

בעוד ישנם תזונאים הקושרים MUN גבוה לאחוזי התעברות נמוכים, תוצאות המחקרים שונות ומשתנות. לכן, יש לשים הדגש על הפסדי אנרגיה ועלות מזון יותר גבוהה כנובעים מרמות MUN גבוהות.

גבוהות של חלבון עלולות להשפיע על הבריאות ועמידות/חוסן בפני מחלות, בפרט אצל פרות עם בעיות אחרי ההמלטה. לבסוף, לרמות גבוהות של MUN ו-BUN תהיה השפעה שלילית על איכות הסביבה, משום הפרשה יותר גדולה של עודפי חנקן בזבל עם כל המשתמע מכך לגבי ריחות וטיב המים.

שימוש מעשי בפרמטר "שרידיות חלבון המזון" לצורך תכנות מנות

רן סולומון – שה"מ, המחלקה לבקר

רקע

כמות החלבון שתפורק בכרס ותהיה זמינה למק"א מחד גיסא, וכן אספקת חומצות אמינו שמקורן במזון שלא פורק בכרס, מאידך גיסא. פריקות חלבון אינה תכונה "חיובית או שלילית", משום שבתנאי הזנה וייצור מסויימים פריקות חלבון גבוהה עשויה להיות הפריקות המיטבית, ובתנאים אחרים – פריקות נמוכה. השוני הקיים בערכי פריקות החלבון בין **מזונות שונים** היא תופעה ברורה ומובנת הנובעת בין השאר מתכונות פיזיקליות של המזון, כמו מבנה המעטפת הפנימית של גרנולות העמילן בגרעיני דגן ומסיסות החלבון בנוזל הכרס הנובעת ממבנהו הפיזי והכימי. אך קיימים גם הבדלים בפריקות החלבון **במזונות זהים** הנובעים מטיפול פיזי או כימי שונה שעבר המזון כמו: עוצמת החימום המושקעת בתהליכי ייבוש וקליה (בעיקר בכוספות); טיפולים פיזיקאליים במזון המשפיעים על גודל החלקיקים כמו גריסה או כיפתות; טיפול כימי בגרעינים בנתר מאפל; תהליכי עיפוש וקלקול המלווים בהרס חלבון ו/או פגיעה בזמינותו, ועוד. בנוסף, שיעור הפריקות של החלבון בכרס אינו ערך קבוע, אלא עשוי להשתנות בהתאם לסיטואציה התזונתית בה נעשה בו שימוש, כמו יחסי גומלין עם מזונות אחרים (מקורות אנרגיה זמינה ושיעור ואיכות המזון הגס) וברמת הייצור של

עד שנות ה-40 של מאה זאת צרכי החלבון של פרת חלב חושבו כסכום של החלבון הכללי (ריכוז החנקן מוכפל ב־6.25) הדרוש לקיום וזה הדרוש לייצור חלב. כללית, למקור החלבון לא ניתנה חשיבות מיוחדת. בתחילת שנות ה-40 התגלה, שתרכובות חנקניות פשוטות (NPN), אשר אינן בנויות מחומצות אמינו) כמו אוריאה מסוגלות לספק חלק מדרישות החלבון של הפרה. מחקר נוסף הראה, שהסיבה לכך היא כושרם של אוכלוסיות המיקרואורגניזמים (מק"א) בכרס להפוך את החנקן של תרכובות אלה לחומצות אמינו ולחלבון המשמש לבניית גופם. גילויים אלה פתחו אפיקי מחשבה ומחקר חדשים וגישה תזונתית חדשה בהזנת החלבון, אשר ניתן לתמצתם כ"הזנת המק"א בכרס". בהקשר זה, מאז הופנו עיקר המאמצים למציאת ההזנה, אשר תיצור תנאים מיטביים למק"א בכרס, תאפשר תהליכי תסיסה ופירוק מיטביים של המזון על ידי המק"א תוך התרבות וייצור מירבי של חלבון מיקרוביאלי. חלבון זה הבונה את גופי המק"א מגיע מהקיבות למעי (יחד עם החלבון השרידי – חלבון המזון שלא פורק בכרס), מפורק לחומצות אמינו, נספג לדם ומהווה המקור העיקרי לתהליכי ייצור בגוף הפרה, ובעיקר, ייצור חלב בעטין. מכאן, ששיעור הפריקות של החלבון בכרס קובע את

השיטה השנייה, והפופולרית יותר, פותחה ספציפית לצורך קביעת פריקות החלבון בכרס. בשיטה זאת נעשה שימוש בפרה המצוידת בפתח רחב בכרס, דרכו מניחים בתוך נוזל הכרס לפרקי זמן שונים דוגמאות מזון שקולות וארוזות בשקיות דקרון. החורים בשקית הדקרון מאפשרים חדירת מק"א פנימה אך אמורים למנוע בריחת חלקיקי מזון החוצה. לאחר פרק זמן קבוע, או פרקי זמן שונים, מוציאים את הדוגמה וקובעים את החלבון הנותר בדוגמה, אשר לא פורק על ידי המק"א, כחלבון השרידי. גם לשיטה זאת יש חסרונות כמו בריחת חלקיקי מזון מהשקית מחד גיסא, וזיהום החלבון הנותר בדוגמה בחלבון של מק"א, מאידך גיסא. ממק"א אלה אשר התמקמו בתוך חלקיקי דופן-התא במהלך ההדגרה (האינקובציה) יש קושי רב להיפטר על ידי שטיפות.

למרות הבעיות המתוארות לעיל, במהלך השנים הצטברו בספרות המדעית נתונים רבים באשר לשיעורי הפריקות של מזונות המקובלים בהזנת מעלי-גירה. למרות השונות בתוצאות פריקות החלבון מבדיקות חוזרות של מזונות בעלי שם זהה, אך עם הסטוריה שונה, הנתונים מצביעים על כיוונים ומגמות.

בטבלאות הבאות מוצגת גישה מעשית להכנסת נתוני הפריקות או השרידיות של החלבון למטריצת המזונות לצורך בניית מנות. בסיס הנתונים נבנה על סמך מאמרים שפורסמו בעולם בשנים האחרונות, חומר מועט הקיים ב-NRC, עבודות בודדות שפורסמו בארץ בהן הוצגו נתוני פריקות חלבון של טווח רחב של מזונות, שיח עם חוקרים ומדריכים בעלי הבנה בנושא וידע אישי מצטבר. התפיסה בכללותה נבחנה על ידי חברי ועדת ההזנה של הנהלת ענף הבקר וזכתה לברכתם.

השיטה

נבחר טווח רחב של מזונות בהם נעשה שימוש להזנת בקר לחלב ברפת הישראלית. ערכי שרידות המזון של מזונות אלה (כ- % מהחלבון הכללי) נאספו ורוכזו על סמך המקורות שצוינו

הפרה הקובעים את צריכת המזון וקצב פינויו מהכרס.

נשאלת השאלה, כיצד ניתן לקבוע את שיעור הפריקות בכרס של חלבון המזון, או את שיעור שרידותו מהכרס (ערך המשלים ל-100%)?

כיום מקובלות שתי שיטות עיקריות. בשיטה הראשונה מזינים פרה במנה המכילה בין השאר גם מקור חלבון נבדק. בעזרת שימוש בפיסטולה המותקנת בתחילת המעי הדק, ובסמן הניתן במזון ומודד את כמות המעכל הזורם מהקיבות למעי, ניתן לקבוע את סה"כ כמות החלבון היומית העוזבת את הקיבות ומגיעה למעי הפרה... אך כיצד ניתן להפריד את סה"כ החלבון שמגיע למעי, למרכיביו – חלבון שמקורו בגופי מק"א שעזבו את הכרס וחלבון שרידי שמקורו במזון שלא פורק בכרס? הפתרון החלקי שנמצא הוא שימוש בסמנים פנימיים (³⁵S; DAPA; ²RNA) או חיצוניים (רדיואקטיביים, ³⁵S) בעזרתם ניתן "להעריך" את כמות החלבון שנתרמה על ידי המסה המיקרוביאלית, או אז להחסירה מסה"כ החלבון שהגיע למעי ולקבל את החלבון שמקורו במזון שלא פורק. נשמע פשוט? בכלל לא. הבעיה העיקרית שבשימוש בסמנים מיקרוביאליים שונים (כמצויין לעיל) היא, שמקבלים תוצאות שונות של הערכת המסה המיקרוביאלית וכפועל יוצא – ערכי פריקות שונים של חלבון המזון. במקרים מסויימים השונות בשיטת הבדיקה יכולה להיות גדולה יותר מההבדלים הצפויים בפריקות החלבון בין מזונות שונים ולכן, ניתן להשוות בין תוצאות שהתקבלו משימוש באותו סמן מיקרוביאלי בלבד. מעבר לאמור לעיל, הפופולריות של שיטה זאת אינה נוסקת לשחקים ולו מהסיבה, שיש צורך להחזיק פרות/כבשים המצוידות בפיסטולה בתריסריון ודורשות טיפול מיוחד הדרוש בניסוי מטבולי.

1. דייאמינו חומצה פימלית – תרכובת הקיימת רק במק"א, אך בחידקים בלבד ולא בפרוטוזואה המהווים אף הם חלק מהמסה המיקרוביאלית.
2. חומצות גרעין הקיימות אומנם בחידקים ובפרוטוזואה, אך גם במזון וחלקן מגיעות למעי ללא פירוק בכרס.

נתונים הקיימים בספרות, או בבדיקה אקראית. חיזוק לכך מתקבל מהעובדה המצערת, שלא קיימת מעבדה בארץ המסוגלת לבדוק פריקויות חלבון באופן שגרתי כשרות לרפתנים ולתזונאים, לכל חומר מספוא המגיע לארץ, החל בגרעינים וכלה בכוספות וחומרי לואי (והרי ידוע לכולנו על דרך ההלצה, שאין דין כוספת לפתית בלונדינית ממקור סקנדינבי כדין כוספת לפתית כהת-שער שמקורה אי-שם מהמזרח האקזוטי). יקומו המקטרגים, ובצדק יגידו: "מה פתאום יקבלו גרעיני שעורה, שיפון וחיטה את אותו הערך (25%)? הלא שונים הם בערכי שרידיות החלבון". נכון הדבר, אך השוני נמצא בתחום שבין 20 ל-30% ולכן יקבל את הערך הממוצע של 25% שרידיות חלבון. בהתאם לכך

לעיל (טבלה מצורפת). המזונות קוטלגו בין תחומים שונים של שרידיות מזון כדלקמן (%): 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70; 70-80.

לצורך הכנסת הערך של שרידיות החלבון למטריצת המזונות נבחר הערך הממוצע של התחום. לדוגמה: כפי שהתקבל מהספרות, השרידיות של חלבון גרעין התירס נעה בין 50 ל-60% מכלל החלבון הכללי; השונות ודאי נובעת מכל הסיבות שהוזכרו לעיל, ואין תוצאה "נכונה יותר או פחות". איילך, נבחר הממוצע של התחום כערך שיקבע לחלבון גרעין התירס, דהיינו 55% שרידיות. האם זה הערך האמיתי? איש אינו יודע בודאות, אך ודאי הוא הערך הפחות מוטא מכל ערך אחר שייבחר על סמך

שרידיות חלבון המזון (אי פריקות בכרס) (% מהחלבון הכללי)

התחום הערך	0	0-10	20-30	20-30	20-30
	0	5	25	25	25
			המזונות		
אוריאה		מי גבינה	גלוטן פיד	גרעיני כותנה	סובין
מולסה		זבל עופות	כוספת חמניות	גרעין שיפון	רמולז
גופרת אמון			כוספת בוטנים	גרעין חיטה	קליפות הדר
			כוספת ליפתית	גרעין ש"ש	תחמיץ חיטה
			שיזרות תירס	גרעין שעורה	חציר דגן לסוגיו

התחום הערך	30-40	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
	35	35	45	55	65	75
			המזונות			
לחם		* כוספת סויה	גפת בירה	גרעין תירס	קמח בשר	קמח דם
תחמיץ תירס		כוספת כותנה	קליפות סויה	גרעין סורגום	קמח דגים	
חציר קיטנית		תפוחי אדמה	כותבל	שבבי תירס	קמח נוצות	
				DDGS	גלוטן מיל	

* שרידיות החלבון של כוספת סויה שמקורה בבתי הבד בארץ נבדקה כיום על מספר דגימות שנילקחו לאורך השנה.

** במצבים בהם חל חימום יתר של המזון כתוצאה מקלייה מופרזת או התחממותו עקב תהליכי תסיסה אירוביים של עיפוש, עלולה לעלות שרידיות החלבון של המזון בכרס אך במקביל תתרחש ירידה בזמינותו במעי ובכלל מערכת העיכול.

קיבלו כל המזונות הגסים, שמקורם אינו קטנית או תירס, ערך ממוצע של 25% היות ונפלי בקטגוריה של 20%–30%.

המזון	חלבון כללי גרם/ק"ג ח"י	חלבון שרידי גרם/ק"ג ח"י
תחמיץ חיטה	80	20
תחמיץ תירס	80	28

כך לדוגמה תיראה המטריצה לגבי תחמיץ חיטה ותחמיץ תירס. הנתונים על בסיס חומר יבש: % החלבון הכללי בשניהם – 80%; שרידיות חלבון החיטה – 25% מהחלבון הכללי; שרידיות חלבון התירס – 35% מהחלבון הכללי. לפי השיטה המוצגת, השגיאה המירבית העלולה להיות היא ± 5 יחידות אחוז ובמידה ויש חלוקי דעות מהותיים על מיקומו של אחד המזונות בתחום כזה או אחר יש להניח שמיקומו ישתנה לכל היותר תחום אחד ימינה או שמאלה.

טבלה זאת מוכרזת כטבלה פתוחה לשינויים. בטוחני שהמלצות NRC שיפורסמו בקרוב, יכילו אינפורמציה עשירה ומעודכנת יותר מזאת הדלה הקיימת בהמלצות NRC הנוכחיות. מובן שפירסום תוצאות בדיקות חוזרות בארץ ובעולם עשוי להקטין את השונות הקיימת כיום ויגרום לבניית טבלה חדשה, בה התחומים יהיו צרים יותר לגבי כל המזונות או קבוצת מזונות מסויימת (לדוגמה, 5 יחידות אחוז במקום 10 יחידות אחוז).

המחבר ישמח לקבל הערות מנומקות, באשר

למיקומו של מזון פלוני בטור כזה או אחר. הערות אלה יובאו בפני חברי ועדת ההזנה, והיה ויתקבלו תעודכן הטבלה ותפורסם מחדש.

כמה מסה"כ החלבון הכללי במנה צריך להיות חלבון שרידי? זוהי שאלה מתבקשת, אולם מפאת אורך הרשימה וקוצר החוברת לא יורחב נושא זה ברשימה זאת. עם זאת מקובל ורצוי, שלפחות שליש מסה"כ החלבון הכללי במנת הפרה החולבת יהיה חלבון המוגדר כחלבון שרידי. במנות המקובלות בארץ, במצאי הרחב של מקורות חלבון ככוספאות מקומיות ומיובאות וחומרי לואי עתירי חלבון, בשיעור המזון הגס הנמוך במנה יחסית למקובל בעולם, ובהתאם לנתוני טבלה זאת, מטרה זאת ניתנת להשגה ללא ייקור משמעותי. בהקשר זה, יש להקפיד על צימוד מתאים בין זמינות מקורות האנרגיה (עמילן, סוכרים ודופן-תא ממקור גס ומרוכז) והחלבון בכרס. שימוש באחוזי חלבון שרידי גבוהים יותר (34%–38%) לפי נתוני טבלה זאת, כרוך בדרך כלל בייקור משמעותי יותר של המנה ויעשה, אם בכלל, בהתאם להבנתו של המדריך-תזונאי-רפתן ברפת.

חובה לציין, שמתן עודפי חלבון שרידי מעבר לתחום הנ"ל עלול לגרום למחסור בחנקן זמין למק"א בכרס. תופעה זאת המכונה "הרעבת חנקן" עלולה לפגוע בכושר הריבוי של המק"א, בפירוק ונעכלות המזון בכרס, בכמות החלבון המיקרוביאלי המגיעה למעי, בצריכת המזון, וכמובן בייצור.

ועוד על חלבון שרידי... ברשימה נוספת בקרוב.

