

תקצירי ההרצאות בכנס לשמירת איכות תוצרת חקלאית טרייה

בעריכת: ד"ר כרמית זיו וד"ר דני גמרסני

הכנס כלל הרצאות של חוקרי מכון וולקני, חוקרי מיגל וכן חוקר ממו"פ עמק המעינות, אשר הציגו חדשנות בתחום, המבוססת על מחקר בסיסי ומחקר יישומי. ההרצאות עסקו במגוון רחב של גידולים, והציגו גישות ופתרונות לבעיות הנוגעות בהארכת חיי המדף של התוצרת, שמירת ושיפור איכותה. הכנס נערך בחסות חברת רימי, אשר נציג מטעמה מחברת AgroFresh הציג את תוצאות החברה ביישום התכשיר הרוויסטה לאחסון פירות.

הכנס לשמירת איכות תוצרת חקלאית טרייה התקיים השנה ב-14 ביולי 2023 בכפר בלום. הכנס אורגן ע"י המרכז לחדשנות בפוסטהרבסט, מיגל והמחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מכון וולקני. במסגרת הכנס נפגשו חקלאים, אנשי בתי אריזה, אגרונומים, מדריכי שה"מ, חוקרים ונציגי חברות מסחריות בתחום, על מנת לשמוע ולדון בנושאים המשפיעים על איכות וחיי המדף של פירות וירקות טריים.

פיתוח מודלים לניבוי איכות היבול באחסון כבסיס לניהול לוגיסטי מושכל והפחתת אובדן התוצרת החקלאית

אביזלה אווימי¹, מוריה בלקלב^{2,3}, תמר הולדר^{2,3}, יותם גבעתי^{2,3}, עומרי ג'ובאני^{2,3}, נעם קניגשטיין³,
אמנון ליכטר¹, רון פורת¹, יעל זלצר²

¹המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מכון וולקני; ²המכון להנדסה חקלאית, מכון וולקני; ³הפקולטה להנדסה ע"ש איבי ואלדר פליישמן, אוניברסיטת תל אביב

First Out (FEFO). בשיטה זו, ההחלטה אודות משך האחסון או יעד השינוע של הפרי מתבססת על צפי משך חיי המדף שלו, ועל כן צפויה להפחית את אובדן התוצרת החקלאית. סדרה של מחקרי אחסון תפוזים וענבים בקנה מידה גדול, אשר בוצעו במעבדות של ד"ר רון פורת וד"ר אמנון ליכטר, היוותה בסיס למסדי נתונים לפיתוח מודלי חיזוי איכות פרי. נתוני המטע/הכרם, בדיקות מעבדה בכניסה לאחסון, משך האחסון, ותנאי האחסון היוו את משתני הקלט. משתנה הפלט, הערך הנלמד לשם ניבוי, הינו ציון התקבלות הפרי. נבחנו והשוונו אלגוריתמים לינאריים ולא לינאריים. לכל מסד נתונים הותאם האלגוריתם וצירוף המשתנים

צמצום אובדן תוצרת חקלאית הינו אחד האתגרים המשמעותיים איתם מתמודדת החברה האנושית בעידן הנוכחי. אובדן התוצרת החקלאית מהווה סכנה לביטחון המזון, מוביל לבזבז משאבי טבע ובעל השלכות הרוט גורל על הסביבה. בהערכה גסה, כ-45% מכלל הפירות והירקות מתבזבזים לאורך שרשרת אספקת המזון, כ-6% - 37% במהלך תקופת האחסון והשינוע. ככלל, מהלך ניהול האחסון והחלטות שינוע מבוססות על שיטת First In, First Out (FIFO). עקרון זה אינו לוקח בחשבון את פוטנציאל משך חיי המדף של המוצר החקלאי. אולם, היכולת לחזות את איכות הפרי העתידית עשויה לתמוך בשיטת First Expired



על זמן האחסון בלבד ($RMSE = 0.796$). בנוסף פותחו מודלים אשר למדו מאירועי הפרעות באחסון (כדוגמת כשל בקירור). מודלים אלו הטיבו לנבא אירועי הפרעות חדשים בתחום הנלמד ואף מחוץ לו. יישום של מודלים אלו בסביבת קבלת החלטות יכול לסייע בידי בתי אריזה בדבר בחירת המועד או יעד השילוח של תוצרת חקלאית, בהינתן נתוני היבול והתנאים בו אוחסן.

המביא לתוצאות ניבוי הטובות ביותר. לדוגמא, במחקר אחסון תפוזים, נמצא כי שגיאת המודל המתבסס על נתוני מטע ותנאי ומשך האחסון ($RMSE = 0.195$) קטנה באופן משמעותי ממודל המבוסס על זמן האחסון בלבד ($RMSE = 0.383$). באופן דומה במחקר אחסון ענבים, נמצא כי שגיאת המודל המתבסס על נתוני איכות בכניסה לאחסון, כמו גם תנאי ומשך האחסון ($RMSE = 0.161$) קטן ממודל המתבסס

השפעות גורמים שונים לפני ואחר הקטיף על האיכות וכושר ההשתמרות של תפוזים

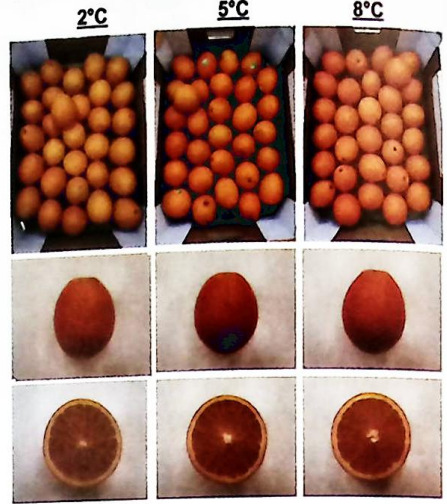
אביזלה אווימי¹, עומרי ג'ובאני², נעם קניגשטיין², יעל זלצר³, אמנון ליכטר¹, רון פורת¹
¹ המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מכון וולקני; ² הפקולטה להנדסה ע"ש איבי ואלדר פליישמן, אוניברסיטת תל אביב;
³ המחלקה להנדסת מערכות גידול, ייצור וסביבה, מכון וולקני

חודשים לצורך הארכת עונת השיווק עד תחילת עונת ההדרים הבאה. מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון את השפעתם של גורמים שונים לפני ואחר הקטיף על כושר השתמרות הפרי

זני תפוזים אפילים כגון תפוז טבורי 'ראוסטנברג' המיועד לצריכה כפרי טרי ותפוז 'ולנסיה' המיועד לסחית מץ, מאוחסנים באופן מסחרי לתקופה ממושכת של עד 3-5



מראה פירות תפוז טבורי 'ראוסטנברג' לאחר 12 שבועות אחסון



לצורך פיתוח מודל אשר יוכל לבא את פוטנציאל האחסון של הפרי, דבר שיאפשר מעבר לניהול לוגיסטי מושכל (Intelligent logistic management) של התוצרת

הקטופה על פי פוטנציאל האחסון של הפרי. הגורמים השונים אשר נבחנו לפני הקטיף היו: מועד הקטיף (דרגת הבשלה), עומס יבול, גיל הפרדס וסוג הכנה, והגורמים שנבחנו לאחר הקטיף היו: משך האחסון, טמפרטורת האחסון ורמת הלחות. ממצאי המחקר הראו שמשך האחסון הינו הגורם העיקרי המשפיע על איכות הפרי, ואולם גורמים נוספים כגון טמפרטורת האחסון, מועד הקטיף, עומס יבול ורמת הלחות משפיעים גם הם על איכות התוצרת. יכוסר השתמרותו לאחר הקטיף. בסה"כ, נמצא שניתן לשמר פירות תפוז 'ראוסטנברג' בטמפרטורה של 5 מ"צ ופירות תפוז 'ילנסיה' בטמפרטורות שבין 2-5 מ"צ באיכות טובה למשך 16 שבועות לאחר הקטיף, ולאחר מכן חלה ירידה באיכות הפירות. מאיבוד משקל מוגבר והתרככות, התפתחות ריקבנות ופגמים ופגיעה בטעם הפרי. מכלול הניסויים והתוצאות שנאספו אפשרו בניית מודלים לחיזוי איכות הפרי בתלות בתנאי האחסון והאיכות ההתחלתית של הפרי.

חדש!
גם באבקה

לחיטוי פירות וירקות לאחר קטיף

מאריך חיי מדף •
טווח קטיילה רחב ביותר •
פשוט לשימוש - קל לישום

קונצפט לרזקחות בע"מ
לפרטים נוספים, מידע והזמנות: קונצפט לרזקחות בע"מ
הורצין 054-4972362
www.concept-Rx.co.il

אופטימיזציה של מדדי קטיף לדובדבן המיועד לאחסון

שאל נשיץ
המרכז לחדשנות בפוסטהרבסט, מיגל

לפינס) פיתחו גומה חמורה יותר מאשר זנים הנותרים מוצקים (בינג, סויהרט). לכל אחד מארבעת הזנים הותאם חלון קטיף אופטימלי המבוסס על קבוצות הצבע שהוגדרו. היררכיית הקריטריונים לאפיון חלונות הקטיף מעדיפה רגישות נמוכה להתפתחות גומה, מוצקות גבוהה, תכולת חומצה גבוהה וגוון כהה, על פי סדר זה. נראה היה שניתן לנבא את חומרת הגומה אשר תפתח בפרי בתום אחסון בן שלושה שבועות באמצעות שני מדדי קטיף בלבד: מוצקות הפרי (כוח הדחיסה שלו, הנמדד באמצעות מכשיר ייעודי) ומידת הרוויה הממוצעת של גוון הקליפה שלו (הנמדד באמצעות קולורימטר שטח). שני המשתנים האלה ניתנים למדידה קלה יחסית, מהירה ובלתי הרסנית. ואכן,

מודל משותף שפותח לארבעה זני הדובדבן האדומים הציג מידת התאמה גבוהה ($R^2=0.77$; $P<0.0001$). בעונת 2023 אומת המודל באמצעות הזן Royal dawn, שלא השתתף בפיתוחו. הפירות מזן זה נקטפו מעצים מסומנים בשלוש חלקות בעלות מאפיינים שונים. בכל אחד מהפירות נמדדו רוויית הגוון והמוצקות ביום הקטיף והם אוחסנו במשך 21 יום, בסופם אופיינה חומרת הגומה בכל אחד מהם. נמצאה התאמה טובה של חומרת הגומה בפועל לחומרת הגומה החזויה על פי המודל ($R^2=0.82$; $P<0.0001$). מודל משותף ומאומת הכולל את חמשת הזנים מנבא היטב את חומרת הגומה המתפתחת לאחר 21 ימים באחסון ($R^2=0.81$; $P<0.0001$). מומלץ למגדלי הדובדבן לתכנן את הקטיף על פי חלונות הקטיף שאופיינו ולתכנן את אחסון הפרי על פי המודל לניבוי חומרת הגומה.



דובדבן מתוק (*Prunus avium* L.) הינו מין ממשפחת הגלעיניים הגדל באקלים ממוזג. הוא מאופיין בפרי קטן (7-10 גרם) שאינו צובר חומרי תשמורת פחמימניים במהלך התפתחותו. שני אלה גורמים לכך שכושר האחסון של הדובדבן מוגבל למספר שבועות בלבד. הגורם העיקרי המגביל את משך האחסון הוא התפתחות גומה (pitting) - שקיעה נקודתית של קליפת הפרי כתוצאה מנקרזה מקומית של תאים בציפה - במהלך האחסון. שיעור הגומה המתפתחת באחסון גדל ככל שהפרי נקטף בשל יותר. מאידך, העדפת השוק לפרי כהה, גדול ומתוק וכן מגבלות לוגיסטיות בניהול הקטיף, גורמים לכך שלעיתים הקטיף מתאחר.

על מנת לצמצם את שיעור הגומה, נוצר הצורך לאפיון חלונות קטיף אופטימליים שיאזנו בין האיכות הסנסורית של הפרי הנקטף לבין כושר ההשתמרות שלו. בבחינה שנערכה בעונת 2022 בזנים בינג, לפינס, סטלה וסויהרט נמצא כי מבין מדדי הבשלה שונים, גוון קליפת הפרי הינו המדד המשתנה במידה ההדירה ביותר עם המועד הקלנדר. מבין המשתנים של מרחב הצבע Cielab, רוויית הגוון (C - Chroma) היטיבה לתאר את ההבדלים החזותיים בין קבוצות צבע שהופרדו חזותית בארבעת הזנים. אוכלוסיות גדולות של פירות מכל קבוצת צבע, בכל אחד מהזנים, אוחסנו ב- 0°C לאחר מדידת רוויית צבע הקליפה בכל פרי ופרי ביום הקטיף. בתום 21 ימים אופיינה חומרת הגומה בכל פרי. נמצא כי חומרת הגומה הממוצעת גדלה ככל שהפרי נקטף כהה יותר. זנים הנוטים להתרכך עם התקדמות הבשלתם (סטלה,

המשמעות של מקור הפרי ותקלות יזומות בקירור לאיכות ענבים לאחר האחסון

אביולה אוויומי¹, בטינה קוכאנק¹, אור לפידות¹, מוריה בלקלב², יותם גבעתי³, מתן לינדנבאום³, נועם קניגשטיין³, רון פורת¹, יעל זלצר², אמנון ליכטר¹
 1 המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מכון וולקני; 2 המכון להנדסה חקלאית, מכון וולקני; 3 הפקולטה להנדסה, אוניברסיטת תל אביב



ומה ירידת הערך של הפרי בעקבות אחסון בלחות מופחתת. ככלל הפרעות בטמפרטורות למשך כשבוע עד שבועיים לא גרמו לנזק משמעותי לפרי כל עוד טמפרטורת ההפרעה לא עלתה על 10 מ"צ. מבחנים סטטיסטיים הצביעו על הקשרים בין המשתנים השונים והאינטראקציות ביניהם לבין מדדים עיקריים של איכות הפרי. היקף המחקר והתוצאות שלו מהווים בסיס טוב למידול של תופעות באחסון ענבים שיכולות להיות מתורגמות בהמשך לפתרונות שיווקיים בתלות בטיוב תוצרי המידע באמצעות איסוף שיטתי של נתונים מסחריים.

האחסון של ענבי מאכל מבוסס על קירור ל-0.5 מ"צ, לחות גבוהה למנוע החמת שיזרות ושחרור מבוקר של SO_2 למניעת ריקבונות. בתנאים אמיתיים יש הרבה מצבים של אחסון בתנאים תת-אופטימליים לפרקי זמן שונים ובספרות המדעית חסר מידע מתאים למידול השפעות טמפרטורה ותנאי אחסון על איכות ענבים. שאלות המחקר היו, מה יהיו ההשפעות של ריקבון בכרם על איכות הפרי לאחר אחסון, מהן ההשפעות העיקריות של שלב ההבשלה, מהן ההשפעות של אחסון הפרי בטמפרטורות תת-אופטימליות קבועות או הפרעות יזומות במהלך 3 השבועות הראשונים של האחסון. הניסוי נערך על ענבי סקרלוטה שנארו בקרטוני יצוא עם בטנות מחוררות וניירות לשחרור מבוקר של SO_2 . האחסון היה ל-12 שבועות עם בדיקות אחת ל-3 שבועות בטמפרטורות של 0, 3 או 6 מ"צ וכן לחות מופחתת ב-3 מ"צ. בנוסף יושמו הפרעות זמניות בטמפרטורת האחסון למשך 24 ש', שבוע, שבועיים או 3 שבועות בטמפרטורות שונות ברבע הראשון של האחסון. התוצאות מראות כי מצב הריקבון החמוץ בכרם משפיע על רמת הריקבון מבוטריטיס לאחר אחסון. הודגם כי אחסון של פרי פחות בשל מסתכם באיכות שיזרות טובה אך ירידה במוצקות במהלך האחסון. התוצאות מראות גם מה היחס בין הטמפרטורה באחסון למשך האחסון

גידול מוגן ואחסון מושכל של דלעת ערמונים לשיווק פרי באיכות מיטבית

איובמי אדקו¹, גלדיס קרונגרי¹, פביולה יודוביץ¹, גינת רפאל¹, מירב זעורר¹, שרון אלקלעי-טוביה¹, דני צ'לופוביץ¹, ליאור אברהם², שמשון עומר², חנה אלון³, רפי רגב⁴, זאב שמילוביץ⁴, ארי שפר⁵, הרי פריס⁶, אלי פליק¹ וקרמית זיו¹
 1 המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מכון וולקני; 2 שה"מ, משרד החקלאות; 3 מו"פ דרום; 4 המכון להנדסה חקלאית, מכון וולקני; 5 המכון למדעי הצמח, מכון וולקני; 6 נווה יער, מכון וולקני

במסגרת תכנית השבחה ארוכת שנים במנהל המחקר החקלאי בנווה יער, פותחו שלושה זני מכלוא של דלעת

דלעת ערמונים (*Cucurbita pepo*) היא דלעת חורפית הידועה בערכיה התזונתיים ובחיי המדף הארוכים שלה.



ערמונים, אשר הפכו להיות מסחריים בישראל. הזנים הישראליים ניחנים בפרי בעל קליפה אופיינית בצבע ירוק כהה עם ציפה בצבע כתום עמוק, טעם אופייני של ערמונים קלויים ותכולת סוכר גבוהה במיוחד. פירות אלו התקבלו היטב ע"י הצרכן הישראלי בזכות טעמם המתוק המיוחד, והערכתם כמקור תזונתי לוויטמינים ומינרלים. בשנים האחרונות חלו שינויים בפרקטיקת הגידול כדי להתאימו להנבה חורפית, בכדי לעמוד בדרישות השוק. השינוי מגידול שרוע בשדה פתוח בחודשי הקיץ לגידול מוגן בחממות בהדליה בחודשי החורף, משפיע על איכות הפרי המתקבלת ויוצר אתגרים חדשים הן בקביעת המועד הנכון לקטיף הפירות, בשל היעדר הסימן הכתום המאפיין את נקודת המגע עם הקרקע, שמצביע על הבשלת הפרי, והן עקב רגישות הפרי לפתוגנים באחסון. במחקר ארבע שנותי זה נמצא כי הבדלים גנטיים (זנים שונים), שיטות הגידול, דרגת ההבשלה במועד הקטיף, וכן טמפרטורת האחסון, השפיעו על חיי המדף, האיכות הסנסורית והאיכות התזונתית של דלעת ערמונים.

הפרי שאוחסן בקירור נשמרה ירוקה כל תקופת האחסון. פירות אשר נקטפו בשלים לחלוטין (DAP 55-60) היו בעלי איכויות מקובלות לאכילה כבר בקטיף, ולא חלו בהם שינויים משמעותיים בתום שלושה חודשי אחסון בקור, למעט הירידה בתכולת העמילן. פירות שנקטפו בשלבי בשלות ירוק וצהוב (DAP 29 ± 36 ו-2) ושאוחסנו ב-15 מ"צ, המשיכו להבשיל באחסון והגיעו לאיכויות סנסוריות ותזונתיות מקובלות תוך שבועיים עד שלושה באחסון, בדומה לפירות שהבשילו על הצמח. במהלך האחסון עד שלב של 60 ימים לאחר האבקה, הפירות צברו סוכרים ע"י פירוק עמילן, דבר שהתבטא בעלייה בכמ"מ, בסך הסוכרים, בסוכרוז ובקרוטנואידים, במקביל לירידה בתכולת העמילן, הגלוקוז ונוגדי החמצון בכל שלבי הבשלות. בתום תקופת אחסון ארוכה ניכר היה כי בפירות אשר נקטפו מוקדם (בדרגת בשלות ירוק) חל פירוק כלורופיל בקליפה, דבר שגרם להצהבה ולפגיעה ויזואלית בפרי.

טמפרטורת האחסון האופטימלית תלויה בזן ובדרגת בשלות הפרי בקטיף. נמצא כי הזן 2005 עמיד לצינה ולפטריות גורמות רקבון באחסון, בעוד שהזן 2054 רגיש ביחס לזנים האחרים. האיכות הסנסורית של הפרי נשמרה בצורה הטובה ביותר כאשר הפרי אוחסן ב-15°C למשך חודשיים, אולם תנאים אלו עודדו התפתחות רקבונות על הפרי. מאידך, אחסון ממושך יותר (מעל 3 חודשים) התאפשר בטמפרטורה של 10°C, Rh 70%, על אף שהפירות איבדו 23% ממשקלם במהלך אחסון של 110 יום. אחסון ב-20°C נמצא יעיל לתקופה קצרה, אך גרם להצהבת הקליפה, בעוד שקליפת

רקבון אשורש שחור בגזר משווק כתוצאה מנגיעות בפטרייה *Chalara elegans*

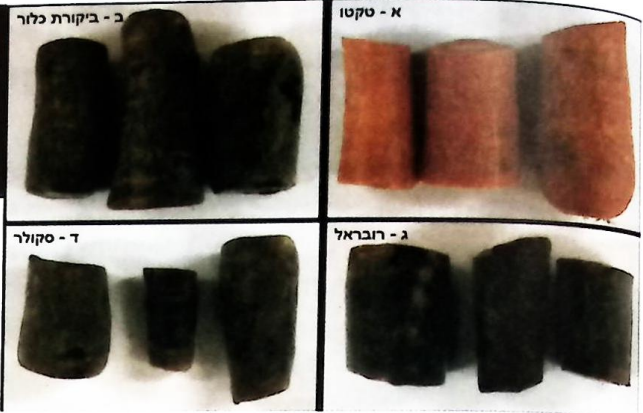
נדב ניצן, היחידה למחלות צמחים, מו"פ עמק המעינות; אלחנן אריאל, גזר בגלבוע

תמיסת כלור במינן של 200 יח"מ ורוראל (ח"פ: Iprodion) במינן של 0.1% (V/V). שני מבדקים בגזרים מאולחים ומבדק בצלחות פטרי אפיינו את הפטרייה כעמידה לכלור, לרוראל ולסקולר, אך רגישה לטקטו. מאחר וסקולר החליף את הרוראל וכיום משמש כטיפול פונגיצידי מונע לריקבונות אחסון בגזר נגד עובש אפור וקשינה גדולה, סביר שיש לטפל בגזרים בתערובת של סקולר וטקטו.

התפרצות של רקבון אשורש שחור, כתוצאה מכאלארה, התרחשה בגזר משווק במהלך קיץ 2022. הרקבון התפתח בגזרים ארוזים במהלך שרשרת השיווק, אך לא במהלך האחסון בקירור. הגזרים שהוכנסו לקירור היו ללא תסמינים. הפטרייה גורמת הרקבון בודדה לתרבית נקיה ושימשה לבחינת יעילות ההדברה של התכשירים סקולר (ח"פ: Fludioxonil) וטקטו (ח"פ: Thiabendazole, TBZ) במינן המטרה המסחרי של 0.1% (V/V). כביקורות שימשו

תקציר גרפי:

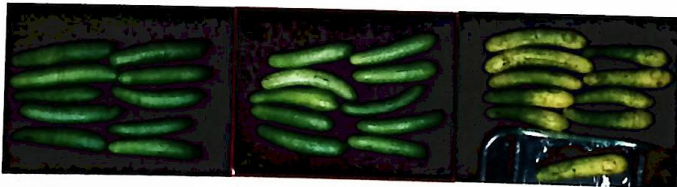
תוצאות מבחן ביולוגי המדגים את יעילות התכשיר טקטו בהדברת כאלרה בגזר מאולח מלאכותית ומטופל בתכשיר הדברה.



בינה מלאכותית ככלי לאופטימיזציית פרוטוקולי פוסטהרבסט

דני גמרסני^{1,3}, אורי מרגלית¹, יעל בוטנר¹, עובד תמיר¹, שאול נשיץ¹, אסף ישראל^{2,3} ועפר שיר^{3,2}
¹ המרכז לחדשנות בפוסטהרבסט, מיגל; ² מדעי המחשב, מיגל; ³ מכללת תל חי

ניתן לכל מלפפון ציון שסיכם את מידת השינוי של מדדי הצבע, מוצקות, המשקל והערכה ויזואלית לפגמים. בטיפול מוצלח נמצא שינוי מינימלי בתכונות המלפפון והצביע על איכות טובה. על פי הממצאים הפיק האלגוריתם סבב נוסף של שילובי טיפולים עם אריזה וחוזר חלילה. לאחר 7 איטרציות נמצאו פרוטוקולים חדשים שהיטיבו משמעותית עם איכות המלפפונים לעומת הפרקטיקה המקובלת בכל אחת מטמפרטורות הניסוי. למשל, ביישום של אחד מהפרוטוקולים החדשים נשמרו מלפפונים באיכות שיווקית טובה למשך 9 שבועות בקירור (!), הרבה מעבר למקובל כיום. גישה חדשנית זו ממחישה את הפוטנציאל הגלום בשילוב של בינה מלאכותית בפיתוח פרוטוקולים לשמירת תוצרת חקלאית, בצמצום הפחיתים ושיפור בטחון המזון.



מראה מלפפונים בתום אחסון ב- 10°C : מימין - מלפפוני ביקורת לאחר 4 שבועות, במרכז - מלפפונים משילוב טיפולים מוצלח לאחר 4 שבועות, משמאל - מלפפונים משילוב טיפולים מוצלח לאחר 9 שבועות!

פחת של תוצרת חקלאית בשלב שלאחר הקטיף או האסיף עלול להוות אף כ-25%-40% מהתוצרת וגורם לפגיעה כלכלית ותזונתית חמורה שמסכנים את בטיחות המזון. למניעה ולצמצום של פחיתים אלו נערכים טיפולים שמטרתם לשפר את כושר ההשתמרות של התוצרת החקלאית ולשמירה על איכותם. טיפולים אלו מהווים אבן יסוד בקיימות המודרנית שמשפיעים ישירות על ביטחון המזון ולהם השפעה כלכלית פוטנציאלית משמעותית על שרשרת אספקת המזון העולמית. בגישה הסטנדרטית המקובלת כיום נבחנת השפעתו של טיפול יחיד על האיכות. היפותזת מחקר זה גורסת ששילוב בין טיפולים עשוי להיטיב משמעותית עם איכות התוצרת הודות להשפעה סינרגיסטית בין הטיפולים. אולם, הבחינה של גישה זו מאתגרת מכיוון שמספר השילובים האפשריים הוא עצום: נחוץ זיהוי של שילוב מיטבי בין טיפולים ועבור כל טיפול ייתכנו מספר גדול של רמות הפעלה (למשל, זיהוי הריכוז המיטבי לחומר כלשהו). לשם כך נחוץ שימוש בכלים של בינה מלאכותית (AI). כמקרה בוחן נבחרו מלפפונים להם שיעורי פחת גבוהים בשלב שלאחר האסיף והינם זמינים במהלך כל השנה לסבבי ניסוי חוזרים. אלגוריתם לאופטימיזציה שהופעל, הציע 11 שילובים בין שני טיפולים (ממאגר בן 10 טיפולים) ואריזה (מ-3 סוגים) בכל איטרציה (סבב ניסוי). מרחב החיפוש הקומבינטורי כלל כ- 10^6 שילובים אפשריים. הניסוי נערך בשתי טמפרטורות: 10°C לפרי המאוחסן בקירור ו- 20°C להדמיית טמפרטורת החדר. לאחר 4 שבועות אחסון

מנגנון אוטופאג'י כשחקן חדש בבקרת הבשלה וכמטרה להארכת חיי מדף של פירות

Girishkumar Kumaran¹, Pradeep Kumar Pathak¹, Ebenezer Quandoh^{1,2}, Sharon Alkalai-Tuvia¹, Jia Xuan Leong^{3,4}, Jyoti

Devi¹, Suayib Üstün^{3,4} and Simon Michaeli¹

Department of Postharvest Sciences, Agricultural Research Organization (A.R.O), Volcani¹
.Institute, Rishon LeZion, Israel

The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food, and Environment, Hebrew University of²
.Jerusalem, Rehovot, Israel

Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Zentrum für Molekular Biologie der Pflanzen, Tübingen,³
Germany

Faculty of Biology & Biotechnology, Ruhr-University of Bochum, Bochum, Germany⁴



אוטופאג'י בתהליכי הבשלה.

בחניה ביוכימית ומיקרוסקופית של תהליך אוטופאג'י בשלבי הבשלה שונים של פירות עגבנייה הראה עלייה עקבית בפעילות אוטופאג'י עם התקדמות ההבשלה. לעומת זאת, באחסנת פרי בקירור, ניכר היה שקיימת פעילות גבוהה כבר בפרי הירוק בוגר (MG), דבר המרמז על חשיבות המנגנון באחסנת פרי בקור. שימוש בשיטות שונות להשתקה של גנים מרכזיים בתהליך האוטופאג'י הוביל לירידה בפעילות אוטופאג'י, וגרם לזירוז הבשלה ניכר של הפירות ולפליטה מוגברת של ההורמון אתילן. שימוש בפוליאמינים, תרכובות ידידותיות לאדם ולסביבה הידועות כמעוררות אוטופאג'י בבעלי חיים, הראה עוררות בפעילות אוטופאג'י גם בפירות. באופן עקבי, שימוש בפוליאמינים הראה עיכוב בהבשלת הפרי.

לסיכום, מחקרנו מצביע על מנגנון אוטופאג'י כשחקן מרכזי (וחדש) בבקרה של הבשלת פירות. כאשר המנגנון אינו פעיל ההבשלה מאיצה, וכאשר המנגנון פעיל ההבשלה מאטה. לכן, מחקרנו עשוי לאפשר פיתוח של שיטות מבוססות אוטופאג'י להארכת חיי מדף של פירות.

לתהליך ההבשלה של פירות יש השלכות רבות על ביטחון תזונתי וחקלאות. הבשלה הנה תהליך מבוקר ביותר, הדורש שינויים משמעותיים בתאי הפרי השונים, ברמה הביוכימית והמולקולארית. שינויים אלה מובילים, בין היתר, להתרככות, שינויי צבע, פירוק תרכובות רעילות, ייצור מוגבר של נדיפים והצטברות סוכרים. תהליכים אלה דורשים איזון מושלם בין תהליכי ייצור (ביו-סינתזה) ופירוק (ביו-דגרדציה) בתוך תאי הפרי, בכל אחד משלבי ההבשלה השונים.

אחד מתהליכי הביו-דגרדציה המשמעותיים בתאים בעלי גרעין (כולל צמחים) הנו אוטופאג'י. באופן פשטני, תהליך זה כולל תיחום תוך תאי של חומר המיועד לפירוק, ו"שליחתו" לחלולית התא (הווקואולה) לפירוק ומחזור (שימוש באבני הבניין המולקולריים לבנייה, התחדשות ואנרגיה). החומר המיועד לפירוק יכול להיות כל דבר בתוך התא, כולל מולקולות גדולות (כגון חלבונים או רנ"א), אברונים שלמים (כגון מיטוכונדריון או כלורופלסט) ואף פתוגנים שחדרו לתא. לכן, תהליך זה פעיל בעיקר, בתנאי עקה (ביוטיים וא-ביוטיים), ובמהלך שינויים התפתחותיים משמעותיים בצמח. יחד עם זאת, ובאופן מפתיע, מעט מאוד ידוע לגבי מעורבות



האפרה פנימית בפירות אבוקדו:

גורמים ופתרונות

דניאל דואניס אסף¹, דליה מאורר¹, אולג

פייגנברג¹, רן אראל², נעם אלקנ¹

¹ חקר תוצרת חקלאית ומזון, מכון וולקני; ²

קרקע ומים, מכון וולקני

בשנים האחרונות עולה הביקוש לפירות אבוקדו האס. במקביל, אבוקדו האס המיוצא מישראל לאירופה קיבל תלונות בעיקר בעקבות האפרה פנימית בפירות מקטיפים מאוחרים. לאחר בדיקה, אותה האפרה פנימית הייתה קשורה לנביטה מוקדמת של הזרע והצטברות רדיקלים חופשיים שגרמו לחמצון ולהאפרה פנימית. המחקר הנוכחי מצא כי ככל שמשך האחסון מתארך כך עולה כמות ועוצמת ההאפרות וכי חומר יבש גבוה נמצא בקורלציה עם האפרה. כך, נראה כי כדאי לקטוף את הפרי לפי אחוז חומר יבש במטעים השונים. בנוסף, נמצא כי דישון חנקני בעודף הוביל ליותר האפרות פנימיות באבוקדו האס, וכי השקיה במים מושבים (באיכות נמוכה) הובילה להגברת האפרות פנימיות בפירות אטינגר. תוצאות פחות מבטיחות נצפו בטיפולים לפני קטיף, ריסוס של מטעים שונים בסידן שבועיים וחודש לפני קטיף הראו הפחתה קלה בלבד בהאפרות הפנימיות בפרי, וטיפול ב-MCP-1 כשבועיים לפני קטיף הוביל להפחתה לא משמעותית ברמת ההאפרות. לעומת זאת, בבחינה של טיפולים לאחר קטיף נמצא כי טיפול ב-MCP-1 לאחר הקטיף הפחית האפרה באופן משמעותי, אך לעיתים עיכב את הבשלת הפרי באופן חזק מדי. עם זאת, טיפול ב-MCP-1 בטמפרטורה של מתחת ל-10 מעלות (5 מעלות) נמצא עיכוב משמעותי של האפרה פנימית והפרי הבשיל כראוי לאחר חיי מדף. טבילה בסידן לאחר קטיף הפחיתה האפרה פנימית באופן משמעותי בחלק גדול מהניסויים. יש לציין כי הטיפולים הטובים ביותר היו אחסון של הפרי באווירה מבוקרת או אווירה מתואמת. טיפולים אלה הפחיתו באופן כמעט מוחלט את האפרה הפנימית בפירות אבוקדו האס. היחסים הטובים ביותר שנמצאו לאווירה מבוקרת היו CO_2 6% ו- O_2 4%. לסיכום, מחקר מקיף זה הראה כי האפרות פנימיות באבוקדו האס נמצאו בהתאמה לסוף עונה וחומר יבש גבוה, עודף חנקן, אולי חוסר סידן, השקיה במי קולחין וקטיף לאחר עקה אביוטית כגון הצפה. בנוסף, המחקר מצא כי טיפולים שונים יכולים להפחית האפרות פנימיות כדוגמת קטיף לפי חומר יבש, עיכוב הבשלה ע"י טיפול MCP-1 לאחר הקטיף בטמפרטורה של 5 מעלות, או עיכוב הבשלה ע"י אווירה מתואמת או ווקס, בעוד שהטיפול היעיל ביותר היה אווירה מבוקרת.