



# הכנס השנתי ה - 34 למדעי הבקר והצאן

## תקצירי הרצאות

מלון רמדה, ירושלים  
ט"ו – י"ז בכסלו ה'תשפ"ה, 16-18 בדצמבר 2024

# הוועדה המארגנת

הלל מלכה	י"ר הכנס, רפנט;	שה"מ, תחום בקר לחלב
אלי ג'ורנו	י"ר הוועדה המארגנת;	מועצת החלב
דגן יראל	חבר;	ארגון יצרני החלב בישראל
פרופ. עוזי מועלם	חבר, רפנט;	מנהל המחקר החקלאי
דורית כבביה	חברה, רפונטית;	שה"מ, תחום צאן
דר' יניב לבון	חבר, רפנט;	ארגון יצרני החלב בישראל
דר' מאור קדמי	חבר, רפנט;	החקלאית
פרופ. צבי רוט	חבר, רפנט;	הפקולטה לחקלאות
דר' יעד דהן	חבר, רפנט;	מועצת החלב
יואב שעני	מרכז מדעי, רפנט;	שה"מ, תחום בקר לחלב
ערן ארז	חבר, רפנט;	רפת רן
דר' עדי בכר	חברה, רפונטית;	המכון הוטרינרי ע"ש קימרון
דר' שמוליק פרידמן	חבר, רפנט;	מועצת החלב
אילנית דדוש קלפון	חברה;	התאחדות הנוקדים עזיזה
אדריאנה שוחט	חברה;	מועצת החלב
ענבל בלס	חברה;	ארגון יצרני החלב בישראל
טל נירל	חברה, רכזת;	שה"מ, אגף בע"ח

## עריכת חוברת תקצירי ההרצאות – יואב שעני

תוכן העניינים - הכנס ה-34 במלון רמדה בירושלים, 16-18 בדצמבר 2024

שעה	עמוד	מרצה	שם הרצאה
<b>אולם מלכת שבא, יום שני 16/12/24 - מושב 1: שינויי אקלים. יו"ר דר' גדעון טופורוב</b>			
09:30	11	אמיר גבעתי	שינוי האקלים בישראל
09:55	13	מרק פרל	הערכת סיכונים לחקלאות ישראל כתוצאה משינוי אקלים
10:15	15	שאול צבן	תחשיב כלכלי של השפעות שינוי האקלים על ענף הרפת
10:30			רב-שיח: מה צריכה החקלאות בישראל כדי לשגשג בעידן של שינוי אקלים?
<b>אולם מלכת שבא, יום שני 16/12/24 - מושב 2: רווחת בעלי חיים. יו"ר גל פלג מוקדש לזכרו של יהונתן חג'בי ז"ל</b>			
10:50	18	יניב לבון	השפעת עקת המלחמה על יכולות הייצור, שרידות ובריאות העטין ברפתות חלב בעוטף עזה
11:30	20	חן הניג	שיתוף הציבור טרם כתיבת טיוטת תקנות צער בעלי חיים - גידול עגלים והחזקתם לצרכים חקלאיים
11:50	22	אריאל שבתאי	פיתוח אינדקס לחברתיות בעגלי הולשטיין יונקים
12:10	24	יוסי ווין	השפעת העשרה סביבתית על מדדי עקה בעזים
12:30	26	יעל ארבל	הובלה ימית של מקנה – מתי הובלה הופכת לארוכה מדי
12:50			שאלות וסיכום המושב
<b>אולם אמנון ותמר, יום שני 16/12/24 - מושב 3: ממשק, כלכלה וטיפול סביבתי. יו"ר דודי בירן</b>			
10:50	28	ופא דיאבא-ת-שחברי	בחינת הגורמים המשפיעים על רווחיות הרפת השיתופית בשנים האחרונות
11:10	30	אור מרומי מקבל מלגה	אגנים ירוקים כפתרון לטיפול במי-נטל לשימוש בטוח בחקלאות
11:30	32	הלל מלכה	בחינת מערכת ביולוגית טבעית לטיפול בשפכים
11:45	34	הלל מלכה	בחינת אפשרויות הפחתת זבל אורגני בשפכי רפת, לפני כניסה לבור שיקוע ע"י: א – גריפת הזבל מחוץ לבור השיקוע. ב – סינון באמצעות נפה רוטטת
12:00	36	יניב לבון	השארות עגלות עם אימהות לאחר ההמלטה ברפת החלב - מדדים מקצועיים וכלכליים
12:15	38	עמי ארנין	הקשר בין צינון אינטנסיבי לאורך המדרך לבין ביצועי ייצור ורבייה: תוצאות מניסוי שדה ברפת מסחרית
12:35	40	הלל מלכה	בחינת החלפת צינון בחצר המתנה בצינון אינטנסיבי במדרך האבוס
12:55			שאלות וסיכום המושב

שעה	עמוד	מרצה	שם הרצאה
<b>אולם מלכת שבא, יום שני 16/12/24 - מושב 4: אקטואליה וכלכלה. יו"ר גיא ורון</b>			
15:30		איציק שניידר	אתגרי ענף החלב מאז ה-7 באוקטובר
15:50			אתגרי ענף החלב בשנת 2025 פאנל בהשתתפות: אורן לביא, עופרה שטראוס, ענת גרוס שון, דגן יראל ואיציק שניידר - מנחה: גיא ורון
16:20		יוסי שפירא	יעדי השירות הלאומיים והיערכות לחירום
16:40		יובל לפקין	חשיבות ענף החלב לביטחון המזון של מדינת ישראל
17:00		יעקב בכר	ענף החלב והקואופרציה בישראל
<b>אולם מלכת שבא, יום שלישי 17/12/24 - מושב 5: בריאות העדר. יו"ר דר' עדי בכר</b>			
08:20	43	מיכל מורגנשטרן	החלטת הרפתן בנוגע לחיסון העדר מתווכת ע"י הוטרינר. האמנם?
08:40	45	יעל קניגסוולד	זיהוי גורמי סיכון להתפרצות ברוצלה מליטנזיס ברפתות בישראל
09:00	47	איתי עסיס	מחלת ה-BVD-במשק הבקר הישראלי – סקר נגיעות ארצי ודרכי התמודדות
09:20	49	שני שיינין	אלח דם מדמם: מחלה מגיחה המתפשטת בישראל (סקירה)
09:50	51	דן גלסר	הערכת מועילות התרכיב האוסטרלי לקדחת קיקיונית מחקר קליני בשדה, בעת התפרצות 2021
10:10	53	עדי בכר	הנזקים הכלכליים מהתפרצות קדחת שלושת הימים בשנת 2021
10:30			שאלות וסיכום המושב
<b>אולם אמנון ותמר, יום שלישי 17/12/24 - מושב 6: פיזיולוגיה של ייצור חלב. יו"ר פרופ' עוזי מועלם</b>			
08:40	56	יפעת בריל קרניאלי	על ביומכניקה וחשיבותה בחקר בלוטות חלב של בקר: מה ידוע ולאן אפשר להתפתח (סקירה)
09:20	58	גיא דבי	הקמת מערכת מודל לכוחות מתיחה בחליבה על תאי בלוטת חלב בבקר
09:40	60	ניר זהרוני	מערכת תלת מימדית להדמיית התנאים הפיזיקליים בבלוטות חלב
10:00	62	אורית דשבסקי	השפעת רמת חלבון החלב אלפא-לקטאלבומין וקיפולו על תפוקת החלב בפרות
10:20			שאלות וסיכום המושב
<b>אולם מלכת שבא, יום שלישי 17/12/24 - מושב 7: מסחרי. יו"ר דר' יעד דהן</b>			
10:40		תור ליבר (אשל שירותים וטרינרים)	פתרונות חדשניים להבטחת חסינות פאסיבית מיטבית בעגלי חלב – שילוב קולוסטרום בקר מיובש
11:00		סיוון לאקר (רפתנות מודעת)	היתכנות גידול פרות עם עגלות ברפת החלב - ממצאים ראשוניים
11:20		ניר אלפרט (וטמרקט)	גישה חדשה למחלות המלטה בפרות חלב

שם הרצאה	מרצה	עמוד	שעה
כיוונים חדשים ביישום הטיפוח הישראלי	שקד דרוקר (שיאון)		11:40
יישומי מדידת צריכת מזון פרטנית ויעילות הזנה בעזרת נתוני AfiCollar	רוני יעיר (צח"ם אפיקים)		12:00
RelyOn כי יש על מי לסמוך	ברק פורת (פיברו ישראל)		12:20
מעבר מדוייק בין התחלובות בצאן	חיים ליבוביץ' (פיברו ישראל)		12:40
<b>אולם אמנון ותמר, יום שלישי 17/12/24 - מושב 8: בריאות העדר. יו"ר דר' שני שיינין</b>			
תחקור התפרצות של חיידקי סלמונלה עמידים ברפת חלב במרכז ישראל - ממצאים אפידמיולוגיים וגנומיים	אהוד אלנקוה	65	10:40
חקירת התפרצות בעקבות גל הפלות ברפתות בגליל המערבי ובעמק זבולון	איתי עסיס	67	11:00
בדיקת נוגדנים לניאוספור - מתי כדאי לדגום?	שרון תירוש לוי	69	11:20
הפחתת צליעות בעדר באמצעות טילוף בעיתו וטילוף מניעתי (סקירה)	אלון בן דוד	71	11:40
מסוכן מכפי שחשבנו: הדינמיקה המפתיעה של הרעלן Carboxatractyloside בלכיד הנחלים (Xanthium strumarium) לעקה ביוטית	טל רותם קרביץ	73	12:10
בלימת התפרצות הרעלת בוטוליזם מזבל עוף בהסתמך על ניסיון העבר	שני שיינין	75	12:30
שאלות וסיכום המושב			12:50
<b>אולם מלכת שבא, יום שלישי 17/12/24 - מושב 9: פוריות. יו"ר פרופ' צביקה רוט</b>			
טיפול ב Insulin Growth Factor 1 מקנה עמידות לעקת חום בעוברי בקר In Vitro	אריאל מיכאלוב	78	14:00
הקשר בין הזוויג והמורפוקינטיקה של עוברי בקר	שיר מנוביץ	80	14:15
השפעת הזנה בחומצות שומן מסוג אומגה-3 על המערכת האנדוקנבינואידית בזקיקים קדם-ביוציים וברחם של פרות חלב	מאיה זכות	82	14:30
בחינת ההבדלים המורפולוגיים והפיזיולוגיים של זירמה בעלת תנועתיות פרוגרסיבית-גבוהה ונמוכה	שיר מייזוס	84	14:45
לאן נעלם הנוזל הסמינאלי - בדיקה מחודשת של הרכבו	טניה קוגן	86	15:00
שאלות וסיכום המושב			15:15

שעה	עמוד	מרצה	שם הרצאה
<b>אולם אמנון ותמר, יום שלישי 17/12/24 - מושב 10: מספוא ומזונות. יו"ר דר' רואי בן-דוד</b>			
14:00	89	יואב יקיר	תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים נבחרים - רכיבי מזון חלופיים למעלי גירה בישראל
14:20	91	עוזי מועלם	השוואה של מגוון זנים בכירים ואפילים של מיני דגן: יבולים, הרכב כימי ונעכלות
14:40	93	דניאל ביקל	איכות ויבול של מיני דגן חורפי פופולריים בישראל
15:00	95	אביב אשר	שימוש בצמח הקינואה כגידול חדש למספוא והשפעתו על יצרנות, בריאות ויעילות ניצולת מזון פרטנית בפרות גבוהות תנובה
15:20	97	יואב גולן	סקירת זני מספוא חדשים להזנת בקר בישראל (סקירה)
15:50			שאלות וסיכום המושב
<b>אולם מלכת שבא, יום שלישי 17/12/24 - מושב 11: פוריות. יו"ר דר' מאיה זכות מוקדש לזכרו של יפתח גורני ז"ל</b>			
15:20		יניב לבון	עדכון על נתוני הפוריות בעדר הישראלי
15:30	100	עוזי מועלם	מוות עוברי בחודש השני של ההריון, כשל שחלתי או כשל עוברי?
16:00	102	שקד דרוקר	מחלות רחם דלקתיות והשפעתן על הפוריות
16:20	104	יניב לבון	ניהול ממשק רביה בפרות חולבות – דרכים להשאת אחוזי ההתעברות
16:50	106	עומר קליין	תכנית רביה מותאמת למשק: פתרונות ספציפיים לבעיות מגוונות
17:10			רב-שיח בהשתתפות מומחים בתחום הפוריות
<b>אולם אמנון ותמר, יום שלישי 17/12/24 - מושב 12: טכנולוגיה בענף החלב. יו"ר דר' יעל זלצר מוקדש לזכרו של אופק ארזי ז"ל</b>			
15:40		Oliver Danel	סודות ההצלחה של ענף גידול עיזים לחלב בצרפת
16:10	109	גילי שליט משעל	פיתוח מודל מתמטי להתרעה מוקדמת לעלייה בתאים סומטים בהתבסס על שינוי מיקום חליבה של כבשים
16:30	111	בנימין כץ	פיתוח מערכת כיול אוטומטי של מערכת ראיית ולמידת מכונה למדידת צריכת מזון בתנאי רפת
16:50	113	רון ביטון	פיתוח מערכת לזיהוי אינדיבידואלי של צאן באמצעות וידאו צבעוני ועומק
17:10	115	גיאורגי שטנברג	זיהוי דלקת עטין בחלב פרות על ידי ביו סנסורים (סקירה)
17:40			שאלות וסיכום המושב

שם הרצאה	מרצה	עמוד	שעה
<b>אולם מלכת שבא, יום רביעי 18/12/24 - מושב 13: בריאות פרת המעבר. יו"ר דר' עומר קליין</b>			
הקשר בין קדחת חלב לבין מדדי בריאות, ייצור ופוריות בפרות חלב ישראליות.	ליאור כהן מקבל מלגה	118	08:50
השוואה בין מדיניות בדיקת קטוזיס בטיפת דם למדיניות בדיקת קטוזיס בשתן: תוצאות מניסוי קליני מבוקר ברפת מסחרית	מיכאל ואן סטרטון	120	09:10
קטוזיס משבש את מנגנוני הפרשת החלב והתגובה החיסונית בעטין	פלג שניידר	122	09:30
טוב מאוחר? על קטוזיס מוקדם ומאוחר	עומר קליין	124	09:50
אפקט העובד הבריא בפרות?	מיכאל ואן סטרטון	126	10:10
שאלות וסיכום המושב			10:30
<b>אולם אמנון ותמר, יום רביעי 18/12/24 - מושב 14: גנטיקה וטיפוח. יו"ר דר' שקד דרוקר מוקדש לזכרו של דורון בולדס ז"ל</b>			
השתנות אורך הטלומרים בעגלי הולשטיין והקשר לעקה ויצרנות	מירי כהן צינדר	129	08:30
ניתוח גנטי וסביבתי של מצב גופני בעדר הבקר לחלב הישראלי	יהודה ולר	131	08:50
יישום הערכות גנומית בחישוב ישיר (single-step) מנתוני פרים ופרות	אריה קורזון	133	09:10
ריצוף גנומי עמוק חושף את מיקרוביוטת נוזל הזרע של פרי הזרעה ישראלים	אייל סרוסי	135	09:30
ניבוי וחישוב ריבוי בשארות באמצעות נתונים גנומיים: ריבוי בשארות עד לרמת הגן	מורן גרשוני	137	09:50
עמידות לסקרייפי בכבשים: מבדיקות גנטיות לטיפוח	חי דביר	139	10:10
שאלות וסיכום המושב			10:30
<b>אולם מלכת שבא, יום רביעי 18/12/24 - מושב 15: הזנה. יו"ר דר' הן סולומון מוקדש לזכרו של ראובן הייניק ז"ל</b>			
השפעת מקור הנתרן במנה, נתרן כלורי או סודה לשתייה, על ביצועי פרות חולבות	יהושב בן מאיר	142	10:50
אפיון קצב פריקות פחמימות דופן התא (NDF) במזונות אופייניים בהזנת בקר לחלב בישראל	יואב שעני	144	11:10
השפעת החלפת חציר דגן בשחת טף (Tef; Eragrotis) במנות פרות חולבות על ביצועיהן ותנובות חלב.	סמיר מבג'יש	146	11:30

שם הרצאה	מרצה	עמוד	שעה
השפעת מליחות וקשיות מי השתייה על צריכת מזון ויצרנות בפרות חלב – סיכום מחקר	יהושב בן מאיר	148	11:50
השפעת שימוש בפרקציה הלא נעכלת של ה-NDF בתכנון מנת פרות חלב על מדדי יצור, צריכת מזון וסביבת הכרס	יואב שעני	150	12:10
השפעת שילוב נבטים במנת חולבות גבוהות תנובה על התנובות, סביבת הכרס ונעכלות המנה	עוזי מועלם	152	12:30
שאלות וסיכום המושב			12:50
<b>אולם מלכת שבא, יום רביעי 18/12/24 - מושב 16: בריאות העטין וייצור חלב. יו"ר דר' שמוליק פרידמן דר' שרון תירוש לוי מוקדש לזכרו של דרור אור ז"ל</b>			
הקשר בין בועית שומן החלב למאפייני חיידקים קומנסלים	חן רז	155	10:35
האפקט הסטרסוגני של פוסטביוטיקה חיידקית על תאי אפיתל בלוטת החלב מושפע מגודל בועית השומן עליה גדל החיידק	נעם צירקל-הנקוק	157	10:55
שימוש במטא-אנליזה של נתוני ביטוי גנים על מנת לפצח את מנגנון הייצור הייחודי של שומן חלב בבקר וצאן	רוני תדמור-לוי	159	11:15
בדיקת התכנות והתאמה של מערכת תרבית מהירה Accumast לזיהוי פתוגנים מחוללי דלקת עטין ברפת ישראלית	שלו ארז מקבל מלגה	161	11:35
ניתוח התפרצות סטאפ. אוראוס - שילוב מדעי רב תחומי בשירות הרפת	עומר קליין	163	11:55
חשיבות השמירה על ניקיון והיגיינה במערכות חליבה	גברי פרץ	165	12:15
בריאות העטין בישראל – מגמות ויעדים (סקירה)	שרון תירוש לוי	167	12:35
שאלות וסיכום המושב			12:55
הרצאת נעילה; אריק זאבי – ג'דוקא, מדליסט אולימפי			13:00
סיכום הכנס ה-34	הלל מלכה		13:50
ארוחת צהריים			14:00



# חלוקת אותות ומלגות

**יקירי ענף הבקר: דר' גבי עדין, דר' עדין שוימר, דר'  
יואל זרון ומר שמיל בלברמן.**

**אות הוקרה בענף הבקר:**

**מר פרץ שורק, מר יורם שפירר וצוותי רפתות קו העימות:**

דויטש שמחה, מושב בית הלל	צוות רפת "יד חיל"
דויטיש דב, מושב בית הלל	צוות רפת "ניר מעון"
קליין משה, מושב בית הלל	צוות "רפת הנגב"
שותפות קורלנדר, מושב בית הלל	צוות רפת קבוץ אור הנר
בבס גלעד, מושב בית הלל	צוות רפת קבוץ גברעם
חיות יצחק ולימור, מושב גורן	צוות רפת קבוץ נירים
חדאד ג'רייס, חורפיש	צוות רפת קבוץ ניר יצחק
דוד לוי, מושב זרעית	צוות רפת קבוץ גבים
עזיזה לוי, מושב זרעית	צוות רפת רבוץ ארז
שותפות תורג'מן משתולה ואבו זינב מגוש חלב	צוות רפת קבוץ עין השלושה
וטורי חיים, מושב נטועה	צוות רפת קבוץ כיסופים
שותפות דעדוש-ביבאר-הירש, מושב גורן	צוות רפת קבוץ נחל עוז
טשרכי יורן וסילביה, מושב עבדון	צוות רפת קבוץ מפלסים
שותפות רוזנברג אשכנזי, כרם בן זמרה	צוות רפת קבוץ עלומים
ח'ון ג'וליאן, כפר ריחאניה	צוות רפת קבוץ סעד
שפסו תלוסתן, כפר ריחאניה	צוות רפת קבוץ כרמיה
צוות רפת קבוץ זיקים	
צוות רפת "אגודת פ.ר.ח"	
שותפות מדמוני בלולו, במושב יכני	
חג'בי ירמיהו, מושב יכני	
שותפות זהבי קלימי עבדתי במושב יכני	
זהבי סעדיה, מושב יכני	
מדמוני ישראל, מושב יכני	
חג'בי אלון, מושב יכני	
שותפות דוד אמנון ויוסף, מושב יכני	
חג'בי חממה, מושב יכני	
מדמוני ציונה, מושב יכני	
חג'בי יוסף, מושב יכני	
צוות רפת קבוץ דפנה	
צוות רפת קבוץ כפר גלעדי	
צוות רפת שותפות "עמק הקורן"	
צוות אגודת "רפת מנור"	

**תלמידי מחקר מצטיינים מקבלי מלגת מועצת החלב:**

**שלו ארז, ליאור כהן ואור מרומי**

# שינויי אקלים

## מושב 1

יו"ר: דר' גדעון טופורוב

## שינוי האקלים בישראל

עמיר גבעתי\*

מנהל השירות המטאורולוגי הישראלי

[givatia@ims.gov.il](mailto:givatia@ims.gov.il)

**רקע** שינוי האקלים הוא תהליך ארוך טווח במערכות האקלים של כדור הארץ, הכולל שינויים בטמפרטורה, במשקעים ובאירועי קיצון כמו גלי חום ובצורות. אלו נגרמים בעיקר מהגברת פליטת גזי חממה כתוצאה מפעילות אנושית, כגון שריפת דלקים מאובנים, כריתת יערות, ופעילות חקלאית, אשר מעלים את ריכוז גזי החממה באטמוספירה. ישראל מחויבת לפעול בנושא שינוי האקלים, גם לאור הסכמים בינלאומיים כמו הסכם פריז. במסגרת זו, המדינה שואפת להגביל את עליית הטמפרטורה הגלובלית לטווח של 1.5–2 מעלות צלזיוס מעל הרמות ששררו לפני המהפכה התעשייתית. בהחלטת ממשלה מיולי 2018 הודגש הצורך בהיערכות לשינויי האקלים על בסיס מדעי, תוך שילוב מדיניות הכוללות היערכות להתמודדות עם מגמות אקלימיות עתידיות, הפחתת פליטות גזי חממה ושימוש מושכל במשאבים.

השירות המטאורולוגי ממלא תפקיד מרכזי בהבנה ובניהול של אתגרי שינוי האקלים בישראל. השירות פועל כאחראי על איסוף, ניתוח והנגשה של מידע מטאורולוגי ומודלים אקלימיים, המבוססים על נתונים מהעבר ועל תחזיות עתידיות עד לשנת 2100. באמצעות תצפיות מתחנות מדידה ומודלים מותאמים לישראל, השירות מספק מידע עדכני לגבי מגמות אקלימיות כגון עליית טמפרטורות, שינוי במשקעים, ותדירות ועוצמת אירועי קיצון. מידע זה חיוני לתכנון מדיניות מבוססת נתונים ולתמיכה במקבלי החלטות. השירות המטאורולוגי גם מקדם מדיניות להיערכות מוקדמת, הכוללת העלאת מודעות ציבורית למגמות האקלימיות והשפעותיהן. הוא שואף לייצר שיתוף פעולה בין-משרדי כדי להבטיח שהמדינה תוכל להתמודד בצורה יעילה עם האתגרים הנובעים משינויי האקלים. הפעילות כוללת שילוב ניתוחים מדעיים עם אסטרטגיות יישומיות, על מנת לספק כלים ותמיכה לממשלה, לציבור ולמגזר העסקי. המטרה המרכזית היא להבטיח יציבות בתחומי חיים כמו חקלאות, בריאות ותשתיות, תוך מזעור הסיכונים האקלימיים ותרומה ליצירת עתיד בר קיימא.

**שיטות** הניתוח ההיסטורי התבסס על מדידות מתחנות מטאורולוגיות ועל ניתוחי ראנליזה (-ERA5 Land) המשתמשים בנתוני תצפיות ממקורות שונים ובמודלים ממוחשבים ליצירת מערך נתונים אחיד ואמין. התחזיות העתידיות התבססו על מודלים אקלימיים אזוריים (RCMs) שנלקחו מתוך פרויקטים עולמיים כגון CMIP5. המודלים הראשוניים פעלו ברזולוציה מרחבית של כ-50 ק"מ, ולאחר מכן נערך כיוול סטטיסטי להתאמת המודלים לתנאים המקומיים של ישראל. התחזיות מבוססות בעיקר על תרחיש האקלים החמור (RCP8.5), אך כולל גם התייחסות לתרחיש המתון

(RCP4.5), שבו ננקטות פעולות לצמצום פליטות גזי חממה. אימות המודלים התבצע בעזרת השוואת תחזיות לאירועים היסטוריים.

**תוצאות ודיון** ישראל, הנמצאת באזור רגיש מבחינה אקלימית, חווה התחממות מואצת ביחס לממוצע העולמי. בשנים האחרונות נרשמה עלייה בטמפרטורה בשיעור של 0.6 מ"צ לעשור, כפול מהממוצע העולמי לאותה תקופה. מגמות אלו צפויות להימשך, עם עלייה של 3.5 מ"צ בטמפרטורה הממוצעת עד סוף המאה. תדירותם של ימים ולילות חמים מאוד עולה בצורה משמעותית, לצד הפחתה ניכרת בימים ולילות קרים. גל חום טיפוסי, אשר כיום נמשך כ- 4-5 ימים בטמפרטורה מקסימלית ממוצעת של כ-36 מ"צ, צפוי להיות תדיר יותר, ממושך יותר ולהגיע לשיאים של מעל 40 מ"צ בשנים הקרובות ואף מעל 42 מ"צ עד אמצע המאה.

במקביל לעלייה בטמפרטורות, עומסי החום הופכים כבדים וקיצוניים יותר. באזורים מסוימים, כמו ים המלח והערבה, עומס החום כבר היום חמור וצפוי להפוך לקיצוני עוד יותר עד אמצע המאה ולהישאר כזה עד סופה. במספר אזורים אחרים, כולל מישור החוף והרי המרכז, עומס חום קיצוני, שאינו קיים כיום, צפוי להופיע עד סוף המאה בתדירות גבוהה. כמו כן, מספר השעות השנתיות שבהן ישרור עומס חום כבד יעלה בצורה דרמטית.

שינויים משמעותיים צפויים גם בכמות ובפיזור המשקעים. עד סוף המאה, תחול ירידה של 20%-25% בכמות הגשם השנתית, עם ירידה מקבילה במספר ימי הגשם בשיעור של 20%-30%. במקביל, אירועי גשם בעוצמות גבוהות הופכים שכיחים יותר, במיוחד באזורים כמו מישור החוף, דבר שעלול להוביל לשיטפונות ולנזק לתשתיות. עוצמות הגשם בפרקי זמן קצרים צפויות לעלות עד כ-40% במקרים נדירים. הממצאים מצביעים גם על סיכון מוגבר לבצורות ולמחסור במים, תוצאה של השילוב בין התחממות, ירידה בכמות המשקעים ועלייה בשכיחות אירועי אקלים קיצוניים. מגמות אלו צפויות להשפיע על תחומים רבים בישראל, כולל חקלאות, בריאות, תשתיות, ניקוז, מים וסביבה.

על מנת להיערך להשלכות שינוי האקלים, חשוב להסתמך על המידע האקלימי המתקדם שמספק השירות המטאורולוגי. באמצעות שילוב של מחקר מדעי מתקדם ומודלים תחזיתיים, אנו מצביעים על הצורך בתכנון מדיניות ארוכת טווח ובהתאמות בתחומים קריטיים. המגמות המתוארות מחייבות פעולה מיידית על מנת להתמודד עם האתגרים הצפויים ולהקטין את ההשפעות השליליות של שינויי האקלים.

## השלכות שינוי אקלים על החקלאות בישראל

מרק פרל<sup>1\*</sup>, עמיר גבעתי<sup>2</sup>, ג'רי נוקס<sup>3</sup>, נירנג'ן פניגראהי<sup>3</sup>, מורגן קלי<sup>3</sup>, עדי שריד<sup>4</sup>, יוסי שריד<sup>4</sup>, יעל קחל<sup>5</sup> וגדעון טופורוב<sup>6</sup>

<sup>1</sup> היחידה לאגרו-מטאורולוגיה, אגף שימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות וביטחון המזון

<sup>2</sup> מנהל השירות המטאורולוגי הישראלי

<sup>3</sup> המרכז למים, הנדסה ופיתוח, אוניברסיטת קרנפילד Cranfield University

<sup>4</sup> מכון שריד

<sup>5</sup> החטיבה לכלכלה, מחקר ואסטרטגיה, משרד החקלאות וביטחון המזון

<sup>6</sup> שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ), משרד החקלאות וביטחון המזון

[marcp@moag.gov.il](mailto:marcp@moag.gov.il)

**רקע** - החקלאות רגישה מאוד לשינוי האקלים. הערכת סיכונים היא גישה מובילה ברחבי העולם לניתוח מגמות להכוונת מדיניות חקלאית מחד, ומאיך לתמיכה במאמצי ההסתגלות של החקלאים. מטרת המחקר היא להשתמש לראשונה בישראל בכלים כמותיים להערכת הסיכונים והסיכויים לחקלאות ישראל כתוצאה משינוי אקלים.

**שיטות** - חיטה למאכל ולמספוא, חימצה (חומוס), תפוח אדמה, גזר, תפוח עץ, בננה, אבוקדו, זית, שקד וקליפים נבחרו כענפים מייצגים בישראל. מידול האקלים התבסס על מספר מודלים אקלימיים בתרחיש פליטות SSP5 – 8.5 ("עסקים כרגיל"). המודלים אשר נבחרו הצליחו לחזות בצורה טובה את קצב ההתחממות בין השנים 2006-2024. בחלק מהגידולים המידול חקלאי התבצע באמצעות מודל AQUACROP שהינו מודל אגרונומי שיעודו חיזוי גידולים בעקבות נתונים אקלימיים וחקלאיים. בגידולים אחרים התבצע מידול באמצעות מודלים של רגרסיה מרובה, בהתאם להתאמה שנעשתה לכל ענף חקלאי שנבחר. כמו כן בוצעו תחשיבים כלכליים של השלכות שינוי אקלים בשנת 2050 על רפת החלב ועל גידולי הצומח שהוזכרו למעלה. התחשיבים הכלכליים התבססו על תחשיבי שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ) במשרד החקלאות, כאשר היבולים וצריכת המים נקבעו על-פי תוצאות המודלים החקלאיים, כלומר יבולים וצריכת מים צפויים לשנת 2050 בהינתן שינוי אקלים וללא הסתגלות אקלימית. בנוסף התבססו התחשיבים גם על סקר עמדות חקלאים, ועל ראיונות עם מומחים.

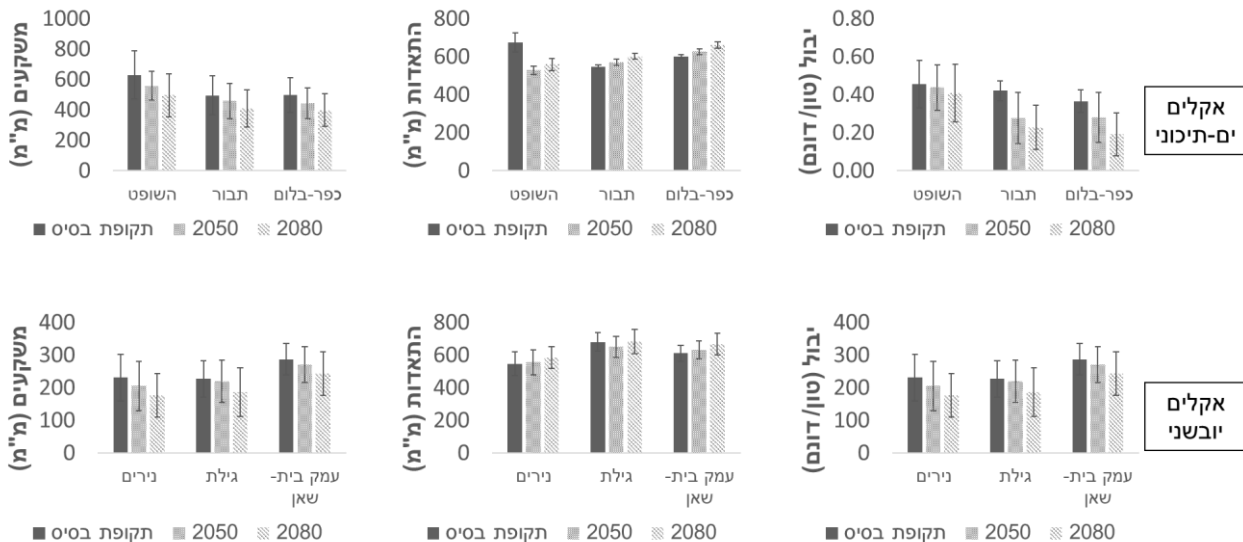
**תוצאות** - סקר עמדות בחן עמדות 733 חקלאים על השלכות שינוי אקלים ואמצעי הסתגלות

אליהם. התוצאות מפורסמות לציבור באתר משרד החקלאות בקישור הבא:

[/https://sarid.shinyapps.io/agriculture\\_survey](https://sarid.shinyapps.io/agriculture_survey)

עד שנת 2050, יבול גידולי-השדה צפוי לרדת ב- 9%-22% ביחס ליבול היום, בהנחה של המשך פליטות גזי חממה בתרחיש "עסקים כרגיל" ובהנחה שלא תהיה הסתגלות. איור 1 מדגים את התחזית לשנת 2050 בישראל בהקשר של משקעים, התאדות ויבול החיטה. יבול המטעים צפוי לרדת באותה תקופה בשיעור של 6%-15%. הנזק הכלכלי הצפוי בתפוח אדמה ובקלמנטינה הוא 28 אג' ו- 23 אג' לק"ג

בשער המשק. הנזק לכלל המשק ללא פעולות ההסתגלות עלול להגיע ל 1,540 מיליון ₪ במגזר החקלאות הצמחית ועוד 1,500-2,000 מיליון ₪ במשקי החי.



**איור 1.** שינוי אקלים והשפעתו על יבול חיטה. האיור מתאר את סך המשקעים השנתיים, סך ההתאדות השנתית בתקופת גידול החיטה, ויבול החיטה בשנת 2050 בתרחיש פליטות "עסקים כרגיל", בתרחיש ללא הסתגלות לשינוי אקלים

**דיון ומסקנות - המודלים צופים שללא הסתגלות אקלימית, שינוי האקלים צפויים להביא לירידה ביבולי החיטה, שנבחר כאן כענף מודל. אם הדבר נכון, צפויות לכך השלכות על זמינות ומחיר המספוא. אולם, החקלאים נערכים לשינוי אקלים בעזרת טיפוח זנים, פיתוח ממשקי גידול, ומניפוציה על המיקרו-אקלים של הגידולים. בכך עשויים לא רק למזער את הסיכונים, אלא אף לשפר את היצרנות. להשלמת התמונה, בעתיד חשוב לפתח יכולת מידול הלוקחת בחשבון שינויים טכנולוגיים וממשקיים בגידולים בתרחישי שינוי האקלים. בחלק מהמקרים החוסן האקלימי בחקלאות ישראל גדול משמעותית מזה של המדינות המתחרות, ומשבר האקלים עשוי דווקא לייצר הזדמנויות לחקלאי הישראלי מול שווקי היצוא. אל מול סיכוני שינוי אקלים, על ישראל לייצר מדיניות ביזור מקורות הספקת המזון וחיזוק החקלאות המקומית.**

## ניתוח כלכלי-סביבתי של ייצור חלב בישראל

שאול צבן<sup>1\*</sup>, מידד קיסנינג'ר<sup>2</sup>, איל קמחי<sup>1</sup>, ישראל פינקלשטיין<sup>1</sup>, עמי רזניק<sup>1</sup> ועדו קן<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לכלכלת סביבה וניהול, האוניברסיטה העברית. <sup>2</sup>אוניברסיטת בן-גוריון בנגב  
[iddo.kan@mail.huji.ac.il](mailto:iddo.kan@mail.huji.ac.il)

מחקר זה בחן את הקשר בין יעילות כלכלית לבין פליטות גזי חממה בתפעול רפתות בישראל. הניתוח נעשה על נתוני פאנל של 98 רפתות שנדגמו בשנים 2017 ו 2019 במסגרת סקר הרווחיות של מועצת החלב. פליטות גזי החממה חושבו באמצעות ניתוח מחזור החיים של ייצור החלב. באמצעות רגרסיות וניתוח בחנו את השפעתם של גורמים אקלימיים וניהוליים על היעילות הכלכלית של הרפתות ונזקן הסביבתי.

### פליטות גזי חממה

נמצא שרפת החלב הישראלית פולטת בממוצע 1,170 גרם שווה ערך CO<sub>2</sub> ביצור של ליטר חלב אחד, כאשר צריכת המזון אחראית ל 97% מסך הפליטות, בחלוקה ל 22% כתוצאה מייצור מזון והובלתו, 45% מעיכול מזון ו 30% מטיפול בפרש והובלתו. לפי ייצור ארצי של כ 1.6 מיליארד ליטר בשנה, הפליטה השנתית היא כ 1.8 מיליון טון CO<sub>2</sub>. סך פליטות גזי חממה בישראל עומד על כ 79 מיליון טון שווה ערך CO<sub>2</sub> (למ"ס 2019), מהם פלטה החקלאות 2.23 מיליון טון, כך שענף החלב מהווה מרכיב עיקרי בפליטות ענפי החקלאות. על פי מחיר שוק של 67 יורו לטון CO<sub>2</sub> מכסת פליטת פחמן באיחוד האירופי (יוני 2024), הערך הכספי של פליטות הרפת הוא כ- 31 אגורות לליטר.

### עומס החום ברפתות

באמצעות נתוני התחנות המטאורולוגיות לשנים 2017 ו 2019, נמדד עומס החום ששרר בכל אחת מהרפתות במדגם. הוגדר ערך סף של עומס חום מעל 68 THI (temperature-humidity index). הרפתות באזורים החמים והלחים ביותר חוו כ 4,700 שעות בשנה מעל 68 THI, והחריגה בשעות האלה היתה במוצע THI 8.3 מעל ערך הסף של 68 THI. המשמעות היא שעומס החום הצטבר לכ 39,000 THI בשנה מעל ערך הסף. לעומתן, הרפתות באזורים הכי פחות חמים, חוו כ 3,400 שעות עומס חום בשנה, בחריגה ממוצעת של THI 5.4 מעל ערך הסף. על כן, סך העומס השנתי שחוו עמד על כ THI 18,400. בנוסף נמצא שעומס החום הממוצע במדגם מעל 68 THI, היה גבוה בשנת 2019 בכ 7% לעומת עומס החום ב 2017.

### השפעת מאפייני הרפת על ביצועיה

רווח – נמצא קשר חיובי בין גודל הרפת לבין הרווח הממוצע לליטר מתוקן (ליטר בחישוב רכיבים). תרומת המכסה לרווח פוחתת, עד להתאפסותה בגודל של 10 מיליון ליטר מכסה.

עלות נטו ביצור חלב – נמצא שעלות נטו ביצור ליטר מתוקן פוחתת ככל שהמכסה גדלה, עד למכסה של 10 מיליון ליטר, אז מתאפסת התרומה של הגודל. לעומת זאת, עומס החום משפיע לרעה, ונמצא

שככל שהעומס עולה כך גדלה העלות הממוצעת נטו ביצור ליטר מתוקנן. ההשפעה השולית של החום פוחתת.

**עלות ההון** – בכל הרפתות נבדק השווי בערכי חידוש של הציוד והתשתית, ונאמד שווי הפחת השנתי. עלות התשתית והציוד חושבה לפי 6% משווי הנכסים + הפחת השנתי. נמצא מתאם חיובי בין גובה עומס החום לבין עלות ההון הממוצעת לליטר מתוקנן משווק.

**ניצולת מזון** – נמדדה צריכת המזון של העדר כולו, כולל יבשות ועגלות, ונבדקה ניצולת המזון במונחים של סך החומר היבש שנאכל בממוצע על ידי העדר כולו, ליצור ליטר מתוקנן אחד. נמצא מתאם חיובי בין גובה עומס החום לבין ניצולת המזון מוגברת; כלומר, עליה בעומס החום מפחיתה את ניצולת המזון.

**תנובת חלב** – אמנם הממצאים מראים ירידה בתנובת החלב ככל שעומס החום עולה, אך מקמדי הרגרסיה אינם מובהקים דיים. ולכן, לא נמצא קשר מובהק בין עומס חום לבין תנובת הפרות וכן לא נמצא קשר מובהק בין גודל המכסה לבין תנובת הפרות.

### מסקנות

נמצא שיש יתרון יחסי כלכלי לרפתות גדולות ולרפתות הממוקמות באזורים החווים עומס חום מופחת. ההשפעה השלילית של עומסי החום ניכרת בעלויות היצור ובעלות ההון המושקעת הממוצעת לליטר מתוקנן. יעילות צריכת המזון גם היא נפגעת מעומסי החום. המשמעות היא שעומס החום מגביר את הפליטות של ענף הרפת, מאחר שצריכת המזון היא הגורם העיקרי לפליטת גזי חממה. בנוסף, מחקר שפורסם ב 2015 הראה שפרות בעלות ניצולת מזון גבוהה פלטו 63% פחות CO<sub>2</sub> בממוצע לליטר חלב, לעומת פרות בעלות ניצולת מזון נמוכה. האינטרס הכלכלי בצמצום צריכת המזון עולה בקנה אחד עם האינטרס הסביבתי של צמצום הפליטות, ועל כן מוצע לשקול מספר כלי מדיניות:

1. לעודד ייצור חלב ברפתות גדולות ובאזורים החווים עומס חום נמוך.
2. לשקול האכלה אינדיבידואלית ככלי לשיפור ניצולת המזון. מחקרים מראים פער של מעל 20% בין ניצולת המזון של פרות באותו עדר.
3. להכליל מדד של ניצולת מזון כקריטריון בטיפוח העדר.
4. לשקול הכללת רכיבי מזון המצמצמים את הפליטות בעיכול ובטיפול בפרש ולבחון את השפעתם על תפוקת החלב.
5. לשקול הפעלת תמריצים לצריכת רכיבי מזון שביצורם יש פגיעה סביבתית מופחתת.
6. לשקול מתן תמריצים לשיפור ניצולת המזון, ולבחירת תמהיל הזנה מועדף מבחינה סביבתית.



# רווחת הפרה

מושב 2

יו"ר: גל פלג

## השפעת עקת המלחמה על יכולות הייצור, שרידות ובריאות העטין ברפתות חלב בעוטף עזה.

יניב לבון<sup>1\*</sup>, רמה פלק<sup>2</sup>, יעד דהן<sup>2</sup>, לירון תמיר<sup>2</sup>, שמוליק פרידמן<sup>2</sup>

התאחדות יצרני החלב<sup>1</sup>, מועצת החלב<sup>2</sup>

[yaniv@icba.co.il](mailto:yaniv@icba.co.il)

**מבוא:** עקה (Stress)-מתארת מצב בו חיה חשופה לשינוי סביבתי כל שהוא המונע ביטוי של מלוא הפוטנציאל הגנטי. מצבי עקה חריפים עלולים לפגוע קשות בבעלי חיים ואף לגרום למוות ואילו מצבי עקה קלים בד"כ אינם גורמים לשינויים פיזיולוגיים משמעותיים. העקה יכולה לנבוע מגורמים רבים: סביבתיים, פיזיקאליים, פיזיולוגיים ופסיכולוגיים. היא יכולה להיות כרונית וממושכת כמו חום ולחות גבוהים הפוגעים בייצור חלב והתעברות וכן יכולה להיות גם אקוטית כמו זו הנובעת מפציעה חמורה או מחלה קשה עם אפשרות לסיכון חיי החיה.

עבודה זו בחנה בעיקר את העקה הנובעת מהשפעת גורמים סביבתיים היכולה להיות כאמור אקוטית ולהיפך גם לכרונית. פרות הינן חיות הרגילות לסדר יום קבוע ושגרתו וכל שינוי מהשגרה כמו מצב מלחמה עלול לפגוע בהן. פגיעה זו יכולה לבוא לידי ביטוי בבריאות, בייצור חלב וכן במדדי רבייה ורווחת הפרה וכמובן בהיבט הכלכלי. יש להדגיש כי השפעות מצב מלחמתי מתמשך במשקי חלב מסחריים גדולים ואינטנסיביים, לא תועדו עד כה בספרות המקצועית בארץ ובעולם.

אירוע המלחמה בדרום הארץ ב 7 לאוקטובר 2023 הינו אירוע משמעותי אשר גרם לפגיעה חזקה ואלימה בדרגות שונות ברפתות החלב באזור הנגב המערבי. אירועים מלחמתיים בעבר קרו אומנם אך לא בעוצמה ובמשך זמן ארוך כמו האירוע הנוכחי. בעבר לאחר מבצע "עמוד ענן" בשנת 2012 שנמשך שבוע ימים נבחנו השפעות שליליות של מצב המלחמה על הרפתות וייצור החלב בהם. בחינה זו לא מצאה הבדלים בייצור חלב בעקבות המבצע ושיגור מאסיבי של טילים על אזור הנגב המערבי. יש לציין, שבמהלך המבצע בשנת 2012 לא הופסקה חליבה באף אחד מהמשקים וכי העבודה נמשכה כסדרה למרות מצב החירום הצבאי. לעומתו האירוע המלחמתי הנוכחי (2023) הוביל לנטישת היישובים, הפסקת חליבת הפרות למשך מספר ימים משתנה בין יממה ל 9 ימים וכן לחוסר סדירות באספקת מזון טרי לפרות. במצב ייחודי זה גרם כנראה לעקה משמעותית לפרות. כאמור עד היום לא בוצע ניתוח מחקר, שבחן ובדק לאחר מלחמה קשה, את התנהלות הפרות בתחומים רבים ובתנאים מחמירים וקשים כאלו לא בארץ וגם לא בעולם.

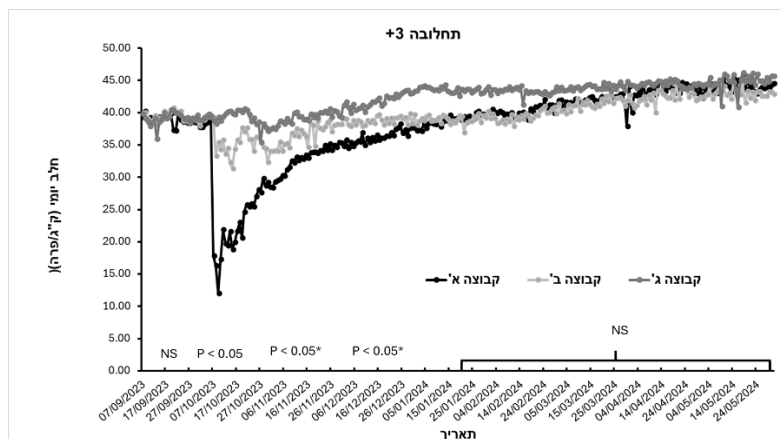
מטרתו של מחקר זה הינה לבחון ולכמת את הנזקים ברפתות הן מבחינת מדדים מקצועיים כמו ייצור החלב, שרידות הפרות, בריאות העטין, איכות החלב והן מבחינת מדדים כלכליים כמו נזקים ישירים (פגיעות ברפתות) ונזקים עקיפים לטווח קצר ובינוני.

**שיטות המחקר:** בשלב הראשון נשלח שאלון מקוון לכלל המשקים באזור העימות על מנת לקבל מידע על אשר עבר על הרפתות באזור. בין היתר נשאלו המגדלים על מספר הימים ללא חליבה וללא אכילה, שינויים בכח האדם ואירועי תמותה/פציעה של פרות כתוצאה מהירי המסיבי ותנועות הצבא באזור. נתוני השאלון עזרו לנו בחלוקת המשקים לשלוש קבוצות שונות על פי מרחקן מקו העימות, נתוני

היצור ורמת הפגיעה הפיזית בהם (פגיעה קלה, פגיעה בינונית, פגיעה קשה). קבוצה ראשונה (א) כללה את הרפתות (n=8) במרחק עד 5 ק"מ מהגבול אשר בהן נפגמה רציפות החליבה וכן רציפות הזנת הפרות. הקבוצה השנייה (ב) כללה את הרפתות (n=7) באותו מרחק מהגבול, שלמרות מצב הלחימה, המשיכו בשגרת החליבה ללא הפסקה (גם אם ירדו לשתי חליבות) וללא כל שוני בשגרת ההזנה. הקבוצה השלישית (ג) ששימשה כקבוצת ביקורת לרפתות שנפגעו פיזית מהקרבה לגבול כללה את הרפתות (n=6) הנמצאות באותו אזור גאוגרפי אך רחוק יותר מאזור הלחימה ופחות הושפעו פיזית מהמלחמה. סה"כ נבדקו במחקר זה כ 9600 פרות ב 21 משקים שיתופיים.

נתוני ייצור החלב, שרידות הפרות, בריאות העטין ואיכות החלב נלקחו מנתוני ספר העדר, ממערכת "בריאותין" ומנתוני המחלבות. בוצעה השוואה בין הרפתות השונות בקבוצה וכן בין הקבוצות כפי שהוגדרו בתקופת הלחימה לתקופה שלפני המלחמה וגם לתקופה מקבילה של השנה הקודמת (2022). תוצאות: תוצאות השאלון הראו בנוסף להפסקת החליבה ושינויי ההזנה על עליה בדלקות קליניות בקבוצה א' וכן מוות של יותר פרות וכן בעיה חמורה יותר בכח אדם שבאה לידי ביטוי בירידת כמות העובדים הקבועים ועליה בכמות המתנדבים. ייצור החלב היומי נפגע באופן משמעותי ביותר ברפתות קבוצה א' בהשוואה לקבוצות האחרות ב' וג' (גרף מספר 1).

גרף 1. חלב יומי בקבוצות השונות לפני ואחרי אירועי שביעי באוקטובר



רמות התאים הסומטים מציגות מגמה דומה של נזק רב יותר בקבוצה א' בהשוואה לקבוצות האחרות שבא ליד ביטוי בעלייה חזקה ברמות התאים הסומטיים הנמשכת לאורך זמן. קבוצה ב' מציגה אף היא עליה בסת"ס לרמות נמוכות יותר ולזמן קצר יותר.

סיכום: נמצאה פגיעה משמעותית ברפתות העוטף עם דגש על אותן רפתות צמודות גדר בהן הופסקה החליבה וההזנה. הנזק בא לידי ביטוי הן במדדים מקצועיים והן במדדים כלכליים.

## טיוטת תקנות צער בעלי חיים (הגנה על בעלי חיים) – אתגרים והיערכות בענף הבקר בישראל

חן הניג<sup>1\*</sup>, שרה וייל<sup>2</sup>, מאיה רוס<sup>3</sup>, לירן פליטמן<sup>1</sup>, לילך מורנו<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>אגף רווחת בעלי חיים, שירותים ווטרינריים, משרד החקלאות ובטחון המזון.  
<sup>2</sup>שירותים ווטרינריים בשדה, שירותים ווטרינריים, משרד החקלאות ובטחון המזון.  
<sup>3</sup>מכון לבעלי החיים, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות ובטחון המזון.

[Henh@moag.gov.il](mailto:Henh@moag.gov.il)

אגף רווחת בעלי החיים בשירותים הווטרינריים במשרד החקלאות ובטחון המזון מופקד על שמירת האינטרס הציבורי ברווחת בעלי החיים בישראל. בשנת 2006, מכוח חוק צער בעלי חיים (הגנה על בעלי חיים), תשנ"ד-1994, התקין המשרד את "תקנות צער בעלי חיים (הגנה על בעלי חיים) (החזקה של עגלי חלב), תשס"ו-2006", שמטרתן להסדיר את תנאי גידול העגלים כך שיתמכו ברווחתם ויאפשרו למגדלים לעמוד בסטנדרטים מקובלים.

התקנות הקיימות עוסקות רק בעגלי חלב, דבר שיוצר פערים בהתייחסות לרווחת עגלים בענפי הגידול השונים – מרעה, חלב ופיטום. מאז פרסום טיוטת תקנות רחבה יותר, פורסמו מחקרים חדשים שהביאו תובנות חשובות בנוגע לרווחת בעלי החיים. כתוצאה מכך, טיוטת התקנות הנוכחיות כבר אינן מתאימות למציאות בשטח ואינן משקפות את הצרכים העדכניים של המגדלים ושל העגלים.

בשל כך, המשרד מבקש לעדכן את טיוטת התקנות ולהתאימן הן למחקר העדכני והן לשיטות חקיקה בינלאומיות. כחלק מתהליך זה, הוחלט על קיום הליך שיתוף ציבור רחב, הכולל שלבים שונים בהם נשמעים קולותיהם של כלל בעלי העניין – מגדלים, עמותות למען בעלי חיים, וטרינרים ואנשי מקצוע נוספים.

מטרת שיתוף הציבור היא לבנות מסמך תקנות המתחשב באתיקה הציבורית ובמגוון הדעות הקיימות בחברה הישראלית. תהליך זה גם מאפשר למשרד ללמוד את הפערים שבין הידע המדעי לבין המצב בשטח, ולהבטיח שהתקנות החדשות ישרתו את טובת כלל הצדדים בצורה מיטבית.

התהליך הנוכחי כולל שני שלבים עיקריים. בשלב הראשון, המשרד פונה לבעלי העניין בסוגיות מרכזיות שמעלות מחלוקות, במטרה להבין את העמדות השונות של הגורמים בענף. שלב זה מתבצע באמצעות כלים כמו קבוצות מיקוד ושאלונים מקוונים המיועדים לאיסוף תובנות מגוונות.

כעת, אנו נמצאים בשלב הראשון של התהליך, שבו אנו מעלים סוגיות עקרוניות בפני קבוצות העניין השונות, הכוללות מגדלים ועמותות למען בעלי חיים. במהלך ההרצאה נציג את עמדות מחזיקי העניין בקרב קבוצת המגדלים בענף ובקרב העמותות, תוך בחינת הפערים בנושאים הבאים: הפסקת גידול בבידוד חברתי, סירוס עגלים, סימון בכוויה, גידול על טפחות ומצע הגידול.

במסגרת השאלות שהוצגו למגדלים בענפי הבקר לבשר ולחלב, עלו הנקודות הבאות:

1. **גידול קבוצתי של עגלים יונקים:** האם אתה מגדל עגלים יונקים בקבוצות או בזוגות מתחת לגיל 21 יום?

○ מהם החסמים למעבר לגידול קבוצתי או זוגי בגילים אלו?

2. **סירוס עגלים במשק:** האם אתה מבצע סירוס לעגלים במשק?

3. **גידול על טפחות:** האם אתה מגדל עגלים על טפחות?

○ אילו השקעות נדרשות כדי להפסיק את השימוש בטפחות?

4. **סימון בכוויה:** האם אתה מסמן עגלים בכוויה?

○ מה יהיו המשמעויות מבחינתך להפסקת הסימון בכוויה?

5. **מצע הגידול:** על איזה מצע אתה מגדל עגלים יונקים?

עם סיום השלב הראשון ולאחר שקלול עמדות הציבור, תגובש טיוטת התקנות שתופץ להערות הציבור במסגרת השלב השני. לאחר קבלת המשוב והטמעתו, תועבר טיוטת התקנות הסופית לאישור שר החקלאות ולבחינת ועדת החינוך של הכנסת. התקנות ייכנסו לתוקף רק לאחר אישורן בכנסת ישראל.

## פיתוח אינדקס לחברתיות בעגלי הולשטיין יונקים

אריאל שבתאי<sup>1,2\*</sup>, אברהם גוטמן<sup>2</sup>, יהושב בן מאיר<sup>3</sup>, פרננדו גארסיה<sup>1</sup>, מלאק סעדי<sup>1</sup>,  
עינב שור-שמעוני<sup>1</sup>, מירי כהן צינדר<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> מרכז מחקר נוה יער, המעבדה ליצרנות מקיימת של מעלי גירה, מנהל המחקר החקלאי

[shabtay@volcani.agri.gov.il](mailto:shabtay@volcani.agri.gov.il)

<sup>2</sup> מרכז מחקר נוה יער, משק המודל לחקלאות בת קיימא, מנהל המחקר החקלאי

<sup>3</sup> המחלקה למדעי בקר וצאן, המכון למדעי בעלי חיים, מנהל המחקר החקלאי

מחקר מקיף בספרות ההומנית הראה כי לגורמים חברתיים תפקיד מרכזי בתיווך הסיכון לפתח מחלות. בדומה לאדם, גם חיות משק התפתחו ממינים חברתיים, ובשל כך הסתגלו לחיים ברשתות חברתיות מורכבות. עקה חברתית נובעת מהיחסים בין פרטים בתוך הקבוצה. ואכן, פרקטיקת הניהול המקובלת בעדרי בקר (חלב ובשר) מספקת מספר דוגמאות לממשק שעשוי לגרום לעקה חברתית: 1. צירוף פרט בודד לקבוצה קיימת - עשוי לגרום לחוסר יציבות חברתית שתוצריה הם תוקפנות. 2. בידוד חברתי לפרקי זמן קצרים - מעורר תגובת עקה במגוון חיות משק, שתוצריה בבקר הן הגברת: הווקאליות, הפרשת הצרכים, קצב הלב, ריכוז הקורטיזול בפלסמה והרגישות לכאב, והקטנת התנועתיות והתנהגות החקר. 3. ערבוב קבוצות - ארגון מחדש של הקבוצה בעקבות ערבוב פרטים ללא היכרות מוקדמת, מוביל לאגרסיביות, להתנהגות תוקפנית (אגוניסטית) ולהקטנת צריכת המזון, בעיקר בקרב המצטרפים החדשים. 4. הצטופפות - אכלוס בעלי חיים בצפיפויות גבוהות עשוי לגרום לעקה, בהקטינו את יכולת הפרט לסגת או להימנע מאגרסיביות (אסטרטגיה מקובלת ע"י בע"ח מסוימים) ע"י פרטים אחרים. הצטופפות יוצרת עקה חברתית גם ע"י הקטנת הגישה למשאבים בעלי ערך כמו מזון או מרחב מנוחה.

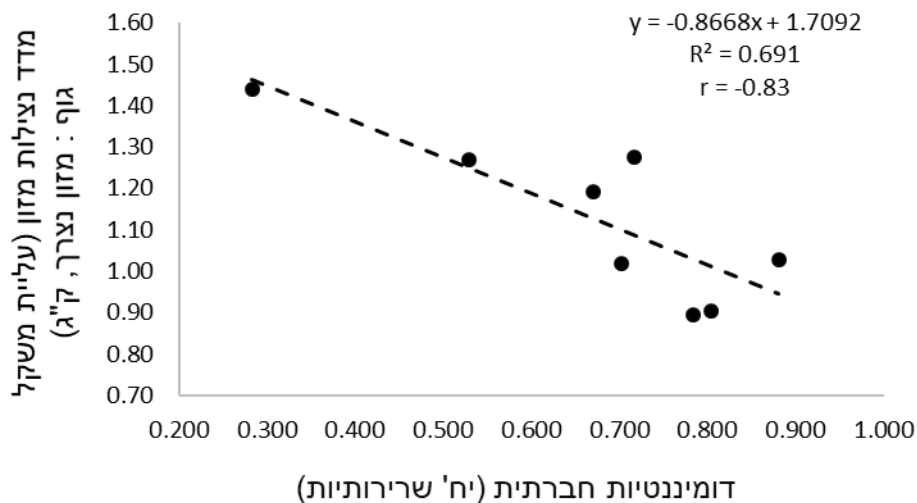
הצלחת ניהול הקבוצה (אופטימיזציה של גודל הקבוצה, צפיפותה והרכבה) לצורך וויסות העקה החברתית, הקטנת התחלואה ושיפור היצרנות דורש הבנה של מורכבות המבנה החברתי ויכולת לנטר אותו.

ניתוח רשתות חברתיות (SNA) היא דיסציפלינת מחקר אשר עוסקת בניטור קשרים חברתיים, ומספקת תובנות אודות מורכבותו של המבנה החברתי. מחקרים מהעשור האחרון, במגוון חיות משק, הדגימו כי ניתוח SNA יכול לסייע ביצירת יציבות חברתית או מבנה היררכי ברור בקבוצה, בהקטנה משמעותית של תדירות האירועים האגוניסטיים, ובקידום קשרים חברתיים מרצון. להבנתנו, לימוד מבנה הרשת החברתית יכול להוות בסיס לאופטימיזציה של הניהול החברתי של העדר, לטובת שיפור הרווחה והיצרנות.

כדי לבחון היפותזה זאת, בחרנו לפתח מדד כמותי לחברתיות בעגלי הולשטיין יונקים, לצורך בחינה עתידית שלו במתאם לתכונות שונות כגון ביצועי מערכת החיסון, תגובה לעקה, תחלואה, יעילות ניצול מזון ומדדים התנהגותיים שונים. ניטור המפגשים בין העגלים, שהוא הבסיס לפיתוח מדד החברתיות, התבצע באמצעות תגי קירבה אוגרי מידע, שהותקנו על צוואר העגלים. המדד פותח

מתוך נתוני ניסויים מקדימים עם 6, 8, ו-15 עגלי הולשטיין יונקים זכרים, ונבחן בניסוי עוקב עם 12 פרטים, ביוניקה הפרטנית בנוה יער.

ההרצאה תסקור בקצרה את השלבים בכתיבת הקוד לצורך הפיתוח של מדד חברתיות (אחד מתוך כמה אפשרויות שעמדו על הפרק), תדגים את דינמיקת התהוות הרשת, תוך בחינת ההשפעה של ערבוב קבוצות על הדומיננטיות של עגלים ברשת, ותתאר את המתאם של מדד חברתיות שפותח עם תכונות שונות (כמתואר לעיל; לדוגמה, איור 1), כדי לבחון את ההיתכנות של שימוש עתידי במדד חברתיות ככלי פוטנציאלי לניהול עגלים הגדלים בקבוצה.



**איור 1.** קשר שלילי מובהק ( $p = 0.01$ ) בין מדד חברתיות (strength) ליעילות ניצול המזון (G:F) של עגלי הולשטיין יונקים בתום 89 יום. בחישוב צריכת המזון היבש של העגלים נלקחו בחשבון אבקת (תחליף) החלב ותערובת היונקים.

לסיכום, המחקר המוצג בזאת מדגים את פוטנציאל השימוש במדד חברתיות ככלי לניהול קבוצות עגלים. הבנת הדינמיקה החברתית, באמצעות ניתוח פרטני של מדד חברתיות, יכול לסייע בהשפעה על הביצועים של כל פרט, וכפועל יוצא של הקבוצה כולה. לדוגמה, האיור המוצג בזאת עשוי ללמד כי דומיננטיות חברתית היא לאו דווקא תכונה רצויה כאשר נקודת הייחוס היא יעילות ניצול המזון. יחד עם זאת, כדי ללמוד עוד על ישימות מדד חברתיות, הוא צריך להיבחן גם במתאם לתכונות חשובות אחרות כמו תגובה לעקה, תגובת מערכת החיסון, פעיות, העלאת גירה ועוד, בהקשרים משתנים של גודל והרכב קבוצה.

העבודה מומנה ע"י קרן המחקרים של מועצת החלב

## השפעת העשרה סביבתית על מדדי עקה בעזים

יוסי וויין\*<sup>1</sup>, עפרי וינדפלד<sup>1</sup>, כריס סבסטיאן<sup>1</sup>, ענב בר שירה<sup>1</sup>, סמיר מבג'יש<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למדעי בעה"ח, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות, ישראל.

[Yosi.wein@mail.huji.ac.il](mailto:Yosi.wein@mail.huji.ac.il)

שמירה על יציבות פיזיולוגית (הומיאוסטזיס), הכרחית לקיומו של בעל החיים. כל אירוע הגורם להפרעה בהומיאוסטזיס מוגדר כעקה, ויש בה איום קיומי; בהתמודדות עם האיום הקיומי ושיקום היציבות הפיזיולוגית משקיע בעה"ח משאבים פיסיולוגיים משמעותיים. השיקום ההומיאוסטטי אפשרי תודות לפעילות סינרגיסטית בין מערכות פיזיולוגיות רבות ובמיוחד מערכת החיסון. בע"ח הגדלים בממשק חקלאי, חשופים למידה רבה של גורמי עקה. במעבדתנו פותחה שיטה עם פולשנות מינימאלית למדידת עקה באמצעות בדיקת דם, וזאת כדי להקנות מדד אמין וכמותי לעקה לה נתונים בע"ח בעת גידולם. הדרישה לשיטה כזו נבעה בבסיסה, מתוך דאגה לרווחת החיה ומטרתה לקבוע תנאי ממשק גורמי עקה בכוונה לשפרם. עד כה יושמה השיטה למדידת עקה בממשק העופות. כאן, באמצעות אותה מתודולוגיה, ביקשנו לאמוד את השפעת העשרה סביבתית בדמות מברשות גירוד ובמות שנמצאו בעבר כמפחיתות עקה ומשנות התנהגות בעזים.

24 עזים מגזע מעורב, חולקו ל-2 קבוצות בהתאם למצבים פיזיולוגיים השכיחים בחוות הגידול (12 עזים/קבוצה): יבשות וחולבות. לאחר תקופת התאקלמות בת 28 ימים, כל אחת מהקבוצות נחשפה ל-10 ימים של טיפול העשרה סביבתית (מברשות ובמות) או ללא העשרה (ביקורת), בנקודות זמן שונות; כך, שכל קבוצה שימשה בהתאמה כקבוצת הביקורת של עצמה. ביום 10 בכל טיפול, נדגם דם מכל עז בכל אחד מהטיפולים. בעבור כל אחת מהעזים בכל טיפול ובכל נקודת דיגום, בוצעו: ספירת דם מלאה ואנליזה ביוכימית מלאה של הסרום. בנוסף, בוצעו מבחן ביטוי גנים באמצעות Real-Time PCR מרנ"א שהופק מתאי דם לבנים שבודדו מדגימת דם פריפרי ומבחנים סרולוגיים לדגימות סרום באמצעות ELISA.

מצאנו, כי בעקבות טיפול ההעשרה (בהשוואה לביקורת המתאימה), לא חל שינוי מהותי במדדים ההמטולוגיים הקלאסיים. אך כן, חלו שינויים לא ספציפיים אך מובהקים סטטיסטית ( $P < 0.05$ ) במדדים הביוכימיים: אלבומין, Alanine transaminase (ALT), נטרן וכלור; אלו באו לידי ביטוי הן ברמה הבזאלית בין קבוצות הביקורת (עזים יבשות לעומת חולבות) והן לאחר ההעשרה הסביבתית ביחס לקבוצת הביקורת המתאימה. בנוסף, חלה ירידה מובהקת סטטיסטית ( $P < 0.05$ ) הן בעזים היבשות והן בחולבות ברמות הסרום של מטבוליטים פעילי חמצון- Advanced Glycation End products (AGEs); יש לציין כי ירידה זו הייתה משמעותית יותר בקבוצת היבשות. יתר על כן, רמות ביטוי גנים לחלבוני מערכת החיסון הקשורים לעקה: הציטוקינים IL-6 &  $\beta$  והחלבונים נוגדי החמצון: Lysozyme ו-Transferrin, פחתו באופן משמעותי ומובהק סטטיסטית ( $P < 0.05$ ) ב-3/4 הגנים שנבחנו בעקבות ההעשרה הסביבתית. מנגד, בקבוצת החולבות, תועדה תופעה הפוכה: ב-4/4 הגנים שנבחנו, חלה עליה משמעותית ומובהקת סטטיסטית ( $P < 0.05$ ), בעקבות ההעשרה הסביבתית. בהמשך, רמות ה-Transferrin (חלבון נוגד חמצון קושר AGEs) בסרום, השתנו גם הם באופן מובהק



סטטיסטית ( $P < 0.05$ ) בהתאם למצב הפיזיולוגי ובעקבות טיפול ההעשרה; ביבשות ירדו ובחולבות עלו. לבסוף, בחינה של רמות הורמונים נוגדי עקה: אוקסיטצין וסרטונין בסרום, השתנו גם הם באופן מובהק סטטיסטית ( $P < 0.05$ ) בין קבוצות העזים היבשות והחולבות בעקבות ההעשרה הסביבתית; רמות האוקסיטצין ירדו בקבוצת היבשות ועלו בקבוצת החולבות בעוד שרמות הסרטונין עלו בקבוצת היבשות ונותרו ללא שינוי בקבוצת החולבות.

לסיכום, פותחה מתודולוגיה אמינה למדידת עקה ממשקית בעזים ונראה כי שיטת ההעשרה הנוכחית, הביאה לתגובתיות שונה כתלות במצבים הפיזיולוגיים השונים של העזים; הפחיתה עקה בעזים יבשות והגבירה אותה בעזים חולבות. בהתאם, אנו ממליצים ליישם שיטת העשרה זו בעזים יבשות בלבד ובמקביל להמשיך ולבחון באמצעות המתודולוגיה שפותחה, שיטות נוספות להפחתת עקה תוך כדי השמת תשומת לב לסטאטוס הפיזיולוגי של העזים.

## הובלה ימית של מקנה – מתי הובלה הופכת לארוכה מדי

יעל ארבל

מחלקת יבוא-יצוא, השירותים הווטרנריים ובריאות המקנה במשרד החקלאות ובטחון

המזון. [yaelar@moag.gov.il](mailto:yaelar@moag.gov.il)

ב-5 לינואר 2024 החלה את מסעה מאוסטרליה לנמל אילת אונייה אשר נשאה על סיפונה כ-16,000 ראשי בקר וצאן. בעקבות הלחימה ואיום החות'ים על הים האדום נאלצה האונייה לבקש שינוי למסלול המסע המתוכנן. בקשה זו סורבה והאונייה חזרה על עקבותיה לאוסטרליה שם נפרקו הבהמות ששרדו את ההובלה בפברואר. בתחילת חודש מרץ החלו בעלי החיים את מסעם לישראל בשנית, הפעם לנמל חיפה במסלול מתוכנן מראש אשר סובב את יבשת אפריקה ודרך הים התיכון.

הובלת בעלי חיים מסכנת את רווחתם מבחינות שונות כמו רעש, צפיפות, אפשרות גישה למים ולמזון, תנודות הים, הסתגלות לבע"ח לא מוכרים, טמפרטורה גבוהה, איורור לא מספק ועוד. בעוד שפגיעות אלו ידועות המקרה מינואר האחרון והצורך להוביל את בעלי החיים לישראל בשנית ובדרך ארוכה יותר מעלה היבטים נוספים לרווחת הבהמות המובלות.

יבוא מקנה לישראל מתבצע על פי פקודת מחלות בעלי חיים ותקנותיה אשר דורשות העברת בקשה מראש, טרם העמסת בעלי החיים. בקשות לייבוא נבחנות תוך הערכת סיכונים לבריאות הציבור, בריאות בעלי החיים ורווחתם. על הרשויות אשר קשורות באישור ההובלה לתכלל היבטים שונים בהגיען לבחון בקשות לייבוא וייצוא ולתת מענה אשר יאזן בין צרכי המשק, היבואן ובעלי החיים ואף להחליט על המענה ההולם בהיעדר ידע מדעי מבוסס הרלוונטי לכל ההיבטים השונים.

בישראל ובמדינות אחרות אין מגבלה מקסימאלית למשך ההובלה הימית אלא דרישות נוספות כאשר מדובר בהובלה ימית ארוכה כמו נוכחות רופא וטרינר על האונייה. לעומת זאת בהובלה יבשתית ניתן למצוא מגבלות למשך הובלה מקסימאלי ולו לקבוצות בעלי חיים מסוימות הנמצאות בסיכון ומה משכי ההתאוששות הנדרשים במקרה של הובלה ארוכה יותר.

אולם, כאשר מדובר בהובלה ימית ארוכה אשר מתארכת משמעותית ממשך ההפלגה המתוכנן ישנם שיקולים נוספים העולים כדוגמא היא התבגרות של בעלי החיים, בגרות מינית והתפתחות הריונות במידה וקיימים. היבט נוסף הוא האם בעלי חיים אשר הובלו הובלה ימית אשר התארכה יכולים להיחשב ככשירים להובלה ארוכה נוספת - האם יש צורך לבחון את כשירותם טרם ההעמסה באופן שונה ומהו משך ההפסקה הנדרש בין ההובלות לצורך התאוששות טרם הובלה נוספת ומה ההשפעה של כל אלו על איכות הבשר שהוא המוצר הסופי המבוקש מאותן הובלות.

ייתכן כי בחינת נקודות הסיכון שזוהו והתייחסות אליהן כבר במהלך תכנון ההובלה כחלק מתוכניות מגירה למקרה חירום יכולה להוביל לקביעה מראש של זמן שהייה מקסימאלי בהובלה ימית במידת הצורך.

# ממשק, כלכלה וטיפול סביבתי

מושב 3

יו"ר: דודי בירן

## בחינת הגורמים המשפיעים על רווחיות הרפת השיתופית בשנים האחרונות

ופא דיאבאט-שחברי\*<sup>1</sup>, דוד בירן<sup>2</sup>, יואב שעני<sup>2</sup>

<sup>1</sup> תחום כלכלת היצור, שה"מ. <sup>2</sup> תחום בקר לחלב, שה"מ. [davidb110@gmail.com](mailto:davidb110@gmail.com)

**מבוא:** לאורך שנים רבות מתבצעים סיכומים כלכליים ומקצועיים ברפת השיתופית. מטרתם הינה לשקף תמונת מצב עדכנית, מבחינה כלכלית ומקצועית ולבצע ניתוח לפי מאפיינים שונים ברפתות, זאת בכדי להצביע על גורמים היכולים להביא לשיפור ברווחיות וביעילות הרפתות. בשנים האחרונות נוצר מצב בו מרבית הסיכומים ברפת השיתופית מבוצעים באופן זהה מבחינת שיטת איסוף הנתונים וניתוחם. מצב זה מאפשר לנתח את תוצאות הסיכומים לפי מאפייני ייחוס אובייקטיביים.

עבודה זו באה לבחון את הגורמים המשפיעים על הרווחיות בענף הרפת בשנים האחרונות, כניתוח חוזר, לעבודה שהוצגה בכנס בשנת 2017 אשר התמקדה בבחינת הקשר בין גודל הרפת לרווחיותה, בהתבסס על נתוני סקר קביעת מחיר המטרה וסיכומים כלכליים לשנת 2014. העבודה הנוכחית מבצעת ניתוח מדויק, רחב ומעמיק יותר בהשוואה לעבודה הקודמת, אשר תתייחס לנתונים של 5 שנים אחרונות לסיכומים כלכליים באזורים שונים בארץ. חלק מהניתוח מתייחס לנתונים לחמש שנים כמדגם אחד משותף בשל העובדה שקיימות מגמות דומות בין השנים לפי המאפיינים הנבחנו.

**בסיס הנתונים:** תוצאות סיכומים כלכליים מקצועיים של 71 רפתות שיתופיות שונות. בניתוח נלקחו רק רפתות אשר קיימו סיכום כלכלי מקצועי במשך כל 5 השנים. טבלה (1) מציגה את התפלגות הרפתות במדגם לפי מקור המזון ומספר המכסות ברפת.

מס' מכסות / מקור מזון	מרמ"ז בית	מרמ"ז חיצוני	מעורב	סה"כ
1	53% (25)	40% (19)	6% (3)	66% (47)
2	59% (10)	35% (6)	6% (1)	24% (17)
3	71% (5)	29% (2)	-	10% (7)
סה"כ	56% (40)	38% (27)	6% (4)	100% (71)

**מדדים מקצועיים:** בבחינה רב שנתית 2019-2023, הייתה עליה מתמשכת במוצק תנובת חלב לפרה, בשנת 2019 הייתה תנובה של 11,700 ליטר חלב לפרה והגיעה ל- 12,140 ליטר חלב לפרה בשנת 2023 (למעט שנת 2022 שהייתה בה ירידה קלה בתנובה). בנוסף הייתה עליה מתונה של אחוז השומן והחלבון בחלב במהלך התקופה, 3.80%-3.97% בשומן ו 3.42%-3.47% בחלבון.

**מרכיבי ההוצאות:** עלות ייצור ממוצעת לליטר חלב בין השנים 2019-2023 עומדת על 1.93 ₪ לליטר (ממוצע לשנה נע בטווח של 1.73-2.16 ₪ לליטר). מרכיב המזון מהווה ההוצאה העיקרית מבין סעיפי ההוצאה השונים (65%) וממוצע הוצאות המזון בשנים 2019-2023 הוא 1.25 ₪ לליטר חלב ונע בטווח

של 1.06-1.46 ט' לליטר חלב. עלות המזון נבדלת בין הרפתות לפי מקור המזון ברפת; נמצא שעלות המזון לליטר ברפתות שמייצרות מזון בעצמן נמוכה באופן מובהק מעלות המזון ברפתות שקונות ממרכז מזון חיצוני, אך לא נמצא הבדל בעלות המזון לליטר ברפתות הקטנות לעומת הגדולות. הוצאה ממוצעת רב שנתית לעבודה, חומרים ושירותים (הוצאות תפעול) היא 32 אג' לליטר ו- 37 אג' לליטר, בהתאמה. בבחינה רב שנתית של בסיס הנתונים בהתייחס לגודל הרפת, נמצא כי הוצאות התפעול גבוהות באופן מובהק ברפתות הבודדות בכ 4 אג' ו- 7 אג' בהשוואה לרפתות הכפולות והמשולשות, בהתאמה. לעומת זאת, לא נמצא הבדל מובהק סטטיסטית בהוצאות התפעול בין הרפתות הכפולות לבין המשולשות. בנוסף, נמצא כי עלויות התפעול ברפתות שקונות ממרכז מזון חיצוני נמוכות בצורה מובהקת בממוצע כ- 7 אג' לליטר בהשוואה לרפתות שמייצרות לעצמן מזון. חסכון זה בעלויות התפעול בקרב הרפתות הגדולות (2 ו- 3 מכסות) הוא כ 9 אג' לליטר, אך בקרב רפתות בודדות חסכון זה עומד על 5 אג' לליטר בלבד ( $p < 0.05$ ).

**הכנסות:** הכנסה ממוצעת לליטר חלב (מחלב, בשר ושינוי ערך) בשנים 2019-2023 הייתה 2.34 ט' לליטר. הכנסה זו במגמת עליה החל מ- 2.13 ט' לליטר בשנת 2020 עד 2.63 ט' לליטר בשנת 2023. אין הבדל מובהק בהכנסות לליטר בין רפתות עם מזון בהכנה עצמית לבין רפתות הקונות מזון ממרכז מזון חיצוני. לעומת זאת ההכנסה ברפתות הכפולות והמשולשות גבוהות ב 5-4 אג' לליטר בהשוואה לרפתות בודדות, אך הבדל זה אינו מובהק מבחינה סטטיסטית. תוספת שולית זו בהכנסה ברפתות הגדולות נובעת מאחוז חריגה נמוך יותר ומאחוז מוצקים גבוה יותר בחלב המשווק בהשוואה לרפתות בודדות. **רווחיות:** היתרה התפעולית הממוצעת לליטר חלב בשנים 2019-2023 עומדת על 42 אג' לליטר. בין השנים 2019-2021 הייתה עליה ברווחיות הממוצעת, בשנת 2022 הרווחיות ירדה לרמה זהה לזו שהייתה ב 2019 (כ 38 אג' לליטר) ועלתה חזרה לכ- 46 אג' לליטר בשנת 2023 בדומה למה שהיה בשנת 2021.

מניתוח בסיס הנתונים הרב שנתי, נמצא כי אין הבדל מובהק ביתרה התפעולית בין הרפת הכפולה לבין הרפת המשולשת, אך קיים יתרון מובהק בינן לבין הרפת הבודדת, תוספת זו מוערכת בכ 9 אג' ו- 13 אג' בהתאמה. בנוסף, עולה כי קיים יתרון מובהק של כ- 8 אגורות לליטר **בממוצע** ביתרה התפעולית לטובת רפתות שמייצרות מזון בעצמן לעומת רפתות שקונות ממרכז מזון חיצוני. יתר על כן נמצא כי, יתרון זה בקרב הרפתות הבודדות עומד על כ 9 אג' לליטר באופן מובהק, אך לא נמצא הבדל מובהק סטטיסטית בקרב הרפתות הגדולות.

**לסיכום,** בסיס נתונים רחב ואחיד מאפשר ניתוח מעמיק ואיכותי. עבודה זו התייחסה למדגם של 71 רפתות מאזורים שונים בארץ במשך 5 שנים. הניתוח מראה כי קיים יתרון לגודל בהתייעלות בהוצאות אשר נובע בעיקר מהתייעלות בהוצאות התפעול. לא נמצא הבדל מובהק בהוצאות המזון בין קבוצות הרפתות עם מספר מכסות שונה, אך נמצא הבדל בהוצאות מזון בין הרפתות לפי מקור המזון; חסכון לטובת הרפתות המייצרות מזון בעצמן. קיים יתרון לרפת המשולשת והכפולה ביתרה התפעולית לעומת הרפת הבודדת, וכמו כן נמצא יתרון ביתרה התפעולית לטובת רפתות שמייצרות מזון עצמי לעומת רפתות שקונות ממרכז מזון חיצוני.

## אגנים ירוקים כפתרון לטיפול במי-נטל לשימוש בטוח בחקלאות

אור מרומי\*<sup>1,2</sup>, רועי פוסמניק<sup>2</sup>

<sup>1</sup>אגרוואקולוגיה ובריאות בצמח, הפקולטה לחקלאות, רחובות; <sup>2</sup>מרכז מחקר נווה יער, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני. [posmanik@technion.ac.il](mailto:posmanik@technion.ac.il)

**מבוא:** מתקני ביוגז המבוססים על עיכול אנאירובי של חומר אורגני מהווים פלטפורמה פשוטה לייצור אנרגיה מתחדשת ולכן הופכים פופולריים בשנים האחרונות, בין היתר בקרב רפתות. בעוד באירופה, שוק האנרגיה מאפשר קיום של מתקנים קטנים (צמודי רפתות), בישראל המצב שונה והמתקנים הקיימים הינם אזוריים ומטפלים בכמות גדולה של פרש. לצד הפקת ביוגז, הטיפול האנאירובי מייצר תוצר לוואי נוזלי הנפלט מהמתקן – מי נטל (digestate) שמכיל חומר אורגני קשה פירוק, רמות נתרן גבוהות, ונוטריינטים במצב מחוזר. מקור הבעיה היא שרוב יסודות ההזנה (חנקן, זרחן ואשלגן) עוברים מינרליזציה חלקית בלבד. בנוסף, מי הנטל עלולים להוות מקור לרמות גבוהות של נתרן שעלולות לגרום להמלחת הקרקע שעלולה להוביל להרס מבנה הקרקע ופגיעה בתכונותיה ההידראוליות. פתרון קצה למי הנטל עשוי להקטין משמעותית את טביעת הרגל הפחמנית של התהליך. על מנת להציע פתרון אפשרי לבעיית מי הנטל ממתקני ביוגז, תכנית המחקר התמקדה בטיפול ביולוגי במי הנטל בעזרת אגנים ירוקים (constructed wetland). אגנים ירוקים הינה מערכת אקולוגית המבנה שטחי ביצה טבעיים על מנת לשמש יחידת טיפול יעילה לטיפול ראשוני ומשני בשפכים ביתיים וחקלאיים. מערכת זו בנויה מארבעה מרכיבים עיקריים - מים (שפכים, במקרה זה מי-נטל), צמחייה, חיידקים ומצע. במחקר זה, הפרדנו את מרכיבי האגן לגורמיו תוך מתן התמקדות ייחודית לכל מרכיב. בחנו את יכולת הצמחים השונים, המצעים השונים והחיידקים לשרוד ולשגשג תחת תנאים משתנים וריכוזי מי-נטל עולים.

**שיטות וחומרים:** הניסוי נערך בנווה יער וכולל בתוכו שלושה ניסויים שונים, כאשר כל ניסוי בחן את השפעתו של מרכיב עיקרי אחר באגן- צמחיה, מצע ואוכלוסיית חיידקים.

**ניסוי יחסי הגומלין באגן (צמחיה):** צמחים הם מרכיב חשוב במערכת, עם זאת, המנגנונים שבאמצעותם משפיעים על איכות המים באגן עדיין אינם לגמרי ידועים. מחקר זה התמקד בצמח *Bacopa monnieri*, הלופיט פקולטטיבי עם סבילות גבוהה למלח ויכולות phytoremediative באגנים ירוקים. ראשית, הפוטנציאל שלו להפחתת המליחות ושיפור איכות מי הנטל נבחן בניסויי אינקובציה מבחינת הורדת ריכוז החומר האורגני, חנקן, זרחן והורדת המליחות. בשלב השני, יחסי גומלין בינו לבין מיני צמחי מים שכיחים באגנים, כגון, *Schoenoplectus lacustris*, *Cyperus articulatus*, *Thalia dealabata*, נבחנו בניסויי חביות בחממה הן מבחינת בריאותם ושגשוגם של הצמחים, והן מבחינת איכות מי הנטל הסופית.

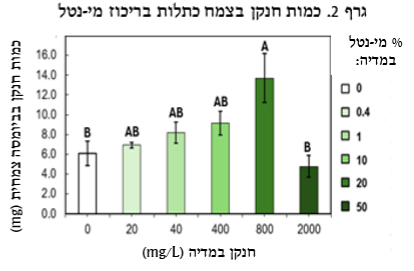
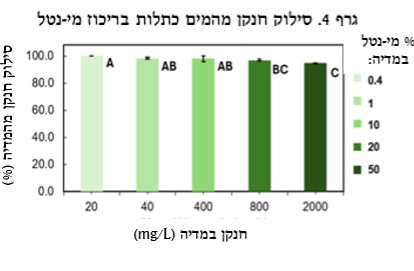
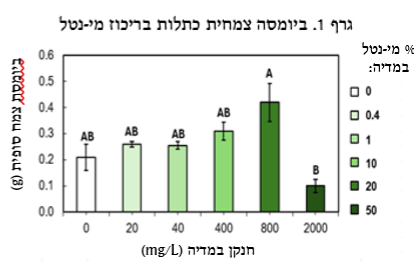
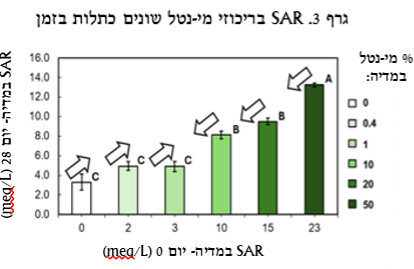
**ניסוי אוכלוסיית חיידקים:** החיידקים הם "הפועלים" הדומיננטיים לטיפול במים מכיוון שמבצעים תהליכי מינרליזציה ופירוק לחומר האורגני. לסוגם וכמותם ישנה משמעות רבה על תהליך הטיפול במים. בנווה יער קיימים שני מתקני אגנים ירוקים המתפעלים באופן שוטף למעלה משנתיים. באגנים אלו ישנה מערכת חיידקים מבוססת ויציבה המשקפת את המצב בשטח בזמן אמת. בניסוי בחנו את ההבדל בין סוגי אוכלוסיות החיידקים בין אגן אליו מוזרמים מי-נטל לבין אגן ביקורת שמוזרמים אליו מי ברז בלבד. בנוסף, לאורך זמן העלנו את עומסי תדירויות הזרמת מי הנטל לאגן ובחנו האם נוצר שינוי באוכלוסיית החיידקים בו.

**ניסוי מצעים:** בניסויי אינקובציה במעבדה, נבדקה יעילות מצעים שונים לשיפור איכות המים בדגש על הורדת ריכוז הנתרן. בדקנו מצעים בעלי קיבול קטיונים גבוה, כמו מינרלים שונים (זואוליט) או ביוצ'אר, לטובת פיתוח מצע מצע יעיל יותר מבחינת שיחלוף קטיונים.

**תוצאות:** בניסויי אינקובציה לבחינת פרמטרים שונים של איכות המים והצמח *B. monnieri*, ניתן להבחין בעקומת "פעמון" בגידול ביומסה צמחית, כאשר האופטימום נמצא בטיפול עם 800 מ"ג חנקן לליטר מדיה (20% מי נטל) (גרף 1). בנוסף, נמצא שטיפול זה הינו המקסימלי בתוספת חנקן לביומסה הצמחית (גרף 2). ניתן לראות כי במתן מי נטל בריכוז גבוה מידי, 50% מי נטל, הצמח לא שרד. מגמה זו יכולה להסביר את העובדה שמי נטל בריכוז אופטימאלי יכולים לשמש כתחליף לדשנים כימיים, בעוד מתן יתר שלהם עלול להוות גורם שלילי ולגרום לנזק בצמח. באבחון של מי הנטל בהם שהו הצמחים נרצה לבחון את פוטנציאל הנזק של הנתרן במים, ולשם כך חושב ערך ה SAR (ריכוז הנתרן במים ביחס לריכוזי סידן ומגנזיום) בכל אחד מהטיפולים. ניתן לראות שככל שריכוז מי הנטל בטיפול עולה, כך גם ערך ה SAR עולה. אולם בכלל הטיפולים ערך ה SAR ירד משמעותית בתום 28 ימי הניסוי (גרף 3). חשוב לציין שבעקבות השקיה במים עם

SAR גבוה, מעל  $9 \text{ meq L}^{-0.5}$ , צפוי הרס למבנה הקרקע ועל כן פגיעה בתכונות ההידראוליות שלה, ולכן חובה לטפל במי הנטל לפני פיזורם בשטחים חקלאיים. בנוסף, נראתה יעילות גבוהה בסילוק חנקן ממי הנטל בכל הטיפולים (גרף 4).

**דיון ומסקנות:** הבנה מעמיקה יותר של האופן בו האינטראקציות בין המים-צמחייה-מצע-חיידקים משפיעות על תפקוד האגן הירוק, עשויות לעזור לנו לשפר את יעילותו בעיקר לטיפול בשפכים מורכבים כגון מי נטל ממתקני ביוגז. מחקר זה שואף לספק מידע חיוני לפיתוח שיטת טיפול חדשנית למי הנטל ומתן אופציה לפתרון בר-קיימא שיביא לשיפור הקיימות הסביבתית של מתקני הביוגז ושל רפת החלב, ולהוות נקודת מוצא למחקרים נוספים.



**גורם מממן המחקר:** משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה תומך במחקר במסגרת תוכנית PRIMA – מו"פ למחקרים משותפים של מדינות הים התיכון.

NPP-SOL: Modelling and Technological Tools to Prevent Surface and Ground-Water Bodies from Agricultural Non-Point Source Pollution Under Mediterranean Conditions

## בחינת מערכת ביולוגית טבעית לטיפול בשפכים

הלל מלכה\*<sup>1</sup>, א. כהן<sup>2</sup>, א. בהנסי<sup>3</sup>, א. ונגר<sup>4</sup>, ת. עבוד<sup>5</sup>, ע. סמילנסקי<sup>5</sup>, י. לבון<sup>6</sup>

<sup>1</sup>שה"מ, משרד החקלאות. <sup>2</sup>אילה מים ואקולוגיה, <sup>3</sup>מהנדס קונסטרוקציה, <sup>4</sup>רפת כדורי, <sup>5</sup>המשרד להגנת הסביבה, <sup>6</sup>התאחדות יצרני החלב. [Hillel.malka@gmail.com](mailto:Hillel.malka@gmail.com)

**מבוא:** הטיפול בשפכי מכון החליבה וחצר המתנה ופתרון הקצה שלהם מהווה נטל כלכלי כבד על הרפת. שפכים אלו מכילים ריכוזי מזהמים גבוהים ולכן קשים לטיפול ונדרשות השקעות גדולות ועלויות גבוהות בכדי לטפל בהם. טיהור מי ביוב בעזרת צמחי מים מתקיים בטבע וגם באופן מלאכותי במקומות שונים בעולם בהצלחה רבה. עקרון הפעולה של השיטה מתבסס על תכונתם הייחודית של צמחי המים לקלוט חמצן באוויר ולהעביר אותו לשרשיהם. בסביבה רווית החמצן של השרשים מתפתחים מיקרואורגניזם שונים (כ – 10,000 מינים שונים, חיידקים, אנזימים ופטריות, הספציפיים לצמח ולסביבת הביוב שבה הוא גדל) בעלי יכולת פירוק וספיחה מדהימים של רעלים וגורמים פתוגניים.

מושג ה – PHYTOREMEDIATION ("ריפוי על ידי צמחים") הינו מדע מתפתח המשמש לא רק לטיהור ביוב אלא גם לטיהור נחלים ואגמים מזהמים, טיהור קרקע באזורים נגועים וכדומה. הקונספציה פותחה בגרמניה בשנות השישים, וזכתה לפריחה מיוחדת בארצות סקנדינביה וצפון אמריקה וכיום יותר ויותר בכל רחבי העולם. "אילה מים ואקולוגיה" פיתחה את המערכת הטבעית (מב"ט), אשר עושה שימוש במגוון רחב של מרכיבים טבעיים בלבד, ביוטיים (צמחיים) וא-ביוטיים (סדימנטים) וכן צורת זרימה שונות ומשתנות. מבנה המערכת יוצר תנאים פעילים בו זמנית לסינון פיסיקאלי, כימי וביולוגי כך שהתוצר הסופי המתקבל הוא טיהור רחב של סוגי המזהמים, לאיכויות גבוהות ביותר וללא כל תוצרי לוואי. מטרת המחקר הינן לבחון האם ה"מערכת הביולוגית הטבעית" (מב"ט) מצליחה לטפל בשפכי רפתות ולהגיע לתוצאות טובות. השערת העבודה הינה שטיפול בשפכי הרפת בשיטת ה"מערכת הביולוגית הטבעית" תגרום ל: עמידה בערכי טור ב' הנדרשים בכללי מים וביוב (ערכים סניטריים).

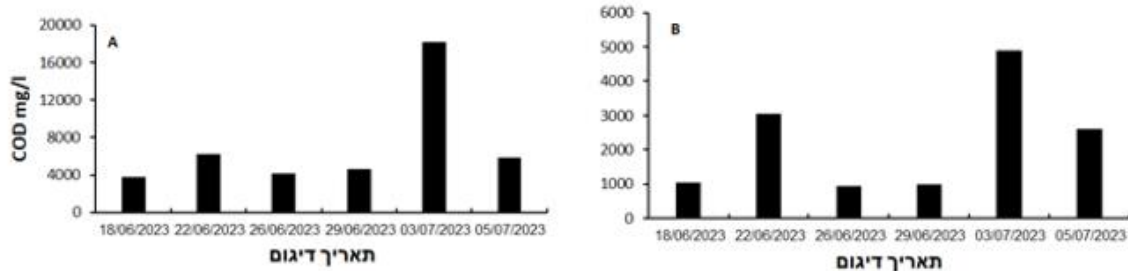
**שיטות וחומרים:** העבודה נעשתה ברפת כדורי בה מכון החליבה ובור הפרדת המוצקים הסטטי נמצא במעלה, עובדה זו אפשרה למקם את בריכות הטיפול במורד וכך לקבל זרימה חופשית בין מערכת הפרדת המוצקים הראשונית לבין בורות הטיפול. כמו כן, השטח בו מוקמו שני בורות הטיפול נמצא בשיפוע אשר אפשר זרימה חופשית (גרוויטציונית) בין בור הטיפול הראשון לבין בור הטיפול השני. מבור הטיפול השני השפכים זורמים בזרימה חופשית אל המט"ש המקומי להמשך טיפול. שלב א' כלל תכנון ראשוני של המערכת ולאחריו בוצע תכנון מפורט. המתקן אשר הוקם כלל את מערכת ההפרדה הראשונית, את שתי בריכות הטיפול ואת החיבור ביניהן. הבריכות נבנו בגודל של 40 מ"ר כל בריכה (5X8), נפח הבריכה הראשונה כ 44 קוב ונפח הבריכה השנייה 36 קוב. בבריכות הטיפול יושמו המצעים והצמחים הייחודים לשיטה זו. הצמחים אשר נשתלו במערכת נקבעו על פי אופי השפכים הנכנסים, איכות הטיפול הנדרשת, תנאים סביבתיים, טמפ' ועוד. הצמחים אשר נשתלו הינם: גומא ירקון, ספרטינה, ג'ונקוס, קנה אינדיקה וטליה. לאחר סיום הקמת מערכת הטיפול (שתי



הבריכות כולל הצמחים) היא חוברת לזרם השפכים של הרפת. המערכת יוצבת במשך כשלושה שבועות במהלכם התבצעו ההתאמות הנדרשות ולאחריהן החלה המערכת לפעול באופן רציף. נתנו למערכת לעבוד באופן רציף למשך כחודשיים ולאחריהם נלקחו דגימות לבדיקת ערכי השפכים משתי נקודות: א. לאחר הסינון הראשוני. ב. לאחר בריכות הטיפול (נקודת היציאה למט"ש).

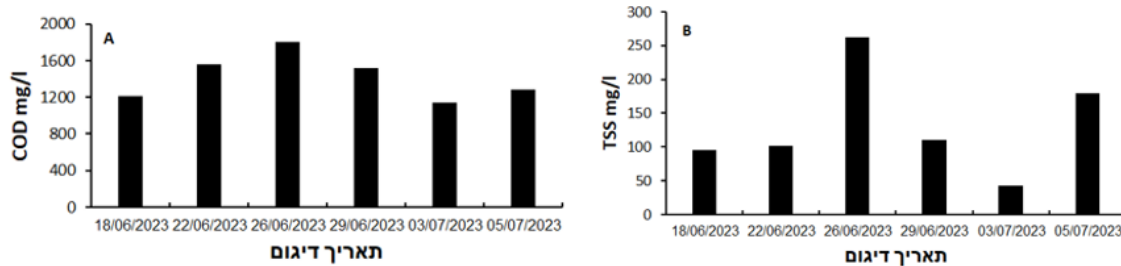
**תוצאות:** סינון ראשוני התבצע עם יציאת השפכים ממכון החליבה על ידי בניית מחסום פיזי אשר מונע את מעבר החומר המוצק ומאפשר מעבר מים / שפכים בלבד. תוצאות הסינון הראשוני לערכי COD ו TSS מתוארות בגרף 1. ניתן לראות שערכי ה COD (גרף 1A) הינם גבוהים מאוד ורחוקים מערכי הסף המותרים להזרמה למט"ש. כמו כן, ערכי ה TSS (גרף 1B) גם כן גבוהים ורחוקים מערכי הסף.

גרף 1. ערכי COD ו TSS לאחר הסינון הראשוני



לאחר הסינון הראשוני השפכים הועברו בשיטה גרביטציונית לבריכות הטיפול אשר הוקמו ברפת לפני הזרמתם למט"ש האזורי. ערכי השפכים אשר התקבלו ביציאה מבריכות הטיפול היו נמוכים משמעותית מערכי הכניסה לבריכות הטיפול. כמו כן, גם ערכי ה COD וגם ערכי ה TSS היו מתחת לערכי הסף המותרים להזרמה למט"ש (גרף מספר 2AB).

גרף 2. ערכי COD ו TSS לאחר בריכות הטיפול



ערכי נתרן, זרחן, כלור וחנקן לא הושפעו מבורות הטיפול.

**סיכום:** עבודה זו הראתה שניתן לטפל ב כ - 15 קוב שפכים ליום במתקן שאינו דורש שטח גדול בהשוואה למתקני אגנים ירוקים. בנוסף, עלות ההקמה והתפעול הינה סבירה וזולה מהקמת אגנים ירוקים. תוצאות המעבדה מצייגות ערכים העומדים בתנאי הסף להזרמה למט"ש. כמו כן, המערכת הינה מערכת טבעית, אקולוגית שגם נראית אסטטית ואינה פוגעת במראה הסביבתי. אולם המערכת שנבחרה לביצוע הסינון הראשוני נכשלה והרבה מאוד חומר יבש אל מערכת הטיפול.

העבודה מומנה מקרן המחקר של מועצת החלב ושה"מ

## בחירת אפשרויות הפחת זבל אורגני בשפכי רפת, לפני כניסה לבור שיקוע ע"י: א – גריפת הזבל מחוץ לבור השיקוע. ב – סינון באמצעות נפה רוטטת

הילל מלכה\*<sup>1</sup>, שלום (מומי) כהן<sup>2</sup>, יניב לבון<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>שה"מ, משרד החקלאות, <sup>2</sup>רפת חפציבה, <sup>3</sup>התאחדות יצרני החלב.

[Hillel.malka@gmail.com](mailto:Hillel.malka@gmail.com)

### מבוא:

במסגרת הרפורמה הסביבתית (התרחשה בין השנים 2007-1998) חויבו הרפתנים לחבר את מכון החליבה וחצר ההמתנה למערכות הביוב האזוריות לטיפול במט"שים. כל רפת חויבה להקים בור הפרדת מוצקים סטטי כמתקן קדם טיפול אשר יטפל בשפכים. למרות זאת, בשלב מאוד מוקדם של ביצוע הרפורמה התגלה שבור הפרדת המוצקים הקיים ברפת אינו נותן מענה מספק לבעיית השפכים ויש למצוא כיווני טיפול אחרים אשר יעזרו בשיפור איכות השפכים היוצאים מרפת החלב. בעקבות כך, הוקמו מספר מתקני טיפול ברפתות מתוך מטרה לטפל בשפכים ולהביאם לאיכות המאפשרת את הזרמתם למטשי"ם האזורים. מתקנים אלו אשר נבנו ברפתות הינם בעלי עלות גבוהה מאוד ולצערנו בבחינת התוצאות הם לא מביאים את השפכים לרמה המתבקשת. כתוצאה מכך יש להמשיך ולחפש פתרונות נוספים שמצד אחד יתנו פתרון לנושא השפכים אך לא יובילו להוצאות רבות מידי לרפתן מצד שני. אחד הרעיונות הקיימים הינו לבצע טיפול מוקדם לשפכי המכון לפני כניסתם לבור השיקוע. אפשרות כזאת ניתנת ליישום על ידי הקמת מערכת לסינון ושיקוע ראשוני של שפכי הרפת הגולמיים. מערכת זו תאפשר לסנן את המוצקים משפכי הרפת ולמנוע את הגעתם לבור השיקוע. סינון זה יעזור בשיפור בור השיקוע ברפת, ימנע סתימות בצנרת הביוב וכן הינו בעל פוטנציאל של הורדת רמות ה-COD ו ה-TSS (ביחס של 50% ו-90% בהתאמה). החומר המוצק נפלט ברמת יובש גבוהה ומאפשר מיצוק זבל רטוב או קילטור בסככות. כמו כן, הפרדת מרבית הזבל המוצק לפני הגעתו למערכת הסינון יכולה גם היא להועיל הן בפעולת הסינון והן בהגעה לערכי COD ו TSS ברמה יותר סבירה.

מטרות המחקר:

- א. בחינת הפעלת מערכת הסינון (נפה רוטטת) לסינון המוצקים משפכי מכון החליבה לפני הגעתם לבור השיקוע על ערכי החומר האורגני המתקבלים ביציאה למט"ש.
- ב. הפרדת הזבל המוצק לפני הגעתו לנפה הרוטטת על ידי מחסום פיזי אשר יעצור את גלישתו אל בור האיזון ויאפשר מעבר של נוזלים בלבד. החומר המוצק יפונה על ידי שופל לחצרות הרפת. שיטות וחומרים / מהלך הניסוי:

לצורך השגת מטרה א': פעולת המערכת של סינון המוצקים מתבצעת בשלושה שלבים:

א. השפכים הגולמיים מוזרמים למיכל איזון על מנת לאפשר זרימה קבועה ואיטית של שפכים גולמיים למתקן הטיפול.

ב. סינון השפכים ע"י נפה רוטטת - נפה רוטטת עם רשת נירוסטה בצפיפות 500 מיקרון מסננת את השפכים אשר זורמים אליה ע"י המשאבה הטבולה ממיכל האיסוף.

הנפה מפקדת ע"י מערכת בקרה אוטומטית המווסתת את קצב ההזנה לנפה הרוטטת ע"י מד זרימה אלקטרו-מגנטי וממיר תדר.

ג. שיקוע גרביטציוני ע"י בור השיקוע הקיים ברפת (אופציונלי) - זרם השפכים המסונן נשאב ממיכל האיזון לתחילת תהליך השיקוע הגרביטציוני. בבור השיקוע שוקעים המוצקים לתחתית ע"י כוחות גרביטציה. תהליך השיקוע מרחיק את רוב המוצקים המרחפים ואת העומס האורגני בחלקו. (יחס הרחקה של 90% ל-TSS ו-50% ל-COD).

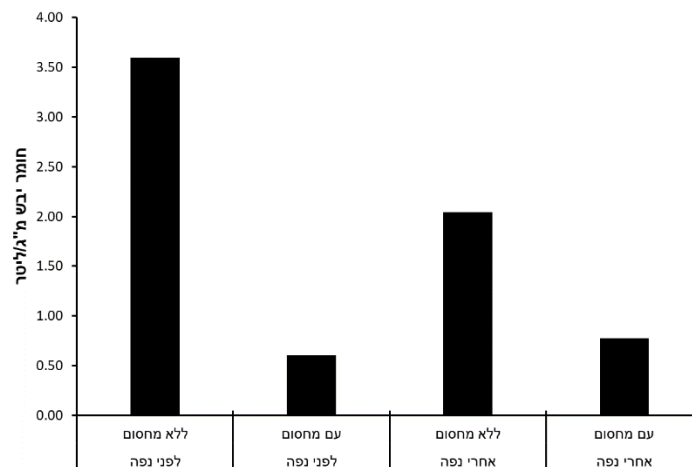
לצורך השגת מטרה ב' סדר הפעולות הינו בדומה לרשום למעלה עם תוספת של הפרדת המוצקים על ידי מחסום הממוקם לפני בור האיזון הראשוני ומטרתו למנוע את כניסת מרבית המוצקים והעברת שפכים נוזליים בלבד. הזבל המוצק שייעצר על ידי המחסום יפונה על ידי שופל לחצרות הרפת.

על מנת לבחון את יעילות המערכת בהקטנת ערכי השפכים נלקחו דגימות של שפכי הרפת לפני ואחרי הסינון הראשוני וכן לפני ואחרי הוספת המחסום ופינוי של מרבית הזבל המוצק.

### תוצאות:

פעולת הנפה הורידה את כמות העומס האורגני כפי שבא לידי ביטוי ברמות ה COD ו TSS ב סביב 80% ו 60% בהתאמה. לעומתם, ערכי החנקן והזרחן ירדו סביב כ 40% מערכיהם לפני הניפוי. הממצא החשוב ביותר בעבודה זו הינו ירידת אחוז החומר היבש כפי שבאה לידי ביטוי בגרף מספר 1. ירידה זו יכולה למנוע סתימות המערכות המט"ש ועל כן חשיבותה רבה.

גרף 1. אחוז חומר יבש בדגימות השפכים.



### סיכום:

תוצאות המחקר הנוכחי מראים באופן ברור את יעילות עבודת הנפה הרוטטת בהורדת ערכי המזהמים. יחד עם זאת הערכים אינם יורדים לרמות נמוכות מספיק. הפרדת הזבל בחצר ההמתנה על ידי גריפתו ושימוש במחסום למניעת גלישת הזבל אל בור השפכים נמצאו כיעילים מאוד בהפחתת הערכים. הממצא החשוב ביותר הינו ירידת ערכי החומר היבש. ירידה זו יכולה למנוע את שקיעת החומר בצנרת ואת בעיית הסתימות הנגרמת בעקבות כך. ולשפר בצורה משמעותית את הליכי האיסוף וההולכה אל המט"ש.

# השארת עגלות עם אימהות לאחר ההמלטה ברפת החלב - מדדים מקצועיים וכלכליים

יניב לבון<sup>1\*</sup>, יואב שעני<sup>2</sup>, כפיר לוי<sup>3</sup> עוזי מועלם<sup>4</sup>

<sup>1</sup>התאחדות יצרני החלב, <sup>2</sup>שה"מ, משרד החקלאות, <sup>3</sup>רפת כרמים, <sup>4</sup>מכון וולקני

[yaniv@icba.co.il](mailto:yaniv@icba.co.il)

**מבוא:** העבודה השגרתית ברפת מורכבת מסדרת פעולות שגרתיות הנעשות באופן יומי לאורך השנים מתוך מחשבה שאלו הן הפעולות הנכונות אשר יובילו לבריאות הפרות והצלחת הרפת. אחת מהדוגמאות לשיטות עבודה אשר השתרשו לאורך השנים הינה שיטת גידול העגלות במהלך תקופת הינקות (כ- 60 יום). כיום, בכלל הרפתות נהוג להפריד את העגל מן האם מיד עם הלידה ולהגמיע אותו 4 ליטר של קולסטרום איכותי בשש השעות הראשונות לאחר ההמלטה לצורך מתן הגנה חיסונית. לאחר מכן, העגל נמצא ביונקיה בכלוב או במלונה במהלך תקופת הינקות ועד הגמילה. מצד שני, את הפרה לוקחים לחליבה בהקדם האפשרי. מצב זה בעצם לא מאפשר כמעט כל קשר בין האם לוולד. לאחרונה נושא רווחת הפרה נידון גם בהקשר של השארת הוולד עם האם למשך תקופת היניקה באופן מלא או חלקי על מנת לאפשר יניקת חלב מהפרה במקום הגמעתו בחלב מלא או תחליפי חלב. נושא זה של השארת הוולד עם האם לתקופת היניקה מעלה לא מעט שאלות גם לגבי בריאות וגדילת העגלה אך גם לגבי בריאות הפרה, ייצור החלב שלה וביצועי הפוריות. עבודות אשר נעשו בעולם מצאו שיפור בקצב גדילת הוולד, שיפור בבריאות העטין ובביטוי התנהגות טבעית. בארץ לא נעשתה עד היום עבודה מסודרת הבוחנת את השפעת ההנקה על בריאות הפרה, ייצור הפרה ומדדי פוריות. העבודה הנוכחית מתרכזת בהשפעות ההנקה על ידי הפרה על מדדי הייצור, הבריאות ופוריות.

**שיטות וחומרים:** עבודה זו נעשתה ברפת כרמים לאורך שנים 2023-2024. בגלל אילוצי הרפת לא ניתן היה להקים יונקיה רגילה ולחלק את הפרות באופן שווה לקבוצת מניקות ולא מניקות ולכן הפרות חולקו לפי מין הוולד בהמלטה. פרות אשר המליטו נקבה הניקו את העגלה שלוש פעמים במהלך היממה (לאחר כל חליבה) ואילו הפרות שהמליטו זכר לא הניקו ונחלבו כרגיל (פרט למקרים חריגים). עקבנו אחר תנובות החלב עד 250 יום בתחלובה, מחלות המלטה ומדדי פוריות. ניתוח הנתונים נעשה בתוכנת SAS בפרוצדורות GLM (ייצור החלב) mixed models מדדי פוריות ומחלות המלטה.

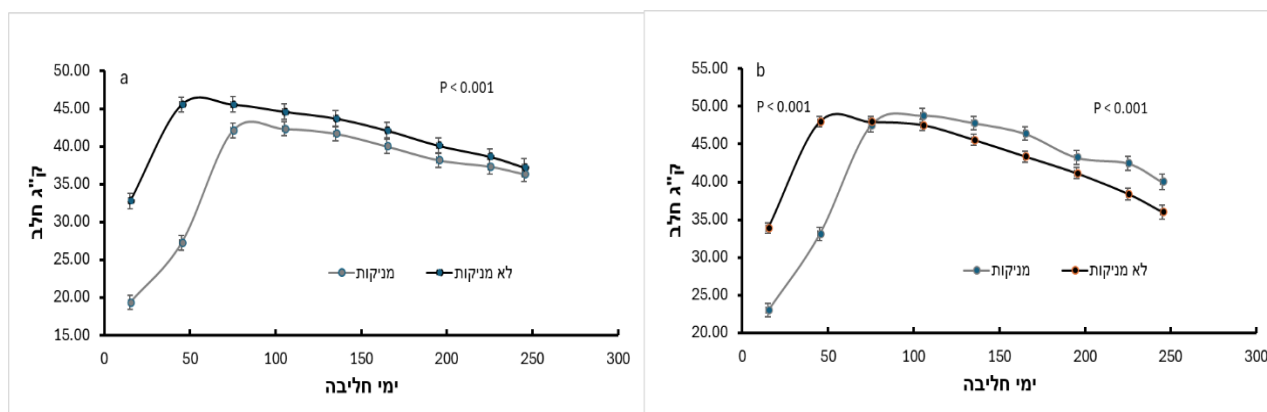
**תוצאות:** בניסוי השתתפו 275 פרות מתחלובה שנייה ואילך, מתוכן 143 פרות ללא הנקה ו- 132 פרות מניקות. התפלגות הפרות לפי קבוצת הנקה, מין הוולד ואופן ההמלטה מתוארת בטבלה 1. ניתן לראות מטבלה מספר 1 הבדלים באחוז הזכרים ואחוז הנקבות בקבוצות השונות שנבעו ממבנה הניסוי. שיעורי המלטות קשות מושפעות באופן ישיר ממין הוולד בהמלטה ואכן ניתן לראות אחוז המלטות קשות גבוה יותר בקבוצת הלא מניקות (יותר וולדות זכרים). הבדלים אלו במין הוולד משפיעים גם על שיעורי מחלות ההמלטה ולכן בגלל מבנה הניסוי לא ניתן להתייחס לנושא מחלות ההמלטה.

## טבלה 1. קבוצת הנקה, מין וולד ואופן ההמלטה

אופן המלטה		מין וולד		
קשה (%)	ללא התערבות (%)	זכרים (%)	נקבות (%)	קבוצה
6.3	93.8	74.8	25.2	לא מניקות
1.5	98.5%	20.6	79.4	מניקות

ייצור החלב היומי נבדק עד 250 יום בתחלובה ומתואר לתחלובה 2 ולתחלובה 3+ בנפרד. נתוני החלב היומי השתנו מאוד במהלך התחלובה, כאשר בתחילה היה ייצור רב יותר באופן מובהק בפרות ללא ההנקה ואילו בהמשך הפרות המניקות הגיעו לאותה רמת ייצור ואף גבוהה יותר בקבוצת הבוגרות. ההבדלים העיקריים נמצאו בפרות הבוגרות כפי שניתן לראות בגרף 1b.

גרף 1. ייצור חלב יומי בפרות ללא הנקה ועם הנקה מתחלובה 2 (a) או תחלובה 3+ (b).



שיעורי ההתעברות מכלל ההזרעות היו גבוהים יותר ב- 6.4% בקבוצת הפרות המניקות בהשוואה לקבוצת הפרות הלא מניקות (טבלה מספר 2;  $P < 0.08$ ).

טבלה 2. שיעורי ההתעברות מכלל ההזרעות הראשונות בקבוצת המניקות והלא מניקות

קבוצה	מספר הזרעות	ממוצע מתוקן	שגיאת תקן	מובהקות
לא מניקות	368	26.3%	0.025	0.09
מניקות	279	32.7%	0.028	

**סיכום:**

עבודה זו מציגה שיפור בשיעורי ההתעברות בפרות המניקות לעומת הלא מניקות. לגבי ייצור החלב ישנה מגמה שונה בין תחילת התחלובה להמשכה. תחילת התחלובה מאופיינת בירידה של כמות החלב בפרות המניקות, לעומת זה, בהמשך ישנה עלייה חדה בחלב של אותן פרות אשר משוות ואף עוקפות (בפרות הבוגרות) את קבוצת הלא מניקות. ישנו שיפור בהתמדת הפרות וכן בשיא החלב בפרות המניקות מתחלובה שלישית ומעלה, אך לא בפרות בתחלובה שנייה.

## הקשר בין צינון אינטנסיבי לאורך המדרך לבין ביצועי ייצור ורבייה: תוצאות

### מניסוי שדה ברפת מסחרית

עמי ארנין\*, מיכאל ואן סטרטן.

"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

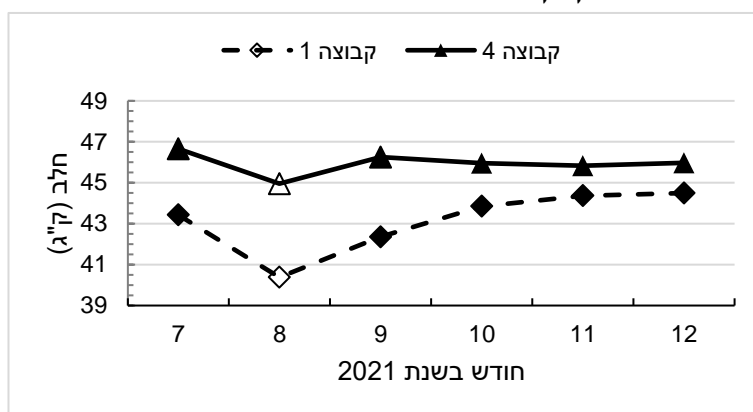
[arnin@hachaklait.co.il](mailto:arnin@hachaklait.co.il)

**מבוא:** אתר הצינון העיקרי ברפת היה לאורך שנים חצר ההמתנה או חצר צינון ייעודית. בשנים האחרונות במשקים רבים מחליף הצינון לאורך המדרכים את חצר הצינון כאתר צינון עיקרי. גם בעבר היה צינון לאורך האבוס מקובל בחלק מהמשקים אולם לרוב המערכת הופעלה למספר שעות מצומצם לאורך היממה (8-5 שעות) בעיקר עקב העומס על מערכות הביוב. לעומת זאת, לאחרונה, הופך יותר ויותר מקובל ממשק צינון אשר מאפשר הפעלה של מערכת הצינון במדרך למשך שעות ארוכות יותר ויותר (14-22 שעות ביממה). ייתכן שממשק צינון זה מאפשר לבטל את הצינונים המתבצעים בחצר ההמתנה בין החליבות, ובכך להקל על הפרות ואנשי הצוות. עקב כך עולה הצורך לבחון בכלים מדעים את ביצועי הצינון לאורך מדרך האבוס ואת יכולתו להחליף את הצינון המסורתי בחצר ההמתנה. מטרת המחקר הייתה לבדוק את התועלת של צינון אינטנסיבי לאורך מדרך האבוס מבחינת מדדי ייצור ופוריות.

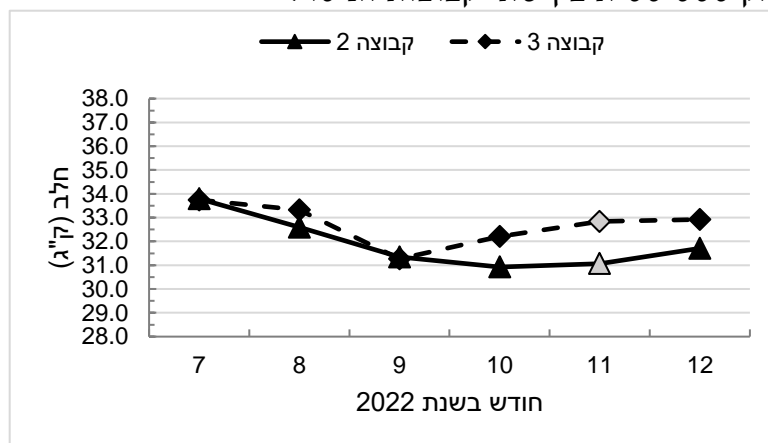
**שיטות וחומרים:** הניסוי נערך במשק קיבוצי אחד, בחודשי הקיץ של 2021 ושל 2022. בקיץ 2021 בוצע הניסוי עם שתי קבוצות דומות של פרות בוגרות. בחצר הראשונה הותקנה לאורך מדרך האבוס מערכת של מאווררים ומתזים, ובשנייה לא. בחצר הראשונה המערכת הופעלה למשך כ-14 שעות ביממה באינטרוולים של 30 שניות המטרה ו 4.5 דקות פעולת מאווררים. הפרות בחצר זאת הלכו אל חצר הצינון רק לפני חליבות ולא צוננו בחצר הצינון בין חליבות. בחצר השנייה, נלקחו הפרות לצינונים 3 פעמים לפני חליבות ו 3 פעמים בין חליבות. מערכת הצינון הופעלה באופן מלא לאורך חודשי הקיץ (יולי- ספטמבר), באופן חלקי באוקטובר, ובתחילת נובמבר לא צוננו הפרות בשתי הקבוצות כלל. בוצע מעקב אחרי שתי הקבוצות עד לסוף חודש דצמבר ולאחר מכן נאספו נתונים לצורך הניתוח הסטטיסטי. בקיץ של 2022 בוצע הניסוי באופן דומה בשתי קבוצות של מבכירות. הנתונים נותחו בעזרת מודלים של רגרסיה רב משתנית, בהתאם למשתנה התוצא. מודלים ליניאריים לניתוח ייצור החלב ומודלים לוגיסטיים לניתוח הסיכון להתעברות. במקרה הראשון, המודלים תוקנו למספר תחלובה, מספר שקילה, ומדידות חוזרות באותה הפרה. במקרה השני המודלים תוקנו למספר ההזרעה וחודש ההזרעה. בוצעה מדידה של טמפ' הגוף של הפרות במשך שבוע במהלך הניסוי. כמו כן נאספו נתוני טמפ' סביבתית ולחות באותו שבוע.

**תוצאות:** בגרף מס' 1 ניתן לראות שבשנת 2021 נמצא הבדל מובהק סטטיסטית בירידת תנובת החלב בין חודש יולי לחודש אוגוסט. בשאר הנתונים (מחלות המלטה, התעברות בהזרעה ראשונה, סת"ס, חלבון ושומן בחלב) לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית. בקיץ 2022 הייתה ההתאוששות של הפרות ללא צינון במדרך מהירה יותר. בגרף מס' 2 ניתן לראות שבחודש נובמבר הייתה תנובת החלב של הקבוצה ללא צינון במדרך גבוהה יותר.

גרף 1. תנובת החלב בקיץ 2021 בשתי הקבוצות (קו מקווקו ללא צינון במדרך). סמן ריק מסמל הבדל מובהק סטטיסטית בתוך קבוצת הניסוי.



גרף 2. תנובת החלב בקיץ 2022 בשתי הקבוצות (קו מקווקו ללא צינון במדרך). סמן בהיר מסמל הבדל מובהק סטטיסטית בין שתי קבוצות הניסוי.



דיון: מצאנו יתרון לקבוצת הניסוי (עם צינון במדרכים) בשנה הראשונה. בקבוצת הצינון באבוס הייתה ירידה מתונה יותר של תנובת החלב בתחילת הקיץ. בקיץ של שנת הניסוי השנייה נמצא הבדל מובהק בחודש 11 לטובת קבוצת המבכירות אשר לא קיבלו צינון במדרך. יתכן שהדבר נובע ממיקרו אקלים שונה בין החצרות. גם אם לא היינו מוצאים הבדל בין שתי הקבוצות עדיין בצינון לאורך המדרך יש חיסכון ניכר בכוח אדם ופחות הובלה של הפרות אל חצר הצינון ובחזרה. במשקים אשר היתקינו מערכות צינון לאורך המדרך בשנים האחרונות נעשה שימוש במספר סוגי מאווררים ומתזים/מערפלים. אי לכך, ומסיבות אחרות, עדיין לא קיימות המלצות מבוססות לגבי המאפיינים המומלצים של מרכיבים אלו.

הניסוי מומן על ידי קרן המחקר של מועצת החלב

## בחינת החלפת צינון בחצר המתנה בצינון אינטנסיבי במדרך האבוס הלל מלכה<sup>1\*</sup>, דוד בירן<sup>1</sup>, נדב שפר<sup>2</sup>, צחי בן-אדוה<sup>3</sup>, יניב לבון<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>שה"מ, משרד החקלאות, <sup>2</sup>רפת גניגר, <sup>3</sup>רפת לביא, <sup>4</sup>התאחדות יצרני החלב.

[Hillel.malka@gmail.com](mailto:Hillel.malka@gmail.com)

**מבוא:** בשני העשורים האחרונים, עלתה חשיבות הצינון בשל העלייה בתנובת החלב והתחממות הקיצים. מטרת הצינון הינן שיפור ברווחת הפרה ומדדי יצרנות, בריאות ופוריות. כיום שיטת הצינון המקובלת הינה שיטה של הרטבה מלאה ואוורור מאולץ בחצר הצינון/המתנה. בשיטה זו, ההרטבה מתבצעת באמצעות מתזים בעלי ספיקה גבוהה ולחץ נמוך. האוורור צריך להיות כזה המאפשר אידי מהיר של המים מגוף הפרה. שני האתרים העקרים לצינון הם חצר ההמתנה/צינון או על המדרך בסככת הרביצה עצמה. צינון הפרה בחצר ההמתנה נמצא אומנם כיעיל ביותר בהורדת טמפרטורת הפרה, אולם מספר הצינונים ביממה בין החליבות הינו תלוי זמן, מקום וכח אדם. שלושת גורמים אלו מהווים מגבלה אמיתית על יכולת הצינון בחצר ההמתנה ומובילים לחיפוש של אלטרנטיבות אחרות. אחת השיטות אשר נבחנה בעבר הינה ערפול בלחץ נמוך בסככת הרביצה. שיטה זו מצמצמת מאוד את הנגר הנוצר מהצינון ובכך פותרת את בעיית השפכים, אולם נמצא שההרטבה באמצעות ערפול הנישא באמצעות המאוורר איננה מספקת ובשל כך מקטינה מאוד את יעילות הצינון. בנוסף, מניעה של הולכת הפרה לצינונים בין החליבות יכולה להועיל בשיפור מדדי רווחת הפרה. בשנים האחרונות מתחילה בחינה מחודשת של מערכות צינון במדרך האבוס בהרטבה מלאה באמצעות דיזות בספיקה של כ – 200 ליטר/שעה. בנוסף, כיום ישנו שיפור רב בטכנולוגיה הקיימת ברפתות בכלל ובמערכות הצינון בפרט. מערכות המורכבות כיום הינן מערכות חכמות אשר פועלות לפי ספי עומס חום וכן לפי נוכחות של אחוז פרות מסוים, זאת אומרת שכאשר ישנו מספר קטן של פרות באבוס המערכת לא תפעל. כמו כן, לאחרונה ניתן לבצע הפעלה הדרגתית של המערכות כך שלא כלל המתזים יפעלו בו זמנית אלא רק חלקם בהתאם לנוכחות הפרות. מכאן, שישנה חשיבות לבחינת חלופות יעילות לצינון בחצר ייעודית, בין היתר ע"י צינון אינטנסיבי במדרך האבוס.

**שיטות וחומרים:** הניסוי בוצע בשני משקים במהלך עונת הקיץ כאשר בשניהם הותקנו מאווררים ומערכת הרטבה דומות אך הופעלו ע"י שיטות שונות.

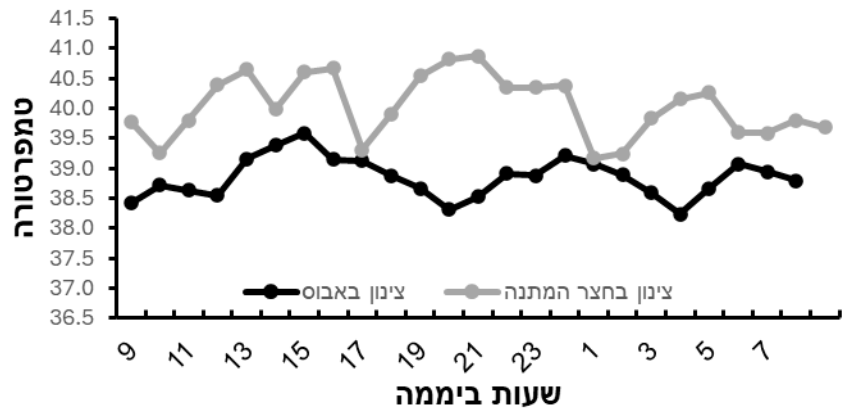
פרות חולקו בכל משק לקבוצות טיפול וביקורת אשר היו שוות מבחינת סוג וגודל הסככה, מס' פרות, תנובת חלב, מספר תחלובה, מרחק מהמלטה ונתונים גנטיים.

קבוצת הביקורת צוננה בחצר ההמתנה ע"פ הפרוטוקול הנהוג במשק וקבוצת הטיפול צוננה על המדרך כמפורט בהמשך. שתי קבוצות הניסוי (טיפול וביקורת) צוננו בחצר המתנה לפני כל חליבה. משק I: במשק זה נבחנה מערכת הפעלה אשר זמני ההפעלה נקבעים מראש ופועלים בזמנים קבועים וזאת ללא קשר להימצאות פרות באבוס. במשק זה היו שתי קבוצות טיפול ושתי קבוצות ביקורת. משק II: במשק זה נבחנה מערכת הפעלה הלוקחת בחשבון המצאות הפרות על המדרך ומופעלת ע"פ ספי עומס חום.



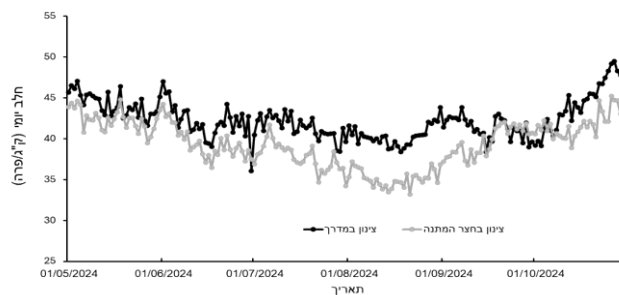
במהלך הניסוי בוצעה מדידת טמפ' גוף לקבוצה מייצגת של 15-20 פרות בכל קבוצה ע"י אוגרי נתונים וגניליים. מדדי ייצור חלב ובריאות עטין נלקחו מביקורות החלב החודשיות ומנתוני בקר החליבה. צריכת מים וחשמל וכן עלויות טיפול בזבל תועדו וחושבה כדאיות כלכלית. תוצאות ראשוניות מראות כי הטמפרטורה הווגינלית בקבוצת הפרות עם צינון במדרך הייתה נמוכה יותר לאורך כל היממה (גרף 1). כמו כן, מספר השעות ביממה בו נמצאו הפרות בעקת חום היה נמוך יותר.

גרף 1. טמפרטורה ווגינלית לאורך היממה בקבוצות הניסוי



ייצור החלב נבדק לאורך עונת הקיץ ומתואר בגרף 2. כפי שניתן לראות נמצא שיפור בייצור החלב בקבוצת הפרות אשר צוננה על המדרך עם כי השיפור לא היה מובהק ( $P < 0.1$ ).

גרף 2. ייצור חלב יומי לאורך הניסוי בקבוצת הביקורת וקבוצת הטיפול



**סיכום:** צינון פרות במדרך מונע את הולכת הפרות לחצר ההמתנה בין החליבות, חוסך עבודה, מקטין את עלויות טמפרטורת הפרה לאורך היממה ומוביל לעליה בתפוקת החלב. תוצאות אלו הינן צעד ראשון בכיוון החיובי אך יש להמשיך לבחון מדדי פוריות, טיפול בשפכים ומדדים כלכליים וכן לבצע את הניסוי במשקים נוספים לצורך קבלת החלטה מיטבית.

המחקר בוצע במימון קרן המחקרים של שה"מ

# בריאות העדר

מושב 5

יו"ר: דר' עדי בכר

## “החלטת הרפתן בנוגע לחיסון העדר מתווכת ע”י הוטרינר. האמנם?”

\*מיכל מורגנשטרן<sup>1</sup>, ג'אפ סוק<sup>2</sup>, אייל קלמנט<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים. [Eyal.klement@gmail.com](mailto:Eyal.klement@gmail.com).

<sup>2</sup> כלכלה עסקית, אוניברסיטת ווגנינגן, ווגנינגן הולנד.

ההיענות לחסן חיונית למניעת התפרצויות של מחלות, בייחוד במקרים בהם החיסון הינו רשות ותלוי ברצון המגדלים/רפתנים. אידיאלית, השאיפה של מקבלי ההחלטות היא שההחלטה האם לחסן או לא תסתמך בעיקר על דעתו המקצועית של הוטרינר המטפל. בישראל, החיסון כנגד מספר מחלות הפוגעות בבקר לחלב הינו רשות ואף על פי כן, לא קיימים מחקרים, הן בישראל והן בעולם, הבודקים ממה מושפעת ההיענות לחסן עבור מחלות שונות. בנוסף, לא נבדקה ההתאמה בין המלצת הוטרינר בנוגע לחיסון לבין החלטת הרפתן שתחת אחריות הוטרינר. ובכך, השפעת הוטרינר על החלטת הרפתן הלכה למעשה.

כדי להבין כיצד מתבצעת קבלת ההחלטות בנוגע לחיסונים, בחרנו חמש מחלות בעלות מאפיינים מובהקים המשפיעות על בקר לחלב (בוטוליזם, ברוצלוזיס, כלבת, קדחת שלושת הימים וקטרת העור). שאלונים המבוססים על מודל תיאוריית ההתנהגות המתוכננת (TPB – Theory of Planned Behavior) חולקו ל-340 רפתנים (מתוכם 99 מרפתות מושביות והיתר מרפתות קיבוציות), כאשר כל שאלון העריך את כוונת הרפתן לחסן כנגד אחת מחמש המחלות. בנוסף, חולקו שאלונים לווטרינרים האחראים על הרפתות כדי לבחון את דעותיהם והשפעתם הנתפסת על החלטות החיסונים של הרפתנים.

התוצאות חשפו גורמים מגוונים המשפיעים על ההחלטה באם לחסן כנגד חמש המחלות. לחוות דעתו של הוטרינר, כפי שנתפסה ע"י הרפתן, הייתה השפעה משמעותית על כוונתו של הרפתן לחסן כנגד כל המחלות ומשמעותית ביותר עבור החיסון כנגד מחלת קטרת העור. השפעתם של רפתנים עמיתים או חברי הקיבוץ/מושב מילאה תפקיד מרכזי בהחלטה על חיסון נגד כלבת וברוצלוזיס, בהתאמה. הכוונה לחסן נגד קדחת שלושת הימים הושפעה בעיקר מתפיסת יעילות החיסון.

באופן מפתיע, נמצא כי רפתנים שקיבלו המלצה מווטרינרים לחסן נגד המחלה לא בהכרח הביעו כוונה גבוהה יותר לבצע את החיסון. בנוסף, כאשר נשאלו הרפתנים לדעתם על המלצת הוטרינר, לא נמצא קשר בין התשובות שנתנו לבין הדיווח על המלצת הוטרינר בפועל.

לסיכום, גיבוש אסטרטגיות חיסון יעילות דורש מידע רפואי נגיש על יעילות החיסון ותקשורת טובה בין הוטרינרים לרפתנים. חינוך וטרינרים להעברת המלצות ביעילות לרפתנים תתרום לכך. יתר על כן, יש לקחת בחשבון גורמים שספציפיים למחלה. ממצאי המחקר מביאים תובנות חשובות

להתערבויות ממוקדות לשיפור היענות לחיסון בקרב רפתנים ומניעת התפרצויות מחלות במגזר החקלאי.

**טבלה 1.** הגורמים המשפיעים על החלטת הרפתן לחסן ע"פ מודל תיאוריית ההתנהגות המתוכננת (מוצגים גורמים שנמצאו עם השפעה מובהקת).

דעות הרפתן לגבי החיסון	גורמים חברתיים
<ul style="list-style-type: none"> <li>• "החיסון יקטין כמות מקרי תחלואה במקרה של התפרצות".</li> <li>• "החיסון יקנה שקט נפשי".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ארגון החקלאית</li> <li>• ארגוני זכויות למען בע"ח</li> <li>• השירותים הוטרינריים</li> <li>• וטרינר</li> <li>• חברי קיבוץ/מושב</li> <li>• מחלבות</li> <li>• משרד הבריאות</li> <li>• רפתנים עמיתים</li> </ul>

המחקר מומן ע"י קרן המחקרים של מועצת החלב.

## זיהוי גורמי סיכון להתפרצות ברוצלה מליטנזיס ברפתות בישראל

יעל עמיאל קניגסוולד\*<sup>1</sup>, סבטלנה ברדנשטיין<sup>2</sup>, נחום שפיגל<sup>1</sup> ומיכאל ואן סטרטן<sup>3</sup>

<sup>1</sup>בית הספר לרפואה וטרינרית ע"ש קורט, האוניברסיטה העברית בירושלים.

<sup>2</sup>המעבדה לסרולוגיה והמעבדה לברוצלוזיס, המכון הווטרינרי ע"ש קמרון, בית דגן.

<sup>3</sup>המחלקה לרפואת עדר ואפידמיולוגיה, "החקלאית" בע"מ, קיסריה. [michaelvs@hak.org.il](mailto:michaelvs@hak.org.il)

**רקע:** מחלת הברוצלוזיס, הנקראת גם "קדחת מלטה", היא מחלה זאווטית הנגרמת ע"י חיידקים מסוג *Brucella*, חיידק גרם-שלילי בעל מספר זנים הגורמים למחלה במגוון יונקים. המאחסן הטבעי של *B. abortus* הוא בקר, והמאחסן הטבעי של *B. melitensis* הוא צאן. עם זאת, שני הזנים יכולים להדביק מאחסנים נוספים כמו בני אדם וגם לעבור בין צאן לבקר ולהפך. חיידקי הברוצלה עמידים בסביבה החיצונית, ובתנאים מתאימים הם יכולים לשרוד חודשים. לאחר הפלה או המלטה ע"י חיה נגועה, הנפלים, השילייה והפרשות הרחם, משמשים כמקור עיקרי להפצת המחלה בסביבה. ביטוי קליני של המחלה בחיות משק יכול להיות איטי, והשלב הראשון שלאחר ההדבקה לרוב חבוי, ולכן מקשה על אבחון המחלה. בפרות, המחלה גורמת בעיקר להפלות בטרימסטר השלישי של ההריון, ולפגיעה כלכלית ברפת בגין נזקים ישירים מההפלה, פגיעה בתוכנית הרבייה וסגרים, השמדת בעלי חיים נגועים ובמקרים קשים להשמדת העדר כולו. תפוצת המחלה היא כלל עולמית. החיידק בו עסקנו במחקר הוא *B. melitensis*, מין ברוצלה אנדמי בישראל, שהינו הגורם המרכזי של ברוצלוזיס בצאן, אולם זולג לרפתות בישראל וגורם שם להתפרצויות. תפוצת המחלה בישראל היא כלל ארצית עם נגיעות גבוהה במיוחד בעדרי הצאן בנגב (בשנת 2017 עמדה על כ-20%) ובשנים האחרונות ישנה עליה בתחלואה באדם. מאז שנות ה-80, התפרצויות ברוצלוזיס ברפתות ישראליות נגרמו ע"י החיידק *B. melitensis*, פרט למקרה אחד בשנת 2022 בה בודד *B. abortus*. מטרת המחקר הייתה לזהות גורמי סיכון להתפרצויות של ברוצלוזיס ברפתות בישראל, ע"י ניתוח נתונים אפידמיולוגיים מהתפרצויות עבר. זיהוי גורמי סיכון אלו יכול לסייע בפיתוח תוכנית שליטה עבור ברוצלה מליטנזיס ברפתות בישראל, שמטרתה מניעת התפרצויות חדשות, וייעול השליטה בהתפרצויות קיימות.

**חומרים ושיטות:** המחקר היה מסוג מקרה-ביקורת רטרוספקטיבי. קבוצת ה"מקרים" כללה 22 רפתות, שמהוות את מקרי ההתפרצויות של המחלה ברפתות שקיבלו שירות מ"החקלאית", ושדווחו לשירותים הווטרינרים בשנים 2015-2022 ובהם בודד החיידק. קבוצת ה"ביקורת", כללה 44 רפתות (2 רפתות "ביקורת" לכל רפת "מקרה") ללא היסטוריה של המחלה בעשר השנים שקדמו להתפרצות ברפת ה"מקרה" המזווגת לה. רפתות הביקורת נבחרו ע"פ שני קריטריונים, קרבה גיאוגרפית למקרה ומגזר הרפת (רפת קיבוצית/רפת מושבית). הנתונים שנותרו מבוססים על תחקירי התפרצות שנעשו במועד התפרצות המחלה בכל רפת ע"י "החקלאית", ותחקירים טלפוניים בפורמט קבוע עבור רפתות הביקורת. האחרונים בוצעו בשנים 2021-2023, עם אחראי/ת הבריאות או מנהל/ת הרפת. התחקירים כללו שאלות על התנהלות הרפת בשגרה. ניתוח הנתונים כלל סטטיסטיקה תיאורית של התפלגות משתנים איכותיים בטבלאות והיסטוגרמות, וניתוח חד-משתני ע"י מבחן כי-בריבוע, לבדיקת הקשר

בין התפרצות המחלה לגורמי סיכון שונים. מכיוון שהמדגם היה קטן, אנו מדווחים על קשרים בהם המובהקות הסטטיסטית הייתה  $P < 0.250$ .

**תוצאות:** בניית הסופי נכללו בסה"כ 60 רפתות (21 מקרים בהם היה בידוד חיידק ושיתוף פעולה מצד הרפת, ו-39 רפתות ביקורות שהסכימו לשתף פעולה). אחוז המשקים בהם דווח על הימצאות חתולים משוטטים היה 61.9% ו-20.5%, ברפתות שחוו התפרצות ובאלו שלא, בהתאמה ( $P=0.001$ ). אחוז המשקים במחקר בהם דווח על צאן בקרבת הרפת ברפתות שחוו התפרצות ובאלו שלא, בהתאמה ( $P=0.037$ ). אחוז המשקים במחקר שדיווחו על עדרי בקר במרעה בקרבת הרפת היה 38.1% ו-23.1%, ברפתות שחוו התפרצות ובאלו שלא, בהתאמה ( $P=0.218$ ). אחוז המשקים שדיווחו על טורפי בר בשטח הרפת, היה 95.2% ו-82%, ברפתות שחוו התפרצות ובאלו שלא, בהתאמה ( $P=0.152$ ). אחוז המשקים שדיווחו על שימוש של הוטרנר בציד ייעודי ברפתות שעברו התפרצות היה 9.5% לעומת 25.6% בקבוצת הביקורת ( $P=0.137$ ). אחוז המשקים שדיווחו על עבודה עם יותר מסוחר בקר אחד היה 90.5% ו-74.4%, ברפתות שעברו התפרצות וברפתות שלא, בהתאמה ( $P=0.137$ ). אחוז המשקים שדיווחו על כניסה רגלית של הסוחר לתוך החצרות ברפת היה 80% ו-64.1% ברפתות שעברו התפרצות ובאלו שלא, בהתאמה ( $P=0.209$ ). אחוז הרפתות בהם קיימים מוקדים גיאוגרפים שונים לרפת (למשל אתר חולבות ואתר עגלות לתחלופה) היה 28.6% ו-15.4% ברפתות שעברו התפרצות ובאלו שלא, בהתאמה ( $P=0.223$ ).

**דיון ומסקנות:** גורמי סיכון מובהקים סטטיסטית להתפרצות ברוצלזיס ברפת שנמצאו בעבודה זו היו: הימצאות חתולים משוטטים ברפת, והימצאות צאן או עדרי בקר במרעה בקרבת הרפת. גורם סיכון נוסף שנמצא במובהקות סטטיסטית של "מגמה", היה הימצאות טורפי בר בשטח הרפת. תוצאות אלו תומכות בכך ש: 1. ייתכן שחדירה פיזית של חיות בית או חיות בר שנחשפו למחלה במוקד אחר יכולה לגרום להתפרצות ברפת. 2. בטיחות ביולוגית לא מיטבית ברפת היא גורם סיכון לברוצלזיס, ואופן החדירה של החיידק לרפת לא ברור ו-3. קרבת הרפת למאגר של החיידק בצאן נגוע מהווה גורם סיכון למחלה. הממצא שחתולים משוטטים ברפת קשורה להתפרצות מעניינת, שכן הפצת המחלה ע"י חתולים לא הודגמה עד כה; ייתכן שהדבר מעיד רק על בטיחות ביולוגית לא מיטבית. גורמי הסיכון הנוספים שנמצאו בעבודה זו, יהא זה במובהקות סטטיסטית נמוכה יותר, היו קשורים כולם לבטיחות ביולוגית (שימוש בציד אישי עבור הוטרנר, עבודה עם סוחרים שונים, וכניסה רגלית של הסוחר לתוך סככות הרפת). תוצאות אלו יכולות להצביע הקשר בין הבטיחות ביולוגית המונהגת ברפת לבין הסיכון להתפרצות מחלה. מכיוון שבחלק מהרפתות, התחקירים בוצעו זמן רב לאחר ההתפרצות, קיימת בעבודה זו אפשרות להטיית זיכרון. ממצאי המחקר מדגישים את חשיבות הבטיחות הביולוגית ברפת במניעת המחלה, ויכולים לסייע בקביעת קווים מנחים לתוכנית שליטה מבוססת סיכון. עדיין קיים פער ידע בנוגע לאופן הספציפי בו חודר הפתוגן לרפת. בכל מקרה, כל עוד עדרי הצאן בישראל מהווים מאגר חשוב של המחלה, יהיה קשה מאד למנוע התפרצויות חדשות של *B. melitensis* ברפתות.

העבודה מומנה ע"י קרן המדען הראשי של משרד החקלאות.

## מחלת ה-BVD במשק הבקר הישראלי – סקר נגיעות ארצי ודרכי התמודדות

ליאור עופר, גבי קניגסוולד, נדב גלאון, שני שיינין, איתי עסיס\*

”החקלאית – אגודה שיתופית בע”מ”

[assis@hak.org.il](mailto:assis@hak.org.il)

BVD הינה מחלה ויראלית הנגרמת על ידי נגיף RNA ממין Pestivirus ממשפחת Flaviviridae. הנגיף פוגע בכל גיל, אך רוב מקרי התחלואה הם בגילאי חצי שנה עד שנתיים. הנגיף גורם לדיכוי חיסוני המאפשר לפתוגנים אחרים לשגשג ולגרום למחלה נשימתית. ההדבקה הנפוצה הינה ”הדבקה חולפת” **transient infection (TI)** שבה המאכסן מתגבר על המחלה על ידי יצירת נוגדנים. אך ישנו סוג נוסף של הדבקה - ”הדבקה קבועה” **persistent infection (PI)** – המתרחשת בזמן ההיריון. הועבר שנחשף לנגיף הופך להיות נשא שלו והעגל שיוולד ”נגוע” בנגיף, יישאר נשא לכל שארית חייו ויפריש את הנגיף בהפרשות הגוף. כתוצאה מכך נחשף העדר לכמות גדולה של הנגיף גם כאשר העגל או העגלה הנקראים PI אינם מראים סימני מחלה. ישנם מקרים בהם בעגלי PI הנגיף הופך להיות אלים (ציטופאטי) מה שיגרום להתפתחות מחלת הריריות – Mucosal Disease ולתמותה של העגל. הפצת המחלה והתפשטותה בעדר גוררת, פגיעה ביצרנות, פגיעה בפוריות ופגיעה בשלוחת הגידול והפיטום ולכן לנזקים כלכליים גדולים. ביסוסה של תוכנית שליטה במחלה בעדר מאפשרת למזער ואף למנוע את הנזקים להם עלולה המחלה לגרום.

בשנים 2008-2009 בוצע ע”י רופאי ”החקלאית” סקר BVD בהובלתו של ד”ר אילן דגוני. נמצא כי 60% מהעדרים היו בעלי סטטוס שלילי (אין עדות לקיומם של נשאים בעדר), ו 34% מהעדרים עם סטטוס חיובי. בשנים האחרונות הוחלף התרכיב כנגד BVD לתרכיב חי ממוייר ( BVD gold ו vista BVD), והומלץ ע”י החקלאית על פרוטוקול חיסון קפדני. בסוף שנת 2022 בוצע על ידי רופאי החקלאית ובשיתוף המכון הווטרינרי ע”ש קמרון סקר חדש. בסקר השתתפו 242 משקי חלב. בכל משק, על פי גודלו, נדגמו בין 5 ל 10 עגלות סביב גיל שנה. בדיגום נלקח דם ורידי במבחנת סרום. האנליזה בוצעה על ידי ערכה סרולוגית (Svanovir® BVDV-Ab test, screening format, Svanova Sweden). כל בדיקה שעברה סף מוגדר בהתאם להוראות היצרן כחיובי נחשבה בסקר לחיובית.

פירוש התוצאות התבסס על עבודה ניוזילנדית המחלקת את העדרים ל 3 קבוצות - עדר עם סבירות נמוכה לנוכחות נשאים (PI), עדר עם סבירות גבוהה לנוכחות נשאים (PI), ומצב לא ברור. החלוקה בוצעה לפי שיטה הכוללת חישוב לפי הנוסחה של  $\text{Positive samples} / \text{Total samples}$ . תוצאות הסקר הראו כי מתוך 185 משקים שהשתתפו בסקר ולא חיסנו את העגלות כנגד BVD בגיל צעיר, 59.46% מהמשקים (110 משקים) אובחנו כבעלי סבירות נמוכה לנשאים, 23.24% עם סבירות גבוהה לנוכחות נשאים ו-17.3% הנותרים עם תשובה שאינה חד משמעית (טבלה 1).

טבלה 1. סטטוס עדרים לפי סקר סרולוגי כלל המשקים בסקר

		סטטוס BVD כלל המשקים בסקר
23.24324	43	מספר עדרים עם סטטוס חיובי
59.45946	110	מספר עדרים עם סטטוס שלילי
17.2973	32	מספר עדרים עם סטטוס בספק
100	185	

בהשוואה בין המגזר המשפחתי/ מושבי למגזר השיתופי מצאנו כי אחוז המשקים עם סבירות גבוהה לנשאים, היה גבוה יותר בקרב המגזר המשפחתי בהשוואה למגזר השיתופי, 29.89% לעומת 15.9% בהתאמה (טבלאות 2 ו 3).

### טבלה 2. סטטוס עדרים לפי סקר סרולוגי משקים משפחתיים

		סטטוס BVD משקים מושביים
29.89691	29	מספר עדרים עם סטטוס חיובי
49.48454	48	מספר עדרים עם סטטוס שלילי
20.61856	20	מספר עדרים עם סטטוס בספק
100	97	

### טבלה 3. סטטוס עדרים לפי סקר סרולוגי משקים שיתופיים

		סטטוס BVD משקים שיתופיים
15.90909	14	מספר עדרים עם סטטוס חיובי
70.45455	62	מספר עדרים עם סטטוס שלילי
13.63636	12	מספר עדרים עם סטטוס בספק
100	88	

הממצאים מרמזים לכך שחיסון בלבד אינו מספיק לצורך ביעור המחלה. אנו ממליצים למשקים בעלי סטטוס חיובי ליישם את תוכנית השליטה במחלת ה BVD. תוכנית השליטה כוללת הערכת סיכונים ומדיניות של שליטה במחלה, על ידי ניטור תקופתי במשקים, הוצאת נשאים קבועים מהעדרים, החלה של פרוטוקול חיסונים אינטנסיבי ומותאם גיל ושמירה הדוקה על בטיחות ביולוגית. ברמה הארצית תכנית זו תיושם עם תשומת לב לאתגרים השונים במשק הישראלי, כגון צפיפות משקים גבוהה, מעבר של בעלי חיים בין משקים והעדר מנגנון פיצוי של המגדלים מצד המדינה. אנו מאמינים כי יישום תוכנית השליטה קפדנית יוכל להביא לצמצום של הנגיעות במחלה בעדר הישראלי ולצמצום משמעותי בהפסדים הכלכליים למשקים הנגרמים כתוצאה מנגיעות בנגיף ה BVD.



## אלח דם מדמם: מחלה מגיחה המתפשטת בישראל

שני שיינין<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>החקלאית, אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה  
<sup>2</sup>ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט של האוניברסיטה העברית בירושלים

[scheinin@hak.org.il](mailto:scheinin@hak.org.il)

התנאים האקלימיים, הגיאוגרפיים והתרבותיים במדינת ישראל וסביבתה, מהווים קרקע פורייה לנוכחותן והגעתן של מחלות זיהומיות שונות הגורמות בין השאר לתחלואת חיות המשק בישראל. מחלות אלה מהוות אתגר וטרינרי ומחייבות נקיטת פעולות שליטה ומניעה, שכן ביעור מלא של גורמי מחלה רבים איננו מתאפשר לרוב. דוגמה אחת לכך הינה מחלת אלח דם מדמם, מחלה חיידקית קטלנית של בקר הנגרמת מזנים ייחודיים של החיידק *Pasteurella multocida*. בעלי חיים שונים נושאים את החיידק בגופם ובתנאי עקה שונים הוא עלול להתפרץ ולגרום למחלה המאופיינת בסימנים קליניים המתפתחים במהירות רבה ובמוות מהיר תוך שעות בודדות בלבד. המחלה נחשבת כמחלה מתפרצת בעיקר באזורים הטרופיים של אסיה, אפריקה והמזרח התיכון, אולם בשנים האחרונות, תפוצת המחלה התרחבה בעולם בכלל ובישראל בפרט.

מחלת אלח דם מדמם אובחנה לראשונה בישראל בשנת 2015, בהתפרצות שגרמה לתמותה של מאות עגלים ועגלות במגוון עדרי בקר לבשר במרעה ברמת הגולן. מאז, המחלה הפכה לאנדמית ובמהלך העשור האחרון מתרחשות התפרצויות חוזרות של המחלה בעדרי בקר לבשר בצפון הארץ וכן ברפתות חלב המצויות בסמיכות לעדרים הנגועים או עקב כניסת חומר מאולח בגורם המחלה אל הרפת כגון: מזון או מים. בשנה האחרונה, המחלה אף אובחנה לראשונה באזור הדרום, במספר התפרצויות בעדרי בקר במרעה וברפת חלב הסמוכה להם. בעדרים נאיביים שטרם נחשפו לגורם המחלה או לחיסון, מתרחשות התפרצויות חמורות המסבות נזק כלכלי רב, כפי שעולה מחקירות ההתפרצות בעדרים אלה בישראל.

המניעה באזורים אנדמיים בעולם מתבססת בעיקר על חיסון, אולם לא קיים תרכיב מסחרי סטנדרטי וההתמודדות עם המחלה מסתמכת על תרכיב בייצור מקומי בהתאם לזן החיידק הגורם להתפרצות התחלואה. לתרכיבים אלה מגבלות שונות ביניהן בעיית ראקטיביות ובטיחות לא מיטבית, כפי שנצפה בארץ במספר מקרים לאחר חיסון עדרים שבסיכון.

לאור כל זאת השליטה במחלה זו מהווה אתגר ומחייבת המשך איסוף ידע אפידמיולוגי על המחלה בישראל באמצעות חקירות התפרצות, ניתוח יעילות החיסון וההתחסנות ובאמצעות סקר נשאות ארצי, שיאפשרו לנו ללמוד כיצד ניתן למנוע התפרצויות עתידיות ואת נזקי המחלה בישראל.

מבחינה אפידמיולוגית, בהסתמך על נתוני האבחון במכון הווטרינרי, דוחות אפידמיולוגים של השירותים הווטרינריים ונתונים קליניים ואחרים של החקלאית, ניתן לומר כי בישראל קיימת עונתיות למחלה והתקופה בסיכון מוגבר להתפרצות המחלה הינה בעיקר בחודשי החורף (נובמבר-מרץ), אולם התפרצויות מתועדות בישראל כבר מחודש ספטמבר ועד יולי. האוכלוסייה בסיכון במרבית ההתפרצויות הינם בעלי חיים צעירים בבקר לבשר וכן ברפתות החלב בהן לרוב נפגעות עגלות התחלופה והמבכירות. שיעור התמותה בהתפרצויות השונות שתוארו בישראל נע בין 1-25% מהאוכלוסייה בסיכון. במקרה של מחלה זו שיעור התחלואה המאובחן קלינית הינו דיי דומה לאור הקטלניות של המחלה, אולם אבחון מהיר של גורם המחלה בעדר מאפשר התערבות מהירה ויעילה לבלימת ההתפרצות באמצעות טיפול אנטיביוטי מטאפילקטי בקבוצה/ות הנגועה/ות ובהמשך חיסון העדרים שבסיכון על בסיס קבוע ושגרתי.

## הערכת מועילות התרכיב האוסטרלי לקדחת קיקיונית מחקר קליני בשדה, בעת

### התפרצות 2021

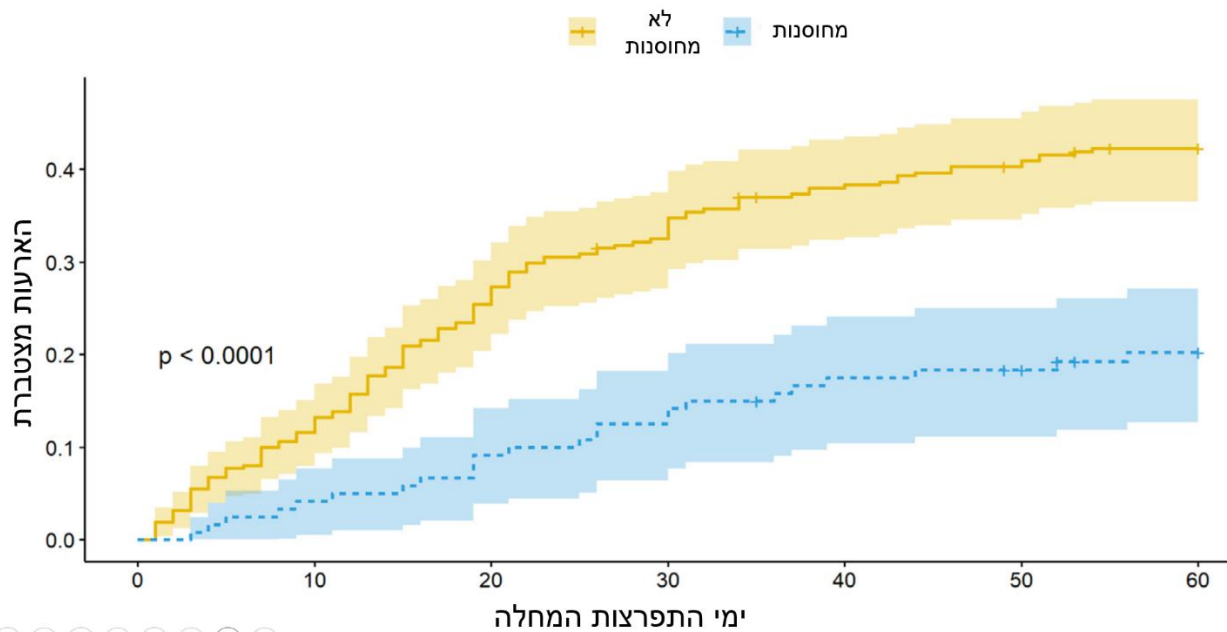
דן גלסר<sup>1\*</sup>, גבי קניגסוולד<sup>2</sup>, מאור קדמי<sup>2</sup>, בני שריר<sup>2</sup>, אייל קלמנט<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> בית הספר לוטרניריה ע"ש קורט, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית  
<sup>2</sup> החקלאית – אגודה שיתופית לביטוח ושירותים וטרנירים

[dan.gleser@mail.huji.ac.il](mailto:dan.gleser@mail.huji.ac.il)

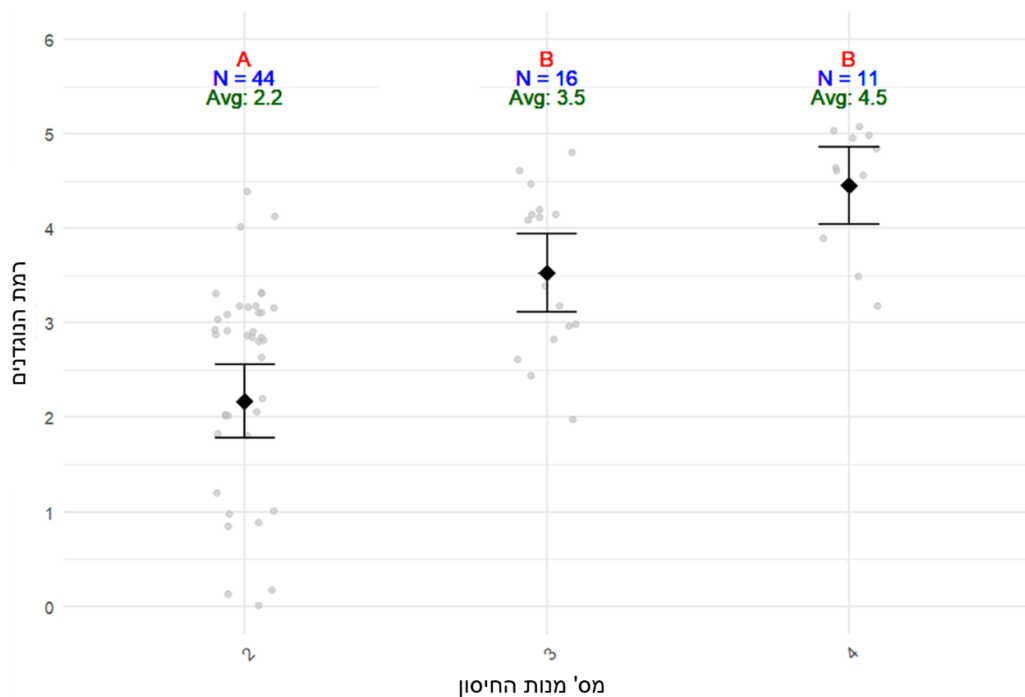
קדחת קיקיונית (ק"ק) בבקר, או בשמה קדחת שלושת הימים, הינה מחלה בעלת השלכות כלכליות משמעותיות לענף הבקר, אשר נגרמת על ידי נגיף המועבר באמצעות חרקים מעופפים מוצצי דם. במשך שנים נעשה שימוש בארץ ובעולם בתרכיב המבוסס על הנגיף שבודד באוסטרליה (זן 919). בעשור האחרון התקבלו דיווחים על תחלואה רבה, גם בקרב רפתות מחוסנות בתרכיב, ועל כן הוחלט על ביצוע ניסוי קליני להערכת מועילותו. המחקר הקליני כלל קבוצות של עגלות הרות ומבכירות ב 11 רפתות חלב שונות, אשר חוסנו פעמיים בסמוך להתפרצות ק"ק בשנת 2021. הניתור לתחלואה בוצע על ידי הרפתנים וכן בחלק מהרפתות באמצעות מד העלאת-גירה. ב- 4 מהרפתות (אשר כללו סה"כ כ- 311 עגלות מחוסנות וכ- 120 לא מחוסנות) דווח על תחלואה משמעותית וזיהוי נגיף ק"ק. בוצע ניתוח הישרדות באמצעות 'מודל אפקטים מעורב של רגרסיית קוקס', וויזואליזציה באמצעות עקומת Kaplan-Meier (איור 1). נמצא כי מועילות החיסון היא כ-60% במוצע להגנה מפני המחלה, וזאת לאחר מתן שתי מנות בהפרש של חודש, ובסמוך להתפרצות.

במקרים רבים מתן החיסון לא מבוצע בסמוך להתפרצות המחלה, ויתכן כי יעברו מספר חודשים בין מנת החיסון האחרונה והמחלה ברפת. אי לכך, עלה הצורך במציאת פרוטוקול חיסונים בעל הגנה מיטבית וארוכת טווח. ערכנו מחקר עוקבה רטרוספקטיבי, אשר כלל נתונים של 850 מבכירות מ-7 רפתות אשר חוסנו במספר מנות שונה של התרכיב. לצורך זיהוי המחלה, נעשה שימוש במודל כמותי של ירידה בתפוקת החלב, האופיינית לק"ק. כמו כן, ביצענו סקר סרולוגי שכלל 3 רפתות בהם לא דווח על תחלואה, לצורך הערכת רמת הנוגדנים המנטרלים כנגד ק"ק לאורך זמן ממושך של 10-12 חודשים ממתן החיסון. מצאנו כי מתן שתי מנות חיסון מקנה רמת נוגדנים נמוכה באופן מובהק מ 3 ו 4 מנות (תרשים 2).

ביצענו ניתוח הישרדות באמצעות 'מודל אפקטים מעורב של רגרסיית קוקס' וכן עקומות Kaplan-Meier על פי מספר מנות החיסון. מצאנו כי מועילות החיסון תלויה במספר מנות התרכיב שניתנו: 4 מנות הקנו הגנה מירבית של 82% ( $p\text{-value} < 0.001$ ), 3 מנות הקנו הגנה של 66% ( $p\text{-value} = 0.026$ ) ו 2 מנות הקנו הגנה של 39% בלבד ( $p\text{-value} = 0.3$ ). לאור ממצאי המחקר, אנו ממליצים להתחיל כבר לחסן עגלות בגיל 4-6 חודשים ולתת את החיסון השלישי עוד לפני ההזרעה הראשונה, ולתזמן את מנת הדחף השנתית בסמוך לסוף עונת האביב ובטרם שיגשוג החרקים המעופפים אשר מעבירים את נגיף קדחת הקיקיונית בבקר.



איור 1. היארעות מצטברת של ק"ק בקרב פרות מחוסנות פעמיים (בכחול) ושאינן מחוסנות (בצהוב). נמדד עד חודש לאחר מתן מנת דחף. התחום הצבוע מבטא רווח בר סמך של 95%.



איור 2. רמות הנוגדנים המנטרלים לאחר 10-12 חודשים ממתן החיסון על פי מספר מנות התרכיב האותיות הלטיניות מבטאות שונות סטטיסטית באמצעות מבחני ANOVA ו-Tukey's HSD.

המחקר נערך במימון משרד החקלאות.

## הנזקים הכלכליים מהתפרצות קדחת שלושת הימים בשנת 2021

יניב לבון<sup>1</sup>, אפריים עזרא<sup>1</sup>, אורלי פירדגוט<sup>2</sup> ועדי בכר<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>ספר העדר

<sup>2</sup>המכון הוטרינרי ע"ש קמרון,

[adibehar@gmail.com](mailto:adibehar@gmail.com)

קדחת שלושת הימים הינה מחלת חום בבקר הנגרמת על ידי (Bovine Ephemeral Fever) BEFV Virus) ומועברת על ידי פרוקי רגליים. ב-2021 היתה התפרצות קשה של קדחת שלושת הימים ברפתות ישראל שנמשכה פרק זמן ארוך יחסית, מיולי ועד דצמבר 2021.

במחקר רטרוספקטיבי זה, השתמשנו בנתוני ספר העדר הישראלי בכדי לאמוד את הנזקים הכלכליים של ההתפרצות תוך הסתכלות על שלושה פרמטרים עיקריים: תנובת החלב, שיעור היציאה של פרות מהעדר ואחוז ההפלות במשק בזמן ההתפרצות.

לניתוח הנתונים נבחרו אך ורק רפתות אשר דיווחו על לפחות 50 פרות חולות והיה אישור מעבדתי לנוכחות הנגיף ברפת. ירידה בתנובת החלב חושבה באמצעות השוואה בין תנובת החלב שלוש ימים טרום האבחון לבין תנובת החלב בשלושה הימים לאחר האבחון. לקביעת שיעור הפרות היוצאות ניתחנו נתונים של פרות אשר יצאו מהעדר תוך עשרה ימים מאיבחון. שיעור ההפלות חושב על פרות שהיו בהריון בזמן ההתפרצות והשוואה לשיעור ההפלות בשנה העוקבת בה לא תועדה התפרצות של המחלה. החישוב הכלכלי בוצע על סמך נתונים של מועצת החלב לפי מחיר המטרה של ליטר חלב בזמן ההתפרצות אשר עמד על 2.13 ₪ ומחיר פרה בזמן ההתפרצות אשר עמד על 12 ₪ לקילו לפי משקל ממוצע של 450 קילו לפרה.

בשלושים הרפתות שנבדקו נרשמה תחלואה של בין 91%-10% כאשר תחלואה הממוצעת עמדה על 38.5% לרפת. תחלואה גבוהה נמדדה במרכז הארץ ולאורך עמק הירדן אך אזור השרון היה האזור עם אחוזי התחלואה הגבוהים ביותר.

הירידה בחלב היתה בשיעור של בין 16-14 קילו חלב לפרה חולה ליום. ירידה זו נמשכה כ-9 ימים כלומר כל פרה חולה הובילה להפסד של 290 שקלים בזמן המחלה האקוטית. לאחר 9 ימים החלה התאוששות איטית של התחלובה אולם היא לא חזרה לרמתה טרום המחלה גם אחרי 30 ימים מההתאוששות. לפי החישוב שלנו בזמן ההתאוששות כל פרה חולה הובילה להפסד של 960 שקלים במהלך ההתאוששות. בסך הכל, לאורך כל זמן המחלה וההתאוששות כל פרה חולה גרמה לנזק של 1250 שקלים לרפת אך ורק כתוצאה מירידה בחלב. בכל הרפתות שנבדקו היו לפחות 50 פרות חולות ולכן כל רפת שנבדקה במחקר זה הפסידה לכל הפחות 15,500 שקלים רק כתוצאה מירידה בתנובת החלב. בחישוב זה לא נלקחו פרות אשר יצאו מהעדר בעשרת הימים הראשונים של המחלה.

לפי הנתונים שלנו, שיעור יציאת פרות ברפת שנפגעה מהמחלה עמד במוצע על 4.8%. רוב היציאות התרחשו במהלך ארבעת הימים הראשונים מהאבחון. לפי החישוב שלנו כל פרה שיצאה מהעדר גרמה להפסד של 5,400 שקלים. לכן ברפת של 300 ראש עם שיעור יציאה ממוצע ההפסד היה כ-76,000

שקלים ואילו ברפת של 1000 ראש עם שיעור יציאה ממוצע, ההפסד הכלכלי עמד על כ- 260,000 שקלים.

לא היה הבדל בשיעור ההפלות ברפת בזמן ההתפרצות לעומת שיעור ההפלות באותה הרפת בשנה העוקבת ללא התפרצות.

בהרצאה נדון גם כדי ניתן לנסות ולצמצם את היקף הנזקים ברפת.

**פיזיולוגיה של**

**ייצור חלב**

**מושב 6**

**יו"ר: פרופ' עוזי מועלם**

# על ביומכניקה וחשיבותה בחקר בלוטות חלב של בקר: מה ידוע ולאן אפשר להתפתח

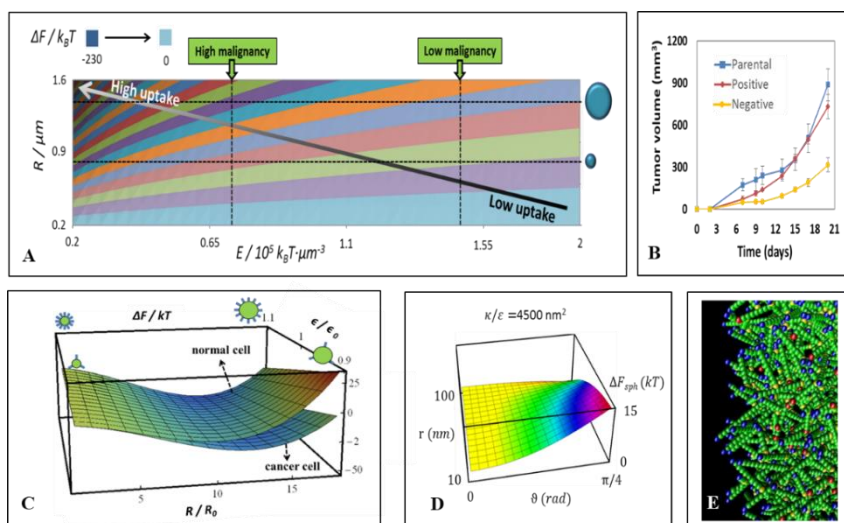
יפעת בריל קרניאלי\*

המכון לחקר בעלי חיים, מינהל המחקר החקלאי (וולקני)

[yifatb@volcani.agri.gov.il](mailto:yifatb@volcani.agri.gov.il)

עם התקדמות המדע והטכנולוגיה יותר ויותר ברור ששילוב דיסיפלינות רב תחומיות נחוץ להבנה מקיפה ולפיתוח יישומים במערכות ביולוגיות, ובפרט בעלי חיים. תהליכים רבים במחלות או בחיה הבריאה מערבים לא רק אספקטים ביולוגיים, אלא גם פיזיקליים וסביבתיים, ועל כן מחקר שמשלב תחומים אלו יכול לתרום ידע חיוני. ההרצאה תעסוק בפוטנציאל הגדול של מחקר רב תחומי שמשלב ביולוגיה תאית עם ביופיזיקה, הנדסה וחישוביות, בקידום הידע בתחום בלוטות עטין. חלקה הראשון של ההרצאה יתמקד בדוגמאות מתחומים אחרים כגון בירפואה והנדסת רקמות, שימחישו את עושר המידע שניתן לקבל ממחקר משולב ביולוגי, מכני, הנדסי וחישובי. חלקה השני של ההרצאה יעסוק בידע הביומכני הקיים בהקשר של בלוטות חלב ועטין, כולל מחשבות קדימה כיצד עבודה ביומכנית והנדסית תוכל לתרום לכיול מיטבי של פעימות החליבה להגברת התפוקה, ולרווחת פרות החלב.

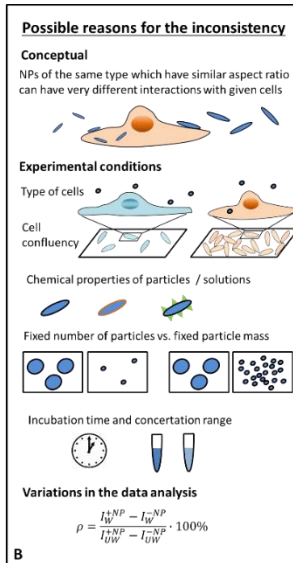
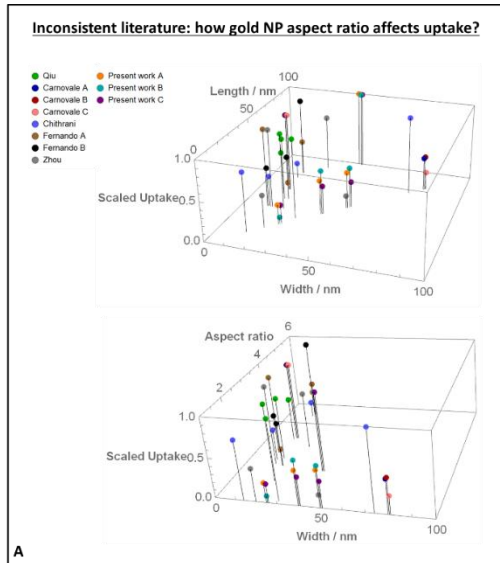
המחקר הביומכני מאוד מפותח בתחום חקר הסרטן, ומוביל ליישומים חשובים בפיתוח תרופות. בסוגים שונים של סרטן נמצא שהתאים הסרטניים משנים צורה בקלות יחסית לתאים נורמליים. על כן ניתן יהיה לשפר ספציפיות של תרופות על ידי הנדסת חלקיקים שבליעתם



תמונה 1: דוגמאות למחקר ביומכני רב תחומי לשיפור ספציפיות של תרופות לסרטן על פי תכונות מכניות של התאים הנורמלים לעומת הסרטניים.

תצריך גמישות תאית. זו דוגמא למחקר יישומי שהסתמך על השערה פיזיקלית (תמונה A1), שהצליחה לנבא תוצאות ניסיוניות (תמונה B1, Brill-Karniely, Y. et al. Science Advances 2020). הספציפיות מתקבלת על סמך התכונות המכניות של התאים (תמונה C1), ובאמצעות שליטה בגודל ובגמישות של החלקיקים (תמונה D1, Stern, T. et al. Journal of Controlled Release 2016). סימולציות חישוביות שמדמות את שלד התא תורמות להבנת התכונות הפיזיקליות (תמונה E1, Brill-Karniely, Y., et al. ChemPhysChem 2009).

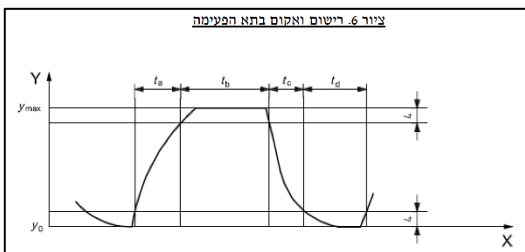




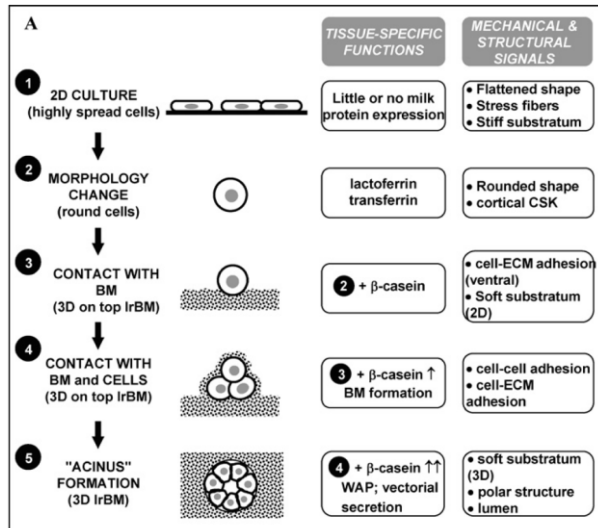
תמונה 2: ידע ביומכני יכול לתרום למניעת רעילות ננו חלקיקים.

דוגמא נוספת לחשיבות התרומה הביומכנית הינה בהערכת רעילות חלקיקים אינרטים על פי הגודל והצורה שלהם. הסתכלות רב תחומית תורמת להבנה מדוע יש חוסר עקביות בספרות המדעית בנושא זה (תמונה 2), כמו כן, בעזרת הבנת המנגנון הפיזיקלי של חדירת החלקיקים לתאים ניתן להנדס חלקיקים בעלי חדירות נמוכה לתאים ובכך למזער את רעילותם.

דוגמאות אלו ונוספות יסוקרו בהרצאה. כמו כן נביא את הידע בנוגע לחשיבות הסביבה המכנית בתפקוד תאי בלוטות חלב. למשל, כפי שרואים בתמונה 3 ביטוי חלבוני חלב בתרבית עולה כאשר התאים יוצרים מבנים דמויי שקיקים בסביבה ג'לית שמהווה תמיכה מכנית ומכילה רכיבים מהמטריצה החוץ תאית. הקשר הביומכני מעלה תהיות בנוגע להשפעות אפשריות של הכוחות הפועלים על הרקמה בעת החליבה (תמונה 4). בעזרת מחקר ביומכני מקיף אנו יכולים לדמות כוחות ולבדוק את השפעתם על תפקוד התאים, כפי שיוצג בהרצאות הסטודנטים מאת גיא דבי וניר זהרונ.



תמונה 4: מחזוריות הואקום בפעימות חליבה. מתוך ההמלצות הישראליות למתקני חליבה, מאל"ה – מועצת החלב 2007.



תמונה 3: חשיבות אספקטים צורניים ומכניים בביטוי חלבוני חלב בתרבית. מתוך Alcaraz, J. et al. The EMBO Journal 2008.

## בניית מערכת מודל לפעימות חליבה בתרבית תאים

גיא דבי\*<sup>1,2</sup>, ניר זהרוני<sup>1,2</sup>, ענב בר-שירה<sup>1</sup>, יפעת בריל-קרניאלי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>מכון מחקר לחקר בעלי החיים, מנהל המחקר החקלאי- מכון וולקני, בית דגן 50250, ישראל

<sup>2</sup>הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים

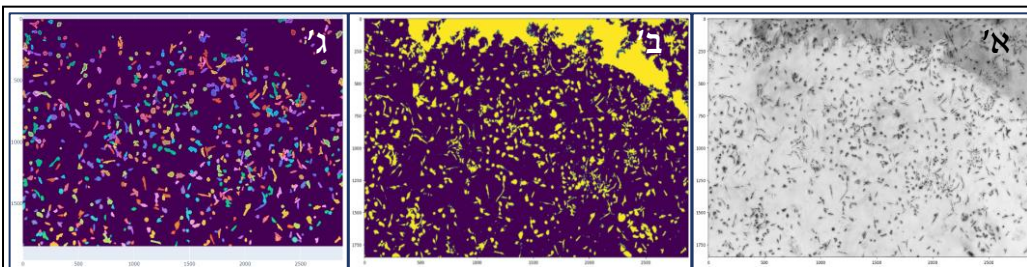
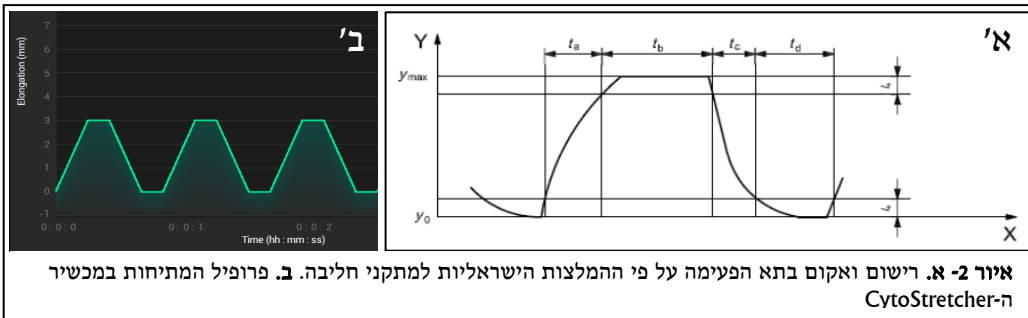
[yifat.brill@mail.huji.ac.il](mailto:yifat.brill@mail.huji.ac.il)

במהלך חליבת פרות חולבות מופעלים על העטין מגוון כוחות מכניים כמו גזירה מחזורית, לחיצה ומתיחה. קיים כיום ידע מוגבל לגבי השפעת הכוחות הללו על תאי האפיתל בבלוטות החלב, ואף לא קיימת לידיעתנו מערכת מודל שמדמה את ההפעלה של פעימות החליבה הללו על התאים. לכן, חיוני לחקור את ההשפעות של כוחות אלה על החוסן והתפקוד של התאים. בלוטות החלב עוברות שינויים מכאניים שונים במהלך שלבי ההתפתחות שלהן, כולל שינויים בנוקשות הרקמה, בצפיפות ובמבנים תפקודיים. מחקר זה מציע שתאי אפיתל החלב (MECs) מציגים יכולת הסתגלות מכנית ייחודית, המאפשרת להם להתרבות, להתארגן במרחב ולהפריש רכיבי חלב בתנאים פיזיים מתפתחים. בניגוד לרוב תאי הרקמה המוצקה של יונקים בוגרים, הרגישים מאוד לסביבת הגדילה שלהם, נראה כי MECs מתרבים ומשנים את התפוקה התפקודית שלהם בתגובה לגירויים מכניים. המחקר שלנו מתמקד בהשפעה של כוחות מכניים על תפקוד התאים וממנו נרצה ללמוד על השפעת הכוחות בחליבה על בריאות העטין ועל התפוקה. בהתחשב באופי המכאני של החליבה, מחקר זה נועד לגשר על פער ידע משמעותי על ידי פיתוח מודל *in vitro* המדמה תנאים מכניים אלו. אנו משערים שהמאפיינים המכניים של MECs קשורים באופן מהותי ליכולות התפקוד שלהם, כאשר פעימות מתיחה מחזוריות במהלך החליבה משפיעות באופן משמעותי על התנהגות התא. בהרצאה שלי, אתמקד בבניית מערכת מודל לפעימות החליבה בתרבית באמצעות מכשיר ה-CytoStretcher להפעלת פולסי מתיחה דומים לאלו בהליך חליבה (איור 1). אדבר על יכולת המכשיר לדמות את הואקום בתא הפעימה כמו במתקן החליבה (איור 2). בנוסף, אכסה גם את שיטות הניתוח החישובי המשמשות בניסויים אלה כמו ניתוח תמונות של תאים ואחזור את הקשר בין מתיחת תאים לבין התוצאות התפקודיות שלהם (איורים 3, 4).

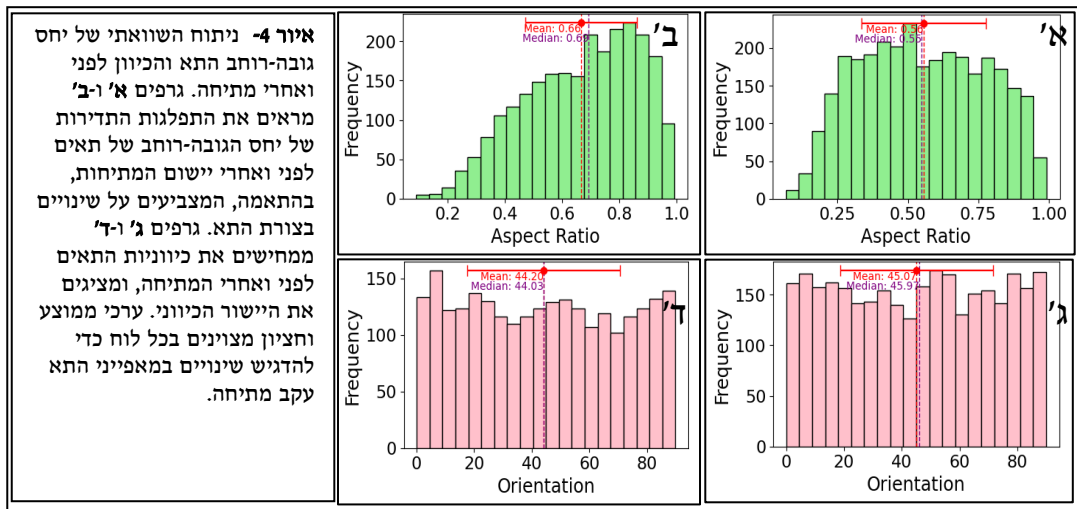
מחקר זה ממומן על ידי מועצת החלב.



**איור 1-** מכשיר ה-CytoStretcher. הכולל צלחות סיליקון שניתן לגדל עליהן תאים ובעזרת מוטות מתכת המחוברות בצדדים המכשיר יכול למתוח את צלחת הסיליקון ואת התאים הצמודים אליה. מקור: <https://www.curibio.com/instruments/cytostretcher>



**איור 3-** סגמנטציה של MECs וניקיון של דאטה: **א.** תמונה של תאי בלוטת חלב על צלחת CytoStretcher. **ב.** סגמנטציה של האובייקטים בתמונה. **ג.** סינון על פי גודל כדי לנקות את האובייקטים שאינם תאים, הושארו אובייקטים ששטחם הוא בין 100 ל-2000 פיקסלים.



## מערכת תלת ממדית להדמיית התנאים הפיזיקליים בבלוטות חלב

\*ניר זהרונ<sup>1,2</sup>, גיא דבי<sup>1,2</sup>, ענב בר-שירה<sup>1</sup>, יפעת בריל-קרניאלי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>מכון מחקר לחקר בעלי החיים, מנהל המחקר החקלאי- מכון וולקני, בית דגן 50250, ישראל

<sup>2</sup>הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים

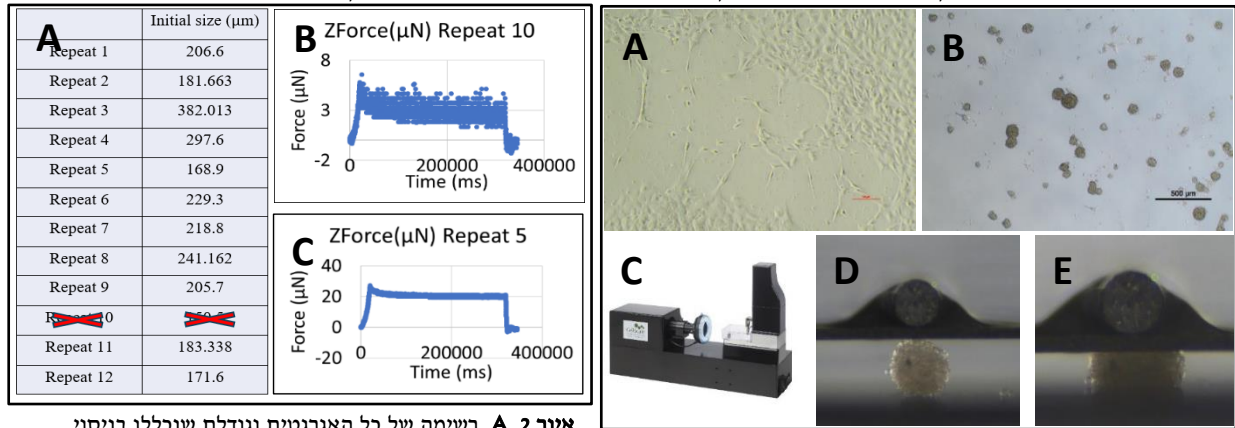
כתובת מייל האחראית: [yifat.brill@mail.huji.ac.il](mailto:yifat.brill@mail.huji.ac.il)

בלוטות החלב עוברות שינויים מכאניים שונים בשלבי ההתפתחות, למשל שינויים בנוקשות הרקמה, בצפיפות ובמבנים תפקודיים. לכן, תאי בלוטת החלב, ובפרט תאי אפיתל חלב מעטין בקר (MECs) צריכים להיות בעלי יכולות מכניות המאפשרות להם להתחלק, להתארגן בצורה מרחבית ולהפריש רכיבי חלב במגוון רחב של סביבות פיזיקליות משתנות. זוהי תכונה נדירה, שכן הרוב המכריע של תאי הרקמה המוצקה ביונקים בוגרים רגישים מאוד לסביבת הגידול שלהם. כמו כן, בתנאי תרבית ידוע כי למיקרו-סביבה של תאי אפיתל מבלוטת החלב השפעה ניכרת על מידת ההפרשה של רכיבי החלב. לדוגמה, נמצא כי רמת ביטוי החלבון עלתה באופן משמעותי כאשר התאים יצרו מבנים פונקציונליים תלת ממדיים הנקראים ספרואידים בתוך ג'ל הכולל חלבונים של המטריצה החוץ-תאית (ECM).

כיום למיטב ידיעתנו אין כמעט מחקר בעולם הבוחן כיצד מניפולציות מכניות ישירות משפיעות על תפקוד תאי העטין והפרשת מרכיבי החלב בתרבית. באופן ספציפי, יהיה מעניין לבחון את ההשפעות של הפעלת כוח מכני על תפקוד תאי אפיתל חלב מעטין בקר במבנים תלת ממדיים הנקראים ספרואידים, ולהשתמש באותם הספרואידים שידמו את הרקמה בבקר, כדי שנוכל לקבל מידע ייחודי על מאפיינים מכניים חשובים של הרקמה. לדוגמה, אפשר לדמות את הכוחות המופעלים על הרקמה במהלך החליבה ולחקור כיצד דחיסה מכנית משפיעה על תפקוד התאים, כולל חיות התאים, שגשוגם, תנועתיותם והפרשת רכיבי חלב. יתרה מכך, הרוב המכריע של המחקר שבדק את הקורלציה בין הצורה והתפקוד בתאי חלב לא בוצע עם תאי בקר, אלא בעיקר עם מודלים של עכברים או חולדות. לכן יש חשיבות משמעותית להשתמש בכלים ביו-פיזיקליים להגדלת הידע שלנו על המאפיינים המכניים של תאי בלוטת חלב מבקר.

ההנחה העיקרית שלנו היא שהתכונות המכניות של MECs נמצאות בקורלציה עם תפקוד התאים והרקמה ועל כן בעלות השפעה על בריאות העטין ועל תפוקת החלב. לאור כך, מטרתנו העיקרית היא לבנות מערכת ניסיונית להפעלת כוחות דחיסה על אגרגטים תלת ממדיים של תאי אפיתל מבלוטת חלב בבקר, ובכך ליצור מערכת שתאפשר ניתוח חישובי מתקדם של ניסויי לחיצה. את הפעלת הכוחות אבצע באמצעות מכשיר ה-MicroTester (איור 1) שלו ארבע שלבים עיקריים: Press (בו מופעל לחץ על הספרואיד), Hold (כאשר הספרואיד נשאר מחוזק תחת לחץ), Recovery (כאשר משתחרר הלחץ מהספרואיד), Rest (כאשר הספרואיד עובר התאוששות לאחר הלחיצה). יתרה מכך, על ידי ביצוע מחקר זה אנו רוצים לבסס את תחום הביומכניקה במדעי בעלי החיים, ובמיוחד בחקר

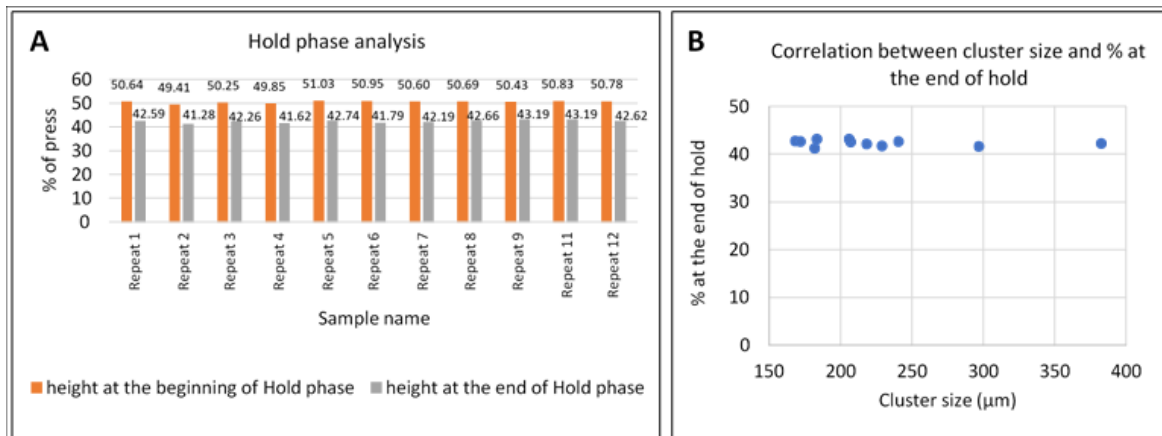
בלוטות החלב של בקר. אף על פי שידוע כי ידע ביומכני חיוני ליישומים בתחומים אחרים (כגון הנדסת רקמות, ביו-רפואה וכו'), במדעי בעלי החיים תחום זה אינו מבוסס. באופן זה, נוכל לתאם בין היבטים מכניים של תאי אפיתל בבלוטת החלב והתכונות הפונקציונליות שלהם, ולהבין טוב יותר את השפעתם על תכונות חשובות ומרכזיות של התאים. הטכנולוגיה שנפתח במחקר זה תוכל להיות שימושית ליישומים מחקריים מגוונים בחקר עתידי של בלוטות חלב מבקר.



**איור 1.** תאי MEC בחד שכבה בצלחת תרבית (A) ובתנאים ללא הדבקה (B). C. תמונה של מכשיר המיקרוסטטר. D. תמונה של ספירואיד תאי עטין במיקרוסטטר לפני לחיצה. E. תמונה של ספירואיד במיקרוסטטר בשלב ה-Hold.

**איור 2.** A. רשימה של כל האגרנטים וגודלם שנכללו בניסוי הלחיצה על ספירואיד תאי עטין (הורדנו חזרה 10 עקב שגיאת מדידה). B. גרף המציג את השגיאה במדידה של הכוח לאורך זמן של חזרה 10. C. תוצאות טובות של גרף כוח לאורך זמן של החזרה החמישית.

**איור 1.** תאי MEC בחד שכבה בצלחת תרבית (A) ובתנאים ללא הדבקה (B). C. תמונה של מכשיר המיקרוסטטר. D. תמונה של ספירואיד תאי עטין במיקרוסטטר לפני לחיצה. E. תמונה של ספירואיד במיקרוסטטר בשלב ה-Hold.



**איור 4.** ניתוח שלב ה-Hold המעיד על יכולת הבלוטה לשרוד לחץ מכני. A. טבלה המציגה את גודל האגרנטים של כלל חזרות באחוזים בתחילת ובסוף שלב ה-Hold. B. גרף המייצג את הקורלציה בין הגודל הראשוני של האגרנט לגודלו בסוף שלב ה-Hold.

מחקר זה ממומן על ידי מכון וולקני.

# השפעת רמת חלבון החלב אלפא-לקטאלבומין וקיפולו על תפוקת החלב

## בפרות

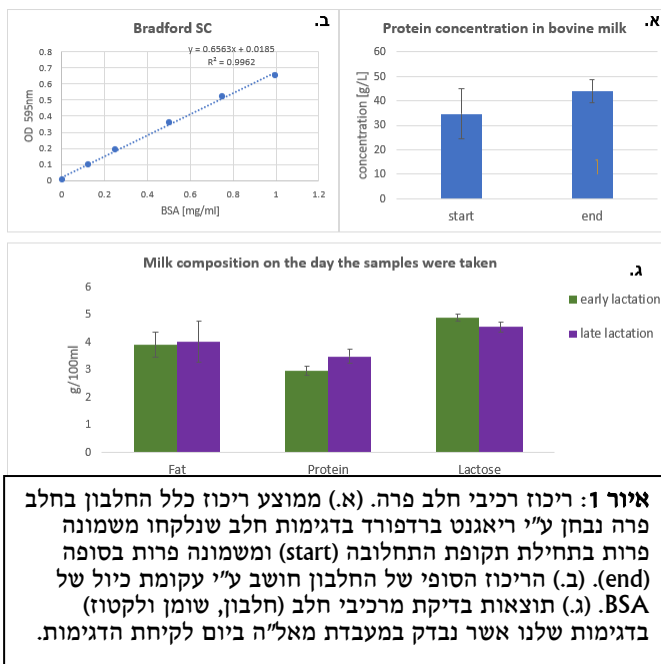
רוני רק<sup>1</sup>, אורית דש<sup>1,2\*</sup>, עוזי מועלם<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לבקר וצאן, המכון לחקר בעלי חיים, מנהל המחקר החקלאי

<sup>2</sup>המחלקה לחקר בעלי חיים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית.

[ronir@volcani.agri.gov.il](mailto:ronir@volcani.agri.gov.il)

תאי אפיתל בבלוטת החלב הם האחראיים על הפרשת החלב. לאורך תקופת התחלובה, לאחר תקופת ייצור השיא, תנובת החלב יורדת בקורלציה עם עלייה בתמותת תאים המאופיינת ברמות גבוהות של אפופטוזיס. תאי האפיתל נמצאים בקשר ישיר עם החלב עצמו. במחקר זה נבחן האם קשר בין הרכב החלב לרקמה המייצרת אותו מוביל לכך שאפיתל הבלוטה יעבור מוות תלוי אפופטוזיס. החלבון אלפא-לקטאלבומין ( $\alpha$ -lactalbumin,  $\alpha$ -LA) הינו חלבון עיקרי בחלב, אשר בצורתו הנטיבית מעורב בייצור לקטוז, ועליה ברמתו מעלה את רמת ייצור החלב. גורמים כגון חום או חומציות משפיעים על קיפולו של החלבון, וחלבון בצורתו החדשה יכול להשרות מוות תלוי אפופטוזיס בתאים.



**איור 1:** ריכוז רכיבי חלב פרה. (א.) ממוצע ריכוז כלל החלבון בחלב פרה נבחן ע"י ריאגנט ברדפורד בדגימות חלב שנלקחו משמונה פרות בתחילת תקופת התחלובה (start) ומשמונה פרות בסופה (end). (ב.) הריכוז הסופי של החלבון חושב ע"י עקומת כיוול של BSA. (ג.) תוצאות בדיקת מרכיבי חלב (חלבון, שומן ולקטוז) בדגימות שלנו אשר נבדק במעבדת מאל"ה ביום לקיחת הדגימות.

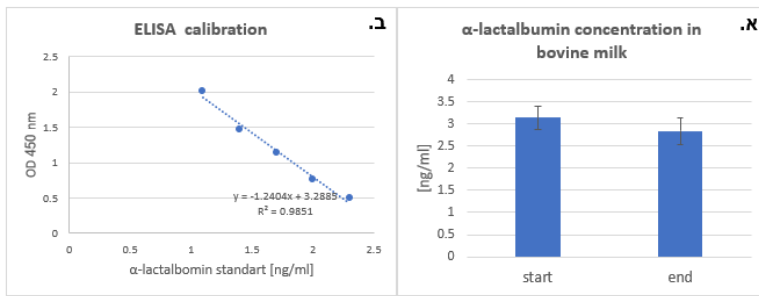
מה הקשר בין רמת החלבון אלפא-לקטאלבומין וקיפולו לתפוקת החלב? מצד אחד, עלייה ברמת החלבון הנטיבית יכולה לגרום לעלייה בריכוז החלבון בחלב ואיכותו. מצד שני, עלייה בצורת הקיפול המשנית יכולה לגרום למוות תאי אפיתל וכך לירידה בתפוקת החלב לאורך זמן. במחקר זה פיתחנו שיטות למדידת כמות החלבון בחלב, ולהערכת רמת קיפול המשני. שיטות אלו מאפשרות את מדידת כמות החלבון בחלב, את השפעת הקיפול המשני על מוות תאי, ובהמשך לחשוף את הקשר בין רמת החלבון וירידה בתפוקת

החלב ואיכותו תוך השוואה בין פרות בשלבים שונים של התחלובה.

**בדיקת ריכוז כלל החלבונים** בחלב נעשתה על דגימות חלב מ-16 פרות מגזע הולשטיין, הנחלבות ומנטורות באופן רציף ברפת וולקני. דגמנו פרות בתחילת התחלובה ובסוף התחלובה והשוונו את ריכוז החלבונים בחלב בעזרת שיטת ברדפורד (איור 1). כמות החלבונים חושבה בעזרת עקומת כיוול של אלבומין מבקר (BSA). מצאנו שבפרות הנמצאות בסוף התחלובה ריכוז החלבון בחלב גבוה יותר באופן מובהק לעומת ריכוזו בפרות הנמצאות בתחילת התחלובה (סטיית תקן  $\pm$  ממוצע בהתחלה לעומת סוף התחלובה,  $g/L 34.67 \pm 10.3$  לעומת  $g/L 43.98 \pm 4.8$ ,  $PV < 0.01$ ,  $DF = 14$ ,  $T = -2.64$ ).



**קביעת ריכוז האלפא-לקטאלבומין נעשתה בעזרת ELISA תחרותית (איור 2). מצאנו שבפרות**



**איור 2:** ריכוז החלבון אלפא- לקטאלבומין בחלב פרה. (א.) ממוצע ריכוז החלבון אלפא- לקטאלבומין משמונה פרות בתחילת תקופת התחלובה (start) ומשמונה פרות בסופה (end) נבחן בעזרת ELISA תחרותית. (ב.) הריכוז הסופי של החלבון חושב ע"י עקומת כיוול של אלפא- לקטאלבומין

הנמצאות בתחילת התחלובה ריכוז החלבון אלפא לקטאלבומין בחלב היה גבוה יותר באופן מובהק, לעומת בפרות הנמצאות בסוף התחלובה (סטיית תקן ± ממוצע התחלה לעומת סוף התחלובה,  $3.14 \pm 0.27$  ng/ml לעומת  $2.85 \pm 0.3$  ng/ml,  $PV=0.05$ ).

ריכוז החלבון הגבוה יותר בפרות בתחילת התחלובה, מתאים לעובדה שבתחילת התחלובה החלבון מעודד

יצור חלב, ובסוף התחלובה, כאשר כמות החלב יורדת גם ריכוז החלבון יורד.

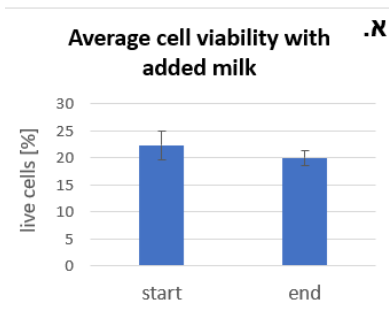
**בדיקת חיות תאי אפיתל בנוכחות חלב** - בשל הקושי להפריד מהחלב את החלבון אלפא-לקטאלבומין בעל הקיפול המשני ולהוכיח קשר ישיר שלו לאפופטוזיס של תאי אפיתל, ערכנו ניסוי מקדים לשם בדיקת ההיפותזה הרחבה יותר שבחלב מסוף תקופת התחלובה יש

מרכיב הגורם לאפופטוזיס בתאי אפיתל. הוספנו חלב מפרות בתחילת ובסוף תחלובה לתאי A549 למשך 5 ימי גידול, ובדקנו אם יש שוני בהשפעת שני סוגי החלב על חיות התאים (איור 3). ייבשנו את החלב בליופיליזציה, הוספנו אותו למדיום של התאים לגידול של חמישה ימים. בדיקת חיות התאים בנוכחות חלב העלתה כי בבאריות עם חלב מתחילת תחלובה כמות

התאים הייתה גדולה יותר מאשר בבאריות עם חלב מסוף התחלובה. ( $T=3.34$ ,  $DF=14$ ) בבאריות בהם הוספנו חלב, חיות התאים הייתה ירודה יחסית לבאריות הקונטרול שגודלו ללא חלב.

**סיכום ומסקנות** - במחקר זה פיתחנו שיטות למדידת כמות החלבון בחלב, ולהערכת השפעת רמת קיפולו המשני. שיטות אלו מאפשרות את מדידת כמות החלבון בחלב, את השפעת הקיפול המשני על מוות תאי. מצאנו קורלציה בין מדידת רמת החלבון התקין וההשפעה על חיות התאים. מדידות אלו מאפשרות השוואה בין פרות בשלבים שונים של התחלובה, ומציאת קשר פרטני בין רמת החלבון לתפוקת החלב.

המחקר ממומן ע"י מועצת החלב



**איור 3:** הערכת חיות תאי אפיתל בנוכחות חלב מתחילת וסוף תחלובה. הערכים בשני הגרפים מנורמלים לכמות התאים שגדלו בבאריות קונטרול ללא חלב (א.) ממוצע חיות התאים בנוכחות חלב בריכוז 3% מתחילת וסוף תחלובה. (סטיית תקן ± ממוצע בהתחלה לעומת סוף התחלובה,  $22.33 \pm 2.6\%$  לעומת  $20 \pm 1.36\%$ ,  $PV < 0.005$ ).

# בריאות העדר

מושב 8

יו"ר: דר' שני שיינין



# תחקור התפרצות של חיידקי סלמונלה עמידים ברפת חלב במרכז ישראל - ממצאים אפידמיולוגיים וגנומיים

ג'נט פרי<sup>1</sup>, קטיה ארנולד<sup>1</sup>, סינטיה סאטוצ'נה<sup>2</sup>, אורי קורן<sup>1,3</sup>, גבי קניגסוולד<sup>3</sup>, אהוד אלנקוה<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ביה"ס לרפואה וטרינרית, האוניברסיטה העברית

<sup>2</sup> המעבדות לבריאות העוף, המועצה לענף הלול

<sup>3</sup> החקלאית

[ehud.elnekave@mail.huji.ac.il](mailto:ehud.elnekave@mail.huji.ac.il)

מבוא: סלמונלה טיפומוריום הוא פתוגן זואונוטי שמהווה סיכון משמעותי לבריאות הציבור. יתר על כן, הדבקות בבקר עלולות להוביל לתחלואה ניכרת ותמותה, בעיקר בשלוחת היונקים. ולפיכך, לפגיעה ברווחת בעלי החיים ולפגיעה כלכלית משמעותית ברפת. העלייה בהמצאות חיידקים בעלי עמידות למספר רב של אנטיביוטיקות (MDR) בעשורים האחרונים מגבירה את הסיכון הנגרם מפתוגן זה. אף על פי כן, לא קיימת בישראל מערכת לניטור אקטיבי ומעקב מסודר של המצאות סלמונלה ברפתות.

מטרת המחקר: בחינת גורמי הסיכון להתפרצות חיידקי סלמונלה ברפת החלב חומרים ושיטות: נערך תחקור אפידמיולוגי של התפרצות חיידקי סלמונלה עמידים ברפת מושבית במרכז הארץ בחודשים יולי עד ספטמבר 2022. במהלך ההתפרצות נאספו דגימות צואה, סביבה וסרום מקבוצות גיל שונות ברפת. חיידקי סלמונלה בודדו מדגימות הצואה והסביבה, רצפיהם (WGS) השוו לחיידקי סלמונלה שבודדו מלולים סמוכים (עד 3 ק"מ מהרפת) בשלוש השנים שקדמו להתפרצות המחלה, והעמידות פנוטיפית לאנטיביוטיקה נאמדה באמצעות פלטות רגישות מסחריות (Sensititre). כמו כן, בדיקת ELISA שימשה לאיתור נוגדני סלמונלה בסרום.

תוצאות: במהלך ההתפרצות נצפתה עלייה במקרי השלשול וההתייבשות ביונקים עד גיל שישה שבועות במשק (איור 1). שיעור תמותת היונקים בתקופה זו (47%) היה גבוה משמעותית בהשוואה לשיעור התמותה (3.5%) בשנה הקודמת. בדגימות צואה ודגימות סביבתיות בודדו ארבעה חיידקי ס. טיפומוריום עם עמידות פנוטיפית ל-7 עד 10 אנטיביוטיקות, כשכל הזנים היו עמידים לצפלוספורינים מתקדמים. ניתוח רצפי החיידקים תמך בממצאים הפנוטיפים והראה כי העמידות לצפלוספורינים מתקדמים בבידודים אלו נגרמת בשל הגן הנרכש blaCTX-M-55. יתר על כן, נמצא דימיון גנטי גבוה בין הבידודים מהרפת לבידודים מלולים סמוכים (איור 2), דבר המרמז על קשר העברה אפשרי בין המשקים. עם זאת, הזנים שבודדו מלולי העופות לא הכילו את הגן blaCTX-M-55 ולא הראו עמידות פנוטיפית לצפלוספורינים מתקדמים. על אף העדר תגובה לטיפול ביונקים החולים, ההתפרצות ברפת החלב נבלמה לבסוף על ידי שימוש בחיסון אמהות והקפדה על משטר קולוסטריום. בדיקת ה-ELISA



## חקירת התפרצות בעקבות גל הפלות ברפתות בגליל המערבי ובעמק זבולון

איתי עסיס<sup>1\*</sup>, מוניקה לשקוביץ מזוז<sup>2</sup>, מיכאל ואן-סטרטן<sup>1</sup>, עמי ארנין<sup>1</sup>, שי ביטון<sup>1</sup>

אבנר שוהם<sup>1</sup>

<sup>1</sup>"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

<sup>2</sup>החטיבה לפרזיטולוגיה, המכון הווטרינרי, משרד החקלאות

[Asis@hak.org.il](mailto:Asis@hak.org.il)

בתחילת חודש ינואר 2023, אובחנה עלייה חריגה מאד במספר ההפלות בקבוצת העגלות בשלוש רפתות שונות בגליל המערבי ועמק זבולון. שיתוף המידע בין רופאי ה"חקלאית", וסמיכות האירועים בציר הזמן, גרמו לנו לחשוב כי ייתכן שקיים קשר בין המקרים, וכי ייתכן שקיים גורם חשיפה משותף בשלוש הרפתות. באחת הרפתות דווח הווטרינר המטפל על עליה בהיארעות ההפלות גם בשלוחות השונות של החולבות, מופע זה לא אפיין את הרפתות האחרות ולכן, הניתוח האפידמיולוגי התמקד בקבוצות העגלות. בבחינת הקשר בין האירועים נמצא כי בשלושת הרפתות, החל גל ההפלות בשבוע השני של חודש ינואר ונמשך לתוך פברואר. לכן אנו מניחים כי החשיפה לגורם ההפלות התרחשה באזור חודש דצמבר. **מטרות:** מטרתנו העיקריות של הניתוח האפידמיולוגי היו לבחון: האם ניתן להתייחס לגל ההפלות המתואר כאירוע חריג? והאם ניתן למצוא קשר בין האירועים ברפתות השונות?

**חומרים ושיטות:** ניתוח ההתפרצות (גל ההפלות) התבסס על מידע כפי שהתקבל מהמגדלים, ממרכז המזון ומספר העדר. נתונים מספר העדר כללו את כלל אירועי ההפלות בשנתיים שקדמו לאירוע מכלל המשקים השיתופיים בארץ (קוד ללא שם). על מנת לבחון האם גל ההפלות הוא אירוע חריג השתמשנו בשתי שיטות: בראשונה בדקנו האם בחודש מסוים הסיכון להפלה היה גבוה מהערך של ממוצע ההפלות ב 14 החודשים שקדמו לחודש האירוע בתוספת 2 סטיות תקן. בשיטה השנייה לצורך זיהוי סיכון חריג להפלה, נעשה שימוש בשיטת Shewhart control chart ע"י ד"ר מיכאל ואן-סטרטן (מנהל מחלקת רפואת עדר ב"החקלאית"). דמים, שליות מהמפילות ונפלים, נשלחו למכון הווטרינרי ע"ש קמרון בבית דגן לצורך אבחון גורמי הפלה. דוגמאות מהמזונות נשלחו ע"י מרכז המזון למעבדה עצמית על מנת לשלול נוכחותם של רעלנים העלולים לגרום להפלות. דגימות דם וחלב לסרולוגיה לניאוספורה נשלחו למאל"ה ולמכון הווטרינרי ע"ש קמרון לצורך ניתוח ממדי החשיפה.

**תוצאות:** בבדיקת המזונות לא נמצאו ערכים חריגים. כל דוגמאות הדם שנאספו מהעגלות המפילות משלושת המשקים נמצאו חיוביות לניאוספורה. דגימות מח של נפלים משני משקים שונים נמצאו חיוביות ב PCR לניאוספורה.. ניתוח נתונים מספר העדר מראה כי בשלוש רפתות בלבד התרחשה התפרצות הפלות בקבוצת העגלות ההרות, בין החודשים ינואר לפברואר 2023. טבלה מספר 1, מציגה הסיכון להפלה בחודש ינואר בשלושת הרפתות

משק	*סיכון להפלות (באחוזים) בחודש ינואר	ממוצע סטיות תקן	2+	סטיות תקן	*סיכון להפלות** ממוצע
א	8.16	7.34		2.77	1.8
ב	20.83	13.74		5.59	2.55
ג	20	13.79		5.3	3.18

ניתוח הנתונים בשיטת Shewhart control chart, הראה כי בשלושת המשקים ערכי הסיכון להפלה, נמצאים מעל לגבול העליון והם ערכים חריגים גבוהים מובהקים סטטיסטית.



**דיון:** התפרצות ההפלות החריגה בחודשים ינואר ופברואר התרחשה בקבוצת העגלות ההרות בשלושה משקים שיתופיים בלבד. לא הצלחנו למצוא גורמי חשיפה משותפים או נפרדים להם יכול להיות קשר להתפרצות פרט למזון אותו הן מקבלות - מנת עגלות המיוצרת באותו אתר של אותו מרכז מזון. מנת עגלות המיוצרת באותו אתר ומחולקת במשקים אחרים מיוצרת, ומובלת למשקים האחרים בנפרד.

בדיקות המעבדה מלמדות שהגורם להתפרצות הוא טפיל מסוג ניאוספורה. ד"ר מוניקה מזוז מהמכון הווטרנרי מומחית לענייני ניאוספורה ניתחה את מכלול הנתונים ותוצאות בדיקות המעבדה בדם ובחלב ומצאה שככל הנראה גל ההפלות התרחש כתוצאה מהדבקה חדשה בניאוספורה. הנחה זאת מבוססת על אחוז ההפלות והסיכון היחסי להפלות כפי שמופיעה בטבלה 2.

טבלה 2: אחוז הפלות וסיכון יחסי להפלות לפי סטטוס סרולוגי מבדיקות דם של עגלות מפילות ובדיקות חלב שנעשו לאחר חודשיים מהאירוע (ד"ר מוניקה מזוז)

משק	חיוביות סרולוגית	חיוביות מפילות	שלימות סרולוגית	שלימות מפילות	יחס סיכונים להפלה בחיוביות	P
1	24	10 (41.6%)	92	1 (1.1%)	38.3	<0.001
2	46	22 (47.8%)	92	6 (6.5%)	7.3	<0.001
3	68	21 (30.9%)	278	9 (3.2%)	9.5	<0.001

אנו מניחים שמקור החשיפה להדבקה האקוטית הוא מנת העגלות. למרות זאת אין ביכולתנו לאתר או להצביע על המרכיב המאולח במנה. ככל הידוע לנו בעולם לא קיימת נורמה של בדיקת מזונות גולמיים לנוכחות טפיל. עבודה זאת מדגישה, את חשיבות השמירה על בטיחות ביולוגית ומחדדת לא רק במתחם הרפת אלא גם באופן הייצור השמירה וההעברה של חומרי הגלם או מזונות שונים לרפת. אירוע זה מזכיר מחדש את הצורך במחקר הקשור בבטיחות ביולוגית בייצור המזון.

## בדיקת נוגדנים לניאוספורה - מתי כדאי לדגום?

שרון תירוש-לוי<sup>1\*</sup>, יוסט דוכס<sup>2</sup>, ילנה בלינדר<sup>1</sup>, מוניקה לשקוביץ מזוז<sup>1</sup>

<sup>1</sup>החטיבה לפרזיטולוגיה, המכון הווטרנרי ע"ש קמרון

<sup>2</sup>החקלאית

[sharontirosh@gmail.com](mailto:sharontirosh@gmail.com)

ניאוספורוזיס הינה מחלה הנגרמת ע"י הטפיל נאוספורה קנינום (*Neospora caninum*) אשר מהווה גורם מרכזי להפלות בבקר ולה השלכות כלכליות משמעותיות לענף הבקר בארץ ובעולם. דרך ההעברה העיקרית של הטפיל הינה העברה אנכית במהלך ההריון, כאשר יש קשר ישיר בין כייל נוגדנים בהריון לשעורי ההפלות וההעברה האנכית. נכון להיום לא קיים טיפול תרופתי יעיל או חיסון מונע לנאוספורוזיס ובעלי עדרים רבים מנסים לשלוט בהשפעת המחלה על ידי הזרעה סלקטיבית או הוצאה מהעדר של פרות נשאות. תכניות שליטה אלה מבוססות על סקרים סרולוגיים אשר לרוב, מבוצעים בעגלות או בפרות לפני ההריון.

כיוון שכייל הנוגדנים לנאוספורה משתנה במהלך ההריון ומשקף את הסיכוי להפלה, מטרות עבודה זו היו לבחון האם בדיקה סרולוגית שנעשית לפני הזרעה היא אינדיקטיבית בכדי להעריך את הסיכוי להפלה וכן, להעריך מה התזמון המתאים לביצוע סקר סרולוגי במסגרת תכניות ביעור. לשם כך, בוצעו בדיקות סרולוגיות לקבוצת עגלות אחת לשלושה חודשים במשך שנתיים, בשיטה אימונופלורצנטית (IFAT), המאפשרת הערכת כייל נוגדנים.

בסך הכל נאספו 655 דגימות דם מ-136 עגלות במהלך 6 סבבי דיגום (53-132 דגימות בכל סבב), עגלות מגיל 5 חודשים ועד גיל שנתיים וחצי. רוב העגלות (75%) נדגמו 5-6 פעמים. להלן תוצאות האבחון הסרולוגי לנאוספורה בכל אחד מהדיגומים:

כייל סרולוגי (IFAT)										
דיגום	גיל (חודשים)	0	1:200	1:400	1:800	1:3200	1:12800	סה"כ דוגמאות	% שליליות	% <1:800
1	5.2-9.3	41	9	9	26	32	15	132	31.1	55.3
2	10-13.5	8	8	2	18	12	5	53	15.1	66.0
3	11.2-15.8	26	31	6	27	18	16	124	21.0	49.2
4	15.7-20.8	10	17	16	52	8	23	126	7.9	65.9
5	18.9-24.3	18	17	11	30	9	35	120	15.0	61.7
6	22.5-27.7	37	12	15	19	11	6	100	37.0	36.0
סה"כ		140	94	59	172	90	100	655	21.4	55.3

הבדיקה במספר זמנים שונים הדגישה את הדינמיקה של כייל הנוגדנים. רק 3 מבין 131 עגלות שנדגמו לפחות 3 פעמים נשארו עם כייל סרולוגי קבוע בכל הבדיקות (שתיים מתוכן שליליות). בשאר העגלות

נצפו שינויים בכייל הסרולוגי לאורך הזמן שכללו גם היפוכים סרולוגיים משלילי לחיובי וגם מחיובי לשלילי. כאשר מסתכלים על התוצאות הסרולוגיות בחלוקה גסה יותר, כאשר רק פרות עם כייל הגבוה מ-1:800 נחשבות לחיוביות (כיוון שזה הכייל שנמצא כקשור לסיכון מוגבר להפלות) ניתן לראות כי 32.1% מהעגלות שנדגמו לפחות 3 פעמים (42 מתוך 131) שמרו על כייל סרולוגי גבוה בכל הפעמים שנדגמו.

בתחילת המחקר (3 הדיגומים הראשונים) כל העגלות היו בגיל שלפני הזרעה ראשונה. בדיגום הרביעי כבר 57.1% מהעגלות היו הרות ובדיגומים החמישי והשישי כבר רובן המוחלט היו הרות או בתחלובה. בהסתכלות על התפלגות הכייל הסרולוגי לפי הסטטוס המטבולי (עגלה/הרה/בתחלובה) ניתן לראות כי שיעור החיוביות בכייל של 1:800 או יותר היה דומה בקרב העגלות וההרות (55.2% ו-59.9% בהתאמה), אך היה נמוך משמעותית בקרב הנחלבות (35.7%,  $P=0.005$ ).

בשנים האחרונות האבחון השגרתי של נאוספודה במכון הווטרינרי החל להתבצע בשיטת ELISA ולא ב-IFAT. בדיקת ה-ELISA מספקת תוצאות חיובי/שלילי ולא כייל נוגדנים. תוצאות הבדיקות של דיגום העגלות הראשון התבצע במקביל בשתי השיטות ונמצא כי רגישות ה-ELISA בזיהוי דגימות עם כייל של 1:800 או יותר היא 84.9% והסגוליות שלה 92.6%, ביחס ל-IFAT.

תוצאות עבודה זו מראות כי ביצוע סקר סרולוגי בעגלות לפני הזרעה ראשונה מאפשר זיהוי של מרבית החיוביות לנאוספודה שהינן בסיכון מוגבר להפלות ויישום תכניות ביעור או הזרעה סלקטיבית עוד לפני שנתקלים בתוצאות הקליניות של הנגיעות. נמצא גם כי בדיקת ה-ELISA היא בעלת רגישות מספקת למען זיהוי פרטים בסיכון מוגבר להפלות. עם זאת, השינויים במצב החיסוני של הפרה בשלבי החיים השונים שלה עשויים להוביל לשינויים גם בכייל הסרולוגי ולכן ייתכן שרצוי שתכניות ניטור מקיפות יכללו דיגום ביותר ממועד אחד.

## הפחתת צליעות בעדר באמצעות טילוף בעיתו וטילוף מניעת

ד"ר אלון בן דוד

"החקלאית", מחלקת בריאות הטלף

[Ben-david@hak.org.il](mailto:Ben-david@hak.org.il)

צליעות ומחלות רגליים גורמות לפגיעה הן ברווחת בע"ח והן לפגיעה בכל מדדי היצרנות של הפרה (תנובת חלב, פוריות והישרדות בעדר) ונזקים כלכליים משמעותיים ברפת החלב (Enting et al., 1997; Green et al., 2002). מחקרים מראים כי לפרות גבוהות תנובה סיכון גדול יותר לחוות אירוע צליעה (Green et al., 2002).

מסיבה זו מאמצים רבים מושקעים במניעה של הופעת לקויות טלף ברפת החלב. בעבודה קודמת שבוצעה בארבעה משקים שיתופיים בארץ (van Straten & Bruckstein, 2006) נמצא כי אירועי צליעה גורמים לירידה ניכרת בתנובת החלב כבר 15 יום לפני גילוי הצליעה. אובדן החלב לאירוע צליעה ממוצע עמד על כ-112 ק"ג. מנתונים אלו ניתן להבין את החשיבות הרבה במניעה יעילה של מחלות טלפיים ברפת. הפתוגנזה של התפתחות לקויות טלף מושפעת מגורמים רבים כגון: הזנה, גנטיקה, היגיינה ותנאי סביבה, התנהגות בע"ח וכו'. השפעה ניכרת על הסיכון להתפתחות לקויות טלף נובעת מטילוף מניעתי וטילוף טיפולי.

בעולם ישנם שתי גישות עיקריות לטילוף מניעתי של פרות ברפת החלב:

(1) טילוף קלנדר - כל הפרות בעדר מטולפות באירוע טילוף בודד ללא התחשבות בפיסיולוגיה של הפרה.

(2) טילוף בעיתו - טילוף במועדים קבועים לאורך התחלובה של הפרה כדי להתאים את הטילוף לצרכי הפרה ובהתחשב בגורמי הסיכון העיקריים לצליעה.

כיום במשקי החלב רבים בארץ עדיין מבצעים טילוף קלינדר, שבו מועד הטילוף נקבע בעיקר ע"י נוחות, זמינות ויכולת של המטלף. בטילוף זה מטולפות פרות בשלבים שונים בתחלובה לפי עיתוי הטילוף; פרות יכולות להיות מטולפות יום לאחר המלטה, יום לפני או ביום ההזרעה, פרות חולות וכו' בלי התחשבות בצרכים הפיסיולוגיים של הפרה. הסטרס המלווה בכל מקרה לביצוע הטילוף עלול לפגוע: בסיכויי ההחלמה ממחלה אחרת בפרה חולה, סיכויי ההתעברות בפרה מוזרעת, עקה נוספת על פרה המתמודדת עם מחלות לאחר המלטה כמו דלקת רחם, קטוזיס וכו'.

מחקרים מראים שמרבית הצליעות בבקר מופיעות ב-60 ימים הראשונים לאחר המלטה כתוצאה משינויים תזונתיים, הורמונליים ומאזן אנרגיה שלילי סביב המלטה, המובילים לשינויים בתוך הטלף ובסביבתה ועלולים לגרום להתפתחות מוגברת של לקויות טלף (Lischer Bicalho et al., 2009). (& Ossent, 2000).

מסיבה זו מוצע פתרון לטילוף המתאים ככל שניתן לפיסיולוגיה של הפרה - טילוף בעיתו.

טילוף בעיתו מתבצע במועדים קבועים לאורך התחלובה: לפני הייבוש כדי שפרות יגיעו להמלטה עם טלפיים מטולפות על פי העקרונות הנדרשים להפחתת הסיכון לצליעה עתידית, וב-120-140 יום לאחר המלטה, תוך התחשבות בגורמי הסיכון העיקריים לצליעה בפרת החלב ובהפרשים של עד 180

יום בן טיולופים. נדרשת נוכחות תכופה, בהתאם לגודל הרפת, של מטלף בעדר לביצוע הטיולף במועדים אלו.

יתרון גדול נוסף בביצוע טיולף בעיתו הוא זמינות המטלף בעדר כך שפרות צולעות מוגשות בהקדם לטיולף ולכן הסיכון לנזק מצליעה מתמשכת והתפתחות צליעה כרונית קטן. בעבודה שבחנה את היתרונות בביצוע טיולף בעיתו באוניבסיטת ויסקונסין בארה"ב מצאו כי בפרות שטולפו בטיולף בעיתו מדרוג מצב הרגליים וההיגינה היה ב 2-4 נקודות טוב יותר לעומת פרות שטולפו בטיולף קלנדרי. באותה עבודה נמצא כי מבכירות שטולפו בטיולף בעיתו ייצרו 500-1200 ק"ג חלב יותר בתחלובה לעומת פרות שטולפו בטיולף קלנדרי.

לסיכום - טיולף בעיתו מתבצע במועדים המתאימים לשלבי התחלובה והחיים של הפרה, תוך התחשבות בפתוגנזה של מחלות הטלף בבקר הן מגורמים זיהומיים והן מגורמים שאינם זיהומיים. עקרונות הטיולף בעיתו מהווים בסיס למניעת צליעות עתידיות בעדר. זמינות המטלף בעדר מאפשר טיפול מהיר בפרות צולעות והקטנת הסיכון להתפתחות צליעות כרוניות ואובדן פרות עקב צליעות.



## מסוכן מכפי שחשבנו: הדינמיקה המפתיעה של הרעלן Carboxatractyloside בצמח

### לכיד הנחלים בתגובה לעקה ביוטית

טל רותם קרבץ<sup>1,2\*</sup>, ליאור גור<sup>2</sup>, שרה אזרד<sup>2</sup>, סולימאן ח'טיב<sup>1,3</sup>

ועודד כהן<sup>2</sup>

<sup>1</sup>המכללה האקדמית תל-חי, קריית שמונה

<sup>2</sup>מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה, קצרין

<sup>3</sup>מכון מחקר מיגל, קריית שמונה

[odedic@gri.org.il](mailto:odedic@gri.org.il)

**רקע:** בקיץ 2023 התרחשה הרעלת כבשים חמורה במאגר חיתל שבדרום רמת הגולן. עדר כבשים רעה באזור המאגר בין חג הפסח לשבועות, ללא תקלות. אולם, לאחר שהות קצרה בדיר במהלך חג השבועות, חזרת העדר למאגר הסתיימה בתוצאה טרגית – 86 כבשים מתו כתוצאה מהרעלה. הגורם להרעלה זוהה כלכיד הנחלים (*Xanthium strumarium*), צמח חד-שנתי ממשפחת המורכבים, שמוצאו מאמריקה. צמח זה, הנפוץ בבתי גידול לחים, יוצר מרבדים רציפים וצפופים בגדות מאגרי המים בגולן. מחקרים קודמים זיהו את המטבוליט המשני carboxatractyloside (CAT) כרעלן המרכזי בצמח, הגורם לעיכוב ייצור האנרגיה במיטוכונדריה, ומוביל למוות תאי. עם זאת, קיים מידע מוגבל מאוד על ריכוז הרעלן בחלקי הצמח ובשלביו הפנולוגיים השונים. מתוך המידע המצומצם הקיים, מקובל שריכוז הרעלן גבוה במיוחד בשלבי הנבט והפרי, בעוד הצמח הבוגר אינו רעיל. לפיכך, אירועי הרעלה בעבר יוחסו בעיקר לאכילת נבטים או פירות שהתערבבו במזון בעלי חיים.

**מטרת המחקר:** מטרת המחקר הנוכחי היא לבחון את השינויים בריכוז הרעלן CAT בשלבים פנולוגיים שונים של הצמח כתגובה לעקה ביוטית. המחקר התמקד בשני גורמי עקה עיקריים: תקיפת פתוגנים (גורמי מחלה שונים) ורעייה. זיהוי התנאים והגורמים המובילים לעלייה בריכוז הרעלן בצמח נועד לספק הסבר לתופעת ההרעלה החמורה שנצפתה.

**מתודולוגיה:** שיטת המחקר התבססה על איסוף שיטתי של חומר צמחי משני מאגרי מים בדרום רמת הגולן: מאגרי חיתל ובני-ישראל. הצמחים נאספו בשלבים פנולוגיים שונים, החל מהצצת הנבט ועד לצמחים בוגרים עם פירות. זיהוי הפתוגנים במחקר בוצע באמצעות איסוף, בידוד וזיהוי מורפולוגי ומיקרוסקופי, בשילוב עם שיטות מולקולריות מקובלות להפקת DNA וריצוף גנטי. על מנת לחקור את השפעת הפתוגנים, נערכה השוואה בין אוכלוסיות לכיד בריאות לאוכלוסיות המציגות תסמיני מחלה האופייניים לחילדון ולקימחון. השפעת הרעייה נבחנה באמצעות השוואה בין אוכלוסיות לכיד הנתונות לרעייה לאלו שאינן. לאחר האיסוף, הצמחים עברו תהליך ייבוש בהקפאה לשימור מיטבי של החומרים הפעילים. הדוגמאות היבשות נטחנו ועברו מיצוי במתנול. זיהוי וכימות הרעלן CAT שנעשה תוך שימוש שימוש (High-Resolution Liquid Chromatography-Tandem Mass HR-LC-MS/MS Spectrometry) במעבדת תל-חי. שיטה זו מאפשרת זיהוי וכימות של הרעלן בריכוזים נמוכים, תוך אבחנה בין חומרים בעלי מבנה כימי דומה

**תוצאות:** ניתוח המיצויים חשף דפוסים מעניינים בריכוז הרעלן CAT לאורך שלבי ההתפתחות של לכיד הנחלים ובתגובה לגורמי עקה ביוטית. ריכוז הרעלן הגבוה ביותר נמצא בשלב הצצת העלים האמיתיים. בצמחי לכיד נגועים שנאספו ממאגר בני ישראל זהו שלושה פתוגנים עיקריים: פטריית חילדון, פטריית קימחון ואלטרנריה, אשר זהו מיקרוסקופית וגנטית. בבדיקות הרעילות נמצא שפירות של צמחים בריאים הציגו ריכוזי רעלן גבוהים יותר בהשוואה לפירות של צמחים נגועים בחילדון, בעוד שבנצר (גבעול ועלים) של צמחים נגועים, ריכוזי הרעלן היו גבוהים יותר מאשר בצמחים בריאים. בנוסף, רעילות הנצר בצמחים בוגרים הנתונים לרעייה היה גבוה משמעותית יותר מאשר בצמחים שלא נחשפו לרעייה, והיה דומה לערכים שהתקבלו בנבטים ממחקרים קודמים. כל ההבדלים בריכוז הרעלן בשלבים פנולוגיים שונים ובתגובה לעקה ביוטית היו מובהקים סטטיסטית.

**מסקנות:** ממצאי המחקר לגבי הצמח הבריא מאששים את הידע ממחקרים קודמים. נמצא כי ריכוז הרעלן הגבוה ביותר מתרכז בשלב הנבט, אחריו בפירות, בעוד הצמח הבוגר מציג רמות רעילות נמוכות משמעותית. עם זאת, המחקר הנוכחי מרחיב את ההבנה לגבי השפעת גורמי עקה על רמות הרעילות בשלבי התפתחות שונים של הצמח. הממצא המרכזי והחדשני הוא שרעילות הנצר בצמחים הנתונים לרעייה עולה לערכים גבוהים ומסוכנים, בדומה לרמות הרעילות שהיו ידועות עד כה רק בנבטים. תובנה זו מספקת הסבר אפשרי לאירוע ההרעלה המדובר: עדר הכבשים רעה וניזון מצמחי לכיד בוגרים שהיו לא רעילים, העדר יצא בחג השבועות וחזר לרעות באותו שטח, אך הפעם ניזון מצמחים בוגרים שהפכו הרבה יותר רעילים כתוצאה מהרעייה הראשונה ונפגע. אכילת יתר של צמחים אלו, שבמצב רגיל נחשבו בטוחים, היא ככל הנראה הגורם להרעלה החמורה. ממצא נוסף, מדגים את יכולת הצמח לפזר סיכונים באמצעות אסטרטגיית "הימור מרובה" (bet-hedging strategy). הרעלן CAT, בהיותו מטבוליט משני, דורש השקעת אנרגיה ומשאבים מהצמח. המחקר מגלה כי צמח בריא משקיע את ה-CAT בפירותיו, ובכך מספק הגנה לצאצאיו ומשפר את כשירותם בדורות הבאים. לעומת זאת, צמח הנתון לעקה ביוטית של התקפת פתוגן משקיע את המשאב בנצר, ובכך משפר את כשירותו העצמית בדור הנוכחי. ממצא זה מדגים את גמישות הצמח בהקצאת משאבים בהתאם לתנאי הסביבה.

המלצות ממשקיות מרכזיות העולות מהמחקר להימנע באופן מוחלט מרעייה חוזרת באותו שטח, במיוחד באזורים עם צפיפות גבוהה של לכיד נחלים. חשוב להדריך רועים ונוקדים לזהות ולהימנע מאזורים עם דומיננטיות של לכיד נחלים, עם דגש מיוחד על תחילת הקיץ כשהלכיד נובט והצמחייה המקומית יבשה.

מחקר זה התאפשר הודות לתמיכה הכספית של אגודת המים מי גולן.

# בלימת התפרצות הרעלת בוטוליזם מזבל עוף בהסתמך על ניסיון העבר

שני שיינין

"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה  
ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט, האוניברסיטה העברית בירושלים

[scheinin@hak.org.il](mailto:scheinin@hak.org.il)

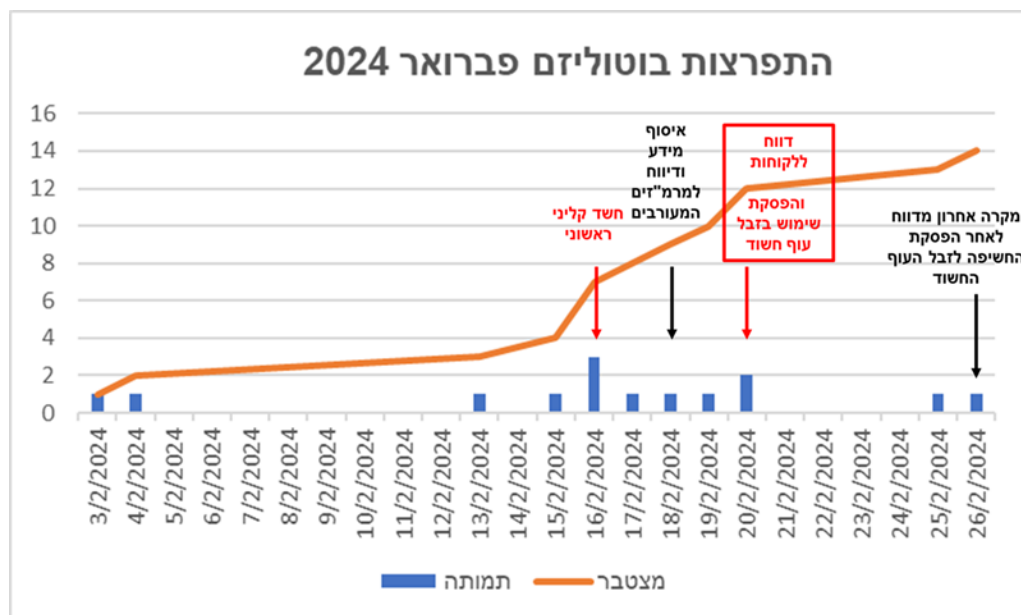
רקע: רעלן הבוטוליזם מסוג C/D גורם לשיתוק רפה המתפשט מפלג הגוף האחורי לקדמת הגוף, הינו חלבון מורכב המיוצר על ידי חיידקי קלוסטרידיום בוטולינום הקיימים במערכת העיכול של בעלי חיים שונים כולל עופות. הבקר נחשף לרעלן במזון שנספג ממערכת העיכול אל מחזור הדם. במידה ובדם קיימת רמת נוגדנים מספקת, הרעלן ינוטרל ולא יגיע לאתר המטרה שלו במערכת העצבים. במידה וכמות הרעלן הנספגת גבוהה מכמות הנוגדנים בדם, תתרחש הרעלה. הרעלן פוגע בהעברת המסר הנדרש בין מערכת העצבים לשרירים במתן הוראה להתכווץ. בהעדר העברת מסר שכזה בין מערכת העצבים לשרירים מתקבל שיתוק רפה, שמתפשט ומגיע אל שרירי הנשימה וגורם למוות. משנות השבעים ועד היום חלה ירידה בהיארעות התפרצויות בוטוליזם תודות לשני צעדי שליטה חיוניים: טיפול מקדים בזבל עוף המשמש למאכל והקפדה על ביצוע פרוטוקול חיסון מלא בהתאם להמלצות. הרעלה חריגה בהיקפה במהלכה נפגעו מאות בעלי חיים 80 משקים שונים בפיזור ארצי נרחב, התרחשה לפני עשור בה נמצא מקור משותף להרעלה שנבע משימוש בזבל עוף מטופל ממפעל יצור אחד. ב"החקלאית" נערך תחקיר מקיף לאירוע זה בקרב לקוחותינו ומסקנותיו פורסמו לקהל הרחב מעל במות רבות כולל בכנס הבקר והצאן בשנת 2014. התפרצות הדומה במאפייניה להתפרצות זו, התרחשה השנה בחודש פברואר 2024, אולם היא נבלמה במהירות בזכות הניסיון והידע המצטבר ב"החקלאית", הפריסה הארצית ושיתוף הפעולה עם כל הגורמים הרלוונטיים בענף, שאפשרו לנו לחבר את הפאזל, להבין את התמונה הכוללת עוד בטרם התקבלה אבחנה מעבדתית ולהכריז על החשד למחלה ולהפסקת השימוש בגורם המזון החשוד באופן מהיר ובכך למנוע מקרי תמותה נוספים.

קביעת קיום ההתפרצות: התבססה תחילה על דיווחים קליניים מרופאים שונים על רביצה פתאומית ותמותה של עגלות בוגרות בריאות וללא ממצאים פתולוגיים, במשקים שונים ומרוחקים במהלך תורנות סוף שבוע אחד. קביעת קיום ההתפרצות התקבלה בהמשך עם הופעת מקרים דומים נוספים בסמיכות זמנים יחד עם מכלול הנתונים האפידמיולוגיים המשותפים למקרים, כולל גורם סיכון מוכר משותף שהינו אכילה של מנה הכוללת זבל עוף ממקור משותף. תחקור מרכזי המזון של המשקים הנפגעים ובדיקת מועדי משלוחי זבל העוף אפשרו לקבוע את תחום הזמנים של החשיפה למזון החשוד בהתפרצות. תוך זמן קצר פרסמנו על החשד הסביר לגורם ההתפרצות ועל הפסקת השימוש בזבל העוף החשוד על מנת להפסיק את החשיפה ואת ההתפרצות.

הגדרת מקרה וביצוע תחקיר: עגלות שהפגינו קליניקה חשודה בין 11-3 ימים ממועד החשיפה למשלוחי זבל שהגיעו למרכזי המזון השונים בין התאריכים 02/15-01/31. תחקיר נערך במרכזי המזון, במפעל ייצור הזבל ובמשקים כולל ברור הסטטוס החיסוני של בעלי החיים הנפגעים.

ביסוס האבחנה: דגימות שונות נשלחו למעבדות האבחון וכללו: איברים, תוכן כרס, דגימות מזון, זבל עוף. תוצאות חיוביות לרעלן הבוטולינום מסוג D/C התקבלו במעבדות המכון הוטרינרי מתוכן הכרס של העגלות.

תיאור הנתונים ופעולות שננקטו: תמותה של 14 עגלות בגילאים 18-8 חודשים ב-7 משקים בין התאריכים 02/26-02/03 כמתואר באיור שלהלן.



מסקנות והמלצות: מבדיקת הסטטוס החיסוני של בעלי החיים שנפגעו בהתפרצות זו, ניתן להניח כי מדובר בבעלי חיים עם חסינות נמוכה יחסית לכמות הרעלן אליה נחשפו, או בשל מרחק מחיסון אחרון (5 חודשים), או בשל מספר חיסונים נמוך מהנדרש (1-2 בלבד במקום 3-4 בהתאם לגיל העגלות). הרעלת בוטוליזם עלולה להתרחש כאשר כמות הרעלן הנאכלת גבוהה מרמת הנוגדנים המנטרלים הקיימים בבעלי החיים החשופים למזון המאולח ברעלנים. לכן למניעת הרעלה יש לפעול בשני הערוצים במקביל: צמצום כמות הרעלן במזון באמצעות שימוש בזבל עוף מטופל במקור ידוע בו מתבצעת הקפדה על תהליך הטיפול בזבל העוף מחד ומאידך הגברת התנגודת החיסונית של בעלי החיים תוך הקפדה על ביצוע פרוטוקול חיסון מלא בהתאם להמלצות "החקלאית".

# פוריות

## מושב 9

יו"ר: פרופ' צביקה רוט

# טיפול ב Insulin Growth Factor 1 מקנה עמידות לעקת חום

## בעוברי בקר-In Vitro

אריאל מיכאלוב\*, דורית קלו, צבי רוט

המחלקה למדעי בע"ח, הפקולטה לחקלאות האוניברסיטה העברית, ירושלים

[z.roth@mail.huji.ac.il](mailto:z.roth@mail.huji.ac.il)

במהלך ההתפתחות העוברית העובר עובר תהליכים דינאמיים ומורכבים אשר מושפעים משינויים הורמונאליים וסביבתיים. אחד הגורמים הסביבתיים שהינו בעל השפעה ישירה על ההתפתחות העוברית והפוריות בכלל הוא עומס חום. עדויות מעבודות קודמות הדגימו פגיעה בתהליך התפתחות הזקיקים והביציות וכן פגיעה בהתפתחות העוברית המוקדמת כתוצאה מחשיפה לעומס חום. יתר על כן, עקב ההתחממות הגלובלית, נראה כי הפגיעה בפוריות הפרות ברפת החלב אף תלך ותחמיר. לפיכך, נדרשת גישה מעשית אשר תועיל בניסיון למזער את השפעת עומס החום על ההתפתחות העוברית. אחד מפקטורי הגדילה אשר הדגים בעבודות קודמות פעילות שהיטיבה עם התפתחות עוברית מוקדמת הינו Insulin Growth Factor 1 (IGF1).

הנחת העבודה הייתה כי הוספה של IGF1 בזמן ההבשלה (in vitro maturation) של הביציות, תיטיב עם יכולתן להתפתח, תשפר את המורפוקינטיקה ותגדיל את יבול הבלסטוציסטים המתפתחים. כמו כן, אנו מניחים כי חשיפה מוקדמת ל- IGF1 תקנה לעוברים יכולת עמידות בעת חשיפה לעקת חום ותשפר את הישרדותם לאחר תהליך של הקפאה.

מטרות העבודה הנוכחית היו לבחון האם הוספה מקדימה של IGF1 לביציות בשלב ההבשלה תשפיע על: (1) המורפוקינטיקה ושיעור העוברים המתפתחים; (2) שיעור הבלסטוציסטים המתפתחים לאחר חשיפה לעקת חום ו- (3) שרידות הבלסטוציסטים לאחר תהליך הקפאה והפשרה (vitrification), וזאת לאחר חשיפתם במהלך הגידול לעקת חום.

מהלך העבודה: סידרת ניסויים בוצעה במהלך עונת החורף תוך שימוש במערכת הפקת עוברים *in vitro*. ביציות נשאבו משחלות שנאספו מבית המטבחים וחולקו באופן רנדומלי ל-2 קבוצות ניסוי, קבוצת ביקורת וקבוצת טיפול בה הביציות הודגרו עם תוסף IGF1 בריכוז של 100 ng/ml. הביציות הודגרו למשך 22 שעות בתנאי נורמותרמיה (38.5°C) ולאחר מכן עברו הפריה למשך 18 שעות. לאחר ההפריה הביציות הוכנסו לאינקובטור המצויד במערכת Time Lapse System (TLS) המאפשרת מעקב רציף אחר ההתפתחות העוברית ע"י צילום העוברים בפרקי זמן קבועים, למשך 7 ימים (~190 h) עד לשלב הבלסטוציסט. נעשה אפיון של ההתפתחות העוברית והמורפוקינטיקה של העוברים אשר כלל אפיון מורפולוגי, סיווג עוברים לפי דפוס החלוקה (נורמלי או אבנורמלי) וזמני חלוקה לשלבי ההתפתחות השונים (2, 14-8 תאים ושלב הבלסטוציסט).

הניסוי הראשון כלל 1459 ביציות, כאשר 1030 שימשו כקבוצת ביקורת ו- 429 ביציות כקבוצת הטיפול. הניסוי השני כלל את כל השלבים של הניסוי הראשון בתוספת חשיפת כלל העוברים (הן

מקבוצת הביקורת והן מקבוצת ה-IGF1) לעקת חום ביום 3 לאחר ההפרייה, סביב החלוקה ל-8 תאים. תנאי העקה כללו הדגרה למשך 8 שעות ב- $41.5^{\circ}\text{C}$ . בתום החשיפה, העוברים הועברו למערכת ה-TLS להמשך גידול בתנאי נורמותרמיה ( $38.5^{\circ}\text{C}$ ) עד ליום 8, זמן ההתפתחות לשלב הבלסטוציסט. לאחר מכן, הבלסטוציסטים עברו תהליך של הקפאה ואוחסנו בחנקן נוזלי עד למועד הפשרתם. על מנת לבחון את ההשרדות של העוברים הועברו הודגרו לאחר ההפשרה במערכת ה-TLS ונעשה מעקב רציף על הישרדותם. הניסויי כלל 90 ביציות לקבוצת הביקורת ו-283 לקבוצת הטיפול.

תוצאות: ממצאי הניסוי הראשון הראו כי הוספה של IGF1 בזמן ההבגרה לא השפיעה על שיעור החלוקה של העוברים ל-2 ו-4 תאים. לעומת זאת, מספר העוברים שהתפתחו לבלסטוציסטים נטה להיות גבוה יותר ( $P=0.06$ ) בקבוצת הטיפול לעומת קבוצת הביקורת. כמו כן, עוברים שהתפתחו מביציות שטופלו ב-IGF1 היו מהירים יותר בזמני החלוקה ל-2 תאים ולבלסטוציסט ( $P<0.05$ ), מה שיכול לרמז על איכות גבוהה יותר של עוברים אלו. יחד עם זאת, לא נמצא הבדל במדדים מורפוקינטיים אחרים בין קבוצות הניסוי.

בניסוי השני נמצא כי חשיפה של העוברים בשלב ה-8 תאים אמנם הפחיתה את שיעור הבלסטוציסטים המתפתחים, אך נתון זה לא היה מובהק. כמו כן, חשיפה מוקדמת ל-IGF1, טרם חשיפת העוברים לעקת חום, שיפרה את שיעור הבלסטוציסטים המתפתחים לשיעור דומה לזה שהתקבל בקבוצת הביקורת, אם כי לא התקבלה מובהקות סטטיסטית בנוסף לכך, יכולת הישרדות של בלסטוציסטים לאחר הפשרה מקבוצת ה-IGF1 אשר נחשפו לעקת חום הייתה גבוהה יותר הן בהשוואה לקבוצת הביקורת שלא נחשפה לעקת חום ( $P=0.04$ ) או שנחשפה לעקת חום אך ללא הטיפול עם IGF1 ( $P=0.009$ ).

סיכום: ממצאי עבודה זו נמצאו במתאם עם עבודות קודמות, לפיהן חשיפת ביציות ל-IGF1 מטיבה עם ההתפתחות העוברית. יחד עם זאת, ממצאי עבודה זו מציגים לראשונה את ההשפעה של IGF1 על מאפיינים מורפוקינטיים, המקושרים עם יכולת התפתחותית מוקדמת של העוברים. בנוסף, ההשפעה החיובית של IGF1 באה לידי ביטוי בהעלאת כושר ההישרדות של העוברים הן לאחר חשיפה לעקת חום והן לאחר תהליך הקפאה. ממצאים אלו זו יש ויובילו לפיתוח גישה חדשה לגידול עוברים בתנאי מעבדה אשר עמידים יותר לעקת חום. יש לציין כי מספר העוברים בעבודה זו אינו גבוה דיו, ועל כן יש להתייחס אל תוצאות אלו בזהירות הנדרשת.

## השפעת הזויג על המורפוקינטיקה וההתפתחות של עוברי בקר

שיר מנוביץ\*, דר' דורית קלו, פרופ' צבי רוט

המחלקה למדעי בע"ח, הפקולטה לחקלאות האוניברסיטה העברית, ירושלים

[z.roth@mail.huji.ac.il](mailto:z.roth@mail.huji.ac.il)

**רקע:** בתעשיות הבקר לחלב ברחבי העולם יש העדפה לקבלת וולדות ממין נקבה, היות והנקבות הן יצרניות החלב ומהוות את המשכיות העדר. שיעור גבוה יותר של וולדות ממין נקבה יתרום לרווחיות העדר ויאפשר את הרחבת העדר בקצב מהיר יותר. על מנת לענות על צורך זה פותחו מספר טכניקות למיון זרמה. לדוגמא, מכשיר FACS (Fluorescence-Activated Cell Sorting) בו ממינים את תאי הזרע על בסיס כרומוזומי המין X ו Y. לצד היתרונות, לשיטת המיון מספר מגבלות, ובכלל זה עלויות גבוהות, ריכוז תאי זרע נמוך בקשית ואחוזי ההתעברויות נמוכים. לאור זאת, יש צורך בפיתוח שיטות חדשניות שבאמצעותן ניתן יהיה לשנות את יחס הזכרים נקבות, העומד באופן טבעי על 50:50. העבודה הנוכחית בוחנת שיטה לא פולשנית אשר תאפשר את חיזוי מין העובר בשלבים המוקדמים של התפתחותו ותאפשר השתלת עוברים מזויג ידוע.

**הנחת העבודה:** עוברים מזויג שונה מציגים מאפיינים מורפוקינטיים שונים.

**מטרות העבודה:** המטרה הראשית של עבודה זו היא לבחון האם ניתן לחזות את מין העוברים באמצעות מדדים מורפוקינטיים. נקטנו בשתי גישות: (1) אפיון המורפוקינטיקה של עוברים, שהתפתחו לאחר הפריה עם זרמה ממוינת ל- Y (זכרים) ו- X (נקבות). (2) אפיון הקשר בין זויג העובר ופרמטרים מורפוקינטיים של עוברים שהתפתחו מזרמה לא-ממוינת.

**מהלך הניסוי:** בהתאם למטרות העבודה, נעשו 2 סדרות ניסויים תוך שימוש במערכת של הפקת עוברים בתנאי במעבדה. בקצרה, נשאבו ביציות משחלות שנאספו מפרות מגזע הולשטיין מבית מטבחיים והועברו להבגרה למשך 22 שעות באינקובטור בתנאי נורמותרמיה ( $CO_2$  5% ב-  $38.5^{\circ}C$ ). בסיום ההבגרה, הביציות הועברו להפריה למשך 18 שעות עם זרמה, והועברו לאינקובטור המצויד במערכת Time-lapse לצורך צילום ומעקב רציף עבור כל עובר בנפרד לאורך תקופת הגידול. העוברים שהתפתחו לשלב הבלסטוציט נלקחו להפקת DNA. אפיון הזויג נעשה תוך שימוש בשני גנים הנמצאים בתאחיזה לכרומוזום ה- Y (TSPY ו- BOV97M). בסדרת הניסויים הראשונה, נעשה שימוש בזרמה ממוינת (ל- X ו- Y) ובזרמה לא ממוינת כקבוצת ביקורת. בסדרת הניסויים השנייה, נעשה שימוש בזרמה לא ממוינת בלבד.

**תוצאות:**

אפיון מורפוקינטיקה של עוברים לאחר הפריה עם זרמה ממוינת ל- X או ל- Y: שיעור החלוקה ל- 2-4 תאים נמצא דומה בין קבוצות הזרמה הממוינת והלא ממוינת ( $P=0.15$ ) כך שסוג הזרמה לא השפיע על אחוז הביציות המופרות. לעומת זאת, שיעור הבלסטוציסטים היה נמוך באופן מובהק בקבוצת



הזרמה הממוינת (X ו-Y), לעומת הזרמה הלא ממוינת ( $P < 0.0015$ ). לאור ממצאים אלו עולה הרושם כי תהליך מיון הזרמה אינו משפיע על תהליך ההפריה, אך משפיע על ההתפתחות העוברית. בהתייחס לקינטיקת ההתפתחות, נמצא כי עוברים שהתפתחו מזרמה ממוינת ל-Y הציגו חלוקה מהירה יותר לשלב 8-תאים ( $P = 0.016$ ) ולשלב המורולה ( $P = 0.025$ ), בהשוואה לעוברים שהתפתחו מזרמה ממוינת ל-X. על בסיס שני פרמטרים קינטיים אלו ביצענו חיזוי לזוויג העוברים מקבוצת הביקורת אשר התפתחו בעקבות הפריה עם זרמה לא ממוינת. החיזוי לזוויג העובר התבצע על ידי קביעת ערך סף, זאת בהתבסס על ערך ה-Z-score שחושב עבור זמני החלוקה ל-8 תאים ולמורולה. לדוגמא, עובר אשר עבר חלוקה ל-8 תאים מתחת לערך הסף הוגדר כזכרי ומעבר לערך הסף הוגדר כעובר נקבי. נמצא כי שיעור החיזוי היה נמוך (~20%) לנקבות אך גבוה יחסית עבור עוברים ממין זכר (>72%). על מנת לאשש את שיעורי החיזוי שהתקבלו, ביצענו PCR תוך שימוש ב-DNA שהופק מכל עובר ועובר. נמצא כי אחוז השגיאה היה יחסית גבוה. לדוגמא אחוז השגיאה עבור עוברים ממין זכר עמד על כ-40%. אנו סבורים כי השגיאה נובעת מהבדלים בקינטיקת התפתחות של עוברים שהתפתחו מזרמה ממוינת (X ו-Y) ובין אלו שהתפתחו מזרמה לא ממוינת.

**אפיון הקשר בין זוויג העובר ופרמטרים מורפוקינטיים של עוברים שהתפתחו מזרמה לא-ממוינת.** עוברים נוצרו מזרמה לא ממוינת ולאחר מכן נעשה אפיון זוויג באמצעות PCR. נמצא כי 55.4% מהעוברים היו זכרים ו-44.6% נקבות. מניתוח רטרוספקטיבי של נתוני המורפוקינטיקה נמצא כי זמני החלוקה לעובר בן 3, 5 ו-7 תאים ( $P < 0.05$ ) היה מהיר יותר בעוברים הזכריים; כמו כן, הייתה נטייה לחלוקה מהירה לשלב ה-6 תאים ( $P = 0.06$ ) של העוברים הזכריים. בשלב הבא, נעשה מבחן Discriminant analysis בכדי לבחון מהו אומדן החיזוי הטוב ביותר בין הזוויג ובין הפרמטרים הקינטיים. בחנו פרמטר קינטי יחיד (קרי חלוקה ל-3, 5, 6, או 7 תאים) או שילובים שונים שלהם. נמצא כי פרמטר קינטי יחיד, לדוגמא: זמן החלוקה מהפריה לשלב 6 התאים, הראה שיעור חיזוי גבוה יחסית (85%) לעוברים זכרים וחיזוי נמוך יותר לעוברים נקבות (26%). בהתבסס על אומדן חיזוי על שילוב של יותר מפרמטר אחד, התקבל שיעור חיזוי גבוה עבור שני הזוויגים. לדוגמא, בשילוב זמני החלוקה ל-3 תאים יחד עם ה-7 תאים, שיעורי החיזוי היו 92% עבור זכר ו-91% עבור נקבה.

**לסיכום,** במחקר זה נבחן הקשר בין המורפוקינטיקה של העובר לבין הזוויג שלו. נעשה שימוש בשני מודלים משלימים קרי, הפרייה עם זרמה ממוינת וזרמה לא ממוינת במערכת של הפקת עוברים *In-vitro*. בכל מודל באופן בלתי תלוי, נמצא כי קינטיקת התפתחות של העוברים הזכריים הייתה מהירה יותר בהשוואה לנקבות. ממצאי עבודה זו מעידים כי מאפיינים מורפוקינטיים מקושרים עם זוויג העובר ויכולים להוות בסיס לבחירת מין העובר. קביעה זו דורשת בחינה נוספת, במודל רחב היקף. תוצאות אלו יוכלו לשמש ככלי בבחירת עוברים להשתלה, על סמך זוויג ידוע, ובכך לתרום בתחום הבקר מבחינה כלכלית וממשקית.

מקור מימון למחקר: המועצה לענף החלב

## השפעת הזנה בחומצות שומן מסוג אומגה-3 על המערכת האנדוקנבינואידית בזקיקים קדם-ביוציים וברחם של פרות חלב

פ. דוס-סנטוס סילבה<sup>1,2</sup>, י. בוטנקו<sup>1</sup>, ג. קרא<sup>1,2</sup>, י. פורטניק<sup>1</sup>, ע. מועלם<sup>1</sup> ומ. זכות<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>המחלקה לחקר בקר וצאן, המכון לחקר בע"ח, מכון וולקני. <sup>2</sup>החוג למדעי בע"ח, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה עברית.

[mayak@volcani.agri.gov.il](mailto:mayak@volcani.agri.gov.il)

**רקע ומטרת המחקר:** בעבודות מחקר רבות נמצא כי חומצות שומן מסוג אומגה-3 הינן בעלות השפעה מטיבה על מערכת המין של פרות חלב. במחקר זה בחנו האם אחד המנגנונים באמצעותם חומצות שומן אלו משפיעות לטובה על הזקיקים בשחלה ועל הרחם היא על ידי השפעה על המערכת האנדו-קנבינואידית. המערכת האנדו-קנבינואידית הינה מערכת פיזיולוגית אשר משפיעה על מגוון תהליכים ביונקים, כגון מטבוליזם האנרגיה, תפקוד מערכת החיסון ומערכת הרבייה. שפעולה של מערכת זו נגרמת על ידי ליגנדים שמיוצרים בתאי הגוף השונים, אשר נקראים אנדו-קנבינואידים, והם נגזרות של חומצות שומן. שחרור האנדו-קנבינואידים גורם לשפעול קולטנים ולהעברת סיגנלים ברקמות שונות. ככלל, שפעול המערכת הזו באמצעות הקולטן הקנבינואיד 1 משפיע לרעה על תפקוד מערכת המין ביונקים. כיוון שהמקור העיקרי של האנדו-קנבינואידים הוא חומצות שומן מסוג אומגה-6, כאשר נותנים במנה אומגה-3 צפויה ירידה ברמות האנדו-קנבינואידים ברקמות וירידה בשפעול המערכת האנדו-קנבינואידית. במחקר זה בחנו האם מתן אומגה-3 משפיע על רמות האנדו-קנבינואידים ועל ביטוי חלבונים וגנים בזקיקים קדם-ביוציים וברחם של פרות חלב.

**מהלך הניסוי:** ערכנו ניסוי ברפת ההזנה הפרטנית של וולקני, בו 24 פרות סביב מועד ההמלטה חולקו ל-2 טיפולי הזנה: 12 פרות קיבלו את מנת העדר עם תוספת שומן מוגן רווי (ביקורת), ו-12 פרות קיבלו תוסף שמכיל חומצות שומן מסוג אומגה-3 (וולומגה-160, וולורקס, צרפת) בשיעור של 700 גרם ליום, החל מ-3 שבועות לפני ההמלטה, וכ-6.4% מהמנה (ח"י) לאחר ההמלטה ועד 70 יום. ב-30 יום לאחר ההמלטה ביצענו בדיקת אולטראסאונד לשחלות, ולאחר סנכרון המחזור המיני בוצעה שאיבה של נוזל פוליקולרי מזקיקים קדם-ביוציים וכן ביופסיית רחם (בממוצע ביום  $58 \pm 5$  בתחלובה). קבענו את ריכוזי ההורמונים פרוגסטרון ואסטרדיול בזקיקים, והזקיקים הקדם-ביוציים הוגדרו כאשר היחס אסטרדיול/פרוגסטרון היה גבוהות מ-1. כמו כן, הופרדו תאי הגרנולוזה מהנוזל לבחינת ביטוי גנים וביטוי חלבונים באנליזה פרוטאומית (מכון וייצמן). לאחר שאיבת הזקיקים, בוצעה ביופסיית רחם לבחינת ביטוי גנים וחלבונים. רמות האנדו-קנבינואידים וכן פרופיל חומצות השומן נבדקו בפלסמה ביום השאיבה, בנוזל הפוליקולרי וברחם. הנתונים מהניסוי נבחנו בתוכנת Proc Mixed או GLM של SAS. נתוני ביטוי החלבונים (אנליזה פרוטאומית) נבחנו באמצעות t-test.

**תוצאות:** בניסוי זה נאספו נוזלים פוליקולריים מזקיקים קדם-ביוציים מ-20 פרות (10 מכל טיפול). נמצא כי מתן אומגה-3 במנה העלה את שיעור חומצות השומן מסוג אומגה-3 והוריד את שיעור האומגה-6 ברקמות מערכת המין שנבחנו. בפלסמה (6.7% לעומת 2.7% בפרות שקיבלו אומגה-3

לעומת הביקורת,  $P < 0.0001$ ) ובנוזל הפוליקולרי (6.9% לעומת 2.9% בפרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת,  $P < 0.0001$ ) נמצאה עלייה ברמות אנדו-קנבינואידים ממקור אומגה-3, וכן ירידה ברמות החומצה הארכידונית (אומגה-6) בפרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת (1.2% לעומת 1.7% בפלסמה, ו-1.4% לעומת 1.9% בנוזל הפוליקולרי של פרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת,  $P = 0.02$ ). ברחם, נמצאה ירידה ברמות האנדו-קנבינואיד 2-AG בפרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת (0.004 לעומת 0.009 בפרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת,  $P = 0.03$ ).

במחקר זה בוצעו אנליזות פרוטאומיות (ביטוי חלבונים) בהן נבחן לראשונה הביטוי של 1154 חלבונים בתאי הגרנולוזה של הזקיק הקדם-ביוצי, מתוכם 45 חלבונים היו שונים באופן מובהק בפרות האומגה-3 לעומת הביקורת ( $P \leq 0.05$  and fold change  $\geq 1.5$ ). ברחם, נבחן הביטוי של 3445 חלבונים, מתוכם 17 חלבונים היו שונים בין הפרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת. ממצאי האנליזה הראו כי מתן אומגה-3 גרם לירידה בביטוי חלבוני מערכת המשלים (complement) בתאי הגרנולוזה לעומת הביקורת. גם ברחם, מתן אומגה-3 גרם לירידה בביטוי חלבונים שקשורים למערכת החיסון. אנליזה ביואינפורמטית הראתה כי המסלול העיקרי שהושפע מטיפול האומגה-3 בתאי הגרנולוזה היה תפקוד מערכת החיסון, על בסיס הירידה בביטוי חלבוני המשלים, C7, C8B, CFD, CFH. בנוסף, בתאי הגרנולוזה, נמצאה ירידה בביטוי הגנים של הקולטנים מסוג 1 ( $P = 0.04$ ) ו-2 ( $P = 0.01$ ) של המערכת האנדו-קנבינואידית בפרות שקיבלו אומגה-3 לעומת הביקורת.

לסיכום, עבודה זו מראה כי מתן חומצות שומן מסוג אומגה-3 במזון השפיע על רמות האנדו-קנבינואידים בזקיקים קדם-ביוציים וברחם של פרות חלב. כמו כן, נצפתה ירידה בביטוי חלבונים שקשורים למערכת החיסון בתאי הגרנולוזה וברחם של פרות שקיבלו תוסף של אומגה-3 לעומת הביקורת, וכן ירידה בביטוי הקולטנים של המערכת האנדו-קנבינואידית. ממצאים אלו תואמים את השערת המחקר כי מתן אומגה-3 במזון עשוי להוריד את שפעול המערכת האנדו-קנבינואידית, דבר שצפוי להשפיע באופן חיובי על תפקוד מערכת המין בפרות חלב, ייתכן שגם דרך ההשפעה על תפקוד מערכת החיסון בזקיקים וברחם.

המחקר מומן ע"י קרן המחקרים של המדען הראשי של משרד החקלאות.

# בחינת ההבדלים המורפולוגיים והפיזיולוגיים של זרמה טרייה בעלת תנועתיות פרוגרסיבית-גבוהה ונמוכה

שיר מייזוס<sup>1\*</sup>, טניה קוגן<sup>1,2</sup>, דורית קלו<sup>1</sup>, צבי רוט<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למדעי בע"ח, הפקולטה לחקלאות האוניברסיטה העברית, ירושלים  
<sup>2</sup>שיאון, חברה להזרעה מלאכותית וטיפוח

[z.roth@mail.huji.ac.il](mailto:z.roth@mail.huji.ac.il)

במהלך השנים האחרונות ביצועי הרבייה בעדר החלב נמצאים במגמת ירידה. בעוד שתשומת לב רבה ניתנת לצד הנקבי, השפעת הזרע ונוזל הזרע על יכולת הרבייה כמעט ולא נחקרה. הזרמה מורכבת משתי פרקציות, החלק התאי ונוזל הזרע. לצורך השימור בהקפאה, הזרמה מדוללת עם חומרי שימור על מנת להגן על התאים מנזקי קור. כתוצאה מדילול הזרמה, ריכוז נוזל הזרע מופחת לרמות אפסיות, כך שהשפעות המיטיבות שלו לא באות לידי ביטוי כלל. נוזל הזרע הוא נוזל ביולוגי, המכיל קוקטייל עשיר של חלבונים, חומצות אמינו, אנזימים, פחמימות, שומנים ויסודות קורט, כולל mRNA ו-miRNAs (microRNAs). הנוזל מכיל מטבוליטים שמקורם בעיקר מבלוטות המין המשניות. מחקרים קודמים הראו כי לתכולת נוזל הזרע תפקיד בתמיכה בהובלת הזרע, ההישרדות וההפריה. עוד דווח כי לנוזל הזרע ובמיוחד לתכולת החלבונים, יש השפעה ישירה על התפתחות העובר, לפני ולאחר ההשרשה ועל בריאותם של הוולדות.

בשנים האחרונות מעבדתנו התמקדה בתנועה הפרוגרסיבית של תאי הזרע ואחוז תאי הזרע הנעים פרוגרסיבית בזרמה. תנועתיות זו מתייחסת ליכולת של הזרע לנוע בקו ישר או במעגלים גדולים אך עם התקדמות טובה קדימה ובכיוון מוגדר. תנועה זו חיונית עבור תאי הזרע כדי לנווט דרך מערכת הרבייה הנקבית, להגיע אל הביצית ולהפרות אותה. נמצא מתאם חיובי בין תנועה פרוגרסיבית ושעור ההפריה ברפת (in vivo) והן במעבדה (in vitro). למרות מה שנאמר, העבודות שנעשו עד כה ובכלל זה במעבדתנו, שעור התנועה הפרוגרסיבית נקבע בזרמה הטרייה ואילו ההפריה, נעשית עם מנות מסחריות (קשיות), כך שהשפעת נוזל הזרע על מרכיביו חסרה.

הנחת העבודה המרכזית היא כי נוזל הזרע מעורב בהקניית התנועתיות הפרוגרסיבית (progressive motility). על מנת לבחון זאת, בעבודה הנוכחית נעשה שימוש בזרמה טרייה, ללא מיהול, כך שהשפעת נוזל הזרע על מרכיביו תבוא לידי ביטוי.

**מטרות העבודה:** (1) להשוות בין מאפיינים תאיים בזרמה טרייה בעלת שיעור תנועה פרוגרסיבית גבוהה, בינונית ונמוכה; (2) לבחון את כושר ההפריה in vitro של זרמה טרייה בעלת שיעור תנועה פרוגרסיבית גבוהה, בינונית ונמוכה.

**מהלך העבודה** – זרמה טרייה נאספה ב"שיאון" (חברה להזרעה מלאכותית, ישראל) וסווגה כזרמה בעלת תנועתיות גבוהה, בינונית או נמוכה, באמצעות מכשיר Integrated Visual Optical System (IVOS) לפרמטרים הבאים: תנועתיות, ריכוז, מורפולוגית הזרע ותנועה פרוגרסיבית. ערך גבוה מ-

74.0% הוגדר כתנועתיות פרוגרסיבית גבוהה, וערך נמוך מ-60% הוגדר כתנועתיות פרוגרסיבית נמוכה.

**מטרה מס' 1:** כל דגימה נבדקה על ידי ציטומטר זרימה (EasyCyte, IMV Technologies) לתכונות פיזיולוגיות שהן: שלמות הממברנה, פעילות הממברנה המיטוכונדריאלית, תגובה לעקה חמצונית ושלמות ממברנת האקרזום. הממצאים חשפו כי שיעור התאים החיים היה גבוה יותר בתאי הזרע בעלי תנועה פרוגרסיבית גבוהה ובינונית ביחס לקבוצה הנמוכה-פרוגרסיבית ( $P < 0.05$ ). בנוסף, נמצא הבדל מובהק ביחס בין פוטנציאל הממברנה המיטוכונדריאלי הגבוה-נמוך בין קבוצות התנועתיות הגבוהה לעומת הנמוכה והבינונית ( $P < 0.05$ ). ביחס לשלמות ממברנת האקרזום והתגובה לעקה חמצונית, לא התקבלו הבדלים בין הקבוצות.

**טבלה מס' 1:** תוצאות ניתוח התכונות הפיזיולוגיות של זרמה טרייה אשר נבדקה וסווגה לשלוש רמות על פי התנועה הפרוגרסיבית (גבוהה, בינונית ונמוכה).

קבוצה	% תאים חיים	פוטנציאל ממברנת המיטוכונדריה*	% תאי זרע חיים בעלי אקרזום שלם	% תאי זרע חיים בעלי אקרזום פגום	% תאי זרע עם ROS**	% תאי זרע חיים ללא ROS
תנועתיות גבוהה	80.6±3.2 <sup>AB</sup>	1.6±0.7 <sup>A</sup>	77.3±2.8 <sup>A</sup>	1.3±0.2 <sup>A</sup>	40.8±6.7 <sup>A</sup>	9.5±2.3 <sup>A</sup>
תנועתיות בינונית	81.3±1.5 <sup>A</sup>	0.6±0.1 <sup>B</sup>	76.7±1.2 <sup>A</sup>	2.9±0.7 <sup>A</sup>	40.6±2.6 <sup>A</sup>	12.0±1.6 <sup>A</sup>
תנועתיות נמוכה	74.3±1.8 <sup>B</sup>	0.5±0.1 <sup>B</sup>	71.87±4.1 <sup>A</sup>	1.2±0.5 <sup>A</sup>	46.2±3.8 <sup>A</sup>	8.5±1.1 <sup>A</sup>

ממוצע±סטיית תקן  
\*פוטנציאל ממברנת המיטוכונדריה מוצג כממוצע של היחס בין אחוז התאים בעלי פוטנציאל גבוה לנמוך.  
\*\*reactive oxygen species=ROS

**מטרה מס' 2:** בסדרת ניסויים בחנו את יכולת ההפריה של זרמה טרייה עם תנועה פרוגרסיבית גבוהה, נמוכה או בינונית. יכולת ההפריה הוערכה על פי שיעור החלוקה לעובר בן 2 עד 4 תאים ב-42 שעות לאחר ההפריה. התפתחות עוברית נקבעה על פי שיעור עוברים שהגיעו לשלב הבלסטוציסט ביום 7 לאחר ההפריה. הניסויים בחלק זה של העבודה יושלמו בעונה הקרובה, ויוצגו בכנס. **סיכום** - הממצאים שהתקבלו עד כה מצביעים על כך שזרמה בעלת תנועה פרוגרסיבית גבוהה, בינונית ונמוכה נבדלות זו מזו במאפיינים תאיים חשובים. אנו סבורים כי ישנו קשר בין נוכחות נוזל הזרמה, תנועה פרוגרסיבית, פוטנציאל ההפריה והתפתחות עוברית. עניין זה יש ויתבהר בחלקה השני של העבודה. בשלב הבא של המחקר בכוונתו לבחון האם ישנם פקטורים מסוימים (מטבוליטים, חלבונים) בנוזל הזרע שיש להם השפעה על יכולת ההפריה והתפתחות העוברית.

## לאן נעלם הנוזל הסמינאלי - בדיקה מחודשת של הרכבו

טניה קוגן<sup>1,2\*</sup>, דורית קלו<sup>1</sup>, צבי רוט<sup>1</sup>

<sup>1</sup> האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה

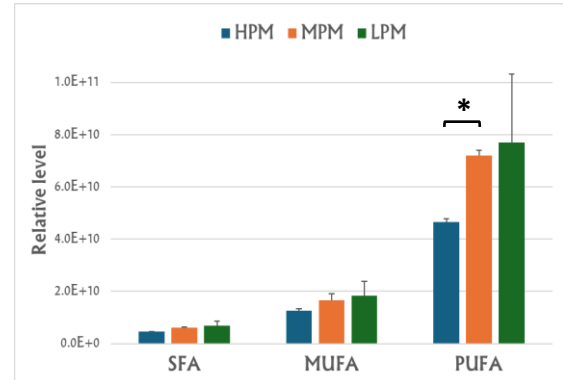
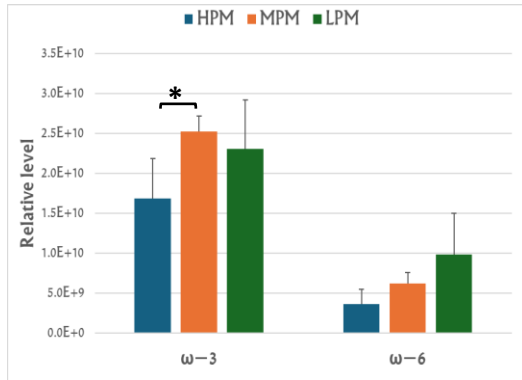
<sup>2</sup> שיאון - חברה ישראלית להזרעה מלאכותית וטיפוח [tanya@sion-israel.com](mailto:tanya@sion-israel.com)

**רקע:** זרמת פרים מורכבת משתי פרקציות עיקריות: הנוזל הסמינאלי (נוזל הזרמה) המופרש מבלטות המין המשניות ותאי זרע המיוצרים באשכים. לנוזל הסמינאלי השפעה על תפקוד תאי הזרע ויכולת ההפריה שלהם. הנוזל מכיל פקטורים שונים וביניהם אנטי-אוקסידנטים, חומצות אמינו, ליפידים, חומצות אורגניות, הורמונים, חלבונים, פחמימות ויונים. קיים קשר בין הרכב הנוזל הסמינאלי לתנועתיות הזרע הנמצאת במתאם עם שיעור הפריה גבוהה. עבודות קודמות שלנו הצביעו על הקשר בין שיעור תאים נעים פרוגרסיבית לפוריות in-vivo ויכולת ההפריה in-vitro. ממצאים מצטברים מעבודות קודמות מעידים כי ניתן לשפר את איכות ותפקוד תאי הזרע באמצעות הוספה של הנוזל הסמינאלי או חלק ממרכיביו.

**מטרות:** א. אפיון הרכב הנוזל הסמינאלי של זרמת פרים בעלת תנועתיות פרוגרסיבית גבוהה, בינונית ונמוכה ב. סימון מרכיבים פוטנציאליים לשיפור תנועה פרוגרסיבית.

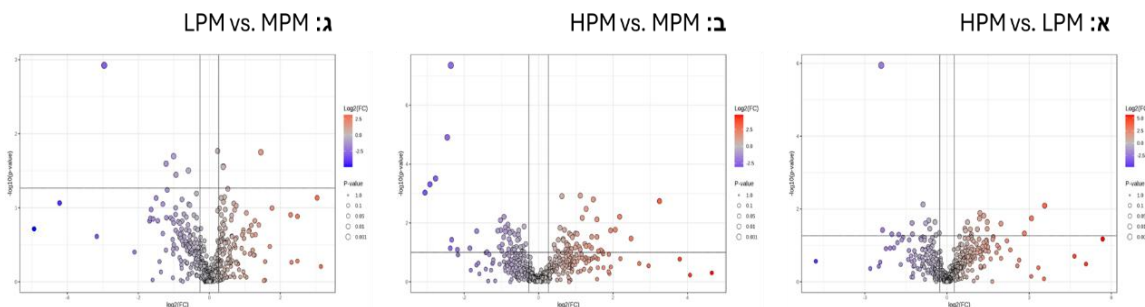
**שיטות וחומרים:** זרמת פרים נאספה ב"שיאון" לפי פרוטוקול קיים ואופיינה באמצעות מכשיר ה-IVOS® II. המירוקים סווגו לשלוש קבוצות לפי שיעור תאי זרע עם תנועתיות פרוגרסיבית: קבוצה עם תנועתיות פרוגרסיבית גבוהה ( $HPM; \geq 74.0\%$ ), בינונית ( $MPM; 60.0\% - 74.0\%$ ) ונמוכה ( $\leq 60.0\%$ ; LPM). 9 מירוקים מפרים שונים, 3 לכל קבוצה, עברו סירכוז ב-3000 סל"ד למשך 15 דקות להפרדת הנוזל הסמינאלי מתאי הזרע. הנוזל הסמינאלי פוצל ל-3 מנות והוקפא בחנקן נוזלי לקראת סקירה רחבה של חלבונים ומטבוליטים. אנליזה פרוטאומית נערכה במרכז הגנומי בגבעת רם של האוניברסיטה העברית. אנליזה מטבולומית נערכה במכון ויצמן והתמקדה במטבוליטים פולריים וליפידים. מבחנים סטטיסטיים נערכו באמצעות תוכנת IBM SPSS Statistics 23.0. השוואה בין הקבוצות נבחנה באמצעות Unpaired samples T test ( $p < 0.05$ ).

**תוצאות:** סה"כ זוהו 348 מטבוליטים ליפידים בנוזל הסמינאלי של בקר. רמת הגליצרופוספוליפידים הייתה נמוכה בנוזל הסמינאלי עם HPM בהשוואה לנוזל הסמינאלי עם MPM ( $P < 0.05$ ). רמה נמוכה יחסית של חומצה ארכידונית (20:4) התקבלה בקבוצת ה-HPM בנוסף, תכולת חומצות שומן רב בלתי רוויות וחומצות שומן מסוג אומגה 3 היו נמוכות משמעותית בנוזל הסמינאלי עם HPM בהשוואה ל MPM (איור 1). לא נמצאו הבדלים ביחס בין חומצות שומן אומגה 6 לאומגה 3. באנליזה של מטבוליטים פולריים זוהו 158 מטבוליטים, כאשר 8 מטבוליטים היו נמוכים בנוזל הסמינאלי עם HPM בהשוואה ל LPM ( $P < 0.05$ ). פרוט המטבוליטים יוצג בכנס.



**איור 1.** ריכוז יחסי של חומצות שומן רוויות (SFA), חד בלתי רוויות (MUFA) ורב בלתי רוויות (PUFA) (ימין) ושל חומצות שומן מסוג אומגה 3 ואומגה 6 (שמאל) בנוזל הסמינאלי של מירוקים עם שיעור תאי זרע בעלי תנועתיות פרוגרסיבית גבוה (HPM), בינוני (MPM) ונמוך (LPM). הנתונים מוצגים כממוצע  $\pm$  שגיאת תקן. [\*] - הבדל מובהק ( $p < 0.005$ ).

באנליזה פרוטאומית של הנוזל הסמינאלי זוהו 695 חלבונים. נמצאו הבדלים משמעותיים בהרכב החלבונים בין קבוצות עם שיעור תאי זרע בעלי תנועתיות פרוגרסיבית גבוה, בינוני ונמוך (איור 2).



**איור 2.** גרף וולקנו המציג חלבונים שזוהו בנוזל הסמינאלי של פרים עם שיעור תאי זרע בעלי תנועתיות פרוגרסיבית גבוה (HPM), בינוני (MPM) ונמוך (LPM). הגרף מציג את שינוי Fold change בציר ה-x לעומת מובהקות (-log p) בציר ה-y. הקווים המקווקווים האנכיים והאופקיים מראים את הסף שינוי Fold change  $\pm 1.2$  ו-  $p\text{-value} = 0.05$  בהתאמה. הגרף נוצר באמצעות תוכנת MetaboAnalyst 6.0.

**דיון:** במהלך הכנת קשיות להזרעה, הנוזל הסמינאלי נמהל עם חומרי שימור/הגנה (cryoprotectants) וריכוזו במנות ההזרעה נמוך ביותר (0.8-12% v/v). בעבודה הנוכחית ביצענו אנאליזה מטבולית ופרוטאומית רחבה. הממצאים מצביעים על הבדלים ברמת חלבונים ומטבוליטים בנוזל הסמינאלי של תאי זרע עם HPM, MPM, LPM. להערכתנו לנוזל הסמינאלי יש חשיבות בקביעת חיוניות ואיכות תאי הזרע. בהמשך המחקר בכוונתנו לבחון הוספה של נוזל סמינאלי או מרכיבים נבחרים, מכלל אלו שנמצאו, לשיפור התנועה הפרוגרסיבית וכושר ההפריה.

# מספוא ומזונות

מושב 10

יו"ר: דר' רואי בן-דוד



## תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים נבחרים - רכיבי מזון חלופיים למעלי גירה בישראל

יואב יקר\*<sup>1</sup>, ג'סטין קילמה<sup>2</sup>, סמיר מבג'יש<sup>2</sup>, יואב שעני<sup>1</sup>, סמיר קעדאן<sup>1</sup>, גל פלג-אריאל<sup>3</sup>, גבי עדין<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> אגף בעלי חיים, שה"מ, משרד החקלאות. [yoavy@moag.gov.il](mailto:yoavy@moag.gov.il).

<sup>2</sup> הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית.

<sup>3</sup> חברת AgriLog.

החקלאות ותעשיית המזון המקומית מפיקים חומרי לוואי רבים כתוצאה מתהליכי הייצור. חומרים אלו נקראים תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים (AIBPs). החומרים הללו מהווים עול בהיותם דורשים טיפול כמו הטמנה או באופנים אחרים המונעים זיהום סביבתי, מה שמייקר את עלויות הייצור. מכיוון שחומרים אלו הם בעלי ערכים תזונתיים לבקר ולצאן (עתירי דופן תא, חלבון, סוכרים ועוד), קיימת חלופה נוספת לטיפול בהם באופן כלכלי, אקולוגי ובריא לסביבה, והיא לשלבם במנות של מעלי גירה (מע"ג). בדרך זו של הזנת מע"ג במוצרי לוואי מהתעשיות השונות ניתן לגוון במקורות המזון, לייצר חלופות למזונות המסורתיים, להקל את העומס הסביבתי והכלכלי שיוצרות התעשיות וחשוב מכול: להוזיל את מחירי המנה של מע"ג ובכך לצמצם את הוצאות הייצור. המידע הקיים לגבי ההרכב התזונתי ואורך חיי המדף של ה-AIBPs מוגבל מאוד. היכרות מדויקת עם ההרכב התזונתי של תוצרי הלוואי הוא צעד חיוני לקראת שילובם בתזונה של בעלי החיים, שכן ההרכב מסייע לסווגם בהתאם למאפיינים הרצויים עבור קבוצת בעלי חיים נתונה. שלא כמו מרכיבי מזון אחרים, ההרכב הכימי של ה-AIBPs משתנה בשל טכניקת הייצור, החלקים שנותרו מהמוצר המקורי והשילוב של שאריות ממוצרים שונים (Haile et al., 2017).

### שיטות וחומרים

**אורך חיי מדף:** המנה, המיועדת לבדיקות חיי מדף, חולקה לשלושה חלקים שווים שנשקלו והועברו לכלים מסומנים, והוקצו לשלוש תקופות אחסון: 0, 3 ו-6 ימים כאשר מנות הדגימה נשמרו בתנאי אחסון של סביבה לא מבוקרת, האמורה לדמות את תנאי האחסון במרכז המזון. חיי המדף נקבעו באמצעות מאפיינים ביו-פיזיו-כימיים: **אובדן חומר יבש, הערכת ריח לוואי, שינויי pH וצמיחה פטרייתית.**

**אובדן חומר יבש** נקבע על ידי שקילת הדגימות לפני תקופות האחסון ולאחריה, ולאחר מכן חושב ההפסד בחומר היבש ובאחוזים.

**הערכת ריח לוואי** סובייקטיבית נעשתה על ידי פאנל של שלושה חברים. כל מכל דגימה נפתח בנפרד, עורבב באופן אחיד והורח על ידי שלושת חברי הפאנל, כדי לקבוע את עוצמת הריח. הריחות תועדו בסולם של 0 עד 5: 0=ריח רגיל; 1=ריח לוואי קל לזיהוי; 2=ריח לוואי בינוני; 3=ריח לוואי חזק; 4=ריח חזק מאוד; 5=ריח עז ביותר הקשור לקלקול. ציונים של 0 ו-1 נחשבו מקובלים, בעוד ש-2 עד 5 ייצגו קלקול בלתי מקובל. הציונים הממוצעים של שלושת חברי הפאנל שימשו לקביעת מידת הקלקול של דגימות הזנה בודדות.

**מידת pH** נעשתה על ידי ערבוב של 10 מ"ג של דגימה עם 90 מ"ל של מים מזוקקים למשך שלוש דקות ב- stomacher blender (STO-4, Ohaus Corporation, ארה"ב). ה-pH של התמיסה שהתקבלה

נקבע באמצעות שימוש במד pH (Satorius Ag-Gottingen, גרמניה) לאחר שכויל על ידי standard buffers של שתי נקודות: pH4.0 ו-pH7.0.

זיהום פטרייתי - צמיחה של שמרים ועובשים נספרה על מצע של malt extract agar (Sigma Aldrich, Germany), שהותאם ל-pH3.5 על ידי הוספה של 50 מ"ל 10% lactic acid.

אנליזה כימית נעשתה בהתאם לשיטות התקנים שאושרו על ידי איגוד הכימאים האנליטיים הרשמיים (AOAC). הפרמטרים שנבדקו:

קביעת תכולת חומר יבש (DM), אפר וחומר אורגני, ADF, NDF, צלולוז, ליגנין, חלבון (Crude Protein), שומן (Crude Fat), עמילן, נעכלות במבחנה (In Vitro digestibility).

**טבלה 1.** הרכב תזונתי וערכי נעכלות של תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים נבחרים

DM <sup>a</sup>	CP <sup>b</sup>	EE <sup>b</sup>	aNDF <sup>c</sup>	ADF <sup>b</sup>	Cellulose <sup>c</sup>	Lignin <sup>b</sup>	IVDMD <sup>e</sup>	AIBP
חומר יבש	חלבון כללי	מיצוי אתרי (שומן)			צלולזה	ליגנין		תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים
82.3	5.0	2.4	38.1	24.4	13.4	11.0	48.9	שומר שקד
88.2	2.6	1.0	82.8	51.7	29.1	22.5	13.5	קליפות שקד
98.6	9.53	1.8	82.8	63.4	19.8	26.1	8.3	קליפות בוטנים
58.6	16.5	1.4	14.1	2.7	1.9	0.6	80.6	שאריות לחם
79.3	11.9	9.8	12.4	3.6	2.7	0.7	68.0	מעורב תימורים
8.8	13.1	2.9	11.5	7.9	7.9	0.1	77.5	שאריות גזר
15.8	15.3	0.9	5.5	2.8	2.6	0.1	90.4	שאריות תפוחי אדמה
56.9	21.2	5.3	67.1	53.3	15.8	37.0	30.4	סחיט ענבניות
13.3	23.4	42.9	-	-	-	-	67.5	עודפי יוגורט
4.4	21.7	9.4	-	-	-	-	85.1	מי בבינה
19.7	10.1	3.5	-	-	-	-	88.5	מאדר ליקר
23.0	19.7	3.1	66.6	26.6	18.5	7.6	24.9	גפת בירה
28.1	31.9	7.4	34.3	10.2	7.7	1.6	61.8	אוקרה
30.4	11.2	4.6	50.7	30.0	17.7	12.1	34.9	סוגט
94.0	32.1	11.7	37.3	23.4	10.1	13.2	62.6	פולטת חרובה

<sup>a</sup>Percentage on As Is Basis, N=6; <sup>b</sup>Percentage on DM Basis, N=6; <sup>c</sup>Percentage on DM Basis, N=12; <sup>d</sup>Percentage of NDF, N=6; <sup>e</sup>Percentage on DM Basis, N=24.

**טבלה 2.** פרמטרים של חיי מדף של תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים נבחרים

שירים יעובשים (Log CFU/g DM)			%DM חומר יבש		שירי pH			התפתחות ריח לואי (סלם 0 עד 5)			פרמטרים של חיי מדף
D0	D3	D6	D3	D6	D0	D3	D6	D0	D3	D6	זמן אחסון (ימים)
0	5	5.5	0	0.4	4.3	4.4	4.6	0	0	1	שומר שקד
0	6.7	6.9	0	0.6	4.79	4.77	4.82	0	0	1	קליפות שקד
0	4.9	6	0.1	0.6	6.2	6.4	6.5	0	0	0	קליפות בוטנים
0	9.5	8.3	23.2	28.2	3.4	3.49	3.54	0	2	4	שאריות לחם
0	6.9	7.7	0.9	5.6	3.58	3.65	3.67	1	2	4	מעורב תימורים
0	0	0	41.7	90.0	4.1	4.57	5.37	0	0	1	שאריות גזר
0	0	6.9	32.7	65.5	4.4	4.6	6.26	0	0	2	שאריות תפוחי אדמה
9.3	9.6	10.1	8.4	12.6	5.51	6.4	6.37	1	5	5	סחיט ענבניות
0	0	7.7	9.4	33.3	4.14	4.16	4.36	0	3	4	שאריות יוגורט
0	6.4	10.1	49.1	54.9	3.5	3.6	6	1	3	5	מי בבינה
7.6	8.4	7.3	36	44.2	4.6	4.5	4.2	1	3	5	מאדר ליקר
8.5	9.9	9.3	8.8	16.8	4.12	4.39	5.33	0	2	5	גפת בירה
0	9	8.3	9.3	21.6	4.32	4.8	7.06	0	2	4	אוקרה
0	8.7	7.6	10.3	13.9	4.17	6.4	6.7	0	3	5	סוגט
0	0	7.4	0.0	0.0	3.89	3.99	4.03	0	3	4	פולטת חרובה

Log CFU/g DM = Logarithms to base 10 of Colony forming Units per gram of samples expressed on Dry Matter Basis.  
D0 = לאחר 0 ימי אחסון; D3 = לאחר 3 ימי אחסון; D6 = לאחר 6 ימי אחסון.

במחקר זה הערכנו את חיי המדף, ההרכב התזונתי והנעכלות במבחנה של מס' AIBPs עיקריים, הזמינים באופן מקומי בישראל. מחקר זה הוקדש להפקת הידע הנדרש עבור תכנון אסטרטגיות הזנה מתאימות לבעלי חיים, הפחתת עלויות ההזנה, שיפור היעילות של ניצול ה-AIBPs והפחתת השפעתם על הסביבה. בכוונתנו להרחיב את המחקר ולאפיין בעתיד חומרי לוואי נוספים.

לאחרונה יצאה **חברת** המסכמת את תוצאות המחקר ובה מובאים, בנוסף לנתונים גם המלצות למגדלים, תזונאים ושאר אנשי המקצוע בתחום ההזנה והגידול.

המחקר מומן ע"י קרן מחקרי שה"מ.

## השוואה של מגוון זנים בכירים ואפילים של מיני דגן: יבולים, הרכב כימי

### ונעכלות

עוזי מועלם<sup>1\*</sup>, דוד בונפיל<sup>2</sup>, דניאל ביקל<sup>3</sup>, רואי בן דוד<sup>4</sup>

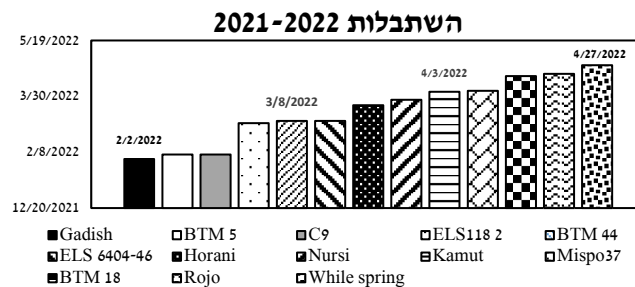
1-המחלקה לחקר בקר וצאן, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני; 2-המחלקה לחקר ירקות וגידולי שדה, מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת; 3-תחום בקר, אגף בע"ח, שה"מ; 4-המחלקה לחקר ירקות וגידולי שדה, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני  
[uzim@volcani.agri.gov.il](mailto:uzim@volcani.agri.gov.il)

**מבוא:** מזון גס מהווה מרכיב חשוב במנתם של מעלי הגירה (מע"ג) מסיבות תזונתיות ובריאותיות. בחישוב משוער נמצא כי צריכת מזון גס בעדר החלב מגיעה עד כדי 640000 טון חומר יבש (ח"י) בשנה. חלק ניכר מגידולי המזון הגס הם גידולי בעל, בעיקר זני חיטה למיניהם וקטניות, התלויים באופן בלעדי בכמות המשקעים השנתית ופיזור על פני תקופת הגידול. במהלך הכנת השחת החומר הקצור עובר הקמלה של כשבועיים ולעתים אף יותר, ובמהלך תקופה זו החומר הקצור חשוף לאירועי גשם העלולים לגרום לעיפוש, התפתחות רעלנים ולפגיעה בערך התזונתי של השחת, עד כדי פסילתה לשימוש להזנת מע"ג. בשנים האחרונות ייצור המספוא, ובעיקר השחת בישראל נפגע עקב חשיפה לגשם בסוף החורף ואף באביב במהלך ההקמלה, ולעתים קרובות התזונאים נאלצים לוותר על השחת באיכות ירודה שאינה ראויה להאבסה ולמצוא חלופות מתאימות גם אם יקרות יותר, גם במנות של פרות חלב גבוהות תנובה. לפיכך, קיים צורך לבחון מבחינה ממשקית וטיפוחית שילובם של זנים ייעודיים אפילים לשחת בעלי ערך תזונתי גבוה למע"ג, המשתבלים מאוחר יחסית ומאפשרים דחייה במועד הקציר העשויה להקטין משמעותית את הסיכון לאירוע גשם ופגיעה באיכות השחת. בעבודת מחקר זו הצענו לראשונה לבחון באופן שיטתי מגוון של קווי טיפוח חדשים של דגן אפיל עבור ייצור המספוא ובעיקר עבור ייצור השחת המקומי. אנו מניחים שניתן יהיה לאתר זנים אפילים עתירי יבול ובעלי ערך תזונתי גבוה להזנת מעלי גירה, שיאפשרו קציר במועד מאוחר לאחר או בשלהי עונת הגשמים, ויצמצמו באופן משמעותי את הסיכון לחשיפה של השחת המוקמלת בשדה, לגשמי סוף עונת החורף.

**חומרים ושיטות** - בשנה הראשונה של המחקר גודלו בחוות גילת אשר בנגב פאנל קווים/זנים הכולל: שני זני כוסמין; שני זני חיטה דו-גרירית; שני זני דורום מסורתי אפיל (נורסי וחוראני); זן קמוט; שלושה קווי חיטה אפילה (צאצאי חיטה חורפית x חיטה אביבית); ושלושה זני היקש: זן אפיל-מספוא 37; זן דו-תכליתי - גדיש; זן דורום - C9. הזנים נזרעו במבנה בלוקים באקראי בשש חזרות. גודל תת חלקה מינימלי היה 20 מ"ר. חשוב לציין כי הניסוי התבצע עם השקיית עזר מבוקרת, ולא התבסס על השקיית מי גשמים בלבד. הזנים נבחנו לפנולוגיה, גובה קמה, וביומסה. הזנים נקצרו בנפרד, לאומדן יבול סופי בהבשלת חלב-דונג (30-40 ח"י) בשלוש חזרות טכניות (25 ס"מ<sup>2</sup>) לכל חלקה. החומר שיוצר מן הזנים השונים נשלח למעבדת Dairy One בארה"ב לבחינת הרכב כימי מקיף ונעכלות מקטע ה-NDF ב-48 שעות.

**תוצאות - באיור מספר 1 מופיעים מועדי ההשתבלות של כל הקווים בניסוי. נמצא הבדל של כ- 3 חודשים בין הקו שהשתבל ראשון – גדיש – לבין הקו שהשתבל אחרון – White spring. מנעד רחב זה במועד ההשתבלות מאפשר גמישות רבה בבחירת זנים אפילים שיימצאו מתאימים להזנת מע"ג. בטבלה מספר 1 מופיעים היבולים, אחוז ה-NDF, נעכלות ה-NDF (48 שעות), וסה"כ NDF נעכל לדונם. הזנים האפילים, קמוט, מספוא-37 ו-White spring היו בין הזנים עתירי היבול. אחוז ה-NDF היה גבוה ביותר בשני זנים אפילים, White spring ו-Rojo, ושיעור הנעכלות של NDF היה גבוה ביותר בשלושה זנים אפילים, BTM18, קמוט ו- מספוא-37. סה"כ NDF נעכל לדונם היה גבוה ביותר בארבעה זנים אפילים.**

**איור 1. מועדי השתבלות של הקווים השונים**



**טבלה 1. יבולים, אחוז ה-NDF, נעכלות NDF (48 שעות) וסה"כ NDF נעכל**

יבול לדונם, ק"ג		NDF, %		נעכלות NDF		NDF נעכל, ק"ג לדונם	
Kamut	1531	White spring	60.8 <sup>a</sup>	BTM 18	63.3 <sup>a</sup>	Mispo 37	455
ELS 6404-46	1446.7	Rojo	60.1 <sup>a</sup>	Mispo 37	63.0 <sup>ab</sup>	KAMUT	442
Horani	1385.7	Nursi	55.8 <sup>ab</sup>	Kamut	59.8 <sup>abc</sup>	BTM 18	410
Mispo 37	1366.2	Mispo 37	55.5 <sup>b</sup>	BTM 44	59.3 <sup>abcd</sup>	ROJO	402
BTM 44	1364.1	ELS 6404-46	54.6 <sup>bc</sup>	C9	58.0 <sup>abcd</sup>	White spring	381
White spring	1357.9	Horani	54.0 <sup>bc</sup>	Gadish	57.2 <sup>cd</sup>	ELS 6404-46	364
Rojo	1231	Kamut	53.6 <sup>bcd</sup>	BTM 5	57.0 <sup>bcd</sup>	Horani	352
Nursi	1221.1	BTM 18	52.8 <sup>bcd</sup>	White spring	57.0 <sup>cd</sup>	Nursi	338
BTM 18	1220.4	C9	50.2 <sup>cde</sup>	ELS 6404-46	54.8 <sup>cd</sup>	BTM 44	332
Gadish	984.3	BTM 5	49.3 <sup>de</sup>	Rojo	54.8 <sup>cd</sup>	Gadish	241
BTM 5	884.5	Gadish	47.5 <sup>ef</sup>	Nursi	54.5 <sup>cd</sup>	BTM 5	224
C9	778.2	BTM 44	44.8 <sup>ef</sup>	Horani	53.8 <sup>d</sup>	C9	204

**סיכום ודיון –** בניסוי הראשון גודלו בתנאים מבוקרים 12 זני מספוא, ונמצאו הבדלים גדולים במועד ההשתבלות בין הזנים השונים. כמו כן נמצא כי הזנים האפילים הם בעלי יבולים גבוהים, אחוז NDF גבוה עם נעכלות טובה. בשנה האחרונה חזרנו על ניסוי השדה בעונת גידול נוספת, ולאחר ניתוח התוצאות של שנתיים נבחר זנים אפילים שיהיו עתירי יבול עם מאפיינים מתאימים להזנת מע"ג, ונבצע ניסוי הזנה ברפת הפרטנית במכון וולקני שבמהלכה נבחן גם פרמטרים אגרוטכניים. העבודה במימון קרן המחקרים של מועצת החלב.

## איכות ויבול של מיני דגן חורפי פופולריים בישראל

דניאל ביקל\*<sup>1</sup>, רואי בן-דוד<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>תחום בקר לחלב, שה"מ, משרד החקלאות; <sup>2</sup>- מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני.

[bik.dan374@gmail.com](mailto:bik.dan374@gmail.com)

מבוא: הכללת מזון גס במנת ההזנה של פרות חלב, נובע בין היתר מן הצורך לספק כמות סיב נאותה לפעילות כרס תקינה. לאור תנאי הייצור המספוא בישראל, המזון הגס משולב בכמות המינימאלית במנת חולבות. מכאן, שהמטרה בגידול מספוא גס הוא יצירת מסה וגטיבית רבה ככל הניתן המכילה דופן תא צמחי איכותי שנעכלותו טובה.

מידי שנה נבחנים זני דגן חורפי חדשים המיועדים למספוא גס ועתידים להיכנס אל סל המזונות של ענף הרפת, בחינה זו מתקיימת מדי שנה בשל רגישות הזנים הוותיקים לתנאי סביבה ונחיתותם ביכולת ההנבה. המחקר העוסק בהיבטים האגרוטכניים והתזונתיים עבור מעלי הגירה, מחייב עדכון מתמיד בנוגע לאימוץ הזנים החדשים, וזאת במטרה להשיא את יבול המספוא הגס בהתאם לאזור גידולו, ותוך הקפדה על האיכות התזונתית והתאמתו לשלוחות השונות. המועד המיטבי לקציר חיטה עבור פרת החלב הוא כזה בו נעכלות דפנות התאים טובה, ובמקביל מושג יבול סביר. גידול חיטה למספוא חורפי בישראל מתבסס על זנים דו-תכליתיים אשר יכולים לתת מענה טוב ליוגב לקציר גרגירים או לקציר מספוא, אך בפועל קיים פער ידע גדול לגבי איכותו של המספוא הגס לאורך שלבי הגידול ובמועדי קציר שונים.

**מטרת המחקר:** בחינת האיכות התזונתית לאורך שלבי הגידול של זני דגן חורפי פופולריים במזרע הארצי.

**שיטות העבודה:** המחקר בוצע בעונת 2021-2022 בחוות מרכז של מכון וולקני (צפריה). נבחרו 6 זנים הנפוצים כיום ובשנים האחרונות במזרע הארצי (לפי א"ב): איתם, גדיש, גליל, מספוא 37, עומר, רגב. כל זן נזרע בחלקות של כ- 15 מ"ר ונקצר בכ- 4 מועדים, במרווחי זמן קבועים ממועד ההשתבלות. בכל שלב בגידול בוצע דיגום ביומסה לאומדן יבול ח"י, לקביעת תכולת הח"י והתבצעה הפרדת מסת השיבולים והמסה הוגטיבית. הירק הקצור יובש בתנור (60 מ"צ למשך 48 ש"), נטחן עם נפה של 1 מ"מ ולאחר מכן נשלח לאנליזות מעבדתיות שכללו הרכב כימי מלא ונעכלות NDF.

**תוצאות:** הנתונים האגרוטכניים הממוצעים של הזנים שנבחנו מוצגים בטבלה 1. מנתונים אלו עולה כי בסביבת הגידול הנתונה (צפריה אביב 2022), משך התארכות הגרגר היה כ- 28 ימים, משך זמן מילוי החלב בגרגר היה כ- 14 ימים נוספים לאחר מכן, ואילו הגעה לשלב דונג (מועד קציר מאוחר ובלתי רצוי) הייתה לאחר 42 ימים ממועד ההשתבלות. נתוני היבול והאיכות הממוצעים לכל שלב פנולוגי מוצגים בטבלה 2. ניתן לראות כי במקביל לעלייה ביבול הח"י לדונם, חלה ירידה באחוז החלבון, ב-aNDFom, וכמו כן גם בנעכלות NDF המהווה את תו התקן לגבי איכותו של המזון הגס. הירידה באיכותו של המזון הגס נגרמת בעיקר עקב שינוע סוכרים מהעלים והקנה אל עבר הגרעין ואגירתם כעמילן, תוך כדי יצירת קשרים כימיים בדפנות התאים בין הליגנין להמיצלולוז ככל שהצמח מתבגר והתפתחות הגרעין מואצת.

**טבלה 1.** ימים מהשתבלות, ימי המעלה\* בגידול וימי המעלה מהשתבלות, מוצגים כממוצעים והשת"מ\*\*\* של כל הזנים לפי השלבים הפנולוגיים לאורך הגידול.

שלב פנולוגי	ימים מהשתבלות ± שת"מ	ימי מעלה בגידול ± שת"מ	ימי מעלה מהשתבלות ± שת"מ
השתבלות	0.0 ± 0.00	1521 ± 30.4	0.0 ± 0.00
פריחה***	7.0 ± 0.50	1623 ± 28.8	102 ± 5.60
1/3 גרעין	15 ± 0.50	1715 ± 24.2	194 ± 7.88
1/2 גרעין***	22 ± 0.71	1786 ± 16.7	265 ± 14.2
תחילת מילוי חלב	28 ± 0.41	1873 ± 33.8	352 ± 6.75
אמצע מילוי חלב***	35 ± 0.41	2002 ± 40.4	481 ± 11.9
סוף מילוי חלב***	42 ± 0.41	2136 ± 37.2	615 ± 8.97
דונג***	49 ± 0.50	2281 ± 46.5	760 ± 17.5

\* חישוב יום מעלה: מספר השעות מעל 0 מעלות צלזיוס כפול מספר השעות ביממה.  
 \*\* שת"מ: שגיאת התקן של הממוצע.  
 \*\*\* מועדים בהם בוצע דיגום.

**טבלה 2.** אומדן היבול, תכולת החלבון, aNDFom, פל"מ, עמילן ושיעור נעכלות NDF מוצגים כממוצעים של כל הזנים לפי השלבים הפנולוגיים לאורך הגידול.

שלב פנולוגי	אומדן יבול ק"ג ח"י לדונם	חלבון כללי	aNDFom	פל"מ	עמילן	נעכלות NDF ש' 48
פריחה	444 <sup>ד</sup>	9.68 <sup>א</sup>	56.5 <sup>א</sup>	22.7 <sup>ג</sup>	0.76 <sup>ג</sup>	67.6 <sup>א</sup>
חצי גרגר	598 <sup>ג</sup>	8.04 <sup>ב</sup>	53.7 <sup>אב</sup>	28.2 <sup>ג</sup>	0.96 <sup>ג</sup>	62.8 <sup>א</sup>
אמצע מילוי חלב	758 <sup>ב</sup>	7.58 <sup>ב</sup>	48.7 <sup>בג</sup>	33.9 <sup>ב</sup>	3.82 <sup>בג</sup>	55.4 <sup>ב</sup>
סוף מילוי חלב	853 <sup>אב</sup>	7.30 <sup>ב</sup>	44.3 <sup>גד</sup>	39.4 <sup>אב</sup>	10.1 <sup>אב</sup>	52.0 <sup>בג</sup>
דונג	973 <sup>א</sup>	7.08 <sup>ב</sup>	42.8 <sup>ד</sup>	40.8 <sup>א</sup>	11.6 <sup>א</sup>	49.6 <sup>ג</sup>
שת"מ*	31.5	0.25	1.27	1.29	1.11	1.15

א, ב, ג, ד, ה - ערכים ממוצעים באותו הטור המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית  $p < 0.05$ , לפי מבחן Tukey Kremer (q).  
 \* שת"מ: שגיאת התקן של הממוצע.

**לסיכום:** לימוד תכונות היצרנות והאיכות התזונתית של זני הדגן החורפי בישראל הינו גורם חשוב ומכריע לקידום ענף הרפת הן בפן הכלכלי והן בפן המקצועי (המזון היחיד שביכולתנו להשפיע על איכותו). המחקר הנוכחי מציג פירות ראשוניים של לימוד זה, אך מחזק את הצורך להקיף מגוון רחב של זנים וסביבות גידול נוספות. מחקר המשך כזה יאפשר חקר של הערך התזונתי והכלכלי של מיני דגן חורפי קיימים וחדשים אשר מיועדים למספוא עבור רפת החלב.

מחקר זה מומן ע"י קרן המחקרים של שה"מ.

## שימוש בצמח הקינואה כגידול חדש למספוא והשפעתו על יצרנות, בריאות ויעילות ניצולת מזון פרטנית בפרות גבוהות תנובה

אביב אשר\*<sup>1</sup>, ל. רובינוביץ<sup>1</sup>, ש. גלילי<sup>2</sup>, י. שעני<sup>3</sup>, ט. וויטני<sup>4</sup> וע. מועלם<sup>2</sup>  
1 - מכון המחקר מיגל/מו"פ צפון. 2 - מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני. 3 - תחום בקר, אגף בע"ח, שה"מ. אוניברסיטת Texas A&M [avivas@migal.org.il](mailto:avivas@migal.org.il)

**מבוא:** בשנים האחרונות קיימת עליה משמעותית במחירי המזון של ענף הבקר לחלב ולבשר כולל עלייה משמעותית במחיר מקורות החלבון במנות ההזנה של מעלי הגירה. לכן, יש צורך בפתוח של מקורות חלבון מקומיים חדשים באיכות גבוהה ויעילות ניצולת מים גבוהה ובעלות שתהיה אטרקטיבית למגדלי הבקר בישראל. מקורות אלה גם יאפשרו גיוון של צמחי המספוא במחזור, המבוסס כיום בעיקר על חיטה, שיתרום להתמודדות עם מחלות, מזיקים ועשבים רעים ויאפשר גידול של צמחים בעלי ניצולת מים גבוהה במחזור הפלחה. גידול קינואה למספוא הינו בעל פוטנציאל רב למתן מענה לבעיות שצוינו לעיל.

**מטרת המחקר** המרכזית הייתה לבחון את השפעת הזנה של פרות חלב בשחת קינואה על ביצועים ויעילות ייצור וניצולת מזון באופן פרטני, בהשוואה להזנה בשחת חיטה.

**שיטות וחומרים:** ניסוי ההזנה בוצע ברפת הפרטנית בבית דגן על 42 פרות מניבות לתקופה של 60 ימים. הפרות חולקו לשתי קבוצות (21 פרות בקבוצה), על בסיס מספר התחלובה, ימים בתחלובה, תנובת חלב (ק"ג/ליום) ומשקל גוף (ק"ג). במהלך הניסוי נמדדו באופן פרטני ורציף: צריכת מזון, תנובת החלב, משקל גוף ומדדי התנהגות (משך העלאת גירה, מנוחה, מספר רביצות וצעדים ביממה). הפרות נחלבו פעמיים ביממה (07:00, 15:00) ובוצעו דיגומי חלב ודרוג המצב הגופני לכל הפרות בתחילת הניסוי ובסופו. דוגמאות החלב נשלחו למעבדת החלב בקיסריה למדידת הרכב חלב (שומן, חלבון, לקטוז ותאים סומטיים). בוצעו דיגומי מזון וצואה בשעות שונות ביממה למשך 4 ימים ונמדדה נעכלות פרטנית של המנה באמצעות שימוש בסמן הפנימי Indigestible NDF. מתוך נתוני תנובת החלב והרכבו, צריכת המזון הפרטנית ונעכלות המנה חושבו מדדי יעילות ניצולת מזון פרטנית.

**תוצאות:** נתוני ההרכב הכימי וערכי הנעכלות בכרס מלאכותית *in vitro* של שחת קינואה ושחת חיטה מוצגים בטבלה 1. אחוז החלבון, שומן, נעכלות חלבון ונעכלות הח"י צמחי במבחנה היו גבוהים באופן מובהק בשחת הקינואה לעומת שחת החיטה. לעומת זאת אחוז הליגנין ו NDF היו גבוהים באופן מובהק בשחת החיטה יחסית לשחת קינואה. אחוז חומר אורגני ונעכלות NDF נטו להיות גבוהים יותר בשחת החיטה יחסית לקינואה. תוצאות הביצועים, הרכב חלב, מרכיבי מאזן האנרגיה, מדדי יעילות ניצולת מזון והתנהגות מתוארים בטבלה 2. צריכת המזון של פרות מקבוצת הטיפול (קינואה) הייתה נמוכה יותר (נטייה) יחסית לפרות מקבוצת הביקורת (חיטה) אך תנובת החלב של הפרות מקבוצת הטיפול הייתה גבוהה יותר (נטייה) יחסית לקבוצת הביקורת. לא נמצא הבדל מובהק במשקל ובמצב הגופני בין הקבוצות. אחוז נעכלות הח"י (*in-vivo*) של הפרות מקבוצת הניסוי היה גבוה באופן מובהק יחסית לביקורת. אחוז השומן בחלב של פרות מקבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק יחסית לביקורת ואחוז החלבון נטה להיות גבוה יותר בחלב של פרות מקבוצת הביקורת יחסית לטיפול. כמות התאים הסומטיים (SCC) היה נמוך באופן מובהק בחלב של קבוצת הניסוי יחסית לביקורת. ערכי האנרגיה המטבולית הנצרכת, האנרגיה בחלב וסה"כ האנרגיה הנאצרת בחלב



ובשינוי מצב גופני היו גבוהים באופן מובהק בקבוצת הטיפול יחסית לביקורת. מדדי יעילות ניצולת המזון, יעילות צריכת מזון שארית (RFI<sub>DM</sub>) ויעילות אנרגטית של קבוצת הטיפול היו גבוהים באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. משך העלאת הגירה היה גבוה בקבוצת הביקורת יחסית לטיפול.

טבלה 1. ההרכב הכימי ונעכלות ח"י במבחנה, נעכלות NDF וחלבון של שחת קינואה ושחת חיטה. כל ערך מייצג ממוצע ± שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים נקבעו כמובהקים עבור  $P < 0.05$ ; במבחן Student's t test.

P-value	שחת קינואה	שחת חיטה	מדד
< 0.05	.4 ± 2.1118	.3 ± 1.7829	חומר יבש בקציר (%)
90.0	42.3.1 ± 28	87.2 ± 9.88	חומר אורגני (% בח"י)
< 0.01	19.5 ± 2.12	23.1 ± 2.7	חלבון כללי (% בח"י)
70.0	13 ± 0.8.32	12 ± 0.14.2	שומן (% בח"י)
< 0.01	± 0.19513.	± 0.3542.6	ליגנין (% בח"י)
< 0.01	27 ± 1.3.40	97.1 ± 5.44	NDF (% בח"י)
5 < 0.0	12.2 ± 93.2	13.3 ± 6 .86	נעכלות חלבון (% מתוך חלבון כללי)
100.	88.2.2 ± 44	12.2.1 ± 15	נעכלות NDF במבחנה (% מתוך NDF, 48 שעות)
5 < 0.0	98 ± 1.3.73	79.1 ± 1.26	נעכלות ח"י וגטטיבי במבחנה (% מתוך ח"י)

טבלה 2. ביצועים, הרכב חלב, מרכיבי מאזן האנרגיה יעילות ניצולת מזון ומדדי התנהגות של פרות מקבוצת הטיפול (קינואה) וקבוצת הביקורת (חיטה). כל ערך מייצג ממוצע ± שגיאת תקן. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור  $P < 0.05$ ; במבחן Student's t test.

Trait	טיפול (קינואה)	ביקורת (חיטה)	מובהקות
<b>ביצועים</b>			
תנובת חלב, ק"ג ליום	2243.4 ± 0.	62.4 ± 0.24	0.09
צריכת ח"י, ק"ג ח"י/יום	± 0.8298.2	30.6 ± 0.86	0.08
משקל גוף, ק"ג	52657 ± 9.	660 ± 10.1	0.82
מצב גופני, סקלה 1-5	.74 ± 0.092	.72 ± 0.102	0.44
נעכלות ח"י (%)	68.4 ± 1.72	64.7 ± 2.41	< 0.05
העלאת גירה (דקות ביממה)	520 ± 11.9	578 ± 10.6	< 0.05
<b>הרכב חלב</b>			
שומן, %	4.78 ± 0.14	4.40 ± 0.13	< 0.05
חלבון, %	3.31 ± 0.06	.43 ± 0.053	0.09
לקטוז, %	4.77 ± 0.05	4.83 ± 0.04	0.33
סת"ס, תאים*1000/מ"ל	98.1 ± 19.7	221.6 ± 43.8	< 0.05
<b>מרכיבי מאזן אנרגיה</b>			
אנרגיה מטבולית נצרכת, מק"ל/יום	76.9 ± 2.28	74.1 ± 3.26	0.10
אנרגיה בחלב, מק"ל/יום	35.3 ± 0.83	33.4 ± 0.95	< 0.01
הוצאת אנרגיה, מק"ל ליום	34.1 ± 2.23	35.5 ± 2.53	0.48
<b>יעילות ניצולת מזון</b>			
יעילות ניצולת מזון, ק"ג חלב/ק"ג ח"י	1.50 ± 0.04	1.39 ± 0.06	< 0.05
יעילות ניצולת מזון שארית (ק"ג ח"י/יום)	-1.06 ± 0.66	0.95 ± 0.67	< 0.05
יעילות אנרגטית (אנרגיה נאצרת/אנרגיה נצרכת, יחס)	0.55 ± 0.02	10.52 ± 0.0	< 0.05

**לסיכום:** מהתוצאות עולה כי, פרות מקבוצת הטיפול היו יעילות באופן מובהק יחסית לפרות הביקורת בכל מדדי היעילות. צריכת מזון נמוכה יחסית לתנובת החלב הן לפי מדדי היעילות הקלאסית והן לפי יעילות צריכת מזון שארית, הינה משמעותית לרווחיות הגידול. מדד יעילות התמרת האנרגיה ונעכלות המנות משלימות ומחזקות את ההסבר האנרגטי להבדלים ביעילות ניצולת המזון ומחזק את הסברה ששילוב של קינואה במנת פרות מניבות עשוי לשפר בהיבט הכלכלי ובהיבט הפיזיולוגי את יעילות הייצור של פרות חלב ואף לשפר את איכותו (סת"ס נמוך בקבוצת הטיפול) ובהתאם עשוי להעלות את רווחיות הרפת. כלומר, תוצאות הניסוי מצביעות על הפוטנציאל הגבוה של הקינואה לשמש כצמח מספוא איכותי לבקר לחלב בישראל.

העבודה במימון קרן המחקרים של מועצת החלב וקרן המדענית הראשית, משרד החקלאות.



## סקירת זני מספוא חדשים להזנת בקר בישראל

יואב גולן

שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות וביטחון המזון; [Yoavg@shaham.moag.gov.il](mailto:Yoavg@shaham.moag.gov.il)

תנובות החלב של פרת החלב המודרנית הגיעו בשנים האחרונות לשיאים חדשים, וכתוצאה מכך גם הצרכים התזונתיים עלו בהתאם. משק בע"ח בכלל ומשק החלב בפרט, נשען על שני גידולי מספוא עיקריים (חיטה ותיירס). עובדה זו עלולה להיות אבן נגף בגידול בע"ח ופרות החלב. כלומר, כל שינוי במהלך גידול המספוא העיקרי משפיע באופן ישיר על כלכליות משק החלב וגידול בע"ח ללא אפשרות לפתרונות מדף חלופיים. **מטרת ההרצאה** היא הצגת העבודות השונות והגידולים השונים והמגוונים, אותם חוקרים ואנשי הדרכה בכל רחבי הארץ, בוחנים בכדי לענות על צרכי הרפת תוך התמקדות ביבול חומר יבש איכותי, והתנתקות מהתלות במזונות העיקריים עליהם הענף נשען. **קינואה – דר' ליאור רובינוביץ' ודר' אביב אשר:** גידול קינואה למספוא. תוצאות הקדמיות שהתקבלו מניסוי הזנה פרטני של שילוב תחמיץ קינואה במנת הפיטום של עגלים בוגרים בהשוואה למנת פיטום שהכילה תחמיץ חיטה שבוצע במר"פ צפון, הראו שלעגלים שהוזנו בתחמיץ קינואה הייתה יעילות ניצולת מזון פרטנית גבוהה באופן מובהק והם פלטו באופן מובהק פחות גזי חממה יחסית לעגלים שהוזנו בתחמיץ חיטה. לאחרונה, נבחן גידול של קינואה צעירה. תצפית הזנה הקדמית בדיר עזים מסחרי לבחינה ראשונית של הזנת עזים חולבות בשחת קינואה צעירה כמזון הגס במנה נראה יתרון להזנת קינואה כשחת צעירה על פני אספסת הן מבחינת יעילות ניצול המזון וייצור החלב והן מבחינת איכות החלב. תוצאות הקדמיות אלו מצביעות על פוטנציאל ממשי בשילוב הקינואה הצעירה כמזון גס איכותי להזנה של מעלי גירה. **חיטפון – דר' רואי בן דוד ודודי שמש:** חיטת שיפון (חיטפון) מגודלת בעולם מזה שנים רבות למספוא. זני יבוא שנבחנו בארץ לפני עשורים, ושוב בשנים האחרונות, היו רגישים לרביצה ו/או הניבו יבול בינוני. חיטת שיפון מטיפוח מקומי הראתה כושר ניבה גבוה למספוא במבחני זנים של השנים האחרונות. בעבודות שונות נבדק מה שיעור הזריעה הרצוי בזני חיטפון שונים מטיפוח מקומי, לקבלת תוצאות מיטביות של יבול ואיכות. לימוד האגרוטכניקה של זני חיטפון חדשים עשוי לעזור לכניסה של זנים בעלי פוטנציאל יבול גבוה למספוא. הזנים מתאפיינים במשך מילוי גרגר ארוך לעומת זני החיטה המקובלים ונראה כי ניתן לקצור אותם בשלבי מילוי גרגר מוקדמים ולשמור על יבול חומר יבש זהה לדגנים אחרים כגון חיטה ושעורה מבלי לפגוע במדדי האיכות של החומר הגס. **חיטה חורפית – דניאל ביקל:** גידול הדגן החורפי בארץ מבוסס בעיקר על משקעים עונתיים (גידול בעל), מצב היוצר תלות גדולה בכמות המשקעים ופיזורם לאורך עונת הגידול. מכאן שיעילות ניצול המים ע"י צמח המספוא הוא תכונה מרכזית באזורים יובשניים וחצי יובשניים. בעבודות בעבר נראה כיצד ירידה של 10% ממנת המים העונתית מביא לפגיעה של עד 25% ביבול חיטה לשחת. מרבית משטחי גידול החיטה בארץ נמצאים באזור לכיש והנגב, ובה מגודלת החיטה בכמות משקעים בינונית עד נמוכה (130-400 מ"מ עונתי) עם תנודתיות גבוהה ופיזור גשמים בלתי צפוי. באזורים אלו, בעת השלמת מלאי מזון גס ע"י גידולי קיץ נדרשת תוספת השקיה גדולה בכדי לעמוד ביעד הייצור של ח"י למספוא. הפתרון המוצע כולל שימוש בזני חיטה חורפית חדשים (אפילים מאוד) בממשק מושכל של השקיית עזר (כ- 250 קוב/דונם). **שחת תירס – דניאל ביקל ויואב גולן:** בעונת הקיץ החולפת (מאי – יולי 2023) ביצענו תצפית בכמה אתרים ח"י לדונם המאופיין

באיכות הזנתית מעולה. ניסיונות בגידול תירס בציפוף גבוה (כ- 45 אלף זרעים לדונם) מתועדים בישראל עוד בשנות ה-60, כאשר ייעוד הירק היה לעשיית שחת או כמספוא ירוק. משך גידול התירס לשחת כ- 60 ימים והקציר בסמוך למועד הפריחה טרם שליפת המשי. בגידול זה מתקבל יבול של כ- 1 טון ח"י/דונם. ניתן לומר כי שיטת גידול זו מאפשרת ייצור מזון גס באיכות מעולה (נעכלות דופן תא מעל 70%), תוך הקטנת כושר ייצור הביומסה (מכ- 1.8 טון ח"י/ד' לכ- 1 טון ח"י/ד') אך עם זאת העמדת ביומסה ריאלית היכולה להתחרות בגידולי קיץ אחרים כמו סיטריה. **טף – יפתח גלעדי, דר' שירן בן זאב ופרופ' יהושע סרנגה:** בן-חילף (*Eragrostis Tef*) הוא צמח ממשפחת הדגניים המוכר לאדם כגידול חקלאי כבר למעלה מ-2000 שנה. הטף הוא צמח חד שנתי, בעל גבעול זקוף, והתפרחת היא בצורת מכבד. צמח הטף הוא בעל מסלול פוטוסינטטי C4 המותאם לתנאי קרינה חזקה לניצול יעיל של מים ולגידול במגוון תנאי עקה, בדגש על מליחות וחום. הטף ידוע בעולם כצמח רב קצירי, בעל כושר ייצור גבוה ומצטיין באיכותו כמספוא. הטף כגידול מספוא צובר עניין בקרב מרכזי מזון ורפתנים המחפשים שחת דגן איכותית, עתירת חלבון. בשנים האחרונות מתבצעות עבודות לכיול משטרי ההשקיה וכן אפיון של התכונות הדרושות מזני מספוא בעלי ערך כלכלי גבוה. שחת טף מתאימה במיוחד לשווקים כמו הזנת צאן וסוסים ועשויה להתאים לפרות חולבות גבוהות תנובה.

**סורגום – יואב גולן:** גידול הסורגום מהווה נדבך חשוב בגידול המספוא הקייצי. ישנם אזורים בהם הסורגום נחשב כגידול מספוא מרכזי גם בשל העדפת הרפתנים לסיב איכותי וגם בשל העדפת המגדלים לגידול חסכוני במים. בעשור האחרון היו שני מקרים בהם אובחן נגע הסגר בגידול הסורגום. פטריית ארגוט ממין *Claviceps Africana* תוקפת את פריחת הסורגום ומהווה בעיה לשימוש בצמח כמזון משומר, בשל חשש להימצאות רעלנים מסוכנים (אלקלואידים) לבע"ח המיוצרים על ידי הפטרייה. בשל נגע זה והעובדה שניהול הסיכונים של גופי הרגולציה של משרד החקלאות היא "אם יש סיכון – אין סיכון" – אין גידול סורגום כיום בארץ! **סיטריה – דר' אריק הירשמן ויואב גולן:** הסיטריה, או זיפן בעברית (*Setaria italica*), הוא דגן קיצי חד קצירי, המשמש לייצור שחת קייצית. משך הגידול כ-45 – 65 יום, בהתאם למועד הזריעה, הגידול הקודם ותנאי הסביבה. מזה זמן רב אנו מגדלים זן סיטריה אחד ואין תוכנית טיפוח לזנים חדשים עתירי יבול ואיכות. בשנים האחרונות חברת הזרע 39 בראשות המטפח הראשי שלהם אריק הירשמן טיפח מספר קווים גובהי קומה, עלה רחב יותר ואפילות אשר מתבטאת במשך גידול ארוך יותר לעומת הזן המסחרי. בשנים האחרונות אנו בוחנים קווים אלו, כאשר בשנה החולפת בחנו את הקווים הנבחרים במבחן זנים מול שני זנים מסחריים, בעמק החולה. נמצאו שני קווי טיפוח של חברת הזרע 39 שהניבו יבול רב יותר מהזנים המסחריים. נותר לבחון האם יש הבדלים תזונתיים בין הקווים החדשים לזנים המסחריים. דגימות של חומר יבש נשלחו למעבדת DairyOne לניתוח מדדי איכות הזנתית. **סיכום ומסקנות –** בעבודות הנ"ל יש ממש בכדי למצות את יעדי המחקר של מועצת החלב מבחינת פוטנציאל היבול והאיכות ההזנתית למעלי גירה יצרניים. הנחת היסוד של מחקרים אלו היא כי באמצעות שיפורים אגרוטכניים, התאמת זנים ואף גידולים חדשים ניתן יהיה למצות באופן אופטימאלי את פוטנציאל היבול ואיכותו. אני מאמין כי עבודות אלו הן הדרך לגישור ומציאת שביל הזהב בין גידולי השדה לרפתנים הן מבחינת כלכליות והן מבחינת מענה על צרכי בע"ח ואיכות התזונתית שלהם.

# פוריות

מושב מיוחד 11

יו"ר: דר' מאיה זכות

## מוות עוברי בחודש השני של ההריון, כשל שחלתי או כשל עוברי?

עוזי מועלם\*, רועי שקד

המחלקה לחקר בקר וצאן, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני  
[uzim@volcani.agri.gov.il](mailto:uzim@volcani.agri.gov.il)

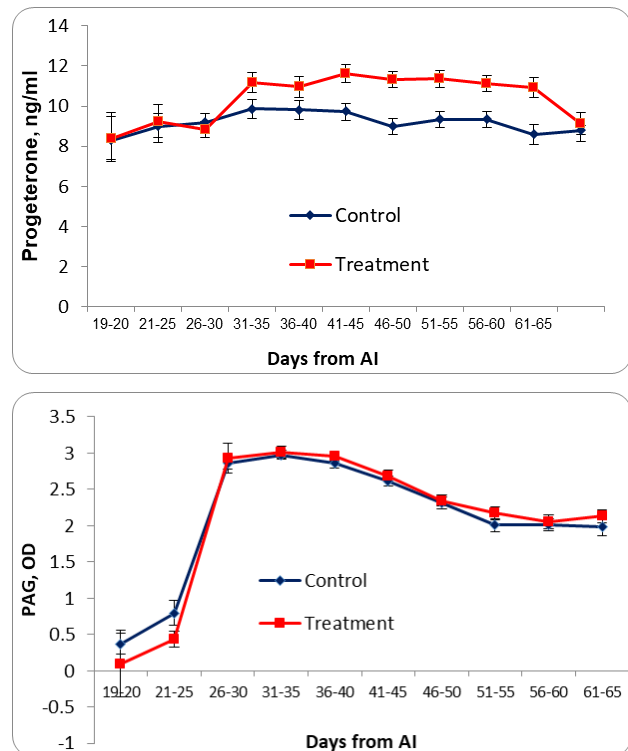
**מבוא:** שיטות חדשות לבדיקות הריון כמו סריקה באולטרסאונד או בדיקות בחלב (פרוגסטרוון או PAGs) מאפשרות זיהוי מוקדם של ההריון (28-30), תרמו להוספת מידע חיוני אודות העיתוי המדויק של אובדן הריונות בשלבים יותר מאוחרים מאשר החודש הראשון. מחקרים שנעשו בארה"ב ובישראל הראו איבוד הריונות משמעותי בחודש השני של ההריון: בארה"ב נמצא באחד מן המחקרים כי 11.7% מן הפרות המזוהות כהרות עד יום 30, מאבדות את ההריון בין יום 32 ליום 60 לאחר ההזרעה, ובישראל נמצאו נתונים דומים, כאשר 149 פרות מתוך 940 שנבדקו (15.9%) איבדו את ההריון בין יום 30 ל-42 לאחר ההזרעה. מידע חדש זה מעיד על אובדן הריון משמעותי המתרחש בחודש השני של ההריון, שהמנגנון הפיזיולוגי הגורם לכך עדיין לא ברור. עבודות מחקר רבות בחנו את חיוניותו של הגוף הצהוב בחודש הראשון להריון, כאשר מתרחשת לוטיאוליזה בפרות שאינן מתעברות. אינטרפרון-טאו (IFNT) הוא הסיגנל העוברי העיקרי המונע את הפרשת הפרוסטגלנדין  $(PGF_{2\alpha})_{F_{2\alpha}}$  בחודש הראשון ותורם להמשך קיומו של הגוף הצהוב (CL). ואולם נמצא כי ריכוזו של ה-IFNT יורד ברמתו לקראת תום החודש הראשון של ההריון עד לרמות בלתי ניתנות למדידה. כלומר בהיעדר IFNT, יכול להיות כי קיים מנגנון אחר התורם להמשך קיומו של ה-CL. אחת השאלות המרכזיות היא האם איבוד ההריון בחודש השני של ההריון נגרם כתוצאה מכשל שחלתי הגורם לירידה בהפרשת הפרוגסטרוון, או כשל עוברי.

**מטרת המחקר:** בעבודת מחקר זה עקבנו אחר הריונות מיום 25 ועד 63 יום לאחר ההזרעה, על מנת לנסות לבדוק את הגורם לאובדן הריון בחודש השני של ההריון, ולבחון האם תוספת פרוגסטרוון אקסוגנית תתרום לשרידות גבוהה יותר של ההריון. הנחת העבודה הייתה שאם ריכוז הפרוגסטרוון יורד לפני ריכוז ה-PAGs, איבוד ההריון נובע מכשל שחלתי, ואם הירידה ב-PAGs מתרחשת לפני הירידה בפרוגסטרוון איבוד ההריון נובע מתמותה עוברית.

**חומרים ושיטות:** הניסוי נערך ברפת מכון וולקני. בניסוי השתתפו 116 פרות שלא חזרו להתייחס לאחר הזרעה, ונבדקו להריון ע"י בדיקת אולטרסאונד ובדיקות PAGs בחלב בימים 28-30 לאחר ההזרעה. פרות שהראו הריון בקבוצה חולקו ל-2 קבוצות: קבוצת ביקורת שלא טופלה, וקבוצת טיפול בה הוחדרו לפרות 2 סידרים חדשים (CIDR) מיום  $30 \pm 2$  ועד יום 63 לאחר ההזרעה. הסידרים עברו אוטוקלאב והוחלפו אחת לשבוע. דגימות דם נלקחו פעמיים עד שלוש בשבוע מיום 21 ועד יום 63 לאחר הזרעה לבדיקות ריכוז פרוגסטרוון ו-PAGs בדם. כמו כן הפרות עברו בדיקת אולטרסאונד אחת לשבוע בכדי לוודא נוכחות הריון ברחם. פרות שלא אותר בהן הריון בשתי בדיקות רצופות הוצאו מן הניסוי.

**תוצאות:** בסך הכל השתתפו בניסוי 116 פרות. 70 פרות היו בקבוצת הביקורת ו-46 פרות בקבוצת הטיפול. מתוך 116 פרות שנבדקו עד כה, 18 פרות (15.5%) איבדו הריון עד יום 51 לאחר ההזרעה: 4 פרות איבדו הריון בין ימים 35-39, ו-14 פרות בין ימים 41-51 לאחר ההזרעה.

ריכוזי הפרוגסטרון מיום 30 ועד יום 63 לאחר ההזרעה עלו בקבוצת הטיפול בממוצע ב- 1.44 ng/ml (15%; 10.8 ו- 9.4 ng/ml, בהתאמה;  $P < 0.0001$ ).



**גרף מספר 1:** ריכוזי פרוגסטרון ו-PAGs של פרות מ- 20 ועד 63 יום לאחר ההזרעה של פרות שלא איבדו הריון

מניתוח פרטני של פרופיל הפרוגסטרון וה-PAGs של הפרות שאיבדו הריון נמצא כי 10 פרות (55.5%) איבדו הריון כתוצאה מכשל שחלתי, 6 פרות (33.3%) כתוצאה ממוות עוברי ו- 2 פרות (11.1%) מסיבה שאינה ידועה.

**דיון:** העלייה בריכוזי ה-PAGs בדם בפרות הרות החלה בימים 19-20 יום לאחר ההזרעה, כאשר השיא נמצא בימים 25-35 לאחר ההזרעה, ולאחר מכן מתחילה ירידה. נמצא כי ל- 15.5% מן הפרות היה אובדן הריון בין ימים 35-51 יום לאחר ההזרעה, באופן דומה לממצאים מעבודות מארה"ב ומישראל. אובדן הריון בשלב זה של ההריון מחזק את הצורך בבדיקת הריון נוספת בין 40 ל- 50 יום לאחר ההזרעה. יותר ממחצית הפרות איבדו הריון כתוצאה מכשל שחלתי, כלומר ירידה בהפרשת הפרוגסטרון מסיבה שאינה ידועה. כשליש מן הפרות איבדו הריון כתוצאה ממוות עוברי שיכול לנבוע מפגמים גנטיים, בעיות בהשרשה ברחם ועוד.

עבודת מחקר זו מדגישה את הצורך במחקר נוסף שיבחן את האטיולוגיה לאובדן הריון בחודש השני להריון בבקר לחלב, וחיפוש פתרונות אפשריים לצמצום התופעה.

## מחלות רחם דלקתיות והשפעתן על הפוריות

שקד דרוקר\*

שיאון-חברה ישראלית לטיפול והזרעה מלאכותית בע"מ

[shakedd@sion-israel.com](mailto:shakedd@sion-israel.com)

**רקע:** מחלות רחם דלקתיות הן אחד הגורמים המשמעותיים שמשפיעים לרעה על פוריות הפרה, מכיוון שמדובר במחלות שנפוצות מאוד בעדר הבקר לחלב הנזקים הכלכליים שנגרמים לחקלאי כתוצאה ממחלות אלו משמעותיים ביותר. לפי נתוני ספר העדר הישראלי (2023) שיעור דלקות הרחם עומד על כ- 42% (טווח 15-65%). עבודות רבות מראות כי מצבים דלקתיים ברחם משפיעים לרעה על מדדי פוריות בהמשך התחלובה. קיומה של תגובה דלקתית לא-פתוגנית מתונה וחולפת לאחר ההמלטה הינה מצב נורמלי, שקשור לנזק הפיזי שנגרם מההמלטה ולתהליכי ארגון מחדש של הרקמה והחלמה מן ההמלטה. אולם, הגברה משמעותית של העוצמה, או התארכות של התגובה הדלקתית תשפיע לרעה על יכולת הפרה להתעבר. בספרות מוגדרות שלוש תופעות דלקתיות עיקריות ברחם: דלקת רחם אקוטית (מטריטיס) עד שבועיים לאחר ההמלטה, PVD (purulent vaginal discharge) בה יש מעל 50% מוגלה מתוך ההפרשה כחודש לאחר ההמלטה, ואנדומטריטיס ציטולוגי: CEM, הימצאות של תאי חיסון PMN (polymorphonuclear neutrophils) במשטח תאי אפיתל הנאספים על ידי מטוש. ב-CEM לרוב מדובר במחלה תת קלינית שלא מאובחנת, אך בעלת השפעה שלילית על ביצועי הפוריות של הפרה. במבכירות הבדיקה נעשית מוקדם יותר בתחלובה (יום 30-40) מאשר בפרות בוגרות (יום 60-70), ובהתאם ערכי הסף של רמת הנויטרופילים שעל פיהם מוגדרת מחלה, גבוהים יותר במבכירות (7%) לעומת פרות בוגרות (4%). במחקר שנעשה בישראל נמצא שכ-28% מהפרות סובלות מ-CEM. בעוד שמטריטיס ו-PVD נובעים מזיהום פתוגני כמקור לדלקת. משערים כי CEM עשוי ברור, מפני שבחלק ניכר מהפרות אין עדות לזיהום פתוגני כמקור לדלקת. משערים כי CEM עשוי להיות קשור לתגובת יתר של מערכת החיסון, ולא דווקא כתוצאה מזיהום פתוגני. למרות שמנגנון המחלה של מטריטיס לא ידוע עד הסוף, סמנים להתמודדות לא מיטבית עם מצב אנרגיה שלילי (BHBA, NEFA, IGF1, אינסולין, וסידן) לפני ואחרי ההמלטה, המלטה קשה ופגיעה באזור הוואגינה נמצאו כגורמי סיכון להתפתחות דלקת רחם לאחר ההמלטה. בדומה לדלקת רחם לאחר ההמלטה גם ב-CEM סמנים למצב אנרגיה שלילי (BHBA, NEFA, IGF1, וסידן) לפני ואחרי ההמלטה ומטריטיס, נמצאו כגורמי סיכון למחלה.

**טיפול:** הטיפול המסורתי בארץ במטריטיס ו-PVD הוא עם אנטיביוטיקה תוך רחמית. אך הדרך המומלצת להתמודדות עם דלקות רחם היא מניעה, על ידי התמודדות עם המצב המטבולי של פרת המעבר (שלושת השבועות לפני ואחרי ההמלטה). צריך לזכור הסמנים ליכולת הפרה להתמודדות עם מצב אנרגיה שלילי שהם גורמי סיכון להמצאות של דלקות הרחם השונות, נמצאו קשורים לפגיעה בפוריות בעצמם, ללא קשר להמצאות דלקת רחם. במחקר שבוצע במעבדתו של ד"ר טל רז, נמצא כי טיפול הורמונלי בתחילת התחלובה (יום 24-27) לפרות שלא בייצו ספונטנית הביא ליותר פרות שבייצו עד יום 50 ורמה נמוכה יותר של CEM, לעומת פרות שלא קיבלו טיפול הורמונלי. אך בסופו של דבר, לא היה הבדל בין הקבוצה שקיבלה טיפול הורמונלי לקבוצת הביקורת במדדי הפוריות. מכאן שניתן לשקול גם טיפול הורמונלי במקביל לטיפול תנאי הממשק של פרת המעבר, אך מחקר

נוסף דרוש בנושא זה. על מנת לצמצם המלטות קשות במבכירות, מומלץ להשתמש בזרמה ממוינת להזרעת עגלות. המלטות של ולדות ממין נקבה קלות יותר משל ולדות זכרים. דרך נוספת להתמודדות עם דלקות רחם היא גנטיקה, התורשתיות של דלקות רחם היא מאוד נמוכה. אך תכונה שכן אפשר לטפח אליה גנטית היא יכולת העמידות של הפרה (resilience), גם בארץ וגם בעולם, עובדים על הכנסת תכונות שקשורות לתכונה זאת ובשנים הקרובות נראה אותם באינדקס טיפוח הישראלי.

**סיכום:** כמעט כל הפרות נחשפות לזיהום תוך רחמי בזמן ההמלטה אבל לא כולן מפתחות דלקת רחם לאחר ההמלטה או בשלב מאוחר יותר. נמצא קשר למצב המטאבולי לפני ואחרי המלטה להתפתחות דלקת רחם אחרי המלטה או CEM. דלקות הרחם השונות, קשורות לירידה בפוריות דרך מספר מנגנונים. מעבר לחשיבות תפקוד מערכת החיסון, יש חשיבות רבה ליכולת העמידות של הפרה (resilience) לפתוגנים השונים ברחם. לכן, מניעה היא דרך מומלצת להתמודדות עם דלקות הרחם השונות.

## ניהול ממשק רבייה בפרות חולבות – דרכים לשיפור אחוזי ההתעברות

יניב לבון\*

התאחדות יצרני החלב

[yaniv@icba.co.il](mailto:yaniv@icba.co.il)

ממשק הרבייה בפרות חולבות הינו אחד הפרמטרים החשובים ביותר להצלחת רפת החלב. פגיעה בשיעורי ההתעברות פוגעת ביכולת הרפתן לתכנן את ייצור החלב, את התחלופה ברפת ומאלצת אותו בהוצאת פרות מתוך הכרח ולא מתוך בחירה.

בשנים האחרונות ישנה ירידה ניכרת בשיעורי ההתעברות ברפת הישראלית. הירידה הזו באה לידי ביטוי בכלל התחלובות והאזורים. סיבות רבות יכולות להוביל לפגיעה בפוריות מתהליך גידול העגלות, דרך ההזנה, רווחת החיות, מחלות, גורם הפר, הסביבה, וכמובן ממשק הרבייה הכללי ברפת והאינטראקציה בין הגורמים השונים. מורכבותה הרבה של מערכת הרבייה ידועה ונחקרה רבות הן בישראל והן בעולם כולו. עבודות לא מעטות ניסו למצוא טיפולים להעלאת שיעורי ההתעברות וחלקן אף מציגות הצלחות לא מבוטלות. על הרפתן ללמוד וליישם אצלו ברפת, אך כאן קיימת שונות גדולה בין הרפתות בשיטות הממשק ובדרכי הניהול, אשר להם השפעה מכרעת על שיעורי ההתעברות. מספר לא קטן של עבודות נעשו בשנים האחרונות בישראל, ברפתות ובתנאים שלנו. עבודות אלו הראו מגוון טיפולים אפשריים אשר יכולים להוביל לשיפור שיעורי ההתעברות ואחוז הפרות ההרות. המשותף לכלל הטיפולים הינו מתן תשומת לב מרבית לנושא הרבייה ברפת לא רק ברמת כלל הפרות אלא גם ועיקר ברמת הפרה הפרטנית, תוך הקפדה על רישום מסודר של כלל אירועי התחלואה של הפרה ועד ייחומים מוקדמים ושיפוט מצב גופני במועדים הנכונים. יצירת בסיס נתונים מעודכן ונגיש הינו כלל ראשון בדרך להצלחת הטיפול בבעיות הפוריות. ישנם לא מעט גורמי סיכון אשר אליהם נחשפת הפרה במהלך חייה וביכולתם לגרום לפגיעה במדדי הפוריות. גורמי הסיכון העיקריים לפי קבוצות הינם: 1. מחלות המלטה, 2. דלקות עטין קליניות ותת-קליניות, 3. מצב גופני של הפרה בהמלטה ובשיא חלב, 4. גורמי אקלים כגון עומס חום, 4. ממשק פוריות וממשק כללי ברפת. טבלה מספר 1 מציגה את הגורמים העיקריים והשפעתם על שיעורי ההתעברות מהזרעה ראשונה.

**טבלה 1. גורמי סיכון עיקריים ברפת החלב והשפעתם על שיעור התעברות מהזרעה ראשונה.**

הפרש באחוז התעברות להזרעה ראשונה	גורם סיכון
-4.7	דלקת רחם
-2.5	קטוזיס
-3.2	המלטה קשה
-1	קדחת חלב
-1.9	אצירת שלייה
-2.7	תאומים
-2.4	סת"ס גבוה (מעל 200)



כיום, בארץ ובעולם, ישנן גישות אשר מציעות טיפולים הורמונליים לכלל הפרות ללא התייחסות לגורמי סיכון. מצד שני ישנן גישות אשר מציעות טיפולים לתת-קבוצות של פרות על פי גורם הסיכון אותו הן חוות. בסקירה זו נבחן את הגישה השנייה ונציע מספר טיפולים לתת-אוכלוסיות של פרות אשר יכולים לשפר את שיעורי ההתעברות. ההרצאה תסקור מספר עבודות אשר נעשו בשנים האחרונות והן בעלות פוטנציאל להוביל לשיפור מדדי הרבייה. הטיפולים כוללים שימוש בהורמונים לסנכרון הייחום או הביוץ וחלקם טיפולים ממשקיים ללא שימוש בהורמונים.

א. הזרקת GnRH בתחילת ייחום – GnRH הוזרק בתחילת ייחום העמידה לפי תצפית עין או לפי ייחום מערכת. נמצא שיפור מובהק בשיעורי התעברות בפרות עם מצב גופני נמוך בשיא חלב וכן בפרות אשר סבלו ממחלות המלטה.

ב. הכנסה של התקן ווגינאלי להעלאת ריכוזי הפרוגסטורון (CIDR) לפרות עם מצב גופני נמוך ומחלות המלטה. נמצא שיפור מובהק בשיעורי ההתעברות באותן תת קבוצות של פרות.

ג. שימוש בסנכרון אובסינק לפרות עם דלקות עטין תת-קליניות או מחלות המלטה. נמצא שיפור מובהק בשיעורי ההתעברות בפרות עם דלקות עטין אשר הוזרעו לאחר סנכרון אובסינק בהשוואה לפרות חולות אשר הוזרעו בייחום. מצד שני, לא נמצא שיפור בשיעורי ההתעברות באותן פרות שעברו דלקת רחם לאחר ההמלטה.

**סיכום:** ירידת שיעורי ההתעברות מחייבת מציאת פתרונות לשיפור שיעורי ההתעברות. טיפול בתת-קבוצות של פרות יכול מצד אחד להועיל בשיפור הפוריות באותן פרות ומצד שני לחסוך ביצוע טיפולים ברמת כל העדר אשר יהיו גם יקרים יותר וגם עלולים לפגוע בתדמית הענף בעיני הציבור.

## תכנית רביה מותאמת למשק: פתרונות ספציפיים לבעיות מגוונות

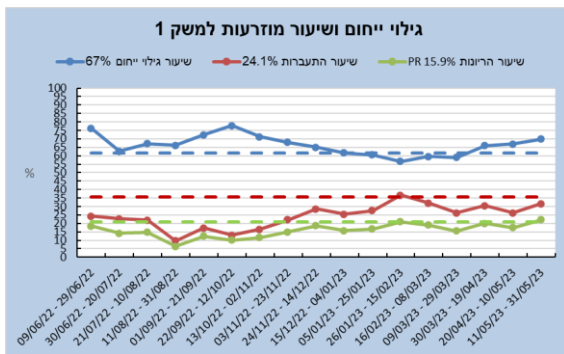
עומר קליין

החקלאית אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

[Omerkln@gmail.com](mailto:Omerkln@gmail.com)

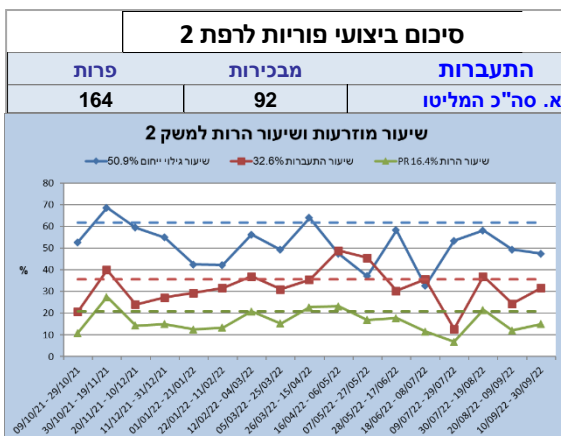
**כללי:** ההתעברות ברפת החלב הישראלית נמצאת במגמת ירידה בשנים האחרונות. אחוזי ההתעברות הנמוכים מחייבים את המשקים לדייק ולייעל את ממשק הפוריות, על מנת לעבר את הפרות בזמן, ולהימנע מנזקים כלכליים כתוצאה מחוסר התעברות. החקלאית ומחלקת רפואת העדר נותנים ליווי צמוד למשקים רבים, ונתקלים בבעיות שונות ומגוונות במשקים שונים. מטרתנו היא לדאוג לרווחיות הרפת, תוך שמירה על רווחת הפרה.

סקירה זו מביאה מספר דוגמאות למצבים אמיתיים מהשטח, ואת הפתרונות המותאמים להם. מטרת הסקירה היא להראות שאין פתרון או פרוטוקול קסם אחד שיכול לפתור את כל הבעיות. על מנת לתת פתרון אמיתי לבעיות הפוריות במשק המסוים, יש לאסוף נתונים בצורה מסודרת, לנתח אותם ולהבין מה עומד בבסיס הבעיות, ובהתאם לממצאים להתאים את הפתרון למשק, תוך התחשבות בתנאים הייחודיים של המשק, יכולת הטיפול והניהול של צוות הרפת, המגבלות שלו והחזקות. להלן שלוש דוגמאות ממשקים אמיתיים.



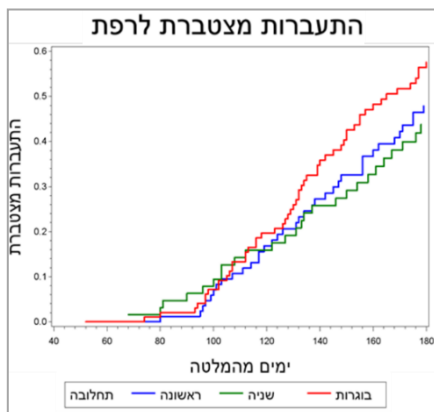
**משק 1:** תנובת חלב גבוהה, רביעון עליון בישראל. אחוזי ההתעברות בעגלות גבוה 63% ולכן לא סביר שמקור הבעיה הוא בצדדים הטכניים של ההזרעה. ימי מנוחה 65, 73 למבכירות ופרות בהתאמה. במשק זה שיעור הפרות המוזרעות בכל מחזור גבוה, בעזרת זיהוי דרישות טוב, עם שימוש מועט בהורמונים (6%, 15% מההזרעות במבכירות ופרות בהתאמה הן

לאחר טיפול בהורמונים). הקיץ פגע בביצועי הפוריות. הבעיה במשק זה היא בעיית התעברות בלבד, ולא בעיית זיהוי דרישות או הגשה למזריע. במשק זה יש מקום לשיפור ממשק הצינון ושיפור ביצועי הקיץ, נדרשים שיפורים בתזמון מועד ההזרעה ביחס לדרישה, מכיוון שהפרות מוזרעות בשיעורים גבוהים בכל מחזור, ומראות ייחוס ומוזרעות מוקדם בתחלובה, אין היגיון בהרחבת השימוש בהורמונים.



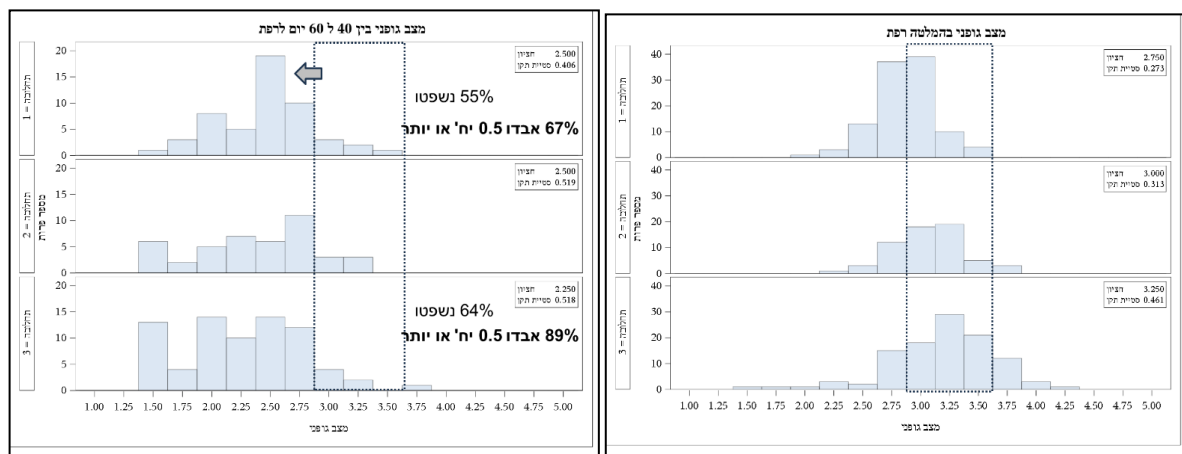
**משק 2:** תנובת חלב מעל הממוצע בישראל. למרות אחוזי התעברות טובים, והתמודדות טובה עם הקיץ, שיעור ההרות וקצב ההתעברות נמוכים, מה שהביא לממוצע ימים בתחלובה ארוך (219), אחוז פרות הרות נמוך (41%) וחוסר יעילות כלכלי. שיעור הפרות המוגשות למזריע בכל מחזור נמוך ועומד על 51% (היעד 64%). ההמלצה למשק הייתה לעבוד בצורה אינטנסיבית יותר, על מנת להביא יותר פרות להזרעה

במועד הרצוי בתחלובה. הומלץ לעבוד באופן צמוד עם הרופא המטפל, תוך ניטור צמוד יותר ושימוש נרחב יותר בטיפולים הורמונליים.



**משק 3:** תנובת חלב גבוהה, הפרות הבוגרות ברביעון העליון בישראל. קצב ההתעברות במשק נמוך מאד. ימי המנוחה ארוכים מאד 128, 124 למבכירות ופרות בהתאמה, דחיית ההזרעות נעשית בגלל שילוב של מדיניות לא אינטנסיבית מספיק, ובעיה אמיתית של הפרות שנראה להן. ממצאי בדיקת השחלות, כמו גם שיעור ההתעברות הנמוך של הפרות לאחר טיפול הורמונלי (23%) לעומת הדרישה הטבעית (35%) יכולים להעיד על חוסר תאנה אמיתי של הפרות, ולא על אי הזרעה כתוצאה של החלטה ניהולית.

להלן איורים המראים את השיפוט הגופני בהמלטה (מימין) ובשיא חלב (משמאל).



אבדן חמור של מצב גופני מהמלטה עד שיא חלב, ומצב גופני נמוך בשיא חלב, נמצאו בעלי השפעה שלילית משמעותית על ההתעברות במשק זה (כמו גם בהרבה משקים אחרים). הפתרון שהומלץ למשק הוא שילוב של הקדמת הזרעות ומדיניות אינטנסיבית יותר, בשילוב עם שיפור ממשק ההזנה-דגש על שיפור ממשק האבוס, עבודה עם כמות שאריות מספיקה וקירובי מזון רבים יותר ופרוסים על מרבית שעות היממה.

**סיכום:** "לכל משק האמת שלו", כל משק עלול לסבול מבעיות שונות בתקופות שונות. עבודה צמודה עם הרופא המטפל, איסוף נתונים מסודר, וניתוח שלהם בצורה מקצועית, על ידי יועצים והרופאים המטפלים עוזרים לנו להבין את הבעיות הייחודיות לכל משק, את גורמי הממשק העומדים בבסיס הבעיות, ולכן מאפשרים לנו להתאים את הפתרון האופטימלי למצב. עבודה מקצועית ומסודרת מביאה לביצועים טובים של המשק, מקצועיים וכלכליים, תוך שימוש אחראי בהורמונים, ושמירה על רווחת הפרה.

**טכנולוגיה בענף**

**החלב**

**מושב 12**

**יו"ר: דר' יעל זלצר**

## פיתוח מודל מתמטי להתרעה מוקדמת לעלייה בתאים סומטיים בהתבסס על שינוי מיקום חליבה של כבשים

גילי שליט משעל<sup>1,2\*</sup>, אילן הלחמי<sup>1</sup>, ישראל פרמט<sup>2</sup>, עדי פוקס<sup>3</sup>, אסף גודו<sup>1</sup>

<sup>1</sup>מעבדת PLF מכון וולקני, <sup>2</sup>המחלקה להנדסת תעשייה אוניברסיטת בן גוריון, <sup>3</sup>המחלקה להנדסת תעשייה, מכללת אפקה

[gili@volcani.agri.gov.il](mailto:gili@volcani.agri.gov.il)

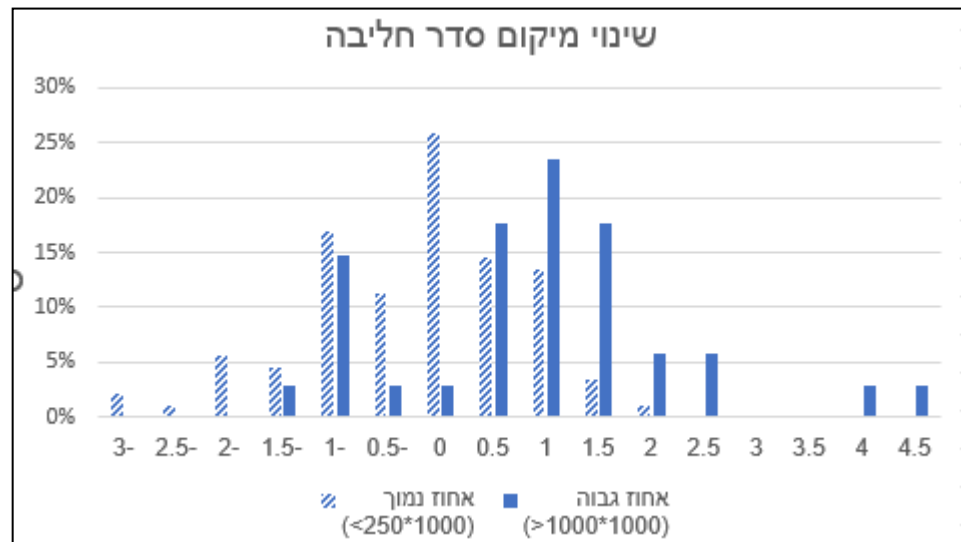
היקף צריכת חלב צאן ומוצרי צאן בעולם הולכת וגדלה. חקלאים מנסים למצוא את האופטימום בו יוכלו להפיק את המיטב מגידול כבשים תוך שמירה על איכות ורווחת בעלי החיים. איכות החלב והתפוקה עלולים להיפגע מדלקות עטין. נמצא במחקרים רבים שזיהוי מקדים של התפתחות דלקת יאפשר טיפול מקדים ויצמצם נזק למגדל ואי-נוחות לכבשים. רמת תאים סומטיים בחלב מאפשרת זיהוי מקדים של דלקת עטין. מקובל בספרות להתייחס לרמה של עד  $250 \times 10^3$  תאים/מ"ל כרמה תקינה וטובה, ולרמה של מעל  $1000 \times 10^3$  תאים/מ"ל כרמה גבוהה שכנראה ניתן לייחס לדלקת. לכן, מטרת המחקר הייתה לפתח דרך חדשה להצביע על שינוי מוקדם ברמת התאים הסומטיים כך שניתן יהיה לזהות כבשה חשודה לדלקת עטין בשלב מוקדם מה שיאפשר יעילות טובה יותר של הטיפול, צמצום עלויות למגדל ושיפור רווחת הכבשים.

המחקר הינו חלק ממחקר TECHCARE המבוצע באיחוד האירופי, במחקר שותפות 8 מדינות אשר מבצעות מחקרים במקביל אשר יתרמו לשילוב רחב של PLF (Precision Livestock Farming) כך שישפרו את רווחת בעלי החיים בכבשים ועיזים (מע"ג קטנים). המידע המתקבל מכל הניסויים מועבר למכון וולקני, אשר משמש כמרכז ניתוח המידע. עבודה זו מתבססת על מחקר שבוצע בסרדיניה, איטליה במשך 3 חודשים 3.23-6.23 על 202 כבשים. המידע שהתקבל כלל נתונים על היקף תפוקת החלב בחליבת בוקר וערב, משקל הכבשה, מיקומה בסדר החליבה, רמת תאים סומטיים ומזג אוויר. המידע לא היה אחיד על כל הכבשים, לכן נדרשו מספר מתודולוגיות לטיפול במידע:

- שימוש בממוצע נע על פני 5 ימים לתפוקת החלב, כך ניתן היה להוריד תנודות ספורדיות.
- שימוש בתפוקת החלב מחליבת הבוקר
- "הקבצה" של שינוי מיקום סדר חליבה לקבוצות של 50 (לדוגמה מיקום 122 ומיקום 112 יסומנו שניהם כמיקום בקבוצה 1)

בעבודה בחנו את התנהגות של קבוצת כבשים שלאורך כל התקופה רמת התאים סומטיים שלהן נותרה נמוכה (תאים/מ"ל  $< 250 \times 10^3$ ) אל מול קבוצה אחרת אשר בתחילת התקופה היו גם הן עם רמת תאים סומטיים נמוכה ובמהלך הניסוי הרמה עלתה (תאים/מ"ל  $> 1000 \times 10^3$ ). השתמשנו במבחן קולמגורוב סמירנוב בכדי לאשר שהקבוצות שונות זו מזו.

ניתוח הנתונים שעשינו במחקר מראה את ההתנהגות השונה אצל הכבשים עם רמות תאים סומטיים שונות. בתרשים 1 ניתן לראות את השוני בהתנהגות של 2 קבוצות - כבשים אשר רמת התאים הסומטיים שלהן הייתה ונותרה נמוכה, לא הראו כמעט שינוי במיקום החליבה – שינוי של אפס מקומות (26%). לעומת כבשים אשר רמת התאים סומטיים שלהן עלתה, הראו נטייה להיכנס לחליבה מאוחר יותר, 12% זזו יותר מ-200 מקומות בכניסה.



**תרשים 1.** שינוי מיקום חליבה של קבוצות עם רמות תאים סומטיים שונות (1) שינוי של כל יחידה הוא שינוי של 50 מקומות בסדר הכניסה

ממצאים אלה, אשר תואמים למחקרים קודמים שבוצעו על שינוי מיקום סדר חליבה אצל פרות, יאפשרו למגדלים זיהוי מקדים אפשרי של דלקות עטין, טיפול מקדים וכך העלאת יעילות תפעולית. בהמשך נרצה לבחון את הממצאים על היקף רחב יותר של כבשים ממינים שונים.

המחקר ממומן על ידי SMART ו־TECHCARE

## פיתוח מערכת כיוול אוטומטי של מערכת ראיית ולמידת מכונה למדידת צריכת מזון בתנאי רפת

בנימין כץ<sup>1,2\*</sup>, יעל אידן<sup>2</sup>, אסף גודו<sup>1</sup>, אילן הלחמי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>מעבדה לחקלאות מדייקת של חיות משק PLF מכון וולקני

<sup>2</sup>המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן גוריון

[halachmi@volcani.agri.gov.il](mailto:halachmi@volcani.agri.gov.il)

מדידת צריכת מזון פרטנית של פרות היא קריטית לשיפור יעילות ההזנה ומכאן לרווחיות המשק. מערכות קיימות, כמו חיישני RFID ומכשור לביש, יקרות יותר. בנוסף, שינויים סביבתיים כמו טמפרטורה ולחות משפיעים על צפיפות המזון, ומקשים על אמידת צריכת המזון בחיישנים לבישים. קיים צורך בפתרונות במחיר כלכלי המספקים נתונים מדויקים ואמינים.

מטרת המחקר - לפתח מערכת מבוססת מצלמות תלת-מימד למדידה וחיזוי צריכת המזון של פרות ברפת. המערכת מזהה פרות באזורי האכילה, מחשבת את נפח המזון, ומתחשבת בגורמים סביבתיים המשפיעים על צפיפות המזון. פותחו מודלים לחיזוי צריכת המזון הפרטנית של הפרות.

הנתונים נאספו באמצעות מערכת מצלמות תלת-מימד, משקלים ומדי מזג אוויר ברפת המחקר המסחרית של מכון וולקני (תמונה 1). פותחו אלגוריתמים לזיהוי פרות באמצעות מודל YOLOv8 ואלגוריתמים לחישוב נפח המזון באמצעות עיבוד צילומי תלת מימד. בנוסף ללמידת מכונה, נבנו מודלי רגרסיה שונים לחיזוי ירידת נפח ומשקל המזון וכן משקל הארוחה, על בסיס גורמים סביבתיים כמו טמפרטורה ולחות.

בחיזוי ירידת נפח ומשקל המזון, מודלי למידת מכונה מתקדמים כמו Gradient Forest ו-Random Forest השיגו ביצועים טובים יותר ממודלים ליניאריים, עם ערכי  $R^2$  של 0.973 בחיזוי ירידת הנפח ו-0.974 בחיזוי ירידת המשקל (טבלה 1). המערכת זיהתה בהצלחה גורמים סביבתיים מרכזיים המשפיעים על צריכת המזון. חיזוי משקל הארוחה השיג  $R^2$  של 0.877 ו-MAE של 1.537 ק"ג.





תמונה 1. מערך ניסוי שתוכנן למעקב אחר צריכת מזון ונתוני מזג האוויר ברפת, הכולל מערכת מצלמת תלת-מימד, משקלים ומכשיר Jetson Xavier NX המנהל את איסוף הנתונים. נתוני מזג-האוויר נאספו באמצעות תחנת מזג אויר הצמודה למשקלים. טבלה 1. ביצועים נבחרים של מודלים לחיזוי משקל ארוחה

מודל	R2 מקדם קביעה	Adj R2 מקדם הקביעה המותאם	MAE טעות מוחלטת מוצעת	MSE טעות ריבועית מוצעת	RMSE שורש הטעות הריבועית המוצעת	Avg Residual שארית מוצעת
יער אקראי (Random Forest)	0.87	0.86	1.53	5.07	2.25	9.87e-16
חיזוק גרדיאנט (Gradient Boosting)	0.88	0.86	1.54	5.01	2.23	-4.86e-18

מחקר זה מומן על ידי קרן המדען הראשי של משרד החקלאות, מועצת החלב וקרן המחקר האירופאית הוריון 2020 (פרויקט TechCare).



# פיתוח מערכת לזיהוי אינדיבידואלי של צאן באמצעות וידאו צבעוני ועומק

רון ביטון\*<sup>1,2</sup>, אילן שמשוני<sup>1</sup>, אסף גודר<sup>2</sup>, יוסף לפר<sup>2</sup>, אילן הלחמי<sup>2</sup>

<sup>1</sup>החוג למערכות מידע, אוניברסיטת חיפה

<sup>2</sup>מעבדה לחקלאות מדייקת של חיות משק PLF מכון וולקני

[ronbi@volcani.agri.gov.il](mailto:ronbi@volcani.agri.gov.il)

מטרת המחקר - פיתוח מערכת לזיהוי אינדיבידואלי של צאן באמצעות וידאו צבעוני ועומק. המערכת מבוססת על אלגוריתמים מתקדמים של ראייה ממוחשבת (Computer Vision) ולמידה עמוקה

(Deep Learning). מעקב אינדיבידואלי אחר הצאן הוא קריטי לניהול משק מודרני, כאשר בשנים האחרונות מתבצע זיהוי זה בעיקר באמצעות תגי RFID (Radio Frequency Identification). עם זאת, לתגים אלו יש חסרונות כמו עלויות גבוהות, צורך בתחזוקה ורגישות לתנאים סביבתיים. השימוש במערכת החדשה יאפשר זיהוי אינדיבידואלי מדויק של הצאן ללא צורך בתגי RFID, מה שיביא לחסכון בעלויות ולייעול תהליכים תפעוליים עבור החקלאי.

חומרים ושיטות. במסגרת המחקר נאספו נתונים מ-487 ביקורים של 42 טלאים שונים במהלך 10 ימים במאי 2024, באמצעות מערכת צילום וידאו עומק בשוקת ייעודית במשק עברי בעזריה, ישראל. המערכת שפותחה מבצעת זיהוי אינדיבידואלי של הצאן בתהליך רב-שלבי. ראשית, מזוהה ביקור על ידי שינוי נתוני העומק, בהמשך נעשה שימוש באלגוריתם YOLOv8 לזיהוי חלקי גוף (פנים, גב, רגליים), לאחר מכן, אלגוריתם CLIP מייצר ייצוג וקטורי ייחודי לכל חלק גוף שזוהה, והשלב הסופי כולל חיזוי משוקלל לפי חלקי הגוף של האינדיבידואל באמצעות אלגוריתם MLPClassifier. במקביל, המערכת מזהה את מספר תג הזיהוי בתמונה באמצעות אלגוריתם איתור זיהוי טקסט GLASS. מטרת שילוב הזיהויים היא להיטיב את תוצאות האלגוריתם.

טבלה 1. תוצאות דיוק זיהוי טלאים לפי חלקי גוף בלבד ושילוב עם זיהוי תגי אוזן.

ממד	זיהוי לפי חלקי גוף בלבד	זיהוי משולב של חלקי גוף ותג אוזן
Total Precision	0.843	0.971
Total Recall	0.833	0.967
Total F1-Score	0.836	0.966
Accuracy	0.833	0.967

תוצאות. במסגרת תיקוף השיטה, נערך ניתוח ראשוני על 30 ביקורים של 5 טלאים שונים (6 ביקורים לכל טלה סה"כ). תוצאות דיוק המודל המופיעות בטבלה 1, מראות שהאלגוריתם מצליח לזהות את הטלאים לפי חלקי הגוף בלבד עם דיוק של כ-0.83 בכלל המדדים, ושילוב תגי הזיהוי מעלה את הדיוק בכלל המדדים לכ-0.97.

דיון ומסקנות. במחקר זה פותחה מערכת לזיהוי אינדיבידואלי של צאן, המבוססת על טכנולוגיות ראיית מחשב ולמידה עמוקה, במטרה להפחית את הצורך בהתערבות אנושית ובשימוש בתגים נוספים מסוג RFID, המשמשים כיום כאמצעי לזיהוי האינדיבידואלי, אך מוסיפים עלויות וכרוכים בפעולות נוספות מצד החקלאים (לדוגמה התקנה ותחזוקת התגים). שילוב של זיהוי מאפייני חלקי גוף ייחודיים עם זיהוי תג הניב תוצאות ראשוניות מעודדות בזיהוי אינדיבידואלי מדויק. בהמשך, יבוצע ניתוח מקיף על מסד הנתונים המלא.

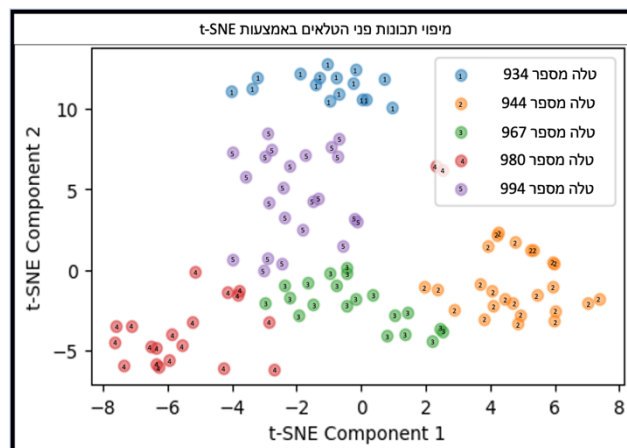


איור 1. ימין – תמונה של הטלמים במערך הניסוי. שמאל – תמונה ממערך הניסוי שתוכנן לזיהוי האינדיבידואלי של הצאן כולל מחשב NVIDIA Jetson Orin AGX (1) המנהל את איסוף נתוני



ביקורי הטלמים במתקן ומצלמת RGBD מסוג Intel D435 (2).

איור 2. תמונות של חלקי גוף שונים שזוהו על ידי המערכת במהלך ביקור לדוגמה של אחד הטלמים בשוקת. ניתן לראות שהמערכת זיהתה את חלקי הגוף השונים של הטלה (גב, פנים ורגליים).



איור 3. תרשים t-SNE מציג את מאפייני הפנים (אחד מחלקי הגוף לזיהוי) של 5 טלמים שונים, כאשר כל צבע ומספור (1-5) מייצג טלה שונה. הקיבוץ הברור של הנקודות לפי אשכולות מעיד על יכולת הזיהוי האינדיבידואלי המוצלחת של האלגוריתם עבור מערך הנתונים. תודות. מחקר זה מומן על ידי קרן המחקר האירופאית הוריזון 2020 (פרויקט TechCare).

## זיהוי דלקת עטין בחלב פרות על ידי ביו סנסורים

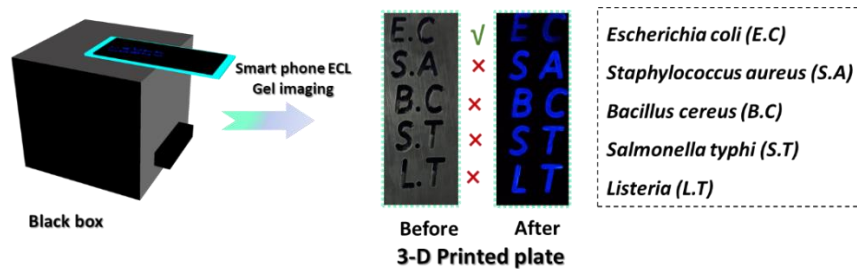
גיאורגי שטנברג

מעבדה לביוסנסורים וננו-הנדסה, המכון להנדסה חקלאית, מכון וולקני.

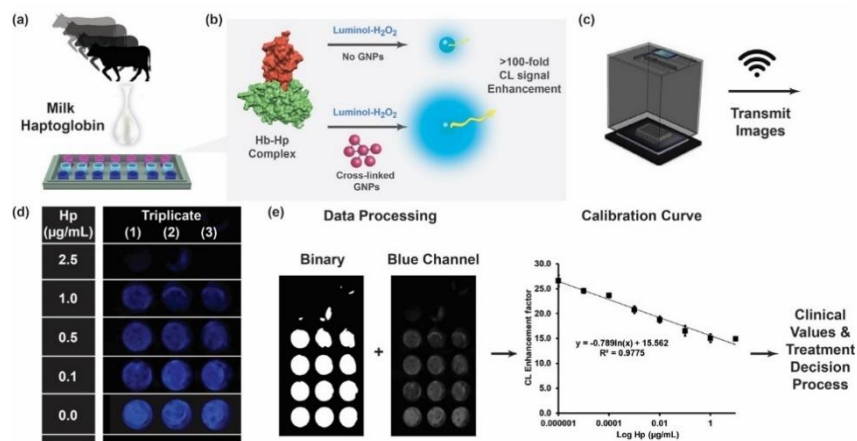
[giorgi@agri.gov.il](mailto:giorgi@agri.gov.il)

דלקת העטין, היא אחת המחלות השכיחות והתובעניות ביותר בתעשיית החלב בארץ והעולם, אשר גורמת לנזקים כלכליים נרחבים, הכוללים עלויות טיפול מוגברות, ירידה בתנובת חלב, עלייה בספירת התאים הסומטיים (somatic cell counts - SCC), סיכון מוגבר להוצאה מהעדר ואפילו מוות. המשמעות הישירה של דלקת העטין הינה תפוקת חלב ירודה, הרכב תזונתי משתנה בחלב והן זיהום מיקרוביאלי היכול להוביל להתפשטות גורמי מחלה בעדר. לכן, יש צורך לזהות במהירות את המקרי דלקת החדשים, למנוע הדרדרות ואף זיהום בעדר כולו. באופן מסורתי, זיהוי דלקת עטין תלויה ביעילות ובאמינות של השיטות שנועדו להעריך כמות תאים סומטיים, זיהוי סמנים ביולוגיים (ביומרקרים) הקשורים להופעת המחלה, זיהוי מיקרואורגניזמים פולשים ולהצביע על חומרת הדלקת. אם זאת, לכל השיטות הנ"ל ישנן מגבלות: השיטות המיקרוביאליות הקלאסיות, עדיין נחשבות לסטנדרט הקובע כיום לזיהוי חיידקים ספציפי וסלקטיבי, מצריכות מספר ימים עד לקבלת התוצאות ופיענוחן, לכן אינן מאפשרות זיהוי בזמן-אמת. הטכניקות המהירות והמתקדמות, כדוגמת קיטים ביוכימיים, קיטים ELISA ומוני סמנים פלואורסצנטיים, למרות הדיוק הגבוה לא מסוגלות לבצע ניטור ואנליזה בתנאי שדה (דיר או רפת), בזמן-אמת ומחוץ לגבולות המעבדה. לכן, ישנו צורך תשתיתי לפיתוח שיטות חישה חדשות לזיהוי מקדים של דלקת עטין בצורה מהירה, מדויקת, פשוטה לתפעול, חסכונית, ניידת ובזמן-אמת. ההתמרה האופטית מבין מערכות הגילוי הינה הפופולרית ביותר, במיוחד ביוסנסורים אופטיים המפגינים יתרונות ברגישות, סלקטיביות, תפוקה גבוהה, פשטות ואפשרויות מזעור לטכנולוגיית "מעבדה-על-שבב" (Lab-on-a-chip). כמולומינסנציה היא תגובה אופטית-כימית עם מגוון רחב של שימושים אנליטיים בתחומי עיסוק, כגון: ביוטכנולוגיה, תעשיית מזון ותרופות, בדיקות קליניות וניטור סביבתי, המנצלות את התגובה הידועה של חמצון לומינול-מי חמצן לסיגנל מדיד. למרות היתרונות המשמעותיים של הבדיקה (רגישות גבוהה, תפוקה גבוהה, פשטות, מהירות ורעש רקע נמוך), השיטה סובלת מקרינת פוטונים נמוכה, הנמצאת בקשר ישיר למוגבלות השיטה במתכונת הנוכחית לספי זיהוי נמוכים במטריצות מורכבות, כרי דוגמאות אמיתיות. עוצמת תגובת הכמולומינסנציה ניתנת להגברה בעזרת זרז קטליטי פעיל בצורת אנזים, צבען, יונים או ננו-חלקיקים מתכתיים. בהרצאה זו נציג פיתוחים לזיהוי אינדיקטיבי של מקור פתוגני בחלב וגם לגילוי רגיש של חלבוני פאזה אקוטית המשמשים כביומרקרים לדלקת. לדוגמא, איור 1 מתאר סכמתית את אב טיפוס הדגימה ביחד עם תוצאות חלב המאולחות באי קולי (50 CFU/mL). הירידה בעוצמת הכמולומינסנציה (צבע אור כחול הנפלט) מעידה על נוכחות החיידק בהתאם לריכוז. ניתן לראות כי רק חיידקי המטרה הגיבו, כאשר שאר באריות הדגימה נותרו בעוצמה קרינה מרבית. האב טיפוס מסוגל לזהות פתוגנים עיקריים במשק החלב ברמת רגישות של 10 CFU/mL תוך שעה אחת, ללא צורך בצידוד אנליטי יקר ומסובך. בדומה לעקרונן זה, פותח אב טיפוס נוסף לאומדן כמותי

של ביומרקר שמופרש לחלב (איור 2) שמפרש עשרות אירועי הכרה ספציפיים שמנוטרים בו-זמנית על-ידי שינויים פרטניים בעוצמת הקרינה הנפלטת באמצעות צילום במצלמה דיגיטלית סטנדרטית כדוגמת המצלמה המובנת בטלפון חכם סטנדרטי.



איור 1. המחשה סכמתית של האב טיפוס המותאם לצילום דיגיטלי של פלטפורמת החישה בתוך קופסא שחורה היוצרת עלטה מוחלטת. צד ימין הינו צילום לפני ואחרי ראקציית החמצון לומינול בנוכחות מי חמצן שמייצרת קרינה באורכי גל כחולים ומתקבלת תוך 1.5 דקות. האותיות מייצגות את סוג הפתוגן שנבדק.



איור 2. המחשה סכמתית של עקרון חישה Hp בתוך מערכת כמולומינסנציה  $\text{luminol-H}_2\text{O}_2\text{-Hb}$  וניטור עשרות ראקציות בו-זמנית באמצעות מצלמת טלפון חכם. (a) פלטת הבדיקה עברה מודיפיקציה עם Hb כקולטן ביולוגי הנקשר באופן ספציפי ל-Hp בחלב; (b) הקומפלקס Hb-Hp הנוצר מעכב את פעילות דמוית הפרוקסידאז של Hb במערכת הכמולומינסנציה באופן פרופורציונאלי לריכוז Hp, כאשר הוספת cross-linked GNPs לתוך תמיסת תגובת  $\text{luminol-H}_2\text{O}_2$ , גורמת להגברה של אות הכמולומינסנציה עבור זיהוי רגיש ביותר של מולקולת המטרה; (c) תא בדיקה מיועד היוצר עלטה מוחלטת לכימות הקרינה הנפלטת באמצעות המצלמה הממוקמת במרחק קבוע; (d) תמונה מייצגת של הסיגנל המתקבל שצולם באמצעות מצלמת טלפון חכם סטנדרטי לעקום כיול של תמיסות רפרנס של האנליט הנבחן; (e) עיבוד נתונים וקבלת החלטות טיפול.

**בריאות פרת**

**המעבר**

**מושב 13**

**יו"ר: דר' עומר קליין**

## הקשר בין קדחת חלב לבין מדדי בריאות, ייצור ופוריות בפרות חלב ישראליות.

ליאור כהן<sup>1\*</sup> ומיכאל ואן סטרטן<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט של האוניברסיטה העברית בירושלים.

<sup>2</sup>"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים וטרינריים, פארק התעשייה קיסריה.

[michaelvs@hak.org.il](mailto:michaelvs@hak.org.il)

**רקע:** קדחת חלב (ק"ח) או היפוקלצמיה קלינית סביב ההמלטה, היא מחלה מטבולית המופיעה בפרות חלב גבוהות תנובה, בד"כ יום לפני עד יומיים אחרי ההמלטה. המחלה אינה מופיעה או שהיא נדירה מאד במבכירות, ואח"כ מופיעה בתדירות הולכת ועולה עם מספר התחלובה (המלטה). היא נגרמת ע"י ירידה חריפה בריכוז הסידן בדם, תוצאה של חוסר יכולת של הפרה לגייס את כמויות הסידן הנדרשת כדי לתמוך בייצור החלב הגבוה. חוסר הסידן בדם ובצומת העצב-שריר גורם לרפיון שרירים ושיתוק, שמתחיל בשרירים הפריפריים ומאופיין ע"י רעידות, רביצה, הצטברות גז בכרס והתנפחות, וללא טיפול, אף לחנק ומוות. ההיארעות הממוצעת בעדר הישראלי עמד בשנת 2022 על 4.2% בפרות תחלובה 2 ומעלה. מחקרים שנעשו בארץ ובחו"ל הדגימו קשר בין קדחת חלב למחלות המלטה אחרות וליציאה מוקדמת מהעדר. מטרת העבודה הייתה לכמת את הקשר בין קדחת חלב למדדי בריאות, ייצור ופוריות בפרות חלב ישראליות. כימות קשרים אלו חשובה על מנת לחשב את הנזק הכלכלי האמיתי של קדחת חלב בעדר הישראלי.

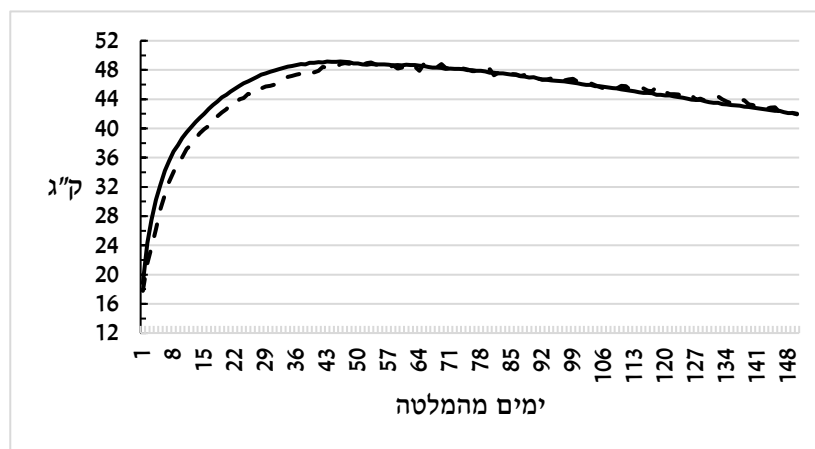
**חומרים ושיטות:** נבחר מדגם של 41 רפתות שיתופיות באופן אקראי ופרופורציונלי מבחינת אזורים גיאוגרפיים על פי החלוקה בתכנת "נעה" (יצרני החלב בישראל). מרפתות אלו נלקחו נתונים שכללו בין השאר רפת, מספר תחלובה, מחלות המלטה לרבות קדחת חלב, טיפול בקלציום מיום לפני ועד יומיים אחרי המלטה, התעברות בהזרעה ראשונה, יציאה מהעדר ותנובת חלב יומית עד 150 ימים מהמלטה. הנתונים נותחו ב-3 שלבים: סטטיסטיקה תיאורית שכללה התפלגות של משתנים בטבלאות  $\chi^2$  והיסטוגרמות, ניתוח חד-משתני בעזרת מבחן כי-בריבוע וניתוח רב משתני עם מודלים של רגרסיה ליניארית ולוגיסטית מסוג מעורב. המודלים כללו פרות מתחלובה 3 ומעלה, והמשתנה "תחלובה" נכנס למודל ב-4 רמות: תחלובה 3, 4, 5 ו-6 ומעלה.

**תוצאות:** מתוך 41 הרפתות במדגם, לא היה דיווח על קדחת חלב או מתן קלציום ב-4 רפתות. ב-11 רפתות נוספות, הפער בין דיווח על "קדחת חלב" לדיווח על מתן קלציום היה גדול מדי, וברפתות אלא התעורר החשד שישנו טיפול מניעתי לק"ח ו/או הדיווח על ק"ח אינו מדויק. לכן, הנתונים מ-15 רפתות אלו לא נכללו בניתוח הסופי, אליו נכנסו נתונים מ-26 רפתות ו-24,658 פרות. אחוז ק"ח ברפתות המדגם היה בממוצע 2.04% (מינימום 0.41%, מקסימום 5.75%). אחוז ק"ח עלה מ-0.14% במבכירות עד ל-14.97% בפרות תחלובה 8. עד תחלובה 4 כולל, הסיכון לק"ח עלה פי 3 בקירוב, עם כל עלייה בתחלובה. בין תחלובה 4 ל-5, ובין תחלובה 5 ל-6 הסיכון לק"ח עלה פי 2 ופי 1.5, בהתאמה. לאחר מכן הסיכון נשאר פחות או יותר קבוע. בניתוח החד-משתני, הסיכון לאצירת שיליה, דלקת רחם, דלקת עטין, צליעה ויציאה מהעדר >61 יום בתחלובה היה גדול יותר בפרות תחלובה <2 עם ק"ח, בהשוואה לפרות ללא ק"ח. בניתוח הרב משתני, קשר זה נעלם בנוכחות הערפלנים רפת, מספר



תחלובה וציון גופני בהמלטה בכל המקרים, חוץ מיציאה מהעדר >61 ימים מהמלטה: במקרה זה, הסיכון לצאת מהעדר היה פי 2.94 גדול יותר (רווח בר סמך 95%: מ-2.27 עד 3.70) בפרות עם ק"ח ביחס לאלו ללא ק"ח, גם בנוכחות הערפלנים הנ"ל. הקשר בין ק"ח לתנובת החלב עד 150 ימים בתחלובה היה תלוי זמן (איור 1): בסה"כ, פרות עם ק"ח הניבו 80.2 ק"ג חלב פחות מפרות ללא ק"ח, מיום 1 עד יום 41 בתחלובה; לאחר מכן לא היו הבדלים סטטיסטיים בין 2 הקבוצות. לא נמצא קשר בין ק"ח לסיכון להתעבר בהזרעה ראשונה.

**דיון ומסקנות:** הפגיעה הכלכלית העיקרית של ק"ח ברפת היא בהגדלת הסיכון ליציאה מוקדמת מהעדר, בסדר גודל של פי 3 מזה של פרה ללא קדחת חלב. הקשר בין ק"ח למחלות ההמלטה שנבחנו כאן, וגם לדלקת עטין קלינית ולצליעה אינו נשמר בנוכחות ערפלנים כגון מספר תחלובה ורפת. הדבר כנראה נובע מכך, שהסיכון לק"ח וגם הסיכון למחלות אחרות תלוי במספר התחלובה, וסיכון זה בד"כ עולה עם גיל הפרה. בנוסף לכך, הפגיעה של ק"ח יכולה להיות תלויית רפת בגלל השונות בזמן הגילוי ויעילות הטיפול בק"ח, צפיפות בחצרות, ואופי משטחי המעברים והחצרות; גורמים אלו יכולים להשפיע על מחלות אחרות, כגון צליעה ודלקת עטין. בעבודה זו לא מצאנו קשר בין ק"ח למדד ההתעברות אותו בחרנו לבחון, התעברות בהזרעה ראשונה. בכימות הנזק הכלכלי הנובע מקדחת חלב יש לקחת בחשבון הוצאות ישירות בגין יציאה מוקדמת מהעדר, תנובת חלב קטנה יותר והוצאות בגין טיפול ומניעה. הוצאות בגין קשרים למחלות אחרות צריכות להיבחן בזהירות מכיוון שקשרים אלו יכולים להיות מעורפלים ע"י משתנים אחרים, כגון מספר תחלובה ורפת.



איור 1. תנובת חלב יומית של פרות עם קדחת חלב (קו מקווקו) ופרות ללא קדחת חלב (קו רציף) מהמלטה ועד 150 יום מהמלטה (ממוצעי רבועים פחותים ממודל רב משתני מעורב).

העבודה מומנה ע"י "החקלאית"

## השוואה בין מדיניות בדיקת קטוזיס בטיפת דם למדיניות בדיקת קטוזיס בשתן: תוצאות מניסוי קליני מבוקר ברפת מסחרית

מיכאל ואן סטרטן<sup>1</sup>, מעיין מלמד<sup>2</sup> ועומר קליין<sup>1</sup>

<sup>1</sup>"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה  
<sup>2</sup>רפת רגלים, קיבוץ רגלים

[michaelvs@hak.org.il](mailto:michaelvs@hak.org.il)

**רקע:** מחקרים רבים מהארץ ומח"ל הדגימו את החשיבות הבריאותית והכלכלית של ביצוע בדיקות סקר לקטוזיס, לפרות אחרי המלטה. מרבית המחקרים הדגימו תועלת כלכלית בבדיקת פרות במועדים קבועים בשבועיים הראשונים אחרי המלטה. בנוסף למועדי הבדיקה, ישנו גם עניין סוג התבחין: ישנם תבחינים המשתמשים בשתן, בדם או בחלב. מעבר למדיום שנבדק, לתבחינים השונים יש ביצועים שונים מבחינת רגישות (הסיכון לגלות פרה קטוטית במידה והיא אכן קטוטית) וסגוליות (הסיכון לגלות פרה לא קטוטית במידה והיא אכן לא קטוטית). הרגישות המדווחת לתבחינים השונים היא 95%, 88% ו-61% בקירוב, לדם, שתן וחלב, בהתאמה. הסגוליות לתבחינים אלו היא 97%, 89% ו-91% בקירוב, בהתאמה. ב"החקלאית" נהוג לבדוק את הפרות אשר נמצאות בין 5 ל-11 ימים מהמלטה, בעת ביקור הרופא אשר חל פעם או פעמיים בשבוע. סוג התבחין הנמצא בשימוש לצורך זה הוא "קטוסטיקס", תבחין חצי כמותי לאבחון אצטואצטט בשתן. מטרת העבודה הייתה להשוות את מדיניות הבדיקה הקיימת כיום ב"החקלאית" למדיניות בדיקה בעזרת תבחין אלקטרוני המשתמש בטיפת דם, בימים 5 ו-10 לאחר המלטה.

**חומרים ושיטות:** העבודה נעשתה ברפת מסחרית גדולה בשפלה הפנימית במחוז צפון, עם מכסה של כ-11 מיליון ליטר. הרופא המטפל הגיע לביקור שגרתי פעמים בשבוע. פרות לאחר המלטה מוינו באופן אקראי לאחת מ-2 סוגי מדיניות בדיקה לקטוזיס: 1. בדיקת שתן בין יום 5 ל-11 לאחר המלטה ע"י הרופא באחד מימי הביקור השבועיים (ב"ש), או 2. בדיקה של טיפת דם בעזרת מכשיר אלקטרוני ידני ביום 5 אחרי המלטה, ובמידה והפרה הייתה שלילית, בדיקה נוספת ביום 10 מהמלטה (ב"ד). טיפת הדם נלקחה מהאוזן בדקירה בעזרת מחט סטרילית, והבדיקה נעשתה ע"י אחראית הבריאות. פרות חיוביות לקטוזיס באחת מ-2 שיטות הבדיקה טופלו במשך 3 ימים בפרופילן גליקול בהגמעה, ונבדקו שוב לקטוזיס יום לאחר תום הטיפול. פרות שנבדקו בשתן נבדקו אך ורק בשתן, ופרות שנבדקו בעזרת המכשיר האלקטרוני נבדקו אך ורק במכשיר האלקטרוני. כל הפרות נבדקו על ידי הרופא למחלות רחם וטופלו ע"פ הממצאים, ביום הביקור השגרתי, כמקובל ברפת. תוצאות הבדיקות האלקטרוניות נרשמו על גבי טופס איסוף נתונים ייעודי, והוקלדו בתום הניסוי לאקסל MS. נתונים אלה אוחדו עם נתונים ממחשב הרפת, ונותחו בתוכנת SAS גרסה 9.4. מקרה ראשון של קטוזיס נחשב כזה שאובחן עד 14 יום מהמלטה. הימצאות קטוזיס חושבה בכל קבוצת מדיניות ע"י חלוקת



מספר המקרים הראשונים בכלל הבדיקות הראשונות שנעשו, והקשר בין מדיניות להימצאות נבדק ע"י מבחן כי-בריבוע. "הימצאות אמיתית" חושבה ע"י נוסחת רוגן-גלאדן:

$$True\ prevalence = \frac{APrev + Sp - 1}{Se + Sp - 1}$$

כאשר  $True\ prevalence$  היא ההימצאות האמיתית,  $APrev$  היא ההימצאות הנצפית (זו שמתקבלת ע"פ תוצאות התבחין),  $Sp$  היא הסגוליות ו- $Se$  היא הרגישות. **תוצאות:** הימצאות קטוזיס לפי ב"ד וב"ש הייתה 16.0% ו-22.8%, בהתאמה ( $P = 0.069$ ). לפי נוסחת רוגן-גלאדן וערכי הרגישות והסגוליות שצוינו למעלה, ההימצאות האמיתית בקבוצת ב"ש הייתה 15.6%, וזו של קבוצת ב"ד 14.6%.

**דיון:** על פי ממצאים וחישובים קודמים, ציפינו למצוא הימצאות גדולה יותר של קטוזיס בקבוצת מדיניות ב"ד, בהשוואה ב"ש. למעשה, ההימצאות הנצפית של קטוזיס הייתה גדולה יותר בקבוצת ב"ש. ברם, ההימצאות האמיתית בקבוצה זו הייתה 15.6%, קרוב מאד לערך 16.0%, הערך שנצפה במדיניות ב"ד. בנוסף לכך, כמעט ולא היה הבדל בין ההימצאות הנצפית לזו האמיתית, בקבוצת ב"ד: 16.0% ו-14.6%, בהתאמה. ההימצאות הנצפית הגדולה יותר בקבוצת ב"ש נבעה מהסגוליות הנמוכה יחסית של הקטוסטיקס, וניתן לחשב ש-20 פרות מתוך ה-228 שנבדו עם קטוסטיקס היו "חיוביות שגויות", כלומר אובחנו באופן שגוי כפרות עם קטוזיס, וטופלו בלא שהיה בכך צורך. באופן דומה, ניתן לחשב שרק 4 פרות קטוטיות לא אובחנו בעזרת הקטוסטיקס, ולא זכו לטיפול נדרש. ההימצאות האמיתית הדומה בשני סוגי המדיניות מראים כי כמדוינות, בדיקת קטוזיס ביום 5 ו-10 לאחר המלטה אינה טובה יותר מבדיקת כל פרה בין יום 5 ל-11 מהמלטה, באחת מ-2 ביקורי הרופא בשבוע. **מסקנות:** מדיניות של בדיקת קטוזיס ביום 5 וביום 10 לאחר ההמלטה כנראה לא מאפשרת גילוי מספר גדול יותר של פרות קטוטיות, בהשוואה לבדיקת פרות בין יום 5 ל-11 מהמלטה, באחד מ-2 ביקורי הרופא השבועיים. בשני סוגי המדיניות שנבחנו, יעילות המדיניות תלויה כנראה בעיקר באיכות התבחין: בדיקת דם מניבה תוצאות מדויקות יותר, ולכן יהיו פחות חיוביות שגויות (הוצאות עבודה וטיפול ללא תועלת) ופחות שליליות שגויות (אי אבחון וטיפול בפרה עם קטוזיס) ביחס לב"ש. בנוסף לכך, לב"ד יתרונות נוספים: אין צורך להחדיר קטטר לכיס השתן, ניתן לקשור את הפרה מתי שנח לרפתן, יש כנראה יתרון מבחינת רווחת הפרה, והתוצאה היא כמותית ולא חצי כמותית, כמו בבדיקת השתן. המכשיר האלקטרוני היה נח לשימוש, ואין צורך בהכשרה מיוחדת ע"מ ללמוד להשתמש בו בצורה טובה ויעילה.

תודה לחברת "פֶט וט ביומד" בע"מ עבור המכשירים האלקטרוניים והסטיקים לבדיקת קטוזיס בדם. תודה לרפת "רגלים" על שיתוף הפעולה הפורה. המחקר מומן חלקית ע"י "החקלאית".

## קטוזיס משבש את מנגנוני הפרשת החלב והתגובה החיסונית בעטין

פלג שניידר<sup>1\*</sup>, מינה אמואה<sup>1</sup>, ישורון לוי<sup>1</sup>, טל לוי<sup>1</sup>, אינה ליסנינסקי<sup>2</sup>, נחום שפיגל<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט, האוניברסיטה העברית

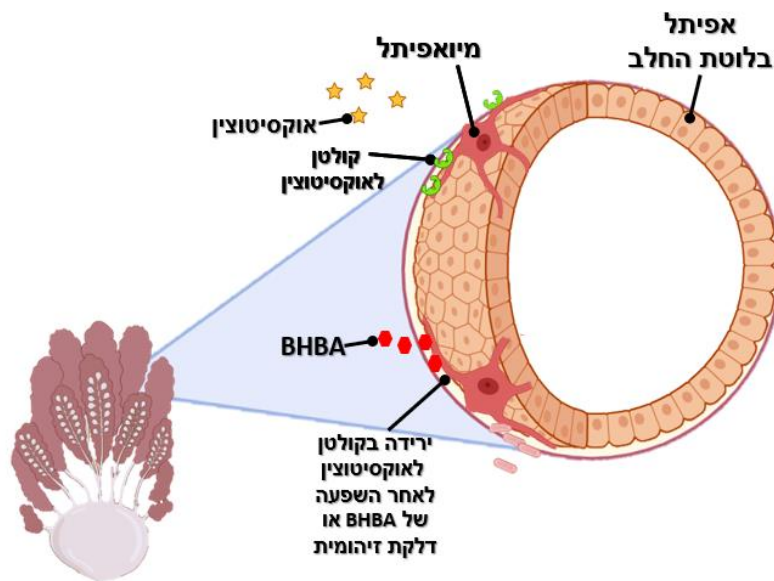
<sup>2</sup>המכון הוטרינרי ע"ש קימרון, משרד החקלאות

[peleg.schneider@mail.huji.ac.il](mailto:peleg.schneider@mail.huji.ac.il)

מבוא: קטוזיס היא מחלה מטבולית נפוצה בפרות לחלב סביב ובעיקר לאחר ההמלטה. מחלה זו הינה תוצאה של מאזן אנרגיה שלילי והיא מאופיינת בעליה ברמות גופי קטון בדם ובחלב כגון המטאבוליט  $\beta$ -Hydroxybutyric acid (BHBA). הסימנים הקליניים האופייניים לפרות חולות הינם ירידה בתנובת חלב, ירידה בתאבון, ירידה במשקל ודכאון. כיום ידוע כי לקטוזיס ישנם גם השפעות שליליות על פעילות תאי מערכת החיסון והתגובה הדלקתית במחלות שונות. כך למשל מחקרים אפידמיולוגים הראו סיכון עודף לתחלואה בדלקות עטין וחומרתן בפרות שסבלו מקטוזיס תת-קליני וקליני. לפיכך, מטרת המחקר הינה לחקור את השפעת קטוזיס על התגובה החיסונית והביולוגיה של בלוטת החלב. מערכות המחקר: במעבדה שלנו הקמנו מערכות מודל לדלקות עטין בעכברות מיניקות ע"י הדבקה בזני שדה של מיקופלסמה בוביס, אשריכיה קולי וסטרפטוקוקוס אובריס המאפשרים לחקור את בסיס התגובה החיסונית בבלוטת החלב. בנוסף, יצרנו מודל לקטוזיס בעכברות מיניקות ע"י הזרקת BHBA, מטאבוליט המיוצר ברמות גבוהות בפרות חלב הסובלות מקטוזיס. במסגרת מחקר זה ערכנו לראשונה ריצוף של כלל מערכת הביטוי של תאי בלוטת החלב לאחר הזרקה של BHBA לעכברות מיניקות ועכברות עם דלקת קוליפורמית. כמו כן הקמנו מערכת מחקר המאפשרת לחקור את השפעת מחלת הקטוזיס וגופי קטון על הביולוגיה של בלוטת החלב מפרות.

תוצאות המחקר: במסגרת מחקר זה ערכנו לראשונה ריצוף של כלל מערכת הביטוי של תאי בלוטת החלב לאחר הזרקה של BHBA. גילינו כי לאחר הזרקת ה-BHBA נגרמת פגיעה במנגנון שחרור החלב בבלוטה המתאפשר בין היתר ע"י הפרשה של אוקסיטוצין מהמוח וקליטתו ברצפטור לאוקסיטוצין הנמצא על תאי המיואפיתל. הפגיעה התאפיינה באגירה של חלב בחללי החלב אשר כימתנו על ידי אנליזת תמונה ממוחשבת של חתכים היסטולוגיים ובירידת ביטוי של גנים המשתתפים במנגנון שחרור החלב, ביניהם הרצפטור לאוקסיטוצין. בנוסף, מצאנו לראשונה שגם במהלך דלקת זיהומית ישנה פגיעה במנגנון שחרור החלב וברמות ביטוי של הרצפטור לאוקסיטוצין. כמו כן, מצאנו כי רמות גבוהות של BHBA בדם השרו תגובה דלקתית אקוטית בבלוטת החלב ללא עליה בספירות תאים סומטיים (סת"ס) בחלב. הדלקת זוהתה ע"י כימות של מדדי דלקת שונים, ביניהם acute phase proten, כמו heptoglobin, serum amyloids, וכן ראינו גיוס של נויטרופילים בכלי הדם אך ללא מעבר לנאדיות באמצעות היסטולוגיה וסמנים גנטיים. להפתעתנו, גילינו כי מעבר תאי מערכת החיסון המגויסים מכלי הדם לתוך חללי החלב נמנע ושובש. סימן ההיכר של התפתחות דלקות עטין אקוטיות הוא גיוסם של תאי מערכת חיסון מהדם לחלב או כאמור עלייה בספירות תאים סומטיים

(סת"ס). תאים אלה מהווים את קו ההגנה הראשון והמרכזי בבלוטת החלב ועל כן יש חשיבות גדולה בגיוסם ותפקודם בבלוטת החלב. מצאנו עוד כי ישנה ירידה דרמטית בביטוי הגנים של חלבונים אנטימיקרוביאליים הנמצאים בחלב. לפיכך, בעזרת המודלים שפיתחנו אנו מראים לראשונה שקטוזיס גורם לדלקת עטין ללא עליה בסת"ס בחלב ולפגיעה בשחרור החלב ואנו סבורים שמנגנון חדש זה יאפשר לתאר את הקשר בין רגישות בהתפתחות נגיעות תוך-עטינית ודלקות עטין בפרות חלב עם קטוזיס לאחר ההמלטה.



איור 1. סכמת פגיעה רצפטור לאוקסיטוצין ושחרור החלב בבלוטה החלב. עלייה ברמות BHBA בדם (מצב קטוטי) או זיהום חיידקי גורם לפגיעה במנגנון שחרור החלב על ידי פגיעה ברמות הביטוי של הרצפטור לאוקסיטוצין הנמצא על תאי המיואפיתל.

## טוב מאוחר? על קטוזיס מוקדם ומאוחר

עומר קליין

החקלאית אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

[Omerkln@gmail.com](mailto:Omerkln@gmail.com)

**כללי:** קטוזיס הוא תגובה של הפרה היצרנית למאזן אנרגיה שלילי. קטוזיס נמצא קשור לתוצאות חיוביות- למשל תנובת חלב גבוהה, וגם לתוצאות שליליות- כמו סיכון מוגבר ליציאה מהעדר, סיכון מוגבר להיסט קיבה, פגיעה בביצועי הפוריות ועוד. מרבית אירועי הקטוזיס בישראל מתרחשים בסמוך להמלטה, ומאובחנים בבדיקה השגרתית, אולם יתכן ובמצבים מסוימים הקטוזיס יופיע במועד מאוחר יותר.

**רקע:** בעקבות דוח רפואת העדר שהעלה חשד כי קיימת הסתגלות לא טובה למאזן אנרגיה שלילי לאחר ההמלטה, וכי הזמן העובר מההמלטה ועד להסתגלות נאותה למאזן אנרגיה שלילי הוא ממושך בפרות הבוגרות הוחלט לבדוק את אפשרות היארעותו של קטוזיס מאוחר.

**מטרת העבודה:** בחינה של היארעות קטוזיס מאוחר, ואיפיון ההבדלים בין אוכלוסיית הפרות שסובלות מקטוזיס מוקדם לאלו הסובלות מקטוזיס מאוחר.

**שיטות וחומרים:** העבודה נערכה ברפת חלב ישראלית, 330 חולבות, תנובת חלב גבוהה, ממשק יובש והכנה מסודר. החל מ-יולי 2021 ועד היום נערכה, בנוסף לבדיקה השגרתית לאחר המלטה, בדיקה של כל הפרות הבוגרות לקטוזיס ב- 22-30 ימים בתחלובה, ללא קשר לתנובת החלב שלהן. פרה שנמצאה עם קטוזיס טופלה כמקובל ונבדקה שוב עד לבדיקה שלילית. בנוסף פרות שירדו בחלב לפני 60 ימים בתחלובה, נבדקו לקטוזיס. נתונים נאספו על 165 פרות בוגרות.

**הגדרות:** מקרה קטוזיס הוגדר כריכוז קטוזיס בשתן  $0.5 \text{ mmol/L}$ . או יותר.

קטוזיס מוקדם הוגדר מקרה קטוזיס עד 21 ימים בתחלובה.

קטוזיס מאוחר הוגדר כמקרה קטוזיס מ- 22 ימים בתחלובה.

**תוצאות:** נמצא כי היארעות של קטוזיס מוקדם עומדת על 21% (34/165) לעומת 24% (40/165) של קטוזיס מאוחר. 8% בלבד מהפרות הבוגרות שנבדקו סבלו מקטוזיס מוקדם ומאוחר גם יחד (טבלה 1). כלומר מרבית הפרות סבלו מקטוזיס מוקדם או מקטוזיס מאוחר בלבד, וחלק קטן יותר מהפרות סבל משתי הבעיות גם יחד.

**טבלה 1. היארעות קטוזיס מוקדם ומאוחר (מספר מקרים, (%))**

סה"כ	קטוזיס מוקדם		סה"כ	
	-	+		
40	27	13	+	קטוזיס מאוחר
125	104	21	-	
165	131	34	סה"כ	

נמצא שהסיכון של פרה עם קטוזיס מוקדם להיות עם קטוזיס מאוחר הוא (יחס צולב) 2.38-1.06 (5.37 כלומר, קטוזיס מוקדם מהווה גורם סיכון מובהק לקטוזיס מאוחר.

קטוזיס ואירועי המלטה: גורמי סיכון לקטוזיס מוקדם וקטוזיס מאוחר נבדקו במודל לוגיסטי. מוצגים הגורמים שנמצאו מובהקים או קרוב לכך.

**טבלה 3. גורמי סיכון לקטוזיס מאוחר**

גורמי סיכון לקטוזיס מאוחר			
p-Value	יחס צולב	גורם	
0.10	0.529	רזות	מצ"ג בהמלטה
0.02	3.343	שמנות	
	1	סטנדרטיות	
0.11	0.346		מצ"ג בשיא חלב
0.09	1.035		חלב ביקורת 1

**טבלה 2. גורמי סיכון לקטוזיס מוקדם**

גורמי סיכון לקטוזיס מוקדם			
p-Value	יחס צולב	גורם	
<0.01	5.1	כן	דלקת רחם
	1	לא	
0.21	2.1	כן	קדחת חלב
	1	לא	
0.05	1.03		ימי יובש

**דיון ומסקנות:** בעבודה זו ניתן לראות כי קטוזיס מאוחר עשויה להיות תופעה שכיחה, שכיחה אפילו יותר מקטוזיס מוקדם במצבים מסוימים.

אוכלוסיית הפרות שסבלו מקטוזיס מאוחר שונה מזו שסבלה מקטוזיס מוקדם: הפרות שסבלו מקטוזיס מוקדם היו פרות לאחר יובש ארוך יותר, בסיכון מוגבר לדלקת רחם ולקדחת חלב, כלומר פרות עם אירועים שליליים בסמוך להמלטה. הפרות עם קטוזיס מאוחר לא סבלו מסיכון מוגבר לאירועים חריגים סביב ההמלטה, היו עם נטיה לתנובת חלב גבוהה יותר ומצ"ג גבוה יותר בהמלטה ונמוך יותר בשיא חלב. ניתן לשער כי הקטוזיס המוקדם מושפע יותר ממאזן אנרגיה ואירועי המלטה, ואילו הקטוזיס המאוחר הוא אירוע המושפע בעיקר מגורמים הקשורים למאזן האנרגיה.

## אפקט העובד הבריא בפרות?

מיכאל ואן סטרטן

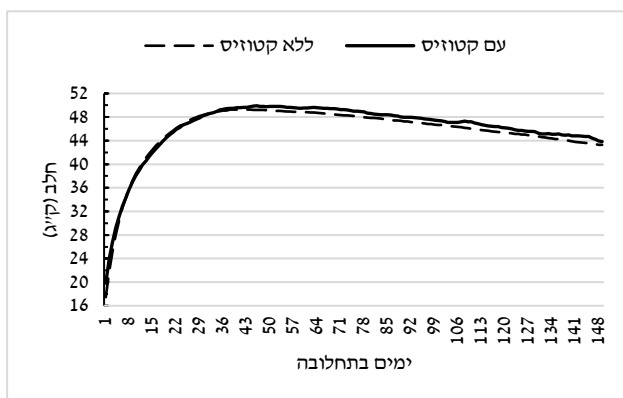
"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

[michaelvs@hak.org.il](mailto:michaelvs@hak.org.il)

**מבוא:** אפקט העובד הבריא (Healthy Worker Effect) הוא סוג של הטיה במחקרים העוסקים בחשיפות תעסוקתיות, הנובעת מבחירה לא נכונה של קבוצת ההשוואה. בהרבה מהמחקרים מהסוג הזה, הודגם כי ישנה נטייה עקבית לאחוזי תמותה נמוכים יותר בקרב המועסקים באופן פעיל, ביחס לאוכלוסייה הכללית. באופן דומה, גם במחקרים העוסקים בכימות הנזק ממחלות ייצור, ובפרט מקטוזיס, קבוצת ההשוואה היא בדרך כלל "אוכלוסיית הפרות הכללית" ללא קטוזיס. מהסיבה הזו, ומכיוון שהודגם שהסיכון לקטוזיס גדול יותר בפרות גבוהות תנובה, התעורר החשד כי גם במחקרים העוסקים בקטוזיס, ישנה סכנה להטיה מסוג "העובד הבריא". מטרת העבודה הייתה לבחון האם אפקט העובד הבריא רלוונטי לפרות, והאם אוכלוסיית הפרות ללא קטוזיס מתאימה לשמש כקבוצת השוואה לאוכלוסיית הפרות עם קטוזיס.

**חומרים ושיטות:** המחקר היה מסוג תצפיתי רטרוספקטיבי, וכלל נתונים ממדגם נוחות של 10 רפתות מאזורים גיאוגרפיים שונים בישראל. ברפתות אלו, כל הפרות נבדקו ע"י הרופא/ה המטפלת/ת בין 5 ל-11 ימים מהמלטה למחלות רחם וקטוזיס. קטוזיס אובחן בעזרת "קטוסטיקס" לאבחון אצטואצטט בשתן, וטופל בפרופילן גליקול במתן פומי ו/או דקסרוזה 50% במתן תוך-וריד, כנהוג ברפת. בנייתוח הנתונים נעשה שימוש בנתוני תנובה יומית עד 150 ימים מהמלטה. הנתונים נותחו בנפרד לפרות תחלובה 1 ו-2, במודלים רב משתניים שלקחו בחשבון קורלציה של נתונים ברמת הרפת והפרה. משתנים נוספים שנלקחו בחשבון היו ימים מהמלטה, דלקת רחם, ציון גופני (BCS) בהמלטה וחודש קלנדרי בהמלטה.

**תוצאות פרות תחלובה ראשונה:** נותחו 481,256 תנובות חלב יומית מ-3,431 מבכירות. קטוזיס אובחן וטופל ב-310 (9.26%) מהן. תנובת החלב היומית במבכירות עם קטוזיס הייתה גדולה ב-1.70 ק"ג מזו של מבכירות ללא קטוזיס ( $P < 0.001$ ). תנובת החלב המצטברת ב-150 ימים הראשונים לתחלובה הייתה גדולה ב-272.0 ק"ג במבכירות עם קטוזיס, ביחס לאלו ללא.



**תוצאות פרות תחלובה 2 שאובחנו עם קטוזיס, בהשוואה לפרות תחלובה 2 ללא קטוזיס:** קטוזיס אובחן ב-267 (8.36%) מתוך 3,195 פרות שנכנסו לניתוח. הסיכון היחסי של פרות עם קטוזיס בתחלובה 1 להיות מאובחנות עם קטוזיס בתחלובה 2 היה 2.79 ( $P < 0.001$ ). בהשוואה לפרות ללא קטוזיס בתחלובה 1, הקשר בין קטוזיס לתנובת החלב היה תלוי זמן:

תנובת החלב בפרות עם קטוזיס הייתה גדולה יותר בימים 1 עד 5 לאחר המלטה, אך קטן יותר בימים

8 עד 28 מהמלטה, ושוב גדול יותר מיום 29 עד ליום 150 מהמלטה, ביחס לפרות ללא קטוזיס. התנובה המצטברת הייתה גדולה ב-83.91 ק"ג בפרות הקטוטיות, ביחס לאלו ללא קטוזיס.

**תוצאות פרות תחלובה שנייה שלא אובחנו עם קטוזיס:** נותחו נתונים מ-2,928 פרות ללא קטוזיס. מאתיים עשרים ושש (7.72%) מתוכן אובחנו עם קטוזיס בתחלובה הקודמת, ותנובת החלב היומית בפרות אלו הייתה גדולה ב-1.59 ק"ג ( $P < 0.001$ ) מזו של פרות תחלובה 2 שלא אובחנו עם קטוזיס בשתי התחלובות.

**תוצאות פרות תחלובה 2 שאובחנו עם קטוזיס, בהשוואה לפרות תחלובה 2 ללא קטוזיס, אך שאובחנו עם קטוזיס בתחלובה ראשונה (גרף 2)**  
 גרף 1. תנובת חלב יומית לפרות תחלובה 2 עם קטוזיס, בהשוואה לפרות תחלובה 2 ללא קטוזיס ("האוכלוסייה הכללית")  
 (54.16%) אובחנו עם קטוזיס בתחלובה 2, והשאר לא אובחנו עם קטוזיס בתחלובה 2, אך אובחנו עם קטוזיס בתחלובה 1. תנובת החלב היומית בפרות שאובחנו עם קטוזיס בתחלובה 2 הייתה גדולה



גרף 2. תנובת חלב יומית לפרות תחלובה 2 עם קטוזיס, בהשוואה לפרות תחלובה 2 ללא קטוזיס אך עם קטוזיס בתחלובה 1

יותר עד יום 4, אך קטנה יותר מיום 9 עד יום 30 בתחלובה, ביחס לפרות ללא קטוזיס אך עם קטוזיס בתחלובה 1. עד 150 יום בתחלובה, תנובת החלב של פרות עם קטוזיס הייתה קטנה ב-127.7 ק"ג מזו של פרות ללא קטוזיס, אך עם קטוזיס בתחלובה הקודמת.

**דיון ומסקנות:** כימות הקשר בין קטוזיס לתנובת החלב מצריך קבוצת השוואה ראויה

תחלובה 2 ללא קטוזיס אינן קבוצה אחידה: אלו שאובחנו עם קטוזיס בתחלובה הקודמת הן פרות עם תנובה גבוהה יותר מאלו שלא. האחרונות מתאימות יותר לשמש כקבוצת השוואה לפרות עם קטוזיס בתחלובה הנוכחית, שכן הן יותר "דומות להן": הסיכון שלהן לפתח קטוזיס היה גדול יותר, אך הן לא פיתחו. כאשר הן שמשו כקבוצת השוואה, הפגיעה של קטוזיס בתנובת החלב המצטברת הייתה 127.7 ק"ג, בעוד שכאשר קבוצת השוואה הייתה "האוכלוסייה הכללית" ללא קטוזיס, לא זו בלבד שלא הודגם נזק, אלא שהתנובה המצטברת של הפרות הקטוטיות הייתה גדולה יותר. לכן, הטיה הדומה ל"אפקט העובד הבריא" רלוונטית גם למקרה של הפרה הקטוטית, וקבוצת השוואה המתאימה היא כנראה קבוצת פרות עם פוטנציאל ייצור גבוה יותר.

# גנטיקה וטיפוח

מושב 13

יו"ר: דר' שקד דרוקר



## השתנות אורך הטלומרים בעגלי הולשטיין והקשר לעקה ויצרנות

מירי כהן-צינדר<sup>1,2\*</sup>, שחר אלברג<sup>1,3</sup>, סמאח כעכוש<sup>1</sup>, רתם אגמון<sup>1</sup>, פרננדו גארסיה<sup>1</sup>, עינב שור-שמעוני<sup>1</sup>, אריאל שבתאי<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> מרכז מחקר נוה יער, המעבדה ליצרנות מקיימת של מע"ג, מנהל המחקר החקלאי  
<sup>2</sup> מרכז מחקר נוה יער, משק המודל לחקלאות בת קיימא, מנהל המחקר החקלאי  
<sup>3</sup> החוג לבעלי חיים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית ירושלים  
[mirico@volcani.agri.gov.il](mailto:mirico@volcani.agri.gov.il)

בריאות, פוריות ורווחת בע"ח בתנאים של יצרנות גבוהה מהווה אתגר לטיפוח במשק הבקר. נכון להיום, איסוף נתונים אלה כרוך באתגרים טכניים וכ"א רב ודורש איסוף נתונים לאורך כל חי הפרט. מציאת תכונות קלות למדידה, בעלות תורשתיות גבוהה, הקשורות באופן ישיר לתכונות אלה, יקלו על המאמצים לשפר את ניהול משק הבקר ויסייעו בטיפוח גנטי.

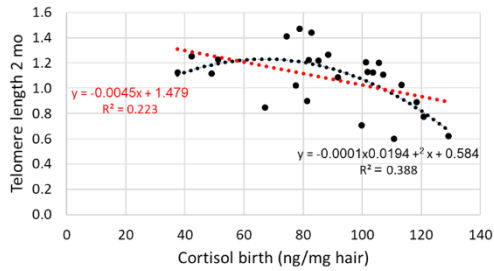
טלומרים הינם רצפי דנ"א חוזרניים בקצוות הכרומוזומים בגרעין התא, שתפקידם להגן על הכרומוזומים מפני איחוי ואובדן חומר גנטי במהלך שכפול הדנ"א. בעבודה הנוכחית ביקשנו לבחון את פוטנציאל השימוש במדידה של אורך טלומרים בשיטת qPCR כאמצעי להערכת מדד יעילות הייצור בעגלי הולשטיין. לשם כך, בחנו את הקשר בין אורך הטלומרים של העגלים ומדדים הורמונליים, תזונתיים ויצרניים של העגלים בשני משטרים גידול יחידני במלונות (N=20) מול גידול קבוצתי בחצר משותפת (N=30). גיל גמילת העגלים מתחליף החלב עמד על 70 יום. בתום תקופת הניסוי הועברו העגלים ממשטר הגידול היחידני בלבד למפטמה הפרטנית בנוה יער עד גיל 8 חודשים. דגימות דם ושיער נדגמו מהעגלים במועד ההמלטה, ובגילאי חודשיים, 5 ו-8 חודשים.

בשני משטרי הגידול, חלה התקצרות מובהקת של הטלומרים מיום ההמלטה ועד גיל חודשיים, ולאחריה התארכות עד גיל 8 חודשים, אז נמדדו טלומרים הדומים באורכם לאלה שנקבעו במועד ההמלטה (גרף 1). על אף דינמיקת ההשתנות הדומה של אורך הטלומרים בשני משטרי הגידול, ניכר כי הטלומרים של העגלים אשר גודלו באופן פרטני היו ארוכים יותר משל העגלים אשר גודלו בקבוצה, בעיקר בגיל 5 חודשים (P=0.04).

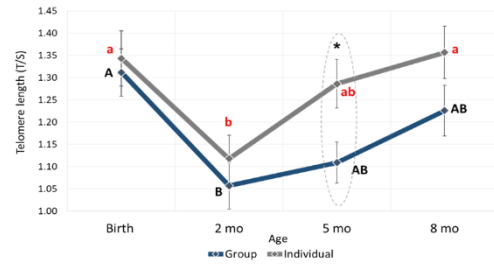
בהתייחס להורמון הקורטיזול, בעוד שביום ההמלטה ריכוזו בשיער היה דומה בשני משטרי הגידול, ריכוזו בגיל חודשיים היה גבוה באופן מובהק בקרב עגלים אשר גדלו במשטר קבוצתי, כפי הנראה לנוכח ריבוי העקות החברתיות המאפיינות את הגידול בקבוצות. בגיל 5 חודשים, חלה ירידה ברמות הקורטיזול בשערם של עגלי הגידול הקבוצתי בהשוואה לגיל חודשיים, בעוד שרמות הקורטיזול בקבוצה היחידנית עלו באופן מובהק. ייתכן כי מקורה של עליה זו בריכוז הקורטיזול בעקה חברתית שחוו העגלים עם המעבר מגידול יחידני לקבוצתי. בשונה מהורמון הקורטיזול, תבנית ההצטברות של הורמון הטסטוסטרון בשיערם של העגלים משני הניסויים הראתה עליה עם הגיל. באופן מעניין, נמצא מתאם הפוך ומובהק בין רמות הקורטיזול בשערם של העגלים ממשטר הגידול הקבוצתי במועד ההמלטה ובין אורך הטלומרים בגיל חודשיים (גרף 2).

בעוד שבמשטר הגידול היחידני לא נמצא מתאם בין אורך הטלומרים של העגל בגילאים הצעירים (המלטה וגיל חודשיים) ובין מדד נצילות המזון (gain to feed; G:F) בגיל הבוגר, (89 ימים), משטר הגידול הקבוצתי הציג מתאם חיובי (R<sup>2</sup>=0.18) אשר נטה למובהקות (P=0.07). יעילות ניצול המזון

של העגלים בגיל 89 ימים הייתה גבוהה יותר ( $P=0.016$ ) במשטר הגידול הקבוצתי ( $0.96\pm 0.20$ ) בהשוואה למשטר הגידול היחידני ( $0.83\pm 0.12$ ). הבדל זה, מקורו בעליות משקל גבוהות יותר של עגלי הגידול הקבוצתי ( $63.3\pm 13.6$  ק"ג), בהשוואה לאלה של העגלים שגדלו במלונות ( $53.5\pm 7.3$  ק"ג). צריכת המזון הכללית (ק"ג) היתה דומה בין עגלי שתי הקבוצות ( $66.9\pm 11.2$  ו  $65.8\pm 12.8$  עבור הניסוי הקבוצתי והיחידני בהתאמה). ממצאי עבודה זו, מצביעים על הפוטנציאל הקיים בשימוש בקביעת אורך טלומרים באמצעות qPCR כאמצעי להערכת יעילות הייצור בבקר.



גרף 2: גידול יחידני (ניסוי 2). מתאם בין ריכוז הקורטיזול בשיער של עגלים בהמלטה לבין אורך הטלומרים בגיל חודשיים. המתאמים מוצגים כקשר לינארי ( $R^2=0.22$ ) ופולינומי ( $P=0.017$ ;  $R^2=0.39$ ;  $P<0.01$ ).



גרף 1: השתנות אורך הטלומרים של עגלים ממשטר הגידול הקבוצתי ( $N=20$ ; ניסוי 1; קו כחול מלא) והיחידני ( $N=30$ ; ניסוי 2; קו אפור מלא) מהמלטה (birth) ועד גיל 8 חודשים. אורך הטלומרים נקבע באנליזת qPCR וחושב כפרמטר T/S. הבדלים מובהקים באורכי הטלומרים של עגלים ממשטר הגידול הקבוצתי והיחידני התקבלו בגיל 5 חודשים ומצויינים בכוכבית ( $P=0.04$ ). שגיאות התקן מוצגות.

# ניתוח גנטי וסביבתי של ציון מצב גופני בעדר הבקר לחלב הישראלי

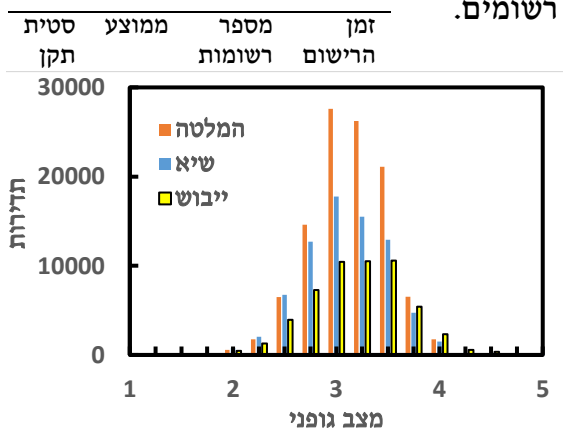
יהודה ולר<sup>1\*</sup> ואפרים עזרא<sup>1</sup>

<sup>1</sup>התאחדות יצרני החלב בישראל, [Joel.weller@mail.huji.ac.il](mailto:Joel.weller@mail.huji.ac.il)

שיפוט ציון מצב גופני אומד את רזרבות השומן של הפרה המצביע על מאזן אנרגטי. הציון משתנה לאורך התחלובה בהתאם למאזן האנרגיה של הפרה. בציון מיטבי, תנובת הפרה תהיה מירבית עם הפרעות מזעריות לרבייה ומחלות מטבוליות. בארץ מצב גופני נמדד במדד של אחד עד חמש, כאשר המצב הרצוי בהמלטה הוא ציון בין 3.25 ו-3.75. מטרת המחקר היו: לאמוד את הערכים הגנטיים של מצב גופני בעדר הבקר הישראלי לאורך התחלובה, הקשרים הגנטיים וסביבתיים בין ציון מצב גופני ומחלות מטבוליות והתכונות הכלולות באינדקס הטיפוח הישראלי, ולאמוד את ההשלכות של הכללת ציון מצב גופני באינדקס הטיפוח הישראלי.

קובץ הנתונים הבסיסי כלל רשומות של פרות הולשטיין מתחלובות 1 עד 3 מ-504 עדרים משנת 2011 ועד שנת 2020. ציון מצב גופני נחקר בשלוש תקופות: (1) בסמוך להמלטה - מ-14 ימים לפני ההמלטה ועד 14 ימים לאחר ההמלטה; (2) בסמוך לשיא התחלובה - בין 40 ו-60 ימי חליבה; (3) בסמוך ליובש - בין 30 ימים לפני הייבוש ועד 30 ימים לאחר הייבוש. בנוסף למצב הגופני נשלפו רשומות על חמש מחלות מטבוליות: היסט קיבה, קדחת חלב, קטוזיס, דלקת רחם, ועצירת שלייה וכן קושי בהמלטה, תאומים ותשע התכונות הכלולות באינדקס הטיפוח; חלב, שומן, חלבון, ריכוז תאים סומאטיים (רת"ס), פוריות נקבית, הישרדות, התמדה, אופן המלטה (קל או קשה), ותמותת וולדות. רוב הניתוחים הסטטיסטיים בוצעו ע"י תוכנת AIREMLf90 של מיסטל וצורוטה לפי "מודל הפרט הרב-תכונתי" וכללו את השפעות: עדר-עונה-שנה, גנטי-תוספתי של הפרה וחודש ההמלטה. כדי לבנות את מטריצת הייחוסים, כל הניתוחים כללו את כל ההורים וסבים של הפרות עם רשומים.

טבלה 1. מספר הרשומות התקינות, ממוצעים וסטיות תקן של מצב גופני בתחלובה ראשונה.



איוור 1. התדירות של הציונים למצב גופני בשלוש התקופות בתחלובה ראשונה.

מספר הרשומות התקינות, ממוצעים וסטיות תקן של ציון מצב גופני בתחלובה ראשונה מופיעים בטבלה 1. כמו במחקרים קודמים, הממוצע הנמוך יותר בתקופת שיא חלב, וסטית התקן עולה לאורך התחלובה. עבור הממוצעים וסטיות התקן התקבלו תוצאות דומות עבור תחלובות שתיים ושלוש. באיוור 1 מופיעים התדירות של הציונים למצב גופני בשלוש התקופות בתחלובה ראשונה. כל ההתפלגויות היו קרובות לנורמליות, אבל ערך הצידוד היה שלילי בכולם.

בטבלה 2 מופיעים התורשתיות והמתאמים הגנטיים והסביבתיים למצב גופני בתחלובה ראשונה בין שלוש התקופות שנבדקו. כל ערכי התורשתיות היו מעל 0.25. בשיא הייתה התורשתיות הגבוהה ביותר, 0.34. כל המתאמים הגנטיים היו מעל 0.75. תוצאות דומות התקבלו עבור תחלובות שתיים ושלוש. כל המתאמים בין התחלובות על אותה תקופה היו מעל 0.8.

**טבלה 2.** התורשתיות (על האלכסון) והמתאמים הגנטיים (מעל האלכסון) והסביבתיים (מתחת לאלכסון) למצב גופני בתחלובה ראשונה בין שלוש התקופות.

זמן הרישום	המלטה	שיא	ייבוש
המלטה	0.276	0.891	0.775
שיא	0.277	0.344	0.818

המתאמים הגנטיים בין מצב גופני בהמלטה ובשיא ובין חמש המחלות המטבוליות היו פחות מ-0.42. המתאם הגובה ביותר היה בין מצב גופני בשיא ועצירת שלייה בתחלובה שלישית, -0.41, אך התורשתיות של עצירת שלייה הייתה פחותה מ-0.02. המתאמים הגנטיים בין מצב גופני ותכונות האינדקס בתחלובה ראשונה, וכן ההתקדמויות הצפויות לאחר 10 שנות טיפוח מהכללת מצב גופני

**טבלה 3.** מתאמים גנטיים בין מצב גופני ותכונות האינדקס, וההתקדמויות הצפויות לאחר 10 שנות טיפוח מהכללת מצב גופני בשיא באינדקס הטיפוח.

מצב גופני באינדקס		אינדקס נוכחי		מתאם		תכונות	גנטי
חלק מהאינדקס	התקדמות	מקדם	חלק מהאינדקס	התקדמות	מקדם		
0.11	0.04	1000	0.00	-0.04	0	מצב גופני	
0.00	993	0	0.00	1138	0	חלב	-0.29
0.22	46.51	9.94	0.25	50.24	9.94	שומן	-0.19
0.32	33.57	19.88	0.36	36.83	19.88	חלבון	-0.24
0.10	-0.06	-300	0.11	-0.01	-300	רת"ס*	-0.19
0.12	-0.45	26	0.13	-1.36	26	פוריות	0.27
0.06	88.13	0.6	0.07	76.37	0.6	הישרדות	0.17

בשיא באינדקס הטיפוח מופיעים בטבלה 3. המתאמים עם תכונות יבול היו שליליים, אך נמוכים יחסית. המתאמים עם רת"ס, פוריות, והישרדות היו בכיוון הרצוי, וגם נמוכים. המתאמים עם אופן המלטה ותמותת וולדות היו בכיוון הלא רצוי. לאחר 10 שנים של שימוש באינדקס

הנוכחי צפויה ירידה מזערית של 0.04 יחידות בציון מצב גופני בשיא. היות והסטית תקן הגנטית של ציון מצב גופני קטנה מאוד יחסית ליתר התכונות, דרוש מקדם אינדקס גבוה מאוד כדי לקבל שינוי משמעותי לעומת המצב הקיים. עם מקדם של 1000, לציון מצב גופני יהיה משקל של 11% מהאינדקס. בשימוש באינדקס צפויה עלייה מזערית של 0.04 יחידות עבור ציון מצב גופני בשיא חלב, אך צפויה ירידה בהתקדמות הגנטית עבור ק"ג חלב, שומן וחלבון; ועלייה לא רצויה באופן המלטה ותמותת וולדות. צפוי שיפור בהתקדמות גנטית עבור רת"ס, פוריות נקבית, הישרדות, וחוסר שינוי עבור התמדה. בסיכום כללי, צפויה ירידה של 215 יחידות אינדקס. לכן, לא ניתן להמליץ על הכללת מצב גופני בשיא באינדקס הטיפוח הישראלי.

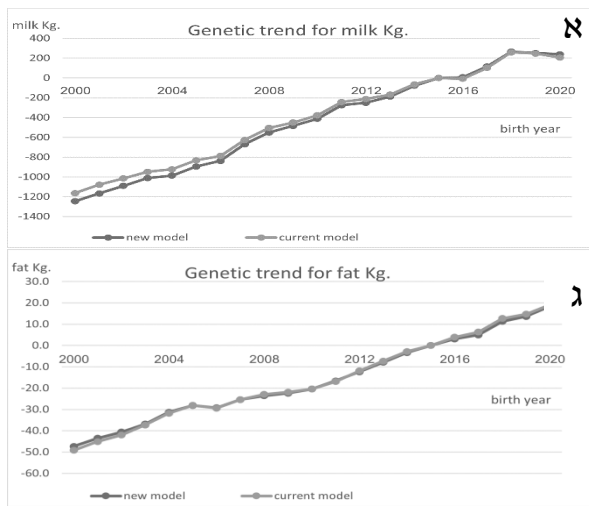
המחקר מומן ע"י הנהלת ענף הבקר.

## יישום הערכות גנומית בחישוב ישיר (single-step) מנתוני פרים ופרות

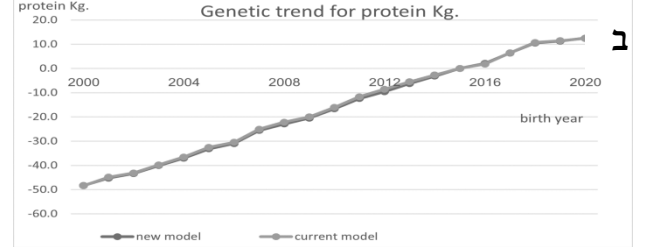
אריה קורזון\*<sup>1,2</sup>, אפרים עזרא<sup>3</sup>, יהודה ולר<sup>3</sup>, וינסנט ברנר<sup>4</sup>, מורן גרשוני<sup>1</sup>, איל סרוסי<sup>1</sup>  
המכון לחקר בע"ח, מנהל המחקר החקלאי, [seroussi@agri.huji.ac.il](mailto:seroussi@agri.huji.ac.il).<sup>2</sup> הפקולטה לחקלאות  
מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית. <sup>3</sup> התאחדות יצרני החלב בישראל. <sup>4</sup> GHPC יעוץ ושרותים  
פי.טי.וי אל.טי.די, ארמידייל, ניו סאות' ויילס, אוסטרליה.  
טיפוח בקר לתכונות יצרניות רצויות דרך חישוב ערך טיפוח משוער לפרים (EBV) פותח ע"י הנדרסון  
בשנות ה-50 של המאה הקודמת. בראשית הדרך, ניתן לפרים ערך טיפוחי ללא מידע גנומי ורק על  
בסיס קשרים משפחתיים ופנוטיפ (ערך טיפוחי מסורתי). המודל השתמש בחיזוי בלתי מוטה לינארי  
מעורב הנקרא (BLUP) Best-Linear Unbiased Prediction, המשלב אומדנים לאפקטים קבועים  
ואקראיים. בהמשך פותחו שתי שיטות עיקריות למתן אומדן עבור ערכי הטיפוח בעזרת נתונים  
גנומיים. ואן-ריידן וחובריו (2008) הציעו שיטה הנקראת חיזוי גנומי בלתי מוטה לינארי (gBLUP),  
המבוסס על יצירת מטריצת יחסים בין הפרטים על בסיס מידע גנומי. מטריצה זאת, שמיוצגת על  
ידי האות G, החליפה את מטריצת היחסים המשפחתיים בין הפרטים על בסיס רשומות נתוני  
ההורות, שמיוצגת ע"י האות A. שיטה זאת מכונה השיטה הרב-שלבית. בשיטה זאת קיימים שלבים  
המאפשרים שילוב המידע הגנומי באנליזה. בשלב הראשון, מחשבים את ערך הטיפוח המשוער  
המסורתי עבור כל השושלת. בשלב השני, ביצועי הפרות משמשים על מנת לתת ערך טיפוחי לאבות  
על ידי אחת משתי שיטות: נרמול ממוצע נתוני בנות לאפקט הגנטי של הפר ( Daughter Yield  
DYD - Deviations), או דה-רגרסיה (DD - deregressed evaluations). בשלב השלישי, הקשר בין  
המידע הגנומי (G) נבחן אל מול DD או DYD ועבור כל פרט בעל נתונים גנומיים ניתנים ערכי טיפוח  
ישירים (DGV - Direct Genomic Values). עם הערך הטיפוח הישיר ניתן גם לשלב מידע של ממוצעי  
הורים או של ערך הטיפוח משוער מסורתי, המחושב לפי נתוני הורות וכך מתקבל ערך הטיפוח גנומי  
משוער (GEBV). עבור נתוני הפרים, שיטה זאת בד"כ משלבת נתונים גנומיים של פרים בלבד, היות  
ושילוב פרות באנליזה רב שלבית מסובך יחסית, וזאת על אף שבמשך השנים נעשו התאמות לשילוב  
פרות בשיטה. כתוצאה מכך, יש חסרון בכך שהשיטה לא ממצה את כלל הנתונים המצויים בידי  
המטפח.

מיסזטל וחובריו (2009) הציעו את השיטה החד-שלבית. שיטה זאת משלבת פנוטיפים, נתוני שושלת  
וגנוטיפים באנליזה אחת לצורך חישוב ישיר של ערכים טיפוח גנומיים (ssGBLUP). במקום מטריצת  
היחסים G, המשמשת באנליזה הרב שלבית והכוללת רק מידע גנומי, משתמשים במטריצה H,  
שכוללת בתוכה גם מידע גנומי וגם מידע שושלתי. באנליזה החד-שלבית, השילוב של הפרות אינו  
דורש התאמות מיוחדות ונחשב פשוט יחסית. חישוב ישיר של ערכי טיפוח גנומיים באמצעות סמנים  
גנטיים של בסיס יחיד (ssSNPBLUP) הוא נגזרת מסוימת של השיטה החד-שלבית, שלאחרונה נעשה  
בה שימוש מוצלח באנליזה של פרות בגרמניה. לנגזרת זאת יש יתרונות בהתכנסות לפתרון. המודלים  
לחיזוי דורשים אוכלוסיית יחוס גדולה כדי לחזות ערכי טיפוח מהימנים. כמו מדינות נוספות עם  
משק קטן, המגדלים בישראל משלבים נתונים עם משק אחר (הולנד), על מנת להגדיל את  
האוכלוסייה ומוציאים כסף רב כל שנה על שימוש במידע מתכנית הטיפוח הזרה. בנוסף, באופן הזה  
מספר הפעמים בו ניתן לערוך מבחן פרים במשך השנה הוא מוגבל (4-5 פעמים) מה שמוסיף סרבול

למנגנון ההשבחה של הפרים. מכאן נובע הצורך לנסות שיטה המשלבת את נתוני הפרות באנליזה, שתאפשר להגדיל את מסד הנתונים. ניסיון כזה נעשה בעבר (לפי לורנצו וחובריו 2014) אך כמות הנתונים לא הספיקה לתת אומדנים מספיק מהימנים שיתחרו עם ההשתלבות בתכנית הטיפוח הזרה. מאז 2014, גדל מסד הנתונים של הפרות עם נתוני גנום למספר גבוה (מעל 10,000 פרות). מה שעשוי להצדיק בדיקה נוספת, שהיא מטרת מחקר זה. במסגרת הניסוי נעשה ניסיון של חיזוי במודל של ssSNPBLUP בעזרת תוכנה מתקדמת בשם APEX. עבור כל הניסוי נלקחו נתונים מפרטים עם המלטות החל משנת 2000 וזאת היות שלתקופה לפני שנת 2000 יש מעט נתוני גנוטיפ. בבדיקה של השיטה החדשה (ssSNPBLUP) עבור ק"ג חלב, שומן וחלבון התקבלו גרפים דומים לשיטה הרב-שלבית הנהוגה (איור 1). לכן ניתן לקבוע שהאלטרנטיבה החד-שלבית מספקת אומדני טיפוח דומים לזאת של הרב-שלבית, עבור ההתקדמות הגנטית לאורך השנים (2000-2020). המתאמים בין שתי השיטות היו גבוהים (0.97). עבור 142 פרים ישראלים שנולדו בין 2014-2017, נבדקה הדמיה של יכולת החיזוי של השיטה החד-שלבית לנתוני 2019 והם הושוו ליכולת החיזוי של המבחן הרב-שלבי שבוצע ב-2018, בשילוב נתוני העדר ההולנדי. המתאמים של החיזוי היו נמוכים מהשיטה הרב שלבית עבור ק"ג חלב (0.7 לעומת 0.64) אך גבוהים יותר עבור נתוני ק"ג חלבון (0.56 לעומת 0.51) וק"ג שומן (0.57 לעומת 0.56). כך שכנראה החישוב החד-שלבי מתאים לחיזוי ערכים גנומיים של פרים שעדיין לא נכנסו לשירות. יכולות חיזוי אמינה חשובה להמשך עצמאי של תכנית הטיפוח בישראל. אימוץ השיטה החדשה יאפשר צמצום זמן ההמתנה לחיזוי הנתונים של עגלים צעירים, זמן שהחקלאי נאלץ לגדלם בהיעדר החלטה על כדאיותם. בישראל, ניתן יהיה לבצע חישוב בתדירות חודשית במקום רבעונית. מלבד צמצום בעלות ההחזקה, איתור מהיר יותר של עגלים צעירים יאפשר להאיץ את העברתם לממשק מפוקח שמשפר את כשירותם כפרי הזרעה ובעקיפין מאיץ את תכנית ההשבחה. על אף האמור, השיטה החד-שלבית סובלת מבעיה של ניפוח הנתונים עבור פרים צעירים ולכן מקשה על השוואה לפרים בוגרים. בעיה זאת, שטרם נפתרה, עשויה להפריע לאימוצה ע"י החקלאים.



איור 1. התקדמות גנטית עבור א. ק"ג חלב, ב. ק"ג שומן ו-ג. ק"ג חלבון, עבור 715,646 פרות שלהן נתוני המלטות בין השנים 2000-2020. ההתקדמות שמחושבת בשיטה הרב-שלבית הנהוגה (קו בהיר) מוצגת בהשוואה לזאת של החד-שלבית (קו כהה). 916,709 פרים ופרות. שימשו לחישוב החד-שלבי. נקודת האפס להתקדמות הגנטית ברמת הנתונים בשנת 2015.



מחקר זה מומן ע"י קרן המחקר של מועצת החלב תחת הסכם מספר 362-0774 וקרן קוריא-ישראל של משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה (קדמת המדע 5214). הספרות ברשות המחקרים.

## ריצוף גנומי עמוק חושף את מיקרוביוטת נוזל הזרע של פרי הזרעה ישראליים

איל סרוסי\*, מורן גרשוני

המכון לחקר בע"ח, מנהל המחקר החקלאי [seroussi@agri.huji.ac.il](mailto:seroussi@agri.huji.ac.il)

מיקרוביוטה היא קהילה של מיקרואורגניזמים, שבית הגידול שלה נמצא בגוף החי. מיקרואורגניזמים אלה מקיימים סימביוזה קומנסלית ופתוגנית עם הגוף וכוללים חיידקים, נגיפים, טפילים, פטריות, בקטריופאג'ים וחד-תאיים פרוטיסטים. כל בעלי החיים מאחסנים קהילות מיקרואורגניזמים בגופם ועל גופם, שיכולים להשפיע באופן משמעותי על הביולוגיה של המארח. ביונקים, נוזל הזרע של זכרים בריאים בדרך כלל אינו מכיל חיידקים. אף על פי כן, צינור השופכה, עור ושיער מכילים מספר מיקרואורגניזמים שיכולים לגרום לזיהום של דגימות זרע בזמן איסוף דגימות, כחלק מתהליך ההפריה המלאכותית. לכן, זיהום חיידקי וויראלי של נוזל הזרע הוא גורם חשוב הקשור למצב הבריאות של פרים, שיכול להשפיע באופן משמעותי על הזרעה מלאכותית ועל העברת מחלות בבקר. כדי למזער את סכנות הזיהום, אנטיביוטיקה מוספת באופן שגרתי לקשיות זרע, בכדי לשלוט על הצמיחה של

חיידקים אלה. בנוסף, לאחרונה נעשה מאמץ מחקרי בעולם לאפיין את מיקרוביוטה הנורמלית בזרמת פרים ודווח שהשונות הטבעית של החיידקים בין פרטים מורכבת מחמש קבוצות עיקריות (איור 1A). כדי לבחון שונות זאת בישראל, דנ"א הופק מנוזל קשיות הזרעה של 17 פרים. דגימת פרים זאת נבחרה לייצג מספר שושלות. ריצוף גנום שלם בוצע עם טכנולוגיית HiSeq

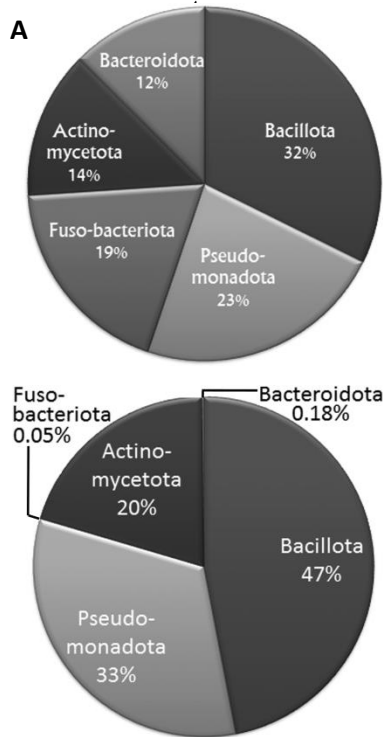
NovaSeq 6000, על ידי מרכז קביעת רצף בדרום קוריאה (TheragenEtex, Suwon). בטכנולוגיות אלה, הדנ"א עבר קיטוע ובוצע ריצוף דו-צדדי (paired-end) למקטעים, לאורך 151 נוקלאוטידים מכל קצה, והרצפים הופקדו בבנק הגנים (טבלה 1). כחלק מהפקדת הרצף בבנק הגנים, התבצעה אנליזת STAT של מקורו הביולוגי, על ידי שאילתה של

טבלה 1: ריצוף גנומי עמוק של 17 פרי הזרעה ישראליים

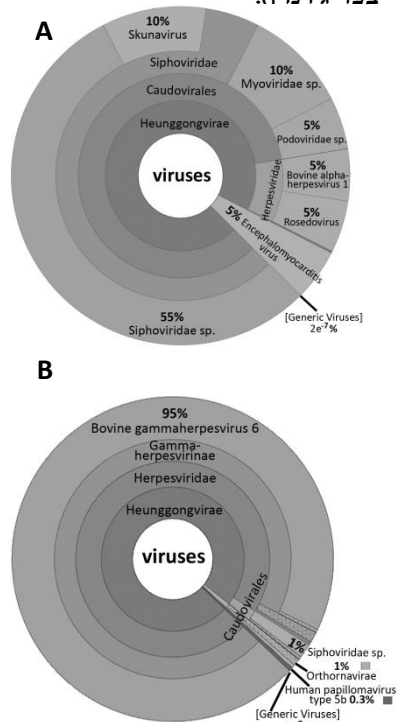
נגיפים Kbp	מקטעי בקטריו ת	מס. מקטעים	טכנולוגיה	
7.3	102,765	401,967,974	NS	בולר
2214.6	127,860	361,519,877	NS	אבשה
13.3	129,455	449,885,842	NS	סג
7.0	94,879	399,980,764	NS	סופון
5.1	813,673	382,156,099	NS	ור
24.8	176,720	458,256,777	NS	מפרק
		408,961,222 ±15,495,834	ממוצע ± שגיאת תקן	NovaSeq 6000
86.4	44,772	310,285,759	HS	גרמין
4.8	131,921	319,575,305	HS	גי
37.2	59,905	337,946,649	HS	גייגי
4.5	81,281	300,382,216	HS	בופון
5.4	82,354	273,572,927	HS	מאקרו
1.8	136,121	285,115,013	HS	סטארט
3.6	110,871	302,259,900	HS	איסר
6.0	90,100	296,384,014	HS	אטב
6.0	45,817	327,126,812	HS	גרדן
3.3	60,657	317,888,134	HS	ארטיסט
4.5	111,464	304,472,448	HS	סטזר
		306,819,016 ±5,585,356	ממוצע ± שגיאת תקן	HiSeq 2500

מסד נתונים שכולל רצפים ייחודים בני 32 נוקלאוטידים (k-mers), שמאפיינים את כל המינים

**איור 1: התפלגות חמש קבוצות החיידקים העיקריות במיקרוביום נוזל הזרע**  
 A. התפלגות טבעית (תועדה בברי סימנטל). B. התפלגות ממוצעת ב-16



**איור 2: נגיפים בנוזל הזרע**  
 A. התפלגות אופיינית (תועדה בפר גרדן). B. אינפקציה בהרפס (תועדה בפר גרמיו).



המתועדים בבנק הגנים. אנליזה זאת מאפשרת לכמת את שיעור הדנ"א הזר בכל הפקדה ולזהות את מקורו המיקרוביוטי (טבלה 1). כמוצג בטבלה, דגימת הזרע של הפר "ור" הייתה חריגה (0.21% דנ"א בקטריאלי, שרובו משויך לפתוגן הצמחי, הגרם חיובי *Erwinia gerundensis*), בעוד הממוצע בשאר הדגימות היה  $29 \pm 3$  פרומיל. התפלגות המיקרוביום בדגימות אלה דמתה לטבעית ( $r=0.82$ , איור 1B), עם תת-ייצוג לקבוצות *Bacteroidota* ו-*Fusobacteriota*. במקביל לשכיחות החיידקים במיקרוביוטה הנורמלית של נוזל הזרע (Contreras, 2023), קבוצת הנגיפים העיקרית שאופיינה הייתה בקטריופאג'ים, בעלי "זנב" (cauda), המשמש לחדירה לתאי החיידקים (*Caudovirales*, 85%, איור 2A). חריגה ניכרת (פי 369 מהחציון) מכמות הנגיפים הנורמלית אותרה בנתוני הפר "אבשה" שכללו בעיקר מקטעי נגיף קורונה (טבלה 1). מכיוון שפר זה נדגם לפני פרוץ הפנדמיה, ברור שמרכז הריצוף בקוריאה זיהם את הדגימה, ויש לקחת בחשבון זיהומים מאורגניזמים זרים בשלב זה של האנליזה. אכן, מפתחי אנליזת STAT דיווחו על אלפי אנליזות שזוהמו בקורונה. זיהום דומה יכול להסביר את הופעת הפתוגן הצמחי בנתוני הפר "ור". כמות הדנ"א הנגיפי בנתוני הפר "גרמין" הייתה חריגה (פי 14 מהחציון, טבלה 1), שבעיקרה כללה 533 מקטעים מגנום נגיף הרפס 6 של בקר (איור 2B). מיפוי של רצפים אלה לגנום הנגיף, אימתו את מקורם, בעומק כיסוי של כאחד, כך שעל כל כ-30 תאי זרע צפוי שימצא ויריון יחיד. הפרשה טרנסיינטית של נגיף זה בנוזל הזרע תועדה בפרים סמוך להופעתו בדם, וכן הופעתו נצפתה ברקמות מעוברים שהופלו, בסמיכות לפתוגן חיידקי. תצפיות אלה העלו חשש שהרפס 6 עלול לפגוע בפוריות, אבל מחקרים נרחבים יותר דווחו על שכיחות נרחבת שלו בקר ללא השפעות שליליות והציעו שמדובר באורגניזם קומנסאלי. כך שכללית עולה ממדגם הגנומים בזירמות שנבחנו, שהשימוש בקשיות ישראליות להזרעה בטוח. אם זאת, מומלץ להרחיב את היקף הריצוף העמוק של גנומים מקשיות זירמה, כאמצעי בקרה על איכות הזרע. יש לציין שמחיר אנליזה זאת במגמת ירידה והיא גם מספקת מידע גנטי מלא, שחשוב לתוכנית ההשבחה, בהשוואה לפרופיל הגנטי, שמתקבל משבב של סמנים גנטיים ושמספק מידע מוגבל לחישוב הערכות גנומיות. המחקר מומן ע"י קרן המחקר של מועצת החלב והקרן הלאומית למדע. מובאות אצל המחברים.



# ניבוי וחישוב ריבוי בשארות באמצעות נתונים גנומיים: ריבוי בשארות עד לרמת

## הגן

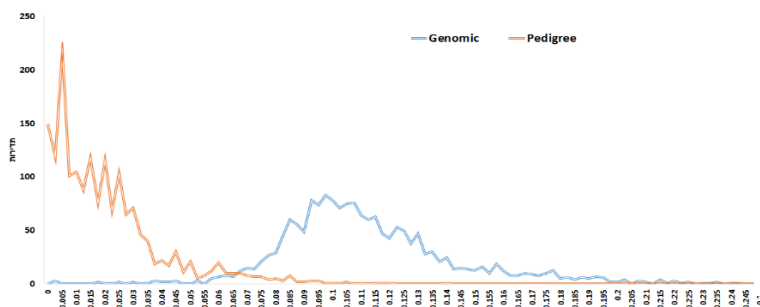
### מורן גרשוני

המכון לחקר בע"ח, מנהל המחקר החקלאי [g Moran@volcani.agri.gov.il](mailto:g Moran@volcani.agri.gov.il)

מבוא: שיעור ריבוי בשארות (inbreeding) הנה בעיה גוברת בבקר לחלב ועלולה להשפיע לרעה על בריאות ורמות הייצור של בעל החיים. חישוב ריבוי בשארות המבוסס על אילן יוחסין הנו הסתברותי. מספר עבודות שבחנו את רמות הריבוי בשארות בעדרים שונים מצאו פערים של עד פי שניים מהערך האמתי. בעיה זו מתחדדת עם כניסת הסלקציה הגנומית לתכנית הטיפוח, אשר מקצרת את אורך הדור. מידע גנומי נמצא יעיל יותר לחישוב שיעור ריבוי בשארות האמתי ולקביעת הקרבה הגנטית בין שני פרטים. חישוב זה אינו נשען על תיעוד שושלות אינטנסיבי אלא על קביעת גנוטיפ של בעל החיים. לחישוב אחוז ריבוי בשארות בהתבסס על המידע הגנומי ישנם מספר יתרונות מובהקים מול השיטה המסורתית: (1) הפרה אינה חייבת רישום של אילן היוחסין; (2) מאפשר תיקון טעויות באילן יוחסין המוביל לחישוב מדויק יותר של אומדני ההורשה; (3) מידע גנומי מאפשר מתן משקל להפלוטיפים "מזיקים"; (4) חישוב אומדן הורשה גנומי לפרה; (5) חישוב רמת השארות "האמתי" (פרופורציית ההומוזיגוטיות).

**מטרת המחקר** הנה הקמת תשתית לחיזוי רמת השארות של תוצרי זיווגים על בסיס מידע גנומי. **מהלך העבודה:** גויסה אוכלוסיית המחקר הכוללת כ-1200 שלשות, דהיינו, אב, אם ובת, כאשר עבור השלשה יש לנו מידע גנוטיפי בצפיפות נמוכה עד בינונית. בנוסף, עבור כל אחד מצמדי ההורים הפקנו את נתוני הקרבה המחושבים ע"פ השושלת המתועדת בספר העדר וכן את ההערכה הסטטיסטית לרמת הריבוי בשארות לפרה המבוססת על רישום השושלות. בשלב הבא פיתחנו, התאמנו וחישבנו מדדים גנומיים שונים, כאשר כל מדד הנו הערכה של רמת הקרבה ומידת השיתוף הגנומי בין שני פרטים. המטרה הסופית שמדדים אלה ישמשו לניבוי רמת ריבוי בשארות של צאצא ע"פ נתוני גנוטיפ ההורים. לבסוף,

לכל אחד מהפרטים באוכלוסיית



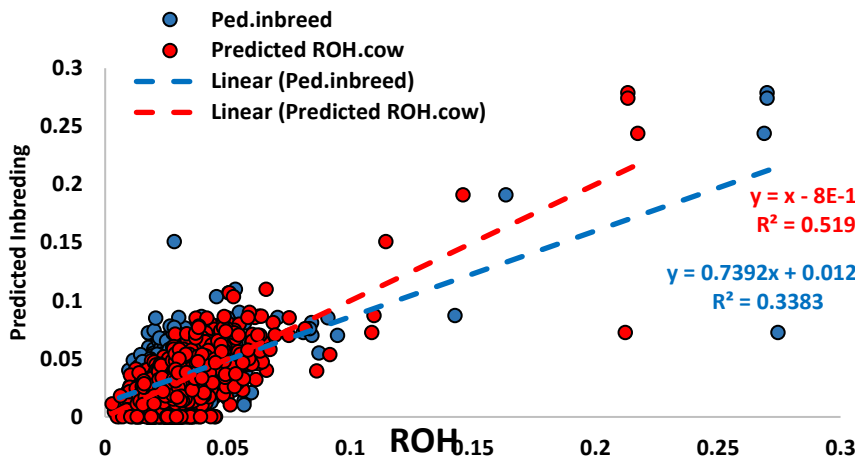
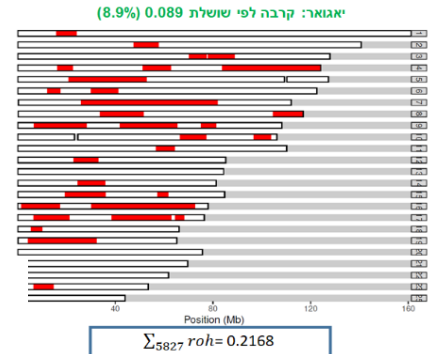
**איור 1.** התפלגות רמת שארות בקרב פרי השירות בישראל. בכתום רמת השארות שחושבה על פי נתוני השושלת (כפי שמחושב כיום) ובכחול השארות כפי שחושבה מנתוני הגנוטיפ. ציר ה X - מראה את רמת השארות וציר ה Y - את השכיחות.

המחקר חושב ריבוי בשארות (Inbreeding) הגנומי, משמע, פרופורציית ההומוזיגוטיות מסה"כ הגנום (ROH).

**תוצאות:** כהערכה ראשונית להבדל בין רמת שארות מחושבת מתיעוד שושלות לשארות בפועל כפי שבאה לידי ביטוי בפרופורציית ROH, השווינו את השונות בהתפלגות רמות השארות המחושב כיום מנתוני שושלות, אל מול זאת שחישבנו מנתוני הגנוטיפים (מדד ROH) עבור כלל פרי העדר (~1750,

איור 1). מצאנו הסטה משמעותית ימינה לרמות השארות המחושב ע"פ גנום, כאשר התפלגות השארות הגנומית הינה נורמלית בקרוב, בעוד שהשושלתית מכווצת לשמאל עם רמות אפס. זאת, כפי הנראה עקב חסר בתיעוד שושלות, בעיה שאינה קיימת בשימוש במידע גנומי. כמו כן, מצאנו כי רמת השארות בקרב פרי העדר גבוהה משמעותית מזו המחושבת ע"י נתוני שושלות, ומגיע לכדי

**איור 2.** מיפוי שארות גנומית לפרה יגואר. כל עמודה מציינת כרומוזום. באדום מקטעי ROH המציינים ריבוי בשארות. בתחתית התמונה סכום מקטעי ה-ROH. עבור יגואר חושבו 21.6 אחוזי ריבוי בשארות גנומית, בעוד רמת הריבוי בשארות ע"פ רישומי ספר ההעדר אשר חושבה מתיעוד השושלות 8.9%. בנוסף, מודגם כיצד מיפוי שארות גנומי מאפשר זיהוי שארות עד רמת הגן.



**איור 3.** ניתוח התאמה בין חיזוי השארות ע"פ שושלת לעומת גנומי, לאחר שחזור סמנים. גרסיה לינארית לאחר ביצוע שחזור סמנים של ערכי השארות (ROH) של הבנות (ציר X) כפונקציה של חישוב שושלתי (כחול) או גנומי (אדום) של ההורים (ציר Y).

13% עם ריבוי בשארות של מעל אחוז בממוצע בכל עשור. בדומה, הערכת חסר נמצאה גם עבור פרות אוכלוסיית המחקר, אם כי בשעורים מתונים יותר, כפי הנראה מכיוון שמדובר באוכלוסייה צעירה יותר עם תיעוד שושלות עמוק. מיפוי פיזור מקטעי ROH מדגים כי חישוב שארות גנומי מאפשר קביעת שארות ברמת הגן, כפי שמוצג באיור 2. בשלב הבא חושבו מספר מדדי קרבה מבוססי גנום של זוגות הורים וכן רמת השארות של הבנות על פי שושלת וגנום. באמצעות מודל לינארי נמדדה טיב ההתאמה בין ערך הקרבה הגנומי כמנבא שיעור שארות ROH של הבנות. מצאנו כי לפרופורציית מקטעי ה-IBD ( $IBD = IBD_1 + \frac{1}{2} * IBD_2$ ) טיב התאמה הגבוה ביותר. מקטעי IBD מציינים רצפי דנ"א זהים בין שני פרטים שמקורם בהורה משותף. בהשוואה למדד שארות שושלתי ולאחר שחזור סמנים, מצאנו שניבוי גנומי מדויק ביותר מ-50% מניבוי מבוסס שושלות (איור 3).

**לסיכום** מצאנו כי הערכות רמות השארות בעדר הישראלי, כפי שמתקבל מחישוב המבוסס על תיעוד שושלות, מצוי בהערכת חסר וכי חישוב רמת השארות ע"פ מדדים גנומיים מדויק יותר מזה המבוסס על תיעוד שושלות בכ- 50%. בהינתן עלות הנמוכה של שבב גנטי והיתרונות הנלווים לקביעת גנוטיפ לפרות ממשיכות, מומלץ לשקול מעבר לחישוב רמת שארות מבוסס גנום.

## עמידות לסקרייפי בכבשים: מבדיקות גנטיות לטיפול

חי דביר\*, מירב כהן, אנדרי שיראק, אלכס רוזוב, איל סרוסי

המחלקה לחקר בקר וצאן, מכון לחקר בעלי חיים, מכון וולקני

[haydvir@volcani.agri.gov.il](mailto:haydvir@volcani.agri.gov.il)

סקרייפי הינה מחלה נירולוגית מדבקת וקטלנית בכבשים הנובעת מקיפול לא תקין של חלבון הפריון (Prion protein - PrP). כפי המתרחש במחלות פריון אחרות, חשיפה של פרטים לחלבון פגום כזה גוררת תגובת שרשרת בחלבוני PrP תקינים במוח ולשקיעה בלתי הפיכה שלהם כאגרנט סיבי המוביל להרס תאי מוח וניוון עצבי.

בישראל, דווחו התפרצויות סקרייפי בממדים של עד כ- 20% מגודל העדר, ואלה הביאו להשמדה כוללת של העדרים הנגועים ע"י השירותים הווטרינריים. מדיניות זאת מנעה מחד ההתפשטות לעדרים אחרים, אך מאידך הביאה להפחתה בדיווח - תופעה המקשה על הערכת התפוצה הנכונה של סקרייפי בישראל. אולם, מדיווחים של מגדלים, מדרכי שה"מ ורופא הצאן בשירותים הווטרינריים, התפוצה של סקרייפי בישראל משמעותית ומסבה הפסדים ניכרים לענף.

הנטייה לשינויי קונפורמציה המעודדים או העמידים בפני קיפול פגום של PrP נמצאה קשורה לפולימורפיזם טבעי ברצף חומצות האמינו שלו. בעוד שהגנוטיפ V136, H154, Q171 הינו בעל הנטייה הגבוהה להתפתחות המחלה, האלל שמקנה את העמידות הגבוהה ביותר הוא A136, R154, R171 (ARR). שכיחותו של אלל זה בגזעי האוואסי המקומי, המשופר והאסף היא 10%, 5% ו-6%, בהתאמה. לפולימורפיזם בעמדות 136 ו-171 יש את האפקט החזק ביותר על הרגישות למחלה. בישראל, האלל המכיל V136 נדיר מאוד, אולם גם שיעור האלל המקודד ל-R171 נמוך, ולכן המחלה יחסית נפוצה בארץ. לפיכך, כדי להגביר את העמידות לסקרייפי באוכלוסיית הכבשים בישראל, ניתן למקד את תכנית הטיפול בהעשרת האלל המקודד ל-R171, כיוון שהאלל הכולל A136 שכיח ממלא, שכן תדירות האלל ARQ בגזעים האמורים היא 74%, 78%, 86%, בהתאמה.

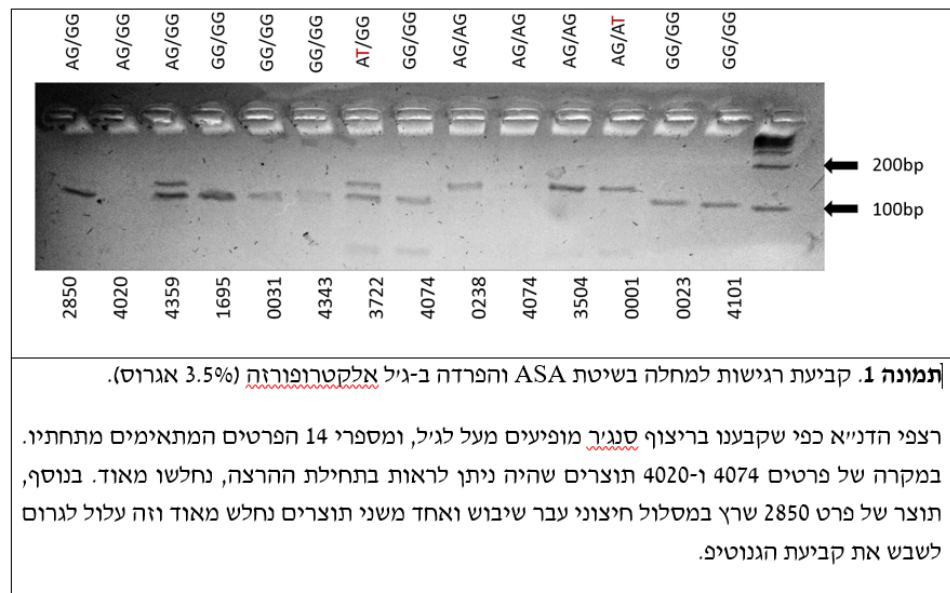
טיפול כזה מצריך הכלאות מכוונות מחד, ומאידך בדיקות גנוטיפ של צאצאים כדי לכוון את הסלקציה ולשפר את יעילותה. יתרה מכך, כיוון שתכונת העמידות היא די דומיננטית, כלומר גם הטרזיגוטיים לעמידות/רגישות נמצאו די עמידים למחלה, הרי שניתן באופן מעשי להשיג עמידות עדר די טובה ע"י מיקוד הטיפול באילים של העדר לעמידות הומוזיגוטית. תכניות בין לאומיות לבדיקות גנוטיפ לסקרייפי הביאו להפחתה משמעותית של תפוצת המחלה באירופה ובארה"ב, אולם בשל זמינות מוגבלת שלהם למגדלים בארץ שיעור האלל העמיד בכלל אוכלוסיית הכבשים בארץ לא גדל באופן משמעותי.

כדי להתגבר על חסם טכנולוגי זה, ביססנו שיטה מולקולרית לבדיקות גנוטיפ לסקרייפי בכבשים במכון וולקני. כיוון שקביעת גנוטיפ בשיטות ריצוף דנ"א יקרות למדי, התמקדנו בשיטות אחרות

המבוססות על ריאקציות PCR, כגון allele specific amplification (ASA) והתכה ברזולוציה גבוהה (HRM).

לשיטת ASA פוטנציאל לקבלת תשובות חד משמעיות בשל הספציפיות של הפריימרים לאזור הפולימורפי, אולם בעיות טכניות שהתעוררו לעיתים בהרצה על ג'ל מרוכז הפחיתו את מהימנותה (תמונה 1). שיטת ה HRM המבוססת על הבדלים טרמודינאמיים בהפרדת גדילי דנ"א בעלי רצף שונה, אפשרה זיהוי גנוטיפ המובדל בבסיס אחד, בהצלחה אוטומטית של כ- 90%, והצלחה הקרובה ל 100% בניתוח נתונים שהתקבלו מטריפליקטים (טבלה 1).

כדי למקסם את ההצלחה האוטומטית של קביעת גנוטיפ בשיטה זו, כעת אנו בוחנים את השיטה אל מול רצפים ממספר רב של כבשים מגזע אסף בעדר וולקני, וכן בגזע נפוץ נוסף בארץ (מרינו), ובסופו יערך ניתוח סטטיסטי להערכת יעילות השיטה. האופטימיזציה שאנו מבצעים לשיטה הנוכחית תאפשר הנגשה שלה כשירות חדש למגדלים בארץ, בפוטנציאל לקבלת תשובות בזמן קצר כדי ליישם בתהליך הסלקציה של טלאים, לצורך מינוף הטיפוח הלאומי ומיגור המחלה בישראל.



		Sequencing			
		AA	AG	GG	NTC
H	AA	17	3	0	0
	R	AG	1	32	1
M	GG	0	3	33	0
	Not detected	0	1	2	3

**טבלה 1.** המספרים מציינים את מספר הפרטים שנמצאו בגנוטיפ המצוין בשיטת ריצוף ו HRM.

העבודה במימון קרן המחקרים של מועצת החלב

**הזנה**

**מושב 15**

**יו"ר: דר' רן סולומון**

# השפעת מקור הנתרן במנה, נתרן כלורי (מלח שולחן) או סודה לשתייה, על ביצועי פרות חולבות

דניאל אספינוזה<sup>1,2</sup>, פאדי סהליב<sup>1,2</sup>, עדי איריק<sup>1,2</sup>, יורי פורטניק<sup>1</sup>, הדר קמר<sup>1</sup>, סמיר מבג'יש<sup>2</sup> ויהושב בן מאיר\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> המחלקה לחקר בקר וצאן, המכון לחקר בע"ח, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני  
<sup>2</sup> המכון למדעי בע"ח, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה סמית, האוניברסיטה העברית

[yehoshav@volcani.agri.gov.il](mailto:yehoshav@volcani.agri.gov.il)

**מבוא:** נתרן הינו קטיון הכרחי לפעילות בעלי חיים, ומשמש בין השאר לוויסות נפח הנוזלים בין התאים, יצירת שיווי משקל חומצי-בסיסי, העברת אותות חשמליים לעצבים וללב, והעברת נוטריאנטים אל ומחוץ לתא תוך הפעלת משאבת אשלגן – נתרן (Na – K ATPase). בפרה, ריכוזי הנתרן בפלסמה וברוק הינם 150 ו- 160-180 מיליאקויולנט (מא"ק) לליטר, בהתאמה. בכרס, הנתרן מופרש ברוק כבופר או נכנס במזון, וריכוזו בכרס הוא בין 50 ל-140 מא"ק לליטר, תוך שמירה על ניטרליות אוסמוטית וחשמלית. לפרה, שהתפתחה בטבע בסביבה דלת נתרן, יכולת ספיגה וניצול גבוה של נתרן כאשר אין לה מאגרי נתרן, וכל נתרן עודף המגיע לגופה במזון או בשתייה מופרש בשתן. בפרת חלב גבוהת תנובה, מופרש נתרן רב בחלב (כ-35 גרם ליום) ובהתאם לכך יש צורך להוסיפו במנה באופן מתמיד. מצד שני, עודף הנתרן המופרש בשתן (כ-72 גרם ליום) מכביד על פעילות המתקנים לטיהור שפכים וגורר עלויות נוספות לרפת ולכן איננו רצוי. בחינה של בלילי חולבות שונים העלתה כי ריכוז הנתרן המקובל במנה, בתוספת מלח, מגיע ליותר -0.6% מסך הח"י – כמות גבוהה מזו המומלצת (NASEM 2021) - 0.2% מח"י במנה. בעבודה קודמת מצאנו כי הפחתת ריכוז הנתרן לכ-0.45% מח"י לא פגעה ביצרנות והפחיתה באופן מובהק את הפרשת הנתרן בשתן. בהתאם לכך החלטנו לבחון את ההשפעה של הפחתה נוספת, לכ-0.3% מהח"י, על ביצועי פרת החלב. מלבד הנתרן המגיע ממרכיבי המנה השונים (כ-0.18% מהח"י) תוספת הנתרן מגיעה מהוספת של מלח (NaCl) או סודה לשתייה (NaHCO<sub>3</sub>) ולכן ביקשנו לבחון את ההפחתה של כל אחד ממקורות אלו בנפרד. בנוסף, הוספת סודה לשתייה משנה את יחס קטיונים – אניונים במנה (DCAD) ויש צורך לבודד את השפעת משתנה זה.

**מטרת המחקר:** לבחון את השפעת שלוש מנות שונות – (1) גבוהת נתרן – 0.42% Na הכוללים תוספת של 0.43% סודה לשתייה + 0.3% מלח, (DCAD ≈ 250) (2) נמוכת נתרן – 0.31% Na בתוספת מלח, (DCAD ≈ 180) ו- (3) נמוכת נתרן – 0.31% Na בתוספת סודה לשתייה, (DCAD ≈ 250), על צריכת המזון, ייצור חלב ורכיביו, חומציות הכרס ונעכלות המנה בפרות חולבות.

**שיטות:** 42 פרות חולבות בתחלובה שניה ומעלה חולקו ל-3 קבוצות עם נתונים דומים של ימים בתחלובה, צריכת מזון וייצור חלב מושווה אנרגיה (ECM). הפרות הורגלו לרפת הפרטנית במשך שבוע ולאחר מכן קיבלו את מנות הטיפול השונות (15.8% תחמיץ תירס, 3.5% שחת דגן, 27.3%

עמילן, NDF = 31.5% מח"י במנה) במשך 37 יום. הפרות נחלבו פעמיים ביום. מודל סטטיסטי כלל ניסוי ויום בתחלובה כמשתנים קבועים, פרה כמשתנה אקראי, מדידות יומיות חוזרות במודל AR(1) והשוואת ממוצעים במ- Tukey HD. מבחן power נערך לקביעת תוקף השערת H0 על בסיס גודל מדגם וסטיית תקן.

### תוצאות וסיכום:

**טבלה 1.** השפעת ריכוז המלח ומקורו על ביצועי פרות חולבות.

מנה / מדד	ביקורת	NaCl	NaHCO <sub>3</sub>	SEM	P
מספר פרות	14	14	14		
נתרן, % מח"י	0.424	0.306	0.306	-	-
NaCl, % מח"י	0.3	0.3	0	-	-
NaHCO <sub>3</sub> , % מח"י	0.43	0	0.43	-	-
DCAD, מא"ק לק"ג	250	180	250	-	-
צריכת מזון, ק"ג ח"י ליום	29.5	30.7	31.1	0.32	0.61
ייצור חלב, ק"ג ליום	44.2	45.1	44.8	0.22	0.96
שומן, ק"ג ליום	1.67	1.62	1.62	0.01	0.87
חלבון, ק"ג ליום	1.47	1.47	1.45	0.01	0.96
תנובת ECM, ק"ג ליום	41.9	41.5	41.2	0.20	0.97
תנובת חמ"מ, ק"ג ליום	44.9	44.2	43.8	0.22	0.93
שינוי משקל גוף יומי, ק"ג ליום	0.76	0.86	0.91	0.09	0.79
יעילות הזנה (ECM/DMI)	1.45	1.38	1.34	0.16	0.87

במחקר זה לא נמצאה השפעה מובהקת של ריכוז הנתרן או מקור הנתרן, מלח כלורי או סודה, על מדדי צריכת מזון ותנובת חלב ורכיביו. זאת בהתאם להמלצות של NASEM (2021) לגבי ריכוז הנתרן במנה. תוצאות המחקר מעודדות הפחתה של כמות הנתרן עד לרמה של 0.31% מח"י במנה. אולם, ציון Power נמוך עבור מדד של ייצור חמ"מ (0.22) לא מאפשר לקבוע באופן מובהק כי לא קיימת השפעה של ריכוז המלח ולכן מומלץ מחקר נוסף בנושא.

המחקר בוצע באישור הועדה המוסדית לפיקוח על ניסויים בבעלי חיים אישור IL 952/22.

המחקר בוצע במימון הקרן הדו לאומית למחקר ופיתוח חקלאיים של ארצות הברית וישראל קמ"ח – BARD.

## אפיון קצב פריקות פחמימות דופן התא (NDF) במזונות אופייניים בהזנת בקר לחלב בישראל

יואב שעני\*<sup>1</sup>, לילה ליפשיץ<sup>2</sup>, עוזי מועלם<sup>2</sup>

<sup>1</sup>תחום בקר, אגף בע"ח, שה"מ. [Yoav.shaani@gmail.com](mailto:Yoav.shaani@gmail.com),  
<sup>2</sup>המחלקה לחקר בקר וצאן, מכון וולקני

**מבוא:** פחמימות דופן התא (NDF) מהוות מרכיב מרכזי בתזונת מעלי גירה. למרות שה-NDF מהווה כשליש ממנת פרה חולבת, הפרה אינה מעכלת אותו ע"י אנזימים, אלא ע"י פירוק מיקרוביאלי בכרס. בשל חשיבותו הרבה של ה-NDF לפרה, הן בשל תרומתו האנרגטית והן בשל תפקידו בשמירה על פעילותה התקינה של הכרס, ישנה חשיבות לאפיון מדויק ככל שניתן של מקטע זה במזון. בשנים האחרונות מתבצע מחקר נרחב בעולם במטרה לאפיין את מקטעי ה-NDF השונים ע"י שימוש במודלים העושים שימוש בקצב הפירוק של מקטעים שונים של ה-NDF, ובכך להגיע ליכולת חיזוי טובה יותר של תרומתם לפרה. במחקרים אלו נהוג לחלק את ה-NDF בעזרת מודל לשלושה מקטעים שונים: 1. מקטע בעל נעכלות מהירה 2. מקטע בעל נעכלות איטית 3. ומקטע אשר אינו נעכל כלל. על אף המחקר הנרחב, כמעט ולא בוצע אפיון של מזונות המאפיינים מנות של פרות חלב מחוץ לצפון אמריקה, כגון סוגי קש שונים וחומרי לוואי מקומיים.

**מטרת המחקר** הנוכחי הייתה לאפיין את קצב הנעכלות והפרקציות השונות של NDF במזונות האופייניים למנות בקר לחלב בישראל.

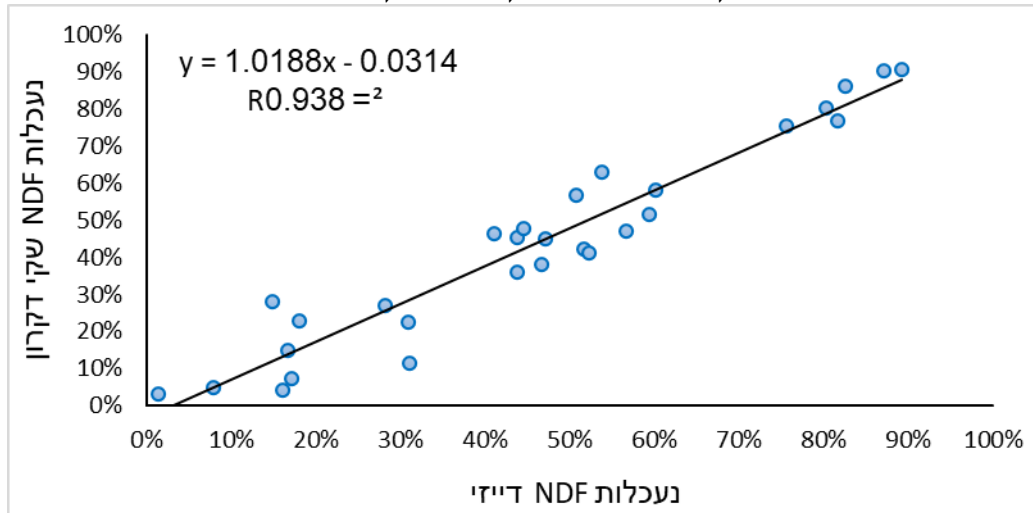
**שיטות וחומרים:** דוגמאות מהמזונות הגסים העיקריים בישראל ומן המזונות המרוכזים הנפוצים נאספו ממספר מרכזי מזון למעבדה. בחלק הראשון של העבודה דוגמאות מייצגות משמונה מזונות גסים ומרוכזים עברו ייבוש וטחינה, ודוגמאות של 0.5 גרם מכל מזון (בטריפליקטים) נשקלו לשקיות פילטר F57 של חברת אנקום ובמקביל דוגמאות של 5 גרם לשקיות דקרון. המזונות הודגרו במכשיר ה-DAISY<sup>II</sup> לפרקי זמן הבאים: 0, 6, 9, 12, 24, 30, 48, 120 ו-240 שעות לקביעת קצב הנעכלות ופרקציית ה-NDF הלא נעכלת. במקביל נבדקו אותם מזונות בכרס של פרה עם פיסטולה לכרס באותם פרקי זמן לצורך השוואה ותיקוף השימוש במכשיר זה לקביעת נעכלות NDF. בחלק השני של העבודה נבדקו כל המזונות בצורה דומה ע"י מכשיר ה-DAISY<sup>II</sup> בלבד. נתונים אלו הוכנסו למודל בתוכנת SAS לחישוב קצב הנעכלות והחלק של כל מקטע NDF במזון.

**תוצאות:** בהשוואת תוצאות נעכלות ה-NDF בין השימוש במכשיר ה-DAISY<sup>II</sup> לבדיקת נעכלות בשקי דקרון נמצאה התאמה טובה ( $r=0.97$ ) (איור 1), ולפיכך החלטנו להמשיך בבדיקות הנעכלות בעזרת מכשיר ה-DAISY<sup>II</sup> בלבד. אפיון כלל המזונות הראה תוצאות דומות למחקרים ובדיקות קודמות שנעשו בחו"ל במזונות באשר לקצב פריקות ה-NDF של המזונות המרוכזים המיובאים לישראל. בנוסף, בבדיקת מזונות גסים אופייניים לישראל נמצא כי קצב הנעכלות בדומה למתואר בספרות מתחלק לשני מקטעים בעלי פוטנציאל נעכלות (פרקציה בעלת נעכלות מהירה ופרקציה בעלת

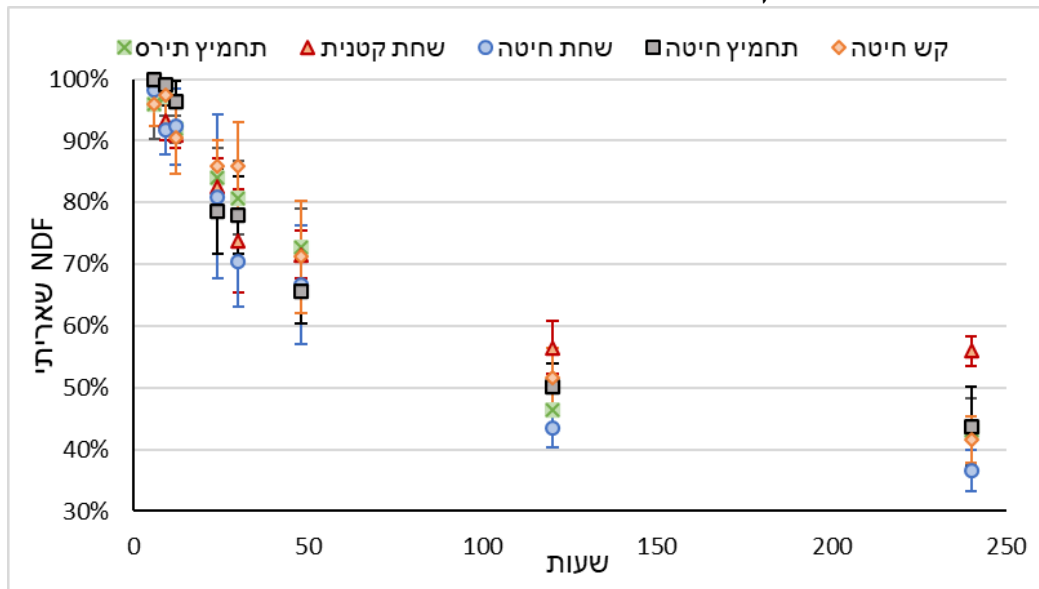


נעכלות איטית) ומקטע נוסף אשר אינו נעכל כלל (איור 2). בנוסף, מצאנו כי נעכלות ה-NDF של שחת החיטה גבוהה מזו של שחתות הקטניות בעיקר בהדגרה של פרקי הזמן הארוכים (120 ו-240 שעות). (שעות).

איור 1. נעכלות NDF כפי שנמדדה ע"י שיטת שקי דקרון כתלות בנעכלות NDF כפי שנמדדה ע"י שימוש במכשיר ה-DAISY. כל נקודה מייצגת בדיקה של מזון בזמני הדגרה שונים



איור 2. NDF שאריתי (אחוז מריכוז ה-NDF ההתחלתי) של מספר מזונות גסים אופייניים למנת החולבות בישראל כתלות בזמן ההדגרה ב-DAISY.



לסיכום, בעבודה זו אפיינו את קצב הנעכלות, מקטעי ה-NDF השונים והמקטעים הלא נעכלים של מזונות אופייניים למנת החולבות בישראל. עבודה זו מהווה נדבך ראשון במחקר שינסה לבחון את השימוש במקטע הלא נעכל של ה-NDF לצורך תכנון מנות יעיל יותר ברפת הישראלית.

העבודה במימון קרן המחקרים של מועצת החלב.

## השפעת החלפת חציר דגן בשחת טף (*Tef; Eragrostis*) במנות פרות חולבות על ביצועיהן ותנובות חלב

סמיר מבג'יש<sup>1\*</sup>, פיליפ ווגלי<sup>1</sup>, קריס סבסטיאן<sup>1</sup>, נורית ארגוב-ארגמן<sup>1</sup>, יהושב בן מאיר<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>המחלקה למדעי בעלי חיים, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית.

<sup>2</sup>המחלקה לחקר בקר וצאן, המכון לחקר בעלי חיים, מינהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני.

[Sameer.mabjeesh@mail.huji.ac.il](mailto:Sameer.mabjeesh@mail.huji.ac.il)

**מבוא:** הטף (*Eragrostis tef*) הוא גידול דגני חד-שנתי בעל האבקה עצמית ומסלול פוטוסינתטי של C4. הטף מוגדר כצמח דגני טרופי-ממוזג והפריחה שלו תלויה באורך היום ומתרחשת ב-12 שעות אור. ניתן לזהות סימנים לשימוש בצמח הטף בתקופות הציוויליזציה המוקדמות בשנות 3359 לפני הספירה. בניגוד להתפשטות השימוש בדגניים אחרים בתקופת הציוויליזציה הקדומה, הגידול והשימוש בטף נשאר מצומצם לארצות אתיופיה, הודו ומושבותיה ואוסטרליה. זרעי הטף מספקים עד היום כשני שלישי מהצרכים התזונתיים של בני אדם באתיופיה, בעוד ששאר העולם כמעט ולא מכיר את הטף כגידול חקלאי לייצור מזון. הטף יכול לגדול בתנאי אדמה שוליים עם תנאי יובש קיצוניים. גובה הצמח הבוגר מגיע ל-76-107 ס"מ. העלייה בביקוש לצמח כמקור למספוא טמון בטעימות גבוהה לבעלי חיים, ערך מזוני גבוה, צמיחה ויבול גבוהים, עמידות לתנאי יובש, והתמודדות עם צמחיה פולשת בלתי רצויה.

**מטרת מחקר:** לבחון את השפעת החלפת שחת חיטה בחציר טף במנות פרות גבוהות תנובה על צריכת מזון, נעכלות רכיבי המנה ויצור החלב והרכבו.

**חומרים ושיטות:** שלושים וארבע פרות גבוהות תנובה (מתחלובה שלישית ואילך) השתתפו בניסוי. הניסוי התבצע ברפת הפרטנית של מכון וולקני שמצוידת באבוסים פרטניים המאפשרים מדידת צריכת מזון לכל פרה. ממוצע תנובות החלב בתחילת הניסוי היה  $45 \pm 4.8$  ק"ג/יום (ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן), ימים בתחלובה  $182 \pm 8$  ימים וממוצע משקל גוף הפרות  $647.1 \pm 51$  ק"ג. הניסוי נמשך 6 שבועות. מנת הביקורת הכילה תחמיץ חיטה (23% על בסיס חומר יבש) ו-13% שחת חיטה. תכולת חלבון כללי במנה היתה 16.5% ו-31.8% NDF על בסיס חומר יבש. במנת הטיפול, שחת טף החליפה באופן כמותי את חציר החיטה. תכולת חלבון כללי במנת הטף היתה 17% ו-32.4% NDF על בסיס חומר יבש. הפרות חולקו באופן אקראי לשתי קבוצות מאוזנות על סמך מספר תחלובה, ימים בתחלובה, משקל גוף ותנובות חלב. צריכת מזון, שאריות ותנובות חלב נרשמו על בסיס יומי. דגימות חלב נלקחו פעם בשבוע ונשלחו למעבדה המרכזית לחלב בקיסריה למדידת הרכב חלב. בנוסף, פרופיל חומצות שומן בחלב נמדד. דגימות דם ונוזל כרס נלקחו ביום האחרון של הניסוי בשתי הזדמנויות (לפני ו-3 שעות לאחר חלוקת המזון) למדידת מטבוליטים. דוגמאות צואה נלקחו בששה זמנים שונים במהלך השבוע

האחרון של הניסוי על מנת למדוד נעכלות המנה ורכיביה באמצעות סמן פנימי iNDF. ניתוח סטטיסטי נעשה באמצעות תכנת JMP Pro. המודל הסטטיסטי כלל השפעות עיקריות של הטיפול התזונתי, זמן והשפעה אקראית של פרה שקוננה בטיפול.

**תוצאות:** צריכת חומר יבש דמתה בין שני הטיפולים (26 ק"ג/יום), עם זאת, נעכלות לכאורה של חלבון כללי הייתה גבוהה יותר במנת הטף ( $P=0.04$ ). ביצועי הפרות מוצגות בטבלה המצורפת (טבלה 1). תנובת החלב היומית במנת הטף הייתה גדולה ב-1.5 ק"ג במנת הטף בהשוואה לביקורת ( $P<0.05$ ). פרופיל חומצות שומן רב בלתי רוויות וחומצות שומן מקבוצת אומגה 3 בחלב היו גדולים יותר ( $P<0.02$ ) במנת הטף מאשר מנת הביקורת. ריכוזי NEFA ו- $\beta$ -Hydroxybutyrate במחזור הדם היו גבוהים יותר בקבוצת הביקורת, בעוד שריכוז אוראה בחלב היה גבוה יותר במנת הטף. יחס חומצה אצטית לפרופיונית בנוזל הכרס היה גבוה יותר ( $P=0.014$ ) במנת הביקורת (2.90 לעומת 2.43).

**טבלה מס' 1. ביצועי הפרות שניזונו ממנת ביקורת ומנת טף.**

מדד	טיפול תזונתי		השפעות עיקריות, $P<$		מנה×שבוע
	ביקורת	מנת טף	טיפול תזונתי	שבוע בניסוי	
תנובת חלב (ק"ג/ יום)	43.1 <sup>b</sup>	44.6 <sup>a</sup>	0.045	<0.001	0.941
תכולת שומן בחלב, %	3.96	3.76	0.172	0.414	0.664
תנובת שומן חלב, ק"ג/ יום	1.71	1.72	0.911	<0.001	0.094
תכולת חלבון בחלב, %	3.32	3.27	0.565	0.348	0.760
תנובת חלבון חלב, ק"ג/ יום	1.42 <sup>b</sup>	1.51 <sup>a</sup>	0.009	<0.001	0.133
תכולת לקטוז בחלב, %	4.86	4.88	0.723	0.078	0.625
תנובת לקטוז חלב, ק"ג/ יום	2.10 <sup>b</sup>	2.26 <sup>a</sup>	0.003	<0.001	0.235
חלב מושווה אנרגיה, ק"ג/ יום	42.9	44.1	0.304	<0.001	0.107
ריכוז חנקן שתנן בחלב, מ"ג/ ד"ל	10.34	9.87	0.664	<0.001	0.992
סת"ס, $\times 10^3$ תאים. מ"ל	145.4	103.9	0.574	0.047	0.453
תנובת חלב/ק"ג ח"י נצרך/ יום	1.74	1.74	0.991	0.067	0.003
תנובת חלב מושווה אנרגיה/ ק"ג ח"י נצרך/ יום	1.71	1.76	0.427	0.145	0.086

**לסיכום:** הכללת חציר טף במנות של פרות גבוהות תנובה במקום שחת דגן משפרת משמעותית את תנובות החלב. שימוש בשחת טף הביא להגדלת תנובות החלב ושינה את פרופיל חומצות השומן בחלב לבריא יותר לצרכן.

מחקר זה מומן על ידי קרן המדענית הראשית של משרד החקלאות ומועצת החלב.

## השפעת מליחות וקשיות מי השתייה על צריכת מזון ויצרנות בפרות חלב –

### סיכום מחקר

עדי איריץ<sup>1,2</sup>, דניאל אספינוזה<sup>1,2</sup>, יורי פורטניק<sup>1</sup>, הדר קמר<sup>1</sup>, ויהושב בן מאיר\*<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> המחלקה לחקר בקר וצאן, המכון לחקר בע"ח, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני  
<sup>2</sup> המכון למדעי בע"ח, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה סמית, האוניברסיטה  
העברית

[yehoshav@volcani.agri.gov.il](mailto:yehoshav@volcani.agri.gov.il)

**מבוא:** בעשורים האחרונים התגבר השימוש במי ים מותפלים בשיטת אוסמוזה הפוכה ( sea water reverse osmosis, SWRO) עד להספק, כיום, של כ-700 מיליון מ"ק לשנה, שליש מסך מצריכת המים השפירים בישראל (נתוני רשות המים 2020). שילוב מי ים מותפלים במי הרשת שינה באופן מהותי ויסודי את הרכבם, כך למשל, ריכוז הכלוריד ירד מסביבות 250 מ"ג/ל' לפחות מ-50 וקשיות המים (ריכוז קטיוני סידן ומגנזיום) ירדה מערכים של 250 – 300 לסביבות 80 ppm (שווה ערך של  $\text{CaCO}_3$ ). מדד נגיש וקל לתפעול לצורך הערכה של תכולת המלחים הכוללת במים – הוא מוליכות חשמלית (EC). בהתייחס למדד זה, ה-EC של מי הרשת המגיעים לרפת וולקני השתנתה מערך הגבוה מ-800  $\text{S/cm}\mu$  ועד לפחות מ-400  $\text{S/cm}\mu$  בכ-75% מהזמן הנמדד. השינוי בהרכב המים הצריך מחקר שנועד לבחון את השפעת מליחות וקשיות מי השתייה על ביצועי פרות חולבות השוות כ-150 ליטר מים ביום, ומחליפות בקצב גבוה את מאגר המים בגופן ובכרס. במחקר זה, שנערך במימון מועצת החלב, הוחלט לבחון את היקף צריכת המים לשתייה של פרות חולבות, לבנות תשתית ניסויית המאפשרת שליטה בהרכב מי השתייה ומדידה של התנהגות שתייה פרטנית של פרות חלב ולבחון באופן ראשוני את השפעת מליחות וקשיות מי השתייה על צריכת מזון ותנובת החלב של פרות חולבות.

**מטרות המחקר:** 1. למדוד ולבחון את צריכת המים לשתייה והתנהגות שתייה פרטנית של פרות חולבות. 2. לבחון את השפעת מליחות מי השתייה על ידי הוספת מלח בריכוזים שונים על צריכת מזון, תנובת חלב ורכיביו, נעכלות המנה וחומציות הכרס של פרות חולבות (ניסוי 1). 3. לבחון את קשיות מי השתייה על ידי הוספת  $\text{CaCl}_2$  ו- $\text{MgSO}_4$  בריכוזים שונים על אותם מדדים (ניסוי 2).  
**שיטות:** ניסויים 1 ו-2 נערכו במנה של ריבוע לטיני בו 4 פרות חולבות מקבלות מי שתייה ב-4 רמות שונות של מליחות וקשיות במשך 4 תקופות ניסוי של 21 יום כל תקופה. בכל ניסוי הפרות קיבלו בליל זהה, נחלבו שלוש פעמים (ניסוי 1) או פעמיים (ניסוי 2) ביום ושוכנו כקבוצה בתנאים זהים כאשר לכל פרה יש אבוס ושוקת משלה. מי השתייה הוזרמו, במליחות קבועה, דרך המערכת הניסויית כאשר מערכת דישון רובוטית מוסיפה תמיסת מלח מרוכזת או שילוב של תמיסות סידן ומגנזיום למים ביחסים משתנים בהתאם לטיפול ולניסוי. צריכת המזון והמים, תנובת חלב ורכיביו ומשקל גוף נמדדו בכל יום. דגימות מזון וצואה נדגמו בכל סוף תקופה בניסוי ונעכלות ח"י ורכיבים שונים במנה חושבה על ידי שימוש בסיב לא נעכל (iNDFom 240h) כסמן פנימי. חיישני pH הוחדרו לקיבת הכוסות למדידה רציפה של חומציות הכרס. מודל סטטיסטי כולל טיפול, תקופה וטיפול\* תקופה

כמשתנים קבועים, פרה כמשתנה אקראי ומדדים יומיים כמדידות חוזרות במודל (1) AR. תגובה (contrast) למידת המליחות והקשיות נמדדה עבור קו רגרסיה. מובהקות הוגדרה כ- $p < 0.05$ .

#### תוצאות:

טבלה 1. השפעת מליחות מי השתייה על צריכת מים ומזון, תנובת חלב, תנובת חלב מושווה אנרגיה (חמ"א) נעכלות NDF וחומציות הכרס.

p	SEM	1000	800	600	400	מוליכות מי השתייה מדד / ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
<0.01	0.24	29.7	29.6	28.3	27.5	צריכת מזון, ק"ג ליום
0.57	2.09	145	142	142	139	צריכת מים, ליטר ליום
<0.01	0.28	47.0	45.4	45.4	44.6	תנובת חלב, ק"ג ליום
<0.01	0.35	42.4	41.6	41.9	40.4	תנובת חמ"א, ק"ג ליום
0.04	1.24	43.8	45.9	40.9	39.8	נעכלות NDF, %
<0.01	0.02	6.79	6.74	6.64	6.67	pH כרס מקסימום יומי

טבלה 2. השפעת קשיות מי השתייה על צריכת מזון, תנובת חלב וחלב מושווה אנרגיה (חמ"א)

p	SEM	320	240	160	80	קשיות מי השתייה (ח"מ, מושווה $\text{CaCO}_3$ ) / מדד
<0.01	0.39	24.6	23.7	24.4	23.4	צריכת מזון, ק"ג ליום
<0.01	0.51	37.4	36.3	36.1	34.9	תנובת חלב, ק"ג ליום
0.02	0.62	33.3	32.5	32.6	31.3	תנובת חמ"א, ק"ג ליום

**דיון ומסקנות:** תוצאות ניסוי 1 מראות כי על אף שמליחות מי השתייה בטווח הנבדק לא השפיעה על צריכת המים, הייתה לה השפעה מובהקת על צריכת המזון ותנובת החלב ללא שינוי ביעילות. בנוסף, השפעה מובהקת על נעכלות הסיב וחומציות נוזל הכרס מעידה על השפעה ישירה של מליחות מי השתייה על הפיסיולוגיה של הכרס. תוצאות ניסוי 2 מראות מתאם חיובי מובהק בין קשיות מי השתייה לתנובת חלב ולחמ"א ומחזקות את ההשערה כי להרכב מי השתייה בתחום הנבדק השפעה משמעותית על ביצועי פרות חולבות. תוצאות המחקר מעידות כי לשינוי בממשק המים השפעה אפשרית נרחבת על תעשיית החלב בישראל ופוטנציאל לשיפור משמעותי של רווחיות הענף. מחקרים נוספים, בהיקף גדול יותר וברפתות שונות, נדרשים על מנת לבסס את המסקנות מהניסוי הנוכחי אשר היה מוגבל בהיקפו ונערך בתנאים מבוקרים.

המחקר בוצע באישור הועדה המוסדית לפיקוח על ניסויים בבעלי חיים אישור VOL-IL-2203-107-2. המחקר בוצע במימון קרן המחקר של מועצת החלב.

## בחינת השימוש במקטע הלא נעכל של פחמימות דופן התא (uNDF) כפרמטר לתכנון מנות לפרות חלב

יואב שעני\*<sup>1</sup>, חן שפירר<sup>2</sup>, תמיר אלון<sup>2</sup>, לילה ליפשיץ<sup>2</sup>, עוזי מועלם<sup>2</sup>

1 - תחום בקר, אגף בע"ח, שה"מ. [Yoav.shaani@gmail.com](mailto:Yoav.shaani@gmail.com)

2 - המחלקה לחקר בקר וצאן, מכון וולקני

**מבוא:** קביעת ריכוז המזון הגס הדרוש כדי לאפשר פעילות כרס תקינה מחד, וצריכת מזון מקסימלית מאידך הינה מהאתגרים המרכזיים העומדים בפני התזונאי בעת תכנון המנה. גורמים רבים משפיעים על מידת האפקטיביות של המזון הגס בשמירה על פעילות כרס תקינה: ריכוז פחמימות דופן התא (NDF), אופיו הפיזיקלי של המזון, גורמים אחרים שלא ניתנים כיום לכימות כגון שבירות (זמן הלעיסה הנדרש להפחתת גודל החלקיקים), קצב השקיעה בכרס, ועוד. בשנים האחרונות מתבצע מחקר נרחב בעולם בנוגע לקצב הפירוק דופן התא הצמחי בכרס, ולאפיון החלקים הנעכלים והלא נעכלים של מקטע זה. מקובל כיום כי ניתן לחלק את מקטע ה-NDF במזון לשלושה חלקים: מקטע בעל נעכלות מהירה, מקטע בעל נעכלות איטית, ומקטע לא נעכל (uNDF). מחקרים שבוצעו בשנים האחרונות הראו כי ניתן להעלות את כמות המזון הגס במנה, כל עוד לא מעלים את כמות ה-uNDF במנה. לעומת זאת, בתנאי ישראל בה המזון הגס לרוב מייקר את המנה, ייתכן וניתן להפחית את כמות המזון הגס במנה, וזאת ע"י שימוש במזונות גסים עתירי uNDF.

**מטרת המחקר** הייתה לבחון האם ע"י שימוש במדד ה-uNDF של המזונות הגסים במנה ניתן לתכנן מנות עתירות מזון גס בעל נעכלות נמוכה, תוך שמירה על ביצועי ייצור חלב ובריאות הכרס. **חומרים ושיטות:** הניסוי נערך ברפת הפרטנית בבית דגן במהלך חודשי הקיץ של שנת 2022. 34 פרות בוגרות חולקו לשתי קבוצות על פי תנובת חלב, מספר תחלובה, מרחק מהמלטה ומשקל גוף. הניסוי בוצע במתכונת cross-over (חילוף), כאשר כל תקופה כללה שבוע הרגלה למנה ושלושה שבועות של בחינת צריכת מזון פרטנית, ייצור חלב ורכיביו ע"י ביקורת חלב שבועית. איסוף צואה לאורך היממה התבצע לקביעת נעכלות in-vivo ע"י שימוש ב-NDF לא נעכל כסמן פנימי, ו-14 בולוסים למדידה רציפה של pH הכרס הותקנו ל-7 פרות בכל קבוצה לקביעת נתוני pH במהלך כל הניסוי. שאיבת נוזל כרס בוצעה 3 ו-6 שעות אחרי חלוקת המזון למדידת יצור חש"ן בכרס. בנוסף, לכל אורך הניסוי בוצע מעקב אחר התפלגות אורך סיב במנה, ופעמיים לאורך הניסוי בוצעה בדיקת ברור מזון ע"י נפות פנסילבניה. הפרות בשני הטיפולים הוזנו במנות זהות בריכוז ה-uNDF ממזון גס לאחר 30 שעות הדגרה (uNDF<sub>30</sub>) (11.8% מהח"י), אך שונות בריכוז המזון הגס (35.8% לעומת 30.6%, במנת הביקורת ומנת הטיפול, בהתאמה). יצירת השינויים במנה בוצעה בעיקרה ע"י החלפה של שחת החיטה במנה (13.7% מהח"י **במנת הביקורת**) בקש חיטה (8.3% מהח"י **במנת הטיפול**) ואיזון המנה לריכוז אנרגיה וחלבון זהים.

**תוצאות** הניסוי העיקריות מוצגות בטבלה 1. תנובת החלב והחמ"ש היו גבוהות יותר בקבוצת הביקורת לעומת קבוצת הטיפול. ריכוז השומן והחלבון בחלב לא היו שונים בין הטיפולים, אך תנובת השומן והחלבון היו גבוהות לפרה היו גבוהות יותר בקבוצת הביקורת. צריכת המזון הייתה נמוכה יותר

בקבוצת הטיפול, וכתוצאה מכך יעילות ייצור גבוהה יותר בקבוצה זו. לא נמצא הבדל במוצע היומי של pH הכרס אך משך הזמן בו ה-pH בכרס היה נמוך מ-5.8 היה ארוך יותר בקבוצת הטיפול. נעכלות החומר היבש, חלבון, עמילן ו-NDF היו גבוהות יותר בקבוצת הביקורת בהשוואה לקבוצת הטיפול.

**טבלה 1. נתונים ממוצעים של תנובות חלב ורכיביו, צריכת מזון, יעילות, pH הכרס ונעכלות מדד**

P-VALUE	שת"מ*	טיפול	ביקורת	
				<b>תנובת חלב ורכיביו</b>
0.02	0.19	51.8	52.2	<b>חלב יומי, ק"ג ליום</b>
0.08	0.21	47.9	48.3	<b>חמ"ש 4%, ק"ג ליום</b>
0.15	0.064	3.73	3.82	<b>שומן, %</b>
0.21	0.011	3.18	3.19	<b>חלבון, %</b>
0.89	0.010	4.95	4.95	<b>לקטוז, %</b>
0.06	0.041	1.91	1.99	<b>שומן, ק"ג ליום</b>
0.03	0.019	1.63	1.67	<b>חלבון, ק"ג ליום</b>
0.08	0.028	2.56	2.61	<b>לקטוז, ק"ג ליום</b>
0.09	0.381	14.81	15.45	<b>אוריאה, מ"ג/ד"ל</b>
				<b>צריכת מזון ויעילות</b>
<0.0001	0.25	31.7	32.7	<b>צריכת מזון, ק"ג ח"י</b>
<0.001	0.013	1.66	1.61	<b>חלב לק"ג מזון, ק"ג</b>
0.14	0.168	1.600	1.576	<b>חמ"מ לק"ג מזון, ק"ג</b>
<0.0001	0.004	0.622	0.639	<b>מזון לק"ג חלב, ג'</b>
0.11	0.006	0.654	0.663	<b>מזון לק"ג חמ"מ, ג'</b>
				<b>PH הכרס</b>
0.15	0.038	6.31	6.36	<b>PH ממוצע</b>
0.01	32.6	110.9	26.8	<b>דקות ביום, PH&lt;5.8</b>
				<b>נעכלות IN-VIVO</b>
<0.0001	0.556	56.8	62.6	<b>ח"י, %</b>
<0.0001	1.036	59.6	61.9	<b>חלבון, %</b>
0.05	0.926	95.0	97.6	<b>עמילן, %</b>
<0.001	1.047	73.3	78.4	<b>שומן, %</b>
<0.001	1.090	30.8	36.8	<b>NDF, %</b>

\*שת"מ – שגיאת תקן ממוצעת

**דיון ומסקנות:** בניסוי זה הראנו כי למרות פגיעה מינימלית בתנובת החלב נמצא שיפור ביעילות הייצור לחלב בפרות אשר הוזנו במנה בה המזון גס בעל ריכוז uNDF גבוה. תוצאות ניסוי זה מרמזות כי ניתן לעשות שימוש במדד ה-uNDF ככלי לתכנון מנות, בעיקר כאשר מחיר המזונות הגסים גבוה. למרות שהמחקר בנושא השימוש במדד ה-uNDF ככלי לתכנון מנות עדיין בחיתוליו מחקרים שונים עשו שימוש במדדים שונים לדוגמה: uNDF הנקבע בפרקי זמן שונים של הדגרה (30, 48, 240 או אחרים), uNDF רק של החלקיקים הארוכים במנה (ארוכים מ-4 או 8 מ"מ) ועוד. לכן יש צורך במחקר נוסף כדי למצוא מהו המדד המתאים ביותר לתכנון המנה אשר יאפשר ייצור חלב מקסימלי ללא פגיעה בבריאות הפרה.

העבודה במימון קרן המחקרים של מועצת החלב.

## השפעת שילוב נבטים במנת חולבות גבוהות תנובה על תנובת חלב ורכיביו, סביבת הכרס ונעכלות המנה

עוזי מועלם<sup>1\*</sup>, חן שפירר<sup>1</sup>, חיים ליבוביץ<sup>2</sup>, ליליה ליפשיץ<sup>1</sup>, הדר קמר<sup>1</sup>, תמיר אלון<sup>1</sup>,  
יואב שעני<sup>3</sup>, יורי פורטניק<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לחקר בקר וצאן, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני; <sup>2</sup>מרכז המו"פ, חושן פודטק.  
<sup>3</sup>תחום בקר, אגף בע"ח, שה"מ.

[uzim@volcani.agri.gov.il](mailto:uzim@volcani.agri.gov.il)

**מבוא:** יצור המספוא למשק בע"ח מתבסס באופן בלעדי על ייצור מקומי עם עלויות יקרות. בנוסף לקשיים האובייקטיביים בגידול מזון גס בארץ, קיימת תחרות קשה על שטחי המזרע בין גידולים רווחיים יותר לבין גידול מספוא לבעלי חיים. בנוסף, האורבניזציה ההולכת ומתרחבת מכרסמת אף היא בשטחי המזרע לגידולים חקלאיים ופוגעת ביכולת לספק מספוא לבעלי חיים. נכון להיום אין חלופה למזונות הגסים. בשנים האחרונות התפתחה טכנולוגיה חדשנית ומתקדמת לגידול נבטים מזרעי דגנים וקטניות עם שימוש מינימלי בקרקע, היכולה לשמש כחלופה (לפחות חלקית) למזונות גסים בהזנת מעלי גירה. לאחרונה התבצעו מספר ניסויי שדה על מנת לבחון את האפשרויות לשימוש נבטים מגרעינים שונים להאבסת מעלי גירה. ואולם, מספר הפרסומים המדעיים העוסקים בהזנת נבטים למעלי גירה מוגבל מאוד, בעיקר בגלל היעדר ניסויים מבוקרים בבקר לחלב. בשנה האחרונה ביצענו ניסוי מבוקר ברפת הפרטנית של מכון וולקני עם נבטי שעורה של חברת חושן פודטק, וזהו למעשה הניסוי המבוקר הראשון שהתבצע בארץ ובין הראשונים בבקר לחלב בעולם, ובו בחנו גם את ההשפעות על הנעכלות וסביבת הכרס.

**חומרים ושיטות** - הניסוי התבצע ברפת ההזנה הפרטנית של מינהל המחקר החקלאי בבית דגן, בהשתתפות 42 פרות שחולקו ל- 2 קבוצות על פי: תנובת חלב ורכיביו, ימים בתחלובה, משקל גוף ומספר תחלובה. הפרות הוזנו במנות כדלהלן: (1) קבוצת הביקורת הוזנה במנה סטנדרטית: ריכוז אנרגיה של 1.78 מק"ל אנרגיה נטו לחלב לק"ג ח"י, וריכוז החלבון היה 16.5%. (2) קבוצת הטיפול – הוזנה במנה שהכילה 11.5% מן החומר היבש בנבטי שעורה שיוצרו בחברת חושן פודטק (פרדס חנה), כאשר הערך שניתן ל-NDF שמקורו בנבטים היה 55% NDF גס. במנת הנבטים רמת המזונות הגסים הקלסיים הייתה נמוכה ב- 5.1% מאשר מנת הביקורת. המנה הייתה דומה בתכולותיה, למעט אחוז החומר היבש שהיה כ- 50% במנת הנבטים, לעומת 63.4% במנת הביקורת. הנבטים סופקו כל יום למרכז המזון בקבוצת יבנה ועורבלו יחד עם שאר רכיבי המנה. בוצעו 9 ביקורות חלב במהלך הניסוי, דגימות כרס נלקחו פעמיים ביום בשני מועדים במהלך הניסוי, ו-8 דגימות צואה נדגמו לבדיקת נעכלות רכיבי המנה. בנוסף ביצענו ניסוי נלווה לבדיקת קצב הפריקות של הנבטים בכרס בהשוואה לרכיבים אחרים בשיטת שקי הדקרון (*in-situ*) בפרה עם פיסטולה.

**תוצאות** - תנובת החלב הייתה גבוהה יותר, אחוז השומן נמוך יותר ואחוז החלבון נטה להיות גבוה יותר בקבוצת הנבטים מאשר בקבוצת הביקורת (טבלה מספר 1). יעילות הייצור לחלב הייתה גבוהה יותר בקבוצת הנבטים, ללא הבדלים ביעילות לייצור חמ"ש וחמ"מ. ריכוזי האוריאאה בחלב היו



נמוכים יותר ב- 17% בקבוצת הנבטים. לא נמצא הבדל ב- pH בכרס, וריכוזי האמוניה בכרס היו נמוכים יותר ב- 21% בקבוצת הנבטים, כאשר ריכוזי החומצה האציטית והפרופיונית היו נמוכים יותר בקבוצה זו, ללא הבדלים ביחס בין 2 חומצות אלה בכרס. כמו כן, ריכוז כלל חומצות החש"ן היה נמוך יותר בקבוצת הנבטים. הנעכלות של חומר יבש, חומר אורגני, חלבון ושומן הייתה גבוהה יותר בקבוצת הנבטים, כאשר נעכלות ה- NDF נטתה להיות גבוהה יותר בקבוצה זו. בניסוי *in-situ* נמצא כי קצב הפריקות של הנבטים בכרס מהיר מאוד באופן משמעותי בהשוואה לתחמיצי חיטה ותירס או תירס גרוס.

#### טבלה 1. ייצור חלב ורכיביו וחישובי יעילות ייצור

P	שת"מ	נבטים	ביקורת	
<0.001	0.27	45.6	44.0	חלב, ק"ג ליום
0.002	0.06	3.84	4.08	שומן, %
0.07	0.03	3.52	3.45	חלבון, %
0.32	0.02	4.76	4.74	לקטוז, %
0.44	0.03	1.74	1.77	שומן, ק"ג
0.73	0.03	1.53	1.54	חלבון, ק"ג
0.18	0.04	2.16	2.08	לקטוז, ק"ג
0.71	0.29	44.1	44.0	חמ"ש, ק"ג ליום
0.39	0.27	44.7	45.0	חמ"מ, ק"ג ליום
0.18	0.28	30.8	31.4	צריכת מזון, ק"ג ליום
0.009	0.02	1.51	1.44	חלב לק"ג מזון
0.54	0.02	1.45	1.46	חמ"ש לק"ג מזון
0.39	0.02	1.49	1.49	חמ"מ לק"ג מזון
<0.001	0.33	12.2	14.7	אוריאה בחלב, mg/dL

**סיכום ודיון:** הכללת נבטי שעורה בשיעור של 11.5% מן החומר היבש לא גרמה להפרעות כל שהן, והפרות צרכו את מנת הנבטים בצורה טובה. תנובת החלב עלתה עם מתן נבטים, אבל אחוז השומן ירד, ככל הנראה בגין הערכת יתר של ה- NDF הגס בנבטים (55%). נמצאה נטייה לאחוז חלבון גבוה יותר, ללא הבדל בתנובות המוצקים. צריכת המזון הייתה זהה, עם ניצולת מזון גבוהה יותר לייצור חלב. נמצא שיפור משמעותי בנעכלות רוב רכיבי המנה בקבוצת הנבטים. שיעור האמוניה הנמוך יותר בכרס, ריכוזי MUN נמוכים יותר ונעכלות גבוהה יותר בכ- 10 יחידות האחוז של החלבון מעידים על שינוי משמעותי במטבוליזם של חלבון. המסיסות הגבוהה של הנבטים וריכוזי האמוניה הנמוכים בכרס יכולים אולי להעיד על ניצולת חלבון גבוהה יותר ע"י חיידקי הכרס, שאולי תורם לנעכלות הגבוהה. כמו כן, מדדים אלה יכולים להעיד על הפרשה נמוכה יותר של חנקן לסביבה. לסיכום, שילוב נבטי שעורה בהזנת בקר לחלב נראה מבטיח מבחינה תזונתית, אבל בכפוף להמשך מחקר מבוקר וביצוע התאמות נדרשות, הן באשר לכמות המקסימלית האפשרית במנה, והן בקביעה מדויקת יותר של ערכו כמזון גס.

**בריאות העטין**

**וייצור חלב**

**מושב 16**

**יו"ר: דר' שמוליק פרידמן**

**ודר' שרון תירוש לוי**

## הקשר בין בועית שומן החלב למאפייני חיידקים קומנסליים

חן רז<sup>1\*</sup>, משה שמש<sup>2</sup>, נורית ארגוב ארגמן<sup>1</sup>

<sup>1</sup>הפקולטה לחקלאות, מזון ומדעי הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

<sup>2</sup>המחלקה למדעי המזון, מכון וולקני

[Chen.razi@mail.huji.ac.il](mailto:Chen.razi@mail.huji.ac.il)

**רקע:** החלב הוא מדיום המספק נוטריינטים למגוון רחב של אורגניזמים ביניהם חיידקים. רוב המחקרים בוחנים את ההשפעה הישירה בין חיידקים לחלב או דרך השפעה על המיקרוביום במעי או בעטין. עם זאת, בשנים האחרונות מתרחב המחקר בנושא הפוסטביוטיקה, דרכם העקיפה של חיידקים להשפיע על המאחסן ע"י הפרשה של תרכובות פונקציונליות. הקשר בין חלב לחיידקים נחקר רבות בעיקר בהקשר של חיידקי חומצת חלב והשפעתם על איכות החלב, קלקולו והשפעה על המאפיינים האורגנולפטיים. רוב המחקרים הקיימים בוחנים מרכיבים שונים בחלב כאשר המחקר העיקרי שקשור בין חיידקים לבועית שומן החלב מתייחס להוספה של ממברנת בועית השומן למצע חיידקי אך כמעט ואין מחקרים הדנים בהשפעת בועית השומן השלמה על חיידקים. שומן החלב מופרש במבנה ייחודי הנקרא בועית שומן המורכבת מגרעין טריגליצרידים המוקף בשלוש שכבות של פוספוליפידים. טרם הפרשתן, טיפות השומן יכולות להתאחות ולגדול בקוטרן. בחלב ניתן למצוא טיפות שומן בקוטר שונה, בטווח שנע בין 15µm-200µm. הקוטר הממוצע של בועיות השומן מושפע מהשלב בתחלובה, מאזן-האנרגיה, הזנה, רקע גנטי והאינטראקציה ביניהם. בועיות שומן גדולות וקטנות נבדלות ביניהן ביחס הטריגליצרידים לפוספוליפידים שלהן. כך, לבועיות שומן גדולות יחס

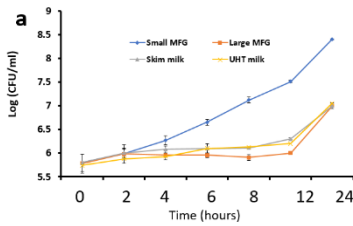
Phospholipid	Small MFG	Large MFG
PE	25 %	18%
PI	11%	12.5%
PS	19.7%	18%
PC	22.4%	26%
SM	22.6%	22%

טבלה 1. הרכב הפוספוליפידים  
בבועיות שומן קטנות או גדולות.  
Adapted from Lopez et al., 2008

גבוה יותר של טריגליצרידים/ פוספוליפידים ולבועיות שומן קטנות יחס גבוה יותר של פוספוליפידים/ טריגליצרידים. בנוסף, בועיות שומן קטנות וגדולות נבדלות ביניהן בהרכב הפוספוליפידים העיקריים המרכיבים את ממברנת בועית השומן: phosphatidylinositol, (PE) Phosphatidylethanolamine, (PI) Phosphatidylcholine, (PS) phosphatidylserine, (PC) Sphingomyelin ו-(SM) (טבלה 1).

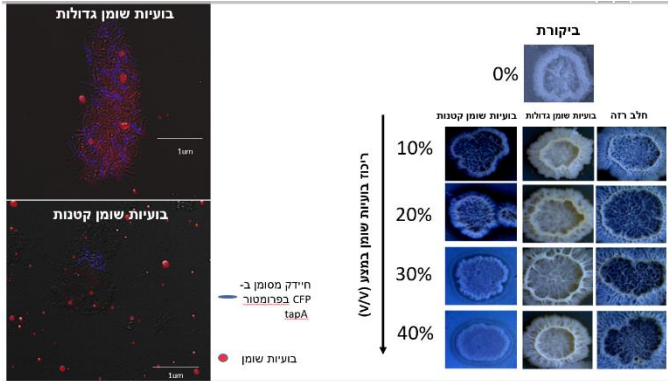
החיידק העיקרי שנבדק בעבודה זו הוא *Bacillus subtilis*, חיידק קומנסלי שנמצא ברפת החלב ובסביבת העטין, גרם חיובי היוצר ביופילם. השערה ומטרות המחקר: השערת המחקר הנוכחי היא כי לבועיות שומן גדולות או קטנות תהיה השפעה על מאפייני חיידקים בהקשר של גדילת החיידק, יצירת ביופילם והשפעה על הפוסטביוטיקה המופרשת ומכך על מטבולום החיידק. כך, מטרות המחקר העיקריות הינם לבסס את הקשר בין גודל בועית שומן החלב למאפייני החיידק *subtilis*.  
*B* ואפיון הפוסטביוטיקה המופרשת ע"י *B. subtilis* ובועיות שומן גדולות או קטנות.

מהלך העבודה: בועיות שומן קטנות (2.3µm) וגדולות (7µm) בודדו מחלב גולמי של פרה. בועיות



השומן היוו מצע לחיידק *B. subtilis*. גדילת החיידקים נקבעה לאחר אינקובציה של החיידקים עם בועיות השומן ונמדדה באמצעות CFU. יצירת ביופילם נמדדה על ידי שימוש בזן פלורסנטי של החיידק *B.*

*subtilis* המסומן ב-CFP בגן הנמצא תחת



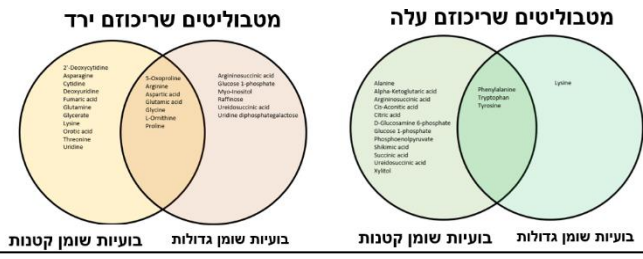
הפרומוטור tapA האחראי ליצירת הביופילם. המקטע העליון של החיידקים שהודגרו עם בועיות השומן הוגדר כפוסטביוטיקה ונאסף לאנליזות מטבולומיות.

תוצאות: נמצא כי חיידקים שהודגרו עם בועיות שומן קטנות גדלו פי 10 לעומת בועיות שומן גדולות (איור 1a). עם זאת, כאשר

נבחן ייצור הביופילם נראה כי בועיות שומן גדולות עודדו את יצירת הביופילם וגרמו ליצירת ביופילם- מבנים תלת

איור 1. השפעת בועיות שומן גדולות או קטנות על מאפייני החיידק *B. subtilis*. השפעה על גדילת החיידק R הנוטה על יצירת הרנוחיל

ממדיים ותעלות מפותחות לעומת בועיות שומן קטנות (איור 1b). בבחינת המאפיינים המטבוליים של פוסטביוטיקה שהגיעה מבועיות שומן גדולות או קטנות, נראה כי פוסטביוטיקה של חיידקים עם בועיות שומן קטנות העלתה את ריכוז המטבוליטים המקושרים למסלולי יצירת האנרגיה של התא



בעוד פוסטביוטיקה עם בועיות שומן גדולות הראתה ירידה במטבוליטים אשר קשורים למסלולים מטבוליים החשובים ליצירת הביופילם.

איור 2. השפעת פוסטביוטיקה החיידק *B. subtilis* הגדל עם בועיות שומן גדולות או קטנות על ריכוז המטבוליטים

סיכום ומסקנות: הממצאים שהתקבלו בעבודה זו עזרו לנו לבסס את הקשר בין בועיות שומן החלב ו-*B. subtilis* מחקר זה משפר את ההבנה שלנו על האינטראקציה

בין חיידקים לבין שומן בחלב וכן במזונות בכלל וכיצד מבנה והרכב המזון יכול להשפיע על חיידקים וכן על הצרכן. כמו כן, מחקר זה נותן אינדיקציה ראשונה להשפעת שומן החלב על פוסטביוטיקה וכיצד הם משפיעים על המאפיינים המטבוליים של החיידק שיכולים להשפיע על הגדילה או על הביופילם ולשנות את טביעת האצבע המטבולית של החיידק.

## האפקט הסטרסוגני של פוסטביוטיקה חיידקית על תאי אפיתל בלוטת החלב

### מושפע מגודל בועית השומן עליה גדל החיידק

נעם צירקל-הנקוקי\*, חן רז<sup>1</sup> ונורית ארגוב-ארגמן<sup>1</sup>

<sup>1</sup>הפקולטה לחקלאות, מזון ומדעי הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

[noam.tzirkel@mail.huji.ac.il](mailto:noam.tzirkel@mail.huji.ac.il)

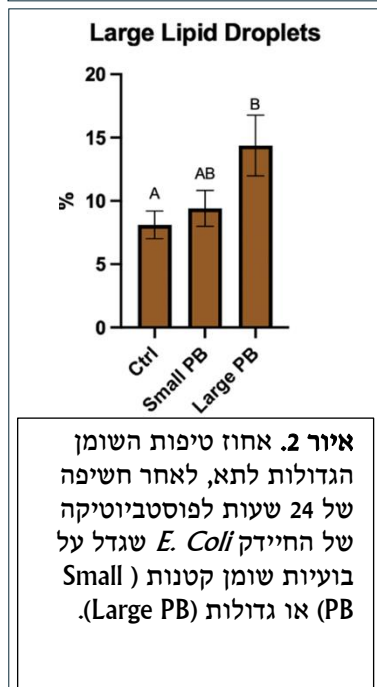
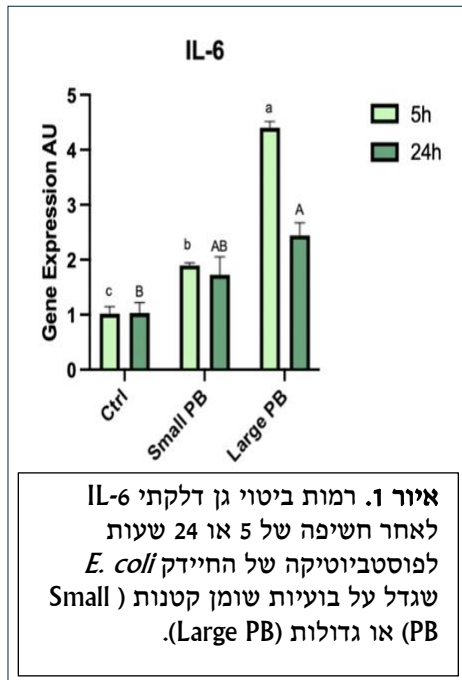
בלוטת החלב מורכבת מחללים המוקפים בתאי אפיתל בלוטת החלב, המייצרים את החלב המופרש במהלך ההנקה או החליבה. שומן החלב מופרש בצורה של בועיות שומן המסונתזות על ידי תאי האפיתל ומופרשות במבנה המכונה (MFG) milk fat globule, מבנה ייחודי המצוי רק בחלב, ולא באף רקמה או נוזל ביולוגי אחר של יונקים. ה-MFG מורכב מליבת טריגליצרידים המוקפת בממברנה בעלת שלוש שכבות של פוספוליפידים וחלבונים המכונה (MFGM) milk fat globule membrane. בעבר נמצא כי ל-MFGM השפעות בריאותיות חיוביות שונות, כאשר כמות ה-MFGM היחסית ב-MFG משתנה בהתאם לגודל הבועית. בועיות קטנות יותר הן בעלות יחס שטח פנים לנפח גדול יותר, ולכן דורשות יותר חומר מעטפת על מנת לייצב את הבועית, כך שמכילות יותר MFGM עבור כל יחידת שומן בהשוואה לבועיות השומן הגדולות יותר.

גודל ה-MFG הוא תוצר של תהליכים מולקולריים ומטבוליים המשפיעים על טיפות השומן התוך תאיות מהן ייווצרו ה-MFGs. תהליכים אלו מתחילים במיטוכונדריה וממשיכים ברשתית האנדופלסמטית, וכוללים גורמים כמו ליפוליזה מוגברת או מופחתת, רמת הפרשה, מיזוג הבועיות וזמינות חומר ממברנה. גורמים אלו בעלי השפעה על גודל ה-MFG, והם מושפעים מהמצב המטבולי של התא. אחת ההיפותזות שלנו היא שהתהליכים המשפיעים על גודל ה-MFG מושפעים מסוגים שונים של סטרס.

במחקר קודם, הראינו כי חיידקים מהסוג *Bacillus Subtilis*, המאכלסים את חללי החלב, יכולים לשגשג בנוכחות MFGs ובאופן ספציפי על ה-MFGM, כמו גם לשנות את דפוסי הגדילה שלהם כתלות בגודל ה-MFG. בבלוטת החלב וסביבתה קיים מיקרוביום מגוון ובו חיידקים קומנסלים כגון *B. Subtilis* וגם פתוגניים אשר חודרים לבלוטת החלב מהסביבה, כגון *Escherichia Coli*. תאי האפיתל בבלוטת החלב חשופים למטבוליטים המופרשים על ידי החיידקים (פוסטביוטיקה) כך שהם יכולים להיות מושפעים משינויים בהרכב ההפרשות החיידקיות. במחקר שלנו בדקנו מהי ההשפעה הסטרסוגנית של פוסטביוטיקה מזני חיידקים שונים שגדלו על מצע של MFGs גדולות או קטנות. בנוסף, קיווינו לחשוף את הקשר בין פנוטיפ הגודל של ה-MFGs בתאי אפיתל בלוטת החלב לרמות הסטרס בתא.

על מנת לבחון את רמת הסטרס בו מצויים תאי האפיתל, חשפנו את התאים לשני גורמי עקה ידועים, (LPS) Lipopolysaccharide ומי חמצן (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). תגובת העקה נמדדה לפי רמת הביטוי של הגנים הפרו-דלקתיים IL6 ו-TNF-alpha. בנוסף, בדקנו את ההשפעה של גורמי העקה על רמת הביטוי של גנים ליפוגניים. גורמי העקה הביאו לעליה בביטוי הגנים הדלקתיים, בעוד שבגנים הליפוגניים נצפתה עלייה בביטוי בתגובה ל-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> וירידה בביטוי בתגובה ל-LPS. על מנת לבחון את השפעת העקה על מורפולוגיית טיפות השומן, חשפנו את תאי האפיתל ל-LPS למשך 24 שעות וצבענו את גרעיני התאים

ואת טיפות השומן בצביעה פלורסנטית על מנת למדוד את גודל הבועיות הממוצע ואת כמות הבועיות לתא. מצאנו שבחשיפה ל-LPS, נצפו בתאים יותר טיפות שומן ומתוכן נמצא אחוז גבוה יותר של טיפות שומן קטנות.



לאחר מכן, רצינו לבחון את תגובת תאי אפיתל בלוטת החלב לפוסטביוטיקה המופרשת על ידי החיידקים *E. coli* ו-*B. Subtilis* שגדלו על מצע שהכיל MFGs קטנות או גדולות. נמדדו רמות ביטוי הגנים הדלקתיים והליפוגניים, וכן נבדקה מורפולוגיית טיפות השומן. מצאנו שפוסטביוטיקה מ-*B. Subtilis* שגדל על MFGs קטנים וגדולים גרמה לתגובת סטרס שבאה לידי ביטוי בעלייה של גנים פרו-דלקתיים, עם תגובה חזקה יותר לפוסטביוטיקה מחיידקים שגדלו על MFGs גדולים. בדומה לתגובה ל-LPS, ראינו ירידה בביטוי בגנים הליפוגניים, כמו גם עלייה במספר טיפות השומן לתא ובאחוז טיפות השומן הקטנות, עם ירידה גדולה יותר בתגובה לפוסטביוטיקה מחיידקים שגדלו על MFGs גדולים. פוסטביוטיקה מ-*E. coli* עוררה גם היא תגובת סטרס אשר

באה לידי ביטוי חזק יותר לאחר חשיפה לפוסטביוטיקה מחיידקים שגדלו על MFGs גדולים (איור 1). תגובת ביטוי הגנים הליפוגניים, לעומת זאת, הייתה שונה לחלוטין, עם ביטוי מוגבר בתגובה לפוסטביוטיקה מחיידקים שגדלו על MFGs גדולים, בדומה לטיפול ב-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. תגובה ייחודית נוספת של התאים לפוסטביוטיקה של *E. coli* שגדל על MFGs גדולות הייתה במורפולוגיה של טיפות השומן, שהראתה עלייה באחוז טיפות השומן הגדולות והפחתה במספרן הכולל (איור 2).

לסיכום, תוצאות המחקר מראות שפוסטביוטיקה מחיידקים שונים מביאה לתגובות שונות בתאי אפיתל בלוטת החלב, כאשר פוסטביוטיקה של *B. Subtilis*, מובילה לתגובה דומה לתגובת הסטרס הקלאסית הנראית ב-LPS, ופוסטביוטיקה של *E. coli* הפתוגני מציגה תגובה שונה. התגובה משתנה לא רק בין פוסטביוטיקה מזני חיידק

שונים, אלא גם בהתאם למצע עליו גדל החיידק, כאשר פוסטביוטיקה מחיידקים שגדלו על MFGs גדולים מעוררת תגובת סטרס חזקה יותר בתאים עבור שני סוגי החיידקים. ממצאים אלה שופכים אור על התפקיד שמשחק גודל ה-MFG בוויסות האינטראקציה של תאי החלב עם חיידקים, ומצביעים על כך שהיכולת של בלוטת החלב לווסת את מבנה ה-MFG בתגובה ללחץ עשויה להוות מנגנון פוטנציאלי למתן יתרון לחיידקים הקומנסאליים, או להגנה מפני חיידקים פתוגניים.

המחקר מומן בחלקו על ידי המדען הראשי של משרד החקלאות.

## שימוש במטא-אנליזה של נתוני ביטוי גנים על מנת לפצח את מנגנון הייצור הייחודי של שומן חלב בבקר וצאן

רוני תדמור-לוי\* ונורית ארגוב-ארגמן

הפקולטה לחקלאות, מזון ומדעי הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

[Roni.tadmor@mail.huji.ac.il](mailto:Roni.tadmor@mail.huji.ac.il)

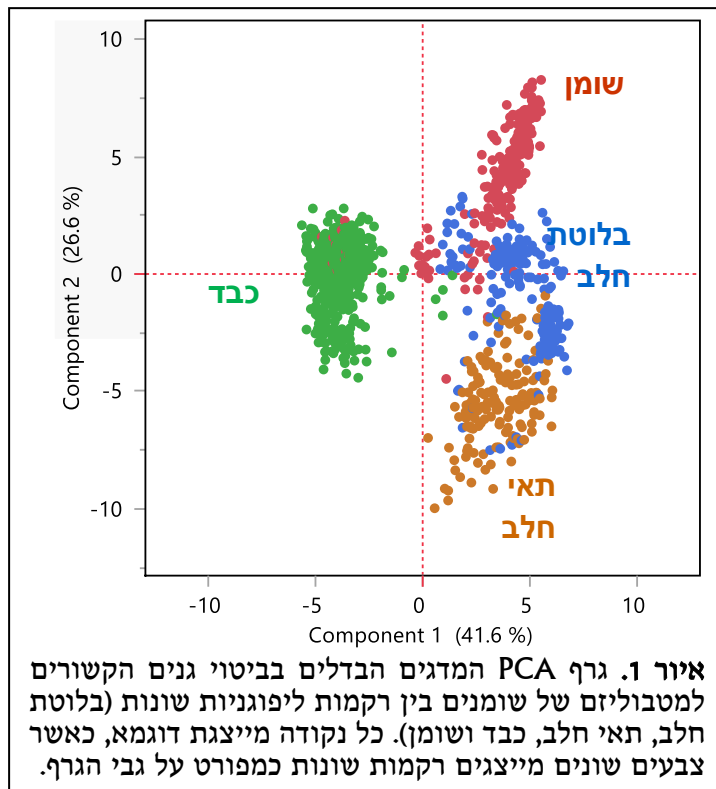
שומן החלב המיוצר בבלוטת החלב של פרות הינו בעל הרכב ייחודי הן מבחינת חומצות השומן המרכיבות אותו והן מבחינת סידור השומנים על גבי שלד הגליצרול של מולקולות הטריגליצרידים. שומן החלב מתאפיין בריכוז גבוה של חומצות שומן קצרות ובינוניות שרשרת אשר נקשרות בשכיחות גבוהה יותר למיקומים ספציפיים על גבי שלד הגליצרול. להרכב וגם לסידור המרחבי של חומצות השומן חשיבות בקביעת התכונות הטכנולוגיות של החלב וביצירת התחושה הסנסורית שמתקבלת בעת צריכת חלב ומוצריו. כיום שוק תחליפי החלב משתמש בשומנים מן הצומח, בעלי הרכב שומן שונה מהותית משומני החלב ועל כן הם נחותים ממוצרי חלב מבחינת טעם, מרקם ותחושה אורגנולפטית.

תהליך ייצור השומן הינו תהליך יחסית שמור אבולוציונית, והוא משותף לחיידקים, פטריות, צמחים ובעלי חיים. למרות זאת, עדיין נצפית בטבע שונות אדירה בהקשר של הרכב השומנים המיוצרים על ידי אורגניזמים שונים. יתרה מכך, ביונקים, רקמות שונות בגוף מייצרות פרופיל שומנים שונה לחלוטין. כך למשל בפרות, אותו הרכב שומן חלב ייחודי המיוצר בבלוטת החלב אינו קיים ברקמות ליפוגניות אחרות בחיה כמו רקמת השומן או הכבד. בעבודה זו, ביצענו מטא-אנליזה של ביטוי גנים על מנת להשוות בין רקמות ליפוגניות שונות ולנסות לשפוך מעט אור על השאלה "כיצד רקמות בעלות אותו רפרטואר של אנזימים מייצרות שומן בהרכב כל כך שונה?".

לשם כך יצרנו מסד נתונים המבוסס על ביטוי גנים מריצופי RNAseq הקיימים במאגרי מידע ציבוריים. התמקדנו בקבוצות גנים בעלי תפקיד בשלבים שונים של ייצור שומן. החל מגנים המקודדים לאנזימים שמייצרים את חומרי הבסיס לייצור חומצות שומן, דרך ייצור החומצות עצמן, מנגנוני אקטיבציה של חומצות שומן ועד לאנזימים המרכיבים את חומצות השומן על גבי מולקולות הטריגליצרידים. השונו את מספר עותקי הגנים המנורמל (TPM) בין רקמות ליפוגניות שונות (כבד, רקמת שומן ובלוטת החלב), על פני ניסויים רבים שהיו קיימים במאגרי המידע.

מצאנו כי ברקמות שונות דגם ביטוי הגנים היה שונה (איור 1). בכבד, היה ביטוי גבוה יותר של גנים הקשורים בחמצון שומנים, בעוד שבבלוטת החלב וברקמת השומן היה ביטוי גבוה יותר של גנים הקשורים בייצור של חומצות שומן או טריגליצרידים. אחד הגנים שהיו בעלי ביטוי גבוה במיוחד בבלוטת החלב היה ACSS1, אשר הופך מולקולות של אצטט לאצטיל-CoA, אחת המולקולות המהוות אבני בניין לייצור חומצות שומן. כמו כן, רמות ביטוי הגנים נבחנו ביחס לרמת ביטוי הגן





FASN, אשר מקודד לקומפלקס אנזימטי שאחראי על ייצור חומצות שומן חדשות בתא. כך, יכולנו לבחון את הקשר בין ביטוי הגנים השונים לבין רמת ייצור חומצות השומן על ידי התא. בניתוח זה נמצאו הבדלים משמעותיים בין רקמת השומן לבין בלוטת החלב. מרבית הגנים שנבדקו היו בקורלציה עם ביטוי הגן FASN לפחות באחת הרקמות. ברקמת השומן הביטוי של רוב הגנים היו בקורלציה חיובית עם ביטוי FASN, ולעומת זאת בבלוטת החלב הביטוי של רוב הגנים היה בקורלציה שלילית ל-FASN (טבלה 1).

ממצאי העבודה עולה כי בבלוטת החלב קיים דגם ביטוי ייחודי של גנים המעורבים בייצור חומצות שומן ובשילובן על גבי מולקולות הטריגליצרידים. ייחודיות דגם הביטוי יכולה להוות אינדיקציה לחלקו בקביעת המאפיינים הייחודיים של שומן החלב בפרות. בנוסף, קיימות עדויות לכך שזמינות גבוהה יותר של אצטיל-CoA בבלוטת החלב דוחפת לייצור חומצות שומן קצרות יותר בהשוואה לרקמות אחרות. תוצאות אלו תורמות להבנה של תהליכים מטבוליים של ייצור שומנים בבלוטת החלב ובמודלים אחרים. כמו כן, הבנת המנגנונים האחראיים על ייצור הרכיבים הייחודיים בשומן החלב בפרה, יכולה לקדם מחקרים ויוזמות לייצור שומן חלב אלטרנטיבי שיחקה בצורה טובה יותר חלב פרה אמיתי.

**טבלה 1.** מקדמי הקורלציה בין FASN לבין גנים הקשורים במטבוליזם של ליפידים ברקמת שומן ובבלוטת חלב. בתאים המוצגים הקורלציה הייתה מובהקת סטטיסטית.

מסלול	שם הגן	שומן	בלוטת חלב
חומרי בניין לייצור חומצות שומן	ACACA	0.94	0.78
	ACACB	0.27	-0.19
	ACSS1	0.45	0.32
אקטיבציה של חומצות שומן	ACSL1	0.49	0.46
	ACSL3	0.24	-0.06
	ACSL4	0.47	-0.19
	ACSL5	-0.19	-0.41
	ACSL6	0.11	-0.43
	ACSS2	0.41	-0.42
	ACSS3	0.41	-0.42
ייצור טריגליצרידים	AGPAT1	-0.02	0.35
	AGPAT2	0.86	-0.46
	AGPAT3	0.37	-0.12
	AGPAT4	0.56	-0.31
	AGPAT5	0.3	-0.07
	AGPAT6	0.32	0.54
	DGAT1	0.22	-0.26
	DGAT2L6	-0.4	-0.11
	GPAM	0.82	0.86
	GPAT2	0.06	-0.34
	GPAT3	0.25	-0.4



## בדיקת התכנות והתאמה של מערכת תרבית מהירה Accumast לזיהוי פתוגנים

### מחוללי דלקת עטין ברפת ישראלית.

שלו ארז<sup>1\*</sup>, שני שיינין<sup>1,2</sup>, נחום שפיגל<sup>1</sup>

<sup>1</sup>בית הספר לרפואה וטרינרית ע"ש קורט, האוניברסיטה העברית בירושלים

<sup>2</sup>"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

[shalevkeh@gmail.com](mailto:shalevkeh@gmail.com)

**מבוא:** דלקת עטין היא אחת מהתחלואות השכיחות והמשפיעות ביותר על כלכלת משק החלב בכל רחבי העולם. היא באה לידי ביטוי בירידה בייצור החלב ובאיכותו, עלות טיפול גבוהה, עליה בכמות העבודה, ולעיתים גם בהוצאת הפרה מהעדר. לעיתים קרובות הטיפול בדלקת עטין הינו אמפירי ומבוסס על הופעת תסמינים בפרה או בחלב, וללא זיהוי מדויק של מחולל המחלה. שימוש אמפירי ובלתי מושכל בתכשירים אנטימיקרוביאליים עלול לגרום לעמידות חיידקים לאותם תכשירים. שימוש בתרבית מהירה במשק (OFC - on-farm culture) יכולה לסייע בזיהוי הגורם לדלקת העטין, ובכך לסייע בקבלת החלטה על נחיצות והתאמת הטיפול האנטיביוטי. עד כה, נעשתה עבודה אחת על שימוש ב-OFC במשק החלב הישראלי, אולם מערכת זו יכלה להבדיל בין חיידקים גרם חיוביים לחיידקים גרם שליליים בלבד, ללא יכולת לקבוע את מין החיידק. בנוסף, באותה עבודה נמצא ירידה של 48% בשימוש באנטיביוטיקה כאשר השתמשו במערכת OFC. נכון לכתיבת שורות אלו אין שימוש במערכות OFC במשק החלב הישראלי. עבודה זו בוחנת את ההתכנות וההתאמה של מערכת Accumast plus (FERA) המאפשרת זיהוי חיידק ברמת המין, למשק החלב הישראלי. מערכת Accumast נבחרה על בסיס הסגוליות והרגישות הגבוהה שלה כפי שנמצא בעבודות אחרות בעולם, בנוסף להיותה קלה לתפעול.

**מטרות העבודה:** 1. לבחון את רמת הדיוק של צלחות זריעה Accumast, באבחון הפתוגן הגורם לדלקת עטין ברפת הישראלית. 2. להעריך את ההתאמה של מערכת Accumast למשק החלב הישראלי ואת הפוטנציאל שלה לשפר שימוש נכון באנטיביוטיקה לטיפול בדלקת עטין.

**שיטות וחומרים:** המחקר נערך בשתי רפתות בחלקים שונים של הארץ בין אוקטובר 2022 ליולי 2024 ובמהלכו נדגמו 233 דגימות חלב מדלקות עטין קליניות ותת קליניות. הפרות חולקו לקבוצת "זריעה במשק" ולקבוצת ביקורת. הפרות שויכו לקבוצת הזריעה ברפת או במעבדה בלבד באופן אקראי על בסיס מספר כוויה זוגי או זוגי בהתאמה. פרות בקבוצות הביקורת במשק נדגמו פעם אחת בלבד, לצורך תרבית במעבדה (מאל"ה) וקיבלו טיפול לפי ממשק הטיפולים המקובל ברפת לדלקות עטין. פרות מקבוצת "הזריעה במשק" נדגמו פעמיים, כאשר דגימה אחת נשלחה למעבדה, ודגימה נוספת נזרעה במשק. טיפול מיידי כלל שימוש ב-NSAID ובמשחות מנטה. לאחר 24 שעות ניתן טיפול אנטיביוטי במידה ונדרש, ובהתאם לפתוגן שגדל בתרבית הזריעה בהתאם לממשק הטיפולים הנהוג ברפת. כל דגימה נזרעה על צלחת מסוג Accumast plus (FERA), באמצעות מטוש סטרילי, והודגרה באינקובטור (MRC) כאשר עומדת הפוכה (על המכסה) בטמפרטורה של 37°C ובמשך כ-24 שעות. בתום תקופת הדגירה בוצעה קריאה על ידי רפתן/סטודנט של תוצאות הגדילה,

בהתאם לריאקציית הצבע, צורת המושבה וגודלה, ובאמצעות סרגל צבעים המסופק על ידי הייצרן. לצלחות Accumast חושבו רמות הדיוק (Accuracy), הרגישות (Sensitivity), הסגוליות (Specificity) וכן גם ערך מנבא חיובי (PPV) וערך מנבא שלילי (NPV). כמו כן בוצעו בנפרד חישובים לאותם מדדים בעבור כל מצע בנפרד.

**תוצאות:** במחקר זה טיב המבחן נמצא כפחות טוב מהמתואר במחקרים אחרים כאשר רמות הדיוק, הרגישות והסגוליות היו 58%, 58.5% ו-57% בהתאמה, הערך מנבא חיובי עמד על 72.1% והערך המנבא השלילי 42.1%.

#### טבלה 1. מאפייני מבחן צלחות Accumast plus

גם-שליליים (n=45)	סטרפטוקוקים (n= 26)	סטאפילוקוקים (n=45)	כל המצעים (n=81)	
75.5%	69.2%	53.3%	58.0%	דיוק
67.7%	22.2%	40.0%	58.5%	רגישות
88.9%	94.1%	64.0%	57.1%	סגוליות
91.3%	66.7%	47.1%	72.1%	ערך מנבא חיובי
61.5%	69.6%	57.1%	42.1%	ערך מנבא שלילי

בשני המשקים שהשתתפו במחקר נרשמה ירידה קלה מאוד בשימוש בתכשירים אנטימיקרוביאליים בקבוצת הניסוי אך לא בהתאמה למצופה בהשערת המחקר. בנוסף, לא נצפתה גדילה באף אחד מהמקרים של *Streptococcus uberis*. מנגד, בכל מקרי ה-*Staphylococcus aureus* נרשמה גדילה.

**סיכום ומסקנות:** תוצאות הצלחת בניסוי במשק ישראלי היו פחות טובות בהשוואה למחקרים אחרים בעולם. למרות שמערכת Accumast הינה מהירה יותר מתוצאות המעבדה, טיב המבחן אינו מאפשר כיסוי מלא למשק בזיהוי פתוגנים מחוללי דלקת עטין, אך למרות זאת למערכת פוטנציאל בהפחתת השימוש באנטיביוטיקה ויכולה לסייע בבחירת טיפול סלקטיבי במקרים של דלקת עטין.

המחקר מומן על ידי Petvet biomed והחקלאית.

## ניתוח התפרצות סטאפ. אוראוס- שילוב מדעי רב תחומי בשירות הרפת

עומר קליין<sup>1\*</sup>, רמה פאלק<sup>2</sup>, שלמה בלום<sup>3</sup>, איתי עסיס<sup>1</sup>, שני שיינין<sup>1,4</sup>, נחום שפיגל<sup>4</sup>

<sup>1</sup>"החקלאית", אגודה שיתופית לשירותים ווטרינריים, פארק התעשייה קיסריה

<sup>2</sup>המערך הארצי לבריאות העטין ואיכות החלב, מועצת החלב

<sup>3</sup>המכון הוטרינרי ע"ש קמרון, השירותים הוטרינריים ובריאות המקנה, משרד החקלאות

ופיתוח הכפר

<sup>4</sup>ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט של האוניברסיטה העברית בירושלים

[Omerkln@gmail.com](mailto:Omerkln@gmail.com)

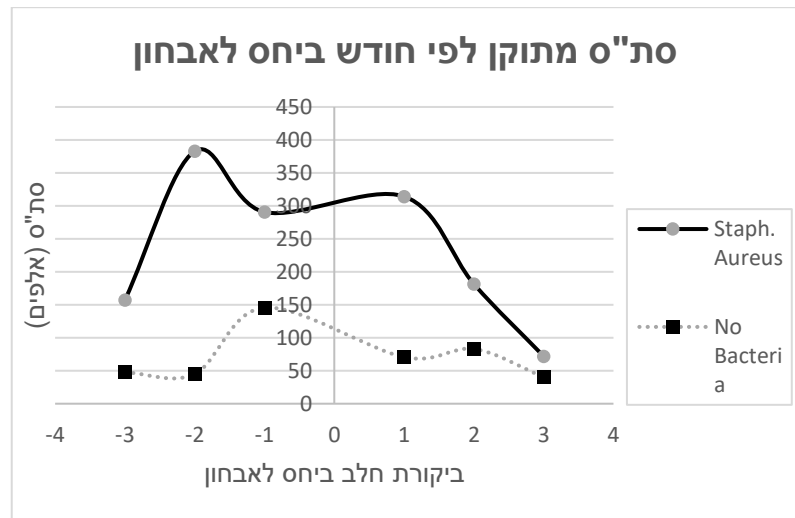
**כללי:** סטאפ אאורוס (ס"א) הוא הפתוגן העיקרי המדבק השכיח בבקר, גורם לנגיעות תוך עטינית ולפגיעה קשה ברקמת העטין. נגיעות בס"א יכולה להתבטא כדלקת קלינית קלה עד חריפה או תת-קלינית. בגלל האופי המדבק של החיידק והקושי לבצע טיפול יעיל בתחלובה, מומלץ לבצע ניטור רציף של החיידק ברפת על מנת למנוע התפרצות רחבת היקף. בחודש אוקטובר 2022 החלה עליה באבחונים תוך עטיניים של ס"א בפרות עם דלקת עטין קלינית ותת קלינית, ברפת משותפת גדולה בצפון הארץ. מספר הפרות שהתגלו ברפת עם נגיעות בס"א עלה בקצב מהיר. למרות ממצאים מדאיגים אלו, ספירת התאים הסומטיים במיכל החלב נשארה נמוכה, ולא הורגשה עליה בשיעור דלקות העטין. בנוסף, הלבורנטיות במעבדה לבריאות העטין זיהו מאפייני צמיחה ייחודיים של ס"א מרפת זו שהיו מעט שונים מהמאפיינים ה"רגילים" של ס"א בצלחת הפטרי במעבדה. ברפת ננקטו פעולות ממשקיות למניעת המשך ההתפשטות של החיידק, כולל הוצאת פרות, ייבוש מוקדם והריגת רבעים נגועים.

**מטרת העבודה:** בעזרת שילוב דיסיפלינות מדעיות שונות, מתחום הוטרינריה, אפידמיולוגיה, בקטריולוגיה, וביולוגיה מולקולרית, לנסות להבין האם אנו עומדים בפני חיידק עם מאפיינים ייחודיים? האם יש מקום למדיניות מניעה וטיפול שונה מהמקובל במקרי ס"א ברפת חלב? עבודה זו מציגה תמונה כוללת ורבת פנים של ההתפרצות, ויכולה ללמד על דרכי ההתמודדות עם התפרצויות דומות ברפתות בעתיד, ועל מערך הסיוע העומד לעזרת הרפת.

**שיטות וחומרים:** נאספו נתונים מביקורות החלב מהמשק, נאספו כל תוצאות המעבדה לבריאות העטין מהמשק- כולל ארבעה סבבי דיגום של כל הפרות במשק שנשלחו לבדיקה בקטריולוגית, במשך 8 חודשים. המעבדה לבריאות העטין אפיינה את אופי הצמיחה של החיידקים בדוגמאות מהמשק. מכלול הנתונים נארג לבסיס נתונים מקיף. בנוסף, במעבדה לבריאות העטין, בשיתוף המכון הוטרינרי ובית הספר לוטרינריה, נעשה אפיון של החיידק, על מנת להגדיר אותו טוב יותר.

**תוצאות:** מספר מאפיינים של ההתפרצות העידו על היות החיידק מדבק מאד- בינואר התגלו במשך 3 מקרים חדשים ובפברואר התגלו 83 מקרים חדשים. בחלק גדול מהפרות (49%) היו מספר רבעים מעורבים. במרבית המקרים (71%) היו מעורבים הרבעים הקדמיים, זאת בניגוד לממצא השכיח בו מרבית (60%) המקרים מופיעים ברבעים האחוריים. הקשר בין נגיעות תוך עטינית ואבחון בקטריולוגי של ס"א נבחן בכמה אופנים. ראשית, נמצא כי נגיעות בס"א הביאה לעליה בספירת

התאים הסומטיים (סת"ס) כבר חודשיים לפני האבחון הבקטרילוגי, בהשוואה לפרות ללא נגיעות תוך עטינית, בהסתמך על ביקורות החלב לפני ואחרי אבחון בקטרילוגי בס"א ובחידקים אחרים איור 1. סת"ס מתוקן ביחס לאבחון בקטרילוגי



\* מתוקן לתחלובה ושלב בתחלובה.

שנית, בהסתמך על דגימות סת"ס ברמת הרבע מפרות נגועות בס"א, נמצא כי ברבעים הנגועים בס"א הסת"ס היה גבוה יותר, והסיכוי להיות עם סת"ס מעל 400 אלף למ"ל היה גבוה יותר. שלישית, בהסתמך על מאפייני הצמיחה של החידקים במעבדה, נמצאה שונות כזו שבחלק מהדגימות הייתה צמיחה עשירה של ס"א ובחלק אחר הייתה צמיחה של מושבות בודדות בלבד ונמצא מתאם חיובי בין מספר המושבות שצמחו בצלחת לבין רמת הסת"ס בעטין. דיון ומסקנות: מכלול הממצאים מעיד כי חידק הס"א בהתפרצות זו הוא פתוגני, גורם נזק לעטין הפרה, ויש לנקוט בפעולות ממשקיות מתאימות על מנת למנוע את התפשטות החידק בעדר. מאידך, יתכן וקיימים מספר "טיפוסים" של חידקים עם מאפיינים שונים, ויש מקום לבירור נוסף והמשך איפיון מדויק של החידק מבחינה אפידמיולוגית, בקטרילוגית ומולקולרית.

## חשיבות השמירה על ניקיון והיגיינה במערכות חליבה

גברי פרץ<sup>1\*</sup>, גולן יעקב<sup>1</sup>, מאיר רייכמן<sup>1</sup>, יניב לרמן<sup>2</sup>, יעד דהן<sup>1</sup> ושרון תירוש לוי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המערך הארצי לבריאות העטין ואיכות החלב- מועצת החלב

<sup>2</sup>המעבדה לבריאות העטין ואיכות החלב- מועצת החלב

[gavriel@milk.org.il](mailto:gavriel@milk.org.il)

לאיכות החלב המיוצר חשיבות עליונה בשמירה על ערכו התזונתי, בטיחות מזון ובריאות ציבור. יצרני החלב נדרשים כל הזמן בשיפור איכות החלב הגולמי ובטיחותו.

אחד המרכיבים המשמעותיים והחשובים לייצור חלב באיכות גבוהה הוא ניקיון וחיטוי מערכות החליבה. אשר מבוקרים ונמדדים באופן קבוע ע"י ספירות חיידקים כלליות באמצעות ספירת מושבות החיידקים בדוגמת החלב (CFU-Colony Forming Unit)

ספירות חיידקים כלליות (סח"כ) נבדקות 3 פעמים בחודש מכל משק בעל מכסה במדינת ישראל. ניקיון המערכת מביטיח שלא יישארו שאריות אורגניות ואחרות במערכות החליבה. במידה והמערכת אינה מתנקה כנדרש איכות החלב תיפגע ותהיה השפעה שלילית על תוצרי החלב. מערכות החליבה מנוקות ומחוטאות לאחר כל חליבה על מנת למנוע התפתחות וצמיחה של גורמים מזהמים. למערכות השטיפה יש שתי מטרות: הסרה של לכלוך והשמדה של חיידקים. חשוב שהשטיפה תבצע מיידיית עם סיום השימוש במערכת על מנת למנוע התפתחות חיידקים ולכלוך שקשה להסרה.

למרות שמערכות השטיפה במכוני החליבה משוכללות, אוטומטיות וכוללות מערכות התרעה וניטור. מתגלות בעיות לאורך השנים בעקבות נזקי הזמן, בעיות תחזוקה ומחסור בבדיקות שגרתיות. כאשר יש תקלה בשטיפה שאינה מתגלה, המערכת מזדהמת לאורך זמן ממושך. חשוב לזכור שלכל מערכת אוטומטית יש פרוטוקול טיפול ובדיקה וחייבים לבצע אותו לפי המלצות היצרן. בביקורים של מדריכי מאל"ה מתגלים בעיות רבות במערכות השטיפה של מכון החליבה ומיכל החלב. לאור הממצאים של מדריכי מאל"ה הוכן פרוטוקול מסודר לבדיקת מערכות שטיפה למכון החליבה והמיכל.

פרוטוקול החיטוי והניקוי כולל בתוכו את המרכיבים שיש לבדוק בשטיפת המכון והמיכל: שלבי השטיפה, תקינות חומרי הניקוי והכמות שלהם, כמות וטמפרטורת המים, קליעי האוויר, תקינות נקזים, וכל חלק נלווה שקיים על מערכות השטיפה. מטרת הפרוטוקול היא גילוי מוקדם של תקלות במערכות האוטומטיות או בתקלות תפעול של העובדים.

סיכום: היות והסח"כ נמדד בבדיקת חלב הנלקח מהמיכל, הוא מייצג בעיקר את רמת הזיהום במיכל החלב ולא בהכרח משקף את ניקיון מערכת החליבה. בבחינת תוצאות הסח"כ ב-84 משקים בהתאמה להערכה ויזואלית של רמת הזיהום (ראה טבלה 1 בסקלה של 0-4) של מערכת החליבה ע"י מדריך מאל"ה, אמנם נמצא מתאם מובהק ( $P=0.002$ ) בין רמת הזיהום לסח"כ, אך הוא היה נמוך יחסית ( $\rho=0.326$ ), כאשר ב-35.7% מהמערכות המזוהמות (בדרגה 2-4) התקבל סח"כ "מעולה" (נמוך מ-10,  $P=0.009$ ).

טבלה 1. הערכת דרגות רמת הזיהום של מערכת החליבה :

פירוט ממצאים	דגרת זיהום
נקי לחלוטין	0
נמצא לכלוך נקודתי	1
נמצא לכלוך נקודתי משמעותי	2
נמצא לכלוך מערכתי	3
מערכת החליבה מזוהמת	4

## בריאות העטין בישראל – מגמות ויעדים

שרון תירוש-לוי\*, יעד דהן, רמה פלק

המערך הארצי לבריאות העטין ואיכות החלב- מועצת החלב, [sharontirosh@gmail.com](mailto:sharontirosh@gmail.com)

דלקות עטין ונגיעות מיקרוביאלית תוך עטינית הן מהבעיות הנפוצות ברפת החלב הגורמות לפגיעה ברווחת בעלי החיים ובאיכות החלב ומובילות לנזקים כלכליים משמעותיים. נגיעות תוך עטינית עשויה להיות תת קלינית או קלינית בדרגות חומרה שונות. רוב הגורמים לדלקות עטין הינם חיידקים המחולקים לפתוגנים מדבקים, שמקורם בפרה ומועברים בעיקר במהלך החליבה, ולפתוגנים סביבתיים המועברים בעיקר בין החליבות. זיהוי דלקות עטין יכול להעשות על ידי זיהוי סימנים קליניים בעטין או בחלב או על ידי זיהוי עליה בספירת התאים הסומטיים (סת"ס) או בתגובה חיובית ל-CMT. הדרך היחידה לזהות את הגורם לדלקת הוא באמצעות שליחת דגימת חלב לבדיקה בקטריולוגית. בישראל, מעבדת מאל"ה מרכזת אליה את כל הבדיקות הנשלחות למטרה זו. מטרת עבודה זו הינה לסקור את הנתונים שנאספו במעבדת מאל"ה בעשור האחרון בכדי לבחון מה מידת הניטור, מה הפתוגנים הנפוצים הגורמים לדלקות עטין קליניות ותת קליניות בפרות החלב בישראל ומה המגמות האפידמיולוגיות בהמצאות הפתוגנים השונים. נתונים אלה כללו 9,050 דגימות מיכלי חלב מ-793 משקים ו-733,606 דגימות פרטניות מפרות או מרבעים שנשלחו לבדיקה בקטריולוגית במאל"ה בין השנים 2013-2023.

במהלך העשור האחרון היתה מגמה של ירידה במספר המשקים ובמספר הפרות הכולל ועליה במספר הפרות במשק וביצרנות של כל פרה. העליה בגודל המשקים וביצרנות מחייבת הקפדה יתרה על בריאות העטין. בעשור האחרון הסת"ס הממוצע בחלב המשוק למחלבות היה יחסית יציב ונע בין 198,000 ל-236,000. הסת"ס בביקורת החלב היה מעט גבוה יותר (בין 228,000 ל-291,000 בשל החלב המופרד, אך שמר על אותן מגמות.

הפתוגנים המדבקים העיקריים בבקר המאובחנים גם בדלקות עטין הינם החיידקים הגרם חיוביים סטרפטוקוקוס אגלקטיה, מיקופלסמה בוביס וסטפילוקוקוס אוראוס. שלושת החיידקים הללו נבדקים בדגימות שנשלחות ממיכלי חלב, בכדי לנטר את מצב הנגיעות במשקים.

הנגיעות בס. אגלקטיה נמצא במגמת ירידה בעשור האחרון, בעקבות הכנסת תכנית ביעור, כאשר ב-2013 16% מהמשקים היו נגועים (בבדיקות מיכל), אך מאז 2019 לא התקבלו בידודי אגלקטיה כלל. גם בבדיקות פרטניות מאובחנים מקרים בודדים בכל שנה והתפרצות בכל משק כללה מקרים בודדים.

גם הנגיעות במ. בוביס במגמת ירידה, בשל הכנסת תכנית ניטור וביעור, כאשר ב-2013 10% מהמשקים היו נגועים (בבדיקות מיכל) ומאז 2018 הנגיעות היא בפחות מ-1% מהמשקים ולא יותר משני משקים בשנה. גם בבדיקות הפרטניות לא היו יותר מ-20 פרות שאובחנו כחיוביות בחמש השנים האחרונות ובלא יותר מ-4 משקים בשנה. ברוב המקרים, נגיעות במשק מסתכמת בפרה או

שתיים נגועות המוצאות מיד. במרבית המקרים הנגיעות במיקופלסמה במשק אובחנה בשל אבחון בפרות קליניות או עם סת"ס גבוה.

מבין שלושת הפתוגנים המדבקים ס. אוראוס הוא העיקרי שמאובחן. כיוון שזהו חיידק שעשוי להמצא על עור הפרה והעטין יותר קשה לבער את הנגיעות בו ברמת המשק. גם כאן נראית מגמת ירידה בשיעור המשקים הנגועים (ברמת המיכל) שהיה 45% ב-2013, אך התייצב על 20-30%. גם בבדיקות פרטניות אובחנו פרות חיוביות ב-28% עד 45% מהמשקים בכל שנה. ס. אוראוס הוא חיידק בעייתי, גם מכיוון שהוא עשוי להדביק גם בני אדם וגם מכיוון שהוא עשוי לרכוש עמידות לאנטיביוטיקה (MRSA). שיעור הבידודים העמידים שהתקבל בעשור האחרון היה נמוך, כאשר מרבית הבידודים היו מרפת אחת שסבלה מהתפרצות משמעותית במהלך 2018-2019. סך הרפתות בהן נמצאו בידודים עמידים לא עלה על 7 רפתות בשנה.

מרבית הדגימות הפרטניות שנשלחו היו בשל סימנים קליניים או סת"ס גבוה ומיעוט המקרים למטרות מעקב או מניעה. מאז 2019 ניכרת ירידה בשיעור הבדיקות למטרות מניעה. הפתוגנים העיקריים שבודדו ממקרים קליניים ב-2023 היו סביבתיים ובעיקר אשריכיה קולי (27%), סטפילוקוק שאינו אוראוס (סש"א, 16%) וסטריפטוקוקוס יובריס (10%). ביותר ממחצית הבדיקות שנשלחו בשל סת"ס גבוה לא היתה צמיחה או לא נמצאו פתוגנים. הפתוגנים שכן אובחנו גם כן היו בעיקר סביבתיים ובעיקר סש"א (25%) וס. יובריס (5%).

בשנה האחרונה הוכנסה למעבדה מערכת MALDI-TOF המאפשרת אבחון מדויק יותר של המין הספציפי של החיידק. נמצא כי הבידודים שהוגדרו כסש"א מהווים, למעשה, 20 מינים שונים. בעתיד יתווסף יותר מידע לגבי ההבדלים בין מיני הסטפילוקוקים השונים בכדי שיאפשר תכנון נכון יותר של דרכי טיפול ומניעה.

התמונה הישראלית בהקשר של בריאות העטין תואמת את המתואר במרבית משקי החלב במדינות מפותחות עם רפתות גדולות וממשק אינטנסיבי. מצד אחד, תהליך איחוד הרפתות הוביל לאתגרים רבים והגדיל את הסיכון להתפרצויות של פתוגנים מדבקים, אך השילוב בין ניטור שוטף ויישום תכניות ביעור ומניעה הוביל לצמצום הנגיעות בפתוגנים מדבקים, כאשר מרבית הבידודים, הקליניים והתת קליניים הינם של פתוגנים סביבתיים, מזדמנים. השאיפה היא שבעתיד מרבית הבדיקות שישלחו יהיו למטרות טיפול סלקטיבי, ניטור ומניעה ופחות ממקרים קליניים או תת קליניים. וכי האבחון המדויק של ה-MALDI-TOF יאפשר התמודדות נכונה ומדויקת יותר עם כל פתוגן.