

# מן המחקר אל המעש – בדיקת פריקות בשיטת שקי דקרון

אליעזר סמולר<sup>1</sup>, ישראל עופר<sup>2</sup>, צביקה רוט<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> מעבדה לבדיקת מזונות לבעלי-חיים; <sup>2</sup> מרכז מזון – מושב באר-טובה

## רקע

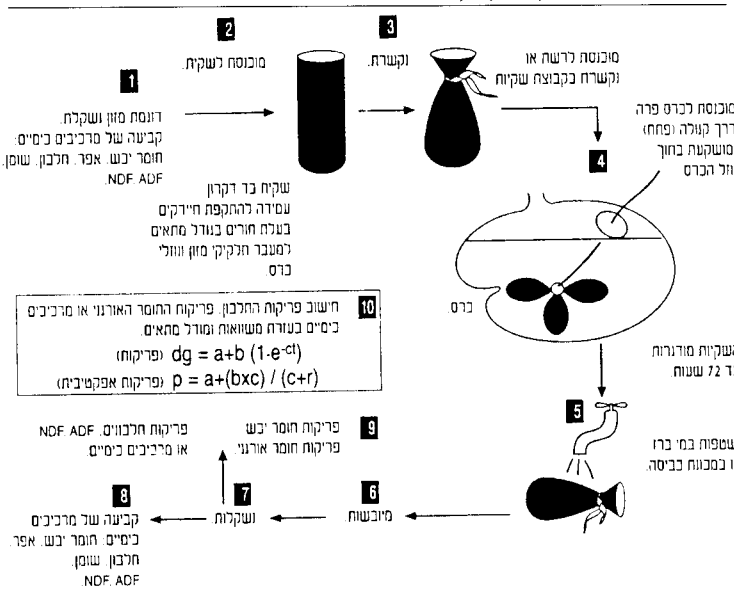
שיטת שקי הדקרון לבדיקת פריקות מזונות תוארה כבר בעשור הקודם (NRC, 1989; סמולר וחוב', 1989; תגרי וחוב' 1991; אריאלי וחוב' 1991). מספר רב של עבודות מדעיות הראו, כי הנתונים המתקבלים בשיטת שקי הדקרון נמצאים במתאם סטטיסטי גבוה לאלה המתקבלים בבדיקת נעכלות אמיתית. השימוש בנתונים המופקים משיטה זאת, תוך התייחסות למקטעי החלבון השונים (חלבון פריק, חלבון שרידי וחלבון בקטריאלי) עשוי לייעל את השימוש במקורות החלבון בעת תכנון מנות ההזנה לפרות חלב ומעלי-גירה אחרים.

כיום מבוססות שיטות ההזנה למעלי-גירה על יסודות פיסולוגיים בטוחים ועיקרן חישוב החלבון המגיע למעי בעל-החיים (חלבון שרידי + חלבון חידקים ופרוטוזואות). בעת האחרונה ישנה התייחסות במטריצות ההזנה למקטעי

אימצה את שיטות שקי הדקרון שהיתה עד כה כלי מחקרי והכניסה אותה לשימוש מעשי נרחב ומגוון (משוב, אוקטובר 1998). במעבדה מתבצעות בדיקות למגוון רחב של מזונות הנמצאים בשימוש להזנת בעלי-חיים. כמו כן, נעשה אפיון ראשוני למזונות חדשים אשר אין לגביהם נתונים בספרות. המעבדה נותנת שרות למרכזי מזון קיבוציים ומושביים וכן לספקי המזונות השונים ומהווה כלי אמין לקבלת החלטות לקניה ושימוש בחומרי המזון השונים. בהקשר של איכות הסביבה, למעבדה היכולת לאמוד את פוטנציאל המחזור של מזונות לוואי וחומרים הנפלטים בתהליכי הייצור במפעלי התעשייה. שימוש בטכניקת שקי הדקרון מאפשר הדמיה ופיתוח מודלים שיאפשרו בעתיד הקרוב הגדלת היעילות הכלכלית במערכות משולבות של גידול מספוא על מים מושבים, הזנת בעלי-חיים וניתור מפעלי

החלבון השונים וניתן אומדן לחלבון המיקרוביאלי המיוצר בכרס. למעשה, ישנם כבר מספר משקים העושים שימוש בנתוני פריקות בבואם לתכנן את מנת ההזנה. בראשית 1998 הוקמה בבאר-טובה "המעבדה לבעלי-חיים" מטרות הפעילות במעבדה הן לספק שירותי איכות למרכזי מזון ומשתמשים שונים, כדי לייעל את תהליכי הייצור.

איור 1. שיטת שקי דקרון.



תעשייה תוך צמצום הפרשת מזהמים לסביבה.

### כיצד פועלת השיטה

לבדיקת הנעכלות בשקי דקרן מספר שלבים. חלקם מבוצע ברפת וחלקם במעבדה (איור 1).

**ברפת** – היות והשיטה מבוססת על פריקות החומרים בכרס אמיתית, הוקמה מעבדה ביולוגית הכוללת ארבע פרות בעלות פיסטולה כרסית (פתח דרכו מחדירים את שקיות הדקרן אל הכרס). הפרות ניוונות מבלי ללחוב (מרכז מזון באר־טוביה), מטופלות על ידי משפחה אומנת (מושב באר־טוביה) ונמצאות תחת השגחה וטרינרית של רופאי "החקלאית". הדגרה בכרס הפרה מאפשרת לבדוק את פריקות המזונות ואת השפעת המזונות השונים על חומציות הכרס ומהווה חלק מתהליך הפיקוח ובקרת האיכות של בלילי מרכז המזון. כמו כן, הפרות משמשות כתורמות מיץ כרס לטובת טיפול בפרות שלהן בעיות מטבוליות. הווטרינרים המטפלים מדווחים על הצלחה בנושא זה.

**במעבדה** – לאחר הדגרת החומרים בכרס הפרה, מתבצעות בדיקות שגרתיות של החומר המודג (חומר אורגני, חלבון, סיבים תזונתיים וכו'). באמצעות אנליזה קובעים את פריקות החומרים בכרס ואת ערכי מקטעי החלבון (שרידי, פריק וחלבון חידקים) במזונות השונים. הנתונים המתקבלים מבדיקה זאת נחוצים לבניית המנה המיטבית ומהווים חלק בלתי נפרד ממטריצת המזונות.

### כיצד מחשבים את הערכים למטריצה?

המשוואות לחישוב פריקות ופריקות אפקטיבית הוסברו בעבר (סמולר וחוב' 1989) ומוצגות בצירוף 1. בבדיקה זאת אנו מבדילים ב־ 3 מקטעים עיקריים:

**המקטע המסיס (a)** – מקטע המתפרק מהמזון על ידי הדגרה באמבט מים ללא השפעת תהליך התסיסה.

**המקטע הפריק (b)** – מקטע המתפרק בהשפעת תהליך התסיסה עד לזמן (i) של 72 שעות הדגרה בכרס.

**המקטע השרידי** – מקטע אשר אינו מתפרק בתהליך התסיסה ושורד את מתקפת החידקים אך בהמשך נחשף לתהליך העיכול. המקטע השרידי מחושב על ידי החסרת המקטעים המסיסים והפריק מכלל המזון הנבדק.

קצב הפריקות (c) מאפשר את חישוב הפריקות האפקטיבית (p) בהתייחס לקצב תנועת המעכל (k) מהכרס לקיבה ולמעיים. כאשר קצב תנועת המעכל שווה אפס, מתקבל אומדן לפוטנציאל הנעכלות של מזון או של מקטע מזון כלשהו. תנועת המעכל בקצב של 2%, 5%, 8% ו־10% לשעה, מתייחסת להזנה או ייצור ברמה אחת של קיום, 2 כפולות קיום, 3 כפולות קיום ו־4.5 כפולות קיום, בהתאמה. משמעות הדבר היא, שקצב תנועת המעכל בפרות חלב גבוהות תנובה ובעגלים נע בתחום של 8%–10% לשעה. בפרות בינוניות ונמוכות תנובה ערכו כ־6.5% ובעגלות כ־4%.

החלבון המיקרוביאלי + החלבון השרידי + החלבון האנדוגני מהווים את כלל החלבון הזורם למעי ומנוצל לייצור. כימות רכיבי החלבון האפקטיבי וחישוב החלבון הזמין לייצור נעשים תוך שימוש בנוסחאות. החלבון המיוצר בכרס על ידי החידקים (החלבון המיקרוביאלי) הוא חלבון משובח למעלי־גירה ודומה בהרכב חומצות־האמינו שלו להרכב חלבון החלב. החלבון המיקרוביאלי מחושב על ידי הכפלת החומר האורגני הפריק או האורגניה הזמינה לתהליכי התסיסה בכרס במקדם מתאים. לדוגמה: מכל ק"ג חומר אורגני שפורק בכרס מיוצרים כ־150–200 גרם חלבון מיקרוביאלי.

תוכנות מחשב מסייעות למציאת מקדמי המשוואות והפתרונות היישומיים. המעבדה מפיקה דו"חות (ראה דו"ח מס' 1) ומסייעת בידי המשתמש בהכנסת הערכים המבוקשים למטריצה לשם השגת המנה המיטבית.

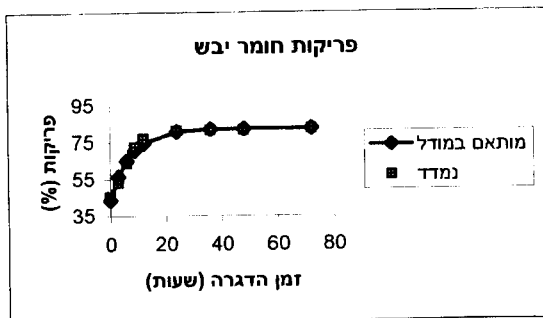
## דו"ח מס' 1. חישובי הפריקות בכרס.

מקדמי פריקות:		נוספת חמניות	שם הדוגמא:
45.6	מסיסות במים (%)	07.11.98	תאריך החישוב:
36.8	פריקות החלק הבלתי מסיס (%)		
82.4	פריקות פוטנציאלית (%)		
0.134	קצב הפריקות (לשעה)	43.7	<b>מדמים מותאמים:</b>
0.4	זמן עיקוב (שעה)	38.7	a
		0.134	b
		26.74	c
		9	סכום ריבועי טטיות:
		2.11	מס' ממוצעי תצפיות:
			סטיית התקן השאריתית:

פריקות אפקטיבית:		קצב זרמת המעכל (לשעה)	פריקות אפקטיבית (%)
2		77.2	
5		71.7	
8		67.8	

זמן הדגרה:	נמדד	מותאם במודל
0	45.6	43.7
3	53.1	56.5
6	63.6	65.0
9	72.5	70.8
12	77.0	74.6
24	81.2	80.8
36	81.6	82.1
48	81.5	82.3
72	82.2	82.4



## תכנון המנה

בספרות קיימים נתונים המתיחסים לחלבון שרידי וחלבון פריק, אך יש לזכור, כי רוב הנתונים הנלקחים מהספרות אינם מתאימים בהכרח לנורמות ההזנה בישראל. יש המכניסים למטריצות ערכים של חלבון חידקים וחומצות-אמינו חיוניות. הנתונים מוכנסים על בסיס הערכה זאת או אחרת אשר מידת דיוקן אינה ברורה. כשם שצריך לדייק בערכי החומר היבש, האפר והחלבון הכללי, כך יש לדייק גם בקביעת ערך החלבון הזמין לייצור (חלבון פריק, חלבון שרידי וחלבון מיקרוביאלי).

לדוגמה: כדי להגיע לביצועים מיטביים, ישנם תזונאים אשר ממליצים על יחס של 1:2 בין החלבון הפריק לחלבון השרידי. חוקר אמריקאי בשם Marshall E. McCullough (1991) פירסם המלצות להזנת פרות גבוהות תגובה בהן נתן דגש להזנת מקטעי החלבון מכלל החלבון במנה: מסיס 31%, פריק 63% ושרידי 37%. בהקשר לכך יש לזכור, שהמקטע המסיס נכלל בתוך המקטע הפריק. לחלוקת מקטעי החלבון

תכנון מנת ההזנה הוא תהליך מורכב הדורש מהמתכנן מיומנות ומקצועיות רבה כאשר התנאי להצלחה הוא בסיס נתונים אמין. התזונאים במרכזי המזון ובמכוני התערובת, מנהלי הרפתות, והמדריכים שוקדים רבות כדי להכניס למטריצה ערכים מדויקים ככל האפשר. ערכי המזונות (חומר יבש, אפר, חלבון, שומן, ADF, NDF, פל"מ, אנרגיה וחלבון, ועוד...) המופיעים ברוב המטריצות, מתבססים על נתונים מהספרות ורק מעט מהנתונים מבוסס על בדיקה עדכנית של החומרים. נוגה זה מבוסס על ההנחה, שאין שונות בערכי מזון זה או אחר ממשלוח למשלוח. יחד עם זאת, יש להיות ערניים לטיב החומר המגיע וכל שינוי במרקם החומר (צבע, גוון, ריח, טמפ') מחייב בדיקה.

כפי שכבר צויין, יותר ויותר משקים מתיחסים בתכנון המנה למקטעי החלבון השונים. כאן בעיית הנתונים קשה יותר. אומנם,

הפריקות של מקורות החלבון העיקריים בארץ (כוספת סויה וגלוטן) ממפעלים שונים וגילינו... לא, לא את אמריקה, אבל הבדלים של עד 25% בערכי הפריקות. הבדלים אלה יכולים להשפיע על היצרנות לטוב ולרע. ומדוע לשלם יותר?

6. ביכולתנו לבדוק, האם החלבון באמת מוגן בהתאם להצהרות היצרן.

7. קביעת פוטנציאל מיחזור לפסולות אורגניות מהחקלאות ומהתעשייה.

### לסיכום

תקציר זה בא להראות, שלבדיקת הפריקות הביולוגית יתרונות רבים שניתן לישם ברמת הרפת ומרכז המזון. בבאר-טוביה שוקדים על פיתוח השיטה ועל מתן תשובות מדוייקות בזמן אמיתי תוך שימוש במכשור מתקדם ביותר. המידע המתקבל מבדיקות הפריקות יכול לנתב אותנו לשימוש יעיל במקורות חלבון חלופיים תוך התייחסות לחלבון השרידי ולחלבון הבקטריאלי הדרושים ליצור. באופן מעשי, נתוני הפריקות מאפשרים להתמודד בצורה נכונה ואמיתית עם מגבלות חומר אורגני פריק, חלבון פריק וחלבון שרידי המוכנסות לתכנון מנות מעלי-גירה. יכולת זאת מהווה התקדמות בדרך לשיפור ביצועי מעלי-הגירה. בנוסף, השימוש בשיטה מאפשר הגדלת התזמון בין מקורות האנרגיה והחלבון בכרס ותומכת בייעול ההזנה על ידי חסכון במקורות חלבון יקרים והקטנת מזהמים (תרכובות חנקן) לסביבה. יכולת זאת מהווה התקדמות מהותית בדרך לשיפור ביצועי מעלי-הגירה, הגדלת החסכון והרווחיות ברפת, במרכז המזון ובמכון התערובת.

רשימת ספרות ומאמרים בנושא יישלחו לפי בקשה לדר' א. סמולר, ת"ד 283, גדרה 70752.

יש משמעות תזונתית רבה בהקשר של השפעה על תכולת המוצקים ובמיוחד תכולת החלבון בחלב. אם ברצוננו לדייק ולקבל יחס זה או לשנותו ולהתאימו ליצרנות בעל-החיים, אנו נדרשים לעבוד עם ערכי פריקות מדוייקים, הן בתכנון המנה והן בביצוע.

### מיתרונות השיטה

טכניקה ייחודית זאת לבדיקת פריקות מזוונת נמצאה במהלך שנת העבודה הראשונה של המעבדה, 1998, כבעלת יישומים מעשיים נרחבים כגון:

1. בדיקת איכות הירק – בדיקת פריקות של תחמיץ תירס אשר נקצר ללא מיעון לעומת מיעון, וכמו כן, בדיקת איכות ירק זון שנקצר במועדים שונים.
2. בדיקת איכות מזוונת – אפיון מזוונת חדשים, מוצרי לוואי של התעשייה המקומית שלא אופיינו עד כה או לחילופין, מוצרי מזון טרם הגעתם לארץ. עיקר העבודה מתבצע מול ספקי המזוונת.
3. בדיקת טיב מזוונת לאחר טיפול כימי – ישנם מזוונת שבשעות הראשונות להדגרתם, רמת הנעכלות שלהם נמוכה. ניתן לשפר נעכלות של חומרים על ידי טיפולים שונים. יעילות ואופן הטיפול נבדקים במעבדה (דוגמה: גרעיני כותנה מטופלים).
4. בדיקה השוואתית של מזוונת – השוואות זני מספוא שונים או מוצרים זהים המשווקים על ידי חברות שונות. דוגמה: במהלך עונת תחמיץ החיטה נבדקה הנעכלות של שני זני חיטה (אריאל ואיילון). אין ספק שהתוצאות שהתקבלו יעזרו בקביעת תוכנית המזרע של השנה הבאה.
5. השוואת מקורות חלבון שונים – בדקנו את

