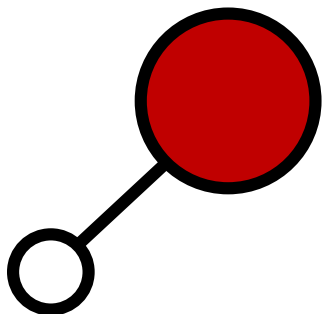
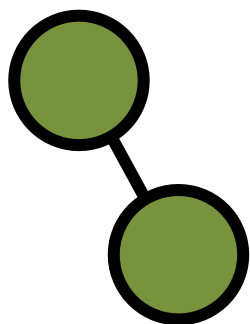


סוכרים

בהכנת מצגת זו נעשה שימוש גם במצגות של זיוה בר-דב, ידידה גוטליב ואורית מולידזון





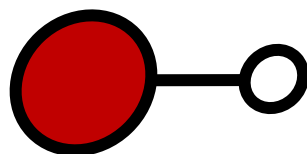
סוכרים: חד סוכרים, דו סוכרים, רב סוכרים



נוסחות הייגורת ופישר לייצוג סוכרים



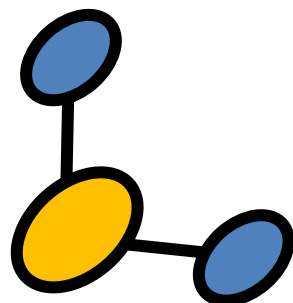
אנומרים, מוטורוטציה, תבנית ועמדת הקשר



איזומרים של גלוקוז



הקשר גליקוזידי: יצירה והידרוליזה



תאית, עמילן וגליקוגן



ארבע תרכובות חיוניות לחיינו:

ליפידים (שומנים...)	15%-כ- ממשקלו של האדם	∞∞
פחמימות	1%-כ- ממשקלו של האדם	∞∞
חלבונים	15%-כ- ממשקלו של האדם	∞∞
חומצות גרעין		∞∞

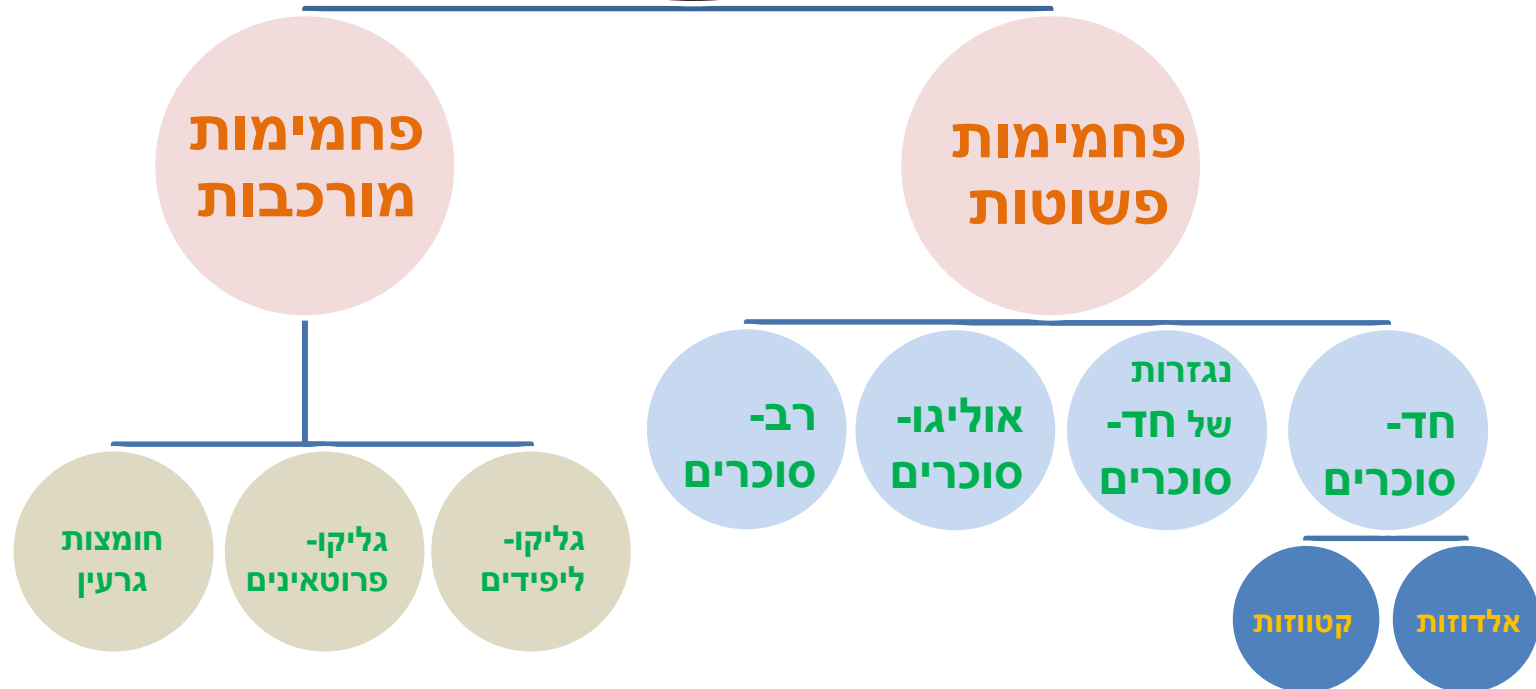
הפחמימות מהוות את משפחת חומרי-הטבע הנפוצה ביותר על פני כדה"א, והתאית (צלולוז), פולימר של חד הסוכר גלוקוז והמרכיב העיקרי של התאים בצמחים, היא הפחמימה הנפוצה ביותר ביניהם.

לפחמימות ישנם תפקידים חשובים:

חומרי תשמורת ומקורות אנרגיה	∞∞
חומרי מבנה	∞∞

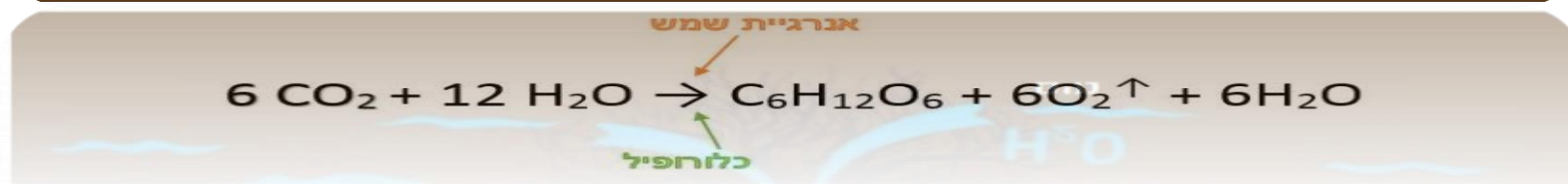
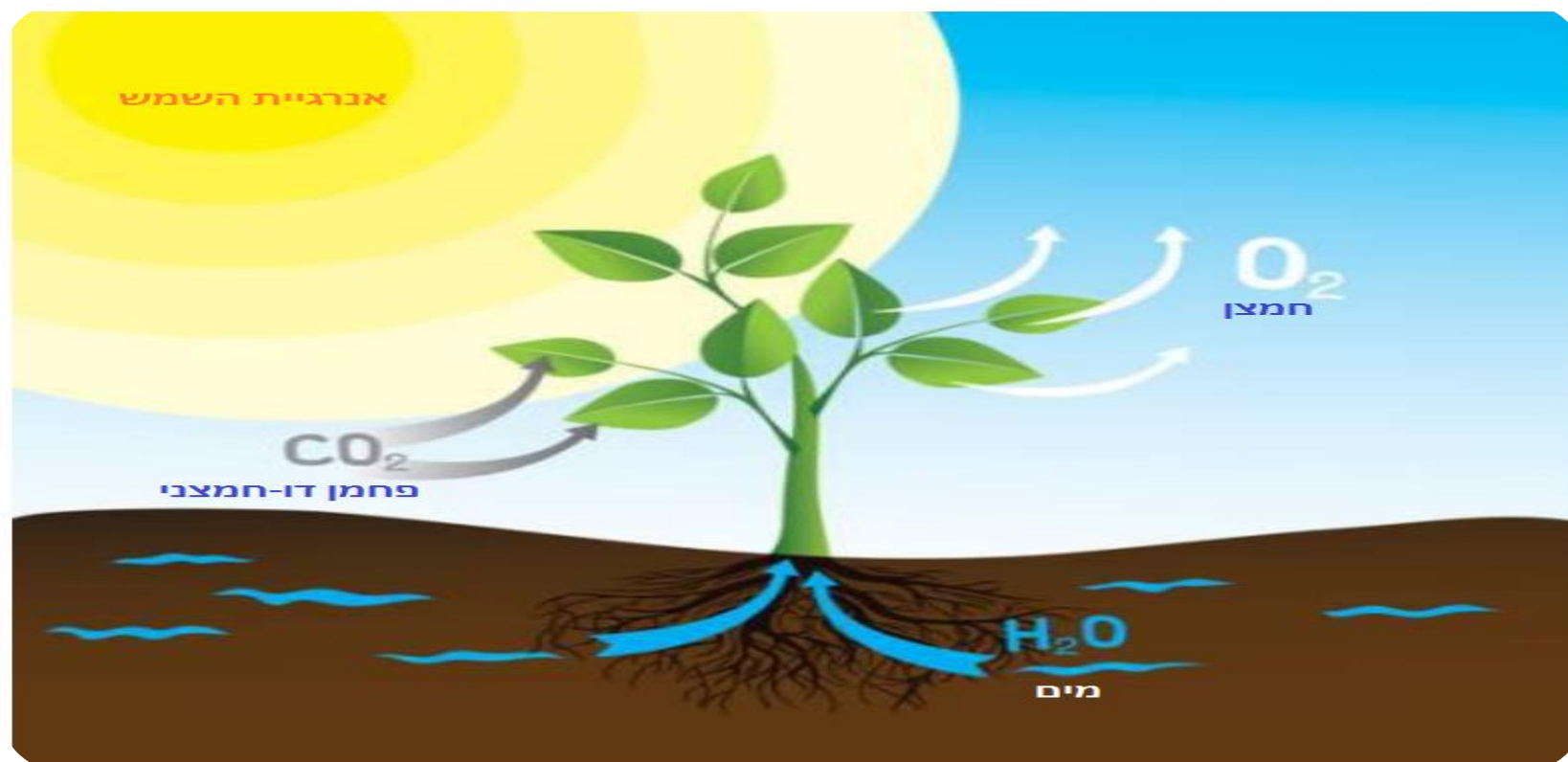


פחמימות (סוכרים)



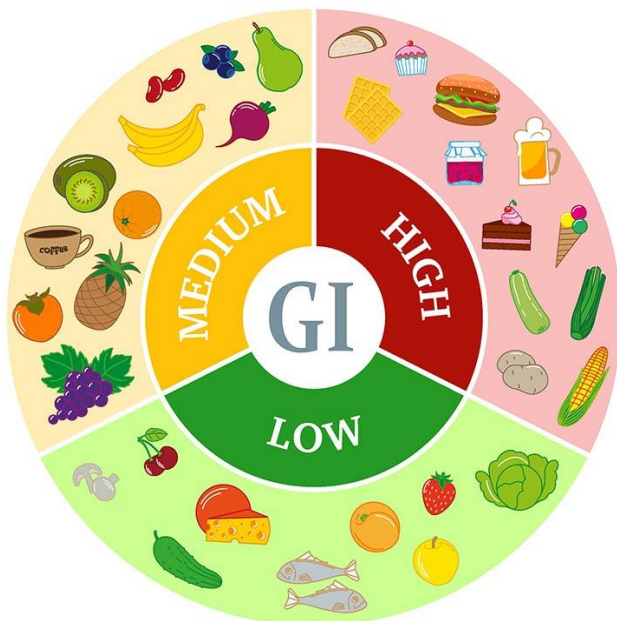
העשרה

הפחמימות נוצרות בתהליך הפוטוסינטיזה מפד"ח (CO_2), מים ואנרגיית השמש. אנרגיה עצומה נאגרת בהם.



אינדקס גליקמי או מדד גליקמי (ד"ר דייוויד ג'. ג'נקינס, 1981)
הינה שיטה לדירוג פחמימות, המבוססת על השפעתן על רמת
הגלוקוז בדם.

פחמימות המתפרקות במהירות ובקלות במהלך תהליך העיכול הן
בעלות ערכים גליקמיים גבוהים וכך גם השפעתן על רמות גלוקוז בדם.

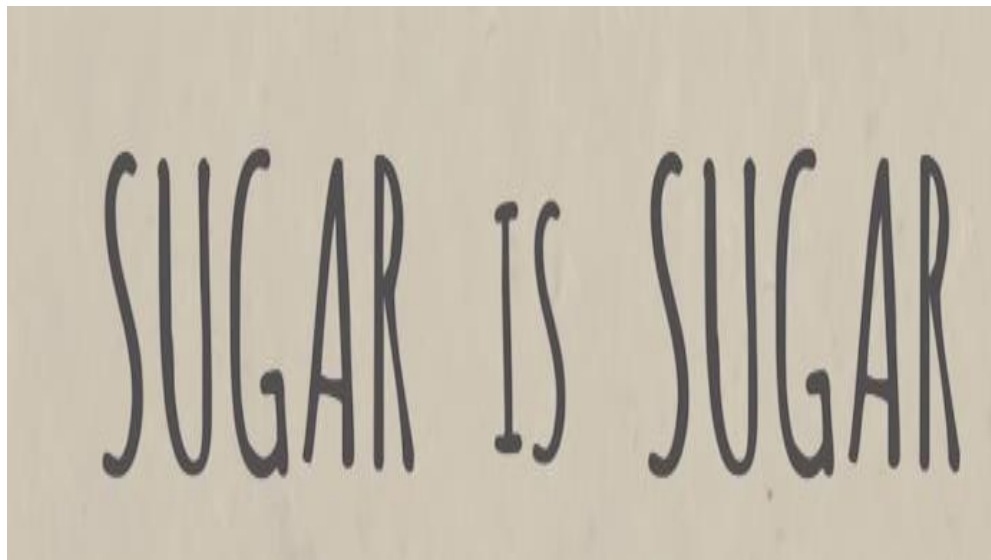


<https://www.stylecraze.com/>

פחמימות המתפרקות לאט,
והמשחררות גלוקוז באופן הדרגתי
למערכת הדם הינן בעלות אינדקס
גליקמי נמוך.

לגלוקוז יש מדד של אינדקס גליקמי 100
(בסולם 0-100) והוא נבחר כבסיס להשוואת
מדדים גליקמיים עבור מזונות שונים.

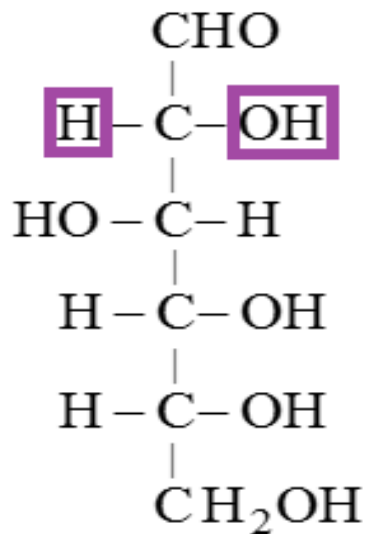
נצפה בסרטון



איך פחמימות משפיעות על בריאותך? TedEd

https://www.youtube.com/watch?v=wxzc_2c6GMg

פחמימות (carbohydrates) קיבלו את שמן בשל היות רובן מימה של פחמן. ניתן לרשום נוסחה כללית לרובן: $C_n(H_2O)_x$ ובמילים אחרות, הן מולקולות המורכבות משרשרות של פחמנים, כשכל פחמן נושא עליו מימן וקבוצת הידרוקסיל.



כיום יודעים שהגדרה זו אינה מתאימה לכולן וכאשר פחמימה היא מולקולה קטנה, היא ידועה גם כ**סוכר (sugar)** או כ**סכאריד (saccharide)***.

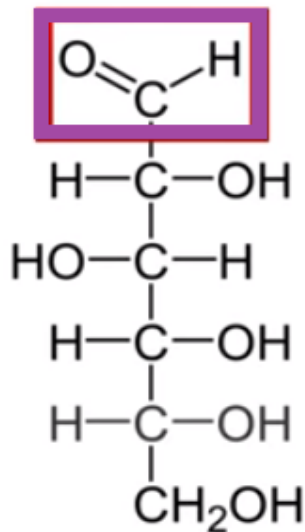
שמן של הסוכרים מסתיים ב "וז".
למשל: גלוקוז (סוכר ענבים), פרוקטוז (סוכר פירות) וסוכרוז (סוכר מאכל).

* ביונית: Sakcharon = סוכר

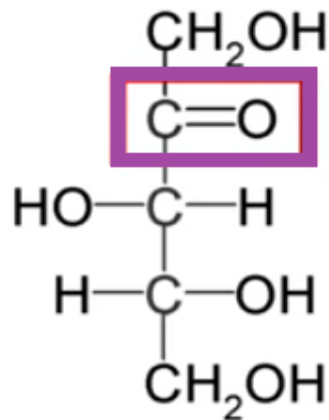
חד-סוכר, הידוע גם כסוכר פשוט, הוא סוכר הבנוי מאבן בניין אחת ולא ניתן לפרקו לסוכרים קטנים יותר. חד-סוכרים הינם המונומרים הנקשרים יחדיו ליצירת פולי-סוכרים.

מונו=אחד; פולי=הרבה

סוכרים יכולים להיות אלדהידים או קטונים.



אלדוז



קטוז

חד-סוכרים הם מוצקים, חסרי צבע, מתוקים ומסיסים במים בשל יכולתם ליצור קשרי מימן מרובים. הם מופיעים בטבע בדרך כלל כחלק ממבנה דו-הסוכרים או רב-הסוכרים ולא כמולקולה בודדת.

תעודת זהות: גלוקוז

שם נפוץ: סוכר ענבים

נוסחה מולקולרית: $C_6H_{12}O_6$

מסה מולרית: 180.18 gr/mol

מצב צבירה: מוצק

טמפ' היתוך: 148°

קבוצה: אלדוז (הקסוז = 6 פחמנים)

היטלי פישר (Fischer Projection)

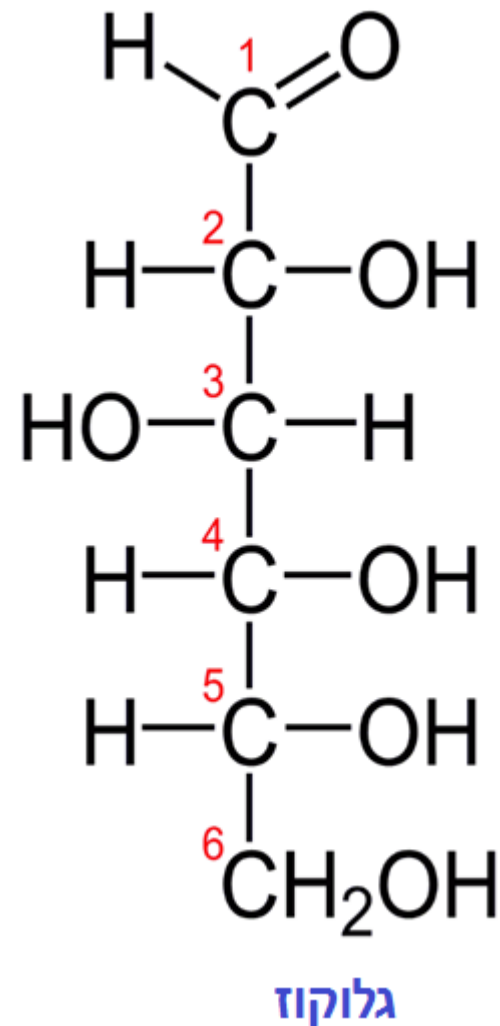
• במאה ה-19 פיתח אמיל פישר שיטה נוחה לרישום סידור אטומי הפחמן במולקולות החד סוכרים

• את שרשרת אטומי הפחמן רושמים בצורה מאונכת.

אטום הפחמן מקבוצה אלדהידית יהיה כלפי מעלה (CHO במולקולת גלוקוז)

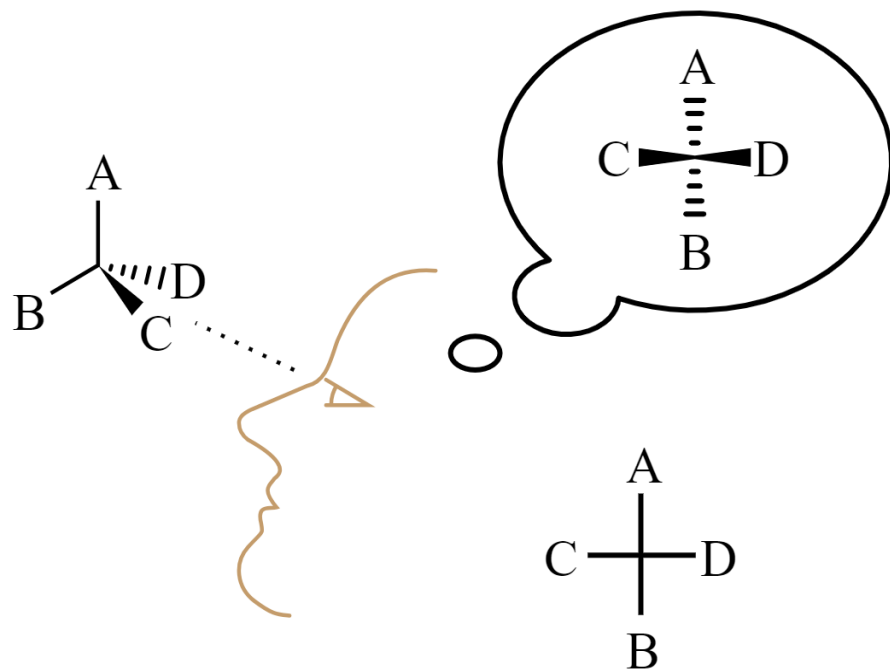
אטום הפחמן היוצר את מספר הקשרים הרב ביותר יירשם בתחתית הנוסחה (CH₂OH במולקולת גלוקוז)

• מספור אטומי הפחמן מתבצע מלמעלה למטה



היטלי פישר (Fischer Projection)

נהוג להשתמש ב**היטלי (נוסחת) פישר** בכדי לצייר את הסוכרים ובצורת רישום זו, ניתן להשתמש בקווים מאוזנים (משולשים מלאים) ובקווים מאונכים קווים מקווקווים) בכדי לתת תחושה של ציור תלת מימדי.



במולקולה זו, הקווים הישרים הם במישור אחד (זווית 90°) ואילו המשולשים במישור מאונך להם (זווית 90°) ומופנים לכיוון המתבונן.

תמונה: ויקיפדיה https://en.wikipedia.org/wiki/Fischer_projection

היטלי היינורת' (Haworth Projection)

היטלי היינורת' מתייחסת לשלושה גורמים:

∞ **מישור הטבעת:**

החלק התחתון הקרוב לצופה מבוטא על ידי קו עבה

∞ **מיקום המתמירים (הקבוצות הנקשרות לאטום המרכזי)**

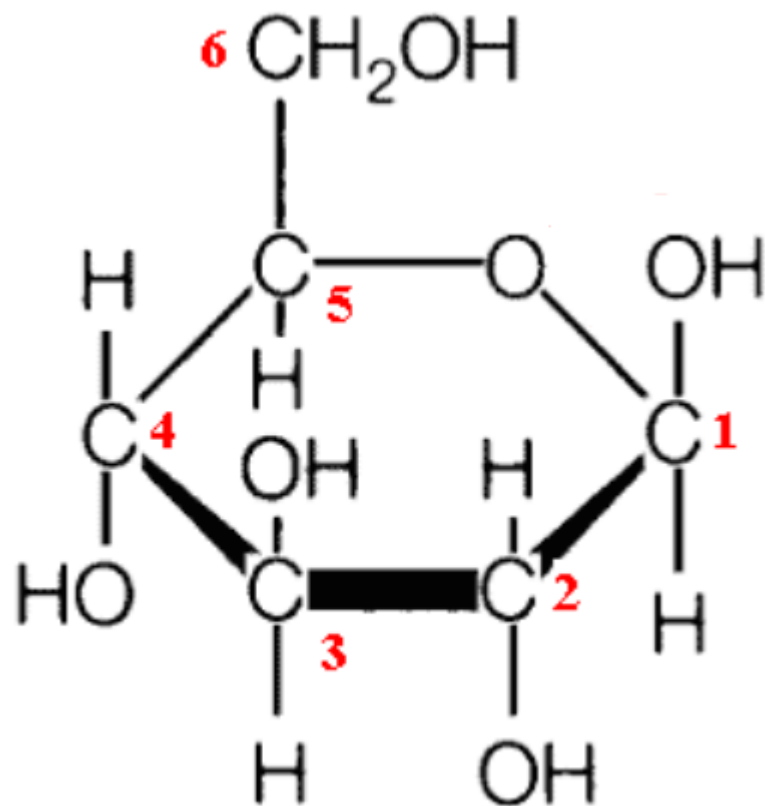
ביחס למישור הטבעת:

קבוצות אלה ממוקמות מעל ומתחת למישור הטבעת.
קבוצת המתילול- מעל למישור הטבעת

∞ **מספור אטומי הפחמן בטבעת:**

זהה לשיטה הנהוגה עבור היטלי פישר

היטלי הייורת' (Haworth Projection)



גלוקוז

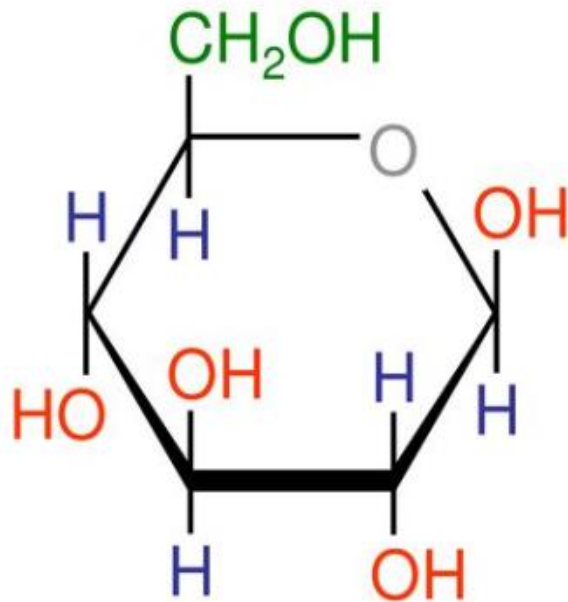
כאשר אנו מציירים טבעות של סוכר נוח לנו להשתמש לפעמים בצורת רישום אחרת הנקראת:

היטלי (או נוסחת) הייורת'.

בצורת רישום זו, אנחנו מחלקים את מישור הטבעת לשני חלקים: החלק הקרוב לנו (התחתון) והחלק הרחוק מאיתנו (העליון). כל הקבוצות הפונקציונליות פונות למעלה ולמטה.

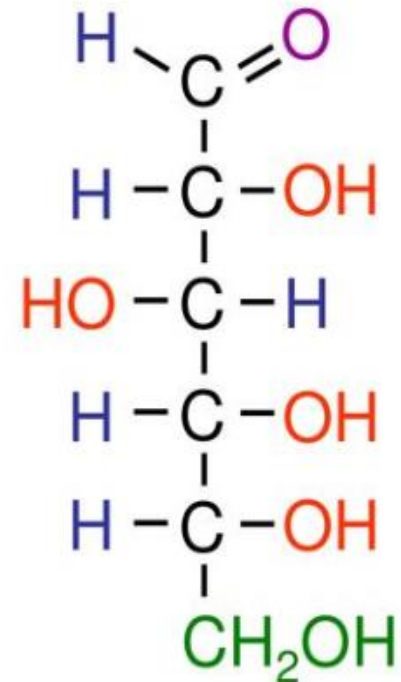
השוואה בין היטל פישר להיטל היינורט

נשווה בין צורות הייצוג השונות עבור מולקולת הגלוקוז:



מודל היינורט

הטבעת המשושה
קיימת במוצק ובתמיסה



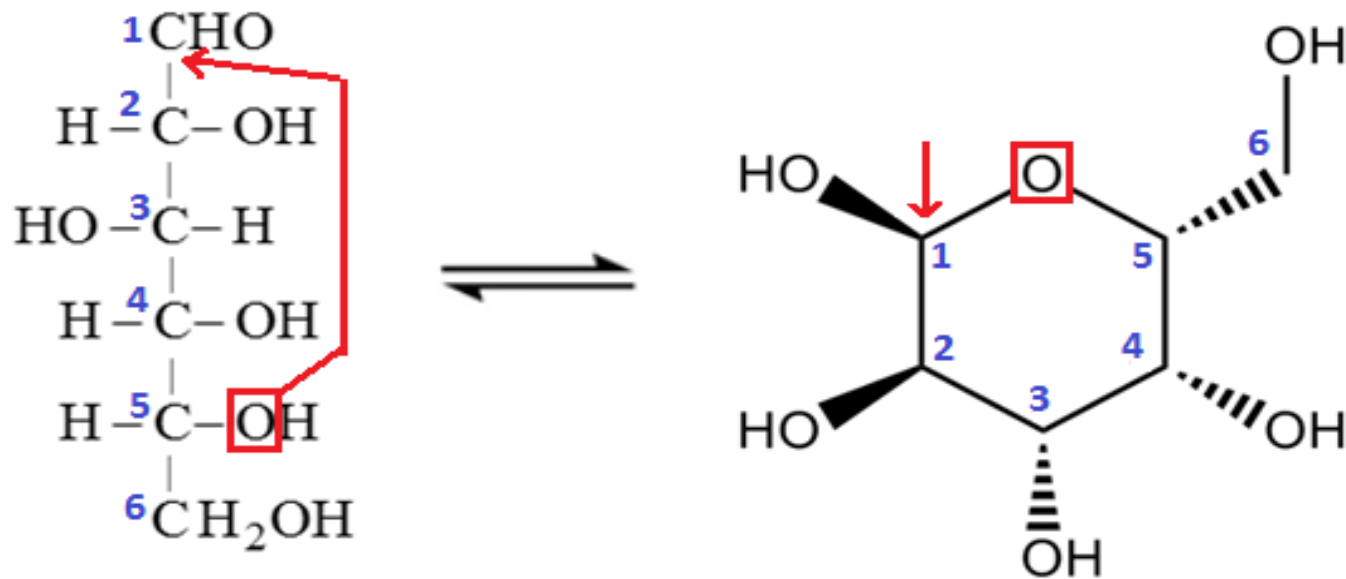
מודל פישר

השרשרת הפתוחה
קיימת רק בתמיסה

תהליך ציקליזציה (סגירת הטבעת) של סוכרים

בטבע, הסוכרים נוטים ליצור מבנים טבעתיים וזוהי הצורה המועדפת של הופעתם. תהליך יצירת הטבעת מערב תהליך של תקיפת הקבוצה הכהלית הממוקמת בזנב המולקולה, את הקבוצה האלדהידית בראש המולקולה ועל ידי כך סגירת המולקולה הישרה לטבעת.

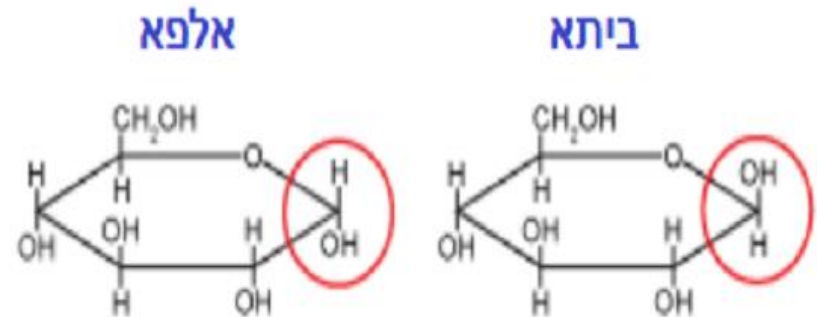
תהליך זה נמצא בשיווי משקל ומתרחש לשני הכיוונים בעת ובעונה אחת.



אנומרים, פחמן אנומרי וקבוצת המתילול

תקיפת הקבוצה הכהלית בזנב המולקולה את הקבוצה האלדהידית בראש המולקולה יכולה להתרחש משני עברי הפחמן האלדהידי; לכן, כשהטבעת נסגרת, יכולים להיווצר שני איזומרים הנקראים: **אנומרים**. לפחמן האלדהידי קוראים לפיכך: **הפחמן האנומרי**.

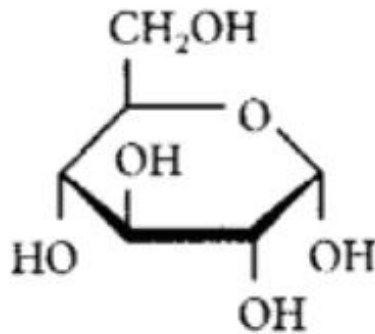
אנומר אלפא, נוצר כאשר ההתקפה גורמת לדחיקת ההידרוקסיל החדש למטה



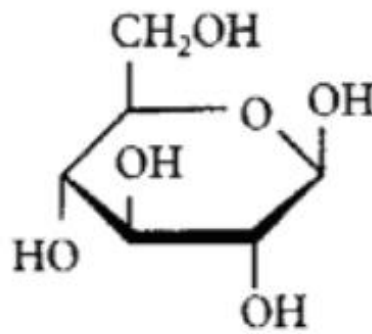
אנומר ביתא, נוצר כאשר ההתקפה גורמת לדחיקת ההידרוקסיל החדש למעלה

הקבוצה הגדולה, $\text{-CH}_2\text{OH}$, נקראת קבוצת **מתילול**. מספר הפחמן המתילולי הוא 6

אנומרים, פחמן אנומרי וקבוצת המתילול



α -glucose



β -glucose

נוכל אם כן, להביט שוב
על האנומרים שראינו
קודם לכן בצורה חדשה:

מתילול



באנומר α - קבוצת ה-OH על הפחמן האנומרי
'טרנס' לקב' המתילול

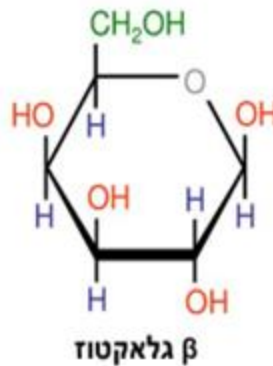
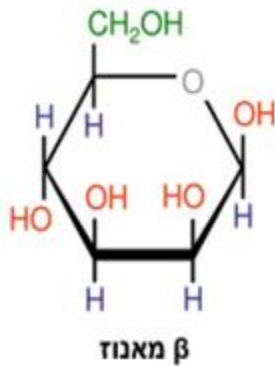
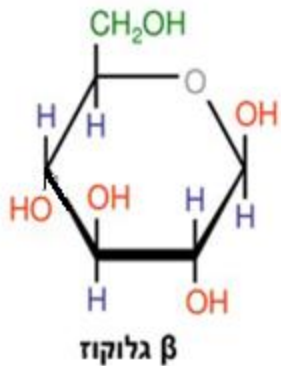
מתילול



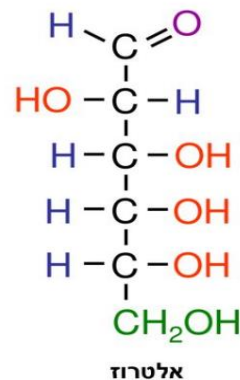
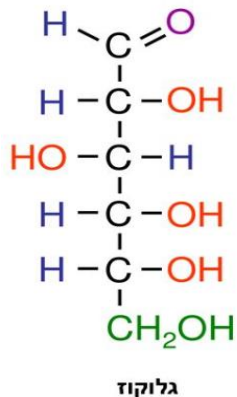
באנומר β - קבוצת ה-OH על הפחמן האנומרי
'ציס' לקב' המתילול

איזומרים* של גלוקוז

לגלוקוז יש איזומרים רבים, הנבדלים זה מזה בתבנית אטום אחד או יותר. משמעות השוני של תבנית האטום היא המיקום השונה של קבוצת הכהלית OH על פחמן מסויים לעומת הגלוקוז.



כאשר תבנית אטום אחד שונה, האיזומרים נקראים: **אפימרים**.
לדוגמא: גאלאקטוז ומאנוז
הינם אפימרים של גלוקוז



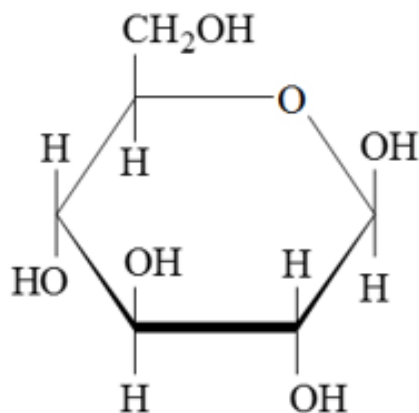
שוני בתבנית שני אטומים ייקראו: **דיאמרים**.
לדוגמא: אלטרז הוא דיאמר של גלוקוז על C2 ועל C3.

*איזומרים הן מולקולות בעלות נוסחה מולקולרית זהה אך נוסחת מבנה שונה

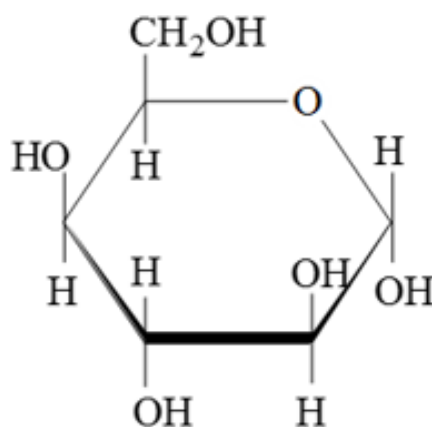
גלוקוז ואיזומרים של גלוקוז

כאמור, למולקולת הגלוקוז יש צורות הופעה שונות:

אידוז הוא איזומר של גלוקוז



גלוקוז



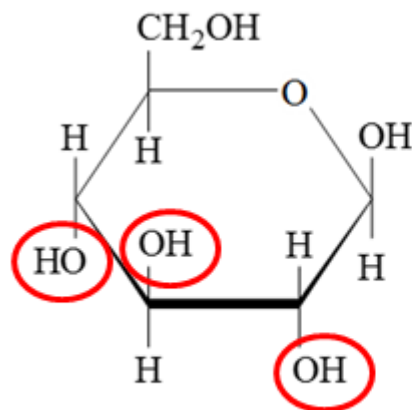
אידוז

המה שונה האיזומר מן הגלוקוז?

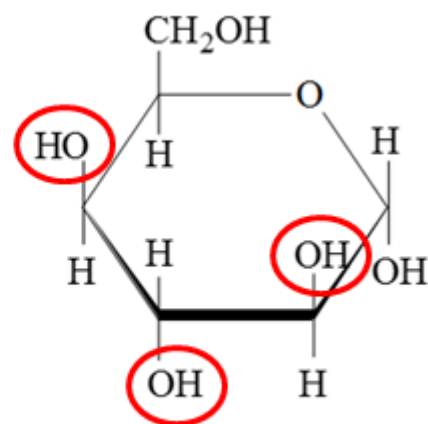
גלוקוז ואיזומרים של גלוקוז

כאמור, למולקולת הגלוקוז יש צורות הופעה שונות:

אידוז הוא איזומר של גלוקוז



גלוקוז

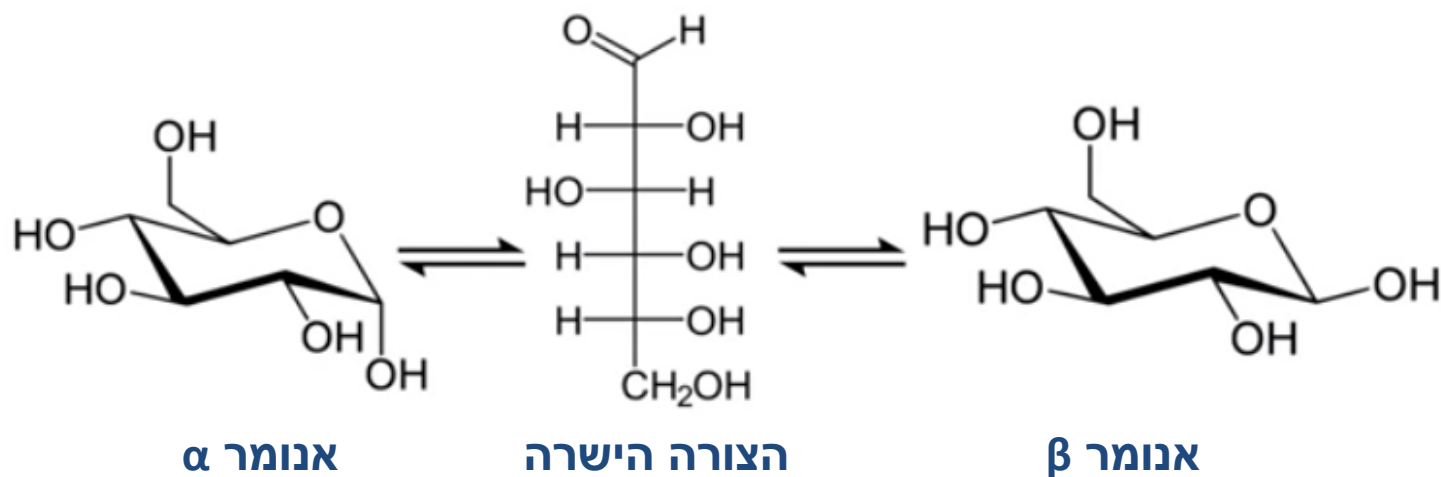


אידוז

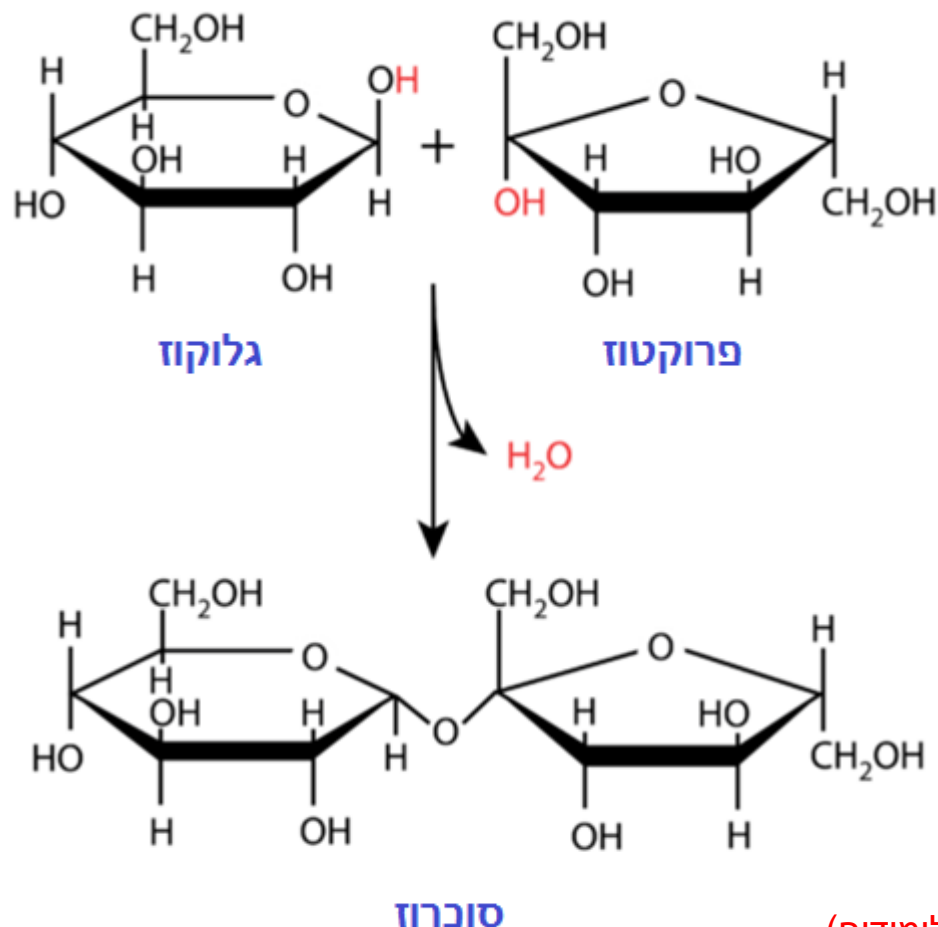
קבוצות ההידרוקסיל, OH, מאומקות מעל
ואתחת לאישור הסבב באופן שונה

מוטרוטציה: מעבר בין אנומרים

צורת הביתא מועדפת על פני צורת האלפא (64% לעומת 36%)
עבור מרבית הסוכרים וישנה אפשרות לעבור בין האנומרים
בתהליך הנקרא: **מוטרוטציה**.



חד-סוכרים יכולים להתחבר זה לזה ליצירת פולי-סוכרים.



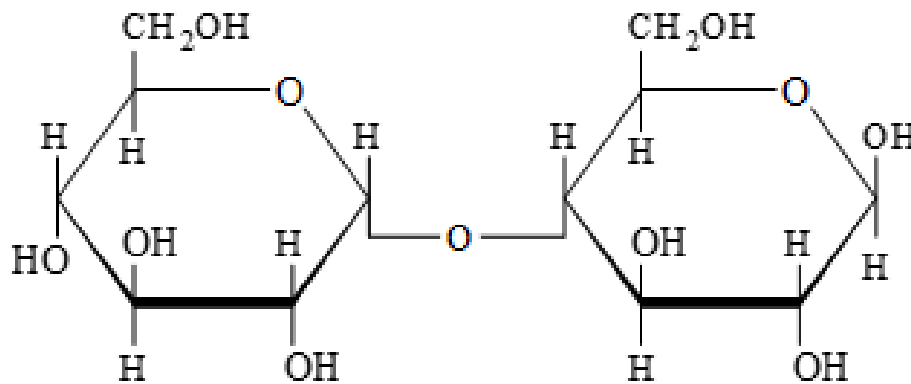
כאשר קבוצה כהלית של מולקולת חד-סוכר אחד תוקפת את הפחמן האנומרי של מולקולת חד-סוכר אחרת- נוצר קשר ביניהם הנקרא: **קשר גליקוזידי**.

בתהליך זה, נפלטת החוצה מולקולת מים.

* שימו לב שמולקולת הפרוקטוז היא קטוז ולכן בעלת טבעת מחומשת. (מולקולת הפרוקטוז אינה בתכנית הלימודים)

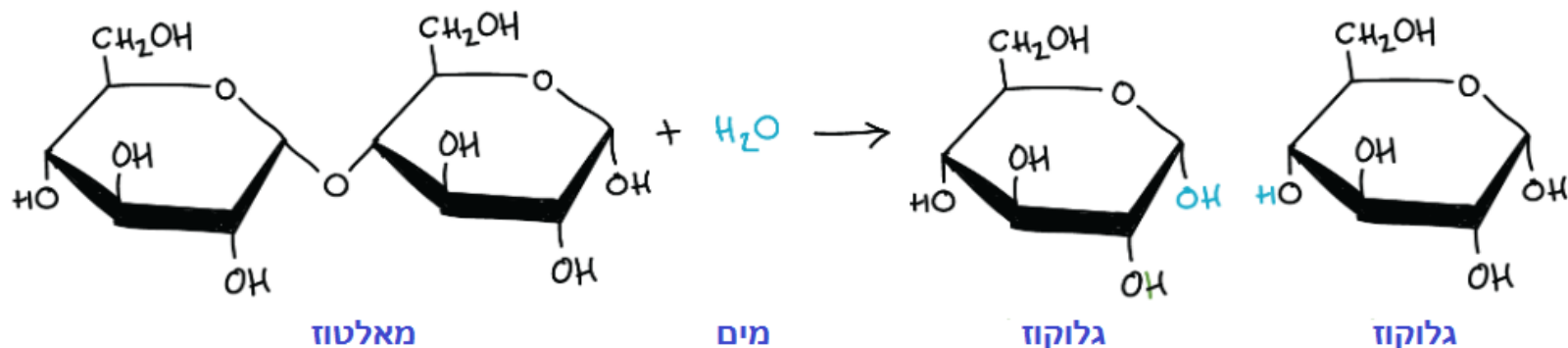
הידרוליזה של דו-סוכר

קשר גליקוזידי בין שתי מולקולות של גלוקוז יוצרת דו-סוכר:
לדוגמא: דו-סוכר מאלטוז

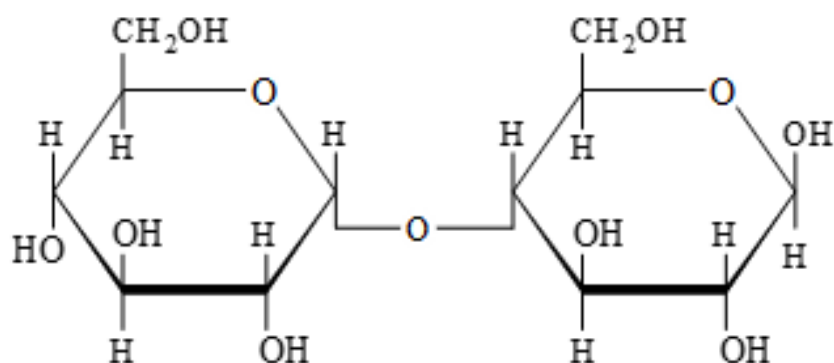


אפשר לסמן את הקשר
הגליקוזידי על ידי סימון
של קשר בין המולקולות
ובאמצע אטום חמצן.

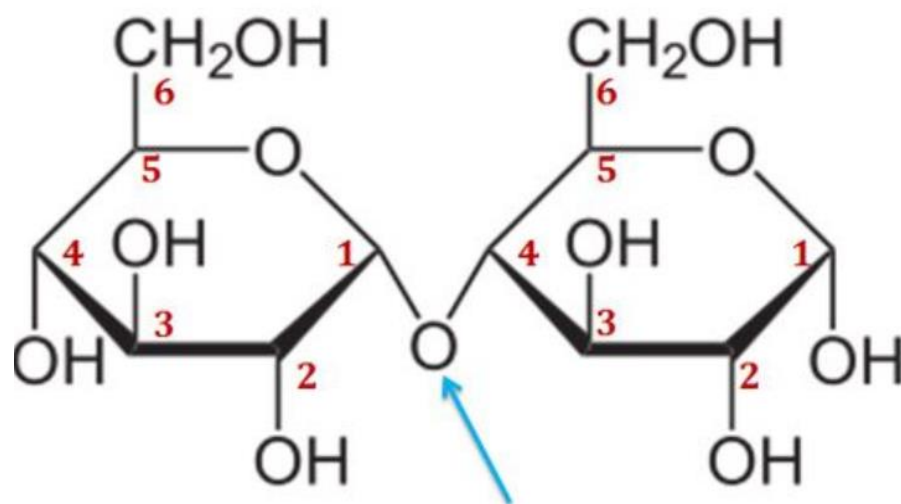
על ידי הוספת מים אפשר לפרק את הקשר הגליקוזידי בתהליך
הנקרא: **הידרוליזה**. תוצרי ההידרוליזה הם חד-סוכרים.



קשר גליקוזידי מחבר בין חד-סוכרים בתהליך דחיסה תוך פליטת מולקולת מים.



מאלטוז

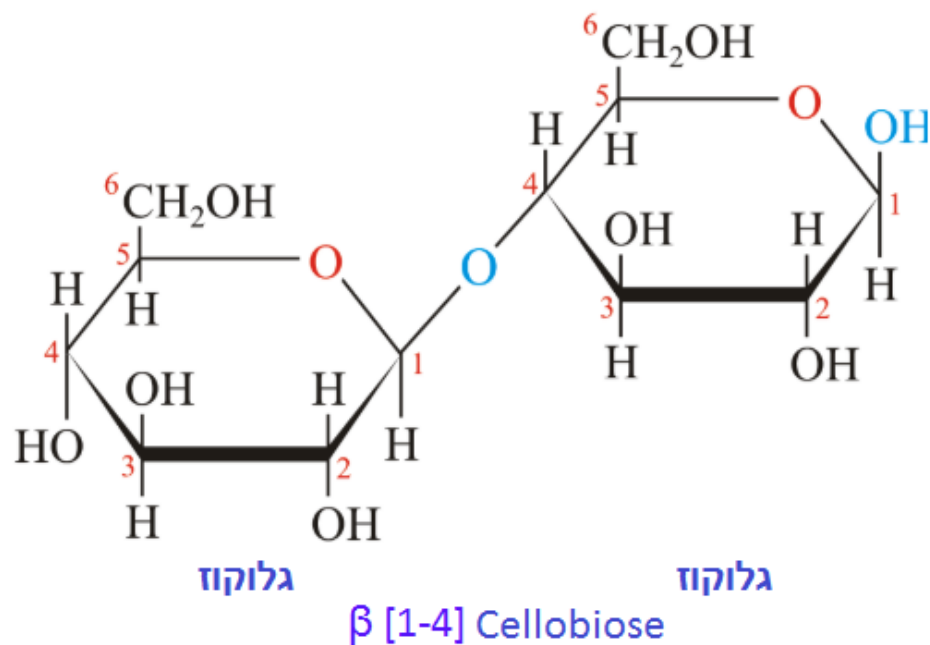
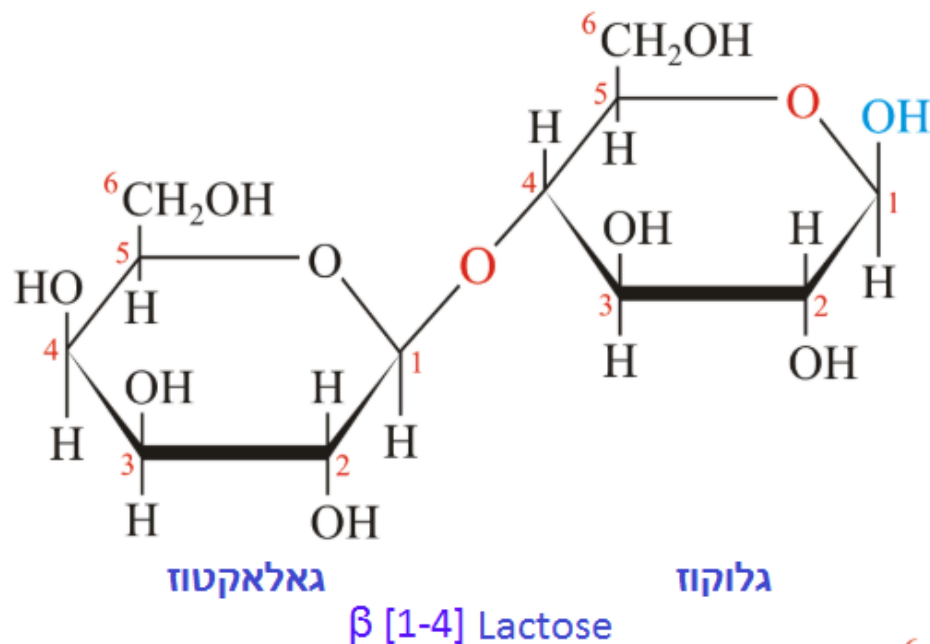


קשר גליקוזידי בתבנית α 1-4

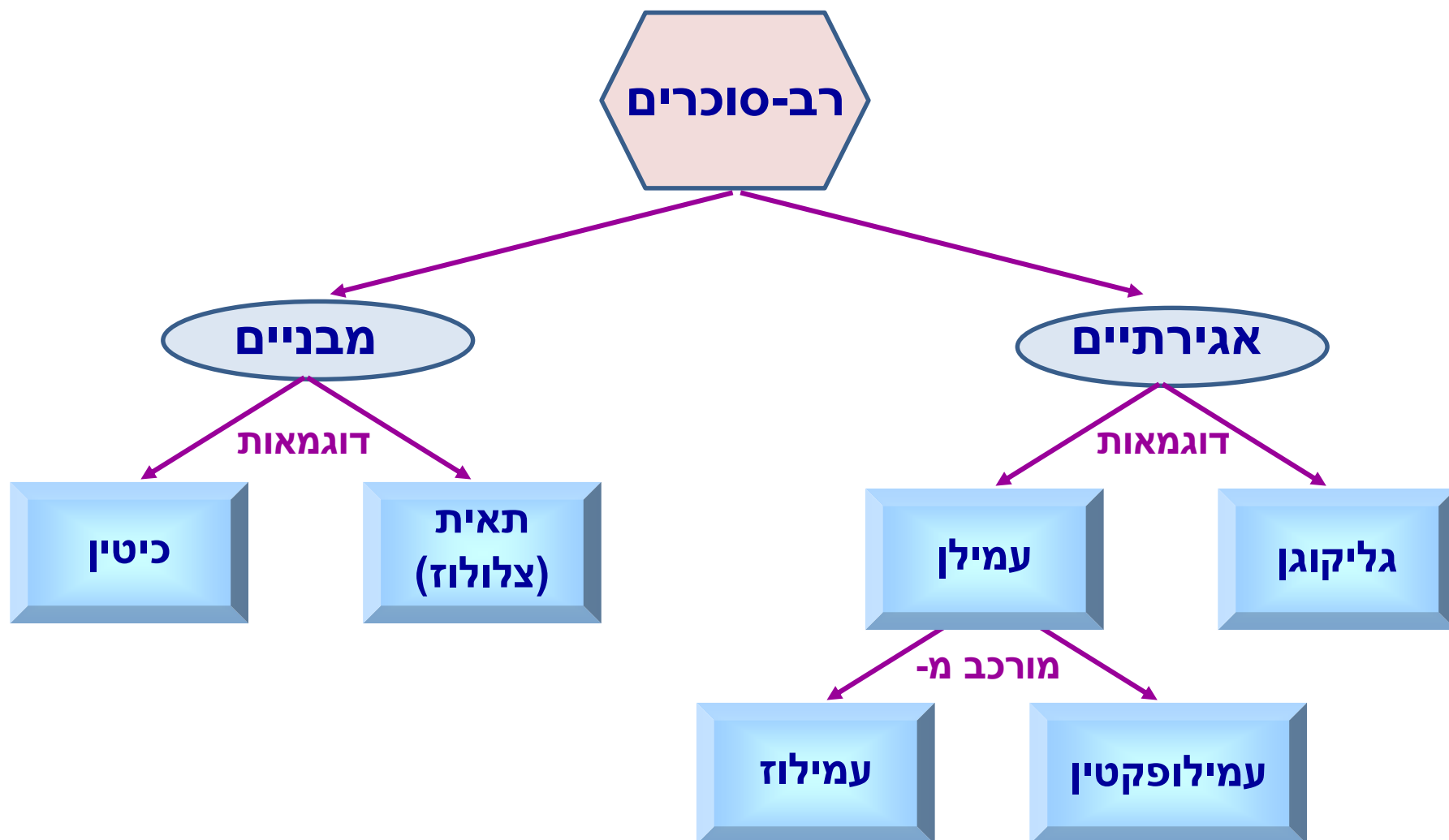
נמספר את מולקולות חד-הסוכר ונזהה את עמדות הקשר הגליקוזידי (פחמן 1 במולקולה הימנית ופחמן 4 במולקולה השמאלית) ואת תבנית הקשר [1-4].

חשוב לציין גם את אנומריית חד-הסוכר של הפחמן הנקשר בעמדה C1 (α).

דוגמאות נוספות:



רב סוכרים בנויים מיחידות רבות מאד של חד-סוכרים.

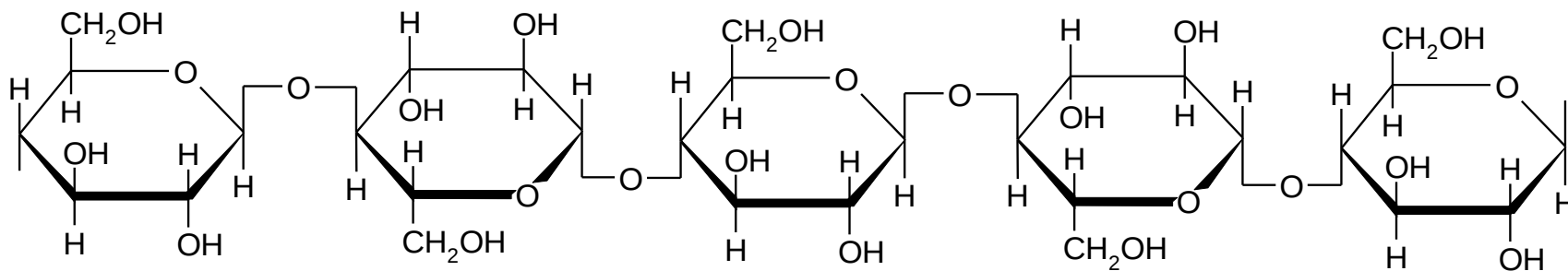


תאית (צלולוז) - מרכיב עיקרי של דופן תאי הצמחים, הנפוץ מכל תרכובות הפחמן.

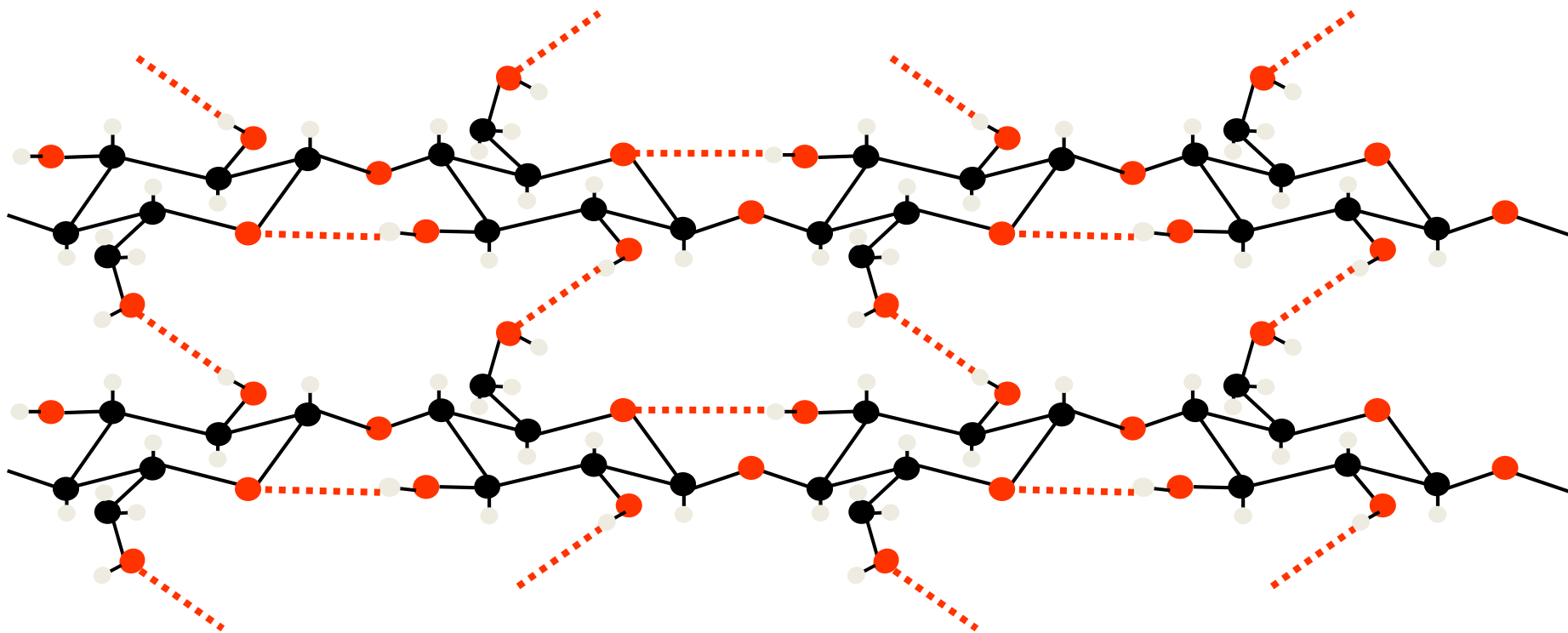
לתאית שרשרת קווית, ללא הסתעפויות.

מולקולת תאית בנויה מ- 4000-5000 ויותר יחידות גלוקוז

שקשורות ביניהן בקשרים גליקוזידיים $\beta(1-4)$.



כל טבעת שנייה בשרשרת הפוכה על פניה.



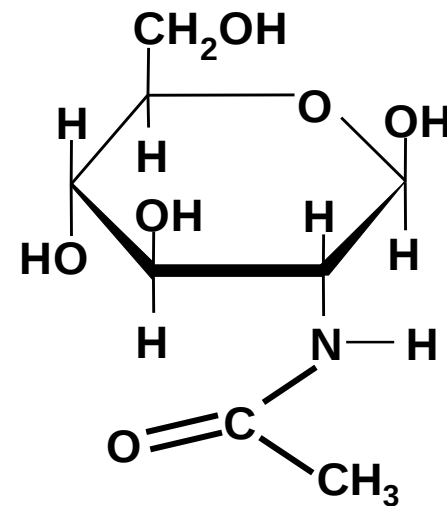
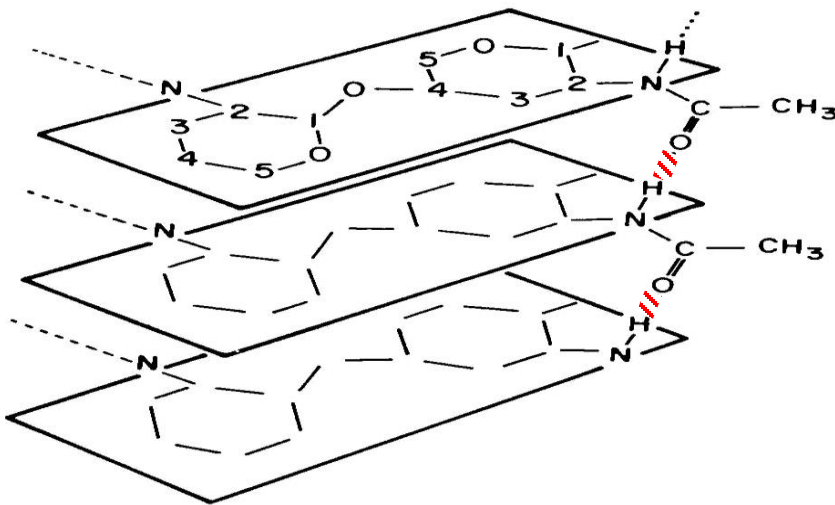
המבנה של תאית מיוצב על-ידי קשרי מימן תוך שרשרתיים:
בין ההידרוקסיל שעל C3 בטבעת אחת לבין החמצן בטבעת שלפניה.

בין השרשרות פועלים קשרי מימן:
בין ההידרוקסיל של C2 לבין ההידרוקסיל של C6 שבשרשרות שכנות.



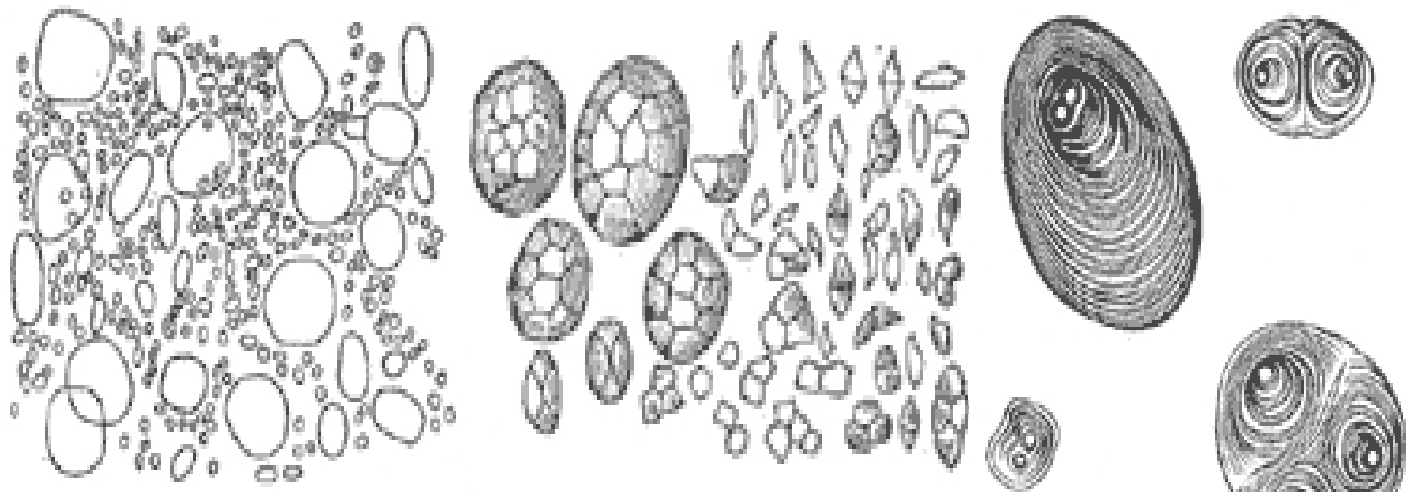
כיטין הוא המרכיב העיקרי של השלד החיצוני של חרקים וסרטנים, ושל דופן תאי פטריות שונות. הכיטין בנוי מיחידות הגלוקוז בו הוחלף ההידרוקסיל של C2 בקבוצת אצטאמיד.

יחידות אלו קשורות ביניהן בקשרים גליקוזידיים $\beta(1-4)$



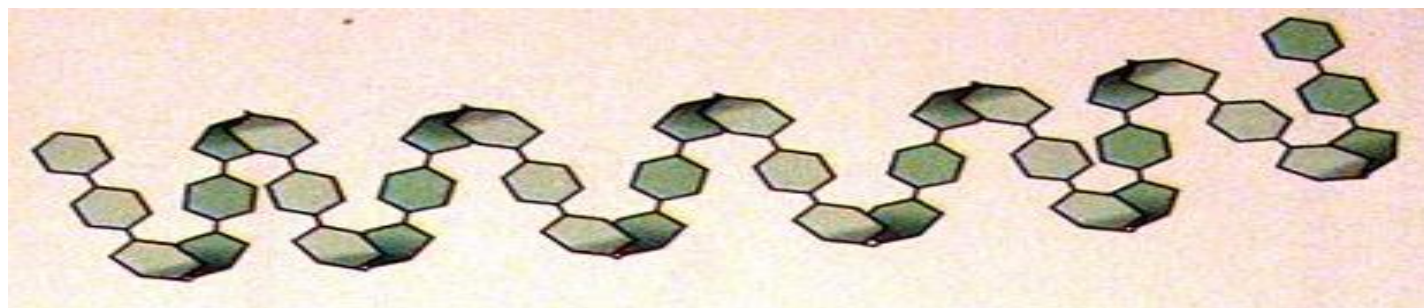
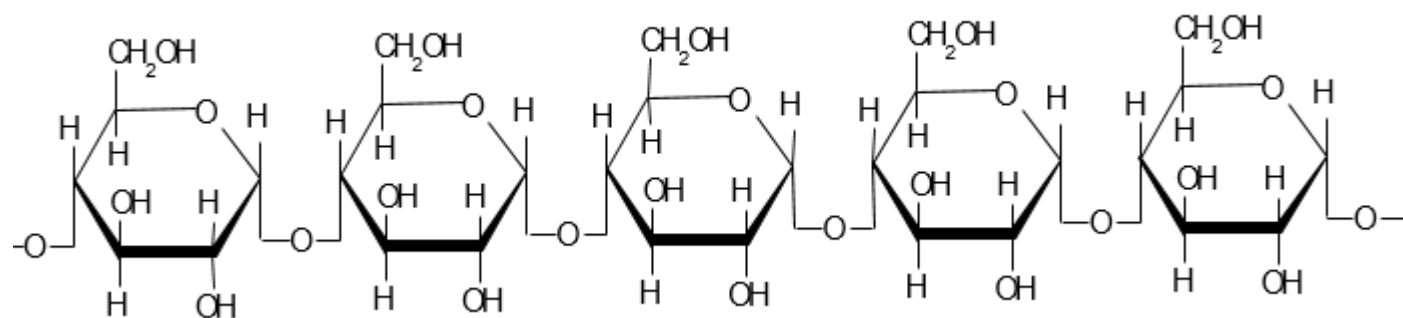
עמילן הוא מרכיב מרכזי בתזונת האדם המצוי בצמחים
ובירקות בצורת גרגרים נקבוביים.

גרנולות עמילן

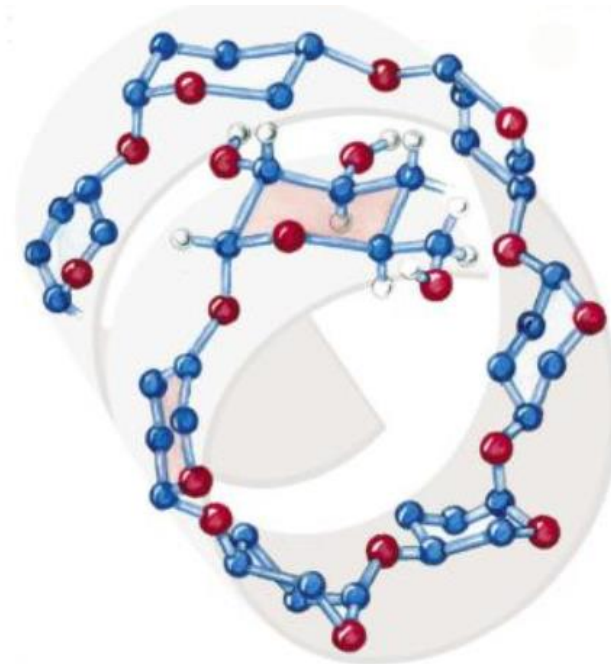
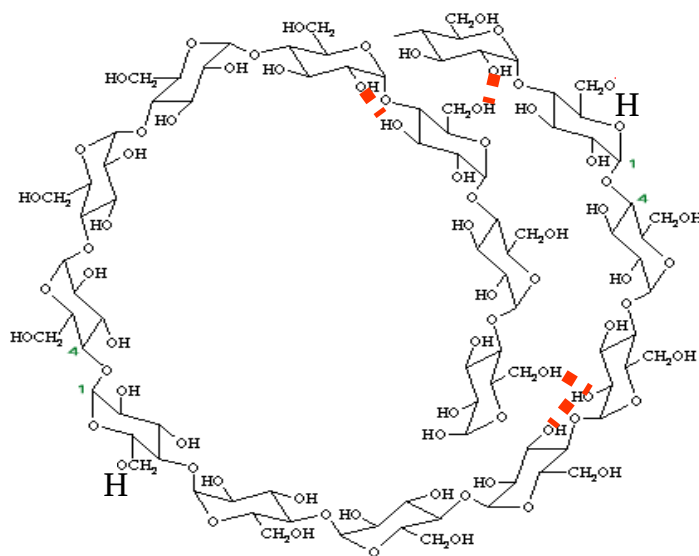


העמילן הוא תערובת של מעט עמילוז ובעיקר עמילופקטין

בעמילוז הקשרים הגליקוזידיים בין יחידות הגלוקוז הם $\alpha(1-4)$. השרשרות אינן מסועפות ובעלות כ- 3000 יחידות גלוקוז בשרשרת.

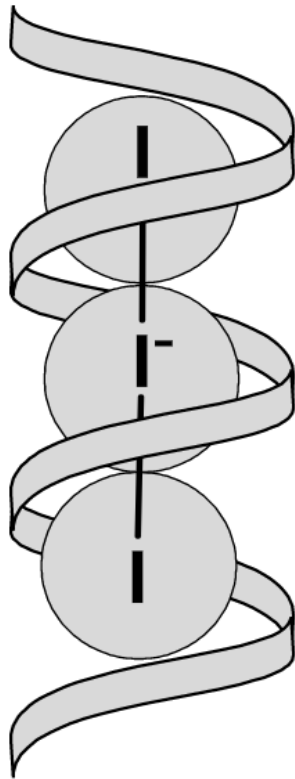


קשרי $\alpha(1-4)$ יוצרים סיבוב לאחור, וסידרת סיבובים
לאחור מקנה לעמילוז צורת סליל עם קנה חלול.
כל שש יחידות גלוקוז משלימות סיבוב אחד.



יוד משמש כאינדיקטור לעמילן על ידי כך שהיוד נכנס אל תך הקנה החלול של העמילוז, יוצר קישור ביניהם ליצירת תצמיד (קומפלקס) יוד-עמילן.

צבע הקומפלקס המתקבל הוא **כחול**.



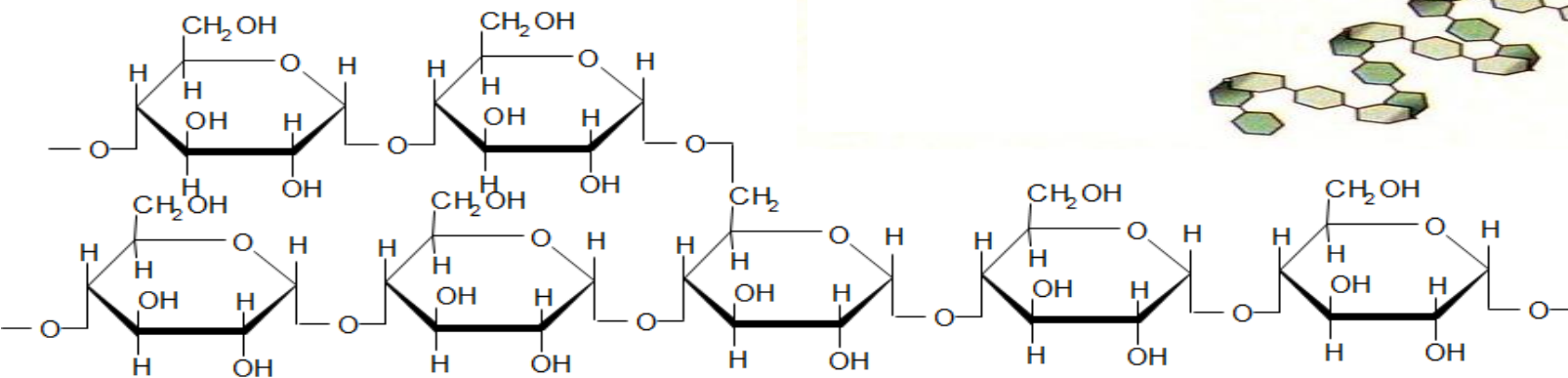
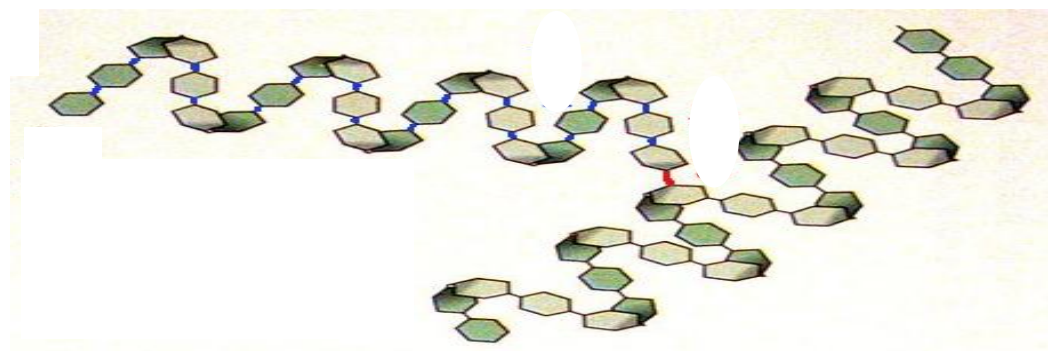
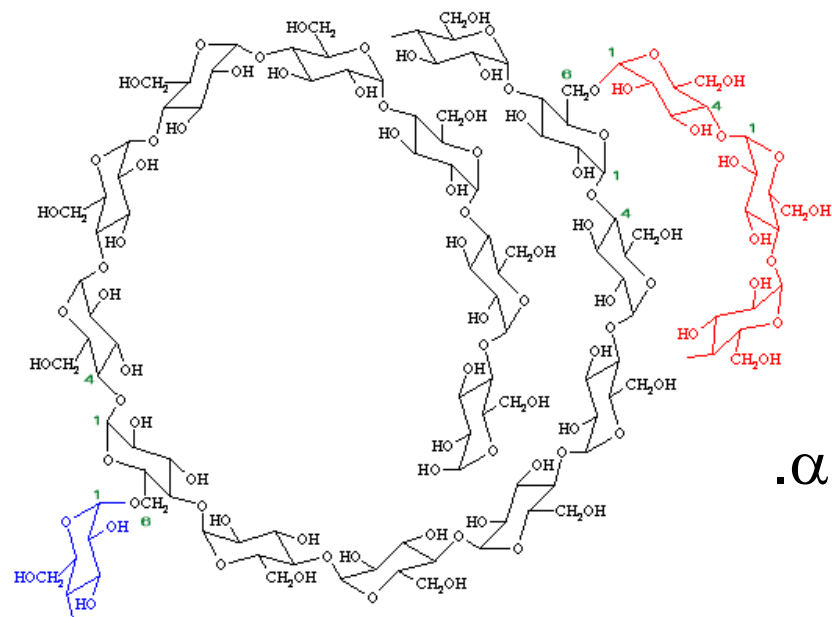
Source: http://braukaiser.com/wiki/index.php?title=Iodine_Test

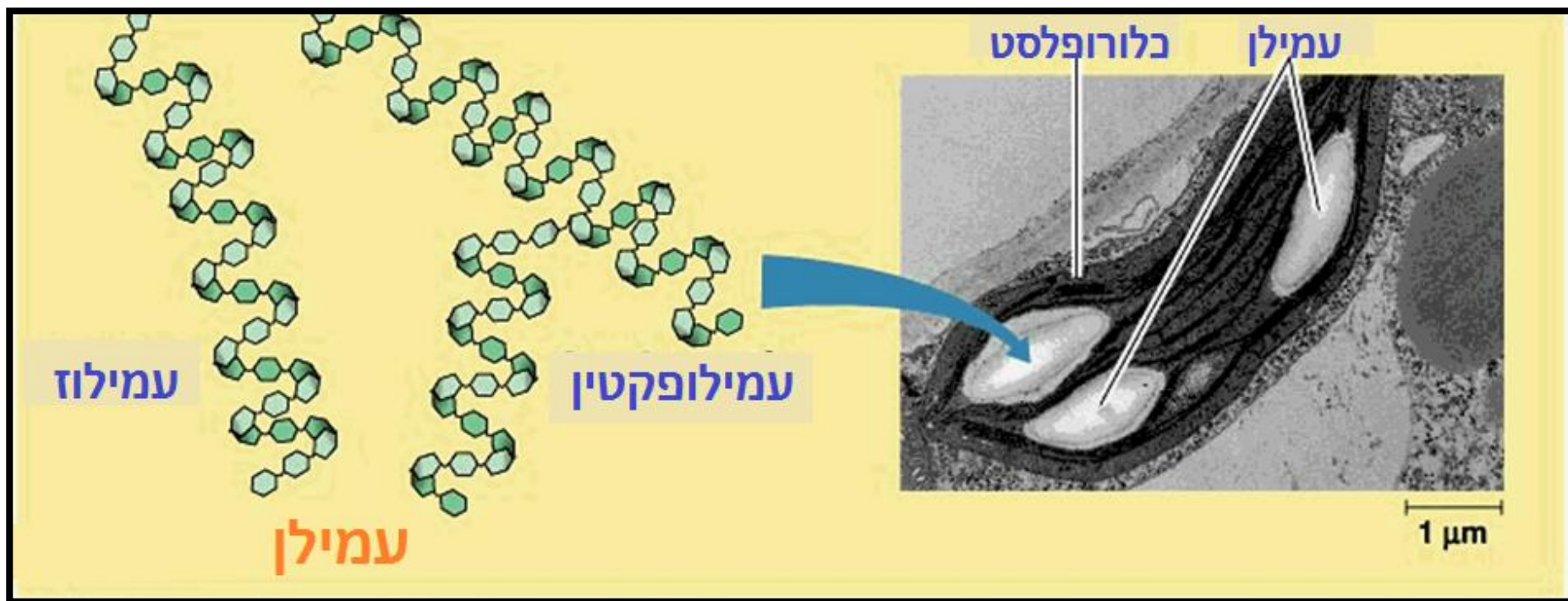
עמילופקטין הוא בעל שרשרות מסועפות.

בכל שרשרת 20 - 25 יחידות גלוקוז

שביניהן קשרי $\alpha(1-4)$. ההסתעפויות

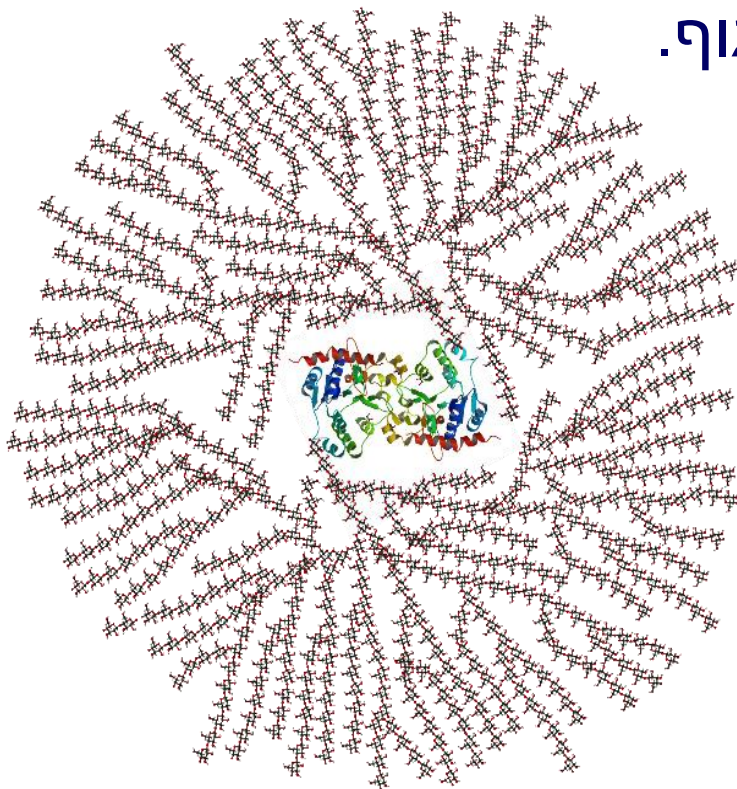
קשורות לשרשרת המרכזית בקשרי $\alpha(1-6)$.



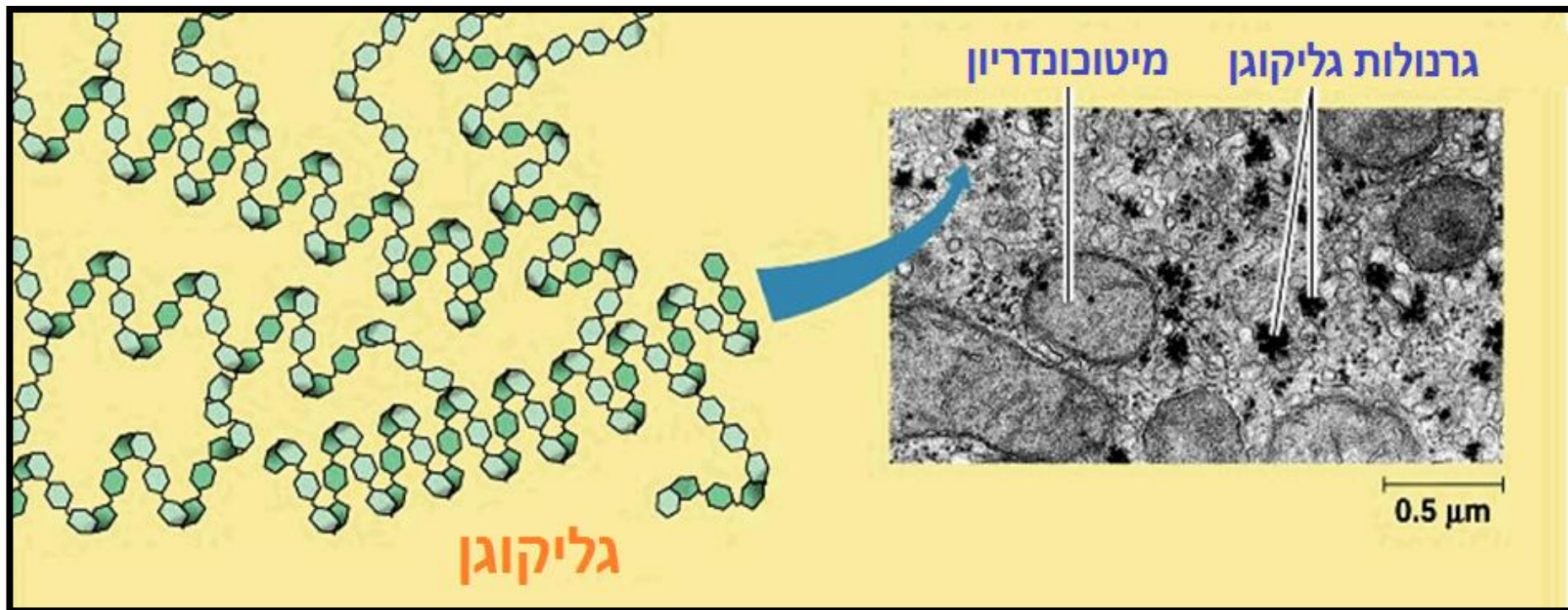


גליקוגן הינו חומר תשמורת בגוף האדם הנאגר בעיקר בכבד ובשרירים כגרגירים בקוטר $10-40\text{ nm}$ יחד עם אנזימים שמייצרים אותו ומפרקים אותו. בין הארוחות – הגליקוגן מתפרק למולקולות גלוקוז המועברות בדם מהכבד אל תאי הגוף.

כך נשמרת רמת הגלוקוז בדם.



מבנה של גליקוגן דומה לזה של עמילופקטין, אך שרשרותיו קצרות יותר, 10-12 יחידות גלוקוז בלבד, ומידת הסתעפותו רבה יותר.





סוכרים: חד ודו-סוכרים 

נוסחות לייצוג סוכרים: הייגור ופישר 

אנומרים, מוטורוטציה, תבנית ועמדת הקשר 

איזומרים של גלוקוז 

הקשר גליקוזידי: יצירה והידרוליזה 

רב-סוכרים: תאית, עמילן וגליקוגן 

