

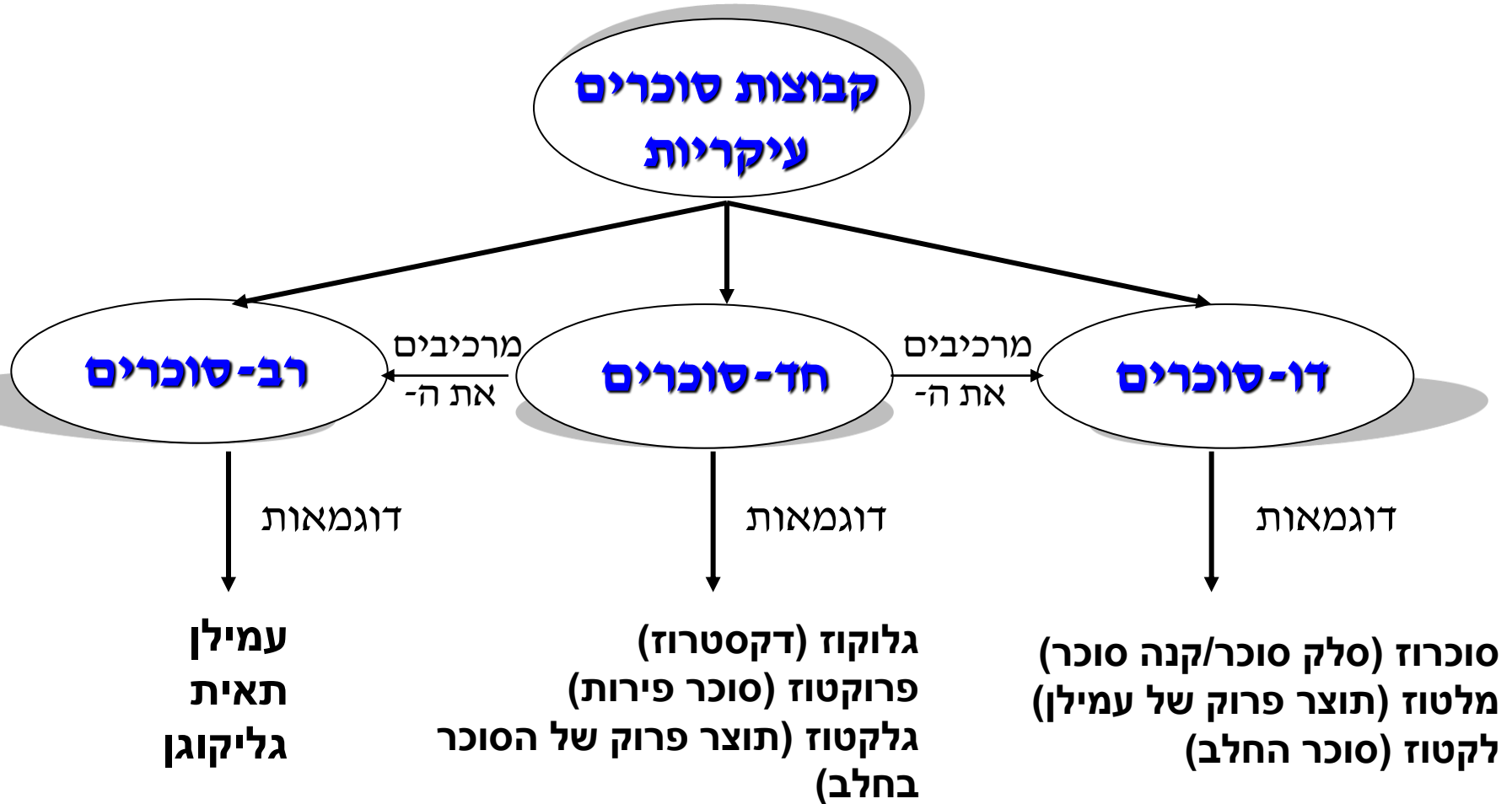
פחמימות

סוכרים

מרכיב עיקרי בתזונת האדם

- סיבה פיזיולוגית: ה"דלק" היעיל ביותר להפקת אנרגיה.
- סיבה היסטורית-כלכלית: פחמימות בצורת עמילן נפוצות בצמחי מאכל, עלות נמוכה ואחסון קל כזרעים יבשים.

מיון כללי של סוכרים



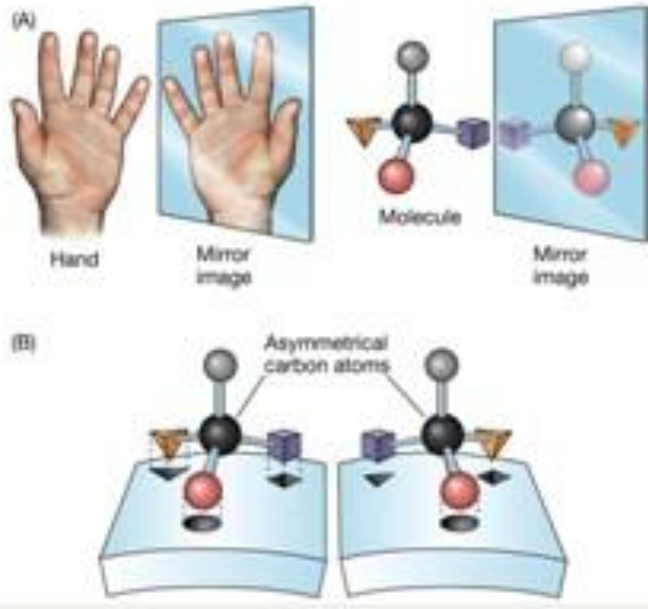
תפקידי הפחמימות:

- הפקת אנרגיה בתא - כל היצורים החיים כמעט ללא יוצא מן הכלל, מפיקים אנרגיה מפירוק גלוקוז. תחילת תהליך זה מכונה גליקוליזה.
- אגירת אנרגיה – בצורת עמילן בצומח, וגליקוגן בחי.
- מבנה - מבנים פיזיים רבים, במיוחד בעולם הצומח, עשויים מפחמימות (בעיקר תאית ועמילן).
- RNA-ו DNA – חומצות הגרעין, המכילות את החומר התורשתי של כל היצורים החיים, מורכבות מנוקליאוטידים, המכילים יחידה של חד-סוכר.
- זיהוי תאים - פחמימות נמצאות על-גבי הממברנה החיצונית של רוב התאים. הן משמשות מעין "תעודת זהות" של התא באלפי תהליכים ביולוגיים. ללא זיהוי זה לא הייתה כלל מתאפשרת פעולתה של מערכת החיסון, למשל.

חד סוכרים (Monosaccharides)

- החד סוכרים נקראים גם סוכרים פשוטים נוסחתם האמפירית היא $(CH_2O)_n$, מכאן השם פחמימה = פחמן + מים
- החד-סוכרים הם רב כהלים, בעלי 3-9 פחמנים, המכילים גם קבוצה קרבונלית – אלדהיד או קטון.
- למולקולות הסוכר יש שני אננטיומרים – איזומרים שהם תמונת ראי אחד של השני, D ו-L.
- שמות החד-סוכרים מסתיימים ב-וז (-ose)
- כל החד-סוכרים מתוקים, מסיסים במים, מתגבשים וחסרי צבע.

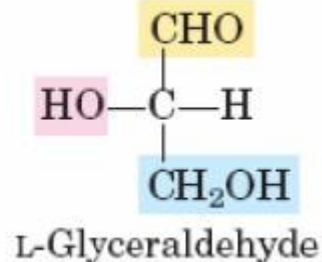
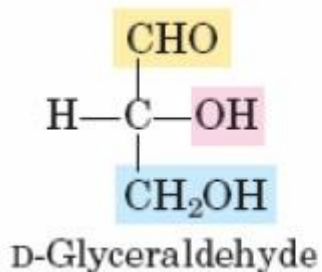
אננטיומרים



כאשר יש אטום פחמן לא-סימטרי
(מכונה פחמן כיראלי):

קשורות אליו 4 קבוצות שונות, המולקולה
יכולה להמצא בשני מצבים שהם תמונת
ראי, לפי סידור הקבוצות השונות סביב
הפחמן. לשני האננטיומרים תכונות
כימיות זהות. הם מסומנים כ- D

(dextro, ימין) ו- L (levo, שמאל). הסוכרים בטבע הם
כולם מסוג D, בגלל הספציפיות של האנזימים.



הגדרות כימיות של חד סוכרים

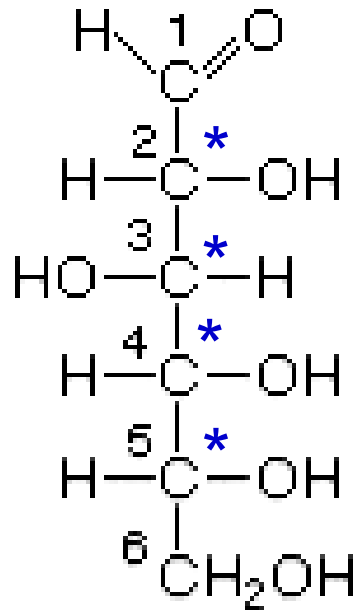
* מספר אטומי הפחמן - סוכר בעל 3 אטומי פחמן נקרא טריוז (Triose). ארבעה פחמנים: טטרוז (Tetrose). חמישה פחמנים: פנטוז (Pentose). ששה פחמנים: הקסוז (Hexose). הסוכרים החשובים ביותר הם הפנטוזות וההקסוזות. הסוכרים הקטנים ביותר הם הטריוזות.

* אלדהיד או קטון - סוכר המכיל קבוצת קרבוניל נקרא קטוז (Ketose). סוכר המכיל קבוצת אלדהיד נקרא אלדוז (Aldose).

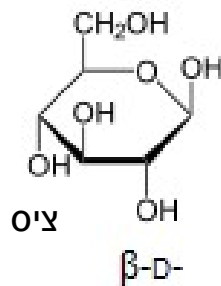
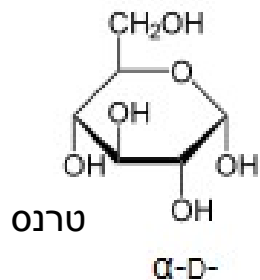
ניתן לשלב בין שני הקריטריונים שלעיל על-מנת לספק הגדרה מדויקת. גלוקוז, למשל, הינו אלדוהקסוז; הוא מכיל קבוצת אלדהיד וששה אטומי פחמן.

גלוקוז

גלוקוז (באנגלית: **Glucose**) הוא חד-סוכר. זוהי הפחמימה הנפוצה והחשובה ביותר; למעשה, זוהי התרכובת האורגנית הנפוצה ביותר על-פני כדור הארץ. גלי- ביונית הוא מתוק.

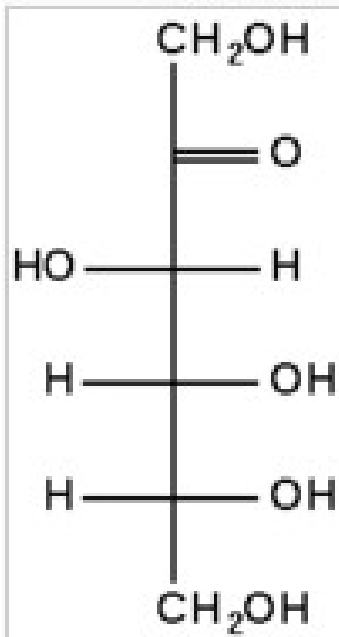


מבחינה כימית גלוקוז הוא **הקסוז** - חד-סוכר המכיל 6 אטומי פחמן (הקסא ביונית פירושו "6"). נוסחתו של גלוקוז היא: $C_6H_{12}O_6$, הוא גם **אלדוז** - סוכר המכיל את הקבוצה הפונקציונלית **אלדהיד** וגם נקרא **אלדוהקסוז** - גם אלדוז וגם הקסוז, כלומר, חד סוכר המכיל 6 אטומי פחמן וגם סוכר המכיל את הקבוצה הפונקציונלית אלדהיד.

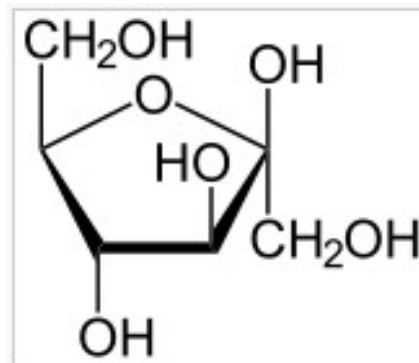


לגלוקוז בשרשרת פתוחה 4 פחמנים
כיראליים ולכן 2^4 (16) איזומרים. ה-D
גלוקוז הוא אחד מהם.

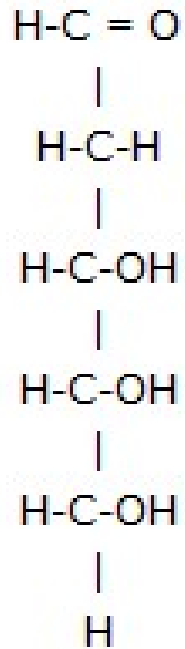
פרוקטוז



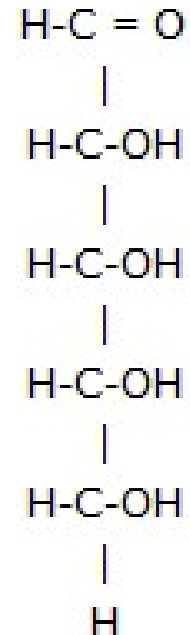
פרוקטוז הוא מונוסכריד, בעל נוסחה כימית הזזה לגלוקוז, אך בעל מבנה שונה ממנו - גלוקוז ופרוקטוז הם איזומרים. השינוי במבנה הוא שגורם לכך שפרוקטוז מתוק יותר מגלוקוז. פרוקטוז שייך למשפחת ההקסוזות, סוכרים בעלי 6 פחמנים, ובטבע הוא נמצא לרוב במבנה של טבעת מחומשת (פוראנוז Furanose).



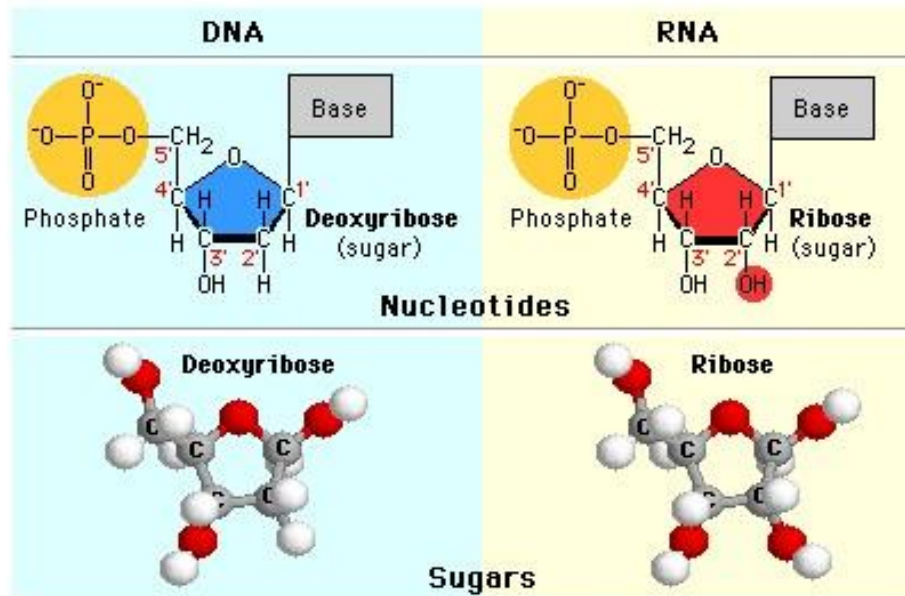
ריבוז ודאוקסיריבוז



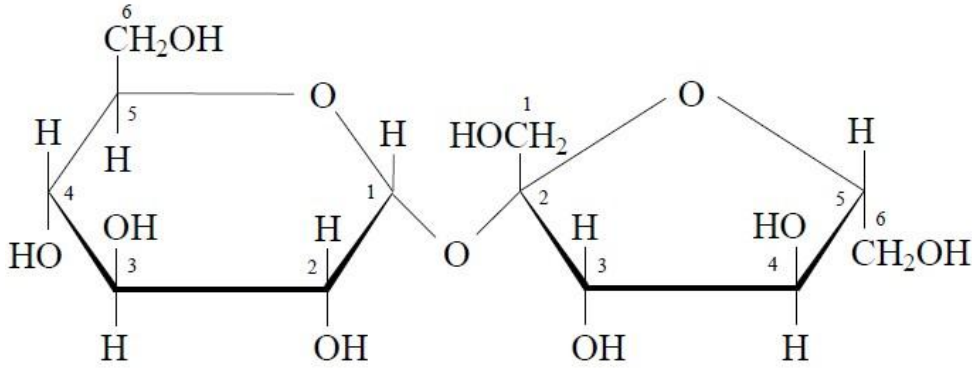
דאוקסיריבוז



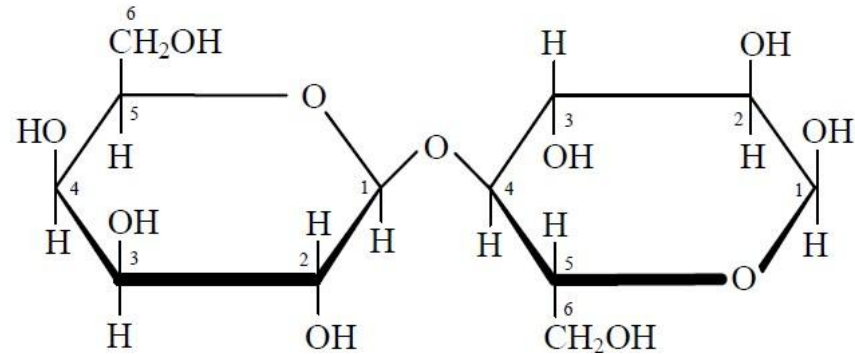
ריבוז



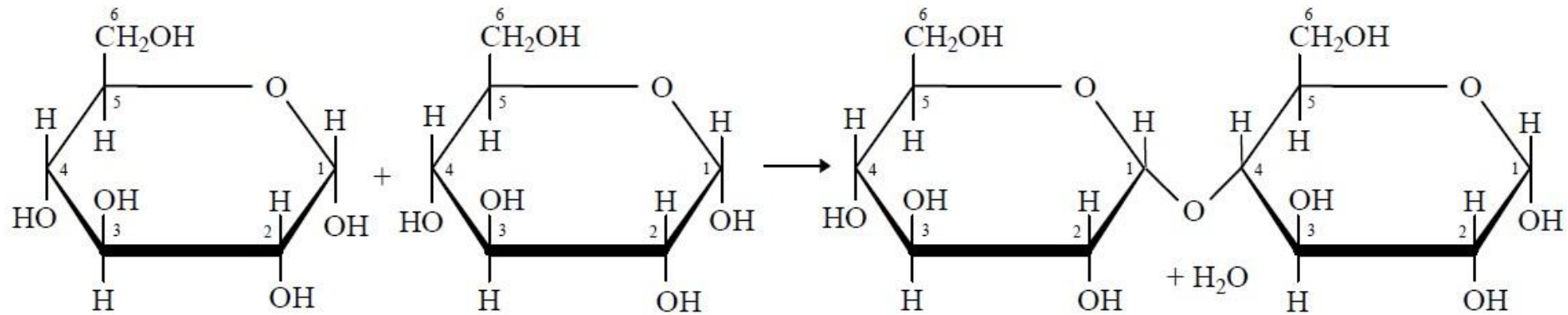
disaccharides דו-סוכרים



סוכרוז = גלוקוז + פרוקטוז

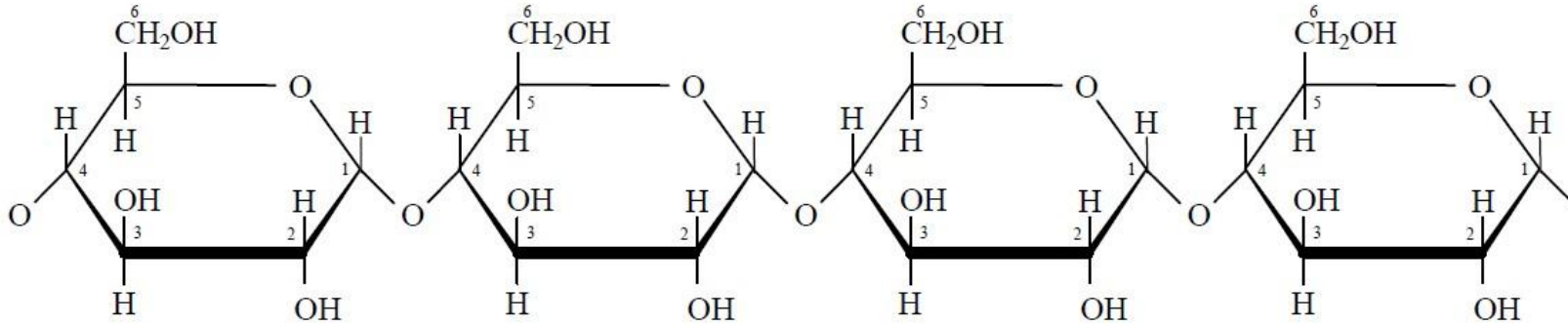


לקטוז = גלוקוז + גלקטוז

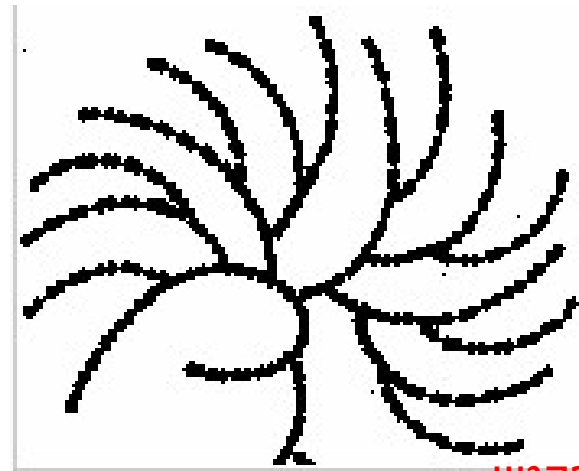
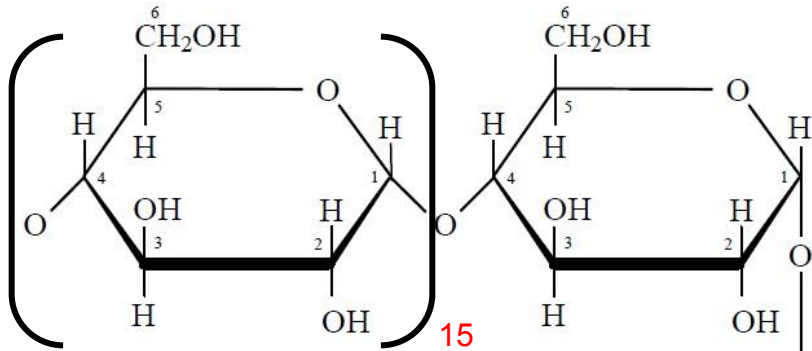


מלטוז = גלוקוז + גלוקוז

רב סוכרים polysaccharides

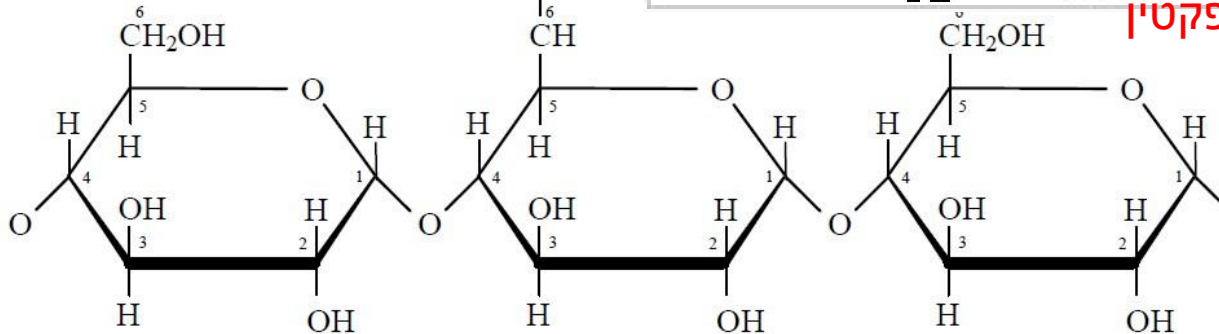


עמילוז

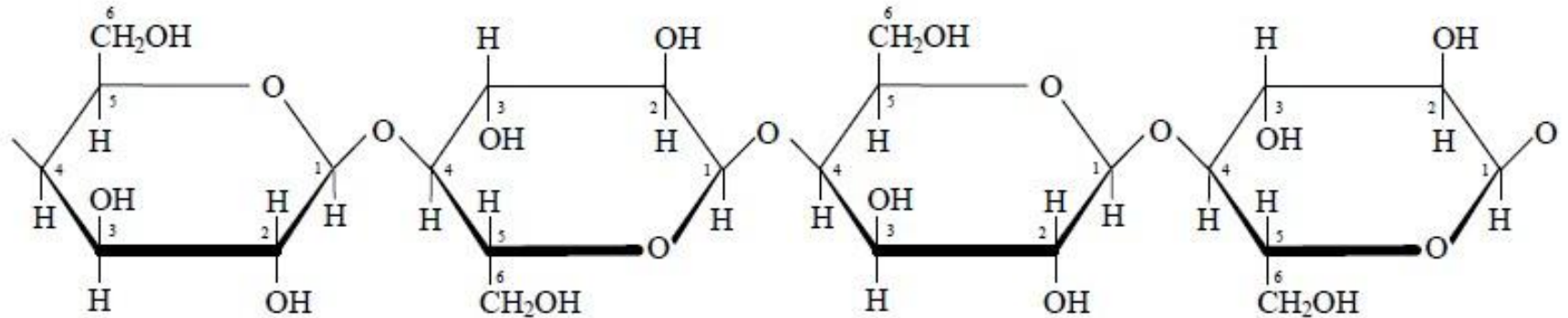


עמילופקטין

קשר מסוג
1,4- α

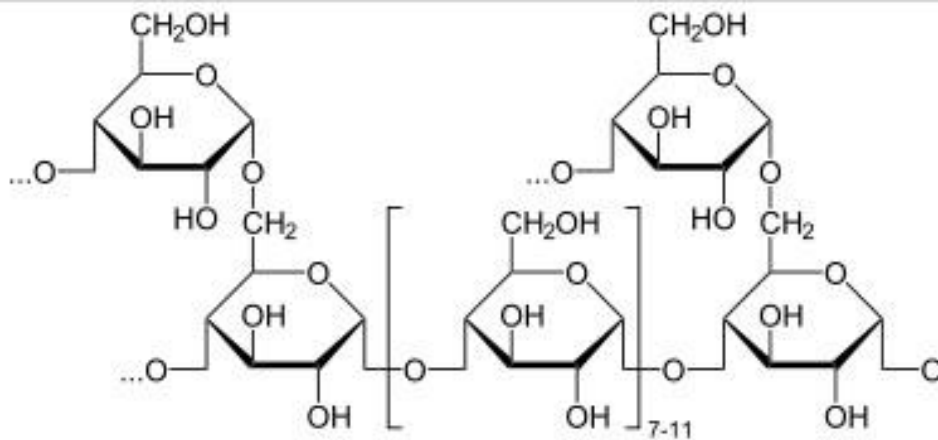


תאית (Cellulose)

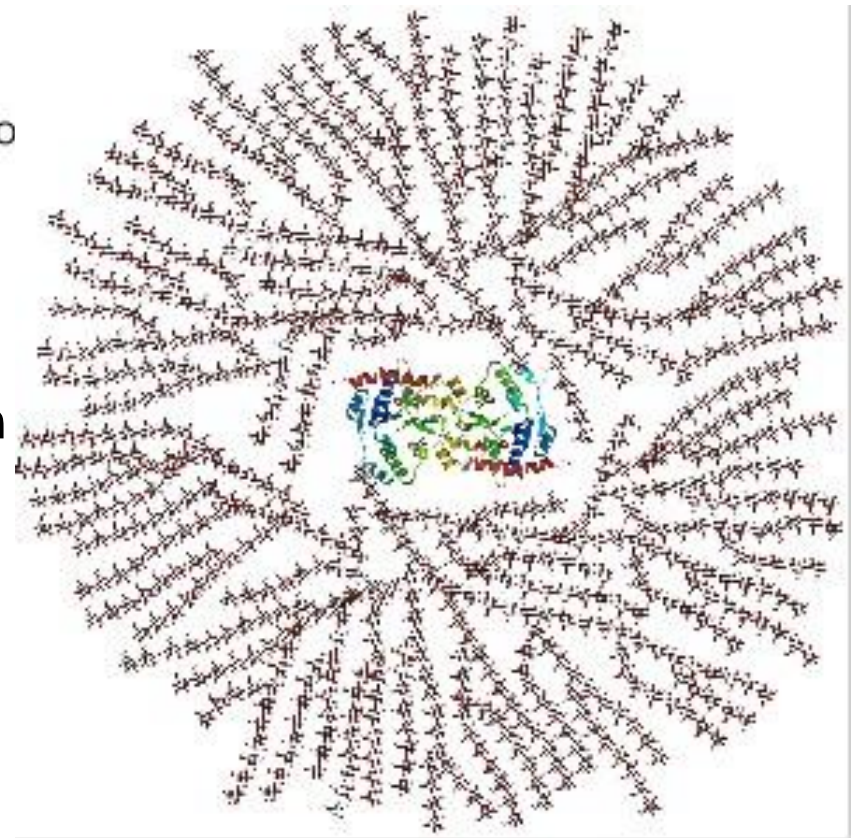


הקשר בין יחידות הגלוקוז בתאית הוא מסוג β -1,4. האנזים צלולאז, המזרז פירוק קשר זה, קיים רק בחיידקים ופטרייות מסויימים, ולא קיים בבע"ח רב תאיים. בחיות אוכלות עשב, ישנם חיידקים כאלו באחת מהקיבות, המאפשרים להם פירוק תאית וניצולה לאנרגיה. התאית אינה מיותרת גם באדם. היא מקור עיקרי לסיבים תזונתיים, החשובים ביותר לעיכול, לשמירה על רמות שומנים וסוכר בדם וכן חשוב במניעת סרטן המעי הגס.

גליקוגן



הגליקוגן דומה מאוד לעמילופקטין. הוא מסועף יותר, ומגיע לגודל יותר גדול. תכונות אלו מקנות לו יתרון בפירוק וחיבור מהיר של יחידות גלוקוז לקצוות החופשיים, שכן הגליקוגן מתפרק בין הארוחות, ובכל אספקת מזון גדל מחדש.



הפחמימות – מקורותיהן ותפקידן בגוף האדם

| שם | מקורות עיקריים | תפקיד |
|------------------|--|--|
| חד־סוכרים | | |
| פנטוזות | | |
| ריבוז | נוצר בגוף בתהליכים מטאבוליים. רוב המוזנות. | מרכיב של חומצות גרעין ושל נוקלאוטידים, כמו המילקולות המספקות אנרגיה כימית זמינה (ATP). |
| הקטוזות | | |
| גלוקוז | פירות, תוצר פירוק של עמילן, סיוכרוז, מלטוז ולקטוז. | מקור האנרגיה העיקרי בעולם החי והצומח, משמש לייצור גלוקוז. |
| פרוקטוז | פירות, דבש. תוצר פירוק של סיוכרוז. | |
| גלקטוז | תוצר פירוק של לקטוז. | משמש לייצור גלוקוז; לייצור לקטוז בחלב אם; משתתף בבניית ממברנות התאים. |
| די־סוכרים | | |
| סוכרוז | סלק סוכר, קנה סוכר, גזר ואגוז. | מתפרק בגוף לגלוקוז ולפרוקטוז המשמשים מקור לאנרגיה. |
| מלטוז | זרעים וטבטים. תוצר פירוק של עמילן בגוף. | מתפרק בגוף לגלוקוז. |
| לקטוז | חלב ומוצרים; חלב אם. | מתפרק בגוף לגלוקוז ולגלקטוז המשמשים מקור לאנרגיה. |
| רב־סוכרים | | |
| עמילן | דגנים, קמח ומוצרים, קטניות, תפוח אדמה ואורז. | מתפרק לגלוקוז. |
| תאיח | צמחים. | לא ניתן לעיכול, אך מסייע בתהליך העיכול. |
| גליקוגן | כבד ושרירים של בעלי חיים. | חומר האגירה של הגוף; מתפרק לגלוקוז. |

טבלה לסיכום הפירוק במערכת העיכול

| תוצרים | סובסטרט | אנזימים | מקום פעילות | מקום הווצרות |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|-------------|--------------|
| שרשרות סוכר קצרות ומלטוז | עמילן וגליקוגן | עמילאז | פה | בלוטות הרוק |
| פפטידים חומצות שומן וגליצרול | חלבון שומן | פפסין ליפאז | קיבה | בלוטות בקיבה |
| חומצות שומן וגליצרול | שומן | ליפאז | תריסריון | לבלב |
| מלטוז, גלוקוז ושרשרות סוכר קצרות פפטידים קצרים וחומצות אמיניות נוקלאוטידים | עמילן וגליקוגן חלבון חומצות גרעין | עמילאז טריפסין וכימוטריפסין נוקלאז | | |
| חומצות אמיניות גלוקוז גלוקוז ופרוקטוז גלוקוז וגלקטוז | פפטידים מלטוז סוכרוז לקטוז | פפטידזות מלטאז סוכראז לקטאז | מעיי דק | מעיי דק |

עיכול הפחמימות

- עיכול הפחמימות מתחיל בפה ע"י עמילאז הרוק. תהליך זה אינו הכרחי ובסופו נקבל כתוצרי הפירוק את המלטוז, מלטוטריוז ואוליגוסכרידים נוספים. בקיבה מתבצעת אינאקטיבציה של העמילאז מהפה.
- בתריסריון יש פעילות של מס' אנזימים שונים:
- α עמילאז- אנזים דומה ובעל פעילות זהה לעמילאז הרוק אך הוא בעל פעילות גדולה יותר. בתוך 10 ד' מירב הסוכרים יהפכו לאוליגוסכרידים. מקורו במיצי הבלב.

ספיגת הפחמימות

- הספיגה נעשית בתריסריון ובחלק העליון של המעי הדק.
- רק החד סוכרים נספגים לגופנו. החד סוכרים שנספגים בצורה הטובה ביותר הם הגלוקוז, גלקטוז ופרוקטוז.
- גלוקוז+גלקטוז נספגים אל תאי אפיתל המעי בהעברה פעילה התלויה ב Na^+ . על כל שני Na^+ יכנס סוכר אחד. מתאי האפיתל יש העברה מזורזת אל החלל בין תאי ומשם בדיפוזיה אל נימי הדם בסיסים.
- לפרוקטוז יש נשא ספציפי לו. העברה נעשית בהעברה פעילה. הנשא מתאים גם לגלוקוז אך בעל עדיפות לפרוקטוז

פתולוגיות בעיכול סוכרים

- **אי סבילות ללקטוז**- רמת פעילות נמוכה של לקטאז ולכן הלקטוז לא מפורק. הלקטוז עובר למעי הגס ומפורק ע"י חיידקי המעי הגס. נוצרים בתהליך פירוק זה גזים שונים ותוצרי מטבוליזם שונים המגבירים את ניעות המעי וגורמים לשלשולים. מחלה זו פחות שכיחה בצורתה המולדת ויותר נפוצה בצורתה המתפתחת.
- בתינוקות, לעיתים α -עמילאז מתפתח מאוחר ולכן מתקשים בעיכול עמילן בחודשים הראשונים. בעייה זו לא קיימת במבוגרים.