



מאיה זכות ועוזי מועלים – המחלקה לבקר, מנהל המחקר החקלאי  
mayak@volcani.agri.gov.il

# השפעת ההזנה בשומן אומגה-3

ממצאי עבודת מחקר זו מעידים כי העשרת המנה של פרות חלב גבוהות תנובה בחומצות שומן מסוג אומגה-3, עשויה להעלות את תנובת החלב ולהעשירו בחומצות שומן אומגה-3 אשר מטיבות עם בריאות האדם. כמוכן, נראה כי חומצות שומן אלו המגיעות מן המזון, חוזרות לכלל הרקמות והן משפיעות על מאפיינים תפקודיים של מערכת הרבייה בפרות

## מבוא

ידוע כי ההתקדמות בתנובות החלב בעשורים האחרונים מלווה בירידה בביצועי הפוריות: על פי נתוני ספר העדר, תנובת החלב הממוצעת לפרה בישראל עלתה ב-943 ק"ג חלב (מתוקן לתחלובה של 305 יום) בין השנים 2000 ל-2010. במקביל, שיעור ההתעברות מהזרעה ראשונה בפרות בוגרות ירד מ-37.4% ל-29.8% בלבד. מגמה דומה של הידרדרות בביצועי הפוריות עם העלייה בתנובת החלב נמצאה גם במדינות אחרות.

בשנים האחרונות מתקבלת בעולם התובנה, כי ממשק רבייה מיטבי תלוי, במידה רבה, בתמיכה תזונתית מיטבית לפרה גבוהת התנובה.

מבין רכיבי המנה השונים, נמצא בעבודות מחקר רבות, כי לשומן מוגן ישנה השפעה מטיבה על מערכת הרבייה. על פי תוצאות מחקרים שונים וביניהם כאלה שנעשו בישראל, נראה כי הדבר אינו נובע משיפור במאזן האנרגיה, אלא מהשפעה ישירה של השומן על מערכת המין. כמוכן, נמצא לאחרונה כי להרכב הספציפי של חומצות השומן (ח"ש) יש חשיבות מכרעת בהשפעה החיובית על מערכת הרבייה.

## חומצות שומן מסוג אומגה-3

חומצות שומן בלתי רוויות מסוג אומגה-3 הינן ח"ש חיוניות אשר אינן מסונתזות בגוף הפרה, וזמינותן תלויה לחלוטין בהרכב המזון. חומצות אלו משתלבות בממברנות התאים ומשפיעות על המבנה הפיזיקלי

**תנובת החלב הממוצעת לפרה בישראל עלתה ב-943 ק"ג חלב (מתוקן לתחלובה של 305 יום) בין השנים 2000 ל-2010. במקביל, שיעור ההתעברות מהזרעה ראשונה בפרות בוגרות ירד מ-37.4% ל-29.8% בלבד**

שלהן, פעילות אנזימים, ביטוי גנים וייצור פרוסטגלנדינים ספציפיים הקשורים למערכת הרבייה.

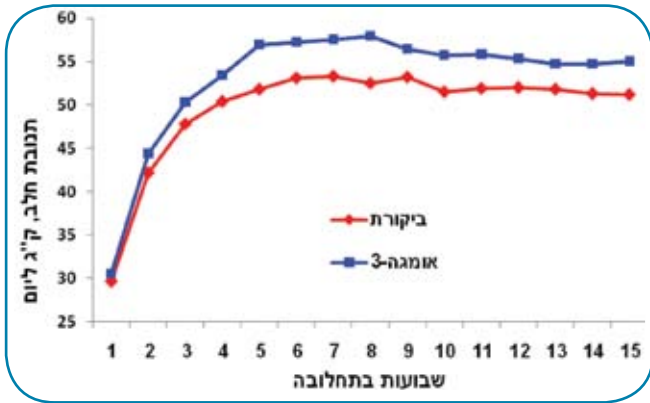
חומצות שומן מסוג אומגה-6 מצויות בשפע בעיקר בגרעינים (סויה, תירס ועוד), ואילו ח"ש מסוג אומגה-3 מצויות בעיקר בעשב ירוק. בגלל אופייה המיוחד של המנה הסטנדרטית של פרת החלב הישראלית המכילה כמות גדולה של מזון מרוכז, היא מכילה באופן יחסי שיעור גבוה של ח"ש מסוג אומגה-6 ושיעור נמוך ביותר של אומגה-3.

עבודות רבות בעולם הראו השפעות חיוביות של אומגה-3 על בריאות האדם, כגון ירידה בשכיחות מחלות קרדיו-וסקולריות, לחץ דם וכאבי פרקים, ולכן יש עניין מיוחד להעלות את ריכוזן בחלב. כמו כן, במספר מחקרים בבקר נמצא כי הזנה באומגה-3 עשויה להפחית תמותה עוברית מוקדמת בפרות, וכן נמצא כי אומגה-3 משפיעה באופן חיובי



מאיה מברכת בשם מקבלי המלגות בכנס אשתקד

תרשים 1 - השפעת הזנה באומגה-3 על תנובת חלב



והחלבון בחלב בין הקבוצות. כמוכן, נמצא שיפור במאזן האנרגיה של הפרות מקבוצת האומגה-3 לאחר ההמלטה (טבלה 1), שנבע ככל הנראה מצריכת מזון גבוהה יותר, וירידה קלה בתפוקת האנרגיה בחלב בקבוצת האומגה-3, בגין הירידה באחוז השומן.

**השפעת הזנה באומגה-3 על הרכב חומצות שומן בחלב:** בעבודה זו, שיעור החומצה הלינולינית (C18:3n-3) בשומן החלב של פרות שקיבלו תוסף שהכיל שיעור גבוה של אומגה-3 היה גבוה פי 6.6 מאשר בקבוצת הביקורת (1.47%, ו-0.29%, בהתאמה). בנוסף, נמצאו ריכוזים גבוהים יותר של ח"ש אומגה-3 ארוכות שרשרת בקבוצת האומגה-3, והשיעור הכולל של ח"ש מסוג אומגה-3 בחלב עלה בקבוצת האומגה-3 לעומת הביקורת (תרשים 2). ח"ש ארוכות אלו מסונתזות בכבד בתהליכי הארכה והוספת קשרים כפולים של ח"ש קצרות יותר הנספגות מן המזון, והן החומצות העיקריות הידועות כבעלות השפעה מטיבה על בריאות האדם.

## גרעיני פשתה הינן המקור הבוטני העשיר ביותר בח"ש אומגה-3, ולכן בעבודה זו השתמשנו בתוספים שהכילו פשתה על מנת להעלות את זמינות האומגה-3 לרקמות הפרה

השפעת הזנה באומגה-3 על הרכב ח"ש בדם וברקמת השומן הפריפריאלית - נמצא כי בפרות שהוזנו באומגה-3 שיעור החומצה הלינולינית בפלסמה עלה פי 5.5 לעומת קבוצת הביקורת (5.43% ו-1.03%, בהתאמה). בניסוי זה ביצענו גם ביופסיות של רקמת השומן סביב שורש הזנב ונמצא כי הזנה באומגה-3 העלתה את סך ח"ש הבלתי רוויות וכן את שיעור החומצה הלינולינית ברקמת השומן (0.45% ו-0.22%, בהתאמה).

**השפעת הזנה באומגה-3 על פרופיל ח"ש בנוזל פוליקולרי ובתאי גרנולוזא שנסאפו מזיקקים קדם-ביוציים** - נמצא כי שיעור החומצה הלינולינית בנוזל הפוליקולרי עלה פי 8 בזיקקים שנסאפו מפרות שהוזנו באומגה-3 לעומת הביקורת (7.54% ו-0.93%, בהתאמה). בעבודה זו הראינו לראשונה כי ח"ש מן המזון חודרות גם לתאי הגרנולוזא בשחלה ומשפיעות על הרכבן: הזנה באומגה-3 העלתה את שיעור החומצה

על התפתחות עוברים בתנאי מעבדה. בסדרה של ניסויים חקרנו את השפעת ההזנה בשומן עשיר בח"ש מסוג אומגה-3 על תנובת החלב והרכבו, ומידת השתלבותן של ח"ש אלה מן המזון בדם, ברקמת השומן ומרכיבי השחלה. כמוכן, בדקנו את השפעה ההזנה באומגה-3 על התפתחות זיקקים בשחלה ואיכות ביציות, וכן על מאפיינים הורמונליים והתנהגותיים סביב הייחום. במאמר זה נדווח על שני ניסויים מתוך סדרה של ניסויים שבוצעו במסגרת מחקר זה. גרעיני פשתה הינן המקור הבוטני העשיר ביותר בח"ש אומגה-3, ולכן בעבודה זו השתמשנו בתוספים שהכילו פשתה על מנת להעלות את זמינות האומגה-3 לרקמות הפרה.

## ניסוי א'

בניסוי זה השתתפו 44 פרות ששוכנו ברפת ההזנה הפרטנית של מנהל המחקר החקלאי בבית דגן, וחולקו ל-2 קבוצות על פי תנובת חלב בתחלובה קודמת, משקל גוף, מס' תחלובה ומועד המלטה צפוי. קבוצת הביקורת קיבלה תוסף שומני מוגן שהכיל שיעור גבוה של שומן רווי (אדולק, קופולק), וקבוצת הטיפול קיבלה תוסף המכיל גרעיני פשתה שעברו אקסטרוזיה, והכילו שיעור גבוה של ח"ש אומגה-3 (Valomega-160, Valorex, France). טיפולי ההזנה החלו כ-21 יום לפני מועד ההמלטה הצפוי ונמשכו עד 100 יום בתחלובה. התוסף ניתן בשיעור של 7.9% מן המנה בתקופת היובש ו-9.2% לאחר המלטה (על בסיס חומר יבש). ריכוזי האנרגיה, החלבון והשומן היו זהים במנות קבוצת הביקורת והטיפול. בדקנו את ההשפעות על ייצור החלב ורכיביו, הרכב ח"ש ברקמות ומאזן האנרגיה לאחר ההמלטה. כמוכן, בניסוי זה בדקנו את השפעת ההזנה באומגה-3 על מאפייני הייחום.

**השפעות הזנה בתוסף שמכיל שיעור גבוה של אומגה-3 על ייצור החלב והרכבו:** התוצאות מופיעות בטבלה 1. כפי שניתן לראות מן הטבלה, בקבוצת הפרות שקיבלו תוסף עשיר באומגה-3 חלה עלייה של 3.8% בצריכת המזון לאחר ההמלטה, ותנובת החלב של קבוצה זו הייתה גבוהה ב-6.4% לעומת הביקורת (תרשים 1). במקביל, בקבוצת האומגה-3 נמצאה ירידה ממוצעת של 0.4% יחידות שומן בחלב לעומת הביקורת (3.23% שומן לעומת 3.63%, בהתאמה), ללא הבדלים בתנובות השומן

טבלה 1 - צריכת מזון, תנובת חלב והרכבו ומאזן אנרגיה

SEM	אומגה-3	ביקורת	
0.2	a27.1	b26.1	צריכת מזון, ק"ג ח"י
0.5	a52.9	b49.5	תנובת חלב, ק"ג
0.6	46.6	46.8	חמ"ש 3.5%, ק"ג
0.06	b3.23	a3.63	שומן, אחוז
0.03	2.97	2.94	חלבון, אחוז
0.03	4.98	4.98	לקטוז, אחוז
0.4	a48.4	b46.1	צריכת אנרגיה, מק"ל ליום
0.4	33.6	34.3	אנרגיה בחלב, מק"ל ליום
8.8	a2.3	b0.8	מאזן אנרגיה, מק"ל ליום

\* 0.05 < P היכן שמופיעות אותיות a,b

## ניסוי ב'

בניסוי זה השתתפו 24 פרות באמצע התחלובה בכדי לבחון את השפעת הזנה באומגה-3 על התפתחות זקיקים בשחלה ועל איכות ביציות אשר נשאבו בשאיבת ביציות, עברו הבגרה (IVM) והפריה במעבדה (IVF).

השפעת הזנה באומגה-3 על התפתחות זקיקים בשחלה - בחנו את ההשפעה של אומגה-3 על התפתחות הזקיקים בשחלה על ידי סריקות אולטרא-סאונד חוזרות במהלך המחזור המיני, ונמצא כי מספר הזקיקים הקטנים בשחלה בימים 5-9 למחזור המיני היה גבוה משמעותית בקבוצת האומגה-3 לעומת הביקורת. בנוסף, כאשר שאבנו ביציות מן הפרות מצאנו כי מספר הזקיקים בשחלה היה גבוה יותר בשחלות מקבוצת האומגה-3 לעומת קבוצת הביקורת.

השפעת הזנה באומגה-3 על איכות ביציות - נבדקה ההשפעה של הזנה באומגה-3 על איכות ביציות שנשאבו בשאיבת ביציות ועברו הפריה במעבדה (IVF): שאיבת הביציות התבצעה פעמיים בשבוע מ-5 פרות לטיפול במשך כ-3 חודשים, וסך הכול נשאבו מהשחלות 832 זקיקים משני הטיפולים. שיעור ההפריה של הביציות היה גבוה יותר בקבוצת האומגה-3 לעומת הביקורת (49.7% בקבוצת האומגה-3 לעומת 41.5% בקבוצת הביקורת), ולכן נראה כי הזנה באומגה-3 עשויה להשפיע באופן חיובי על איכות ביציות.

## סיכום

ממצאי עבודת מחקר זו מעידים כי העשרת המנה של פרות חלב גבוהות תנובה בחומצות שומן מסוג אומגה-3 עשויה להעלות את תנובת החלב ולהעשירו בחומצות שומן אומגה-3 אשר מטיבות עם בריאות האדם. כמוכן, נראה כי חומצות שומן ייחודיות מסוג אומגה-3 המגיעות מן המזון חודרות לכלל הרקמות, והן משפיעות על מאפיינים תפקודיים של מערכת הרבייה בפרות. בעבודה זו נמצא כי אומגה-3 מעודדת את התפתחות הזקיקים הקטנים בשחלה ועשויה לשפר את איכות הביציות. מצאנו לראשונה, כי הזנה באומגה-3 גורמת להגברת הפעילות הייחומית ולעלייה במשך הייחום, דבר אשר עשוי לייעל את גילוי הייחומים בעדר וכך לתרום לשיפור ביצועי הרבייה.

על פי תוצאות עבודה זו ניתן להציע כי שילוב של ח"ש מסוג אומגה-3 במנת פרות חולבות עשוי להשפיע באופן חיובי על הרכב חומצות השומן בחלב וכן על ביצועי הרבייה בפרות חלב. ■

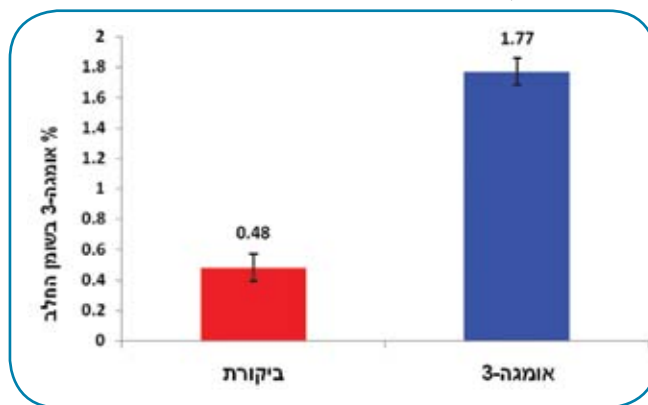


צמח הפשתה

הלינולינית בתאי הגרנולוזה פי 4.5 לעומת הביקורת (6.11%-1.36%, בהתאמה). שינוי הרכב ח"ש בתאי הגרנולוזה משפיע על מאפיינים פיזיקליים של ממברנות התאים, ולכן עשויות להיות השלכות תפקודיות.

השפעת הזנה באומגה-3 על מאפייני הייחום - בדיקנו באופן אינטנסיבי את השפעת הזנה באומגה-3 על מאפייני הייחום. מחזורי הייחום של הפרות סונכרנו באמצעות פרוטוקול "אובסינק" ( $n = 39$ ), והחל ממועד זיקת ה-PGF $_{2\alpha}$  השנייה נערכה תצפית ייחומים רצופה במשך כל היממה. דיגמות דם נלקחו כל 8 שעות החל מהזרקה ה-PG השני, ומפרות שזוהו בייחום נדגם דם אחת ל-3 שעות במשך 24 שעות לקביעת ריכוזי אסטרוידול ו-LH. משך ועוצמת הפעילות נקבעו באמצעות תגי פעילות של SCR. כפי שמוצג בתרשים 3, משך הפעילות הייחומית היה ארוך יותר בפרות מקבוצת האומגה-3 ( $0.8 \pm 18.6$  שעות בקבוצת האומגה-3 לעומת  $0.9 \pm 15.8$  שעות בקבוצת הביקורת), ועוצמת הפעילות הייתה גבוהה יותר בקבוצת האומגה-3 מאשר בקבוצת הביקורת: הפעילות במהלך הייחום הייתה גבוהה פי 3.2 מהפעילות הנורמלית בקבוצת האומגה-3, לעומת פי 2.5 בקבוצת הביקורת. נמצאו מספר שינויים בתזמון ההורמונלי סביב הייחום בקבוצת האומגה-3. כמוכן, השטח מתחת לעקומת האסטרוידול בדם סביב הייחום היה גדול פי 1.7 בפרות מקבוצת האומגה-3 לעומת פרות הביקורת (288.5 פ"ג בקבוצת האומגה-3 לעומת 166.5 פ"ג בקבוצת הביקורת), וכידוע האסטרוידול הינו ההורמון המשרר פעילות ייחומית.

תרשים 2 - שיעור האומגה-3 בחלב



תרשים 3 - השפעת הזנה באומגה-3 על משך הייחום ועוצמתו

