

השפעת פריקות העמילן על עיכול דופן-התא ע"י פרות החלב

י. מירון¹, ד. בן-גדליה¹, אדית יוסף¹ ור. סולומון²
¹היחידה המטבולית, מינהל המחקר החקלאי² המחלקה לבקר, שה"מ

תקציר

נערך ניסוי עיכול ומטבוליזם בבקר חלב לבחינת השפעת פריקות העמילן על עיכול פחמימות דופן-תא ומטבוליזם החלבון. חמש פרות חלב שצוידו בפיסטולה בכרס וקנולה באבומזום הואבסו בשתי מנות הניסוי כך, שבתקופה אחת קיבלה כל פרה מנה עתירת עמילן מהיר פירוק שהכילה יחס חיטה:סורגום 70:30 ("מנת החיטה") ובתקופה השנייה מנה עתירת עמילן איטי פירוק שבה היחס חיטה, סורגים היה 30:70 ("מנת הסורגום"). המנות היו שוות חלבון (17%) וזהות בשאר הרכיבים המואבסים, צריכת הח"י הממוצעת היתה 17.2 ק"ג/יום במנת הסורגום ו-16.9 ק"ג/יום במנת החיטה. נעכלות החומר האורגני במנות היתה דומה, 74.1% בסורגום ו-72.9% בחיטה. נמצאו הבדלים מובהקים בין המנות ביחס לנעכלות העמילן שהיתה גבוהה יותר במנת החיטה מאשר במנת הסורגום, וביחס לנעכלות דופן-התא (שמקורו בעיקר מתחמיץ תירס) שהיתה גבוהה יותר במנת הסורגום מאשר במנת החיטה. הפריקות הגבוהה של עמילן החיטה בכרס הביאה לפגיעה בנעכלות בכלל מערכת העיכול של פחמימות דופן-התא במנת החיטה בהשוואה למנת הסורגום, ולפחיתה בשיעור העכלותם בקיבות. היתרון של מנת החיטה בעיכול העמילן קיזו בניסוי זה את היתרון של מנת הסורגום בעיכול פחמימות דופן-התא, כך שנעכלות כלל הפחמימות היתה דומה בשתי המנות (78.5% בסורגום ו-80% בחיטה) וכן גם שיעור נעכלותם בקיבות היה דומה (0.63 ו-0.65, בהתאמה). ריכוזי חומצות השומן הנדיפות, האמוניה החופשית וה-pH בכרס הפרות שקיבלו את מנת הסורגום ומנת החיטה היו דומים, וכן גם כמות החנקן החלבוני שהגיעה לאבומזום ונעכלתו במעי. על פי התוצאות נראה, שהגדלת ריכוזי הסורגום איטי

פירוק במנת חולבות לא תפגע בניצול הפחמימות והחלבון ע"י הפרה, אך כדאי להגביל את שיעור העמילן מהיר הפירוק במנה על מנת שלא לפגוע בנעכלות פחמימות דופן-התא.

מבוא

גרעיני דגנים הם מקור אנרגיה חשוב בבליל של פרת החלב גבוהת התנובה בישראל. אמנם קיים בספרות מידע רב על השפעת הזנה במזונות מרוכזים על ייצור החלב ורכיבו, אך חסר עדיין מידע אודות ההשפעה האפשרית של גרעינים מסוגים שונים בעלי פריקות עמילן שונה המואבסים לפרת החלב. על פי עבודות בשקי דקרון שהוכנסו לכרס נמצאו הבדלים גדולים בין סוגי הגרעינים הנפוצים במשק הישראלי ביחס לקצב פריקותם ע"י חידקי הכרס. קצב הפריקות הגבוה ביותר בכרס נמצא בגרעיני חיטה ואחריהם לפי סדר פריקות יורד בשעורה, בתירס, ובסורגום. גרעין הסורגום מתאפיין בנוכחות של מְטְרִיקְס חלבוני קשה פירוק סביב ליבת העמילן ומעטה קשיח ועמיד לפירוק מיקרוביאלי של אַנְדוּסְפֶרַם, ולכן קצב פריקותו ע"י חידקי הכרס נמוך יותר מזה של גרעין החיטה. חסר בספרות מידע על השפעת שילובים שונים של גרעין מהיר פירוק דוגמת חיטה וגרעין איטי פירוק דוגמת סורגום, על עיכול כלל הפחמימות, פחמימות דופן-התא והחלבון בבקר לחלב.

מטרת העבודה היתה לבחון את האפקט של האבסת פרות חלב במנות אשר שונות בקצב פריקות העמילן (שילובים של גרעיני חיטה וסורגום ביחס 70:30 או 30:70) על העכלות הפחמימות ופחמימות דופן-התא בקיבות וביתרת מערכת העיכול, ועל הספקת החלבון לאבומזום ונעכלותו במעי.

והצואות, ובמקביל גם במקטעי NDF מבודדים של חומרים אלה נקבעו לאחר הידרוליזה חומצית של החומרים לחד-סוכרים ובהמשך דריבציה שלהם לאלדיטול-אצטטים וקביעתם בכרומוטוגרפיה גזית, כפי שתואר בעבודה קודמת (Miron et al, 1996). במדגמי מיץ הכרס נמדדו ה-pH, ריכוזי האמוניה החופשית וחומצות השומן הנדיפות לפי הטכניקות שפורטו במאמרם של (Miron et al, 1996). ערכי הנעילות בקיבות ובכלל מערכת העיכול נותחו סטטיסטית על פי שיטת ANOVA.

תוצאות ודיון

קצב ההעלמות של החיטה (11.1%/שעה) משקיות דקרון בכרס היה כפול מזה של הסורגום (4.91%/שעה), הסויה היתה בעמדת ביניים (7.5%/שעה), ואילו קצב עיכול תחמיץ התירס היה הנמוך ביותר (3.98%/שעה).

טבלה 2 מציגה ערכים ממוצעים של צריכת NDF, פחמימות NDF, עמילן, כלל הפחמימות והחומר האורגני ממזון מרוכז וממזון גס, ונעילותן בקיבות ובכלל מערכת העיכול של פרות ניסוי. בשני הטיפולים התזונתיים תחמיץ התירס היה הספק העיקרי של מרבית פחמימות ה-NDF הנאכלות. הטבלה מראה שנעילות ה-NDF ופחמימות ה-NDF בקיבות של הפרות שאכלו את מנת הסורגום היו גבוהות במובהק מאלה של מנת החיטה, וממצא זה מלמד על כך, שעמילן החיטה הפריק גם ככל הנראה לדיכוי בעיכול פחמימות ה-NDF ע"י האוכלוסיה הצלוליטית בכרס. הדיכוי בעיכול ה-NDF בכרס הפרות שקיבלו את מנת החיטה פוצה חלקית ע"י גידול בשיעור כלל פחמימות ה-NDF שנעכלו בחלק האחורי של מערכת העיכול (19%), בהשוואה למנת הסורגום (12%). ממצא זה מצביע על כך, שהאוכלוסיה המיקרוביאלית הממוקמת בקולון ובצקום של הבקר, יכולה לפרק באופן חלקי NDF עוקף כרס שמגיע לחלק האחורי של מערכת העיכול, אך יעילות פעולתה מוגבלת בהשוואה ליעילות פעולת חידיקי הכרס, ולכן חלק ניכר מה-NDF עוקף הכרס הופרש בצואה

שיטות העבודה

תיאור מלא של שיטות העבודה מובא במאמרנו הקודם (Miron et al, 1996). ניסוי העיכול ומטבוליזם נערך ברפת המטבולית של מכון וולקני בבית-דגן. חמש פרות חלב באמצע התחלובה שצוידו בפיסטולה בכרס וקגולה באבומזום הואבסו במנות הניסוי בשתי תקופות בנות 21 יום כל אחת, כך שבתקופה אחת קיבלה כל פרה מנה עתירת עמילן מהיר פירוק שהכילה 31.2% חיטה גרוסה ו-13.4% סורגום גרוס (יחס חיטה:סורגום 70:30, להלן: "מנת החיטה"), ובתקופה השניה מנה עתירת עמילן איטי פירוק שבח היחס חיטה:סורגום היה הפוך (70:30, להלן: "מנת הסורגום"). המנות היו שוות חלבון (17%) וזהות בשאר המרכיבים המואבסים (12% סויה, 38% תחמיץ תירס, בופרים ותרכיזי מינרלים וויטמינים). ההרכב המפורט של המנות מובא בטבלה 1.

טבלה 1. הרכב מנות הניסוי (% על בסיס חומר יבש),

מרכיב	מנת סורגום	מנת חיטה
סורגום	31.2	13.4
חיטה	13.4	31.3
סויה	12.3	12.3
תחמיץ תירס	38.3	38.3
אוריה	1.24	1.11
תרכיז מינרלים + ויטמינים	3.60	3.60
חלבון כללי (6.25xN)	16.9	16.9
צריכת מזון (ק"ג ח"י/יום)	17.2	16.9

בוצע מעקב אחר מהלך הנעילות בשקיות דקרון שהוכנסו לכרס לקביעת קצבי עיכול המזונות הבודדים. במהלך ניסוי העיכול בפרות, נערכו דגימות של המזונות, שאריות המזון, מיץ כרס, מעכלי אבומזום וצואות, לבחינת הרכב כימי מפורט. נעילות המנות בכלל מערכת העיכול ובקיבות של הפרות נקבעה על פי ריכוזי סמן בלתי ספיג (כרום-אוקסיד) הזורם במעכל האבומזום ומופרש בצואה. שגרת הדגימות והטיפול במיץ הכרס, במעכלים ובצואות, נעשו כפי שתואר בעבודה הקודמת. ריכוזי המרכיבים החד-סוכריים בחומר המלא של המזונות, השאריות, מעכלי האבומזום

לחלקיקי NDF. על פי הערכים הממוצעים של צריכת העמילן ונעכלותו בקיבות ובכלל מערכת העיכול (טבלה 2) נמצא, ש-13% יותר עמילן נעכל בכרס הפרות שניזונו במנת החיטה בהשוואה לאלה שקיבלו את מנת הסורגום, ומאידך, היה פיצוי מסוים במנת הסורגום שהתבטא בגידול של 10% בכמות העמילן שנמלט מעיכול בכרס ונספג במעי. סך הכל במנת החיטה נעכלו בכלל מערכת העיכול 172 ג' ליום יותר עמילן מאשר במנת הסורגום. ממצאים אלה המצביעים על יכולת מוגבלת של המעי לספוג עמילן של סורגום, יכולים להיות מוסברים ע"י גורמים הקשורים למבנה גרעין הסורגום ולעמידות המעטפת החלבונית של הסורגום שנמלט מפירוק בכרס בפני פירוק אנוימיטי נוסף במעי. הסבר אחר לתופעה יכולה להיות יכולת מוגבלת של רקמת המעי ליצור כמות מספקת של אנוימיים מפרקי עמילן או לספוג גלוקוז, כאשר ריכוזים גבוהים במיוחד של עמילן עוקף כרס דוגמת זה שנמצא במנת הסורגום זורמים במעי. חשוב לציין, שקיימים בספרות המדעית חילוקי דעות ביחס להשפעת אתר הספיגה של העמילן במערכת העיכול על ביצועי בקר לחלב.

של פרות מנת החיטה. כתוצאה מכך, הפרות של מנת הסורגום עיכלו בכלל מערכות העיכול 319 ג' ליום יותר פחמימות NDF מאשר הפרות שניזונו במנת החיטה.

כדי להבין כיצד משפיעה נוכחות העמילן הפריק על עיכול ה-NDF בכרס, נמדד ה-pH הממוצע בנוזלי הכרס (טבלה 3) ונמצא שלא היה הבדל מובהק בין המנות וה-pH היה בתחום שמאפשר צלולוליזה נאותה ע"י חידקי הכרס (6.13–6.15). לפי כך נראה, שהשפעת העמילן על דיכוי האוכלוסיה הצלוליטית בכרס אינה פועלת דרך מנגנון של ירידת ה-pH, אלא דרך מנגנון אחר. נוכחות כמות גדולה של פחמימות זמינות גורמת ככל הנראה לאוכלוסיה מפרקת NDF לנצל פחמימות זמינות אלה לגדילה, ותוך כדי כך נוצר דיכוי ברמת הגנום של החידקים לייצור מנגנוני ספיחה לסובסטר התאיתי או אנוימיים חיוניים לצלולוליזה של NDF. הסבר זה הוצע על ידינו במאמרים קודמים (Miron et al. 1989 and 1990), שבהם הוצג כיצד גורמת נוכחות פחמימות זמינות לדיכוי בהופעת בליטות אופייניות על מעטפת החידקים הצלוליטיים, והומחש הקשר בין נוכחות בליטות אלה לכושר הספיחה של החידקים

טבלה 2. צריכה ממ"ג ומ"מ (ק"ג ליום) ונעכלות פחמימות NDF, העמילן וכלל הפחמימות בקיבות ובכלל מערכת העיכול.

מרכיב	מנת סורגום		מנת חיטה		פחמימות NDF; צריכה ונעכלות בקיבות ונעכלות כללית
	מ"ג	מ"מ	מ"ג	מ"מ	
פחמימות NDF; צריכה ונעכלות בקיבות ונעכלות כללית	2.18	0.97	2.15	1.01	
					1.21 1.79
פחמימות NDF; צריכה ונעכלות בקיבות ונעכלות כללית	2.84	1.41	2.80	1.42	
					1.19 1.70
עמילן; צריכה ונעכלות בקיבות ונעכלות כללית	1.67	5.34	1.66	5.13	
					1.78 0.75
כלל פחמימות; צריכה ונעכלות בקיבות ונעכלות כללית	4.12	6.77	4.07	6.61	
					1.47 0.76 1.23
נעכלות חומר אורגני;					49.4 78.5 74.1

א,ב, ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית $P < 0.05$.

טבלה 3. מדדי התסיסה בכרס ומטבוליזם החנקן.

פרמטר	מנת סורגום	מנת חיטה	שת"מ
pH בכרס	6.51	6.13	0.05
כלל הש"ן בכרס (mM)	133	136	3.72
יחס אצטט/פרופיונט	1.61	1.54	0.21
N נאכל (ג' ליום)	468	475	
NH ₃ בכרס (מ"ג/001 מ"ל)	21.2	23.2	1.26
NAN באבומזום (ג' ליום)	387	380	12.00
N באבומזום (ג' ליום)	410	403	
ספיגת N אבומזום במעי (ג' ליום)	278	271	8.25
(%)	67.4	67.1	2.87
נעכלות N המזון (%)	71.9	72.2	1.50

שת"מ = שגיאת תקן ממוצעת; ערכים לא מסומנים באותה שורה אינם נבדלים סטטיסטית.

החלבון, ולכן בגרעין נתון תמיד יהיה סינכרון בין עיכול החלבון לעיכול העמילן. כנראה, סינכרון זה התקיים בשתי המנות של הניסוי הנוכחי שבהן מרבית החלבון נתרם ע"י הגרעין העמילני, ומיעוטו ע"י תוספת סויה ואוריאה שקצב פריקותן המהיר תואם את קצב הפריקות של עמילן החיטה המצוי בשתי המנות.

מסקנות

על פי התוצאות ניתן לסכם: 1. ריכוז גבוה של עמילן חיטה מהיר פירוק במנה מדכא עיכול פחמימות דופן-התא בכרס הפרה בשיעור של כ-20%, בהשוואה לשימוש בעמילן סורגום איטי פירוק, ולכן כדאי להגביל שיעור העמילן מהיר הפירוק במנת בקר לחלב; 2. עיכול רב יותר של עמילן פריק בכרס לא גרם לשיפור בנעכלות כלל הפחמימות והחלבון בהגדלת ייצור החש"ן בכרס ואספקת חלבון למעי; 3. מכיון שהדעות חלוקות ביחס ליתרון של עמילן עוקף כרס לייצור חלב, נדרשים ניסויי ביצוע להבהרת סוגיה זאת.

רשימת ספרות

Miron, J., Ben-Ghedalia, D., Yokoyama, M.T. and Lamed, R., 1990. Anim. Feed Sci. Technol., 30: 107-120.
 Miron, J., Yokoyama, M.T. and Lamed, R. 1989. Appl. Microbiol. Biotechnol., 32: 218-222.
 Miron, J., Solomon, R., Bruckental, I. and Ben-Ghedalia, D. 1996. Anim. Feed Sci. Technol. 57: 75-86.
 Nocek, J.E. and Tamminga, S., 1991. J. Dairy Sci. 74: 3598-3629.
 Poore, M.H., Moore, J.H., Swingle, R.S., Eck, T.P. and Brown, W.H. 1993. J. Dairy Sci. 76: 2235-2243.

יש הסוברים, שיעילות ניצול העמילן לסינטוז החלב ורכיביו גבוהה יותר, כאשר עמילן עוקף כרס נספג כגלוקוז במעי (Nocek and Tamminga, 1991), לעומת זאת, ניסויי ביצוע בבקר חלב שהואבס גרעיני סורגום מטופלים בעלי קצבי פריקות שונה בכרס, הצביעו על יתרון לייצור חלב כאשר העמילן נעכל בכרס בהשוואה לעמילן שנספג במעי (Poor et al, 1993). בעבודה הנוכחית היתרון של מנת החיטה בהעכלות העמילן התקזז ע"י היתרון של מנת הסורגום בהעכלות פחמימות ה-NDF וכתוצאה מכך, לא היה הבדל מובהק בין המנות ביחס להעכלות כלל הפחמימות והחומר האורגני בקיבות ובכלל מערכת העיכול (טבלה 2).

מדדי התסיסה בכרס ומטבוליזם החלבון מוצגים בטבלה 3. למרות ההבדלים בין המנות ביחס לקצב עיכול העמילן בכרס, לא נמצאו הבדלים בין הפרות שניזונו במנות הניסוי בריכוזי חומצות השומן הנדיפות והאמוניה החופשית בנוולי הכרס, כמות החנקן החלבוני שמגיע לאבומזום ונעכלות החנקן במעי. ממצאים אלה מצביעים על סינכרון טוב בשתי המנות בין פירוק העמילן והחלבון והאינקורפורציה שלהם לבניית גופי המיקרואורגניזמים בכרס, וזאת למרות ההבדלים בקצב פריקות העמילן בין המנות השונות. ניתן להסביר ממצא זה בכך, שבכל גרעין נתון, דוגמת חיטה או סורגום, העמילן מוקף במטריקס חלבוני שמגן עליו. לפי כך, קצב פירוק העמילן בגרעין נגזר מקצב פירוק