



עוזי מועלים - המחלקה לבקר וצאן, מנהל המחקר החקלאי
uzim@volcani.agri.gov.il

ערכי אנרגיה של מזונות תיאוריה מול מציאות

מסיבות שונות, רוב התזונאים בישראל עושים שימוש בערכי האנרגיה של NRC 1989, עם תיקונים והתאמות שונות. היות והנושא מורכב מאוד, במאמר זה אני רוצה לעמוד בעיקר על השינויים שחלו בערכי האנרגיה של המזונות ב-2001 NRC כתוצאה מהעלייה בכפולות קיום והמשמעות שלהם בתכנון המנה

ערכי האנרגיה במזונות הבקר לחלב

המזונות אשר בשימוש בהזנת מעלי גרה מכילים תרכובות כימיות בעלות סגולות שונות, הנקראים חומרים מזינים (נוטריאנטים). בניגוד למרבית הנוטריאנטים במזונות כגון: חלבון, ADF, NDF, שומן וכו', הניתנים לקביעה אנליטית, ערכי האנרגיה נטו לחלב (NE_L) של המזונות נקבעו באופן חישובי המבוסס על סדרת נוסחאות, וערכים אלו לקוחים במרביתם מן הספרות. האנרגיה האצורה בכל מרכיב מזוני (אנרגיה כללית), מתפצלת בגוף בעל חיים למס' מקטעים: אנרגיה המופרשת בצואה, בשתן, כגזים (בעיקר מתן), אנרגיית חום ואנרגיה נאצרת. האנרגיה המטבולית - זו הזמינה לתהליכים מטבוליים בבעל החיים, מופרשת כאנרגיית חום וכאנרגיה נאצרת כרקמות גופניות, או הפרשת חלב.

את נתוני האנרגיה נטו לחלב (NE_L) של המזונות לא ניתן לקבוע בשיטות אנליטיות ולכן הוא נקבע ע"י סדרת נוסחאות

תנאי בסיסי לתכנון נכון של מנה הוא בניית מטריצת מזונות מדויקת, ככל שניתן, כאשר חלק ראשוני ומרכזי בה הוא קביעת תכולות הנוטריאנטים של המזונות. לצורך כך, רצוי לבצע קביעה אנליטית של המזונות, ובעיקר של אלה שהרכבם משתנה מעת לעת כגון: תחמיצים, שחתות וחומרי לוואי. כאשר נתוני המטריצה שגויים, תכנון המנה לא יהיה מדויק, מה שיכול לגרום לבעיות בריאות או ירידה בתנובת החלב שקשה לעתים, להסבירם על סמך הפלט המתקבל של הרכב המנה ותכולותיה.

כפי שנאמר לעיל, את נתוני האנרגיה נטו לחלב (NE_L) של המזונות לא ניתן לקבוע בשיטות אנליטיות ולכן הוא נקבע ע"י סדרת נוסחאות. יש לציין כי למרות שאת האנרגיה הנעכלת והמטבולית ניתן לקבוע באופן ניסויי, האנרגיה נטו לחלב נקבעת ע"י השימוש המטבולי לצורך ייצור, וזה כולל גם ייצור רקמות גופניות (שומן + שריר), וכן להתפתחות הרחם ורקמות העובר.

* מאמר זה מבוסס על הרצאה שניתנה בכנס מדעי מעלי גרה ביולי 2013

היות ולא נעשו ניסויים בתנאי הארץ על מנת לקבוע את ערכי האנרגיה של המזונות, אנו נסמכים בעיקר על נתוני ה-NRC. המהדורה האחרונה של NRC הופקה ב-2001, וזו שקדמה לה ב-1989. ערכי האנרגיה של המזונות עברו שינוי משמעותי ב-2001 NRC, בהשוואה ל-1989 NRC מסיבות שונות שאין זה המקום לפרטן. מבין הסיבות שנמנו אציין רק סיבה אחת שיש לה משמעות דווקא בפרה גבוהה התנובה הישראלית. ערכי האנרגיה המופיעים בטבלת 1989 NRC נקבעו ל-3 כפולות קיום (3X), ובמהדורה זו נקבע ערך קבוע של 4% לירידה בנעכלות לכל עלייה בכפולות קיום. ממידע רב שהצטבר עם השנים, הסתבר כי שיעור הירידה אינו קבוע, והוא תלוי מאוד בערך ה-TDN (כלל החומרים הנעכלים) של המנה ברמת קיום. הירידה בנעכלות עם העלייה בכפולות קיום למנות בעלי TDN גבוה, הייתה גדולה יותר מאשר למנות בעלי ערך TDN נמוך. כלומר, במנות המכילות שיעור גבוה של מ"מ, כמו המנה הישראלית ולכן גם מכילות TDN גבוה, ובתנאי תנובת החלב הגבוהות המעלות את צריכת המזון ולכן גם את כפולות הקיום, יש ירידה גדולה יותר בערך האנרגטי של המזונות. אי לכך, לשינויים שנעשו בערכי האנרגיה של המזונות במהדורה 2001 NRC יש משמעות גדולה דווקא במנות בעלי מאפיינים כמו המנה הישראלית.

מהדורת ה-2001 NRC

הוחלט במהדורה לאמץ שיטה חדשה לקביעת הערך האנרגטי המבוססת על קביעת TDN של המזונות על פי המקטעים שבו. לפי שיטה זו נקבעה הנעכלות האמתית של המקטעים הבאים: NFC (nonfiber carbohydrate), כמוכן, נקבע באופן אנליטי שיעור החלבון הבלתי מסיס במקטעים השונים (ICP; Insoluble CP), וכן ניתן מקדם כלשהוא לשיטת עיבוד המזון, התורם גם הוא לשינויים בנעכלות ובערכי האנרגיה, בעיקר של מזונות מרוכזים. מסיבות שונות, רוב התזונאים בישראל עושים שימוש בערכי האנרגיה של 1989 NRC, עם תיקונים והתאמות שונות. היות והנושא מורכב מאוד, במאמר זה אני רוצה לעמוד בעיקר על השינויים שחלו בערכי האנרגיה של המזונות ב-2001 NRC כתוצאה מהעלייה בכפולות קיום והמשמעות שלהם בתכנון המנה.

טבלה 1. ערכי אנרגיה נטו לחלב (מק"ל) של מזונות ב-3 ו-4 כפולות קיום לפי NRC 1989 או NRC 2001

מזון	NRC 2001			NRC 1989			הפרש אחוז לפי 4X
	NE _L 4X	NE _L 3X	אחוז TDN	NE _L 4X	NE _L 3X	אחוז TDN	
תירס גרוס	1.90	2.01	88.7	1.88	1.96	85	+1
שעורה לחוצה	1.76	1.86	82.7	1.86	1.94	84	-5.6
כוספת סויה (45%)	2.25	2.38	88.5	1.86	1.94	84	+21
גלוטן פיד	1.64	1.73	74.1	1.83	1.91	83	-11
גרעיני כותנה	1.83	1.94	77.2	2.14	2.23	96	-15
תחמיץ חיטה	1.08	1.16	57.2	1.23	1.28	57	-5.7
תחמיץ תירס	1.38	1.45	68.8	1.34	1.40	62	+3
שחת דגן	1.03	1.10	55.9	1.23	1.18	53	-16

כפי שנראה מטבלה 1. במזונות מסוימים ישנם הבדלים משמעותיים בערכי NE_L בין NRC 2001 ל-NRC 1989, היכולים להגיע עד כדי עלייה של 21% או ירידה של 16% בערכים אלו (ב-4X)

של המשתנים הרלוונטיים, נמצא כי ערכי האנרגיה במנה הישראלית היו בממוצע כ-17% גבוהים יותר מאלה שנמדדו בפועל. ערכי האנרגיה של מזונות משתנים בהתאם לרמת צריכת המזון. ככל שרמת האכילה גבוהה יותר, יש עלייה במהירות הזרימה של המעכל במערכת העיכול, שגורמת לירידה בנעכלות המזונות, וכתוצאה מכך יש ירידה בערך האנרגטי של המזונות. בגרף 1. מוצג חישוב מס' כפולות הקיום בתנובות חלב עולות, כאשר שאר הפרמטרים נשארו קבועים כגון: ימים בתחלובה, משקל הפרות ותנובות רכיבי החלב. מגרף זה ניתן לראות כי ברמת התנובה של הרפת הישראלית אנו יותר

בטבלה 1. מובאים ערכי אנרגיה של מזונות נפוצים במנה הישראלית, לפי 3 ו-4 כפולות קיום. היות וב-1989 NRC לא מופיעים ערכי אנרגיה ל-4 כפולות קיום, הערכים חושבו לפי ירידה קבועה של 4% בנעכלות. בטבלה 2. חושב הערך האנרגטי של מנה ישראלית טיפוסית שריכוז האנרגיה המוצהר בה היה 1.78 מק"ל לק"ג ח"י. כפי שנראה מן הטבלה, הערך האנרגטי שחושב על פי ערכי NRC 1989 הראה ריכוז של 1.75 מק"ל, ואילו הערך המחושב על פי NRC 2001 לפי 4X מראה ערך של 1.6 מק"ל בלבד. כלומר, קיים פער של כ-10% בערכי האנרגיה הניתנים למזונות במנה ישראלית ממוצעת לעומת הערכים לפי NRC 2001. יש לציין כי גם בעבודה שנעשתה בישראל ע"י מירון וחוב' (2009), ובה בוצעו מדידות ישירות



innovators in agriculture



רובוט חכם מבית ללי JUNO - מקרב מזון

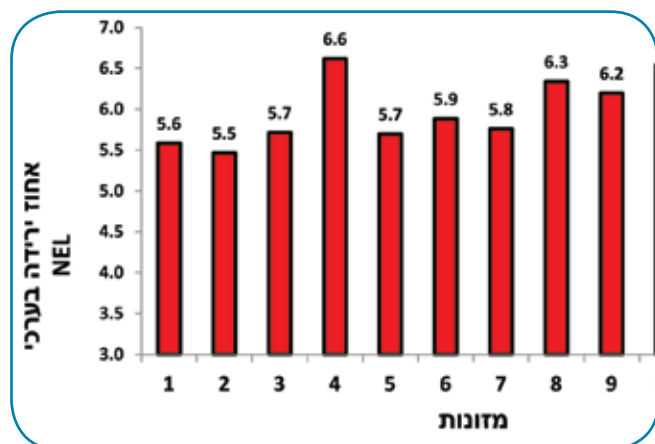
- הגברת אכילה
- הקטנת כמות שאריות
- חיסכון בכוח אדם

לפרטים: גרנות - ד.ג. עמק חפר 38100 טל: 04-6226776, 04-6321552, פקס: 04-6321489
Email: lelyis@bezeqint.net - www.lely.com נייד רוני: 050-5250905

**טבלה 2. חישוב ערכי האנרגיה במנה חולבות ישראלית ממוצעת לעומת
לפי NRC 1989 לעומת NRC 2001**

תרומת NE _L	NE _L 4X 2001	תרומת NE _L	NE _L 3X 1989	אחוז ב"ח"	
0.24	1.9	0.23	2.01	12.0	תירס גרוס
0.14	1.76	0.13	1.86	7.6	שעורה לחוצה
0.09	1.88	0.08	1.99	4.4	גרעיני חיטה
0.06	2.5	0.06	2.5	2.2	לפתית
0.06	2.02	0.05	2.38	2.4	כ. סויה
0.06	1.3	0.06	1.38	4.5	כ. חמניות
0.04	1.52	0.03	1.61	2.2	סובין
0.25	1.64	0.24	1.73	14.7	גלוטן פיד
0.08	1.83	0.07	1.94	3.9	גרעיני כותנה
0.18	1.08	0.10	1.91	9.4	ת. חיטה
0.14	1.35	0.13	1.45	9.7	ת. תירס
0.11	1.03	0.10	1.1	9.9	שחת ש"ש
0.05	1.2	0.04	1.27	3.7	שחת תלתן
0.06	1.87	0.06	1.87	3.1	DDG
0.04	2	0.04	2	2.2	סויה - מולסה
0.08	2	0.08	2	3.9	מ. לוואי לקטוז
0.09	5.5	0.09	5.02	1.7	שומן מוגן
1.60 Mcal/kg		1.75 Mcal/kg		97.5%	סה"כ

**גרף 3. הירידה באחוזים בערכי האנרגיה של מזונות שונות במנה ישראלית
ממוצעת בעלייה מ-3.7 ל-4.8 כפולות קיום**



בגרף 2. ניתן לראות כיצד העלייה בתנובות החלב המלווה בעלייה בצריכת מזון ועלייה בכפולות הקיום, תורמת לירידה בריכוז האנרגיה במנת חולבות ממוצעת לפי NRC 2001.

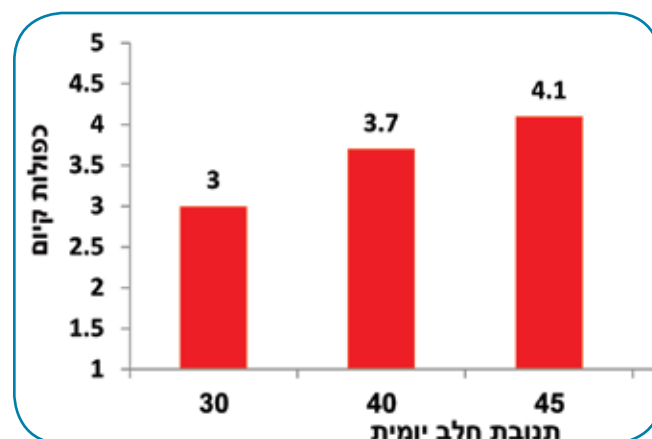
גרף 3. מצביע על שונות משמעותית בשיעור הירידה בין המזונות השונים, מה שמשפיע על רמת הדיוק בתכנון המנה. כאשר מעלים או מורידים את הריכוז הכולל של המנה, לוקחים בחשבון שהשינוי בערכי האנרגיה זהה זה

קרובים ל-4 מאשר ל-3 כפולות קיום. קיים כלל אצבע מקובל בקרב התזונאים ש-7 ק"ג מן המזון מיועדים לקיום והשאר לייצור. לפי חישוב $12.25 = 1.75 \times 7$ מק"ל נועדו לצורכי קיום. צורכי הקיום בפועל שחושב על פי משקל הגוף של קבוצת פרות ישראליות ממוצעת נמצא כ-10.2 מק"ל. יש לציין כי אף לפרות האמריקאיות הכבדות יותר, הערך הממוצע לקיום הוא אף פחות מ-10 מק"ל. כלומר, גם לפי תחשיב זה המבוסס על נוסחאות מקובלות בעולם, קיים פער גדול בחישוב צריכת האנרגיה לקיום.

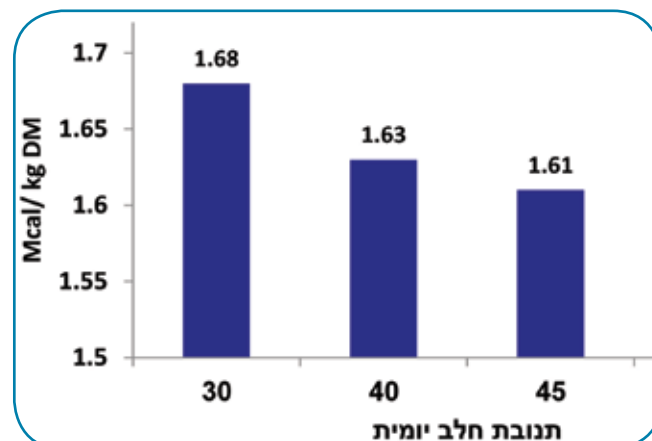
ברמת התנובה של הרפת הישראלית אנו יותר קרובים ל-4 מאשר ל-3 כפולות קיום. קיים כלל אצבע מקובל בקרב התזונאים ש-7 ק"ג מן המזון מיועדים לקיום והשאר לייצור

לפי צריכת מזון ממוצעת של 24 ק"ג ח"י ליום, צריכת האנרגיה היומית תהיה $42 = 1.75 \times 24$ מק"ל ליום. כאשר מחשבים את מס' כפולות הקיום (לפי הדרישה לקיום על פי הנוסחה) הוא יהיה $4.1 = 42 : 10.2$. גם כאשר מחשבים לפי ריכוז אנרגיה במנה של 1.6 מק"ל עדיין מס' הכפולות קיום יהיה 3.8, ולא 3 כפי שחושבו ערכי ה-NE_L ב-NRC 1989.

גרף 1. העלייה בכפולות קיום עם העלייה בתנובות חלב לפי NRC 2001



גרף 2. הירידה בערך האנרגטי של המנה עם העלייה בתנובות החלב לפי NRC 2001



השגיאה, כך שתיקון של העלאת ריכוז האנרגיה של כל המנה, יוצר אי דיוק גדול יותר בגלל הורדה אחידה של NE_L של המזונות. חשוב לציין כי שימוש בערכי האנרגיה על פי מודל ה-NRC 2001 מחייב במקביל התאמה של הדרישות באנרגיה על פי מודל זה. ערכי האנרגיה המומלצים במודל ה-NRC 2001 הנם נמוכים באופן משמעותי מאלה שניתנים בפועל בישראל. תנובה ישראלית ממוצעת לפי מודל ה-NRC 2001 מצריכה ריכוז אנרגיה של 1.6 מק"ל לק"ג ח"י, ולא 1.75 ומעלה כפי שמחושב במנה ישראלית.

אני מודע לכל הקשיים המלווים קביעת ערכי אנרגיה של מזונות בפועל, וכמוכן, לכך שאין שום שיטה מושלמת, כולל זו המופיעה במהדורה 2001 של NRC. כמוכן, אני מודע למשמעות הכבדה שיש לכל שינוי מהותי בערכי האנרגיה על הנעשה בשוק. יחד עם זאת, המחשבה שעל כל השגיאות תכסה צריכת המזון של הפרה, אינם תורמים בלשון המעטה, לרמת דיוק גבוהה ותכנון מנה מיטבי.

אני סבור שערכי אנרגיה של מזונות, הניתנים לעתים על פי תחושת בטן, ואינם מבוססים דיים על שיטה אחידה המעוגנת במחקר מקדים שנעשה בעולם, הינם בעייתיים.

ההתעלמות מכך שתנובת החלב הולכת ועולה ואיתה גם עלייה בצריכת מזון ובכפולות קיום על כל המשתמע מכך, לא יכולה לדעתי להימשך לעד, ולמיטב הבנתי תחייב חשיבה והתייחסות מחודשת לשינויים שנעשו בערכי האנרגיה. ■

איננו נכון.

ערכי האנרגיה הגבוהים במנות הישראליות יוצרים מצב שבו, חישובי מאזן האנרגיה המבוססים על נוסחאות מקובלות אינם ריאליים. במספר ניסויים שבצעתי ברפת ההזנה הפרטנית, שבהם ניתן לחשב את מאזן האנרגיה היומי, נמצא שהפרה הישראלית כמעט ואינה סובלת ממאזן אנרגיה שלילי. ערכי האנרגיה הגבוהים במנה יוצרים מצב שבו ה-input גבוה מדי, לעומת ה-output המבוסס על נוסחאות בין-לאומיות מקובלות שאינן תלויות בערכי האנרגיה של המזון. כתוצאה מכך נוצר פער עצום בין הצפי לעלייה במסת גוף על פי מודל ה-NRC, לבין העלייה בפועל במשקל הגוף של הפרות.

לסיכום

ערכי NE_L של המזונות ב-NRC 2001 שונים באופן מהותי מ-1989 NRC, והבסיס לשינויים נראה מנומק ונכון. ערכי האנרגיה של המזונות במטריצה ישראלית ממוצעת גבוהים בכ-10% מממוצע מאלה שב-NRC 2001.

- חישובי מאזן אנרגיה בפועל שנעשו בישראל הנם בלתי סבירים, ותומכים בקביעה שיש הערכת יתר של NE_L של המזונות במנה ישראלית.
- ערכי NE_L של המזונות יורדים באופן משמעותי עם העלייה בתנובות החלב ובצריכת מזון, ובמיוחד במנה ישראלית טיפוסית המכילה שיעור גבוה של מ"מ וערכי TDN גבוהים. כל זה לא בא לידי ביטוי בחישובי האנרגיה של המנה הישראלית.
- ערכי NE_L של המזונות משתנים באופן לא אחיד, מה שמגביר את



גליון

קוטל עשבים משולב להדברת עשבים קיימים ולמניעת הצצה בתקופת החורף

מיועד למגדלי בקר כקוטל עשבים מסביב לרפתות ומבנים



האיכות מתחילה מהלילה

www.agan.co.il

קרא בעיון את תווית התכשיר לפני השימוש - ליעוץ ולהדרכה פנה למדריכי המחלקה החקלאית