

# שימוש בצמח הקינואה (*Chenopodium quinoa Willd*) כגידול חדש למספוא בגליל העליון והשפעתו על

## ביצועים, יעילות ייצור ויעילות ניצולת מזון פרטנית בבקר לחלב ולבשר

### תקציר מדעי:

**הצגת הבעיה:** בשנים האחרונות קיימת עליה משמעותית במחירי מרכיבי המזון של ענף הבקר לחלב ולבשר וכפועל יוצא מכך, עלייה משמעותית במחיר מקורות החלבון במנות ההזנה של מעלי הגירה. עליית מחירים זו ממחישה בצורה ברורה את הצורך הגובר בשימוש במקורות חלבון מקומיים באיכות גבוהה ובעלות שתהיה אטרקטיבית למגדל הישראלי. בנוסף לכך, מתוסף הצורך בגוון צמחי המספוא במחזור הגידול שיתרום להתמודדות עם מחלות, מזיקים ועשבים רעים ויאפשר גידול של צמחים בעלי ניצולת מים גבוהה במחזור הפלחה. גידול קינואה למספוא הינו בעל פוטנציאל רב למתן מענה לבעיות שצוינו לעיל.

**שיטות העבודה:** בשנת הניסוי השנייה גודלו 5 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" בקיבוץ גדות. הקינואה נזרעה נזרעה בחודש ינואר בעומד מתוכנן של כ- 260 צמחים למ"ר. החלקות הונבטו בהמטרה לאחר הזריעה ובהמשך הגידול לא ניתנה תוספת השקיה. במהלך הגידול בוצעו דיגומי צומח לפני מילוי גרגיר (בטווח שבין 28% ל 32% ח"י). לאחר הדיגום חושבה כמות היבול, אחוז ח"י, נבדקה רמת החומציות של מוהל הצמח, ההרכב הכימי והנעכלות של החומר הצמחי. לאחר מכן החומר הצמחי הועבר להחמצה בבאלות עטופות בפוליאאתילן למשך שלושה חודשים. לאחר ההחמצה הדוגמאות יובשו, נטחנו ונשלחו לבדיקות כימיה רטובה לתחמיצים. באלות התחמיץ הועברו למפטמה הפרטנית בנווה יער ושימשו לניסוי הזנה של עגלים בפיטום. בניסוי ההזנה השתתפו 24 עגלים בריאים מגזע הולשטיין אשר חולקו לשתי קבוצות, קבוצת הניסוי ניזונה מבלייל שהכיל 20% תחמיץ קינואה (אחוז ממשקל ח"י של המנה) וקבוצת הביקורת ניזונה מבלייל שהכיל 20% תחמיץ חיטה (שאר מרכיבי המנה מעבר לתחמיצים היו זהים לשתי המנות). הניסוי ארך 100 ימים שכללו תקופת הרגלה לרפת הפרטנית והרגלה למנה במשך 28 ימים ותקופת ניסוי שארכה 72 ימים. גילם הממוצע של העגלים בתחילת הניסוי היה עשרה חודשים, משקל ממוצע של 394.5 ק"ג ותמ"י (תוספת משקל יומית) ממוצעת של 1.17 ק"ג ליום. צריכת מזון פרטנית תמ"י נוטרה ברמה יומית לאורך הניסוי. מדדי יעילות ניצולת מזון שחושבו כללו יעילות ניצולת מזון קלאסית (Gain/Feed, G: F, gr/kgDM) ויעילות צריכת המזון השארתי (RFI, Residual Feed Intake, kgDM).

**תוצאות:** קציר לתחמיץ בוצע 82 ימים מזריעה (30% ח"י), יבול הקינואה עמד על 983 ק"ג ח"י/דונם בממוצע. אחוז החלבון, אחוז דופן תא (NDF) ואחוז נעכלות ח"י במבחנה בתחמיץ קינואה עמדו על 16.2%, 35.1%, 71.8%, בהתאמה, לעומת תחמיץ החיטה שבה מרכיבים אלו עמדו על 9.8%, 42.7%, 67.1%, בהתאמה. אחוז הנעכלות הפרטנית של מנת הניסוי שכללה תחמיץ קינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית למנת הביקורת ( $0.82 \pm 0.01$ ,  $0.76 \pm 0.01$ , בהתאמה).

מתוצאות ניסוי ההזנה עולה כי צריכת חומר יבש ממוצעת של קבוצת הקינואה הייתה נמוכה באופן מובהק ( $P < 0.001$ ) יחסית לקבוצת החיטה ( $8.1 \pm 0.19$ ,  $10.2 \pm 0.35$  ק"ג חומר יבש ליום, בהתאמה). תוספת המשקל היומית (ADG) לא נבדלה באופן מובהק ( $P = 0.27$ ) בין קבוצת החיטה לקבוצת הקינואה ( $1.15 \pm 0.07$ ,  $1.22 \pm 0.10$  ק"ג תוספת משקל ליום בהתאמה). יעילות ניצולת המזון הקלסית G:F של עגלי קינואה הייתה גבוהה באופן מובהק ( $P = 0.02$ ) יחסית לקבוצת החיטה ( $142 \pm 5.0$ ,  $120 \pm 7.2$  גר' עלייה במשקל/ק"ג צריכת חומר יבש ליום בהתאמה). לפי חישוב מדד היעילות RFI, 89% מהעגלים מקבוצת הקינואה היו יעילים מבחינת RFI (ערך שלילי משמעו עגל יעיל וערך חיובי משמעו עגל לא יעיל) לעומת 11% מקבוצת החיטה ונמצא הבדל מובהק בערכי ה RFI בין הקבוצות ( $P < 0.001$ ). אחוז הטיבחה לא נבדל בין הקבוצות ובניתוח מרכיבי הנתחים של העגלים נמצא שאחוז החלבון של עגלים מקבוצת הקינואה היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. ביתר מרכיבי הטיבחה (אפר, חומר יבש, רטיבות) לא נמצאו הבדלים מובהקים.

**מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:** המשמעות של צריכת מזון נמוכה יחסית לגדילה בקבוצת הקינואה לעומת החיטה גם לפי מדד G: F וגם מדד RFI היא ששילוב של תחמיץ קינואה במנת הפיטום יכולה להעלות את רווחיות הגידול היות והמגדל מקבל את אותו התוצר (גדילה יומית) תוך השקעה נמוכה יותר בגידול העגלים (השקעה פחותה בהוצאת המזון לעגלים, תלוי גם במחיר התחמיץ קינואה שיקבע יחסית לתחמיץ חיטה). תוצאות נתוני ניסוי ההזנה בשילוב נתוני היבול והאיכות של הקינואה יחסית לחיטה מצביעים על הפוטנציאל הגבוה של הקינואה לשמש כצמח מספוא איכותי וחדש לסל גידולי השדה למספוא בארץ. יש לבחון את ההזנה בקינואה לעומת חיטה ברמה מסחרית ועם כמות פרטים גדולה בכדי להמשיך ולבסס את התוצאות. כמו כן, ישנה חשיבות גבוהה להמשיך ולבצע ניסויי הזנה נוספים בזני קינואה נוספים, במיוחד כאלה המכילים אחוז גבוה יותר של (NDF) ורמת ספונינים נמוכה ובאחוזים שונים

במנה.

שימוש בצמח הקינואה (*Chenopodium quinoa* Willd) כגידול חדש למספוא בגליל העליון והשפעתו על ביצועים, יעילות ייצור ויעילות ניצולת מזון פרטנית בבקר לחלב ולבשר

The use of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as a new forage crop in the northern Galilee and its effect on performance, individual production and feed efficiency of beef and dairy cattle

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י:

חוקר ראשי:	אביב אשר	מיגל, מו"פ צפון
חוקרים משניים:	ליאור רובינוביץ	מיגל, מו"פ צפון
	שמואל גילי	מנהל המחקר החקלאי
	עוזי מועלם	מנהל המחקר החקלאי
	מירי כהן-צינדר	מנהל המחקר החקלאי
	אריאל שבתאי	מנהל המחקר החקלאי
	אור רם	שה"מ משרד החקלאות
	יואב גולן	שה"מ משרד החקלאות

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

מרץ 2022

עמוד

תוכן העניינים

1.....	תקציר
2.....	דף פותח
3.....	מבוא
3.....	מטרות המחקר
3.....	פירוט עיקרי הניסויים
4.....	התוצאות לתקופת הדו"ח
7.....	דיון
9.....	ביבליוגרפיה

גידולים למספוא בעלי תכולת חלבון גבוהה הולכים ומתייקרים עם השנים, והופכים פחות נגישים וכדאיים כלכלית עבור המגדלים, המחפשים מקורות חלבון חלופיים. גורם נוסף ומכריע בקביעת הרכבו של ענף המספוא בישראל הוא המחסור במים, המהווה גורם מגביל עיקרי בהתפתחות צמחים ויבולי גידולים חקלאיים, ומחסור זה צפוי להתגבר לאור משבר האקלים וההתחממות הגלובלית. כמו כן, בשל היקפו הגדול של גידול החיטה מסך כל שטחי הגד"ש קיים קושי בהתמודדות עם מחלות, מזיקים ועשבים רעים במחזור הפלחה. פתרון אפשרי לבעיות הללו הוא גוון צמחי המספוא במחזור ובמיוחד גידולים שיכולים לגדול בתנאי אקלים קיצוניים ולספק מזון איכותי להזנת מעלי גירה יצרניים [1,2].

גידול קינואה למספוא טומן בחובו ערך פוטנציאלי גבוה להזנת מע"ג זאת בשל עמידותו לתנאי סביבה קשים (עליהם ניתן למנות מליחות, מיעוט משקעים, קור, רוחות וכו') ויתרונותיו החקלאיים, המתבטאים ביעילות ניצולת מים גבוהה, פוטנציאל יבול גבוה באיכות גבוהה, ותכולת חלבון גבוהה [3,4,5]. כלומר, גידול קינואה למספוא הינו בעל פוטנציאל רב למתן מענה לגורמים המגבילים את גידולי המספוא בארץ, כפי שצוינו לעיל.

נכון להיום, המידע הקיים בספרות בנוגע לשימוש בקינואה כצמח מספוא, עוסק בעיקר בהרכב הקינואה ובמידת נעילותו של הצמח במבחנה (*In-vitro*). יחד עם זאת, קיים מחסור משמעותי במידע תשתיתי בסיסי ויישומי הנוגע ליכולת השימור של קינואה ולהשפעת הזנה בקינואה על ביצועי מע"ג ברמה הקבוצתית ככלל וברמה הפרטנית בפרט. בשנת המחקר הראשונה בוצעו מבחנים שונים לבחון את יכולת הצמח להחמיץ ומתוצאות המחקר בשילוב תוצאות הקדמיות ונמצא כי ניתן להחמיץ קינואה ולשמרה בצורה זו. בשנת המחקר הנוכחית התמקדנו בהשפעה של שילוב הקינואה במנות פיטום של עגלים ובחינת השפעתה ברמה פרטנית על ביצועי העגלים, יעילות ניצולת מזון ותפוקת הבשר והרכבו.

### **מטרות המחקר לשנה ב':**

- א) גידול בגליל העליון של קו קינואה נבחר לפי פרוטוקול גידול בהתאם לתוצאות שנה א'.
- ב) מדידה פרטנית השוואתית של ביצועי העגלים: צריכת מזון, משקל גוף, תוספת משקל יומית.
- ג) חישוב פרטני של מדדי היעילות: יעילות צריכת מזון קלאסית G:F, יעילות צריכת מזון שאריתי RFI ויעילות גדילה.
- ד) מדידת ההרכב הכימי והנעכלות (*In vitro*) של המנות.
- ה) אנליזות לקביעת השפעת ההזנה בקינואה על הרכב הבשר.

**פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח:** בשנת הניסוי השנייה גודלו 5 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" בקיבוץ גדות. הקינואה נזרעה בשורות (באמצעות מזרעת Air seeder) בחודש ינואר בעומד מתוכנן של 260 צמחים למ"ר, בעומק 1 ס"מ ובמרווח של 13 ס"מ בין השורות. החלקה הונבטה בהמטרה (20 קוב לדונם) לאחר הזריעה ובהמשך הגידול לא ניתנה השקיה נוספת. לאחר 30 ימים מזריעה, בוצע דישון באוריאה (10 ק"ג לדונם) מהאוויר. לצורך הדברת חרקים בוצעו 3 ריסוסים במהלך הגידול (בריסוס השתמשו בחומרי ההדברה: אוונט, אטלס וקנון). במהלך הגידול בוצעו בדיקות לאחוז ח"י עד הגעה ל 26% ח"י בצמח הקינואה בשדה ובהתאם נקבע מועד הקציר. לאחר הדיגום (ארבע חזרות, גודל חזרה 1 מ"ר) חושב כמות חומר היבש (ח"י) לדונם, נלקחו דוגמאות מייצגות מהחומר הצמחי, נבדקה רמת החומציות והדוגמאות יובשו ונטחנו במטחנת פטישים (לגודל 1 מ"מ) ונבדק ההרכב הכימי. החלקה נקצרה במקצרת תופים וקומביין 84 ימים מזריעה, כאשר אחוז הח"י בצמח עמד על  $29.2 \pm 0.56$ . יבול חומר יבש לדונם עמד על 983 ק"ג ח"י לדונם. החומר הצמחי נארז בבאלות עטופות בפוליאאתילן להחמצה במשך שלושה חודשים ולאחריהם שונעו הבאלות העטופות לרפת הפרטנית בנווה יער. לאחר תקופת ההחמצה, נלקחו מדגמים של חומר צמחי מהתחמיץ ומנות הניסוי יובשו ונטחנו ונשלחו למעבדת Dairy one (איטקה, ניו-יורק, ארה"ב) לבדיקות כימיה רטובה שכללו: ח"י, חומר אורגני, חלבון כללי, שומן, NDF, ליגינן, נעכלות חלבון, נעכלות (Neutral detergent fiber, NDF) ונעכלות ח"י צמחי. ניסוי ההזנה התרחש ברפת הפרטנית בתחנת המחקר נווה יער השייכת למנהל החקלאי, משרד החקלאות. העגלים חולקו לשתי קבוצות (קבוצת ניסוי וקבוצת ביקורת) בהתאם לגיל, משקל ותוספת משקל יומית כאשר הגיל הממוצע הוא  $10.1 \pm 0.62$  חודשים, משקל ממוצע הוא  $373.7 \pm 13.6$  ק"ג ותמ"י (תוספת משקל יומית) ממוצעת היא  $1.17 \pm 0.32$  ק"ג ליום. כל העגלים שנבחרו לניסוי היו בריאים. העגלים בקבוצת הניסוי ( $n=12$ , קבוצת הקינואה) הוזנו

בבליל שהכיל 21% תחמיץ קינואה, 5% שחת דגן ומזון מרוכז לעומת העגלים בקבוצת הביקורת (n=12, קבוצת החיטה) שהוזנו בבליל שהכיל 20% תחמיץ חיטה, 5% שחת דגן, כאשר שאר מרכיבי המנה דומים לבליל קבוצת הניסוי. תכולות ומרכיבי המנה מתוארים בטבלה 1. העגלים של שני הטיפולים (המנות) היו בו זמנית באותה מכלאה והשליטה במנה הייתה לפי זיהוי הכניסה לאבוס (שלושה אבוסים הוקצו למנת הניסוי ושלושה למנת הביקורת). העגלים עברו תקופת הרגלה של 28 יום למנות הניסוי ולמתחם הרפת הפרטנית, ומשך הניסוי לאחר הרגלה היה 72 ימים. סככת הניסוי הכילה שישה אבוסים למדידת צריכת מזון פרטנית ומדדי התנהגות אכילה. אבוסים אלו מודדים באופן אוטומטי את צריכת המזון של כל פרט ומכילים בוכנות פנאומטיות הנפתחות לאחר זיהוי העגל לפי מספר ברקוד המצוי במד העלאת גירה (SCR, Israel) שנמצא על צוואר העגל. המערכת למדידת צריכת מזון פרטנית ניטרה גם את התנהגות האכילה שכללה את מספר הביקורים באבוס, משך כל ביקור וצריכת המזון לביקור. משקל דריכה אוטומטי הממוקם ביציאה מאזור ההאכלה שקל באופן אוטומטי את העגלים בממוצע של 6 פעמים ביום. תגים אלקטרוניים (SCR, Israel) מדדו את נתוני העלאת הגירה והפעילות. לעגלים הייתה גישה חופשית למים (2 שקתות בסככה) ולמזון לאורך היממה. מתוך הנתונים הפרטניים והרציפים של צריכת המזון, משקל גוף ותוספת המשקל היומית, חושבה יעילות ניצולת מזון פרטנית קלאסית לפי היחס שבין תוספת משקל יומית לצריכת ח"י (גר' תוספת משקל יומית/ק"ג ח"י ליום) ויעילות ניצולת מזון שארית (ק"ג ח"י/יום, RFI) חושבה מתוך ההפרש בין צריכת ח"י בפועל לצריכת ח"י חזויה לפי תוספת משקל יומית ומשקל מטבולי של החיה. דרוג המצב הגופני (B.C.S, 1-5 scale) בוצע בתחילת הניסוי ובסוף הניסוי. דיגומי מזון וצוואה בוצעו לאחר 65 ימים בניסוי למשך 4 ימים רצופים ונמדדה נעילות פרטנית של המנות באמצעות שימוש בסמן הפנימי Indigestible NDF [6]. בתום כ 72 ימי ניסוי, הוקרבו העגלים בבית המטבחיים של "בקר תנובה" (אדום אדום). בבית המטבחיים נמדדו פרמטרים לכמות (משקל טבחה, משקל חי) דרוג איכות הטיבחה (לפי אחוז שומן תוך שרירי) ומצב כשרותה. בתום 24 שעות של צינון בבית המטבחיים, בוצע חיתוך של כל טבחה בין צלעות 12 – 13 ונאספו סה"כ נתחי ורד הצלע והועברו בקירור למעבדה בנוה יער. בוצעו מדידות לנתחים לתכולת שומן בשריר (IMF%), תכולת חלבון כללי, אפר, ח"י ורטיבות.

**Table 1.** Ingredients and chemical composition of the experimental diets.

<b>Diets Ingredients, % in DM</b>	<b>Quinoa TMR<sup>1</sup></b>	<b>Wheat TMR</b>
Wheat silage	-	20.2
Quinoa silage	20.9	
Wheat hay	4.9	4.7
Corn grain, pressed	35.2	35.3
Barley, pressed	9	8.6
Wheat, pressed	10.8	11
Oil	0.6	0.1
Sunflower meal	3.4	3.7
D.D.G	3.9	5
Vitamins	0.2	0.2
Limestone	1.1	1.1
NaCl	0.3	0.3
Soybean meal	0.2	0.2
Wheat bran	5.4	5.3
Water	4.1	4.3
<b>Chemical composition</b>		
Dry matter	90.0	90.0
Crude Protein	13.5	13.5
Ether extract	4.5	3.7
NDF	19.7	23.7
NDF_ Rough	6.4	10.5
ME <sup>2</sup> (Mcal/kgDM)	2.82	2.81

<sup>1</sup>TMR: Total mix ratio, <sup>2</sup>Calculated diet ME based on NRC (1989)[7]

נתוני ההרכב הכימי וערכי הנעכלות בכרס מלאכותית *In vitro* של תחמיץ קינואה ותחמיץ חיטה מוצגים בטבלה 2. תחמיץ הקינואה לא נבדל ברמת החומציות ובאחוז חומר יבש מתחמיץ החיטה. אחוז החלבון, שומן, נעכלות חלבון ח"י צמחי במבחנה היו גבוהים באופן מובהק בתחמיץ הקינואה לעומת תחמיץ החיטה. לעומת זאת אחוז הליגנין, NDF, ונעכלות NDF, היו גבוהים באופן מובהק בתחמיץ החיטה יחסית לקינואה. אחוז חומר אורגני היה גבוה (נטייה) בתחמיץ החיטה יחסית לקינואה.

**Table 2.** Chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and *in vitro* neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD) and crude protein digestibility (IVCPD) of Quinoa and wheat silage. Results are expressed as mean  $\pm$  SE of three sample plots, P values obtained by Student's t-test

Parameter	Quinoa silage	Wheat silage	P value
pH	4.32 $\pm$ 0.21	3.92 $\pm$ 0.42	0.22
DM (%)	28.9 $\pm$ 0.81	30.2 $\pm$ 0.46	0.87
OM (% of DM)	85.1 $\pm$ 1.99	89.3 $\pm$ 1.56	0.08
CP (% of DM)	16.2 $\pm$ 1.16	9.8 $\pm$ 0.88	< 0.01
EE (% of DM)	4.31 $\pm$ 0.27	3.36 $\pm$ 0.37	0.04
Lignin (% of DM)	3.82 $\pm$ 0.19	4.60 $\pm$ 0.35	0.02
NDF (% of DM)	35.1 $\pm$ 1.56	42.7 $\pm$ 2.66	< 0.01
IVCPD (%)	0.92 $\pm$ 0.01	0.75 $\pm$ 0.02	< 0.01
IVNDFD (%)	40.2 $\pm$ 3.41	50.1 $\pm$ 2.88	0.03
IVDMD (%)	71.8 $\pm$ 1.19	67.1 $\pm$ 1.10	0.04

Chemical composition (% DM basis): dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF).

נתוני ההרכב הכימי, ערכי הנעכלות בכרס מלאכותית (*In-vitro*) והערך האנרגטי של מנות הניסוי (קינואה) והביקורת (חיטה) מוצגים בטבלה 3. המנות של הניסוי והביקורת לא נבדלו ב % ח"י, % חומר אורגני, נעכלות חלבון ובאנרגיה המטבולית של המנות. אחוז החלבון במנת הניסוי היה גבוה באופן מובהק מהביקורת ו% השומן היה גבוה (נטייה) במנת הניסוי לעומת הביקורת.

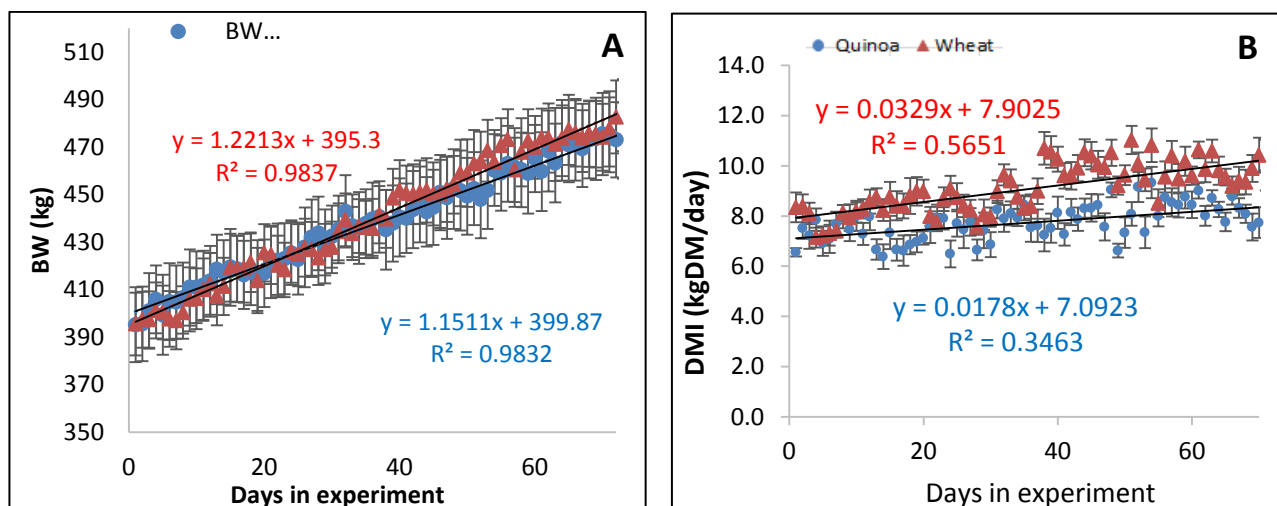
**Table 3.** Chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and *in vitro* neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD) and crude protein digestibility of experiment (Quinoa group) and control (Wheat group) diets. Results are expressed as mean  $\pm$  SE of three sample plots, P values obtained by Student's t-test

Parameter	Quinoa group diet	Wheat group diet	P value
DM (%)	88.1 $\pm$ 1.92	87.3 $\pm$ 1.66	0.69
OM (% of DM)	92.3 $\pm$ 2.35	93.7 $\pm$ 1.88	0.72
CP (% of DM)	14.9 $\pm$ 0.56	13.5 $\pm$ 0.32	0.04
EE (% of DM)	4.27 $\pm$ 0.35	3.62 $\pm$ 0.33	0.09
Lignin (% of DM)	3.11 $\pm$ 0.37	4.42 $\pm$ 0.39	0.02
NDF (% of DM)	20.1 $\pm$ 1.87	23.8 $\pm$ 1.34	0.07
IVCPD (%)	0.63 $\pm$ 0.05	0.71 $\pm$ 0.04	0.18
IVNDFD (%)	49.1 $\pm$ 2.41	50.1 $\pm$ 2.32	0.46
IVDMD (%)	79.4 $\pm$ 0.89	77.1 $\pm$ 0.92	0.10
ME (Mcal/kgDM)	2.74 $\pm$ 0.11	2.67 $\pm$ 0.12	0.37

Chemical composition (% DM basis): dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF). Metabolizable Energy (ME). Calculated diet ME based on NRC (2001)[8]

כמו כן, % הליגנין היה גבוה באופן מובהק במנת הביקורת ו NDF % נטה להיות יותר גבוה במנת הביקורת יחסית למנת הניסוי. אחוז הנעכלות של מנת הניסוי (שכללה תחמיץ קינואה) הייתה גבוהה באופן מובהק ( $P < 0.01$ ) יחסית למנת הביקורת ( $0.82 \pm 0.01$ ,  $0.76 \pm 0.01$ , בהתאמה).

תוצאות הביצועים ויעילות ניצולת מזון פרטנית לתקופת הניסוי (משקל גוף, תוספת משקל יומית, צריכת המזון פרטנית, מצב גופני, RFI, G:F), ותוצאות התנהגות אכילה (מספר ארוחות ביום, משך ארוחה, כמות צריכת המזון לארוחה, קצב אכילה) מתוארות בטבלה 4. משקלי העגלים (ממוצע קבוצתי מחושב ממשקלים פרטניים) וצריכת המזון הפרטנית של קבוצת הניסוי והביקורת ברמה היומית ובאופן רציף לאורך הניסוי מתוארים באיור 1.



**Figure 1.** Group means of BW (kg  $\pm$  SE, A), DMI (kg of DM/d  $\pm$  SE, B) of Holstein bull calves fed a TMR (total mix ratio) containing quinoa silage (●) or wheat silage (▲) during a 72-day experiment.

**Table 4.** Calves performance, feed efficiency including: gain/ Feed (G:F) and residual feed intake (RFI) and feeding behaviour parameters of the experiment (Quinoa) and control (Wheat) groups. Results are expressed as mean  $\pm$  SE of three sample plots, P values obtained by Student's t-test

Trait	Quinoa group	Wheat group	SEM <sup>1</sup>	P-value
No. calves	12	12		
Age start, month	10.0	10.1	0.23	0.62
Age end, month	14.91	15.12	0.23	0.62
<b>Performance:</b>				
BW start, kg	394	395	12.9	0.92
BW mid, kg	442	445	15.1	0.74
BW end, kg	488	496	18.5	0.54
ADG, kg/day	1.15	1.22	0.11	0.27
DMI, kgDM/day	8.10	10.20	0.45	< 0.00
B.C.S start (scale 1-5)	2.60	2.57	0.07	0.49
B.C.S end (scale 1-5)	3.24	3.20	0.08	0.41
Gain / Feed, gr gain/kgDM	142	120	6.26	0.02
RFI, kgDM/day	-0.60	0.55	0.21	< 0.00
<b>Feeding behavior</b>				
No. visits	14.4	12.3	0.94	0.12
Kg per visit	0.70	1.00	0.08	0.02
Min per visit	5.80	6.50	0.38	0.15
Feeding rate, kg/min	0.12	0.15	0.01	0.04
Rumination, min per day	213	255	15.7	0.00

<sup>1</sup>SEM = pooled standard error mean.

מנתוני תוצאות הביצועים עולה שעגלים מקבוצת הניסוי (מנת פיטום המכילה תחמיץ קינואה) צרכו פחות מזון באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת (מנת פיטום המכילה תחמיץ חיטה) אך לא נמצא הבדל מובהק במשקלי האמצע, התחלה וסיום בין הקבוצות ובתמ"י של עגלים מקבוצת הניסוי יחסית לעגלים מקבוצת הביקורת. בהתאם, יעילות ניצולת המזון הפרטנית הקלסית (Gain / Feed) ויעילות צריכת מזון שאריתית (RFI) של העגלים מקבוצת הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לעגלים מקבוצת החיטה. מנתוני תוצאות התנהגות האכילה עולה כי עגלי קבוצת הניסוי אכלו פחות מזון בכל ביקור יחסית לביקורת ולא נמצא הבדל מובהק במספר הביקורים ובמשך השהות באבוס, אך קצב האכילה של עגלים מקבוצת הניסוי היה איטי באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. כמו כן, משך העלאת הגירה של עגלים מקבוצת הניסוי היה נמוך באופן מובהק יחסית לביקורת. תוצאות אחוז והרכב הטיבחה של עגלים מקבוצת הניסוי והביקורת מתוארים בטבלה 5. מניתוח אחוזי הטיבחה נראה כי לא היה הבדל מובהק בין הקבוצות באחוזי הטיבחה. בניתוח מרכיבי הנתחים של העגלים נמצא כי אחוז החלבון של עגלים מקבוצת הקינואה היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. אחוז השומן התוך שרירי של קבוצת הקינואה היה גבוה ב-21% יחסית לקבוצת החיטה אך השונות בקבוצת הקינואה הייתה גבוהה ולא נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות. ביתר מרכיבי הטיבחה לא נמצאו הבדלים מובהקים (אפר, חומר יבש, רטיבות).

**Table 5.** Carcass percent from live weight and Longissimus muscle composition of experiment and control groups. Results are expressed as mean  $\pm$  SE of three sample plots, P values obtained by Student's t-test

Parameter	Quinoa silage	Wheat silage	P value
Carcass/final live weight, %	53.7 $\pm$ 0.21	53.8 $\pm$ 0.35	0.28
<u>Longissimus muscle composition<sup>1</sup></u>			
Dry matter, %	25.6 $\pm$ 0.47	24.9 $\pm$ 0.27	0.40
Fat, %	3.46 $\pm$ 0.60	2.72 $\pm$ 0.39	0.16
Protein, %	23.9 $\pm$ 0.58	22.2 $\pm$ 0.24	0.01
Ash, %	1.89 $\pm$ 0.16	1.58 $\pm$ 0.13	0.15
Water, %	74.4 $\pm$ 0.47	75.1 $\pm$ 0.29	0.29

<sup>1</sup>Longissimus muscle sample between 12th and 13th ribs.

## דיון:

בשנת המחקר הנוכחית המטרה העיקרית התמקדה בהשפעה של שילוב הקינואה במנות פיטום של עגלים ובחינת השפעתה ברמה פרטנית על ביצועי העגלים, יעילות ניצולת מזון ותפוקת הבשר והרכבו. בהיבט האגרוטכני, המטרה הייתה לגדל את הקינואה ולהחמיצה לצורך שימוש בחומר הצמחי לניסוי ההזנה. הקינואה גודלה על פי פרוטוקול שבוסס בשנים האחרונות במו"פ צפון תוך שימוש במיכון מסחרי ולאורך הגידול לא נתקלו המגדלים בבעיות אגרוטכניות משמעותיות. תוצאות יבול הקינואה (983 ק"ג ח"י לדונם) היו קרובות לנתוני היבול שהתקבלו בשנה הראשונה. כמו כן, תוצאות ההרכב והנעכלות של תחמיץ הקינואה היו דומות לתוצאות שהתקבלו בתוצאות שנה א' ובמחקרים הקדמיים והחומר הצמחי החמיץ באופן משביע רצון (ללא נוכחות כמעט של עובשים, ריקבון וכו') וניתן היה להשתמש בו לצורך ניסוי ההזנה. כלומר, זו השנה השנייה בה גידול הקינואה והחמצה שלה הניבו חומר צמחי בכמות ובאיכות המתאימים להזנת הבקר בפיטום.

ההבדלים בהרכב בין תחמיץ הקינואה לתחמיץ החיטה תואמים תוצאות מחקרים קודמים בספרות, בהם השוו בין הרכב תחמיצים שונים וביניהם חיטה וקינואה [9]. לתחמיץ הקינואה אחוז חלבון ונעכלות חלבון גבוהים באופן מובהק מהערכים בתחמיץ חיטה ושילוב שני הפרמטרים הללו מצביע על זמינות חלבון גבוהה יותר בקינואה. כמו כן, ערכי נעכלות הח"י במבחנה *(In vitro)* גבוהים יותר בתחמיץ הקינואה ביחס לתחמיץ חיטה. זהו למעשה יתרון נוסף של הקינואה הבא לידי ביטוי בניצול אפקטיבי יותר של המנה. אחוז ה NDF גבוה באופן מובהק בתחמיץ חיטה יחסית לקינואה ולכך מבחינת הרכב מזונות גסים, יתרון לחיטה. יחד עם זאת, מכיוון שקיימת שונות גבוהה באחוז ה- NDF בזני הקינואה השונים [10], ולאור העובדה כי בארץ (כולל במו"פ צפון) נערכת בחינה של זני קינואה שונים לגרעינים ולמספוא, יש לשקול בדיקה של זנים בעלי ערכי NDF גבוהים יותר מהזן בו נעשה שימוש בניסוי ההזנה בעבודה זו. נקודה נוספת לגבי אחוז ה NDF קשורה לעובדה שבזני קינואה בעלי ריכוז גבוה של ספונינים (כמו גם בזן הנוכחי שהשתמשו בו) יש לקצור באחוז חומר יבש יחסית נמוך היות ובשלב זה ריכוז הספונינים נמוך והוא עולה עם התבגרות הצמח [11]. לכן, שימוש בזנים בעלי ריכוז ספונינים נמוך (זנים מתוקים) יאפשרו קציר לתחמיץ באחוז

חומר יבש גבוה יותר שיאפשר הגעה לאחוזי NDF גבוהים יותר. נושא שימוש בזנים מתוקים נבחן במקביל לניסוי ע"י מו"פ צפון וחברת זרעים דליה בע"מ.

מתוצאות ניסויי ההזנה עולה כי לעגלים מקבוצת הקינואה צריכת מזון נמוכה באופן מובהק מצריכת המזון של קבוצת החיטה אך משקל העגלים (התחלה, אמצע וסוף ניסוי) ותמ"י לא נבדלו בין הקבוצות. בהתאם לכך, גם יעילות ניצולת המזון הפרטנית (G:F) של העגלים מקבוצת הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. תוצאה זו משתלבת עם תוצאות נעכלות המנות שהראתה שנעכלות המנה אצל העגלים שניזונו ממנת הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. כלומר אחת הסברות להסבר התופעה של צריכת מזון נמוכה יותר וגדילה דומה של קבוצת הקינואה יחסית לחיטה עשויה לנבוע מכך שנעכלות המנה גבוהה יותר ולכן ניצול המזון של עגלים מקבוצת הקינואה גבוה יותר. על כן, לצורך הגדילה העגלים היו צריכים כמות פחותה יותר של מזון [12]. הסבר נוסף לאחוז נעכלות של המזון שהיה גבוה יותר של עגלים מקבוצת הקינואה ביחס לאחוז נעכלות המזון של עגלים מקבוצת החיטה עשוי לנבוע מנוכחות של ספונינים במנת קבוצת הקינואה לעומת מנת קבוצת החיטה. זאת מכיוון ולספונינים ישנה השפעה על אוכלוסיית חיידקי הכרס המתבטאת בדיכוי האוכלוסייה המתנוגנת על ידי פגיעה בפרוטוזואות הניזונות מאוכלוסיית החיידקים העמילוליים ובשל כך מתרחשת עליה בנעכלות המזון המרוכז במנה [13]. שינוי זה שנגרם על ידי הספונינים ובמיוחד דיכוי האוכלוסייה המתאנוגנית, מפחיתה את פליטת המתאן ולמעשה מעלה את היעילות המיקרוביאלית. כלומר, פחות אנרגיה נפלטת כגז ויותר מנותבת לבניית אוכלוסיית החיידקים שמשמשת גם כמקור מזון מיקרוביאלי לחיה [13].

כיוון נוסף שיכול להסביר את נעכלות המזון הגבוהה יותר בקבוצת הקינואה יחסית לחיטה הוא קצב האכילה האיטי יותר של העגלים מקבוצת הקינואה. ניסויים רבים שבחנו את הקשר בין קצב האכילה ליעילות ניצולת המזון הוכיחו כי כאשר קצב האכילה איטי יותר, משך מעבר המעכל (Mean Retention Time) למעשה איטי יותר ולמזון יש יותר זמן להתעכל ולכן עולה הנעכלות [14]. כלומר, ההסבר להבדלים בנעכלות עשויים להיות קשורים גם להתנהגות האכילה. יחד עם זאת, בהקשר להתנהגות אכילה, העלאת הגירה הייתה נמוכה יותר בעגלים מקבוצת הקינואה יחסית לקבוצת החיטה. תוצאה זו עשויה לנבוע מכמות ה NDF הפחותה במנת הקינואה יחסית לחיטה. עליה בהעלאת גירה יכולה להעלות את הנעכלות על ידי הגדלת שטח פני המעכל ולכן שימוש בקינואה בעלת אחוז NDF גבוה יותר מהזן בו השתמשנו לניסוי ההזנה ו/או שילוב תחמיץ הקינואה עם מזון גס בעל תכולת NDF גבוהה (קש קינואה לדוגמה), עשויים להעלות את רמת העלאת הגירה ולשפר אף יותר את הנעכלות.

מדד יעילות נוסף שנבדל בין הקבוצות הוא מדד יעילות צריכת מזון שאריתית (RFI) שאינו קשור באופן ישיר למדד יעילות ניצולת המזון הקלאסית (G:F) היות ואינו מושפע מגודל בע"ח ומרמת יצרנותו (תמ"י בבקר בפיטום) [12]. לעגלים מקבוצת הקינואה היה RFI שלילי יותר, כלומר צרכו פחות מזון מצריכת המזון הצפויה המחושבת ממשקלם המטבולי ומתוספת הגדילה היומית ולכן נראה כי הם יעילים יותר מבחינת ניצולת המזון הפרטנית. מחקרים רבים הוכיחו כי לעגלים להם יעילות RFI גבוהה, תכולת החלבון בשריר גבוהה יותר יחסית לעגלים בעלי יעילות RFI נמוכה [12,15]. ואכן, מתוך נתוני הרכב הטיבחה נמצא כי לעגלים שהוזנו בקינואה אחוז החלבון בשריר היה גבוה יותר יחסית לעגלים מקבוצת החיטה. עם זאת, אחוז השומן התוך שרירי לא נבדל בין הקבוצות. אחוז החלבון בנתחים של עגלים בקבוצת הקינואה עשוי להיות קשור לזמינות החלבון הגבוה של הקינואה יחסית לחיטה במנות הפיטום.

צריכת מזון נמוכה יחסית לגדילה הן לפי מדד היעילות הקלאסית והן לפי יעילות צריכת מזון שאריתית, הינה משמעותית לרווחיות הגידול, היות וכיום בין 65% ל 70% (נתוני שה"מ) במוצע מהוצאות הגידול הן ההוצאה על מזון. התשואה לחקלאי מגיעה ממשקל העגלים שנמכרים כלומר היא מושפעת באופן ישיר מקצב הגדילה (התמ"י). לכן, תוצאות שני מדדי היעילות, שאינם תלויים האחד בשני, מצביעות על כך ששילוב של תחמיץ קינואה במנת הפיטום יכולה להעלות את רווחיות הגידול היות והמגדל מקבל את אותו התוצר (גדילה יומית) תוך השקעה נמוכה יותר במזון (זאת בהנחה ומחיר הקינואה לרפתן יהיה דומה לזה של מחיר החיטה).

לסיכום, תוצאות נתוני ניסוי ההזנה בשילוב נתוני היבול והאיכות של הקינואה יחסית לחיטה מצביעים על הפוטנציאל הגבוה של הקינואה לשמש כצמח מספוא איכותי וחדש לסל גידולי השדה למספוא בארץ. על מנת לבסס תוצאות אלה, יש לבחון את ההזנה בקינואה לעומת חיטה ברמה מסחרית ועם כמות פרטים גדולה יותר. כמו כן, ישנה חשיבות גבוהה להמשיך ולבחון זני



קינואה נוספים ובמיוחד זנים המכילים אחוז גבוה יותר של NDF (בהתחשב בכך שעדיין יהיו בעלי נעכלות גבוהה, חלבון גבוה וזנים בעלי רמת ספונינים נמוכה ולבצע ניסויי הזנה נוספים עם זנים אלו ובאחוזים שונים במנה).

## ביבליוגרפיה

- (1) Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F., and Jacobsen, S. E. (2012) Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant Soil* 357, 117–129.
- (2) Jacobsen, S.-E. (2003) The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev. Int.* 19, 167–177.
- (3) Asher, A., Dagan, R., Galili, S., Salmon, A. and Rubinovich, L. (2021). The development of young green quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a new multifunctional summer crop in Israel . Nir Va Telem, January 1-10.
- (4) Asher, A., Galili, S., Whitney, T., & Rubinovich, L. (2020). The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. *Scientia Horticulturae*, 272, 109534.
- (5) Asher, A., Sadan, A., Galili, S. & Rubinovich, L. (2017). Potential evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a new winter crop in Israel (in Hebrew). *Nir vatelem* 75, 22–28.
- (6) Lippke, H., Ellis, W. C., & Jacobs, B. F. (1986). Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *Journal of Dairy Science*, 69(2), 403-412.
- (7) NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle, 6th revised edition update Washington (DC): National Research Council, National Academy Press.
- (8) NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7<sup>th</sup> revised edition. Washington (DC): National Research Council, National Academy Press.
- (9) Herrmann, C., Idler, C., & Heiermann, M. (2016). Biogas crops grown in energy crop rotations: Linking chemical composition and methane production characteristics. *Bioresource Technology*, 206, 23-35.
- (10) Baskota, S., & Islam, A. (2017). Evaluation of forage nutritive value of quinoa cultivars. *Field Days Bulletin, LREC Long Reports*.
- (11) Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Industrial crops and products*, 23(1), 73-87.
- (12) Nkrumah, J. D., Okine, E. K., Mathison, G. W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J. A & Moore, S. S. (2006). Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of animal science*, 84(1), 145-153.
- (13) Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutrition research reviews*, 22(2), 204-219.
- (14) Pearson, R. A., Archibald, R. F., & Muirhead, R. H. (2006). A comparison of the effect of forage type and level of feeding on the digestibility and gastrointestinal mean retention time of dry forages given to cattle, sheep, ponies and donkeys. *British journal of nutrition*, 95(1), 88-98
- (15) Asher, A., Shabtay, A., Cohen-Zinder, M., Aharoni, Y., Miron, J., Agmon, R & Brosh, A. (2018). Consistency of feed efficiency ranking and mechanisms associated with inter-animal variation among growing calves. *Journal of Animal Science*, 96(3), 990-1009.