

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 מדוייקת של חלבון וחומצות אמינו (ח"אמ) למטרות הייצור השונות. כתוצאה מכך, קבלת החלטות 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 ובהרכבו 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 נושא 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:

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

מנוסחה זו משתמע, כי ניתן לחוות 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 יכול של 2.2 ק"ג ליום של חלבון מיקרוביאלי. שיטה זו פשוטה ומאפשרת הבנה טובה יותר של גודל 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 מדוייקת 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
לינין	5.9	2.5	8.4	2.6	10.4	1.3	2.1	2.0
אורגיה ¹	2.6	2.6	2.3	2.5	3.7	3.1	3.4	3.4

¹ ארגיה מטבולית מחושבת בהתאם ל-NRC (1988).

בשנים האחרונות מקובלת כשיטה מעבדתית לקביעת נעכלות 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 במני תהליכי העיכול בכרס ובמעי, 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 חלבון הכללי במזונות נקבע בשיטת שקי

$$p = a + b(d + c^2)$$

כאשר:
 a = מקטע מסיס (ג'/100 ג' ח"א),
 b = המקטע החשוף לפריקות ע"י מק"א,
 c = קצב הפריקות של מקטע b (ג'/שעה),
 d = משך זמן ההדרגה (שעות),
 a + b = ס"ח המקטע העשוי להיעכל במזון הנבדק, בהדרגה ממשותב (ג'/100 ג' ח"א),
 1 - (a + b) = המקטע הבלתי עכיל במזון הנבדק (ג'/100 ג' ח"א).

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

$$d = a + ((b \cdot c) / (c + k))$$

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. הישוב 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 אלניזה של השונות במתכונת של בלוקים (פרות) באקראי × מנות (מנה גסה בהשוואה למנה עתירת מ"מ).

תוצאות ודין

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

בלבד בהשוואה למנה עתירת מ"מ. הפריקות האפקטיבית של החלבון, נטתה להיות גבוהה יותר בכל המזונות, כאשר הודגרו בפרה שניונו 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 שיוגבר קצב פינוי המעכל מהכרס, כגון רמת ההזנה וריכוזיות המנה, ישפר ההגנה על חלבון המנה.

מקדמי המשוואות המתארות פריקות החומר האורגני והפריקות האפקטיבית במזונות, שהודגרו בפרות שניונו או בשחת אספסת בלבד או במנה עתירת מ"מ, מובאים בטבלה 3. מקדם הפריקות b נטה להיות גבוה יותר בכל המזונות, שהודגרו בפרות שניונו 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 ח"א בכל המזונות, נטתה להיות גבוהה יותר בפרות שניונו בשחת אספסת, בהשוואה למנה עתירת מ"מ. הבדל נמצא מובהק בתחמיץ חיטה ותירס, שחת אספסת, ירק זון, גרעיני כותנה וכוספת סויה. למעשה הושפעו בצורה מובהקת כל המזונות עתירי התאית, למרות שבגם עיכול המזונות עתירי העמילן נטו להתעכל יותר טוב בתנאים המעדיפים פעילות צלולוליטית. ממצאים אלה ניתן להסיק, כי בעת קביעת נעכלות ח"א בשיטת שקי דקרון יש להתיחס לאופי המנה המוגשת לפרה הפונדקאית. הפריקות

טבלה 3. מקדמי משוואת הפריקות של חומר אורגני וערכי הפריקות האפקטיבית באחווים מן החומר היבש, המתאימים לקצבי פינוי מעכל של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה, של המזונות השונים שהודגרו בפרות שניונו 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	38.6 ^a	0.078 ^b	42.3	46.7 ^a	53.9 ^a
	מ"מ	20.1 ^a	27.1 ^b	0.394 ^a	39.9	41.8 ^a	44.5 ^a
תחמיץ תירס	מ"ג	21.3 ^a	46.7 ^a	0.083 ^b	45.1	50.4 ^a	59.0 ^a
	מ"מ	19.0	34.0 ^b	0.177 ^c	41.8	45.0 ^a	49.6 ^a
שחת אספסת	מ"ג	15.1	44.4	0.125 ^c	41.9 ^a	46.6 ^a	53.2 ^a
	מ"מ	14.4	41.3	0.084 ^b	35.0 ^b	39.7 ^b	47.2 ^b
ירק זון	מ"ג	27.3	58.4 ^a	0.068 ^b	54.1 ^a	60.9 ^a	72.4 ^a
	מ"מ	29.1	44.7 ^b	0.065 ^b	48.7 ^b	53.9 ^b	62.9 ^b
גרעיני כותנה	מ"ג	19.9	38.7	0.181 ^c	45.2 ^a	48.9 ^a	54.0 ^a
	מ"מ	18.2	31.2	0.253 ^c	41.2 ^a	43.7 ^a	46.8 ^a
כוספת סויה	מ"ג	22.0	72.4	0.065 ^b	54.4 ^a	62.8 ^a	77.2 ^a
	מ"מ	21.6	70.8	0.054 ^b	49.4 ^b	57.5 ^b	72.4 ^b
גרעיני שעורה	מ"ג	12.5	72.5	0.309 ^c	70.1	74.9	80.6
	מ"מ	13.0	68.6	0.331 ^c	67.1	77.2	81.6
גרעיני תירס	מ"ג	11.1	81.3	0.066 ^b	47.8	57.3	73.4
	מ"מ	12.2	79.1	0.061 ^b	46.0	55.1	71.3
סטית התקן של הממוצע		0.23	0.17	0.016	0.40	0.42	0.56
השפעת המנה	ל"מ	p<.001	p<.05	p<.001	p<.001	p<.001	p<.001

ל"מ בטורים המסומנים באות שונה לכל מזון, נבדלים באופן מובהק (p<0.05).

נתקבל תוצאה הפוכה, כאשר בקצבי פינוי של 2% ו-5% לשעה נתקבלו ערכים גבוהים יותר במנת המרוכות. 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 ההונה וריכוזיות המנה, פרט לכוספת סויה. ככל שרמת ההונה עולה, עולה שיעור החלבון השרידי בכוספת סויה. כמאן, שתוספת כוספת סויה כמקור למעי.

נתקבל תוצאה הפוכה, כאשר בקצבי פינוי של 2% ו-5% לשעה נתקבלו ערכים גבוהים יותר במנת המרוכות. 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 ההונה וריכוזיות המנה, פרט לכוספת סויה. ככל שרמת ההונה עולה, עולה שיעור החלבון השרידי בכוספת סויה. כמאן, שתוספת כוספת סויה כמקור למעי.

טבלה 2. מקדמי משוואות הפריקות של חלבון כללי וערכי הפריקות האפקטיבית באחווים מן החומר היבש, המתאימים לקצבי פינוי מעכל של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה, של המזונות השונים שהודגרו בפרות שניונו 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 ^b	7.1	7.4	7.7
	מ"מ	5.2	2.6	0.460 ^b	7.1	7.3	7.4
תחמיץ תירס	מ"ג	5.9	2.8	0.132 ^b	7.4	7.7	8.1
	מ"מ	5.9	2.6	0.188 ^b	7.2	7.4	7.8
שחת אספסת	מ"ג	5.3	8.8	0.130 ^b	10.6 ^a	11.5	12.8
	מ"מ	5.0	9.8	0.061 ^b	9.1 ^a	10.2	12.2
ירק זון	מ"ג	10.1	14.6	0.104 ^b	18.3	19.9	22.3
	מ"מ	10.4	12.8	0.101 ^b	17.4	18.8	21.0
יעיני כותנה	מ"ג	5.2	15.8	0.501 ^c	18.7	19.5	20.4
	מ"מ	5.2	15.5	0.439 ^c	18.3	19.1	20.1
כוספת סויה	מ"ג	4.2	49.0	0.056 ^b	30.0 ^a	40.2 ^a	40.2 ^a
	מ"מ	4.4	45.7	0.055 ^b	22.5 ^b	27.7 ^b	37.3 ^b
יעיני שעורה	מ"ג	2.5	9.6	0.173 ^b	9.0	9.8	11.1
	מ"מ	2.6	9.5	0.173 ^b	8.9	9.7	11.0
יעיני תירס	מ"ג	2.2	10.0	0.035 ^b	5.2	6.3	8.4
	מ"מ	2.2	10.0	0.040 ^b	5.1	6.1	8.3
סטית התקן של הממוצע		0.005	0.046	0.002	0.017	0.018	0.022
שפעת המנה	ל"מ	p<.001	p<.05	p<.05	p<.05	p<.05	p<.05

ל"מ בטורים המסומנים באות שונה לכל מזון, נבדלים באופן מובהק (p<0.05).

אפקטיבית של ח"א הושפעה במידה ניכרת קצב הפינוי של המעכל מהכרס; היא היתה וזה בקצב פינוי של 2% לשעה ונמוכה בהרבה יצב המהיר יותר של 8% לשעה. לגורם זה שמעות קטנה יחסית במזונות עתירי עמילן, ישר שארית העמילן שלא נעכלה בכרס עשויה ותעכל גם בהמשך מערכת העיכול. אולם מזונות עתירי תאית, פריקות שארית התאית ומשך מערכת העיכול ותרומתה למשך ונרגיה בגוף, מועטה. לכן, יש מקום לתת ערך נגתי שונה למזונות גסים, כאשר הם משולבים זה עתירת מזון גס בהשוואה למנה עתירת מ.

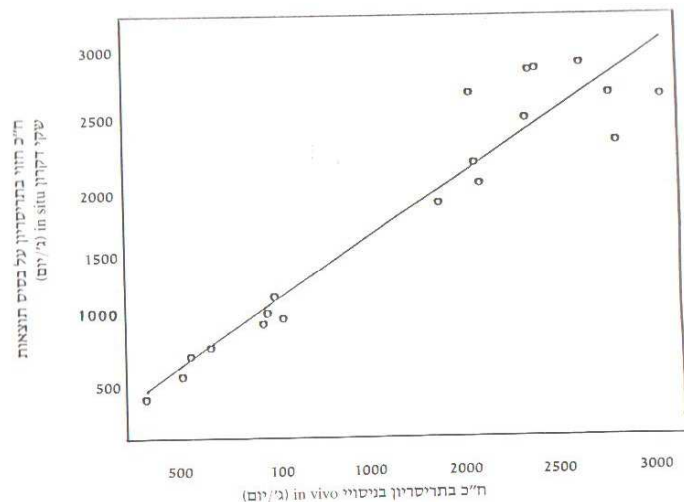
מנתוני הפריקות האפקטיבית של החלבון ללי של כל מזון, ניתן לחשב את כמות לבון השרידי (המשלים ל-100), עבור רמת זה המתאימה. מנתוני הפריקות האפקטיבית

טבלה 4. כמויות כלל החלבון השרידי והמיקרוביאלי באחוזים מן החומר היבש, המגינים לתריסריון, המחושבות לקצבי פינוי מעכל של 2, 5 ו-8 אחוז לשעה, מנתוני המזונות השונים שהודגו בפרות, שיוונו במנות שחת אספסת (מ"ג) או במנה עתירת מ"מ (מ"מ).

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

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

צירוף 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*.



בחומצות אמינו, בהתחשב בדיעת יחס חלבון (R = 0.91) מובהק מאד ומוכיח על ערכים מיקרוביאלי: חלבון שרידי, בהרכב כל חלבון המזון. ברמות הונה גבוהות ובצריכה גבוהה של חלבון, פיזור הנקודות סביב לישר גדול יותר מאשר ברמות צריכה נמוכות. ייתכן שזה נובע מכך, שברמות הונה גבוהות (פרות חלב), המנות מגוונות יותר בהשוואה לרמות הונה נמוכות (עגלות). גיוון המנה עשוי להביא להשפעת גומלין בין המזונות. כאמור, המודל המתואר בעבודתנו מתבסס על תוצאות בדיקות מעבדתיות של מזונות ברדיים ואינו 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

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

$$Y = 0.95X + 12.45$$

כושרו לסייע בייצור חלבון מיקרוביאלי. בהשוואה ל-24.4% במזון. כדי למנוע הפסד 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 החלבון 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%,

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

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 1558-1555.
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 ואינו 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 העווב 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