

בופרים לפרות חולבות

ד"ר דוד דרורי, מינהל המחקר החקלאי

בלשון הכימאים "בופר" מציין חומר הבולם שינויים מהירים ב-pH, כלומר בחמיצות של תמיסה כלשהי, כאשר מוסיפים לה חומצה או בסיס. מערכות הבופרים הטובות הן לרוב צרוף של חומצה חלשה ומלחי החומצה הזאת. היות שחומצות האמינו הן חומצות חלשות והן מתנהגות גם כבסיסים חלשים בגלל קבוצת האמינו שבהן, חלבון כשלעצמו הוא בופר מצויין. בכרס ישנן חומצות חלשות רבות אחרות כגון אצטית, פרופיונית, בוטירית, פחמנית וכו'. כמו כן נמצאים בכרס גם קטיונים, כלומר יונים חיוביים של מתכות כגון אשלגן, נתרן, סידן ומגנזיום. לפיכך יש בה מערכת בופרים טובה יחסית ואמנם במרבית המחקרים ה-pH של הכרס נע בין 6.0 ל-7.0, תחום נוח למעלה הגרה ולחידקי הכרס.

על אף האמור לעיל, מחסור יחסי בקטיונים, שיעור גבוה של מזון מרוכז במנה ואכילה גסה גורמים לעתים לירידה ב-pH של מיץ הכרס כתוצאה מייצור מוגבר של חומצות אורגניות ובעיקר של חומצה לקטית (חומצת החלב). זוהי חומצה אורגנית חזקה למדי ומופיעה בשתי צורות, D ו- L , כאשר השניה מראה נטיה להצטבר. הסיבה לכך היא שרקמות מעלה הגרה, בכבד ובכרס, המשתמשות בחומצה לקטית, מתקשות להשתמש בצורה זאת בגלל חוסר האנזים המתאים. במקרים כאלה ה-pH של מיץ הכרס עשוי לרדת עד 4.5. חמיצות גבוהה בכרס עשויה לגרום לאצידוזיס כללי. אצידוזיס (חמיצות פתולוגית) הוא מצב שבו נספגות חומצות חזקות מחומצה פחמנית בשיעור העולה על זה שבו ניתן לסלק אותן מן הדם. לפיכך באצידוזיס יורד ה-pH של הדם. היות ובדם יש מערכות בופרים יעילות ביותר הירידה ב-pH אינה גדולה אך תוצאותיה חמורות ביותר. אצידוזיס גורם לשורה של שינויים פיזיולוגיים וביניהם שיתוק הכרס, לאחר מכן שיתוק מערכת העיכול כולה וחוסר תאבון חלקי או

מוחלט. בגלל איפיון האצידוזיס על ידי חומצה לקטית מכנים אותו לרוב "אצידוזיס לקטי"; עוצמת האצידוזיס הלקטי משתנה ואופיו עשוי להיות ממתון ובלתי מזיק עד לחריף עד כדי לגרימת מוות. משטר הזנה המלווה באצידוזיס לקטי כרוני עשוי לגרום לתופעות הבאות:

(א) פחיתה בייצור החומצה האצטית והגברת ייצור הפרופיונית.

(ב) פחיתה בשיעור השומן בחלב כתוצאה ישירה של (א).

(ג) דלקת רירית הכרס.

(ד) מוקדי מוגלה גדולים בכבד כתוצאה מחדירת חידקים דרך רירית הכרס הדלקתית והובלתם אל הכבד דרך הווריד השערי, תופעה נפוצה מאד במפטמות.

(ה) נפיחות הגפיים (למיניטיס) וצליעה.

אשר לתאבון, אין ספק שלמעלי הגרה יש כושר הסתגלות ניכר לאצידוזיס כרוני; אף על פי כן לעתים פוחתת צריכת המזון בעיקר כאשר המנה כוללת תחמיצים בעלי pH נמוך אשר בהם סך שיעורי החומצה האצטית והלקטית עשוי להגיע עד 12%.

במגמה לקדם אצל חולבות את הפחיתה בשומן החלב, את מוקדי המוגלה בכבד ואת נפיחות הגפיים וכדי להגביר את צריכת התחמיצים ניסו החוקרים להוסיף למנה מלחים בסיסיים שונים בשיעורים שונים. נעשו ניסויים בעיקר בדופחמת הנתרן (סודה לשתייה, $NaHCO_3$), בדופחמת האשלגן ($KHCO_3$), בתחמוצת המגנזיום (MgO), בפחמת המגנזיום ($MgCO_3$) ובפחמת הסידן ($CaCO_3$) המוכרת לנו כסידנית. למעשה אין החומרים הללו מערכות בופרים במשמעות הצרה של המלה כי אם מלחים ותחמוצות בסיסיים, אך הכינוי "בופר" דבק בהם בספרות וישמש גם כאן.

תוצאות הניסויים בחומרים הללו במשך עשרים השנים האחרונות היו טובות יותר אצל בקר לפיטום ומסוייגות יותר אצל חולבות.

מגביר את ייצור החומצה הלקטית אשר השפעתה המזיקה כבר נזכרה לעיל. מאידך לחץ אוסמוטי גבוה גורם למעבר מים מן הדם אל הכרס ובכך לפחיתת של עד 20% בנפח הפלזמה. מעבר נוזלים מן הדם אל הכרס מתרחש בעיקר על ידי הפרשת רוק ובמידה קטנה יותר על ידי מעבר ישיר של מים דרך רירית הכרס.

המאורעות השונים המתרחשים בכרס עם אביסת ארוחה גדולה מתוארים בציור 1. להשלמת התמונה בציור 1 יש לציון שרוק מעלה הגרה הוא בעיקרו של דבר תמיסה בסיסית המופקת מן הדם. הרכב הרוק מובא בטבלה 1; על פי הנתונים בטבלה זאת רוק מכיל 20% יותר נתרן (בסיס חזק) ו-84% פחות כלור (חומצה חזקה) מאשר סרום, כאשר את מקומו של הכלור תופשת החומצה הפחמנית (CO_2). גריעת

טבלה 1. ריכוזי המינרלים העיקריים ברוק ובסרום של מעלי הגרה (מיליאקוויוולנטים לליטר) לפי מקדוגל (17)

סרום	רוק	
150	180	נתרן
9	10	אשלגן
1.6	27	זרחן אנאורגני
105	17	כלור
25	98	פחמן דוחמצני

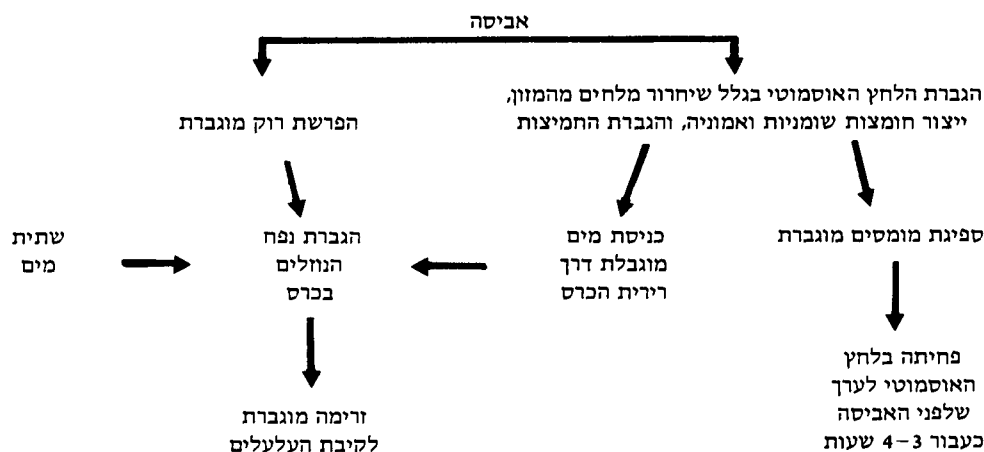
הבנת התוצאות מחייבת ידע פיזיולוגי רחב המובא כאן בקיצור.

ויסות יחסי חומצה – בסיס ולחץ אוסמוטי בחיה. מנגנוני בקרה הורמונליים ועצביים מקיימים בנזולי הגוף ויסות יעיל ומדויק ביותר של ה-pH ושל הלחץ האוסמוטי. האבר העיקרי הפעיל בשמירה על pH ולחץ אוסמוטי נורמליים הוא הכליה. אם ה-pH של הדם קרוב תמיד ל-7.4 והתנודות בו קטנות מאד (pH נמוך מ-7.0 או גבוה מ-7.8 גורם למוות) הרי שהכליה עשויה ליצר שתן בעל pH הנע בין 4.8 ל-9.0. מאידך אם הלחץ האוסמוטי של הדם הוא בערך 285 מיליאוסמול לליטר ומשתנה רק בשיעורים קטנים הרי שהכליה עשויה להפריש שתן בעל לחץ אוסמוטי הנע בין 50 ל-1,400 מיליאוסמול לליטר.

המסקנה היא ששינויים קטנים ב-pH ובלחץ האוסמוטי בדם קריטיים לבריאות החיה אך הם משתקפים בעיקר בשתן; בגלל קשיים טכניים ואנליטיים קשה לגלות אותם בבדיקות דם.

ויסות חומצה – בסיס ולחץ אוסמוטי בכרס: כאמור, בכרס ה-pH יכול לנוע בגבולות רחבים (4.5 עד 7.0) וכן גם הלחץ האוסמוטי. אף על פי כן ויסות שני הגורמים בכרס בגבולות סבירים חשוב למעלה הגרה. pH נמוך מעודד תסיסת סוכרים ועמילן ומפחית תסיסת תאית; בכך הוא

ציור 1. השינויים בכרס בעקבות אביסת ארוחה גדולה, לפי סקוט (23)



ספיגת הסידן היחסית הפוחתת עם עליית שיעורו במנה, נטען בעבר שאין להרבות בו, כי ממילא אינו עשוי לתקן את מאזן הסידן השלילי של גבוהת התנובה. טיעון זה, הנכון כשלעצמו, מתעלם מן העובדה שדווקא בגלל ספיגתו הנמוכה, סידן הוא הבופר האידאלי במעינים. נושא זה יידון להלן ביתר פירוט בסעיף המשנה הדין בהגברת נעילות העמילן במנה.

למגנזיום חשיבות קטנה יחסית כבופר. אמנם הוא ממלא תפקידים חיוניים רבים ויש סברה שהוא פעיל במישרין בתהליך ייצור השומן בעטין, אך תפקידו העיקרי כבופר מוגבל מפני שעודף מגנזיום גורם לשילשול.

הערות ביניים: כפי שנרמז לעיל, לפי שיקולים פיזיולוגיים, אשלגן וסידן הם הרצויים ביותר בין ארבעת הקטיונים העיקריים התורמים למאזן חומצה-בסיס ואלה הם דווקא הקטיונים הנמצאים בשפע במזון גס ובעיקר בקטניות. אין מחלוקת על כך שמנה המכילה שפע של מזון גס ובעיקר קטניות אינה זקוקה לתוספת של בופרים. הפרדוקס הוא בכך, שעד לפני שנים מספר עסקו רוב החוקרים בעיקר בשני הקטיונים האחרים: נתרן ומגנזיום. דבר זה יובן רק אם נזכור שתעשיות אדירות היו מוכנות לתמוך בשיווק שני החומרים הללו. יצרני המגנזיום עשויים להרוויח ממכירתו כתוספת מזון לחולבות ריווח נאה מאוד ויצרני הסודה לשתייה עשויים להרוויח עוד יותר. במשך שש השנים האחרונות ערך היצרן המוביל של סודה לשתייה בארצות הברית שני סימפוזיונים גדולים על נושא ויסות חומצה-בסיס באוניברסיטת אריזונה. זהו מאמץ גדול מצד יצרן חומר טריוויאלי יחסית. יצרן זה גם הפיץ חוברת הסברה מדעית על השימוש בסודה לשתייה להזנת בעלי חיים. זוהי חוברת מהודרת, מתוחכמת ומחוכמת ביותר אך המידע שבה אינו מעמיק, בלתי מאוזן ומגמתי באופן קיצוני. יצרן זה מממן גם מחקרים בשימוש בדופחמת הנתרן בהזנת מעלי גרה. פעילות כזאת מותרת על פי החוק וגם מועילה, אך בעיקר היא מוכיחה עד כמה גדולים ריווחי ייצור המוצר ושיווקו. שיווק הסידנית, שמחירה בשוק קטן פי 25 מזה של

בסיס מן הדם גורמת בהכרח להגברת חומציותו (ירידה ב-pH) וזו גורמת לחומציות השתן. בסיכום:

(1). אביסה גורמת בכרס ובעקבות זאת בדם ובשתן לירידת ה-pH ולעליית הלחץ האוסמוטי. (2). שני המאורעות הללו פועלים להפסקת האביסה עד שהמערכת כולה מתאזנת על ידי (א) הפרשת עודפי מלחים בשתן, (ב) ניטרול החמיצות, על ידי שימוש בחומצות השומניות לצורכי הגוף ולייצור חלב ועל ידי הפרשת חלקה בשתן, ו-(ג) מילוי הגרעון במים על ידי שתיה; כל התהליכים הללו דורשים זמן.

(3). התגובה המיידית של הגוף לאביסה היא הפרשת רוק, שהוא בעיקרו תמיסת דופחמת הנתרן, מן הדם אל הכרס.

החשיבות היחסית של הקטיונים העיקריים: לקטיונים יש תפקידים שונים בגוף מלבד שמירה על ה-pH ועל הלחץ האוסמוטי. ארבעת העיקריים חיוניים לחיה וכולם נמצאים במזונות בריכוזים שונים. ארבעת הקטיונים הללו הם: נתרן, אשלגן, סידן ומגנזיום. בתאים הקטיון העיקרי הוא אשלגן. בנוזלים שמחוץ לתא כולל הסרום, הקטיון העיקרי הוא נתרן. שניהם נספגים מהר ממערכת העיכול ועודפיהם נפרשים בעיקר בשתן. השיעורים המומלצים של אשלגן ונתרן לחולבות הם 0.18 ו-0.80% במנה, בהתאמה, כלומר יחס של 4.4 בין אשלגן לנתרן. יחס זה במזונות נע בין 4 ל-30 (!), דבר שאינו גורם לכל נזק. בגלל ריכוזו הגבוה של אשלגן מזונות גסים ובעיקר קטניות, אפשר לומר אצידוזיס במנות המכילות שיעור גבוה של מזונות גסים ובעיקר קטניות, אפשר לומר שאשלגן הוא הבופר הטבעי אצל מעלי הגרה.

סידן שונה מאוד מאשלגן ונתרן. הוא דו ערכי ומסיסותו קטנה מאוד. אם אצל מעלי גרה צעירים מאוד שיעור גבוה של סידן עשוי לגרום לנזק, הרי שמעלי גרה מבוגרים, שאצלם הכרס מתפקדת, עמידים לכמויות סידן גדולות פי כמה מן הדרוש. בשיעורי סידן גבוהים הספיגה יורדת (גבוהות תנובה נמצאות לרוב במאזן סידן שלילי גם כאשר יש מספיק סידן במנה) ורוב הסידן נשאר במערכת העיכול ונפרש בפרש. בגלל

כל המערכת בלי להגביר את הלחץ האוסמוטי. לכאורה, מבחינה כימית, גפרית עשויה להשפיע על מאזן חומצה-בסיס בחיה. למעשה תפקידה בשטח זה מצומצם. שיעור הגפרית האופטימלי במנה, בדומה לזה של זרחן, נקבע על ידי שיקולים שאין להם קשר עם מאזן חומצה-בסיס. בעקיפין, חסרונה של גפרית מגביר דווקא את חמיצות הכרס מפני שחסרונה מעודד התפתחות חידקים המיצרים חומצה לקטית.

בופרים טבעיים במזון: מן הנאמר לעיל משתמע שכמות הבופר או ליתר דיוק עודף הבסיס (titratable base) במזון גדל עם שיעור סכום האקוויוולנטים של ארבעת הקטיונים העיקריים: סידן, אשלגן, מגנזיום ונתרן וקטן עם שיעור הכלוריד שבנו. הכללה זאת מתעלמת מכושר הניטרול של חלבון וכמה חומרים אחרים, אך ניסויים רבים שבוצעו בעיקר באפר האספסת רומזים שזוהי הכללה טובה מאוד. על פי הכללה זאת אפשר לחשב ערך אחד לכל מזון כביטוי ל"עודף הבסיס" שבו והוא סכום הכמויות האקוויוולנטיות של סידן, אשלגן, מגנזיום ונתרן פחות הכמות האקוויוולנטית של כלור. בטבלה 2 הובאו ערכי עודף בסיס של כמה מזונות וקבוצות מזונות. ערכים אלה מראים שעודף הבסיס גדול בצמחים שלמים, קרי במזון גס, מאשר בזרעי הצמחים, קרי במזון מרוכז. הם

סודה לשתייה, אינו נתמך על ידי כוחות דומים אך על פי תוצאות המחקרים שפורסמו בשנים האחרונות (ראה להלן) זהו חומר הרבה יותר מבטיח מדופחמת הנתרן.

אניונים בגוף ובמזון: האניון העיקרי בתאי הגוף הוא הזרחן בצורתו הדו ערכית. בגלל תכונותיו הכימיות אפשר לראות בו בופר אמיתי. מלחי זרחן דו ערכיים ומלחי זרחן תלת ערכיים הם בסיסיים ויכולים לסתור חומצה כי הכליה מפרישה מלחי זרחן חד ערכיים. למרות זאת, מסיבות שלא כאן המקום לעמוד עליהן, אין כל הצדקה לשימוש במלחי זרחן כבופרים ויש להימנע מהאבסת עודפי זרחן בכל צורה שהיא (ראה רשימתי "זרחן לפרות חולבות" ב"משק הבקר והחלב" מס' 165).

האניון היציב העיקרי בנוזלים שמחוץ לתא הוא הכלוריד. זהו למעשה תפקידו היחיד של הכלור בגוף. במזונות יש תמיד כמות מספקת של כלור והכליה יכולה לחסוך כלור ולצמצם את הפרשתו למינימום. כאניון חזק תורם הכלוריד חמיצות ובמלח בישול הוא מנטרל את הנתרן. לפיכך מלח בישול אינו בופר. מלח בישול מגביר רק את הלחץ האוסמוטי ולכן אין להאבסו בעודף. היות ובמזון יש מספיק כלור והיות שהוא מנטרל את הנתרן, הדרך האידיאלית להקטין את חמיצות המנה היא להחליף מלח בישול בדופחמת הנתרן; זה יעלה את ה-pH של

טבלה 2. שיעורי "בופר" (עודף בסיס) בכמה מזונות נפוצים (אקוויוולנטים לק"ג חומר יבש)¹

"בופר"	אניון כלור	קטיונים עיקריים					
		ס"ה	נתרן	מגנזיום	אשלגן	סידן	
2.15	0.10	2.25	0.10	0.21	0.71	1.23	שחת אספסת
1.55	0.11	1.66	0.13	0.28	0.58	0.71	קטניות אחרות
1.31	0.02	1.33	0.48	0.12	0.24	0.49	מי גבינה
1.12	0.01	1.13	0.13	0.25	0.57	0.18	כוספת סויה
1.02	0.02	1.04	0.03	0.51	0.36	0.14	תחמיץ חיטה
0.91	0.02	0.93	0.03	0.48	0.36	0.06	סובי חיטה
0.80	0.01	0.81	0.13	0.29	0.31	0.10	גרעיני כותנה
0.47	0.15	0.62	0.10	0.10	0.32	0.10	שחת דגן
0.39	0.07	0.46	0.00	0.02	0.27	0.17	תחמיץ תירס
0.22	0.05	0.27	0.01	0.13	0.11	0.02	גרעיני דגניים

1 על פי הרכבים בטבלות המזונות של המלצות המועצה הלאומית למחקר (ארה"ב) (1978)

החומציות בדם. שנית, היא מתעלמת מכך שדווקא חומצה בלתי נדיפה, החומצה הלקטית הנוצרת בעיקר מעמילן וסוכר, היא חומצה חזקה העשויה להיספג ולגרום לירידה מסוכנת של pH הדם, בעיקר כאשר מצטבר האיזומר D של החומצה שאין הרקמות יכולות לנצל כראוי. ושלישית, היא מתעלמת מן העיקר והוא שמזון גם מספק במנה פי שניים עד פי חמישה יותר בופרים מאשר מזון מרוכז בעיקר בצורת אשלגן וסידן (ראה טבלה 2).

כדוגמה לגישה צרת אופק זאת הבאתי בשלמותה את הטבלה היחידה הכלולה במאמר על "שימוש בבופרים במנות בקר לחלב" שפורסם בדו"ח של סימפוזיון בפלורידה בשנת 1980 (טבלה 3). הנתונים בטבלה זאת נכונים ומאלפים ביותר אך הם לוקים בחסר: לא הובאו כמויות עודף הבסיס במנות השונות ולא הובא גם כל מידע על שיעור החומצה הלקטית בכרס. עיון בטבלה יוצר רושם שה-pH של מיץ הכרס ושאר התוצאות נגרמו על ידי השינוי בשיעור התאית בלבד! זהו רושם מוטעה. השינויים ב-pH, ביחס בין חומצה אצטית לפרופיונית ובשיעור השומן בחלב הם תוצאה של:

א. הפחתת עודף הבסיס המינרלי במנה.

טבלה 3. שינויים אופייניים במנה ובפרה החולבת הקשורים בשיעור המזון הגס במנה, לפי מרטנס (19)

משתנה	מזון גס ארוך במנה, %					
	0	20	40	60	80	100
תאית דטרגנט נייטרלי * (%)	14	25	36	48	59	70
תאית (%)	4	10	16	22	28	34
pH כרס	5.3	5.8	6.2	6.5	6.7	6.8
זמן לעיסה (דקות ליום)	340	660	820	900	940	960
נפח רוק (ליטר ליום)	125	157	173	181	186	189
ביקרבונט ברוק (ק"ג ליום)	1.54	1.95	2.13	2.27	2.31	2.36
חומצות שומניות נדיפות בכרס (מילימול לליטר)	135	125	115	105	95	85
חומצה אצטית (מילימול לליטר)	54	60	63	64	63	60
חומצה פרופיונית (מילימול לליטר)	54	41	31	23	17	13
יחס אצטית לפרופיונית	1.0	1.5	2.0	2.8	3.7	4.6
שיעור שומן בחלב (%)	1.0	2.4	3.4	3.5	3.5	3.5

* Neutral detergent fiber

גם מראים שקטניות עשירות בעודף בסיס בערך פי חמש מאשר דגניים. במיוחד יש לשים לב לכך ששחת אספסת עשירה בעודף בסיס פי עשר, כלומר בסדר גודל אחד, מגרידי הדגניים תירס, שעורה וסורגום. מאידך על פי שיעור עודף הבסיס שבהם, מי גבינה וכוספת סויה קרובים יותר למזונות הגסים מאשר למרוכזים.

השיעור וההרכב של הבופרים במזונות השונים לא קיבלו תשומת לב מתאימה באיטרפרטציה של ניסויים רבים מאוד בנושא יחסי מזון גס ומזון מרוכז. אמנם הספרות הישנה מדגישה את חשיבות הענין אך בהעדר ידע פיזיולוגי מבוסס היא שטחית ביותר. הדגש בספרות המתפרסמת בשנים האחרונות הוא על כך שמעבר ממזון גס למזון מרוכז גורם לשתי תופעות:

א. הוא מקטין את הפרשת הרוק ומאפשר בכך ירידה של ה-pH בכרס;

ב. הוא מגביר את ריכוז החומצות השומניות הנדיפות בכרס.

גישה זאת מתעלמת מכמה נקודות חשובות. ראשית, היא מתעלמת מן העובדה שהפרשת רוק איננה פותרת את בעיית אספקת הבופרים במזון שהרי היא גוזלת בסיס מן הדם ומעבירה אותו לכרס (ראה טבלה 1), וגורמת בכך לעליית

תהיה תלויה בכמות עודף הבסיס שיש כבר במנת היסוד. קביעה זאת היא מובנת מאליה. אף על פי כן, למרבית הצער, בין עשרות העבודות שפורסמו בנושא זה כמעט ולא נמצאה אחת אשר מנתוניה אפשר לעמוד על שיעורי הסיידן, האשלגן, המגנזיום, הנתרן והכלור שבטיפול ההיקש ובטיפול הנסיוני. מידע על שיעורי היסודות הללו חשוב לא רק כדי לחשב את שיעור עודף הבסיס במנות, אלא מטעמים אחרים נוספים. פרט לכלור, חיוניים היסודות הללו לחיה כל אחד לחוד ולא רק כבופרים. חוסר או עודף באחד מהם או ביותר מאחד מהיסודות הללו עשוי לפגוע במבצעי החיה ללא קשר עם שיעור עודף הבסיס במנה. במקרים כאלה תוספת של היסוד החסר שהוגש כבופר כביכול, עשויה לשפר את המבצעים גם על ידי סילוק המחסור הספציפי של היסוד החסר או על ידי תיקון מאזן שהופר בין שני יסודות, וזאת ללא כל קשר עם תרומתו כבופר. דוגמה קיצונית לניסוי מסוג זה היא עבודתם של באן ומטרון (4). בעבודה זאת הגבירה תוספת משולבת של 6% דופחמת הנתרן ו-4% דופחמת האשלגן את צריכת הטלאים פי חמש ואת נצילות המזון פי שלוש. מן הסתם צריכת קבוצת ההיקש היתה נמוכה מאוד. החוקרים ייחסו את התוצאה הזאת להשפעת הקטיונים שנוספו למנה, אשר על פי גירסתם צימצמו בהרבה את ייצור החומצה הלקטית בכרס. בדיקה יסודית של העבודה מוכיחה שטיפול ההיקש הכיל רק 0.32% אשלגן, פחות ממחצית הכמות הדרושה לגדילה תקינה (0.80%) ללא קשר עם ה-pH של מיץ הכרס. לכן, בראש וראשונה תיקן הטיפול מחסור חמור באשלגן. אמנם התוצאות רומזות שהטיפול השפיע גם כבופר, אך מרבית השפעתו הדרמטית היתה כנראה קשורה לתיקון מחסור ספציפי באשלגן שנעלם מעיני החוקרים. באותו ניסוי יש להניח שהטלאים סבלו גם מחסר במגנזיום (0.09% במקום 0.16% כדרוש) ומעודף של כלור (0.6% במקום פחות מ-0.1% הדרוש), עודף שהבופרים נטו לנטרל.

הדוגמה הנ"ל היא קיצונית, אך בכל שאר הניסויים העוסקים בבופרים לא הובאו נתונים

ב. הגברת ריכוז החומצה הלקטית הנוצרת מעמילן.

מכלול העובדות שתואר לעיל חשוב גם להבנת תוצאות המחקרים הרבים העוסקים בהשפעת היחס בין מזון גס למזון מרוכז במנה, על בקר. עם הגברת שיעור המזון המרוכז במנה, נמצאה, בנוסף למגמות המובאות בטבלה 3, עליה בשיעור ההפרעות המטאבוליות ובעיקר באצידוזיס לקטי על כל היבטיו. לפי הגירסה הפשטנית המקובלת הסיבה לכך היא הפחיתה בשיעור התאית במנה. למעשה מתעלמים רוב החוקרים מן העובדה שהגברת שיעור המזון המרוכז במנה מסלק ממנה את רוב הסיידן והאשלגן, ומן הסתם המלצות למנות משקיות "אופטימליות" ניתנות בהסתמך על שיעור התאית במנה בלבד וללא כל התחשבות בשיעור עודף הבסיס שבה, כמוגדר לעיל. גם בהמלצות המועצה הלאומית למחקר של ארה"ב (1978), יש דברים ברוח זו בפרק האחרון "היבטים מיוחדים של הזנת בקר לחלב" בפסקות על מזון גס ועל "תוספות בלתי מזינות". התוצאה היא שאין שימוש ראוי לשמו במידע הקיים על שיעור הבופרים הטבעיים במזונות אשר תלוי בארבעת הקטיונים העיקריים וכלור, ואין מעודדים אנליזות מזון למרכיבים הללו, פרט לסיידן. יש להניח שבמקרים רבים של שיפור מבצעי החולבות המושג עם הגברת שיעור המזון הגס במנה, בעיקר כאשר מדובר באספסת או קטניות אחרות, או עם הגברת שיעור החלבון, בעיקר על ידי כוספת סויה, נגרם שיפור זה, חלקו או כולו, על ידי שיעור הקטיונים הגדול במזונות הללו. קשה להבין מצב עניינים זה, בעיקר לאור העובדה שבניסויים אין ספור שנערכו בשנות החמישים והששים, אפר אספסת הוכיח את עצמו כתערובת המינרלים האידיאלית למעלי הגרה (סקירה מפורטת על נושא זה כתבתי לפני עשר שנים: "גורמי גדילה בקמח אספסת למעלי גרה", השדה נ"א, 665 ו-794).

"מוקשים" בעריכת ניסויים בתוספות של בופרים למנה: מן הנאמר לעיל משתמע שהשפעתה של תוספת בופר זה או אחר למנה

בהם היתה במנה אספסת, צימצמה הוספת הבופרים את צריכת המזון המרוכז. רק בניסוי אחד (25) שבו המזון הגס היה צמח האנס לא נפגעה הצריכה. בחמישה ניסויים אחרים היתה הפחיתה בצריכה 6, 8, 16, 20 ו-24 אחוז. עם זאת פחתה גם התנובה בכ-10 אחוז. בניסויים בהם נשקלו הפרות הסתמנה גם מגמה של פחיתה במשקל הגוף בהשפעת הוספת הבופרים. לדוגמה בעבודה של מילר וחוב' (20) הוגשו לפרות 0.9 ק"ג אספסת ליום ומזון מרוכז חופשי. הטיפולים היו:

א. 380 גרם דופחמת הנתרן.

ב. 450 גרם דופחמת האשלגן.

ג. 190 גרם פחמת המגנזיום לראש ליום.

שלושת הבופרים הגבירו את שיעור השומן בחלב מ-2.9 לכ-3.6%, אך הפחיתו את צריכת המזון המרוכז מ-14.9 ק"ג ליום ב-10 ו-16% בהתאמה, והפחיתו את שיעור העליה במשקל הגוף מ-1.100 ק"ג ליום לקרוב לאפס. את הגברת שיעור השומן בחלב מיחסים החוקרים לשינוי שחל ביחס בין חומצה אצטית לפרופיונית בכרס. יחס זה היה 1.32 בהיקש ו-1.73 בטיפולים.

ב. ניסויים במגמה להגביר את צריכת התחמיצים

שימור תחמיץ שהוכן כראוי, אך בלי שימוש בחומרים משמרים, תלוי בנוכחות חומצה אצטית ולקטית. ריכוזיהן בתחמיץ עשויים להגיע ל-8% ול-10%, בהתאמה, וסכום ריכוזיהן עשוי להגיע לכ-12% בחומר היבש; ה-pH של תחמיץ כזה עשוי לרדת ל-3.5 (3, 16). תחמיץ בעל חמיצות גבוהה (pH נמוך) עמיד מאוד ונשמר היטב אך צריכתו נפגעת. לכך יש סיבות רבות, אשר לא כאן המקום לעמוד עליהן, אך נוכחות החומצות וה-pH הנמוך הן הסיבות העיקריות והראיות לכך רבות. ראשית, הוכח בניסוי מאלף ביותר (27) שהזרמת כל אחת מחמש החומצות האורגניות המצויות בכרס (פורמית, אצטית, פרופיונית, בוטירית ולקטית) לתוכה גורמת להפסקת התנועתיות של הכרס בצאן בין pH 4.00 ל-5.26; אין החומצות

אנליטיים מלאים המאפשרים לקבוע את טיב מנת היסוד מבחינת שלמותה ביסודות הנ"ל.

ניסויים בהוספת בופרים למנות המוגשות לחולבות

כאמור לעיל, לא נלמד הנושא הזה באופן שיטתי ביותר על ידי החוקרים. רוב הניסויים בוצעו באופן אמפירי ביותר, במגמה יישומית ברורה וזאת הסיבה לכך שהמאמרים אינם מכילים נתונים בסיסיים חשובים. בגלל האופי היישומי של המחקר בשטח זה נוח גם לסקור את הניסויים על פי מגמותיהם. מגמות אלו הן לפחות ארבע:

א. הגברת שיעור השומן בחלב על מנות דלות במזון גס.

ב. הגברת צריכת התחמיצים.

ג. הגברת הצריכה בתקופה שלאחר ההמלטה.

ד. הגברת נעילות העמילן במנה.

א. ניסויים להגברת שיעור השומן בחלב

אלה היו אופנתיים משנת 1961 ועד אמצע שנות השבעים. בגלל העודפים הגדולים של הגרגירים בארה"ב ומחירים הנמוך האביסו בוקרים גרגירים בשפע ושיעור השומן בחלב פחת. חלב דל שומן משיג מחיר נמוך ולעתים אינו ניתן לשיווק בארה"ב. לפיכך חיפשו החוקרים דרכים להגברת שיעור השומן.

בניסויים מספר (5, 8, 9, 12, 20, 25, 26) נמצא שבופרים עשויים להגביר את אחוז השומן בחלב, לעתים במידה ניכרת. ניסויים אלה נעשו באמצע התחלובה והיו כולם קצרי מועד. במנת ההיקש שנועדה לייצור חלב דל שומן היו לרוב 1 עד 2 ק"ג שחת אספסת ומזון מרוכז חופשי. הבופרים שניתנו במזון המרוכז היו דופחמת הנתרן בשיעור של 2 עד 4 אחוז (150 עד 450 גרם לראש ליום), דופחמת האשלגן בכמויות דומות ותחמוצת המגנזיום או פחמת המגנזיום בשיעור שבין 1 ל-2 אחוז (50 עד 200 גרם לראש ליום). הבופרים הללו הגבירו במידה ניכרת את אחוז השומן בחלב, בתנאים שתוארו לעיל, אך זאת לא היתה השפעתם היחידה. בכל הניסויים

האורגניות שונות בכך מחומצה מלחית הגורמת לתוצאה דומה כאשר ה-pH בכרס יורד ל-4.71. שנית, הוכח שתוספת של חומצה אצטית או לקטית לתחמיצים פוגעת בצריכתם, אך ניטרול התחמיצים על ידי דופחמת הנתרן מגבירה את צריכתם (18, 22) עד 20%. שלישית, כאשר האבסת חומצה אצטית או לקטית פוגעת בצריכה, האבסת מלחי הנתרן של אותן החומצות, כלומר חומצה מנוטרלת, אינה פוגעת בצריכה (21, 24).

עוד בשנת 1943 מצא קינג (15), שניטרול תחמיץ שהוכן בעזרת תוספת של 0.7% חומצה זרחנית, מגביר את הצריכה; הניטרול נעשה בעזרת דופחמת הנתרן ובסידנית. אין ספק שתוספת בופרים מגבירה את צריכת התחמיצים ככל שהם חמוצים יותר. עם זאת עדיף לפתור את בעית צריכת התחמיצים על ידי שימוש בחומרים משמרים להכנת תחמיץ; אחדים מאלה ימתנו את הצטברות החומצות בתחמיצים בנוסף להשפעות חיוביות אחרות. גם שחמיץ הוא פחות חמוץ מרוב התחמיצים.

ג. הגברת הצריכה בתקופה שלאחר ההמלטה

שתי עבודות אשר הופיעו בשנת 1980 טוענות שבדקו במיוחד את השפעת הבופרים על מבצעי פרות חולבות במשך שמונה עד תשעה שבועות בלבד לאחר ההמלטה (11, 14). בעבודה הראשונה (11), נוסו שני בופרים:

טבלה 4. מבצעי פרות חלב על מנות עם תוספת של דופחמת הסידן ותחמוצת המגנזיום במשך שמונה שבועות לאחר ההמלטה, לפי ארדמן וחוב' (11)

תוספת בופרים			היקש	משתנה
NaHCO ₃ 1.5% MgO 0.8%	MgO 0.8%	NaHCO ₃ 1.5%		
20.6*	19.2	20.7*	18.5	צריכת חומר יבש, ק"ג ליום
38.3*	34.9	36.1	34.5	ייצור חלב, ק"ג ליום
4.05	3.62	3.96	3.80	שומן חלב, %
1.52*	1.22	1.38	1.24	שומן חלב, ק"ג ליום
38.1**	32.3	35.1	32.5	חמ"ש 4%, ק"ג ליום
-0.58	-0.36	0.10	-0.18	שינוי במשקל גוף, ק"ג ליום

* גדול מן ההיקש ומובהק ברמת $p < 0.05$

** גדול מן ההיקש ומובהק ברמת $p < 0.01$

טבלה 5. מבצעי פרות חלב על מנות עם תוספת של דופחמת הנתרן במשך
תשעה שבועות לאחר ההמלטה, לפי קילמר וחוב' (14)

משתנה	היקש	NaHCO ₃ 0.7% לאחר ההמלטה	NaHCO ₃ 0.6% לפני ההמלטה 0.7% לאחר ההמלטה
צריכת חומר יבש, ק"ג ליום	18.9	21.4 *	19.7
ייצור חלב, ק"ג ליום	29.7	32.5 **	32.5 **
שומן חלב, %	3.88	3.92	3.90
חמ"ש 4%, ק"ג ליום	28.9	31.9 **	31.7 **
שינוי במשקל גוף, ק"ג ליום	0.08	-0.32	-0.43

* גדול מן ההיקש ומובהק ברמת $p < 0.05$
** גדול מן ההיקש ומובהק ברמת $p < 0.01$

אך לאחר ההמלטה הוגשה להן מנה שהכילה 60% תחמיץ תירס ו-40% מזון מרוכז. עודפי הבסיס בשתי המנות ניתנים לחישוב; במנת ההכנה היה 1.05 אקוויולנט לק"ג ובמנת הייצור 0.80. הפרש זה קטן מאשר בעבודה של ארדמן וחוב', אך גם הוא בכיוון הבלתי רצוי. היות והמנה הכילה 60% תחמיץ תירס, גם כאן לפנינו מנה המזמינה אצידוזיס לקטי.

נתונים על התחמיצים, הרכבם וחמיצותם, אין בשתי העבודות ולא צויין גם אם הם הוכנו בעזרת חומרים משמרים. השפעת דופחמת הנתרן על צריכת התחמיצים כבר נידונה לעיל. אין מנוס מן המסקנה ששני הניסויים הנ"ל תוכנו כך שחמיצות המנה שלאחר ההמלטה תהיה גבוהה, ושהמעבר ממנת ההכנה למנת הייצור יהיה ממנה בסיסית למנה חמוצה, כלומר בניגוד לרצוי בממשק טוב. אין ספק שבמשטר הזנה כזה, לדופחמת הנתרן סיכוי מירבי להוכיח את יעילותה. אין להניח שהמחברים לא ידעו זאת. אדרבא, יש להניח שלכך התכוונו. בשתי העבודות צויין הקשר בין צריכת התחמיצים ודופחמת הנתרן, הידוע מזמן. שאלה אחרת היא מדוע לא נזכרה המלה "תחמיץ" בשמות שני המאמרים ומדוע הושם בהם הדגש על "ייצור לאחר ההמלטה". אולי יש קשר בין העובדה הזאת לבין העובדה ששתי העבודות הללו מומנו בחלקן על ידי היצרן המוביל של דופחמת הנתרן בארה"ב.

הסתגלות הפרות למנה שלאחר ההמלטה, בעיקר למנה עשירה באנרגיה. אולם זאת מסקנה כוללת מדי ובלתי מדויקת. בשתי העבודות הללו עברו הפרות עם ההמלטה ממנה בסיסית בעיקרה (מנה עשירה בבופרים טבעיים), למנה בעלת חמיצות גבוהה (מנה עשירה בחומצות ודלה בבופרים). בעבודה של ארדמן וחוב' הואבסו הפרות לפני ההמלטה בשחת אספסת חופשית ו-2.7 ק"ג מזון מרוכז ליום. אספסת מכילה עודף בסיס בשיעור גבוה מכל המזונות (ראה טבלה 2). מיד לאחר ההמלטה הועברו הפרות למנה המורכבת מ-40% תחמיץ תירס ו-60% מזון מרוכז, מנה המזמינה אצידוזיס לקטי. בגלל חוסר נתונים אנליטיים בפירסום, אי אפשר לעמוד על השיעור המדויק של עודף הבסיס המינרלי במנות ההכנה והייצור, אולם אומדן מבוסס על הרכבי המנות ותכולות המינרלים במזונות לפי טבלאות המועצה הלאומית למחקר של ארה"ב (1978), מראה שהערכים הללו היו כ-1.9 ו-0.65 אקוויולנטים לק"ג, בהתאמה. מעבר פתאומי ממנה בסיסית למנה חמוצה עם ההמלטה, פוגעת בתאבון. יתר על כן, מנה בעלת pH גבוה לפני ההמלטה מזמינה קדחת חלב. אספסת חופשית לפני ההמלטה מספקת גם עודף חלבון ולפיכך מזיקה לבריאות ויקרה.

בעבודה של קילמר וחוב' התמונה דומה מאוד. לפני ההמלטה הוגשו לפרות שחת דגן (85%) ומזון מרוכז (15%), מנה מאוזנת יחסית.

(סידנית). הסיבה לכך היא שנתרן ואשלגן נספגים במהירות ונפרשים בשתן; מגנזיום, מאידך, ניתן להכליל במנה רק בשיעור נמוך כי הוא משלשל. שלושתם יקרים לפחות פי עשר מסידן. סידן עודף על הכמות הנספגת, המוגבלת בכל המינים, והמוגש כפחמת הסידן בלבד, נשאר במערכת העיכול ושומר על pH מתאים לכל אורכה. לפיכך הפרש הוא מודד מצויין של pH במערכת העיכול. במנות עשירות בעמילן כל פחיתה של 0.1 pH של הפרש מלווה בעליה של 2% בשיעור העמילן בפרש. יתרון נוסף של סידנית הוא שמחירה כמעט מבוטל בהשוואה למחירי דופחמת הנתרן, האשלגן ומלחי המגנזיום המשמשים כבופרים.

3. בעבודותיהם האחרונות של וילר ונולד נמצא שיש סידניות שונות מאוד זו מזו במהירות תגובתן ולפיכך בפעילותן הביולוגית. פעילות זו תלויה

א. במבנה הגבישי של סלע המוצא ויב. בשטח הפנים (דרגת הטחינה) של החומר. להרכב הכימי חשיבות מועטה בלבד והוא למעשה איוו משתנה; כל הסידניות מכילות כ-39% סידן. סידנית מאבן גיר רכה טחונה היטב עשויה להיות פעילה פי מאה מסידנית עשויה מאבן סיד קשה או משיש. פותחו שיטות מעבדתיות מהימנות לבדיקת איכות הסידנית לבקר ועל הבוקרים יהיה להשתמש מעתה רק בסידניות הפעילות ביותר.

הגברת ועכלות העמילן במנה בעזרת סידנית נסקרת כאן בקיצור נמרץ, שכן הבאתי כבר שלוש רשימות על הנושא הזה ב"משק הבקר והחלב" (169, 173 ו-174). הפועל היוצא הרלוונטי לנושא הבופרים מן הממצאים של וילר ונולד הוא, שסידנית בעלת מהירות תגובה גדולה עשויה להתחרות בכל הבופרים האחרים מכל הבחינות, כלומר, בהגברת שיעור השומן בחלב, בהגברת צריכת התחמיצים ובהגברת הצריכה בראשית התחלובה (אם יוכח בכלל שבופר כלשהו יכול לחולל כזאת כאשר אין המנה חמוצה מאוד ולא היה מעבר פתאומי ממנה בסיסית למנה חמוצה) ולא רק בהגברת ועכלות העמילן במעי. בעבודתו האחרונה של וילר (29),

סעיף זה אפשר לסכם כך: דופחמת הנתרן מגבירה את צריכת התחמיצים בעלי pH נמוך. כאשר מנת ההכנה היא בסיסית (גבוהה בחומר אלקלי, כלומר באשלגן ו/או בסידן, כגון בקטניות), וכאשר עם ההמלטה עוברת הפרה פתאום למנה חמוצה מאוד (גבוהה בחומצות אורגניות ודלה בבופרים ובעיקר בסידן ובאשלגן) השפעת דופחמת הנתרן היא חיובית. עם זאת, חשוב לזכור ששחת אספסת מתאימה להאבסה אחרי ההמלטה ולא לפנייה. אספסת עשירה בבופרים, וכבר ציין דיבן (6) בסקירתו על נושא הבופרים, שבתוספת למנה המכילה אספסת הם פוגעים בצריכה מפני שאספסת בעצמה מספקת בופרים בשיעור גבוה.

ד. הגברת ועכלות העמילן במנה

בעבר הלא רחוק סברו החוקרים שמקום עיכול העמילן אצל מעלה הגרה הוא בכרס ואין עמילן רב עובר למעי. השקפה זאת היתה מבוססת על ניסויים בצאן. עתה ידוע שאצל בקר המצב שונה לחלוטין. אצל בקר לפיטום נמצא שעד 1 ק"ג עמילן ליום עבר מן הכרס אל המעי (13); אצל חולבות מצאו אליוט וקרפנטר (10) שעד 2.5 ק"ג עמילן עברו למעי במשך היום. יתר על כן, הם גם מצאו ששליש מן העמילן שעבר למעי יצא בפרש. מאוחר יותר מצאו וילר ונולד (28), שגם אצל בקר לפיטום שיעור העמילן בפרש עשוי להגיע ל-32% בחומר היבש. מאז המשיכו שני האחרונים לעסוק בנושא עיכול העמילן והגיעו לתוצאות מרשימות. עיקר ממצאיהם של וילר ונולד הם שלושה.

1. ועכלות העמילן במעי תלויה ב-pH של תוכן מערכת העיכול. הסיבה לכך היא שה-pH האופטימלי של עמילות הלב לב הוא 6.9; מתחת לערך זה ועכלות העמילן נפגעת.
2. הבופר האידיאלי לשמירה על ה-pH לכל אורך מערכת העיכול הוא פחמת הסידן

* מסקנות ברוח דומה נובעות מעבודות מספר שהוצגו במפגש השנתי האחרון של ה-American Dairy Science Association (1).

לגרום לחמיצות סיסטמית, המכונה אצידוזיס. 2. בתנאים הנ"ל, לרוב פוחת שיעור השומן בחלב. אצידוזיס פוגע בצריכה וגורם לתופעות קליניות כגון דלקת ריאת הכרס, מוקדי מוגלה בכבד, נפיחות הגפיים (למיניטיס), והפרעות במערכת העיכול (משמט הקיבה, התנפחות וקילקול קיבה). במקרים קיצוניים אצידוזיס גורם למוות.

3. עם האבסת מנה עשירה בעמילן ובעיקר של תירס (תחמיץ ו/או גרגירים) עובר שיעור ניכר ממנו את הכרס; כשליש מן העמילן עשוי להגיע לצפיעים. ב־pH 6.9 נעכלות העמילן במעי הדק היא אופטימלית. כל ירידה של 0.1 ב־pH של המעכל מגבירה את שיעור העמילן בפרש ב־2%.

4. מלחי סידן, אשלגן, מגנזיום ונתרן בסיסיים סותרים את החמיצות בכרס ו/או במעי ומונעים אצידוזיס. כלור סותר את ארבעת הנ"ל. מידע על ריכוזי חמשת היסודות הללו מאפשר לחשב את שיעור "עודף הבסיס" בכל מזון ומנה. 5. שיעור עודף הבסיס, סכום הכמויות של ארבעת המתכות הנ"ל פחות כמות הכלור באקוויוולנטים כימיים, במזונות, נע בין 0.2 א"ק לק"ג (אקוויוולנט לק"ג חומר יבש) בגרגירי הדגניים ועד 2.15 א"ק לק"ג באספסת. לפיכך יש באספסת לפחות שני גורמים המונעים חמיצות:

א. גורם עקיף – הרכבה האורגני (תאית, המיצלולוזה וחלבון);
ב. גורם ישיר – "עודף בסיס" מינרלי גבוה, כמוגדר לעיל.

6. מנה המספקת את כל המינרלים על פי המלצות המועצה הלאומית למחקר (ארה"ב 1978), מכילה "עודף בסיס" בשיעור של 0.66 א"ק לק"ג בלבד. כמות זאת אינה מספקת בתנאים שתוארו בסעיפים 1 עד 3, ויש להשלים את המנה במלחים בסיסיים כדי למנוע נזק.

7. אין בספרות המלצה לשיעור "עודף הבסיס" הרצוי במנה והנושא דורש מחקר כי לארבעת היסודות הנ"ל שמלחיהם הבסיסיים סותרים חמיצות אצל מעלה הגרה, השפעות פיזיולוגיות שונות. יש להניח שלמטרות כלליות

בה המנה הכילה 50% תחמיץ תירס, בניסוי ארוך מועד, במשך תחלובה שלמה, הגבירה הסידנית את הנוכלות של כל מרכיבי המנה אך בעיקר את זאת של עמילן, את ייצור החלב, את שיעור השומן שבו ואת תוספת המשקל של הפרות, בלי להשפיע על הצריכה. אמנם הניסוי בוצע בפרות שהניבו רק 5,500 ק"ג חלב לשנה אך הוא משכנע יותר לאין ערוך מאשר כל הניסויים קצרי המועד אשר בוצעו בבופרים האחרים. המחקר גם לא נתמך על ידי יצרן הסידנית. למרבית הצער גם בניסוי זה אין נתונים אנליטיים המאפשרים לחשב את שיעור עודף הבסיס במנות, אך ההבדל ביניהן קל לחישוב שכן הוא תוצאה של הפרש ב־0.9% סידן, המהווה הפרש של 0.45 אקוויוולנט לק"ג.

סיד

לאור העובדה שפעילות פחמת הנתרן (CaCO_3) כסידנית מסופקת, יש לשקול את השימוש במימת הסידן (Ca(OH)_2) קרי סיד, כבופר. על פי תכונותיו הכימיות סיד בצורת אבקה פעיל מכל סידנית. סיד הוגש למעלי גרה בניסויים מועטים אך באלה הוא הוכיח את עצמו. בניסוי בחולבות (26), הוכח שסיד שומר על שיעור השומן בחלב לא פחות מתחמוצת המגנזיום. בבקר לפיטום (7), הגבירו בופרים את מיבצעי הבקר; סיד עלה על דופחמת הנתרן ועל סידנית. בטלאים (2), הגביר הסיד את הצריכה יותר מדופחמת הנתרן או פחמת הנתרן. בארץ, בחודשים האחרונים, ניסו בוקרים להשתמש בסיד במקום סידנית. נמסר על הגברת שיעור השומן בחלב וההתרשמות הכללית היתה חיובית. עם זאת צויין שלא נוח להשתמש בסיד משום שהוא צורב.

סיכום

1. תחמיץ בעל חמיצות גבוהה, שיעור גבוה של מזון מרוכז, שיעור גבוה של פחמימות קלות עיכול (סוכר ועמילן), אכילה גסה, ומעבר חד ממנה בסיסית למנה חמוצה עשויים לגרום לריכוז גבוה של חומצות בכרס וספיגתן עשויה

"עודף בסיס" של 1.2 עד 1.6 א"ק לק"ג הוא סביר.

8. עד עתה עסקו החוקרים בעיקר באותם המינרלים הבסיסיים (בופרים) שייצורם ושייווים היה ריווחי ביותר והמחקר בהם נתמך לרוב על ידי גורמים מסחריים חזקים; אלה הם דופחמת הנתרן ותחמוצת המגנזיום. מלחי הסידן והאשלגן הוזנחו על אף שהם הבסיסים העיקריים במזונות הטבעיים. גם מבחינה פיזיולוגית וגם מבחינה כלכלית מעמד תחמוצת המגנזיום מופקפק ביותר ודופחמת הנתרן הוכיחה את עצמה רק בתנאים מלאכותיים וחרגים שנועדו לגרום לאצידוזיס.

9. בשנים האחרונות הוכח שפעילות פחמת הסידן (סידנית) במערכת העיכול של בקר נעה בנבולות רחבים מאוד, בהתאם למבנה הגבישי ולדרגת הטחינה, ובצורתה הפעילה ביותר עשויה פחמת הסידן להיות התרופה היעילה והזולה ביותר למכלול המפגעים שתוארו בסעיפים 1 עד 3. מידע כימי ומידע נסיוני מוגבל רומזים גם שמימת הסידן (סיד) עשויה למלא את אותו התפקיד באופן עוד יותר יעיל.

א. בניסויים ארוכי מועד, מבוקרים ובלתי מגמתיים, דופחמת הנתרן ותחמוצת המגנזיום לא הוכיחו את עצמן כראויות להכללה שיגרתית במנת החולבות. דיעה זאת קיבלה אישור בעבודות מספר (1), שהוצגו במפגש השנתי של האגודה האמריקאית למדעי החלב בתחילת יולי 1981, לקראת תום כתיבת הסקירה הזאת.

ב. נראה שסידינית בצורתה הפעילה היא הבורר היעיל ביותר במחינה פיזיולוגית וכלכלית כאחת.

1. ADSA Annual Meeting. 1981. Abstracts P156 - P161. *J. Dairy Sci.* Suppl.1, 134 - 136.
2. Bhattacharva & Warner. 1968. *J. Animal Sci.* 27, 1418.
3. Brown & Radcliffe. 1972. *Austral. J. agric. Sci.* 23, 25.
4. Bunn & Matrone. 1968. *J. Nutrition* 95, 122.
5. Davis et al. 1964. *J. Dairy Sci.* 47, 1217.
6. Diven. 1975. *Feedstuffs* No. 31, p.21 & No. 32 p. 23.
7. Emery et al. 1968. 12th Annual Beef Cattle Day. South Dakota State Univ. Brookings. (c.f. Diven, 1975).
8. Emery & Brown. 1961. *J. Dairy Sci.* 44, 1890.
9. Emery et al. 1965. *J. Dairy Sci.* 48, 1647.
10. Elliott & Carpenter. 1974. Cornell Nutrition Conference, Proc. p. 22.
11. Erdman et al. 1980. *J. Dairy Sci.* 63, 923.
12. Huber et al. 1969. *J. Dairy Sci.* 52, 54.
13. Karr et al. 1966. *J. Animal Sci.* 25, 652.
14. Kilmer et al. 1980. *J. Dairy Sci.* 63, 2026.
15. King. 1943. *J. Dairy Sci.* 26, 975
16. McDonald et al. 1969. *Animal Nutrition*. Oliver & Boyd, Edinburgh.
17. McDougal. 1948. *Biochem J.* 43, 99.
18. McLeod et al. 1970. *J. agric. Sci.* 75, 311.
19. Mertens. 1980. 17th Florida Dairy Production Conference, Univ. of Fla., Gainesville.
20. Miller et al. 1965. *J. Dairy Sci.* 48, 1455.
21. Montgomery et al. 1963. *J. Dairy Sci.* 46, 1380.
22. Orth & Kaufman. 1966. *Z. Tierphysiol. Tierernaehr. Futtermittelf.* 21, 350.
23. Scott. 1975. Changes in mineral, water and acid-base balance associated with feeding and diet. In: IV Intern'l Symposium on Ruminant Physiology. McDonald, I.W. (ed.) Univ. of New England, Armidale, Australia.
24. Snell & Owen. 1966. *J. Dairy Sci.* 49, 1075.
25. Stanley et al. 1972. *J. Dairy Sci.* 55, 850.
26. Thomas & Emery. 1969. *J. Dairy Sci.* 52, 60.
27. Upton et al. 1977. *Nutrition Soc. Proc.* 36, 9A.
28. Wheeler & Moller. 1977. *J. Animal. Sci.* 44, 131.
29. Wheeler. 1980. *J. Dairy Sci.* 63, 1948.

[illegible]

מספר הטלפון שלנו הוא 065-92376/7

פלדות קיסלוק עפולה

ב