



תחמיץ חיטה: בין ביולוגיה לפרקטיקה

**כמדי שנה עת החורף מתקרב לסימונו
אנו עומדים בפני עונת הכנת תחמיצי
האביב. ברשימה זו מתאר ד"ר שעני
את התהליכים הביולוגיים העוברים
על הצמח מרגע הקציר ועד הפיכתו
לתחמיץ, ואת הפעולות שביכולתנו
לבצע בכדי שתהליך ההחמצה יתבצע
בצורה אופטימלית •**



יואב שעני

התהליך הבסיסי של הכנת תחמיץ, הוא החמצת ירק בתנאים אנאירוביים (סביבה נטולת חמצן) והורדת ה-pH של הירק מ-6.5 לפחות מ-4.0. בתהליך זה ממירים סוכרים לחומצות אורגניות - בעיקר לחומצות חלב (חומצה לקטית).
תהליך ההחמצה של הירק כולל מספר שלבים:

1. השלב האירובי - בשלב זה המתחיל מרגע הקציר סביבת הצמח עדיין אינה נטולת חמצן ואנזימי הצמח ומיקרואורגניזם הצמודים לצמח משתמשים בסוכרים וחלבונים מהצמח לנשימה והתרבות. תהליכים אלו הינם שליליים כיוון שמלווים ביצירת חום ואיבוד של סוכרים וחלבונים ולכן המטרה היא לקצר שלב זה ככל האפשר.
2. שלב התסיסה - מרגע שנצרך כל החמצן שנלכד בין חלקיקי הירק מתחיל שלב התסיסה (כ-24 שעות לאחר סגירת הבור). בשלב זה מתחילה תסיסה של סוכרים מסיסים בצמח ע"י מגוון חיידקים, לרוב ממשפחת אנטרובקטריה אשר עמידים לטמ'פ' הגבוהה אשר נוצרת במהלך השלב הראשון. חיידקים אלו אשר מסוגלים לפעול ב-5-7 pH, מייצרים בעיקר חומצה אצטית וחומצה לקטית.
- ברגע שה-pH יורד מ-5.0 מתחיל שלב 3.
3. השלב האנאירובי - בשלב זה חיידקים מייצרי חומצת חלב (לקטובציליים) נהפכים לדומיננטים בתסיסה. חיידקים אלו עמידים ל-pH נמוך ותוצר התסיסה שלהם, חומצה לקטית, הינה חומצה חזקה אשר יעילה בהורדת ה-pH. כאשר ה-pH יורד מתחת ל-4.0 מפסיקה פעילות החיידקים ולמעשה התחמיץ מוכן.

הכנסה לבור ותהליך ההחמצה

עוד לפני השלב הראשון בתהליך ההחמצה עלינו לדאוג להכניס לבור התחמיץ ירק בעל פוטנציאל החמצה מרבי.



כבר בשלב ההחמצה חשוב להכניס לבור התחמיץ ירק בעל פוטנציאל החמצה מיידי

אלה המייצרים חומצה לקטית. כאשר % הח"י גבוה מדי יתפתחו שמרים ופטריות ואילו כאשר הוא נמוך מדי יתפתחו חיידקי קלוסטרידיה. % הח"י הרצוי להכנת תחמיצי חיטה הינו 31-36, ניתן להכין תחמיץ גם בטווח רחב יותר, אך רצוי לנסות להגיע

מספר גורמים משפיעים על פוטנציאל ההחמצה של הירק המוכנס לבור ועל רובם באפשרותנו להשפיע: 1. % החומר היבש (ח"י) - ל-% הח"י בצמח השפעה רבה על יכולת ההידוק של הירק, אך מלבד זאת תכולת המים צריכה להתאים להתפתחות החיידקים הרצויים, כלומר

להאביס עם קש טחון טרי ולקבל יותר תפוקת חלב/בשר ויותר כסף

רפתן חכם אז אהיה פראייר!

כדאי לבחור ב-Roto Grind

חל אולי שאתם וסמח כשר

❖ פשוט - מערכת הפעלה מאוד אפקטיבית המאפשרת לאותה מכונה לעבוד עם טרקטורים מ-70 עד 200 כו"ס. אנחנו יכולים להתאים גם למערכות בהספק 540-1100 סל"ד. ❖ ההספק נקבע ע"י: סוג החומר, מצב החומר (רטוב או יבש), עד כמה דק הוא טחון. חוזק הטרקטור לדוגמא: עם 80-90 כו"ס ברמת יובש גיולה בטחינה בינונית יכולה לטחון 15 טון לשעה. בשל אפשרות גיוון רב של משתנים התפוקה נעה בין 5-40 טון בשעה.



❖ המכונה שיכולה לטחון ולרסק חומרים רטובים וקשים שמכונות אחרות לא יכולות. ❖ אחזקה קלה - במכונה 2 חלקים נעים בלבד, מהם רק חלק נשחק אחד. המרסקות עשויות תרכובת טונגסטן קשה והן ניתנות להחלפה בכל 4 הכיוונים.

מגדלי הבקר בגרמניה, אנגליה וארה"ב טוחנים לעצמם יום יום את הקש במנה

רח' פיק"א 10, פתח תקווה, 49611, נייד: 050-5379383 טלפון/פקס: 03-9227921
דוא"ל: aaviram11@bezeqint.net

א.אבירם
טכנולוגיות מיחזור





שלב הקיצוץ הוא השלב המתאים ביותר לפיזור הומוגני של חומרי העשרה במידה ונרצה להשתמש בכאלה, אך ניתן לפזר חומרים אלו גם ישירות על המשאית או על הירק בבור עצמו

הראשונים בתהליך ההחמצה. ניתן לקצר את תהליך ההחמצה ע"י שליטה בכל אחד מהשלבים בהכנת התחמיץ.

שלבי הכנת התחמיץ

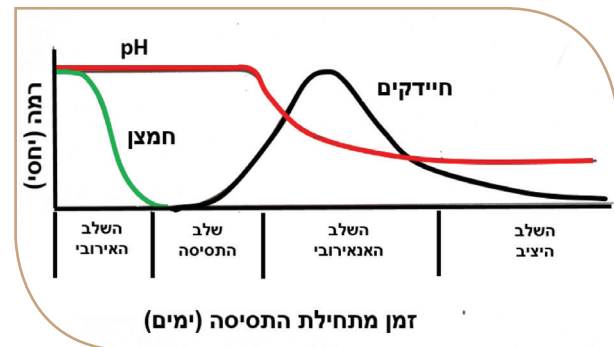
1. קציר – קביעת מועד הקציר מושפעת בעיקר משלב ההבשלה ומתנאי מזג האוויר. מקובל לקצור חיטה לתחמיץ בסוף שלב הבשלת חלב אף כי מועד זה אינו אופטימלי בהיבט של ערכו התזונתי הצמח (ריכוז החלבון ונעכלות NDF). הסיבה לקציר במועד זה הינה בעיקרה כלכלית (מיקסום יבול הח"י תוך התפשרות מועטה יחסית על איכותו), אך בהחלטה על מועד קציר זה אנו משפרים את הסיכוי להביא חומר בעל פוטנציאל החמצה אופטימלי: הבאת ירק שנקצר בשלב זה דורשת הקמלה קצרה יחסית, ולכן מורידה את התלות בתנאי מזג-אוויר במהלך הכנת התחמיץ. קציר של צמח צעיר יותר מצריך זמן הקמלה ארוך, וכתוצאה מכך תלות גבוהה יותר בתנאי מזג-אוויר, ובמידה ונכניס לבור ירק עם תכולת ח"י נמוכה מ-30% ישנו חשש מהתפתחות חיידקי קלוסטרידיה אשר מייצרים חומצה בוטירית הפוגעת באיכות התחמיץ. בנוסף, ריכוז הסוכרים המסיסים בצמח הדרוש לצורך תסיסה מלאה

לערכים אלו. ניתן לשלוט על % הח"י הנכנס לבור ע"י הקמלת הירק בשדה. תהליך ההקמלה מושפע מגורמים רבים כגון: מז"א, אופי הצמח, צורת האומן (ואל) ועוד. 2. ריכוז הסוכרים המסיסים – תכולת הסוכר משפיעה על כושר התסיסה של הצמח. מניחים שתסיסה המעודדת את התפתחותם של חיידקים יוצרי חומצה לקטית, מצריכה נוכחות סוכר בר תסיסה בשיעור של 3% לפחות מהחומר הטרי. 3. כושר ההתרסה – הינו מונח המתאר את יכולתו של הצמח למנוע/למתן שינוי pH. כאשר אנו מחמיצים צמח בעל כושר התרסה גבוה, נזדקק לזמן רב יותר או לכמות גדולה יותר של חומצה כדי להוריד את ה-pH. כושר ההתרסה של הצמח, קשור בעיקר לנוכחות אניונים (כגון אניונים זרחניים, ניטראטים וכלורידים), אך גם לריכוז החלבון והאפר בצמח (או העפר המגיע מהשדה). חשוב מאד להימנע מהעלאת אדמה יחד עם הירק, וזאת ניתן לעשות ע"י שליטה על גובה הקציר. בשטחים משובשים רצוי להימנע מקציר נמוך מדי, למרות הרצון למקסם את היבול ליחידת שטח. כדי להגיע להחמצה אופטימלית ומינימום הפסדי ח"י עלינו לקצר ככל האפשר את שני השלבים





- נתונות לברור ע"י הפרות ובנוסף גודל החלקיקים בתחמיץ לא יהיה אחיד.
4. **תוספים** – שלב הקיצוץ הוא השלב המתאים ביותר לפיזור הומוגני של חומרי העשרה במידה ונרצה להשתמש בכאלה, אך ניתן לפזר את אלו גם ישירות על המשאית או על הירק בבור עצמו.
- ניתן לחלק את תוספי התחמיץ ל-3 קבוצות עיקריות:
1. חומרים מעודדי תסיסה: מדובר בדרך כלל על תרביות חיידקים אשר תוצר התסיסה שלהם הוא חומצה לקטית (לרוב חיידקים לקטובציליים) ואנזימים מפרקי דופן תא צמחי. ראוי לציין שבשימוש בחיידקים מעודדי תסיסה עקב הטיית התסיסה לכיוון החומצה הלקטית, ריכוזן של חומצות אורגניות אחרות יורד ולאילו תפקיד במניעת התפתחות פטריות ושמרים בעת הכרייה מהבור. בנוסף, בשימוש באנזימים מפרקי דופן תא ישנה עלייה בכמות הנגר כאשר ריכוז הח"י נמוך מ-30.
 2. חומרים מעכבים: תפקידם לעכב התפתחות של פטריות, שמרים וחיידקים לא רצויים. דוגמה לחומרים מעכבים היא החומצה הפרופיונית אשר הינה חומצה חלשה בעלת השפעה מועטה על pH התחמיץ אך היא מעכבת התפתחות שמרים ופטריות וכן אנזימי נשימה בצמח ובכך מקטינה את הפסדי הח"י בזמן ההחמצה והכרייה.
 3. חומרים מזינים: חומרים בעלי ערך מזוני אשר נועדו להעלות את ערכו התזונתי של התחמיץ. השימוש בחומרים אלו פחות נפוץ כיום ולכן לא ארחיב בנושא. חשוב לציין כי השימוש בחומרי העשרה אינו הכרחי, ולראייה בניסוי אשר התבצע ע"י סולומון וחובריו ובחן את השפעתם של חמישה תוספי תחמיץ שונים על מאפייני ההחמצה של תחמיץ חיטה, לא נמצא יתרון לשימוש בתוספי התחמיץ על פני תחמיץ הביקורת. השימוש בתוספי תחמיץ ראוי שיתבצע לאחר בחינת נקודות התורפה הספציפיות לבור ולתחמיץ. למשל: משק שידוע כי הבור בו הוא משתמש הינו רחב וגבוה וקצב כריית התחמיץ נמוך, כדאי שישקול שימוש בחומרים מעכבים.
 5. **הובלה** – לשלב זה כמעט ואין משמעות על איכות התחמיץ וההחמצה, אך הינו בעל משמעות כלכלית רבה. בעת תכנון הכנת התחמיץ יש לקחת בחשבון את איכות הדרכים, מהירות הנסיעה שהן מאפשרות, מרחק השדה מהבור ומצב הקרקע בשדה בכדי לבחור באיזה כלי הובלה כדאי להשתמש. לאחר שבחרנו את כלי ההובלה המתאים יש להעריך את הזמן אשר יקח לאותו כלי להגיע מהשדה לבור, לפרוק את הירק ולחזור לשדה וזאת כדי לקבוע את מספר כלי ההובלה בהם נשתמש.
 6. **הידוק** – הידוק היא הפעולה בה דוחסים את הירק בבור וע"י כך מצמצמים את נפח האוויר המצוי בין חלקיקי הירק כדי לקבל תנאים אנאירוביים. ההידוק היא אחת הפעולות הקריטיות ליצירת תהליך החמצה מהיר ומוצלח. כיוון שעובי השכבה שניתן להדק ביעילות היא בתחום 30-50 ס"מ בלבד, לא ניתן "לתקן" שכבה שלא הודקה כהלכה. כתוצאה מכך תזמון קצב כניסת החומר לבור הינו נקודת מפתח בשליטה על ביצוע התחמיץ. קצב כניסה של ירק מהשדה המהיר מיכולת ההידוק, יוביל להארכת התהליך האירובי והפסד ח"י ואף עלול להוביל לכיסי אוויר אשר יגרמו להתפתחות מהירה יותר של שמרים ופטריות בעת כריית התחמיץ. איכות ההידוק מושפעת ממספר גורמים בתוכם אחוז הח"י של הירק – ככל שתכולת המים בצמח



איור 1. השלבים המרכזיים בתהליך ההחמצה

- יכול להיות קטן יותר ככל שאחוז הח"י בצמח גבוה יותר.
2. **הקמלה** – הקמלת הצמח בשדה נועדה להביאו לאחוז הח"י המתאים להחמצה. ההקמלה מאריכה את משך פעילות האנזימים וכתוצאה מכך מגדילה הפסדים ומורידה איכות, עקב כך נשאף להקמלה הקצרה ביותר ההכרחית בכדי להגיע לאחוז הח"י המתאים. פיזור רחב של האומן יאפשר יבוש מהיר יותר של הירק ולכן רצוי לפזר את האומן רחב ככל האפשר.

פעולת ההידוק היא אחת הפעולות הקריטיות ליצירת תהליך החמצה מהיר ומוצלח. כיוון שעובי השכבה שניתן להדק ביעילות היא בתחום 30-50 ס"מ בלבד, לא ניתן "לתקן" שכבה שלא הודקה כהלכה

3. **קיצוץ** – קיצוץ הירק בתחמיץ החיטה מתבצע כאשר קומביין הקיצוץ (פיק-אפ) מעלה את הירק למשאיות. אורך הקיצוץ של הירק מושפע משני גורמים עיקריים אשר לא תמיד פועלים באותו הכיוון: גורמי החמצה וגורמים תזונתיים. הגורמים התזונתיים קשורים לתפקידו של המזון הגס לספק סיב פיזקלי אפקטיבי (peNDF) אשר יתרום לפעילות כרס תקינה, אך על כך לא ארחיב ברשימה זו. גורמי החמצה הינם כלל הגורמים המשפיעים על איכות דחיסת הירק ואיטומו. ככל שהירק רטוב יותר הוצאת האוויר במהלך ההידוק קלה יותר ולכן נוכל להסתפק בקיצוץ גס יותר. במידה והירק יבש יש צורך בקיצוץ דק יותר אשר יקל על פעולת ההידוק. חשוב לנסות להגיע לקיצוץ הגס ביותר האפשרי שלא יפגע ביכולתנו להדק בצורה טובה. יש לזכור כי אורך הקיצוץ מוגבל בהתאם לתוף הקיצוץ המותקן בכלי, אך יש לשאוף לאורך קיצוץ של כ-25 מ"מ. בנוסף, במידה וסכיני תוף הקיצוץ אינם מושחזים או עשויים לקבל חתיכות ירק בעלות סיב ארוך במיוחד אך יש להימנע ממצב זה מכיוון שחתיכות אלו יהיו





סטנדרטים. בשנים האחרונות ישנה כניסה לשוק של יריעות בעלות אטימות גבוהה למעבר חמצן, אך יריעות אלו דקות יותר מיריעות הפוליאטילן המקובלות ובמידה ורוצים להשתמש ביריעות אלה יש לשים דגש בשמירה על שלמותן. כיסוי יריעת האיטום נועד למנוע את הצמדת היריעה לתחמיץ ולא להדק אותו, על כן יש לפזר את חומר הכיסוי כך שימנע מעבר של רוח מתחת ליריעת הניילון, אך אין צורך בשכבה עבה של כיסוי. במידה ויש חשש מפני מזיקים שיעשו חורים ביריעת הפוליאטילן כגון ציפורים ותנים ניתן להשתמש ברשת שתמנע פגיעה פיזית ביריעה. נקודת המפתח באיטום הבור היא מפגש היריעה עם קיר הבטון, בנקודה זו יש לשים דגש רב על הצמדת היריעה לתחמיץ למניעת כניסה של אוויר וכן למנוע ניקוז של מים לתוך הבור. במידה ומשתמשים בניילון לכיסוי הקירות חשוב ליצור חפיפה בין היריעות כאשר יריעת הקיר נכנסת מתחת ליריעת הכיסוי.

לסיכום

תהליך הכנת התחמיץ הינו מורכב ומושפע משלל גורמים אך תכנון מקדים, הבנה והתייחסות לנקודות התורפה יובילו להכנת תחמיץ מוצלח. בנוסף לכל אלו גם למלאכת פתיחת הבור והכרייה השפעה על איכות החומר הנאכל אך על זאת בפעם אחרת. ▲

גבוהה יותר יכולת ההידוק תהיה טובה יותר ויש לקחת זאת בחשבון בעיקר במקרה ההפוך בו אחוז הח"י בצמח גבוה. במקומות רבים בארץ נהוג לפזר מלח גס על התחמיץ בטרם האיטום (כ-3 ק"ג למ"ר), פעולה זו נועדה למנוע התפתחות של פטריות ושמרים ואף שלא קיים מידע רב אודות יעילות פרקטיקה זו בספרות, ההתרשמות בשטח היא טובה.

7. איטום - פעולת האיטום הינה האחרונה בשרשרת הפעולות אותה נבצע בהכנת בור התחמיץ, ולאחריה נשאר רק להתפלל. תפקיד האיטום הינו מניעת כניסת אוויר לבור התחמיץ. כניסה של חמצן אפילו בריכוז הקטן מ-1% יאפשר התפתחות מיקרואורגניזם צורכי חמצן המזיקים לתחמיץ. בבורות התחמיץ המקובלים בישראל ישנם שלושה חלקים שונים הבאים במגע עם התחמיץ וצריכים למנוע את חדירת החמצן אליו: 1. רצפת הבור - לרצפת הבור חשיבות פחותה במניעת כניסת חמצן אך בעלת חשיבות רבה במהלך האחסנה של הבור ובעת הכרייה. חשוב לוודא כי לא יתקיים ניקוז של מים לתוך הבור. בנוסף על רצפת הבור להיות אטומה וחלקה כדי למנוע הכנסת אדמה בעת הכרייה. 2. קירות הבור - במרבית הבורות בארץ אלו עשויים בטון - יש לוודא לפני הכנת התחמיץ כי קירות הבור חלקים וללא סדקים, חורים וברזלים בולטים. במקרה ויש חשש כי הקיר אינו אטום, אם בשל סדקים וחורים בבטון רצוי לבצע חיפוי לקירות בחומר איטום כגון אספלט, במידה ולא ניתן לתקן את הסדקים או שהקיר אינו מבטון, רצוי לכסות אותו ביריעת פוליאטילן. ליריעת הפוליאטילן יש להשאיר שוליים של לפחות מטר אחד מלמעלה כדי ליצור חפיפה עם הכיסוי העליון. 3. חלקו העליון של הבור צריך להיאתם כך שכניסת האוויר תצומצם למינימום. מקובל להשתמש כיום ביריעת פוליאטילן מטופלת בחומר הגנה מפני קרינת UV. חשוב לדעת כי היריעה אינה אטומה לחלוטין מפני מעבר חמצן ולעובי היריעה ישנה השפעה על רמת החדירות, מקובל להשתמש ביריעות בעובי של 125-200 מיקרון בתנאים

ניתן לקבל את מקורות הספרות מהמחבר.
בנוסף, קישור לכתבות רלוונטיות שכתבה זו לא עסקה בהם:
ארגון וניהול הקציר -
<http://www.icba.org.il/articles/0308/308.2004.17.pdf>
דגימת מזון ובדיקת ח"י -
<http://www.icba.org.il/articles/0307/307.2003.14.pdf>

