

דו"ח לתכנית מחקר 421-0124-07

**השינויים הכימיים והתזונתיים שחלים בעת חשיפת תחמיצים לאוויר.**

מוגש לקרן המדען הראשי לצוות היגוי בעלי חיים ולמועצה לחלב

ע"י

צבי וינברג ויאירה חן, המעבדה לשימור מספוא ומוצרי לוואי, המח' למדעי המזון, מכון וולקני, בית דגן.

Zwi Weinberg, Department of Food Science, The Volcani center, Bet Dagan 50250.

E-mail: [zgw@volcani.agri.gov.il](mailto:zgw@volcani.agri.gov.il)

Yaira Chen, Department of Food Science, The Volcani center, Bet Dagan 50250.

E-mail: [chenyair@volcani.agri.gov.il](mailto:chenyair@volcani.agri.gov.il)

אפריל 2008

ניסן תשס"ח

הממצאים בדוח זה הנם תוצאות ניסויים.  
הניסויים מהווים המלצות (מידע) לחקלאים: כן

חתימת החוקר

## תקציר

מטרת המחקר לשנה זו הייתה לכמת את השינויים הכימיים והפחתיים שחלים בזמן חשיפת תחמיצי חיטה משלושה שלבי הבשלה. חיטה מזן "נגב" נקצרה בשלב הפריחה, בהבשלת חלב ובהבשלת דונג, קוצצה והוחמזה בצנצנות אטומות בנפח 1.5 ליטר. אחרי שלושה חודשי אחסון התחמיצים משלבי ההבשלה השונים עברו מבחן חשיפה לאוויר במערכות בקבוקים למשך 7 ימים. כמו כן נערך מעקב אחרי שינויי הטמפרטורה.

התוצאות עד כה מראות שתחמיצי החיטה משלב הפריחה היו היציבים ביותר בזמן חשיפה לאוויר, לא התחממו, ללא התפתחות שמרים ועובשים, ללא שינויים ניכרים בהרכב הכימי וללא יצירת פד"ח. לעומת זאת תחמיצי החיטה מהבשלת חלב היו רגישים מאוד לחשיפה לאוויר, הם התחממו ל- 34 מ"צ כבר אחרי יומיים, הייתה ירידה בתכולת הסוכרים המסיסים ותוצרי התסיסה, ערכי ה-pH עלו ליותר מ- 6.0, נוצר הרבה פד"ח ומספרי השמרים היו גבוהים מאוד. התקבלו גם פחתיים גדולים בח"י. תחמיצי החיטה מהבשלת דונג הראו רגישות בינונית לחשיפה לאוויר. בהבשלת חלב התקבלה גם הירידה הגדולה ביותר בנעכלות ח"י במהלך החשיפה לאוויר (מ- 64 ל-57% המשך 7 ימי חשיפה לאוויר). לא התקבלה ירידה מובהקת בנעכלות NDF במהלך החשיפה לאוויר באף אחד משלבי ההבשלה שנבדקו.

## מבוא

חשיפת תחמיצים לאוויר אינה רצויה כי האוויר מאפשר לגורמי קלקול אירובים, כגון שמרים ועובשים לפעול ולגרום לפחתים בתכולת מרכיבים תזונתיים. החום שנוצר מפעילות הגורמים הנ"ל מזרז ריאקציות השחמה ופחיתה נוספת בערך התזונתי של התחמיץ. בנוסף, בתנאים אלה עובשים עלולים להפריש מיקוטוקסינים שמסוכנים לבריאות האדם והבהמה. במעבדתנו נערכו מחקרים רבים ביחס תהליכים שקורים בזמן חשיפת תחמיצים לאוויר. הממצאים העיקריים של מחקרים אלה הם כדלקמן:

1. בזמן הכרייה אוויר חודר 1-2 מ' לתוך התחמיצים מקו הכרייה בבורות (Weinberg and Ashbell, 1994).
2. קלקול אירובי המהיר ביותר קורה ב- 30 מ"צ (Ashbell et al. 2002).
3. בין תחמיצי הדגנים העיקריים בארץ תחמיץ תירס הינו הרגיש ביותר, לתחמיצי חיטה רגישות בינונית ותחמיצי הסורגום הינם היציבים ביותר בעת חשיפה לאוויר (וינברג וחוב' 2000).
4. תרביות חיידקי חומצת חלב מסוג הומו-לקטיים מזרזים קלקול אירובי של תחמיצי דגנים (Weinberg et al. 1993).

למרות כל המחקרים האלה אין הערכה כמותית של הפחתים הנגרמים בזמן חשיפת התחמיצים החשובים בארץ (חיטה, תירס וסורגום).

מטרות המחקר הנוכחי הן ליצור בסיסי נתונים כמותי ביחס לשינויים בהרכב התחמיצים והפחתים הנגרמים בעת חשיפתם לאוויר, לקבוע השפעות שונות על מידת הקלקול האירובי (תכולת ח"י, שלב הבשלה של חיטה בקציר לתחמיץ) ולבחון את היעילות של תוספים שמעכבים קלקול בעת חשיפה לאוויר. בשנת המחקר הראשונה נבדקה השפעת שלב הבשלה של חיטה בקציר לתחמיץ על השינויים והפחתים שחלים בזמן חשיפה לאוויר.

## מהלך העבודה

חיטה מזן "נגב" נקצרה מחלקה בקריה החקלאית בבית דגן בשלושה שלבי הבשלה: פריחה (ב- 4.3.07), תחילת הבשלת חלב (25.3.07) ובסוף הבשלת חלב-תחילת דונג (5.4.07). החיטה משלב הפריחה הוקמלה למספר שעות בשדה. הירק משלבי ההבשלה השונים עבר קיצוץ לאורך 2-3 ס"מ והוחמץ 10 בצנצנות אטומות בנפח 1.5 ליטר שאוחסנו למשך 3 חודשים. בכל צנצנת היו 620-740 ג' ירק (תלוי בתכולת ח"י). בתום תקופת האחסון התחמיצים מ- 10 הצנצנות מכל שלב הבשלה נדגמו. לתחמיצים מכל 10 הצנצנות נערכה בדיקה שכללה את קביעת תכולת הח"י, pH, סוכרים מסיסים, אפר, ח' חלב וחש"ן, ותכולת NDF ועל דוגמאות מ- 3 צנצנות בוצעו בנוסף גם בדיקות מיקרוביולוגיות שכללו את קביעת המספר של הלאקטובציליים, השמרים והעובשים.

יתרת התחמיצים עורבבו והושמו ב- 15 מערכות בקבוקים למבחן חשיפה לאוויר, כ- 250 ג' בבקבוק. בימים 1,2,3,4,7 נדגמו 3 בקבוקים כאלה. שינויי pH, יצירת פד"ח, מספרי שמרים ועובשים משמשים מדד לקלקול על פי ההבדל בתכולת הח"י בין יום 0 למבחן החשיפה ותכולת הח"י במועד הדגימה נקבעו

פחתים בח"י. נעכלות ח"י נערכה בכרמ"ל וקביעת תכולת NDF נעשתה במכשיר מתוצרת ANKOM. הפחתים בנעכלות ח"י ובנעכלות NDF נקבעו על סמך ההבדלים בין יום 0 ובין התכולות בכל מועד דגימה. בנוסף, תחמיצים הושמו ב- 3 קופסאות קלקר מבודדות תרמית עם תרמו-קאפלים לקביעת שינויי הטמפרטורה בזמן החשיפה לאוויר.

התוצאות עברו ניתוח סטטיסטי בתכנת SAS שכלל מבחן שונות בין שלבי ההבשלה השונים ורגרסיות כפונקציה של זמן החשיפה בכל שלב הבשלה. פירוט שיטות הבדיקה מופיע בדוחות קודמים.

### **בטבלאות הבאות ממוצעים שמלווים באותיות שונות נבדלים ביניהם באופן מובהק (P<0.05).**

### **הערכים בתחילת החשיפה מבטאים את המצב בתחמיץ עם פתיחת הצנצנות.**

**טבלה 1.** השינויים בהרכב הכימי והמיקרוביולוגי בזמן חשיפה לאוויר של תחמיצי חיטה משלב פריחה (29.6% ח"י).

הערכים הכימיים ניתנים כ- % בח"י והערכים המיקרוביולוגיים כמס. הלוג. של יחידות יוצרות מושבות לג' ח"י.

יום	pH	שמרים	אפר	סוכרים	ח' חלב	אתנול	ח' חומץ	ח' פרופיוני ת	ח' בוטירית
החמצה	5.65±	5.0	±0.1 ב6.7	5.0±					
תחילת חשיפה	4.4±0.05	2.3	±0.3 א8.7	±0.6 ב2.8	5.6±0.4 א	2.7±	0.7±	0.3±	0.9
1	4.4±0.03	לא נמצאו	±0.3 א8.9	±0.3 ב2.6	3.9±0.6 ב	2.4±0.6 אב	±0.0 ב0.7	0.7±0.1 בג	1.0±0.0
2	4.4±0.03	0.8±1.3	±0.2 א8.8	±0.2 ב2.7	4.4±0.5 ב	2.2±0.3 אב	±0.1 ב0.8	1.0±0.2 אב	1.1±0.1
3	4.4±0.03	1.3±2.3	±0.2 א8.6	±0.2 ב3.5	4.4±0.6 ב	2.7±0.1 א	±0.0 ב0.9	1.1±0.1 א	1.3±0.1
4	4.4±0.01	לא נמצאו	±0.2 א8.7	±0.8 ב2.1	4.3±0.4 ב	2.2±0.4 אב	±0.1 ב0.7	0.3±0.5 ד	0.9±0.1
7	4.4±0.03	לא נמצאו	±0.1 א8.5	±0.8 ב2.8	4.3±0.2 ב	1.9±0.3 ב	±0.2 א1.0	0.4±0.0 גד	1.0±0.2

ביום ההחמצה לא נמצאו לאקטובצילים ומספרי הלוג לג' ירק של העובשים היה 5.7. בסוף ההחמצה (יום 0 למבחן החשיפה) מספר הלוג לג' של הלאקטובצילים היה 7.7±0.7.

לא נמצאו עובשים במהלך מבחן החשיפה לאוויר.

**טבלה 2.** השינויים בהרכב הכימי והמיקרוביולוגי בזמן חשיפה לאוויר של תחמיצי חיטה מתחילת הבשלת חלב (32.5% ח"י).  
 הערכים הכימיים ניתנים כ- % בח"י והערכים המיקרוביולוגיים כמס. הלוג. של יחידות יוצרות מושבות לג' ח"י.

יום	pH	שמרים	אפר	סוכרים	ח' חלב	אתנול	ח' חומץ	ח' פרופיונית	ח' בוטירית
החמצה	א6.3	2.6	א8.1±0.1	ב7.7					
תחילת חשיפה	א4.2±0.1	1.5±1.3	בג7.6±0.4	א9.2±1.0	א2.6±0.2	א1.0	א1.7	0	א0.3
1	א4.2±0.0	7.4±0.2	ג7.3±0.1	בג6.7±1.0	ב2.2±0.2	ב0.7±0.1	ב1.4±0.2	0	א0.1±0.0
2	א4.3±0.0	8.4±0.3	ג7.3±0.1	ב7.6±0.3	ב2.4±0.1	ג0.4±0.2	ג1.0±0.2	0	א0.2±0.0
3	א4.5±0.2	9.0±0.3	ג7.4±0.1	ג5.7±0.5	ג1.5±0.2	ג0.2±0.1	ד0.5±0.1	0	א0.2±0.1
4	ב5.5±0.2	9.5±0.1	בג7.7±0.2	ג3.4±0.1	ד0.7±0.2	ג0.2±0.2	ה0.2±0.0	0	א0.2±0.0
7	א6.3±0.0	±0.0 10.2	א8.2±0.1	ד2.3±0.3	ה0.3±0.1	ה0	ה0.1±0.0	0	א0

ביום ההחמצה לא נמצאו לאקטובצילים ומספרי הלוג לג' ירק של העובשים היה 5.2. בסוף ההחמצה (יום 0 למבחן החשיפה) מספר הלוג לג' של הלאקטובצילים היה 6.1±1.7.  
 לא נמצאו עובשים במהלך מבחן החשיפה לאוויר.

**טבלה 3.** השינויים בהרכב הכימי והמיקרוביולוגי בזמן חשיפה לאוויר של תחמיצי חיטה מהבשלת דונג (38.1% ח"י).  
 הערכים הכימיים ניתנים כ- % בח"י והערכים המיקרוביולוגיים כמס. הלוג. של יחידות יוצרות מושבות לג' ח"י.

יום	pH	שמרים	אפר	סוכרים	חלב	אתנול	ח' חומץ	ח' פרופיונית	ח' בוטירית
החמצה	א6.3	0	ב6.5±0.2	7.9					
תחילת חשיפה	ב4.1±0.1	5.0±0.2	א7.1±0.4	9.7±2.0	2.9±0.5	א1.1	א0.7	0	0.4
1	ב4.2±0.0	5.0±0.1	אב6.8±0.2	10.2±0.4	2.5±0.1	אב0.9±0.1	א0.6±0.0	0	0.3±0.0
2	ב4.2±0.1	6.1±0.3	אב6.9±0.1	8.9±0.7	2.3±0.1	ב0.6±0.2	אב0.5±0.1	0	0.3±0.1
3	ב4.2±0.0	6.6±0.1	אב6.8±0.1	9.7±0.3	2.6±0.2	ב0.8±0.2	א0.7±0.0	0.1±0.1	0.4±0.1
4	ב4.2±0.0	7.2±0.2	א7.0±0.1	8.0±1.6	2.5±0.5	ב0.6±0.1	א0.6±0.1	0	0.3±0.0
7	ב4.2±0.0	8.3±0.1	א7.1±0.1	9.0±0.8	2.6±0.4	ג0.1±0.0	ב0.4±0.1	0	0.3±0.0

ביום ההחמצה מספרי הלוג לג' ירק של לקטובצילים ועובשים היה 2.4 ו-5.0, בהתאמה. בסוף ההחמצה (יום 0 למבחן החשיפה) מספר הלוג לג' של הלאקטובצילים היה 6.1±0.4.  
 לא נמצאו עובשים במהלך מבחן החשיפה לאוויר.

**טבלה 4.** סיכום הפחתיים בזמן השיפת תחמיץ חיטה משלב הפריחה לאוויר. פחת ח"י בתחילת החשיפה מבטא את פחתי ההחמצה בצנצנות האטומות.

יום	CO <sub>2</sub> (ג'ק"ג ח"י)	תכולת ח"י (%)	פחת ח"י (%)	תכולת NDF (%)	נעכלות ח"י	נעכלות NDF
ההחמצה (ירק מוצא)		29.6±1.1א		61.5±1.5ג	70.7±0.3א	66.6±1.4א
תחילת חשיפה		25.4±0.7ב	17.1±2.3א	67.7±1.2א	66.1±1.0ב	64.9±2.0א,ב
1	4.5±1.9א	25.7±0.6ב	0ב	65.7±1.3ב,א	65.3±3.1ב,ג	63.2±3.9ב
2	3.2±3.0אב	25.6±0.2ב	0ב	69.1±1.5א	65.3±1.7ב,ג	65.3±2.0ב,א
3	1.2±0.6ב	25.5±0.1ב	0ב	67.9±0.6א	63.5±1.7ג	63.2±1.6ב
4	1.4±0.4אב	25.8±0.4ב	0ב	67.2±0.4ב,א	63.5±0.9ג	63.0±0.8ב
7	3.4±0.3אב	25.5±0.3ב	0.5±0.9ב	63.9±2.1ב,ג	65.3±1.6ב,ג	62.8±3.1ב

**טבלה 5.** סיכום הפחתיים בזמן השיפת תחמיץ חיטה מהבשלת חלב לאוויר. פחת ח"י בתחילת החשיפה מבטא את פחתי ההחמצה בצנצנות האטומות.

יום	CO <sub>2</sub> (ג'ק"ג ח"י)	תכולת ח"י (%)	פחת ח"י (%)	תכולת NDF (%)	נעכלות ח"י	נעכלות NDF
ההחמצה (ירק מוצא)		35.5±1.2א		62.7±0.8ב,ג	66.7±2.7א	61.3±1.2א
תחילת חשיפה		32.5±0.6ב	10.1±1.7ב	60.4±1.8ד	63.9±1.3ב	57.4±3.3ב
1	0.4±0.3ד	32.6±0.2ב	0ה	60.5±1.2ד	64.2±1.7ב	55.6±3.9ב
2	4.6±0.4ד	32.5±0.2ב	0.6±0.5ה	60.3±0.8ד	63.1±1.5ב	55.7±2.0ב
3	20.3±6.0ג	31.7±0.3ב	3.5±1.1ד	61.5±1.2ד,ג	62.1±1.7ב,ג	55.2±3.9ב
4	46.0±6.2ב	30.7±0.1ב	7.2±0.1ג	64.3±0.2ב	60.5±2.2ג	54.2±1.3ב
7	79.1±13.3א	28.9±0.3ד	13.8±1.0א	70.0±0.6א	57.2±2.0ד	56.1±2.2ב

**טבלה 6.** סיכום הפחתיים בזמן השיפת תחמיץ חיטה מהבשלת דונג לאוויר. פחת ח"י בתחילת החשיפה מבטא את פחתי ההחמצה בצנצנות האטומות.

יום	CO <sub>2</sub> (ג'ק"ג ח"י)	תכולת ח"י (%)	פחת ח"י (%)	תכולת NDF (%)	נעכלות ח"י	נעכלות NDF
ההחמצה (ירק מוצא)		37.9±0.6א		54.0±0.3א	68.0±2.0א	55.4±1.2א
תחילת חשיפה		35.8±0.6ב	7.8±1.4א	54.9±1.5א	64.4±1.8ב	51.2±2.5ב

48.3±2.5 ג,ב	62.9±1.2 ב	54.8±1.0	ב0	336.2±0.4	ב0	1
46.7±1.8 ג	62.9±1.12 ב	54.7±0.6	ב0	337.6±0.1	ב0.2±0.3	2
48.2±3.0 ג,ב	64.0±1.9 ב	53.0±1.1	ב0	336.4±0.2	ב0	3
50.7±3.8 ב	64.6±2.0 ב	54.7±1.2	ב0	336.4±0.4	ב1.2±0.3	4
49.9±1.8 ג,ב	63.3±1.1 ב	55.1±1.2	ב0	336.3±0.8	ב11.0±2.4	7

## תוצאות

איורים 1-3 מראים את שינויי הטמפרטורה בתחמיצים משלבי ההבשלה השונים בעת חשיפתם לאוויר. ככל שהזמן להתחממות ארוך יותר כך התחמיץ יותר יציב.

התחמיצים משלב הפריחה כמעט ולא התחממו במהלך מבחן החשיפה לאוויר במשך 11 ימים; התחמיצים מהבשלת חלב התחממו כבר אחרי 50 שעות חשיפה ל- 34 מ"צ, ב-6 מעלות מעל טמפ' הסביבה; התחמיצים מהבשלת דונג התחממו ל- 34 מ"צ לאחר בין 100 שעות (4 יממות) עד 168 שעות.

טבלאות 1-3 מראות את השינויים בהרכב הכימי והמיקרוביולוגי של התחמיצים משלבי ההבשלה השונים במהלך מבחן החשיפה לאוויר. טבלאות 4-6 מציגות את הפחתים בתכולת הח"י ודופן התא במהלך מבחן החשיפה לאוויר.

תחמיצי חיטה משלב הפריחה (טבלה 1) היו יציבים בעת החשיפה לאוויר, כפי שעולה מהערכים של כל הפרמטרים שנבדקו שהיו די אחידים במשך 7 ימי החשיפה, ולא השתנו בהרבה יחסית ליום שבו התחמיצים נדגמו (יום 0). בתחמיצים אלה לא התפתחו שמרים ועובשים וכמות הפד"ח שנוצרה במהלך מבחן החשיפה הייתה נמוכה (טבלה 4). פחתי ח"י במהלך החשיפה לאוויר היו אפסיים. ממצאים אלה תואמים את תמונת השתנות הטמפרטורה (איור 1). לא נמצאו הבדלים מובהקים בנעכלות ח"י ונעכלות NDF בין הימים שבהם התחמיצים נחשפו לאוויר. יש לציין שבתחמיצי החיטה משלב הפריחה דווקא במהלך ההחמצה והאחסון האנ-אירובי פחתי ח"י היו גבוהים.

תחמיצי חיטה משלב החלב היו בלתי יציבים וכל הפרמטרים השתנו לרעה בזמן החשיפה. מספרי השמרים הרקיעו שחקים, הסוכרים המסיסים, ח' החלב ותוצרי התסיסה הנדיפים התמעטו וערכי ה-pH עלו (טבלה 2). כמות הפד"ח שנוצרה הייתה משמעותית כבר לאחר 3 ימי חשיפה לאוויר ופחתי ח"י היו גבוהים (טבלה 5). בתחמיצים אלה חלה ירידה מובהקת בנעכלות ח"י במהלך החשיפה לאוויר; לעומת זאת לא נרשמה ירידה מובהקת בנעכלות ד"ת (NDF). העלייה בתכולת ה-NDF במהלך החשיפה לאוויר מעידה על פחתי חומר אורגני. ממצאים אלה מתאימים לתמונת ההתחממות המהירה של תחמיצים אלה (איור 2). פחתי ח"י במהלך התסיסה והאחסון האנ-אירובי היו נמוכים מאלה של החיטה משלב הפריחה.

תחמיצי חיטה משלב הדונג היו די יציבים בזמן החשיפה לאוויר (טבלה 3). אמנם מספרי השמרים היו גבוהים לאחר 2 ימי חשיפה אך ברוב הפרמטרים הייתה יציבות במהלך מבחן החשיפה לאוויר. הפסדי



הח"י היו אפסיים וכמות פד"ח גבוהה נרשמה רק לאחר 4 ימי חשיפה לאוויר (טבלה 6). הפסדי ח"י במהלך ההחמצה והאחסון האטום היו הנמוכים ביותר בין שלושת שלבי ההבשלה שנבדקו. לא התקבלה ירידה מובהקת בתחמיצים אלה בנעכלות ח"י וד"ח במהלך החשיפה לאוויר. הניתוח הסטטיסטי הצביע על השפעות מובהקות של שלב ההבשלה ומספר ימי החשיפה לאוויר על מדדי השימור של התחמיצים. לגבי רוב מדדי השימור יחסי הגומלין (אינטראקציות) הבשלה-ימי חשיפה היו מובהקים. גם לגבי המדדים התזונתיים (תכולת NDF, נעכלות ח"י ונעכלות NDF) השפעות שלב ההבשלה, ימי החשיפה ויחסי הגומלין ביניהם היו מובהקות; למעט נעכלות NDF שעבורה יחסי הגומלין לא היו מובהקים. השינויים בנעכלות ח"י בזמן החשיפה לאוויר של תחמיצי החיטה משלבי ההבשלה השונים התאימו לשאר מדדי מבחן החשיפה. בעוד שבשלב הפריחה והדונג פחתי ח"י וכמות הפד"ח שנוצרה היו קטנים וגם השינויים בנעכלות ח"י היו קטנים. לעומת זאת, התחמיצים מהבשלת חלב התקלקלו מאוד במבחן החשיפה לאוויר ונעכלות ח"י פחתה מ-64% ביום 0 למבחן ל-61 ו-57% ביום הרביעי והשביעי, בהתאמה. נעכלות ח"י ודופן התא (NDF) הגבוהות ביותר היו, כצפוי, בחיטה משלב הפריחה והן ירדו עם התבגרות צמחי החיטה; הירידה הגדולה ביותר בנעכלות דופן התא באותו שלב הבשלה נצפתה בין הירק הטרי והתחמיצים הטריים; הירידה הגדולה והמובהקת ביותר בנעכלות ח"י בזמן חשיפה לאוויר התקבלה עם תחמיצי החיטה מהבשלת חלב. בתחמיצים משלב הפריחה ומהבשלת הדונג אמנם גם התקבלו הבדלים מובהקים בין ממוצעי נעכלות ח"י וד"ח ביחס לימי החשיפה, אך ההבדלים לא היו עקביים (למשל, ביום השביעי לחשיפה התקבלו ממוצעים גבוהים יותר בהשוואה לימים קודמים).

## דיון

מיגוון התוצאות שהתקבלו עד כה במבחני החשיפה לאוויר (פרופיל טמפרטורות, שינויים כימיים, יצירת פד"ח ופחתי ח"י) היו עקביים בכל שלבי ההבשלה של החיטה ונותנים תמונה ברורה וחדה: תחמיצי חיטה מהבשלת חלב אינם יציבים בזמן החשיפה לאוויר. תוצאות אלה תואמות לאלה של מחקר קודם שנערך עם זני חיטה אחרים (וינברג וחוב' 1998). אחת המטרות העיקריות של המחקר הנוכחי היא לכמת את הפחתיים בנעכלות ח"י ונעכלות NDF בזמן חשיפה לאוויר. במהלך החשיפה לאוויר חלה פחיתה משמעותית בנעכלות ח"י של תחמיצי החיטה מהבשלת חלב, מה שתאם את ממצאי יצירת הפד"ח ופחתי ח"י של תחמיצי החיטה משלב הבשלה זה. התוצאה מוסברת בהתחממות היתרה של תחמיצים אלה בזמן חשיפה לאוויר שגורמת להיווצרות תוצרי השחמה שאינם נעכלים. בשני שלבי ההבשלה האחרים לא חלה פחיתה עקבית בנעכלות ח"י. ביחס לנעכלות NDF ציפינו שתהיה פחיתה משמעותית במהלך החשיפה לאוויר אבל הממצאים דווקא אינם מצביעים על כך. לכן הנושא ימשיך להיבדק כמתואר להלן. המחקר הנוכחי נערך במערכות מודל מעבדתיות. יתרונות המודל הזה הוא שניתן לבצע מספר רב של חזרות בכל טיפול. בנוסף, בניסוי המודל קיים זמן 0 אמיתי לתחילת מבחן החשיפה לאוויר (שהוא מועד

פתיחת הצנצנות האטומות). וזאת בעוד שבתחמיצים משקיים קשה להשיג חזרות בבורות וכמו כן קשה לבקר את חשיפת התחמיצים לאוויר במהלך הכרייה, שכן אוויר חודר לעומק 1-2 מ' מאזור הכרייה (Weinberg and Ashbell 1994). לכן מודל כזה יעיל לקביעת השפעות שונות על השינויים והפחתים שחלים בזמן חשיפה לאוויר (כגון שלב ההבשלה בקציר, תכולת ח"י, טיפולים שונים בזמן ההחמצה וכיו"ב). ברם חסרון המודל בכך שתנאי התחמיץ המשקי שונים מאלה שבצנצנות הקטנות במידת הדחיסות, במעבר החום ושונות בין אזורים שונים בתחמיץ. לכן בדעתנו לדגום גם תחמיצים משקיים באזור הקירות בהשוואה למרכז הבור שמייצגים אזורים בעלי חשיפה שונה לאוויר. אנו מצפים שההבדלים בין האזורים השונים בבור יאפשרו הערכת הפחתים שחלים בזמן הכרייה וילמדו על ההבדלים האמיתיים שחלים במשק.

### ספרות מאוזכרת

- וינברג צ., אשבל, ג., חן, י., ברוקנטל, י., תבורי כ. ושרת, נ. 1998.  
השפעת מועד הקציר של זני חיטה בכירים ואפילים על יכולי החומר היבש, מרכיבי דופן התא, מדדי נעכלות ותכונות החמצה. דו"ח מסכם לפרויקט 417-0312 שהוגש להנה"ע בקר.
- וינברג צ., אשבל, ג. וחן, י. 2002.  
כושר העמידות של תחמיצים שונים בתנאי חשיפה לאוויר. תקצירי הרצאות של הכנס ה-14 למדעי הבקר, 18-20 בפברואר, אשקלון.
- Ashbell, G., Weinberg, Z.G. Hen, Y. and Filya, I. 2002.  
The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. J. Industrial Microbiol. Biotechnol. 28: 261-263.
- Weinberg, Z.G. and Ashbell, G. 1994.  
Changes in gas composition in corn silages in bunker silos during storage and feedout. Can. Agric. Engn. 36: 155-158.
- Weinberg, Z.G., Ashbell, G., Hen, Y. and Azrieli, A. 1993.  
The effect of applying lactic acid bacteria on the aerobic stability of silages. J. Appl. Bacteriol. 75: 512-518.