

דו"ח מדעי שנתי לתכנית 596-0411-17

ינואר 2019

**השפעת תאורה מלאכותית בלילה על יעילות ניצולת מזון ותגובת חלב ורכיביו של עיזים
גבוהות תגובה**

**The influence of artificial light at night on feed efficiency and milk yields of high
producing dairy goats**

מגיש: דר' אביב אשר, מו"פ צפון, מיג"ל

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.



חתימת החוקר הראשי

אביב אשר

תקציר

החשכה האופיינית לשעות הלילה, היא חלק טבעי ובלתי נפרד ממעגל החיים של בני האדם, הצמחייה וגם יצורים וגורמים אחרים בטבע. יחד עם זאת, ככל שהאנושות מתקדמת כך הולכת החשכה ונעלמת לטובת תאורה מאסיבית ובזבזנית. ההכרה הבינלאומית המשמעותית בהשפעות זיהום אור והשלכותיו התקבלה ביוני 2012 על ידי ארגון הרופאים האמריקאי (AMA) שהחליט שאור מלאכותי בלילה הוא גורם מזהם לבני אדם וזאת מאחר והוא פוגע בייצור המלטונין ומשבש ריתמוסים ביולוגיים. בעקבות ההחלטה זכה המושג החדש, "זיהום אור" להכרה בינלאומית ומעורר עניין רב בהקשר של השפעות זיהום האור על בריאות בני אדם אך עדיין אין התייחסות להשפעה על חיות המשק החשופות לזיהום האור ולכן קיים מחסור בידע בסיסי-תשתיתי לגבי השפעות התאורה המלאכותית על מערכות פיזיולוגיות שונות בבקר לעומת הידע הקיים על השפעות התאורה המלאכותית על בני אדם. יותר מכך, רמת זיהום האור החמירה בעשור האחרון עם הכנסה אגרסיבית של נורות חסכוניות מסוג LED המייצרות עוצמות תאורה גבוהות של תאורה קצרת גל, ולכן זיהום האור גבר והשפעתו משמעותית יותר מבעבר גם על בני האדם וגם על חיות המשק. בישראל כיום, רפתות ודירים רבים מוארים באור מלאכותי קצר גל (תאורת פלורוסנט או LED) במשך רוב שעות הלילה ואין כלל התייחסות לתנאי התאורה בזמן המוקצה לשינה של החיה.

היפותזות המחקר, המתבססת על תוצאות הקדמיות הינה שניתן לשפר את יעילות ניצול המזון והייצור של עיזים לחלב על ידי מניפולציות במשטר התאורה. מטרת המחקר היא לבחון האם חשיפה של עיזים חולבות לאור מלאכותי בלילה תפגע במחזוריות השעון הביולוגי ותשפיע על ביצועים, יעילות ייצור וניצולת מזון בטווח הקצר ובטווח הארוך של חייהן. חדשנותו של המחקר היא בעצם התפיסה כי מניפולציות ממשקיות, קלות לניהול ברמת המשק, יכולות לשפר באופן ניכר את ביצועי העדר, בטווח הקצר (יעילות ייצור וניצולת מזון לחלב, בריאות ורווחת החיה) והארוך (תנובה ופוריות). הבנת המנגנון באמצעותו האור המלאכותי משפיע על מערכות ביולוגיות בגוף העז תשלים פערים מדעיים רבים הקשורים להשפעת האור על חיות המשק בתעשייה החקלאית המודרנית. מחקר זה יוכל "לשפוך אור" על משטר תאורה אופטימאלי לעיזים מניבות העשוי למקסם את פוטנציאל הייצור וניצולת המזון, וכתוצאה מכך לשפר את הרווחיות בענף הצאן.

מבוא

בעלי חיים שונים (כולל האדם) מתרחשות פעילויות ביולוגיות תלויות זמן בעלות מחזוריות יומית בכל הרמות - החל מהאורגניזם השלם ועד לרמה המולקולארית, המתוזמנות על ידי השעון הביולוגי השוכן בגרעין העל-תצלובתי (SCN) בהיפותלמוס, מעל לתצלובת של עצבי הראיה המגיעים מהעיניים. השעון בנוי מתאי עצב, ואת המידע על אור וחושך הוא מקבל מתאי הרשתית שבעין. מהשעון הביולוגי מועבר המידע לבלוטה האצטרובלית המייצרת את המלטונין ("הורמון החושך"), שמגיע לזרם הדם ומעביר את "מסר החושך" לכל תאי הגוף. ייצור המלטונין מגיע לשיא באמצע הלילה, והינו תהליך מאוד רגיש, שאפילו כמות קטנה של אור מלאכותי בעל אורך גל קצר יכולה לשבש אותו (Seron-Ferre, 2001). אורך גל קצר מוגדר בטווח שבין 450-490 ננומטר, והוא דומיננטי

בתאורה מסוג פלורוסנט ו-LED (אור לבן). לעומת זאת, תאורה בעלת אורכי גל ארוכים, בטווח שבין 620–780 ננומטר (אור אדום) אינה משבשת את ייצור המלטונין (Dahl et al., 2000).

ביונקים, מלטונין הוא נירוהורמון שכמויות גדולות שלו יחסית נוצרות בבלוטה האצטרובלית בשעות החושך מסרטונין, אשר נוצר ומצטבר בבלוטה בשעות היום. מבחינה כימית, המלטונין הינו אינדול-אמין הנמצא בצמחים ובעלי חיים מקבוצות שונות. מבחינה אבולוציונית, המלטונין היא מולקולה עתיקה מאד באורגניזמים, והיא בעלת פונקציות שונות. אחת הפונקציות המשותפות לצמחים ולבעלי חיים היא היותה חומר נוגד חמצון יעיל ביותר (Reiter et al., 2007). ביונקים, מעבר לתפקיד החשוב של המלטונין במערכת החיסון כנוגד חמצון רב-עוצמה, בעשור האחרון מתרבות ההוכחות לכך שמלטונין משפיע באופן ישיר על יכולת התגובה של מערכת החיסון כנגד פתוגנים שונים, באמצעות גיוס תאי דם לבנים ואף פגיעה ישירה בחיידקים מסוגים שונים (Tekbas et al., 2008). מאחר והמלטונין מופרש בחושך, הוא גם קשור בהסדרת העונתיות, כלומר, המלטונין משמש לא רק כביטוי לשעון היממתי, אלא גם ביטוי ללוח השנה, למשל לסנכרון מועדי הרבייה (Reiter, 1993). בעיזים חולבות נערך ניסוי שבו הוחדרו שתלים תת עוריים של מלטונין בשחרור מושהה ונמצא שריכוז התאים הסומאטיים בחלב ירד באופן מובהק לאחר החדרת שתלי המלטונין (Jimenez et al., 2009). מחקרים שפורסמו בעשור האחרון הוכיחו שמערכת הרבייה מושפעת מרמות המלטונין באופן ישיר, וההוכחה לכך היא הימצאותם של קולטנים למלטונין בגונדות ובתאי מערכת הרבייה - בעיקר בתאי הגרנולוזה, פרוסטטה וספרמטוזואה, ובנוזל הזיקיק (Tamura et al., 2012). במחקר שנערך בקרב נשים שעברו טיפולי פוריות נמצא, שלקבוצת הנשים שנטלו מלטונין במהלך התקופה היו אחוזי הפריה, קליטה והשרשה גבוהים באופן מובהק מקבוצת הנשים שלא נטלה מלטונין (Tamura et al., 2008). כיום, עדיין לא ברור כיצד משפיע המלטונין על פוריות בזכרים ובנקבות וההנחה העיקרית היא שהמלטונין מגן על הביצית ועל הזרע מפני רדיקלים חופשיים בסביבת תאי המין, וכך מונע פגיעה בחיוניותם (Tamura et al., 2012).

בעשורים האחרונים פורסמו מחקרים רבים בנושא השפעת פוטופריודה על מעלי גירה, שהתמקדו בעיקר בנושא השפעת אורך היום ושינוי באורך היום על היצרנות (Dahl et al., 2000). עדויות ממחקרים בנושא בצפון אמריקה ובאירופה מראות, כי משטר תאורה של יום קצר בתחילת התחלובה מעלה את תנובת החלב בפרות ב-2 עד 3 ליטר ליום, והאפקט החיובי נמשך לאורך כל התחלובה. באופן דומה השפעה זו נמדדה גם בכבשים ובעיזים (Wareski et al., 2001) ואף נמצא אפקט גדול יותר בעיזים מאשר בפרות (Capuco et al., 1997). כמו כן, נמצא שפרות שנחשפו ליום קצר בזמן היובש ייצרו בתחלובה העוקבת בממוצע 3.2 ליטר/ליום יותר חלב מאלו אשר נחשפו ליום ארוך (Miller et al., 2000). כמו כן, ידוע כי מלבד ההשפעה על יצרנות, הפוטופריודה משפיעה על הישרדות בעיזים דרך השפעה על תדירות ההתעברות ויכולת אימהית לאחר ההמלטה, וכי יש הבדל בעוצמת ההשפעה בין גזעי עיזים שונים (Du Preez et al., 2000). כלומר, עיקר המחקר בנושא הפוטופריודה בבקר ובצאן התמקד בשינויים עונתיים, דהיינו השפעת אורך היום ושינוי באורך היום

על פרמטרים פיזיולוגיים שונים. בספרות המקצועית, המידע על השפעות תאורה מלאכותית על מערכות פיזיולוגיות בעיזים הוא דל ביותר. מתוך כך עולה השאלה, כיצד משפיע האור המלאכותי על מערכות שונות בגוף העז? והאם יש לכך השלכה על יעילות ניצולת המזון לייצור חלב, בריאות ורווחת החיה?

מטרת המחקר:

1. מדידה קבוצתית של צריכת מזון, תנובה והרכב חלב, משקל ויעילות הייצור במהלך התחלובה בשני משטרי תאורה.
2. מדידת קצב הלב לאורך היממה כסמן אנדוגני למחזוריות החיה בשני משטרי התאורה.

מהלך הניסוי

48 עיזים חולבות מסוג זנן, 73 יום בתחלובה בממוצע, מספר תחלובה 3.4 בממוצע, במשקל ממוצע של 62.5 ק"ג ותנובת חלב ממוצעת של 3.38 ק"ג/ליום, חולקו לשתי קבוצות של 24 עיזים בקבוצה, כאשר הקבוצות לא נבדלו במספר התחלובות, יום בתחלובה, משקל הגוף ותנובת החלב. קבוצת הניסוי הוארה בשעות הלילה החל משעה 19:00 עד 07:00 למחרת, בתאורה מסוג LED (460 ננומטר, 125 לוקס) וקבוצת הביקורת הייתה תחת משטר תאורה טבעי כלומר ללא תאורה מלאכותית (680 ננומטר, 0.01 לוקס). הפעלת התאורה התבצעה בשבוע החמישי מתחילת הניסוי לאחר תקופת הרגלה של 30 יום למכלאות הניסוי. צריכת מזון קבוצתית נמדדה בכל יום (בליל + תערובת מכופתת שניתנה במכון החליבה). העיזים נחלבו פעמיים ביום, חליבת בוקר בשעה 06:00 וחליבת ערב בשעה 18:00 וכמויות החלב היומיות תועדו לאורך כל תקופת הניסוי. העיזים נשקלו 8 פעמים בתקופת הניסוי ודיגומי חלב בוצעו בתחילת הניסוי (30 יום לאחר העברה למכלאות הניסוי ולפני ההארה) ובסוף הניסוי. קצב לב יומי נמדד לעיזים משתי הקבוצות, למשך 4 ימים רצופים לפני מניפולציית 1 ו 4 ימים רצופים מיד לאחר ההארה (מדידה של 8 ימים רצופים כאשר ביום הרביעי בוצעה מניפולציית התאורה) לשתי קבוצות הניסוי, באמצעות חגורות קצב לב ייעודיות, בתחילת הניסוי (לאחר הרגלה למכלאות ולפני ההארה) ובסופו. משך הניסוי 12 שבועות כולל תקופת הרגלה (חודשים מאי עד אוגוסט 2018).

תוצאות

1. הרכב מנה וצריכת מזון

הרכב מנת הניסוי (בליל + כפתיות) מוצג בטבלה 1. תכולת חומר יבש במנה נקבעה לאחר ייבוש דוגמאות של המנות השונות בטמפרטורה של 60°C עד התייבבות המשקל ללא שינוי, ייבוש למשך 48 שעות. צריכת ח"י היומית (ממוצע \pm ש.ת) חושבה כסכום של צריכת הבליל והכופתיות שהוגשו במכון החליבה. צריכת המזון היומית לפני מניפולציית האור המלאכותי בלילה (ממוצע של 30 יום) של קבוצות האור והחושך (3.16 ± 0.07 , 3.29 ± 0.06 , בהתאמה) לא היו שונות באופן מובהק ($P = 0.16$). בתקופת מניפולציית התאורה צריכת המזון היומית

הממוצעת (ממוצע של 56 יום) של קבוצות האור הייתה נמוכה מקבוצת החושך (3.26 ± 0.04 , 3.36 ± 0.03 , בהתאמה, $P < 0.05$).

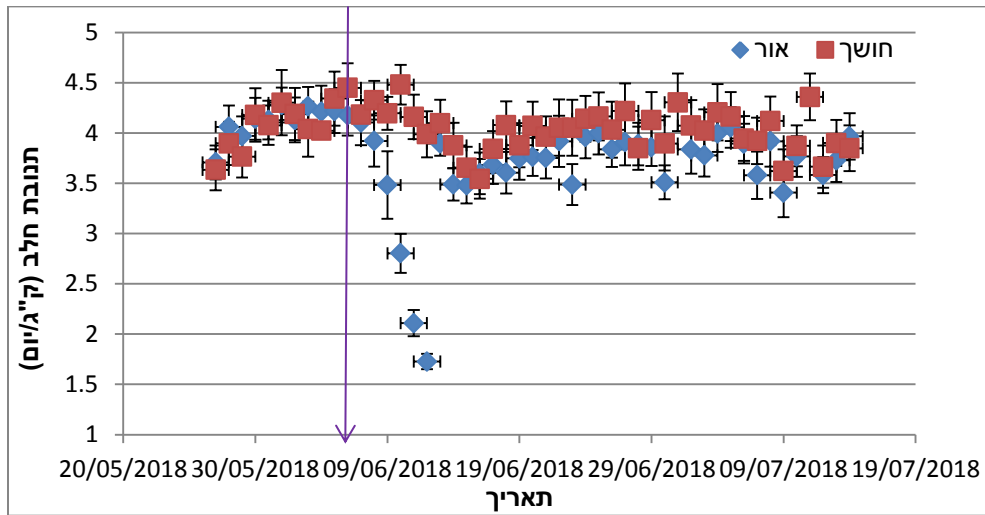
טבלה 1. מרכיבים ותכולות של מנת ההזנה שהוגשה לעזים בקבוצות הניסויי

רכיב	כמות בק"ג יומי	אחוז במנה
מלח	0.005	0.2
תירס שלם	0.533	22.5
חציר אספסת	0.55	23.3
חציר שיבולת	0.2	8.5
נוספת סויה	0.257	10.9
אומניג'ן	0.005	0.2
תחמיץ חיטה	0.3	12.7
קליפות הדר	0.45	19
שומן מוגן	0.04	1.7
ויטמין לצאן	0.009	0.4
סודה לשתייה	0.015	0.6
סיכום	2.364	100
תכולות		
חומר יבש	1.6	67.7
חלבון	0.288	12.2
סידן גר'	12	
זרחן גר'	4.96	
ויטמין A	8000	
חלבון בח"י		18
אנרגיה נטו לח"י	1.731	
חומר יבש גס לח"י	0.474	35
דופן תא	0.472	20
דופן תא גס	0.394	16.7

2. תנובת החלב היומית

תנובת החלב היומית (ממוצע \pm ש.ת) של קבוצת האור והחושך לאורך כל תקופת הניסוי מתוארת באיור 2. תנובת החלב הממוצעת לפני מניפולציית האור המלאכותי בלילה של קבוצות האור והחושך (4.12 ± 0.05 , 4.12 ± 0.08 , בהתאמה) לא היו שונות באופן מובהק ($P = 0.96$). בשבוע הראשון שלאחר ההארה, הייתה ירידה חדה בתנובת החלב שהגיע לשפל ביום השביעי מתחילת המניפולציה (ירידה של 61% יחסית לממוצע החלב בקבוצה לפני המניפולציה) ולאחר היום השביעי החלה עליה בתנובת החלב אך תנובת החלב של קבוצת האור הייתה נמוכה יחסית לחושך עד סוף הניסוי. ממוצע תנובת החלב היומית בתקופת

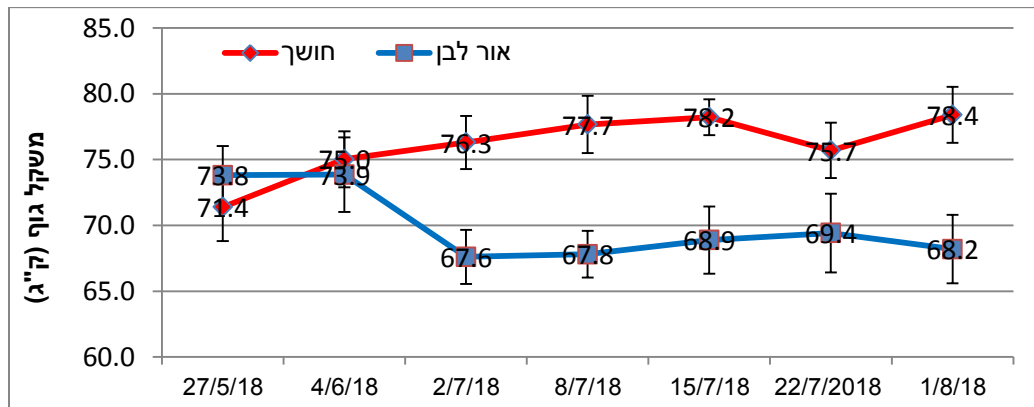
מניפולציית התאורה קבוצות האור הייתה נמוכה באופן מובהק יחסית לקבוצת החושך
 .(P < 0.001 ,4.07±0.03 ,3.60±0.05)



איור 1: ממוצע יומי של תנובת החלב היומית (Milk, kg / day ± SE) של עיזים מקבוצת האור (N = 24) ועיזים מקבוצת החושך (N = 24) שנמדדה לאורך תקופת הניסוי. תחילת מניפולציית הארה בתאריך 07-06-18 (מסומן באיור בקו סגול).

3. משקל גוף

מדידות משקל גוף התבצעו 7 פעמים במהלך הניסוי, שתי מדידות בתקופה שלפני מניפולציית האור וחמש מדידות אחרי המניפולציה (איור 2). בשבועיים שלפני הדלקת האור משקל הגוף של העיזים מקבוצת האור והחושך (73.7±2.51, 72.8±2.45, בהתאמה) לא היו שונים באופן מובהק (P = 0.80). העיזים מקבוצת האור הלבן ירדו 5.7 ק"ג בממוצע בחודש הראשון מתחילת המניפולציה ובשאר התקופה לא היה שינוי מהותי במשקל. העיזים בקבוצת החושך עלו במשקל במהלך תקופת הניסוי, עליה של 4.5 ק"ג בממוצע מתחילת הניסוי ועד סופו. במשך תקופת המניפולציה משקל העיזים מקבוצת האור היה נמוך באופן מובהק יחסית לקבוצת החושך.



איור 2: ממוצע משקל גוף (kg ± SE) של עיזים מקבוצת האור (N = 24) ועיזים מקבוצת החושך (N = 24) שנמדדה לאורך תקופת הניסוי. תחילת מניפולציית הארה בתאריך 07-06-18.

4. הרכב החלב לפני ואחרי מניפולציית תאורה

- א. שומן: אחוז השומן בחלב לא היה שונה בקבוצת האור לעומת החושך לפני מניפולציית האור המלאכותי בלילה (3.84 ± 0.17 , 3.60 ± 0.21 , בהתאמה, $P = 0.36$). אחרי מניפולציית האור, אחוז השומן בחלב של קבוצת האור היה גבוה באופן מובהק מקבוצת החושך (4.91 ± 0.27 , 3.89 ± 0.20 , בהתאמה, $P < 0.01$).
- ב. חלבון: אחוז החלבון בחלב לא היה שונה בקבוצת האור לעומת החושך לפני מניפולציית האור המלאכותי בלילה (3.84 ± 0.05 , 3.60 ± 0.04 , בהתאמה, $P = 0.36$). אחרי מניפולציית האור, אחוז השומן בחלב של קבוצת האור היה גבוה באופן מובהק מקבוצת החושך (3.48 ± 0.05 , 3.22 ± 0.04 , בהתאמה, $P < 0.01$).
- ג. לקטוז: אחוז הלקטוז בחלב לא היה שונה בין קבוצת האור לקבוצת החושך לפני מניפולציית האור (4.49 ± 0.04 , 4.46 ± 0.04 , בהתאמה, $P = 0.34$) ולאחריה (4.51 ± 0.03 , 4.34 ± 0.03 , בהתאמה, $P < 0.01$).
- ד. סת"ס: כמות הסת"ס ($\text{cells} \cdot 1000/\text{ml}$) בקבוצת האור הייתה גבוהה (לא מובהק) מקבוצת החושך לפני מניפולציית האור (2501 ± 311 , 2275 ± 258 , בהתאמה, $P = 0.52$) ולאחריה (2045 ± 282 , 1881 ± 208 , בהתאמה, $P = 0.62$).

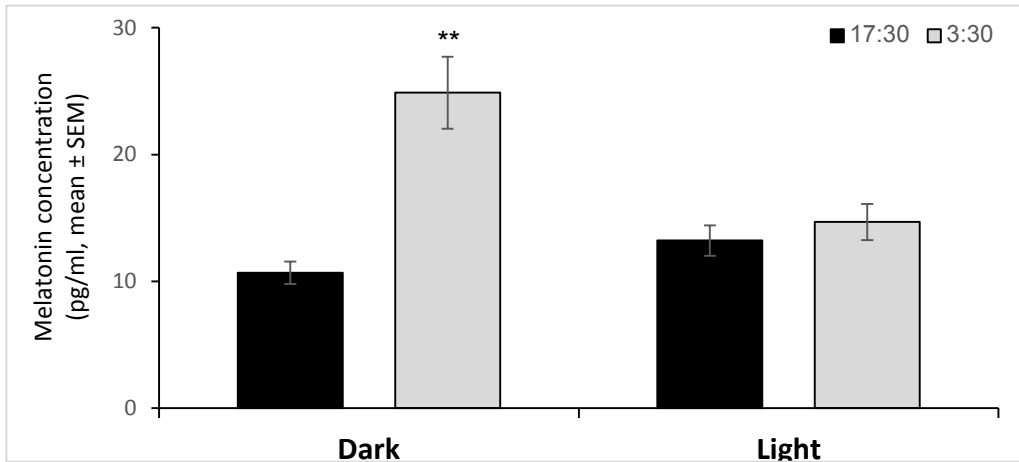
5. יעילות ניצולת מזון

יעילות ניצולת מזון לחלב, לפי היחס שבין כמות החלב לכמות צריכת ח"י (ק"ג/ק"ג ח"י) לא הייתה שונה בין קבוצת האור לקבוצת החושך לפני מניפולציית האור המלאכותי בלילה (1.31 ± 0.03 , 1.25 ± 0.02 , בהתאמה, $P = 0.16$). אחרי מניפולציית האור, היחס שבין כמות החלב לכמות צריכת ח"י של קבוצת האור היה נמוך באופן מובהק מקבוצת החושך (1.11 ± 0.02 , 1.22 ± 0.01 , בהתאמה, $P < 0.01$).

6. ריכוז הורמון המלטונין בפלסמה

ריכוז המלטונין בפלסמה (pg/ml) נבדק באמצעות שיטת ELISA, לדוגמאות דם שנלקחו מהעזים בשתי נקודות זמן: בשעה 03:30 (שעה ביממה שבו ריכוז המלטונין בדם אמור להיות בשיאו ביונקים יומיים) ובשעה 17:00 (זמן ביממה שבה ריכוזי המלטונין ברמה נמוכה ביונקים יומיים). תוצאות של ריכוז המלטונין בפלסמה ביום ובלילה מוצגות באיור 3. בקבוצת החושך (חשיפה לתנאים טבעיים) נמצא שריכוז המלטונין בפלסמה שנדגמה לפנות בוקר (03:30) היה גבוה באופן מובהק מריכוז המלטונין בפלסמה שנדגמה ביום (17:00) מאותן עזים (24.9 ± 2.85 , 10.7 ± 0.89 , בהתאמה, $P < 0.001$). בקבוצת האור, לא נמצא הבדל בין ריכוז המלטונין בפלסמה ביום לעומת הלילה, מאותן עזים (14.7 ± 1.42 , 13.6 ± 1.21 , בהתאמה, $P = 0.45$). כמו כן, ריכוז המלטונין בפלסמה של עזים מקבוצת החושך שנדגמה לפנות בוקר, היה גבוה באופן מובהק ($P < 0.01$) מריכוז המלטונין

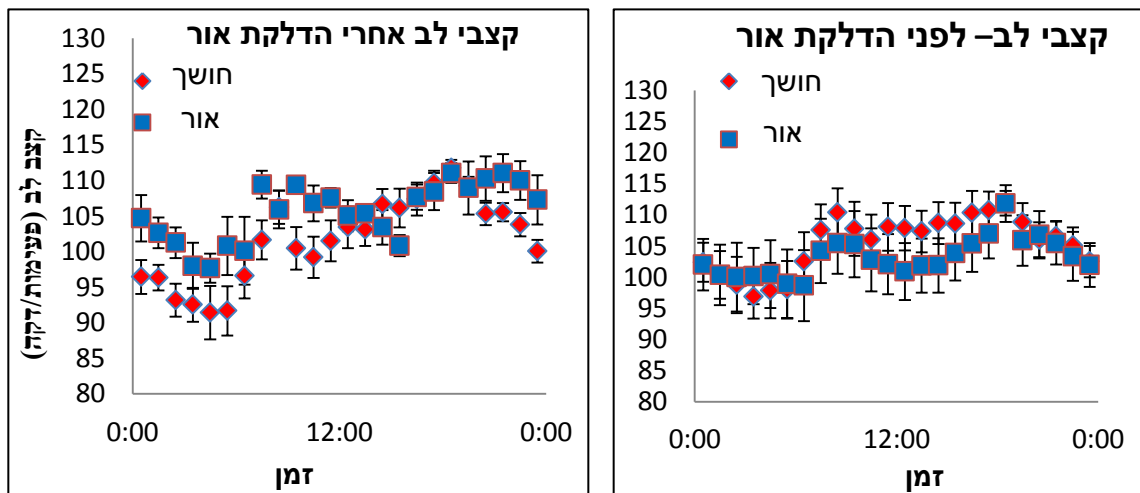
בפלסמה של עזים מקבוצת האור שנדגמה באותה שעה. ריכוז המלטונין בפלסמה של עזים מקבוצת האור שנדגמה ביום, לא היה גבוה באופן מובהק ($P = 0.11$) מריכוז המלטונין בפלסמה של עזים מקבוצת החושך שנדגמה באותה שעה.



איור 3: ריכוז המלטונין בפלסמה (pg/ml ± SE) של עזים מקבוצת האור (N = 24) וקבוצת החושך שנדגמו בשעה 03:30, 17:30. (N = 24)

7. קצב לב

קצב הלב (ממוצע פעימות/לדקה ± ש.ת) של קבוצת האור והחושך לאורך היממה, לפני מניפולציית האור ולאחריה מתואר באיור 4. הממוצע היומי של קצב הלב של קבוצת האור והחושך לא היה שונה לפני מניפולציית האור המלאכותי בלילה (104.6 ± 1.40 , 103.2 ± 3.54 , בהתאמה, $P = 0.28$). חודשיים אחרי תחילת הארה קצב הלב ממוצע של קבוצת האור לא היה גבוה מקבוצת החושך (105.6 ± 2.33 , 102.7 ± 2.61 , בהתאמה, $P = 0.24$), אך היו ההבדלים המובהקים בעיקר בשעות הלילה (טווח השעות 20:30 עד 05:30).



איור 4: קצב הלב (פעימות/לדקה ± ש.ת) לאורך היממה לפני ואחרי מניפולציית האור בלילה של עזים מקבוצת האור (N = 24) ועזים מקבוצת החושך (N = 24) שנמדדה לאורך תקופת הניסוי.

דיון:

מתוצאות השנה הראשונה של הניסוי עולה שהתאורה המלאכותית קצר הגל מסוג LED לבן בלילה, פגעה בתנובת החלב, צריכת המזון, משקל הגוף ויעילות הייצור הייתה על צריכת המזון, יעילות ניצולת המזון לחלב וגרמה לעליה בקצב הלב בקבוצת האור ברוב שעות היממה יחסית לקבוצת החושך. הירידה הדרסטית בביצועים וביעילות הייצור ואף העלייה המהירה בקצב הלב מיד לאחר ההארה בקבוצת האור, מעידה על כך שהתאורה המלאכותית קצרת הגל מסוג לד גרמה לסטרס בעזים שנחשפו לאור. כמו כן, ריכוז המלטונין בפלסמה שהיה גבוה בקבוצת החושך לעומת האור בדיגומי הדם שבוצעו לפנות בוקר, מעידה על פגיעה של האור המלאכותי בייצור המלטונין בקרב העזים שנחשפו לאור. כמו כן חוסר ההבדל בין ריכוז המלטונין ביום ובלילה בקבוצת האור גם כן מעידה על שיבוש בייצור המלטונין שנגרם כתוצאה ממניפולציית התאורה. התוצאה של עלייה בקצב הלב של העזים שנחשפו לאור, השינוי בתנודתיות קצב הלב לאורך היממה והפגיעה בריכוזי המלטונין בשעות הלילה, משתלבת עם ממצאים נוספים מניסויים בעכברים, בעגלים ובבני אדם שהראו שקצב הלב עולה בחשיפה לאור לבן קצר גל כתוצאה מדיכוי הפרשת המלטונין בעקבות חשיפת העין לאורכי גל קצרים. בתנאי חשוכים הפרשת המלטונין גוברת במהלך הלילה וגורמת לירידה בקצב הלב, לחץ הדם וטמפרטורת הגוף של יונקים יומיים. המשמעות של עליה בקצב הלב היא עלייה בדרישות לקיום בשעות ביממה שבהן העזים אמורות להיות במצב אנרגטי "חסכוני" המתבטא בין היתר בירידה בקצב הלב, לחץ דם, מטבוליזם וטמפרטורת גוף בשעות החשכה. לסיכום, מתוך תוצאות הניסוי עולה שאור מלאכותי מסוג LED לבן פוגע בביצועים וביעילות הייצור בעזים מניבות. השינויים בקצב הלב והפגיעה בריכוזי המלטונין עונים להגדרה שאור מלאכותי קצר גל משבש ריתמוסים ביולוגיים ולכן נחשב כגורם מזהם בלילה ומהווה גורם סטרס הפוגע ברווחת החיה.

ספרות מצוטטת

1. Capuco, A. V., R. M. Akers, and J. J. Smith. 1997. Mammary growth in Holstein cows during the dry period: quantification of nucleic acids and histology. *J. Dairy Sci.* 80:477-487.
2. Dahl, G.E., B.A. Buchanan, and H.A. Tucker. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J. Dairy Sci.* 83:885-89.
3. Du Preez ER, Donkin EF, Boyazoglu PA, Rautenbach GH, Barry DM, Schoeman E. 2001. Out of season breeding of milk goats. The effect of light treatment, melatonin and breed. *J S Afr Vet Assoc.* 72(4):228-31.
4. Jimenez A, Andre´s S, Sa´nchez J. 2009. Effect of melatonin implants on somatic cell counts in dairy goats. *Small Rum Res* 84:116–20.

5. Miller, A. R. E., R. A. Erdman, L. W. Douglass and G. E. Dahl. 2000. Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:962-967.
6. Reiter RJ. 1993. the melatonin rhythm: both a clock and a calendar. *Experientia.* 49(8): 654-664.
7. Reiter, R. J., Tan, D. X., Korkmaz, A., Erren, T. C., Peikarski, C., Tamura, H. 2007. Light at night, chronodisruption, melatonin suppression, and cancer risk: A review. *Critical Reviews in Oncogenesis*, 13(4), 303–328.
8. Seron-Ferre M, Torres-Farfan C, Forcelledo ML, Valenzuela GJ. The development of circadian rhythms in the fetus and neonate. *Semin Perinatol* 2001; 25:363–370.
9. Tamura H, Nakamura Y, Korkmaz A, Manchester LC, Tan D, Sugino N. 2009. Melatonin and the ovary: Physiological and pathophysiological implications. *Fertil Steril* 92:328–343.
10. Tamura, H., Takasaki, A., Taketani, T., Tanabe, M., Kizuka, F., Lee, L., Tamura, I., Maekawa, R., Aasada, H., Yamagata, Y. and Sugino, N. 2012. The role of melatonin as an antioxidant in the follicle. *Journal of ovarian research*, 5(1), p.1.
11. Tekbas OF, Ogur R, Korkmaz A, Kilic A & Reiter R J. 2008. Melatonin as an antibiotic: new insights into the actions of this ubiquitous molecule. *J. pineal. res.* 44(2): 222-226.
12. Wareski P, Motyl T, Ryniewicz Z, Orzechowski A, Gajkowska B, Wojewodzka U, Polszaj T. 2001. Expression of apoptosis-related proteins in mammary gland of goat. *Small Rumin. Res.* 40:279-289.