בחינת השונות הקיימת בתוצאות הבדיקות הכימיות של שני מזונות גסים מייצגים, תחמיץ וחציר חיטה, אשר נבדקו על ידי 5 מעבדות

מגיש העבודה: עומרי דורי; ת.ז. 208182600

המנחה: דר' רן סולומון

תוכן עניינים

תקציר 3
מבוא 4
מטרות העבודה 6
שיטות העבודה 6
תוצאות ודיון 7
רשימת ספרות 10
נספחים 11

בחינת השונות הקיימת בתוצאות הבדיקות הכימיות של שני מזונות גסים מייצגים, תחמיץ וחציר חיטה, אשר נבדקו על ידי 5 מעבדות

עומרי דורי, רפת מענית

תקציר

רקע - בעשור האחרון עוברת הרפת הישראלית שינויים רבים הכוללים בנייה והגדלת יחידות הייצור, השקעות באיכות סביבה וירידה ברווחיות. בתנאים אלה יש חשיבות מרובה לניהול מיטבי, בקרת איכות בייצור, במיוחד לגבי ממשק ההזנה, המהווה כ-60-70% מההוצאות. לאור זאת, המעבר לחקלאות מדייקת, תפס תאוצה, כל הקפדה על דגימות המזון, אנליזה של המזונות, ושימוש במודלים מתקדמים. בעבר, פורסמו פרוטוקולים לבדיקות כימיות, וכן נעשו ring tests (בדיקת השוואת תוצאות האנליזה בין מעבדות לגבי מזונות שונים). תוצאות בדיקות אלו הראו מקדם שונות גבוה בין המעבדות לחלק מהפרמטרים והמזונות, שבעקבותיהם נעשה ניסיון להגיע עם המעבדות לפרוטוקולים מוסכמים של עבודה אנליטית. גם כיום, קיים לעיתים חוסר נחת מהתוצאות המתקבלות ממעבדות אנליטיות, שלא תמיד עולות בקנה אחד עם סטנדרטים מקובלים של מזונות, ובעיקר מזונות גסים.

מטרות העבודה היו: 1 - בחינת השונות באנליזה כימית בין 5 מעבדות המקובלות בארץ (ring test), לגבי שני מזונות גסים - חציר חיטה ותחמיץ חיטה; 2 – להעריך את השונות המתקבלת בין אנליזה כימית לבין אנליזת NIR באותן מעבדות אשר מבצעות את שתי סוגי האנליזות; 3 – לאחר אפיון מרכיבי השונות הנ"ל, ייקבע דיון עם נציגי המעבדות לטובת הבנת גורמי השונות בתוצאות כמטרה לצמצמם ככל שאפשר.

חומרים ושיטות: המעבדות שנבחרו היו: אמבר, צמח/דיירי-לנד, מילודע, סמולר ועין הנציב. הדוגמאות: חציר חיטה, טחון 1 מ"מ; תחמיץ חיטה, מיובש 65 מ"צ/48 שעות, טחון 1 מ"מ. הפרמטרים שנבדקו היו: חלבון כללי, aNDFom אפר, סידן ואשלגן – פרמטרים בסיסיים הנדרשים לטובת פורמולציה של מנת חולבות ויבשות.

תוצאות: תוצאות הבדיקות של כל המזונות, שהתקבלו מכל המעבדות, סוכמו ונותחו לכל פרמטר כימי נבדק, לממוצע (AVG), סטיית תקן (STDEV), ומקדם השונות (CV). לצורך הערכת הפרמטר הכימי, בו קיימת השונות הגבוהה ביותר בין כל המעבדות, חושב ערך ממוצע של כל ערכי ה-CV בין שני המזונות (AVG-CV), לגבי כל פרמטר כימי בנפרד. להלן הערכים שהתקבלו לגבי AVG-CV, בסדר עולה (ערך נמוך=מיטבי; ערך גבוה = לא מיטבי): לחומר יבש - 0.79% - ערך נמוך מאד; ל-aNDFom – 3.36% - ערך מצוין ומפתיע; לחלבון כללי – 4.89% - ערך טוב וסביר מאד; לאפר – 5.23% - ערך מצוין; לאשלגן – 13.5% - ערך גבוה וחורג מהתחום המקובל. לסידן – 21.9% - ערך גבוה מאד וחריג ביותר מהתחום המקובל של ערכי CV; חשוב לציין שהערכים הנ"ל מהווים שיפור ניכר בהשוואה ל-ring tests שנעשו בעבר, במיוחד לגבי הפרמטרים האורגנים, אך גם לגבי האפר, ויש להניח ששיפור זה נובע מטיפול קפדני יותר בדוגמאות וכן, הקפדה על פרוטוקולים אנליטיים. לגבי המינרלים סידן ואשלגן, ערכי ה-CV היו חריגים והרחק מחוץ לתחום המקובל של 5-10%. דיון בנושא עם מנהלי המעבדות יתבצע בעתיד הקרוב, לטובת הבנה מעמיקה יותר של התוצאות והדרכים לשיפורם.

הערה: העבודה הוגשה במסגרת עבודת גמר של קורס רפת מקדם, לימודי חוץ, הפקולטה לחקלאות; העבודה לא תוקצבה, ועלות הבדיקות כוסתה על ידי המעבדת הבודקות, ועל כך תודתנו הרבה!

מבוא

בשנות האלפיים עברה הרפת הישראלית שינויים רבים הכוללים הגדלת יחידות הייצור, שיפור המבנים והקפדה על רווחת הפרה, תוך עמידה בתקנות מחמירות של איכות סביבה, וחשוב במיוחד - הקטנת רווחיות הייצור, כמגמה מתמשכת ומדאיגה. בתנאים אלה של השקעות רבות מחד, והקטנת הרווחיות מאידך, יש חשיבות מרובה לניהול מיטבי תוך שימת דגש רב על בקרת איכות בייצור. בהקשר זה, מרכיב המזונות וההזנה מקבל תשומת לב מיוחדת משום שהוא מהווה כ-60-70% מהוצאות הרפת, וכ50-60% מההכנסות; כורח המציאות הוא מעבר "להזנה מדייקת" ככל שניתן.

ועדת ההזנה של הנהלת ענף בקר פרסמה בעשורים האחרונים מספר עלונים הקשורים בשיפור האיכות ובקרת האיכות, כמו: דגימה נכונה מהי ובדיקת חומר יבש תקינה (1); קביעת פרמטרים של איכות בחצירים לצורך תשלום פרס/קנס (2); קביעת פרמטרים של איכות בתחמיצים לצורך תשלום פרס/קנס (3); ובעבר הרחוק מאד, בעת שהיו כ-4-5 מעבדות בודקות בלבד, פורסם פרוטוקול סטנדרטיזציה לשיטות בדיקה כימית הנפוצות למזונות למע"ג (שיטות כימיה רטובות, 4). בעקבות הפרוטוקול שפורסם, בוצע ring test (מבחן השוואת תוצאות אנליזה של דוגמא, בין מעבדות שונות) אשר בחן את השונות שהתקבלה בין המעבדות השונות בסל של כ-10 מזונות עיקריים המקובלים ברפת. הממצאים העיקריים שהתקבלו היו: מקדם שונות גבוה ביותר בפרמטרים הבאים: חומר יבש (שיטות ייבוש לא אחידות) NDF, ADF (אי שימוש במטחנות סטנדרטיות, אי שימוש בעמילאזות) וסידן (נעשה שימוש בשיטות שונות לקביעת סידן); וכן אפר בחצירים; מקדם השונות היה סביר לזרחן ולחלבון (5). בעקבות ממצאי העבודה כונסו נציגי המעבדות ולובנו הנקודות האנליטיות שתרמו לשונות, למשל: איכות טחינה, שימוש בעמילאזות בבדיקות NDF, איך בודקים/מתקנים ל-% ח"י, ועוד. בהמשך נעשה ניסיון אמיתי ליישר קו ב"פרוטוקולי הבישול" והכנת הדוגמאות בין המעבדות. לפני כ-20 שנה בוצע ring test נוסף, בו נשלחו דוגמאות מזון, מיובשות (תחמיצים בעיקר) ואחרות, כולן באותו מצב פיזיקאלי, טחונות 1 מ"מ. דוגמאות זהות אלו נבחנו לאנליזות המקובלות באותה תקופה, ואופיינה השונות (6, 7).

מה השתנה מאז? נוספו מעבדות חדשות, נוספו עדכונים לאנליזות חדשות, המותאמות למודלים חדשים (למשל המודל של קורנל – CNCPS, ובמתכונתו המסחרית, NDS או AMTS, החוזים את פוטנציאל היצור של פרה מאופיינת; חיזוי מדויק דרש אנליזות מורכבות אשר מרביתן לא היו זמינות בארץ, כך שנדרש משלוח דוגמאות לכימיה או ל-NIR במעבדות חול, או סריקה ל-NIR, שליחת קובץ הספקטרה לחול וקבלת התוצאה על סמך מסד נתונים מכויל בחול. סט אנליזות כזה התואם דרישות מודל, עלותו גבוהה מאד במיוחד כשמתבצעת אנליזת כימיה.

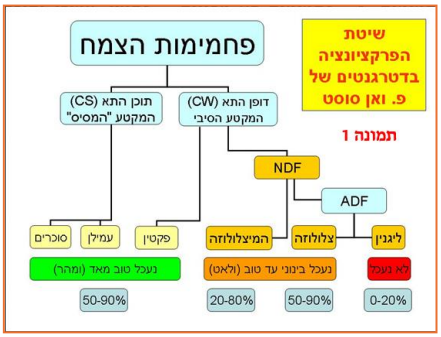
מאידך, קיימת אופציה נוספת, והיא שימוש בסט אנליזות בסיסי ביותר, שהוא המינימום הנדרש כדי להריץ מנה בסיסית לפרות מניבות, העונה על מרבית הדרישות התזונתיות של פרות אלו. היות והעבודה הנוכחית הוגשה במסגרת עבודת גמר של קורס רפת מתקדם (לימודי חוץ של הפקולטה לחקלאות), והיות והיא לא תוקצבה, עלות האנליזות הייתה על חשבון המעבדות הבודקות (פרו-בונו), ולכן הקף העבודה היה מצומצם, הן ברמת סט אנליזות בסיסי, והן ברמת המזונות שהשתתפות (2 מזונות גסים נבחרים). סט בסיסי זה כלל: חומר יבש, חלבון כללי, aNDFom, אפר, סידן ואשלגן. להלן המשמעות התזונתית/היצרנית/הפיסיולוגית של כל פרמטר:

חומר יבש – התזונה והזנה ברפת החלב מתבססים על חומר יבש, דהיינו – הרכב הנוטריינטים בחומר המזוני, מבוסס על חומר נטול מים. בכל החומרים שמכילים מים, % החומר היבש נקבע בייבוש בתנור 105 מ"צ/24 שעות ובתחמיצים – 65 מ"צ/48 שעות. היות

ומרבית האנליזות מתבצעות על חומרים מיובשים, הליך הייבוש דומה לזה של ייבוש תחמיצים כאמור לעיל (ראו חומרים ושיטות). לרוב השונות המתקבלת באנליזה זו היא נמוכה (1).

חלבון כללי – פרמטר בעל חשיבות עליונה, הן ברמה של ביצועי הייצור, והן ברמת צריכת המזון. מחסור בחלבון יפגע בביצועי החלב של הפרה, בעוד שעודפים עלולים לפגוע בפוריות מחד ובבזבוזי אנרגיה בגין היפטרות מעודפי החלבון בשתן (Urea Cost), וכן, זהום הסביבה בחנקן. מחסור בחלבון יגרום להרעבה של האוכלוסייה המיקרוביאלית בכרס, לפגיעה במסה שלה וכתוצאה – פגיעה בעיכול המזון/בשיעור הנוטריינטים הספיגים והזמינים לפרה, ואף בצריכת המזון (8). בעבר, בדיקת החלבון הכללי הייתה בשיטת קילדהל בלבד, או אז השונות שהתקבלה הייתה נמוכה/בינונית. כיום יש שיטות נוספות לבדיקת החלבון הכללי.

aNDFom – בדיקה כימית זו אמורה לכמת את שעור מרכיבי דופן התא הצמחי במזון, אשר נעכלותם מוגבלת (גם אצל מע"ג בהתאם למספוא המדובר) כך שלערך המתקבל יש השפעה הן על צריכת המזון, והן על נעכלותו על ידי האוכלוסייה המיקרוביאלית ברטיקולו-רומן (מיכל התסיסה האנאירובי שבשתי הקיבות הראשונות). משמעות האותיות בפרמטר: a – שימוש בעמילאזה בעת האנליזה, שמטרתה להמיס את המרכיב העמילני שקיים בדוגמא; NDF – Neutral Detergent Fiber – בישול הדוגמא בדטרגנט (ועוד מרכיבים) שמטרתו להמיס את ממברנת התאים, ולשחרר את מרכיבי הדוגמא המסיסים, אשר לרוב נעכלותם גבוהה (סוכרים מסיסים; עמילן; שומנים; אפר מסיס; פקטין). שעור החומר הנותר לאחר סינון, מייצג את כמות הסיב שמקורו בדופן התא שנעכלותו מוגבלת;



om – משמעותו חומר אורגני, דהיינו הסיב שנותר בסיום האנליזה אינו מכיל שאריות אפר/עפר בלתי מסיסים. ערך זה נקבע על ידי שריפת הדוגמא הנותרת לאחר הבישול, בתנור שריפה (550 מ"צ/5 שעות) וקביעת כמות האפר שנותרה. מעצם המורכבות של השיטה, השונות המתקבלת היא לרוב בינונית/גבוהה. האיור מתאר את עקרונות בדיקת ה-NDF ורכיביה. תמונה 1 מתארת את עקרונות השיטה, מקטעי המזון הנקבעים בעזרתה, ונעכלותם. לדיוק האנליטי בקביעת NDF משמעויות פרקטיות, בעיקר בנושא שילוב מזונות גסים במנה. הסיבה – הדרישה להכנסת מזון גס למנה נגזרת לרוב מהפרמטר "NDF ממזון גס" כך שריכוז ה-NDF בחציר, תחמיץ או קש, קובע את שעור שילובו במנה. אי דיוק, ושילוב נמוך או גבוה מידי של מזון גס, עלול לפגוע בצריכת המזון ואו בביצועי היצור (חלב ומוצקים) כמו גם בהפרעות מטבוליות כמו אצידוזיס (9).

סידן – לפרמטר זה חשיבות מרובה במיוחד לאור הדרישות התזונתיות הגבוהות של הפרה גבוהת התנובה לסידן (המופרש בחלב) וההשפעות הפיזיולוגיות/מטבוליות של עודף או מחסור בפרמטר זה. מחסור בסידן עלול לגרום להיפוקלצמיה קלינית (קדחת חלב - הפרעה מטבולית הגורמת לפגיעה עצבית עד שיתוק), ומחסור תת קליני ממושך מהווה סיכון לקבלת הפרעות מטבוליות נוספות (כמו דלקות רחם, קטוזיס, אצירת שליה ועוד). מאידך – עודפים בזמן התחלובה עלולים לגרום לפגיעה בספיגה של מינרלים אחרים (10). בעבר (6, 7) התקבל שהשונות בקביעת פרמטר זה היא גבוהה במיוחד, כנראה לאור השיטות השונות לקביעתו.

אשלגן – עודפים של פרמטר זה בתקופת היובש/ההכנה, במיוחד במזונות הגסים במנת הפרה היבשה, עלולים לגרום להשלכה שלילית על שיעור קדחות החלב לאחר ההמלטה; מאידך, לאחר ההמלטה רצוי שיעור גבוה של מינרל זה, כולל המלצות להוספה של מלחים המכילים אותו בתקופת היצור הגבוה (10). מאידך – עודפים בזמן התחלובה עלולים לגרום לפגיעה בספיגה של מינרלים אחרים. לאור

האמור לעיל ובמסגרת המגבלות, הוחלט לשלוח לאנליזה מעבדתית 2 דוגמאות מייצגות של מזונות גסים השכיחים בישראל – תחמיץ חיטה וחציר חיטה, ל-5 המעבדות העיקריות, הנותנות שירות בימים אלו לרפת הישראלית.

מטרת העבודה

1 - בחינת השונות באנליזה כימית בין 5 מעבדות המקובלות בארץ (ring test), לגבי שני מזונות גסים - חציר חיטה ותחמיץ חיטה.

2 – להעריך את השונות המתקבלת בין אנליזה כימית לבין אנליזת NIR באותן מעבדות אשר מבצעות את שתי סוגי האנליזות

3 – לאחר אפיון מרכיבי השונות הנ"ל, ייקבע דיון עם נציגי המעבדות לטובת הבנת גורמי השונות בתוצאות כמטרה לצמצמם ככל שאפשר.

שיטות העבודה:

מעבדות:

המעבדות שנבדקו היו: אמבר; צמח (דיירי 1); מילודע; סמולר, עין הנציב. היות ומטרת העבודה הייתה הערכת השונות, ולא איכות המעבדה, לא נקבעה מעבדה רפרנטית לטובת בחינה זו. בטבלאות סומנו המעבדות כ1-5; מקרא סימון זה שמור אצל מגיש העבודה. הפרויקט לא היה מתוקצב, כך שהאנליזות בוצעו על חשבון המעבדות הבודקות ועל כך תודתנו.

פרמטרים כימיים לבדיקה:

נקבעו הפרמטרים הבסיסיים ביותר: חומר יבש, חלבון כללי (CP), aNDFom, אפר, סידן, ואשלגן. פרמטרים אלו הם המינימום הנדרש והמקובל, על מנת לקבוע את הערך התזונתי של מזונות הרפת ועל מנת לבצע פורמולציה של מנות לשלוחות השונות בצורה בסיסית/מיטבית.

מזונות וטיפול בדוגמאות:

נבחרו שני מזונות גסים: תחמיץ חיטה וחציר חיטה שמקורם במרכז המזון של רפת מענית (עונה 2025). החציר נדגם בקידוח מייצג של כל הבלות שהגיעו למשק (בלה מכל פול חציר שהגיע לרפת; תמונות 2 ו-3) והתחמיץ נדגם מחזית הבור, בתצורת סינוס, בעזרת מעדר חפירה קטן (תמונה 4; ראו סימני החפירה). הקו המנחה בעבודה זו היה לבחון את השונות הנובעת מהפעולות המתבצעות במעבדה עצמה לאחר קבלת הדוגמאות. אי לכך הדוגמאות עברו בדיוק את אותו טיפול קודם לחלוקתן לדוגמאות משנה, ושליחתן למעבדות באמצעות שליח:

תחמיץ החיטה יובש בתנור בטמפרטורה 65 מ"צ/48 שעות; חציר החיטה נשמר כמו שהוא לאחר דגימתו; שני המזונות הגסים הנ"ל נטחנו במטחנת Retch גודל נפה של 1 מ"מ מה שאפשר : א – חלוקה הומוגנית וזהה לחלוטין של 2 המזונות בין 5 המעבדות המשתתפות; ב – הבאת 2 המזונות למעבדה בשלב מוכן לאנליזה, גרוס 1 מ"מ, מה שמוריד מסה"כ השונות בתוצאות האנליזות את מרכיב הטיפול בדוגמא ואת "איכות הגריסה". כל דוגמה חולקה לאחר הגריסה בין המעבדות עד תומה על מנת להבטיח חלוקה הומוגנית ככל האפשר. גודל הדוגמא הראשונית היה כ-1.5 ק"ג מה שהבטיח גודל דוגמא מינימאלי של כ-200 ג' לכל מעבדה. תוצאות האנליזות הגיעו במייל מהמעבדות והללו מוצגים בנספחים בסוף העבודה.

<u>ניתוח הנתונים:</u> כל הערכים מוצגים על בסיס חומר יבש. הערכים שחושבו נקבעו בעזרת נוסחאות של אקסל כדלקמן: ממוצע; STDEV (סטיית תקן); מקדם שונות (CV – היחס (%) בין סטיית התקן לבין הממוצע); ערך מינימום (MIN) וערך מקסימום (MAX). מקדם שונות הנע בין 5 ל - 10% נחשב כערך סביר של שונות (11).

בין המעבדות היו 3 מעבדות אשר כשיגרה בודקות גם בשיטת NIR (שיטה ספקטרו-פוטומטרית, אשר בהתאם לבליעת האור באורך גל מסוים, והספקטרה המתקבלת, יודעת לקבוע את ערכי הפרמטרים המבוקשים. תנאי נדרש הוא, שקיים דטא בייס אמין עם עקומות כיול מתאימות, המבוססות על קריאת ספקטראלית מול אנליזות כימיות של אין ספור דוגמאות (12). חשוב לציין – בעבודה זו, מספרן המצומצם של הדוגמאות אינו מאפשר מסקנות מרחיקות לכת, אולם הוא מצביע על נטייה כלשהיא.

תוצאות ודיון

חלק מהתוצאות המעבדות, הגיעו על בסיס חומר רטוב, וחלק הגיעו על בסיס חומר יבש; תוצאות האנליזות כימיות שהגיעו מהמעבדות בסיס רטוב, תורגמו לנתונים (%) על בסיס חומר יבש ומוצגים בטבלאות הבאות. התוצאות סוכמו ונותחו לכל תוצאת פרמטר כימי, לפי ממוצע (AVG), סטיית תקן (STDEV), מקדם השונות (CV), מינימום (MIN) ומקסימום (MAX). כאשר מצוין באחד התאים בטבלה המונח "חסר ערך", המשמעות היא שלא התקבלה תוצאה (חסר, מלשון missing). טבלה 1 מציגה את ההרכב הכימי של חציר חיטה, כפי שהתקבל על ידי המעבדות הבודקות ואת הפרמטרים הסטטיסטיים הנלווים. מקדם השונות שהתקבל עבור % החומר היבש הוא מצוין (0.39%), כמצופה מבדיקה פשוטה (ייבוש בתנור). מאידך, ערכי ה-CV של חלבון ושל aNDFom גבוהים יותר, אולם נמצאים בתחום הטוב של שונות בין מעבדות (<5%). ערך זה מהווה הפתעה לטובה, ובמיוחד לגבי בדיקת ה-NDF שאינה פשוטה וכרוכה בשלבים רבים בהם חוסר דיוק עלול להשפיע על התוצאה הסופית (פעילות עמילאזה מוספת לדוגמא). ללא קשר,

טבלה 1. ההרכב הכימי של חציר חיטה (בדיקה כימית), כפי שהתקבל ע"י 5 המעבדות הבודקות, % על בסיס חומר יבש

מעבדה	חומר יבש	חלבון כללי	aNDFom	אפר	סידן	אשלגן
1	89.3	10.6	51.7	12.0	1.16	2.09
2	89.2	11.0	53.9	12.1	1.24	2.23
3	89.8	11.8	50.7	11.9	1.39	2.49
4	89.8	10.5	53.0	10.2	0.56	1.77
5	90.0	11.2	49.4	11.3	1.22	2.19
AVG	89.6	11.0	51.7	11.5	1.12	2.15
STDEV	0.35	0.52	1.79	0.79	0.32	0.26
CV %	0.39	4.73	3.46	6.89	28.8	12.1
MIN	89.2	10.5	49.4	10.2	0.56	1.77
MAX	90.0	11.8	53.9	12.1	1.39	2.49

ערכי החלבון שהתקבלו גבוהים יחסית (11% בממוצע) מה שמעידים על חציר שנקצר מוקדם; מאידך – ערך ה-NDF הממוצע היה נמוך יחסית (51.7%) ערך שאינו מאפיין חציר צעיר, אלא כזה שנקצר מאוחר ומילא גרעין, כך שהעמילן דילל את ה-NDF שבמקטע הווגטטיבי (המקטע הצמחי). כמצופה, המרכיבים המינרלים (אפר, סידן ואשלגן) מציגים ערכי CV גבוהים יותר, אם כי ה-CV של ריכוז האפר בתחום הטוב והסביר (6.89%). מאידך הסידן והאשלגן מציגים ערכי CV גבוהים הנמצאים מעבר לתחום הסביר של השונות: סידן – 28.8%, ערך גבוה וחריג, אשר התקבל גם בבדיקות ring test נוספות (6, 7), וחריג פחות ערך ה- CV של האשלגן

– 12.1%. בהסתכלות על ערכי הסידן, MIN (0.56% - בתחום הסביר) ו-MAX (1.39%, חריג, גבוה מאד, במיוחד לאור אחוז האפר הלא גבוה בחציר זה) מסתמן פער גדול מאד בין 2 הבדיקות. בעת פורמולציה של מנת חולבות, ערכים גבוהים מהנורמה (במידה והם שגויים), שיחזרו במזונות גסים נוספים, עלולים לגרום לירידה משמעותית בכמות הסידנית המשולבת במנה כמקור סידן, ולתופעת מחסור בסידן במנה. מאידך, הערכת חסר, ושילוב מוגבר של סידנית, עלול לגרום לעודפי סידן ולפגיעה בספיגתם של מינרלים אחרים. לגבי האשלגן, הפערים בין ה-MIN וה-MAX קטנים יותר, אולם יכולים להשפיע במנות עתירות מזון גס (כמו מנת יבשות/הכנה) על ערך ה-DCAD המתקבל (פער קטיונים אניונים), על השילוב המיטבי של מלחים אניונים במנה (10), או הצורך לתוספת אשלגן במנת חולבות. לסיכום טבלה זו – ערכי ה-CV שהתקבלו בחציר חיטה, לגבי aNDFom, ואפר מפתיעים לטובה!

טבלה 2 מציגה את ההרכב הכימי של תחמיץ החיטה, כפי שהתקבל על ידי המעבדות הבודקות ואת הפרמטרים הסטטיסטיים הנלווים. חשוב להדגיש - % החומר היבש נבדק על החומר המיובש ומכאן הערכים הגבוהים סביב 90%. בנוסף, אחת המעבדות לא דווחה על ערך זה ומכאן נרשם "ערך חסר". עובדה זו אינה גורעת מאמיתות שאר הערכים המוצגים על בסיס חומר יבש. עורכי ה-CV של החלבון (5.05%) ושל ה-aNDFom (3.26%) היו נמוכים מאד, וכנאמר לגבי החציר – זוהי הפתעה לחיוב. כך גם לגבי ה-CV של האפר (3.56%). ערכים אלה מעידים על פורמט אנליטי דומה במעבדות כל שמתקבלת שונות קטנה ומקובלת. מאידך, ערכי ה-CV של הסידן והאשלגן גבוהים וחורגים מהתחום המקובל כסביר של 5-10% (15 ו-12.7% לסידן ואשלגן, בהתאמה). עם זאת, הממוצעים של כל הפרמטרים שנבדקו נמצאים בתחום הסביר של תחמיץ, שנקצר במועדו (צעיר יחסית), ובמיוחד ריכוז החלבון וה-aNDFom. ריכוז האפר הממוצע סביר מאד (9.17) ומעיד על מגע וזיהום מועט של החומר הנקצר באדמה, בעת הפעילות האגרוטכנית. גם הריכוז הממוצע של הסידן (0.43%) ושל האשלגן (1.89%) נמצא בתום המקובל של 1.5-2% במזונות הגסים, בתנאים נורמאליים. אולם כפי שצוין קודם, אנליזה המגיעה לרפת, אינה מייצגת תחום ממוצע, אלא ערך שהתקבל החציר או בתחמיץ; מכאן, שאם נופלים על תוצאה חריגה, הממוצע המקובל לא מסייע, ולכן שנדרש שיקול דעת קודם להכנסת הנתונים למטריצה.

טבלה 2. ההרכב הכימי של תחמיץ חיטה (בדיקה כימית), כפי שהתקבל ע"י 5 המעבדות הבודקות, % על בסיס חומר יבש

מעבדה	חומר יבש	חלבון כללי	aNDFom	אפר	סידן	אשלגן
1	91.0	9.55	59.2	9.21	0.34	1.74
2	91.0	10.2	57.3	9.34	0.52	1.97
3	ערך חסר	10.2	55.5	9.17	0.42	2.17
4	91.8	9.49	57.2	8.63	0.44	1.56
5	89.2	10.7	54.4	9.50	0.45	2.01
AVG	90.7	10.0	56.7	9.17	0.43	1.89
STDEV	1.09	0.51	1.85	0.33	0.06	0.24
CV %	1.20	5.05	3.26	3.58	15.0	12.7
MIN	89.2	9.49	54.4	8.63	0.34	1.56
MAX	91.8	10.7	59.2	9.50	0.52	2.17

ניתן להגדיר פרמטר "CV ממוצע", כערך ה-CV שמתקבל כממוצע ה-CV של 2 המזונות שנבדקו, לכל פרמטר כימי (הממוצע של ערכי ה-CV מטבלאות 1 ו-2 לכל פרמטר). הערכים שהתקבלו היו: לחומר יבש - 0.79% - ערך נמוך מאד; לחלבון כללי – 4.89% - ערך טוב וסביר מאד; ל-aNDFom – 3.36% - ערך מצוין ומפתיע; לאפר – 5.23% - ערך מצוין; לסידן – 21.9% - ערך גבוה מאד וחריג ביותר מתחום המקובל של CV; לאשלגן – 13.5% - ערך גבוה מאד וחורג מהתחום המקובל. חשוב לציין שהערכים הנ"ל מהווים שיפור ניכר בהשוואה ל-ring tests שנעשו בעבר, במיוחד לגבי הפרמטרים האורגנים, אך גם לגבי האפר (5, 6, 7), ויש להניח ששיפור זה נובע מטיפול קפדני יותר בדוגמאות וכן, הקפדה על פרוטוקולים אנליטיים.

טבלה 3. ההרכב של חציר חיטה (בדיקת NIR), כפי שהתקבל ע"י 5 המעבדות הבודקות, % על בסיס חומר יבש

מעבדה	חומר יבש	חלבון כללי	aNDFom	אפר	סידן	אשלגן
1	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק
2	89.3	11.8	55.1	10.19	לא נבדק	לא נבדק
3	89.8	13.8	51.6	6.27	0.57	1.77
4	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק
5	חסר ערך	11.1	51.8	11.7	0.73	1.90
AVG	89.6	12.2	52.8	9.39	0.65	1.84
STDEV	0.37	1.42	1.98	2.80	0.11	0.09
CV %	0.42	11.6	3.74	29.9	17.4	5.01
MIN	89.3	11.1	51.6	6.3	0.57	1.77
MAX	89.8	13.8	55.1	11.7	0.73	1.90

טבלה 4. ההרכב של תחמיץ חיטה (בדיקת NIR), כפי שהתקבל ע"י 5 המעבדות הבודקות, % על בסיס חומר יבש

מעבדה	חומר יבש	חלבון כללי	aNDFom	אפר	סידן	אשלגן
1	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק
2	91	9.89	57.3	8.24	לא נבדק	לא נבדק
3	חסר ערך	9.69	56.2	10.4	0.32	2.73
4	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק	לא נבדק
5	חסר ערך	11.3	53.5	9.5	0.37	1.84
AVG	91.00	10.3	55.6	9.39	0.35	2.29
STDEV	לא קביל	0.88	1.93	1.09	0.04	0.63
CV %	לא קביל	8.52	3.47	11.6	10.2	27.5
MIN	91.0	9.7	53.5	8.2	0.32	1.84
MAX	91.0	11.3	57.3	10.4	0.37	2.73

טבלאות 3 ו-4 מציגות את ערכי בדיקת ה-NIR שהתקבלו מהמעבדות, אשר במקביל לכימיה בודקות גם בדיקה ספקטראלית (12). בדיקת ה-NIR על ידי מעבדות אלו התבצעה ב-2 אופנים: א – סריקה של הדוגמא וקביעת הערכים על סמך מסד נתונים מקומי; ב – שליחת הדוגמא לחול, שם נבדקה לכימיה ובמקביל גם ל-NIR, וקביעת הערכים על סמך מסד נתונים בחול. סה"כ 3 מעבודת סיפקו נתוני NIR וחלקם אף לא מלאים (כמצוין בטבלאות "לא נבדק"). משמעות הניתוח הסטטיסטי היא פחותה עקב מיעוט המעבדות.

היתרונות של בדיקת ה-NIR היא המהירות בה מתקבלות התשובות (דקות עד שעות; קריאה ספקטראלית והעמדה מול מסד נתונים מכויל), בעוד שבבדיקה כימית מדובר על ימים ולעיתים למעלה משבוע עד קבלת תוצאה. (בהתאם להיקף הפרמטרים). מאידך, בעת הצמדות והקפדה על פרוטוקולים מקובלים, אמינות התוצאה הכימית גבוהה יותר מאשר זו המתקבלת ב-NIR. בעבודה הנוכחית, מיעט המעבדות והדוגמאות לא מאפשרים ניתוח ודיון מעמיקים בנושא, וכך צריכה להיות גם ההתייחסות לנכתב. הבולט בטבלה 3 (חציר חיטה, ערכי NIR) הם ערכי ה- CV הגבוהים מאד של האפר והסידן, והגבוהים מעט של החלבון (יחסית לבדיקות הכימיות). מאידך, בחציר החיטה התקבלה תוצאת CV סבירה מאד לגבי אשלגן (5.01%). בהסתכלות על הפערים בממוצע שהתקבל בין כימיה ל-NIR, לגבי חציר חיטה (טבלה 3 לעומת טבלה 1), נראה לגבי חלבון, שתוצאות ה-NIR היו מעט גבוהים יותר (12.2 לעומת 11.0%) ואילו תוצאות ה-aNDFom היו מעט גבוהים יותר (52.8 לעומת 51.7%). נראה לכאורה שפערים אלו קטנים. לגבי הפרמטרים אפר, סידן ואשלגן, בדיקת ה-NIR הציגה ערכים נמוכים יותר, חלקם באופן משמעותי מאד (כמו לגבי הערך של סידן – 1.12% בכימיה; 0.65% ב-NIR). טבלה 4 מציגה את ערכי ה-NIR שהתקבלו בבדיקת תחמיץ החיטה. בדיקת ה-NIR נתנה ערכים דומים מאד לאלו של הכימיה לגבי חלבון כללי, NDF ואפר, ופערים גדולים יותר לגבי סידן ואשלגן. ניתן לסכם באופן כללי (בהסתייגות למספר הבדיקות המועט), שלגבי

המרכיבים האורגניים (חלבון, NDF), בשני המזונות הגסים, תוצאות ה-NIR היו דומות לאלו של הכימיה; כך גם לגבי האפר (המרכיב המינרלי).

לסיכום: במרבית הפרמטרים האורגנים שנבדקו כימית התקבלו מקדמי שונות טובים הנמצאים בתחום הסביר של 5-10%. ערכים אלו מצביעים על טיפול נכון בדוגמאות לאחר קבלתן, אך חשוב יותר, על פרוטוקולים אנליטיים דומים ומוקפדים. מגמה דומה התקבלה גם לגבי ריכוז האפר בדוגמאות. החריגות מהתחום הסביר של CV התקבלו בבדיקות המינרלים אשלגן וסידן. נושא זה ייבחן בפגישה שתתקיים בקרוב מול מנהלי המעבדות, בניסיון לברר את הגורמים לחריגות אלו.

רשימת ספרות

1 - Solomon, R, 2003. Towards hay and silage season: proper sampling and DM analysis. In: Feeding and nutrition; special bulletin. Meshek Habakar Vehachalav, 307. R. Solomon, editor.

2 - Solomon, R., G. Adin and I. Ofer, 2003. Quality parameters for hay and straw. In: Feeding and nutrition; special bulletin. Meshek Habakar Vehachalav, 307. R. Solomon, editor.

3 - Solomon, R., G. Adin and I. Ofer, 2003. Quality parameters in wheat for silage. In: Feeding and nutrition; special bulletin. Meshek Habakar Vehachalav, 307. R. Solomon, editor.

4 - Ashkenazi, R. and D. Ben-Ghedalia, 1992. Recommendations for standardization of chemical analysis methodology of feedstuffs. Meshek Habakar VeHachalav, 240:21.

5 - Solomon, R., 1995. The chemical composition of selected feedstuffs used by Israeli dairy, as tested by the principal laboratories in Israel (a ring test). The 7th Annual Meeting of Ruminant Science, Zichron Yaakov, Israel.

6 – רן סולומון ואופיר וייס, 2006. בחינת השונות הקיימת בתוצאות הבדיקות הכימיות של סל מזונות מייצג ברפת הישראלית, כפי שנבדקו ע"י תשע מעבדות שונות; דוח מסכם מוגש לקרן המחקר של מועצת החלב.

7 – רן סולומון ואופיר וייס, 2006. בחינת השונות הקיימת בתוצאות הבדיקות הכימיות של סל מזונות מייצג ברפת הישראלית, כפי שנבדקו ע"י תשע מעבדות שונות; מצגת - כנס הבקר והחלב.

8 - Solomon, R., G. Adin and M. Kaim, et al., 1998. The effect of high protein diet offered to dairy cows during the first month post calving, on milk production and some fertility parameters. The 10th Annual Meeting of Ruminant Science, Zichron Yaakov, Israel.

9 - Peter J. Van Soest. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd edition, Cornell University Press, 2018.

10 – משה פרידמן ורן סולומון, 2026. מלחים אניונים: ביולוגיה, חשיבות ופרקטיקה של שימוש. עבודת גמר קורס רפת מתקדם, הפקולטה לחקלאות (לימודי חוץ).

11 – מהו מקדם שונות (CV), ומהן התחום לערך מקדם שונות סביר? Chat GPT

12 - מהי בדיקת NIR במזונות, לצורך קביעת הרכבם הכימי? Chat GPT

נספחים

נספח א: מכתב למעבדות הבודקות

שלום _____ תאריך: 26-01-11

הנדון: אנליזות מעבדה, כשרות ללא תשלום, לטובת פרויקט גמר של עומרי דורי

אני כותב מכתב זה בשמו של עומרי דורי, רפתן, מספר 2 ברפת מענית. עומרי רפתן, אך חשוב לא פחות (ואולי הרבה יותר) עומרי גם לוחם, שבשנתיים האחרונות עשה כ-400 ימי מילואים.

אשתקד הוא התחיל לימודים בלימודי חוץ של הפקולטה לחקלאות, בקורס לרפתנים הנמשך שנה והסתיים לאחרונה). נוכחותו בקורס תאמה את שירות המילואים שלו, אולם ללא קשר, הוא מחויב בפרויקט גמר (עבודה כתובה + מצגת) כשאר הסטודנטים. הנושא שנבחר היה ring test על 2 דוגמאות (תחמיץ חיטה וחציר חיטה), כשההשוואה של תוצאות האנליזה (יפורטו מטה) תהייה בין כ-5-6 מעבדות מקומיות. המנחה של עבודה זו הוא רן סולומון (אנוכי) ולאור המצב אני לוקח חלק חשוב במאמץ לקידום העבודה.

לאחר שיחה ראשונית שלי עמך, הבעת את הסכמתך להשתתף ברינג טסט, ולבצע את האנליזות כשירות ללא תשלום; על כך תודתנו מקרב לב, שלי ושל עומרי (שכרגע שוב במילואים). להלן הפרטים:

- מדובר ב-2 דוגמאות שנלקחו ברפת: חציר חיטה (קידוח המייצג את כל משלוחי החציר ברפת) ותחמיץ חיטה (דגימות סינוס מחזית הבור).
- התחמיץ יובש בתנור 65 מ"צ 48 שעות; החציר נשאר כמו שהוא.
- 2 הדוגמאות נטחנו במטחנה של מזונות גסים (Retch) לגודל חלקיקים של 1 מ"מ.
- כל דוגמא תגיע אל המעבדה בשקית ניילון, ממוספרת, 1 או 2.
- האנליזות המבוקשות הן בסיסיות ומרביתן מהוות את המינימום הנדרש לטובת הרכבת מנה לחולבות והערכה תזונתית בסיסית של המזונות (זאת מבלי להפחית בחשיבותם של פרמטרים אחרים, המהווים בסיס חשוב במודלים מקובלים):
  - חומר יבש; חלבון כללי; אפר, aNDFom; סידן; אשלגן.
- 5 המעבדות שנבחרו והסכימו לשת"פ: אמבר (רן סולומון), מילובר (רן בן גיגי), עין הנציב (עופר גלסנר), סמולר (אליעזר סמולר), צמח (אשר בר-און). 2 המעבדות ששמן מודגש באדום לעיל מבצעות אנליזות בחול והוסכם בשיחה שהאנליזות יבוצעו בנפרד גם ככימיה, וגם כ-NIR, מה שיעשיר את העבודה בתוצאות ודיון רלוונטי נוסף.
- הדד-ליין היה בתחילת פברואר, אך לאור שירות המילואים של עומרי, אנו משיג דחייה מועד ההגשה וההצגה. עם זאת, נודה מאד לכולכם על ביצוע אנליזות ושליחת התוצאות בהקדם האפשרי.
- טרם הגשת העבודה נקיים דיון משותף לכולם כדי לנתח את עוצמת השונות שתתקבל בכל אחד מהפרמטרים שייבדקו.

זאת הזדמנות חוזרת לומר תודה על הנכונות לתרום "למאמץ המלחמתי" ולסייע לקידום העבודה.

בברכה ובהוקרה

רן סולומון ועומרי דורי

נספח ב': תוצאות האנליזות שנשלחו מהמעבדות – חומר גלמי מקורי

מעבדת צמח/דיירי-לנד:

ZMF_Ambar_1_5GJCM_260111541_2026-
תחמיץ חיטה – כימיה ו-NIR

ZMF_Ambar_2_5GJCD_260111542_2026-
חציר חיטה – כימיה ו-NIR

ZMF_Ambar_1_5GJCM_260111541_2026-
תחמיץ חיטה – NIR בלבד

ZMF_Ambar_2_5GJCD_260111542_2026-
חציר חיטה – NIR בלבד

מעבדת אמבר

10304 תחמיץ
מה להשוואה-רן.pdf
103003 חציר דגן
מה להשוואה-רן.pdf
חציר חיטה + תחמיץ חיטה – כימיה

10304 תחמיץ
מה להשוואה-רן.pdf
103003 חציר דגן
מה להשוואה-רן.pdf
חציר חיטה + תחמיץ חיטה – כימיה + NIR

מעבדת עין הנציב – דיירי 1

_PD417390_976154 - WHEAT_SILAGE.pdf
_PD417563_976155 - WHEAT_HEY.pdf
חציר חיטה + תחמיץ חיטה – כימיה

ResultsForCustomer.pdf
חציר חיטה + תחמיץ חיטה – NIR

מעבדת סמולר

rpt_r100311.pdf
rpt_r100311.pdf
תחמיץ חיטה + חציר חיטה – כימיה

מעבדת מילודע

בדיקה מס 2 עומרי דורפ.pdf
בדיקה מס 1 עומרי דורפ.pdf
חציר חיטה + תחמיץ חיטה – כימיה