

הצעת מחקר: השפעת אמצעים תזונתיים על שיפור משק החלבון והאנרגיה בפרות חשופות לחום

דוח סופי להצעת מחקר להנהלת ענף בקר (820-0163-05)

מאת ע. אריאלי, וע. מועלם  
הפקולטה לחקלאות ומנהל המחקר החקלאי

#### תקציר

נערכו שני ניסויים בחודשי הקיץ ברפת הפרטנית של מכון ולקני בבית דגן. הפרות קיבלו מנה דלת חלבון (15% חלבון, מתוכו כשליש חלבון שרידי), וחולקו לשני טיפולים תזונתיים: מנת הביקורת הכילה 18% NDF ממזון גס אמיתי, ומנת הטיפול הכילה 13% NDF ממזון גס אמיתי. בניסוי הראשון המנה דלת הסיב האמיתי התקבלה באמצעות 2 ק"ג של קליפות סויה מול שחת דגן. ובניסוי השני נבחנה השפעת כמות דומה של גרעיני כותנה מול מזון מרוכז. בשני הניסויים פחתה צריכת המזון, יצור החלב במהלך תקופת הניסוי. יצור החום נטה להיות גבוה יותר בשעות הקרירות של היממה. לא היה הבדל מובהק בין שתי הקבוצות ביצור החלב, צריכת המזון או יצור החום הממוצע, צריכת האנרגיה המטאבולית היתה גבוהה יותר בשתי קבוצות הטיפול. השינויים במשקלי הגוף והמטאבוליטים בדם הראו כי החיות שמרו במהלך הניסוי על איזון אנרגטי. יעילות יצור החלב דמתה בין הטיפולים. מהתוצאות עולה שאין יתרון בתנאי קיץ לצמצום ריכוז הסיב האמיתי במנה. מאחר שצריכת גרעיני הכותנה היתה גבוהה יותר בשעות היום החמות, עשוי להיות יתרון טרמוגני להזנת תוספת שומן בתנאים אלה.

#### Abstract.

Two experiments were conducted during the summer in an individual feeding barn. Cows fed with a 15% CP, 33% RUP, were divided into two nutritional treatments. Control (CON) cows received 18% true NDF whereas treatment cows received 13% true NDF. In the first experiment low forage fiber diet was achieved by replacing 2 kg of wheat hay by soy hulls; In the second experiment 2 kg of whole cottonseeds replaced 2 kg of concentrates. In both experiments, feed intake and milk yield were reduced during the experimental period. In both trials heat production tended to be higher during the cooler daily hours, and average heat production, intake and milk yield were similar between groups. Metabolizable energy intake was higher in the experimental diets. Changes in body weight, as well as blood metabolites concentration indicate that cows were in positive energy balance, while milk energy utilization was apparently not improved by both treatments. It was concluded that reduction of true forage fiber cannot serve as a means for improved diet efficiency in the summer. Yet, as whole cottonseed diet consumption was increased during the hottest day hours suggest an advantage of fat supplementation under summer conditions.

## מבוא

בתנאי סביבה חמים יורדת היצרנות בפרות חלב. במקביל יורדת גם צריכת המזון. מקובל ליחס את הירידה ביצור חלב בתנאי סביבה חמים לירידה באספקת נוטריינטים ולעליה בהוצאות הקיום. לכאורה ניתן לשפר את אספקת הנוטריינטים באמצעות העלאת ריכוז המנה והצעות בכוון זה אכן הועלו בעבר. מנות הקיץ המוגשות כיום לפרות חלב בארץ אכן מרוכזות באנרגיה. לאחרונה הראינו (Arieli et al., 2004) כי ניתן לשפר את ניצול המנה לצורך יצור חלב באמצעות צימצום עודפי חלבון במנה. מצאנו כי ניתן להפחית את ריכוז החלבון במנה לכ 15% בקרוב ללא פגיעה ביצרנות. בתנאים אלו עלתה יעילות יצור החלבון (היחס בין חלבון החלב לחלבון הנצרך) בכ 10%. כן הצביעו נתונים אלו על שיפור המצב האנרגטי בפרות שקיבלו את מנות הטיפול. מטרת העבודה הנוכחית לבחון את יעילות של שילוב מספר אמצעים תזונתיים העשויים להשפיע על ביצועי פרות חלב בקיץ: נבחנה ההשפעה המשולבת של מנה בה ריכוז החלבון נמוך והכוללת סוב ממוזנות לוואי על ביצועי פרות חלב.

## מטרות המחקר

שיפור המצב האנרגטי ויעילות יצור חלב בפרות חלב החשופות לסטרס חומי סביבתי.

## חשיבות המחקר

שיפור תזונתי של הסטטוס האנרגטי של פרות חלב עשוי לשפר את תנובת החלב בתקופת הקיץ, תקופה בה קיים מחסור יחסי באספקת חלב לשוק המקומי, וכן לשפר את מצבה הגופני של פרת החלב. לשיפור ביעילות ניצול החלבון המוגש לפרה יש השלכה ישירה רבה גם על הקטנת הפרשת חנקן לסביבה.

## רקע מדעי

ניתן לצמצם את עומס החום בחיות החשופות לחום סביבה באמצעים פיזיים (קירור, אוורור וכד') וכימיים (תזונתיים). השינויים בהרכב המנה נועדים כדי להפחית את יצור החום המטבולי. השינויים המתאימים האפשריים הם: צמצום רמת החלבון במנה, צמצום רמת הסיב במנה, והעלאת רמת השומן במנה (West, 1999, Kadzere et al., 2002). בתכנית המחקר הקודמת מצאנו כי ניתן להזין פרות חלב בתנאי קיץ במנות עם תכולת חלבון של 15-15.5% חלבון, ללא פגיעה ביצרנות. גם במספר עבודות הקודמות המתוארות בספרות נמצא כי ניתן לצמצם את אספקת החלבון לפרות חלב החשופות לחום סביבתי (Chen et al., 1993; Higginbotham et al., 1989a,b; Taylor et al., 1991). מאידך, בעבודות אלו נעשה שימוש ברמת חלבון שרידי גבוהה בהשוואה למקובל בארץ, וזאת מתוך הנחה שלעודפי חלבון פריק השפעה שלילית על משק האנרגיה של פרת החלב. לעומת זאת, הגישה בה נקטנו בעבודות הקודמות שלנו היתה שימוש ברמות חלבון נמוכות עם רמת שרידות בינונית (30-35%) תוך שמירה על רמה נאותה של חומר אורגני פריק בכרס. בתנאים אלו עיכול החומר היבש לא נפגע (ואפילו עלה במעט) דבר המעיד על כך שרמות חלבון של כ 15% היו מספיקות גם לצורכי הפעילות המיקרוביאלית בכרס. לצמצום עודפי חנקן במנת פרת החלב יש חשיבות רבה נוספת מנקודת המבט של שיפור איכות הסביבה (Satter and Wu, 1999, Castillo et al., 2000).

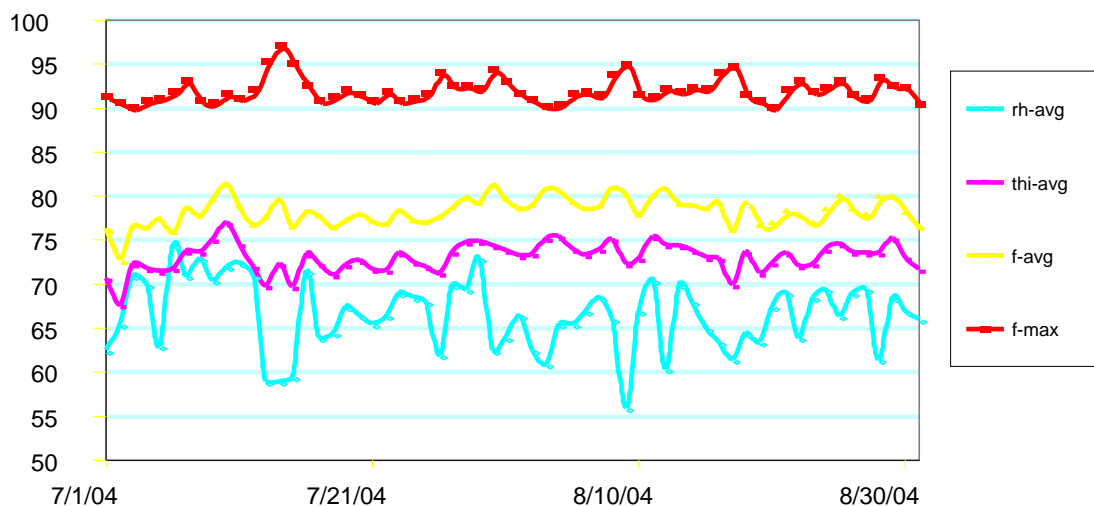
גורם נוסף שנמצא שיש לו השפעה על היצרנות בתנאי חום הוא צמצום אספקת הסיב לפי Cummins (1992) שבדק את השפעת רמת הסיב על ביצועי פרות חשופות לחום יש יתרון למנות עם 14% ADF במנה בהשוואה למנות עם 17 או 20% ADF. השיפור אף לווה בשינויים מתאימים בטמפרטורת הגוף בפרות. מן הראוי לציין שאף שידוע מזה שנים רבות כי צריכת מזונות גסים משחררת יותר חום מהגוף ליחידת אנרגיה מטבולית בהשוואה למזונות גסים. ההסבר המקובל כיום לתופעה מבוסס על ההנחה שמזונות גסים יש מחסור יחסי בפרופיונאט ובאספקה מספקת של NADPH הדרוש לבניית שומן, עודף האצטאט מופנה ליצור חום (MacRae and Lobley, 1982). בהתאם ל NRC (2001), פרות חלב יכולות לצרוך מנות עם ריכוזי NDF שבין 25% ל 33%, כאשר רמת ה NDF ממקור מזון גס גבוהים יותר במנות דלות סיב. המלצה זו מבוססת על מספר עבודות המצביעות על כך שניתן להחליף חלק מהסיב שמקורו במזון גס אמיתי במנה בסיבים ממוצרי לוואי, בתנאי שלתחליף הסיב אפקטיביות גבוהה (Harvatine et al., 2002). בארץ נבחנה האפשרות של שימוש בקליפות סויה כתחליף לתחמיץ תירס (Miron et al., 2002). בעבודה זו נמצא כי במנות עתירות סיב (36 – 39% NDF) ניתן להוריד את רמת ה NDF ממזון גס עד לרמה של 12% מהמנה, בלי לפגוע בביצועי הפרות. הצעת המחקר הנוכחית באה לבחון לראשונה בפרות חשופות לחום את האפקט המשותף של רמת חלבון נמוך (בתנאי אספקה מיקרוביאלית נאותה) עם החלפת חלק מהסיב ממקורות מזון גס במנה ע"י מקורות סיביים אלטרנטיביים. השערת העבודה היא כי בתנאים אלו יתבטא עוד יותר החסכון האנרגטי של אי השימוש בחלבון כמקור אנרגיה. עודפי האנרגיה שיחסכו יופנו ליצור חלב או לתוספת גופנית. במידה שבתנאים אלו תגבר גם צריכת המזון של מנת הניסוי, בשל צמצום יצור החום המטאבולי, ישתפרו עוד יותר ביצועי הפרות (במונחי חלב או תוספת גופנית).

כמקור איכותי של תחליף סיב אמיתי יכולים לשמש גם גרעיני כותנה אקלה, איכותם הסיב בהם דומה לשחמיץ אספסת (Clark and Armentano, 1993; Harvatine et al., 2002). לגרעינים יתרון נוסף בכך שעיבוד השמן בהם במטאבוליזם הגופני מלווה בחום עיכול נמוך, ולכן הם יכולים לשמש במקור מזון אידיאלי בקיץ (Arieli., 1998).

אפשרות נוספת העומדת בפני הפרות החשופות לחום סביבתי ו/או מטבולי (טרמוגניות הנובעת מרמה גבוהה של סיב וחלבון במנה) היא לשנות את התנהגות האכילה שלהם ולאכול יותר בשעות הלילה הקרירות (Parker, 1984; Webster, 1991). שינוי התנהגותי כזה נמצא נבחן בבקר במרעה (Ayanhunde et al., 2000), והשפעת קרור לילי הוכנסה במודל של אמדן צריכת מזון בפרות חלב (Roseler et al., 1997) אך בחינה של יעילות אמצעי זה בפרות חלב בשילוב עם מנות עם טרמוגניות נמוכה טרם נבחנה. מגבלה מעשית בתכנון ניסויים לבחינת השפעות כאלו היא מדידה ישירה של יצור החום. נמצא כי קצב הלב יכול לשמש מדד מהימן ליצור החום במעלי גירה (Brosh et al., 2002). רישום של עקומת קצב הלב במהלך היממה אכן הראתה על שינויים ביצור החום בעקבות הבדלים בטרמוגניות המנה בצאן (Arieli et al., 2002) ובבקר (Brosh et al., 1998). בעבודה הנוכחית נבחן גם הקשר בין קצב הלב (יצור החום) כתלות בהרכב המנה בפרות חשופות לחום. השערת העבודה היא שיצור החום הכללי של שתי הקבוצות יהא דומה, אך בשל יעילות

### חומרים ושיטות

נערכו שני ניסויים במתכונת דומה בחודשי הקיץ ברפת הפרטנית של מכון ולקני בבית דגן. התנאים האקלימיים דמו בשתי השנים. נתוני האקלים בניסוי 2 מוצגים בגרף הבא. (הנתונים בגרף מלמעלה למטה: טמפרטורה מקסימלית יומית וממוצעת (פרנהייט), אינדקס טמפרטורה-לחות ולחות יחסית).



ברפת 42 עמדות. הפרות חולקו לשתי קבוצות שוות בהתאם לתנובה התחלתית, מצב גופני ומרחק מהמלטה. כל הפרות קיבלו מנה דלת חלבון (15.5% חלבון, מתוכו כשליש חלבון שרידי). נערכה כאן השוואה בין שני טיפולים תזונתיים. שתי המנות הכילו בסה"כ כ-33% NDF. מנת הביקורת הכילה 18% NDF ממזון גס אמיתי (כמקובל בארץ), ואילו מנת הטיפול הכילה 13% NDF ממזון גס אמיתי.

בניסוי הראשון המנה דלת הסיב האמיתי התקבלה באמצעות הכנסת 2 ק"ג של קליפות סויה תוך דחיקה מקבילה של רכיבי שחת דגן. ואילו בניסוי השני במנת הניסוי הוחלפה כמות כוללת של 2 ק"ג שחת חיטה, גרעיני שעורה וגלוטן מיל 2 בק"ג גרעיני כותנה, כתוצאה מכך היה ריכוז השומן 4% במנת הביקורת ו-6% במנת הניסוי. נשמר יחס נאות של חומר אורגני פריק כרס לחלבון פריק

(1:5) כדי להבטיח תנאים טובים לסינטז חלבון מיקרוביאלי. בוצעו שינויים קטנים כדי להשוות בשני הטיפולים את שאר תכולות המנה.

הניסויים נמשך 80 יום, 20 הימים הראשונים שמשו כתקופת הסתגלות. נמדדו הפרמטרים הבאים: צריכת מזון יחידנית יומית, תנובת חלב יומית. הרכב החלב נקבע מדי שבועיים. באמצע הניסוי נלקחו דוגמאות דם מוריד הזנב לשם קביעת הריכוז של גלוקוזה, ביטא-הידרוקסי בוטיראט, שתנן ו AST בניסוי 1. כן נבדקו שינויים במשקל ובמצב גופני במהלך הניסוי. נלקחו דגימות מזון ודגימות צואה פרטניות מהרקטוס בשעות שונות סביב השעון במשך שש פעמים ביממה כדי לחשב את נעילות החומר האורגני, הסיב והחלבון במנה, באמצעות המרקר NDF בלתי נעכל.

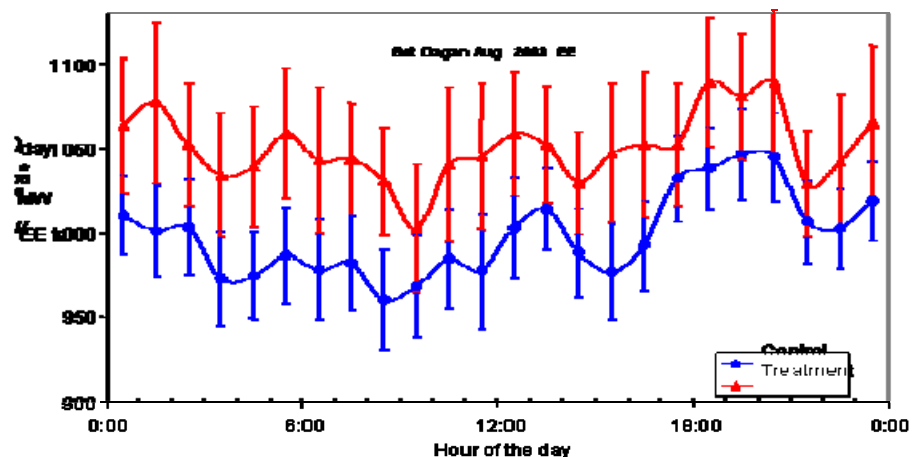
במהלך הניסוי ניבדק קצב הלב בעשר פרות מכל טיפול וכויל מול צריכת חמצן במסכה כדי לחשב את צריכת החמצן לפעימה לפי Brosh et al. (1992). אמדן יצור החום בוצע בעזרתו של ד"ר יואב אהרוני מנווה יער. מכל פרה התקבלה מדידה רציפה של קצב לב במהלך שלוש יממות עוקבות שאפשרה לחשב את יצור החום הפרטני של הפרות מקבוצות הניסוי והביקורת.

#### תוצאות ודיון

בניסוי הראשון, בתחילת הניסוי (סוף יוני) היתה צריכת המזון היומית דומה בשתי הקבוצות, כ 25 ק"ג חומר יבש. תוך כדי מהלך הניסוי, פחתה צריכת המזון בשתי הקבוצות באופן דומה, ב 81 גרם ביום. תנובת חלב

בתחילת הניסוי היתה תנובת החלב דומה בשתי הקבוצות, 37 ק"ג ליום. תוך כדי הניסוי פחתה תנובת החלב בשתי הקבוצות, בשיעור דומה - 120 גרם ליום. ריכוז החלבון (3.08%) והלקטוז (4.80%) בחלב דמו בשתי הקבוצות. ריכוז השומן בחלב בקבוצת קליפות הסויה (3.30%) היה גבוה באופן מובהק ( $P < 0.05$ ) מריכוזו בקבוצת הביקורת (3.02%).

יצור החום הממוצע (נתוני ניסוי 1) במהלך היממה בשתי הקבוצות מתואר בציור למטה. בשתי הקבוצות נטה יצור החום להיות גבוה יותר בשעות הקרירות של היממה. לא היה הבדל מובהק בין שתי הקבוצות ביצור החום הממוצע.



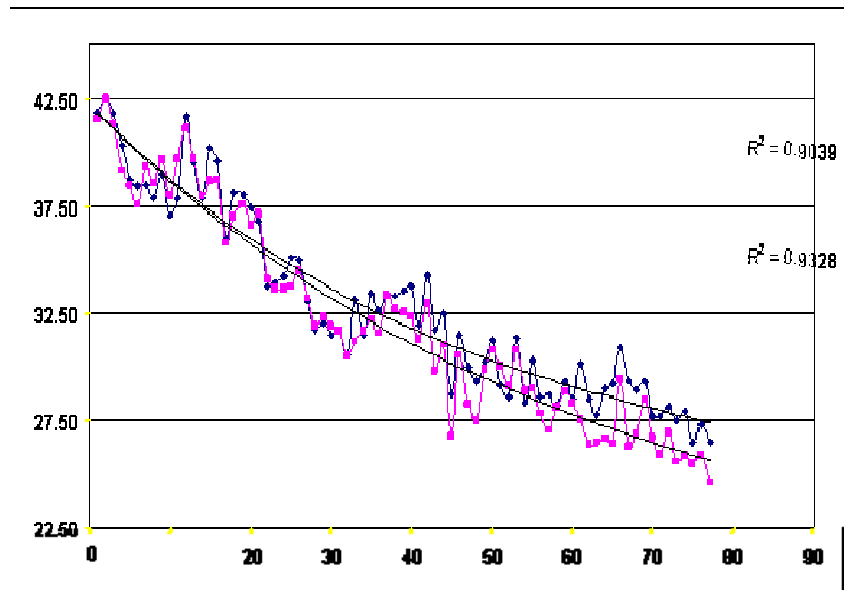
העקום העליון מיצג את קבוצת הטיפול, והנמוך את קבוצת הביקורת. אף שבפועל יצור החום לא היה שונה באופן מובהק בין הטיפולים, ניתן להתרשם מהגרף למעלה כי עם מספר חזרות גבוה

מדידות ישירות של נעכלות כלל המנה אכן תומכות בחישוב זה. נעכלות החומר האורגני במנת הטיפול (70%) היתה גבוהה ( $P<0.08$ ) מזו של קבוצת הטיפול (66%). עליה זו נבעה מנעכלות גבוהה יותר של סיב (50%) בקבוצת הטיפול בהשוואה ל 44% בביקורת ( $P<0.05$ ); נעכלות החלבון היתה 69% בטיפול ו 63% בביקורת ( $P<0.06$ ). נעכלות השומן (64%) והפל"מ (91%) דמו בין הקבוצות. כלל חמרים נעכלים מחושבים היו 74% במנת הטיפול ו 70% במנת הביקורת ( $P<0.08$ ).

ערכי המטאבוליטים בדם (NEFA 114 מא"ק בליטר, שתנן 14 מ"ג בד"ל, גלוקוז 60 מ"ג בד"ל, BHBA 8 מ"ג בד"ל ו AST 95 (יחידות בליטר), דמו בין שתי הקבוצות. ערכים תקינים אלו מעידים כי החיות היו במאזן אנרגיה חיובי. ניתן להעריך כי הפרות התאימו את הירידה בצריכת המזון לירידה מקבילה ביצור החלב ללא יצירת שינויים חריפים במאזן האנרגיה. משקל גוף ממוצע בשתי הקבוצות היה 567 ק"ג ותוספת משקל דמתה והיתה 0.41 ק"ג ליום. גם תוספת המצב הגופני (0.04 יחידות בשבוע) דמתה בין הקבוצות.

צריך להדגיש כאן, כי בפרות אלו צומצמה כבר ההשפעה הטרומוגנית הכרוכה בצריכת עודפי חלבון במנה. ניתוח ראשוני זה של הנתונים מצביע על כך שאין בהפניית התסיסה בכרס לכוון חומצה פרופיונית יתרון בתנאי חום. מכאן שיש צורך בטיפולים תזונתיים דרסטיים יותר, כדי להקל את עומס החום המטאבולי בפרות חלב החשופות לתנאי סביבה קיציים.

בניסוי השני, פחת יצור החלב מכ 42 ק"ג ביום בחודש יוני לכ 27 ק"ג ביום בחודש אוגוסט. כמתואר בגרף הבא, הירידה בקבוצת הביקורת (ריבועים) היתה חריפה יותר בהשוואה לגרעיני הכותנה (מעוינים). מובהקות ההפרש בין 2 הקבוצות בחודש אוגוסט היתה 0.07. בתום הניסוי היה ההפרש בין שתי הקבוצות 2.5 ק"ג.



יצור חלב יומי (ק"ג) במהלך הניסוי (ימים)

טמפרטורת הגוף של הפרות נמדדה ב-4 הזדמנויות בבוקר ואחה"צ והיו דומות. טווח הטמפרטורה שנמדד, 38.4 (0.5) עד 39.1 (0.5) מעיד שהפרות לא היו חשופות לסטרס חום חזק במיוחד.

משקל הפרות נשמר במהלך הניסוי. בפרות הביקורת פחת המשקל הממוצע מ-607 ל-605 ק"ג, ואילו בקבוצת הטיפול פחת המשקל מ-622 ל-617 ק"ג בממוצע. הבדלים אלו לא היו מובהקים.

כפי שמוצג בטבלה הבאה, בממוצע על פני כל הניסוי השני לא התקבל הפרש מובהק במדדי היצרנות: צריכת המזון, יצור החלב, כמו גם אחוזי החלבון, השומן והלקטוז דמו בין הטיפולים.

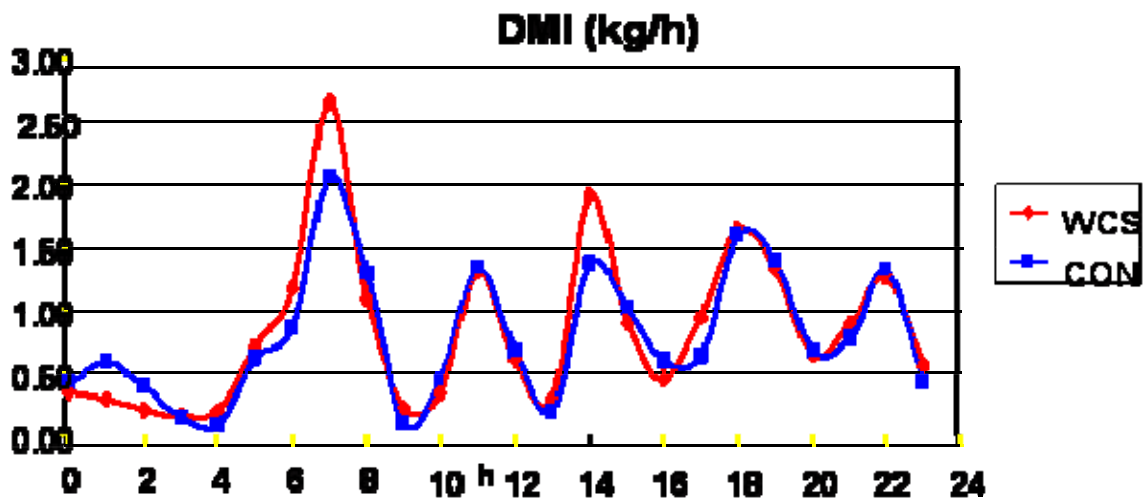
Parameter	CON	WCS	SE	Sign.
DMI, kg/d	17.7	18.6	1.4	N.S.
Milk yield, kg/d	28.7	29.2	3.6	N.S.
Milk composition, %				
Fat	3.76	3.60	0.26	N.S.
Protein	3.31	3.25	0.21	N.S.
Lactose	4.83	4.94	0.13	N.S.

מקדמי העיכול בשתי המנות היו דומים, 60% עבור חומר יבש, 61% עבור חלבון, 41 עבור NDF, 73% עבור פחמימות בלתי מבניות (חושב בדרך ההפרש) ו-80% עבור שומן. מערכים אלו ונוסחת NRC (2001) ניתן לחשב כי ריכוז האנרגיה המטאבולית במנות היה 2.28 ו-2.38 מג"קל בק"ג חומר יבש במנת הביקורת והטיפול בהתאמה.

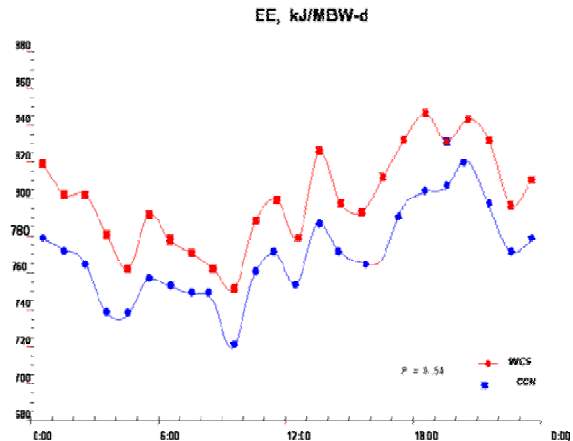
בטבלה למטה מתוארת התנהגות האכילה בשתי קבוצות הניסוי, במהלך מדידת יצור החום (EE) ובכלל תקופת הניסוי. ניתן לראות שהוספת גרעיני כותנה הגדילה את מספר הארוחות ביממה, ואת עבודת האכילה (דקות ביום)

Feeding behavior (during EE monitoring and whole trial)				
Parameter	CON	WCS	SE	Significance
Meals/d	8.5	9.8	0.7	0.056
	8.4	9.3	0.2	0.012
kg DM/meal	2.3	2.1	0.1	N.S.
	2.3	2.3	0.04	N.S.
Eating, min/d	227	240	2.2	N.S.
	230	262	4.1	0.001
Eating, min/meal	28.3	26.2	3.0	N.S.
	28.7	29.6	0.6	N.S.

מהגרף למטה המתאר את צריכת המזון במהלך היממה ניתן לראות שתוספת המזון שנצרכה ע"י הפרות מקבוצת גרעיני הכותנה, בהשוואה לביקורת, היתה בשעות החמות בבוקר לפני הגשת המנה ולאחר חליבת הצהרים. ניתן לפרש ממצא זה כעדות לטרמוגניות נמוכה של מנה זו בהשוואה לביקורת.



בציור למטה מתואר יצור החום במהלך היממה בניסוי השני, בקילוג'אול לק"ג משקל גוף מטאבולי. הגרף העליון מתאר את קבוצת הטיפול והתחתון את קבוצת הביקורת. אין הבדל מובהק (הפרש של 4%) בין 2 העקומות.



ניתן לראות בבירור שכמו בניסוי הקודם, יצור החום העיקרי מתרחש בשעות הערב (לאחר השקיעה), כ 6 עד 8 שעות ממועד האכילה המירבי. נראה לכן שבממשק הנוכחי אין יתרון להסטת הגשת חלק נכבד מהמנה בשעות הערב או הלילה.

מסיכום שני הניסויים עולה שבמנות דלות חלבון המוגשות בקיץ, אין יתרון מבחינת ממשק החום בגוף הפרה בהגשת תחליף סיב אמיתי, בצורת קליפות סויה או סיב מגרעיני כותנה. מאידך, תוצאות הניסוי מרמזות שבתנאים אלו עשוי להיות יתרון להגדלת תכולת השומן במנה.

#### ספרות

- Arieli A. 1998. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72:97-110.
- Arieli A., Kalouti A. Aharoni Y. and Brosh A. 2002. Energy expenditure in sheep predicted from heart rate; validation by the comparatives slaughter technique. *Livest. Prod. Sci.* 78:99-105.
- Arieli A, G. Adin, and I. Bruckental. 2004. The effect of protein intake on performance of cows in hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 87:620-629..
- Ayanhunde A.A., Fernandez-Rivera S., Hiernaux P. H.Y., van Keulen H., Udo H.M.J., and Chanono M. 2000. Effect of nocturnal grazing and supplementation on diet selection, eating time, forage intake and weight changes of cattle. *Anim. Sci.* 71: 333-340.
- Brosh A., Aharoni Y., Degen A. A., Wright D. and Young B. 1998. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. *J. Anim. Sci.* 76:3054-3064.
- Brosh A., Y. Aharoni, Z. Holzer. 2002. Energy expenditure estimation from heart rate: validation by long-term energy balance measurement in cows. *Livest. Prod. Sci.* 77: 287-299.
- Castillo A. R., Kebreab E., Beever D. E. and France J. 2000. A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *J. Anim. Feed Sci.* 9:1-32.
- Chen, K. H., J. T. Hubert, C. B. Theurer, D. V. Armstrong, R. C. Wanderley, J. M.

Simas, S. C. Chan, and J. L. Sullivan. 1993. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. *J. Dairy Sci.* 76:819-825.

Clark P. W. and Armentano L. E. 1993. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 76:2644-2650.

Cummins K. A. 1992. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. *J. Dairy Sci.* 75:1465-1471.

Harvatine, D. I., J. E. Winkler, M. Devant-Guille, J. L. Firkins, N. R. St-Pierre, B. S. Oldick, and M. L. Eastridge. 2002. Whole Linted Cottonseed as a Forage Substitute: Fiber Effectiveness and Digestion Kinetics. *J. Dairy Sci.* 85:1988-1999.

Higginbotham, G. E., J. T. Huber, M. V. Wallentine, N. P. Johnston, and D. Andrus. 1989a. Influence of protein percentage and degradability on performance of lactating cows during moderate temperature. *J. Dairy Sci.* 72:1818-1823.

Higginbotham, G. E., M. Torabi, and J. T. Huber. 1989b. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 72:2554-2564.

Kadzere C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review, *Livest. Prod. Sci.* 77: 59-91.

MacRae J. C. and Lobley G. E. 1982. Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism of ruminants. *Lives. Prod. Sci.* 9:447-456.

Miron J., Yosef E., Maltz E. and Ben-Ghedalia D. 2002. Soybean hulls for replacing corn silage in total mixed rations of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 85:suppl 1:69 (abs.)

Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2001. 7<sup>th</sup> edition, National Academic Press, Washington, DC.

Parker D. S. 1984. Metabolic limitation to milk production in the tropics. *Trop. Anim. Prod.* 9:251-256.

Roseler D. K., Fox D. G., Chase L. E., Pell A. N. and Stone W. C. 1997. Development and evaluation of equation for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:878-893.

Satter L. D. and Wu Z. 1999. New strategies in ruminant nutrition: getting ready for the next millenium. *Proc. Southwest Nutr. Manag. Conf. Tuscon Arizona*, p.1-24.

Taylor, R. B., J. T. Huber, R. A. Gomez-Alarcon, F. Wiersma, and X. Pang. 1991. Influence of protein degradability and evaporative cooling on performance of dairy cows during hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 74:243-249.

Webster A. J. F. 1991. Metabolic responses of farm animals to high temperature. In *Animal husbandry in warm climates*. p. 15-22, Eds. Ronchi B., Nardone A., Boyazoglu J. G., Pudoc, Wageningen.

West J. W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 82:S21-35.