

מזונות והזנה



אפיונים תזונתיים של מנות עתירות פקטין או עתירות עמילן קל-פירוק

דניאל בן גדליה, יהושע מירון ואדית יוסף
היחידה המטבולית, מנהל המחקר החקלאי

תקציר

נערך ניסוי הזנה שמטרתו היתה לקבוע את האפיונים התזונתיים של שתי מנות מרוכזות, שהכילו על בסיס חומר יבש 80% מזון מרוכז ו-20% חציר אספסת. בטיפול א' המזון המרוכז התבסס בעיקר על סחיט הדדים ובטיפול ב' על שעורה. נעכלות החומר האורגני והפחמימות העיקריות היתה גבוהה ודומה בשתי המנות. טיפול הסחיט עתיר הפקטין הצטיין בפרמטציה (תסיסה) מתונה בכרס, כפי שהתבטא הדבר ב-pH של הכרס ובפרופיל של החש"ן. בטיפול הסחיט הגיע לתריסרון יותר חנקן מאשר בטיפול השעורה. בטיפול הסחיט נספג חנקן רב יותר במעי, מאשר בטיפול השעורה. במאמר נידונים הבטים שונים של שימוש במקורות עתירי פקטין.

מבוא

כתוצאה מעבודת נמלים רבת שנים על ידי מאות חוקרים ברחבי העולם, הולכים ומתגבשים הקווים הכלליים של המנה המיטבית לפרת החלב, והיא כוללת: כ-30% דופן-תא, דהיינו מקור של פחמימות קשות-עיכול (פקש"ע); כ-40% פחמימות קלות-עיכול (פקל"ע); כ-17% חלבון כללי שהרכבו (פריק/בלתי פריק) מגובש למדי; כ-7% אפר, בין אם נרצה בו או לא; תוספת מינרלית כלשהי

ועוד כמה תוספות קטנות מן הגורן ומן היקב והגענו ל-100%.

אחת השאלות המרכזיות המעסיקות את תזונאי מעלי הגירה כיום היא, מהו ההרכב המיטבי של מקטע הפקל"ע במנה של פרת החלב? תשובה לשאלה זו תאפשר תסיסה מיטבית בכרס. כיום יותר מתמיד אנו מעוניינים בנושא זה, משום שברור כי התועלת המירבית ממקור כלשהו של פחמימות במנה תתקבל, כאשר הפחמימות הללו יעברו את הפירוק בכרס ולא במעי. שאריות גלוקוזה (נניח ממקור של עמילן) שלא עברו תסיסה בכרס וממשיכות בדרכן אל המעי ונעכלות ונספגות שם, לא "זוכות" להגיע לעטין. על פי הממצאים החדשים, מרבית הגלוקוזה הנספגת במעי נתקעת שם איכשהו ומשמשת כנראה לצרכים המטבוליים של המעי. תופעה תמוהה למדי ובלתי מוסברת (Reynolds et al. 1988). לכן, הדיון חייב להתמקד בכרס.

את הפקל"ע ניתן לחלק לשתי קבוצות עיקריות: מקורות עמילן ומקורות פקטין. מקורות העמילן כוללים את גרעיני הדגניים, טפיוקה, תפ"א וכיו"ב. מקורות הפקטין כוללים בעיקר סחיט של הדדים וסחיט של סלק סוכר (ס"ס). מקורות הפקטין זכו לכינוי מזונות מרוכזים נפחיים (Bulky concentrates), על שום נפחיותם הרבה מזו של מקורות העמילן ועל

הוחזקו בכלובי מטבוליום בבית החיות של היחידה המטבולית וקיבלו הספקה שוטפת של מים. הכבשים חולקו לשני טיפולים תזונתיים. בשני הטיפולים קיבלו החיות חציר אספסת בשיעור של 20% מהחומר היבש + 80% מזון מרוכז. במנה א' המרכיב העיקרי של המזון המרוכז היה סחיט הדדים מיובש, במנה ב' שעורה. הרכבי התערובות והחציר נתונים בטבלה 1. החיות הואבסו באופן המשכי על ידי מאביסים אוטומטיים. כימות הזרימות בתריסריון נעשה על ידי שימוש בכרום-אוקסיד כמרקד (סקן) בלתי נעכל. ההפרשות נאספו כמותית ונדגמו, מעכלי כרס ותריסריון נדגמו כפי שתואר ב־ Ben-Ghedalia et al. (1989); אף פירוט הטכניקות האנליטיות מופיע באותו מאמר.

שום כמה מתכונותיהם המזכירות מזון גס. סחיט הדדים מאביסים בארץ בחורף ובאביב. סחיט הס"ס עשויה לזרום לארץ כמוצר ייבוא. בהנחה שהמחיר ליחידת אנרגיה של סחיט ס"ס יהיה אטרקטיבי, מה יהיו ההשלכות התזונתיות של שימוש במקורות פקטין כמרכיב העיקרי של הפקל"ע במנה? תשובה לשאלה זו אנו מבקשים לתת באמצעות עבודה שפירסמנו לפני כמה שנים (Ben-Ghedalia et al. 1989) ועקב צוק העתים היא זוכה לראות אור בלשון הקודש, רק עתה.

חומרים ושיטות

לצורך הניסוי שימשו אילי מרינו שצוידו בקנולות בכרס ובתריסריון. **הכבשים שימשו ככלי מחקר זול ונוח ולא כחיית יעד.** החיות

טבלה 1. הרכב תערובות הניסוי וחציר האספסת (ג'/ק"ג חומר יבש).

המרכיב	סחיט הדדים	תערובת א'	תערובת ב'	חציר אספסת
סחיט הדדים מיובש (פת"ז)	844	204		
שעורה	—	765		
כוספת סויה	125	—		
תרכיז מינרלים + ויטמינים	31	31		
חומר אורגני	894	946	893	
דופנתא	236	218	512	
חלבון כללי	117	111	197	

טבלה 2. נעכלות החומר האורגני ודופנתא במנות שהמזון המרוכז בהן מבוסס על סחיט הדדים או על שעורה.

	חומר אורגני		דופנתא		SEM
	סחיט	שעורה	סחיט	שעורה	
נאכל, ג'/יום	632	662	167	153	
בתערובת	161	161	92	92	
באספסת	793	823	259	245	
סה"כ	81.8 ^א	82.1 ^א	79.4 ^א	63.6 ^ב	1.68
נעכלות, %					

א. ^ב ערכים המופיעים באותה שורה ובאותו פרמטר ומסומנים באותיות שונות, נבדלים ביניהם באופן מובהק (P<0.05).

תוצאות

נעכלות החומר האורגני ודפנות התאים של המנות מופיעה בטבלה 2. נעכלות החומר האורגני בשתי המנות דומה מאד, 82% לעומת זאת, יש פער גדול לטובת טיפול הסחיט בנעכלות דופן-התא, 79% לעומת 64%.

זו מחייבת הסבר והוא מובא בטבלה 4. תמיכה לתוצאות נעכלות החומר האורגני באה מטבלה 3, שבה מובאים נתוני נעכלות הפחמימות העיקריות של המנה: כלל הגלוקוזה (α ו- β גלוקנים), הפקטין והפרוקטוזה. בהשוואת הטיפולים יש לזכור, שמקור הגלוקוזה

טבלה 3. נעכלות כלל הגלוקוזה (גלוקנים), הפקטין והפרוקטוזה בקיבות ובכלל מערכת העיכול של כבשים, שקיבלו מנות שבהן המזון המרוכז התבסס על סחיט הדרים או על שעורה.

כלל הגלוקוזה (גלוקנים)			פקטין (ח' גלקטואורוניט)			פרוקטוזה		
הטיפול			הטיפול			הטיפול		
SEM	שעורה	סחיט	SEM	שעורה	סחיט	SEM	שעורה	סחיט
נאכל, ג'/יום								
	170	452	164	46	98	34		
בתערובת								
באספסת	50	50	13	13	4	4		
סה"כ	220	502	177	59	102	38		
נעכל, %								
	81.9 ^a	82.4 ^a	96.6 ^a	91.2 ^a	96.3 ^a	91.4 ^b	0.83	
בקיבות								
בכלל מערכת העיכול	90.6 ^a	92.6 ^b	98.7 ^a	96.6 ^b	99.0 ^a	98.2 ^b	0.23	

^{a, b} ערכים המופיעים באותה שורה ובאותו פרמטר ומסומנים באותיות שונות, נבדלים ביניהם באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 4. כימות זרימה וספיגת החנקן הכללי במערכת העיכול של כבשים שקיבלו מנות המבוססות על סחיט הדרים או על שעורה.

SEM	מנת השעורה	מנת הסחיט	
			נאכל, ג'/יום
	12.4	13.2	בתערובת
	5.7	5.7	באספסת
	18.1	18.9	סה"כ
	19.4	23.3	הגיע לתריסריון, ג'/יום
	14.8	16.7	נספג במעי, ג'/יום
			נעכלות, %
1.41	75.9 ^a	71.4 ^a	במעי
1.46	74.6 ^b	65.2 ^a	בכלל מערכת העיכול
1.41	24.0 ^b	17.1 ^a	ריכוז האמוניה בכרס, מ"ג/100 מ"ל

^{a, b} ערכים המופיעים באותה שורה ומסומנים באותיות שונות, נבדלים ביניהם באופן מובהק ($P < 0.05$).

טבלה 5. דרגת החומציות (pH) וריכוזי חומצות השומן הנדיפות (חש"ן) במיץ כרס של כבשים, אשר קיבלו מנות המבוססות על סחיט הדדים או על שעורה.

SEM	מנת השעורה	מנת הסחיט	
0.06	^a 6.18	^a 6.42	pH בכרס
6.35	^a 82.4	^a 74.4	ריכוז כלל החש"ן
			התפלגות ריכוזי החש"ן, %
1.02	^a 65.0	^a 69.1	חומצת-חומץ
2.54	^a 17.6	^a 14.4	חומצה פרופיונית
1.87	^a 14.3	^a 14.2	חומצת-חמאה

^{a, b} ערכים המופיעים באותה שורה ומסומנים באותיות שונות, נבדלים ביניהם באופן מובהק ($P < 0.05$).

ומסבירה את השוויון בנעכלות החומר האורגני בשתי המנות.

בטבלה 5 מוצגות תוצאות ה-pH, ריכוז כלל החש"ן בכרס והתפלגותן. במנת הסחיט התקבל pH גבוה יותר, דבר המצביע על כך שלמרות הנעכלות הגבוהה של המנה (טבלאות 2 ו-3), התסיסה בכרס היתה מתונה יותר במנה זו מאשר במנת השעורה. ריכוז כלל החש"ן היה גבוה במנת השעורה מאשר במנת הסחיט. על פי השיעור היחסי של חומצת החומץ והחומצה הפרופיונית, ברור שהתסיסה בכרס של כבשי השעורה נשאה אופי של מנה מרוכזת. בכרס של כבשי הסחיט, ריכוז חומצת החומץ היה גבוה יותר וזה של החומצה הפרופיונית נמוך יותר, מאשר בכרס של כבשי השעורה, דבר המצביע על תסיסה מתונה יותר ו/או "אופי גס" יותר של מנת הסחיט.

דיון

במתכוון עוצבו המנות בניסוי זה כך, שיכילו ריכוז נמוך של מזון גס (20%), אבל דופן-תא כמעט לפי הספר (כ-30%). ומדוע "כמעט"? משום שהיחס דופן-תא ממקור מרוכז: דופן-תא ממקור גס, בניסוי זה הוא 1:2, דהיינו, הפוך מן המומלץ. נקדים את המאוחר ונאמר, שעבודה זו מוכיחה שניתן להרכיב מנה דלת מזון גס שהפקל"ע העיקרי הוא מקור פקטיני, אשר תתנהג בדומה למנה מיטבית, דהיינו תהיה אנרגטית מאד, מעוררת תסיסה מתונה בכרס,

(הגלוקנים) שונה בשתי המנות: בטיפול הסחיט, אלה β גלוקנים ובעיקר צלולוזה של הדפנות העדינים של הסחיט, ואילו בטיפול השעורה מקור הגלוקוזה הוא בעיקר α גלוקנים – דהיינו עמילן. מבט בטבלה 3 מראה על נעכלות כללית גבוהה מאד ודומה של הפחמימות בשתי המנות, כאשר מעל 90% של סה"כ הפחמימות הנעכלות עוברות את תהליך העיכול בכרס. עד כאן הדברים מתיישרים עם הקו הרצוי כמתואר במבוא.

בטבלה 4 מובאים נתוני תזונת החנקן. המנות היו כמעט שוות-חנקן, אבל ראוי לזכור, שמקור החנקן העיקרי במנת הסחיט היתה כוספת הסויה, ואילו במנת השעורה, השעורה (טבלה 1). בשתי המנות כמות החנקן שהגיעה לתריסרון היתה גדולה מזו שנאכלה, ובעיקר בלט הדבר בטיפול הסחיט. כמות החנקן שנספגה במעי היתה גדולה יותר בטיפול הסחיט, מאשר בטיפול השעורה, למרות העובדה שהנעכלות (%) במעי ובכלל המערכת היתה גבוהה יותר במנת השעורה. תופעות כגון זו רווחות וידועות בספרות המקצועית הרלוונטית. ריכוז האמוניה בכרס היה נמוך בטיפול הסחיט. נתון זה מתקשר לכמות החנקן המגיע לתריסרון ומצביע על קליטה טובה של אמוניה בכרס לייצור חלבון מיקרוביאלי במנת הסחיט. הנעכלות הנמוכה יותר של החלבון הכללי במנת הסחיט "מאזנת" את הנעכלות הגבוהה יותר של דופן-תא (טבלה 2) במנה זו,

ר-β - גלוקנים, לא נוצרת חומצה לקטית (Strobel & Russell, 1986). אם כן, זהו "סוד" התסיסה המתונה במנת הסחיט. ומה בקשר להבטים של מטבוליזם ההנקן? התסיסה המתונה של מקור הפקטין משרה תנאים אידיאליים לייצור חלבון מיקרוביאלי תוך שילוב NPN במנה. מנה כגון זו ממש "מבקשת" שיוסיפו לה מקור NPN במידה הרצויה.

הנעכלות לכאורה (%) של החלבון במנות עתירות פקטין נמוכה לרוב מזו של מנות עתירות עמילן. לנו יש תאוריה בידון והיא אפילו מתועדת ומצולמת (י. מירון, לא פורסם עדיין). אולם, הנעכלות לכאורה הנמוכה יותר של החלבון במנה עתירת הפקטין אינה צריכה להדאיגנו, משום שכמות החנקן הנספג ליום במעי של כבשי הסחיט, היתה גבוהה מזו של כבשי השעורה, וזה הגורם הקובע.

המלצות

ובכן, שמענו; נניח שסחיט של ס"ס מתחיל להגיע לארץ, מה לעשות כעת? דבר ראשון, לא לרוץ! לאחר שהשתכנענו ביתרונות שיש למנה שהפקל"ע שלה עתירת פקטין, ואנו מעוניינים להביא את רמת מקור הפקטין במנה לרמה הגבוהה ביותר המותרת, יש לעשות זאת בהתיעצות עם מדריך ההזנה, משום שלמדריך ההזנה יש הראיה הכוללת של המנה, והוא יעשה זאת קרוב לודאי תוך התחשבות בלחות של מקור הפקטין, במידת הפרמנטביליות (כושר התסיסה) שלו, בתכולת החנקן שבו, ובאופיים של מרכיבי המנה האחרים.



רשימת ספרות

- Ben-Ghedalia, D., Yosef Edith, Miron, J. & Est, Y. (1989). Anim. Feed Sci. Technol. 24:289.
 Reynolds, K.C., Huntington, G.B., Tyrrell, H.F. & Reynolds, P.J. (1988). J. Dairy Sci. 71: 1803.
 Slyter, L.L. (1976). J. Anim. Sci. 43:910.
 Strobel, H.J. & Russell, J.B. (1986). J. Dairy Sci. 69:2941.
 Van Soest, P.J. (1982). Nutritional ecology of the Ruminant. O&B Books, Corvallis, OR. pp. 192.

מייצרת חלבון מיקרוביאלי בשפע ומעמידה לרשות המעי כמות גדולה של חומצות-אמינו זמינות. כל הדברים הטובים האלה מתקיימים במנת הסחיט: מנה אנרגטית, בהשוואה למנת השעורה - ראה נעכלויות מרכיבי האנרגיה (טבלאות 2 ו-3); תסיסה מתונה - ראה pH ופרופיל החש"ן בכרס (טבלה 5); כושרה החלבוני - ראה טבלה 4. מנה שתורכב ממרכיבים זולים על פי העקרונות והמאפיינים שצויינו לעיל, תאפשר לפרה לייצר בזול חלב רב, בעל הרכב סביר. זוהי פחות או יותר משאת נפשו של כל רפתן.

הקלסיפיקציה (סיווג) של הפחמימות המצויות במזונות מעלי הגירה היא בעייתית מאד בגלל מורכבות הנושא. למשל, חלוקת הפחמימות ל"פחמימות מבניות" (structural carbohydrates) (= SC) וכאלה "שאינן פחמימות מבניות" (non-structural carbohydrates = NSC), הרווחת בספרות האמריקאית (JDS, etc...) איננה מדויקת ומטעה. ב-SC מתכוונים לרוב לצלולזה והמיצלולזה, שהן פחמימות דופן ונחשבות כקשות ואיטיות-עיכול. דא עקא, הפקטין, השוכן כבוד בלמלת הביניים - אותה שכבה דקה המשמשת כדבק בין תאי הצמח, נחשב על ידי הבוטנאים גם כ"פחמימה מבנית", למרות העובדה שמכל הפחמימות המורכבות (הפולימרים) הפקטין הוא המהיר-פירוק ביותר (Van Soest, 1982). מסיבה זו העדפתי להשתמש בביטוי: "פחמימות קשות-עיכול" = פקש"ע (תאית, המיצלולזה), ו"פחמימות קלות-עיכול" = פקל"ע (עמילן וסוכרים שונים, פקטין, ארבינים, גלקטנים). לראשי התיבות האלה יש גם צליל חביב. ובכן, מה ההבדל בין עמילן לשאר החברה של הפקל"ע? מנה עשירה בעמילן קל-פירוק (שעורה, טפיוקה, תפ"א), בסוכר או בגלוקזה מהווה מצע מעולה להתפתחות חידקי כרס המייצרים חומצת חלב. ריכוז גבוה של חומצת חלב גורם לאלף ואחת צרות שלא כאן המקום למנותן, והיא משקפת את ההפך הגמור של "תסיסה מתונה" (Slyter, 1976).

מאידך, הוכח שכאשר מפעילים אוכלוסיה מעורבת של מיקרואורגניזמים של הכרס על סופסטֶרֶטִים (קרקעית מזון) כגון: פקטין, ארבינים,