

גישות חדישות למינון החלבון

בנימין לב, המחלקות לבקר, ש.ה.מ.

והפיכתו מחדש לחלבון וניצולו כאילו היה חלבון שמקורו במזון.

מסיבות אלו יש שיטות שונות למינון החלבון כאשר לכל אחת יתרונות וחסרונות משלה, כגון: חלבון כללי, חלבון נקי, חלבון נעכל, חלבון זמין וחלבון מטבולי – ערך ביולוגי של חלבון, חלבון מסיס, מתפרק, לעומת חלבון לא מסיס, לא מתפרק או עוקף את הכרס ועוד. בשל כך גם משתנה מדי פעם השיטה של מינון החלבון והערכתו במזונות. בישראל הוחלט לפני מספר שנים לאמץ כשיטה להערכת הערך המזין של החלבון במזונות ולמינונם את השיטה של מועצת המחקר של ארה"ב (NRC) משנת 1978 שהיא חלבון כללי (כמות החנקן לפי בדיקת קילדל מוכפלת ב־6.25). לעומת זאת, אימצה המועצה למחקר חקלאי בבריטניה (ARC) למינון החלבון ולהערכת תכולתו את השיטה של חלבון המתפרק בכרס (RDP) וחלבון שאינו מתפרק בכרס (RUP). בהמשך הדברים מתואר נסיון להסביר עקרונות השיטה הזאת, יתרונותיה וחסרונותיה. על אף ששיטה זאת לא אומצה בארץ ויש עליה ועל אפשרויות יישומה חילוקי דעות וביקורת לא מעטה, הרי יתכן שבמקרים מסויימים בחינת מנה על בסיס עקרונותיה עשויה לעזור לנו בקידום ובפתרון בעיות הזנה ספציפיות.

חילוף החומרים של החלבון בכרס

החלבון האמיתי ותרכובות החנקן שאינן חלבון מגיעים עם המזון לכרס בה אוכלוסיה עצומה של מיקרופלורה – חיידקים וחד-תאים. אוכלוסיה זאת מוערכת בכמה מיליון עד 10 מיליארד חיידקים וחד-תאים בסמ"ק אחד של מיץ כרס. גודלה והרכבה של אוכלוסיה זאת משתנה בהתאם לטיב האוכל ומצבו של בעל החיים. החיידקים והחד-תאים מפרקים חלק ניכר מהמזון (עד 75%) ומשתמשים בו לצרכי קיומם

כידוע חיוני החלבון במנת המזון של בעלי החיים והוא אחד הגורמים העיקריים הנלקחים בחשבון במינון המזון והרכבת המנות. חוסר חלבון במנה פוגע בייצור וביעילות ניצול המנה. מאידך, ברוב המקרים המזונות שתכולת החלבון בהם גבוהה (שחת קיטניות, כוספות למיניהן ועוד) יקרים ממזונות שתכולת החלבון בהם נמוכה ולכן הוספת חלבון מעבר לדרוש גורמת לייקור המנה ללא צורך. יש גם מחקרים המצביעים על כך שעודף חלבון איננו מוסיף לבהמה. הוא אמנם איננו מרעיל, אבל יתכן והוא פוגע בתאבון, גורם למעמסה פיזיולוגית על הגוף, שצריך להיפטר מעודפי החלבון אחרי פרקו בכבד והפרשתו דרך הכליות והשתן. לכן יתכן שהוא פוגע בפוריות ובפעילות אחרת. מכל הסיבות האלו חשוב לדייק במינון החלבון. מינון החלבון למעלי גרה בעיתי בגלל תהליכי העיכול המיוחדים אצל בעלי חיים אלה שהם הפרוק והסינתזה של החלבונים על ידי המיקרופלורה בכרס, אפשרויות ניצול תרכובות חנקן שאינן חלבון שמקורם במזון והפיכתן לחלבון על ידי המיקרופלורה בכרס ו"מחזור" של אוראה שמקורה בחלבון שפורק בכבד המגיע לכרס דרך הרוק ואפילו על ידי ספיגה ממערכת הדם,

14 → ספרות:

1. Great Britain Agricultural Research Council, "The Nutrient Requirements of Farm Livestock", No 2, Ruminants, London, 1965
2. Newton, C.L., et al, J.An.Sci., 38:449 (1974)
3. Hemken, R.J., "Factors that Influence the Iodine Content of Milk and Meat: A Review", J. of An. Sci., Vol 44, No 4 (1979)
4. Wolf, J.Am J.Med., 47:101 (1969)
5. "Nutrient Requirement of Dairy Cattle", 5th Revised Edition, 1978, p 13
6. "Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants", by D.C.Church, O & B Books Inc., Oregon, USA, Vol 1979 p 122



שמקורה בחלבון המפורק, לכן הם נכללים גם בחלק של "החלבון המסיס". כידוע הוכיח החוקר וירטון שפרות חולבות מסוגלות להתקיים ולהניב חלב כאשר תרכובות חנקן שאינן חלבון הן מקור החלבון הבלעדי. למאגר של תרכובות חנקן שאינן חלבון במיץ הכרס מתווסף מקור נוסף. הרוק מכיל כמות מסויימת של אוראה ויש גם סברה שאוראה ואמוניה עוברים מהדם דרך דפנות הכרס למיץ הכרס. למחזור זה יש כנראה חשיבות רבה מאוד כאשר יש מחסור של חלבון ותרכובות חנקן שאינן חלבון במנה. מאידך גיסא, הוא מקשה מאוד לוודא איזה חלק מתרכובות החנקן שהוכללו במזון נעכלים ומונצלים על ידי מעלה הגרה. כאשר רמת האמוניה והאוראה במיץ הכרס גבוהה, יש ספיגה של חומרים אלה ממין הכרס לדם והם אינם מנוצלים במלואם.

אפשרויות הניצול והשימוש בתרכובות חנקן שאינן חלבון לייצור חלבון חידקים, הן מוגבלות. אמוניה ואוראה הם רעילים, לכן ריכוז רב מדי של חומרים אלה במיץ הכרס פוגע בפעילות המיקרופלורה ובפונדקאי ואף גורם להרעלות ותמותה. כושר ייצור החלבון (בניגוד לכושר הפרוק) הוא מוגבל. הוא תלוי, בין היתר, בגודל המיקרופלורה שמוגבלת, באיכותה ובאספקת אנרגיה זמינה למיקרופלורה לייצור החלבון.

איכות החלבון בהזנת מעלי הגרה

לבעלי חיים עילאיים חייבים לספק במזון לא רק את כמות החלבון הדרושה אלא גם איכות חלבון. החלבון חייב להכיל את הכמות של חומצות האמינו החיוניות הדרושות שבעל החיים איננו מסוגל לסנתז לעצמו. לדוגמה מתיונין, ליזין וטרופלופאן, שכל מי שעוסק בהזנת עופות מצוי היטב בבעיה של הבטחת אספקתן בכמות הדרושה. בהזנת מעלי גרה, עד התקופה האחרונה היה מקובל לא להתחשב בטיב החלבון והרכב חומצות האמינו שבו (ערך ביולוגי של חלבון), כי עיקר אספקת החלבון היתה חלבון חידקים שאין בו אפשרות שליטה על טיבו שנוצר עם פרוק החלבון שבמזון על ידי המיקרופלורה שאצלה לא קיימת הבעיה של

ורביים. מעלי הגרה מנצלים לצרכיהם התזונתיים את החידקים והחדיתאים ומעכלים אותם בשלבים יותר מאוחרים במערכת העיכול, מעכלים חלק מחומרי הפרוק של המזון הנוצרים על ידי החידקים (לדוגמה – חומצות שומניות נדיפות), וכמובן את החלק של המזון שמסיבות שונות לא פורק על ידי החידקים. החידקים והחדיתאים אוכלים במידה רבה גם אחד את רעהו – בעיקר החדיתאים את החידקים.

עקרונית המצב בעיכול החלבון דומה. חלק גדול מהחלבון מפורק על ידי המיקרופלורה למרכיבים פשוטים יותר, פפטידים וחומצות אמינו, ובשלבים מאוחרים יותר לאמונים וחומצות שומניות. החידקים והחדיתאים בונים ממרכיבים אלה את חלבון גופם המשמש לאחר מכן כמקור החלבון העיקרי להזנת הפונדקאי של המיקרופלורה – מעלה הגרה.

החידקים מסנתזים את החלבון של גופם בעיקר מאמוניה, החדיתאים זקוקים להזנתם לפחות חלקית גם לחומצות אמינו ופפטידים. החלבון שאינו מפורק על ידי המיקרופלורה עובר להמשך מערכת העיכול. מעלה הגרה, דהיינו הפונדקאי, יכול להשתמש לסיפוק צרכיו בחלבון – בחלבון אמיתי בלבד. מקור החלבון העיקרי הוא חלבון החידקים וחלקו החלבון שלא עבר פרוק על ידי המיקרופלורה. אחוז החלבון המתפרק או לא מתפרק בכרס תלוי במידה רבה באיכות החלבון. יש מזונות שהחלבון שלהם מתפרק פחות או מתפרק יותר. כדי שהמיקרופלורה תוכל לפרק את החלבון עליו להתמוסס תחילה במיץ הכרס בו היא מצויה. מכאן בא הסיווג של איכות החלבון: חלבון מסיס (במיץ הכרס) ולא מסיס, חלבון מתפרק בכרס וחלבון שאינו מתפרק בכרס שלעיתים גם מכונה חלבון עוקף, דהיינו עוקף את הפרוק בכרס. לעתים מונעים על ידי טיפולים שונים את הפרוק של החלבון בכרס ו"מגינים" על החלבון בפני הפרוק וחלבון זה מכונה "חלבון מוגן".

המיקרופלורה בכרס יכולה לנצל לייצור החלבון גם תרכובות חלבון שאינן חלבון המצויים במזון. ניצולם דומה לזה של האמוניה

איכות החלבון בהזנתה.

לכן כדי לספק את כמות החלבון הדרושה לבעלי חיים ברמת ייצור גבוהה (לדוגמה פרות גבוהות תנובה) הזקוקים לכמויות גדולות מאוד יחסית של חלבון, חייבים לספק להם את החלבון מעבר לכמות המסופקת ממקור המיקרופלורה כחלבון שאיננו מתפרק בכרס ומגיע לעיכול ישירות לקיבה האמיתית והמשך מערכת העיכול. ככל שרמות הייצור גדלות וככל שכתוצאה מכך צרכי החלבון גדלים, גדל חלקו של חלבון זה שיש לספקו עם החלבון במנה.

מכאן נובעת המסקנה שבבניית המנות של מעלי הגרה חייבים לקחת בחשבון את גורם פרוק החלבון בכרס, ולבחור את המנות בהתאם.

טיב החלבון בהתאם לכושר פרוקו על ידי המיקרופלורה בכרס במוזנות שונים וכיצד להשפיע על מניעת פרוקו בכרס

1. תכונות כושר הפרוק של החלבון במוזנות השונים משתנות לפי מסיסות החלבון שלהם בכרס ופרוקו. הרי סיווג המוזנות לפי מידת פרוק החלבון שלהם בכרס:

א. מוזנות בהם החלבון מתפרק במידה רבה מאוד בכרס (70%–90%): שחת עשבי דגניים, שחת קיטניות, תחמיץ מעשבי דגניים, גרגירי שעורה וחיתה, כוספות שלא טופלו בחימום וקליה, שמרים, קזאין.

ב. מוזנות בהם החלבון מתפרק במידה בינונית (50%–70%): ירק עשב וקיטניות, ירק עשב וקיטניות שיובש מלאכותית, תחמיץ תירס ותלתן, גרגירי תירס, כוספות שעברו טיפול בחימום: כוספת סויה, קוקוס, כותנה וחמניות.

ג. מוזנות בהם החלבון מתפרק במידה מועטה (30%–50%): קיטניות שיובשו מלאכותית, טחונות ומכופתות, גרגירי סורגום מילו, קזאין מטופל בפורמאלדהיד, קמח דגים (תלוי בטיבו), קמח בשר ועצמות, קמח דגים לבן, קמח גואר.

ד. מוזנות בהם החלבון מתפרק במידה מועטה מאוד (פחות מ-30%): תחמיץ מטופל בפורמאלדהיד, קמח דגים פרוי (מפּרוּ).

2. אפשר להשפיע על מסיסות החלבון על ידי טיפולים מכניים, פיזיים, כימיים ואחרים:

א. טחינה עד דק – מצד אחד גורמת לכך

חלבון החידקים הינו באיכות גבוהה יחסית, ויש לו ערך ביולוגי של 70–80. פרוש הדבר ש-70%–80 ממנו משמש למבנה רקמות גוף ולייצור חלב, צמד ועוד. המצב שונה אם מדובר בחלבון שאיננו מתפרק בכרס אלא מנוצל ישירות על ידי בעל החיים. חלבון כזה שמגיע כפי שהוא לקיבה האמיתית ומתחיל להתפרק רק שם, יהיה מנוצל יותר טוב אם ערכו הביולוגי רב יותר ויכול אף להשלים את ערכו של חלבון המיקרופלורה. מכאן שיתכן ואפשר לשפר את הביצועים של מעלי גרה ברמת ייצור גבוהה כגון פרות גבוהות תנובה על ידי הכללה במנה של מוזנות המכילים חלבונים בעלי ערך ביולוגי גבוה ואינם מתפרקים בכרס.

התהליכים בעיכול החלבון ותרכובות חנקן שאינן חלבון והשפעתם על ההזנה המעשית

מהדברים שהוסברו לעיל משתמע לגבי הזנה מעשית:

1. כדי ליצר חלבון מתרכובות חלבון שאינן חלבון או מחומרי פרוק של החלבון במוזון חייבים לספק למיקרופלורה בכרס אנרגיה זמינה. ככל שריכוז האנרגיה הזמינה במוזון יהיה רב יותר, כושר סינתזה החלבון רב יותר (כמובן בהתחשב במגבלה של כמות המיקרופלורה המצויה). ככל שריכוז האנרגיה הזמינה במוזון נמוך יותר וככל שצרכי האנרגיה של בעל החיים רבים יותר – הכושר היחסי לסינתזה קטן: הן האפשרויות של ניצול תרכובות חנקן שאינן חלבון הולכות וקטנות, והן האפשרויות של סינתזה מחדש של חלבון שפורק על ידי המיקרופלורה בכרס נעשות מוגבלות יותר.

2. למען פעילות יעילה ומירבית של המיקרופלורה חייבים לספק לה תרכובות חלבון שאינן חלבון הדרושות לייצור חלבון לבנית גופן בכמות מספיקה ואת האנרגיה הזמינה לייצור חלבון זה. מקורות תרכובות החנקן שאינן חלבון הם בעיקר שניים: חלבון במוזון שפורק, ותרכובות חנקן שאינן חלבון במוזון.

3. כושר הסינתזה של המיקרופלורה מוגבל, כנראה שלא כן כושר הפרוק של החלבון המסיס.

בשימוש להזנה בהידרוקסי – אנלוג של מתיונין והתקבלו שיפורים בביצועים.

ז. ממשק הזנה – יתכן שניתן להשפיע על יעילות ניצול החלבון ומניעת פרוקו על ידי אופן הגשת המזון. יש מספר ניסויים המצביעים על כך שאם המזון ניתן במנות קטנות רבות, או ניתן כמנה כולית, יש שיפור בניצול החלבון במנה.

ח. גרימת סגירת המשך תעלת הוושט – כידוע בהמשך הוושט על דפנות קיבות העוזר יש שתי בליטות שריריות המובילות מקצה הוושט לפתח הקיבה האמיתית. כאשר עגלה יונקת או שותה חלב, אלו נסגרות והפוכות למעין צינור, וכך מגיע החלב ישירות לקיבה האמיתית. מחפשים דרכים להפעלת "צינור" זה אצל בקר מבוגר למניעת פרוק החלבון בכרס. כאן כדאי לחזור שיש דעות שמי גבינה מפעילים רפלקס זה, לפחות חלקית, ולכן חלקם עובר ישירות לקיבה האמיתית.

מינון לפי התפרקות החלבון בכרס

כפי שכבר הזכר, פותחה בבריטניה שיטה למינון החלבון לפי התפרקות בכרס. כמויות החלבון המתפרק והלא מתפרק והיחסים ביניהם משתנים לפי רמת הייצור ולפי ריכוז האנרגיה במזון. הבריטים מגדירים את ריכוזיות האנרגיה במזון כחיס בין האנרגיה המטבולית במזון לאנרגיה הכללית שבו. זו שיטה שונה מהמקובלת אצלנו, בה אנו מציניים ריכוז האנרגיה המטבולית, נקיה לחלב וכו' בצורת מגק"ל בק"ג חומר יבש. במזונות מקובלים ערך האנרגיה הכללית כמעט זהה: כאשר שורפים כמות שווה של גרגירים וקש ב"בומב קלורומטר", כמות האנרגיה המתקבלת היא כמעט שווה. מסתבר שלמעשה עקרונית אין הבדל רב בין שתי השיטות. המקדמים המתקבלים אמנם שונים ועשויים להיות גם הבדלים במזונות יוצאי דופן עשירים בתכולת שומן או אפר.

★

על דוגמאות למינון לפי השיטה הבריטית ועל האפשרות לישים את השיטה בארץ – יבוא מאמר נפרד.



ששטח הפנים של המזון גדל ולכן גדלה זמינות החלבון למגע עם המיקרופלורה. מאידך, כתוצאה מהטחינה גדלה מהירות המעבר וקטן זמן השהיה בכרס.

ב. כיפתות – במידה והוא משפיע על מהירות המעבר בכרס, עשוי למנוע פרוק חלבון. בנוסף, כיפתות מחייב חימום.

ג. חימום – למעשה חלק גדול מהטיפולים קשור בחום ישירות או בעקיפין. בדרך כלל חימום גורם להפיכת החלבון לפחות מסיס ופחות מתפרק. עודף חימום פוגע בנעכלות הכללית. רוב הכוספות עוברות חימום בזמן תהליך הייצור. מזונות העוברים ייבוש מלאכותי עוברים חימום: פיסטור, כיפתות, גריסה, טחינה ועוד, וזה פרט לתהליכים של חימום, קליה, טיפולים בקיטור ואחרים אשר גרגירי המספוא עוברים לעתים.

ד. טיפולים כימיים – חומרים שונים משפיעים על מסיסות והתפרקות החלבון בכרס. נוסו טיפולים במזון בחומרים אלה להגנה על החלבון בפני פרוקו בכרס. החומרים העיקריים הם: פורמאלדהיד וטנין (חומצה בורסקאית). בפורמאלדהיד משתמשים גם כתוספת לתחמיצים לשיפור שימורו. לאחרונה נוסתה גם מולסה של עץ.

ה. חומרים אנטיביוטיים – מנסים שימוש בחומרים אנטיביוטיים להכוונה של התסיסה בכרס למטרות ייצור שונות, למניעת ייצור גז מתן וגם למניעת פרוק החלבון. החומר היחיד שלו כנראה השפעה מסוימת במניעת פרוק החלבון בכרס הוא רומנסין (מונסין).

ו. שימוש באנלוגים (תרכובות דומות) של חומצות אמינו שלא מתפרקות בכרס אבל מנוצלות בהמשך מערכת העיכול. לנושא זה שתי מטרות: א) מניעת פרוק החלבון בכרס; ב) העלאת הערך הביולוגי של החלבון על ידי השלמת חומצות האמינו החסרות כדי לשפר את ניצול חומצות האמינו הנספגות לגוף. לחלבון המיקרופלורה אמנם ערך ביולוגי יחסית גבוה (70–80), אבל בהשוואה לחלבון חלב הוא מכיל רק כ-75% מההיסטידין, כ-88% מהמתיונין וכ-82% מהלוצין. בין היתר, נערכו ניסויים