

## השפעת הרכב המנה ורמת ההזנה על כמויות החלבון השרידי והמיקרוביאלי הזמינות לייצור, במעלי גירה בכלל ובפרות חלב בפרט

א. סמולר, קיבוץ חצור.

י. ברוקנטל, מינהל המחקר החקלאי, המכון לבעלי חיים.

ע. אריאלי, האוניברסיטה העברית, הפקולטה לחקלאות.

### מבוא

למרות ידיעותינו הרבות אודות חילוף החומרים של החלבון במעלי גירה (מע"ג), עדיין לא נקבעה תצורת מדויקת של חלבון וחומצות אמינו (ח"אמ) למטרות הייצור השונות. כתוצאה מכך, קבלת ההחלטות בקשר לרמת החלבון במנה ומקורות החלבון מתבססת בעיקר על נסיון מקצועי ואינטואיציה, ולא על יחסי תשומה-תפוקה מוכחים. הסיבה לכך נעוצה בקושי לבטא באופן כמותי ולסכם השפעת כל הגורמים הרבים הקובעים מהלך התסיסה בכרס ועוצמתה, על כמות התוצרים הסופיים העוזבים את הכרס וזמינים לייצור.

בתהליך התסיסה בכרס עובר חלבון המזון פירוק בדרגות שונות עד לאמוניה. התרכובות החנקניות השונות המתקבלות מנוצלות על ידי המיקרואורגניזמים (מק"א) בכרס לצורך התרבותם. החלבון היוצא מהכרס לקיבה האמיתית והמיועד להשלים צרכי הקיום והייצור של מעלי הגירה, שונה בכמותו ובהרכב ח"אמ שלו באופן מהותי מהחלבון שנאכל. רוב החלבון הוא מיקרוביאלי ומיעוטו חלבון מזון, אשר לא פורק בכרס והנקרא בעגה המקצועית חלבון שרידי. לשיעור היחסי של סכום החלבון המיקרוביאלי והשרידי מכלל החלבון הנאכל וליחס הכמותי ביניהם משמעות תזונתית רבה לגבי נצילות חלבון המנה לייצור. במאמר שפורסם ב"השדה" (1), הוסבר הנושא בהרחבה. בעשור האחרון ניסו חוקרים רבים לכמת השפעת מרכיבי המנה, רמת ההזנה והמקורות החלבון במנה על שיעורי החלבון השרידי והמק"א הזמינים לייצור. במהדורה האחרונה של

ה-NRC (2), מובאים נתונים לגבי שיעור הפריקות בכרס של החלבון במזונות חלבוניים עיקריים; כן מובאת משוואה בעזרתה ניתן לחשב שיעור חלבון המק"א מתוך ידיעת כמות האנרגיה נטו (NEI) הנצרכת ליום:

$$(NEI) = 6.25(-30.93 + 11.45NEI) = \text{חלבון מק"א (ג/יום)}$$

מנוסחה זו משתמע, כי ניתן לחזות את כמות החלבון המיקרוביאלי הנוצר בכרס מתוך ידיעת כמות האנרגיה במזון. למשל, במנה בריכוזיות של 1.7 מגה-קלוריות אנרגיה נטו, הנצרכת בשיעור של 20 ק"ג ליום, צפוי יבול של 2.2 ק"ג ליום של חלבון מיקרוביאלי. שיטה זו פשוטה ומאפשרת הבנה טובה יותר של גורל החלבון בכל הרכב מנה וגם מאפשרת קבלת החלטות מבוססות יותר לגבי שילוב מקורות חלבון שונים במנה. חסרונה העיקרי נובע מכך, שפריקות החלבון וכן NEI של מזונות שונים אינם ערכים קבועים, ומושפעים במידה ניכרת מהרכב המנה (סוג המזון הגס וריכוזו במנה ועוד) ורמת ההזנה. לכאורה נראה, כי בגלל אינסוף אפשרויות של הרכבי מנות לא ניתן להגיע לקביעה מדויקת של כמות והרכב החלבון העוזבים את הכרס וזמינים לייצור. למעשה, סל המזונות העומד לרשות הפרה הוא די קבוע וגם להרכב המנה מיגבלות ידועות, כך שמספר האפשרויות העומדות לבחינה איננו בלתי מוגבל. יתר על כן, בעקבות הכנסת המיחשוב לממשק ההזנה, במידה שניתן לאפיין פריקות החלבון בכל מזון וערכו האנרגטי במשוואות מתימטיות, יש מקום לשלב נתונים אלה במטריצה של תכנון המנה.

טבלה 1. ההרכב הכימי של המזונות שהודגרו בשקיות דקרון in situ, באחוזים מן החומר היבש.

המרכיבים	תחמיץ חיטה	תחמיץ תירס	שחת אספסת	ירק זון	גרעיני כותנה	כוספת סויה	גרעיני שעורה	גרעיני תירס
חומר יבש	90.2	91.0	88.4	88.1	92.1	88.3	87.2	86.9
חומר אורגני	92.6	92.6	90.5	87.2	94.8	92.8	97.5	98.2
חלבון כללי	10.0	10.3	16.0	24.4	24.4	50.5	12.9	10.5
NDF	51.3	43.4	47.5	37.7	47.0	14.1	20.1	12.1
ADF	35.4	30.2	39.8	24.8	35.5	9.3	7.3	3.9
ליגנין	5.9	2.5	8.4	2.6	10.4	1.3	2.1	2.0
אנרגיה <sup>1</sup>	2.6	2.6	2.3	2.5	3.7	3.1	3.4	3.4

<sup>1</sup> אנרגיה מטבולית מחושבת בהתאם ל-NRC (1988).

דקרון in situ (3). המזונות שנבדקו היו גרעיני שעורה, תירס וכותנה, כוספת סויה, תחמיץ חיטה ותירס, שחת אספסת וירק זון. מזונות אלה מייצגים המזונות המרוכזים והגסים העיקריים המקובלים במנת פרות חלב. ההרכב הכימי של המזונות שנבדקו מובא בטבלה 1. דוגמאות טחונות (1.5 מ"מ) ושקולות מכל מזון, הודגרו בשקיות דקרון בכרס פרות חלב, במשכי זמן שונים: 3, 6, 9, 12, 24, 36 ו-48 שעות. כל בדיקה בוצעה בשתי חזרות.

להדגרת המזונות שימשו 3 פרות, אשר הוחזקו בתאים נפרדים ברפת המטבולית בבית דגן. כדי לבחון השפעת המנה הנאכלת על ידי הפרה הפונדקאית על פריקות המזונות השונים המודגרים באותה פרה, הוזנו הפרות במחזור הדגרות אחד בשחת אספסת בלבד ובמחזור הדגרות שני במנה עתירת מזון מרוכז (20% תחמיץ חיטה ו-80% תערובת, על בסיס חומר יבש).

לאחר הוצאת הדוגמאות מהכרס, הן נשטפו היטב במי ברז ויובשו ב-105 מ"צ. כביקורת שימשו דוגמאות אשר לא הודגרו בכרס, אלא רק נשטפו היטב במים. כל הדוגמאות נבדקו לתכולת חומר יבש, אפר וחלבון כללי. מהנתונים שנתקבלו ניתן היה לתאר עקומת הפריקות בכרס של ה"א וח"כ של כל אחד מהמזונות. את מהלך הפריקות (p ג' 100/ג' ח"י) שנתקבלה, ניתן היה לבטא במשוואה הבאה (4):

בשנים האחרונות מקובלת כשיטה מעבדתית לקביעת נעילות מזונות על ידי מע"ג, הדגרת המזונות בשקיות דקרון, in situ. עקרון השיטה בהכנסת דוגמת המזון הנבדק לשקית העשויה מסיבי פוליאסטר והדגרתה בכרס מעלה גירה למשך זמן ידוע. סיבי פוליאסטר עמידים בפני תהליכי העיכול בכרס ובמעיי, בעוד סיבי כותנה וצמר נעכלים. המרווחים בין סיבי השקית הם בגודל המאפשר כניסה חופשית של נוזלי הכרס, כולל הבקטריות, ויציאה של חלקיקי מזון רק לאחר שעברו עיכול. בתנאים אלה עובר המזון הנבדק תהליכי עיכול בדומה לעיכול המזון במציאות. לאחר משך זמן ידוע, מוצאת השקית מהכרס, נשטפת במים, ובשארית שלא התעכלה נקבע ההרכב הכימי. שיטה זו נוחה לביצוע ואמינה ולכן התקבלה במעבדות רבות וממצאה מדווחים בספרות המקצועית.

בעבודה המתוארת בזה נקבע מהלך פריקות החומר האורגני (ח"א) והחלבון הכללי ב-8 מזונות המקובלים בארץ, והוצע מודל בעזרתו ניתן לחשב תרומת כל מזון במנה השלמה לכלל החלבון השרידי והמק"א העומדים לרשות הפרה.

### שיטות עבודה

מהלך הפריקות של החומר האורגני ושל החלבון הכללי במזונות נקבע בשיטת שקי

בלבד בהשוואה למנה עתירת מ"מ. הפריקות האפקטיביות של החלבון, נטתה להיות גבוהה יותר בכל המזונות, כאשר הודגרו בפרה שניזונה בשחת אספסת בלבד. הבדל זה נמצא מובהק רק בשחת אספסת (בקצב פינוי של 8% לשעה) ובכוספת סויה (בכל קצבי הפינוי). משמעות הדבר היא, כי לגבי קביעת פריקות החלבון בשיטת שקי הדקרון, חשיבות מועטה למנה שהוגשה לפרה הפונדקאית. העליה בקצב פינוי המעכל מהכרס הקטינה במידה ניכרת את שיעור פריקות החלבון, בכל המזונות. הבדלים אלה היו גדולים במיוחד בפריקות חלבון גרעיני התירס, ירק הזון וכוספת הסויה. במקרה האחרון ירדה פריקות החלבון בכ-40%. תוצאות אלה מבהירות, כי פריקות כל סוגי החלבון שנבדקו, איננה קבועה ועשויה להשתנות עם רמת ההזנה. למעשה, כל גורם שיגביר קצב פנוי המעכל מהכרס, כגון רמת ההזנה וריכוזיות המנה, ישפר ההגנה על חלבון המנה.

מקדמי המשוואות המתארות פריקות החומר האורגני והפריקות האפקטיבית במזונות, שהודגרו בפרות שניזונו או בשחת אספסת בלבד או במנה עתירת מ"מ, מובאים בטבלה 3. מקדם הפריקות  $b$  נטה להיות גבוה יותר בכל המזונות, שהודגרו בפרות שניזונו בשחת אספסת בהשוואה למנה עתירת מ"מ. הבדל זה נמצא מובהק רק בתחמיץ חיטה וירק זון. השפעת המנה המוגשת לפרה הפונדקאית על הפריקות האפקטיבית של ח"א, היתה משמעותית בהרבה בהשוואה להשפעתה על פריקות החלבון. הפריקות האפקטיבית של הח"א בכל המזונות, נטתה להיות גבוהה יותר בפרות שניזונו בשחת אספסת, בהשוואה למנה עתירת מ"מ. ההבדל נמצא מובהק בתחמיצי חיטה ותירס, שחת אספסת, ירק זון, גרעיני כותנה וכוספת סויה. למעשה הושפעו בצורה מובהקת כל המזונות עתירי התאית, למרות שגם עיכול המזונות עתירי העמילן נטו להתעכל יותר טוב בתנאים המעדיפים פעילות צלולוליטית. מממצאים אלה ניתן להסיק, כי בעת קביעת נעילות ח"א בשיטת שקי דקרון יש להתייחס לאופי המנה המוגשת לפרה הפונדקאית. הפריקות

$$p = a + b(1 + e^{-ct})$$

כאשר:

- a = מקטע מסיס (ג'/100 ג' ח"י).  
 b = המקטע החשוף לפריקות ע"י מק"א.  
 c = קצב הפריקות של מקטע (ג'/שעה).  
 t = משך זמן ההדגרה (שעות).  
 a+b = ס"ה המקטע העשוי להיעכל במזון הנבדק, בהדגרה ממושכת (ג'/100 ג' ח"י).  
 1 - (a+b) = המקטע הבלתי עכיל במזון הנבדק (ג'/100 ג' ח"י).

במציאות מושפעת הפריקות גם ממשך הזמן בו שוהה המזון בכרס, או מקצב פינוי חלקיקי המעכל מהכרס (k, % לשעה). בהתאם לכך ניתן לחשב פריקות אפקטיבית (d) של ח"א וחלבון כללי בעזרת 3 המקדמים שהוזכרו לעיל:

$$d = a + ((b.c) / (c+k))$$

הפריקות האפקטיבית חושבה לקצבי פינוי מעכל מהכרס של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה. קצבים אלה מתאימים לרמת קיום, 1-2 כפולות קיום ו-2 כפולות קיום ומעלה, בהתאמה. חישוב ייצור החלבון המיקרוביאלי בכרס התבסס על נתוני הפריקות האפקטיבית של ח"א ועל יעילות ייצור של 200 ג' חלבון מיקרוביאלי לק"ג ח"א שנעכל בכרס. על התוצאות שנתקבלו לגבי כל מזון בוצעה אנליזה של השונות במתכונת של בלוקים (פרות) באקראי  $\times$  מנות (מנה גסה בהשוואה למנה עתירת מ"מ).

### תוצאות ודין

מקדמי המשוואות המתארות פריקות החלבון הכללי, והפריקות האפקטיבית, במזונות שהודגרו בפרות שניזונו בשחת אספסת בלבד או במנה עתירת מ"מ, מובאים בטבלה 2. לא נמצא הבדל מובהק במקדמי פריקות החלבון של כל מזון, כאשר הודגרו בפרה שניזונה בשחת אספסת

טבלה 2. מקדמי משוואות הפריקות של חלבון כללי וערכי הפריקות האפקטיבית באחוזים מן החומר היבש, המתאימים לקצבי פינוי מעכל של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה, של המזונות השונים שהודגרו בפרות שניזונו במנת שחת אספסת (מ"ג) או במנה עתירת מ"מ (מ"מ).

מזונות	מנה	מקדמי משוואת הפריקות			קצב פינוי המעכל (%) (לשעה)		
		a	b	c	2	5	8
תחמיץ חיטה	מ"ג	5.2	2.8	0.228 <sup>a</sup>	7.1	7.4	7.7
	מ"מ	5.2	2.6	0.460 <sup>a</sup>	7.1	7.3	7.4
תחמיץ תירס	מ"ג	5.9	2.8	0.132	7.4	7.7	8.1
	מ"מ	5.9	2.6	0.188	7.2	7.4	7.8
שחת אספסת	מ"ג	5.3	8.8	0.130	<sup>N</sup> 10.6	11.5	12.8
	מ"מ	5.0	9.8	0.061	<sup>a</sup> 9.1	10.2	12.2
ירק זון	מ"ג	10.1	14.6	0.104	18.3	19.9	22.3
	מ"מ	10.4	12.8	0.101	17.4	18.8	21.0
גרעיני כותנה	מ"ג	5.2	15.8	0.501	18.7	19.5	20.4
	מ"מ	5.2	15.5	0.439	18.3	19.1	20.1
כוספת סויה	מ"ג	4.2	49.0	0.056	<sup>N</sup> 24.3	<sup>N</sup> 30.0	<sup>N</sup> 40.2
	מ"מ	4.4	45.7	0.055	<sup>a</sup> 22.5	<sup>a</sup> 27.7	<sup>a</sup> 37.3
גרעיני שעורה	מ"ג	2.5	9.6	0.173	9.0	9.8	11.1
	מ"מ	2.6	9.5	0.173	8.9	9.7	11.0
גרעיני תירס	מ"ג	2.2	10.0	0.035	5.2	6.3	8.4
	מ"מ	2.2	10.0	0.040	5.1	6.1	8.3
סטית התקן של הממוצע	ל"מ	0.005	0.046	0.002	0.0017	0.0018	0.0022
השפעת המנה	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	p<0.05	p<0.05	p<0.05

נתונים בטורים המסומנים באות שונה לכל מזון, ובדלדום באופן מובהק ( $p < 0.05$ ).

של הח"א של כל מזון במנה ניתן לחשב תרומת כל מזון לסינתזיה של חלבון מיקרוביאלי (32 ג' חנקן מיקרוביאלי לק"ג ח"א שנעכל בכרס  $\times$  6.25) עבור רמת ההזנה המתאימה. סכום החלבון השרידי והמיקרוביאלי המחושבים של כל המזונות במנה, מהווה את כמות החלבון הזמין העומד למעשה לרשות הפרה בגין המנה שנוצרה על ידה. בטבלה 4 מובאים הערכים המחושבים של ס"ה חלבון שרידי ומיקרוביאלי (ג'/ק"ג ח"א) העוזבים את הכרס והזמינים לייצור, במזונות שנבדקו בעבודה זו. בד"כ נטתה כמות החלבון המחושבת, המגיעה לתריסרון, להיות גבוהה יותר כאשר החישוב בוצע על בסיס נתונים שנתקבלו מפרות שניזונו במנה עתירת שחת אספסת. ההבדלים נמצאו מובהקים רק בתחמיצי חיטה ותירס ובקצב הפינוי האיטי (רמת הזנה נמוכה). בכוספת סויה

האפקטיבית של ח"א הושפעה במידה ניכרת מקצב הפינוי של המעכל מהכרס; היא היתה גבוהה בקצב פינוי של 2% לשעה ונמוכה בהרבה בקצב המהיר יותר של 8% לשעה. לגורם זה משמעות קטנה יחסית במזונות עתירי עמילן, באשר שארית העמילן שלא נעכלה בכרס עשויה להתעכל גם בהמשך מערכת העיכול. אולם במזונות עתירי תאית, פריקות שארית התאית בהמשך מערכת העיכול ותרומתה למשק האנרגיה בגוף, מועטה. לכן, יש מקום לתת ערך תזונתי שונה למזונות גסים, כאשר הם משולבים במנה עתירת מזון גס בהשוואה למנה עתירת מ"מ.

מנתוני הפריקות האפקטיבית של החלבון הכללי של כל מזון, ניתן לחשב את כמות החלבון השרידי (המשלים ל-100), עבור רמת ההזנה המתאימה. מנתוני הפריקות האפקטיבית



טבלה 3. מקדמי משוואת הפריקות של חומר אורגני וערכי הפריקות האפקטיבית באחוזים מן החומר היבש, המתאימים לקצבי פינוי מעכל של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה, של המזונות השונים שהודגרו בפרות שניזונו במנת שחת אספסת (מ"ג) או במנה עתירת מ"מ (מ"מ).

מזונות	מנה	מקדמי משוואת הפריקות			קצב פינוי המעכל (%) לשעה		
		a	b	c	2	5	8
תחמיץ חיטה	מ"ג	23.8	<sup>a</sup> 38.6	<sup>a</sup> 0.078	42.3	<sup>a</sup> 46.7	<sup>a</sup> 53.9
	מ"מ	<sup>a</sup> 20.1	<sup>a</sup> 27.1	<sup>a</sup> 0.394	39.9	<sup>a</sup> 41.8	<sup>a</sup> 44.5
תחמיץ תירס	מ"ג	<sup>a</sup> 21.3	<sup>a</sup> 46.7	0.083	45.1	<sup>a</sup> 50.4	<sup>a</sup> 59.0
	מ"מ	19.0	<sup>a</sup> 34.0	0.177	41.8	<sup>a</sup> 45.0	<sup>a</sup> 49.6
שחת אספסת	מ"ג	15.1	44.4	0.125	<sup>a</sup> 41.9	<sup>a</sup> 46.6	<sup>a</sup> 53.2
	מ"מ	14.4	41.3	0.084	<sup>a</sup> 35.0	<sup>a</sup> 39.7	<sup>a</sup> 47.2
ירק זון	מ"ג	27.3	<sup>a</sup> 58.4	0.068	<sup>a</sup> 54.1	<sup>a</sup> 60.9	<sup>a</sup> 72.4
	מ"מ	29.1	<sup>a</sup> 44.7	0.065	<sup>a</sup> 48.7	<sup>a</sup> 53.9	<sup>a</sup> 62.9
גרעיני כותנה	מ"ג	19.9	38.7	0.181	<sup>a</sup> 45.2	<sup>a</sup> 48.9	<sup>a</sup> 54.0
	מ"מ	18.2	31.2	0.253	<sup>a</sup> 41.2	<sup>a</sup> 43.7	<sup>a</sup> 46.8
כוספת סויה	מ"ג	22.0	72.4	0.065	<sup>a</sup> 54.4	<sup>a</sup> 62.8	<sup>a</sup> 77.2
	מ"מ	21.6	70.8	0.054	<sup>a</sup> 49.4	<sup>a</sup> 57.5	<sup>a</sup> 72.4
גרעיני שעורה	מ"ג	12.5	72.5	0.309	70.1	74.9	80.6
	מ"מ	13.0	68.6	0.331	67.1	77.2	81.6
גרעיני תירס	מ"ג	11.1	81.3	0.066	47.8	57.3	73.4
	מ"מ	12.2	79.1	0.061	46.0	55.1	91.3
סטיות התקן של הממוצע		0.23	0.17	0.016	0.40	0.42	0.56
השפעת המנה	ל"מ		p<.001	p<.05	p<0.001	p<0.001	p<0.001

נתונים בטורים המסומנים באות שונה לכל מזון, נבדלים באופן מובהק ( $p < 0.05$ ).

חלבון תהיה יעילה יותר ככל שקצב פינוי המנה יהיה מהיר יותר (רמת הזנה גבוהה וריכוזיות גבוהה). מסקנה זוא איננה מתאימה, כאמור לעיל, לגבי המזונות האחרים שנבדקו. מן הראוי להוסיף, כי בשלב זה לא התייחסו ליחסי חלבון שרידי: חלבון מיקרוביאלי בכלל החלבון המגיע למעי, אלא לכלל החלבון בלבד.

עיון מעמיק יותר בנתונים המוצגים בטבלה 4 מראה, כי במזונות הדלים בחלבון, ובמיוחד במזונות עתירי העמילן, שיעור כלל החלבון המגיע למעי (ג'/ק"ג ח"י) גבוה משיעור החלבון הכללי במזון הנבדק. לעומת זאת, במזונות עתירי החלבון נמוך שיעור החלבון המגיע למעי משיעורו במזון. ממצא זה קשור ליחס בין ח"א פריק במזון מסויים לבין החלבון הפריק באותו מזון. ככל ששיעור הח"א הפריק גבוה יותר, דבר הבולט במיוחד במזונות עתירי עמילן, יגדל

נתקבל תוצאה הפוכה, כאשר בקצבי פינוי של 2% ו-5% לשעה נתקבלו ערכים גבוהים יותר במנה המרוכזת. אולם, בכל מקרה ההבדלים היו קטנים. קצב הפינוי של המעכל מהכרס לא השפיע על כלל החלבון המגיע למעי בכל המזונות, פרט לכוספת סויה. ככל שקצב פינוי המעכל היה גבוה יותר, היה החלבון השרידי בכוספת סויה גבוה יותר בשיעור ניכר וכתוצאה מכך, כלל החלבון המגיע למעי היה גבוה יותר.

בהתאם לממצאים אלה נראה, כי תרומת המזונות שנבדקו בעבודה זו לכלל החלבון המגיע למעי מושפעת מעט יחסית מקצב פינוי המעכל מהכרס או מרמת ההזנה וריכוזיות המנה, פרט לכוספת סויה. ככל שרמת ההזנה עולה, עולה שיעור החלבון השרידי בכוספת הסויה וכתוצאה מכך גם כלל החלבון המגיע למעי. מכאן, שתוספת כוספת סויה כמקור

טבלה 4. כמויות כלל החלבון השרידי והמיקרוביאלי באחוזים מן החומר היבש, המגיעים לתריסרון, המחושבות לקצבי פיגוי מעכל של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה, מנתוני המזונות השונים שהודגדו בפרות, שניזונו במנת שחת אספסת (מ"ג) או במנה עתירת מ"מ (מ"מ).

מזונות	מנה	קצב פיגוי המעכל מהכרס (% לשעה)		
		2	5	8
תחמיץ חיטה	מ"ג	11.3	12.0	13.1
	מ"מ	10.9	11.1	11.4
תחמיץ תירס	מ"ג	11.9	12.7	14.0
	מ"מ	11.4	11.9	12.4
שחת אספסת	מ"ג	13.8	13.8	13.8
	מ"מ	13.9	13.7	13.2
ירק זון	מ"ג	16.9	16.7	16.6
	מ"מ	16.7	16.4	16.0
גרעיני כותנה	מ"ג	14.8	14.7	14.8
	מ"מ	14.3	14.0	13.7
כוספת סויה	מ"ג	37.1	33.1 <sub>א</sub>	25.8 <sub>א</sub>
	מ"מ	37.9	34.3 <sub>ב</sub>	27.7 <sub>ב</sub>
גרעיני שעורה	מ"ג	18.0	18.0	18.0
	מ"מ	17.5	18.0	18.0
גרעיני תירס	מ"ג	15.0	15.6	16.9
	מ"מ	14.5	15.3	16.4
סטית התקן של הממוצע		0.13	0.14	0.34
השפעת המנה		ל"מ	ל"מ	p<0.05

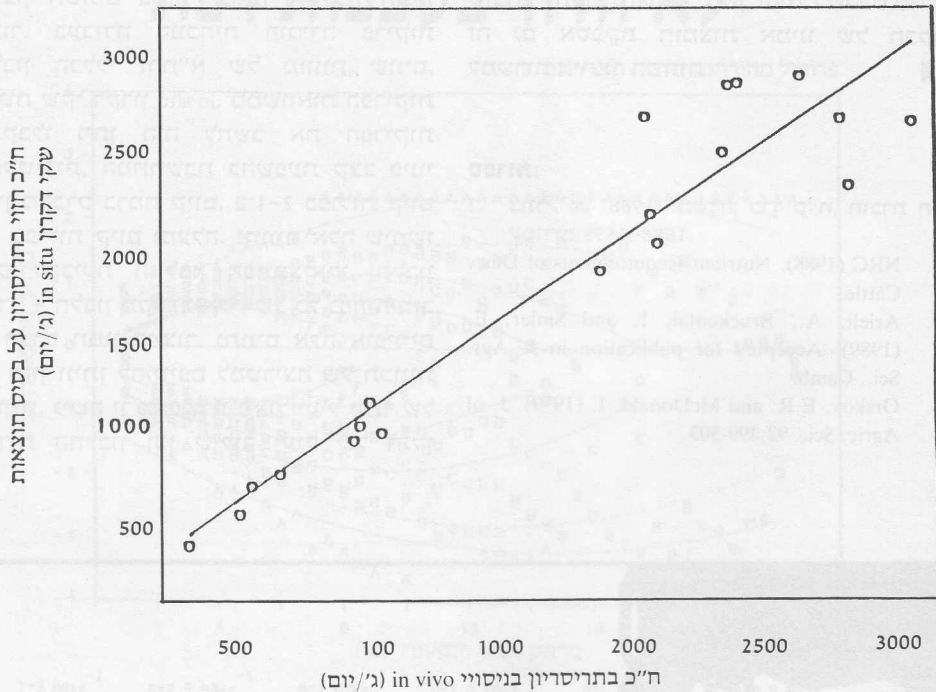
נתונים בטורים המסומנים באות שונה לכל מזון, נבדלים באופן מובהק ( $p < 0.05$ ).

בהשוואה ל-24.4% במזון. כדי למנוע הפסד חלבון ממזונות עתירי חלבון ובעלי פוטנציאל חלבון נמוך, יש לשלב במנה מזונות בעלי פוטנציאל חלבון גבוה. ניצול מירבי של חלבון המנה ייתכן, כאשר כלל החלבון הפוטנציאלי של המנה ישווה לריכוז החלבון במנה. בהתאם ל-NRC (1988), עשוי החלבון הפוטנציאלי להיות אף גבוה ב-15% מחלבון המנה, בהתחשב בניצול חוזר של חנקן שלא מהמזון, אשר שימש בחילוף החומרים בגוף והגיע לכרס עם הרוק או שנספג ישירות ממחזור הדם.

עם הוספת ערכי חלבון פוטנציאלי של כל מזון למטריצה של הרכבי המזונות, מתקבלת מערכת שיקולים נוספת העשויה לשפר את נצילות חלבון המזון. הדבר אמור לגבי כושר התחלופה בין מזונות שונים, שילוב חנקן בלתי-חלבוני (אוריאה וכדו') במנה, ועוד. גישה זו תאפשר מאוחר יותר גם התייחסות לצרכים

כושרו לסייע בייצור חלבון מיקרוביאלי. כתוצאה מכך עשוי להיות שיעור כלל החלבון הפוטנציאלי (חלבון שרידי + חלבון מיקרוביאלי) של אותו מזון גבוה יותר מריכוז החלבון למעשה באותו מזון. לעומת זאת, ככל שהשיעור היחסי של ח"א פריק לחלבון פריק נמוך יותר, דבר האופייני למזונות עתירי חלבון, ירדו הסיכויים שהח"א הפריק של אותו מזון יהיה מסוגל להביא לקשירה של כלל החלבון שפורק בו. כתוצאה מכך יתקבל עודף בחנקן, אשר לא נקשר על ידי המיקרואורגניזמים ופוטנציאל החלבון של אותו מזון יהיה נמוך מריכוז החלבון בו. לדוגמה; ריכוז החלבון הכללי בגרעיני שעורה 12.9% (טבלה 1). בגלל התרומה האנרגטית הרבה של גרעיני שעורה לתסיסה בכרס יהיה שיעור החלבון הפוטנציאלי המחושב 18.0% (טבלה 4). בדומה לכך יהיה שיעור החלבון הפוטנציאלי של גרעיני כותנה 14.8%,

ציור 1. ערכים מחושבים של חלבון שרידי ומיקרוביאלי (ח"כ) המגיעים לתריסריון על בסיס נתונים שנתקבלו בשיטת שקי דקרון *in situ*, בהשוואה לערכים שנתקבלו בניסויים *in vivo*.



( $R = 0.91$ ) מובהק מאד ומוכיח על ערכים כמעט זהים בשתי השיטות. עיון בציור מראה כי ברמות הזנה גבוהות ובצריכה גבוהה של חלבון, פיזור הנקודות סביב לישר גדול יותר מאשר ברמות צריכה נמוכות. ייתכן שזה נובע מכך, שברמות הזנה גבוהות (פרות חלב), המנות מגוונות יותר בהשוואה לרמות הזנה נמוכות (עגלות). גיוון המנה עשוי להביא להשפעת גומלין בין המזונות. כאמור, המודל המתואר בעבודתנו מתבסס על תוצאות בדיקות מעבדתיות של מזונות בודדים ואיננו יכול להתחשב בהשפעות גומלין. בעבודה המבוצעת כיום, נבדקת תקיפות המודל בפרות חלב הניזונות במנות המכילות מקורות חלבון שונים.

#### סיכום

מינון חלבון במנות מעלי גירה בכלל, ופרות

בחומצות אמינו, בהתחשב בידעית יחס חלבון מיקרוביאלי: חלבון שרידי, בהרכב כל חלבון המזון.

קביעת פריקות המזונות בשיטת שקי הדקרון היא שיטה מעבדתית. כדי לבדוק אם מושג החלבון הפוטנציאלי עומד במבחן המציאות, הושוו כמויות החלבון המחושבות, המגיעות לתריסריון, של המזונות השונים בעבודה הנוכחית (Y, טבלה 4), לכמויות החלבון בתריסריון כפי שנתקבלו בבקר שניזון באותם המזונות וברמות הזנה שונות (X). הנתונים נלקחו מ-20 עבודות (רשימות הסימוכין אצל המחברים), שונעו ב-13 השנים האחרונות. תוצאות ההשוואה מובאות בציור 1. משוואת הרגרסיה היא

$$Y = 0.95X + 12.45$$

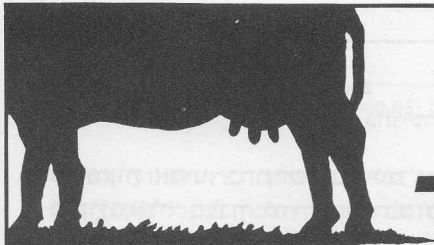
מקדם הרגרסיה הוא 0.95, ומראה על ערכים כמעט זהים בשתי השיטות. מקדם הקורלציה

בלתי-חלבוני במנה. השוואת ממצאי המודל לנתונים שנתקבלו בבקר מראה על התאמה טובה. ייתכן, שבעתיד ניתן יהיה לשלב במודל זה גם אספקת חומצות אמינו של הבקר למטרות הייצור השונות.

#### ספרות:

1. בונדי, א. (1988). השדה, כרך ס"ח, חוברת ח', עמודים 1555-1558.
2. NRC (1988). Nutrient Requirements of Dairy Cattle.
3. Arieli, A., Bruckental, I. and Smler, E. (1989). Accepted for publication in J. Agr. Sci., Camb.
4. Orskov, E.R. and McDonald, I. (1979). J. of Agric. Sci., 92:499-503.

חבל בפרט, עדיין מבוצע ביחידות של חלבון כללי ואיננו לוקח בחשבון תרומת מקורות החלבון השונים במזון למאגר החלבון הזמין לייצור. בעבודה הנוכחית הוגדרה פריקות החלבון הכללי והח"א של מזונות שונים, בשיטת שקי דקרון in situ. ממשוואות הפריקות שנתקבלו ניתן היה לחשב את הפריקות האפקטיבית, המתחשבת בהשפעת קצב פינוי המזון מהכרס ברמת קיום, ב-1-2 כפולות קיום וב-2 כפולות קיום ומעלה. נתונים אלה שימשו בסיס לקביעת החלבון הפוטנציאלי (חלבון שרידי + חלבון מקירוביאל) של כל מזון העוזב את הכרס וזמין לייצור. נתונים אלה אופייניים לכל מזון וניתן להוסיפם למטריצה של תכונות המזונות. גישה זו מאפשרת ניצול יעיל יותר של מקורות החלבון וכן שילוב יעיל של חנקן



## צעד אחר צעד

כל מה שרציתם, שאתה צריך לדעת על הפרה, אפשרי היום באמצעות afimilk-ES - תוכנית למחשוב הרפת בעלבים שמעמידה צ.ח.מ. אפיקים לרשותך. לא עוד השקעות כבדות המחזירות עצמן רק לאחר מספר שנים. היום אתה יכול לצעוד צעד אחר צעד לקראת המטרה.

ניהול הרפת באמצעות מערכת "אפימילק" הוא ענין כלכלי הומדד בכסף. האם בדקת כמה ימי ריק מיותרים בעדרך? מהו מחירו של יום סרק? ומה גובה ההפסדים הנובעים מדלקות עטין?

היום יוחר מחמיד חשוב כלכליתו וניהול באמצעות "אפימילק" מגדיל את רווחיך בשנה - 300 - 500 ש"ח לפרה.

## 'אפימילק' - מערכת ממוחשבת לניהול הרפת

**המשב"ד המרכזי**

המחלקה למערכות משקיות, טל. 03 5631433

**צ.ח.מ. אפיקים**

קיבוץ אפיקים, 15148, טל. 06-754811