

## פוליפנולים כמגבירי יצרנות ואיכות חלב

אורן הדיה\*, 1,2, oren.hadaya@mail.huji.ac.il, י. לנדאו<sup>2</sup>, ח. מוקלידה<sup>2</sup>, צ. גלזר<sup>3</sup>,

ט. דויטש<sup>2</sup>, ח. עזאיזה<sup>4</sup>, נ. ארגוב - ארגמן<sup>1</sup>

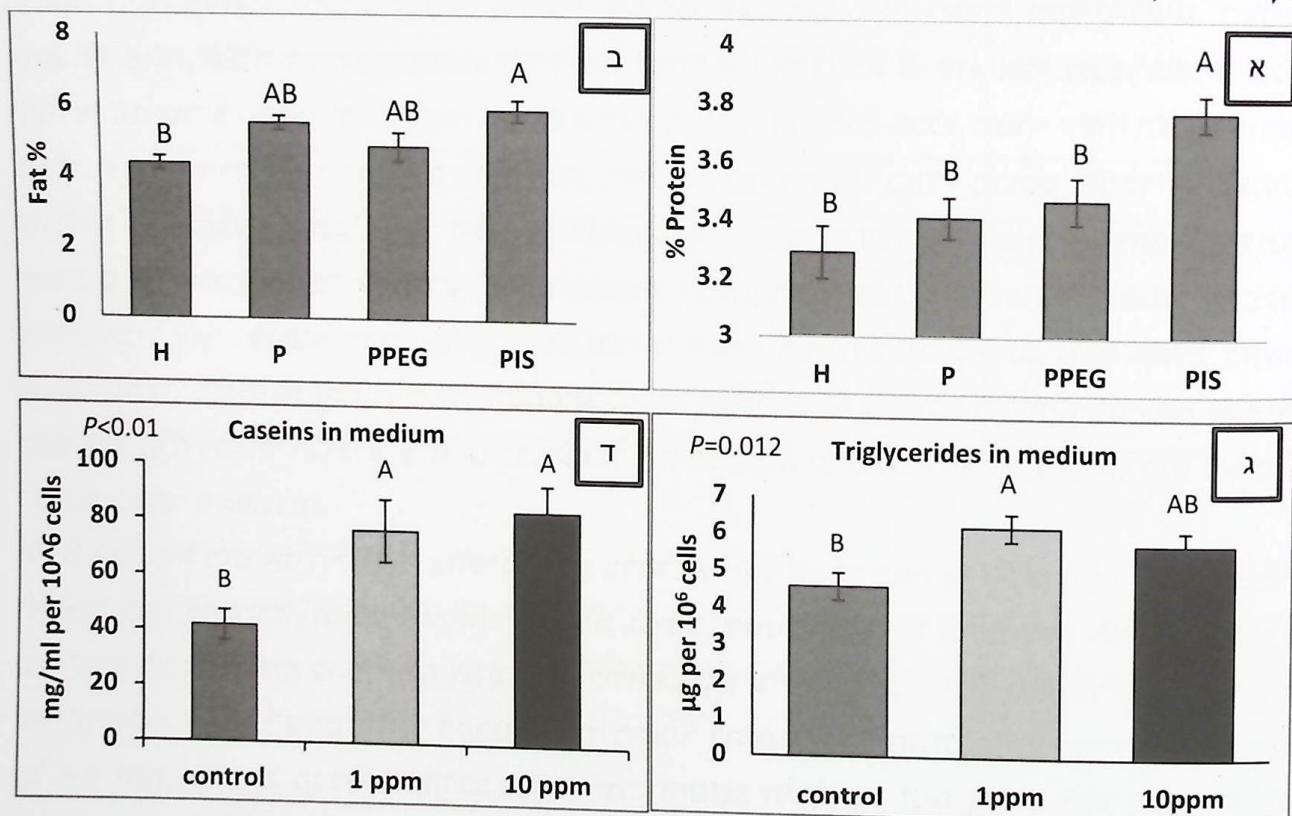
1-המחלקה למדעי בעלי החיים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים; 2 - המחלקה למשאבי טבע, המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי; 3 -פארק טבע רמת הנדיב, זכרון יעקב; 4 -מו"פ אזורי אגודת גליל, שפרעם

**מבוא:** טאנינים הנם פולימרים שמורכבים מנגזרות שונות של פנולים או פוליפנולים: טבעות ארומטיות שמחוברות לקבוצת הידרוקסיל אחת או יותר שנמצאים בצמחים עילאיים כמטבוליטים משניים. הטאנינים מסווגים לשני מופעים: טאנינים דחוסים (condensed – CT) או טאנינים מסיסים (hydrolyzable – HT). הטאנינים נחשבים כתרכובות המסייעות לצמחים להתגבר על עקות אביוטיות כגון בצורת, קרינה וחום. לכן, עלוות צמחים המשגשים בתנאי אקלים קשים כגון אלו השוררים באגן המזרחי של הים התיכון, תהיה פעמים רבות עתירה בטאנינים בהשוואה לצמחים עשבונים באזורים אקלימיים נוחים יותר מבחינת משקעים ומזג אויר. דוגמא לצמח כזה הוא אלת המסטיק, שיח ירוק עד המשגשג באזורנו ולו תכולת טאנינים גבוהה. בזכות המבנה הייחודי של טבעות פנוליות, פעילות הטאנינים נקשרה לא אחת עם פעילות אנטי-אוקסידטיבית בתא. באופן ייחודי, ידועים הטאנינים בנטרול תרכובות חמצן רדיקליות (ROS) Reactive oxygen species, המהווים רכיב טבעי בתא מאחר והם נוצרים, בין השאר, כתוצאה מפעילות מיטוכונדריאלית תקינה בתהליך הפקת האנרגיה. יחד עם זאת, ROS בעלי יכולת פגיעה בשלמות התא, בחומר הגנטי בתוך התא ובכך עלולים לשבש את הבקרה על חלוקה תקינה והתמיינות התאים ברקמה. בריכוזים גבוהים, ל-ROS יכולת לשבש ולהגביל ייצור אנרגיה בתא על ידי המיטוכונדריה, וכתוצאה מכך לפגוע ביצרנות התא. במעלי גירה, עיקר המחקר בטאנינים עסק בהשפעתם על זמינות נוטריינטים דרך מערכת העיכול. באופן ספציפי, בזמינות החלבון מהמנה, ניצולת מזון והשפעת הטאנינים על המיקרוביוטה בכרס. מעט מאוד מחקר עסק בשאלה האם הפוליפנולים נספגים למערכת הדם, ובמידה וכן, מהי השפעתם המערכתית וכיצד הם משפיעים על רקמות יצרניות, למשל בלוטת החלב. השערת המחקר של עבודה זו היא כי הזנה במנה עתירת פוליפנולים תגביר את הקיבולת האנטי-אוקסידטיבית של בעל החיים ובאופן ספציפי של התאים היצרניים בבלוטת החלב, ובכך ינתבו משאבי אנרגיה ליצרנות במקום לתיקון נזקי ROS ברמת התא ובעל החיים. במחקר זה, נדגים כיצד חשיפת בעל החיים למזון או לתוסף עתיר טאנינים, המבוססים על האבסה באלת מסטיק או צריכת מיצוי מיימי של אלת מסטיק, תגביר את היצרנות ותשפר את האיכות של חלב עיזים. נתונים אלו התקבלו הן במודל *in vivo* והן במודל *in vitro*.

**שיטות:** בניסוי הראשון, נבחנה השפעת האבסה באלת מסטיק כמקור עיקרי למזון גס על יצרנות ואיכות חלב. השתתפו 44 עיזים שאמיות, שהופרדו לארבע קבוצות: קבוצה ראשונה יצאה למרעה 4 שעות בכל יום בפארק טבע רמת הנדיב בלי (P) או עם (PPEG) תוספת יומית של 30 ג' פוליאטילן-גליקול 4,000 MW. שתי קבוצות נשארו בדיר. קבוצה H קיבלה מנה המבוססת על שחת בקיה, וקבוצה PIS קיבלה מנה של אלת מסטיק ללא הגבלה. השאלה האם ניתן לבדוד את השפעתם הישירה

של הפוליפנולים על יצרנות ועמידות בלוטת החלב נבחנה בניסוי *in vitro*, בתרבות ראשונית של תאי אפיתל מבלוטת חלב של פרות חולבות. לאחר התמיינות, התאים נחשפו למשך 24 שעות למיצוי אתנולי שמקורו בעלוות אלת מסטיק ומכיל 65% פוליפנולים בריכוזים שונים 1 ppm, 10 ppm וביקורת (ללא מיצוי).

**תוצאות ודיון:** לא נמצאו הבדלים בתנובות החלב וצריכת החומר היבש בין הטיפולים. הקבוצה שהוזנה באלת מסטיק (PIS) ייצרה חלב עשיר יותר בחלבון (3.77 לעומת 3.29%,  $P<0.001$ ; איור א') ובעל חוזק גבן כפול ( $P<0.001$ ), בהשוואה לקבוצה H. תכונות אלו מבוקשות על ידי תעשיית החלב בגלל יכולתן לייצר יותר גבן מכל ליטר חלב, ולייצר מוצרים יציבים יותר. זאת, על אף שריכוז החלבון במנה בקבוצת PIS היה נמוך יותר (11.7 לעומת 13.5%,  $P<0.0001$ ). תכולת השומן בחלב הייתה גבוהה יותר (5.89 לעומת 4.36%,  $P=0.01$ ; איור ב'), בקבוצת PIS לעומת קבוצת החציר H. ממצאים דומים התקבלו בניסוי בתרבות תאים שנחשפה למיצוי אתנולי של אלת מסטיק, בו נמצאה עלייה בייצור שומן (איור ג'), קזאינים (איור ד') ולקטוז שהופרשו למדיום הגידול של התאים. המחקר מציע כי ההגנה שהפוליפנולים העניקו לתאים אפשרה ניתוב משאבים ליצרנות ואפשרה להמשיך לייצר ATP בקצב גבוה, מה שאיפשר להתגבר על רמות גבוהות של ROS המצטברות בתאים.



איור א'- תכולת חלבון החלב; איור ב'- תכולת שומן החלב; איור ג'- ריכוז השומן שהופרש אל מדיום הגידול; איור ד'- ריכוז חלבוני הקזאין שהופרשו אל מדיום הגידול.  
העבודה במימון קרן המחקרים של מועצת החלב (ענף צאן).