

דו"ח סופי תוכנית 362724

1. שם ההצעה:

שיפור אחוז ותנובת השומן בחלב בעזרת תוסף המכיל מלחי סידן של חומצות שומן בהרכב

ייחודי

מוגשת להנהלת ענף בקר לחלב – ועדת ההזנה

2. שמות השותפים למחקר ושטח הפעולה של כל משתתף:

- פרופ' עוזי מועלם – מינהל המחקר החקלאי, מכון וולקני – ניהול הניסוי, ניתוח נתונים וייעוץ מדעי.
- איל פרנק – חוקר ראשי, עובד תקן, שה"ם – שותף לפרויקט

3. תקציר

בשנים האחרונות עלה הביקוש לשומן החלב מן התעשייה. למחסור המתמשך בשומן יש השפעה שלילית על הענף משום שהוא עלול להגביר את החשיפה ליבוא, ובכך מהווה אף סיכון להמשך מדיניות התכנון בענף החלב. אי לכך, העלאת אחוז ותנובת השומן בחלב מהווה כיום מטרה מרכזית ובעלת חשיבות כלכלית גדולה בענף זה. בניגוד למדינות רבות אחרות העושות שימוש גם בשומן מן החי, בישראל, חומצות השומן ממקור צמחי הינן המקור הבלעדי להזנת שומן במעלי גירה. השומן הצמחי מכיל שיעור גבוה (עד 80%) של חומצות בעלות 18 פחמימנים (C18) - רוויות ובלתי רוויות. לפרופיל חומצות השומן המתבטא בין היתר באורך השרשרת, ובעיקר למידת ההרוויה שלו השפעה רבה על המטבוליזם בכרס ועל משק האנרגיה, ולכן גם על ייצור חלב ורכיביו. קיימים היום מוצרים רבים בשוק עם צורות הגנה שונות על השומן בכרס. במספר עבודות בעולם ואף בישראל נמצא שלמלחי סידן של חומצות שומן יש נעילות גבוהה במערכת העיכול של פרת החלב יחסית למוצרים אחרים הקיימים בשוק, יחד עם השפעה חיובית על הביצועים. מקורם של שומן ממלחי סידן הנפוצים בשוק הוא משמן דקלים שעובר תהליך של סיבון בנוכחות סידן. במשך שנים רבות שמן הדקלים עבר תהליך של סיבון בהרכבו המקורי ולא נעשו מניפולציות בפרופיל חומצות השומן. בשנים אחרונות פותחו מוצרים חדשים בהם שונה פרופיל חומצות השומן. בחלק מן העבודות הגדילו את שיעור החומצה הפלמיטית במוצר ומצאו השפעה חיובית על הרכב השומן ועל הייצור. בניסוי הנוכחי אנו מבקשים לבחון מוצר חדש בו שיעור החומצה הפלמיטית במוצר מגיע עד 80% מכלל חומצות השומן בתוסף. בהתבסס על עבודות מקדימות שנעשו בארה"ב אנו מניחים שלהרכב זה המועשר בחומצה פלמיטית יהיה אפקט חיובי על שומן השומן בחלב יחסית למוצר הסטנדרטי בו שיעור החומצה הפלמיטית מגיע לכדי 40%. בשנה הראשונה ביצענו ניסוי ברפת ההזנה הפרטנית, כאשר הפרות חולקו ל- 3 בקבוצות והוזנו במנה זהה שהכילה תוספי שומן שונים (!) מלחי סידן של חומצות שומן שהכילה 45% פלמיטית ו- 35% אוליאית (CS45: 35), (2) מלחי סידן של חומצות שומן שהכילה עם 80% חומצה פלמיטית ו- 10% חומצה אוליאית (CS80: 10), ו- (3) חומצות שומן חופשיות שהכילו 80% חומצה פלמיטית ו- 10% אוליאית (FF80: 10). ככלל, היו הבדלים משמעותיים באחוז השומן בין הטיפולים השונים, כאשר אחוז השומן היה 4.02% בקבוצת ה- FF80: 10, 3.89%

בקבוצת ה- CS80: 10, ו- 3.75% בקבוצת ה- CS45: 35. נעכלות השומנים תלויה יותר במופע הכימי, CSFA או FFA, ופחות בפרופיל חומצות השומן. יחד עם זאת, למרות הנעכלות הנמוכה של כל רכיבי המנה בטיפול ה- FF80: 10, תנובות החלב, השומן, ECM ו-FCM, כמו חישובי היעילות היו גבוהים יותר בקבוצת ה- FF80: 10. ניתן להסביר זאת בכך שהניתוב של מקורות השומן והאנרגיה בטיפול ה- FF80: 10 היה לייצור חלב ורכיביו ופחות למסת גוף, ואולם השערה זו דורשת מחקר נוסף. בשנה השנייה של תוכנית מחקר זו ביצענו ניסוי ובו שלושת הטיפולים הכילו מלחי סידן של חומצות שומן, אבל היחס בין החומצה הפלמיטית לאוליאת היה שונה בין הטיפולים. בדומה לתוצאות הניסוי הראשון, העלאת שיעור הפלמיטית בתוסף העלה באופן משמעותי את אחוז השומן בחלב – עד כדי 0.4 יחידות האחוז. תנובת FCM 4% הייתה גבוהה בקבוצת ה- CS60: 30, בינונית ב- CS45: 35, ונמוכה ב- CS70: 20. צריכת המזון בטיפול ה- CS60: 30 הייתה גבוהה יותר מאשר בשני הטיפולים האחרים. בניסוי זה לא נמצאו הבדלים במאזן האנרגיה או בתוספת משקל הגוף בין הטיפולים, בדומה לניסוי הראשון בו לא נמצאו ההבדלים בין 2 טיפולי ה- CSFA, למרות ההבדלים בפרופיל חומצות השומן ביניהם. זאת בניגוד לטיפול ה- FF80: 10 בניסוי הראשון בו נמצא מאזן אנרגיה שלילי יותר. נמצאה יעילות גבוהה יותר לייצור חלב בטיפול CS60: 30, ללא הבדלים ביעילות לייצור FCM 4% ו-ECM. מבין כל הטיפולים שניתנו במסגרת מחקר זה, טיפול ה- CS60: 30 הראה את הביצועים הטובים ביותר מבחינת אחוז ותנובת השומן בחלב, ואילו טיפול ה- CS45: 35 הראה תנובות חלב גבוהות יותר. יכול להיות כי בעתיד נעשה בשימוש בתוספי השומן בהתאם המטרה שנגדיר: כאשר נרצה להגביר את תנובת החלב נעשה שימוש ב- CS45: 35, ואילו כאשר המטרה תהיה העלאת אחוז ותנובת השומן נעשה שימוש ב- CS60: 30.

4. תיאור הבעיה הנחקרת ופערי הידע בנושא

הביקוש לשומן חלב הולך ועולה בשנים האחרונות, וענף החלב בישראל לא מצליח נכון לעכשיו לעמוד בביקושים הגבוהים. אשר על כן, העלאת אחוז השומן בחלב מהווה מטרה מרכזית ובעלת חשיבות כלכלית גדולה לענף. שמן ממקור צמחי הינו המקור הבלעדי לשומן במעלי גירה בישראל, בניגוד למדינות רבות אחרות העושות שימוש גם בשומן מן החי. שמן צמחי מכיל שיעור גבוה (עד 80%) של חומצות שומן בעלות 18 פחמימנים (C18) - רוויות ובלתי רוויות. לפרופיל חומצות השומן המתבטא בין היתר באורך השרשרת, ובעיקר למידת ההרוויה שלו השפעה רבה על המטבוליזם בכרס ועל משק האנרגיה, ולכן גם על ייצור חלב ורכיביו. למידת ההרוויה של חומצות השומן במנות של פרות חלב יש השפעה על המטבוליזם בכרס ועל משק האנרגיה, ולכן גם על ייצור חלב ורכיביו. קיימים מוצרים רבים בשוק וההבדלים ביניהם נובעים בעיקר בפרופיל חומצות השומן, וכן במופע הכימי שלו. המוצר הנפוץ ביותר של מלחי סידן של חומצות שומן (CSFA) הינו ממקור של שמן דקלים ומכיל כ- 40% חומצה פלמיטית, ושיעור דומה אך נמוך יותר של חומצה אוליאת (C18: 1). בעבודה שבצענו לאחרונה בישראל וכן במספר עבודות אחרות נמצא שלמלחי סידן של חומצות שומן, יש נעכלות טובה בכלל מערכת העיכול של פרת החלב, יחסית למוצרים אחרים של שומן מוגן הקיימים בשוק, עם השפעה חיובית על ייצור החלב ורכיביו וניצולת המזון (Oyebade et al., 2019). ההבדלים בפרופיל חומצות השומן והצורה הכימית שבו מוגש המוצר מהווים גורם מכריע ביעילותו, שמתבטא בעיקר בנעכלות שונה ובהשפעה על

הייצור (Daley et al., 2020). במספר עבודות בעולם נמצא שלחומצה פלמיטית יש באופן יחסי נעילות גבוהה, ובמספר עבודות נמצאה השפעה חיובית על תנובת החלב ואחוז השומן בחלב (Mosley et al., 2013; Piantoni et al., 2007). בעבודה של de Souza et al. (2019) נמצאה עלייה של כשתי עשיריות באחוז השומן בחלב עם העלאת שיעור החומצה הפלמיטית עד 80% כדי מכלל החומצות. לאור ממצאים אלה ואחרים, בשנים האחרונות פותחו מספר מוצרים בשוק המכילים שיעור גבוה של חומצה פלמיטית. מרביתם של מוצרים אלה הינם טריגליצרידים בעלי נעילות נמוכה. לאחרונה פותח מוצר המבוסס על מלחי סידן של חומצות שומן המכיל גם הוא שיעור גבוה של חומצה פלמיטית. אנו משערים כי שילוב של מופע כימי בצורת מלחי סידן המועשר בחומצה פלמיטית ישפיע לטובה על נעילות השומן ויתרום לשיפור אחוז ותנובת השומן בחלב. בניסוי הנוכחי נבחנו גם 2 תוספים שפרופיל חומצות השומן בהן זהה, עם מופע כימי שונה על הביצועים.

5. מטרת המחקר

לבחון את השימוש בשומן מוגן הדומה בהרכבו הכימי למוצר הקלאסי (אדולק), אך שונה בפרופיל חומצות השומן שלו, ומכיל שיעור גבוה של חומצה פלמיטית. בניסוי זה נבחנו גם את השפעת המופע הכימי של תוספי שומן (חומצות שומן חופשיות או מלחי סידן של חומצות שומן) עם פרופיל חומצות שומן זהה על נעילות המנה ורכיביה. נבחנו את השפעת השימוש בתוספים השונים על תנובת החלב ורכיביו, נעילות המנה ורכיביה *in-vivo*, ועל פרופיל חומצות השומן בחלב.

6. מהלך המחקר

שנה ראשונה

הניסוי התבצע ברפת ההזנה הפרטנית של מינהל המחקר החקלאי בבית דגן. המחקר יתבצע עם 42 חולבות גבוהות תנובות שחולקו ל-3 קבוצות על פי תנובת חלב ורכיביו, ימים בתחלובה, משקל גוף ומספר תחלובה.

1) קבוצת הביקורת הוזנה במנה מקובלת: ריכוז אנרגיה של 1.78 מק"ל אנרגיה נטו לחלב לק"ג ח"י, וריכוז החלבון יהיה 16.5%. מנה זו הכילה 2.4% מן החומר היבש מלחי סידן של חומצות שומן שהכילה 45% פלמיטית ו- 35% אוליטית. טיפול זה נקרא CS45: 35

2) קבוצת שנייה קיבלה מנה דומה לקבוצת 1 והכילה 2.4% היבש מלחי סידן של חומצות שומן שהכילה עם 80% חומצה פלמיטית ו- 10% חומצה אוליטית. טיפול זה נקרא CS80: 10

3) קבוצת שלישית תקבל מנה דומה ל- 2 הקבוצות האחרות והכילה 2% חומצות שומן חופשיות שהכילו 80% חומצה פלמיטית ו- 10% אוליטית. טיפול זה נקרא FF80: 10

לפני תחילת הניסוי נקבע פרופיל חומצות השומן בתוספים. כמו כן בדקנו במהלך הניסוי את פרופיל חומצות השומן במנה הכולית של 3 הקבוצות.

הניסוי נמשך 13 שבועות וביקורות חלב יתבצעו אחת לשבועיים.

נעילות המזון התבצעה ע"י איסוף צואה 8 פעמים במהלך יומיים רצופים ושימוש ב- INDF כסמן פנימי.

חישבנו את יעילות הייצור והשינויים במשקל הגוף בהשפעת הטיפולים השונים.

כמו כן קבענו את פרופיל חומצות השומן בביקורות החלב במעבדה בקיסריה.

תוצאות

הניתוח הסטטיסטי לפי השוואה (contrast) בין 2 טיפולי ה- CSFA השונים בפרופיל חומצות השומן, ובין 2 הטיפולים עם יחסים 10:80 אבל במופע כימי שונה – CSFA לעומת FFA. בטבלה מספר 2 מוצגות תנובות חלב ורכיביו. בהשוואה בין 2 טיפולי ה- CSFA, בטיפול ה- CS45:35 נמצא יותר חלב, פחות אחוז שומן בחלב ונטייה לתנובה יותר גבוהה של חלב משווה אנרגיה (ECM) מאשר פרות ה- CS80:10. בהשוואה בין 2 טיפולי ה- 10:80, נמצא יותר חלב, נטייה לאחוז שומן גבוה יותר, תנובת שומן גבוהה יותר, ותנובת ECM ו-FCM גבוהה יותר בפרות ה- FF80:10 לעומת פרות ה- CS80:10.

בטבלה מספר 3 מוצגים תוצאות צריכת מזון וחישובי יעילות. לא נמצאו הבדלים בצריכת מזון בין הטיפולים. מאזן האנרגיה היה שלילי יותר בטיפול ה- FF80:10 לעומת ה- CS80:10, וצבירת מסת גוף הייתה יותר נמוכה בטיפול ה- FF80:10 אבל לא באופן מובהק.

בטבלה מספר 4 מוצגים התוצאות מהדגימות בכרס. pH הכרס היה נמוך יותר בקבוצת ה- FF80:10 לעומת ה- CS80:10. ריכוז החומצה הפרופיונית היה גבוה יותר ב-פרות ה- FF80:10, היחס אצטיטת לפרופיונית היה נמוך יותר, וריכוז הכולל של חומצות חש"ן היה גבוה יותר לעומת קבוצת ה- CS80:10. תוצאות הנעכלות של רכיבי המנה מופיעים בטבלה מספר 5. נעכלות ה- NDF וה- ADF היו גבוהים יותר בקבוצת ה- CS80:10 לעומת ה- CS45:35. נעכלות החומר היבש, חומר אורגני, NDF ו- ADF היו גבוהים יותר בקבוצת ה- CS80:10 לעומת קבוצת ה- FF80:10.

בטבלה מספר 6 מוצגות תוצאות הנעכלות של השומן ורכיביו. הנעכלות של השומן הכללי הייתה נמוכה בכ- 13% בקבוצת ה- FF80:10 לעומת ה- CS80:10, ללא הבדלים בנעכלות השומן בין 2 טיפולי ה- CSFA. מגמה דומה נמצאה כאשר בחנו את נעכלות חומצות השומן לפי משפחות של 16 פחמנים או 18 פחמנים.

מסקנות עד כה – נעכלות השומנים תלויה יותר במופע הכימי, CSFA או FFA, ופחות בפרופיל חומצות השומן. יחד עם זאת, למרות הנעכלות הנמוכה של כל רכיבי המנה בטיפול ה- FF80:10, תנובות החלב, השומן, ECM ו-FCM, כמו חישובי היעילות היו גבוהים יותר בקבוצת ה- FF80:10. ניתן להסביר זאת בכך שהניתוב של מקורות השומן והאנרגיה בטיפול ה- FF80:10 היה לייצור חלב ורכיביו ופחות למסת גוף. ואולם השערה זו דורשת מחקר נוסף.

ככלל, היו הבדלים משמעותיים באחוז השומן בין הטיפולים השונים, כאשר אחוז השומן היה 4.02% בקבוצת ה- FF80:10, 3.89% בקבוצת ה- CS80:10, ו- 3.75% בקבוצת ה- CS45:35.

בטבלה מספר 1 מוצגות המנות כפי שהוזנו במהלך הניסוי. כפי שניתן לראות ההבדלים בין רכיבי המנה היו מינוריים לבד מהרכב השומן המוסף שהיה שונה בין שלושת הטיפולים. כמו כן תכולת המנות הייתה זהה בין שלושת הטיפולים.

טבלה מספר 1. הרכב מנות הניסוי

Ingredients, % of DM	Treatments		
	CS45:35	CS80:10	FF80:10
Corn, ground	23.5	23.2	23.2
Barley, rolled	1.3	1.3	1.3
Wheat grain, rolled	3.1	3.1	3.1
Rapeseed meal	9.9	9.9	8.1
Soybean meal	3.1	3.1	5.5
Wheat bran	4.8	4.8	4.4
Gluten feed	11.1	11.1	11.1
Cottonseed	1.4	1.4	1.6
Wheat silage	20.2	20.2	20.2
Oat hay	13.1	13.1	13.1
Clover hay	1.3	1.3	1.3
By product of the dairy industry	2.6	2.6	2.5
CS45:35 ¹	2.4	0	0
CS80:10 ²	0	2.4	0
FF80:10 ³	0	0	2.0
Urea	0.3	0.3	0.1
NaCl	0.9	0.9	0.9
Limestone	0.3	0.3	0.8
Bicarbonate	0.7	0.7	0.7
Vitamins and minerals ⁴	0.0005	0.0005	0.0005
Chemical composition			
Starch, %	25.0	25.0	24.7
Crude protein, %	16.5	16.5	16.5
NDF, %	30.5	30.5	30.0
Forage NDF, %	17.5	17.5	17.5
Ether extract, %	4.99	4.99	4.99
Ca, %	0.009	0.009	0.009
P, %	0.004	0.005	0.005

טבלה מספר 2. תנובות חלב ורכיביו

Variable	Treatment			SEM	Contrast	
	CS45:35	CS80:10	FF80:10		CS45:35 vs. CS80:10	CS80:10 vs. FF80:10
Milk, kg/d	50.4	49.4	50.1	0.35	0.01	0.05
Fat, %	3.75	3.89	4.02	0.05	0.03	0.06
Fat, kg/d	1.81	1.84	1.92	0.05	0.58	0.05
Protein, %	3.28	3.32	3.37	0.05	0.50	0.57
Protein, kg/d	1.58	1.55	1.59	0.04	0.40	0.38
Lactose, %	5.03	4.99	4.96	0.02	0.11	0.24
Lactose, kg/d	2.44	2.38	2.38	0.05	0.15	0.77
MUN ³ , mg/dL	16.1	15.9	15.9	0.62	0.77	0.98
Casein	2.24	2.23	2.34	0.036	0.94	0.04
SCC,	148	174	211	73.0	0.75	0.88
4% FCM ⁴ , kg/d	47.7	47.7	49.1	0.44	0.93	0.001
ECM ⁵ , kg/d	49.0	48.2	49.5	0.40	0.10	0.01
Milk Energy, Mcal/d	36.3	35.8	36.7	0.30	0.13	0.01

הניתוח הסטטיסטי בוצע לפי השוואה (contrast) בין 2 טיפולי ה- CSFA השונים בפרופיל חומצות השומן, ובין 2 הטיפולים עם יחסים 80:10 אבל במופע כימי שונה – CSFA לעומת FFA. בטבלה מספר 2 מוצגות תנובות חלב ורכיביו. בהשוואה בין 2 טיפולי ה- CSFA, בטיפול ה- CS45:35 נמצא יותר חלב, פחות אחוז שומן בחלב ונטייה לתנובה יותר גבוהה של חלב משווה אנרגיה (ECM) מאשר פרות ה- CS80:10. בהשוואה בין 2 טיפולי ה- 80:10, נמצא יותר חלב, נטייה לאחוז שומן גבוה יותר, תנובת שומן גבוהה יותר, ותנובת ECM ו- FCM גבוהה יותר בפרות ה- FF80:10 לעומת פרות ה- CS80:10.

בטבלה מספר 3 מוצגים תוצאות צריכת מזון וחישובי יעילות. לא נמצאו הבדלים בצריכת מזון בין הטיפולים. מאזן האנרגיה היה שלילי יותר בטיפול ה- FF80:10 לעומת ה- CS80:10, וצבירת מסת גוף הייתה יותר נמוכה בטיפול ה- FF80:10 אבל לא באופן מובהק. היעילות לייצור חלב נטתה להיות גבוהה יותר בקבוצת ה- CS45:35 לעומת ה- CS80:10, ואילו היעילות לייצור FCM 4% ו- ECM הייתה גבוהה יותר בטיפול ה- FF80:10 לעומת טיפול ה- CS80:10. לא נמצאו הבדלים בזמן רביצה ואילו זמן רומינציה היה גבוה יותר בקבוצת ה- CS80:10 מאשר בקבוצת ה- CS45:35, ובקבוצת ה- CS80:10 מאשר בקבוצת ה- FF80:10.

טבלה מספר 3. צריכת מזון מאזן אנרגיה וחישובי יעילות

Variable	Treatment ¹			SEM	Contrast ²	
	CS45:35	CS80:10	FF80:10		CS45:35 vs. CS80:10	CS80:10 vs. FF80:10
DMI, kg/d	30.6	30.7	30.8	0.40	0.71	0.77
Maintenance, Mcal/d	10.4	10.4	10.4	0.009	0.83	0.61
EB ³ , Mcal/d	8.6	8.7	6.1	0.38	0.99	0.001
BW start, kg	650	647	663	15.2	0.88	0.48
BW end, kg	658	655	666	16.2	0.91	0.64
BW gain, kg	7.8	8.1	3.5	4.0	0.96	0.36
Milk/DMI, kg/kg	1.67	1.63	1.64	0.07	0.07	0.46
4% FCM ⁴ /DMI, kg/kg	1.57	1.57	1.62	0.01	0.83	0.004
ECM ⁵ /DMI, kg/kg	1.59	1.58	1.67	0.01	0.78	0.001
Resting time, min/d	550	552	551	5.3	0.68	0.92
Rumination time, min/d	516	556	538	2.1	<0.001	<0.001

בטבלה מספר 4 מוצגות תוצאות ה-pH, ריכוז האמוניה וה-VFA בכרס. ה-pH בכרס היה נמוך יותר בקבוצת ה-FF80:10 לעומת טיפול ה-CS80:10, וריכוז האמוניה בכרס היה דומה בין הטיפולים.

טבלה מספר 4. אמוניה וחומצות שומן נדיפות בכרס

	Treatment ¹			SEM	Contrast ²	
	CS45:35	CS80:10	FF80:10		CS45:35 vs. CS80:10	CS80:10 vs. FF80:10
Rumen pH	6.20	6.28	6.11	0.05	0.28	0.007
Ammonia, mg/L	175	172	172	2.9	0.39	0.95
Acetate, mM	67.9	64.1	66.5	1.34	0.04	0.22
Propionate, mM	33.0	31.3	36.3	0.93	0.21	0.001
Butyrate, mM	14.2	14.1	15.0	0.43	0.80	0.14
Isovalerate, mM	0.95	0.85	0.84	0.07	0.23	0.93
Valerate, mM	1.39	1.44	1.39	0.08	0.60	0.59
Caproate, mM	0.33	0.40	0.23	0.03	0.17	0.001
Acetate/propionate	2.07	2.07	1.83	0.050	0.92	0.001
Total VFA ³ , mM	118.8	110.7	120.6	2.20	0.02	0.003

טבלה מספר 5. נעכלות רכיבי המנה

Variable	Treatment ¹			SEM	Contrast ²	
	CS45:35	CS80:10	FF80:10		CS45:35 vs. CS80:10	CS80:10 vs. FF80:10
Apparent digestibility, %						
DM	59.5	61.6	57.3	1.21	0.22	0.03
OM	62.1	64.1	59.4	1.19	0.22	0.01
Protein	62.3	61.0	56.1	1.61	0.57	0.03
NDF ³	29.7	37.4	29.3	1.39	0.001	0.001
ADF ⁴	22.2	30.2	19.7	1.53	0.001	0.001
Ash	29.0	25.3	32.7	2.35	0.30	0.05
Apparent digestible intake, kg/d						
DM	18.0	18.7	17.6	0.59	0.48	0.15
OM	17.3	18.0	16.9	0.57	0.48	0.17
Protein	3.5	3.2	2.8	0.13	0.13	0.04
NDF	2.8	3.8	2.7	0.16	0.001	0.001
ADF	1.1	1.5	0.8	0.08	0.001	0.001
Ash,	0.7	0.6	0.8	0.06	0.12	0.007

בטבלה מס' 5 מוצגים תוצאות הנעכלות. נעכלות רוב רכיבי המנה היו נמוכים ה- CS70:20 מאשר ב- 2 הטיפולים האחרים. נעכלות ה- NDF וה- ADF היו גבוהים יותר בטיפול ה- CS60:30 מאשר בטיפול CS45:35. נעכלות השומן לפי משפחות חומצות שומן מוצגת בטבלה 6. ככלל, נעכלות חומצות השומן הייתה נמוכה יותר בטיפול ה- CS70:20 מאשר בשני הטיפולים האחרים, כאשר הנעכלות ב-2 הטיפולים האחרים הייתה דומה למרות ההבדלים בפרופיל חומצות השומן.

טבלה מספר 6. נעכלות השומן ומשפחות חומצות השומן

Variable	Treatment ¹			SEM	Contrast ²	
	CS45:35	CS80:10	FF80:10		CS45 vs. CS80	CS80 vs. FF80
Intake, g/d						
Crude fat	1736	1656	1632	78.5	0.52	0.81
16 carbon FA	595	707	643	29.5	0.03	0.12
18 carbon FA	984	860	961	44.2	0.08	0.08
Digestibility, %						
Crude fat	77.1	79.1	66.1	3.6	0.72	0.02
16 carbon FA	82.4	84.9	70.7	2.94	0.55	0.004
18 carbon FA	74.8	80.4	67.4	2.56	0.21	<0.001
Digested, g/d						
Crude fat	1336	1316	1082	92.6	0.86	0.07
16 carbon FA	490	601	456	32.4	0.04	0.008
18 carbon FA	739	693	649	43.7	0.52	0.40

שנה שנייה

בנוסף, בשנה השנייה של המחקר בצענו ניסוי נוסף ברפת ההזנה הפרטנית ובו היו 3 טיפולי הזנה. למרות שהתוצאות בטיפול ה- FFA (FF80:10) היו טובות יותר בניסוי הראשון, משיקולים של קושי בייצור מוצר זה וחיי מדף קצרים יותר, החברות המייצרות מעדיפות CSFA, ולכן בניסוי בשנה השנייה המחקר התבצע עם CSFA בלבד, ביחסים שונים של חומצות שומן. הניסוי התבצע ברפת ההזנה הפרטנית במכון וולקני, במתכונת דומה לניסוי הראשון. טיפולי ההזנה בניסוי (טבלה 7):

(1) CS45:35 - ביקורת (n=14) הוזנו במנה שהכילה 2.2% חומצות שומן (על בסיס ח"י) בצורת מלחי סידן עם פרופיל של ~45% חומצה פלמיטית ו ~35% חומצה אולאית.

(2) CS60:30 - (n=14) הוזנו במנה שהכילה 2.2% חומצות שומן (על בסיס ח"י) בצורת מלחי סידן עם פרופיל של ~60% חומצה פלמיטית ו- ~30% חומצה אולאית.

(3) CS70:20 - (n=14) הוזנו במנה שהכילה 2.2% חומצות שומן (על בסיס ח"י) בצורת מלחי סידן עם פרופיל של ~70% חומצה פלמיטית ו- ~20% חומצה אולאית.

המנה המלאה מוצגת בטבלה מספר 7.

הניסוי נמשך 13 שבועות וביקורות חלב יתבצעו אחת לשבועיים.

נעכלות המזון התבצעה ע"י איסוף צואה 8 פעמים במהלך יומיים רצופים ושימוש ב- INDF כסמן פנימי.

טבלה מס' 7 – מנות שלושת הטיפולים בניסוי השני.

טיפולים			מרכיבים, % מחומר יבש
CS70: 20	CS60: 30	CS45: 35	
22.8	22.8	22.8	תירס גרוס
4.5	4.5	4.5	גרעיני חיטה לחוצים
11.4	11.4	11.4	כוספת לפתית
1.5	1.5	1.5	כוספת סויה
2.9	2.9	2.9	סובין
11.3	11.3	11.3	גלוטן-פיד
1.0	1.0	1.0	גרעיני כותנה
17.4	17.4	17.4	תחמיץ תירס
15.8	15.8	15.8	שחת שיבולת שועל
3.1	3.1	3.1	שחת תלתן
2.5	2.5	2.5	Golden DDG
1.3	1.3	1.3	מי גבינה
-	-	2.2	CS45: 35 ¹
-	2.2	-	CS60: 30 ²
2.2	-	-	CS70: 20 ³
0.3	0.3	0.3	אוריאה
1.1	1.1	1.1	מלח NaCl
0.2	0.2	0.2	סידנית
0.7	0.7	0.7	ביקרבוט
0.0005	0.0005	0.0005	ויטמינים ומינרלים ⁴
			תכולה
1.78	1.78	1.78	אנרגיה לייצור חלב (Mcal/kg DM)
25.0	25.0	25.0	עמילן, %
16.5	16.5	16.5	חלבון כללי, %
31.2	31.2	31.2	NDF כללי, %
17.8	17.8	17.8	NDF גס, %
5.03	5.03	5.03	מיצוי שומן, %
0.9	0.9	0.9	סידן, %
0.5	0.5	0.4	זרחן, %

תוצאות הניסוי השני

תנובת חלב ורכיביו, צריכת מזון וחישובי יעילות

תנובות החלב ורכיביו של הניסוי השני מופיעים בטבלה מספר 8. תנובות החלב היו גבוהות יותר ב- 9.9% בטיפול ה-CS45: 35 לעומת CS70: 20 (4.7 ק"ג ליום; $P < 0.0001$). כמו כן, תנובות החלב בטיפול ה-CS60: 30 היו גבוהות יותר ב- 8% מאשר בטיפול ה-CS70: 20 (3.8 ק"ג חלב ליום; $P < 0.0001$). אחוז השומן בחלב היה 3.94% בקבוצת ה-CS60: 30 ו- 3.87% בקבוצת ה-CS70: 20 לעומת 3.55% בקבוצת ה-CS45: 35 ($P = 0.0003$). תנובות השומן היו גבוהות בכ- 10% בקבוצת ה-CS60: 30 לעומת 2 הטיפולים האחרים ($P = 0.0001$). לא נמצא הבדל מובהק באחוזי החלבון והלקטוז בחלב בין הקבוצות. לעומת זאת, תנובות החלבון והלקטוז היו נמוכות בקבוצת ה-CS70: 20 לעומת CS45: 35 וה-CS60: 30 ($P = 0.0001$). לא נמצא הבדל בריכוזי MUN, הקזאין בחלב או SCC בחלב בין כל הקבוצות. תנובת ה-FCM הייתה גבוהה ב- 8.7% (4 ק"ג ליום) בקבוצת CS60: 30 לעומת CS70: 20 ($P < 0.0001$), וכך יותר גבוהה ב- 3.5% מאשר בקבוצת ה-CS45: 35 ($P = 0.0007$). באופן דומה, תנובת ה-ECM בקבוצת CS60: 30 הייתה גבוהה ב- 8.2% (3.9 ק"ג ליום) לעומת CS70: 20 ($P < 0.0001$) וב- 2.4% לעומת ה-CS45: 35 ($P = 0.02$). תנובות החמ"מ היו דומות בין הטיפולים ה-CS45: 35 וה-CS60: 30 ($P = 0.12$), וגבוהות מה-CS70: 20 ($P = 0.01$). כמו כן, תפוקות האנרגיה בחלב גם כן היו גבוהות בקבוצת CS60: 30 לעומת CS70: 20 ($P = 0.05$).

טבלה 8. השפעת הטיפולים על יצור חלב ורכיביו.

P- value	SEM	טיפולים ¹			משתנים
		CS70: 20	CS60: 30	CS45: 35	
0.002	0.27	47.3 ^c	51.1 ^b	52.0 ^a	חלב, ק"ג/יום
0.0003	0.07	3.87 ^a	3.94 ^a	3.55 ^b	שומן, %
0.0001	0.04	1.78 ^b	1.99 ^a	1.82 ^b	שומן, ק"ג/יום
0.09	0.02	3.41	3.46	3.43	חלבון, %
0.0001	0.02	1.58 ^b	1.72 ^a	1.77 ^a	חלבון, ק"ג/יום
0.84	0.02	5.04	5.03	5.03	לקטוז, %
0.0001	0.04	2.33 ^b	2.56 ^a	2.62 ^a	לקטוז, ק"ג/יום
0.7	0.4	14.4	13.6	14.4	חנקן אוריאה בחלב, mg/dL
0.82	0.02	2.7	2.69	2.67	קזאין, %
0.57	50.2	183	207	257	SCC (x1000)
0.18	0.32	46.1 ^c	50.1 ^a	48.4 ^b	FCM 4%, ק"ג/יום
0.029	0.29	47.5 ^c	51.4 ^a	50.2 ^b	ECM ³ , ק"ג/יום
0.01	0.27	47.2 ^b	51.0 ^a	50.2 ^a	חמ"מ, ק"ג/יום
<0.001	0.29	35.0 ^b	38.0 ^a	37.01 ^a	אנרגיה בחלב, מק"ל/יום

³Energy-corrected milk - חלב מושווה אנרגיה

⁴חלב מושווה מחיר

אותיות קטנות שונות מצביעות על הבדלים משמעותיים בין שני המשתנים לכל מדידה ($P < 0.05$)

השפעות הטיפולים על צריכת חיי, מאזן אנרגיה, ויעילות מופיעים בטבלה מספר 9. צריכת חיי הייתה גבוהה יותר בקבוצת ה-30: 60 CS מאשר בשתי הקבוצות האחרות ($P = 0.0001$), כאשר גם צריכת המזון בקבוצת ה-35: 45 CS הייתה גבוהה יותר מזו שבקבוצת ה-20: 70 CS. באופן דומה צריכת האנרגיה הייתה גבוהה יותר בטיפולים 35: 45 CS ו-30: 60 CS מאשר בקבוצת ה-20: 70 CS. לא נמצאו הבדלים במאזן האנרגיה או תוספת משקל גוף בין הטיפולים. השפעות הטיפולים על יעילות ייצור חלב ורכיביו מופיעים גם בגרף מספר 5. היעילות לייצור חלב (חלב/ק"ג חיי נצרך) הייתה גבוהה בכ-6.5% בקבוצת הפרות שקיבלה 35: 45 CS לעומת שאר הקבוצות ($P = 0.0001$). לא נמצאו הבדלים ביעילות לייצור 4% FCM ($P = 0.41$), ו-ECM ($P = 0.18$), ואילו היעילות לייצור חמ"מ נטתה להיות גבוהה יותר בקבוצת ה-35: 45 CS מאשר בקבוצת ה-20: 70 CS ($P = 0.10$). משך זמן הרביצה היומי היה גבוה בקבוצת ה-20: 70 CS לעומת ה-30: 60 CS ($P = 0.02$). זמן העלאת גירה היומי הממוצע היה גבוה ביותר בקבוצת ה-30: 45 CS לעומת ה-30: 60 CS ($P = 0.005$).

טבלה 9. השפעות הטיפולים על צריכת חומר יבש, מאזן אנרגיה, ויעילות

P- value	SEM	טיפולים ¹			משתנים
		CS70: 20	CS60: 30	CS45: 35	
0.0001	0.27	31.3 ^c	33.5 ^a	32.2 ^b	צריכת חיי, ק"ג/יום
<0.0001	0.48	55.7 ^c	59.7 ^a	57.4 ^b	צריכת אנרגיה, מק"ל/יום
0.76	0.38	7.51	7.98	7.32	מאזן אנרגיה, מק"ל/יום
0.48	13.4	658	669	682	משקל גוף התחלתי, ק"ג
0.43	14.6	675	689	704	משקל גוף סופי, ק"ג
0.79	4.9	17.4	20.6	22.3	תוספת משקל גוף, ק"ג
0.0001	0.01	1.52 ^b	1.54 ^b	1.63 ^a	חלב/צריכת חיי, ק"ג/ק"ג
0.41	0.01	1.48	1.50	1.50	4% FCM/צריכת חיי, ק"ג/ק"ג
0.18	0.01	1.52	1.53	1.56	3 ECM/צריכת חיי, ק"ג/ק"ג
0.09	0.01	1.52	1.53	1.56	4 חמ"מ/צריכת חיי, ק"ג/ק"ג
0.02	5.5	617 ^a	598 ^b	615 ^{ab}	רביצה, דק"ל/יום
0.005	3.55	537 ^{ab}	533 ^b	549 ^a	העלאת גירה, דק"ל/יום

אותיות קטנות שונות מצביעות על הבדלים משמעותיים בין שני המשתנים לכל מדידה ($P < 0.05$)

הערכת מדדי כרס

ה-pH בכרס נטה להיות נמוך יותר בקבוצה 30: 60 CS מאשר בשתי הקבוצות האחרות ($P = 0.1$), ללא הבדלים בריכוז האמוניה בכרס בין הקבוצות ($P = 0.62$; טבלה 10). ריכוז C2 נטה להיות גבוה יותר בקבוצת ה-30: 60 CS מאשר בקבוצת ה-20: 70 CS ($P = 0.07$), ואילו ריכוז C3 בכרס היה גבוה יותר בקבוצות 30: 60 CS ו-20: 70 CS מאשר בקבוצת 35: 45 CS ($P = 0.005$) יחס C2/C3 היה גבוה יותר בקבוצת ה-35: 45 CS לעומת שתי הקבוצות האחרות ($P = 0.008$), ואילו ריכוז כלל ה-VFA בכרס היה נמוך יותר בקבוצת ה-35: 45 CS לעומת קבוצת ה-30: 60 CS ($P = 0.03$).

טבלה 10. השפעות הטיפולים על pH בכרס, רמות האמוניה וריכוזי החש"ן (VFA) בכרס

P- value	SEM	טיפולים ¹			משתנים
		CS70: 20	CS60: 30	CS45: 35	
0.13	0.054	6.27	6.15	6.29	pH
0.62	12.08	133	120	117	אמוניה, מ"ג/ליטר
0.18	1.32	58.8	62.2	59.8	אצטט, mM
0.005	1.02	32.0 ^a	34.1 ^a	29.2 ^b	פרופיונט, mM
0.28	0.46	14.7	14.7	3.81	בוטיראט, mM
0.74	0.06	1.17	1.10	1.15	איזו-ואלאראט, mM
0.51	0.21	2.00	1.96	2.28	ואלאראט, mM
0.85	0.06	0.55	0.56	0.60	קאפרואט, mM
0.008	0.055	1.86 ^b	1.86 ^b	2.08 ^a	אצטט/פרופיונט
0.07	2.41	109.2 ^{ab}	114.6 ^a	106.8 ^b	סה"כ חש"ן, mM

טבלה 11. תוצאות נעכלות רכיבי המנה

Variable	Treatment ¹			SEM	P-Value ² Trt	Contrast ³	
	CS45: 35	CS60: 30	CS70: 20			Linear	Quadratic
Apparent digestibility, %							
DM	60.1 ^a	62.0 ^a	55.5 ^b	0.9	< .001	0.001	0.001
OM	62.7 ^a	65.0 ^a	58.2 ^b	0.9	< .001	0.001	0.002
Protein	58.3 ^a	60.0 ^a	51.7 ^b	1.3	0.001	0.002	0.008
NDF	36.2 ^a	32.8 ^a	28.6 ^b	1.4	0.002	0.001	0.84
ADF	26.8	24.1	23.1	1.8	0.51	0.26	0.80
Ash	28.8 ^a	18.4 ^b	26.6 ^a	1.4	< .001	0.30	< .001
Apparent digestible intake, kg/d							
DM	19.9 ^a	20.8 ^a	17.4 ^b	0.6	0.001	0.005	0.005
OM	19.2 ^a	20.4 ^a	16.8 ^b	0.5	0.001	0.005	0.001
Protein	3.47 ^a	3.53 ^a	2.65 ^b	0.1	< .001	< .001	0.001
NDF	4.03 ^a	3.38 ^b	3.16 ^b	0.2	0.003	0.001	0.30
ADF	1.39	1.19	1.26	0.1	0.38	0.38	0.28
Ash	0.71 ^a	0.39 ^b	0.67 ^a	0.04	< .001	0.51	< .001

תוצאות הנעכלות מופיעות בטבלה 11. כפי שנראה תוצאות הנעכלות היו נמוכות כמעט בכל הנוטריאנטים בטיפול ה- CS70: 20 מאשר בשני הטיפולים האחרים. לא נמצאו הבדלים בנעלות חומצות השומן בין הטיפולים (תוצאות לא מוצגות).

דיון ניסוי שני

בניסוי זה, תנובת החלב הייתה נמוכה יותר ככל ששיעור החומצה הפלמיטית עלה, בדומה לעבודות אחרות בעולם. כמו כן, בדומה לתוצאות הניסוי הראשון, העלאת שיעור הפלמיטית בתוסף העלה באופן משמעותי את אחוז השומן בחלב – עד כדי 0.4 יחידות האחוז. אחוז החלבון בחלב לא היה שונה בין הטיפולים, ואילו תנובת החלבון הייתה גבוהה בשתי הקבוצות שקיבלו שיעור נמוך יותר של PA (CS45: 35 ו-CS60: 30) לעומת ה-CS70: 20. הבדל זה נבע בעיקרו מן ההבדלים בתנובת החלב בין הטיפולים. תנובת FCM 4% הייתה גבוהה בקבוצת ה-CS60: 30, בינונית ב-CS45: 35, ונמוכה ב-CS70: 20. בעבודות אחרות בהן ניתנו תוספים מועשרים ב-PA התוצאות היו מגוונות.

נמצאו הבדלים בצריכת מזון בין הטיפולים, כאשר התוצאות לא הראו עקביות הקשורה להבדלים ביחסים בין החומצות בתוסף. בניסוי זה צריכת המזון בטיפול ה-CS60: 30 הייתה גבוהה יותר מאשר בשני הטיפולים האחרים, בניגוד לניסוי הראשון בו לא נמצא הבדל בין הטיפולים בצריכת מזון בין הטיפולים. לא ניתן להסביר את צריכת המזון הגבוהה שנמצאה בטיפול ה-CS60: 30, ומתוצאות הניסוי הראשון ואלה שפורסמו בספרות נראה כי ליחסים בין החומצות בתוסף אין השפעה משמעותית על צריכת מזון.

בניסוי זה לא נמצאו הבדלים במאזן האנרגיה או בתוספת משקל הגוף בין הטיפולים, בדומה לניסוי הראשון בו לא נמצאו ההבדלים בין 2 טיפולי ה-CSFA, למרות שההבדלים בפרופיל חומצות השומן ביניהם. זאת בניגוד לטיפול ה-FF80: 10 בניסוי הראשון בו נמצא מאזן אנרגיה שלילי יותר. ממצא זה יכול להעיד כי חלוקת הנוטריינטים במתן תוספים שונים של CSFA תהיה דומה בין ייצור למסת גוף, ללא קשר לפרופיל חומצות השומן. כלומר, לפי תוצאות שני הניסויים המופיע הכימי של התוסף יותר מאשר פרופיל חומצות השומן קובע את חלוקת הנוטריינטים בגוף הפרה.

תנובת החלב הייתה גבוהה יותר בטיפול ה-CS45: 35 וצריכת המזון הייתה נמוכה יותר מזו שבטיפול ה-CS60: 30, מה שתרם ליעילות גבוהה יותר לייצור חלב בטיפול זה. לעומת זאת לא נמצאו הבדלים ביעילות לייצור FCM 4% ו-ECM בין הטיפולים. לתוצאה זו משמעות רבה, משום שאם המטרה תהיה להעלות את תנובת החלב ולא את שומן החלב, אזי תוסף המכיל יחס של 45: 35 של PA ל-OA יהיה אפקטיבי יותר מאשר אלה המועשרים ב-PA.

חומציות הכרס (pH) לא הייתה שונה באופן מובהק בין הטיפולים, אם כי ה-pH בטיפול ה-CS60: 30 נטה להיות נמוך יותר. בניסוי הראשון הפרות שקיבלו FF80: 10 הראו ירידה ב-pH לעומת שאר הקבוצות. נראה שתוספים בצורת FFA גורמים לירידה יותר גדולה ב-pH אבל דרוש מחקר נוסף כדי להוכיח זאת. לא נראה שינוי בריכוזי C2 בכרס בין הטיפולים, אך ריכוזי ה-C3 היו גבוהים יותר בפרות שקיבלו תוספים מועשרים ב-PA. כמו כן ריכוזי סך ה-VFA היו גבוהים יותר בטיפול ה-CS60: 30 מאשר בטיפול ה-CS45: 35. עבודות נוספות בדקו את השפעת מתן תוספי שומן על התסיסה בכרס ללא תוצאות עקביות. חלקם מצאו כי ריכוזי ה-VFA בכרס הכולל נטה לרדת באופן ליניארי עם עלייה ב-SFA, בניגוד לממצאים שלנו מהניסוי השני שהראו עלייה ב-VFA בתוספים המועשרים ב-PA. יש לציין כי שומנים אינרטיים בכרס לא עשויים להשפיע על חומציות הכרס, וההבדלים יכולים לנבוע מסיבות אחרות, כמו הרכב המנה וגובה צריכת המזון בין הטיפולים.

דיון מסכם

במסגרת מחקר זה נערכו 2 ניסויים אינטנסיביים ברפת ההזנה הפרטנית. בניסוי הראשון היו 3 טיפולים כאשר המטרה העיקרית הייתה לבחון את השפעת המופע הכימי של תוספי השומן והפרופיל של חומצות השומן בתוספים על הביצועים והנעילות. בהשוואה בין 2 טיפולי ה-CSFA, בטיפול ה-CS45: 35 נמצא יותר חלב, פחות אחוז שומן בחלב ונטייה לתנובה יותר גבוהה של חלב משווה אנרגיה (ECM) מאשר פרות ה-CS80: 10. בהשוואה בין 2 טיפולי ה-CS80: 10, נמצא יותר חלב, נטייה לאחוז שומן גבוה יותר, תנובת שומן גבוהה יותר, ותנובת ECM ו-FCM גבוהה יותר בפרות ה-FF80: 10 לעומת פרות ה-CS80: 10. ככלל, היו הבדלים משמעותיים באחוז השומן בין הטיפולים השונים, כאשר אחוז השומן היה 4.02% בקבוצת ה-FF80: 10, 3.89% בקבוצת ה-CS80: 10, ו-3.75% בקבוצת ה-CS45: 35. היעילות לייצור חלב נטתה להיות גבוהה יותר בקבוצת ה-CS45: 35 לעומת ה-CS80: 10, ואילו היעילות לייצור FCM 4% ו-ECM הייתה גבוהה יותר בטיפול ה-FF80: 10 לעומת טיפול ה-CS80: 10. בטבלה מס' 5 מוצגים תוצאות הנעילות. נעילות רוב רכיבי המנה היו נמוכים ה-FF80: 10 מאשר ב-2 הטיפולים האחרים. ככלל, נעילות חומצות השומן הייתה נמוכה יותר בטיפול ה-FF80: 10 מאשר בשני הטיפולים האחרים, כאשר ב-2 הטיפולים האחרים הנעילות הייתה דומה למרות ההבדלים בפרופיל חומצות השומן. למרות הנעילות הנמוכה בקבוצת ה-FF80: 10 הביצועים היו טובים יותר מאשר בשני הטיפולים האחרים.

למרות שהתוצאות בטיפול ה-FFA (FF80: 10) היו טובות יותר בניסוי הראשון, משיקולים של קושי בייצור מוצר זה וחיי מדף קצרים יותר, החברות המייצרות מעדיפות לייצר CSFA, ולכן בניסוי בשנה השנייה המחקר התבצע עם CSFA בלבד, ביחסים שונים של חומצות שומן. בניסוי זה, נמצא כי תנובת החלב הייתה נמוכה יותר ככל ששיעור החומצה הפלמיטית עלה, והעלאת שיעור הפלמיטית בתוסף העלה באופן משמעותי את אחוז השומן בחלב – עד כדי 0.4 יחידות האחוז. תנובת 4% FCM הייתה גבוהה בקבוצת ה-CS60: 30, בינונית ב-CS45: 35, ונמוכה ב-CS70: 20. נמצאו הבדלים בצריכת מזון בין הטיפולים, כאשר התוצאות לא הראו עקביות הקשורה להבדלים ביחסים בין החומצות בתוסף. בניסוי זה צריכת המזון בטיפול ה-CS60: 30 הייתה גבוהה יותר מאשר בשני הטיפולים האחרים, בניגוד לניסוי הראשון בו לא נמצא הבדל בין הטיפולים בצריכת מזון בין הטיפולים. לא ניתן להסביר את צריכת המזון הגבוהה שנמצאה בטיפול ה-CS60: 30, ומתוצאות הניסוי הראשון ואלה שפורסמו בספרות נראה כי ליחסים בין החומצות בתוסף אין השפעה משמעותית על צריכת מזון.

בניסוי זה לא נמצאו הבדלים במאזן האנרגיה או בתוספת משקל הגוף בין הטיפולים, בדומה לניסוי הראשון בו לא נמצאו הבדלים בין 2 טיפולי ה-CSFA, למרות ההבדלים בפרופיל חומצות השומן ביניהם. זאת בניגוד לטיפול ה-FF80: 10 בניסוי הראשון בו נמצא מאזן אנרגיה שלילי יותר. ממצא זה יכול להעיד כי חלוקת הנוטריינטים במתן תוספים שונים של CSFA תהיה דומה בין ייצור למסת גוף, ללא קשר לפרופיל חומצות השומן. כלומר, לפי תוצאות שני הניסויים המופע הכימי של התוסף יותר מאשר פרופיל חומצות השומן קובע את חלוקת הנוטריינטים בגוף הפרה.

תנובת החלב הייתה גבוהה יותר בטיפול ה-CS45: 35 וצריכת המזון הייתה נמוכה יותר מזו שבטיפול ה-CS60: 30, מה שתרם ליעילות גבוהה יותר לייצור חלב בטיפול זה, ללא הבדלים ביעילות לייצור 4%

FCM ו-ECM בין הטיפולים. לתוצאה זו משמעות רבה, משום שאם המטרה תהיה להעלות את תנובת החלב ולא את שומן החלב, אזי תוסף המכיל יחס של 35: 45 של PA ל-OA יהיה אפקטיבי יותר מאשר אלה המועשרים ב-PA. תוצאות הנעילות בניסוי זה הראו נעילות נמוכה יותר לרוב רכיבי המנה בטיפול CS70: 20, ואילו נעילות השומנים הייתה זהה בכל הטיפולים.

לסיכום, העלאת שיעור החומצה הפלמיטית בתוסף השומן העלתה את אחוז השומן בחלב, ובמידה רבה גרמה לירידה בתנובת החלב. מתוצאות מחקר זה ניתן לקבוע שנעילות השומן תלויה במופע הכימי שלו ופחות בפרופיל חומצות השומן. מבין כל הטיפולים שניתנו במסגרת מחקר זה, טיפול ה-CS60: 30 הראה את הביצועים הטובים ביותר מבחינת אחוז ותנובת השומן בחלב, ואילו טיפול ה-CS45: 35 הראה תנובת חלב גבוהה יותר. יכול להיות כי בעתיד נעשה בשימוש בתוספי השומן בהתאם למטרה שנגדיר: כאשר נרצה להגביר את תנובת החלב נעשה שימוש ב-CS45: 35, ואילו כאשר המטרה תהיה העלאת אחוז ותנובת השומן נעשה שימוש ב-CS60: 30.

תוצאות עבודת המחקר הנוכחית הוצגו בכנסים שונים בארץ ובעולם ופורסמו בשני מאמרים ב –
Journal of Dairy Science

Jen Shpirer, Lilya Livshits, Hadar Kamer, Tamir Alon, Yuri Portnik, and Uzi Moallem. 2023. The form more than the fatty acid profile of fat supplements influences digestibility but not necessarily the production performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 106: 2395–2407.

Jen Shpirer, Lilya Livshits, Hadar Kamer, Tamir Alon, Yuri Portnik and Uzi Moallem. 2024. Effects of the palmitic to oleic ratio in the form of calcium salts of fatty acids on the production and digestibility in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*. In Press.

7. התאמת המחקר ליעדי הנהלת ענף בקר

בחינת גישות ומניפולציות תזונתיות ליצור חלב ייעודי/סגולי לסוגיו ברפת, התואם את דרישות הצרכן ומקדם את בריאותו ואת צריכת החלב.

8. החידוש המדעי והתועלת לחקלאות הצפויים מביצוע התוכנית

לראשונה בארץ אנו מבצעים ניסוי בו אנו משנים את פרופיל חומצות השומן בשומן המוגן הפופולרי ביותר בארץ ובעולם ע"י העשרתו בחומצה פלמיטית על מנת להעלות את אחוז ותנובת השומן בחלב. כמו כן הניסוי יבחן את יעילותו של שומן המוגש כחומצות שומן חופשיות או כמלחי סידן של חומצות שומן, עם פרופיל חומצות שומן זהה, על הנעילות וביצועי הפרות. אנו משערים ששינוי זה יתרום להגדלת תנובת השומן על מנת לצמצם את הפער בין הביקוש להיצע, ויתרום בכך גם לצמצום החשיפה הבלתי מבוקרת ליבוא והקטנת הסיכון לפגיעה בתכנון בענף החלב.

References

1. A. Oyebade, L. Lifshitz, H. Lehrer, S. Jacoby, Y. Portnick and **U. Moallem**, 2019. Saturated fat supplemented in the form of triglycerides decreased digestibility and reduced performance of dairy cows as compared to calcium salt of fatty acids. *ANIMAL*. 30: 1-10.
2. Mosley, S. A., E. E. Mosley, B. Hatch, J. I. Szasz, A. Corato, N. Zacharias, D. Howes, and M. A. McGuire. 2007. Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90: 987–993.
3. P. Piantoni., A.L. Lock, M.S. Allen. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 96: 7143-7151.
4. A. L. Daley, L. E. Armentano, P. J. Kononoff, M. D. Hanigan. 2020. Modeling fatty acids for dairy cattle: Models to predict total fatty acid concentration and fatty acid digestion of feedstuffs. 103: 6982-6999.
5. de Souza, J., N. R. St-Pierre, and A. L. Lock. 2019. Altering the ratio of dietary C16: 0 and cis-9 C18: 1 interacts with production level in dairy cows: Effects on production responses and energy partitioning. *J. Dairy Sci.* 102: 9842–9856.