

השפעת עיכול העמילן במעי פרות חולבות על ייצור החלב ורכיביו

י. ברוקנטל¹, ש. אברמסון¹, ש. זמבל², ח. לרר¹, מ. ניקבחת¹, י. אהרוני¹ וע. אריאלי¹
¹המכון לבע"ח, מרכז וולקני; ²המחלקה לבע"ח, הפקולטה לחקלאות.

רקע

תנובה גבוהה של חלב מחייבת הובלת כמויות ניכרות של אנרגיה וחלבון מהמזון למעי. כדי לספק לפרה את המזינים הנדרשים ניתן לעודד צריכת מזון מוגברת, אולם בעיקר יש לשפר יעילות הניצול של המנה. ניתן לבצע זאת במספר דרכים, כאשר אחת מהן היא צמצום ההפסדים של חומרים מזינים במהלך העיכול והספיגה. שיפור בנעכלות המזון יביא לחסכון בצריכת מזון וכן להקטנת כמות הפרש. הנושא האחרון הולך ונעשה גורם חשוב בשיקולים של ממשק ופיתוח עדר החלב, בארצות המערב ובישראל. בממשק ההזנה המקובל בישראל מכילה המנה המיועדת לפרות גבוהות תנובה כ-70% מזונות מרוכזים, התורמים למנה כ-50% פחמימות לאימבניות (פל"מ), ובעיקר עמילנים שונים. בתנאים אלה עשויה הכמות היומית של עמילן המגיע לקיבה האמיתית ולמעי הדק לעלות על 4 ק"ג. בסיכום ניסויים רבים בבקר לבשר (4) ובבקר לחלב (7) נמצא, כי ממוצע שיעור עיכול העמילן במעי הדק (למעט העיכול במעי העיור והגס) הוא 55%. בניתוח כמותי של פוטנציאל פעילות מירבית של אנוזימים במעי הדק (2) נמצא, כי הגורם המגביל הראשון לניצול העמילן המגיע למעי הוא כמות העמילן המופרשת. כמו כן דווח (8), כי הפרשת עמילן על ידי הלב לב לא עלתה כתוצאה מעליה בשיעור העמילן המגיע לקיבה האמיתית ולמעי הדק. בעבודות אחרות (1,5,6,7) דווח, כי הגברת האספקה של חלבון למעי הדק הביאה לעליה בהפרשת עמילנות, בנעכלות עמילן במעי הדק של כבשים, ובהופעת גלוקוז בדם הפורטאלי של עגלים. ממצא זה אושר בעקיפין גם בעבודתו של צדוק שאבי (עבודת דוקטור שהוגשה לאוניברסיטה העברית, דצמבר 1998), כאשר הוכח כי נעכלות העמילן במעי הדק של

פרות חלב נמצא ביחס ישר לשיעור החלבון השרידי המגיע למעי הדק. מטרת העבודה המתוארת בזה היתה לאמת ממצאים אלה ולקבוע את ההשפעה של כמות החלבון המוחדרת לאבומזום על נעכלות כמות ידועה של עמילן המוחדרת גם היא לאבומזום. לבירור שאלה זאת חשיבות בממשק ההזנה של פרות גבוהות תנובה הניזונות ב-4 כפולות קיום, לגבי שיפור יעילות הניצול של המנה וכן להקטנת כמות החומר האורגני בפרש.

שיטות וחומרים

לניסוי שימשו 6 פרות מצויידות בפיסטולה בכרס ובקנולה בקיבה האמיתית לדגימת מעכלים. כמו כן הוחדרו קטטרים לעורק האבדומינלי ולווריד הסובאבדומינלי לקביעת הקליטה של מטבוליטים על ידי העטין. הפרות חולקו ל-3 טיפולים במתכונת של ריבוע לטיני. הפרות בכל הטיפולים קיבלו מנת מזון אחידה אשר הכילה (גר"/ק"ג ח"י): 300 גרעיני שעורה גרוסים, 360 תחמיץ תירס, 200 שחת בקיה, 100 תוספות גיר, מלח וויטמינים, 40 תרכיז חש"ח (127% חלבון כללי). כמו כן קיבלו הפרות כל יום 1600 ג' עמילן אשר הוחדרו ישירות לאבומזום, מומסים ב-10 ליטר מים, בקצב של 450 מ"ל לשעה, במשך 22 ש'. הטיפולים נבדלו בכמות הקזאין שהוחדרה לאבומזום בתמיסת העמילן: 0, 400 או 800 ג' קזאין ליום, בטיפולים 1, 2 ו-3, בהתאמה. כל תקופה בריבוע הלטיני כללה 7 ימים להסתגלות ו-3 ימים לדגימות. במהלך ימים אלה נקבעה צריכת המזון, תנובת החלב והרכבו, נלקחו דגימות מעכל מהאבומזום, צואה ודגימות דם עורקי וורידי. לאחר ביצוע האנליזות הדרושות, סוכמו התוצאות בטבלות 1-3 המצורפות בזה.

טבלה 1. צריכת חומר יבש, חלבון כללי, NDF ופחמימות בלתי מבניות (פל"מ) ונעכלותם.

	מובהקות			טיפול			
	³ Contrast	² L	¹ P	3	2	1	
צריכת חומר יבש, ק"ג/יום	0.23	0.21	0.35	14.2	15.1	13.4	
קזאין, ק"ג/יום				0.8	0.4	0	
עמילן, ק"ג/יום				1.6	1.6	1.6	
ס"ה צריכת ח"י, ק"ג/יום	0.05	0.10	0.35	16.6	17.1	15.0	
צריכת חלבון, ק"ג/יום	0.38	0.29	0.51	2.16	2.29	2.08	
ס"ה צריכת חלבון, ק"ג/יום	0.003	0.29	0.007	2.96	2.69	2.08	
צריכת פל"מ, ק"ג/יום				6.5	7.2	6.5	
נעכלות ח"י, %	0.007	0.28	0.02	86.3	84.1	77.1	
נעכלות חלבון, %	0.003	0.20	0.007	71.7	69.1	60.9	
נעכלות פל"מ בכרס, %	0.24	0.27	0.40	78.8	81.9	74.9	
נעכלות פל"מ במעי, %	0.007	0.028	0.002	86.3	84.1	77.1	
נעכלות פל"מ כללית, %	0.001	0.07	0.004	94.7	94.0	90.0	

¹ מובהקות $P < 0.05$ בין הטיפולים. ² אפקט ליניארי. ³ הבדל בין טיפול 1 לטיפולים 2+3.

על ריכוזם בחלב, ובמיוחד על ריכוז חלבון החלב, באמצעות שינויים בהזנה.

ריכוזי האמוניה במיץ הכרס והאוריאה בדם עלו כתוצאה מאינפוזיה של קזאין (טבלה 3). ממצאים אלה צפויים לגבי ריכוז האוריאה בדם, בגלל עליה בחילוף החומרים של החלבון כתוצאה מהאינפוזיה של קזאין. אולם, השפעה על ריכוז האמוניה בכרס איננה בהכרח תוצאת לואי של החדרת קזאין לקיבה האמיתית. קיימת אפשרות כי העליה בחילוף החומרים של החלבון בגוף הביאה למיחזור גבוה יותר של חנקן לכרס.

גם בחילוף החומרים של הפחמימות חלה כנראה עליה בעקבות האינפוזיה של קזאין (טבלה 3); ריכוז הגלוקוז בפלסמה עלה כתוצאה מאינפוזיה של קזאין, וכן קליטת גלוקוז על ידי בלוטת החלב ויעילות ניצול הגלוקוז לייצור לקטוז נטו לעלות בהשפעת האינפוזיה של קזאין. ריכוז האינסולין בפלסמה עלה במידה ניכרת בהשפעת האינפוזיה של קזאין. ממצאים אלה מוכיחים, כי נוכחות רבה יותר של חלבון מעולה במעי שיפרה במידה ניכרת עיכול וספיגת הפחמימות ממערכת העיכול. כמו כן נראה, כי הגורם המגביל העיקרי לייצור רב יותר של חלבון החלב הוא זמינות הגלוקוז לבלוטת החלב. צוואר הבקבוק של מגבלה זאת הוא כנראה שיעור העיכול של פל"מ במעי הדק.

תוצאות ודיון

אינפוזיה של קזאין לא השפיעה על צריכת המזון, אולם שיפרה באופן מובהק נעכלות החומר יבש והחלבון (טבלה 1). נעכלות מקטע דופן-התא לא הושפע מרמת האינפוזיה של קזאין (טבלה 1). נעכלות מקטע הפחמימות לא-מבניות (פל"מ או NSC), הכולל את העמילן, שופרה במידה ניכרת, כתוצאה מעליה ברמת הקזאין, בקיבה האמיתית ובכלל מערכת העיכול (טבלה 1). תוצאות אלה מוכיחות, כי השיפור בנעכלות החומר היבש כתוצאה מתוספת הקזאין, נובע בעיקרו מעליה בנעכלות הפל"מ ולא משינוי בנעכלות הפחמימות המבניות (NDF). מן הראוי לציין, כי כ-2.5 ק"ג ליום של פל"מ, המהווים כ-40% מכלל הפל"מ שנצרכו, כולל עמילן באינפוזיה, הגיעו לקיבה האמיתית. תוספת החלבון שיפרה את הנעכלות בכ-10%. תוצאה זאת מאשרת את השערת העבודה, כי רמת חלבון גבוהה יותר בקיבה האמיתית, מעודדת כנראה הפרשת אנזימים החיוניים לעיכול וספיגת העמילן. ייצור החלב גם נטה לעלות בהשפעת האינפוזיה של קזאין (טבלה 2), אולם השפעה מובהקת יותר נתקבלה בריכוז רכיבי החלב (%) ובכמות המופרשת (ק"ג ליום). תוצאות אלה מוכיחות, כי כאשר עולה זמינות מטבוליטים הדרושים לייצור רכיבי החלב, קיימת אפשרות להשפיע

טבלה 2. תנובת חלב ורכיביו.

מובהקות	מובהקות			טיפולים			
	³ Contrast	² L	¹ P	3	2	1	
	0.19	0.28	0.09	22.0	19.0	18.7	תנובת חלב, ק"ג/יום
							הרכב החלב, %:
	0.02	0.06	0.05	3.84	4.05	3.39	שומן
	0.05	0.64	0.05	3.63	3.39	3.26	חלבון
	0.05	0.16	0.12	4.65	4.70	4.43	לקטוז
	0.004	0.10	0.10	2.48	2.58	2.24	קזאין
							תנובת רכיבי החלב, ק"ג/יום:
	0.02	0.73	0.05	0.83	0.75	0.62	שומן
	0.07	0.30	0.04	0.70	0.63	0.60	חלבון
	0.10	0.59	0.10	1.02	0.89	0.83	לקטוז
	0.02	0.83	0.03	0.55	0.49	0.42	קזאין
	0.04	0.80	0.05	16.7	14.4	12.8	אנרגיה בחלב, מק"ל/יום

¹ מובהקות $P < 0.05$ בין הטיפולים. ² אפקט ליניארי. ³ הבדל בין טיפול 1 לטיפולים 2+3.

טבלה 3. ריכוז האמוניה בנוזלי הכרס וריכוזי אוריאה, גלוקוז ואינסולין בפלסמה.

מובהקות	מובהקות			טיפולים			
	³ Contrast	² L	¹ P	3	2	1	
	0.06	0.52	0.13	23.0	22.0	18.9	אמוניה-N, מ"ג/100 מ"ל
	0.08	0.34	0.05	19.8	13.6	12.0	אוריאה-N, מ"ג/100 מ"ל
	0.14	0.04	0.09	34.3	38.5	33.5	גלוקוז, מ"ג/100 מ"ל
	0.71	0.92	0.91	109.4	106.2	98.1	קליטת גלוקוז בעטין, מ"ג/ש'
	0.26	0.90	0.36	46.9	40.1	34.8	ינציליות גלוקוז, מ"ג/ש'
	0.007	0.04	0.02	23.1	24.4	17.5	אינסולין, יחידות

¹ מובהקות $P < 0.05$ בין הטיפולים.

² אפקט ליניארי.

³ הבדל בין טיפול 1 לטיפולים 2+3.

⁴ יחס הפרשת גלוקוז בחלב לקליטתו מהדם.

מקורות ספרות:

1. Castebury, and Preston, 1993. J. Animal Science 71 (Suppl. 1): 264.
2. Huntington, G.B. 1996. J. Animal Science 75:857.
3. Nocek, J.E. and Tamminga, S. 1991. J. Dairy Science 74:3598.
4. Owens, F.N., Zinn, R.A. and Kim, Y.K. 1986. J. Animal Science 63:1634.
5. Taniguchi, K., Huntington, G.B. and Glenn, B.P. 1995. J. Animal Science 73:892.
6. Taniguchi, K., Huntington, G.B., Glenn, B.P. and Erdman R. 1992. J. Anim. Sci. 70 (Suppl. 1):316.
7. Taniguchi, K., Sunada, Y. and Obistu, T. 1993. Techniol. JPN. 64: 892.
8. Walker, J.A. and Harmon, D.L. 1995. J. Animal Science 73:3766.

תקציר המסקנות

מנות עתירות מזונות מרוכזים המיועדות לפרות חולבות עשויות להכיל כ-40% פל"מ. קצב הפינוי מהכרס של מנות עתירות מזון מרוכז, הוא גבוה ושיעור ניכר של הפל"מ נמלט מתסיסה ופירוק בכרס. ממצאים שפורסמו בספרות בעשור האחרון מוכיחים, כי קיימת מגבלה כמותית לעיכול העמילן במעי, הקשורה כנראה למחסור בהפרשת עמילן. הממצאים שנתקבלו בעבודה הנוכחית מאשרים לגבי פרות חולבות, כי עליה בכמות החלבון המזוני המגיע לקיבה האמתית, משפרת את נעכלות הפל"מ וספיגת גלוקוז למחזור הדם. נראה, כי למיצוי פוטנציאל הייצור של החלב ורכיביו דרושה ומינות גבוהה יותר של גלוקוז לבלוטת החלב.