

תוכן העניינים

1.1	תוכן העניינים	
1.2	שם ההצעה.....	1
1.3	שמות כלל השותפים למחקר, שטח הפעולה של כל משתתף וחלקו במחקר.....	2
1.4	תקציר מדעי של תכנית המחקר.....	3
1.5	מבוא ותיאור הבעיה כולל סקירת ספרות.....	3
1.6	מטרות המחקר.....	5
1.7	תיאור קצר וממוקד של הפעלת המחקר.....	5
1.8	התאמת המחקר ליעדי הנהלת ענף בקר.....	6
1.9	החידוש המדעי והתועלת לחקלאות הצפויים מביצוע התכנית.....	6
1.10	תקציב המחקר שאושר ופירוט לכל חוקר.....	7
1.11	רשימת ספרות מצוטטת.....	7
1.12	רשימת 5 פרסומים אחרונים של כל חוקר הרלוונטיים לנושא המחקר.....	8
1.13	תוצאות הקדמיות.....	9

1.2. השפעת ריכוזיות המנה על צריכת מזון, תנובות חלב ורכיביו, נעכלות ויעילות הייצור

The effects of ration concentrations in protein and energy on feed intake, yields, digestibility and production efficiency

1.3. ד"ר עוזי מועלם – הזנת מעלי גירה, המחלקה לחקר בקר וצאן, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן. – תכנון המנות וניהול הניסוי, ניתוח נתונים.

ד"ר רועי שקד – וטרינר, רפת מינהל המחקר החקלאי. תכנון ופיקוח על ביצוע הניסוי. איסוף נתונים ודוגמאות.

1.4. תקציר

תנובות החלב של פרת החלב המודרנית עלו בשנים האחרונות לשיאים חדשים, וכתוצאה מכך גם הצרכים התזונתיים עלו בהתאם. למרות העלייה הדרמטית בתנובות החלב, לא התבצעו התאמות תזונתיות נדרשות, ולא נעשו שינויים משמעותיים בממשק ההזנה. למעשה, פרת החלב גבוהת התנובה משלימה את צרכיה התזונתיים ההולכים ועולים בעיקר ע"י הגברת צריכת המזון. בפועל, צריכת המזון הממוצעת הולכת ועולה בשנים האחרונות, ומגיעה בעונות מסוימות לממוצע העולה על 30 ק"ג ח"י לפרה ליום בפרות הבוגרות. העלייה בצריכת המזון מגבירה את קצב זרימת המעכל במערכת העיכול, וזה גורם לירידה בנעילות. ניתוח היעילות הכוללת לייצור חלב וחמ"ש במספר ניסויים מראה כי היעילות עולה ככל שתנובת החלב עולה, וזה קורה בעיקר בגלל צמצום ("דילול") הצרכים לקיום. לעומת זאת היעילות השולית לייצור חלב, חמ"ש או אנרגיה בחלב יורדת ככל שצריכת המזון עולה. כלומר, כל מניפולציה תזונתית שתשמור על אספקת הצרכים התזונתיים ללא הגברת צריכת המזון וקצב המעבר של המעכל במערכת העיכול, עשויה להגביר את היעילות. מטרת המחקר הינה לבחון באופן מבוקר את השפעת ריכוזיות המנה על ביצועים ויעילות הייצור בפרת החלב גבוהת התנובה. בצענו ניסוי ראשון ברפת ההזנה הפרטנית במסגרת המחקר, בו הפרות הזנו ב-3 מנות בריכוזים משתנים של אנרגיה וחלבון. לא נמצאו הבדלים בתנובות החלב, ריכוז השומן והחלבון היו נמוכים יותר במנה המרוכזת יותר. צריכת המזון הייתה נמוכה יותר במנה המרוכזת, והיעילות, כמו גם היעילות השולית לייצור חלב היו גבוהים יותר במנה המרוכזת. בחלק השני של המחקר בצענו ניסוי ברפת הפרטנית בפרות לקראת סוף תחלובה (ממוצע 225 ימים בתחלובה בתחילת הניסוי) בו הורדנו את ריכוז האנרגיה במנה ע"י העלאת שיעור המזון הגס במנה בכ- 7.2%. תוצאות ניסוי זה הראו ירידה בתנובת החלב, ואחוז החלבון בקבוצת הטיפול ואילו אחוז השומן היה גבוה יותר בקבוצה זו. צריכת המזון לא הייתה שונה באופן מובהק בין הטיפולים ולכן השיפור ביעילות בקבוצת הטיפול היה רק לחמ"ש אבל לא לייצור חלב או החמ"מ. בעבודת מחקר זו בצענו שינויים שונים בריכוזי האנרגיה במנה על מנת להגביר את היעילות. בחלק הראשון של העבודה בחנו מתן מנות מרוכזת יותר או מרוכזת פחות מהמקובל על הביצועים, ההבדלים בריכוזי המנות לא השפיעו תנובת החלב, ואילו באופן לא צפוי אחוז השומן ותנובת החלבון היו נמוכים יותר בקבוצת המנה המרוכזת יותר. צריכת המזון הייתה נמוכה יותר בקבוצת המנה המרוכזת שתרם לשיפור היעילות, והיעילות השולית יותר לייצור חלב בקבוצה זו, אבל לא לייצור FCM או ECM. תוצאות אלה מאששות את השערת המחקר שהעלאת ריכוזי המנה באנרגיה וחלבון יקטין את צריכת המזון וישפר את היעילות הכללית והיעילות השולית לייצור חלב, אבל

שיפור זה ביעילות לא נמצא לייצור FCM ו-ECM. בחלק השני של העבודה הורדנו את ריכוז האנרגיה במנה ע"י העלאת שיעור המזון הגס לפרות לקראת סוף התחלובה. תנובת החלב ואחוז החלבון ירדו בקבוצת הטיפול. לא נמצא הבדל בצריכת המזון ולכן השיפור ביעילות בקבוצת הטיפול היה רק ל-FCM או ולא לייצור חלב או חמ"מ שנמצאו גבוהים יותר בקבוצת הביקורת. תוצאות מחקר זה מראות כי יש צורך במחקר נמשך על מנת לדייק את ריכוזי האנרגיה כדי למקסם את הייצור אבל גם את יעילות הייצור.

1.5. תיאור הבעיה

עלויות ההזנה מהוות כ- 50-60% מסך ההוצאות ברפת החלב, ולכן הגברת נצילות המזון מהווה מטרת על במשק בעלי החיים בכלל, וברפת החלב בפרט. כמו כן, להגברת נצילות המזון יש השלכות סביבתיות רבות, כגון: הפרשת מתן, גזי החממה ועוד. הגברת תנובת החלב ע"י סלקציה גנטית גרמה לשינויים בפיזיולוגיה הבסיסית של פרת החלב, והראשון שבהם הוא הגברת צריכת המזון. עבודה של Veerkamp מ-1998 מראה כי קיים מתאם גנטי (0.46-0.65) בין תנובת החלב לצריכת מזון. בעבודה שעשינו בארץ (Honig et al., 2012) הראינו כי הגברת תדירות הצינונים תרמה לעלייה של 9.3% בצריכת המזון, ועלייה של 9.6% בתנובת החלב – כלומר, קיים קשר ישיר בין העלייה בצריכת המזון לעלייה בתנובת החלב. העלייה בצריכת המזון גורמת לעלייה בקצב המעבר של המעכל ולפחיתה בנעכלות המזון. עבודה של Gabel et al. (2003) מראה פחיתה של 4.1% בנעכלות האנרגיה, ו-1.6% בתכולת האנרגיה נטו לחלב עם עלייה של כפולת קיום אחת. ממצא זה דומה מאוד ל-8% פחיתה בנעכלות מעלייה של כפולת קיום אחת ל-3 (2 כפולות קיום) כפי שהוערך ב-NRC (2001). האנרגיה הנצרכת משמשת לצרכי קיום וייצור. צרכי הקיום של הפרה נחשבים כצרכים קבועים ותלויים במשקל גופה – לעומת זאת צרכי הפרה לייצור משתנים בהתאם לפוטנציאל הייצור. עיקרון בסיסי בכלכלת הייצור מראה כי כאשר הצרכים לקיום קבועים והצרכים לייצור הולכים ועולים, היעילות הכללית תעלה עד גבול מסויים, ומעל גבול זה היעילות הכללית תלך ותרד – כלומר היעילות השולית פוחתת. עם העלייה בצריכת המזון והפחיתה בנעכלות, הירידה ביעילות השולית תהיה משמעותית בפרות הצורכות כמות גדולה של מזון. בנוסף, על פי NRC (2001), ככל שנעכלות המנה גבוהה יותר, הפחיתה בנעכלות עם העלייה בכפולות קיום תהיה גדולה יותר. כלומר במנה הישראלית המתאפיינת בריכוזיות גבוהה, הפחיתה בנעכלות צפויה להיות גבוהה אף גבוהה יותר עם העלייה בצריכת מזון. Bauman et al. (1985)

קובע כי ההבדלים בנעכלות בין פרטים במנה מוגדרת הן מינוריות. כלומר, לצריכת המזון או לטיב המנה השפעה משמעותית על הפחיתה בנעכלות, יותר מאשר לתכונה אינדיבידואלית של פרה. בנוסף קובע Bauman et al. (1985) כי השיפור בניצולת המזון עם העלייה בתנובות החלב נובע בעיקרו מ- "דילול" הצרכים לקיום.

שאלה נוספת חשובה בהקשר הזה הוא מה קודם למה – העלייה בצריכת מזון או העלייה בפוטנציאל הגנטי לייצור חלב? ה- NRC (2001) קובע כי תנובת החלב קובעת את צריכת המזון. כלומר צריכת המזון תמשיך לעלות ככל שהטיפול הגנטי לייצור חלב יימשך.

מעבודה שעשינו בארץ (Moallem, 2016) נמצאה קורלציה שלילית בין צריכת מזון ליעילות השולית. כלומר, פרות עם צריכת מזון גבוהה הראו יעילות שולית נמוכה יותר. מכאן שכל מניפולציה תזונתית שתספק את צרכי הפרה ללא הגברת קצב המעבר של המזון במערכת העיכול, עשויה לתרום להגברת ניצולת המזון והיעילות.

בעבודת מחקר זו אנו מציעים לבחון את השפעת העלאת ריכוזיות המנה על יעילות הייצור. ריכוזי האנרגיה והחלבון בישראל הינם יחסית נמוכים לזה המקובל במדינות אחרות כמו צרפת וארה"ב. כמו כן בשנים האחרונים קיימת נטייה לרדת באחוזי החלבון במנת החולבות בישראל. להערכתנו, הפרות מגבירות את צריכת המזון על מנת לספק את הצרכים התזונתיים במנות בהם ריכוזי האנרגיה והחלבון נמוכים, וזה לכשעצמו יכול לגרום לפחיתה ביעילות הייצור. סיכום של מספר עבודות שנעשו ברפת ההזנה הפרטנית בעונת הקיץ מראה עלייה בתנובת החלב משנת 2008 ועד 2013 בשיעור של 19% (מ- 37 ק"ג ועד 44 ק"ג חלב ליום), ובמקביל עלייה של 16.7 בצריכת מזון (מ- 24 ל- 28 ק"ג ח"י ליום). נתונים אלה מראים באופן ברור את העלייה בצריכת מזון עם העלייה בייצור. היות ותכולת המנות במהלך שנים אלה לא השתנתה באופן משמעותי, הפרות הגבירו את צריכת המזון על מנת לספק את הצרכים התזונתיים, מה שעלול לפגוע ביעילות הייצור. לפיכך, בעבודת מחקר זו אנו מציעים לבחון באופן מבוקר את השפעת ריכוזיות המנה בחלבון ואנרגיה על תנובות החלב, צריכת מזון, יעילות הייצור ונעכלות המנה. השערת המחקר היא כי במנות מרוכזות יותר באנרגיה וחלבון, צריכת המזון תהיה נמוכה יותר, מה שעשוי להעלות את הנעכלות ולשפר את היעילות.

1.6. מטרת המחקר

מטרת המחקר הינה לבחון באופן מבוקר את השפעת ריכוזיות המנה על הביצועים ויעילות הייצור, ולבחון האם מנות מרוכזות יותר ישפיעו לטובה על יעילות הייצור.

1. השפעת ההזנה במנה עם ריכוזיות נמוכה יותר על צריכת מזון, נעכלות ויעילות הייצור.

2. השפעת ההזנה במנה עם ריכוזיות גבוהה על צריכת מזון, נעכלות המנה ויעילות הייצור.

1.7. תיאור הפעלת המחקר

בחלק הראשון של המחקר ביצענו ניסוי ברפת ההזנה הפרטנית עם 3 מנות בריכוזי חלבון ואנרגיה שונים.

42 חולבות גבוהות תנובות חולקו ל- 3 קבוצות לפי תנובת חלב ורכיביו, ימים בתחלובה, משקל גוף ומספר תחלובה. הניסוי התבצע בסוף עונת הקיף של 2020, עם עומס חום שהיה חריג בעצמתו יחסית לשנים אחרות.

(1) קבוצה אחת הוזנה במנה שהכילה 1.74 מק"ל אנרגיה נטו לחלב, ו- 16.2% חלבון (Low density diet - LDD).

(2) קבוצת הביקורת הוזנה במנה ממוצעת כפי המקובל ברוב העדרים ישראל: ריכוז אנרגיה של 1.78 מק"ל אנרגיה נטו לחלב לק"ג ח"י, וריכוז החלבון יהיה 16.5% (Medium density diet - MDD).

(3) קבוצה שלישית תקבל מנה בה ריכוז האנרגיה נטו לחלב יהיה לפחות 1.81 מק"ל, ואילו ריכוז החלבון יהיה עד 17.1% (High density diet - HDD).

הרכב ותכולת המנות מופיע בטבלה מספר 1. תכולת המזון הגס בשתי המנות הייתה זהה, והשינויים העיקריים בתכולת המנות נבעה משינויים בתכולת המזונות המרוכזים, שינויים מתבקשים על מנת ליצור הבדלים בריכוז האנרגיה והחלבון בין המנות.

טבלה מספר 1. הרכב המנות בניסוי

Item	Treatments		
	% of diet DM		
	LDD	MDD	HDD
Ingredients			
Corn, ground	27.7	24.8	19.8
Barley, rolled	0.7	1.3	3.6
Wheat grain, rolled	0.9	1.1	2.6
Rapeseed meal	8.6	5.2	5.0
Soybean meal	1.7	3.8	5.7
Wheat bran	4.4	3.5	1.4
Gluten feed	8.9	10.6	11.1
Wheat silage	19.9	19.9	19.9
Oat hay	13.5	13.5	13.5
Clover hay	1.3	1.3	1.3
Cottonseed	0.8	1.0	2.0
Golden DDG ²	4.6	6.6	6.6
By product of dairy industry	3.3	3.3	3.2
CSFA ³	1.4	2.0	2.4
Urea	0.3	0.2	0.1
Bicarbonate	0.7	0.7	0.7
limestone	0.7	0.4	0.3
NaCl	0.7	0.7	0.7
Vitamins and minerals ⁴	0.001	0.001	0.001
Chemical composition - % of DM unless stated			
NEI ⁵ (Mcal/kg DM)	1.74	1.78	1.81
Crude protein	16.2	16.5	17.1
NDF	30.5	30.5	30.5
Forage NDF	17.7	17.7	17.7
Forage	34.7	34.7	34.7
Ether extract	4.3	4.9	5.3
Ca	0.01	0.009	0.009
P	0.005	0.005	0.005

הניסוי נמשך 12 שבועות וביקורות חלב יתבצעו אחת לשבועיים.
 נעילות המזון התבצעה ע"י איסוף צואה 8 פעמים במהלך יומיים רצופים ושימוש ב- INDF כסמן פנימי.

טבלה מס' 2. תנובות חלב ורכיביו

Item	Treatments ¹			SEM	P value
	LE	ME	HE		
Milk, kg/d	40.1	40.1	40.3	0.28	0.72
Fat, %	4.00 ^a	4.01 ^a	3.79 ^b	0.06	0.01
Fat, kg/d	1.58	1.57	1.51	0.03	0.30
Protein, %	3.58 ^a	3.53 ^{ab}	3.43 ^b	0.05	0.12
Protein, kg/d	1.42	1.37	1.38	0.03	0.36
Lactose, %	4.87	4.87	4.87	0.02	0.98
Lactose, kg/d	1.94	1.89	1.99	0.04	0.20
MUN ² , mg/dL	13.7	14.4	13.8	0.5	0.53
4% FCM ³ , kg/d	39.1 ^{ab}	39.7 ^a	38.4 ^b	0.31	0.02
ECM, kg/d	40.1 ^a	40.6 ^a	39.0 ^b	0.31	0.008
Energy output in milk, Mcal/d	29.7 ^a	30.0 ^a	28.9 ^b	0.23	0.008

כפי שניתן לראות בטבלה מס' 2 לא נמצאו הבדלים בתנובת החלב בין הטיפולים, אחוז השומן היה נמוך יותר בקבוצת המרוכזת ביותר, ואילו אחוז החלבון נטה להיות נמוך יותר בקבוצה זו. תנובת ה- FCM הייתה גבוהה יותר בקבוצת ה-MDD מאשר בקבוצת ה-HDD, ואילו תנובת ה- ECM הייתה נמוכה יותר בקבוצת ה-HDD מאשר בשתי הקבוצות האחרות.

Table 3. Least squares means of dry matter intake and efficiency calculations

Item	Treatments ¹			SEM	<i>P value</i>
	LDD	MDD	HDD		
DMI, kg/d	27.4 ^{ab}	27.8 ^a	26.6 ^b	0.32	0.03
Energy intake, Mcal/d	47.7	49.6	48.1	0.57	0.07
EB, Mcal/d	7.0 ^b	7.9 ^{ab}	8.4 ^a	0.42	0.06
BW start, kg	624.7	622.0	621.1	15.3	0.97
BW end, kg	658.0	666.1	654.5	15.5	0.95
BW gain, kg	33.3	44.1	33.4	4.3	0.15
Milk/DMI, kg/kg	1.49 ^b	1.46 ^b	1.55 ^a	0.01	0.0004
4% FCM ² /DMI, kg/kg	1.44	1.46	1.46	0.01	0.49
ECM/DMI, kg/kg	1.48	1.49	1.49	0.01	0.70
Marginal efficiency for milk	1.96	1.91	2.04	0.02	0.002
Rumination time, min/d	498.3 ^a	490.0 ^{ab}	475.5 ^b	6.3	0.06
Lying time, min/d	558.8 ^b	626.0 ^a	580.0 ^b	7.9	>0.0001

צריכת המזון הייתה יותר נמוכה באופן מובהק בקבוצה שהוזנה עם המנה המרוכזת, ומאזן האנרגיה היה גבוה יותר בקבוצת ה-HDD מאשר בקבוצת ה-LDD. לא נמצאו הבדלים מובהקים בשינויים במשקלי הגוף במהלך הניסוי. יעילות הייצור לחלב הייתה גבוהה יותר בקבוצת ה-HDD לעומת שאר הקבוצות, ללא הבדלים ביעילות לייצור FCM ו-ECM. היעילות השולית לייצור חלב הייתה גבוהה בקבוצת יותר בקבוצת ה-HDD מאשר בשתי הקבוצות האחרות. משך העלאת גירה היומי היה נמוך יותר בקבוצת ה-HDD מאשר בקבוצת ה-LDD, ואילו משך זמן הרביצה היומי היה גבוה יותר בקבוצת ה-MDD.

Table 4. Least squares means of rumen pH and concentrations of ammonia and volatile fatty acids (VFA)

Item	Treatments			SEM	<i>P value</i>
	LDD	MDD	HDD		
Rumen pH	6.57 ^a	6.44 ^b	6.50 ^{ab}	0.04	0.09
Ammonia, mg/L	172.8	163.9	166.0	3.43	0.16
Acetate, mM	62.9 ^a	63.0 ^a	57.9 ^b	1.48	0.02
Propionate, mM	28.7	29.3	27.0	0.89	0.17
Butyrate, mM	14.1 ^b	15.6 ^a	12.9 ^b	0.59	0.007
Isovalerate, mM	1.2 ^a	1.3 ^a	1.0 ^b	0.07	0.006
Valerate, mM	1.6 ^a	1.8 ^a	1.4 ^b	0.08	0.004
Caproate, mM	0.41	0.49	0.40	0.03	0.14
Acetate/propionate	2.23	2.18	2.16	0.05	0.62
Acetate/butyrate	77.0 ^a	78.6 ^a	70.8 ^b	1.88	0.01
Total VFA, mM	108.9 ^a	111.5 ^a	100.4 ^b	2.77	0.02

בטבלה מספר 4 מופיעים ריכוזי האמוניה וחומצות השומן הנדיפות בכרס. חומציות הכרס הייתה נמוכה יותר בקבוצת ה-LDD לעומת קבוצת ה-MDD. ריכוזי החומצה האצטית והבוטירית היו נמוכים יותר בקבוצת ה-HDD, וכן ריכוז ה-VFA.

הנעילות של החומר היבש, החומר האורגני והשומן היו גבוהים יותר בקבוצת ה-HDD לעומת קבוצת ה-LDD.

סיכום ומסקנות ביניים: ההבדלים בריכוזי המנות לא השפיעו תנובת החלב, ואילו באופן לא צפוי אחוז השומן ותנובת החלבון היו נמוכים יותר בקבוצת ה-HDD. צריכת המזון הייתה נמוכה יותר בקבוצת ה-HDD לעומת קבוצת ה-MDD. היעילות, והיעילות השולית יותר לייצור חלב היו גבוהים יותר בקבוצת ה-HDD, אבל לא לייצור FCM.

הפגיעה באחוזי השומן והחלבון בחלב במנה המרוכזת פגעה בתנובת ה-FCM וה-ECM, ולכן לא נמצא שיפור ביעילות בפרמטרים אלה.

התוצאות מאששות את השערת המחקר שהעלאת ריכוזי המנה באנרגיה וחלבון יקטין את צריכת המזון וישפר את היעילות הכללית והיעילות השולית לייצור חלב, אבל לא לייצור FCM ו-ECM.

יכול להיות כי ההחלטה לשמר אחוזי מזון גס זהים בכל המנות פגעה בטיפול המנה המרוכזת. אנחנו נבצע ניתוח סופי של תוצאות הניסוי הראשון ונקבל החלטה איזה טיפולים לבצע בניסוי הבא, שיתבצע ברפת הפרטנית במתכונת של הניסוי הראשון. בגלל צמצום משמעותי של תקציב המחקר לא נוכל לבצע ניסוי שלישי ברפת מסחרית.

חלק שני

בחלק שהני של המחקר בצענו ניסוי ברפת הפרטנית בפרות לקראת סוף תחלובה (ממוצע 225 ימים בתחלובה בתחילת) בו קבוצת הטיפול קיבלה מנה עתירת מזון גס וריכוז אנרגיה נמוך יותר על ביצועי פרות.

הניסוי התבצע ברפת ההזנה הפרטנית במכון וולקני. 42 חולבות לקראת סוף התחלובה (ממוצע 225 ימים בתחלובה בתחילת) גבוהות תנובות חולקו ל- 2 קבוצות לפי תנובת חלב ורכיביו, ימים בתחלובה, משקל גוף ומספר תחלובה.

1) קבוצה הביקורת הכילה מנה שהכילה 1.78 מק"ל אנרגיה נטו לחלב, 16.5% חלבון ו- 34.3% מזון גס.

2) קבוצת הטיפול קיבלה מנה שהכילה 1.75 מק"ל אנרגיה נטו לחלב לק"ג ח"י, 16.5% חלבון ו- 41.5% מזון גס.

הרכב ותכולת המנות מופיע בטבלה מספר 5. שיעור התחמיץ במנה היה זהה והמזון הגס ניתן כ- שחת שבולת דגן. כמו כן היו מספר הבדלים מתבקשים בגין ההבדלים בשיעור המזון הגס במנה. הניסוי נמשך 12 שבועות וביקורות חלב יתבצעו אחת לשבועיים. דגמנו מיץ כרס לבחון השפעת הטיפולים על סביבת הכרס פעמיים במהלך הניסוי.

נעילות המזון התבצעה ע"י איסוף צואה 8 פעמים במהלך יומיים רצופים ושימוש ב- INDF כסמן פנימי.

Table 5. Ingredients and chemical composition of the rations

Ingredients, (% of DM)	Treatments	
	Control	HF
Corn grain, ground	25.5	18.4
Barley grain rolled	0.9	0.9
Wheat grain rolled	0.9	0.9
Soybean meal	3.3	2.9
Rapeseed meal	6.8	6.7
Cottonseed	1.2	1.2
Wheat bran	4.4	4.4
Wheat silage	20.7	20.7
Oats hay	13.5	20.7
Gluten feed	11.1	11.1
Golden DDG	4.1	4.1
By product of dairy industry	3.2	3.3
Calcium soap of fatty acids	2.1	2.6
Urea	0.3	0.4
Limestone	0.5	0.4
Sodium bicarbonate	0.7	0.7
Salt	0.7	0.7
Vitamins and minerals ¹	0.05	0.05
Chemical composition (in DM basis)		
NE _L ² (Mcal)	1.78	1.75
Crude protein, %	16.5	16.5
Forage, %	34.3	41.5
NDF, %	30.5	33.5
Forage NDF, %	17.5	21.2
Ether extract, %	4.7	5.0
Ca, %	0.9	0.9
P, %	0.5	0.5

¹Contained 20,000,000 IU of vitamin A/kg, 2,000,000 IU/kg of vitamin D, 15,000 IU/kg of vitamin E, 6000 mg/kg of Mn, 6000 mg/kg of Zn, 2000 mg/kg of Fe, 1500 mg/kg of Cu, 120 mg/kg of I, 50 mg/kg of Se, and 20 mg/kg of Co.

²Calculated using the NRC (1989) values.

תוצאות

Table 6. Effects of diet on milk yield and milk solids content and yields

	Treatments ¹		SEM	P value
	Control	HF		
Milk yield				
Milk, kg/d	38.7	36.8	0.50	0.01
ECM ² , Mcal/d	28.0	27.3	0.31	0.14
FCM ³ 4%, kg/d	36.8	36.4	0.45	0.64
Hamam, kg/d	39.5	37.6	0.40	0.002
Milk solids concentration and yields				
Fat, %	3.74	3.89	0.05	0.03
Protein, %	3.48	3.36	0.04	0.04
Lactose, %	4.88	4.82	0.03	0.16
Milk urea-N, mg/dL	16.6	17.1	0.40	0.33
Fat, kg/d	1.39	1.37	0.03	0.65
Protein, kg/d	1.30	1.20	0.03	0.02
Lactose, kg/d	1.85	1.75	0.05	0.14
Somatic cell counts, (×1000/ml)	241.9	382.6	76.4	0.20

¹Control - Cows were fed a standard Israeli milking-cow ration that contained 41.5% forage and 1.75 Mcal NE_L/DM.

²ECM – energy corrected milk.

³FCM - fat corrected milk.

תנובת החלב הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת, אחוז השומן היה גבוה יותר בקבוצת הטיפול, ואילו אחוז החלבון היה גבוה יותר בקבוצת הביקורת. לא נמצאו הבדלים בתנובת ה-ECM או ה-FCM, ואילו תנובת החמ"מ הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת. לא נמצא הבדל מובהק בצריכת מזון או האנרגיה המחושבת בין הטיפולים והיעילות לייצור חלב הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת. לעומת זאת היעילות לייצור FCM הייתה גבוהה יותר בקבוצת הטיפול ואילו היעילות לייצור חמ"מ הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת.

משך זמן הרביצה והעלאת הגירה היו גבוהים יותר בקבוצת הטיפול. לא נמצאו הבדלים בשינויים במשקל הגוף או מאזן האנרגיה בן הטיפולים.

בטבלה מספר 7 מוצגים התוצאות בכרס. לא נמצא הבדל מובהק ב-pH הכרס, ואילו ריכוז האמוניה נטה להיות גבוה יותר בקבוצת הטיפול. לא נמצא הבדל בריכוז החומצה האצטית ואילו ריכוז החומצה הפרופיונית היה גבוה יותר בכ- 15% בקבוצת הביקורת. כמו כן ריכוז החומצה הבוטירית היה גבוה יותר בקבוצת הביקורת, אילו סך חומצות השומן הנדיפות נטה להיות גבוה יותר בקבוצת הביקורת.

Table 7. Effects of diets on rumen pH, ammonia and volatile fatty acids (VFA)

concentrations

	Treatments ¹		SEM	P =
	Control	HF		
Rumen pH	6.38	6.47	0.04	0.15
Rumen ammonia, mg/L	139.2	148.7	3.6	0.06
Acetate, mM	61.3	60.6	1.05	0.65
Propionate, mM	28.5	24.9	0.73	0.001
Butyrate, mM	13.2	12.2	0.36	0.05
Isovalerate, mM	0.83	0.99	0.04	0.01
Valerate, mM	1.23	1.18	0.05	0.52
Caproic, mM	0.35	0.36	0.02	0.73
Acetate/propionate	2.19	2.44	0.05	0.001
Total VFA, mM	105.4	100.2	1.9	0.06

¹Control - Cows were fed a standard Israeli milking-cow ration that contained 41.5% forage and 1.75 Mcal NE_L/DM.

בטבלה מספר 8 מוצגים תוצאות הנעכלות. כפי שניתן לראות הנעכלות הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת בכל הנוטריאנטים שנבחנו. באופן חריג הנעכלות של השומן הייתה נמוכה יותר מהצפוי, ואין לנו הסבר לכך. כמו כן צריכת חומר נעכל של החומר היבש, החומר האורגני וכל שאר הנוטריאנטים הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת.

Table 8. Least square means of apparent total-tract digestibility and digestible intake of diet components as affected by diets

	Treatment ¹		SEM	<i>P</i> -value
	Control	HF		
Apparent digestibility, %				
DM	66.6	56.1	0.78	<0.0001
OM	69.1	59.2	0.77	<0.0001
Protein	66.7	52.9	1.30	<0.0001
Fat	71.7	60.4	0.93	<0.0001
NDF	43.9	30.0	1.24	<0.0001
ADF	39.5	23.9	1.5	<0.0001
Apparent digestible intake, kg/d				
DM	15.7	13.3	0.63	0.01
OM	14.9	12.8	0.59	0.02
Protein	2.6	1.9	0.10	<0.0001
Fat	0.78	0.64	0.03	0.006
NDF	3.5	2.47	0.15	<0.0001
ADF	1.5	0.94	0.07	<0.0001

^{a,b} Values within a row with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

¹Treatments:

סיכום ומסקנות

הורדת ריכוז האנרגיה במנה ע"י העלאת שיעור המזון הגס במנה הוריד את תנובת החלב בכ- 1.9 ק"ג ליום, העלה את אחוז השומן והוריד את אחוז החלבון. היות ולא נמצאו הבדלים מובהקים בצריכת המזון, השיפור ביעילות בקבוצת הטיפול היה רק לייצור FCM, ואילו היעילות לייצור חלב או חמ"מ הייתה גבוהה יותר בקבוצת הביקורת. ריכוז הפרופיונט בכרס היה גבוה יותר בקבוצת הביקורת, מה שתרם ככל הנראה לתנובת החלב היותר גבוהה בקבוצה זו. כמו כן היחס אציטט/פרופיונט היה גבוה יותר בקבוצת הטיפול מה שתרם ככל הנראה לאחוז שומן גבוה יותר בקבוצה זו. העלאת שיעור המזון הגס במנה בכ- 7.2% פגע בנעילות של כל רכיבי המנה מה שכלל הנראה פגע גם בייצור החלב והחלבון. ציפינו לירידה גדולה יותר בצריכת המזון מה שלא קרה בפועל, ולכן לא ראינו שיפור ביעילות לייצור חלב, אלא רק ל- FCM בלבד. בגלל צמצום משמעותי בתקציב המחקר העלויות הגבוהות של ניסוי ברפת הפרטנית לא יכולנו לבצע ניסוי ברפת מסחרית.

סיכום סופי של תוכנית המחקר

למרות העלייה הדרמטית בתנובות החלב, לא התבצעו התאמות תזונתיות נדרשות, ולא נעשו שינויים משמעותיים בממשק ההזנה. למעשה, פרת החלב גבוהת התנובה משלימה את צרכיה התזונתיים ההולכים ועולים בעיקר ע"י הגברת צריכת המזון. העלייה בצריכת המזון מגבירה את קצב זרימת המעכל במערכת העיכול, וזה גורם לירידה בנעילות. ניתוח היעילות הכוללת לייצור חלב וחמ"ש במספר ניסויים מראה כי היעילות עולה ככל שתנובת החלב עולה, לעומת זאת היעילות השולית לייצור חלב, חמ"ש או אנרגיה בחלב יורדת ככל שצריכת המזון עולה. מטרת מחקר זה הייתה לבחון באופן מבוקר את השפעת ריכוזיות המנה על ביצועים ויעילות הייצור בפרת החלב גבוהת התנובה. במחקר זה ביצענו 2 ניסויים אינטנסיביים ברפת ההזנה הפרטנית במכון וולקני. בניסוי הראשון הפרות הוזנו ב- 3 מנות בריכוזים משתנים של אנרגיה וחלבון: מנה נמוכה, בינונית ומרוכזת. לא נמצאו הבדלים בתנובות החלב, ריכוז השומן והחלבון היו נמוכים יותר במנה המרוכזת יותר. צריכת המזון הייתה נמוכה יותר במנה המרוכזת, והיעילות, כמו גם היעילות השולית לייצור חלב היו גבוהים יותר במנה המרוכזת. בחלק השני של המחקר בצענו ניסוי ברפת הפרטנית בפרות לקראת סוף תחלובה (ממוצע 225 ימים בתחלובה בתחילת הניסוי) בו הורדנו את ריכוז האנרגיה במנה ע"י העלאת שיעור המזון הגס בכ- 7.2%. תוצאות ניסוי זה הראו ירידה בתנובת החלב, ואחוז החלבון בקבוצת הטיפול (אנרגיה נמוכה ומזון גס גבוה) ואילו אחוז השומן היה גבוה יותר בקבוצה זו. צריכת המזון לא הייתה שונה באופן מובהק בין הטיפולים ולכן השיפור ביעילות בקבוצת הטיפול היה רק לחמ"ש אבל לא לייצור חלב או החמ"מ.

תוצאות הניסוי הראשון מאששות את השערת המחקר שהעלאת ריכוזי המנה באנרגיה וחלבון יקטין את צריכת המזון וישפר את היעילות הכללית והיעילות השולית לייצור חלב, אבל שיפור זה ביעילות לא נמצא לייצור FCM ו-ECM. בחלק השני של העבודה הורדנו את ריכוז האנרגיה במנה ע"י העלאת שיעור המזון הגס לפרות לקראת סוף התחלובה. תנובת החלב ואחוז החלבון ירדו בקבוצת הטיפול. לא נמצא הבדל בצריכת המזון ולכן השיפור ביעילות בקבוצת הטיפול היה רק ל-FCM או ולא לייצור חלב או חמ"מ שנמצאו גבוהים יותר בקבוצת הביקורת. תוצאות מחקר זה מראות כי יש צורך במחקר נמשך על מנת לדייק את ריכוזי האנרגיה כדי למקסם את הייצור אבל גם את יעילות הייצור.

שנה	אבני דרך והישגים צפויים
2019	1. הרצת ניסוי עם 42 פרות ברפת ההזנה לפי שלושה טיפולי הזנה.
	2. איסוף דוגמאות צואה לבדיקת נעילות.
	3. ניתוח כל מדדי הייצור לפי 3 טיפולי ההזנה, כולל יעילות ויעילות שולית.
	4. קביעת 2 המנות עם נתוני היעילות מיטביים.
2020	1. ניסוי ברפת ההזנה הפרטנית עם 2 הטיפולים שהראו טובות יותר בשנה הראשונה.
	2. איסוף דוגמאות צואה.
	3. ניתוח כל מדדי הייצור לפי 3 טיפולי ההזנה, כולל יעילות ויעילות שולית.
2021	1. השלמת קביעת הנעילות בניסוי הראשון + ניתוח.
	2. באם התקציב יאפשר נבצע ניסוי ברפת מסחרית עם המנה המיטבית על פי תוצאות הניסוי בהשוואה למנה המואבסת ברפת.
	3. ניתוח סופי של הניסוי והמלצות לריכוזיות מנה אופטימלית על פי תוצאות הניסוי.

1.8. התאמה ליעדי הענף

פיתוח שיטות ממשקיות ותזונתיות לשיפור נצילות המזון לייצור בשלוחות הרפת השונות.

1.9. החידוש המדעי והתועלת לחקלאות הצפויים מביצוע התוכנית

למרות העלייה הדרמטית בתנובות החלב ורכיביו בשנים האחרונות, לא נעשו התאמות נדרשות בממשק ההזנה. לעומת זאת, ממצאים מעבודות רבות שעשינו בשנים האחרונות מראות כי פרת החלב גבוהת התנובה משלימה את הצרכים התזונתיים ההולכים ועולים בעיקר ע"י הגברת צריכת המזון. בעבודה נוספת הראינו כי התפוקה השולית פוחתת ככל שצריכת המזון עולה – לא תמיד במתאם עם תנובות החלב. בעבודת מחקר זו נבחן באופן מבוקר את השפעת ריכוזיות המנה על

צריכת מזון, נעכלות המנה ויעילות הייצור בפרת חלב גבוהת התנובה. התועלת הצפויה מהמידע שיתקבל מעבודה זו תהיה ביכולת שלנו להעריך את השפעת ריכוזיות המנה על יעילות הייצור, ובנוסף לקבוע האם מנות מרוכזות יותר עשויות להשפיע לטובה על יעילות הייצור.

1.10. תקציב המחקר (באלפי שקלים) ממועצת החלב

שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
30	30	20	כח אדם זמני (סטודנט)
12	12	12	שרותי חווה ורפת
12	12	12	בדיקות וחומרים וציוד מתכלים
1	1	1	נסיעות
15	15	15	תקורה
60	60	60	סה"כ

1.11. רשימת ספרות רלבנטית

Bauman, D. E., S. N. McCutcheon, W. D. Steinhour, P. J. Eppard, and S. J. Sechen. 1985. Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cow—A review. *J. Anim. Sci.* 60:583–592.

Gabel, M., B. Pieper, K. Friedel, M. Radke, A. Hagemann, J. Voigt, and S. Kuhla. 2003. Influence of nutrition level on digestibility in high yielding cows and effects on energy evaluation systems. *J. Dairy Sci.* 86:3992–3998.

Honig, H., J. Miron, H. Lehrer, S. Jackoby, M. Zachut, A. Zinou, Y. Portnick, and U. Moallem. 2012. Performance and welfare of high yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate. *J. Dairy Sci.* 95:3736–3742. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5054>.

Moallem, U. 2015. Future consequences of decreasing marginal efficiency in the high yielding dairy cow. *J. Dairy Science* 99:2986-2995.

NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Veerkamp, R. F. 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81:1109–1119.

1.12 פרסומים של החוקרים

Uzi Moallem

Moallem, U. 2015. Future consequences of decreasing marginal efficiency in the high yielding dairy cow. *J. Dairy Science* 99:2986-2995.

Honig, H., J. Miron, H. Lehrer, S. Jackoby, M. Zachut, A. Zinou, Y. Portnick, and **U. Moallem**. 2012. Performance and welfare of high yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate. *J. Dairy Sci.* 95:3736–3742.

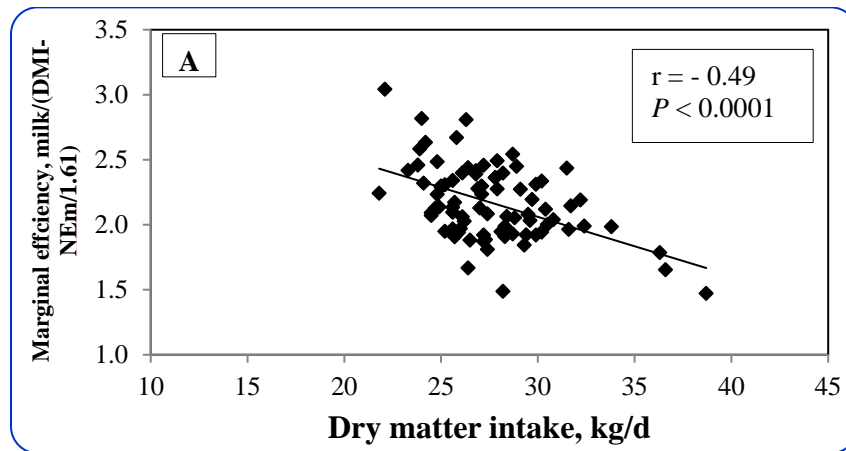
U. Moallem, G. Altmark, H. Lehrer, A. Arieli (2010). Performance of high-yielding dairy cows supplemented with fat or concentrate under hot and humid climates. *J. of Dairy Sci.* 93:3192-3202.

M. Zachut, A. Arieli, H. Lehrer, L. Livshitz, S. Yakoby, **U. Moallem**. (2010). Effects of increased supplementation of n-3 fatty acids to transition dairy cows on performance and fatty acid profile in plasma, adipose tissue, and milk fat. *J. of Dairy Sci.* 93:5877-5889.

U. Moallem, H. Lehrer, M. Zachut, L. Livshitz and S. Yacoby. (2010). Production performance and pattern of milk fat depression of high-yielding dairy cows supplemented with encapsulated conjugated linoleic acid. *Animal*, 4:641-652.

1.13 תוצאות הקדמיות

תרשים מס' 1. התפוקה השולית לייצור חלב עם העלייה בצריכת מזון



תרשים מס' 2. התפוקה השולית לייצור חמ"ש עם העלייה בצריכת מזון

