

פחמימות לטוב ולרע

מיפוי הפרק

היבט חברתי/אישי	היבט תזונתי	היבט כימי	
<ul style="list-style-type: none"> • הבנת המשמעות (כצרכן וככימאי) של דבש טהור לעומת מזויף; • הכרת מחלה הקשורה בפחמימות. 	<ul style="list-style-type: none"> • הכרת הפחמימות כמרכיב משמעותי במזון; • משמעות צריכת פחמימות מורכבות לעומת פשוטות. 	<p>הכרת המבנה הכימי של סוכרים ומיונם לחד-, דו- ורב-סוכרים.</p>	מטרות
<p>זיוף דבש – מה ההבדל בינו לבין דבש טהור?; מחלות של אגירת גליקוגן.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ערך גליקמי של פחמימות; • דרגת מתיקות של סוכרים שונים ומשמעותה במזון; • הרכב סוכרים בפירות וירקות שונים; • עמילן כמקור לסירופ סוכר; • סיבים תזונתיים. 	<ul style="list-style-type: none"> • קבוצות פונקציונליות בסוכרים: כהל, אלדהיד, קטון; • נוסחת פישר ושיטת היוורת לייצוג סוכרים; • איזומריה אופטית* בחד-סוכרים; • קשר גליקוזידי ותגובת דחיסה לקבלת דו-סוכר; • מבנה עמילן; • מבנה תאית (צלולוז). 	תכנים ומושגים מרכזיים
	<ul style="list-style-type: none"> • ניתוח מידע מטבלאות – השוואת דרגות מתיקות, הרכב סוכרים במזון; • חקרי אירוע – עטיפות אכילות, עמילן תירס כמקור לסוכר. 	<ul style="list-style-type: none"> • מעברים בין צורות ייצוג שונות של חומרים מולקולריים (מבנה מקוצר, מפורט ומודל); • השוואת מבנה גלוקוז ופרוקטוז; • ניתוח מודלים מולקולריים של דו- ורב-סוכרים. 	מיומנויות מרכזיות
<p>איתור וסיכום מידע מהאינטרנט*.</p>	<p>ניתוח מידע מהאינטרנט – הרכב סיבים תזונתיים בפירות.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • חקר מבנה טבעת גלוקוז וטבעת פרוקטוז (כולל זיהוי אנומרים) באמצעות מודלים מפלסטיק. • ניסוי השחמת סוכרים 	פעילויות ייחודיות

מה אנו יודעים על פחמימות?

תשובות לשאלות הפתיחה

1. ידע מקדים

א. לרוב יכירו התלמידים או לפחות התלמידות המתעניינות בתזונה את נושא הפחמימות הפשוטות והפחמימות המורכבות. פחמימות מורכבות הן לדוגמה העמילן והתאית, הסוכר הביתי הוא דוגמה לפחמימה פשוטה.

ב. בדרך כלל בקורסי תזונה או דיאטה מדגישים כי פחמימות מורכבות הן הטובות יותר לגופנו. עודפים של פחמימות פשוטות שהגוף אינו זקוק להן כמקור אנרגיה, הופכות לשומן בגוף בתהליכי חילוף חומרים, ולכן אינן רצויות. במהלך הפרק יתברר לתלמידים כי מיון הפחמימות נעשה כיום לפי הערך הגליקמי שלהן (השפעת הפחמימות השונות על רמת הסוכר בדם).

ג. הן החד סוכרים והן הדו סוכרים מתאפיינים בטעם מתוק, חלקם מתוקים יותר מאחרים (פרוקטוז מתוק מגלוקוז, סוכרוז מתוק מלקטוז). הרב סוכרים אינם מתוקים (העמילן והתאית למשל).

ד. הסוכר הנפוץ הנמצא בשימוש ביתי הוא הדו סוכר סוכרוז המורכב מגלוקוז ומפרוקטוז וטעמו מתוק. הסוכר בחלב האם הוא דו הסוכר לקטוז המורכב מגלוקוז ומגלקטוז. גם לחלב האם יש טעם מתקתק אך במידה פחותה משמעותית ממתיקות הסוכרוז.

2. ניתוח מידע מטבלה

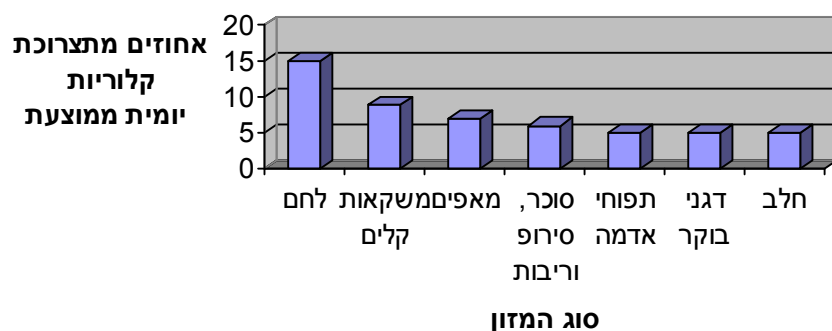
1. א.

כמה עובדות יכולות להפתיע בטבלה זו:

- כיצד ייתכן כי החלב אינו מתוק ועם זאת מכיל כ- 5% פחמימות? (מכיל לקטוז שהוא בעל 20% ממתיקות הסוכרוז הנחשבת באופן שרירותי כבעלת 100% מתיקות).
 - סירופ מייפל המוכר כמתוק מאד, מכיל רק 65.5% פחמימות, אילו רכיבים נוספים הוא מכיל?
 - הבוטנים אינם מתאפיינים במתיקות אך מכילים 18.6% פחמימות, כיצד ייתכן? (הבוטנים מכילים 14% עמילן ו- 2.4% תאית, רב סוכרים לא מתוקים)
- אלו הם הרמזים הראשונים כי לא כל פחמימה היא הסוכר המוכר לתלמידים וכי יש רמות מתיקות שונות לפחמימות השונות על פי הרכבן והמבנה הכימי שלהן.
- ב. מזון התינוקות אמנם מכיל 51% פחמימות, אך לא הסוכר השולחני אליו עלולים התלמידים לקשר את מסקנתם. מזון התינוקות מכיל 51% של הדו סוכר לקטוז שהוא סוכר החלב. סוכר זה בעל מתיקות נמוכה (20% ממתיקות הסוכרוז) ולמרות כמותו הגדולה במזון התינוקות, מזון זה מתוק אך במעט.

2. א.

מקורות עיקריים לפחמימות בתזונתנו היומית



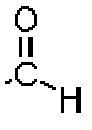
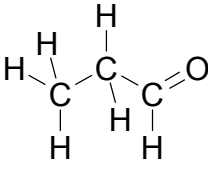

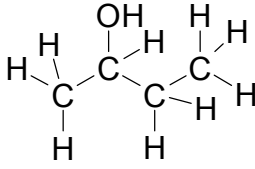

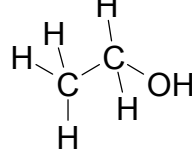

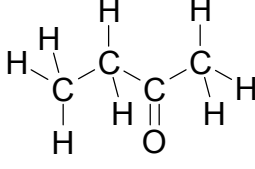
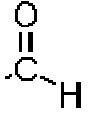
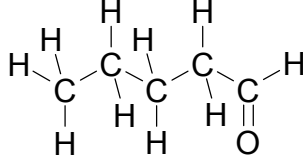
ב. דוגמה לשאלה - האם ישתנו נתוני הגרף לגבי אוכלוסיות שונות? לדוגמה לגבי : נשים, גברים, ילדים, אזורים שונים על פני כדור הארץ (אסיה לעומת אירופה לעומת אמריקה)?
יש להניח שכן. ישנם אזורים בהם תצרוכת החלבונים והשומנים (בעיקר מאכילת בשר) גבוהה יותר מאשר אצלנו. בדרום אסיה, בה נוהגים לאכול אורז במקום לחם, ההרכב יהיה שונה.

חד-סוכרים

תשובות לתרגיל 1: יישום ידע כימי – קבוצות פונקציונליות נפוצות בחד סוכרים

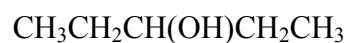
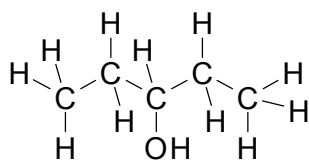
1. גם באלדהיד וגם בקטון ישנו פחמן הקשור בקשר כפול לחמצן, קבוצה פונקציונלית זו נקראת קבוצה קרבונילית. בקטון הקבוצה הקרבונילית ממוקמת לאורך השרשרת ובאלדהיד הקבוצה הקרבונילית ממוקמת בקצה השרשרת. ניתן לומר גם כי אלדהידים וקטונים בעלי אותו מספר אטומי פחמן בשרשרת הינם איזומרים האחד של השני.

2. א, ב

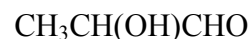
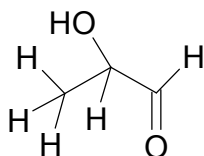
MW gr/mol	טמפרטורת רתיחה	קבוצה פונקציונלית	נוסחת מבנה	התרכובת
58	49°C	אלדהיד 		CH ₃ CH ₂ CHO
74	99.5 °C	כהל 		CH ₃ CH(OH)CH ₂ CH ₃
46	78.2°C	כהל 		CH ₃ CH ₂ OH
72	79.5 °C	קטון 		CH ₃ CH ₂ COCH ₃
86	103 °C	אלדהיד 		CH ₃ (CH ₂) ₃ CHO

3. לתרכובת V טמפרטורת הרתיחה הגבוהה ביותר. זהו החומר המכיל את מספר הפחמנים הגדול ביותר מבין חמשת החומרים. ענן האלקטרוניים הגדול גורם ליצירת קטבים חלקיים גדולים יחסית ולכן לאינטראקציות ון-דר-ולס חזקות יחסית. בתרכובת II ובתרכובת IV ארבעה פחמנים אך בתרכובת II הקבוצה הפונקציונלית היא קבוצה הידרוקסילית ואילו בתרכובת IV הקבוצה הפונקציונלית היא קבוצה קרבונילית. שתי קבוצות אלו הן קוטביות, אך הקבוצה ההידרוכסילית בכוהלים, מאפשרת יצירת קשרי מימן בין המולקולות (בין זוג אלקטרוניים בלתי קושרים שעל אטום החמצן במולקולה אחת, למימן החשוף מאלקטרוניים שבמולקולה שכנה) ואילו בקטון (תרכובת IV) קיימות רק אינטראקציות ון-דר-ולס, חזקות יחסית בשל נוכחות אטום חמצן בעל אלקטרו שליליות גבוהה, אך פחות מקשרי המימן.

4. מולקולה א:

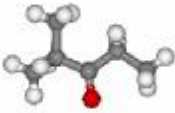
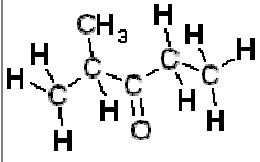

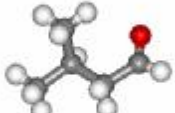
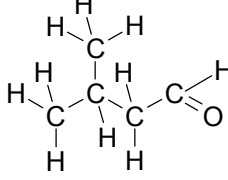

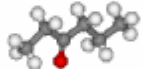
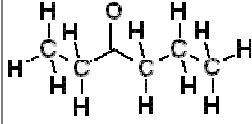

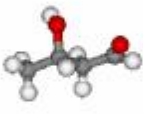
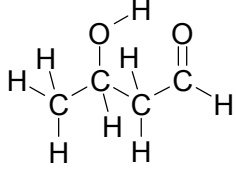
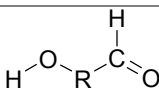


מולקולה ב:



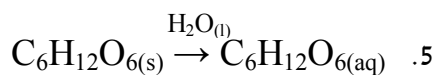
5.

מודל כדור מקל	נוסחת מבנה מפורטת	נוסחת מבנה	קבוצה פונקציונלית	נוסחה מולקולרית
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$		$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$		$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$

מודל כדור מקל	נוסחת מבנה מפורטת	נוסחת מבנה	קבוצה פונקציונלית	נוסחה מולקולרית
		$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COCH}_2\text{CH}_3$		$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$
		$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CHO}$		$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$		$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$
		$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO}$		$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

תשובות לתרגיל 2: פעילות חקר מבנה – מולקולת הגלוקוז

1. הנוסחה המולקולרית הינה $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ וה- n שווה 6.
2. הקבוצות הפונקציונליות אותן מכיל הגלוקוז הינן: קבוצה קרבונילית על פחמן מספר אחד (אלדהיד), על פחמנים 2-6 מצויות קבוצות כהליות
3. אטום מספר אחד הוא המישורי בעקבות הקשר הכפול לאטום חמצן. מסביב לפחמן זה ישנו סידור אטומים בצורה הגיאומטרית משולש מישורי.
4. סוכרים שבמבנה המולקולרי שלהם מצויה קבוצת אלדהיד מכונים אלדוזות ולכן הגלוקוז המכיל אלדהיד שייך לקבוצת האלדוזות.



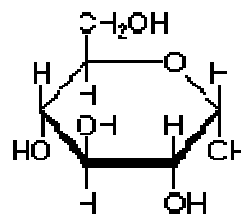
מולקולות הגלוקוז יוצרות קשרי מימן בינמולקולריים בזכות הקבוצות הכהליות שבגלוקוז, קשרים אלו משתלבים בקשרי המימן הבינמולקולריים של מולקולות המים ולכן חל תהליך ההמסה של הגלוקוז במים. גם הקבוצה האלדהידית בגלוקוז אחראית ליצירת קשרי מימן עם המים.

תשובות לתרגיל 3: פעילות חקר באמצעות מודלים מפלסטיק - מבנה מולקולת הגלוקוז

2. סביר להניח כי המודלים שייבנו על ידי קבוצות תלמידים בכיתה יהיו שונים אלו מאלו. התלמידים מקבלים על פי האיור הוראות מדויקות לגבי מיקום קבוצות האטומים השונות מעל ומתחת למישור הטבעת, אך אינם מכירים עדיין את שיטת הייזורת. שיטת הייזורת תוסבר בהמשך ועל פיה יוכלו התלמידים לקבוע באמצעות המודל המשורטט את מיקומם המדויק של האטומים וקבוצות האטומים ביחס למישור הטבעת.

תשובות לתרגיל 4: ייצוג מידע – טבעת ה-D גלוקוז בשיטת הייזורת

1. האנומר הינו β D - גלוקוז שכן קבוצת ה-OH על C-1 מעל מישור הטבעת בדומה לעמדה של המתילול.



3. האנומר הינו β D - גלוקוז, ה-OH על C-1 מעל מישור הטבעת בדומה לעמדה של המתילול.

תשובות לתרגיל 5: חקר אירוע – עטיפות לסנדוויץ'

1. א. יתרון ראשון: ניתן לאכול את העטיפה והיא נמסה בקלות בפה בזמן אכילתה – מצמצם את

נפח הפסולת כיוון שייזרקו פחות עטיפות, ההתמוססות המיידית של העטיפה לא גורמת

לאדם שאוכל להרגיש שהוא אוכל עטיפה, מה שעשוי לעודד אנשים לקנותה.

יתרון שני: ידידותיות לסביבה: העטיפות מתכלות תוך זמן קצר ולא נשארות כפסולת שיש

לאגור, בעוד שעטיפות פלסטיק רגילות אינן מתכלות. לא פעם בעלי חיים מתים כתוצאה

מבליעת שקיות פלסטיק רגילות.

יתרון שלישי: הערך התזונתי הגבוה של השקיות – עשויות ממחית מרוכזת של פירות או

ירקות, אדם צריך לשלב בתפריט היומי שלו מספר מנות פרי. שקית אחת שווה בערך

התזונתי שלה למנת פרי אחת.

ב. לעטיפות האכילות מספר חסרונות שבגללם לא יוכלו להחליף לחלוטין את עטיפות הפלסטיק:

העטיפות סופגות לחות דבר המונע אחסון מזון לאורך זמן, כמו כן צריך לבחון את ההיבט

הכלכלי - במידה והעטיפות האכילות תהיינה יקרות הן לא תוכלנה להחליף לחלוטין את

עטיפות הפלסטיק.

2. א. ברמה החלקיקית, חומר הידרופילי הוא חומר אשר בין המולקולות שלו קיימים קשרי מימן או בעל קבוצות קוטביות. בשל כך, החומר נקשר בקשרים בין מולקולריים למולקולות מים שביניהן קיימים קשרי מימן. ההשפעה ברמה המאקרוסקופית הוא התמוססות של החומר ההידרופילי במים ויצירת תערובת הומוגנית (תמיסה) עם המים.

ב. מולקולת הגלוקוז הינה הידרופילית בשל הקבוצות הכוהליות הקיימות במבנה שלה, היכולות ליצור קשרים מימניים בין מולקולאריים עם מולקולות המים. העטיפה המכילה את מולקולות הגלוקוז מתמוססת ברוק שבפה, המהווה תמיסה מימית, והופכת ממוצקה למומסת. ג. ירקות מכילים אחוז נמוך יותר של גלוקוז וכך פחות מולקולות גלוקוז יכולות ליצור קשרים מימניים עם מולקולות המים שבאוויר. כיוון שכך, עטיפות ירקות הן עמידות יותר כנגד לחות.

3. שאלת חקר לדוגמא : כיצד משפיעה כמות שמן התירס במחית על עמידות עטיפה אכילה העשויה ממחית ברוקולי כנגד מים?

לוקחים שקיות שנוצרו ממחית ברוקולי זהה אך כמויות משתנות של שמן תירס הוספו למחית, מכניסים כל שקית בנפרד לכוס מים ובודקים את מידת התמוססות השקית במים. ניתן לבדוק כיצד כמות השמן שהוספה למחית הברוקולי משפיעה על משך הזמן עד שהשקית מתמוססת עד תום. יש צורך למדוד את משך הזמן מהכנסת העטיפה לכוס ועד התמוססותה עד תום.

המשתנה הבלתי תלוי הינו כמות שמן התירס המוספת למחית והמשתנה התלוי הוא זמן התמוססות העטיפה עד תום. יש להקפיד כי הרכב השקית מבחינת שאר מרכיביה יהיה זהה לחלוטין, יש לשמור על כמות וטמפרטורה זהה של המים בכוס בכל פעם שמכניסים שקית עם כמות שמן שונה.

תשובות לתרגיל 6: ניתוח מידע מטבלה וחקירת מבנה מולקולת הפרוקטוז

1. א. דרגת המתקנות של הממתיקים הטבעיים נמוכה בכשלושה סדרי גודל מהממתיקים המלאכותיים. ההשלכות לכך יכולות להיות על כמות הממתיקים המלאכותיים שיש להוסיף למוצרי מזון. על מנת ליצור את אותה דרגת מתקנות הנוצרת באמצעות ממתיק טבעי, יש צורך להוסיף כמות קטנה מאוד של ממתיק מלאכותי, יחסית לכמות של ממתיק טבעי. כמובן שהחסרונות בשימוש בממתיקים מלאכותיים הינם לא מעטים: בעלי טעמי לוואי, לחלקם נמצאה השפעה מסרטנת.

ב. רמת המתקנות של סוכרוז הינה 100, רמת המתקנות של סורביטול הינה 50, לכן על מנת להגיע לאותה רמת מתקנות יש להוסיף פי שתיים סורביטול יחסית לכמות הסוכרוז, כלומר 2 כפיות. רמת המתקנות של אספרטם הינה 20000 רמה זו גבוהה פי 200 ממתיקות הסוכרוז ולכן יש צורך ב- 1/200 כפיות של סוכר וזוהי אחת ההשלכות שהוזכרה גם בסעיף א.

ג. כיוון שהפרוקטוז מתוק יותר, פירושו כי יהיה צורך להוסיף פחות ממנו למשקה על מנת להגיע לדרגת המתקנות אליה מורגל האדם השותה. שני הסוכרים מספקים אותה כמות קלוריות ל – 1 גרם של חומר ולכן ייווצר חיסכון קלורי על ידי שימוש בפרוקטוז. יש להסתייג ולומר כי ייתכן וקיימות השלכות בריאותיות על הגוף כתוצאה מצריכת הסוכרים השונים ולכן ייתכן כי

בהיבטים שונים עדיין מומלץ יהיה לצרוך את הסוכרוז ולא את הפרוקטוז על חשבון החיסכון הקלורי.

2. א. הנוסחה המולקולרית הינה $C_6H_{12}O_6$ וה- n שווה 6.
 ב. הנוסחה המולקולרית של שני החד סוכרים הפרוקטוז והגלוקוז זהה אך סידור האטומים במולקולה שונה, הפרוקטוז והגלוקוז הינם איזומרים.

ג.

מאפיין	גלוקוז	פרוקטוז
הנוסחה המולקולרית	$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$
הגדרה על פי מספר אטומי פחמן	הכסוזה	הכסוזה
קבוצות פונקציונליות	אלדהיד וקבוצות כהליות	קטון וקבוצות כהליות
הגדרה על פי קבוצה פונקציונלית ראשית	אלדוזה	קטוזה
מספרו של אטום הפחמן עליו ממוקמת הקבוצה הפונקציונלית הראשית	C-1	C-2
מסיסות במים	גבוהה	גבוהה

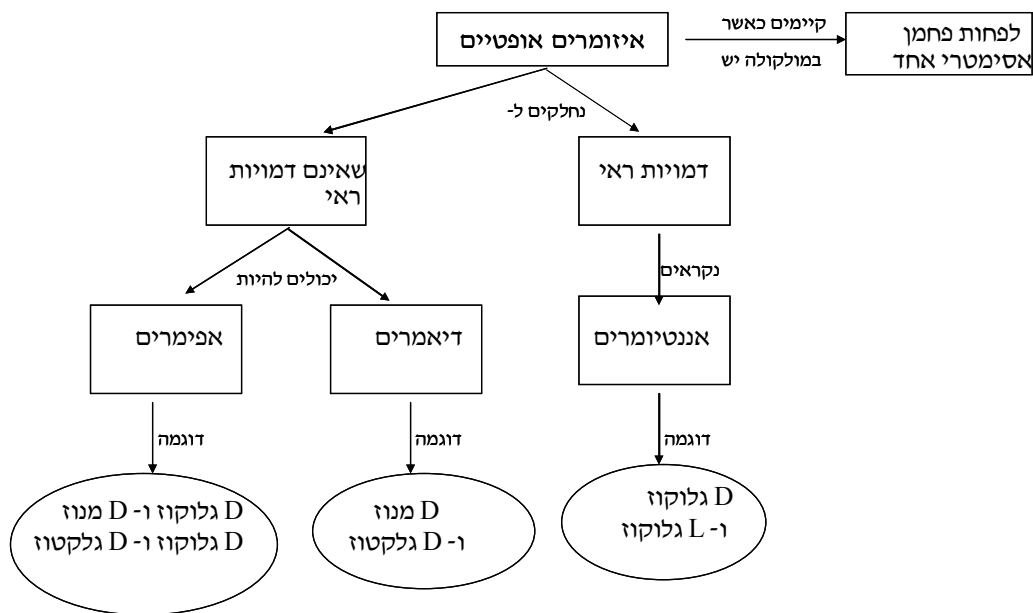
3. מודל I מייצג את מולקולת הפרוקטוז, מודל II מייצג את מולקולת הגלוקוז.

4. א. הגלוקוז הינו טבעת משושה שבה יש 5 אטומי פחמן ואטום חמצן בטבעת ופחמן נוסף מחוץ לטבעת בקבוצת המתילול, הפרוקטוז הינו טבעת מחומשת שבה יש 4 אטומי פחמן ואטום חמצן כחלק מהטבעת ושתי קבוצות של מתילול מחוץ לטבעת. אטום החמצן בטבעת הגלוקוז קשור לאטום פחמן מספר 1 ואטום פחמן מספר 5, אטום החמצן בטבעת הפרוקטוז קשור לאטום פחמן מספר 2 ואטום פחמן מספר 5. ההבדל נובע ממיקום שונה של הקבוצה הפונקציונלית (האלדהיד בגלוקוז והקטון בפרוקטוז) המשפיע על אופן סגירת הטבעת.
 ב. הקבוצה הפונקציונלית המאפיינת את הפרוקטוז היא קבוצת קטון על אטום פחמן מספר 2 לעומת זאת, הקבוצה הפונקציונלית המאפיינת את הגלוקוז היא קבוצת אלדהיד על אטום פחמן מספר 1 בשרשרת. נוכחותה של קבוצת הקטון בשרשרת הפרוקטוז משפיעה על מבנה הטבעת הנוצרת בצורה הבאה:
 קבוצת הקטון על פחמן מספר 2 במולקולת הפרוקטוז, מגיבה עם הקבוצה הכהלית על פחמן מספר 5 לסגירת הטבעת. בטבעת הפרוקטוז המחומשת שנוצרת, ישנן שתי קבוצות מתילול מחוץ לטבעת, שמקורן באטומי הפחמן מספר 1 ו- 6.

תשובות לתרגיל 8 : חקר מבנה מולקולות של חד סוכרים – איזומריה אופטית

1. א. שלושת החד סוכרים בנויים מטבעות משושות המכילות 5 אטומי פחמן ואטום חמצן. בכולם אטום החמצן שבטבעת קשור לפחמן מספר 1 ופחמן מספר 5. לכולם קבוצת מתילול מחוץ לטבעת. שלושת החד סוכרים הינם במקרה זה אנומר α .
- ב. הגלוקוז והגלקטוז נבדלים בפחמן מספר 4, בגלוקוז הקבוצה הכהלית מתחת למישור הטבעת ובגלקטוז מעל למישור הטבעת. מכיוון שיש הבדל בין הגלוקוז לגלקטוז באטום פחמן אסימטרי אחד בלבד, הגלוקוז והגלקטוז הינם אפימרים.
- ג. הגלקטוז והמנוז נבדלים זה מזה בשני אטומי פחמן: פחמן 2 ופחמן 4, ההבדל נובע מעמדה שונה של הקבוצה הכהלית, לכן הגלקטוז והמנוז הינם דיאמרים.

3.

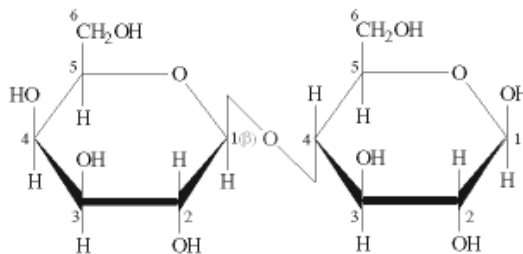


תשובות לתרגיל 9 ניתוח מידע – מבנה וצורות ייצוג של דו סוכרים

1. א. גם המלטוז וגם הצלוביוז הם דו סוכרים הבנויים משתי מולקולות של החד סוכר גלוקוז. המלטוז בנוי משני אנומרים $D \alpha$ - גלוקוז ואילו הצלוביוז בנוי משני אנומרים $D \beta$ - גלוקוז. הקשר הגליקוזידי בין שני החד סוכרים שונה, במלטוז הקשר הגליקוזידי הוא מסוג $\alpha (1-4)$ ואילו בצלוביוז הקשר הגליקוזידי הוא מסוג $\beta(1-4)$.

ב. בגוף האדם קיימים אנזימים ספציפיים לפירוק הקשר הגליקוזידי $\alpha (1-4)$ ולכן גופנו מסוגל לעכל בירה שחורה ומוצרים נוספים המכילים מלטוז או אוליגו סוכרים שהם תוצרי פירוק של עמילן. לעומת זאת, אנזימים ספציפיים לפירוק הקשר הגליקוזידי $\beta(1-4)$ לא קיימים בגופנו ולשם פירוק תאית המכילה קשרים מסוג זה, יש צורך בפעולת האנזימים של מיקרואורגניזמים בגוף. לרוב הפירוק על ידי מיקרואורגניזמים חלקי, ורוב התאית אינה מתעכלת בגוף האדם.

2.



הנוסחה המקוצרת ללקטוז (אין חובה ללמד זאת את התלמידים): $Gal - b(1-4)Glc$

3. החד סוכרים המשתתפים בקשר הן אנומרים β של מולקולות גלוקוז. הנוסחה המקוצרת לגנטוביוז:

$Glc - b(1-6)Glc$ קיים קשר גליקוזידי בין C-1 על מולקולת הגלוקוז השמאלית לבין C-6 על מולקולת הגלוקוז הימנית.

4. תרכובת האמיגדלין מכילה את הדו סוכר גנטיוביוז אלא שבמקום הקבוצה הכהלית הקשורה לפחמן מספר 1 בטבעת הימנית בגנטוביוז, קשורה תרכובת המכילה את הקבוצה הציאנידית.

5.

מלטוז	גנטוביוז	צלוביוז	לקטוז	
גלוקוז, גלוקוז	גלוקוז, גלוקוז	גלוקוז, גלוקוז	גלקטוז, גלוקוז	החד סוכרים המשתתפים בקשר הגליקוזידי
$\alpha (1-4)$	$\beta(1-6)$	$\beta(1-4)$	$\beta(1-4)$	סוג הקשר הגליקוזידי
פירוק עמילן	מלאכותי	פירוק תאית	בלוטות החלב	מקור הדו סוכר

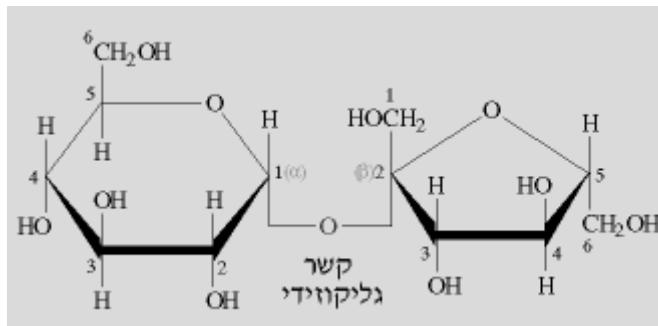
תשובות לתרגיל 10 : ניתוח מיזע וחקר מבנה - הסוכרוז

1.א. באופן כללי, בפירות תכולת הסוכר הכוללת את שלושת הסוכרים, גלוקוז, פרוקטוז וסוכרוז, גבוהה יותר מאשר בירקות. הירקות, לעומת הפירות, יותר מגוונים מבחינת תכולת סוכר. ירקות מסוימים כמו סלק, גזר, בטטה ואף תירס מתוקים משמעותית מירקות אחרים כדוגמת המלפפון.

ב. לאפרסק אומנם תכולה גבוהה של סוכרוז אך סה"כ תכולת הסוכר הכוללת בו נמוכה מזו של הענבים, רמת הפרוקטוז והגלוקוז גבוהה יותר בענבים מאשר באפרסק. לפרוקטוז דרגת מתיקות גבוהה בהרבה מזו של הגלוקוז (פי 2) ומזו של הסוכרוז (פי 1.4). כיוון שהענבים מכילים אחוז ניכר של פרוקטוז יחסית לאפרסק, הרי שהם יותר מתוקים ממנו.
ג. מלפפון הוא הירק שסך כל תכולת הסוכרים בו היא הקטנה ביותר.

2.א. הגלוקוז הינו הטבעת המשושה השמאלית והפרוקטוז הינו הטבעת המחומשת הימנית.

ב.



ג. הקשר הגליקוזידי הינו בין C-1 על מולקולת הגלוקוז כאשר קבוצת ה-OH נמצאת בעמדה α

ובין C-2 על מולקולת הפרוקטוז שבה קבוצת ה-OH נמצאת בעמדה β (בכיוון זהה לקבוצת

המתילול על C-6). נוסחה מקוצרת: $Glc - a(1 - 2)b - Fru$

ד. זהו מקרה בו הפחמן האנומרי הן בגלוקוז והן בפרוקטוז מגיבים זה עם זה ליצירת הקשר

הגליקוזידי. כיוון ששני הפחמנים האנומרים מגיבים (C-1 בגלוקוז ו-C-2 בפרוקטוז), אין

אפשרות למוטרוטציה, תהליך המתרחש רק בפחמן אנומרי.

תשובות לתרגיל 11 : חקר אירוע – דבש

1. יתרונותיו של הדבש על פני "הסוכר המבושל":

- ניתן לשומרו לתקופה ארוכה גם ללא אמצעי קירור ואחסון, בעל חיי מדף ארוכים מאוד.
- מצויים בו רכיבי מזון חיוניים בנוסף מלבד סוכרוז כמו מינרלים וויטמינים.
- כממתיק, הערך הקלורי שלו נמוך מזה של הסוכר הביתי.
- הדבש מכיל נוגדי חימצון המסייעים לשמירת הויטמינים השונים. על פי מחקרים שתיית דבש מדולל מפחיתה את הסיכון למחלות לב בזכות אותם נוגדי חימצון.

- הדבש מכיל את האנזים גלוקוז אוקסידאז, המסייע ביצירת מי חמצן ומונע התרבות חיידקים בפה ובחניכיים.
 - חומציות הדבש מעכבת גדילת חיידקים ופטריית על העור – הדבש הינו בעל פעילות מחטאת – מריחת דבש טהור על פצעים, כיבים וכוויות גורמת להשמדת מיקרואורגניזמים מזיקים ומונעת תוספת של תכשירים אנטיביוטיים.
 - עוזר בריפוי מערכת העיכול.
- כאשר מוכרים דבש מזויף מונעים מהציבור שקונה את הדבש המזויף את כל היתרונות החשובים שפורטו ובעצם הוא אינו מקבל את התמורה הנאותה.

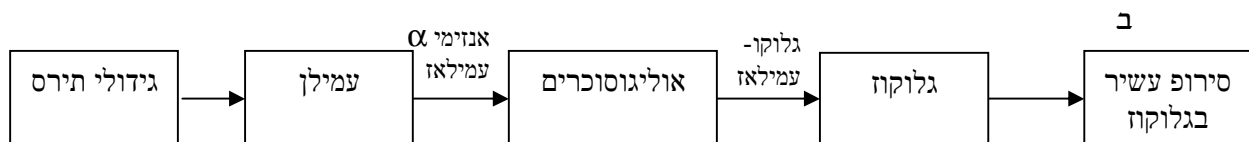
ר-ב סוכרים

תשובות לתרגיל 12 יישום ידע וניתוח מידע – עמילוז ועמילופקטין

1. המלטוז הינו דו סוכר הבנוי משתי יחידות של גלוקוז שביניהן קשר גליקוזידי מסוג $\alpha(1-4)$, יחידות הגלוקוז בעמילוז קשורות ביניהן בקשר זהה ולכן, תוצר פירוק העמילוז הוא דו הסוכר מלטוז.
2. המסה המולרית של מולקולת גלוקוז אחת הינה 180 גרם/מול. כתוצאה מתגובת הדחיסה בה יוצאת מולקולת מים עבור כל קשר גליקוזידי שנוצר, הרי שעבור 1000 יחידות למשל יוצאות 999 מולקולות מים. החישוב שיתבצע עבור המסה המולרית של עמילוז המכיל 1000 יחידות גלוקוז הוא: $(180 \cdot 1000) - (18 \cdot 999) = 1.62 \cdot 10^5 \text{ g/mol}$
באופן זהה, עבור 4500 יחידות גלוקוז בעמילוז החישוב יהיה: $(180 \cdot 4500) - (18 \cdot 4999) = 7.2 \cdot 10^5 \text{ g/mol}$

תשובות לתרגיל 13 חקר אירוע – עמילן וסירופ סוכר

1. א. הצורך בהפקתו נוצר עקב טלטלות מחירים שעובר שוק הסוכר הנפוץ, המושפע ממחירי סלק הסוכר וקנה הסוכר. טלטלות אלו עלולות להכביד על כלכלת העולם ולכן היה צורך במציאת משאב זול וזמין כמו הסירופ.



- ג. הבעיה בסירופ הגלוקוז היא שהוא אינו מתוק דיו ומדורג כבעל 70% ממתיקות הסוכרוז ולכן אינו ממתיק באופן מספק מוצרים בתעשיית המזון ולא יכול להוות תחליף הולם לסוכרוז.
- ד. הפיתרון הוא הפיכת הגלוקוז לפרוקטוז אשר מתוק ב-100% מהגלוקוז ואז מתקבל סירופ עשיר בפרוקטוז בעל דרגת מתיקות גבוהה מזו של הסוכרוז.

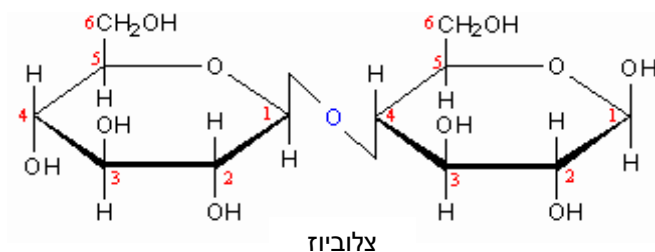
2. א. הנתונים בטבלה אכן מראים שכאשר מעלים את אחוז הפרוקטוז, עולה מתיקות הסירופ וכמו כן מתקבל סירופ בעל דרגת מתיקות גבוהה מזו של הסוכרוז שמתיקותו היחסית היא 100. על פי הטבלה, הסירופים העשירים בפרוקטוז - מתיקותם היחסית גבוהה מ-100.
- ב. לשימוש בסירופ עשיר בפרוקטוז כמה יתרונות: מופק ממשאב זמין וזול יחסית שהוא העמילן, רמת מתיקותו גבוהה ולכן דרושה כמות קטנה יותר של פרוקטוז ביחס לסוכרוז כאשר משלבים אותו במוצרי מזון ורוצים להגיע לדרגת מתיקות של דומה - מבחינה כלכלית זהו חיסכון נוסף.

תשובות לתרגיל 14 : ניתוח מידע – מחלות אגירת גליקוגן

1. הזנה באינפוזיה בזמן השינה – במחלה זו קיימת בעיה של רמת גלוקוז נמוכה בדם (היפוגלוקמיה) בין הארוחות בזמן מנוחה ולכן הזנה תוך ורידית שתשמור על רמת סוכר רצויה בדם בזמן מנוחה אכן יכולה לעזור.
- אכילה אינטנסיבית מאוד של מזון עשיר בפחמימות במשך היום – יש לספק לגוף כמויות סוכר מבוקרות שלא ייצרו עודפים בגוף ויגרמו להפיכת הגלוקוז לגליקוגן. עודפים רבים כתוצאה מאכילה אינטנסיבית יגרמו לאגירת גליקוגן מוגברת ולהגדלת הכבד באופן משמעותי ולכן הפעולה אינה מומלצת.
- אכילת עמילן תירס בין הארוחות - יכול לעזור בכך שיספק באופן איטי פחמימות לדם ורמת הגלוקוז בדם תישמר.
- שמירה על הפרשי שעות גדולים בין הארוחות - יגרור רמת גלוקוז נמוכה בדם עקב אי תפקוד הכבד בפירוק הגליקוגן והעברת הגלוקוז לדם ולכן פעולה זו אינה מומלצת.
- השתלת כבד – השתלת כבד בריא שיוכל לייצר את האנזים החסר אכן יכולה להיות פיתרון עבור חולים אלו.

תשובות לתרגיל 15 : ניתוח מודלים מולקולריים ומידע – מבנה התאית וסיבים תזונתיים

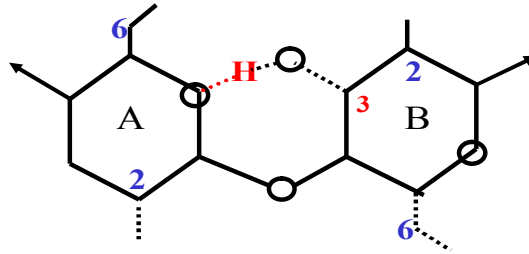
1. הדו סוכר יהיה צלוביז



2. מתוך מצגת של אתר הכימיה בעיריית ירושלים (אחראית: אילנה זוהר):

http://www.jerusalem.muni.il/education/manchi/guidecenter/madaim/chimya/yud_b/sugar.ppt#299,47,Slide

בין שתי טבעות סמוכות נוצר קשר מימני המייצב את הסרט.



הקשר המימני בשרשרת נוצר בין הידרוקסיל של פחמן 3 - בטבעת B לחמצן של טבעת A.

בין השרשרות קיימים קשרי מימן. השותפים בקשרים הם הידרוקסילים שעל פחמנים 2 ו-6.

3. הסיבים מוסיפים נפח למזון ומקנים תחושת מלאות ושובע. עם זאת, הם ברובם אינם מתפרקים במערכת העיכול בגלל קשרי ה- $\beta(1-4)$ שבין מולקולות הגלוקוז, ובכך תרומתם לערך הקלורי של המזון קטנה.

4.א. אבוקדו מכיל כמות גדולה של שומן ולכן נחשב גם למשמין ולא מומלץ לאכול ממנו כמות גדולה ביום.

4.ב.

פרי	גודל המנה	משקל המנה (בגרם)	אנרגיה (קלוריות)	חלבון (גרם)	שומן (גרם)	פחמימות (גרם)	סיבים תזונתיים (גרם)
גויאבה	1 פרי	90 גרם	45	0.7	0.5	10.7	5.0
	100 גרם	100 גרם	51	0.8	0.6	11.9	5.6
מנדרינה	1 פרי	109 גרם	50	1	0.5	15	3
	100 גרם	100 גרם	45	1	0.5	14	3
תמר	תמר לח	100 גרם	163	1.5	0.2	43.6	5.5
	תמר יבש	100 גרם	275	2	0.4	73.5	2.2
תפוז	פרי בינוני	154 גרם	70	1	0	21	7
	100 גרם	100 גרם	45	0.6	0	13.6	4.5

כל הפירות הנ"ל עשירים בסיבים תזונתיים, בעלי ערך נמוך יחסית של קלוריות ובעלי ערך נמוך מאוד של שומן, במידה ורוצים להעשיר את התפריט בסיבים תזונתיים ע"י אכילת פירות מומלץ לאכול את הפירות הללו.

ניסוי תגובת השחמה של סוכרים

מטרת הניסוי:

א. הכרת תהליך ההשחמה הבלתי אנזימתית. התהליך מעסיק רבות את מהנדסי המזון במפעלים, המשקיעים רבות בניסיון למנעו על פי הידע שהצטבר במהלך השנים על התהליך ועל הדרכים לעיכובו.

ב. חזרה על מבנה הסוכרים השונים שנלמדו ועל מאפייניהם.

ג. חזרה על חומצות אמיניות

ד. הניסוי עשוי להעלות את המוטיבציה לבדוק אילו גורמים ניתן לשנות על מנת לעכב/לזרז את ההשחמה. התלמידים יוכלו ליצור הקשרים בין תוצאות ניסויי החקר המתקדמים שייערכו לבין תנאי הייצור במפעלי המזון בפועל ותנאי אריזת ואחסון המזון על המדף.

הערה ללברנטית:

הכנת ניסוי הבסיס - מספר טיפות של תמיסת $1\% \text{NaHCO}_3$ (1 גרם ב – 100 גרם מים) יוצרות את התמיסות בעלות ה – pH המבוקש.

מיקומו של הניסוי ברצף ההוראה ביחידת המזון – טעם של כימיה

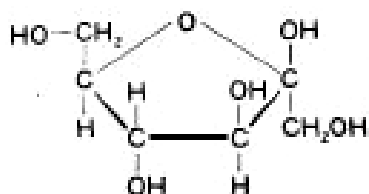
הניסוי עוסק בתגובה בין חד סוכרים ודו סוכרים בעלי קבוצה אלדהידית או קטונית לבין קבוצת ה – NH_2 של חומצות אמיניות ב – pH-ים בהם קבוצה זו אינה מיוננת. כיוון שכך על התלמידים להכיר הן את מבנה החד והדו סוכרים בתהליך והן את מבנה החומצות האמיניות. הניסוי מתאים להיות מבוצע בסיום לימוד פרק הסוכרים ולאחר לימוד נושא החומצות האמיניות בפרק החלבונים.

תוצאות הניסוי:

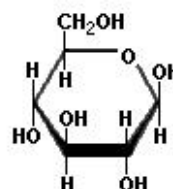
סכרוז	סורביטול	גלוקוז	לקטוז	פרוקטוז	
-	-	+	-	++	לאחר רבע שעה
-	-	+++	++	+++	לאחר מחצית השעה

נוסחאות הייורתי' לסוכרים:

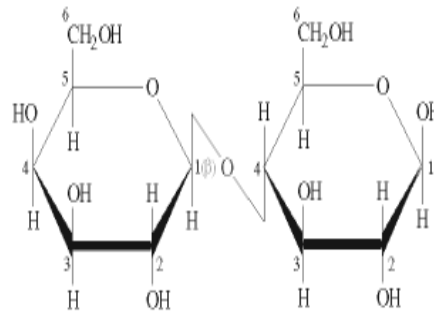
פרוקטוז -



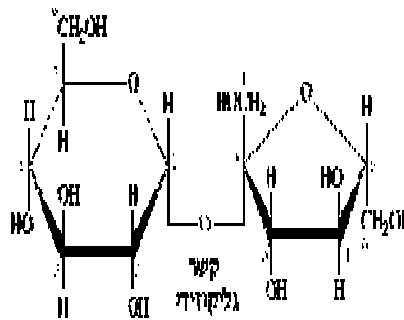
גלוקוז -



לקטוז -



סוכרוז -



הסורביטול הינו רב כהל אשר אינו מכיל במבנהו קבוצה קרבונילית ולכן אינו יכול להגיב עם חומצות אמיניות ליצירת תהליך השחמה. לא מתרחש שינוי בצבע התמיסה גם לאחר חצי שעה. הגלוקוז והפרוקטוז, שניהם חד סוכרים המכילים קבוצה קרבונילית ועל כן כבר לאחר רבע שעה ניתן לראות כי קיימת תגובת השחמה. הפרוקטוז מגיב מהר יותר מהגלוקוז ולאחר רבע שעה עוצמת הצבע בתמיסת הפרוקטוז חזקה יותר בהשוואה לתמיסת הגלוקוז. זאת כיוון שבתהליך שיווי המשקל הקיים בתמיסה בין הפרוקטוז השרשרתי לבין שני האנומרים הטבעתיים (α ו β פרוקטוז), קיים ריכוז גבוה יחסית של פרוקטוז שרשרתי. לעומת זאת, בתמיסת הגלוקוז, במצב שיווי המשקל בין הגלוקוז השרשרתי לבין האנומרים הטבעתיים קיים ריכוז נמוך יחסית של מולקולות גלוקוז שרשרתיות. כאשר הסוכר נמצא בתמיסה בצורתו הטבעתית, לא קיימת קבוצה קרבונילית פעילה לשם תגובה עם חומצת האמינו.

הלקטוז הינו דו סוכר המורכב מגלוקוז ומגלקטוז. קבוצת ה - OH על C-1 של הגלקטוז משתתפת בקשר גליקוזידי עם קבוצת ה - OH על C-4 של מולקולת הגלוקוז. הגלקטוז כבר אינו מקיים שיווי משקל בתמיסה עם האנומרים הטבעתיים שלו כיוון שקבוצת ה - OH על הפחמן האנומרי C-1 הגיבה ליצירת הקשר הגליקוזידי. הגלוקוז לעומתו בעל קבוצת OH חופשית מקשר על C-1, הפחמן האנומרי, ועל כן יכול לקיים שיווי משקל עם המצב השרשרתי, בו קבוצת האלדהיד תוכל להגיב עם חומצת האמינו. תהליך השחמת מיארד יתרחש אך במידה מועטה יחסית. אחרי רבע שעה לא נראה השחמה. לאחר חצי שעה ההשחמה נראית לעין אך בעוצמת צבע חלשה יותר מזו של הפרוקטוז והגלוקוז.

הסוכרוז הינו דו סוכר המורכב מגלוקוז ומפרוקטוז הקשורים בקשר גליקוזידי β (1-2) α . לא קיימת קבוצת OH חופשית על פחמן אנומרי של מי משני הסוכרים ולכן לא תהיה קבוצה קרבונלית שתוכל להגיב עם חומצת האמינו. הסוכרוז אינו יוצר תגובת השחמה עם חומצת האמינו ולכן גם לאחר מחצית השעה, צבע התמיסה אינו משתנה.

דוגמאות לשאלות חקר אפשריות בעקבות ניסוי הבסיס

1. האם וכיצד תושפע עוצמת תהליך ההשחמה (הנבחנת באמצעות צבע התמיסה) מריכוז תמיסות הסוכרים?
גורמים קבועים: כמות וריכוז תמיסת החומצה האמינית גליצין, כמות וסוג תמיסות הסוכר, טמפרטורה, pH, רמת החשיפה לחמצן.
2. האם וכיצד ישפיע סוג החומצה האמינית המומסת על עוצמת תהליך ההשחמה?
גורמים קבועים: כמות וריכוז תמיסות החומצות האמיניות, כמות, ריכוז וסוג תמיסות הסוכר, טמפרטורה, pH, רמת החשיפה לחמצן.
3. האם וכיצד ישפיע ה- pH בתמיסת הסוכר ובתמיסת החומצה האמינית על עוצמת תהליך ההשחמה?
גורמים קבועים: כמות, ריכוז וסוג תמיסות הסוכר ותמיסת החומצה האמינית, טמפרטורה, רמת החשיפה לחמצן.
4. האם וכיצד ישפיע ריכוז החומצה האמינית על עוצמת תהליך ההשחמה?
גורמים קבועים: כמות וסוג תמיסת החומצה האמינית, כמות, ריכוז וסוג תמיסות הסוכר, טמפרטורה, pH, רמת החשיפה לחמצן.