

טיפוח • פוריות



טיפוח להרכב רצוי של חלב

דוד דרורי ומיכה רון

היחידה לגנטיקה, המכון לבעלי חיים, מינהל המחקר החקלאי

הערך הכלכלי של רכיבי החלב

רכיבי החלב החשובים הם שלושת אבות המזון: חלבון, שומן וסוכר. אין מחלוקת על כך, שחלבון החלב הוא רכיב יחיד במינו. הוא מספק חומצות אמינו הכרחיות (רכיבי דיאטה, שאין להם תחליף) ובלתי הכרחיות לאדם, בצורה טעימה ובמחיר נוח. החלבון הוא גם הרכיב הנותן לחלב ולמוצריו את אופנים החלבי ואין לו תחליף. כל האמור לעיל אינו נכון לגבי שני הרכיבים האחרים.

סוכר החלב המכונה גם לקטוז הוא רכיב בלתי הכרחי ומספק אנרגיה בלבד. אם כי מבחינת בריאות הצרכן לקטוז עדיף במקצת על סוכרוז (סוכר קנה וסלק), ערכם התזונתי וטעמם דומים מאוד. מכאן, שיש תחליף זול לסוכר החלב. היות וסוכרים מסיסים במים, בתהליך ייצור הגבינות למיניהן רוב סוכר החלב נשאר במי הגבינה; חלק זה של סוכר החלב משמש רק להאבסת בעלי חיים. מקובל להניח, שסוכר החלב הוא הרכיב בעל הערך הנמוך ביותר. עם זאת, סוכר החלב הוא רכיב טעים בחלב הניגר והכרחי לייצור מוצרי חלב מסויימים.

אם יש הסכמה על ערכם היחסי של חלבון וסוכר, על ערך השומן אין הסכמה דומה. בתחילת המאה, טרם גילוי הויטמינים וחומצות האמינו ההכרחיות, כשרבים עבדו עבודה גופנית וההוצאה היחסית על מזון היתה גבוהה פי כמה מאשר בימינו, היה מקובל שהערך האנרגטי הוא הגורם העיקרי בקביעת הערך הכספי של מזונות

חלב הוא מוצר ביולוגי והרכבו פחות או יותר קבוע; בכל זאת, בגבולות מסויימים, ניתן לשנותו על ידי טיפוח ועל ידי שינוי תנאי הסביבה, בעיקר ההזנה.

בישראל משוקללת התמורה ליצרן עבור החלב לפי כמות החלב ושיעור השומן שבו. שיטה זו מתעלמת משיעור החלבון, מרכיב שחשיבותו אינה נופלת מזו של השומן. נוהג זה עדיין קיים למרות שבארץ (א) צריכת שומן החלב יחסית לזו של החלבון, קטנה בהרבה מזו המקובלת בארצות המפותחות ו-(ב) מחסור בחלבון מחייב ייבוא ניכר של אבקת חלב כחוש. לאחרונה במערב אירופה ובארה"ב מכלילים את שיעור החלבון בחלב כמרכיב נוסף בחישוב התמורה ליצרן (רו, Gravert). מאידך, בארץ החלו הבדיקות של שיעור החלבון בהקף רחב רק בשנת 1985. כיום מבוצעים מבחני צאצאים לכמות החלבון בחלב ובקרב יאפשר המידע את יישומם בהשכלה.

לאור העליה בחשיבות חלבון החלב, יש לבחון מחדש את יעדי הטיפוח בייצור חלב ולקבוע את קריטריון הסלקציה, אשר יביא להשגת יעדים אלה באופן מיטבי. ברשימה זו נדון בערך הכלכלי של רכיבי החלב ובשינויים הגנטיים בהרכב החלב החזויים כתגובה לסלקציה לפי קריטריונים שונים.

ד"ר דוד דרורי וד"ר מיכה רון, היחידה לגנטיקה, המכון לבעלי חיים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן ת.ד. 6

צמחי מתחרה בהצלחה הולכת וגוברת עם שומן החלב. הממשק האקסטנסיבי ושיטת הפרס עבור שומן החלב יצרו שתי הכללות. הראשונה היא, ששומן החלב הוא הרכיב המבוקש ביותר והשנייה, שהוא הרכיב המכניס ביותר לבוקר. המסקנה שנבעה מכך היתה, שיש לשאוף להגברת אחוז השומן בחלב.

שלא כמו בחקלאות הפסטורלית, במשק האינטנסיבי ובעיקר בשלנו, ההוצאה על מזון היא גדולה ושומן החלב הוא רכיב יקר ליצרן וזול לצרכן. לכן, אין הוא הרכיב המכניס ביותר לבוקר. את כדאיות ייצור הרכיבים השונים יש לשקול בין השאר לפי (א) ערכם האנרגטי ו-(ב) יעילות ייצורם. עלות המספוא הדרוש לייצור רכיבי החלב פרופורציונלית לשיעור האנרגיה ברכיבים ונמצאת ביחס הפוך ליעילות ייצור הרכיב. שיעורי האנרגיה הכללית בשומן, חלבון וסוכר הם 9.40, 5.65 ו-4.15 מק"ל (מגקלוריות) לק"ג. לפי Baldwin, יעילות ייצור הרכיבים (הפיכת אנרגיה מטבולית לאנרגיה נטו, כלומר NE/ME) היא 72%, 82% ו-78%, בהתאמה. על כן, תצרוכת האנרגיה המטבולית לייצור ק"ג אחד של שלושת הרכיבים הוא 13.06, 6.89 ו-5.32 מק"ל, בהתאמה. המחיר הקלורי הגבוה

האדם. בחזור משרד החקלאות של ארה"ב דאו הסבירו לעקרת הבית, שהדרך הטובה לכלכל את בני ביתה היא לקנות מוצרים המספקים את הקלוריה הזולה ביותר. שיעורי האנרגיה באבות המזון היו ידועים והציבור היה ער לעובדה, שק"ג סוכר מספק רק 4.15 מק"ל, ק"ג חלבון נותן עד 5.65 מק"ל אבל ערך ק"ג שומן הוא 9.40 מק"ל, פי 2.25 מסוכר ולפחות פי 1.60 מחלבון. אולם, שיווק שומן מאכל צמחי, המהווה היום את רוב שומן המאכל, היה מוגבל. יבולי זרעי השמן היו קטנים בהרבה משהם היום, הטכנולוגיה של מיצוי השמן והקשייתו היתה בראשיתה ותחליפי השומן הצמחיים (מרגרינה וכו') נתקבלו רק בהדרגה. הביקוש לשומן מן החי כולל חמאה היה גדול יחסית להצע. חשש לבריאות משומן לא היה והחמאה נחשבה למוצר יוקרתי.

ביחס השוק לחלב היה משקל רב גם לעובדה, שלשיעור השומן בחלב יש שונות גדולה מזו שיש לרכיבים האחרים. בגלל הביקוש הרב לשומן חלב ושונות שיעורו הגדולה, התפתחה שיטת הפרס והקנס תמורת שומן בחלב. לשיטה זו היתה השפעה מרחיקת לכת הפועלת בשוק עד עצם היום הזה, למרות ששומן זול ממקור

טבלה 1. תמורה ב-\$ לק"ג ולמגקלוריה¹ (מק"ל) של שומן וחלבון חלב² לפי שתי הנחות לגבי ערך סוכר החלב ושלוש הנחות לגבי מחיר השומן.

ערך הסוכר \$ לק"ג	יחס מחיר שומן:חלב	תמורה לשומן (\$)		תמורה לחלבון (\$)		יחס תמורה חלבון שומן	
		ק"ג	מק"ל	ק"ג	מק"ל	ק"ג מק"ל	מק"ל מק"ל
0.25	1:10	3.00	0.32	6.40	1.13	2.13	3.53
	1:15	4.50	0.48	4.80	0.85	1.07	1.77
	1:20	6.00	0.64	3.20	0.57	0.53	0.89
0	1:10	3.00	0.32	6.80	1.20	2.27	3.73
	1:15	4.50	0.48	5.20	0.92	1.16	1.92
	1:20	6.00	0.64	3.60	0.64	0.60	1.00

¹ מגקלוריות לק"ג: שומן - 9.40, חלבון - 5.65.

² בחלב ישראלי פריזי המכיל 3.2% שומן, 3.0% חלבון ו-4.8% סוכר.

נמוכה או שולית, (ג) חלבון החלב הוא הרכיב המשתלם ביותר ורווחיות ייצורו עולה בהרבה על זו של שומן.

שיטת התשלום

שיטת התשלום הנהוגה עתה בארץ (שיטת הפרס-קנס עבור אחוז שומן) התאימה לתנאים ששררו לפני דור: ביקוש גבוה לשומן חלב וחקלאות פסטורלית. כיום בארץ שיטה זו קובעת מחיר לשומן, המכניס כ-35% מן התמורה בעד החלב, אך אינה קובעת מחיר לחלבון המכניס כ-65% ממנה. במקום זה, לצורכי תשלום כורכת השיטה יחד מים, חלבון, סוכר ומינרלים ביחס בלתי מוגדר. הגדלת שיעור השומן בחלב באמצעים שונים מגדילה את התקבולים, אבל לא את הרווחיות. בשיטת הפרס-קנס לשומן שני ליקויים חמורים: (א) היא מטעה את הבוקר בזה שהיא משלמת לכל משק "פרמיה" בלתי כדאית עבור שומן, ו-(ב) היא מקפחת את הבוקר המייצר חלב עם שיעור חלבון מעל לממוצע, מפני שלרכיב היקר ביותר אין תקן והתשלום עבורו הוא למעשה קולקטיבי.

ענף ייצור החלב בארץ חייב לעבור בהקדם לשיטת תשלום מעודכנת עבור החלב. עקרונית, שיטה כזאת קובעת מחיר לק"ג שומן חלב תוך התחשבות במחיר השומן הצמחי העשוי להתחרות בו, מחיר גבוה יותר באופן משמעותי לק"ג חלבון ומחיר שלילי, או מחיר אפס, לנפח החלב. לדוגמה, בהולנד, מחירי השומן והחלבון הם עתה כ-5 ו-6 \$ לק"ג, בהתאמה, והמחיר השלילי עבור 100 ליטר חלב הוא 5.5 \$. לפי שיטה זו, חלב המכיל 3.5% שומן ו-2.9% חלבון מכניס 0.29 \$ לק"ג. אולם, מק"ל של חלבון עולה 87% יותר ממק"ל של שומן. בהולנד מוצדק הפער הקטן יחסית בין מחיר החלבון והשומן (20% ליחידת משקל), מפני שהביקוש לשומן חלב יחסית לחלבון חלב, גבוה ב-70% מזה שבארץ. לעומת זאת בארץ, ק"ג שומן מכניס 3.00 \$. אולם, כפי שהראינו לעיל (טבלה 1, שורה 4), על פי הנחות מציאותיות ק"ג חלבון מכניס 6.80 \$. מחירים אלה עשויים לשמש

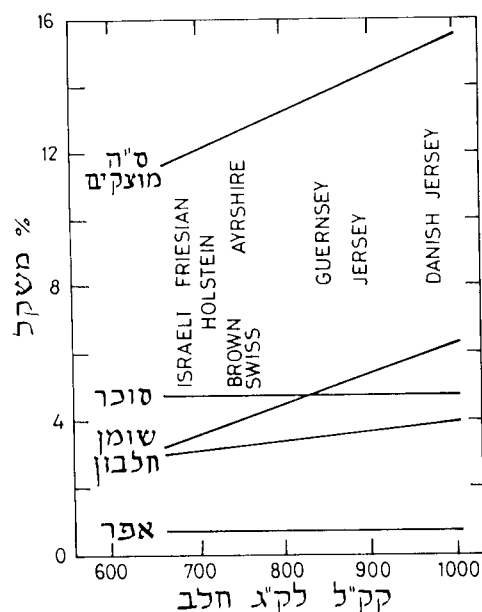
של ייצור שומן החלב בא לביטוי בנוסחות להזנה. גם במחירי המספוא הנמוכים של היום (בערך 0.05 \$ למק"ל של אנרגיה מטבולית) ההוצאות הישירות על ייצור ק"ג שומן, חלבון וסוכר הן: 0.65, 0.34 ו-0.27 \$ לק"ג, בהתאמה. הוצאה זאת היא כ-22% מן התמורה הכללית עבור שומן (3.00 \$ לק"ג) אך רק כ-5% מן התמורה בעד חלבון (ראה להלן וטבלה 1).

אם מחיר ק"ג שומן הוא 3.00 \$ והוא מספק 9.40 מק"ל, הרי שתמורת מק"ל שומן היא 0.32 \$. חישוב תמורת מק"ל של חלבון מחייב להניח שתי הנחות. הראשונה היא, שההפרש בין מחיר ק"ג חלב לבין מחיר השומן בו אינו אלא התמורה עבור החלבון והסוכר. השנייה מתייחסת למחיר הצל של סוכר. כדי להראות את השפעתו הקטנה על מחיר מק"ל חלבון, חישבנו את האחרון לפי שתי הנחות: (א) סוכר החלב שווה 0.25 \$ לק"ג; הנחה זו מיחסת לסוכר מחיר הגבוה בהרבה מערכו במציאות, ו-(ב) אין תמורה עבור סוכר החלב, כמקובל בשיטות תשלום חדישות עבור החלב.

להבהרת התמונה חישבנו את מחירי מק"ל של כל רכיב בשלושה מחירי שומן: 3.00, 4.50 ו-6.00 \$ לק"ג, (כלומר ביחסי מחיר שומן: חלב 1:10, 1:15 ו-1:20). החישובים נעשו על הרכב ממוצע של חלב פריזי ישראלי כפי שהוא עתה (שומן 3.2%, חלבון 3.0% וסוכר 4.8%) ועל פי הערכים האנרגטיים שהובאו לעיל. תוצאות החישובים הן בטבלה 1.

עיון בטבלה 1 מבהיר, שלפי הנחות סבירות ובתנאים מקובלים, מחיר מק"ל חלבון גדול באופן משמעותי ממחיר מק"ל שומן. בתנאי הארץ (יחס שומן:חלב 1:10), כאשר מחיר הצל של הסוכר הוא אפס, מחיר מק"ל חלבון גדול פי 3.73 ממחיר מק"ל שומן. מחיר מק"ל חלבון קטן מזה של מק"ל שומן רק כאשר יחס המחירים שומן:חלב מתקרב ל-1:20 וכשמחיר הסוכר הוא 0.25 \$ לק"ג. שני התנאים הללו בלתי מציאותיים.

המסקנות מן האמור לעיל הן: (א) ייצור הסוכר כרוך בהפסד, (ב) רווחיות ייצור השומן



ציור 1. רגרסיות של שיעור הרכיבים בחלב שבעה גזעים על שיעור האנרגיה בחלב (לפי Amir & Gordin)

מטבלה 2 מתברר, שעליה מתונה זו בשיעור החלבון אינה מלווה בעליה יחסית של שיעור האנרגיה בחלבון. אמנם, בחלב עשיר יותר בחומר יבש קטנה כמות האנרגיה היחסית בסוכר, דבר רצוי כשלעצמו, אך כל האנרגיה הזאת מופנית לייצור שומן ולא לייצור חלבון. המסקנה היא, שהתקדמות גנטית לכיוון של

מחירי מוצא לשומן ולחלבון בשיטה החדשה שתונהג.

הפרמטרים הגנטיים של רכיבי החלב

שיעורי החומר היבש ושיעורי השומן והחלבון בחלב בקר נעים בגבולות רחבים. שיעור החומר היבש בחלב גזעים שונים נע בין 11.5 ל-15.5 אחוז. עם עליית שיעור החומר היבש בחלב עולה ערכו האנרגטי ומשתנה הרכבו: שיעור השומן עולה באופן תלול, של החלבון באופן מתון אך שיעור הסוכר נשאר קבוע. בציור 1, מוצגות מגמות אלה כרגרסיות של שיעורי הרכיבים על שיעור האנרגיה בחלב, לפי הנתונים של Amir & Gordin. כדי להראות את השתנות חלוקת האנרגיה היחסית בין שלושת רכיבי החלב, הבאנו בטבלה 2 נתונים על כמויות האנרגיה האבסולוטית והיחסית ברכיבי חלב המכיל 12% ו-15% חומר יבש. החישובים נעשו לפי הנתונים שבציור 1 ולפי הערכים האנרגטיים של הרכיבים שהובאו לעיל.

הנתונים בציור 1 ובטבלה 2 מראים את הקשרים בין רכיבי החלב בגזעים השונים. להלכה, אילו היה לגזע אחר הרכב החלב הדרוש לנו, ניתן היה לבחון את אפשרות ניצולו להשבחת הבקר שלנו לפי תכונותיו האחרות והתאמתו לממשק ולאקלים בארץ. אולם, מציור 1 מתברר, שעם עליית שיעור השומן בחלב מ-3.3% ל-6%, כלומר ב-82%, עולה שיעור החלבון רק מ-3.0% ל-3.8%, כלומר ב-27%.

טבלה 2. כמויות ושיעורים יחסיים של אנרגיה ברכיבי החלב של שני גזעים: אחד בעל חלב דל והשני עשיר בחומר יבש.

גזע	שומן	חלבון	סוכר	ס"ה
חלב דל (12% חומר יבש) קילוקלוריות לק"ג %	330 47.1	174 24.9	196 28.0	700 (100)
חלב עשיר (15% חומר יבש) קילוקלוריות לק"ג %	543 57.0	213 22.4	196 20.6	952 (100)

סלקציה מחייבת את חיווי התגובה הגנטית בתכונה שעל פיה נעשית הסלקציה ואת התגובות הגנטיות הנלוות בתכונות אחרות. בהולנד חישוב Wilmink את התגובות הגנטיות החזויות לסלקציה לפי אינדקסים שונים בפרות חלב. התוצאות מובאות בטבלה 3. הנתונים מבוססים על התקדמות גנטית צפויה בהולנד. בארץ עוצמת הסלקציה וההתקדמות הגנטית בייצור חלב גדולות יותר, אך התוצאות משקפות היטב את המגמות בתגובות הגנטיות החזויות לחלופות טיפוח שונות.

התוצאות בטבלה 3 מורות, ששימוש באחת משלוש תכונות הייצור: תגובת חלב, שומן או חלבון כאינדקס, מביא לתגובה נלווית בשתי התכונות האחרות הנעות בין 76 ל-90 אחוזים מן התגובה המירבית. לפיכך ניתן לשער, ששיטת הטיפוח הנהוגה בארץ לפי יחס מחירים שומן:חלב של 1:14 הביאה להתקדמות גנטית של כ-80% וכ-88% מהמירבית בחלב ובחלבון, בהתאמה. סלקציה לאחוז רכיב אחד בלבד, היא זה שומן או חלבון, עשויה להביא לתגובה נלווית שלא תעלה על 63% מן המירבי בתכונה האחרת, לתגובה גנטית שלילית בייצור חלב ולתגובה מועטה בתגובת השומן והחלבון. היחס בין כמות החלבון לכמות השומן יגדל רק כאשר תעשה סלקציה לחלבון (ק"ג). כאשר האינדקס הוא אחוז השומן, יחול ביחס הזה שינוי מירבי בכיוון ההפוך ושינוי מזערי בשלוש תכונות הייצור האחרות.

המגמה בעולם היא לכלול את כמות החלבון כיעד לטיפוח. לפי Steine, בנורבגיה הטיפוח הוא

הרכב חלב רצוי בארץ תושג בעיקר על ידי טיפוח האוכלוסיה הקיימת.

בהולנד חישוב Wilmink פרמטרים גנטיים לאוכלוסיית פרות בתחלובה ראשונה, ברמה ממוצעת של 5000 ק"ג חלב לשנה עם 208 ק"ג שומן ו-165 ק"ג חלבון (4.2% ו-3.3%, בהתאמה). התורשתיות של שלוש התכונות היתה בערך 0.32, וזו של אחוז השומן ואחוז החלבון היתה 0.51. סטיות התקן הגנטיות של החלב, שומן וחלבון היו 325 ק"ג, 14 ק"ג, ו-10 ק"ג, בהתאמה. בשלושת התכונות הללו סטיית התקן הגנטית היא כ-7 אחוזים מן הממוצע ומכאן שניתן להביא בהן לשיפור גנטי משמעותי. סטיות התקן הגנטיות של שיעורי השומן והחלבון היו רק 0.21% ו-0.10%, בהתאמה, כלומר 5 ו-3 אחוזים מן הממוצע. המתאמים הגנטיים בין ייצור חלב מחד לבין ייצור שומן וחלבון מאידך, היו 0.76 ו-0.90, בהתאמה. המתאמים הגנטיים בין ייצור חלב מחד לבין שיעור השומן ושיעור החלבון מאידך, היו -0.30 והמתאם הגנטי בין שיעור השומן לשיעור החלבון היה 0.62. בגרמניה, בנורבגיה, בדנמרק ובקנדה מצאו חוקרים ערכים דומים (Hayes et al., Mayala & Hanna, Pedersen, Syrtstad). מכאן, שקיים קשר גנטי חיובי בין תכונות הייצור לחלב, שומן וחלבון (ק"ג), אך שלילי בין תכונות אלה לשיעור רכיבי החלב.

חלופות טיפוח ויעדי סלקציה

סלקציה לתכונה מסוימת מלווה בתגובה גנטית בתכונות אחרות. לכן, עריכת תוכנית

טבלה 3. תגובה גנטית צפויה בדור לסלקציה ליעדי טיפוח שונים¹

יעד הטיפוח	אינדקס סלקציה	חלב ק"ג	שומן ק"ג	חלבון ק"ג	שומן %	חלבון %	שומן חלבון
חלב, ק"ג	M	291	9.7	8.4	-0.05	-0.03	0.005
שומן, ק"ג	F	223	13.0	8.0	0.08	0.01	0.018
חלבון, ק"ג	P	262	10.9	9.3	0.00	0.01	-0.005
שומן, %	-0.043M+F	-83	5.6	0.0	0.19	0.06	0.035
חלבון, %	-0.034M+P	-90	1.8	1.4	0.12	0.10	0.000
שומן וחלבון, ק"ג	P+F	247	12.6	8.8	0.05	0.01	0.010

¹ לפי Wilmink

- Danish Black and White and Danish Jersey. Rept 586 Natl Inst Animal Sci, Denmark, Copenhagen.
- Steine, T. 1987. Breeding objective for milk composition and effect of various selection criteria in Norwegian cattle. Proc. 38th Ann. Mtg. EAAP, Lisbon.
- Syrstad, O. 1980. [Protein content of milk]. Husdyrforsoksmotet, 108.
- Wilmink, J.B.M. 1987. Selection on fat and protein to maximise farm profit. Proc. 38th Ann. EAAP, Lisbon.

לחלבון בלבד. גם סלקציה לס"ה כמות החלבון והשומן נהוגה בארצות רבות. שיטה זו צפויה להביא לתגובות גנטיות קרובות ל-90% מן המירבי בחלב, שומן וחלבון ונמוכות מאד באחוז השומן והחלבון.

סיכום

- בעשור האחרון עלה הביקוש היחסי לחלבון החלב, ובחלב המיוצר בארץ לפי מכסות שומן חסר חלבון.
- חלבון החלב הוא הרכיב המבוקש והרווחי ביותר לבוקר.
- שיטת התשלום הנהוגה בארץ מתעלמת משיעור החלבון בחלב ומעודדת ייצור שומן, המתחרה בשומן צמחי ורווחיותו נמוכה. דרושה שיטת תשלום הקובעת מחיר מציאותי לחלבון.
- ערכי התורשתיות של חלב, שומן וחלבון הם דומים והקשרים הגנטיים ביניהם חזקים. על כן, יש לטפח לכמות חלבון מירבית.

ספרות

- רו, ע. 1987. מגמות בטיפוח הבקר בעולם והשלכתן על עדר החלב בישראל. משק הבקר והחלב 9:206.
- Amir, S. & Gordin S. 1981. Demand for milk components by the consumer; implications for the dairy industry. Dairy Science Handbook 14:74. Proc. Intern'l Stockmen Sch., San Antonio, Texas.
- Baldwin, R.L. 1968. Estimation of theoretical calorific relationships as a teaching technique. A review. J. Dairy Sci. 51:104.
- Gravert, H.O. 1987. Market needs and trends for milk, fat and protein. Proc. 38th Ann. Mtg. EAAP, Lisbon.
- Hayes, J.F. Ng-Kwai-Hang, K.F. & Moxley, J.E. 1984. Heritability of milk casein and genetic and phenotypic correlations with production traits. J. Dairy Sci. 67:841.
- Mayala, K. & Hanna, M. 1974. Reliable phenotypic and genetic parameters in dairy cattle. Proc. 1st World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Vol. I, 541, Madrid.
- Pedersen, J. 1985. Environmental and genetic parameters of protein yield in Red Danish,

**WESTFALIA
SEPARATOR**

**מערכות ואביזרים
למכוני חליבה
מחב' ווסטפליה**

נציגים בלעדיים בארץ

חב' אחים הרשברג

מכונות בע"מ

טל. 052-521666
שירות לילה 052-521657

כתובת, רח' נגלי הפלדה 18
אזור התעשייה, הרצליה ב'

