

שימוש מעשי בפרמטר "שרידיות חלבון המזון" לצורך תכנון מנות רן סולומון, שהם, המחלקה לבקר

רקע

עד שנות ה-40 של מאה זו צרכי החלבון של פרת חלב חושבו כסכום של החלבון הכללי (ריכוז החנקן מוכפל ב-6.25) הדרוש לקיום וזה הדרוש ליצור חלב, וכללית, 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, ומחקר נוסף הראה שהסיבה לכך היא כושרם של אוכלוסיות המיקרואורגניזמים (מק"א) בכרס להפוך את החנקן של תרכובות אלו 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 עיקר המאמצים הופנו מאז למציאת ההזנה אשר תיצור תנאים מיטביים למק"א בכרס, תאפשר תהליכי תסיסה ופירוק מיטביים של המזון על ידי המק"א תוך התרבות ויצור מקסימאלי 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 יצור בגוף הפרה, ובעיקר, יצור חלב בעטין. מכאן, ששעור הפריקות של חלבון בכרס קובע את 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 ויצור מסוימים 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 יבוש וקלייה (בעיקר בכוספות); טיפולים פיזיקאליים במזון המשפיעים על גודל החלקיקים כמו גריסה או כפתות; טיפול כימי בגרעינים בסודה קאוסטית; תהליכי עיפוש וקלקול המלווים בהרס חלבון ו/או פגיעה בזמינותו, ועוד. בנוסף, שעור 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 ושעור ואיכות המזון הגס) וברמת היצור של הפרה הקובעים את צריכת המזון וקצב פינוי מהכרס.

נשאלת השאלה, כיצד ניתן לקבוע את שעור הפריקות בכרס של חלבון המזון, או את שעור 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? הפיתרון החלקי שנמצא הוא שימוש בסמנים פנימיים ($^1\text{DAPA}$; ^2RNA) או חיצוניים (רדיואקטיביים, ^{35}S) בעזרתם ניתן "להעריך" את כמות החלבון שניתרמה 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 (כמצוין לעיל) מקבלים תוצאות שונות של הערכת המסה המיקרוביאלית וכפועל יוצא - ערכי פריקות שונים של חלבון המזון. במיקרים מסוימים 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 זו אינה נוסקת לשחקים ולו מהסיבה שיש צורך להחזיק פרות/כבשים המצוידות בפיסטולה בתריסריון ודורשות טיפול מיוחד הדרוש בניסוי מטבולי.

השיטה השניה הפופולרית יותר, פותחה ספציפית לצורך קביעת פריקות החלבון בכרס. בשיטה זו 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 הדוגמא וקובעים את החלבון הנותר בדוגמא אשר לא פורק על ידי המק"א, כחלבון השרידי. גם לשיטה זו יש חסרונות כמו בריחת חלקיקי מזון מהשקית מחד גיסא וזהום החלבון הנותר בדוגמא בחלבון של מק"א מאידך גיסא. ממק"א אלו אשר התמקמו בתוך חלקיקי דופן התא במהלך האינקובציה יש קושי רב להפטר על ידי שטיפות.

¹ די-אמינו חומצה פימלית - תרכובת הקימת רק במק"א, אך בחידקים בלבד ולא בפרוטוזואה המהווים אף הם חלק מהמסה המיקרוביאלית.

² חומצות גרעין הקימות אומנם בחידקים ובפרוטוזואה, אך גם במזון וחלקן מגיעות למעי ללא פרוק בכרס.

למרות הבעיות המתוארת לעיל, במהלך השנים הצטברו בספרות המדעית נתונים רבים באשר לשעורי הפריקות של מזונות המקובלים בהזנת מע"ג. למרות השונות בתוצאות פריקות החלבון מבבדיקות 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 בהם הוצגו נתוני פריקות חלבון של טווח רחב של מזונות, שיח עם חוקרים ומדריכים בעלי הבנה בנושא וידע אישי מצטבר. הקונספט כולו נבחן על ידי חברי ועדת ההזנה של הנהלת ענף בקר וזכה לברכתם.

השיטה

נבחר טווח רחב של מזונות בהם נעשה שימוש להזנת בקר לחלב ברפת הישראלית. ערכי שרידות החלבון של מזונות אלו (כ-60% מהחלבון הכללי) נאספו ורוכזו על סמך המקורות שצוינו לעיל (טבלה מצורפת). המזונות קוטלגו בין תחומים שונים של שרידות מזון כדלקמן (%): 0; 0-10; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70; 70-80.

לצורך הכנסת הערך של שרידות החלבון למטריצת המזונות נבחר הערך הממוצע של התחום. לדוגמא: 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". אי לכך, נבחר ההממוצע של התחום כערך שיקבע לחלבון גרעין התירס, דהינו 55% שרידות. האם זה הערך האמיתי? איש אינו יודע בודאות, אך ודאי הוא הערך הפחות מוטה מכל ערך אחר שיבחר על סמך נתונים הקיימים בספרות, או בדיקה אקראית. חיזוק לכך מתקבל מהעובדה המצערת שלא קיימת מעבדה בארץ המסוגלת לבדוק פריקות חלבון באופן שיגורתי כשרות לרפתנים ולתזונאים, לכל חומר מספוא המגיע לארץ, החל בגרעינים וכלה בכוספאות וחומרי לואי (והרי ידוע לכולנו על דרך ההלצה, שאין דין

כוספת ליפתית בלונדינית ממקור סקנדינבי כדין כוספת ליפתית כהת שער שמקורה אי שם מהמזרח האקסוטי). יקומו המקטרגים, ובצדק יגידו: "מה פתאום יקבלו גרעיני שעורה, שיפון וחיטה את אותו הערך (25%)? הלא שונים הם בערכי שרידות החלבון". נכון הדבר, אך השוני נמצא בתחום שבין 20 ל-30% ולכן יקבל את הערך הממוצע של 25% שרידות חלבון. בהתאם לכך קיבלו כל המזונות הגסים שמקורם אינו קיטנית או תירס ערך ממוצע של 25% היות ונפלו בקטגוריה של 20-30%.

כך לדוגמא תראה המטריצה, לגבי תחמיץ חיטה ותחמיץ תירס, הנתונים על בסיס חומר יבש; % החלבון הכללי בשניהם - 8%; שרידיות חלבון החיטה -

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

25% מהחלבון הכללי; שרידיות חלבון התירס - 35% מהחלבון הכללי.

לפי השיטה המוצגת, השגיאה המקסימאלית 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 זו מוכרזת כטבלה פתוחה לשינויים. בטוחני שה-NRC שיפורסם בקרוב, יכיל אינפורמציה עשירה ומעודכנת יותר מזו הדלה הקימת ב-NRC הנוכחי. כמובן שפירסום תוצאות בדיקות חוזרות בארץ ובעולם עשויה להקטין את השונות הקימת כיום ויגרום לבניית טבלה חדשה בה התחומים יהיו צרים יותר לגבי כל המזונות או קבוצת מזונות מסוימת (לדוגמא, 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 זו. 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, בשעור המזון הגס הנמוך במנה יחסית למקובל בעולם, ובהתאם לנתוני טבלה זו, מטרה זו ניתנת להשגה ללא יקור 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 זו, כרוך בדרך כלל ביקור 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 זו המכונה "הרעבת חנקן" עלולה לפגוע בכושר הריבוי של המק"א, בפרוק ונעכלות המזון בכרס, בכמות החלבון המיקרוביאלי המגיעה למעי, בצריכת המזון, וכמובן ביצור.

ועוד על חלבון שרידי..... ברשימה נוספת בקרוב.

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

התחום הערך	0 0	0-10 5	20-30 25	20-30 25	20-30 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 35	30-40 35	40-50 45	50-60 55	60-70 65	70-80 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	

****** 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.

