

## תוספות לשיפור השימור של צמחי מספוא להחמצה

גלעד אשבל ויאירה חן

היחידה לשימור מספוא ומוצרי לואי, מינהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, בית דגן

### מבוא

טכנולוגית השימור של מספוא (מוצרי לואי או שאריות אורגניות) על ידי החמצה, היא טכנולוגיה מורכבת המתבצעת בעזרת ציוד יקר ומתוחכם. מידת הצלחת השימור מותנה במיומנות העובדים ובתיזמון נכון של ביצוע השלבים השונים.

יש לציון, שרמת התחמיצים בארץ היא מתקדמת ביותר, הציוד משוכלל וההשגים ראויים להערכה. שיכול או שיפור בכל אחד משלבי ההכנה השונים ישפיע על ערכו הסופיים של התחמיץ. מגוון התוספות הקיימות לשיפור התחמיצים הוא רב ומספרם עולה עם העמקת הידע וההבנה בתהליכי התסיסה ובשינויים הכימיים והמיקרוביולוגיים המתרחשים בתהליכי ההחמצה. לנוחיות ההבנה נגדיר כתוספת "חומר המוסף לתחמיץ במטרה להעלות את ערכו התזונתי של המוצר המשומר. העלאת הערך התזונתי יכולה להיעשות על ידי תוספת מרכיבים תזונתיים, או על ידי הקטנת הפסדים". בעבודה זאת נדון במספר סוגיות הקשורות במגוון התוספות המשמשות לשיפור השימור של מספוא המשומר על ידי החמצה (Bolsen et al 1995).

### מגוון התוספות

באופן כללי נוח לחלק את התוספות ל-3 קבוצות עיקריות:

1. **תוספות תזונתיות:** קבוצה זאת מאופיינת על ידי חומרים אשר עיקר תרומתם בערכים תזונתיים. התרומה יכולה להיות במרכיבים תזונתיים ישירים לבע"ח, או כקרקע מזון לשיפור פעילותם של חידיקי התסיסה. מקבוצה זאת נציין את המולקסה שעיקר ערכה בתכולה הגבוהה של סוכרים.

2. **תוספות כימיות:** חומרים אשר

בתכונותיהם הכימיות משפיעים על תהליכי התסיסה. ההשפעה יכולה להיות על ידי עידוד תהליך, כמו הורדת pH, או עיכוב תהליך כמו מניעת התפתחות פטריות או שמרים בתנאי חשיפת תחמיץ לאוויר. לקבוצה זאת נשייך את החומצות האורגניות.

3. **תוספות ביולוגיות:** קבוצה זאת כוללת חיידקים ואנוזימים; מטרתם לשפר את תהליכי התסיסה ולהקטין הפסדים.

התוספות המסחריות יכולות להכיל קבוצה אחת או יותר של תוספות, הכל בהתאם לחומר המוצא וצרכי השוק. מספר התוספות המסחריות הוא רב; את שמותיהם ותכונותיהם ניתן למצוא בקטלוגים שונים שפורסמו באנגליה על ידי Wilkinson (1985) ובארה"ב על ידי Bolsen & Heidke.

### תוספות תזונתיות

1. מולסה; מוצר לוואי מתעשיית הסוכר (סלק או קנה-סוכר), נוזל שחור צמיג, מכיל כ-70-75% חומר יבש, כ-65% פחמימות מסיסות במים כאשר סוכרוז הוא המרכיב העיקרי. המוצר זול יחסית בארצות בהן תעשיית הסוכר מפותחת.

תוספת מולסה לתחמיצים מקובלת הרבה מאד שנים, היא מביאה להעלאת שיעור החומר היבש וחומצת החלב ולהורדת pH והאמוניה (Ely, L.O. 1978). ניתן להוסיף מולסה לצמחי מספוא רבים, אך מומלץ להוסיפה לחומרים קשי החמצה עניים בסוכרים, כמו קטניות או צמחי מספוא טרופיים. הכמות המומלצת היא כ-50 ק"ג לכל טון ירק.

2. דגנים: גרגרי תירס, חיטה, שעורה, סורגום ואחרים מוספים לתחמיצים במטרה להעלות את הערך התזונתי ולשפר את תהליך התסיסה

הפטריות והשמרים. תוספת אמוניה מאריכה את משך זמן התסיסה, ומביאה לתחמיץ עם pH גבוה יותר ותכולה גבוהה יותר של חומצות שומן. מקובל להוסיף כ-5 ק"ג אמוניה לטון ירק טרי (Ashbell and Weinberg 1993). עיקר המגבלות של השימוש באמוניה הן קשיי היישום של פיזור החומר ורעילותו הגבוהה. עיקר פיתוח השימוש באמוניה כתוספת לתחמיצים ולמוצרי לוואי נעשה על ידי Huber J.T. (1980).

2. חומצות מינרליות; דחיפה מואצת לשימוש בחומצות מינרליות חזקות (חומצת מלח וחומצה גפריתית) היו עבודותיו של החוקר הפיני Virtanen. שיטתו מכונה "שיטת AIV". השיטה היתה מקובלת בעיקר במדינות סקנדינביה. המטרה היתה להוריד את pH של הירק עד ל-3.6 (Virtanen, A.V. 1933). בדרגת חומציות זאת לא היתה פעילות של החידקים יוצרי חומצת החמאה ונעצרה הפעילות האנזימטית של הצמח. כיום השיטה כמעט שאינה בשימוש. אי הנוחות בעבודה עם חומצות מרוכזות, הפעולה המאכלת שלהן ומציאת חומרים טובים יותר דחקו אותה.

3. חומצות אורגניות; בניגוד לחומצות המינרליות, עיקר הפעילות של החומצות האורגניות היתה ביצירת תנאים מתאימים לפעילות החידקים יוצרי חומצת חלב, מניעת התפתחות חידקי קלוסטרדיה ועיכוב התפתחות פטריות ושמרים. מספר החומצות האורגניות המשמשות כתוספת להחמצה הנה ארוכה.

נתימקד בחשובות שבהן: **חומצת נמלים** (חומצה פורמית  $\text{HCOOH}$ ) בצורה מסחרית נמצאת בתמיסה מימית בריכוז של 80%–85 ומוספת בכמות של 2–4 ליטר לטון ירק טרי. עיקר השפעתה בעידוד התפתחות חידקים יוצרי חומצת חלב ודיכוי חידקי קלוסטרדיה. **חומצת אצטית** (חומצת חומץ  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) משפרת את תהליכי התסיסה, מקטינה את הפסדי החומר היבש ומשפרת את עמידות

(Jones et al 1990) בתחמיצים רטובים. לדגנים המוספים גם תפקיד חשוב בהעלאת אחוז החומר היבש. הגרגרים המוספים יכולים להיות שלמים, גרוסים או לחוצים. מאחר שעיקר הפחמימות בגרגרי הדגנים נמצאות כעמילן, אשר אינו זמין לתסיסה על ידי רוב חידקי חומצת החלב, וכדי להגביר את התסיסה, מוצע להוסיף גם עמילן או חומר עשיר בעמילן, כמו מאלט. כמות הדגנים המוספים יכולה להגיע עד ל-100 ק"ג לכל טון ירק. החסרון העיקרי בתוספת גרגרי דגניים הוא בעבודה הידנית שתוספת זאת מחייבת.

3. מוצרי לוואי ושאריות אורגניות; לקבוצה זאת נשייך סחיט מיובש מקליפות פרי הדר או מסלק סוכר, וכן עודפים של מוצרים חקלאיים כמו תפוחי-אדמה ועוד. החומרים המיובשים מעלים בתחמיץ את תכולת החומר היבש ואת הערך התזונתי, ומשפרים את תהליך התסיסה. מספר מוצרי הלוואי או השאריות האורגניות הניתנות להחמצה הוא רב. יש להכיר את תכונותיו וערכיו של החומר המוסף כדי לשמרו ולנצלו בצורה המתאימה.

## תוספות כימיות

1. מרכיבים חנקניים; במסגרת תוספות לתחמיץ, הכוונה בעיקר לאמוניה ולאוריאה. המטרה להעלות את תכולת החלבון הכללי בתחמיץ ולהשפיע חיובית על כושר השתמרות. לאוריאה ולאמוניה אותה פעילות. האוריאה בעזרת האנזים אוריפאזה המצוי במיקרואורגניזמים שעל הצמחים מפרק את האוריאה לאמוניה. פעילות האמוניה היא מיידית, בעוד שפעילות האוריאה מתעכבת ואיטית יותר.

לתוספת אמוניה לתחמיצים מייחסים מספר יתרונות ובהם העשרת התחמיץ בחנקן לא חלבוני (NPN) ובחלבון אמיתי (על ידי צמצום פירוק חלבון וכן סינטוז חלבון על ידי חידקים). אמוניה מצמצמת פעילות אנזימי נשימה ומקטינה הפסדי חומר יבש, מונעת התעפשות בתנאי חשיפה לאוויר על ידי הקטנת מטען

ואינה מספיקה כדי לקבל תסיסה טובה. זה אופייני לצמחים עם תכולה נמוכה של חומר יבש וכן בקטניות. פעילות מיוחדת של אנזימים מביאה לעודף סוכרים בתחמיץ ולקלקולו המהיר בעת חשיפה לאוויר (Weinberg et al 1995). פעילות האנזימים מושפעת מאד מהכמות המוספת, מהטמפרטורה, ה-pH ותכולת הרטיבות. התוספות האנזימטיות מופיעות באופן מסחרי בדרך כלל יחד עם תוספות תרבויות חיידקים (Henderson & McDonald 1977).

תרבויות חיידקים; תהליך התסיסה בתחמיץ נעשה על ידי חיידקים, מכאן שתוספת של חיידקים רצויים תשפר את התהליך ותתגב את התסיסה לאפיק רצוי. תעשיית תרבויות החיידקים לתחמיצים מתפתחת במהירות רבה, והמגוון המסחרי הוא רב. תנופה חשובה בהתפתחות תעשיית תרבויות החיידקים לתחמיצים באה לאחר הכרת המיקרופלורה הטבעית הנמצאת על צמחי מספוא. אוכלוסיה זאת תשתנה בהתאם לתנאים המשתנים שישדרו בתחמיץ (Pahlow and Mueller 1990). בפיתוח תרבויות חיידקים כתוספת לתחמיץ, יש לקחת בחשבון גורמים רבים הקשורים בחידק, בתנאי התפתחותו, ביעילותו, בכוח הרבייה, בדרישותיו התזונתיות ועוד. יש גם צורך בהתאמה בינו לבין צמח המספוא. מכאן שלפני השימוש המעשי בתרבות חיידקים מסחרית, יש לוודא בתנאי משק שאכן ביצועיו עונים על הציפיות. שיפור תהליכי התסיסה על ידי תרבות החיידקים צריך להשפיע על העלאת איכות התחמיץ והקטנת ההפסדים, ומכאן על ביצועי הבע"ח, תוספת חלב או בשר. בגלל מורכבות ומגוון ההשפעות חשוב לבצע בדיקה ביולוגית של תרבות החיידקים בצורה מבוקרת, כדי לאמוד את ערכה האמיתי של התוספת.



#### ספרות

1. Ashbell, G., and Weinberg, Z.G. (1993). The effect of applying ammonia on corn, wheat, and sorghum upon ensilage. *can Agric. Engin.* 35:113-117.
2. Bolsen, K.K. and Heidker, J.I. (1985). Silage additives USA.

התחמיץ בעת החשיפה לאוויר. המחיר הגבוה והצורך בהוספת כמויות גבוהות יחסית של חומצה מונעות את השימוש הרחב בחומצה זאת.

**2. חומצה פרופיונית ( $C_2H_5COOH$ ), חומצה חלשה יחסית המשפיעה על המערכת האנזימטית של הנשימה. עיקר השפעתה בפעילות האנטימיקוטית שלה, דהיינו עיקוב התפתחות שמרים ופטריות. חשיבותה העיקרית של החומצה האצטית בשמירת התחמיץ במקרה של חדירת אוויר או בזמן חשיפת התחמיץ לאוויר (Woolford M.K. 1984). גם לחומצות אורגניות אחרות השפעות חיוביות על תחמיץ, אך חשיבותן המעשית נמוכה. בגלל תכונות המאכל של החומצות הנ"ל והסכנה לבריאות העובד, ישנה נטייה להשתמש במלחים של החומצות, אך יעילותן בדרך כלל נמוכה יותר.**

**3. פורמאלדהיד.** מצוי בשוק כתמיסה מימית 35%–40% של פורמלין. עיקר פעילותו כמעכב התפתחות חיידקים (בקטריסטאט) ומונע פירוק חלבון. במינונים גבוהים, 12–17 ליטר לטון ירק טרי נמצאה ירידה בנאכלות ובעכבות של הצלולה. מאידך, במינון נמוך של 2.8 ליטר לטון ירק נמצאה עליה בשיעור חומצת החמאה והאמוניה. השילוב של תערובת פורמאלדהיד עם חומצות הביא להשפעה הטובה ביותר.

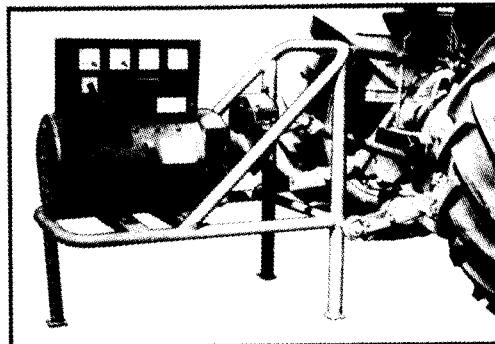
**4. תוספות ביולוגיות.** נחלק אותן לאנזימים ולתרבויות חיידקים.

אנזימים; חלק גדול מהפחמימות המצויות בצמחי מספוא מופיעות כרב-סוכרים ואינן ברי תסיסה. פירוקם לחד-סוכרים אפשרי על ידי אנזימים, ובדרך זאת יעשירו את הירק בסוכרים ברי תסיסה שייסעו בתהליך ההחמצה, ובמידה מסוימת אף יגדילו את הנועכלות. בעיקר מדובר באנזימים מפרקי צלולה ועמילן. לתוספות האנזימטיות יש חשיבות בצמחי מספוא שתכולת הסוכרים בהם היא נמוכה

- fermentation and cattle performance. J. Agric. Sci. Camb. 115:399-408.
8. Pahlow, G. and Mueller Th. (1990). Determination of epiphytic microorganisms on grass as influenced by harvesting and sample preparation. In: Proc. 9th silage conference Newcastle-upon-Tyne, UK. pp. 23-24.
9. Virtanen, A.I. (1933). The AIV method of processing fresh fodder. Empire J. of Exp. Agric. 1: 143-155.
10. Weinberg, Z.G., Ashbell, G., Hen, Y. and Azrieli, A. (1955). The effect of cellulase and hemicellulase plus pectinase on the aerobic stability of peas and wheat silages. Anim. Feed Sci. and Tech. 55: 287-293.
11. Wilkinson, M. (1985). Silage aids UK.
12. Woolford, M.K. (1984). Silage additives and their role in fermentation. In: The silage fermentation (Woolford, M.K. ed.)
3. Bolsen, K.K., Ashbell, G. and Wilkinson, J.M. (1995). Silage additives In: Biotechnology in animal feeds and animal feeding (Wallace and Chesson ed.)
4. Ely, L.O. (1978). The use of added feedsuffs in silage production. In: Fermentation of silage-a Review (McCullough, M.E. ed.).
5. Henderson, A.R., and McDonald, P. (1977). The effect of cellulase preparation on the chemical changes during ensilage of grass in laboratory silos. J. of Sci. of Food and Agric. 28:486-490.
6. Huber, J.T. (1980). The use of ammonia in protein enrichment of feed by-products and animal wastes. In: Upgrading residues and by-products for animals (Hubeer, J.T. ed.)
7. Jones, D.I.H., Jones, R. and Moseley, G. (1990). Effect of incorporating rolled barley in autumn cut ryegrass silage on effluent production, silage

# גנטרקטור

מקור כוח חסכוני  
מופעל על ידי טרקטור



הפתרון האידיאלי לשימוש בשעת חירום. תוך ניצול הטרקטור שלך, חיבורו לגנטור והפעלת המערכת תבטיח המשך עבודה סדירה גם בעת הפסקת חשמל. הפעלת הגנטור אינה מסובכת ומתאימה לכל סוגי הטרקטורים. אם ברשותך טרקטור חסור זמן וכסף בעת הפסקות חשמל.

פרופ' שור 59 א. תעשיה חולון טל. 03-5570560 פקס. 03-5568231

