

חקירת מיץ הפרי הטעים והבריא - משחק רביעיות

שלב ראשון - קריאת חומר רקע: לפניכם חומר רקע הסוקר את המרכיבים הביוכימיים המבקרים את היווצרות הטעם והערך התזונתי הייחודיים של מיני פירות הדר שונים, ובכללם תפוזים, מנדרינות, אשכוליות, לימונים ועוד.

שלב שני - גם מחקר וגם משחק: קבוצת חוקרים צעירים מבית ספר תיכון בארץ החליטה לחקור את כלל ההיבטים המשפיעים על הטעם והבריאות של המיץ הנסחט מפירות הדר. החוקרים הצעירים התחלקו ל- 8 קבוצות ניסוי (כל קבוצת מחקר כללה 4 חוקרים). כל קבוצת מחקר החליטה לחקור נושא מחקר שונה הקשור לטעם ובריאות של מיצי פירות הדר. עבודת החקר של כל קבוצה התחלקה למספר שלבים כמספר חברי הקבוצה (כל חוקר היה אחראי על שלב אחר בעבודת החקר).

1- ניסוח שאלת חקר וקביעת משתנה תלוי ובלתי תלוי.

2 - ניסוח השערה מתאימה לשאלת החקר

3 - רישום ועיבוד תוצאות הניסוי (לאחר ביצוע במעבדה כימית)

4 - הסקת מסקנות מתוצאות הניסוי המתקבלות (כולל אישוש/הפרכת ההשערה).

לאחר שכל קבוצה סיימה את עבודתה, התפזרו חברי הקבוצה עיפים לבתיהם והוחלט שכל אחד יסכם את חלקו בעבודת החקר. בבתיהם המשיכו בעבודה עד השעות הקטנות של הלילה. בבוקר לא זכרו החוקרים הצעירים לאיזה קבוצה מתוך שמונת הקבוצות הם שייכים. אנא עזרו לחוקרים למצוא את קבוצתם. על מנת לעזור להם, עליכם למיין את הכרטיסים (בכל כרטיס מתואר שלב אחר במעבדת החקר) ברביעיות המתאימות לכל קבוצת ניסוי. כל רביעייה חייבת להכיל: שאלת חקר, השערה מתאימה לשאלת החקר, תוצאות ניסוי ומסקנות. הוראות המשחק מצורפות.

משחק רביעיות - שלבי החקר על פירות הדר

משחק קלפים זה מיועד לתרגול השלבים השונים ביחידת מעבדת החקר.

המשחק מורכב משמונה רביעיות. בכל רביעייה יש ארבעה צירופים שונים המהווים את שלבי החקר השונים.
מספר משתתפים במשחק: בין 2-4 משתתפים.

הוראות המשחק:

1. חלקו לכל משתתף 8 קלפים. את שאר הקלפים שימו במרוכז באמצע השולחן כשהפנים למטה.
 2. קבעו את סדר השחקנים.
 3. כל שחקן בתורו פונה אל אחד המשתתפים ושואל אותו אם יש קלף שישלים לו סדרה. לדוגמה, אם יש לו שני קלפים מניסוי על בשלות הפרי (שאלת חקר והשערה), הוא ינסה להשיג את שני הקלפים הנוספים על ניסוי בשלות הפרי (תוצאות הניסוי ומסקנות). אם הצליח לקבל קלף, יש לו תור נוסף.
- מומלץ להיעזר בחומר רקע שניתן עם המשחק.
4. מי שהצליח להשיג רביעייה שלמה, מכריז עלייה ומניח אותה לצידו.
 5. מי שהצליח להשיג הכי הרבה רביעיות - הוא המנצח!

בהצלחה!

חומר רקע - בקרת טעם וערכים תזונתיים במיצי פירות הדר

מבוא

פרי הדר מהווה את גידול עצי הפרי הגדול והנרחב ביותר בעולם, עם היקף ייצור של מעל 100 מיליון טון בשנה, כאשר התוצרת משמשת הן לצריכה של פרי טרי למאכל והן לייצור מיץ. פרי ההדר מוכר מזה עשרות שנים בזכות ערכיו התזונתיים וסגולותיו הבריאותיות, והוא מהווה מקור עיקרי לצריכה של ויטמינים שונים (ויטמין A ו-C וחומצה פולית), קארוטנואידים, פקטין ופלבנואידים ולימונאידים שונים. עם זאת הביקוש הרב לצריכת פרי הדר נובע בראש ובראשונה מטעמו המעולה ומניחוחו הפירותי והמרענן. סוגי הדרים כולל מינים רבים ביניהם תפוז, מנדרינה, אשכולית לימון, פומלה ועוד. לכל מין טעם, ארומה ומראה ייחודיים משלו. ישנם מספר מרכיבים כימיים עיקריים האחריים על היווצרות טעמים הייחודי של מיני פירות הדר שונים.



חישת טעם וארומה

הטעם הכולל של הפרי (מה שמכונה באנגלית flavor) נקבע באמצעות שני חושים: טעם וריח. הטעם נקבע בחישה של חומרים מסיסים על ידי קולטנים הנמצאים על פני הלשון ובפה, ואילו הארומה נקבעת בחישה של חומרים נדיפים על ידי קולטנים הנמצאים בחלל האף. כשמדובר בפרי הדר, חוויית הטעם נקבעת בעיקר על ידי תכולת הסוכרים והחומצה במיץ והיחס ביניהן. לעומת זאת הארומה של הפרי נקבעת על ידי נוכחותם של עשרות חומרי ארומה נדיפים שונים וביניהם טרפנים, כוהלים, אלדהידים, אסטרים, לקטונים ועוד, המקנים סוגי ריחות שונים כגון מתקתק, פירותי, פרחוני, מנטה, כוהלי, פטרייתי, ועוד.

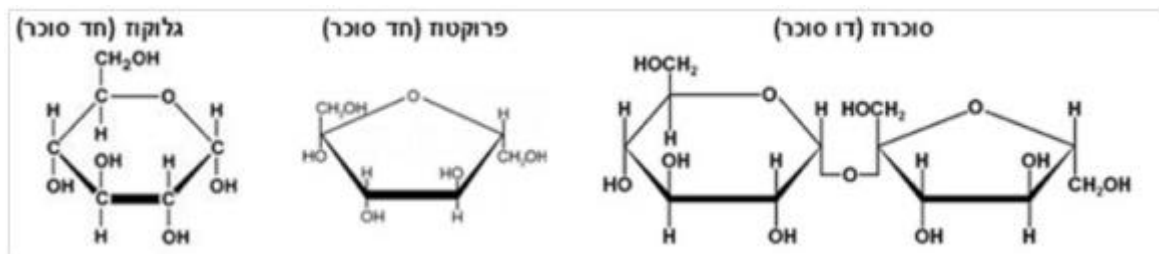
יחס ההבשלה של הפרי

טעמים של פירות הדר נקבע בעיקר על ידי רמות הסוכר והחומצה במיץ והיחס ביניהם, המכונה גם יחס ההבשלה של הפרי. ראוי לציין כי במהלך ההבשלה של הפרי חלה עלייה מתמדת בתכולת הסוכר במיץ וירידה מתמדת בתכולת החומצה במיץ, והללו מתבטאות בעלייה רציפה ביחס ההבשלה של הפרי. כך למשל, יחס ההבשלה של פירות תפוז מזן 'טבורי' הוא נמוך מאוד (יחס הבשלה = 6) בחודש ספטמבר, וגבוה מאוד (יחס הבשלה = 20) בחודש ינואר בגלל השינויים ברמות הסוכר והחומצה במיץ במהלך ההבשלה, הפרי חמוץ יחסית בתחילת העונה של כל זן, מתוק יותר עם

התקרבות מועד ההבשלה עד שנהיה תפל וחסר חמיצות בסוף תקופת ההבשלה. בעקבות זאת הוגדרו במדינות שונות בעולם רמות סוכר וחומצה שונות המהוות מדדי מינימום לקטיף, ואסור לקטוף ולשווק פרי לפני שהגיע לרמות מינימאליות אלו. לדוגמה, בישראל נקבע כי מותר לקטוף ולשווק פירות מנדרינה מזן 'סצומה' (פרי בכיר שנקטף לקראת ראש השנה) רק כאשר רמת הסוכר במיץ היא מעל 12% ורמת החומצה נמוכה מ-1.3%, כלומר, כשיחס ההבשלה של הפרי גדול מ-7. תקנות אלה נאכפות על ידי יחידת השירותים להגנת הצומח במשרד החקלאות, ונועדו למנוע שיווק של פרי לא בשל וחמוץ מדי.

בדיקת מתיקות הפרי – בדיקת אחוז הסוכר

הסוכרים העיקריים בפרי הדר הם גלוקוז, פרוקטוז וסוכרוז (איור מס' 1). פרוקטוז מקנה את רמת המתיקות הגבוהה ביותר ולאחריו סוכרוז וגלוקוז, כך שלא רק התכולה הכללית של הסוכרים, אלא גם הרכב הסוכרים במיץ משפיע של רמת מתיקות הפרי. כיוון שהסוכרים מהווים כ-80% מכלל המוצקים המומסים (כמ"מ) במיץ, נהוג בדרך כלל לבדוק את רמות הסוכר במיץ באמצעות מדידה פשוטה של תכולת כמ"מ בעזרת מכשיר רפרקטומטר.

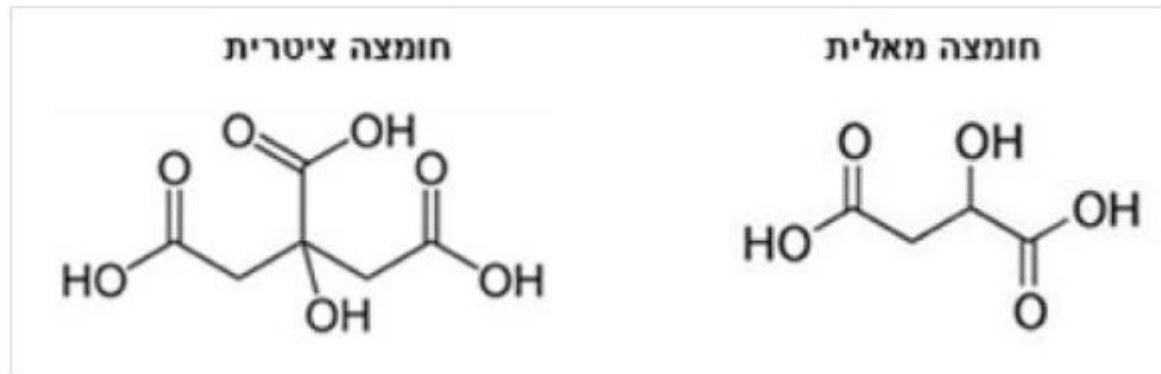


איור מס' 1 - הסוכרים העיקריים בפרי הדר הם גלוקוז, פרוקטוז וסוכרוז.

בדיקת חומציות הפרי – בדיקת אחוז החומצה

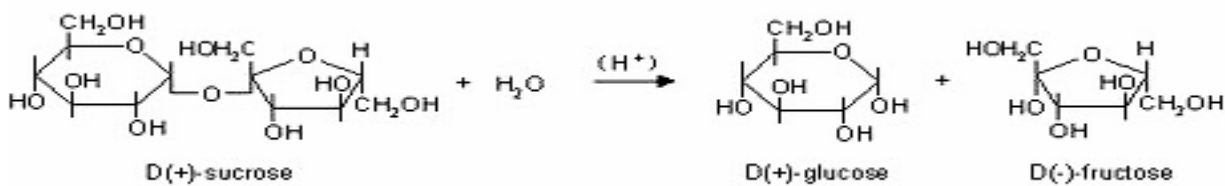
תחושת החמיצות של פרי הדר נובעת מנוכחותן של חומצות אורגניות (איור מס' 2) במיץ. חומצה ציטרית מהווה את החומצה העיקרית בפרי הדר, כ-90% מכלל החומצות האורגניות במיץ. רמות החומצה הממוצעות במיץ של פירות תפוז ומנדרינה הן בסביבות 0.9%-1.0%. בפירות אשכולית - כ-1.6% ובפירות לימון רמת החומצה מגיעה עד לכדי 5.4% מתכולת המיץ.





איור מס' 2 – החומצות העיקריות במיצי פירות הדר.

סוכר סוכרוז עובר הידרוליזה בחימום בנוכחות חומצות (גם חומצות חלשות, כמו חומצה ציטרית)



לקבלת גלוקוז ופרוקטוז (איור מס' 3).
איור מס' 3 - הידרוליזה של סוכרוז בסביבה חומצית

ערך תזונתי של פרי ההדר

מהו הערך התזונתי החשוב ביותר בפרי הדר? אחד המרכיבים החשובים ביותר שישנם בפרי הדר הינו ויטמין C (חומצה אסקורבית). האדם הוא אחד מבעלי החיים המעטים אשר אינם מסוגלים לייצר חומצה אסקורבית בכבד ולכן יש צורך לצרוך אותה ממזונות כגון: פירות הדר, קיווי, ברוקולי, כרובית, כרוב, פלפל אדום, פטרוזיליה ועוד. ידוע כי גוף האדם צורך כמויות גדולות של ויטמין C להבטחת בריאות השניניים והחניכיים וליצירת חומרי חיבור בין תאים. כאשר הגוף מקבל את כל כמות ויטמין C הדרושה לו, הוא עמיד יותר בפני זיהום, מחזק את דפנות נימי הדם, מונע היווצרות כיבים, מסייע בספיגת ברזל ונוגד חמצון. ויטמין זה מרחיב את עורקי הלב על ידי יצירת חמצן חנקני. ויטמין C מחזק גם את המערכת החיסונית בגוף האדם ובכך דוחה מחלות מסוגים רבים, בהן שפעת ומחלות אחרות המנצלות את חולשת גוף האדם ותוקפות אותו.

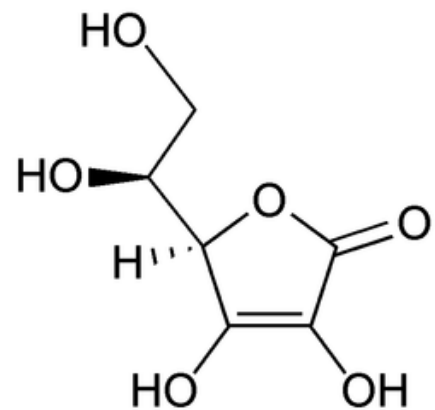
מאפייני ויטמין C

ויטמין C הוא חומר אורגני המסיס במים (איור מס' 4). ויטמין C רגיש מאד לנוכחות חמצן, בייחוד בטמפרטורות גבוהות. בנוסף, ריכוז ויטמין C יכול להיפגע על ידי חשיפה לאור וחום המעוררים את פעולת האנזימים המחמצנים.

ויטמין C פעיל שריו במצב מחוזר וקריו חומצה אסקורבית. ויטמין C לא פעיל נמצא במצב מחומצן וקריו חומצה דהידרואסקורבית. בנוכחות החמצן שבאוויר, הופך ויטמין C ללא פעיל. הטמפרטורה ומשך הבישול של ירקות עם ויטמין C חשובים - זמן מוגזם בטמפרטורה גבוהה יכול לגרום להרס ויטמין C.

בתפוז בינוני יש 70 מ"ג ויטמין C. בכוס מיץ תפוזים טבעי וטרי יש 48 מ"ג ובחצי אשכולית יש 39 מ"ג ויטמין C.

גוף בריא יכול לצרוך עד 250 מ"ג ויטמין C ומעבר למינון זה, יופרש הויטמין בשתן ולא ינוצל על ידי הגוף. המנה היומית המומלצת של ויטמין C היא 50-60 מיליגרם.



איור מס' 4 – ויטמין C (חומצה אסקורבית)

מקורות

1. Porat, R. (2013). Controlling the flavor of citrus fruit. *Kriat Beynaim* (scientific journal of Israeli Science & Technology teachers) 20: 8-13.
2. Kilcast, D. & Subramaniam, P. (2011). Food and beverage stability and shelf life. Woodhead publishing. p. 746.
3. <http://chestofbooks.com/food/science/Experimental-Cookery/Effect-Of-Acid-Upon-Sugars-And-Hydrolysis-Of-Sugars.html>
4. www.tichonhadash.co.il/files/wordocs/vitaminc.doc

הוראות הכנה למורה

- לפניכם 8 ניסויים שונים הכוללים 4 שלבים כל אחד (שאלת החקר, השערה, תוצאות ומסקנות).
 - גזרו בנפרד כל אחד משלבי החקר בכל הניסויים (סה"כ 32 חלקים גזורים).
 - הדביקו את השלבים על כרטיסיות (צבעוניות בצד שיפנה לשחקנים אחרים). לכל שלב יש לבחור צבע כרטיסיות שונה על מנת לאפשר לתלמידים לזהות לאילו שחקנים יש שלבים שיכולים להשלים את הרביעייה החסרה. למשל, שלב התוצאות יהיה על כרטיסיות כחולות, שלב המסקנות יהיה על כרטיסיות אדומות, וכד'.
 - לפני תחילת המשחק העבירו לתלמידים חומר רקע לניסויים. מומלץ לעבור עליו ביחד עם התלמידים ולקשר אותו לנושאים שכבר נלמדו בשיעורי כימיה.
 - ניתן להרחיב את הוראות המשחק ולבקש מתלמידים שהשלימו רביעייה לציין את הגורמים התלויים והבלתי תלויים, את הגורמים הקבועים בניסוי, להציע מהלך ניסוי אפשרי, אילו מגבלות עלולות להופיע בניסוי שהציעו וכו'.
- שימו לב: הערכים המספריים המוצגים בניסויים לאו דווקא תואמים ממצאים בניסויים במציאות. אין להסתמך על ערכים אלו בעבודות ובניסויים.

ניסוי חקר 1:

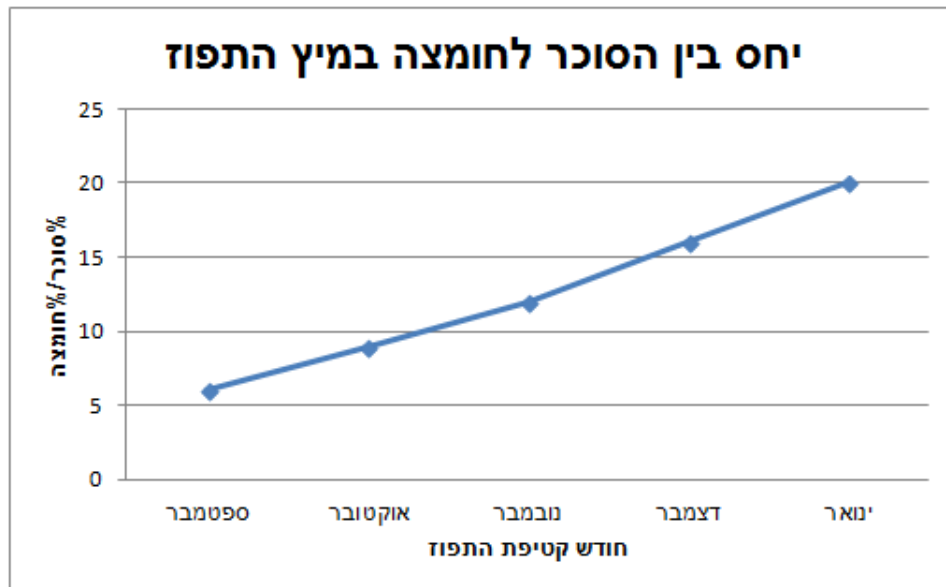
שאלת החקר:

האם וכיצד מידת הבשלות (חודש קטיפת הפרי) של תפוז מזן 'טבורי' משפיעה על היחס בין אחוז הסוכר לבין אחוז החומצה במיץ הנסחט?

השערה:

טעמים של פירות הדר נקבע בעיקר על ידי רמות הסוכר והחומצה במיץ והיחס ביניהם, המכונה גם יחס ההבשלה של הפרי. במהלך ההבשלה של הפרי חלה עלייה מתמדת בתכולת הסוכר במיץ וירידה מתמדת בתכולת החומצה במיץ, והללו מתבטאות בעלייה רציפה ביחס ההבשלה של הפרי (היחס בין אחוז הסוכר בפרי לבין אחוז החומצה בפרי). בגלל השינויים ברמות הסוכר והחומצה במיץ במהלך ההבשלה, הפרי חמוץ יחסית בתחילת העונה של כל זן, מתוק יותר עם התקרבות מועד ההבשלה עד שנהיה תפל וחסר חמיצות בסוף תקופת ההבשלה. מסיבה זו ניתן לשער שככל שחודש הקטיפה של פרי התפוז מזן 'טבורי' יהיה מאוחר יותר (פרי בשל יותר) היחס בין אחוז הסוכר לבין אחוז החומצה במיץ הנסחט ממנו יגדל.

תוצאות:



מסקנות:

תוצאות הניסוי תומכות בהשערת הניסוי בנוגע לחיזוי מגמת שינוי היחס סוכר/חומצה הנסחט מפרי התפוז מזן 'טבורי'. כפי ששוער לפני ביצוע הניסוי, ככל שחודש הקטיפה של פרי התפוז מזן 'טבורי' יהיה מאוחר יותר (פרי בשל יותר) היחס בין אחוז הסוכר לבין אחוז החומצה במיץ הנסחט ממנו גדל כמעט ביחס ישר.

ניסוי חקר 2:

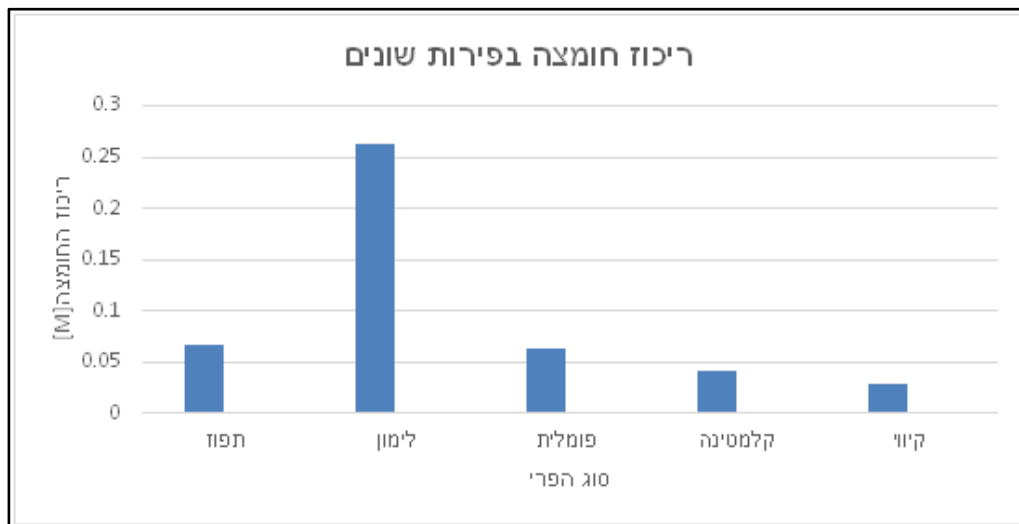
שאלת החקר:

כיצד משפיע סוג פרי ההדר על ריכוז החומצה בפרי?

השערה:

תחושת החמיצות של פרי הדר נובעת מנוכחותן של חומצות אורגניות במיץ. חומצה ציטרית מהווה את החומצה העיקרית בפרי הדר (מבחינה כמותית מהווה כ-90% מכלל החומצות האורגניות במיץ). לפי מקורות ספרותיים (Porat, 2013) רמות החומצה הממוצעות במיץ של פירות תפוז ומנדרינה הן בסביבות 1.0%-1.0% ובפירות אשכולית - כ-1.6%, ובפירות לימון רמת החומצה מגיעה עד לכדי 5.4% מתכולת המיץ. מסיבה זו ניתן לנסח השערה חלקית בלבד. ניתן לשער כי פירות הדר שונים יהיו שונים ברמת החומציות שלהם וכן ניתן להניח כי מיץ לימון יהיה בעל ריכוז חומצה הגבוה ביותר (חומצי ביותר).

תוצאות:



מסקנות:

מהניסוי שבוצע ניתן להסיק כי חומציות המיץ תלויה בסוג פרי ההדר. נמצא כי לימון הוא בעל רמת החומציות הגבוהה ביותר. ניתן לדרג את פירות ההדר וקיווי שנבדקו לפי רמת חומציות יורדת בסדר הבא: לימון, תפוז, פומלית, קלמטינה, קיווי. כפי ששוער, מיץ הלימון הינו החומצי ביותר.

ניסוי חקר 3:

שאלת החקר:

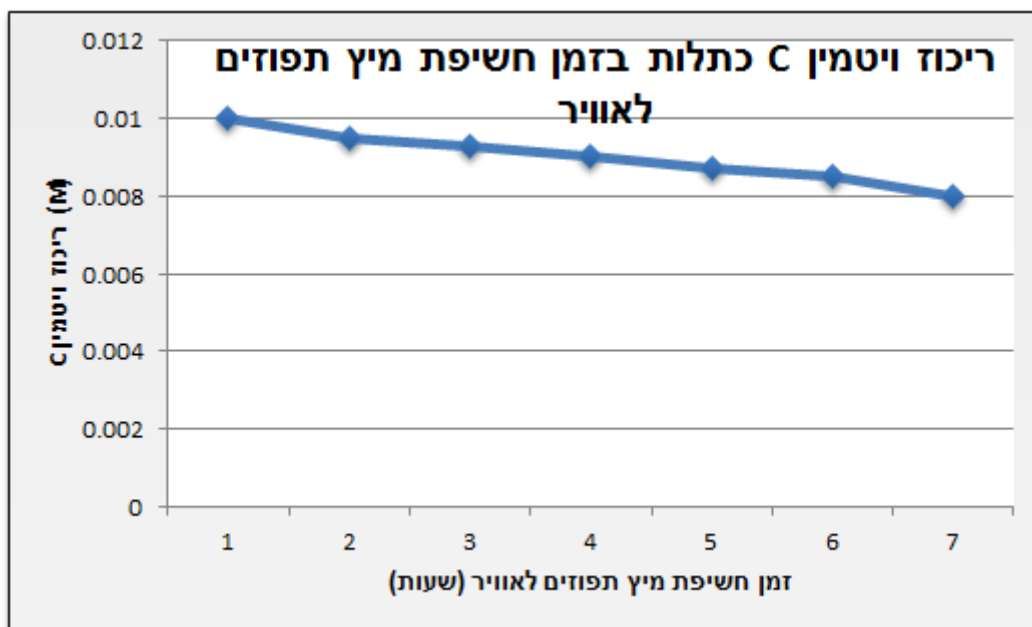
האם וכיצד זמן חשיפת מיץ תפוזים לאוויר מהרגע שנסחט משפיע על ריכוז ויטמין C במיץ הסחוט?

השערה:

ככל שזמן חשיפת מיץ תפוזים לאוויר מהרגע שנסחט ארוך יותר ריכוז ויטמין C במיץ הסחוט יהיה נמוך יותר.

ויטמין C מגיב עם חמצן, מתחמצן והופך לחומצה דהידרואסקורבית. ככל שזמן חשיפה לאוויר של מיץ סחוט ארוך יותר, ויטמין C שנמצא במיץ תפוזים סחוט חשוף יותר זמן למגע עם חמצן, כתוצאה מכך יותר מולקולות של ויטמין C יגיבו עם חמצן ליצירת חומצה דהידרואסקורבית וריכוז של ויטמין C במיץ ירד.

תוצאות:



מסקנות:

תוצאות הניסוי תומכות בהשערה שכל שזמן חשיפת המיץ לאוויר יהיה ארוך יותר, ריכוז ויטמין C באותו המיץ יהיה נמוך יותר. ככל שזמן חשיפה ארוך יותר, מספר מולקולות של ויטמין C שבאות במגע עם חמצן ומגיבות ליצירת חומצה דהידרואסקורבית גדול יותר, כתוצאה מכך ריכוז של ויטמין C יהיה נמוך יותר.

ניסוי חקר 4:

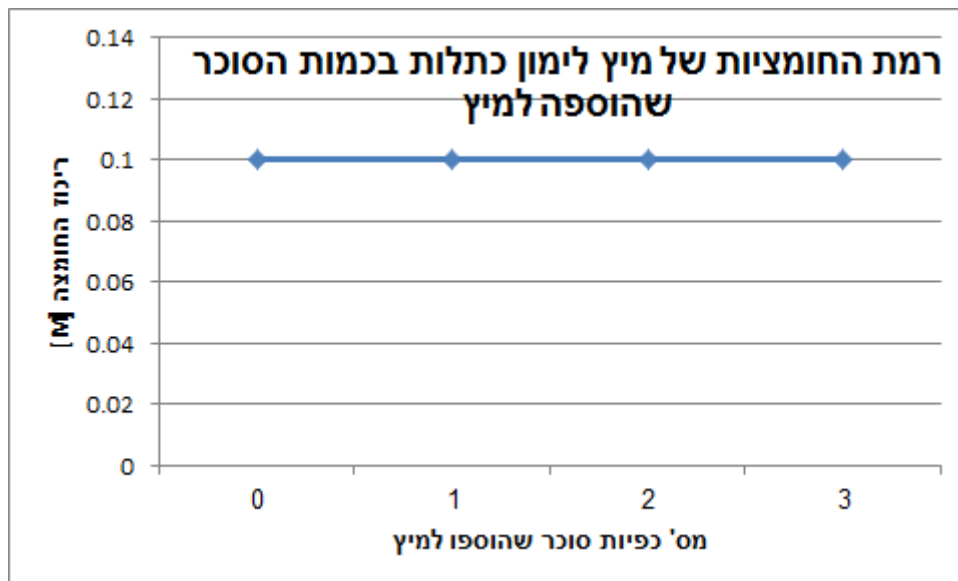
שאלת החקר:

האם וכיצד תוספת של סוכר (סוכרוז) למיץ לימון תשפיע על רמת החומציות שלו?

השערה:

לא צפוי שינוי ברמת החומציות בעקבות תוספת סוכר. מולקולות סוכר עוברות הידרוליזה בנוכחות חומצות, גם בנוכחות חומצות חלשות כמו חומצה ציטרית. מולקולות סוכר אינן תורמות יוני הידרוניום, אינן מגיבות עם יוני הידרוניום.

תוצאות:



מסקנות:

תוצאות הניסוי תומכות בהשערה כי רמת החומציות של מיץ לימון לא תשתנה בעקבות תוספת סוכר למיץ. מולקולות סוכר לא משחררות יוני הידרוניום למיץ ולא מגיבות עם יוני הידרוניום הקיימים במיץ, אי לכך רמת החומציות במיץ לימון לא משתנה.

ניסוי חקר 5:

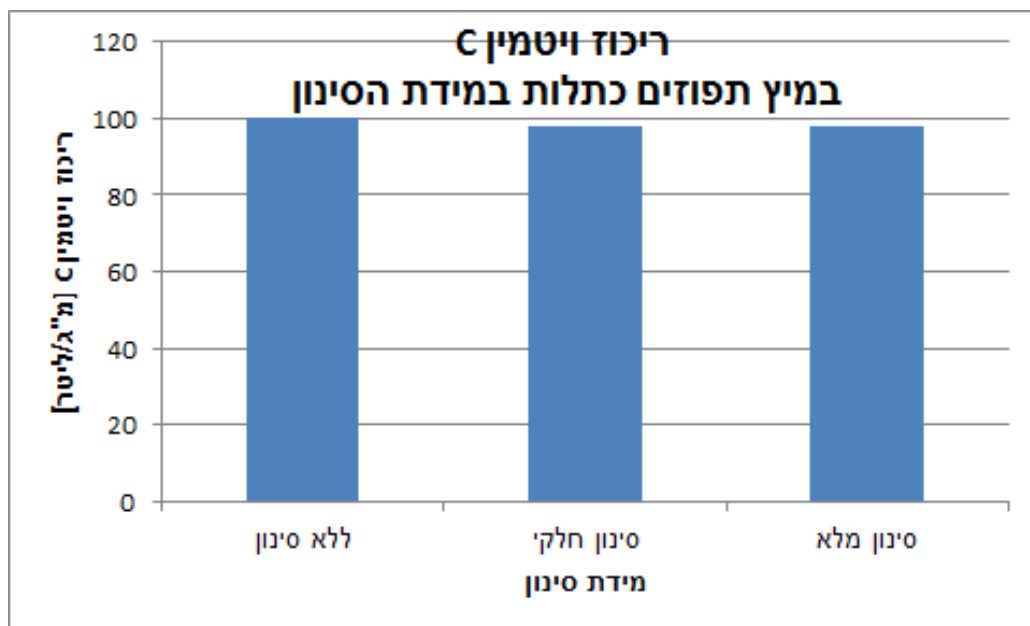
שאלת החקר:

האם וכיצד מידת הסינון של מיץ תפוזים תשפיע על ריכוז ויטמין C במיץ אחרי הסינון?

השערה:

ככל שמידת הסינון של מיץ תפוזים תהיה גבוהה יותר ריכוז ויטמין C במיץ יקטן. חלק מויטמין C ילך לאיבוד במהלך הסינון עם החומר שנשאר מחוץ למיץ המסונן.

תוצאות:



מסקנות:

ההשערה הופרכה, ריכוז ויטמין C כמעט לא השתנה בעקבות שינוי במידות סינון. ניתן להסביר זאת על ידי כך שויטמין C הינו חומר מסיס במים ונשאר במיץ המסונן.

ניסוי חקר 6:

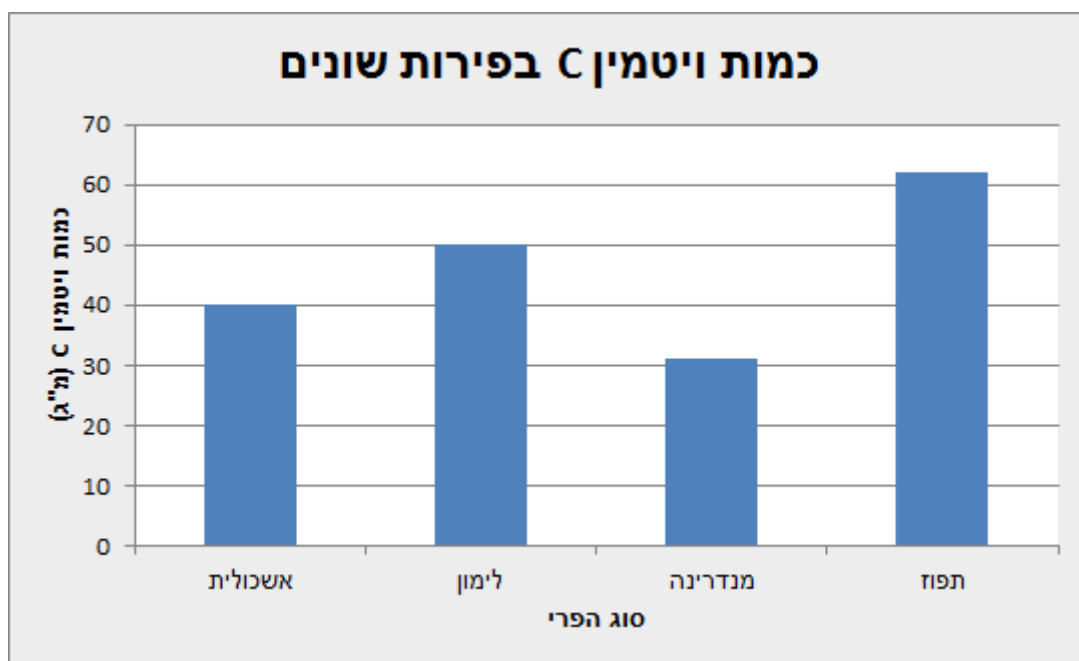
שאלת החקר:

האם וכיצד סוג פרי ההדר משפיע על כמות (משקל) ויטמין C שבו?

השערה:

בפירות הדר שונים יש כמות ויטמין C משתנה, כי יש שונות גנטית בין פירות הדר שונים.

תוצאות:



מסקנות:

מיץ תפוזים הכיל כמות ויטמין C הגבוהה ביותר, מנדרינה הכילה כמות ויטמין C הקטנה ביותר. מסקנות מהניסוי תומכות בהשערות הניסוי מפני שבכל פרי כמות ויטמין C שונה, בגלל שונות גנטית של הפירות.

ניסוי חקר 7:

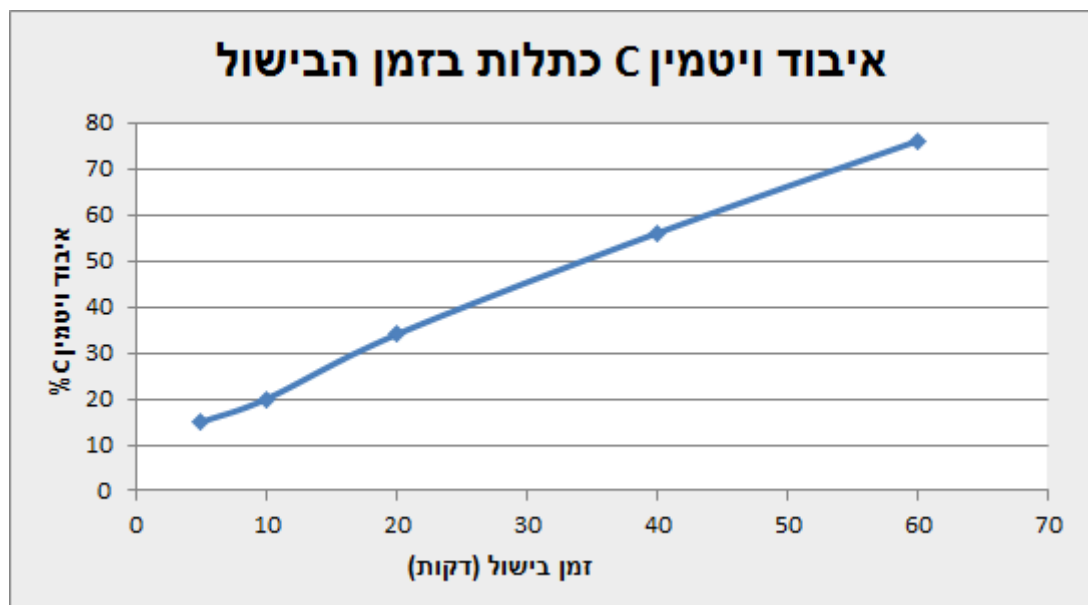
שאלת החקר:

האם וכיצד זמן בישול של הפרי ישפיע על תכולה של ויטמין C שבו?

השערה:

בגלל שויטמין C רגיש לטמפרטורות גבוהות, עובר פירוק, תכולתו בתוך הפרי תלך ותקטן ככל שמתקדמים עם זמן הבישול.

תוצאות:



מסקנות:

תוצאות הניסוי תומכות בהשערה, ככל שעבר יותר זמן בישול היה איבוד גדול יותר של ויטמין C, כלומר נשאר פחות ויטמין C בפרי.

ויטמין C רגיש לטמפרטורות גבוהות, כלומר עובר פירוק. בישול של הפרי לדקות ספורות מביא לאיבוד חלקי של ויטמין C, וככל שממשיכים לחמם תכולה של הויטמין תלך ותצטמצם. לכן, אכילת פירות וירקות טריים היא הדרך הטובה להפיק את מירב הויטמין מפירות אלו.

ניסוי חקר 8:

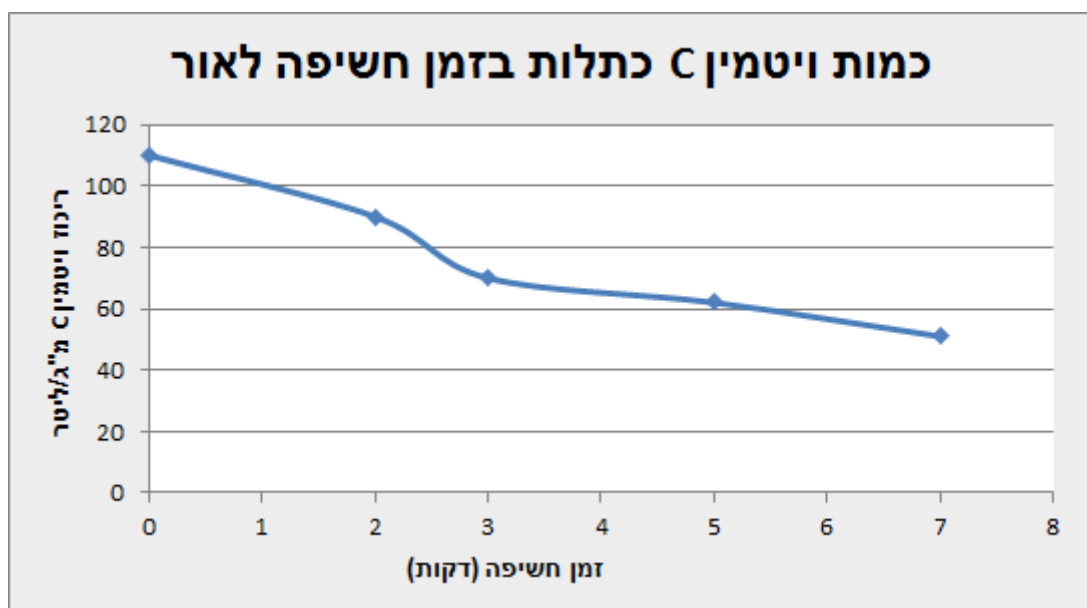
שאלת החקר:

האם זמן חשיפה לאור ישפיע על תכולה של ויטמין C?

השערה:

ככל שזמן חשיפה לאור גדול יותר, כמות של ויטמין C תלך ותפחת, אור מעורר פעילות אינזימים מחמצנים שמשנים את המבנה של ויטמין C המקורי, ולכן הכמות שלו עם זמן חשיפה לאור הולכת וקטנה.

תוצאות:



מסקנות:

כפי ששיערנו, רואים שככל שזמן חשיפה לאור הוא רב יותר, כך תכולה של ויטמין C יורדת. הדבר מתרחש מכיוון שאור מעורר פעילות אינזימים מחמצנים שמשנים את המבנה של ויטמין C המקורי, ולכן הכמות שלו עם זמן חשיפה לאור הולכת וקטנה.