

מזונות והזנה



החלבון – הערכות ומינון

עופר קרול, "החקלאית"

- **חלבון כללי לא־נעכל** – חלק החלבון שנמצא בצואה.
- **חלבון מטבולי** (חנקן צואה מטבולי) – חלבון הנמצא בצואה ומקורו ברקמות הגוף ולא מן המזון.
- **חלבון (חנקן) אנדוגני** – חנקן הנמצא בשתן כתוצאה של תהליך חילוף החומרים ומקורו אינו ישירות מן המזון.
- **נעכלות אמיתית של חלבון** – חלבון המזון פחות הפסדי חלבון בצואה בניכוי החלבון המטבולי והאנדוגני. מכאן, שהמושג המקובל של חלבון כללי נעכל אינו מבטא נעכלות אמיתית.
- **חלבון פריק בכרס** – החלק מתוך חלבון המזון, אשר מתפרק לאמוניה וחומצות אמינו בכרס; מקורו יכול להיות בחנקן לא־חלבוני, אך גם חלבונים אמיתיים (תערובות של חומצות אמינו) משמשים כמקור לייצור חלבון מיקרוביאלי ועודפים ממנו נספגים בדם כאמוניה ומופרשים בשתן כשתן.
- **חלבון מיקרוביאלי** – חלבון גוף המיקרואורגניזמים הנוצר מחלבון פריק בכרס, כאשר יש די אנרגיה ומינרלים לביצוע התהליך. מכאן, שיש קשר בין ייצור החלבון המיקרוביאלי לכלל התהליכים ובעיקר לאלה הקשורים בעיכול התאית שבכרס.
- **חלבון בלתי פריק בכרס** (חלבון עוקף) – חלק מחלבון המזון, אשר עבר כחלבון את הכרס אל המעיין, ללא פירוק לאמוניה וחומצות אמינו.
- חלבון המזון הינו חומר הגלם העיקרי לבניית רקמות הגוף. נוכחותו וזמינותו חשובים לתהליכי חילוף החומרים וייצור הרקמות (בשר וחלב). ניצול יעיל של חלבון המזון למטרות הנ"ל יושג ככל ששיעור גדול יותר של חלבון (החנקן שבמזון) יגיע כחומצות אמינו למעיים וייספג במקום זה לדם.
- לא קיים קשר ישיר וממשי בין כמות חלבון המזון לבין כמות החלבון (חומצות האמינו) שתיספג במעיים למען המטרות הנ"ל; אפילו אפשר להניח, שככל שתעלה כמות החלבון הנספג במעיים תוך הפחתה בחלבון המזון, ניתן יהיה לספק לבע"ח יותר אנרגיה לביצוע התהליכים ויעילות וכמות הייצור יעלו. על מנת להבהיר את התהליכים השונים והמינון הנכון ננסה להבהיר מספר מושגים.
- **חלבון כללי** – ביטוי לסך כל החנקן שבמזון. חישבונו מניח שיעור של 16% חנקן וניצול מלא של חנקן המזון להספקת חלבון למעלי הגירה. חישבונו כמות החלבון הכללי נעשה על ידי הכפלת כמות החנקן במקדם 6.25.
- **חלבון אמיתי במזון** – חנקן המזון כפול 6.25 פחות חנקן המזון שמקורו בתרכובות חנקן לא־חלבוניות (חב"ח).
- **חב"ח** – חנקן המצוי בתרכובות שאינן חלבון.
- **חלבון כללי נעכל** – החלק מתוך החלבון הכללי שבמזון, אשר נספג במעיים ולא עבר ישירות אל הצואה.

עוקף את הכרס, אינו זמין. דרך נוספת היא בהגנה על חלבון המזון על ידי פעילות כמו חימום או באמצעות תרכובות כימיות (חומצה פורמית וכדומה). יש להניח, שבמידה שיימצאו תהליכים להגנה על החלבון שיהיו זולים דיים, הם ייכנסו לשימוש נרחב, כשם שכבר מקובל בתהליכי הקליה של הכוספאות המצויות בשימוש או אולי בעתיד גם של חומרים נוספים, כמו פולי סויה וגרעיני כותנה.

שיפור טיבו של המזון הגס על ידי עיתוי נכון של מועד הקציר, לפני שהצמח הגביר את ייצור הליגנין, נמצא להיות אחד האמצעים הבדוקים ביותר, הן לעידוד ייצור החלבון המיקרוביאלי, הן לכמות החלבון העוקף היעיל. שילוב של קטניות כמו אספסת ובקיה, אשר נקצרו בראשית הפריחה, יתרום להגברת ייצור החלבון המיקרוביאלי בעוד שאותן קטניות, במידה שנקצרו במועד מאוחר יותר, מכילות ליגנין בשיעור כפול כמעט מהקטניות הצעירות, ומכאן הפחתה משמעותית ביותר בטיב החלבון. לפי ואן סוסט, כ-10% מחלבון האספסת קשור לליגנין ובתור שכזה הוא אמנם נראה משובח כחלבון בלתי-פריק ועוקף את הכרס; אך כאמור לעיל, אינו יעיל.

להלן דוגמא לחלוקת החלבון במזונות שונים כפי שנמסר על ידי ואן סוסט וחובריו ב-1984 ופורסם בזמנו כחלק מאותה עבודה בחוברת "משק הבקר והחלב" מס' 202, יוני 1986.

□ **חלבון עוקף יעיל** – החלבון הבלתי-פריק בכרס אשר אינו צמוד לליגנין, כאשר חלק מחלבון המזון צמוד לליגנין ובתור שכזה לא נספג במעינים למרות היותו בלתי-פריק בכרס.

□ **חלבון יעיל** – חלבון עוקף זמין בתוספת חלבון מיקרוביאלי, אשר נספגים במעינים ועומדים לרשות בעל-החיים.

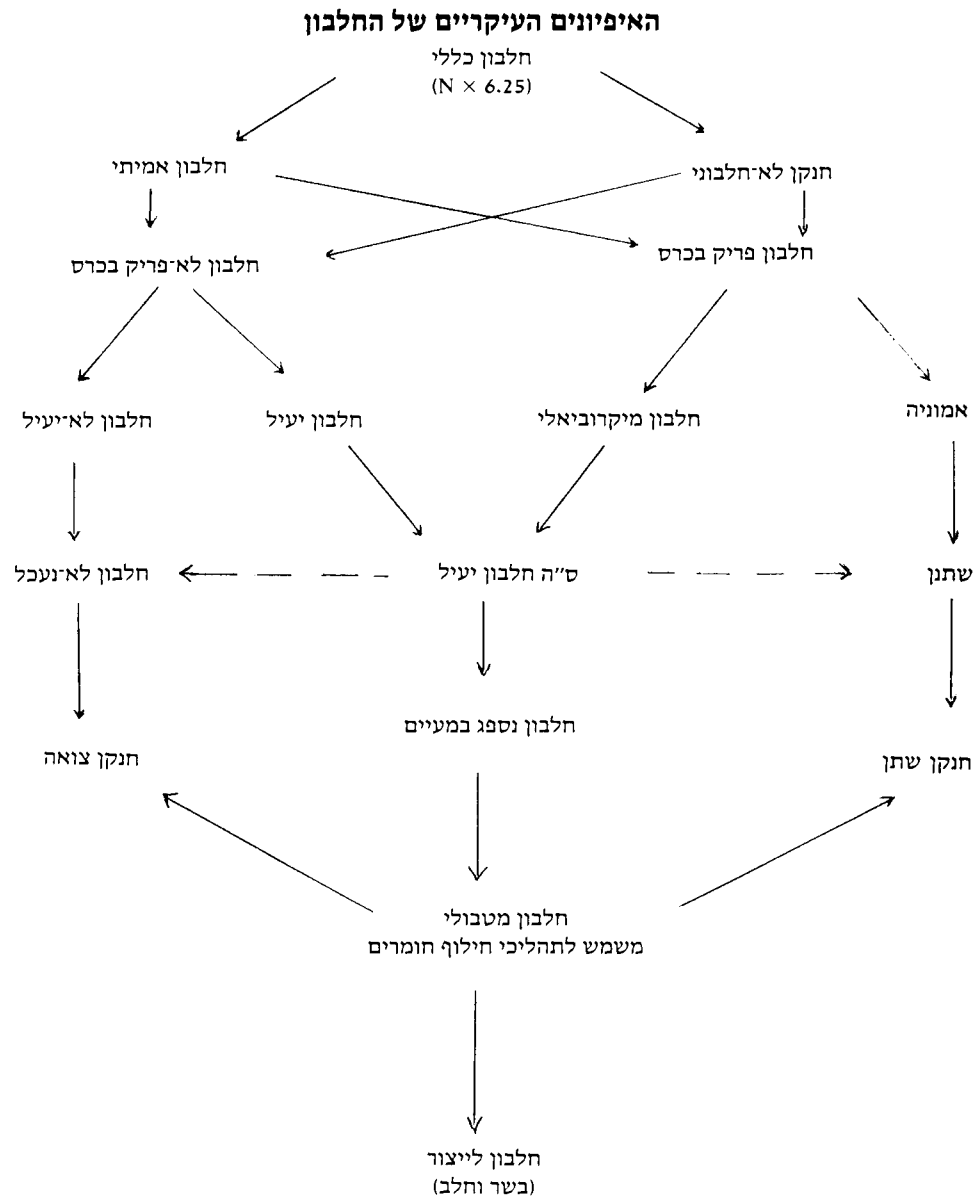
בחינה של ההגדרות שהוזכרו לעיל מראה בבירור, כי על מנת ליעיל ולהרבות בייצור (חלב ובשר), צריך להרבות בהספקת חלבון יעיל. הדבר ניתן להיעשות בכמה אופנים, כמו דרך חלבון מיקרוביאלי בכרס או דרך חלבון עוקף, יעיל יותר מזה שאינו קשור לליגנין.

עליה בייצור החלבון המיקרוביאלי ניתנת להשגה על ידי שימוש במקורות מזון עתירי תאית נעכלת (ירק ותחמיץ שנקצרו בגיל פיסולוגי צעיר), חלבונים בעלי כושר התרסה, כמו אספסת, בקיה וכדומה. ככל שישנה אנרגיה זמינה לפעילות המיקרואורגניזמים במינרלים הדרושים (בעיקר גפרית וזרחן) במידה מספקת וזמינה, כן מיקרואורגניזמים אלה מצליחים להרבות בייצור חלבון מיקרוביאלי אפילו ממקורות פריקים ביותר של חנקן לא-חלבוני (אמוניה, אוריאה וכדומה).

עליה בהספקת חלבון עוקף יעיל תבוא דרך השימוש במזונות עתירי תאית נעכלת ודלי ליגנין, באשר חלבון הקשור לליגנין, אפילו הוא

טבלה 1. שיעור מקטעי החלבון במזונות שונים (%)

המזון	חלבון כללי %	האחוז מתוך החלבון הכללי			
		חלבון בלתי פריק בכרס			חלבון פריק מתריס
		קשור ל-NDF	זמין	קשור ל-ADF, לא זמין	
גפת בירה	29	54	27	13	2
גלוטן תירס	66	94	—	2	1
גרעיני תירס	9	70	10	5	5
תחמיץ תירס	9	36	28	8	4
שחת אספסת	20	50	10	10	3
כוספת סויה	52	71	3	2	12



הטבלה לעיל לא מתייחסת לייצור חלבון מיקרוביאלי, אך היא מציגה באורח די ברור את בעיית הליגנין שבאספסת, מחד והשיעור הגבוה של החלבון הזמין הבלתי-פריק, אשר בגלוטן ובכוספת הסויה שעברה טיפולי קליה והגנה על '88).

החלבון, מאידך. לאחרונה פורסמה טבלה המשווה בין שחמיצי אספסת שנקצרו בשלושה מועדי קציר לבין תחמיץ תירס ממוצע (הוארד'ז דיירימן, פברואר '88).

טבלה 2. השוואה בין שחמיצי אספסת מקצירים שונים לבין תחמיץ תירס.

תחמיץ תירס	שחמיץ אספסת			הרכיב
	קציר מאוחר	קציר בינוני	קציר מוקדם	
35	38	50	38	חומר יבש, %
26	47	40	31	ADF, %
51	66	51	34	NDF, %
7	16	20	25	חלבון כללי, %
45	48	57	76	חלבון פריק מס"ה החלבון הכללי, %
12	22	13	6	חלבון קשור מס"ה החלבון הכללי, %

אנרגיה זמינה יאפשרו לחסוך בחלבון יקר, ליעיל ולהרבות בייצור החלב והבשר.

תיאורית ובהתחשב ברמת האנרגיה ובכמות החלבון המקובלים ברפת הישראלית, אין יתרון למנות שלמות המכילות יותר מ-16% חלבון ואולי אף למטה מכך. באותם משקים, אשר עדיין שואפים לכמות חלבון מירבית, דומני שמן הראוי שיבחנו את עצמם, הרכב המנה ומקורות החלבון ויפחיתו מכמות החלבון לשיעור מירבי של 17% ולא למעלה מכך.



הבעת תודה: המחברים מודים למר רמי ברגמן, חב' "תלתן אספקה" עבור אספקת החומר "אדולק" לצורך הניסויים.

אפשר לראות בבירור, כי העליה בשיעור הליגנין (ADF) קשורה ישירות עם פחיתה בכמות ובאיכות החלבון בייחוד במקרה של אספסת, אשר הינה מזון בו עליה בשיעור החלבון הפריק אינה הפסד של שתנן, אלא דווקא גורם לעידוד וייצור החלבון המיקרוביאלי. הערכים בתחמיצי התירס שונים במידת-מה והדבר מצביע על כך, שאף אם אין אופי דומה למבנה הסיב (ADF, NDF וכדומה) במזונות השונים, הכיוון הכללי זהה.

בעבודה שהוזכרה לעיל על ידי פרופ' ואן סוסט הוצע, וגם נוכל לראות זאת בטבלאות החדישות העומדות להתפרסם, לתקן את חישוב חלבון המזון על ידי הפחתה של החלבון הבלתי-פריק והבלתי-זמין (חלבון קשור) מסך חישוב החלבון הכללי במזון, לפי הנוסחה:

$$ACP = TCP - (ADW \times 6.25) = 1$$

כאשר: ACP – חלבון כללי מתואם

TCP – ס"ה חלבון כללי

ADW – חלבון קשור

בסיכום: ראינו כיוונים שונים והגדרות שונות באיפיון החלבון. בידינו היום ידע רב מבעבר, אך כנראה זהו ידע, שאינו מספיק על מנת לאפיין כראוי את כל המדדים לשפת המחשב.

אם כן, נראה כי הגדרה ומינון נכונים של החלבון צריכים לקחת בחשבון עד כמה שניתן גם את יתר רכיבי המזון, כמות האנרגיה במנה והערכות קרובות עד כמה שניתן לייצור חלבון מיקרוביאלי יחד עם הספקת חלבון עוקף זמין. גיוון מירבי של מקורות החלבון, שיפור טיב המספוא והספקה של מנה מאוזנת ועתירת

