

עקרונות הפיסיולוגיה לאחר הקטיף

אלי פליק, המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר הקטיף, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני



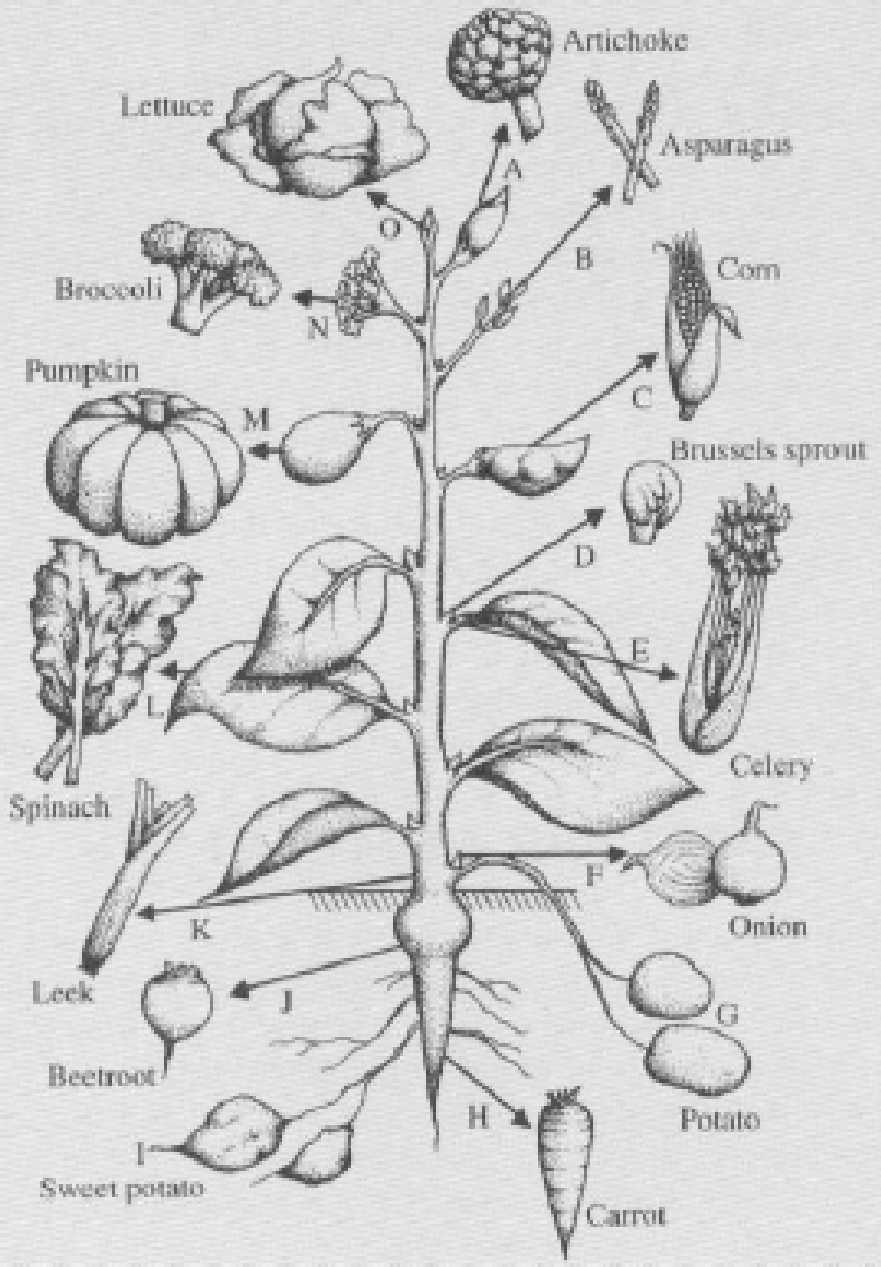
הגדרת "פיסיולוגיה לאחר הקטיף"

"הקטיף, האחסנה והשיווק של תוצרת טרייה שלמה או קצוצה
(מעובדת) במצב חי" (Kays, 1997)

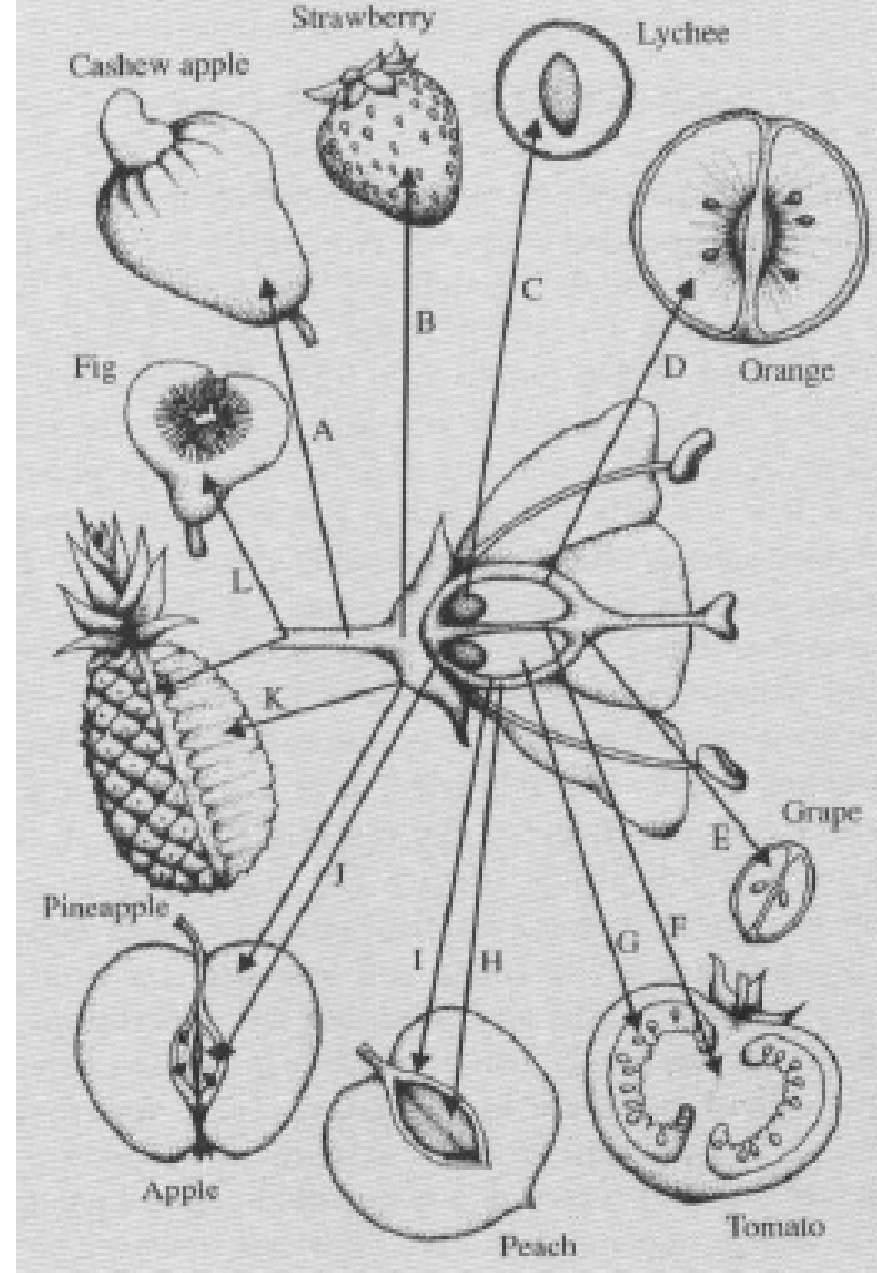
מה זה 'פיסיולוגיה לאחר הקטיף'?

עוסקת בלוח זמנים של המוצר הטרי מרגע הקטיף ועד לצריכתו, עיבודו, התכלותו הפיסיולוגית, או הפתולוגית.

תפקיד החוקר - להקטין את ההפסדים ולשמור על איכות התוצרת השיווקית והבריאותית על ידי טכנולוגיות, בעיקר ידידותיות לסביבה, שימזערו את ההתכלות הפיסיולוגית והפתולוגית של התוצרת הטרייה והמעובדת



חלקי הצמח מהם מתפתחים המוצרים החקלאיים



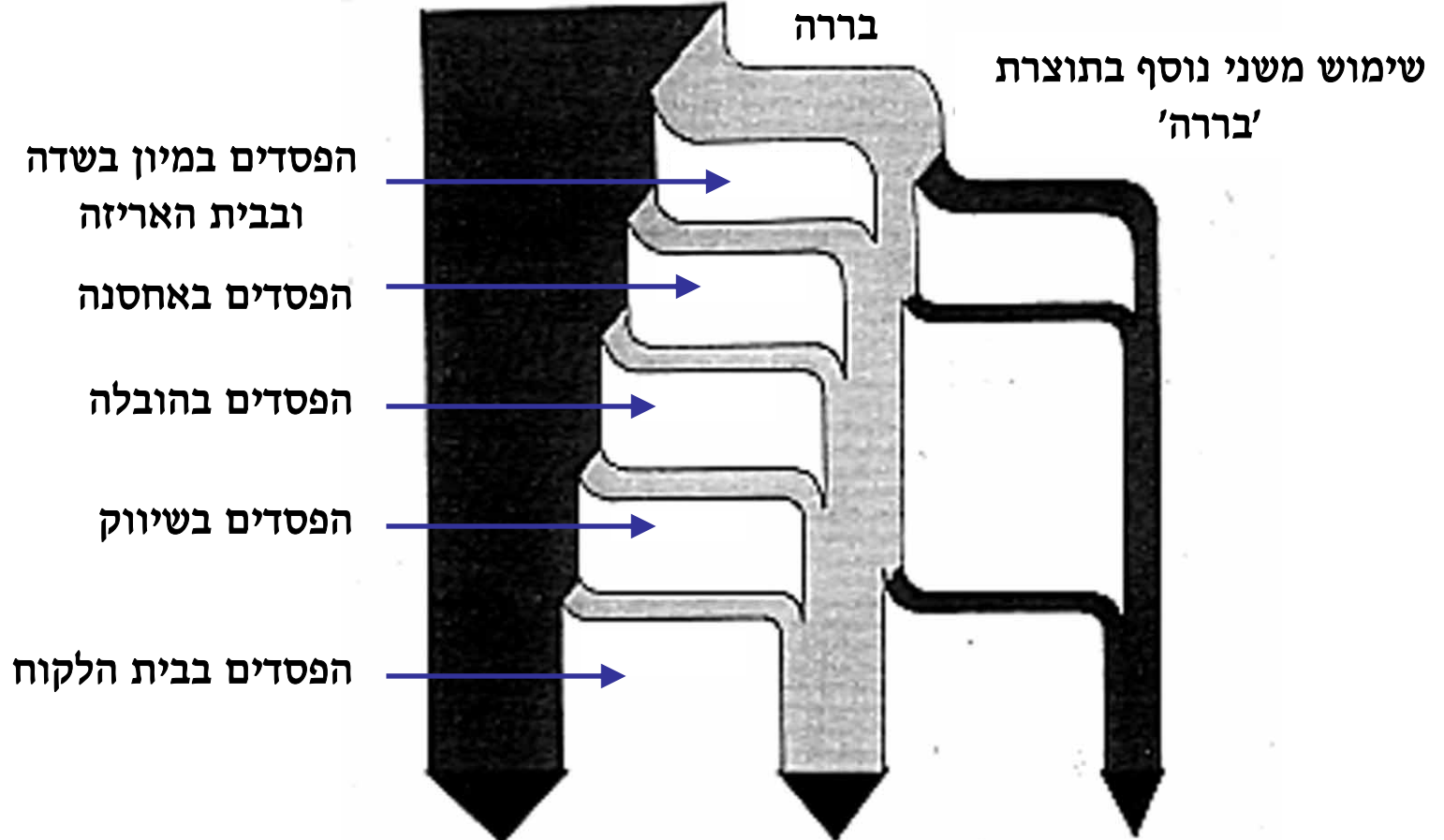
חלקי הפרח מהם מתפתחים הפירות/ירקות

התכלות פיסיולוגית, פתולוגית ותמותה

- כ-40% מהתוצרת הטרייה לאחר הקטיף נזרקת או נפסלת לפני מכירתה:
 1. הזדקנות
 2. תגובות לעקות (חום, קור, לחות)
 3. התפתחות מחלות
 4. התקפות חרקים
 5. נזק מכני



תוצרת מהשדה



תוצרת איכותית



פסולת



שוק מישני

מאפיינים של תוצרת טרייה

#1 - המוצר עדיין חי ונושם

סוכר + חמצן ← פד"ח + מים + אנרגיה וחום

תוצאות הנשימה:

איבוד מאגרי המזון הפנימיים,

איבוד טעם בעיקר מתיקות,

איבוד משקל,

שחרור חום המעלה את הוצאות הקירור,

שחרור פד"ח המצריך איוורור נאות



מאפיינים של תוצרת טרייה

#1 - המוצר עדיין חי ונושם



אולם – אין לו יותר מקור ל:

1. מים

2. אור

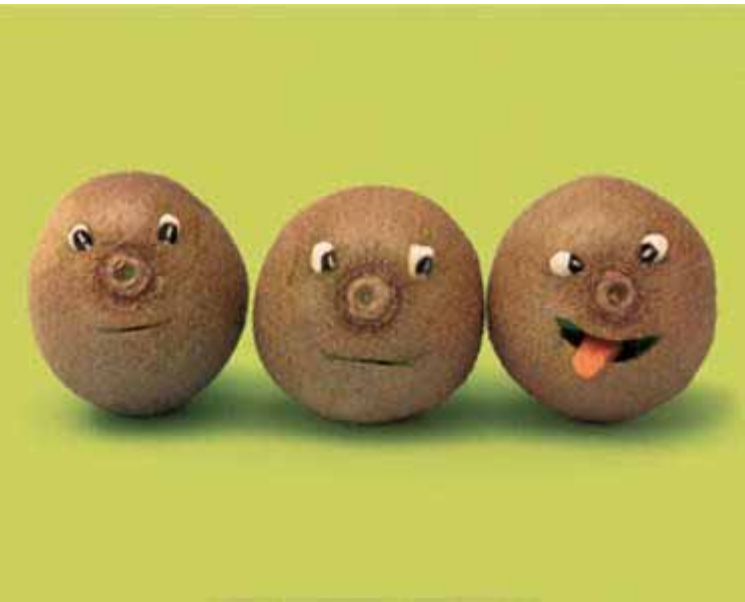
3. מקורות תזונתיים

4. חמצן

ולכן: תוצרת עם שיעור נשימה גבוה – אחסנה וחיי מדף קצרים, יחסית, ותוצרת עם שיעור נשימה נמוך – אחסנה וחיי מדף ארוכים, יחסית.

המשך לקשיים...

1. פציעה כתוצאה מהקטיפ
2. נזק מכני (אריזת שדה, הובלה לביא"ר)
3. אוריינטציה גרווימטרית (פרחים)
4. לחץ פיסיקאלי (אריזה הדוקה בביא"ר)
5. טמפרטורה נמוכה/גבוהה
6. לחות נמוכה
7. שינוי באטמוספירה
8. עקה פתולוגית ותקיפת חרקים



טכנולוגיות ואסטרטגיות לעיכוב נשימה ואיבוד מים:

1. טמפרטורה נמוכה במהלך הקטיף, האחזקה והאחסנה (נשימה, אתילן, ריקבון)
2. הקטנת החמצן והעלאת הפד"ח
3. שימוש במוסטי צמיחה לשנות את הגדילה והתפתחות
4. קטיף המצב הבשלה מיטבי
5. העלאת הלחות
6. שימוש באריזות



גדילה, התפתחות וקלימאטריות

התפתחות – סדרה של תהליכים ביולוגיים מהתחלת הגדילה ועד תמותת התוצרת.

גדילה – עליה לא הפיכה במאפיינים פיסיקאליים בהתפתחות המוצר.

הבשלה – שלב מיוחד בהתפתחות המוצר שבו כל מאפייניו נרכשו במהלך הגדילה וההתפתחות על מנת להגיע להבשלה הפיסיולוגית ו/או ההורטיקולטורית.

הבשלה פיסיולוגית לעומת הבשלה הורטיקולטורית

- הבשלה פיסיולוגית – שלב בהתפתחות המוצר שבו הוא הגיע להבשלה המינית, כלומר, המעבר מגידול וגטטיבי לגידול רפרודוקטיבי (סוף התפתחות הפרי/ירק לפני הפצת הזרעים)
- הבשלה הורטיקולטורית – אינה שלב בהתפתחות המוצר. זהו שלב שרירותי שהוחלט עליו על ידי בני אדם על מנת לסמן את שלב ההתפתחות שבו המוצר מתאים לקטיף

מדדי קטיף

דוגמה

תפוח עץ, אגס
מלון, תפוחי עץ
רישות מלון, היווצרות קוטיקולה בענבים, דונג (ברק)
רוב התוצרת הטרייה
"מלבניות" בננה, לחי מלאה במנגו, ראש הברוקולי
חסה, כרוב, כרוב ניצנים
תפוח עץ, אגס, פירות גרעיניים
אגס, תפוחי עץ
כמעט כל הפירות והירקות
צבע הציפה של פירות וירקות
תפוח עץ, אגס
ענבים, תפוח עץ
הדרים, מלון, רימון
אבוקדו
אפרסמון, תמר

אינדקס

ימים מפריחה מלאה
התפתחות רקמת ניתוק
מבנה ומורפולגיית פני הפרי
גודל
צורה
קושיות
מוצקות
קריספיות (פציחות)
צבע חיצוני
צבע פנימי
תכולת עמילן
תכולת סוכר
יחס סוכר : חומצה
תכולת שמן
עפיצות

התחלה

מוות

התפתחות

גדילה

הבשלה

נבטים

עלים וגבעולים

Asparagus, celery, lettuce, cabbage

פריחה

Artichoke, broccoli, cauliflower

התפתחות פרי חלקית

Cucumber, green beans, sweet corn, okra

התפתחות פרי מלאה

Apples, pears, citrus, tomato

שורשים ופקעות

זרעים

Carrots, onions, potatoes

Dry beans

ייחורים ועציצים

עציצים

פרחי

זרעים

שתילים

מלאי במשתלות

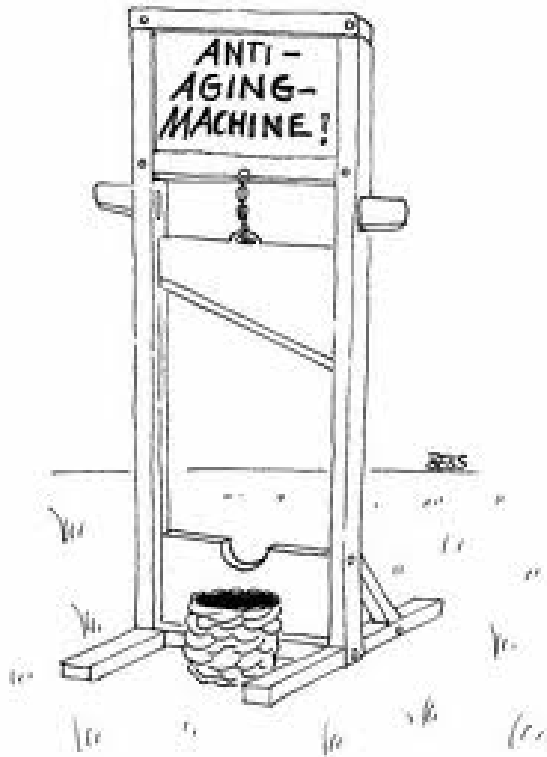
פורחים

קטיף

הגדרות שונות

הבשלה (ripening) – מושג המתאר את השלב האחרון של התפתחות הפרי בו חלים שינויים משמעותיים בצבע, מירקם, טעם וארומה.

הזדקנות (senescence, aging) – מושג המתאר את המצב המוליך לתמותת תאים, רקמות ואברים. בפירות זהו השלב לאחר ההבשלה.



שינויים במהלך הגדילה וההתפתחות

אתילן ונשימה קלימקטרית

גדילה

שינוי צבע (פעולה קטבולית [פירוק חומרים] ואנבולית [בניית חומרים])

מירקם (מוצקות/התרככות)

טעם וארומה

שינויים פיסיקאליים וכימיים המתרחשים במהלך ההבשלה של תוצרת טרייה

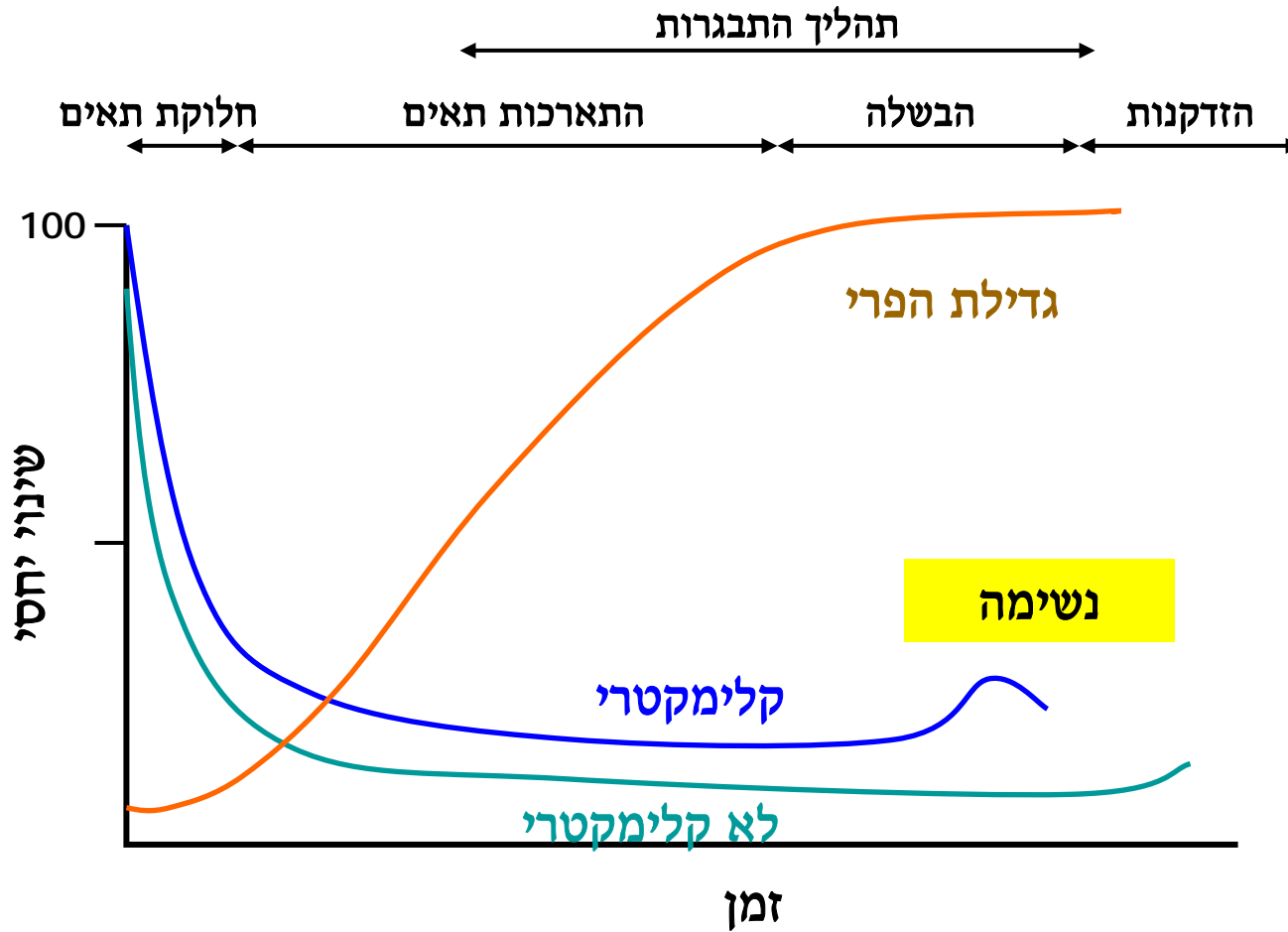
7. נשירת פרי
8. שינויים בנשימה
9. שינויים בשיעור סינתזת האתילן
10. שינויים בחדירות הרקמה
11. שינויים בחלבונים (כמותי ואיכותי)
12. הצטברות דונג על פני הקליפה

פירות קלימקטריים לעומת לא-קלימקטריים

קלימקטריות – נמצאת בפירות וירקות ומוגדת כעליה מהירה בנשימה ויצירת אתילן, במקביל לתהליכי ההבדלה

לא-קלימקטריות – מוגדת בכל התוצרת הטרייה שאינה מראה עליה דרמטית בנשימה וביצירת האתילן

גדילה וקלימטריות



חלוקת תוצרת טרייה על פני התנהגות הנשימה במהלך ההבשלה

תוצרת קלימקטרית

- תפוח עץ
- משמש
- אבוקדו
- בננה
- אוכמניות
- אנונה
- דוריאן
- פיג'ויה
- תאנה
- גויאבה
- קיווי
- מנגו
- מנגוסטין
- מלון
- נקטרינה
- פפאיה
- פסיפלורה
- אפרסק
- אגס
- אפרסמון
- שזיף
- חבוש
- ספודילה
- עגבנייה

תוצרת לא קלימקטרית

- אונס
- רימון
- אבטיח
- סברס
- תות
- פטל
- פלפל
- קישוא
- מלפפון
- חסה
- תבלינים טריים
- קרמבולה
- דובדבן
- אוכמניה
- תמר
- חציל
- ענבים
- פרי הדר
- שסק
- ליצי
- זיתים
- אוקרה
- אפונה

סיווג התוצרת על פי שיעור נשימה (mg CO₂/Kg-h)

דרגה	כמות פד"ח (20 מ"צ)	תוצרת
מאד נמוך	פחות מ-5	תמר, פירות וירקות יבשים
נמוך	10-5	תפוח עץ, הדרים, סלרי, ענבים, מלון טל דבש, בצל, פאפיה, אפרסמון, אננס, רימון, תפוח אדמה, אבטיח, בטטה, דלעת, פלפל
בינוני	20-10	משמש, בננה, כרוב, מלון גליה, גזר, מלפפון, תאנה, חסה, מנגו, נקטרינה, אפרסק, אגס, שזיף, תפוא"ד, צנונית, עגבנייה
גבוה	40-20	אבוקדו, כרובית, קרישה, חסה, תות
גבוה מאד	60-40	ארטישוק, נבטים, ברוקולי, אנונה, פרחי קטיף, בצל ירוק, פסיפלורה, במיה, גרגיר הנחלים
גבוה ביותר	יותר מ-60	אספרגוס, פטריות, פטרוזיליה, תרד, תירס, אפונה

אתילן – C_2H_4

מולקולה אורגנית גזית פשוטה.

הורמון צמחי המעורב בויסות גדילה, הבשלה, הזדקנות וניתוק.

מסונתז באופן טבעי בצמח, אך מיוצר על ידי מנועי בעירה (בעיקר דיזל) ושריפה.

פועל באופן ביולוגי בריכוזים מאד נמוכים בתחום של חלקי מיליון ואף חלקי ביליון

סיווג התוצרת על פי יצירת האתילן ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{Kg-h}$)

דרגה	כמות אתילן (20 מ"צ)	תוצרת
מאד נמוך	פחות מ-0.1	ארטישוק, אספרגוס, כרובית, הדרים, ענבים, רימון, תבליני עלה, ירקות שורש, פרחים
נמוך	1.0-0.1	מלפפון, אוכמניות, חציל, במיה, פלפל, דלעת, אננס, אפרסמון, אבטיח
בינוני	10.0-1.0	בננה, תאנה, גויאבה, מלון טל-דבש, מנגו, עגבנייה, ליצי
גבוה	100.0-10.0	תפוח עץ, משמש, אבוקדו, מלון גליה, קיווי, פאפיה, נקטרינה, אפרסק, אגס, שזיף
גבוה מאד	יותר מ-100.0	אנונה, פסיפלורה, ספוטה.

ויסות ביוסנתיזה של אתילן

עליה באתילן מתרחשת:

הפרי מבשיל

לאחר נזק פיסי (נפילה, פציעה, קטיף)

הפרי מרקיב

עלייה בטמפרטורה עד ל-30 מ"צ

עקה (מים, קור, חום, אווירה)

ירידה באתילן מתרחשת:

ירידה בטמפרטורה

ירידה בחמצן מתחת ל-8%

עליה בפד"ח מעל 2%

אתילן אטמוספרי

פרט לביוסנתיזה העצמית, המוצר הקטוף יכול להיחשף לאתילן אטמוספרי הכוללים:

פליטת גזי מנוע ממשאיות ומלגזות.

זיהום תעשייתי

זיהום משריפת דלקים

מפליטת אתילן מתוצרת קלימקטרית טרייה

עישון

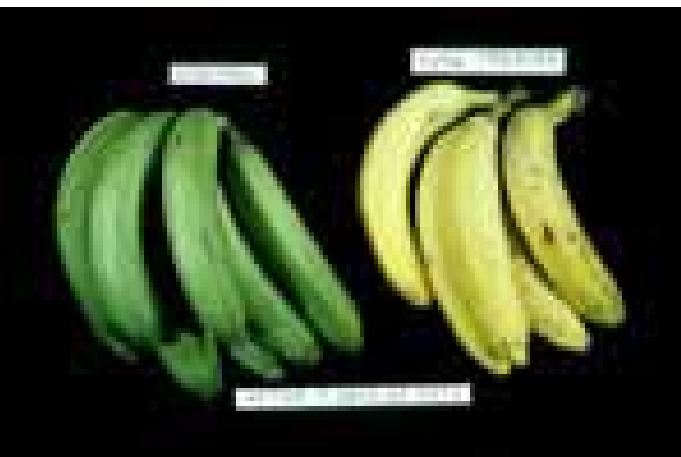


תועלת בשימוש באתילן

שימושים מסחריים:

מאפשר הבשלה אחידה ומוחלטת של בננה, אבוקדו ועגבנייה ירוקה-בשלה.

מאפשר שינוי והתפתחות צבע (degreening) בפרי הדר.



התנאים המיטביים להבשלה אחידה באתילן



טמפרטורה בין 18 ל-25 מ"צ.

לחות יחסית של כ-95%

ריכוז אתילן בין 1 ל-100 חלקי מיליון

משך הטיפול בין יום ל-5 ימים.

סחרור האוויר בחדר ההבחלה.

חילוף אוויר ואיוורור מסיבי כדי למנוע הצטברות פד"ח.



אתילון!!!

גז נפיץ מאוד



תערובת של אתילון עם אוויר נפיצים בריכוזים של 3% עד 32%

מקורות לאתילן

אתילן יכול להיות מיושם בחדרי הבחלה על ידי:

גלילים מסחריים (מכיל תערובת של גז אינרטי למניעת פיצוץ, ללא נוכחות חמצן).

גנראטורים ליצור אתילן על ידי ייבוש אתנול בחום $C_2H_5OH - H_2O \rightarrow C_2H_4$

חומרים משחררי אתילן (אתאפון), קלציום קרביד + מים.

פירות מבשילים



השפעות שליליות של אתילן

כהורמון ההבשלה וההזדקנות לאתילן השפעה מזיקה על תוצרת מאוחסנת

-מזרז הזדקנות עלים

-מזרז הבשלה והתרככות פרי

-מזרז נבילת פרחים

-מזרז יצירת רקמת ניתוק ונשירה

-משרה נביטת תפוחי אדמה

-גורם לפגמי קליפה

דרכים למנוע תופעות שליליות

-להימנע מלשמור פירות מבשלים ליד תוצרת-רגישה לאתילן

-שימוש במלגזה חשמלית

-אזור העמסת המשאיות חייב להיות מבודד מאזור הטיפול ואחסנת התוצרת

-לזרוק תוצרת רקובה

-להימנע מעישון בביא"ר ושריפה באזור הביא"ר

-איורור נאות

-ספיחת אתילן על ידי סופחי אתילן (פוטסיום פר מנגנאט)

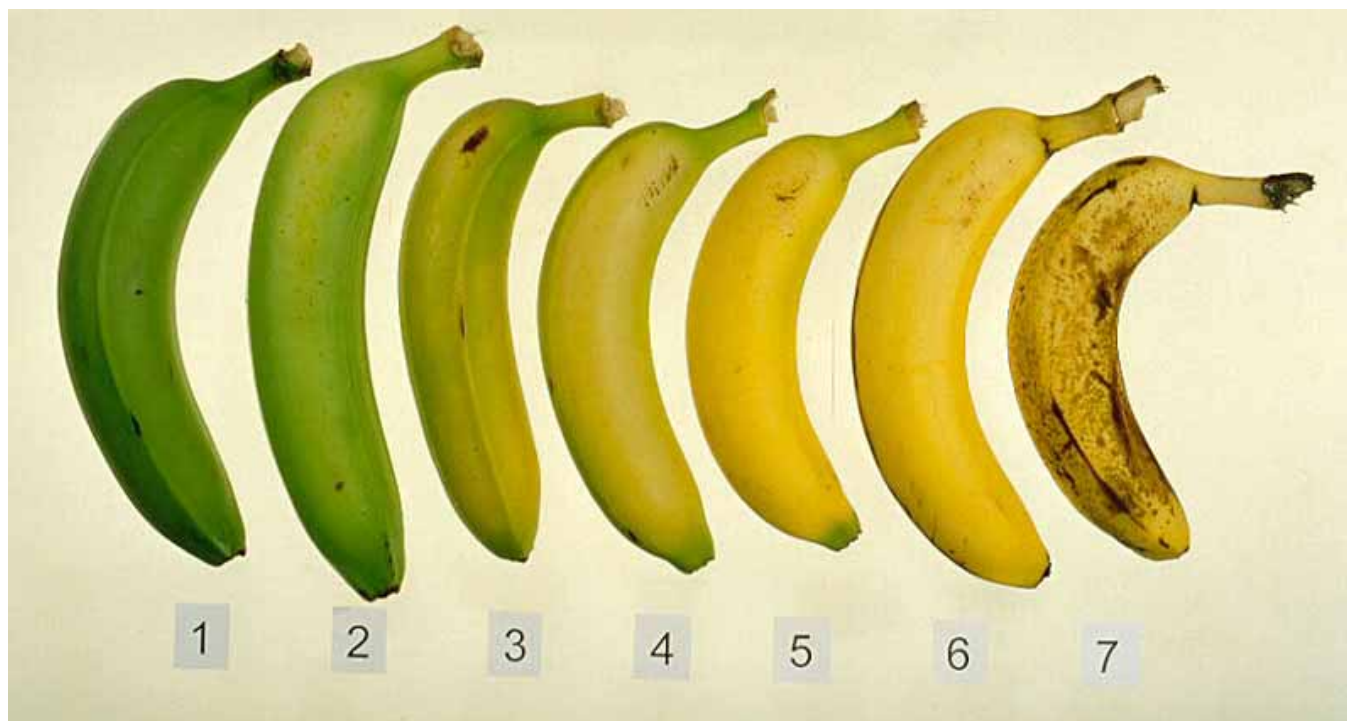
-עיכוב פעילות האתילן על ידי חסימתו (1-MCP)

SMOKING....

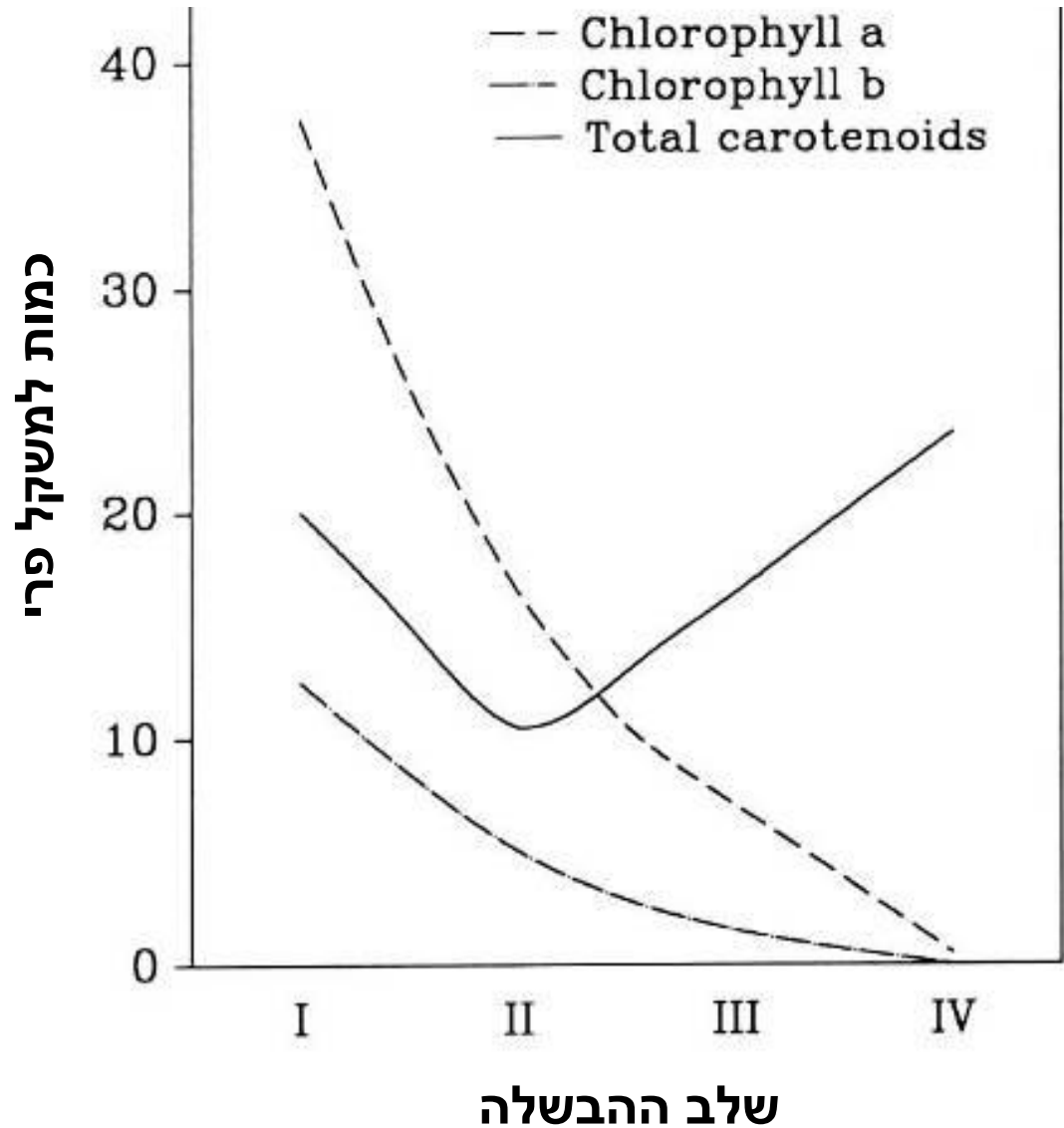
HELPS YOU
RELAX!



שינויים החלים בפרי במהלך ההבשלה



השינויים בכלורופיל ובקרוטנואידים במהלך ההבשלה



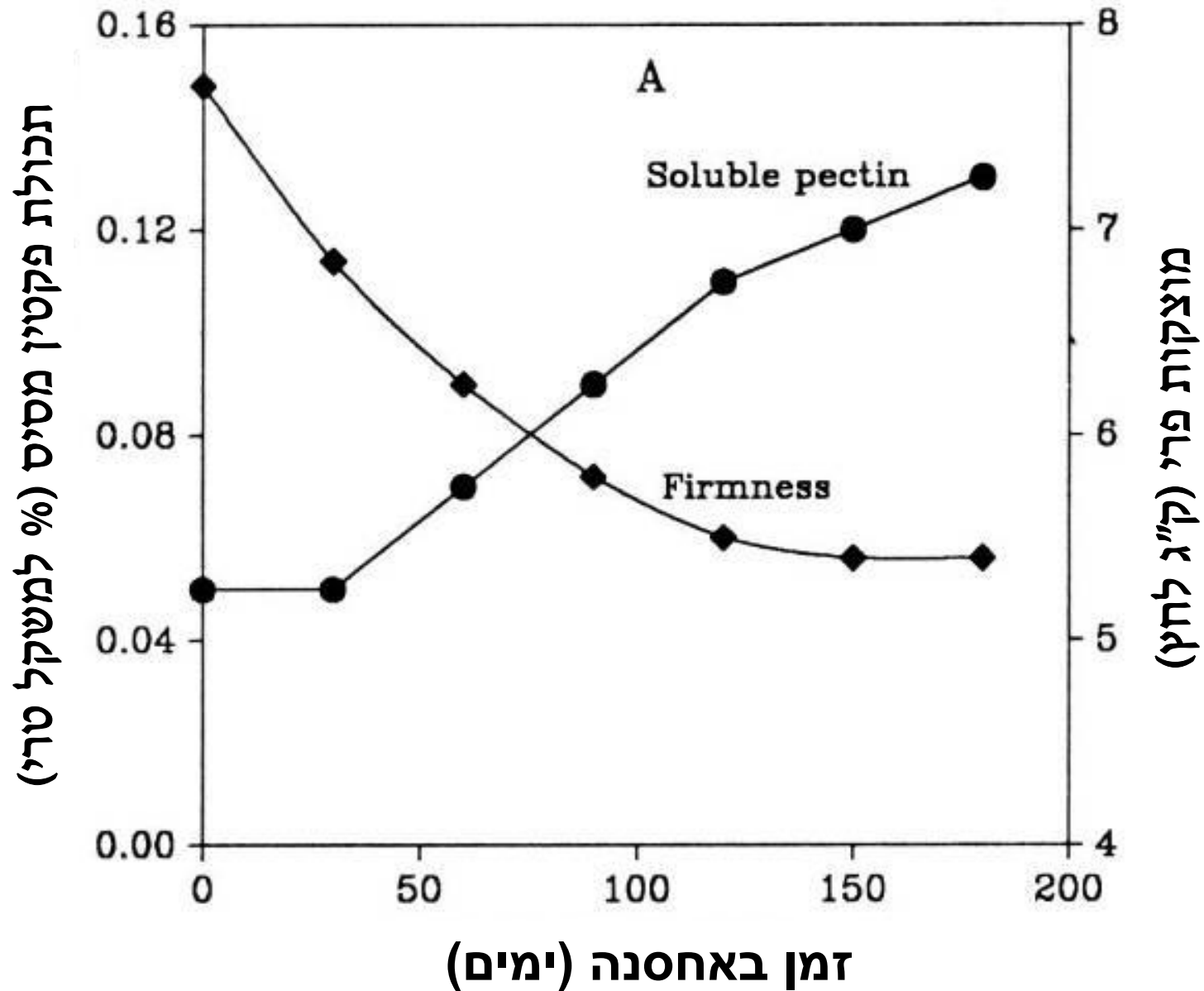
I - ירוק

II - ירוק/צהוב

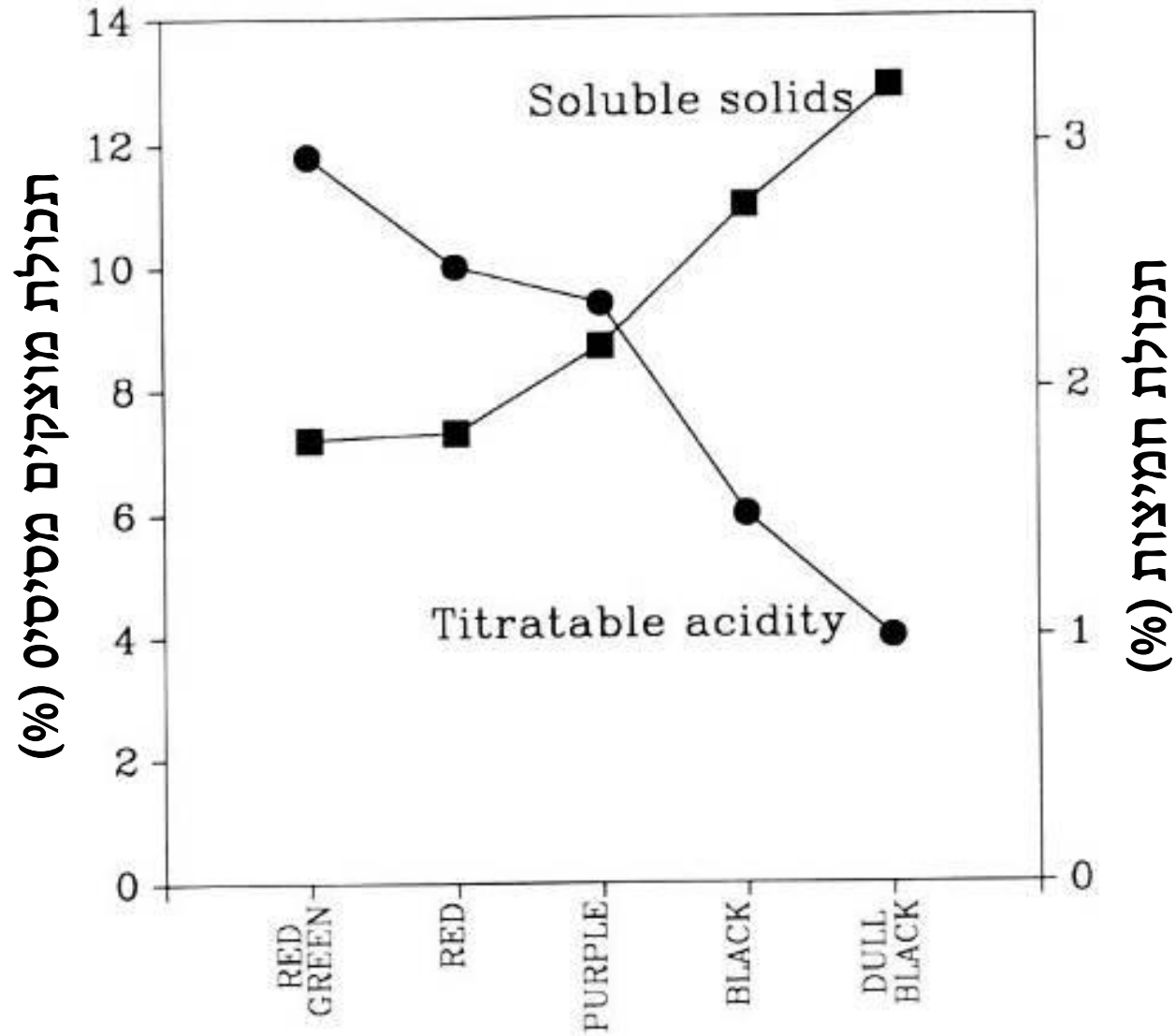
III - צהוב/ירוק

IV - צהוב

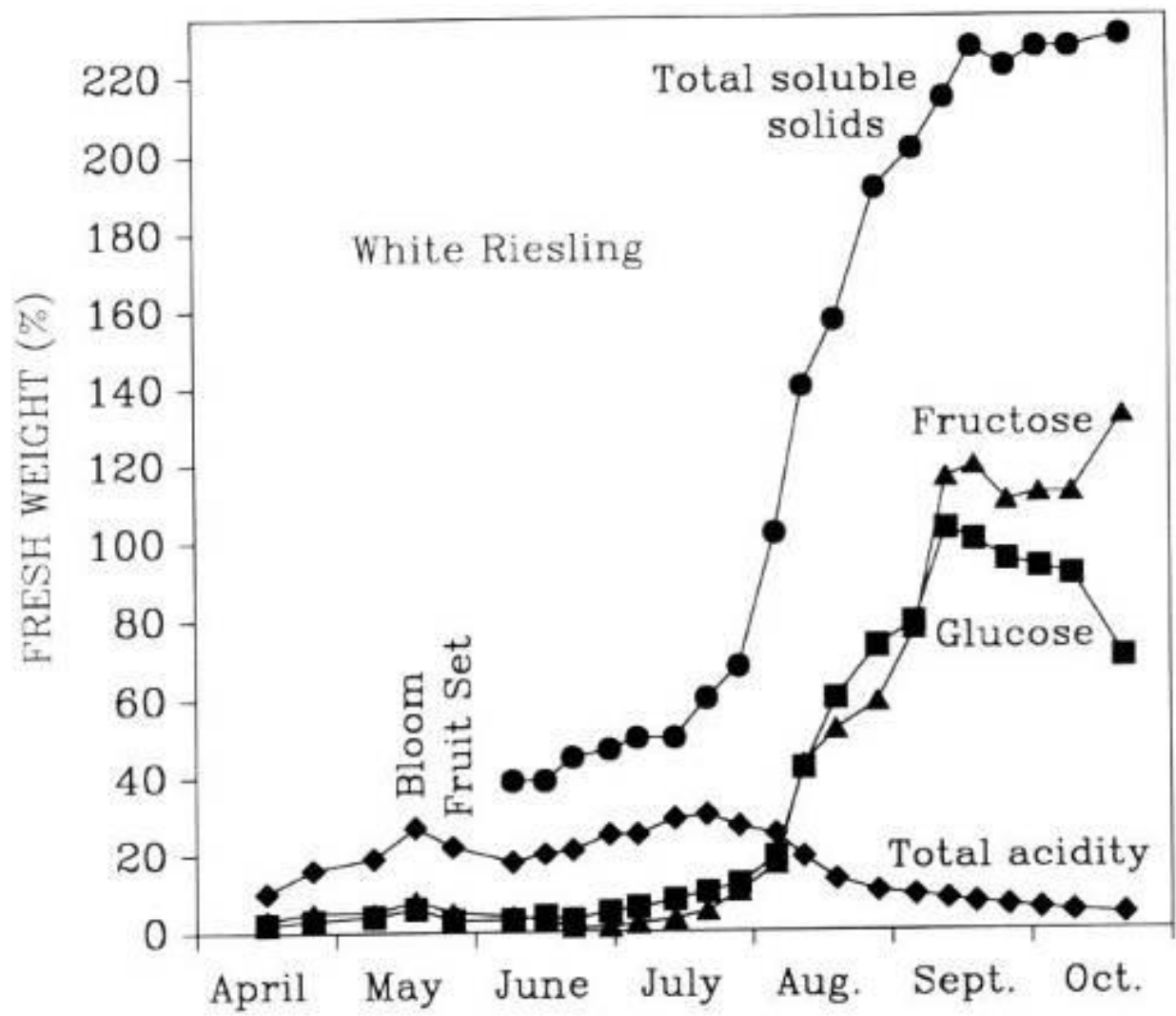
שינויים במוצקות ביחס לתכולת הפקטין המסיס



שינויים בסוכר וחומצה (טעם וארומה)



שינויים בסוכר בענבים במהלך הגידול



איבוד מים



איבוד מים

גורם מספר אחד בהתכלות הפיסיוולוגית של התוצרת באחסנה ממושכת

- ירידה במשקל המוצר במהלך המכירה
- ירידה באיכות החיצונית (הופעה גרועה – פרי דבילן)
- ירידה באיכות המירקם (גמישות, פציחות)

לפירות קטנים שטח פנים גידול ביחס לנפחם ולכן הם נוטים לאבד משקל רב יותר

חשיבות הלחות

בעיה/גורם ל...	אחוז איבוד משקל
עליה בנשימה ויצור אתילן	1%
זירוז הזדקנות	1%
עליה ברגישות לנזק צינה	2%
פגיעה בממברנות התאים	3%
האצה באיבוד ויטמינים וארומה	4%
איבוד צבע, התרככות, דבלנות	5%
איבוד המרקם	6%

דרכים להקטין את קצב איבוד המים

- טמפרטורות נמוכות
- לחות גבוהה (90% עד 95%) (פרט לבצל יבש – 70%)
- מניעת פצעי קליפה
- דינוג
- אריזה



סיכום

■ גדילה, כולל הבשלה והזדקנות, הנם תהליכים מתואמים ואקטיביים המתרחשים בתוצרת הטרייה לאחר הקטיף.

■ פירות וירקות מסווגים לשתי קבוצות עיקריות: קלימקטריים ולא קלימקטריים.

■ היכולת לשלוט בתהליכי ההבשלה וההזדקנות (אתילן, נשימה, איבוד מים, שינויים תזונתיים וכו') הנם אבני הדרך לשמירת איכות התוצרת הטרייה לאחר הקטיף.

שאלות?

