



בדיקת הרכב ואיכות תחמיץ תירס שהוחמץ בשרוולים

תחמיצי החיטה והתירס מהווים מקור עיקרי למזון גס בעדרי הבקר לחלב בארץ. מעבר לאיכות התזונתית הגבוהה של התחמיצים, לשימוש בתחמיצים יש יתרונות גם מבחינה אגרוטכנית על פני שחתות •



עוזי מועלם*, לילה
ליפשיץ*, יאירה חן**,
צבי ויינברג**

הפחת בשדה בהכנת תחמיצים נמוך יותר מאשר בהכנת שחתות, וכן בגלל זמן הקמלה קצר הנדרש בהכנת תחמיץ לעומת שחת, החשיפה לפגעי מזג האוויר מצטמצמת מאוד. הפגיעה העצומה באיכות השחתות בעונה הקודמת (2015) בגלל גשמים במועד ההקמלה גרמו לנזקים עצומים שחלקם היו נמנעים אילו חלק מן התבואה החורפית היה עובר תהליך שימור כתחמיץ במקום שחת. השיטה הנפוצה והמקובלת בישראל להכנת תחמיצים הינה בבורות מבוטנים הדורשים השקעה גדולה בתשתיות. כאשר תהליך ההחמצה מתבצע באופן מוקדם ועל פי עקרונות נכונים, בדרך כלל איכות התחמיץ בבורות תהיה טובה מאוד.

לאחרונה הוכנסה לארץ טכנולוגיה נוספת המאפשרת ייצור תחמיץ על ידי החמצה בשרוולי פוליאטילן – במכונה הנקראת "סילופרס". ההחמצה בשרוולים נמצאת בשימוש מזה שנים רבות במדינות רבות בעולם, ולאחרונה גם בארץ. לשימוש ב"סילופרס" מספר יתרונות, והעיקרית שבהן היא שלשם ייצור התחמיץ אין הכרח בקיומם של בורות תחמיץ. ל"סילופרס" כושר ייצור גבוה, בשלושה גדלים בעלי קוטר שונה (2.70, 3.0 ו-3.60 מ') ובאורך עד 70 מ' ליחידה אחת. למעשה ניתן לייצר תחמיצים בכל מקום באתר הרפת או בשדה, עם השקעה מינימלית בתשתיות. השימוש ב"סילופרס" מאפשר למשקים שעד כה לא עשו שימוש בתחמיץ או שרכשו מזון מספקים שונים, בגלל היעדר תשתיות, להכין תחמיץ בשרוולים ולשנות באופן משמעותי את משק ההזנה. כמו כן, הגמישות הרבה שיש ל"סילופרס" מבחינת מיקום וכמויות, מאפשרת הכנה ושימוש בתחמיצים גם במשקים משפחתיים. יתרון נוסף של ה"סילופרס" הוא בכך שהוא מאפשר ייצור

..גם לאחר מבחן
עמידות, לא נמצאו
הבדלים ברמת ה-pH
בין התחמיץ בשולי
השרוול לעומת זה
שבעומק..."

* המחלקה לבקר וצאן, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
** המחלקה לשימור מספוא, מינהל המחקר החקלאי





שרוולי התחמיץ בשדות קיבוץ מגידו

ללא חומר משמר כביקורת, 2 שרוולים עם חומר משמר מסוג A, ושלושה שרוולים עם חומר משמר מסוג B (החומרים המשמרים מוגדרים A ו-B מכיוון שמטרת התצפית הייתה לבחון את איכות התחמיץ בשרוולי פוליאטילן, ולא להשוות בין חומרים משמרים). החומרים המשמרים פוזרו בעזרת מתקן ייעודי על ה"סילופרס" הפועל כאשר מסוע ההזנה בתנועה וברמת דיוק של גרמים לטון על פי המלצות היצרנים.

תחמיצים במצבים של עודף בחומרי גלם ומחסור בבורות החמצה - תופעה המתרחשת מדי פעם במשקים רבים ובמרכזי מזון.

במאמר זה נציג בפניכם תוצאות של תצפית שנערכה בינואר 2016 על תחמיצי תירס שהוכנו בשרוולים בקיבוץ מגידו, ודיגום נוסף של תחמיץ תירס שהוחמץ בבור במשק תל יוסף.

חשוב לציין כי עבודה זו אינה מוגדרת כמחקר מדעי, והינה תצפית בלבד שבוצעה לאחר מעשה - כלומר רק לאחר שהתחמיץ כבר הוכן - ללא מעקב וליווי בשלבים המוקדמים של הכנת התחמיץ, בדיקת איכות חומרי הגלם והרכבם.

חומרים ושיטות

התחמיץ הוכן מחלקה אחת בקיבוץ מגידו, במהלך 5 ימים בסוף חודש ספטמבר 2015. הוכנו 6 שרוולים: שרוול אחד

..לא נמצאו עקבות של
חומצה בוטירית באף אחד מן
התחמיצים, וריכוזי החומצה
הפרופיונית היו זניחים,
ולכן לא נותחו..

נדגמו 3 שרוולי תחמיץ: שרוול הביקורת, ואחד מכל סוג עם חומר משמר שנדגמו באקראי, כך שהיו לנו דגימות מ: (1) ביקורת ללא חומר משמר; (2) עם חומר משמר מסוג A, ו- (3) עם חומר משמר מסוג B. הדיגום נעשה במהלך חודש ינואר - כ-3 חודשים לאחר מועד ההחמצה.

כל שרוול נדגם ב-2 מקומות לאורך השרוול - בערך בשליש ו-2/3 שליש מאורכו. דוגמאות התחמיץ נלקחו ע"י קדיחה במקדח ייעודי (ע"י דרור פורת), ומכל אתר קדיחה נלקחו 2 דגימות: אחת עד עומק של 0.5 מ' והשנייה מעומק 1 מ'. הראשונה נלקחה כדוגמא מייצגת לשולי השרוול,



איסוף דוגמאות התחמיץ





העובשים והשמרים שהתפתחו ממיצוי דוגמאות התחמיין לאחר החשיפה. בדיקה זו נעשתה ב-3 חזרות לכל דוגמא במעבדה של פרופ' צבי ויינברג במחלקה לאיסוס של מינהל המחקר החקלאי.

תוצאות ודיון

בטבלה מספר 1 מוצגות התוצאות של התחמיצים משלושת השרוולים שנדגמו במגידו והדוגמא מתחמיין הבור בתל יוסף. באופן כללי, אחוז החומר היבש בתחמיצי השרוול היה כ-40% ללא הבדלים בין שלושת השרוולים, והיה מעט יבש יותר מזה המומלץ (32-38%). לעומת זאת שיעור החומר היבש בתל יוסף היה כ-30% ומעט נמוך מן המומלץ. אחוז החומר היבש של תחמיצי השרוול במגידו היה גבוה מזה של תל יוסף. לשיעורי החומר היבש בחומר הגלם יש השפעה על טיב התחמיין במספר רמות: השפעה על כושר ההידוק, סוג האוכלוסייה המיקרוביאלית שתתפתח בשלבים הראשונים של תהליך ההחמצה, פחתים כתוצאה מנגר ועוד.

שיעורי החלבון וה-NDF היו זהים בכל התחמיצים. יש לציין כי שיעורי ה-NDF היו גבוהים מזה המקובל בתחמיצי תירס, ואין לנו הסבר לכך. שיעור ה-ADF היה גבוה בתחמיין של תל יוסף לעומת אלה של מגידו. שיעור האפר לא היה שונה בין התחמיצים והיה נורמטיבי לתחמיצי תירס. רמת ה-pH בכל התחמיצים הייתה בתחום הרצוי - כ-3.8 - ומעידה כי תהליך ההחמצה היה מיטבי בכל סוגי התחמיין - וללא השפעה מיטיבה של החומרים המשמרים. כמו כן רמת ה-pH לא הייתה שונה בין תחמיצי השרוול השונים, או מן התחמיין מהבור בתל יוסף.

ככלל, ריכוזי החומצה הלקטית בכל התחמיצים היה נמוך מזה המקובל. חומצה לקטית הינה חומצה אורגנית חזקה



מידת טמפרטורה

והשנייה בחלק העמוק יותר של השרוול. כמו כן קבענו את הטמפרטורה של התחמיין בדוגמאות עד עומק של 0.5 מ'. 2 דוגמאות תחמיין נוספות נלקחו מבור תחמיין בקיבוץ תל יוסף, אשר הוחמץ בבור ללא תוספת של חומרים משמרים.

בדוגמאות התחמיין הטריות קבענו את אחוז החומר יבש, אחוז החלבון, שיעור ה-NDF, ADF ואפר. בנוסף נקבעה דרגת החומציות (pH), שיעור החומצה הלקטית, ריכוז חומצות השומן הנדיפות ונוכחות עובשים ושמרים.

בנוסף בצענו מבחן עמידות של התחמיצים בחשיפה אירובית ל-5 ימים. בשיטה זו דוגמאות התחמיין מוכנסות לבקבוק שחלקו העליון פתוח לכניסת אוויר - מדמה חשיפה חלקית של התחמיין לתנאים אירוביים. לאחר 5 ימים קבענו את ה-pH, ייצור פחמן דו חמצני - CO₂, וכמות

טבלה 1

מגידו - ביקורת	מגידו - A	מגידו - B	תל יוסף - בור	שת"מ	
חומר יבש, %	42.0 ^a	39.0 ^a	40.3 ^a	30.1 ^b	1.2
חלבון, % בח"י	8.63	8.15	7.87	7.70	0.45
NDF, % בח"י	52.3	53.5	52.9	54.5	0.9
ADF, % בח"י	27.5 ^b	27.6 ^b	28.4 ^b	33.6 ^a	0.92
אפר, % בח"י	6.87	7.25	7.40	5.35	0.64
pH, יחידות	3.83	3.82	3.79	3.81	0.016
חומצה לקטית, % בח"י	2.05 ^b	2.28 ^{ab}	2.60 ^a	2.25 ^{ab}	0.17
חומצה אציטית, % בח"י	2.08 ^b	1.16 ^c	2.12 ^b	4.90 ^a	0.46
אתנול, % בח"י	0.25	0.57	0.26	0.15	0.12
שמרים, log CFU/g	2.76 ^{ab}	6.08 ^a	1.43 ^b	1.50 ^{ab}	1.45
עובש, log CFU/g	0	0	0	0	0

תוצאות לאחר מבחן עמידות

pH, יחידות	3.87 ^b	5.23 ^a	3.84 ^b	3.98 ^{ab}	0.46
CO ₂ , ג' לק"ג ח"י	4.62 ^b	41.9 ^a	5.32 ^b	^b 4.50	10.6
שמרים, log CFU/g	4.0	8.82	4.2	7.05	1.9
עובשים, log CFU/g	3.02 ^b	5.58 ^a	2.30 ^b	^b 1.40	0.87





קדיחת השרוולים

בתחמיץ עם החומר משמר מסוג B, והיה שונה באופן מובהק מזה שבקבוצת הביקורת. למרות שההבדלים ב-pH לא נמצאו מובהקים, ניתן לראות כי בתחמיץ הביקורת נמצאו ריכוזי חומצה לקטית נמוכים ואילו ריכוזי ה-pH של תחמיץ זה היו

עם השפעה חזקה על ירידת ה-pH בתהליך ההחמצה, ולכן לריכוזה בתחמיץ חשיבות רבה בגלל תרומתה לירידה מהירה של רמת ה-pH בתחילת תהליך ההחמצה, ועידוד ההחמצה האנאירובית. ריכוז החומצה הלקטית הגבוה ביותר נמצא

כריון PIRION
שירותי מעבדה

בדיקות חומר יבש לתחמיצים בקציר
איסוף בכל הארץ
Israeldairyland@gmail.com
שייקה 050-5310658 דרור 052-8967648 פקס 077-4503801





לא נמצאו הבדלים מובהקים בטמפרטורת התחמיץ בין שלושת השרולים שנמדדה בעומק 0.5 מטר בלבד.

בניתוח חוצה טיפולים שבחן את איכות התחמיץ בשולי השרולים (עד 0.5 מ') לעומת זה שנמצא בעומק של 1 מטר, נמצאו הבדלים במספר פרמטרים. באופן מפתיע ה-pH היה נמוך יותר בתחמיץ שנדגם ממעטפת השרול לעומת עומק השרול (3.79 לעומת 3.83, בהתאמה, $P < 0.02$), אשר נמצא במתאם עם כמות החומצה הלקטית שהייתה גבוהה יותר במעטפת מאשר בעומק השרול (2.53 לעומת 2.08, בהתאמה, $P < 0.03$). לעומת זאת כמות השמרים נטתה להיות גבוהה יותר במעטפת מאשר בעומק השרול (4.33 לעומת 2.03, בהתאמה, $P < 0.1$). תוצאה זו מעידה שרמת חומציות נורמלית אינה מעידה בהכרח על החמצה אופטימאלית או היעדר נוכחות של עובשים.

גם לאחר מבחן עמידות, לא נמצאו הבדלים ברמת ה-pH בין התחמיץ בשולי השרול לעומת זה שבעומק. רמת ה- CO_2 הייתה פי 2 בתחמיץ אשר בשולי השרול לעומת זה שבעומק השרול (ל"מ), ואילו ריכוז השמרים היה גבוה יותר מפי 2 בתחמיץ שנדגם משולי השרולים, לעומת זה שבעומק השרול. גם תוצאה זו תומכת בכך שרמת חומציות אופטימאלית אינה מעידה בהכרח על הימצאות נמוכה של עובשים ושמרים בתחמיץ לאחר חשיפה לתנאים אנאירוביים.

סיכום

ככלל, בכל השרולים שנבחנו לא נמצאו תוצאות חריגות בהרכב החומר או במאפיינים של התחמיץ הטרי בהשוואה לתחמיץ שהוכן בבור, או במבחן על פי פרמטרים מקובלים לבחינת איכות תחמיץ. כמו כן, בכל הפרמטרים שבחנו את איכות התחמיץ הטרי שהוכן בשרולים עם חומרים משמרים, לא נמצא יתרון בהשוואה לתחמיץ שהוכן ללא חומר משמר – בשרול או בבור.

במבחן העמידות, התחמיץ שהוכן עם חומר משמר מסוג A הראה תוצאות פחות טובות מכל שאר התחמיצים, ואילו זה שהוכן עם החומר משמר מסוג B לא הראה תוצאות טובות יותר מאלה שהוכנו ללא חומר משמר. יש לציין כי מבחן העמידות ל-5 ימים הינו מחמיר באופן יחסי, משום שבעבודה היומיומית תחמיץ אינו אמור להיות חשוף לתנאים אירוביים, ואפילו חלקיים, במשך כחמישה ימים רצופים.

מתצפית זו נראה כי איכות ההחמצה בשרולים עומדת במבחני איכות מקובלים, ואינה נופלת מזו של תחמיץ שהוכן בבור. יחד עם זאת, יש צורך בביצוע ניסוי מסודר רחב היקף שיכלול מעקב אחר תהליך ההחמצה מראשיתו, דיגום חומרי הגלם והשוואה בין מדגם גדול יותר של שרולים ובורות החמצה של תחמיץ תירס וחיטה. ▲

גבוהים מספרית. לעומת זאת, בתחמיץ עם החומר משמר מסוג B ריכוזי החומצה לקטית היו גבוהים, ובהתאמה – רמת ה-pH הייתה נמוכה יותר.

ריכוזי החומצה האצטית היו נמוכים ביותר בתחמיץ עם החומר משמר מסוג A, וגבוהים ביותר בתחמיץ הבור בתל יוסף. ריכוזים גבוהים של חומצה אצטית מסייעים לעמידות התחמיץ בתנאים אירוביים, בגלל היותם מדכאי התפתחות שמרים ועובשים. יחד עם זאת, ריכוז גבוה של חומצה אצטית כמו זה שנמצא בתחמיץ הבור עלול לפגוע בטעימות ובנאכלות של התחמיצים ע"י בעלי החיים. לא נמצאו עקבות של חומצה בוטירית באף אחד מן התחמיצים, וריכוזי החומצה הפרופיונית היו זניחים, ולכן לא נותחו.

האתנול הינו חומר המופרש בתהליך תסיסה של שמרים, ולכן ריכוז גבוה שלו יכול להעיד על נוכחות גדולה יותר של שמרים בתחמיץ. ריכוזי האתנול לא נמצאו שונים באופן מובהק, ואולם נטו להיות גבוהים יותר בתחמיץ החומר משמר מסוג A מאשר בשאר התחמיצים.

ריכוז השמרים הרצוי בתחמיץ הטרי הינו מתחת ל- $5 \log CFU/g$. ריכוז השמרים היה גבוה ביותר בתחמיץ עם החומר משמר מסוג A (6.08), ואילו הנמוך ביותר נמצא בתחמיץ עם החומר משמר מסוג B, שהיה דומה לזה של התחמיץ שהוכן בבור. לא נמצאו עובשים באף אחד מן התחמיצים בחומר הטרי.

תוצאות מבחן העמידות מראות כי רמת ה-pH הייתה גבוהה ביותר בשרול שהכיל החומר משמר מסוג A, ולא הייתה שונה באופן מובהק מה-pH בתחמיץ מהבור. 2 תחמיצי השרול האחרים הראו רמת חומציות נמוכה יותר. רמת pH מעל 4.5 לאחר מבחן עמידות נחשבת כרמה גבוהה מידי המעידה על עמידות נמוכה.

הפחמן הדו-חמצני (CO_2) מופרש בתהליך התסיסה של שמרים ופטריות, ועלייה בריכוזו מעידה על נוכחות ופעילות מוגברת של פטריות הגורמת לקלקול התחמיץ. בדרך כלל ריכוזים הנמוכים מ-10 ג' לק"ג ח"י נחשבים כנורמטיביים. ריכוז ה- CO_2 היה גבוה יותר באופן בולט בתחמיץ החומר משמר מסוג A לעומת שאר התחמיצים. נוכחות השמרים נטתה להיות גבוהה יותר בתחמיץ שהכיל החומר משמר מסוג A לעומת השרולים שהכילו החומר משמר מסוג B או ללא חומר משמר, וזהו לתחמיץ הבור. גם כמות העובשים בתחמיץ החומר משמר מסוג A הייתה גבוהה יותר מאשר בשאר התחמיצים, וכל זה בהתאמה לרמת ה-pH וריכוז ה- CO_2 שנמצאו גבוהים בתחמיץ זה.

