

הפוטנציאל הגנטי של בקר מקומי מגזע בלדי ותרומתו האפשרית לאיכות הבשר

אוכלוסית העולם עתידה לצמוח לכ-9 מליארד נפש עד שנת 2050. הגידול הצפוי, לצד תמורות כלכליות, חברתיות ודמוגרפיות, החלות במרבית המדינות המתפתחות, מכתיבים דרישה גוברת למוצרי מזון מן החי, בכללם בשר •

עינב שור שמעוני, אריאל שבתאי, פרננדו גרסיה, רתם אגמון, מירי כהן-צינדר
היחידה לבקר לבשר, מרכז מחקר נוה יער, מנהל המחקר החקלאי

אולם, לצד הדיווחים המעודדים לכאורה של ארגון המזון והחקלאות העולמי (FAO), לפיהם העשור האחרון מניב התקדמות משמעותית לעבר עולם חופשי מרעב ומתת-תזונה, הרי שסוגיות רבות של ייצור ואספקת מזון, בטחון תזונתי, (Food security; גישה ישירה ויום יומית למזון), ותוצרי משק החי, בראשן הבקר, עוד רובצות לפתחנו. סקטור זה, על אף היתרונות הרבים הקיימים באכילת מוצרי (חלבון איכותי, ויטמינים דוגמת B2 ו-B12 ומיקרואלמנטים ספציפיים, שכמותם במקורות צמחיים זניחה), נתון לביקורת נוקבת בשל טביעת הרגל האקולוגית שלו, יעילותו הקלורית הנמוכה (יחס של 100 קלוריות נצרכות על כל 1 קלוריה של מזון מיוצר ע"י בעל החיים), התחרות עם האדם על קרקעות יעודיות לגידול מזון, ועל המזון עצמו, אותו ניתן לספק ישירות לצריכה הומנית. לכך מצטרפות גישות אקטיביסטיות המעודדות אי אכילת בשר ממניעים מצפוניים ומוסריים, בריאותיים, תרבותיים ואקולוגיים (שמירת טבע וסביבה ירוקה). הדרישות המזוניות הגוברות מחד, והעומס הסביבתי המתהווה מאידך, מגבירים את הצורך בשילוב גזעי בקר המטופחים לנצילות מזון גבוהה, פליטת מתאן נמוכה יותר, ושלל עמידויות לתנאי אקלים משתנים, דוגמת התחממות גלובלית או בצורת. הללו יכולים לייצר "תגבור גנטי" אצל הגזעים האירופיים היצרניים, הרגישים יותר לתנאי הסביבה וחסכוניים פחות מבחינה אנרגטית, ולשפר את עתודת העמידויות אצל אלה באמצעות שימוש במכלואים.

בקר בלדי

בקר הבלדי (Baladi, Bos Taurus; DAGRIS), הוא בקר מקומי, אשר היה נפוץ בעבר בישראל ובדרום אגן הים התיכון. טיפוסיו השונים של הבלדי, פרוסים בטורקיה, מצרים, לבנון, קפריסין, סרדיניה, צפון אפריקה וחבל הבלקן. הבלדי,

הבלדי, המותאם לתנאי מחיה קשים וקיצוניים, ידוע בעמידותו הגבוהה למחלות, ביכולתו להתקיים על מזון מאיכות ירודה, נצילות מזון טובה יותר בהשוואה לגזעי בשר שממדי גופם גדולים יותר

ציטוטים

1. Rischkowsky, B., Pilling, D., The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization. (Eds.), 2007. (<http://www.fao.org/docrep/010/a1250e/a1250e00.htm>).
2. Shabtay, A. Adaptive traits of indigenous cattle breeds: The Mediterranean Baladi as a case study. Meat Science., 2015. 109:p. 27-39.
3. Schenkel, F.S., et al., Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. J Anim Sci, 2006. 84(2): p. 291-9.
4. Page, B.T., et al., Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. J Anim Sci, 2002. 80(12): p. 3077-85.



איור 1. טיפוסים הבלדי השונים בעדר; מרכז מחקר נוה יער. A. בקר הבלדי השכיח שצבעו שחור; B. קרוב משפחה אפשרי של הפרה האנטולית האדומה; C קרוב משפחה אפשרי של הפרה היגוסלבית מטיפוס בושה; [2].

ביחידה לבקר לבשר בנוה יער, נוסדה לפני קרוב לעשור אוכלוסיה גרעינית של בקר בלדי, מפרות שנאספו מכפר רג'ר, ומעדרים בגולן ובגליל. גרעין זה משמש מאגר גנטי בלעדי של הגזע בישראל, ויש לו חשיבות רבה בשימור תכונות העמידות שלו. גנום הבלדי מגוון מאוד

המותאם לתנאי מחיה קשים וקיצוניים, ידוע בעמידותו הגבוהה למחלות, ביכולתו להתקיים על מזון מאיכות ירודה, נצילות מזון טובה יותר בהשוואה לגזעי בשר שממדי גופם גדולים יותר. ולמרות זאת, מזה מספר עשורים נדחקת אוכלוסית הבלדי מהנוף ע"י גזעי בקר יצרניים, עד כדי כך שהוכרזה ע"י ה-FAO כגזע בסכנת הכחדה [1]. בישראל, פרות הבלדי מלאו את הארץ עד סוף שנות הארבעים של המאה הקודמת, אך עם השנים, משהחל גידול בקר לבשר באופן אינטנסיבי, הן נדחקו ע"י הגזעים הגדולים והיצרניים יותר. ביחידה לבקר לבשר בנוה יער (מרכז המחקר הצפוני של מנהל המחקר החקלאי), נוסדה לפני קרוב לעשור אוכלוסית גרעינית של בקר בלדי, מפרות שנאספו מכפר רג'ר, ומעדרים בגולן ובגליל. גרעין זה משמש מאגר גנטי בלעדי של הגזע בישראל, ויש לו חשיבות רבה בשימור תכונות העמידות שלו (איור 1). גנום הבלדי מגוון מאוד. באנליזה שביצענו לאחרונה

בס"ד

א.ל.

איורוד וצינון

מכירה, שירות והתקנה של כל פתרונות האיורוד, צינון ועידפול לחקלאות ותעשייה, מוסדות, גני אירועים וכו', תיקון ושיקום מערכות ניפוף, חצרות צינון התקנת תאורת פנסי לד, שידרוג מאווררים, צירים, מייסבים, מנועים גידים, כל סוגי הרצועות, גלגלי שינוע, מתזים וכל סוגי המערפלים, כל סוגי הכנפיים

שירות אמין ומקצועי!




ליאור: 053-2296563 איתי: 050-6376222

E-mail: lior120986@gmail.com

טבלה 1 ארבעה סמנים גנטיים שנבחנו בחמישה גזעי בקר: בלדי, הולשטיין, לימוזין, סימנטל וברהמה

מובאה מחקרית	תכונה מושפעת	החלפת ח"א	אללים	מיקום פסיקלי	כרומוזום	גן / סמן
Calvo וחובריו 2014; [13]	רכות	T182A	A/G	98535683	7	CAST
Page וחובריו 2002, 2004; [4,5]	רכות	G316A	C/G	44069063	29	CAPN1
Winter וחובריו 2002; [9]	שומן תוך שרירי	K232A	*A/K	1802265-1802266	14	DGAT1
Zhang וחובריו 2008; [12]	פרופיל חומצות שומן	A2266T	A/G	51402032	19	FASN

טבלה 2 השוואה בין תדירויות האללים והגנוטיפים של ארבעת הסמנים הגנטיים בנקבות מול זכרים מגזע הבלדי. א. הגנים CAST ו-CAPN1 המשפיעים על רכות הבשר; ב. הגנים DGAT1 ו-FASN המשפיעים על תכולת השומן התוך שרירי ופרופיל חומצות השומן בהתאמה

CAST					CAPN1							א.	
AA	AG	GG	A	G	CC	CG	GG	C	G	N	מין	גזע	
0.49	0.41	0.10	0.70	0.30	0.74	0.20	0.06	0.84	0.16	74	נקבה	בלדי	
0.50	0.13	0.37	0.56	0.44	0.88	0.12	0.00	0.94	0.06	18	זכר		
8.9**					לא נבדל		לא נבדל		לא נבדל		X2		

DGAT1					FASN							ב.	
AA	AK	KK	A	K	GG	AG	AA	G	A	N	מין	גזע	
0.33	0.54	0.13	0.60	0.40	0.55	0.35	0.10	0.73	0.27	74	נקבה	בלדי	
0.06	0.63	0.31	0.38	0.62	0.63	0.31	0.06	0.78	0.22	18	זכר		
6.17*					5.35*		לא נבדל		לא נבדל		X2		

N; *P≤0.05; **P≤0.01 - מספר הפרטים בכל מגדר

בשיתוף עם החוקרים פרופסור משה סולר וד"ר אהוד ליפקין מהאוניברסיטה העברית ועם אוניברסיטאות אחרות ברחבי העולם, מצאנו כי גנום זה מכיל פרופורציות כמעט שוות של הבקר שבוית באפריקה (African Taurine), במזרח הקרוב (European Taurine) ובאזור הודו (Bos Indicus). במסגרת המחקרים המתבצעים ביחידה לבקר, אנו מעוניינים להטמיע בגזע הסימנטל המשמש לבשר, את תכונות העמידות היחודיות וצריכת המזון המשופרת המאפיינים את הבלדי באמצעות יצירת מכלואים בין שני גזעים אלה, ופועלים לקדם את שימור הגזע מהכחדה. במסגרת המחקר הנוכחי ביקשנו לבחון את הפוטנציאל הגנטי של אוכלוסית הבלדי של נוח יער, המונה עשרות פרטים בלבד, לתכונות המגדירות את איכות הבשר. פוטנציאל זה נבחן באופן השוואתי בארבעה גזעי בקר נוספים. בשל העובדה שעד כה לא שוייך בקר הבלדי ל"שושלות" כאלה או אחרות המוכתבות על בסיס אירועי הביות השונים, ביקשנו לבחון את הפוטנציאל הגנטי של הגזע לאיכות בשר אל מול זה של גזע מטופח לחלב (הולשטיין ישראלי; Bos taurus), גזעי בשר (לימוזין; Bos taurus), (ברהמה Bos indicus), וגזע המוגדר דו תכליתי המטופח לבשר ולחלב (סימנטל; Bos taurus).

המדדים לרכות הבשר

בהעדף פנוטיפים לתכונות אלה באוכלוסיית הבלדי של נוח יער המונה עשרות בודדות של פרטים, בחנו את התפלגות האללים והגנוטיפים של מוטציות בארבעה גנים, הידועים כמשפיעים על רכות הבשר והפרופיל הבריאותי שלו.

- Page, B.T., et al., Association of markers in the bovine CAPN1 gene with meat tenderness in large crossbred populations that sample influential industry sires. J Anim Sci, 2004. 82(12): p. 3474-81.
- Lee, S.H., et al., Mutations in calpastatin and mu-calpain are associated with meat tenderness, flavor and juiciness in Hanwoo (Korean cattle): molecular modeling of the effects of substitutions in the calpastatin/mu-calpain complex. Meat Sci, 2014. 96(4): p. 1501-8.
- Casas, E., et al., Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. J Anim Sci, 2006. 84(3): p. 520-5.
- Grisart, B., et al., Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. Genome Res, 2002. 12(2): p. 222-31.
- Winter, A., et al., Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content. Proc Natl Acad Sci U S A, 2002. 99(14): p. 9300-5.
- Thaller, G., et al., DGAT1, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle. Anim Genet, 2003. 34(5): p. 354-7.
- Berg, J.M., J.L. Tymoczko, and S.L., Biochemistry, 5th edition. New York: W H Freeman., 2002: p. ISBN-10: 0-7167-3051-0.
- Zhang, S., et al., DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition. Anim Genet, 2008. 39(1): p. 62-70.

טבלה 3 תדירויות האללים והגנוטיפים של ארבעת הסמנים הגנטיים בנקבות בלדי, סימנטל וברהמה.
 א. הגנים CAST ו-CAPN1 המשפיעים על רכות הבשר; ב. הגנים DGAT1 ו-FASN המשפיעים על תכולת
 השומן התוך שרירי ופרופיל חומצות השומן בהתאמה

CAST					CAPN1							א.
AA	AG	GG	A	G	CC	GC	GG	C	G	N	גזע	
0.49	0.41	0.10a	0.70	0.30a	0.74	0.20	0.06 ^a	0.84	0.16 ^a	74	בלדי	
0.39	0.35	0.26a	0.56	0.44a	0.90	0.10	0.00 ^b	0.95	0.05 ^b	30	סימנטל	
0.54	0.32	0.14a	0.70	0.30a	1.00	0.00	0.00 ^b	1.00	0.00 ^b	24	ברהמה	
לא נבדל			לא נבדל		**15.2			*8.5		X ²		

DGAT1					FASN						ב.
AA	AK	KK	A	K	GG	AG	AA	G	A	N	גזע
0.33	0.54	0.13 ^a	0.60	0.40 ^a	0.56	0.34	0.10 ^a	0.73	0.27 ^a	74	בלדי
0.86	0.14	0.00 ^b	0.93	0.07 ^b	0.65	0.35	0.00 ^a	0.83	0.17 ^a	30	סימנטל
0.04	0.42	0.54 ^c	0.25	0.75 ^c	0.68	0.27	0.05 ^a	0.81	0.19 ^a	24	ברהמה
63.7***			33.1***		לא נבדל			לא נבדל		X ²	

*P ≤ 0.05; **P ≤ 0.01; ***P ≤ 0.0001^{a-c} שונות גנוטיפית אשר נבדלת באופן מובהק

החשובה ביותר עבור צרכני הבשר, והיא גם הנחקרת ביותר, בין היתר בשל השונות הגבוהה המאפיינת אותה, ומספר הגורמים המשפיעים עליה. CAST ו-CAPN1 הם אנזימים פרוטאוליטיים המעורבים בריכוך הבשר בתחילת תהליך היישון. סמן נוסף אותו בחנו, ממוקם בגן המקודד לאנזים

מספר וריאנטים גנטיים משמשים כיום כסמנים מקובלים לפנוטיפים המגדירים את איכות הבשר, ביניהם סמנים בגנים CAST (calpastatin) ו-CAPN1 (μ-calpain), אשר נמצאו בתאחיזה לרכות הבשר במספר גזעי בקר בחזירים^[3-7]. רכות (meat tenderness) היא התכונה האורגנולפטית

סניור

להדברת **קרציות, פרעושים וזבובים** במשק החי,
 יעיל ומהיר, טווח פעולה רחב למזיקים רבים
 לריסוס במבני משק ריקים
 להשיג ברשתות לשיווק תשומות חקלאיות.

קרא בעיון את תווית התכשיר לפני השימוש

בואו להיות חברים שלנו בפייסבוק: אדמה אגן - ADAMA Agan
www.adama.com/israel-agan/he

האיכות מתחילה בסביבה



ADAMA
Agan

לתווית התכשיר



טבלה 4 תדירויות האללים והגנוטיפים של ארבעת הסמנים הגנטיים בזכרים, בלדי, לימוזין, הולשטיין וסימנטל. א. הגנים CAST ו-CAPN1 המשפיעים על רכות הבשר; ב. הגנים FASN ו-DGAT1 המשפיעים על תכולת השומן התוך שרירי ופרופיל חומצות השומן בהתאמה

CAST					CAPN1							א.
AA	AG	GG	A	G	CC	GC	GG	C	G	N	גזע	
0.50	0.12	0.38 ^a	0.56	0.44 ^a	0.88	0.12	0.00 ^a	0.94	0.06 ^a	18	בלדי	
0.88	0.09	0.03 ^b	0.93	0.07 ^b	0.52	0.45	0.03 ^b	0.74	0.26 ^{a,b}	33	לימוזין	
0.26	0.44	0.30 ^c	0.48	0.52 ^a	0.34	0.46	0.20 ^c	0.57	0.43 ^b	216	הולשטיין	
0.46	0.19	0.35 ^a	0.55	0.45 ^a	0.92	0.08	0.00 ^a	0.96	0.04 ^a	105	סימנטל	
66.9*					26.5*		128.2*			68.3*		X ²

DGAT1					FASN						ב.	
AA	AK	KK	A	K	GG	AG	AA	G	A	N	גזע	
0.06	0.63	0.31 ^a	0.38	0.62 ^a	0.63	0.31	0.06 ^a	0.78	0.22 ^a	18	בלדי	
0.27	0.58	0.15 ^a	0.56	0.44 ^a	0.18	0.40	0.42 ^b	0.38	0.62 ^b	33	לימוזין	
0.72	0.23	0.05 ^b	0.84	0.16 ^b	0.28	0.48	0.24 ^b	0.52	0.48 ^b	216	הולשטיין	
0.77	0.20	0.03 ^b	0.87	0.13 ^b	0.65	0.33	0.02 ^a	0.81	0.19 ^a	105	סימנטל	
58.5*					28.8*		74.4*			18.2*		X ²

בעקבותיו, וכמו כן, הפנוטיפ המושפע בעקבות השינוי האללי. בטבלה 2, מופיעה ההשוואה בין תדירויות האללים והגנוטיפים של ארבעת הסמנים שנבחנו בנקבות (n=74) וזכרים (n=18) מגזע הבלדי של נוה יער. כפי שניתן לראות, נמצא הבדל מובהק בתדירות הגנוטיפים של הסמן CAST (P≤0.01) המשפיע על רכות הבשר, שמקורן בתדירות גבוהה יותר של ההטרוזיגוט AG בנקבות בהשוואה לזכרים. הבדלים מובהקים בין נקבות וזכרים נמצאו גם בתדירות האללים והגנוטיפים של הסמן DGAT1 המשפיע על תכולת השומן התוך שרירי, כאשר הגנוטיפ AK היה הגבוה ביותר בשני המינים (P≤0.05; טבלה 2). בעוד הגנוטיפ AA היה גבוה יותר בנקבות, הגנוטיפ KK היה גבוה יותר בזכרים (P≤0.05). בהתאמה, מצאנו כי תדירות האלל A היתה גבוהה יותר בנקבות, ואילו תדירות האלל K היתה גבוהה יותר בזכרים מגזע הבלדי (P≤0.05; טבלה 2).

בעוד שאוכלוסיות הבלדי והסימנטל שנבחנו היו מעורבות זוויג (18 זכרים, 74 נקבות ו-105 זכרים, 30 נקבות, בלדי סימנטל בהתאמה), הרי ששלושת הגזעים הנוותרים היו חד מגדריים, וכללו נקבות (ברהמה n=24) או זכרים (הולשטיין n=216; לימוזין n=33) בלבד. בכדי להמנע מאפקט של המגדר נותחו תדירויות האללים והגנוטיפים של הסמנים בנפרד עבור נקבות וזכרים (טבלאות 3 ו-4 בהתאמה). עבודות קודמות, דיווחו על תאחיזה בין הגנוטיפים AA, AG והאלל A של הסמן CAST לבין רכות בשר משופרת^[13]. בעבודתנו, תדירות הגנוטיפ ההומוזיגוטי AA והאלל A, היו הגבוהות ביותר בגזע הלימוזין המטופח לרכות בשר גבוהה (טבלה 4). בהולשטיין המטופח לחלב לעומת זאת, תדירות הגנוטיפ AA בסמן זה היתה הנמוכה ביותר (טבלה 4). באופן מעניין, תדירות הגנוטיפ AA והאלל A של הסמן CAST בגזע הבלדי (נקבות וזכרים), היתה גבוהה יותר ביחס לגנוטיפ GG ולא אלל G בהתאמה (טבלה 3, טבלה 4). באופן ספציפי, לא נמצאו הבדלים בין נקבות הבלדי, הסימנטל והברהמה בתדירות האללים והגנוטיפים של הסמן CAST (טבלה 3), בעוד שבזכרים, נמצא דמיון בין גזע הבלדי לסימנטל בסמן זה (טבלה 4).

1 (DGAT1 diacylglycerol O-acyltransferase). סמן זה, המבוסס על שינוי חומצה אמינית ברצף החלבון לזין לאלנין משתתף בשלב האחרון בסינתזה של טרגליצרידים, ונמצא בתאחיזה לכמות השומן בחלב^[8,9] ובשריר (אינדיקטור למידת השימוש של הבשר)^[10]. הסמן הרביעי שנבדק, ממוקם בגן המקודד FASN (Fatty acid synthase), אנזים המהווה חלק מהקומפלקס האחראי על סינתזה של חומצות שומן רוויות ארוכות שרשרת^[11]. מספר מוטציות בגן המקודד ל FASN, נמצאו כמשפיעות על הרכב חומצות השומן בבשר^[12]. בטבלה 1, מופיעים ארבעת הסמנים שנבחנו באנליזה זו, שיוכם לגן הספציפי, מיקומם הפיסיקלי על גבי הכרומוזום בגנום הבקר, האללים של הוריאנט הגנומי והחומצה האמינית המתחלפת

- Calvo, J.H., et al., A new single nucleotide polymorphism in the calpastatin (CAST) gene associated with beef tenderness. *Meat Sci*, 2014. 96(2 Pt A): p. 775-82.
- Allais, S., et al., Effects of polymorphisms in the calpastatin and mu-calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds. *J Anim Sci*, 2011. 89(1): p. 1-11.
- Van Eenennaam, A.L., et al., Validation of commercial DNA tests for quantitative beef quality traits. *J Anim Sci*, 2007. 85(4): p. 891-900.
- Curi, R.A., et al., Assessment of GH1, CAPN1 and CAST polymorphisms as markers of carcass and meat traits in *Bos indicus* and *Bos taurus*-*Bos indicus* cross beef cattle. *Meat Sci*, 2010. 86(4): p. 915-20.
- Crouse, J.D., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Koohmaraie, M., Seideman, S.C., Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.*, 1989. 67 p. 2661-2668.
- Shackelford, S.D., et al., An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. *J Anim Sci*, 1991. 69(1): p. 171-7.
- Shackelford, S.D., T.L. Wheeler, and M. Koohmaraie, Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *J Anim Sci*, 1995. 73(11): p. 3333-40.

בתדירות גבוהה יותר של הגנוטיפ KK והאלל K (טבלה 4), הפוך מהמתקבל בנקבות. בספרות המחקרית, קיימת חוסר הסכמה בנוגע לכיוונית המתאם של הסמן K232A בגן DGAT1 עם תכולת השומן התוך שרירי. בעוד עבודות מסוימות גורסות כי האלל K הקדום (ancestral allele) נמצא בתאחיזה עם תכולת שומן גבוהה יותר בשריר^[10], מחקרים נוספים מראים אחרת^[7,20]. על בסיס ממצאים אלה, העובדה כי התפלגות האללים והגנוטיפים בגזע הבלדי אינה "נוטה" לכיוון כזה או אחר, תהווה יתרון בטיפוח עתידי של הבלדי לכיוון אלל כזה או אחר של הסמן.

בהתייחס לסמן FASN, נקבות הבלדי הציגו תדירות גבוהה יותר של הגנוטיפ ההומוזיגוטי GG ושל האלל G, בהשוואה ל-AA ו-A, בהתאמה. תמונה דומה התקבלה גם עבור נקבות הסימנטל והברהמה, ללא הבדלים מובהקים בין שלושת הגזעים (טבלה 3). גם בזכרים מגזע הבלדי, תדירויות הגנוטיפ ההומוזיגוטי GG והאלל G היו גבוהות יותר גם בקרב הזכרים, ודמו לאלה של הסימנטל. בזכרים מגזע ההולשטיין והלימוזין לעומת זאת, התדירויות היו נמוכות יותר ($P \leq 0.0001$; טבלה 4). עבודות קודמות, מצאו תאחיזה של הגנוטיפ GG עם חומצות שומן חד בלתי רוויות (MUFA)^[12] באופן תאורטי, התדירות הגבוהה של הגנוטיפ GG אשר התקבלה בבלדי ובסימנטל הישראלי (זכרים ונקבות), יכולה להעיד על התאמתן של אוכלוסיות אלה לתנאים תזונתיים ירודים המאפיינים את האיזור הדרומי של אגן הים התיכון. ואכן, בעבודתנו הקודמת הראינו כי כאשר פרות חלב נחשפו לתנאים תזונתיים אנרגטיים ירודים ותכולת חלבון נמוכה במנה, ריכוז חומצות השומן החד בלתי רוויות בחלב היה גבוה יותר^[21].

לסיכום, בחנו באופן ראשוני את הפוטנציאל הגנטי של בקר הבלדי בהתייחס לתכונות מפתח של איכות הבשר, זאת באמצעות קביעת תדירות האללים והגנוטיפים של ארבעה סמנים מקובלים, אשר נמצאו במתאם עם רכות בשר (CAST, CAPN1), תכולת השומן התוך שרירי (DAGT1) ופרופיל חומצות השומן (FASN), בגזעי בקר שונים. בהשוואה לגזעים האחרים המייצגים טיפוס בקר מאירועי ביות שונים (Bos Taurus – הולשטיין, לימוזין, סימנטל; לעומת Bos indicus – ברהמה), עם "התמחות" יצרנית שונה (דו תכליתי – סימנטל, גזע חלב – הולשטיין, גזע בשר – לימוזין, ברהמה), הציגה אוכלוסית הבלדי תדירות גבוהה יותר של האללים המעלים (מועדפים) בכל ארבעת הסמנים שנבחנו.

לסיכום

ממצאי עבודתנו זו, מהזווית והצורך של שימור הגזע, בהחלט מעודדים, שכן הם מרמזים לראשונה על פוטנציאל גנטי חיובי הקיים בבקר הבלדי לתכונות של איכות הבשר. יחד עם זאת, אנו מדגישים כי נדרשת בדיקה רחבה יותר, הכוללת סמנים נוספים בכדי לבסס ולתקף ממצאים אלה. זאת ועוד, לאחר שייאספו ויקבעו הפנוטיפים הנמצאים באסוציאציה לסמנים אלה (במספר מינימלי של פרטים הדרוש לקיום מבחני גנוטיפ X פנוטיפ), נוכל לאמת השערותנו זו, ואף לבחון בעתיד הרחוק את שילובם של סמנים אלה ואחרים ב"אינדקס שימור התכונות" (conservation initiative index) של הבלדי, אליו יצורף רפרטואר תכונות העמידות הקיימות בגזע זה. יצירת מכלואים של גזעי בקר יצרניים עם גזע הבלדי, תאפשר להטמיע בגזעים היצרניים דוגמת הסימנטל הישראלי המשמש לבשר, את תכונות העמידות היחודיות נצילותהמזון המשופרת המאפיינים את הבלדי, ואף לסייע בקידום שימור הגזע מהכחדה. תוצאותיו של מאמר זה מתבססות על עבודתנו הקודמת^[22]. ▲

במקרה של הסמן CAPN1, הנמצא אף הוא בתאחיזה לרכות הבשר, תדירות האללים ($P \leq 0.05$), והגנוטיפים ($P \leq 0.01$) של פרות הבלדי נבדלו באופן מובהק מאלו של פרות הסימנטל והברהמה (טבלה 3). יחד עם זאת, יש לשים לב כי בשלושת הגזעים, בלדי, סימנטל וברהמה, תדירות הגנוטיפ ההומוזיגוטי CC והאלל C, אשר נמצאו בעבודות קודמות בתאחיזה לאיכות בשר משופרת^[2] היתה גבוהה יותר (טבלה 3). בזכרים מגזע הבלדי, תדירות האללים והגנוטיפים של הסמן CAPN1 נבדלה באופן מובהק מזו של גזעי הלימוזין וההולשטיין, אך היתה דומה לזו שנמצאה בגזע הסימנטל ($P \leq 0.0001$; טבלה 4). גם בזכרים, תדירות הגנוטיפ CC של הסמן CAPN1 היתה הגבוהה ביותר בגזעי הבלדי והסימנטל (טבלה 4). עבור גזע הסימנטל, תדירותם הגבוהה של הגנוטיפ ההטרוזיגוטי CC והאלל C הן בזכרים והן בנקבות אינה מפתיעה, שכן מדובר בגזע דו תכליתי המטופח גם לבשר בנוסף לחלב. התדירות הגבוהה שנמצאה לסמן זה בגזע הבלדי לעומת זאת, מרמזת על הפוטנציאל הגנטי הקיים בגזע זה לרכות הבשר, אך לא די בה ויש לבדוק כאמור סמנים נוספים לתכונה זו. חיזוק לכך, מתקבל במיוחד כאשר תדירות הגנוטיפ ההטרוזיגוטי CC האחוז לרכות בשר משופרת^[2] [14, 15-19 בגזע הברהמה הניחן ברכות בשר נמוכה יחסית הינה 1.0 (טבלה 3). יחד עם זאת, ייתכן וניתן לייחס תוצאה זו למספר הפרטים הנמוך שנבחנו עבור גזע זה ($n=24$).

יצירת מכלואים של גזעי בקר יצרניים עם גזע הבלדי, תאפשר להטמיע בגזעים היצרניים דוגמת הסימנטל הישראלי המשמש לבשר, את תכונות העמידות היחודיות נצילותהמזון המשופרת המאפיינים את הבלדי, ואף לסייע בקידום שימור הגזע מהכחדה

באופן מעניין, תדירות האללים והגנוטיפים של הסמן DGAT1 נבדלה באופן מובהק בין נקבות הבלדי, הסימנטל והברהמה ($P \leq 0.0001$, טבלה 3). תדירויות הגנוטיפ AA והסמן A היו גבוהות יותר בגזע הסימנטל, ולאחריהן בנקבות הבלדי (טבלה 3). נקבות הברהמה לעומת זאת (Bos indicus), הציגו תדירות גבוהה יותר של הגנוטיפ והאלל KK ו-K בהתאמה (טבלה 3). ראוי לציין כי הזכרים של גזע הבלדי התאפיינו

20. Barendse, W., et al., Epistasis between calpain I and its inhibitor calpastatin within breeds of cattle. *Genetics*, 2007. 176(4): p. 2601-10.
21. Loftus, R.T., et al., Evidence for two independent domestications of cattle. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 1994. 91(7): p. 2757-61.
22. Shor-Shimoni E, Shabtay A, Agmon R, and Cohen-Zinder M. Detection of Allelic and Genotypic Frequencies of Polymorphisms Associated with Meat Quality in the Mediterranean Baladi Cattle. *The Open Agriculture Journal*, 2017, 11, 1-10