

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מס. 421-0220-13

השפעת משך האחסון של תחמיצים על איכותם

The effect of storage time on silage quality

מוגש להנהלת ענף בקר לחלב / המועצה לחלב

ע"י

צבי וינברג ויאירה חן

Zwi Weinberg, Forage Preservation and By-Products Research Unit, The Volcani Center,
Bet Dagan 50250. E-mail: zgw@volcani.agri.gov.il

Yaira Chen, Forage Preservation and By-Products Research Unit, The Volcani Center, Bet
Dagan 50250. E-mail: chenyair@volcani.agri.gov.il

תקציר

המחקר כלל ניסויים בשלוש מערכות: מעקב אחר תחמיצי חיטה ותירס בבורות, ניסוי מעבדה בצנצנות, וניסוי עם תחמיץ חיטה בחבילות ארוזות (באלות).

תחמיצי חיטה ותירס בבורות תחמיץ ברפת נצר סירני נדגמו ונבדקו במהלך השימוש בהם. הבדיקות כללו מדדי החמצה, מבחני חשיפה לאוויר ונעכלות חומר יבש ו-NDF בכרס מלאכותית. במהלך דגימת התחמיצים חלו שינויים בקצב ובאופן הכרייה (מעבר לכורה), ולכן, ברוב המדדים שנבדקו קשה להצביע על שינויים עקביים ומגמתיים שחלו במשך זמן האחסון. תחמיצי החיטה והתירס התקלקלו במבחני חשיפה לאוויר, מלבד הדגימות מבור תחמיץ התירס השני שנכרה בקצב מהיר.

נערכו גם ניסויי החמצה מבוקרים בצנצנות עם חיטה שנקצרה בשלבי הפריחה והחלב ותירס. הצנצנות נדגמו בין שבוע לשנה לאחר ההחמצה. בניסויים אלה תכולת חומצת החלב הגיע לשיא בין חודש ל-3 חודשים בעוד שריכוזי חומצת החומץ עלו בהתמדה. היציבות האירובית של התחמיצים השתפרה במשך האחסון. אחוז הפסדי החומר היבש גדלו במשך הזמן ונעכלות ח"י ו-NDF פחתו. במוסף, תחמיצי חיטה בחבילות ארוזות אוחסנו ל-3 ו-6 חודשים במרכז המזון כפר המכבי. התחמיצים היו במצב מצויין ולא נמצא הבדל גדול בין שני מועדי הדגימה במדדי החמצה והתקבל שיפור קל בעמידות האירובית אחרי 6 חודשים בהשוואה ל-3 חודשי אחסון.

בסיכום, בשבועות הראשונים לאחר ההחמצה ערכי ה-pH עדיין גבוהים והיציבות האירובית גרועה; כחודש לאחר ההחמצה התחמיץ יותר יציב בחשיפה לאוויר והפסדי הח"י עדיין מתונים. זמן אחסון ארוך מאוד (מעל 6 חודשים) מביא להפסדי החמצה ניכרים ופחיתה רבה בערכי הנעכלות.

Abstract

The study included three types of experiments: in bunker silos, in laboratory mini-silos and in commercial wrapped bales.

Commercial wheat and corn silages stored in bunker silos were sampled during their use on a nearby farm. Analysis included ensiling parameters, aerobic stability test and *in vitro* dry matter and NDF digestibility. During the sampling period management changes took place and therefore, it was difficult to point out consistent changes in the quality of the silages. Both the commercial wheat and corn silages were unstable upon aerobic exposure.

In addition, wheat (from the flowering and milk stages) and corn were ensiled in anaerobic 1.5 liter jars. Three jars from each silage were sampled after one and two weeks, and one, 3, 6 and 12 months after ensiling. In these silages lactic acid concentration peaked between one month and 3 months of storage, whereas acetic acid concentration increased constantly. Accordingly, aerobic stability of the silages improved with time. Dry matter losses increased while DM and NDF digestibility decreased with storage time.

Wheat silage was also prepared in wrapped bales and stored at a feeding center for 3 and 6 months. The silages from both storage periods were of good quality; those which were sampled after 6 months tended to be more stable during aerobic exposure.

In conclusion, during the first weeks after ensiling the pH values are still high and aerobic stability is poor; About one month after ensiling the silage is stable upon exposure to air and losses are still not too high. A long storage (over 6 months) results in high losses and substantial decrease in digestibility.

הניסויים בדו"ח זה הם תוצאות ניסויים.

בניסויים מהווים המלצות לחקלאים כן/לא

חתימת החוקר  תאריך א' בניסן תשע"ד, 1.4.14

מבוא

תהליך ההחמצה מבוסס על תסיסה של חיידקי חומצת חלב בתנאים אנאירוביים שבמהלכה הם מנצלים סוכרים מסיסים שאותם הם הופכים לחומצות אורגניות, בעיקר ח' חלב וחש"ן וכתוצאה מכך ה- pH יורד והירק המוחמץ נשמר, כל עוד לא חדר אוויר לתחמיץ. בתהליך ההחמצה מבחינים בארבעה שלבים: 1. ההתחלתי, כאשר אוויר עדיין כלוא בין חלקיקי הירק וה- pH עדיין גבוה, מה שמאפשר פעילות מיקרוביאלית אירובית וגם פירוק חלבונים. 2. תסיסה שמשכת בין ימים לשבוע שבמהלכה חיידקי חומצת החלב הופכים למיקרו פלורה השלטת והופכים את הסוכרים המסיסים לחומצות אורגניות; אז חלה ירידה ב- pH. 3. שלב האחסון שבו לכאורה לא חלים שינויים גדולים בתחמיץ כל עוד לא חדר אוויר. 4. הכרייה להאבסה שאז התחמיץ נחשף לאוויר וזה מאפשר לגורמי קלקול כגון שמרים ועובשים לפעול ולקלקל את התחמיץ.

בארץ ההחמצה מתבצעת בבורות תחמיץ, לרוב גדולים, ולאחרונה התחילו להכין גם תחמיצים בחבילות ארוזות בפלסטיק. בבורות תחמיץ גדולים שבהם קצב ההחמצה איטי התהליך יכול להמשך יותר זמן. גם אם ה- pH יורד אין זה בטוח שהתחמיץ בשל ומוכן להאבסה, לא מבחינת ערכו התזונתי ולא מבחינת יציבותו השימורית, במיוחד לאחר חשיפה לאוויר. בספרות אין אזכורים רבים ביחס להשפעת משך האחסון על איכות תחמיצים. (Der Bedrosian et al. (2012) השוו איכות תחמיצי תירס רגיל ותירס BMR שאוחסנו לחצי שנה ושנה. הם הצביעו על עליה בהפסדי ח"י ופחיתה בערכי נעכלות ח"י ו- NDF עם הזמן. בחינת בלילים בחבילות ארוזות במשך 5 חודשים הצביע על שיפור בעמידות האירובית במשך הזמן ועל איכות טובה של תחמיצי בלילים והפסדי תסיסה מועטים (Weinberg et al. 2011). אולם עדיין חסר מחקר שיטתי שבדק את השפעת משך האחסון של תחמיצים. כך למשל, ישנם מצבים שבהם רוצים להתחיל להאביס את התחמיץ בהקדם האפשרי. למיטב ידיעתנו אין בנמצא תשובה כמה מוקדם "מותר" להתחיל להאביס תחמיצים לאחר הכנתם. הקצה הנגדי של קשת האפשרויות הוא שלעתים תחמיץ נשמר בבור למשך זמן ממושך, חודשים, לעתים שנה, וגם כאן נשאלת השאלה מה טיבו. הנחתנו היא שתחמיצים שונים יכולים להיות להיבדל ביחס לזמן המינימלי והמכסימלי של השימור המיטבי.

מטרת המחקר המוצע היא לבחון את השפעת משך האחסון על איכות התחמיצים ויציבותם.

מהלך העבודה

בורות משקיים ברפת נצר סירני (2010-2011)

לצורך המחקר נערך מעקב אחרי שני בורות ברפת קיבוץ נצר סירני: תחמיץ חיטה שהוכן באביב 2010 ותחמיץ תירס שהוכן בקיץ 2010. תחמיץ התירס אוחסן בשני בורות. השימוש בתחמיץ החיטה התחיל בסמוך למועד הכנת תחמיץ התירס. הבורות נדגמו במועדים שונים במהלך כחצי שנה עד אשר התחמיצים בהם אזלו. הדגימות נלקחו מכל רוחב החתך של הבורות שאוחדו והובאו למעבדה לבדיקות ולמבחן חשיפה לאוויר. הבדיקות כללו קביעת תכולת חומר יבש, pH, אפר, תוצרי תסיסה, מספרי שמרים ועובשים, תכולת NDF ונעכלות ח"י ו- NDF בכרס מלאכותית.

תחמיצים מעבדתיים (2012)

התחמיצים הבאים הוכנו בצנצנות אטומות בנפח 1.5 ליטר: חיטה משלב הפריחה, חיטה מהבשלת חלב ותחמיץ תירס. שלוש צנצנות מכל תחמיץ נדגמו לאחר כשבוע, שבועיים, חודש, 3 חודשים, חצי שנה ושנה. התחמיצים שנדגמו עברו מיד מבחן חשיפה לאוויר במערכות בקבוקים למשך 5 ימים וכן בדיקות כימיות ומיקרוביולוגיות כמתואר לעיל.

תחמיצי חיטה בבאלות (במרכז מזון כפר המכבי) (2013)

חבילות תחמיץ החיטה הוכנו ב- 13.3.2013 ונארזו במספר שכבות פלסטיק. סך הכל הוכנו 51 חבילות עם טיפולים מסחריים שונים. ס"ה הוכנו 6 חבילות של תחמיצי בקורת. משקל כל חבילה היה כטון (משקל רטוב). החבילות אוחסנו בחצר מרכז המזון. מחצית החבילות נדגמו ב- 12.6.13 (שלושה חודשי אחסון) וב- 1.10.13 (כשישה חודשי אחסון). בעת הדגימה נבדקה הטמפרטורה בפנים החבילות במספר מקומות ונערכה הערכה חושית לאיכות התחמיצים (מוקדי עובש, ריח, צבע ומירקם). מכל חבילה נלקחה דוגמא של 2-3 ק"ג שהורכבה מכמה מקומות מהחבילות המפורקות שהובאה למעבדה לבדיקות.

שיטות הבדיקה של התחמיצים

הבדיקות כללו קביעת חומר יבש (ח"י) (אחרי ייבוש בתנור ב- 60 מ"צ ליומיים), אפר (אחרי שריפה של דוגמא יבשה וטחונה ב- 600 מ"צ ל- 3 שעות), חומצת חלב (בשיטה ספקטרופוטומטרית ע"פ (Barker and Summerson, 1941), תוצרי תסיסה נדיפים בגז כרומטוגרף, תכולת NDF (במערכת ANKOM), נעכלות ח"י ו- NDF בכרמ"ל (בכרס מלאכותית, במבחנות) (ע"פ (Tilley and Terry, 1963). מספרי השמרים והעובשים נקבעו על מצע Malt extract agar שהוחמץ עם חומצת חלב ל- pH 4.0 בשיטת ה- spread plate לאחר 3 ימי הדגרה ב- 30 מ"צ. הפסדי חומר יבש נקבעו בחישוב שכלל את הפסדי המשקל של הצנצנות או החבילות ואת הפחיתה בתכולת החומר היבש. בנוסף, התחמיצים עברו מבחן חשיפה לאוויר במערכות בקבוקים ל- 5 ימים ב- 30 מ"צ (ע"פ (Ashbell et al. 1991). במערכות אלה יצירת פד"ח (CO₂), שינוי pH, מספרי שמרים ועובשים כמו גם הערכה חושית משמשים כמדדי קלקול.

הניתוח הסטטיסטי בוצע בתכנת SAS וכלל מבחן שונות (ANOVA), מבחן תחום מרובה TUKEY וכן מבחני רגרסיה של מדדי החמצה השונים כנגד מספר ימי האחסון.

תוצאות ודין

תחמיצים בבורות משקיים בנצר סירני

תוצאות הבדיקות של תחמיץ החיטה המשקי מוצגות בטבלאות 1-4. במשך ארבעה וחצי החודשים שהתחמיץ היה בשימוש לא ניכרו שינויים עקביים או מגמתיים במדדים שנבדקו, מלבד ירידה מתמשכת בתכולת החומר היבש שמצביעה על הפסדי החמצה; התחמיץ התקלקל מאוד במבחני

החשיפה לאוויר מלבד הדגימה שניטלה כשבוע לאחר תחילת השימוש בתחמיץ זה; אז גם תכולת חומצת החומץ שמעכבת שמרים ועובשים הייתה הגבוהה ביותר. אין לנו הסבר מדוע רק בתחילת השימוש התחמיץ היה יציב לחשיפה לאוויר, אולי בגלל ששמרים ועובשים לא הספיקו להתפתח בו. יתכן שאיטום לא מוקפד או קצב כרייה איטי גרמו לחדירת אוויר לתוך התחמיץ המשקי ולקלקול מהיר.

תוצאות הבדיקות של תחמיץ התירס המשקי מוצגות בטבלאות 5-8. בדומה לתחמיץ החיטה, חלה ירידה מתמשכת בתכולת החומר היבש והתחמיץ מהבור הראשון היה יציב לחשיפה לאוויר רק בשבועיים הראשונים לשימוש. התחמיץ מהבור השני היה יציב לחשיפה לאוויר במשך כל תקופת השימוש בו שהייתה יותר קצרה (חודשיים וחצי בהשוואה ל- 6 חודשים בבור הראשון, כלומר: קצב כרייה מהיר).

תחמיצים מעבדתיים

תוצאות הבדיקות של תחמיצי התירס מוצגות בטבלאות 9-12. במהלך האחסון חלה ירידה בתכולת החומר היבש, וכן במספרי השמרים והעובשים; הפסדי הח"י גדלו בהתמדה בחלוף הזמן; תכולת חומצת החלב הגיעה לשיא בין שבועיים עד חודש לאחר ההחמצה ואח"כ חלה ירידה, ולעומת זאת חלה עלייה מתמדת בתכולת חומצת החומץ במשך האחסון. מהספרות ידוע שהחיידק *Lactobacillus buchneri* שהופך ח' חלב לח' חומץ מתחיל לפעול בשלבים מאוחרים יותר של אחסון התחמיץ (Pahlow et al. 2003) וזה יכול להסביר את הממצא הנ"ל. התחמיצים הטריים (עד כחודש) היו בלתי יציבים לחשיפה לאוויר (טבלא 10). אנחנו מייחסים את השיפור ביציבות האירובית של התחמיצים להתפתחות של חומצת החומץ בהם שידועה כמעכבת שמרים ופטריות אירוביים (Weinberg et al. 1993). שיפור דומה ביציבות האירובית עם הזמן התקבל גם בניסוי משקי עם בלילים בחבילות ארוזות שנדגמו במהלך 5 חודשים במרכז מזון (Weinberg et al. 2011). טבלת מדדי האיכות התזונתית (מס. 11) מצביעה על עלייה מתונה בתכולת האפר ופחיתה מובהקת רק בנעכלות ה-NDF במהלך האחסון.

תוצאות הבדיקות של תחמיצי החיטה משלב הפריחה מוצגות בטבלאות 13-16. בתחמיצים אלה תכולת החומר היבש לא ירדה באופן מובהק במהלך השימור והפסדי הח"י הגיעו לרמה המרבית כבר לאחר חודש. שיא תכולת ח' החלב התקבל לאחר 3 חודשים אחסון וח' החומץ עלתה בהתמדה, אם כי ריכוזיה היו פחותים מאלה שבתחמיצי התירס המעבדתיים. גם בתחמיצים אלה היציבות האירובית השתפרה במהלך השימור. טבלת המדדים התזונתיים מצביעה על פחיתה בנעכלות ח"י ו-NDF במהלך השימור.

תוצאות הבדיקות של תחמיצי החיטה מהבשלת חלב מוצגות בטבלאות 17-20. הפסדי ההחמצה היו גבוהים בהשוואה לאלה משלב הפריחה. תוצאות דומות התקבלו בעבר בעבודות שבצענו (למשל, Chen and Weinberg, 2009). שיא תכולת ח' החלב התקבל לאחר 3 חודשים אחסון וח' החומץ עלתה בהתמדה, גם בתחמיצים אלה היציבות האירובית השתפרה במהלך השימור, בהתאם. טבלת

המדדים התזונתיים מצביעה על עלייה מובהקת בתכולת ה- NDF ופחיתה בנעכלות ח"י במהלך האחסון.

בתחמיצים שמוכנים בצננות תנאי ההחמצה הם מיטביים מבחינת האיטום לאוויר והשליטה על מהלך הניסויים. בתנאים כאלה שלבי ההחמצה הנ"ל מתקצרים וערכי ה- pH יכולים לרדת כבר תוך כמה ימים. לעומתם התנאים בבורות משקיים אינם אידאליים וההחמצה במסת הירק הגדולה יכולה להמשך יותר זמן, אבל אלה הם תנאים ריאליים. מלבד זאת, בדגימות שערכנו לא היה אפשר לשלוט בכל הפרמטרים של ממשק הבורות, כגון אחידות המספוא המוחמץ, ובהידוק והאיטום. כך למשל, כחודשיים לאחר תחילת הדגימות המשק עבר מיעה לכורה תחמיץ; התירס הוחמץ בשני בורות שקצב הכרייה של הבור השני היה יותר מהיר מאשר בראשון. לכן, לביצוע בדיקות כאלה בבורות משקיים כדאי לוודא שממשק הבור היה אחיד לכל תקופת הדגימה. בכל אופן, המודל של תחמיצים בצננות יכול להצביע על המגמות והתהליכים שיכולים להתהוות בבורות משקיים עם ממשק החמצה מוקפד.

תחמיצי חיטה בבאלות (במרכז מזון כפר המכבי) (2013)

בדו"ח הנוכחי נמסרות רק תוצאות תחמיצי הבקורת (ללא תוספים מסחריים) בטבלה 21. תכולת החומר היבש של ירק החיטה הטרי ללא תוספות היה $39.6\% \pm 0.57$. שבשני מועדי הדגימה כל התחמיצים היו במצב מצויין עם מירקם, ריח וצבע אופייניים לתחמיצי חיטה. בחלק גדול מהחבילות התגלו מוקדי עובש בדפנות. הטמפרטורה בתחמיץ במועד הדגימה הראשון הייתה 30-32 מ"צ ובמועד השני 27-28 מ"צ. הירידה בטמפרטורה משקפת את הטמפרטורה של האוויר היותר קרירה בסתיו לעומת הקיץ. מההערכה החושית לא ניתן להצביע על הבדלים בין הטיפולים, כולל תחמיצי הבקורת.

תוצאות בדיקות התחמיצים לאחר 3 ו- 6 חודשי אחסון מובאות בטבלה 21. באופן כללי לא היה הבדל במדדים שנבדקו בשני מועדי הדגימה. אין לנו הסבר מדוע חישובי הפסדי החומר היבש היו יותר נמוכים דווקא לאחר 6 חודשים מאשר לאחר 3 חודשי אחסון; יתכן שתוצאה זו היא מקרית ובטח שאיננה מובהקת סטטיסטית (בגלל סטיות התקן הגבוהות לאחר 3 חודשים). גם בתחמיצים אלה חל שיפור מסויים בעמידות האירובית לאחר 6 חודשי אחסון בגלל עלייה של 25% בריכוז חומצת החומץ. תוצאה זו עקבית עם תוצאות ניסוי שימור הבלילים בבאלות שנ"ל.

חלק מהתוספים שהשתתפו בניסוי שיפר את מדדי תסיסת ההחמצה וחלקם שיפרו את העמידות האירובית. בחירת התוספים צריכה להיעשות על פי צפי קצב ההחמצה הטבעי בהתאם לתכונות המספוא ולפי רגישות התחמיצים לחשיפה לאוויר.

הערות כלליות

העבודה הוצגה בכנס מדעי הבקר ב- 2013 ונשאלנו מדוע לא נבדקו תחמיצים גם לאחר **שנתיים**. מתברר שבארץ יש צורך בכך כאשר רפתות ומשקים נערכים **לשנת שמיטה**. הנחתנו היא שכל עוד לא חודר אוויר לתחמיץ איכותו תישמר ויציבותו האירובית אף תיגבר.

מחקר זה נערך במקביל למחקר שדן בהשפעת העתקת תחמיצים . בהקשר זה כדאי לציין שבעת העתקת תחמיצים הם נחשפים לאוויר; תחמיץ צעיר לא יהיה יציב ולכן לא כדאי להעביר תחמיץ בין בורות לפני שעברו 3 חודשי אחסנה, או לחילופין שבדיקה העלתה שתכולת החש"ן בהם מספיק גבוהה כדי לייצר יציבות אירובית.

העבודה הנוכחית הניבה מאמר ב- Weinberg and Chen (2013) שמצורף לדו"ח.

סיכום ומסקנות

הממצאים הבאים התקבלו בכל סוגי התחמיצים המעבדתיים שנבדקו:

1. הפסדי ההחמצה (הפסדי ח"י) גדלים עם זמן האחסון.
2. שיא בתכולת חומצת חלב חל בין חודש ל- 3 חודשי אחסון בהוד שתכולת ח' חומץ עולה בהתמדה.
3. היציבות האירובית של התחמיצים משתפרת לאחר כמה שבועות, כנראה בגלל התפתחות חש"ן בתחמיץ.
4. באחסון ממושך של תחמיצים יש פחיתה בערכי הנעכלות של ח"י ודופן התא.
5. בין חודש לשלושה חודשי אחסון הפסדי ההחמצה והפחיתה בערכי הנעכלות עדיין מתונים והיציבות האירובית של התחמיצים משתפרת ובמשך זמן זה הכי כדאי להשתמש בהם, כפי שנמצא בניסויים הנ"ל.

ספרות מאוזכרת

- Ashbell G., Z.G. Weinberg, A. Azrieli, Y. Hen, and B. Horev. 1991. A simple system to study the aerobic deterioration of silages. Can. Agric. Engn. 33:391-394.
- Barker B., and W.H. Summerson. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem. 138:535-554.
- Der Bedrosian, M.C., K.E. Nestor and L. Kung Jr. (2012). The effect of hybrid, maturity and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. J. Dairy Sci. 95: 5115-5126.
- Chen, Y. and Weinberg, Z.G. (2009). Changes during aerobic exposure of wheat silages. Anim. Feed Sci. and Technol. 154: 76-82.
- Pahlow, G., R.E. Muck, F. Driehuis, S.J.W.H. Oude Elferink, and S.F. Spoelstra. (2003). Chapter 2: Microbiology of ensiling. In: Silage Science and Technology.

Agronomy Monograph 42. Buxton, D.R., R.E. Muck and J.H. Harrison (Eds.)
American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp 31-93.

Tilley J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion
of forage crops. *Brit. Grassl.* 18:104-111.

Weinberg, Z.G., Ashbell, G., Hen, Y. and Azrieli, A. (1993). The effect of applying
lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. *J. Appl.
Bacteriol.* 75: 512-518.

Weinberg, Z.G., Chen, Y., Miron, D., Raviv, Y., Nahim, E., Bloch, A., Yosef, E.,
Nikbakhat, M. and Miron, J. (2011). Short communication: preservation of
total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch
film – a commercial scale experiment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164: 125-129.

Weinberg, Z.G. and Chen, Y. (2013). Effects of storage period on the composition of
whole crop wheat and corn silages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 185: 196-200.

האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? *כן - לא.

טבלה 1. השפעת גיל תחמיץ חיטה משקי על מדדים שונים.

המדדים הכימיים מבוטאים כאחוז בח"י ומספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

עובשים	שמרים	אתנול	ח' חומץ	ח' חלב	pH	% ח"י	תאריך
2.8	5.0	-	0.80	6.5	3.82	א43.4±0.17	*11.8.10
<2.0	2.4	0.22	1.44	6.7	3.76	ב40.3±1.41	19.8.10
7.1	4.6	0.09	1.18	5.5	3.91	אב42.5±1.23	31.8.10
3.9	5.7	0.07	1.07	5.9	3.82	אבג42.1±1.09	**20.10.10
3.0	4.6	0.12	0.83	5.7	3.79	אבג41.7±1.38	8.11.10
4.7	6.2	0.13	0.94	7.0	3.74	ג39.3±0.79	***21.12.10

*תחילת השימוש בבור **תחילת שימוש בכורה ***סוף הבור

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק (P<0.05).

טבלה 2. תוצאות מבחן החשיפה לאוויר של תחמיץ החיטה המשקי ממועדים שונים.

מספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

התרשמות	עובשים	שמרים	CO ₂ (ג'/ק"ג ח"י)	pH	תאריך
מעופש מאוד	7.5	9.2	א60.6±8.52	א7.3±0.36	11.8.10
נקודות עובש	5.2	7.9	ב5.4±2.53	ב3.86±0.05	19.8.10
עובש	10.7	9.2	א51.7±6.38	אב6.34±1.08	31.8.10
עובש	8.2	8.7	א48.3±3.24	אב4.64±0.47	20.10.10
עובש	7.5	7.9	א53.9±7.36	אב5.66±1.99	8.11.10
מלא עובש ושמרים	7.8	8.7	א48.2±6.80	אב5.99±1.29	21.12.10

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק (P<0.05).

טבלה 3. תוצאות מדדי איכות תזונתית של תחמיץ החיטה המשקי ממועדים שונים.

NDF %	% נעכלות חומר יבש	NDF%	אפר	תאריך
ב46.7±0.67	ג67.1±0.42	א48.1±1.17	9.0	11.8.10
א48.3±0.42	ג66.6±0.27	א49.3±0.65	8.8	19.8.10
ד41.6±0.87	בג67.3±0.49	ב44.3±1.12	8.6	31.8.10
ד41.3±0.38	אב68.1±0.21	ב42.4±0.59	8.7	20.10.10
ג43.3±0.60	בג67.3±0.35	ב44.3±0.73	8.4	8.11.10
אב47.4±0.18	א68.4±0.17	א48.1±1.57	9.1	21.12.10

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק (P<0.05).

טבלה 4. סיכום ניתוח הרגרסיה של מדדי תחמיץ החיטה המשקי כנגד משך האחסון (בימים).

המדד	% ח"י	pH2*	CO ₂	NDF	נעכלות ח"י	נעכלות NDF
חיתוך	44.4	5.88	26.9	48.3	65.7	45.6
ימים	-0.165	-0.002	0.10	-0.013	0.01	-0.005

*pH2, ערך ה-pH לאחר מבחן החשיפה לאוויר.

כל החיתוכים (intercept) היו מובהקים (בד"כ $P < 0.0001$) למעט עבור CO₂; אפקט הימים היה מובהק רק עבור % ח"י ($P = 0.042$), ונעכלות ח"י ($P = 0.0004$).

טבלה 5. השפעת גיל תחמיץ תירס משקי על מדדי החמצה.

המדדים הכימיים מבוטאים כאחוז בח"י ומספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	% ח"י	pH	ח' חלב	ח' חומץ	אתנול	שמרים	עובשים
*5.8.10	38.1±1.71	5.42	-	-	-	6.8	6.8
11.8.10	46.3±0.73אב	4.13	3.6	1.00	0.13	<2.0	<2.0
19.8.10	47.3±1.04א	4.51	1.8	1.29	0.06	6.6	6.4
31.8.10	46.6±0.29אב	4.09	2.6	1.20	0.11	6.1	<2.0
**20.10.10	44.3±1.05ב	4.12	2.1	1.53	0.11	3.7	4.0
8.11.10	41.2±1.37ג	4.13	1.9	1.50	0.15	4.4	5.6
***21.12.10	41.4±0.38ג	4.10	2.0	1.30	0.07	6.9	4.9
****26.1.11	40.3±0.30ג	4.18	2.4	1.81	0.08	3.8	2.7
2.3.11	40.8±0.62ג	4.12	2.8	3.21	-	4.2	2.7
*****12.4.11	39.1±1.48ג	4.13	2.7	-	-	5.2	3.5

*ירוק טרי **תחילת שימוש בכורה *** סוף הבור הראשון **** תחילת הבור השני ***** סוף הבור השני

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 6. תוצאות מבחן החשיפה לאוויר של תחמיץ התירס המשקי ממועדים שונים.

מספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	pH	CO ₂ (ג'/ק"ג ח"י)	שמרים	עובשים	התרשמות
11.8.10	4.2±0.14ג	6.5±1.68ג	9.2	7.5	בד"כ נקי
19.8.10	4.8±0.13ג	11.2±1.45ג	7.9	5.2	קצת עובש
31.8.10	5.9±0.30ב	9.0±2.56א	9.2	10.7	עובש
20.10.10	6.8±0.27א	31.6±4.23אב	9.0	3.5	עובש
8.11.10	6.9±0.65א	30.9±1.96ב	8.7	<2.0	שמרים
21.12.10	7.0±0.34א	49.3±17.77א	9.0	7.1	?
26.1.11	4.2±0.04ג	0.6±0.24ג	4.9	<2.0	נקי
2.3.11	4.2±0.02ג	4.1±0.80ג	4.4	<2.0	נקי
12.4.11	4.3±0.01ג	12.1±2.15ג	7.6	<2.0	שמרים

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 7. תוצאות מדדי איכות תזונתית של תחמיץ התירס המשקי ממועדים שונים.

תאריך	אפר	NDF%	% נעילות חומר יבש	% נעילות NDF
5.8.10	4.9	51.3±1.09	67.5±2.77	55.9±0.27
11.8.10	4.9	46.7±2.45	65.0±0.54	42.0±3.07
19.8.10	5.1	43.7±1.04	65.2±0.54	37.5±0.98
31.8.10	4.4	43.1±1.05	67.2±0.53	39.1±0.99
20.10.10	4.9	48.0±1.55	67.7±0.43	47.4±0.69
8.11.10	4.9	42.7±1.88	69.4±0.35	44.7±0.64
21.12.10	-	43.0±0.32	68.5±0.60	42.8±1.09
26.1.11	4.9	45.2±0.92	67.9±0.64	44.5±1.10
2.3.11	5.4	47.8±1.95	66.7±0.15	45.0±0.25
12.4.12	5.4	51.8±1.09	64.7±0.58	45.7±0.89

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 8. סיכום ניתוח הרגרסיה של מדד תחמיץ התירס המשקי כנגד משך האחסון (בימים).

המדד	% ח"י	pH ² *	CO ₂	NDF	נעילות ח"י	נעילות NDF
חיתוך	46.7	5.75	28.3	51.0	66.8	40.6
ימים	-0.33	0.0035	-0.06	0.09	-0.006	0.01

*pH², ערך ה-pH לאחר מבחן החשיפה לאוויר.

כל החיתוכים (intercept) היו מובהקים (בד"כ $P < 0.0001$), למעט עבור NDF שעבורו $P = 0.05$; אפקט הימים היה מובהק רק עבור % ח"י ($P < 0.0001$), ונעילות NDF ($P = 0.0007$).

טבלה 9. השפעת גיל תחמיץ תירס מעבדתי על מדדי החמצה.

המדדים הכימיים מבוטאים כאחוז בח"י ומספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	% ח"י	pH	הפסדי ח"י	חומצת חלב	חומצת חומץ	שמרים	עובשים
5.8.10	38.1±1.71	5.4	-	-	-	6.8	6.8
11.8.10	37.4±0.21	3.9±0.02	2.2±0.55	5.4±0.31	0.8±0.19*	5.0	<2.0
19.8.10	36.3±0.60	3.8±0.03	5.1±1.63	6.0±0.46	0.7±0.08	4.0	<2.0
31.8.10	35.4±0.82	3.8±0.02	7.5±2.11	6.3±0.17	1.5±0.86	<2.0	<2.0
16.11.10	34.2±0.55	4.2±0.02	11.3±1.42	2.4±0.31	3.1±0.48	<2.0	<2.0
23.2.11	33.3±0.21	4.1±0.05	13.7±0.55	3.6±0.44	2.5±0.10	<2.0	<2.0
10.8.11	34.1±0.74	4.1±0.01	11.7±1.83	4.2±1.11	4.7±0.27*	<2.0	<2.0
שגיאת תקן	2.25	0.03	1.46	0.55	0.42		

*נמצאו גם ח' פרופיונית וח' חמאה (בוטירית) בריכוזים 0.1-0.7%, ואתנול בריכוזים 0.2-0.6% בח"י.

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 10. תוצאות מבחן החשיפה לאוויר של תחמיץ התירס המעבדתי ממועדים שונים.

מספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	pH	CO ₂ (ג'ק"ג ח"י)	שמרים	עובשים	התרשמות
11.8.10	5.1±1.64	19.6±25.47	9.1	6.4	מעופש
19.8.10	3.9±0.02	6.9±0.71	8.0	6.1	מעופש
31.8.10	4.0±0.17	19.7±11.14	4.8	6.3	מעופש
16.11.10	4.2±0.03	4.0±0.82	3.8	<2.0	נקי
23.2.11	4.1±0.04	0.7±0.24	<2.0	<2.0	נקי
10.8.11	4.1±0.02	1.0±0.22	<2.0	<2.0	נקי
שגיאת תקן	0.68	9.2			

טבלה 11. תוצאות מדדי איכות תזונתית של תחמיץ התירס המעבדתי ממועדים שונים.

תאריך	אפר	NDF%	% נעכלות חומר יבש	% נעכלות NDF
5.8.10	4.9±0.00	51.3±1.06	67.5±2.77	53.3±3.99
11.8.10	5.0±0.15	48.9±2.05	61.9±1.00	41.7±1.58
19.8.10	5.4±0.27	50.3±0.42	60.0±0.92	39.8±1.60
31.8.10	5.3±0.10	49.5±2.38	61.3±0.78	40.9±2.67
16.11.10	5.6±0.15	50.1±1.74	59.8±2.88	38.9±4.31
23.2.11	5.4±0.00	44.7±1.66	60.8±0.82	31.9±1.42
10.8.11	5.2±0.12	47.6±3.62	61.5±1.04	37.8±2.42
שגיאת תקן	0.19	2.3	1.19	2.38

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק (P<0.05).

טבלה 12. סיכום ניתוח הרגרסיה של המדדים השונים כנגד משך האחסון (בימים).

המדד	% ח"י	pH	הפסדי ח"י	ח' חלב	ח' חומץ	pH ² *	CO ₂	אפר	NDF	נעכלות ח"י	נעכלות NDF
חיתוך	36.1	3.90	5.83	5.19	0.95	4.3	15.7	5.3	49.5	60.8	40.0
ימים	-0.079	0.0008	0.023	-0.0005	0.01	0.0008	-0.05	0.0001	0.0009	0.001	-0.014

*pH², ערך ה-pH לאחר מבחן החשיפה לאוויר.

כל החיתוכים (intercept) היו מובהקים (בד"כ <0.0001); אפקט הימים לא היה מובהק עבור ח' חלב (P=0.0574), pH² (P=0.56), אפר (P=0.84), NDF (P=0.077) ונעכלות ח"י (P=0.67).

טבלה 13. השפעת גיל תחמיץ חיטה מעבדתי משלב הפריחה על מדדי החמצה.

המדדים הכימיים מבוטאים כאחוז בח"י ומספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	% ח"י	pH	% הפסדי ח"י	חומצת חלב	אתנול	חומצת חומץ	שמרים	עובשים
16.3.11	26.1±0.46	6.52	-	-	-	-	3.8	4.3
23.3.11	24.1±0.37	5.3±0.22	8.6±1.63	3.3±0.55	1.5	0.3±0.08	3.6	<2.0
30.3.11	24.0±0.85	4.6±0.09	9.3±3.54	4.9±0.32	1.7	0.7±0.44	<2.0	<2.0
17.4.11	22.9±0.12	4.4±0.10	13.4±0.59	8.1±0.80	1.7	0.5±0.05	5.0	3.6
16.6.11	23.4±0.97	4.2±0.16	11.7±3.88	8.9±0.70	1.9	1.2±0.30	<2.0	<2.0
6.9.11	24.0±1.26	4.4±0.35	9.6±5.19	5.3±1.10	2.3	1.7±0.17	4.5, 2.6	3.9, 2.6
6.3.12	23.3±0.57	4.3±0.17	12.2±2.35	4.4±1.33	0.9	1.5±0.27	<2.0	<2.0
שגיאת תקן	7.8	0.2	3.3	0.9	0.3	0.6		

נמצאה גם ח' פרופיונית בריכוזים 0.2-0.3% בח"י. חודש לאחר ההחמצה נמצאה בתחמיצים גם ח' בוטירית 0.3-1.8% בח"י (הערכים הגבוהים יותר לאחר 3 חודשי אחסון).

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P<0.05$).

טבלה 14. תוצאות מבחן החשיפה לאוויר של תחמיץ חיטה מעבדתי משלב הפריחה ממועדים שונים.

מספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	pH	CO ₂ (ג'/ק"ג ח"י)	שמרים	עובשים	התרשמות
23.3.11	7.4±0.15	63.5±2.22	6.4	7.2	מעופש לגרמי
30.3.11	5.2±1.18	16.7±22.82	8.4	5.5	בקבוק 1 נקי, 2 עם עובש
17.4.11	5.3±1.51	14.9±5.27	9.4, 8.6	7.3, 2.9	בקבוק 1 נקי, 2 עם עובש
16.6.11	4.3±0.17	5.5±0.42	<2.0	3.9	נקי
6.9.11	4.6±0.38	8.3±7.93	8.6, 3.7	<2.0, 2.6	בקבוק 1 נקי, 2 עם נק' שמרים
6.3.12	4.2±0.22	1.5±0.38	<2.0	<2.0	נקי
שגיאת תקן	0.8	10.5			

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P<0.05$).

טבלה 15. תוצאות מדדי איכות תזונתית של התחמיץ המעבדתי של החיטה משלב הפריחה ממועדים שונים.

תאריך	אפר	NDF%	% נעכלות חומר יבש	% נעכלות NDF
16.3.11	9.1	63.8±0.16	65.1±1.50	55.8±1.77
23.3.11	11.3±1.28	62.2±2.55	68.1±1.88	61.1±2.19
30.3.11	10.5±0.50	62.1±1.21	65.6±2.44	58.0±2.79
17.4.11	9.4±0.15	63.0±0.40	60.7±2.96	52.2±4.55
16.6.11	9.9±0.67	61.3±1.40	60.1±2.07	49.7±3.38
6.9.11	10.0±0.47	60.3±3.01	61.2±2.92	49.4±3.13
6.3.12	11.0±0.82	61.6±1.28	61.5±2.94	53.0±4.00
שגיאת תקן	0.7	1.9	2.3	3.1

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P<0.05$).

טבלה 16. סיכום ניתוח הרגרסיה של המדדים השונים כנגד משך האחסון (בימים).

המדד	% ח"י	pH	הפסדי ח"י	ח' חלב	ח' חומץ	pH2 *	CO ₂	אפר	NDF	נעילות ח"י	נעילות NDF
חיתוך	23.7	4.7	10.3	6.2	1.4	5.77	30.2	10.2	62.1	64.0	55.8
ימים	-0.007	-0.0014	0.002	-0.032	0.012	-0.005	-0.098	0.012	-0.98	-0.104	-0.016

*pH2, ערך ה-pH לאחר מבחן החשיפה לאוויר.

כל החיתוכים (intercept) היו מובהקים (בד"כ <0.0001); אפקט הימים היה מובהק רק עבור pH2 ($P=0.0262$), ו-CO₂ ($P=0.025$).

טבלה 17. השפעת גיל תחמיץ חיטה מעבדתי מהבשלת חלב על מדדי החמצה.

המדדים הכימיים מבוטאים כאחוז בח"י ומספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	% ח"י	pH	% הפסדי חומר יבש	חומצת חלב	אתנול	חומצת חומץ	שמרים	עובשים
3.4.11	32.4±0.80	6.41	-	-	-	-	5.1	4.5
12.4.11	30.6±1.01	5.6±0.16	2.1±1.85	2.1±0.46	1.6	0.3±0.08	2.8	4.3
17.4.11	29.8±0.86	5.1±0.09	7.5±2.92	3.3±0.38	1.7	0.7±0.44	2.5	2.5
3.5.11	30.0±0.65	4.5±0.17	9.9±2.42	5.2±0.76	1.8	0.5±0.30	<2.0	<2.0
5.7.11	28.3±1.29	4.2±0.03	9.7±2.41	6.6±0.35	1.9	1.2±0.17	<2.0	<2.0
25.10.11	29.0±1.40	4.2±0.04	15.0±3.97	5.2±0.31	2.3	1.7±0.02	<2.0	<2.0
21.3.12	28.3±1.86	4.2±0.05	15.3±5.84	3.2±0.21	1.3	2.0±0.40	<2.0	<2.0
שגיאת תקן	1.84	0.1	3.5	0.45	0.31	0.29		

החל משבועיים לאחר ההחמצה נמצאו בתחמיצים ח' פרופיונית (כ-0.2% בח"י) ובוטירית 0.2-1.5% בח"י (הערכים הגבוהים יותר לאחר 3 חודשי אחסון).

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P<0.05$).

טבלה 18. תוצאות מבחן החשיפה לאוויר של תחמיץ חיטה מעבדתי מהבשלת חלב ממועדים שונים.

מספרי השמרים והעבשים כמספר הלוגריתמי של מספר היחידות יוצרות המושבות לגרם ח"י.

תאריך	pH	CO ₂ (ג'/'ק"ג ח"י)	שמרים	עובשים	התרשמות
12.4.11	5.1±0.84	34.7±9.58	8.7	7.2	מעופש
17.4.11	4.6±0.27	16.3±6.15	8.5	7.5	בקבוק 1 נקי, 2 עם עובש
3.5.11	4.4±0.02	3.0±0.53	4.5	3.0	נקי
5.7.11	4.2±0.01	1.8±0.58	<2.0	<2.0	נקי
25.10.11	4.2±0.03	1.1±0.54	<2.0	<2.0	נקי
21.3.12	4.1±0.03	3.3±1.00	<2.0	<2.0	נקי, הריח לא נעים, כהה
שגיאת תקן	0.37	4.68			

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P<0.05$).

טבלה 19. תוצאות מדדי איכות תזונתית של התחמיץ המעבדתי של החיטה משלב החלב ממועדים שונים.

תאריך	אפר	NDF%	% נעכלות חומר יבש	% נעכלות NDF
3.4.11	7.8ב	54.1±0.33בג	66.8±1.50א	47.7±2.08
12.4.11	7.8ב	55.1±2.40ג	64.2±1.13א	48.2±3.15
17.4.11	7.9ב	55.9±1.17ב	62.4±2.94א	45.8±3.47
3.5.11	7.9ב	55.4±0.98בג	60.4±1.46אב	42.0±2.88
5.7.11	7.9ב	60.5±1.42א	58.1±1.02ב	42.1±1.92
25.10.11	8.5אב	59.4±1.00אב	58.2±1.18ב	42.4±2.03
21.3.12	8.9א	59.6±2.16אב	59.3±2.07ב	43.7±2.41
שגיאת תקן	0.37	1.62	1.70	2.80

ממוצעים בטור המלווים באותיות שונות נבדלים באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 20. סיכום ניתוח הרגרסיה של המדדים השונים כנגד משך האחסון (בימים).

המדד	% ח"י	pH	הפסדי ח"י	ח' חלב	ח' חומץ	pH2 *	CO ₂	אפר	NDF	נעכלות ח"י	נעכלות NDF
חיתוך	29.5	5.0	6.6	4.3	0.53	4.63	15.7	7.8	56.2	61.6	44.8
ימים	-0.003	-0.003	0.029	-0.0003	-0.005	-0.002	-0.05	0.033	0.125	-0.104	-0.065

*pH2, ערך ה-pH לאחר מבחן החשיפה לאוויר.

כל החיתוכים (intercept) היו מובהקים (בד"כ < 0.0001); אפקט הימים היה מובהק עבור pH1 ($P=0.002$), הפסדי ח"י ($P=0.002$), ח' חומץ ($P < 0.0001$), pH2 ($P=0.037$), CO₂ ($P=0.038$), אפר ($P < 0.0001$), NDF ($P=0.008$) ונעכלות ח"י ($P=0.0364$).

טבלה 21. סיכום תוצאות תחמיצי החיטה בחבילות ארוזות (ממ"ז כפר המכבי)

התוצאות הכימיות מבוטאות באחוז בחומר היבש והתוצאות המיקרוביולוגיות כמספר הלוגריתמי של היחידות יוצרות מושבות לגרם ח"י.

6 חודשים	3 חודשים	המדד הנבדק/משך האחסון
38.4±0.50	36.6±0.82	אחוז חומר יבש
5.1±1.31	10.9±8.83	אחוז הפסדי חומר יבש
3.7±0.06	3.8±0.02	pH
6.8±0.90	6.9±0.33	חומצת חלב
2.2±0.80	4.6±0.62	אתנול
1.5±0.13	1.2±0.26	חומצת חומץ
3.7±1.42	4.2±1.65	שמרים*
9.0±0.07	9.3±0.11	אפר
58.1±1.59	59.0±0.70	NDF
60.0±0.53	58.4±0.28	נעילות ח"י בכרמ"ל
57.4±1.46	55.3±0.88	נעילות NDF בכרמ"ל
		מבחן חשיפה לאוויר
3.6±0.02	3.9±0.07	pH
6.0±5.1	9.8±7.27	CO ₂ שנוצר (ג/ק"ג ח"י)
7.4±0.78	8.1±0.61	שמרים
לא נמצאו	4.4±1.64	עובשים

*לא נמצאו עובשים