצין ב - pH=12 : $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^-$



חלבונים על סף המזלג
הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).
טעם של כימיה - מדריך למורה

pH=12 הינו בסיסי מאד, היון האמיני מוסר פרוטון למים בתמיסה ועל כן מתקבלת קבוצה אמינית בלתי טעונה.

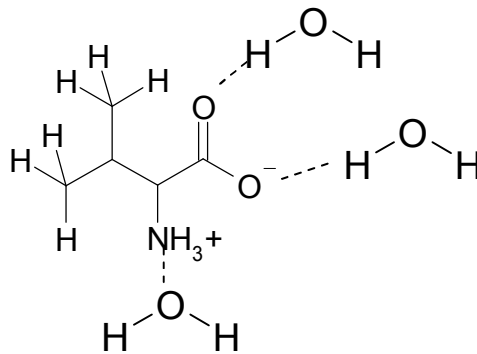
2. ב - pH חומצי, ריכוז יוני ההידרוניום $H_3O^+_{(aq)}$ גבוה. בתגובה (1) לפי עיקרון לשטלייה, המגמה תהיה הורדת ריכוז יוני ההידרוניום ולכן תגובה לכיוון המגיבים, הקצה הקרבוקסילי של מרבית מולקולות החומה האמינית יהיה במצב בלתי מיון (CH_3COOH) .

ככל שיעלה ה - pH, ירד ריכוז יוני ההידרוניום, המערכת תגיב לכיוון תוצרים, חלקן היחסי של המולקולות הטעונות (CH_3COO^-) עולה והמטען הופך בהדרגה ל - 1.

ב - pH בסיסי, ריכוז יוני ההידרוקסיל $OH^-_{(aq)}$ גבוה. בתגובה (2) לפי עיקרון לשטלייה, המגמה תהיה הורדת ריכוז יוני ההידרוקסיל ולכן תגובה לכיוון המגיבים, הקצה האמיני של רוב מולקולות החומצה האמינית יהיה חסר המטען (NH_2) .

ככל שירד ה - pH, ירד ריכוז יוני ה - $OH^-_{(aq)}$, המערכת תגיב לכיוון תוצרים, חלקן היחסי של המולקולות הטעונות $(NH_3^+_{(aq)})$ עולה והמטען הופך בהדרגה ל - 1.

3.

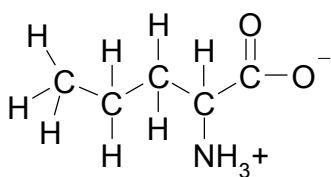


החמצן במולקולות המים הינו בעל מטען חלקי שלילי ולכן יימשך לקבוצה האמינית הנושאת מטען חיובי. המימן במולקולות המים בעל מטען חלקי חיובי יימשך לקבוצה הקרבוקסילית הנושאת מטען שלילי. החמצן הקשור בקשר כפול לפחמן בחומצה האמינית יכול ליצור קשר מימני עם המימן שבמולקולת המים.

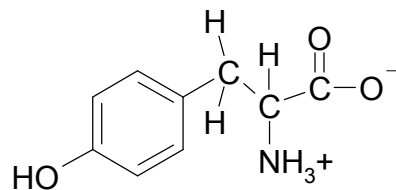
מיון החומצות האמיניות

תשובות לתרגיל 3: מיון חומצות אמיניות על פי הקבוצה הצדדית שלהן

1.



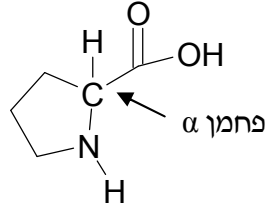
איזולוצין



טירוזין

חלבונים על קצה המזלג
הרשקוביץ, קברמן, אברג'יל ודורי (2007).
טעם של כימיה - מדריך למורה

2. א. קבוצה 1: חומצות אמיניות הידרופוביות, קבוצתן הצדדית אינה מכילה קבוצה קוטבית. מסיסותן במים פחותה משל האחרות וזאת בהתאם לגודל הקבוצה ההידרופובית, בשל אי היכולת של הקבוצה ההידרופובית להשתלב בקשרי המימן של המים.
ב.



3. א. קבוצה 2: חומצות אמיניות המכילות טבעות ארומטיות בקבוצה הצדדית. הקבוצה הצדדית משפיעה על מסיסות במים, הטבעת הפחמנית הינה קבוצה הידרופובית גדולה ולכן גם אם קיימת קבוצה היכולה ליצור קשרי מימן, תרומת החלק ההידרופובי גדולה יותר מזה של החלק ההידרופילי ולכן החומצה האמינית הינה בעלת מסיסות נמוכה.
ב. קבוצה 3: חומצות אמיניות בעלות קבוצה צדדית קוטבית המכילה אטומי מימן הקשורים לחנקן או חמצן. קבוצה צדדית זו מאפשרת יצירת קשרי מימן של החומצה האמינית עם המים וכתוצאה הגדלת מסיסותה במים.
ג. קבוצה 6: חומצות אמיניות בעלות אטום גופרית בקבוצה הצדדית. אטום הגופרית מעלה את המסה של הקבוצה הצדדית ולכן גם את נקודות הרתיחה, מאפשר היווצרות קשרי דו גופרית.

4.

זחומצה זאמינית	pH = 1	pH = 7	pH = 13
זחומצה זספרטית			
ליזין			

תשובות לתרגיל 4: חומצות אמיניות חיוניות – ניתוח מידע מטבלה

1. ניתן לראות על פי הטבלה כי אחוז תכולת החלבון בבשר ובדגים היא גבוהה לעומת המזונות האחרים (פרט לסויה אך לה בעיות בהן נדון מאוחר יותר בפרק זה). בבשר ובדגים לא קיימות חומצות אמיניות מגבילות והם מכילים את כל 9 החומצות האמיניות החיוניות. גם בבשר בקר וגם בדגים התכולה של החומצה האמינית ליזין הינה הגבוהה מבין שאר המזונות המוצגים בטבלה.
2. הנתונים בטבלה המתייחסים לחומצה אמינית אינם מתייחסים לאחוז תכולת החלבון במרכיב המזון לכך מתייחסת רק השורה האחרונה בטבלה. הסויה הינה בעלת ערך תזונתי גדול יותר בהשוואה לגרעיני חיטה כי למרות שמרכיבי החלבון בהם דומים, לסויה אחוז תכולת חלבון גבוהה יותר מה שמעניק לה ערך תזונתי גבוהה יותר.
3. כדי שניצול חלבוני המזון יהיה יעיל החלבונים חייבים לכלול כמות מספקת של החומצות האמיניות החיוניות וביחסים קרובים ככל האפשר ליחסים שבהם הן מופיעות בחלבוני גופנו. מכל המזונות המוכרים, ביצים מספקות את כל החומצות האמיניות החיוניות וביחס הקרוב ביותר לזה של חלבוני האדם. ליזין, מגבילה את הערך התזונתי של חלבוני הדגנים שממנו עשוי הלחם. לכן נעדיף לאכול באי הבודד את הביצים על פני הלחם לשם בניית חלבוני הגוף.
4. ככלל, חלבונים שמקורם מן החי הם בעלי ערך תזונתי גבוה יותר מרוב החלבונים שמקורם בצומח. לכן אנשים צמחוניים צריכים לשלב מאכלים שונים בעלי תכולת חלבון שונה היוצרת חלבון איכותי בעל ערך תזונתי גבוהה. למשל קטניות שבהן יש חומצה אמינית מגבילה המתיונין ניתן לקבל מהדגנים שבה החומצה האמינית המגבילה הינה ליזין. שילוב מאכלים ממשפחת הקטניות והדגנים יביא לתזונה המכילה את כל תשע החומצות האמיניות החיוניות.

תשובות לתרגיל 5: חקר אירוע ופעילות מלוות רשת בנושא אכילת סויה

1. להלן 5 מיתוסים והאמיתות שלהם המועתקים ישירות מהאתר:
 - המיתוס – מזונות מבוססי חלבון הסויה מספקים לגוף חלבון מלא.
 - האמת – כמו כל הירקות, פולי הסויה עניים בחומצות אמיניות המכילות גופרית – מתיונין וציסטאין. בנוסף לכך, תהליכי העיבוד של פולי הסויה המקובלים בתעשייה גורמים לדנטורציה של החומצה האמינית ליזין.
 - המיתוס – פורמולה צמחית על בסיס סויה בטוחה עבור תינוקות.
 - האמת – מאכלי סויה מכילים את מעכבי האנזים טריפסין אשר מעכבים את תהליך עיכול החלבון ומשפיעים על פעילות הלבב. מאכלי סויה מגדילים את דרישת הגוף לויטמין D הדרוש לחיזוק העצמות ולגדילה תקינה. סויה אינה מכילה כולסטרול החיוני להתפתחות המוח ומערכת העצבים. כמויות גדולות של פיטואסטרולגנים בסויה עלולות לגרום להתפתחות מינית מוקדמת בבנות ולעכב את התפתחותם המינית של בנים.
 - המיתוס – מאכלי סויה עשויים למנוע אוסאופורוזיס

האמת – מאכלי סויה עלולים לגרום למחסור בסידן ובויטמין D, שניהם דרושים לעצמות בריאות. מה שמונע את התפתחות האוסטאופורוזיס במדינות אסיאתיות הם סידן וויטמין D שמקורם במאכלי ים ובבשרים אורגניים ולא במאכלי סויה.

- המיתוס – מאכלי סויה טובים ומועילים לחיי המין
האמת – ניסויים בחיות הראו כי מאכלי סויה גורמים לחוסר פוריות בחיות. צריכת סויה מגבירה גדילת שיער אצל גברים בגיל העמידה, מה שמצביע על רמות נמוכות של טסטוסטרון. עקרות בית יפניות מאכילות את בעליהן בטופו לעתים קרובות כאשר הן רוצות להוריד את כוח הגברא שלהם.
- המיתוס - מאכלי סויה מודרניים מגנים מפני סוגים רבים של סרטן.
האמת – דו"ח שפרסמה ממשלת אנגליה טען כי אין הוכחה ודאית שמאכלי סויה מגנים מפני סרטן השד. למעשה, מאכלי סויה עלולים לגרום דווקא לסיכון מוגבר לחלות בסרטן.

2. נזקים עיקריים המוזכרים באתר :

- חלב הסויה מכיל חומר המדמה אסטרוגן ויכול לשנות את דפוסי ההתפתחות המינית, לשנות את מועד המחזור אצל נשים ולהאריך את תקופת המחזור.
- בסויה חומרים דמויי הורמונים (איזופלבונים) היכולים לעכב את אחד האנזימים הקשורים לפעילות בלוטת התריס.
- צריכה גבוהה של סויה גורמת לבעיות קוגניטיביות ולדיכאון אצל אנשים שאובחנו עם בעיות בבלוטת התריס.
- מחלות אוטואימוניות שקשורות לבלוטת התריס שכיחות פי שניים יותר אצל ילדים שהזנו בפורמולה צמחית מאשר ילדים שקיבלו סוגי חלב אחרים.
- איזופלבונים מעכבים פעילות אנזימטית של הפיכת טסטוסטרון לאסטרוגן אשר אינו מופרש אצל גברים וחייב להיות מיוצר מהסטוסטרון. האסטרוגן חשוב לפעילות תקינה של המוח. תופעות נוספות הקשורות באסטרוגן: ספירת זרע נמוכה, איכות זרע נמוכה.

- חלב ומוצרי סויה מעודדים התפתחות סרטן שד בקרב נשים שאובחנה אצלן המחלה.
- ## 3. כצרכנים נבונים יש להיות מודעים הן למחקרים שבעד הסויה והן למחקרים שכנגד. יש להתחשב בכמות החומרים דמויי ההורמונים אשר במרכיבי הסויה ולצורך חלבונים ממוצרי מזון מגוונים ולא רק מהסויה. כצרכנים נבונים עלינו לבצע מערכת שיקולים לגבי צריכת מזונות שונים לפני הגיענו להחלטה.
- לקח מרכזי אותו ניתן ללמוד הוא שמאחר שחסר ידע רב לגבי דרישות תזונתיות של האדם, חשוב לנהוג במתינות בתזונה שלנו. כלומר: לא לצרוך מזון מסוים, או מרכיבי מזון מסוימים באופן מוגזם, ולא להיגרר בקלות אחר אופנות בתזונה, אשר עלולות להתגלות בעתיד כלא מבוססות ואף מטעות.

מבנה החלבונים

תשובות לתרגיל 6: יישום ידע כימי - מבנה ראשוני של חלבון

1. החומצות משמאל לימין הינן: **אלאנין**, חומצה גלוטמית, ליזין, פניל-אלאנין, ואלין, גליצין, ציסטאין.

ניתן לרשום את האוליגופפטיד גם בדרך הבאה:

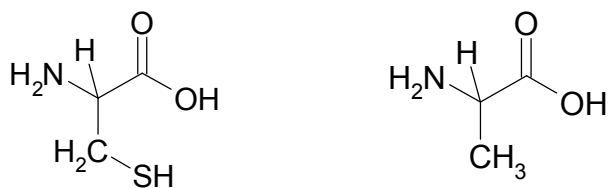


2. א. הקשר הנוצר בין שני חד סוכרים הינו קשר גליקוזידי.

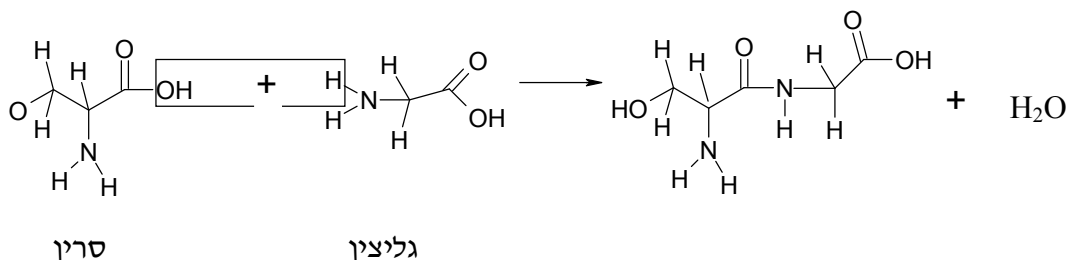
ב.

דחיסה בין חומצות אמיניות	דחיסה בין חד סוכרים	
קבוצה קרבוקסילית וקבוצה אמינית	דחיסה בין שתי קבוצות כהליות	הקבוצות הפונקציונליות המגיבות
מולקולת מים + דו פפטיד	מולקולת מים + דו סוכר	תוצרי התגובה
קשר פפטידי (קשר אמידי)	קשר גליקוזידי	הקשר שנוצר (שם ונוסחת מבנה)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---C---N---} \\ \\ \text{H} \end{array}$	R-O-R'	

ג. סימנו המקוצר של הפפטיד: Ala - Cys



ד.



3. א. המקטעים המוצגים של חלבון ההמוגלובין באדם בריא ובאדם חולה נבדלים זה מזה בחומצה אמינית אחת. החומצה הגלוטמית באדם בריא הוחלפה בחומצה האמינית ואלין באדם חולה. לחומצה הגלוטמית קבוצה צדדית המכילה קבוצה קרבוקסילית המסוגלת ליצור קשרי מימן עם מים ולכן לתרום למסיסות המקטע החלבוני בתמיסה. גם במצב בו הקבוצה הקרבוקסילית מיוננת היא מסיסה היטב במים. החומצה האמינית ואלין, לעומתה, מכילה קבוצת צד פחמימנית הידרופובית. קבוצה זו אינה יוצרת קשרים בין מולקולריים עם המים ומסוגלת ליצור אינטראקציות הידרופוביות בלבד עם סביבתה.

ב. השינוי בחלבון ברמה החלקיקית נובע מהחלפת חומצה אמינית אחת בחומצה אמינית אחרת. החומצות האמיניות חומצה גלוטמית וואלין נבדלות בקבוצות הצד שלהן שכן לחומצה אמינית אחת יש קבוצת צד הידרופילית ואילו לשנייה קבוצת צד הידרופובית.

בסך הכל מגיע ההמוגלובין הבנוי מ – 574 חומצות אמיניות למסה מולרית כוללת של כ – 67,000 גרם/למול - מולקולת ענק. והנה מסתבר כי מוטציה בחומצה אמינית אחת בתוך חלבון כה גדול ומורכב גורמת למחלה כה קשה כמו האנמיה החרמשית.

תשובות לתרגיל 7: יישום ידע כימי – דנטורציה של חלבונים

1. א. חלבון הביצה מתמוסס במים בגלל הסתדרותו כפקעת כדורית. החלק הפנימי של מולקולת החלבון מכיל בעיקר חומצות אמיניות בעלות קבוצת צד הידרופוביות ואילו חלקה החיצוני מכיל בעיקר חומצות אמיניות בעלות קבוצת צד הידרופילית. בסביבה מימית, קבוצות הצד ההידרופיליות - הטעונות והקוטביות, נוטות להתארגן בחלק החיצוני של מולקולת החלבון באופן בו הן יוצרות קשרים עם מולקולות המים ובינן לבין עצמן. קבוצות הצד ההידרופוביות נוטות להידחס לפנים המולקולה באופן בו הן נמנעות ממגע עם הסביבה המימית.
- ב. בזמן חימום נפתחים הקשרים הבין המולקולריים המייחדים את המבנה השלישוני של חלבון הביצה. מולקולת החלבון מאבדת את המבנה הכדורי שלה ונפרשת. פרישה זו של החלבון חושפת לתמיסה המימית גם את החומצות האמיניות בעלות קבוצות הצד ההידרופוביות שהיו כלואות קודם לכן בליבת המולקולה. קבוצות הצד ההידרופוביות גורמות הפרעה ליצירת קשרי מימן עם המים, קשרים שהיו אפשריים קודם לכן ומכיוון שכך החלבון מאבד את מסיסותו במים.
2. א. חלבון הקזאין אינו נערך במבנה שלישוני של פקעת כדורית ולכן הוא עמיד בחום ואינו עובר דנטורציה. מבנה הקזאין אינו מקופל מלכתחילה ולכן אינו נפרש בזמן חימום ואינו מאבד את מבנהו המרחבי.
- ב. החלבונים הנוספים הקיימים בחלב מלבד הקזאין הם חלבוני מי הגבינה:
- β -lactoglobulin, α -lactalbumin. לחלבונים אלו מבנה גלובולרי ובזמן חימום נפרשות מולקולות החלבון ותהליך הדנטורציה מתרחש. בזמן הרתחת החלב, הקרום הנוצר על שטח פני החלב מורכב מחלבוני מי הגבינה אשר עברו דנטורציה.

תשובות לתרגיל 8: חקר אירוע – חלבוני החלב

1. **מי גבינה** – התמיסה הנותרת לאחר ביצוע תהליך הגבנת החלב. הגבן מכיל את חלבוני הקזאין ומה שנותר לאחר סינון הגבן הוא תמיסת מי הגבינה העשירה בחלבונים מסיסים במים.
2. **מיצלות** -