

1.1 תוכן עניינים

1	1.2 שם ההצעה
1	1.3 שותפים למחקר
2	1.4 תקציר
2-5	1.5 מבוא ותיאור הבעיה
5	1.6 מטרת המחקר
5	1.7 חשיבותו וייחודו של המחקר
6	1.8 תיאור מקיף של הפעלת המחקר
6	1.9 תוצאות
12	1.10 דיון
13	1.11 ביבולוגרפיה

1.2 שם ההצעה

אפיון חלב פרות במיכל החלב והקשרו באיכות החלב ומוצריו.

Characterization of bulk milk and the relation to effects on milk quality.

הצעה מספר 983-0027-14

1.3 שותפים למחקר

יניב לבון¹, גבריאל לייטנר² אושר בן נון³ זיו מצרפי³

¹התאחדות מגדלי בקר, קיסריה. ²המעבדה למחלות עטין, החטיבה לבקטריולוגיה, המכון הווטרינרי

ע"ש קמרון

דוא"ל חוקר ראשי: Hmb-yaniv@icba.org.il

שטח הפעולה של כל משתתף:

לבון יניב- מדריך וחוקר בתחום של פיזיולוגיה של הרבייה, תכנון מבנה הניסוי, איסוף בדיקות החלב, מעקב

אחר עבודת המעבדה ובדיקות החלב, ניתוח התוצאות ופרסום הממצאים.

גבריאל לייטנר – מנהל המעבדה למחלות עטין במכון הווטרינרי, חוקר התחום של מחלות עטין ואיכות החלב.

יתעסק במחקר ב תכנון מבנה הניסוי, איסוף בדיקות החלב, מעקב אחר עבודת המעבדה ובדיקות החלב, ניתוח

התוצאות ופרסום הממצאים.

1.4. תקציר

איכות החלב מושפעת ממספר גורמים, הן בזמן יצור החלב והן בזמן אחסונו. איכות החלב נקבעת בזמן סנתוזו בעטין. עליה בסת"ס בפרה קשורה ישירות לנגיעות בדלקת תוך עטינית, אך אינה הגורם העיקרי לאיכות חלב נמוכה (הגורם העיקרי – החיידק והפרשת האינזימים ממנו). התעשייה מתייחסת לאיכות חלב המיכל, שהינו חלב ממוצע של כלל הפרות הנחלבות. קיים קשר בין סת"ס במיכל ואיכות החלב, אך קשר זה מתעמעם ברמות סת"ס מתחת ל-300,000 תאים למ"ל. חשוב לציין כי המחלבות אינן מפרידות חלב עם סת"ס נמוך (חלב מעולה) או חלב עם סת"ס מעל 350,000 תאים למ"ל לייצור מוצרים שונים וכל החלב מעורבב במחלבה ל"חלב אחיד". במחקר הנוכחי נבדק הקשר בין רמות הסת"ס ב 320 מכלי חלב בפיזור ארצי ותכונות התגבנותו במכשיר אופטיגרף. דוגמאות חלב נאספו בשתי תקופות אוקטובר-דצמבר ופברואר-אפריל, במעבדה המרכזית בקיסריה לאחר קביעת הרכב החלב והסת"ס. טווח הסת"ס במכלים עמד על 550-95 אלף. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בתכונות ההתגבנות (זמן לתחילת ההתגבנות וחוזק הגבן) בין שתי התקופות, וכן ברמת הסת"ס. ההבדל המשמעותי היחיד נמצא בין חוזק הגבן ורמת הלקטוז, ככול שרמת הלקטוז הייתה נמוכה יותר חוזק הגבן היה נמוך יותר. תוצאות אלו מצביעות על חיזוי נמוך של כמות ואיכות הגבן בהקשר לרמת הסת"ס במיכל עד לסף של 400 אלף תאים למ"ל (מקסימום קבלת חלב). המשמעות של ממצא זה שבמגבלות הניסוי, ערך התגבנות לפי מכשיר האופטיגרף, בטווח סת"ס עד 400 אלף אין הצדקה לתשלום מדורג. תוצאה זו מוסברת במספר הגורמים הפנימיים, מספר הפרות הנחלבות למחל עם איכות חלב נמוכה (מספר פרות קטן עם מיליוני תאים), והחיזונים כגון תנאי האחסון החלב וזמן אחסונו. תוצאת הקשר בין התגבנות ולקטוז בשונה מהסת"ס כן מצביעה על איכות החלב הנחלב כאשר כמות לקטוז נמוכה מצביעה על מספר רב של פרות עם איכות חלב נמוכה. לסיכום שנת המחקר 1. יש להתייחס לתוצאת בקביעת דרגות התשלום 2. יש לבחון מדדים נוספים כגון לקטוז, בדרוג חלב במחלבה. יש חשיבות בהמשך מחקר בעשיית גבינה בתנאים ניסויים ו/או תעשייתיים לעימות התוצאות.

1.5. מבוא ותיאור הבעיה

הקשר בין מספר התאים הסומאטיים בחלב ואיכותו לתעשייה

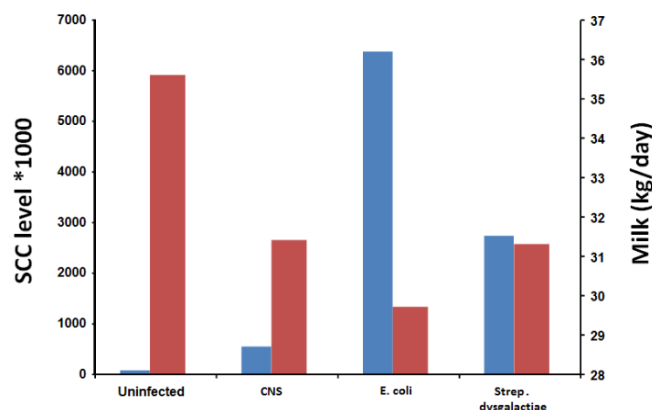
הגדרת תאים סומאטיים בחלב מתייחסת לכלל התאים הנמצאים בחלב בכל זמן נתון. קבוצה זו מכילה תאי אפיתל הנושרים מרקמת העטין ותאי מערכת החיסון, תאי דם לבנים המגיעים מזרם הדם לרקמת העטין ולחלב. תאי הדם הלבנים כוללים את חמשת סוגי התאים הלבנים ובעיקר מקרופאגיים, לימפוציטים ונאוטרופילים. נוכחות תאים אלו בחלב הנה מצב פיזיולוגי והם מהווים מרכיב טבעי בתרחיף החלב. מספר התאים והיחסים ביניהם תלוי בגנטיקה של בעל החיים, זמן בתחלובה, עומס ביולוגי ופיסיקלי (סטריס), כגון עקת חום, מצב בריאותי, טמפרטורות גבוהות, וכו', אך עיקר ההשפעה נובע מנוכחות מזהמים פתוגניים (בעיקר חיידקים) בתוך בלוטת העטין. עבודות רבות פורסמו בנושא הנדון, ומוסכם כי ברוב הפרות במשך רוב התחלובה (פרט לימים הראשונים לאחר ההמלטה והתקופה לפני כניסה ליובש בפרות עם תנובה נמוכה) מספרם הכללי של התאים הסומאטיים עומד על כ-100,000 תאים למ"ל חלב ומכיל כ-50% תאי אפיתל. לתאי מערכת החיסון בעטין ללא נגיעות מיקרוביאלית חשיבות מרבית בהגנה הראשונית על הרקמה בפני חיידקים, גיוס תאים מזרם הדם במידת הצורך וכן בניקוי רקמת העטין מתאים מתים (שמירת חיוניות הרקמה). במצבים בהם החיידק מצליח לחדור לעטין, מגויסים תאי מערכת החיסון מזרם הדם לעטין ולחלב וכתוצאה מכך עולה מספר התאים הכללי בחלב ויחסם בו משתנה. במצבים של דלקת עטין אקוטית קלינית, מספר

התאים מגיע למיליונים. במידה והחיידק מסולק, חלה ירידה במעבר התאים מהדם לחלב ומספרם חוזר למצב הנורמאלי, התלוי בעוצמת ההרס שגרמה הדלקת. במידה והחיידק לא גרם להופעה של דלקת קלינית, או אינו מסולק מהבלוטה, מתפתחת דלקת תת-קלינית/כרונית. במצב זה נוצר שיווי משקל בין המשך נוכחות החיידק בעטין וגיוס תאים לבנים לצורך סילוקו. מספר התאים והיחסים בניהם תלוי באינטראקציה שבין הפרה לחיידק. במצב זה השונות גדולה, ומספר התאים נע בין 200,000 ל-1,500,000 תאים למ"ל חלב ואף יותר. חשוב לציין כי קיימת הפרדה אנטומית או פיסיולוגית בין ארבעת בלוטות החלב (רבעים) בעטין, כך שברוב המקרים של דלקת כרונית, מספר התאים בבלוטות חלב ללא נגיעות בחיידק נשאר נמוך ורק בבלוטה הנגועה מספרם עולה. כפועל יוצא מכך, מספר התאים הסומאטיים (סת"ס) ברמת הפרה, הכולל את כל הרבעים, נמוך מזה הנמצא ברבע הנגוע או להפך מספרם ברמת הפרה גבוה למרות ששלושת הרבעים האחרים "נקיים" לחלוטין מנגיעות תוך עטינית.

השפעות דלקות עטין על ייצור החלב

דלקת עטין, הן במופע קליני והן במופע התת קליני/כרוני, משפיעה בראש וראשונה מבחינה כלכלית על המגדל. ברפת החלב בארץ, בדומה לרפתות אחרות בעולם, מספר דלקות העטין הקליניות עומד על כ-10%-5% ואחוז הפרות עם דלקת כרונית עומד על 40-15%. ההשפעה המידית של דלקות קליניות הינה ירידה בייצור החלב ושפיכת חלב מבלוטה או עטין נגועים, עלות הטיפול ולעיתים, מות הפרה או הוצאתה מהעדר. בנוסף, זמן החלמת הפרה ארוך ולעיתים כמות ואיכות החלב נשארת ירודה לאורך זמן של שבועות וחודשים. דלקת כרונית כהגדרתה, הנו מצב בו הגורם המזהם נשאר בעטין לאורך זמן וכך גם התגובה הדלקתית. מחקרים רבים נערכו כדי לאמוד את ערך הנזק הכלכלי הנגרם בגין דלקת כזו. הבעיה המרכזית בהערכת הנזק מדלקת כרונית קשור לשונות הרבה הקיימת בהשפעת החיידק על ייצור החלב ועוצמת התגובה הדלקתית. בהכללה, פרות עם דלקת עטין כרונית מניבות כ-3%-9% פחות חלב ואיכותו ירודה במידת מה מחלב פרות ללא נגיעות תוך עטינית (איור 1).

איור 1: השפעת נגיעות תוך עטינית ברמת הפרה הרבע על סת"ס (כחול – עמודות שמאל) וכמות החלב המיוצרת (אדום – עמודות ימין). (נלקח מעבודות המעבדה למחלות עטין, המכון הווטרינרי).



חשוב לציין שאיור זה מתייחס לרמת הפרה הבודדת או לרבע הנגוע והשפעת הדלקת על ייצור חלב הפרה. נתונים אלו אינם מתייחסים לכלל החלב המיוצר בעדר. כמו כן, יש לזכור כי בזמן דלקת קלינית ופרק זמן לאחריה, הנזק הכלכלי הנו על המגדל בלבד וחלב פרות אלו אסור בהכנסה למיכל החלב הכללי וחייב להיות

מופרד (תקנון חלב 2011). במצב של דלקת עטין כרונית, הפסד החלב הנו על המגדל, בעוד שהירידה באיכותו עלולה להוריד את מחיר החלב למגדל ולהקטין את כמות ואיכות המוצר המיוצר מחלב זה במחלבה.

השפעות דלקת העטין על איכות החלב

איכות חלב לתעשייה תלויה במקור החלב, ברמת רכיביו, בעיקר חלבון ושומן, ומשך אחסון החלב עד לעיבודו למוצר במחלבה. ברמת הפרה או ברמת רבע העטין, נמצא קשר שלילי בין נגיעות בחיידק לבין כמות החלב ואיכותו, ועוצמת פגיעה זו תלויה ישירות במין החיידק, כאשר חיידקים מסוימים גורמים לפגיעה קשה ואחרים לפגיעה מתונה. הרכב החלב משתנה כתוצאה מההתגובה הדלקתית: חלה ירידה ברמות החלבון ומתוכו הקזאין, נגרמים שינויים בהרכב השומן, וקיימת ירידה ברמת הלוקטוז ועלייה בריכוז יונים מתכתיים (נתרן ואשלגן) בחלב. כמו כן, חלה עלייה בסתי"ס. נתונים אלו כמכלול, קשורים ישירות לירידה בתפוקת גבינות קשות, ירידה באיכות תוצרת מוחמצת, ולירידה באורך חיי המדף של חלב שתייה לאחר הפסטור. חשוב לציין כי הפגיעה העיקרית באיכות החלב נובעת משינויים החלים בסנתוז החלב בתאי האפיתל, ולא מנוכחות התאים הלבנים בחלב, שהם חלק מהדלקת ולא הגורם העיקרי לירידה באיכות החלב. טבלה 1 מציגה נתונים של זמן עד תחילת התגבנות לאחר הוספת אנזים וכן חוזק גבן שהתקבלו במכשיר אופטיגרף בחתך של מיני חיידקים שונים. חשוב לציין שהנתונים מתייחסים לרמת הרבע הנגוע.

טבלה 1: השפעת נגיעות תוך עטינית ברמת הרבע על זמן להתגבנות וחוזק הגבן שהתקבל במכשיר אופטיגרף בחתך של מיני חיידקים שונים. (נלקח מעבודות המעבדה למחלות עטין, המכון הווטרנרי).

חיידק	זמן ההתגבנות (שניות)	חוזק הגבן (V)
ללא נגיעות	650±63	6.58±0.2
<i>Strep.</i>	2490±340 	1.02±0.3 
CNS	1255±468 	3.80±0.8 
<i>S. aureus</i>	1078±193 	3.28±0.7 
<i>E. coli</i>	3522±240 	0.04±0.2 

בעבר נמצא קשר חיובי בין נגיעות תוך עטינית וסתי"ס. עובדה זו והיכולת האבחונית הקלה, האמינה והזולה לקביעת מספר התאים בחלב הובילה למחקרים רבים, אשר בחנו את הקשר בין מספר התאים במיכל החלב, ממוצע כלל התאים בחלב כל הפרות שנחלבו למיכל ואיכות המוצר. מחקרים אלו הראו כי מיכלי חלב,

שהכילו מעל מיליון תאים למ"ל חלב לעומת כאלו שהכילו מאות אלפים, הניבו פחות גבינה ואיכות המוצרים הייתה נמוכה יותר.

לאור תוצאות אלו הוכנס מדד של מספר התאים (סת"ס) לתמחור וקבלת חלב במחלבות. בארצות רבות, לרבות ישראל, מדד זה הינו המדד העיקרי שגרם להעלאת איכות החלב (ביחד עם ספירת חיידקים כללית). יחד עם זאת, ערכי הסף לקבלת חלב במחלבה וספי התשלום עבורו שונים בין המדינות. בעבודה שבוצעה בארץ, לא נמצא קשר בין סת"ס בחלב וכמות גבינה (בניסוי במעבדה) שיוצרה ממכלים שהכילו 200,000 – 300,000 תאים למ"ל (לייטנר וחובריו 2008). תוצאות אלו מחדדות את המורכבות של היחס בין איכות החלב למוצר. ספירת תאים (סת"ס) ממוצעת במיכל החלב של מעל מיליון ואולי מעל 500,000 תאים למ"ל (בארה"ב סף הקבלה הינו 700,000 תאים/מ"ל) מצביעה על חליבה של פרות רבות בעדר עם דלקת עטין כרונית ואף קלינית למיכל החלב ובגינה, איכות החלב נמוכה. סת"ס במיכל החלב הנמוך מ-300,000 תאים למ"ל, מצביע על הכנסת חלב מפרות עם דלקות כרוניות, אך השפעת חלב זה במיכל הכללי קטנה יותר ורמות רכיבי החלב והשפעות משך אחסון החלב משתווים. משמע, ברמות סת"ס אלו כלל המדדים של החלב, לרבות השפעת האחסון, מפחיתות את הקשר הישר בין איכות החלב למספר התאים.

איכות החלב מושפעת ממספר גורמים, הן בזמן יצור החלב והן בזמן אחסונו. איכות החלב נקבעת בזמן סנתוזו בעטין. עליה בסת"ס בפרה קשורה ישירות לנגיעות בדלקת תוך עטינית, אך אינה הגורם העיקרי לאיכות חלב נמוכה (הגורם העיקרי – החיידק והפרשת האינזימים ממנו). התעשייה מתייחסת לאיכות חלב המיכל, שהינו חלב ממוצע של כלל הפרות הנחלבות. חשוב לציין כי המחלבות אינן מפרידות חלב עם סת"ס נמוך (חלב מעולה) או חלב עם סת"ס מעל 350,000 תאים למ"ל לייצור מוצרים שונים וכל החלב מעורבב במחלבה ל"חלב אחיד". יחד עם זאת, נכון להתייחס ביתר חומרה לפרות עם סת"ס גבוה ולהקפיד לא להכניס חלב כזה למיכל הכללי גם במקרים בהם הסת"ס במיכל נמצא ברמת מעולה. מלבד הפגיעה באיכות וכמות החלב, עליית סת"ס למעל 150,000 למשך זמן (דלקות כרוניות) נמצאה כפוגעת באופן מובהק ביכולת לייצר חלב, בשיעורי ההתעברות ובמדדי רבייה נוספים.

1.6. מטרות המחקר

א. בחינה בתנאי הארץ את הקשר הכולל של הרכב החלב לרבות סת"ס במיכל ומקורו (פרות בודדות, או רבות) ותנאי אחסון החלב על איכות החלב המגיע לתעשייה.

ב. בחינת ההשפעה של איכות החלב כפי שבאה לידי ביטוי ברמות סת"ס על ייצור מוצרי חלב. לאפיון חלב פרות במיכל החלב והקשרו באיכות החלב ומוצרו.

1.7. חשיבותו וייחודו של המחקר

מעל לעשור שנים קיימת מערכת להיטיב את איכות חלב הפרות ובהמשך את המוצרים המיוצרים ממנו. מערכת זו שמה למטרה להקטין את כמות החלב המגיעה מפרות שאינן תואמות את חוק החלב וכן לעלות את תנאי אחסון החלב במשק. מערכת זו הסתמכה על העובדה הפיסיולוגית בעטין בו מספר התאים הלבנים ובגנים סת"ס עולה בעיקר כאשר בלוטת עטין נגוע בחיידק וכן כי מדידת הסת"ס קלה וזולה. מערכת זו הצליחה בארץ וכן בארצות רבות אחרות להוריד את סת"ס במיכל לממוצע של 200-000 ~ תאים/מ"ל ולתנודתיות של 100,000 עד 400,000 בארץ. בנוסף תנאי אחסון החלב השתפרו לספרות חיידקים של עשרות אלפים. הישגים אלו נמצאים בישורת בחמש השנים האחרונות. חשוב לציין כי ירידה ושמירה על סת"ס

ברמות אלו יקר למשק בגין הוצאות פרות או חלב רבעים ממיכל החלב. במימון מועצת החלב נערך מחקר לבחון האם קיים מתאם בין הסת"ס ואיכות החלב והממצאים הראו כי לא נמצא מתאם ברמות של 200,000-300,000 תאים/מ"ל (Leitner וחברו 2007). תוצאות אלו קשורות לשונות הגדולה במקור החלב למיכל (כלל הפרות הנחלבות) הן ביחס לנגיעות תוך עטינית והן לשונות בהרכב החלב. מחקר זה שם לבחון בתנאים בארץ את הקשר הכולל של הרכב החלב לרבות סת"ס במיכל ומקורו (פרות בודדות, רבות) ותנאי אחסון החלב על איכות חלב המגיע לתעשייה ועל המוצרים המיוצרים ממנו.

1.8. תיאור מקיף של הפעלת המחקר – שיטות חומרים

המחקר תוכנן לשנה אחת. דוגמאות חלב המכלים שהתקבלו באופן שוטף במעבדה המרכזית של התאחדות למגדלי בקר לחלב (קיסריה) שימשו במחקר. נתוני הרכב החלב של כלל הדוגמאות ביום נתון נקבעו במכשיר ה Milkoscan FT6000 והסת"ס במכשיר Fossomatic 5000. אחת לשבוע, בשתי תקופות: אוקטובר-דצמבר ופברואר-אפריל, נלקחו כ 20-30 דוגמאות על פי רמת הסת"ס והועברו בקירור למעבדה לחלב, מכון וולקני לשם קביעת זמן ההתגבנות לאחר הוספת אנזים וחוזק הגבן במכשיר אופטיגרף. פרוט פרוטוקל השיטה פורסם ב לייטנר וחבריו(2004). במשך המחקר נלקחו 320 דוגמאות של מכלי חלב בפיזור ארצי. טווח הסת"ס במכלים עמד על 95-550 אלף. נתוני מקור החלב (משק), תאריך הדיגום, הרכב החלב (שומן, חלבון לקטוז, אוריאח), סת"ס, זמן להתגבנות וחוזק הגבן מובאים בנספח 1. לצורך בדיקת ההשפעה של רמות שונות של תאים סומאטיים וכן רכיבי חלב אחרים, שומן, חלבון, לקטוז ואוריאח, על זמן וחוזק הגבן חולקו הנתונים ל 4 קבוצות שונות. החלוקה התבצעה על פי התפלגות רבעונית של הנתונים. טבלה 2 מתארת את ההתפלגות לכלל הגורמים הנבדקים.

טבלה 2: חלוקת הגורמים הנבדקים לקבוצות על פי התפלגות רבעונית.

קבוצה	רמת סת"ס * 1000	אחוז שומן	אחוז חלבון	אחוז לקטוז	אוריאח
1	עד 133	עד 3.64	עד 3.28	עד 4.90	עד 9.87
2	134 - 240	3.65 - 3.78	3.29 - 3.35	4.91 - 4.99	9.88 - 11.75
3	241 - 317	3.79 - 3.91	3.36 - 3.41	5.00 - 5.05	11.76 - 13.16
4	מעל 317	מעל 3.91	מעל 3.41	מעל 5.05	מעל 13.16

ניתוחים סטטיסטיים

השפעת רכיבי החלב וכן רמות תאים סומטיים (על פי ההתפלגות המתוארת בטבלה 2) על זמן ההתגבנות וחוזק הגבן נבחנו במבחן GLM של תוכנת SAS. הבדלים בין רמות שונות בתוך אותו גורם נבדקו במבחן Duncan. רמה של $P < 0.05$ נחשבה כהבדל מובהק. תוצאות מוצגות כמוצג \pm שגיאת תקן. בנוסף נבחנה השפעת רמות שונות של תאים סומטיים (בין 100 ל 400) באחוזי חלבון משתנים כאשר רמות השומן קבועות על זמן וחוזק הגבן. כמו כן, נעשו מבחני קורלציות בין המדדים השונים בפרוצדורת Proc Corr של SAS.

(SAS Institute Inc. Version 9.2, 2009, Cary, NC, USA).

1.9. תוצאות

1.9.1 השפעת תקופת הדיגום על רכיבי החלב, זמן ההתגבנות וחוזק הגבן

ממוצעי רכיבי החלב, סת"ס, זמן ההתגבנות וחוזק הגבן ההתגבנות לפי שתי התקופות הבדיקה מסוכמים בטבלה 3.

לא התקבלו הבדלים משמעותיים בין שתי התקופות לגבי כל אחד מהמדדים שנבחנו לכן שאר הניתוחים כוללים את כל הנתונים ללא גורם העונה.

טבלה 3 : ממוצעים כללים של הגורמים הנבדקים

מספר דגימות	תקופה*	% שומן	% חלבון	% לקטוז	SCC (x1000)	% אוריאה	זמן התגבנות (שניות)	חוזק גבן (V)
320	1+2	3.77	3.35	4.98	235	11.54	1287	8.69
194	1	3.83	3.39	4.94	244	10.80	1274	8.68
126	2	3.68	3.30	5.05	221	12.67	1307	8.71

* 1 - אוקטובר - נובמבר ; 2 - פברואר - מרץ

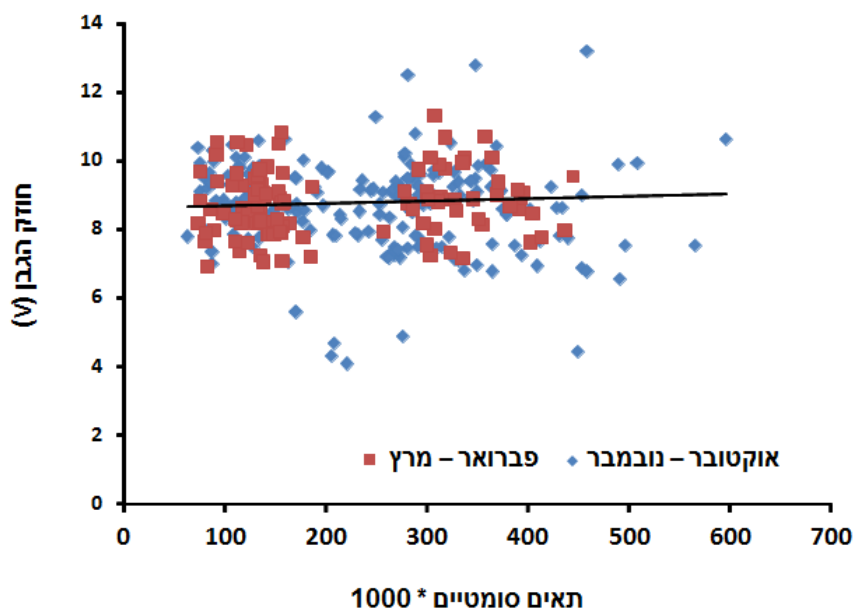
1.9.2. מתאם פרטני בין רכיבי החלב, והתאים סומאטיים לבין זמן ההתגבנות וחוזק הגבן

מתאם בין רכיבי החלב, סת"ס, לבין זמן ההתגבנות וחוזק ההתגבנות ברמת המיכל מסוכמים בטבלה 4. נמצא מתאם חיובי נמוך בין סת"ס וזמן ההתגבנות אך לא עם חוזק הגבן. התפלגות חוזק הגבן כפונקציה של סת"ס של כלל 320 מיכל חלב מסוכם באיור 2. תוצאה זו מצביעה על קשר בין סת"ס במיכל החלב ובין איכותו לתעשייה. תוצאות אלו תואמות את השערת המחקר שסת"ס גבוהה, משמעותה הכנסת חלב באיכות נמוכה למיכל החלב וכתוצאה מכך זמן ההגבנה מתארך. יחד עם זאת, הממצא כי בתחום סת"ס שנבדק המתאם עם זמן ההגבנה נמצא נמוך וכן לא נמצא מתאם מובהק עם חוזק הגבן מצביע על ערך נמוך של מדד סת"ס לקביעת איכות החלב לתעשייה. הממצא היותר חדשני לגבי מיכל החלב קשור למתאם מובהק שלילי בין לקטוז וזמן ההתגבנות, ומובהק חיובי לחוזק הגבן (טבלה 4 ואיור 3). המתאם החיובי עם חוזק הגבן משמעותו כי כאשר רמת הלקטוז בחלב נמוכה יותר חוזק הגבן נמוך יותר. בשונה, זמן ההגבנה התקצר ומשמעותו כי יתכן ומדובר בחלב עם pH נמוך יותר המקצר את זמן ההתגבנות. בחלב פרה בודדת ללא נגיעות תוך עטינית או עקה פיסיוולוגית, אחוז הלקטוז עומד סביב 5%. בפרות עם נגיעות תוך עטינית אחוז הלקטוז יורד. שינוי זה הינו תוצאה של שינויים בסנתוז החלב בתאי האפיתל ומעבר יונים מהדם לחלב, המשנים את הלחץ האוסמוטי ועל מנת לייצבו כמות הלקטוז יורדת. העובדה כי ברמת המיכל בתחום שנבחן, בניגוד לרמת הפרה הבודדת, מדד סת"ס נמצא בגבול המובהקות נובע מהתכונה הפיסיוולוגית של התגובה בעטין הנגוע, כאשר התגובה לחיידק בעטין יכולה להיות מסיבית, במיליוני תאים, אשר אינה עומדת באותו היחס לכמות החלב ומרכיבו האחרים. המשמעות שמספר פרות קטן עם דלקת עטין ואיכות חלב ירודה יכולה להשפיע בצורה לא פרופרציונלית: עליה משמעותית בסת"ס במיכל וכמות חלב שולי. בשונה מכך השינוי בלקטוז ברמת הפרה הבודדת קטן (בין 5% ל 3.5%) ולכן כל ירדה הנמדדת ברמת המיכל מצביעה על כניסה של פרות רבות עם איכות חלב נמוכה. חשוב לצין שלמיטב ידיעתנו זה הפעם הראשונה שנמצא מתאם חיובי ברמת המיכל עם ירדה בלקטוז, ויתכן כי לממצא זה משמעות במדדי קליטת חלב במחלבות. חלבון נמצא על גבול המובהקות הן לגבי זמן הקרישה והן לגבי חוזק הגבן (טבלה 4 ואיור 4). ומשעות התוצאה שכול שרמת החלבון גבוהה יותר בחלב המיכל, איכותו לתעשיית הגבינה גבוהה. יחד עם זאת, המתאם הנמוך נובע משונות נמוכה ברמות החלבון בין מכלי החלב. לגבי שומן ואוריאה לא נמצא מתאם עם בדיקות ההגבנה זמן או חוזק.

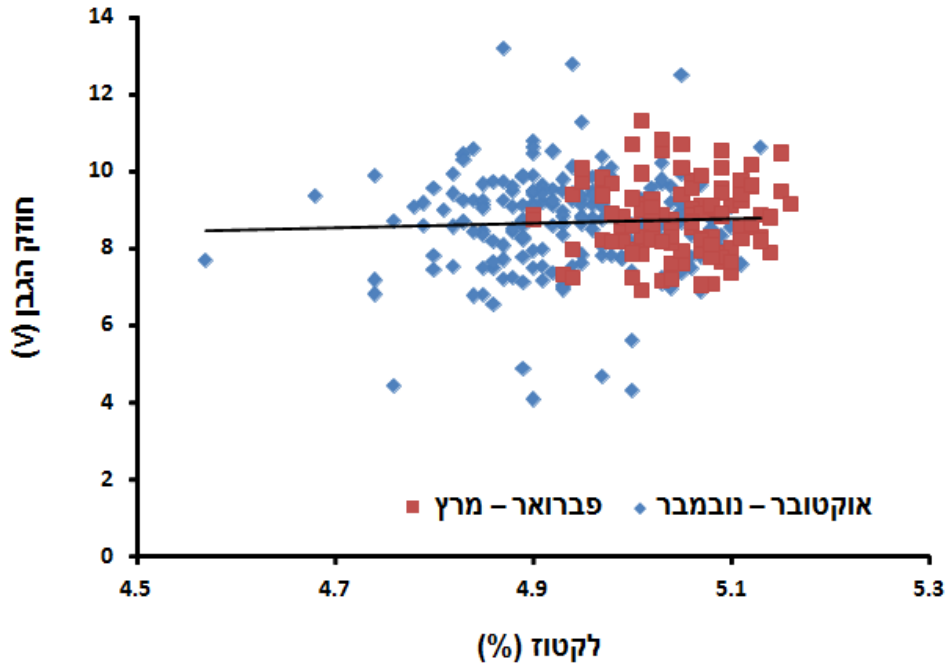
טבלה 4 : מתאם בין רכיבי החלב ורמות תאים סומאטיים לבין זמן וחוזק הגבן.

<i>P</i>	חוזק גבן (V)	<i>P</i>	זמן ההתגבנות (שניות)	גורם
0.328	-0.054	0.001	0.179	תאים סומטיים
0.001	0.23	0.001	-0.249	לקטוז
0.10	0.09	0.002	0.16	חלבון
0.32	0.05	0.19	0.07	שומן
0.393	0.047	0.45	0.041	אוריאה

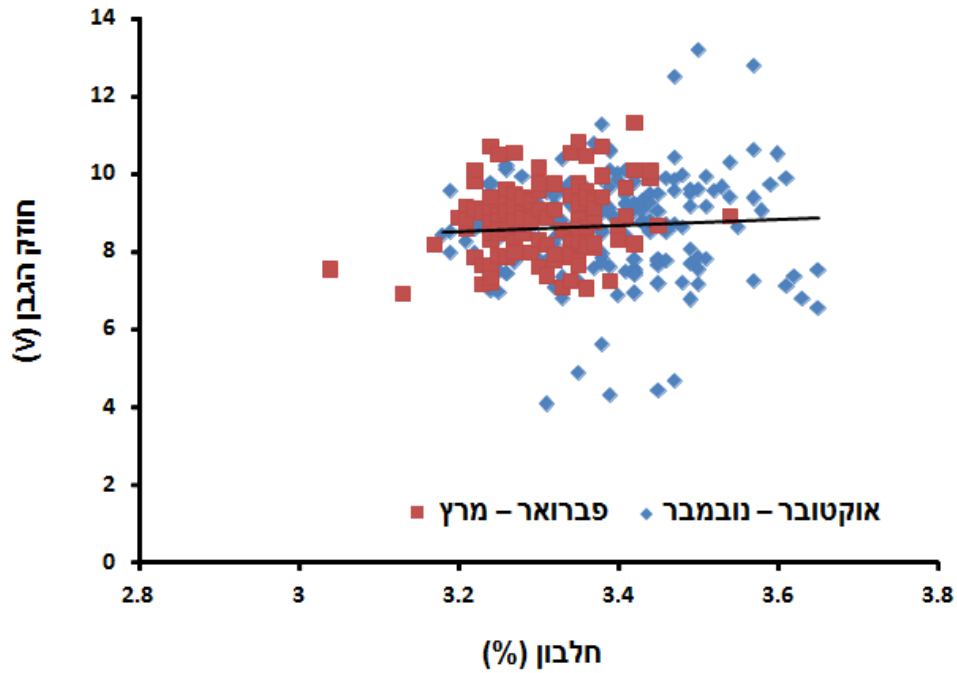
איור 2. חוזק הגבן כפונקציה של מספר התאים הסומאטיים של כלל 320 מיכל חלב.



איור 3. חוזק הגבן כפונקציה של אחוז לקטוז של כלל 320 מיכל חלב.



איור 4. חוזק הגבן כפונקציה של אחוז חלבון של כלל 320 מיכל חלב.



1.9.3. השפעת רמות רכיבי החלב ותאים סומאטיים על זמן ההתגבנות וחוזק הגבן

למרות המתאם הנמוך בין סת"ס ברמת המכיל הפרטני והתגבנות נבחנו המדדים בחלוקה לקבוצות הרבעוניות (טבלה 2). חלוקה רבעונית באה לבחון האם בטווח הרכבי החלב העומדים בחוק החלב, יש מקום לדרוג בתשלום עבור איכות חלב. חשוב לצין שתוצאות אלו מתייחסות לשיטות הגבן בו בוצע הניסוי. טבלה 5 מציגה את השפעות רכיבי החלב והתאים הסומאטיים על זמן ההתגבנות וחוזק הגבן על פי התפלגות רבעונית של כל מדד בנפרד. שני מדדים נמצאו בעלי מובהקות ($P < 0.05$) לזמן ההתגבנות: סת"ס מיכל עד 133 אלף תאים/מ"ל חלב היה קצר יותר מאשר שאר הרמות ורמת לקטוז נמוכה מ 4.9% היה ארוך יותר. חוזק הגבן נבדל רק לגבי לקטוז כאשר הרמה הנמוכה מ 4.9%, חוזק הגבן היה חלש יותר. תוצאות אלו מצביעות על מגמה לחלב באיכות גבוה ביותר כאשר סת"ס המכיל נמצא סביב 100 אלף תאים/מ"ל חלב אך לא נמצא שינויים ברמות סת"ס מערכים אלו ועד לרמות חוק החלב העומד על 400 אלף תאים/מ"ל חלב. בנוסף הממצא כי מכלי חלב שהכילו לקטוז מתחת ל 4.9% נמצאו מובהקים הן בזמן ההתגבנות והן בחוזק הגבן מציעה אפשרות לבחון מדד זה לקביעת איכות חלב ואולי לתשלום עבורו.

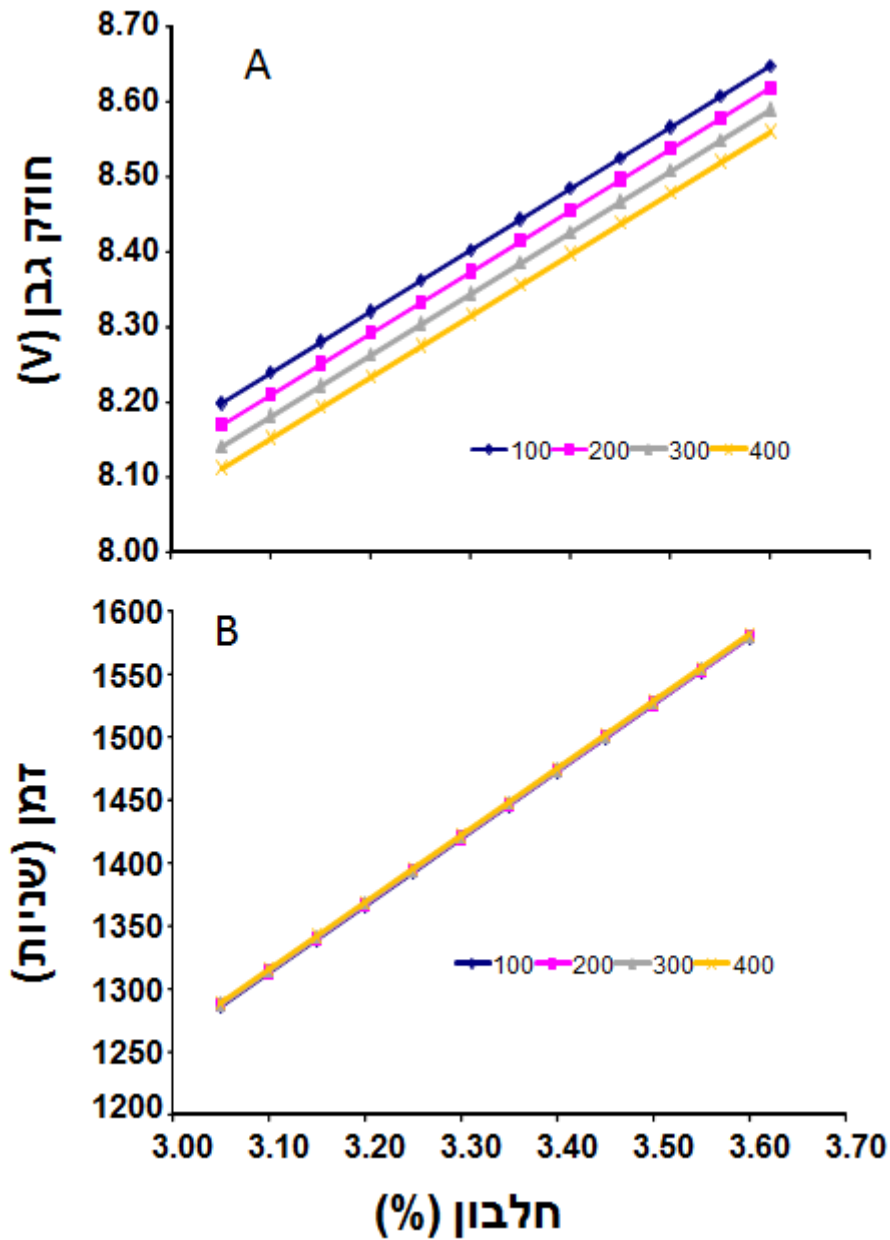
טבלה 5: השפעת רמות רכיבי החלב ותאים סומאטיים על זמן ההתגבנות וחוזק הגבן בחלוקה רבעונית של כלל 320 מכלי החלב.

גורם	רמה	זמן ההתגבנות (שניות) LSMEANS	חוזק גבן (V) LSMEANS
תאים סומאטיים	1	1207±14.62 ^b	8.87±0.09
	2	1331±27.91 ^a	8.42±0.15

8.74±0.12	1302±21.75 ^a	3	
8.65±0.15	1322±26.78 ^a	4	
8.53±0.10	1291±15.90	1	שומן
8.91±0.11	1231±16.89	2	
8.69±0.15	1309±27.51	3	
8.62±0.15	1320±30.25	4	
8.58±0.10	1245±17.44	1	חלבון
8.55±0.11	1298±19.53	2	
8.86±0.14	1264±26.03	3	
8.78±0.17	1348±29.89	4	
8.26±0.16 ^b	1372±32.55 ^a	1	לקטוז
8.86±0.13 ^a	1260±21.42 ^b	2	
8.79±0.11 ^a	1256±18.33 ^b	3	
8.83±0.10 ^a	1262±14.62 ^b	4	
8.54±0.11	1282±19.21	1	אוריאה
8.78±0.12	1278±21.69	2	
8.69±0.17	1306±32.50	3	
8.71±0.13	1294±20.13	4	

ab - אותיות שונות בתוך אותו גורם מצביעות על הבדל מובהק בין הקטגוריות $P < 0.05$.

איור 5 : חוזק הגבן (A) וזמן ההתגבנות (B) כתלות באחוז חלבון ב 4 רמות סת"ס שונות



איור 5 (A) מראה שחוזק הגבן אינו מושפע מעליה ברמות תאים סומטיים המשתנים בתחום המתקבל במחלבות (עד 400 אלף). כמו כן, גרף 1 (B) מראה את אותה המגמה לגבי זמן ההתגבנות. השיפוע הדומה המתקבל בין העקומות מעיד על כך שרמות הסתייגות בתחום הנבדק אינן משפיעות על חוזק הגבן המתקבל או על זמן ההתגבנות.

1.10. דיון וסיכום

המחקר התמקד בקשר בין הרכב חלב לרבות סת"ס במיכל החלב, כפי שמתקבל במחלבות, ובין איכותו ליצור גבינה. מכילי החלב שנבחנו היו בפריסה ארצית, כללו רפתות מושביות וקיבוציות, משטר חליבה של שתיים או שלוש חליבות ביום, מספר משתנה של חליבות למיכל וכתוצאה מכך זמן אחסון שונה. בנוסף, זמן איסוף דוגמאות החלב כלל שני מועדים ובכל מועד 5-8 שבועות. כפועל יוצא מדרך וזמן הדיגום, 320 מכילי החלב מיצגים באופן אקראי את החלב המגיע למחלבות בארץ. חוק החלב מאפשר קבלת חלב במחלבות במגבלות של אחוז שומן וחלבון וכן במקסימום סת"ס של 400 אלף תאים/מ"ל חלב. תקנון החלב, לשנת 2013 קבע בנוסף, מחיר מדורג על פי הסת"ס, שבגיניו היצרן מקבל תוספת מחיר או הפחתה במחיר. התייחסות משק החלב לסת"ס לאורך השנים העלתה את המודעות למניעת הכנסת חלב למיכל, בעיקר מדלקות עטין פעילות, ובכך להעלאת איכותו לצרכן וכן לתעשייה. התייחסות זו הובילה לירידה משמעותית במירב העדרים בעולם המערבי לרמות של מתחת ל 400 אלף. שמירה על רמות אלו מיקרת את מחיר החלב כתוצאה מהפסדי חלב במשק מפרות עם סת"ס גבוה והוצאת חלק מהן בעקבות כך. בנוסף, יש צורך בבחינה מחדש של רמות סת"ס אלו בהקשר לאיכות החלב. ברמת הפרה, נגיעות תוך עטינית מובילה לעליה בסת"ס ובהתאם לסוג החיידק גורמת הדלקת לירידה באיכות החלב. קשר זה בין סת"ס ברבע ובין איכות החלב מתעמעם ברמת המיכל. ברמות של 200-300 אלף תאים, כמות החלב במיכל ממקור דלקתי משתנה ובהקצנה פרות בודדות עם דלקת קלינית ועשרות מיליוני תאים יכולות להעלות את הסת"ס במיכל בעשרות אחוזים למרות שכמות החלב שהן תורמות למיכל קטנה ביותר. לחילופין, יתכנו מצבים בהן פרות רבות עם נגיעות תוך עטינית אך עם תגובה דלקתית מינורית (דלקות תת-קליניות) יעלו את הסת"ס וכן יתרמו כמות חלב משמעותית למיכל החלב. מחקר זה אשר שם למטרה לבחון את הקשר בין רמות תאים סומאטים לבין איכות החלב לתעשייה (ללא ידע מוקדם על אוכלוסיית הפרות שנחלבו למיכל) מצא כי ברמות סת"ס מותרות לשיווק (עד 400 אלף) אין הבדל במדדי ההגבנה ולא ניתן לקבוע איכות שונה לתעשייה על פי מדד זה. חשוב לציין שממצא זה נכון נמצא במודל ההגבנה (אופטיגרף), ולכן ברמות אלו יש צורך במציאת מדדים נוספים לקביעת איכות חלב לביטחון הצרכנים ולאיכות לתעשייה. מדד אפשרי יכול להיות רמות הלקטוז כפי שנמצא בעבודה זאת. כמות הלקטוז משתנה בפרה הבודדת ובניגוד לסת"ס השינוי נמצא פרופורציונלי לכמות החלב. על כן ירידה באחוז הלקטוז ברמת מיכל החלב מצביעה באופן ישיר על חליבה של כמות חלב גדולה, מפרות רבות, אם איכות חלב נמוכה.

סיכום, בעבודה זאת נמצא כי ברמות הסת"ס העומדות בחוק החלב בארץ, לא ניתן לקבוע את איכות החלב לתעשייה על פי מדד זה. לעומתו רמות הלקטוז יכולות אולי לשמש כמדד נוסף. חשוב לציין שיש הכרח בחינוך וקביעת מדיניות משפטית לאיסור הכנסת חלב מרבעים עם דלקת עטין קלינית. לאור תוצאות המחקר יש צורך באשור התוצאות שהתקבלו באופטיגרף במערכת "אמיתית" יותר של הכנת מוצרים שונים במודל או בתעשייה עצמה. בנוסף יש לבחון הכנסת מדדים נוספים לקביעת איכות חלב כגון הלקטוז.

Leitner, G., Merin, U., & Silanikove, N. (2004). Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in goats. *Journal of Dairy Science*, 87, 1719–1726.

Leitner, G., Silanikove, N., Jacobi, S., Weisblit, L., Bernstein, S. and Merin, U. (2008). The influence of milk storage time on the farm and in dairy silos on its quality for cheese production. *Int. Dairy J.*, 18:109-113.