

סקירה על עבודות בתזונת בקר

מאת א. בוגדי

ברצון אני ממלא את בקשת מערכת הירחון הזה למסור בחוברת היובל סקירה על עבודותי בשטח תזונת הבקר. העבודות נעשו בשיתוף עם חברי (לפי סדר כרונולוגי) חנן מאיר ז"ל, רענן וולקני, יעקב עצמון, עמנואל אסקרלי, חנן נוימרק, חיים תגרי ויוסף דרור.

קביעת הערך המזין של המספוא בארץ פעולתי הראשונה, לאחר הצטרפותי לתחנה לחקר החקלאות בשנת 1934, היתה קביעת ערכם המזין של חומרי מספוא המקובלים בארץ, לפי סוגיהם השונים — בפרט של צמחי מספוא שגודלו בעונות השונות. בהתחשב בחוסר נתונים על הרכב המספוא שגודל בתנאי אקלים דומים לאלה של ארצנו, נדרשה עריכת בדיקות שיטתיות של חומרי המספוא לשם הבטחת הזנה רציונלית במשק הבקר. בדיקות אלו שימשו גם לקביעת גיל קצירת הצמחים, המבטיח השגת היבול הגבוה ביותר בחומרים מזינים.

נערכו נסיונות עיכול בכבשים ביותר מ-60 סוגי מספוא, ונקבעו מקדמי העיכול שלהם. ביצוע הנסיונות בכבשים הינו פשוט וגם זול יותר מאשר בבקר, וכוחם יפה גם לגבי בקר הודות לדמיון שבמערכת העיכול של מעלי-הגירה. נערכו בדיקות של צמחי מספוא, שחת, תחמיץ ומזונות מרוכזים. במיוחד תופנתה תשומת-לב לקביעת הערך המזין של תוצרי-לוואי של המשק החקלאי ושל התעשייה החקלאית, כגון פסולת פרי-הדר ועוד, כדי שישמשו תחליפים לחומרי מספוא יקרים.

השוואת ערכם המזין של צמחי מספוא בארץ לזה של אותם צמחים בחוץ לארץ, גילתה חיסרון-מה בתכולת החומר היבש במספוא הישראלי ולעומת-זה — מידת הת-עכלות טובה יותר. לפיכך ניתן לקבוע — מתוך איזון שני הגורמים הניזכרים — שבדרך

כלל אין הבדל בערך המזין בין צמחי המספוא המקובלים בארץ ובחוץ לארץ.

הספקת הקארוטן לבקר

נערכו בדיקות שיטתיות של הקארוטן שבצמחי מספוא הגדלים בארץ. התברר שמת-כונת הקארוטן בצמחים הגדלים בקיץ נמוכה בהרבה מזו של צמחי החורף; כנראה — בגלל פעולות קרני השמש הישירות בקיץ נגרם פרוק הקארוטן. תכולת הקארוטן שבעלים גבוהה בהרבה מזו שבגבעולים. תכולת הקא-רוטן הולכת וקטנה, בדרך כלל במרוצת גידול הצמחים ולכן התנודות במתכונת הקארוטן מקבילות לאלו שבחלבון. סוגי הצמחים השו-נים ניבדלים בערכם כמקורות קארוטן. להימ-צאות הקארוטן במספוא נודעת חשיבות גדולה מאחר וערכו של שומן החלב כמקור לוויטמין א' תלוי באספקת הקארוטן על-ידי המזון. כידוע שייך הקארוטן למרכיבים, המעטים שאותם חייבים מעלי-הגירה לקבל במזונם. עבודות מיוחדות עסקו בקביעת ההפסדים, הנגרמים לשחת ולתחמיץ בתנאי הכנתם בארץ, מתוך מגמה להמעיט עד למינימום את ההפ-סדים ביחוד של הקארוטן.

בשנים 1951/52 כשעדרי הבקר הורחבו במידה ניכרת, היה מספוא הבקר ירוד בטיבו ולא הכיל, איפוא, את מתכונת הקארוטן הד-רושה לבקר. בדיקות דם, כבד וחלב אישרו את האבחנה של אוויטאמינוזיס א', ביהוד אצל עגלות. הוכה, שבמיקרים מסוימים הופיע מח-סור בוויטאמין א' לא מחמת חוסר הקא-רוטן, במזון, אלא משום שהמזון בא במגע עם כימיקלים מקבוצת Chlorinated naphta-
lenes המצויים בשמני סיכה, חומרים המעכבים את הפיכת הקארוטן לוויטאמין א' ע"י הבהמה. כיום נאכר השימוש באמצעי סיכה מסוג זה במשק החקלאי.

ביקורת תזונת הבקר במשקים והספקת

זמינרלים בארץ

בתקופות שונות — 1942/47 ו-1955/56 —

הנ"ל מתקרבת תכולת הנחושת בסוגי המס' פוא הגס לגבול הנדרש של 5 חלקי מיליון בחומר היבש. המזונות המרוכזים עשירים יותר ביסוד זה ותוספת המזון המרוכז למנה גרמה להגדלת תכולת הנחושת שבה מעל לכמות הנדרשת. לכן, בארץ, רק בעדרים המוחזקים על מזונות גסים או על רעיה בלבד עלול לחול מחסור בנחושת. שלא כלגבי הנחושת, הרי אספקת הקובלט משיעור רצון בהחלט, כי כל המנות — גם המזון הגס בלבד שבהן — מכילות קובלט בריכוזים גדולים בהרבה מן התצורות הנדרשת של 0.04 חלקי מיליון, בחומר היבש.

בעית הסאלאניום

מציאותו של סאלאניום במזון הגס של אחד ממשקי הגליל גרם בזמנו לפגיעות קשות בבריאות עדר הבקר. מתוך הבדיקות בסוגי המספוא הירוק שגידלו במשק הנ"ל התברר כושרם השונה לקליטת הסאלאניום. על סמך עבודתנו הגענו למסקנה שגם במשק הנדון ישנה אפשרות להחזקת הבקר ללא סכנה של הרעלתו ע"י סאלאניום בתנאי שיקפידו בבחינת סוגי המספוא, כי דוגמאות אספסת (צמח הנוטה לקליטת סאלאניום מן הקרקע) שגידלו בשטחים מסויימים הכילו מתכונת גבוהה של סאלאניום לעומת האספסת שגודלה בשדות סמוכים והיתה נקיה מיסוד זה.

הערכת טיב הפחמימיות שבמספוא

המחסור במזונות פחמימיים בארץ שימש גורם לעריכת עבודות מיוחדות, שהוקדשו לחקר המיבנה הכימי ומידת ההיתכלות של הפראקציות הפחמימיות שבמספוא. הוצעה שיטה לחלוקת הפחמימיות שבמספוא להאקסוזאנים, פאניטוזאנים וליגנין במקום החלוקה המקובלת האמפירית לתאית גסה ולחומרי-מיצוי-חסי-חנקן. מידת ההיתכלות של פראקציות ההאקסוזאנים והפאניטוזאנים שבצמחי המספוא השונים שווה בערך ואינה תלויה בסוג הצמח. נקבע, בניגוד לדעה המקובלת, שהליגנין בצ-

נערכו סקרים לבדיקת טיב המנות המוגשות לבקרי-החלב במשקים שבאיזורי הארץ השונים, בעונות השנה השונות. בימי הביקורים של באי-כוח המעבדה במשק נירשמו כל פרטי צירוף המנה לפרה חולבת ונערכו בדיקות כימיות של דוגמאות המספוא. על סמך הבדיקות חושב ערכם המזין של המנות. הערכים שהתקבלו הושוו לתצורות התיאורטיות. התברר שהספקת המזון במשקי חלב שונים לוקה בגודש חלבון. במיקרים מסויימים הגיעה הספקת החלבון לכדי 300% מהתצורות התיאורטיות. מצב זה נובע ממתכונת החלבון הגבוהה של צמחי מספוא המקובלים בעונת החורף ומשימוש מרור בה בכוספות. בשנים האחרונות חל שיפור באיזון המנה, אולם המנות המקובלות בעונת החורף בחלק ממשקי החלב מספקות עדיין ערכים נכרים של חלבון.

לגבי התצורות באנרגיה ניתגלו סטיות בשני הכיוונים. יש לציין שבשנת 1955/56 פחת מספר המנות שהכילו עודפי אנרגיה וקטנה גם מידתם של עודפים אלה. במיקרים אחדים נימצא גרעון ביחידות-מזון, דבר שניגרם מחמת הערכה מופרזת של המזונות הגסים, ביחוד של גידולי המרעה, או בגלל מחסור במזון גס.

נוסף לכך הראו הסקרים שהמנות הישראליות עשירות תמיד בסידן, דבר הניגרם הודות לשימוש המרובה בירק ובשחת קטניות. ראוי לציין שגידול צמחי מספוא באיזורי הארץ השונים אינו גורם להבדלים ניכרים בהרכבם, פרט לעליה ניכרת במתכונת הסידן שנימצאה בצמחי הקטניות שגודלו בקרקעות סידניות של עמק-הירדן לעומת כמותו באותם סוגי צמחים שגודלו באיזורים אחרים. במנות הרגילות לפרות חלב אין חשש ממחסור בזרחן. אמנם המזונות הגסים והמרוכזים שבמנות לא תרמו לעיתים את כמות הזרחן הדרושה, אולם, ביחוד בסקרים שנערכו לאחרונה, התמלא החסור ע"י תוספת של זרחתים מינרליים.

היסודות הנדירים במספוא הישראלי

לפי הבדיקות שנערכו במיסגרת הסקרים

בכמות ניכרת במזון הגס והנעדרות למעשה מהכוספות, בעוד שבסגולות כימיות או פיסיות קליות אחרות אין שוני מהותי בין שני סוגי החלבון. גורם זה עשוי, איפוא, לעודד את פעולת החיידקים ולייעל את ניצול החלבון. מנה מעורבת משני סוגי החלבון עדיפה אפילו על פני מנת השחת. יתרון המנה המעורבת על מנת השחת נובע משילוב גורמים שונים הקיימים בניפרד במזון הגס ובמרוכז. נראה כי כמות חלקית של שחת שבמנה דיה לשפר את פעולת חיידקי הכרס. עדיפות שילוב חלבון מזון גס וחלבון מזון מרוכז במנה הינה בהתאם לגישה המקובלת בקרב מגדלי בהמות.

מאחר ובתזונת הבקר בארץ מתבלטים עודפי חלבון במנה, במיוחד בעונת החורף, ניבחנו השפעת מנות עתירות-חלבון על דרכי פירוק החלבון בכרס. נימצא שההפסדים החלים לאחר הגשת עודפי חלבון ניכרים קטנים מן המשוער, כי קיימת בכרס מיגבלה מטבולית מסויימת לגבי הפסדי חלבון כתוצאה משיחרור מוגבר של אמוניה. לאחר הגשת עודפי חלבון ניכרים עולים ריכוזי אי-אלו מטבולטים בעלי משמעות חיובית לפעילות החלבון שבמיץ כרס כמו חומצות-אמינו או חלבון נמס, בשיעור רב מזה של ריכוזי האמוניה. לפיכך תהליכי הדיאמינאזיה (פירוק החלבון לאמוניה) אינם עולים במקביל להגדלת כמות החלבון הנאכלת. נבחנו גם האפשרות לייעל את ניצול החלבון במנה ע"י החלפת התאית שבה בעמילן או ע"י העלאת תוכנה האנרגטי של המנה באמצעות תוספת מזונות עמילניים. כוונתנו היתה לספק לחיידקי הכרס חומרים שישמשו לאמוניה משתחררת שותפים בהפיכתה לחלבון מיקרו-ביאלי. נימצא כי השפעת התירס כמזון עמילני על ניצול החלבון אינה חד-משמעית. בהתאם לסוג המנה ולגיל הבהמה הושג שיפור קטן בניצול החלבון או שחלה הפחתה מסויימת בניצולו לאצירת חנקן.

בעבודותינו הוסקו מסקנות אחדות בדבר דרכי ההערכה הנכונה של טיב חלבוני המזון. בניגוד לדיעה המקובלת, אין מקדמי העיכול

מחים ירוקים ניתן לעיכול במידה ניכרת (20%–40%). המיבנה הכימי של הליגנין בצ" מחים ירוקים ניבדל עקרונית משל הליגנין הבלתי נעכל שבעץ ובקש. חנקן הוא מרכיב אופייני של הליגנין, שבודד מצמחים צעירים ואינו נימנה עם חומרי-הלוואי של הליגנין שבעץ. ניקבעו השינויים, החלים במולקולת הליגנין בשעת מעבר המספוא דרך מערכת העיכול של מעלי הגירה.

ניצול החלבון באור ההשקפות החדישות על חילוף החומרים על ידי מעלי גירה לשם בירור בעיות אקטואליות הקשורות בניצול החלבון עקבנו אחרי התהליכים המטבוליים המתקיימים בתוך הכרס בהשפעת מנות המזון שנבחנו. נימצא שהפחתת מידת ההתמוססות של חלבון עקב טיפולי חימום המזון, כמו קליית כוספת סויה, מאפשרת ניצול יעיל יותר של החלבון. חלבונים המתמוססים במידה רבה במיץ הכרס, כמו חלבוני הסויה הגולמית, ניתנים לפירוק מהיר מדי לאמוניה בכרס ולכן אין חיידקי הכרס מסוגלים לנצל את האמוניה המשתחררת במידה מספקת לבירוי סינתזה של חלבון מיקרוביאלי (העובר למעי והמשמש להזנת הבהמה המאכסנת), והאמוניה הבלתי מנוצלת ניספגת בדם והופכת בכבד לשתן הנפרש בשתן. האבסת כוספת סויה קלויה במקום הכוספה הגולמית גורמת להגדלת כמות החנקן הנאצרת ובו בזמן הולכים וקטנים ריכוזי השתן בדם והאמוניה בכרס.

בסידרת ניסויים אחרת ניבחנו מידת יעילות חלבון המזון הגס (שחת אספסת, או שחת בקיה-ש"ש) וחלבון המזון המרוכז (כוספת סויה) כמקור יחיד של חלבון במנה. נימצא יתרון תזונתי של חלבון השחת על חלבון הכוספה, המיתבטא בהעלאת מידת אצירת חנקן ובהפחתת ריכוזי השתן בדם כתוצאה מהאבסת מזון גס. לפי דעתנו, יתרון זה של חלבון המזון הגס על חלבון הכוספה נובע מקיומן של תרכובות חנקניות שאינן חלבון (חומצות-אמינו, אמידים, פאפטידים) הנימצאות

7. א. בונדי, י. כבשנה, וח. מאיר. ביקורת התזונה של פרות חלב. פרק א'. התחנה לחקר החקלאות, מחלקת ההדרכה, חוברת ל' (תש"ה).
8. A. Bondi, and H. Meyer. Carotene in Palestine crops, Journ. Agric. Science, 36 (1946), 1.
9. A. Bondi, and H. Meyer, Lignins in young plants. Biochem. Journ. Part 1, 43 (1948), 248; Part 2, id. 52 (1952), 95.
10. א. בונדי, וי. כבשנה. ביקורת התזונה של פרות חלב. פרקים 2—3. התאחדות מגדלי בקר בא"י (תש"י).
11. א. בונדי, וח. מאיר, ההרכב הכימי של צמחי מספוא. ילקוט המועצה המדעית לישראל, כרך א', מס' 3 (תשי"ב), 104.
12. א. בונדי, ר. וולקני, ח. נוימרק, וי. דוידסון. מתכונת הויטמין א' והקרוטין בבקר בישראל. רפואה ווטרינארית, כרך י"ב, חוברת א' (תשט"ו), 17.
13. ר. וולקני, א. בונדי, י. לוי, וח. נוימרק. על החזקת בקר חלב במשק שנפגע בסלן. רפואה וטרינארית, כרך י"ג, חוברת ד' (תשי"ז), 171.
14. ח. נוימרק, א. בונדי, ור. וולקני. ביקורת התזונה של פרות חלב. פרק 1. השדה, כרך ל"ט, חוברת ה' (תשי"ט), 541; חוברת ו' (תשי"ט), 667.
15. א. בונדי, וח. נוימרק. ביקורת התזונה של פרות חלב. פרק 2. השדה, כרך מ', חוברת א' (תש"ך), 69.
16. א. בונדי, ח. נוימרק, וש. מוקדי. ביקורת התזונה של פרות חלב. פרק 3. השדה, כרך מ', חוברת ב' (תש"ך), 143.
17. A. Bondi, and H. Tagari. Water soluble forage constituents and their influence on the metabolic activity of the rumen. Bull. Res. Council. Israel, 9A (1960), 143.
18. H. Tagari, I. Ascarelli, and A. Bondi. The influence of heating on the nutritive value of soybean oil meals for ruminants. Brit. J. Nutr. 16 (1962), 237.
19. H. Tagari, Y. Dror, I. Ascarelli, and A. Bondi. The influence of levels of protein and starch in rations of sheep on the utilization of protein. Brit. J. Nutr. 18 (1964), 333.
20. H. Tagari, O. Krol., and A. Bondi. Different efficiency of proteins contained in roughages and concentrates for ruminants. Nature, 205 (1965), 37.
- של חלבון משקפים באופן מדויק את טיבו, כי חלק החלבון המתבזבז כתוצאה משיחרור מהיר מדי של האמוניה בתוך הכרס נימנה כפראקציה של חלבון נעכל. לדוגמה: החלפת תאית בעמילן במנות מסוימות גרמה לעליה של מקדם עיכול החלבון כתוצאה משיחרור מוגבר של אמוניה; ושינוי זה בהרכב המנה הביא להפחתת כמות החנקן הנאצר בגוף.
- כשיטה מוסמכת ומדויקת יותר להערכת יעילות מזונות חלבוניים יש לראות את קביעת מאזן החנקן. אולם ביצוע ניסיון-המאזן כרוך בעבודה רבה; לעומת זה, השינויים בריכוז השתנן בדם, החלים בעקבות האכסת המנה הנבדקת, יכולים לשמש כקנה-מידה שלילי ליעילות מנה חלבונית, כי השתנן בדם הינו תוצר סופי של חילוף החומרים של החלבון שברובו הגדול גיפרש דרך השתן ללא תועלת לבהמה; חלק קטן של שתנן הדם חוזר דרך הרוק לכרס, ניתן איפוא לניצול, ונימצא ביחס די קבוע לכמות השתנן הכללית שבדם ולכן אינו פוגע במהימנות השיטה המוצעת להערכת טיב החלבון.

רשימת פרסומים

1. A. Bondi, and H. Meyer, Chemical composition and digestibility of Palestinian cattle fodder. Agricultural Research Station, Rehovot, Bull. 27 (1940).
2. A. Bondi, H. Meyer, and R. Volcani. The feeding value of ensiled Jerusalem artichoke tubers. Emp. Journ. Exper. Agric. 9 (1941), 73.
3. א. בונדי, ח. מאיר, וא. רייס. על דרכי יבוש השחת. השדה, כרך כ"א, חוברת ו' (1941), 195.
4. A. Bondi. The ensilage of citrus fruit pulp. Emp. Journ. Exper. Agric. 10 (1942), 89.
5. A. Bondi, and H. Meyer. The digestibility of citrus feeds. Emp. Journ. Exper. Agric. 10 (1942), 93.
6. A. Bondi, and H. Meyer. On the chemical nature and digestibility of roughage carbohydrates. Journ. Agric. Science, 33 (1943), 123.