

31-12-2024

המחקר מוגש לקרן המחקר של מועצת החלב

מספר תכנית - 362-0706-21 – שנה שלישית – דו"ח מסכם

אפיון מדדים אובייקטיביים לקביעת איכות הבשר בבני בקר ממרעה גולן

Evaluation of meat quality traits in pasturing beef cattle by objective measurements

מירי כהן-צינדר

מנהל המחקר החקלאי – בקר נווה יער;

miroco@volcani.agri.gov.il

תקציר

משבר האקלים הנוכחי והתפשטות פנדמית הקורונה בעבר הלא רחוק, ממחישים את הצורך באספקה סדירה וקבועה של תוצרת חקלאית מקומית למאכל, לרבות מוצרי מזון מהחי. הללו נדרשים לטובת קיום בטחון תזונתי (Food security; גישה ישירה ויום יומית למזון), תוך עקיבות מלאה (traceability), המתבטאת לאורך כל שרשרת היצור (farm to table), ויישום כללי בריאות ובטיחות מזון. המגדלים מצידם, עומדים בפני אתגר נוסף, לייצר (לשווק ולמג) בשר באיכות תזונתית גבוהה, התורמת לבריאות האדם, ואף משפרת את חווית האכילה.

משק שניידר מרמת הגולן, הוא משק משפחתי ותיק המגדל בקר לבשר. מזה מספר שנים, מקיים המשק באופן עצמאי (וכחלק מאגודת מרעה גולן) את כל השלבים בשרשרת הייצור של בשר בקר מקומי, ומשמש מודל למשק המכוון את פעילותו מהשטח עד לקוחות הקצה (הצרכנים; Farm to Table). שלבים אלה כוללים את גידול הבקר בעדרי מרעה, הקרבתו בבית המטבחים (תוך ליווי קפדני של תהליך השחיטה), פירוק הטבחות ויישון הנתחים במפעל פירוק ייעודי בקצרון, ומכירתם ללקוחות בקצביה שנבנתה בשיתוף עם מסעדת "מושבוץ" ובאטליזים ברחבי הארץ. גידול הבקר מיושם על פי פרוטוקול הגידול של תו התקן "חי בריא" (תו תקן לאיכות מזון מן החי), תוך שמירת עקרונות של שקיפות ונעקבות (traceability) לכל אורך שרשרת הייצור. נכון להיום, המרכיב העיקרי הקובע את מחיר הבשר בארץ הוא הכשרות, ולא מתבצע תשלום פרמיות למגדלים עבור איכות הבשר או הטבחה. הדבר פוגע משמעותית בכלכליות הגידול. כדי לבסס גילום מרכיבים של איכות בשר בתשלום ליצרן, ולעודד רווחיות הגידול מחד גיסא, לצד קיום הדרישות הצרכניות לבשר-בריאות איכותי מאידך גיסא, עלינו לבחון ולבצע סטנדרטיזציה, כמקובל במדינות מובילות, לפרמטרים המגדירים את איכות ובריאות הבשר בשרשרת הייצור. נכון להיום, מסוגת איכותם של נתחי הבשר במשק שניידר על בסיס פרמטר אחד בלבד, תכולת השיוש (marbling, אינדיקטור

למידת העסיסיות של הנתח), אשר נקבעת סובייקטיבית באמצעות הערכה וויזואלית של עובי השומן בנקודת המפגש בין הסינטה והפילה (ראש פילה). במסגרת הצעת המחקר הנוכחית, אנו מבקשים לבצע סטנדרטיזציה של מספר תכונות מפתח המגדירות את איכות הבשר (pH וצבע שיוש, רכות ומרקם, פאנל סנסורי), על נתחי בשר (אנטריקוט, כף, שייטל) של עגלות, עגלים ופרות ממשק שניידר, אשר עברו את תהליך הגידול, השחיטה, ייצור הבשר (פירוק ויישון) ושיווקו על פי תו תקן חי בריא. סטנדרטיזציה זו תבוצע בשני מישורים, אינסטרומנטלי וסנסורי, ותתמקד במדדים אורגנולפטיים (חושיים) דוגמת רכות, מרקם ועסיסיות. ממצאינו מעבודה זו, יכולים לתקף ולבסס, באמצעות מדדים אובייקטיביים מקובלים, את איכותו של המותג המיוצר מבקר מרעה גולן (משק שניידר) על פי תו תקן "חי בריא", ולשמש כמודל למשקי בקר נוספים לרבות רפת החלב ומשקי צאן, המעוניינים לנטוע ולקדם את תחום איכות הבשר במחוזותיהם. **בשלוחת החלב**, האחראית על כ-30% מהאספקה השנתית של ראשי הבקר המשמשים לצריכה מקומית של בשר טרי (עגלים זכרים העוברים לשלוחת הפיטום, פרות בוגרות שיוצאות מהעדר ועגלות אשר לא יכולות לשמש כאמהות), יוכל מודל זה לאחר שיתבסס, להפוך ישנים גם במשקי בשר הנשענים על בעלי חיים מענף החלב כמקור גידולי.

***בשל אירועי המלחמה בארבעה-עשר החודשים האחרונים המחקר לא התקיים כמתוכנן, בין היתר משום שלא התאפשר להגיע את זירת המחקר בקצרין מכמה סיבות, ביניהן מחסור בכ"א ומגויסים לרוב במשק שניידר. על כן, משימה 2 של אפיון סנסורי ומבחני טעימות לא יצאה לפועל כמוגן מספר הנתחים הנמוך הרבה יותר מהמתוכנן אותו הצלחנו לאפיון יחד עם יוחאי שניידר.**

מטרות המחקר - (1) קביעה אובייקטיבית (באמצעים אינסטרומנטליים קיימים) של סטנדרטים לאיכות בשר עבור תכונות מפתח (רכות ומרקם, שיוש, pH וצבע) בנתחי אנטריקוט, כף ושייטל של עגלות, פרות בוגרות ועגלים ממשק שניידר, הגדלים על פי פרוטוקול הגידול "חי בריא". (2) אפיון סנסורי (באמצעות מבחני טעימה) של מדדים אורגנולפטיים דוגמת רכות, מרקם ועסיסיות בנתחי אנטריקוט, כף ושייטל של עגלות, פרות בוגרות ועגלים (מסעיף 1), והשוואתם עם תוצרי האפיון המתקבלים בסעיף 1, לקבלת מתאם בין שתי השיטות. (3) בחינה השוואתית של שיטת הסיווג הוויזואלית (סובייקטיבית) של הבשר על בסיס שיוש (marbling) אל מול קביעה כימית של תכולת השומן התוך שרירי בנתחי אנטריקוט, כף ושייטל של עגלות, פרות בוגרות ועגלים.

בוצע פיילוט לקביעה אובייקטיבית (באמצעים אינסטרומנטליים) של סדרת מדדי מפתח לאיכות בשר, ביניהם רכות (באמצעות אנליזת shear force), שיוש, pH, צבע, water holding capacity – יכולת אגירת נוזלים בנתח, אורך סרקומרים והרכב כימי (ח"י, חלבון, שומן, אפר) בנתחי ורד הצלע שנדגמו משריר ה longissimus dorsi של פרות בוגרות (n=5, ממוצע גילאים 5.5 שנים) ועגלות (N=4) מוצע גילאים 1.8 שנים) מעורבות מגזע מקומי אשר גדלו בתנאים סביבתיים זהים. עוד נבחנה השפעת תהליך היישון (meat ageing) על רכות הבשר ואורך הסרקומרים (בתום 14 ימי יישון בהשוואה לנתחי אנטריקוט שלא

יושנו. לטובת הפיילוט יצאו הפרות לשחיטה בבית המטבחיים מלאכת הבשר בירכא כחלק משגרת שרשרת יצור המזון בה נוקט המשק במגדל, אנליזת ראשוניות של pH, צבע והערכה ויזואלית של שיוש בוצעו על פס היצור בבית המטבחיים.

נתחי סינטה, כף ואווזית נאספו מ 6 עגלים ועגלה אחת (סה"כ 7 בע"ה; 21 נתחים) ממשק שניידר לטובת המחקר הנוכחי. כ 72 שעות לאחר הגעת הטבחות מבית המטבחיים למפעל הפירוק בקצרין הם דורגו לאיכות באופן סובייקטיבי ע"י יוחאי שניידר, באמצעות הערכה ויזואלית של עובי השומן בנקודת המפגש בין הסינטה והפילה (ראש פילה). לאחר הדירוג הסובייקטיבי נבחרו נתחי סינטה, כף ואווזית מכל טבחה (רבע אחורי ימני) pH, טמפרטורה וצבע שריר ושומן נוטרו הכ"א מהנתחים, לבחינת המתאמים עם מדד הדירוג הסובייקטיבי. המתאם הגבוה ביותר ($R^2=0.99$) התקבל בין מדד הדירוג הסובייקטיבי אשר נקבע עי המגדל (יוחאי שניידר) ובין מדד a^* של מעטפת השומן בנתח הסינטה ($P=0.0008$). מדד זה מעיד על גוון הצבע האדום (red cherry) בשריר (ובשומן המעטפת), ועל מתאם עם תכולת ברזל בשריר (כושר נשיאת חמצן). מתאם חיובי נמצא גם בין מדד a^* של נתחי הכף ($R^2=0.72$) והסינטה ($R^2=0.61$) ובין מדד הדירוג הסובייקטיבי. מתאמים אלה על אף גודלם לא נמצאו מובהקים, זאת כנראה בשל גודל המדגם הקטן. מתאם חשוב נוסף התקבל עם מדד חומציות הנתח pH אשר נוטר כ 72 שעות לאחר השחיטה, מתאם הפוך זה מעיד על כך שככל שה pH של הטבחה נמוך יותר כ 72 שעות לאחר השחיטה, כך הדרוג הסובייקטיבי גבוה יותר. לגבי סירוס העגלים, (כן או לא) נמצא כי גם לפרמטר זה השפעה על מדד הדירוג הסובייקטיבי ($R^2=0.87$).

לסיכום, נראה כי המתאם החיובי הגבוה המתקבל בין מדד a^* של צבע שומן בסינטה, המעיד על עוצמת הגוון האדמומי של השומן, ובין מדד הדירוג הסובייקטיבי המתבסס על הערכה ויזואלית של עובי השומן בנקודת המפגש בין הסינטה והפילה (ראש פילה), מעיד על כך כי זה האחרון המתבסס על ניסיונו האישי עתיר השנים של המגדל (יוחאי שניידר) יכול להמשיך ולשמש כפרמטר איכות סובייקטיבי בהעדר מדדים אובייקטיביים בשטח. יחד עם זאת נסייג ונציין כי עלינו להגדיל את גודל המדגם הנבחן על מנת לבסס ממצא זה, ואף להשען על פרמטרים אובייקטיביים נוספים כפי שהופיעו בתכנית המחקר המקורית טרם מלחמת חרבות ברזל.

תוצאות

מבחן פיילוט פרות ועגלות בלדי

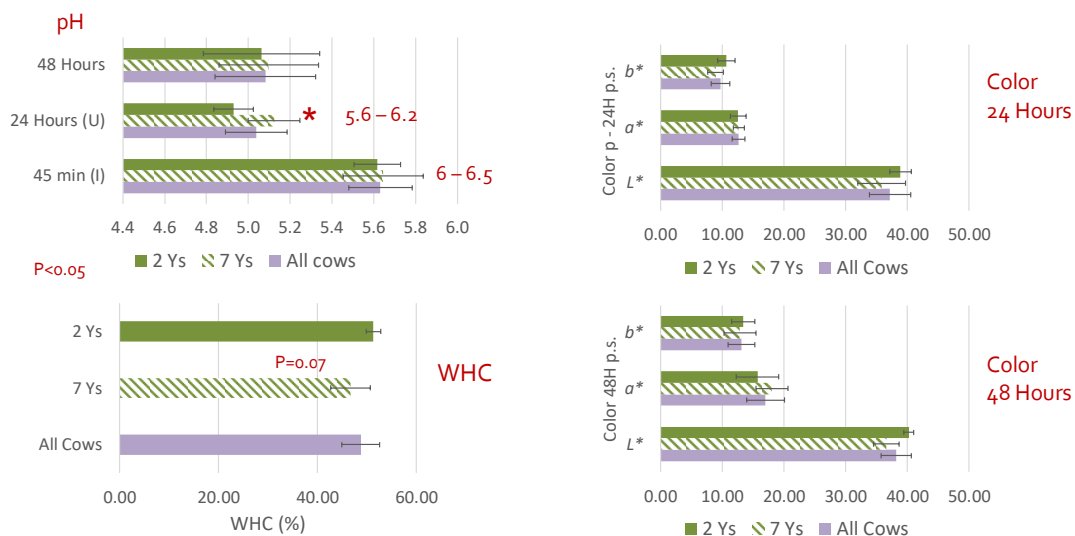
טבלה 1. הרכב כימי של הבשר, פרות (N=5) ועגלות בלדי (N=4):
*תכולת שומן תוך שרירי.

<i>P-value</i>	עגלות	פרות	[%] פרמטר
0.23	29.44±1.40	31.82±1.09	ח"י
0.28	22.47±0.80	21.30±0.61	חלבון
0.11	11.17±1.75	14.43±3.69	שומן*
0.60	1.15±0.06	1.11±0.04	אפר

טבלה 2. מדדי pH, צבע (בשריר ובשומן), וקיבולת אגירת נוזלים בדוגמאות בשר טרי שמקורן בשריר ורד הצלע של פרות (N=5) ועגלות (N=4) בלדי.

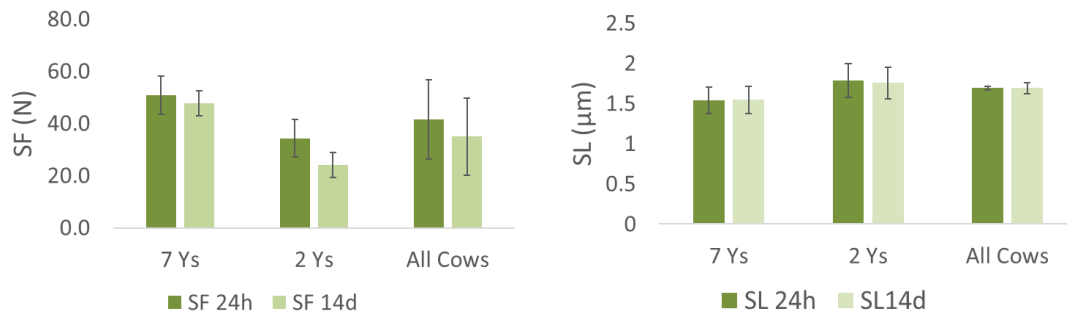
<i>P-value</i>	עגלה	פרה	תכונה
			pH
0.81	5.6±0.08	5.6±0.07	45 דקות †
0.03	4.9±0.06 ^b	5.1±0.05 ^a	24 שעות ††
0.84	5.1±0.13	5.1±0.11	48 שעות †††
			צבע בשר
			24 שעות
0.18	38.9±1.5	35.8±1.4	<i>L</i> *
0.90	12.6±0.5	12.7±0.5	<i>a</i> *
0.09	10.7±0.5	9.0±0.6	<i>b</i> *
			48 שעות
0.01	40.2±0.8 ^b	36.6±0.7 ^a	<i>L</i> *
0.28	15.7±1.5	18.0±1.3	<i>a</i> *
0.73	13.4±1.1	12.9±1.0	<i>b</i> *
0.07	51.9±1.9	46.7±1.5	כושר אחיות מים [%]***

† נמדד בטבחה; †† נמדד בנתחים; אותיות קטנות מצביעות על הבדלים מובהקים בין פרות לעגלות עבור כל משתנה (P<0.05). *** water holding capacity.



איור 1. קביעת מדדי pH, צבע ויכולת אגירת נוזלים (WHC) בנתחי ורד הצלע של פרות ועגלות (N=9) מגזע מקומי מעורב. מדד pH נדגם בטבחות כ 45 דק לאחר השחיטה, 24 ו 48 שעות לאחר מכן בנתחים.

שלושה מאפייני צבע_לבהירות, גוון אדום וגוון צהבהב ,L* , a* ו b* בהתאמה) נדגמו 24 ו 48 שעות לאחר השחיטה (p<0.05).



איור 2. רכות בשר על פי מדד shear force (SF) ואורך סרקומרים (sarcomere length, SL) בנתחי ורד הצלע של פרות ועגלות (N=9) מגזע מקומי מעורב לפני ובתום 14 ימי יישון.

תחילת שנה ב' (ינואר – מאי 2022) – הושלמה האנליזה של קביעת רמת הנוזלים בנתח (קיבולת נוזלים בנתח - Water holding capacity; WHC) כפרמטר כלכלי חשוב הנשפיע על נראות הבשר, צבעו ומשך חיי המדף שלו. האנליזה בוצעה בשיטת (Grau-Hamm method (1952), עם שינויים (Kovalenok et al., 1987, Volovinskaia and Kelman, 1962). בקצרה, 300 מ"ג של בשר טחון שהופשר, הונחו על נייר למינציה וכוסו בנייר Whatman. לאחר מכן, הבשר הונח בין שתי צלחות פרספקס ונלחץ באמצעות משקולת של 1 ק"ג במשך 10 דקות. תכולת הנוזל הניגר (exudate) חושבה על פי המשוואה:

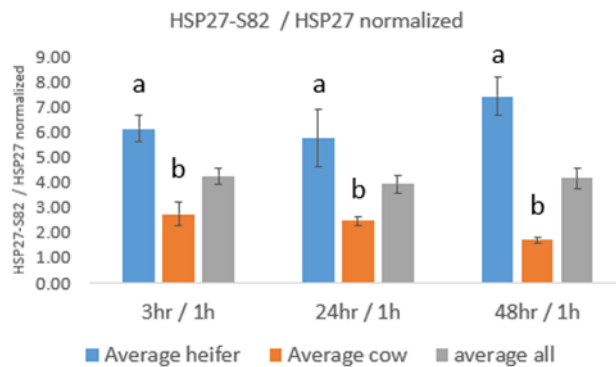
$$\%WHC = \left[\frac{((X * moisture\%) - (X - Y))}{X} \right] * 100$$

כושר אחיזת הנוזלים היה גבוה יותר אצל הפרות הצעירות (עגלות) % 51.9±1.9 בהשוואה לפרות הבוגרות % 46.7±1.5 אך לא נבדל ממנו (P=0.07).

נבחן פרופיל הביטוי של החלבון HSP27 במצבו הכללי והמזורחן HSP27-S82 (כפונקציה

של הזמן ממועד השחיטה, מביופסיות שריר זעירות נאספו 1, 3, 24 ו- 48 ש' לאחר השחיטה. Heat shock protein 27 (HSP27). ידוע כי רמתו של החלבון HSP27 עולה בתאים בתגובה לעקת חום (heat stress), והוא משמש בין היתר כמלווה (chaperone) של חלבונים פגומים, מסייע בקיפול נכון של חלבונים ומעכב היווצרות צברים (אגרגטים) חלבוניים. בנוסף, מיוחס לו תפקיד בעיכוב תהליכים אפופטוטיים וב-remodeling של חלבוני שלד. נכון להיום, קיימות שתי גישות, סותרות במהותן, המנסות להגדיר את אופי הקשר בין ביטוי sHSPs בשריר לאחר השחיטה ובין רכות הבשר. הגישה הראשונה גורסת כי קיים מתאם שלילי בין רמות HSP27 ובין מידת רכות הנתחים, כלומר, ככל שרמת החלבון בשריר גבוהה יותר לאחר השחיטה כך הבשר המתקבל ממנו יהיה קשה יותר. הגישה השנייה לעומת זאת, גורסת כי קיים מתאם חיובי בין ביטוי sHSPs ובין רכות הבשר. על כן, ביקשנו לבדוק את רמת הביטוי של החלבון בשריר

לאחר השחיטה ולבחון, האם קיימים מתאמים בין פרופיל הביטוי שלו ורכות הבשר. איור 3, ממחיש כי רמת הזרחון של HSP27 בעגלות גבוהה באופן מובהק מזו של הפרות ($P < 0.05$), בכל נקודות הזמן שנבדקו.



איור 3. פרופיל הביטוי של החלבון HSP27 בבשר שמקורו בשריר ה LTL של פרות (N=5) ועגלות (N=4) בלדי. החלבון במצבו המזורחן HSP27-S82 (מכיל חומצת אמינו מזורחנת, סרין, בעמדה 82) בגרף 6 מוצגת הצפיפות האופטית (דנסיטומטריה) של החלבון המזורחן (HSP27-S82) מנורמלת לצפיפות האופטית של כלל החלבון HSP27. ערכים אלה, 3, 24 ו 48 שעות לאחר השחיטה, נורמלו לצפיפות האופטית (רמת ביטוי החלבון) כשעה לאחר השחיטה.

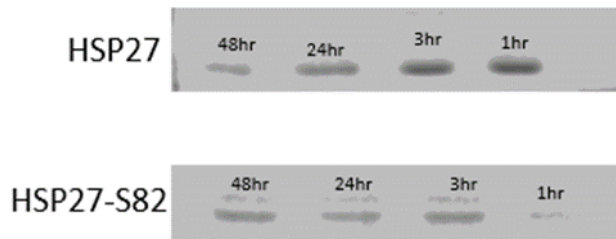
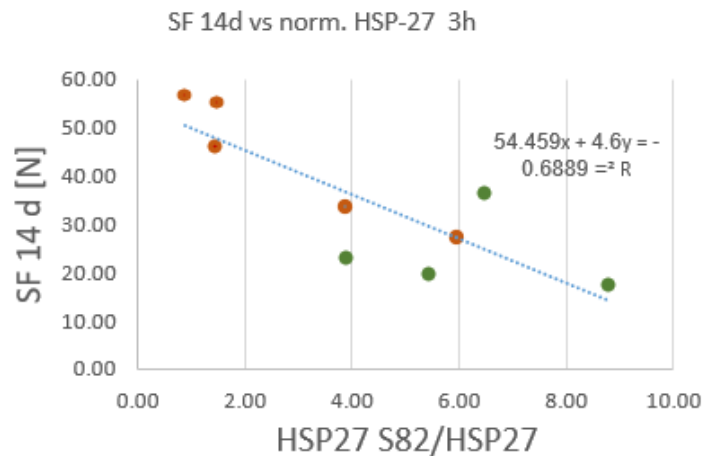


Image 18- exposure 3min

תמונה 1. תיאור מייצג של אנליזת WB של Hsp27 במופעו הכללי ובצורתו המזורחנת.

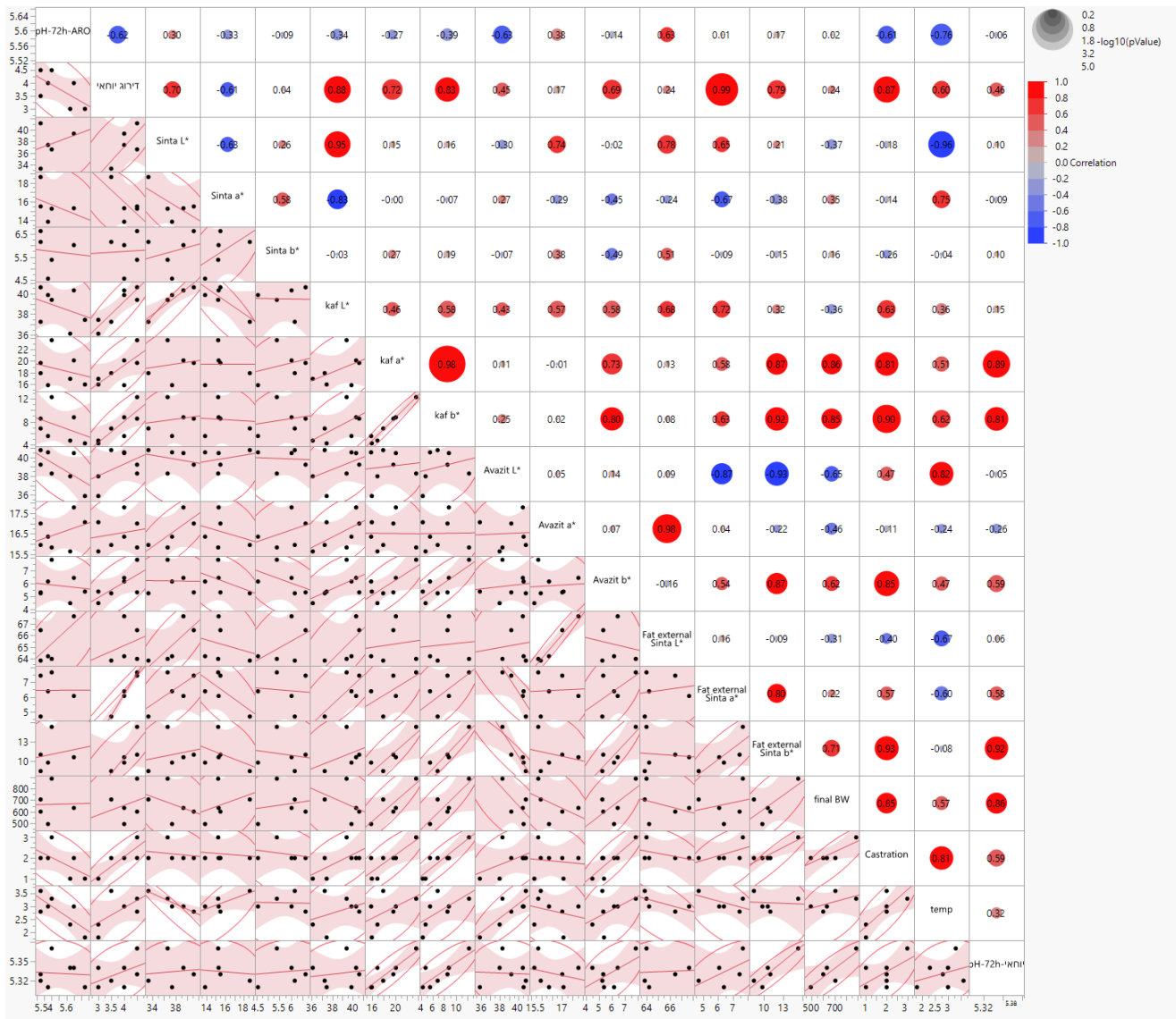
המתאם בין יחס החלבון המזורחן לחלבון הכללי (HSP27s82/HSP27) כ 3 ש' לאחר השחיטה, ובין רכות הבשר במדד SF בתום 14 ימי יישון הראה כי ככל שיחס החלבון המזורחן לכללי גדול יותר, ערכי SF נמוכים יותר ורכות הבשר גדולה יותר בהתאמה (**איור 4**; $R^2 = 0.6889$). ממצא זה, תורם בתורו להגדרת אופי הקשר בין רמת הזרחון של החלבון HSP27 בשריר בסמיכות לשחיטה (3 ש') ובין רכות הבשר לאחר היישון.

איור 4. מתאם בין רכות הבשר בתום 14 ימי יישון (SF 14d) לבין רמת ביטוי של החלבון HSP27^{s82}/HSP27 3 ש' לאחר השחיטה. נקודות ירוקות = עגלות, ואילו נקודות כתומות = פרות.



אפיון אינסטרומנטלי של נתחי בקר משק שניידר.

נתחי סינטה, כף ואווזית נאספו מ 6 עגלים ועגלה אחת (סה"כ 7 בע"ה; 21 נתחים) ממשק שניידר לטובת המחקר הנוכחי. כ 72 שעות לאחר הגעת הטבחות מבית המטבחים למפעל הפירוק בקצרין הם דורגו לאיכות באופן סובייקטיבי ע"י יוחאי שניידר, באמצעות הערכה וויזואלית של עובי השומן בנקודת המפגש בין הסינטה והפילה (ראש פילה). לאחר הדירוג הסובייקטיבי נבחרו נתחי סינטה, כף ואווזית מכל טבחה (רבע אחורי ימני) pH, טמפרטורה וצבע שריר ושומן נוטרו הכ"א מהנתחים, לבחינת המתאמים עם מדד הדירוג הסובייקטיבי. באיור 5 מוצגים כלל המתאמים שנקבעו (multivariate analysis, JMP).



איור 5. מתאמים בין כלל הפרמטרים שנבחנו על נתחי סינטה, כף ואווזית של עגלי סימנטל ממשק שניידר באמצעות אנליזת multivariate. הדירוג הסובייקטיבי לאיכות על בסיס הערכה וויזואלית של עובי השומן בנקודת המפגש בין הסינטה והפילה (ראש פילה) מוגדר באיור כדירוג יוחאי. מתאמים חיוביים מודגשים בצבע אדום ושיליים בכחול.

בטבלה 3 מופיעים המתאמים שהתקבלו בין מדד הדירוג הסובייקטיבי וכלל התכונות שנבדקו. ניתן לראות כי המתאם הגבוה ביותר ($R^2=0.99$) התקבל עם מדד a* של מעטפת השומן בנתח הסינטה ($P=0.0008$). לצבע שלושה פרמטרים, מדד L* המעיד על מידת בהירות הנתח, רמת חומציות וכושר אחזקת נוזלים, מדד a* המעיד על גוון הצבע האדום (red cherry), ועל מתאם עם תכולת ברזל בשריר (כושר נשיאת חמצן). ומדד b* - גוון צהבהב, קורלטיבי למדד L*. מתאם חיובי נמצא גם בין מדד a* של נתחי הכף ($R^2=0.72$) והסינטה ($R^2=0.61$) ובין מדד הדירוג הסובייקטיבי של יוחאי. מתאמים אלה על אף גודלם לא נמצאו מובהקים, זאת כנראה בשל גודל המדגם הקטן. מתאם חשוב נוסף התקבל עם מדד חומציות הנתח pH אשר

נוטר כ 72 שעות לאחר השחיטה, מתאם הפוך זה מעיד על כך שככל שה pH של הטבחה נמוך יותר כ 72 שעות לאחר השחיטה, כך הדרוג הסובייקטיבי גבוה יותר.

טבלה 3. מתאמים בין מדד הדירוג הסובייקטיבי ותכונות צבע שריר של נתחי סינטה, אוזית וכף, pH וטמפ' טבחה, משקל גוף וסירוס

P< value	דירוג סובייקטיבי	תכונה
0.1415	-0.62	pH-72h
0.1913	0.70	L*
0.2744	0.61	a*
0.9525	0.04	b*
0.0091	0.88	L*
0.0671	0.72	a*
0.0213	0.83	b*
0.3148	0.45	L*
0.713	0.17	a*
0.0895	0.69	b*
0.6994	0.24	L*
0.0008	0.99	a*
0.1126	0.79	b*
0.6981	0.24	משקל גוף, ק"ג
0.1538	0.60	טמפ טבחה, צלזיוס

*משקל גוף טרם היציאה לשחיטה. סירוס – 1 לא מסורס, 2 מסורס. pH מדד חומציות הנתח

טבלה 4. אנליזה בשלבים (stepwise). מבין כלל הגורמים שנבדקו, המשפיעים ביותר על מדד הדירוג הסובייקטיבי.

Prob>F	F Ratio	תכונה
0.69937	0.181	שומן חיצוני סינטה מדד L*
0.00082	190.97	שומן חיצוני סינטה מדד a*
0.11264	4.946	שומן חיצוני סינטה מדד b*
0.69815	0.182	משקל גוף, ק"ג
0.35339	1.2	סירוס
0.27373	1.786	טמפ' (צ') טבחה 72 ש
0.97944	0.001	טמפ' 72 ש pH

*טמפ' ו pH נמדדו כ 72 שעות לאחר השחיטה

טבלה 4 מציגה תוצאות מבחן stepwise, ניתן לראות גם כאן כי לפרמטר שומן חיצוני סינטה מדד a* ההשפעה הגדולה והמובהקת ביותר על מדד הדירוג הסובייקטיבי.

לסיכום, נראה כי המתאם החיובי הגבוה המתקבל בין מדד a* של צבע שומן בסינטה, המעיד על עוצמת הגוון האדמומי של השומן, ובין מדד הדירוג הסובייקטיבי המתבסס על הערכה וויזואלית של עובי השומן בנקודת המפגש בין הסינטה והפילה (ראש פילה), מעיד על כך כי זה האחרון המתבסס על ניסיונו האישי

עתיר השנים של המגדל (יוחאי שניידר) יכול להמשיך ולשמש כפרמטר איכות סובייקטיבי בהעדר מדדים אובייקטיביים בשטח. יחד עם זאת נסייג ונציין כי עלינו להגדיל את גודל המדגם הנבחן על מנת לבסס ממצא זה, ואף להשען על פרמטרים אובייקטיביים נוספים כפי שהופיעו בתכנית המחקר המקורית טרם מלחמת חרבות ברזל.