



היחידה הרביעית והיחידה החמישית לתלמידי ביוטכנולוגיה מפרט התכנים

שם התכנית
ביוכימיה בהרחבה

הנושא
מבנה ותפקוד של חומצות גרעין, של חלבונים ושל פחמימות וליפידים

שעות	פרק	סוג
5	<u>מבוא</u> : מקרומולקולות ביולוגיות והתא החי	חובה
30	חומצות גרעין וביוסינתזה של חלבונים	חובה
100	חלבונים – מבנה ותפקוד	חובה
45	פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות	חובה

מבוא: מקרומולקולות ביולוגיות והתא החי
היקף: 5 שעות

נושאים	תת-נושאים
1. היסודות השכיחים באורגניזם החי	
2. השוואה בין שכיחות היסודות בקרום כדור הארץ לבין שכיחותם בגוף האדם	
3. התא החי – תיאור סכמתי לתא אנימלי	<ul style="list-style-type: none"> ○ גרעין, ריבוזומים, מיטוכונדריה, ממברנת התא
4. ההיררכיה של הארגון המולקולרי בתא החי	<ul style="list-style-type: none"> ○ חומרי מוצא אי-אורגניים (מסה מולרית 18 – 44): CO_2, H_2O, N_2 ○ אבני בניין (מסה מולרית 100 – 350): ○ מונו-נוקלאוטידים, חומצות אמינו, חד-סוכרים, חומצות שומן וגליצרול ○ מקרומולקולות ביולוגיות (מסה מולרית 10^3 – 10^9): חומצות גרעין, חלבונים, רב-סוכרים, ליפידים ○ מבנים על-מולקולריים (מסה מולרית 10^6 – 10^9): קומפלקסים אנזימיים, ריבוזומים ועוד ○ אברונים תוך-תאיים
5. השכיחות היחסית של המקרומולקולות הביולוגיות בתא החי	<ul style="list-style-type: none"> ○ חלבונים < חומצות גרעין < פחמימות < ליפידים
6. התפקידים העיקריים של המקרומולקולות הביולוגיות	<ul style="list-style-type: none"> ○ חומצות גרעין – אגירה והעברה של אינפורמציה גנטית ○ חלבונים – מבנה, תובלה, קשירה, ביוקטליזה ○ רב-סוכרים – תשמורת, מבנה ○ ליפידים – תשמורת, מרכיב מבני של הממברנה
7. ניצול הידע על תהליכים בטבע לפיתוח ויישום של תהליכים ביוטכנולוגיים	<ul style="list-style-type: none"> ○ דוגמאות

נושא: חומצות גרעין וביוסינתזה של חלבונים

היקף: 30 שעות

פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
		1. חשיבות הבנייה המדויקת של החלבונים	1
		2. מבנה ה-דנ"א	6
		2.1. מבנה הנוקלאוטיד (נוקלאוזיד פוספאט)	
		2.2. סוגים עיקריים של נוקלאוטידים	
		2.3. הקישור בין הנוקלאוטידים (קשר פוספודיאסטרי)	
	2.4.1. כיווניות הגדילים הבונים את הסליל	2.4. דגם הסליל הכפול של ה-דנ"א	
המספר השונה של קשרי המימן בין הבסיסים השונים	2.4.2. הקשרים המייצבים את מבנה הסליל		
	2.5.1. הקשר בין הרכב הבסיסים בסליל לבין תהליך הדנטורציה שלו	2.5. דנטורציה ורנטורציה של ה-דנ"א	
	2.5.2. השפעת הטמפרטורה על דנטורציה ורנטורציה של דנ"א		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
		3. הכפלת ה-דנ"א	
		3.1. חשיבות תהליך ההכפלה המדויקת של ה-דנ"א	6
		3.2. הפרדת הגדילים על-ידי האנזים ליקאז	
	3.3.1 מנגנון הארכת השרשרת על-ידי האנזים דנ"א-פולימראז	3.3 בניית שרשראות דנ"א משלימות	
	3.3.2 היווצרות "מזלג ההכפלה"		
	3.3.3 מנגנון ההכפלה של הגדיל המוביל והמאחר (קטעי אוקזקי)		
	3.3.4 פעילות האנזים דנ"א-ליגאז		
• מוטציות חסר/הוספה, החלפה (ברמת אזכור)	3.3.5 היווצרות מוטציות ב-דנ"א		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
		4. תהליך השעתוק (תעתוק)	
		4.1 חשיבות תהליך השעתוק	6
	4.2.1 סוגי הנוקלאוטידים והקשר ביניהם	4.2 מבנה מולקולת ה-רנ"א	
		4.3 ההבדלים בין מבנה מולקולת ה-דנ"א לבין מולקולת ה-רנ"א	
		4.4 עקרון תהליך השעתוק על-ידי רנ"א-פולימראז	
	4.5.1 שלב האיניציאציה (אתחול)	4.5 שלבי תהליך השעתוק	
	4.5.2 שלב האלונגציה (הארכה)		
	4.5.3 שלב הטְרמינציה (סיום)		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקה לנושאים	*
		5. תהליך התרגום	6
		5.1 חשיבות תהליך התרגום	
	5.2.1 רנ"א-שליח (m-RNA) – מבנה ותפקוד	5.2 מולקולות ה-רנ"א המשתתפות בתהליך התרגום	
	5.2.2 רנ"א-ריבוזומלי (r-RNA) – מבנה ותפקוד		
	5.2.3 רנ"א-מסיע (t-RNA) – מבנה ותפקוד		
		5.3 הצופן הגנטי	
		5.4 האנטיקודונים	
(ברמת העיקרון, מבלי להיכנס לפירוט תפקיד ספציפי ומיקום הפעילות)	5.5.1 חשיבות השתתפות פקטורים בתהליך	5.5 שלבי תהליך התרגום	
	5.5.2 שלב האקטיבציה – הפעלה		
	5.5.3 שלב האיניציאציה – התחלת השרשרת הפוליפפטידית		
	5.5.4 שלב האלונגציה – הארכת השרשרת החלבונית		
	5.5.5 שלב הטרמינציה – סיום השרשרת החלבונית		
	5.5.6 מסגרת הקריאה של החלבון		
	5.5.7 שינויים במבנה מולקולת החלבון לאחר התרגום כתנאי להפעלתה הביולוגית (עיבוד החלבון)		
• לדוגמה: זימוגן			

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
		6. בקרת ביטויו של המידע הגנטי	5
		6.1 חשיבות מנגנון ויסות ובקרה של הגנום	
		6.2 אנזימים קונסטיטוטיביים ואנזימים אינדוקטיביים (מושרים)	
	6.3.1 גנים רגולטורים וגנים מבניים	6.3 בקרת הביויסינתזה ברמת השעתוק	
• לדוגמה: אופרון הלקטוז	6.3.2 בקרה חיובית – אינדוקציה		
• לדוגמה: אופרון הלקטוז	6.3.3 בקרה שלילית – רפרסיה		
	6.3.4 מושגים: רפרסור, אופרטור, פרומוטור, אופרון		

* מספר השעות המומלצות

הנושא: חלבונים – מבנה ותפקיד
היקף: 100 שעות

פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
1. מבנה חלבונים			
		1.1 חשיבות החלבונים	1
	1.2.1 מבנה כללי	1.2 החומצה האמינית	12
	1.2.2 מטען הקצה הקרבוקסילי והקצה האמיני בתנאי pH שונים		
<ul style="list-style-type: none"> • על-פי השייר הצדדי: קוטביות, הידרופוביות, חומציות, בסיסיות, מכילות גפרית, ארומטיות • איזומריה מרחבית D/L (אזכור בלבד) 	1.2.3 אפיון החומצות האמיניות		
<ul style="list-style-type: none"> • חישוב מטען החומצה האמינית בערכי pH שונים: <ul style="list-style-type: none"> - חומצות אמיניות נייטרליות - חומצות אמיניות שבהן קבוצת ה-R מתייגנת: חומציות, בסיסיות, ציסטאין, טירוזין 	1.2.4 pH איזואלקטרי של חומצות אמיניות		

* מספר השעות המומלצות

<ul style="list-style-type: none"> פירוט תכנים (הערות) 	תת-נושאים	שם הפרק חלוקה לנושאים	*
<ul style="list-style-type: none"> הקשר הפפטידי ומאפייניו חשיבות סדר החומצות האמיניות בפפטיד קביעת סדר החומצות האמיניות בפפטיד קצר (שיטת סנגר, שיטת אדמן, חיתוך על-ידי אנזימים וריאגנטים ספציפיים – חפיפת מקטעים) קביעת מטענו החשמלי של פפטיד ב- pH ימים שונים 	1.3.1 מבנה ראשוני של חלבון	1.3 ארבעת המבנים של החלבון	18
<ul style="list-style-type: none"> קשרים המאפיינים את המבנה השניוני (קשרי מימן) מבנה סליל α (מגבלות ואפשרויות) מעטפת קפלים β השוואה בין מבנה הסליל למבנה מעטפת קפלים 	1.3.2 מבנה שניוני של חלבון		
<ul style="list-style-type: none"> קשרים המייצבים את המבנה השלישוני דוגמאות למבנים שלישוניים: חלבונים גלובולרים, חלבונים סיביים 	1.3.3 מבנה שלישוני של חלבון		
<ul style="list-style-type: none"> לדוגמה: המוגלובין 	1.3.4 מבנה רביעוני של חלבון		
	1.3.5 שינויים במבנים השונים של החלבון: דנטורציה ורנטורציה, פירוק קשרים פפטידיים		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
		2. תפקודים מבניים של חלבונים (Structural Proteins) חלבוני מבנה	1
	2.1.1 מבנה כללי והתאמה לתפקיד	2.1 השיער והקולגן	
		3. תפקידי תובלה של חלבונים (Transport Proteins) חלבוני תובלה	7
		3.1 חשיבות העברת חמצן בגוף על-ידי נשאים	
(ללא פירוט)	3.2.1 מבנה כללי (גלובין + הם) ותפקיד	3.2 מיוגלובין	
	3.3.1 מבנה ההמוגלובין (בהשוואה למבנה המיוגלובין), ותפקידו	3.3 המוגלובין	
(הסבר העקומות תוך אזכור עקרון הקואופרטיביות במקרה של המוגלובין)	3.4.1 הקשר בין צורת העקומות לבין מבנה החלבונים ותפקודם	3.4 עקומות הקישור לחמצן של מיוגלובין ושל המוגלובין	
(הסבר העקומות תוך התייחסות למצבי מאמץ ומנוחה)	3.4.2 השפעות ה-pH וריכוז CO ₂ על זיקת המוגלובין לחמצן וביטויין בעקומת הקישור		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
		4. נוגדנים חלבוני קשירה (Binding Proteins)	16
	4.1.1 אבחנה בין מרכיב עצמי לבין פולש זר	4.1 התכונות הבסיסיות המאפיינות את היווצרות הנוגדנים במערכת החיסונית	
	4.1.2 ספציפיות		
(ברמת הגדרה)	4.1.3 חיסון פעיל וחסון סביל		
	4.1.4 זיכרון חיסוני		
	4.2.1 היווצרות נוגדנים על-ידי תאי פלסמה	4.2 היווצרות הנוגדנים	
(ברמת הגדרה)	4.2.2 נוגדנים רב-שבטיים וחד-שבטיים		
	4.3.1 מבנה ה-Fab ומבנה ה-Fc ואזכור תפקידם	4.3 מבנה הנוגדן	
	4.3.2 קישור בין נוגדן לדטרמיננטה אנטיגנית (התאמה מרחבית וסוגי הקשרים)		
(ברמת אזכור)	4.3.3 נוגדנים הבנויים ממספר תת-יחידות		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
	4.4.1 הצמתת אנטיגנים	4.4 תפקידי הנוגדנים	
	4.4.2 נטרול אנטיגנים (רעלים)		
	4.4.3 תבלון אנטיגן בנוגדנים להגברת יעילות פעילותם של המקרופאגים		
	4.4.4 ניווט תאי הרג לעבר האנטיגן		
	4.4.5 הפעלת מערכת המשלים		
		5.5 אנזימים חלבוני קשירה (Binding Proteins)	
		5.1 חשיבות האנזימים במערכות ביולוגיות	1
	5.2.1 אנזים כחלבון	5.2 תכונות הזרזים הביולוגיים	3
	5.2.2 פעילות האנזים בתנאים מתונים		
	5.2.3 כושר קטליטי גבוה		
	5.2.4 ויסות ובקרה של פעילות אנזימטית		

* מספר השעות המומלצות

<ul style="list-style-type: none"> פירוט תכנים (הערות) 	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
	5.3.1 נוסחה כללית לתיאור פעילות האנזים (קישור למצע, היווצרות תצמיד, קבלת תוצר)	5.3 עקרון פעילות האנזים	7
<ul style="list-style-type: none"> התיאוריה הקשיחה (מנעול ומפתח) התאמה מושרית הקשרים המייצבים את תצמיד האנזים-מצע 	5.3.2 קישור האנזים למצע		
	5.4.1 עקומה המתארת את השינוי החל בריכוזי האנזים, המצע, התצמיד והתוצר במהלך התגובה האנזימטית	5.4 קינטיקה אנזימטית	8
<ul style="list-style-type: none"> קביעת קצב פעילות האנזים על-פי קצב העלייה בריכוז התוצר קביעת קצב פעילות האנזים על-פי קצב הירידה בריכוז המצע 	5.4.2 שיטות לקביעת קצב פעילות האנזים		
<ul style="list-style-type: none"> הכרת העקומה 	5.5.1 השפעת ריכוז האנזים על קצב הפעילות	5.5 גורמים המשפיעים על קצב פעילות האנזים	18
<ul style="list-style-type: none"> הכרת עקומת מיכאליס-מנטן הכרת משוואת מיכאליס-מנטן משמעות הקבועים: V_{max}, K_m ניתוח משוואת מיכאליס-מנטן: התייחסות לריכוזי מצע שונים – $[S]=K_m$, $[S]\ll K_m$, $[S]\gg K_m$ הכרת משוואת לינואאר-ברק הכרת עקומת לינואאר-ברק חישוב הקבועים הקינטיים מתוך העקומה 	5.5.2 השפעת ריכוז המצע על קצב פעילות האנזים		

* מספר השעות המומלצות

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)
	5.5 (המשך)	5.5.3 השפעת מעכבים על קצב פעילות האנזים	<ul style="list-style-type: none"> • עיכוב הפיך לעומת עיכוב בלתי הפיך • עיכוב הפיך תחרותי: <ul style="list-style-type: none"> - ביטוי לעיכוב תחרותי בעקומת מיכאליס-מנטן - ביטוי לעיכוב תחרותי בעקומת לינוואר-ברק • עיכוב הפיך לא תחרותי: <ul style="list-style-type: none"> - ביטוי לעיכוב לא תחרותי בעקומת מיכאליס-מנטן - ביטוי לעיכוב לא תחרותי בעקומת לינוואר-ברק
		5.5.4 השפעת הטמפרטורה על קצב הפעילות האנזימטית	<ul style="list-style-type: none"> • הכרת צורת העקומה המתארת את השפעת הטמפרטורה על קצב התגובה והבנת משמעותה • טמפרטורה אופטימלית
		5.5.5 השפעת ה-pH על פעילות האנזים	<ul style="list-style-type: none"> • העקומות המתארות את הקשר בין ה-pH לבין קצב התגובה האנזימטית • הקבוצות המיוננות באתר הפעיל המושפעות משינוי pH • הקשרים המושפעים משינוי ב-pH • pH אופטימלי
		5.5.6 הקשר בין מבנה האנזים לפעילותו: דנטורציה ורנטורציה של אנזים על-ידי pH, טמפרטורה, חומרים שונים	(איך צורך לזכור את שמות החומרים ופעילותם)

* מספר השעות המומלצות

*	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	תת-נושאים	פירוט תכנים (הערות)	
8	6. שיטות להפרדת חלבונים			
	6.1 השפעת ריכוזי מלח (אמוניום סולפט) על חלבונים שונים Salting In / Salting Out			
	6.2 הפרדה על-פי מטען	6.2.1 אלקטרופורזה	• כולל פענוח תוצאות	
		6.2.2 מחליפי יונים	• כולל פענוח תוצאות	
		6.2.3 השקעה ב- PI	• כולל פענוח תוצאות	
	6.3 הפרדה על-פי גודל	6.3.1 דיאליזה	• כולל פענוח תוצאות	
		6.3.2 כרומטוגרפיית סינון בג'ל	• כולל פענוח תוצאות	
		6.3.3 אלקטרופורזה ב- S.D.S (Sodium Dodecyl Sulphate)	• כולל פענוח תוצאות	
		6.4 הפרדה על-פי זיקה ביולוגית	6.4.1 אנזים – מצע / מעכב, אנטיגן-נוגדן	• כולל פענוח תוצאות

* מספר השעות המומלצות

הנושא: פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות
היקף: 45 שעות

<ul style="list-style-type: none"> פירוט תכנים (הערות) 	תת-נושאים	שם הפרק חלוקה לנושאים	*
		1. פחמימות	
	תפקיד הסוכרים כמקור פחמן ואנרגיה	1.1 מבוא	2
	דוגמאות לתפקידי מפתח ביולוגיים נוספים		
<ul style="list-style-type: none"> לפי גודל: חד-סוכרים, דו-סוכרים, אוליגו-סוכרים, רב-סוכרים לפי קבוצה פונקציונלית: אלדוזות וקטוזות 	מבנה כללי וסיווג		
<ul style="list-style-type: none"> נוסחת פישר (Fischer Projection) מבנה טבעתי: טבעת משושה, טבעת מחומשת, דוגמאות למבנים שכיחים בטבע נוסחת האורט (Haworth Projection) קונפורמציות כסא וסירה אנומרים α, β, מוטרוטציה (לא נדרש לתרגל מעבר מנוסחת פישר לנוסחת האורט ולהיפך) (הלימוד ברמת מידע ומושגים)	1.2.1 נוסחאות מבנה	1.2 חד-סוכרים	5
<ul style="list-style-type: none"> דוגמאות 	1.2.2 המגוון הרב של חד-סוכרים – איזומריה		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקה לנושאים	*
<ul style="list-style-type: none"> (מהות הקשר, ללא מנגנונים) • אפשרויות קישור מגוונות – דוגמאות • צורת רישום מקוצרת לדו-סוכר, לדוגמה: $\text{Glu } \alpha(1 \rightarrow 4)\text{Glu}$, ומעבר מצורת רישום מקוצרת לנוסחת מבנה ולהיפך 	1.3.1 הקשר הגליקוזידי	1.3 דו-סוכרים	4
<ul style="list-style-type: none"> • השפעת סוג ותצורת הקשר על המבנה • רב-סוכרים לתשמורת (עמילן-עמילוז ועמילופקטין, גליקוגן) • רב-סוכרים מבניים (תאית) • השפעת הקבוצה הצדדית על תכונות הרב-סוכר (לדוגמה: כיטין, פקטין וכו') (לא נדרש לשער מבנה רב-סוכר בלתי ידוע על-פי קשרים אחרים מאלה שנלמדו) 	1.4.1 מבנה, תכונות ותפקיד רב-סוכרים נפוצים	1.4 רב-סוכרים	5
<ul style="list-style-type: none"> • זיהוי באמצעות בדיקת בנדיקט (פהלינג) (נדרש לדעת כי גם פרוקטוז מגיב בבדיקת בנדיקט, ללא מנגנון) 	1.5.1 סוכרים מחזרים ושאינם מחזרים	1.5 שיטות זיהוי של פחמימות	6
<ul style="list-style-type: none"> • הידרוליזה חומצית (שלמה או חלקית) • הידרוליזה אנזימטית ספציפית • כרומטוגרפיה (פענוח כרומטוגרמה) (לא נדרש רישום מרחבי שבו מפורטות היחסיות המרחבית של המונומרים זה לגבי זה.) 	1.5.2 זיהוי הרכב הסוכרים: סוג הסוכרים והקשרים ביניהם – $\alpha, \beta, 1 \rightarrow 4, 1 \rightarrow 6$, וכו'		

* מספר השעות המומלצות

<ul style="list-style-type: none"> פירוט תכנים (הערות) 	תת-נושאים	שם הפרק חלוקה לנושאים	*
		2. ליפידים	
	2.1.1 חשיבות הליפידים כמקור אנרגיה וכמרכיב מבני בממברנות ביולוגיות	2.1 מבוא	1
	2.1.2 דוגמאות לליפידים נפוצים		
<ul style="list-style-type: none"> אורך השרשרת קשרים כפולים ציס וטרנס 	2.2.1 מבנה כללי	2.2 חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות	5
<ul style="list-style-type: none"> תכונות פיזיקליות (אינטראקציות עם ממסים קוטביים ולא קוטביים, נקודות היתוך) רגישות לחמצון 	2.2.2 הקשר בין מבנה חומצות השומן לתכונותיהן		
	2.3.1 שומנים מוצקים ושומנים נוזליים	2.3 אסטרים של גליצרוֹל עם חומצות שומן (טריגליצרידים)	6
(ראו סעיף 2.2.2)	2.3.2 השפעת מבנה חומצות השומן על התכונות הפיזיקליות של הטריגליצרידים		
<ul style="list-style-type: none"> סיווג הליפידים: - ליפידים שעוברים סיבון - ליפידים שאינם עוברים סיבון (כולסטרול, ויטמינים) (ברמת דוגמאות) 	2.3.3 הידרוליזה בסיסית – תהליך הסיבון		
<ul style="list-style-type: none"> זיהוי הרכב השומן על ידי כרומטוגרפיה, פענוח הכרומטוגרמה מספר סיבון, מספר יוד – כמדדי השוואה בין שומנים (ללא חישובים) 	2.3.4 אפיון טריגליצרידים		

* מספר השעות המומלצות

• פירוט תכנים (הערות)	תת-נושאים	שם הפרק חלוקת הפרק לנושאים	*
3. ממברנות ביולוגיות			
	מבנה דינמי – הפסיפס הנוזלי	3.1 מבוא – מבנה ותפקוד של ממברנה	1
<ul style="list-style-type: none"> • מבנה • צורות פיזור בתמיסה מימית: מיצלה, רובד דו-שכבתי, ליפוזום • השפעת המבנה על התכונות הפיזיקליות – Tm ומידת הנוזליות: - גודל "הראש ההידרופילי" - אורך, מידת הריוויון / אי הריוויון של השרשרות ההידרופוביות • הקשר בין הטמפרטורה שבה מצויים התאים לבין הרכב הפוספוליפידים בממברנה 	3.2.1 פוספוליפידים	3.2 ליפידים ממברנליים	7
<ul style="list-style-type: none"> • מבנה הגליקוליפידים ומיקומם בממברנה • חשיבות הגליקוליפידים כאמצעי זיהוי והיכרות ביולוגיים, קבוצות הדם כדוגמה 	3.2.2 גליקוליפידים		
<ul style="list-style-type: none"> • מבנה, מיקום ותפקיד בממברנת התא • שינויים בתכולת הכולסטרול בממברנה בטמפרטורות שונות 	3.2.3 כולסטרול		
<ul style="list-style-type: none"> • חלבונים חוצי ממברנה התייחסות לסוג החומצות האמיניות בקטע החלבון שבתוך הממברנה (השכבה ההידרופובית) ומחוץ לתווך ההידרופובי • גליקופורטאינים – הכרה ותקשורת בין תאים • לקטינים – ספציפיות בקשירה לקבוצות סוכריות 	3.3.1 חלבונים היקפיים ואינטגרליים – מבנה, מיקום ותפקוד	3.3 חלבונים ממברנליים	3

* מספר השעות המומלצות