משרד החקלאות ופיתוח הכפר
שירות ההדרכה והמקצוע
אגף בעלי חיים – תחום בקר

נובמבר 2020

# הכנת תחמיצים ברפת החלב

**עירא פלך, יואב שעני, ד"ר גבי עדין**
**המחלקה לבקר, אגף בעלי חיים, שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות ופיתוח הכפר**

**מוקדש לזכרו של ישראל עופר ז"ל**
**שקידם את רמתם המקצועית של מרכזי המזון והפך אותם לגורם שמחזק ומבטיח את המשך קיומן של הרפת המשפחתית וחלק מהרפת השיתופית בישראל**

## רקע

המזונות הגסים מהווים מרכיב משמעותי במנות ההזנה של פרות החלב בעולם כולו, ובכלל זה גם בישראל, עקב היותם מקור סיב פיזיקלי אפקטיבי (peNDF), המאפשר התפתחות ופעילות תקינה של הכרס, המתבטאות בתנועתיות ובכיווץ הכרס, בערבול המזון, בהעלאת גירה, בהפרשת רוק המשמש כבופר וכחומר סיכה, בשמירה על תנאים אופטימליים (pH 6-7) ובהתרבות חיידקי כרס. שיטות השימור הנפוצות של מזונות גסים הן ע"י החמצה בתנאים אנאירוביים או כהכנת שחת באמצעות דה-הידרציה (התייבשות) של הצמח. חלק נרחב מהשימוש במזונות הגסים בישראל נעשה בצורה של תחמיצים (כ-70% מסך כל המזון הגס). ההכרח בשימור המזון נעוץ בצורך באספקת מזון בעל ערך תזונתי קבוע במשך תקופה ארוכה, לאחר קציר עונתי. שימור המזון עשוי להקטין בעיות מטבוליות ופגיעה בבריאות, בפוריות וביצרנות. שיטה נפוצה נוספת לשימור מזון גס הינה בצורת שחתות - הירק נקצר במועד הדומה לזה של ירק הנקצר לשימור כתחמיץ מבחינת בגרות הצמח ותכולת החומר היבש, אך נשמר בתנאים שונים (כ-85% ח"י וחשיפה גבוהה יותר לאוויר), בהתבסס על עקרון הדה-הידרציה. מטרת העל של שיטות אלו היא שמירה על ערך תזונתי קבוע ולאורך זמן, הדומה לערכים בעת הקציר וע"י כך לשמור על שגרת ההזנה עם מינימום שינויים. חיטה ותירס בישראל הם המזונות הגסים העיקריים המשמשים להכנת התחמיצים (ביחס משוער של 30:70, בהתאמה). גם שעורה וסורגום משמשים כחלופות טובות לתחמיצים. גורמים, כמו כושר התססה, עלות גידול, ערכים תזונתיים ויכולת עמידה בפני חשיפה לאוויר לאחר התהליך, הפכו צמחים אלו לפופולריים להכנת תחמיצים.

## תכנון מקדים

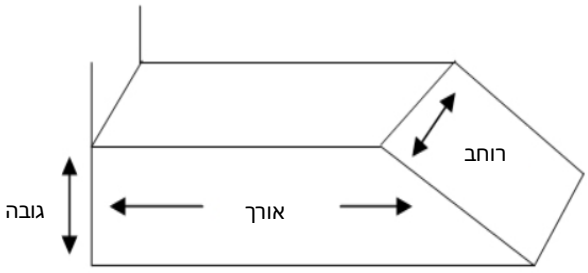
תכנון מראש של הכנת תחמיצים הינו תנאי הכרחי לקבלת תוצאה מיטבית. ראשית, יש לקבוע מה הן כמויות התחמיץ שניתן לאחסן, ובהתאם להן לבחור את שטחי גידול. שטחים מישוריים ומלבניים, הקרובים למרכז המזון, יהיו

בעדיפות עליונה, מכיוון שצורתם מייעלת את הקציר וקרבתם אל מקום האחסון תפחית בעלויות ההובלה, ובכך תוזיל את הכנת התחמיצים. בנוסף, יש לערוך סיורים מקדימים בשטחי הגידול כדי לזהות בעיות עתידיות ולהימנע מהן מבעוד מועד. בעיות אלה עלולות להיות, לדוגמה, סידור דרכי גישה לשדה, השקיה בשטחים שכנים המהווים סכנה להצפת השדה או דרך הגישה, עשבייה וריסוסים נדרשים. כמו כן, יש לפקח ולעקוב אחר קצב התבגרות הצמח ותכולת החומר היבש שיביאו לבחירת מועד הקציר המיטבי (י. עופר, 2008).

## תכולת החומר היבש

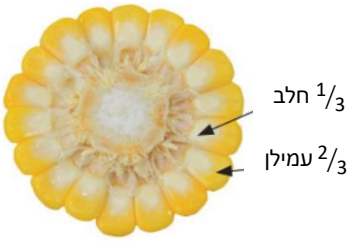
תכולת חומר יבש אופטימלית תנוע בין 30%-40%. טווח זה מאפשר התפתחות מיקרואורגניזמים (מק"א) רצויים, שיתסיסו את הירק ותוצרי התסיסה (חומצה לקטית) יביאו לשימורו האופטימלי. לעתים יש צורך בהקמלה לפרק זמן של שעות עד יממה, מכיוון שתכולת המים בצמח גבוהה. הקמלה נעשית בחיטה באמצעות יצירת מרווח זמן בין הקציר במקצרה לבין האיסוף והקיצוץ בקומביין. בקבלת ההחלטה בדבר הצורך בייבוש הצמח ומשך הזמן הנדרש לכך, יש להתחשב במצב הצמח, בתנאי מזג האוויר ובהספקי כלי הקציר. חשוב לציין כי ירק יבש מדי (מעל 40% ח"י) מקשה על התסיסה וההידוק, וירק רטוב מדי (מתחת ל-30% ח"י) עלול לגרום להתפתחות ולתסיסה של חיידקי קלוסטרידיה, שאינם רצויים בבור התחמיץ. תוצר התסיסה העיקרי של חיידקי הקלוסטרידיה הינו חומצה בוטירית, שהיא בעלת ריח חריף ולא נעים, העלול לדכא צריכת מזון. נוסף על כך, תוצרי תסיסתם של חיידקים אלה עלולים לעכב את התפתחותם והתרבותם של חיידקים לקטובציליים, שהם הרצויים ביותר בבור התחמיץ הודות לתוצר התסיסה העיקרי שלהם - חומצה לקטית.

## תכנון מלאים




כדי לחשב את כמות התחמיץ להכנה, נדרשת ידיעה של הכמות שבה עתידים להשתמש. לשם כך, יש להיעזר בנתונים שלהלן: גודל העדר, שלוחותיו, כמות השימוש במזון בכל שלוחה בפועל, כולל אחוז התיאבון. חשוב להתייחס לפחת התחמיץ, הנע בין 10%-15%, ולכך שחלק מנפח הבור אינו מנוצל כתוצאה מהשיפוע שנוצר בעת עבודת ההידוק ע"י השופלים (מוערך בכ-10% עד 20%, תלוי אם לבור כניסה אחת או שתיים). לתכנון שטח האחסון ביעילות, נהוג לחשב את כמויות התחמיץ המורכב מגידול חורף או מגידול קיץ (חיטה/שעורה לעומת תירס/סורגום), ביחס של 30:70, בהתאמה. צפיפות התחמיץ מוערכת בכ- 700 ק"ג חומר רטוב/מטר$^3$ (קוב).
נפח בור התחמיץ: רוחב (במטרים) * גובה * אורך * 0.7 = כמות החומר הנכנס בבור בטון חומר רטוב.

## מועד הקציר



מצב הגרעין (קו החלב) ותכולת החומר היבש נמצאים בקשר ישיר ומהווים את המדדים העיקריים לבחירת מועד הקציר הרצוי. קו החלב בגרעין תירס מתחיל לרדת מטה, כלפי השזרה, עם התבגרות הצמח, בתהליך שנקרא שקיעת גרעין. הטווח האופטימלי לקציר הוא כאשר קו זה נמצא בין 1/3 ל-2/3 הדרך (ר. סולומון, 2017). גרעיני חיטה ושעורה בסוף שלב החלב ובתחילת שלב הדונג הם המועדים האופטימליים לקציר. במועדים אלו הצמח מכיל את מירב החומר הנעבל. מבחינה תזונתית, קציר בשלב מאוחר יותר גורם להזדקנות הצמח, לעלייה בתכולת הליגנין (תרכובת פולימרית הנמצאת בדופן התא ונחשבת לבלתי נעכלת) ולהתייבשות הגרעינים (בלתי זמינים). תנאים אלה מביאים לירידה בנעכלות הסיב ובנעכלות כלל החומר היבש. בגידול סורגום, מועד הקציר האופטימלי הוא לאחר שליפת המכבדים (תפרחות), המתרחשת כ-110-120

יום מהצצה ובסוף שלב החלב ותחילת הדונג בגרעינים (עופר גורן וחוב', 2014). בגידולי הקיץ, שליש תחתון יבש של הגבעול מהווה אינדיקציה גסה להערכת תכולת חומר יבש למועד קציר אופטימלי. חשוב לציין שלמזג האוויר תפקיד מרכזי בהשפעה על מועד הקציר. חשוב לעקוב אחר מזג האוויר ולתכנן את הקציר בהתאם, שכן גשמים עלולים להרטיב את האדמות ולהקשות על עבודת כלי הקציר וההובלה, בעוד שתנאי שרב יגרמו להתייבשות ולהזדקנות מהירות של הצמח.

## קיצוץ ומיעוך

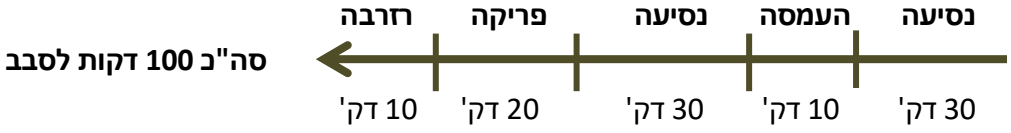
קיצוץ הירק לחלקיקים קטנים (גודל מומלץ 2.5 מ"מ) מאפשר אחסון מיטבי, שבירת דפנות התא, שיפור נעבלות גרעין עמילני (תירס) והידוק טוב יותר, שיתרום לתנאי החמצה אנאירוביים מיטביים. בקציר תירס לתחמיץ מוסיפים לקומביין ממעבת שתפקידה לשבור את המעטפת העמילנית של הגרעין, לחשוף את פנים הגרעין לחיידקי הכרס ולהפוך אותו לנגיש.

## הובלה והידוק

המטרה העיקרית של אחסון המזון כתחמיץ היא שמירה על ערך תזונתי קבוע לאורך זמן, הדומה ככל האפשר לערכו בעת הקציר. הובלה ארוכה עלולה לאפשר את תחילתן של תסיסות שאינן רצויות, בטרם יגיע החומר לבור. לבן עדיף לבחור שטחים הנמצאים בסמוך למרכז המזון, כדי לקצר את טווח הזמן שבין הקציר להידוק. ההידוק נועד להוצאת החמצן מהיבול וליצירת תנאים אנאירוביים להתרבות חיידקים לקטובציליים. הידוק מיטבי מתבצע באמצעות שופלים, ויש להקפיד על נסיעה איטית ועל חפיפה בין גלגלי הכלים. אמנם הקומביין הוא המבצע העיקרי של התחמיץ, אך קצב העבודה נקבע על פי יכולת קליטת החומר בבור ולפי קצב ההידוק. יש לשאוף להידוק של 250 ק"ג ח"י/קוב מבחינת כמות הירק בהידוק מיטבי (ח. זקס, 2018). חפיפה בין גלגלי הטרקטור המהדק ונסיעה איטית הם תנאים הכרחיים להידוק אחיד בכל שכבות הבור, מכיוון שעובי השכבה שניתן להדק ביעילות היא 30-50 ס"מ (י. שעני, 2018). יש להקפיד על ביצוע תקין של ההידוק, משום שלא ניתן לתקן בלילה (בזמן שהקומביין אינו עובד) את מה שלא נעשה ביום. אם העבודה מתבצעת כהלכה, אין צורך ביותר משעתיים של הידוק לאחר הגעת המשאית האחרונה לבור (פ. שורק, 2004).

## כמה כלים צריך להובלה ולהידוק?

דוגמה: משאית נוסעת 30 דקות לשדה; זמן העמסה הוא 10 דקות; הנסיעה למרכז המזון אורכת 30 דקות; פריקת החומר בבור - 20 דקות; ו-10 דקות יחושבו כטווח ביטחון (רזרבה). כלומר: סה"כ 100 דקות לסבב של משאית אחת.




הספקם של הקומביינים ביום הוא 30-35 דונם לשעה, כלומר כ-35 טון ח"י בשעה (ר. יערי). הספק של שופל מהדק הוא 6-7 טון ח"י (פ. שורק, 2004). במקרה זה, לכל קומביין נדרשים 5-6 שופלים ו-10 משאיות (100 דקות סבב/10 דקות העמסה).

**תמחיר הכנת תחמיץ**

(לפי 'דף כחול' 2020, וממוצע העלויות המדווחות על ידי מרכזי מזון)

| | תחמיץ חיטה 2020 | תחמיץ תירס | תחמיץ סורגום |
|---|---|---|---|
| **₪ לטון ח"י בקמה** | 620 | 750-800 | 650 |
| **קציר** | 110 | 110 | 110 |
| **הובלה*** | 90 | 90 | 90 |
| **הידוק וכיסוי** | 55 | 55 | 55 |
| **חומרים ושונות** | 35 | 35 | 35 |
| **סה"כ (₪ לטון ח"י)** | **910** | **1040-1090** | **940** |

* הובלה: מחיר ממוצע לכל הארץ, משתנה ומתומחר באופן שונה באזורים השונים, כתלות במרחק.

מחיר תחמיצי הקיץ: מחיר הקציר בתחמיצי הקיץ שווה לתחמיץ החיטה למרות העובדה שבקיץ אין מקצרה הקוצרת לפני הקומביין לצורך הקמלה, כך שהקומביין מבצע הן את הקציר והן את האיסוף. המחיר זהה מכיוון שגידול תחמיצי הקיץ כרוך בהשקיה שאינה נחשבת בתמחור.

## כיסוי הבור

הכיסוי הנפוץ ביותר הינו יריעת פוליאתילן בצבע שחור-לבן (לבן כלפי מעלה כדי להקטין קליטת חום), שעובייה כ-0.2 מ"מ למניעת החשיפה לאוויר ופגיעה חיצונית ע"י מזג אוויר. כמו כן, ניתן לכסות ברשתות פלסטיק רב-פעמיות צפופות, כדי למנוע פגיעה של בעלי חיים. מומלץ להניח שקים או צמיגים על היריעות כדי ליצור עליהן עומס ולמנוע כיסי אוויר.

## חשיבות בדיקת התחמיץ לפני השימוש

בדיקת הירק לפני הקציר (בעיקר % ח"י) נערכת לצורך הקמלה והחמצה אופטימאלית ולקביעת מחיר. לפני השימוש בתחמיץ נבדוק את מרכיביו, כגון אחוז החומר היבש, אפר, חלבון כללי, אנרגיה, NDF, שומן, ליגנין ו- pH. כאשר ניתן לבצע בדיקה מורחבת יותר, היא תכלול גם את תכולת הסידן, הזרחן, האשלגן, הניטראטים והרעלנים. בדיקות אלו יסייעו לתכנון המיטבי של מנת ההזנה ולמניעת הפרעות מטבוליות, הרעלות, קלקולי קיבה ופגיעה בייצור, ולכן הן בעלות חשיבות רבה.

## כיצד ומהיכן דוגמים?

העיקרון הבסיסי לקבלת דגימה מייצגת הוא איסוף מספר רב של תת-דגימות ליצירת דגימה מאוחדת. **חומר טרי** - כדי לדגום אחוז חומר יבש של הירק הטרי הנכנס לבור, שואפים לקחת דוגמה מכל משאית המגיעה למרכז המזון. מבחינה מעשית, הדבר כמעט בלתי אפשרי, לכן נשאף לדגימה מכל 3-4 משאיות לפחות. על פי תכולת החומר היבש של ירק המוצא, תיקבע כמות החומר היבש שנכנס לבור. מכל משאית שנדגום ניטול 10-15 חופנים, שאותם נערבב יחד, ומהם נדגום 0.5-1 ק"ג שיובנסו לשקית ניילון סגורה הרמטית, אשר תישמר בקירור עד בדיקת החומר היבש בתנור (65 מ"צ למשך 48 שעות). **תחמיצים** - דגימת התחמיץ לצורך הבדיקות תיעשה באמצעות מקדח בעומק של לפחות 50 ס"מ מחזית הכרייה ומעל הבור באזורים ובגבהים שונים (ד. בונפיל וחוב'). באין מקדח, נחפור בידיים או בכל כלי אחר לעומק של לפחות 20-30 ס"מ וממספר רב ככל האפשר של מקומות בחזית הבור. כל הדגימות יעורבבו יחד ומהן תילקח דוגמה מייצגת של 3 ק"ג, שאותה נחלק לשלוש דגימות של 1 ק"ג כל אחת. דגימות אלה יובנסו לשקית ניילון סגורה ויישמרו בקירור כמה שעות או יוקפאו למשך יום ויותר, עד לבדיקה הכימית לקביעת התכולות והערך התזונתי של התחמיץ (ר. סולומון, 2003).

**חשיבות מקום הדיגום** - כאשר דוגמים באמצעות מקדח מחלקו העליון של הבור, אמנם ניתן לקבל מידע לגבי החומר שבו ייעשה שימוש בעתיד, אך ישנה מגבלה של עומק הקידוח, שכן מרבית המקדחים מגיעים לעומק של 1.5-1 מטרים, ובבורות גבוהים לא ניתן לדגום חומר מהשכבות התחתונות. כאשר דוגמים מחזית הבור (קיר הכרייה), הדגימה תשקף יותר את המצב, כיוון שבדגימה כזו ניתן לקדוח בגבהים ובמקומות שונים. יש לבצע בדיקה זו כמה פעמים, בהתאם לקצב ההתקדמות, ומחתך ישר ככל האפשר, הנובע מממשק וכרייה נכונים בבור התחמיץ.

## שימוש בתחמיץ

שימוש ראשון בתחמיץ יחל לפחות שלושה שבועות מרגע פתיחת הבור. בעת השימוש חושפים את בור התחמיץ לאוויר. שטח הכרייה יחודש לפחות כל 3 ימים (ע. שושני, 2000). שימוש נכון מתבטא בכרייה אנכית לרצפה ע"י הסלף (כורה). בצורה זו שטח הפנים הנחשף לאוויר הוא הקטן ביותר, והסיכוי לקלקול התחמיץ בחזית הבור נמוך יותר. כאשר מדובר במשק קטן, שבו קצב ההתקדמות בבור קטן יותר (עד חצי מטר ביום), החשיבות של הסלף גדולה יותר. במרכזי מזון גדולים השימוש בתחמיץ גדול יותר, ולכן התקדמות הכרייה מדי יום בבור התחמיץ היא מהירה יותר (מעל חצי מטר ביום), ואפשר לעבוד עם שופל. העבודה עם השופל גסה יותר ודרושה מיומנות לכרות את הבור באופן האנכי ביותר לצורך הקטנת שטח הפנים הנחשף לאוויר. מספרי אצבע לעומק הכרייה: 0.4 מטר בסלף; 0.8 מטר בשופל.

## התכונות הנדרשות מצמח בבור התחמיץ

- תכולת חומר יבש אופטימלי בין 30%-40%.
- קיצוץ החלקיקים לאורך של כ-25 מ"מ, המאפשר הידוק מיטבי והמשך תפקידו של התחמיץ כמקור סיב פיזיקאלי אפקטיבי (peNDF).
- פחמימות מסיסות ברמה מספקת (לפחות 4% מהחומר היבש).
- אוכלוסיית חיידקים לקטובציליים (חיידקי חומצת חלב) טבעית על הצמח.
- כושר התרסה נמוך - נובע מתכולת מינרלים (אפר) וחלבון (חנקן) נמוכים.

## יעדי השימור בתחמיצים

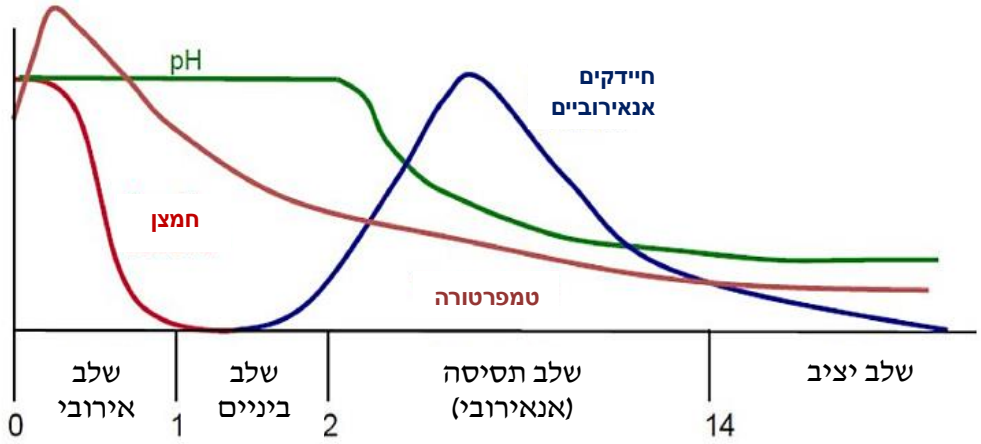
- תנאים אנאירוביים.
- תסיסה מיקרוביאלית של חיידקי חומצת חלב (לקטובציליים).
- pH חומצי (<4).
- עמידות בחשיפה לאוויר.

## תוספי החמצה

ניתן להוסיף תוספים לירק המוכנס לבור. נהוג לחלקם ל- 3 קבוצות, בהתאם לתפקידם ומטרתם:

1. **מעודדי תסיסה** - יכולים לנתב את התסיסה לתוצאות הרצויות ולהגבירה, לשם קבלת תוצרים לשימור אופטימלי. לדוגמה: חיידקים לקטובציליים, אנזימים.
2. **מעכבי תסיסה** - מעכבי תסיסה משנית שאינה רצויה בבור. לדוגמה: חומצות אורגניות.
3. **תוספי ערך תזונתי** - להעלאת תכולות האנרגיה והחלבון; לדוגמה: גרעינים, מזונות עתירים באנרגיה (מולסות, קליפות הדרים), אוריאה (חנקן).
4. **מלח** – הוספת 5-8 ק"ג/מ"ר מתחת לשכבת הפוליאתילן לפני הכיסוי למניעת התפתחות פטריות ועובשים, העלולים לגרום להפסדים כתוצאה מהימצאות אוויר מתחת ליריעת הכיסוי.

## שלבים במהלך התסיסה בבור




1. **שלב אירובי** - לאחר כיסוי הבור מתבצעת נשימה תאית על ידי חלקיקי הצמח המנצלים את החמצן המועט שנמצא ביניהם.
2. **שלב ביניים** - מתחיל כאשר מרבית החמצן נוצל, ומק"א, המתפתחים בנוכחות התנאים האנאירוביים, מתסיסים סוכרים ליצירת חומצה אצטית, שתגרום לעלייה ראשונית של רמת החומציות.
3. **שלב אנאירובי** - היעדר מוחלט של חמצן ועלייה בחומציות גורמים להתרבות אוכלוסיות לקטובציליים, המייצרים חומצה לקטית, שהיא תוצר התסיסה הרצוי ביותר בבור התחמיץ.
4. **שלב יציב** - pH נמוך מ-4, חומציות גבוהה, החיידקים הפסיקו את תסיסתם, אך התוצרים נשארו. אותה חומצה לקטית היא השומרת על החומציות המונעת התפתחות מק"א נוספים, אשר עלולים לגרום לפגיעה באיכות התחמיץ.

## לסיכום

הקפדה על בחירת שטחים, מעקב במהלך הגידול, בחירת מועד קציר, קיצוץ בגודל מיטבי המאפשר הידוק ברמה גבוהה, כיסוי נאות ושימוש נכון לאחר פתיחת הבור - יתרמו להשגת תחמיץ איכותי, בעל ערכים תזונתיים קבועים, ולמניעת הפסדים.

**האמור לעיל הינו בגדר עצה מקצועית בלבד ואינו מהווה חוות דעת מומחה לצורך הצגה כראיה בהליך משפטי. על מקבל העצה לנהוג מנהג זהירות. שימוש או הסתמכות על המידע המופיע לעיל הינו באחריות מקבל העצה בלבד. אין להעתיק, להפיץ או להשתמש במסמך זה או בחלקים ממנו לצורך הליך משפטי כלשהו, ללא אישור מראש ובכתב של החתום. לקבלת מקורות הספרות ניתן לפנות למחברים.**