

שימוש בצמח הקינואה (*Chenopodium quinoa* Willd) כגידול חדש למספוא והשפעתו על ביצועים,

יעילות ייצור ויעילות ניצולת מזון פרטנית בטלאים לפיטום ובעזים וכבשים לחלב.

The use of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as a new forage crop and its effect on performance, individual production and feed efficiency of ruminants

חוקר ראשי:	אביב אשר	מיגל, מ"פ צפון
חוקרים שותפים:	ליאור רובינוביץ'	מיגל, מ"פ צפון
	חיים ליבוביץ	מופ העמקים
	מיכל מילגר	שה"מ
	איציק אברבנל	שה"מ

פרטי חוקר ראשי: avivas@migal.org.il, Kiryat-Shmona, Northern R&D, Migal, Aviv Asher

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.



חתימת החוקר הראשי:

בשנים האחרונות קיימת עליה משמעותית במחירי המזון של ענף הצאן בישראל כולל עלייה חדה במחירי המזונות הגסים ובמקורות חלבון איכותי במנות ההזנה. לכן, קיים צורך ממשי בפתוח של גידולי מספוא חדשים, בעלי עמידות לשינויי אקלים, בעלי איכות גבוהה שישפרו את יעילות הייצור של מגדלי הצאן בישראל ויאפשרו גיוון של צמחי המספוא במחזור, המבוסס כיום בעיקר על חיטה וקטניות מספוא, גיוון 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. מטרת המחקר הייתה לבחון את השילוב של שחת קינואה כמרכיב עיקרי של המזון הגס במנות פיטום של טלאים (שנה א') ומנות כוליות של עזים (שנה ב') וכבשים גבוהות תנובה (שנה ג') ואת השפעת ההזנה בשחת קינואה על יצרנות ויעילות ניצולת מזון ועל כמות ואיכות מוצרי הקצה וזאת בהשוואה להזנת צאן במזונות גסים מסורתיים (שחת חיטה ושחתות של קיטנית איכותית – תלתן ואספסת).

מתוצאות ניסוי ההזנה הפרטני בשנה א' של טלאים בשחת קינואה לעומת שחת חיטה כמרכיב המזון הגס במנת הפיטום עולה כי צריכת המזון, תוספת המשקל היומית, משקל גוף סופי ויעילות ניצולת המזון הפרטנית של קבוצת הטיפול (הקינואה) היו גבוהים יותר באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת (חיטה). כמו כן, משקל הטיבחה (ק"ג) של טלאים מקבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק יחסית לביקורת ואחוז השומן התוך שרירי של טלאים מקבוצת הטיפול היה גבוה יחסית לקבוצת הביקורת. מתוצאות ניסוי ההזנה של עזים מניבות בשחת קינואה לעומת תלתן (שנה ב') עולה כי תנובת החלב ואחוז החלבון בחלב היו גבוהים באופן מובהק בקבוצת הטיפול (קינואה) יחסית לביקורת (תלתן) וכמות התאים הסומטיים בחלב של עזים מקבוצת הטיפול היו נמוכים באופן מובהק מהעזים מקבוצת הביקורת כלומר איכות החלב של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לביקורת. נוסף על כך, יעילות ניצולת המזון של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה ב 8% מזו של קבוצת הביקורת. בדומה לתוצאות ניסוי ההזנה בעזים גם בניסוי ההזנה בכבשים בקינואה נמצא כי תנובת החלב של קבוצת הטיפול (קינואה) הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לביקורת (תלתן) ויעילות ניצולת המזון הייתה גבוהה ב 10.7% בקבוצת הטיפול לעומת הביקורת וכמות התאים הסומטיים של קבוצת הטיפול הייתה נמוכה באופן מובהק יחסית לביקורת. כמו כן, בשלושת ניסויי ההזנה נעכלות המנה שהכילה קינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית למנות הביקורת.

המשותף לשלושת ניסויי ההזנה הוא שיפור היצרנות (תוספת משקל בטלאים ותנובת חלב בעזים וכבשים) תוך שיפור יעילות ניצולת המזון וזאת בהשוואה לגידולי מספוא מסורתיים שיוצגו על ידי חיטה ותלתן. תוצאות אלו תואמות תוצאות מניסויי הזנה הקדמיים בבקר בהם בחנו השפעת הזנת שחת קינואה בעגלים בפיטום ובפרות חלב לעומת הזנה בשחת חיטה. גם בניסויים אלו יעילות ניצולת המזון הייתה גבוהה במעלי גרה שהוזנו בקינואה. תוצאות אלו של שיפור ביצרנות וביעילות ניצולת המזון בצאן ובבקר עשויות להיות קשורות לאחוז נעכלות המנה שהייתה גבוהה יותר בקבוצת הטיפול יחסית לביקורת בכלל הניסויים. הנעכלות הגבוהה של מנת הטיפול עשויה לנבוע מנוכחות של ספונינים בקינואה היות ולספונינים ישנה השפעה על אוכלוסיית חיידקי הכרס המתבטאת בדיכוי האוכלוסייה המתנוגגית על ידי פגיעה בפרוטוזואות הניזונות מאוכלוסיית החיידקים העמילוליים ובשל כך מתרחשת עליה בנעכלות המזון המרוכז במנה. במחקרים בספרות המקצועית (כולל בניסוי הקדמי שאנו ביצענו בהזנת עגלים בקינואה) נמצא כי הספונינים גורמים לדיכוי האוכלוסייה המתאנוגנית, ולכן מפחיתים את פליטת המתאן ולמעשה מעלים את היעילות המיקרוביאלית, כלומר, פחות אנרגיה נפלטת כגז ויותר מנותבת לבניית אוכלוסיית החיידקים שמשמשת גם כמקור מזון מיקרוביאלית לחיה. תוצאה משותפת נוספת נוגעת לאיכות החלב (כמות תאים סומטיים) בניסוי ההזנה בעזים וכבשים, כאשר בשני הניסויים כמות התאים הסומטיים בחלב של קבוצת הטיפול שהוזנו בשחת קינואה היו נמוכים באופן מובהק יחסית לביקורת. תוצאה זו עשויה לנבוע מנוכחות של חומרים נוגדי חמצון ונוגדי דלקת שנמצאים בעלי הקינואה ואינם נמצאים בחיטה ובתלתן.

שילוב תוצאות ניסויי ההזנה המצביעות על יתרון ביצרנות וביעילות הייצור ואף שיפור בכמות ובאיכות של מוצרי הקצה (איכות חלב וכמות שומן תוך שרירי בבשר) עם תוצאות הרכב הקינואה המראה יתרון באיכות הקינואה כצמח מספוא הבא לידי ביטוי בעיקר ביתרון באחוז החלבון ובנעכלות הצמח יחסית לגידולים מסורתיים ויתרון בכמות היבול המצטבר וביכולת לגדל קינואה לאורך השנה, מעיד על כך ששימוש בקינואה בהזנת צאן הזנה בקינואה עשויה לעלות את רווחיות הגידול ובריאות בעלי החיים. עם זאת, עד כה האבסה בשחת קינואה בישראל נעשית בתוך משקים שגם מגדלים אותה וגם מאביסים אותה במשק ועדיין בשלב זה אין תמחור של שחת קינואה במרכזי מזון מסחריים ולכן עדיין קשה להשוות מבחינה כלכלית ובאופן מדויק האם שילוב קינואה במנה במקום או בשילוב עם מזונות גסים מסורתיים יהיה רווחי יותר מבחינה כלכלית. אנו סבורים כי עם חשיפת תוצאות הניסויים למגדלים ולבעלי עניין (בעיקר מרכזי מזון) יגדל הביקוש לקינואה, יוגדלו כמות השטחים לגידול קינואה למספוא ויקבע תמחור לקינואה והיא תמכר על ידי מרכזי מזון וחברות מזון ובמקביל תתרום לגיוון גידולי המספוא ולהתמודדות עם שינוי אקלים הצפויים באזורינו.

Abstract:

In recent years, feed costs in the Israeli small ruminant sector have increased significantly, including a sharp rise in the prices of roughages and high-quality protein sources in feed rations. Therefore, there is a clear need to develop new forage crops that are resilient to climate change, possess high nutritional quality, and can improve production efficiency in the Israeli sheep and goat industry. Such crops would also allow greater diversification of forage species in crop rotations—currently based mainly on wheat and legume forages—thus helping to reduce disease, pest, and weed pressures, while enabling the inclusion of crops with higher water-use efficiency in dryland rotations. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) grown as a forage crop has great potential to address these challenges.

The objective of the present study was to evaluate the use of quinoa hay as a primary roughage component in the fattening rations of lambs (Year 1), in the total mixed rations (TMR) of dairy goats (Year 2), and in the rations of high-yielding dairy ewes (Year 3). The study aimed to assess the effects of feeding quinoa hay on productivity, feed efficiency, and the quantity and quality of end products, compared with traditional roughages such as wheat hay and high-quality legume hays (clover and alfalfa).

Results from the individual feeding trial with lambs (Year 1) showed that feed intake, average daily gain, final body weight, and individual feed efficiency were all significantly higher in the treatment group (quinoa hay) compared to the control group (wheat hay). Carcass weight (kg) and intramuscular fat percentage were also significantly higher in the quinoa-fed lambs. In the dairy goat feeding trial (Year 2), milk yield and milk protein content were significantly higher in the quinoa group compared to the clover-fed control group. Somatic cell counts (SCC) in milk were significantly lower in the quinoa-fed goats, indicating better milk quality. In addition, feed efficiency in the quinoa group was 8% higher than in the control group. Similarly, in the dairy ewe feeding trial (Year 3), milk yield in the quinoa group was significantly higher than in the control group (clover), feed efficiency was 10.7% higher, and SCC were significantly lower in the quinoa-fed ewes. In all three feeding trials, the digestibility of the rations containing quinoa hay was significantly higher than that of the control rations.

The common outcome across all three feeding trials was an improvement in productivity (weight gain in lambs and milk yield in goats and ewes) and feed efficiency, compared with traditional forage crops (wheat and clover). These results are consistent with previous feeding trials in cattle, in which feeding quinoa hay to fattening calves and dairy cows also resulted in higher feed efficiency than feeding wheat hay. The improved productivity and feed efficiency observed in both small ruminants and cattle may be related to the higher digestibility of the quinoa-based rations. This increased digestibility could stem from the presence of saponins in quinoa. Saponins are known to influence rumen microbial populations by suppressing protozoa that prey on amylolytic bacteria, thereby reducing methanogenic activity and increasing the digestibility of concentrate components in the ration. Studies in the literature (including our preliminary trial with calves fed quinoa hay) have shown that saponins reduce methanogenic populations, leading to lower methane emissions and improved microbial efficiency—meaning less energy lost as gas and more energy directed toward microbial growth, which in turn serves as a nutrient source for the animal. Another consistent finding from the goat and ewe feeding trials concerns milk quality: the somatic cell count in the milk of quinoa-fed animals was significantly lower than in the control groups. This improvement may result from the presence of antioxidant and anti-inflammatory compounds in quinoa leaves, which are absent in wheat and clover.

Taken together, the feeding trial results demonstrate that quinoa hay improves productivity, feed efficiency, and even the quantity and quality of final products (milk quality and intramuscular fat content in meat). Combined with quinoa's favorable composition particularly its higher protein content, digestibility, cumulative yield, and suitability for year-round cultivation, these findings indicate that the use of quinoa as a forage crop in small ruminant feeding systems could enhance farm profitability and animal health. However, so far, quinoa hay feeding in Israel has mainly been practiced on farms that both grow and use the crop themselves. Quinoa hay has not yet been commercially priced or distributed through feed centers, making it difficult to precisely evaluate the economic profitability of replacing or combining quinoa with traditional roughages. We believe that once the experimental results are disseminated among farmers and stakeholders (especially feed centers), demand for quinoa will increase, cultivation areas will expand, and a market price will be established. This development could promote broader adoption of quinoa as a forage crop, contributing to feed resource diversification and improving resilience to expected climate changes in our region.

מבוא

מעלי גירה בישראל צורכים כ- 700 אלף טון חומר יבש (ח"י) של מספוא בשנה. על פי רוב, מדובר על מספוא סיבי מגידול מקומי, בעיקר תחמיץ, שגדל ברובו בתנאי בעל ובחלקו בהשקיה קיצית על מים מושבים. בשל היקפו הגדול של גידול החיטה מסך כל שטחי הגד"ש (מדי שנה מגדלים בארץ כמיליון דונם חיטה) קיים קושי בהתמודדות עם מחלות, מזיקים ועשבים רעים במחזור הפלחה. פתרון אפשרי לבעיה הוא גוון צמחי המספוא במחזור. גורם נוסף ומכריע בקביעת הרכבו של ענף המספוא בישראל הוא המחסור במים, המהווה גורם מגביל עיקרי בהתפתחות צמחים ויבולי גידולים חקלאיים. נכון להיום, צפויה בעיה זו אף להחריף בשל הדרישה הגוברת למים לשימוש ביתי ותעשייתי, לצד השינוי האקלימי הגלובלי. אחת הדרכים המבטיחות להתמודדות עם המחסור במים בחקלאות היא אימוץ גידולים וממשקים

בעלי ניצולת מים גבוהה. בעיה נוספת נוגעת למקורות החלבון במנת ההזנה של מעלי גירה. גידולים בעלי תכולת חלבון גבוהה, בדגש על מזון גס איכותי ועשיר בחלבון (בקיה, תלתן, אספסת), הולכים ומתייקרים עם השנים והופכים פחות נגישים וכדאיים כלכלית עבור המגדלים, המחפשים מקורות חלבון חלופיים. גידול קינואה למספוא הינו בעל פוטנציאל רב למתן מענה לשלושת הגורמים המגבילים את גידולי המספוא בארץ, כפי שצוינו לעיל.

צמח הקינואה נחשב כפסאודו-דגן ובשנים האחרונות נחשף העולם המערבי לאיכויותיו התזונתיות. גרגירי הקינואה הינם בעלי ערך תזונתי גבוה ביותר, נטולי גלוטן ועל כן קיבלו מעמד של 'מזון עלית'. חלבון הקינואה הוא בעל ערך תזונתי גבוה ביותר ומכיל חומצות אמינו חיוניות, כגון ליזין החסרה בדגניים ומתיונין החסרה בקטניות[1]. יש עדויות לכך שהעלים מכילים חומרים בעלי פעילות נוגדת חמצון ואנטי-סרטנית[2].

מלבד השימוש בקינואה למאכל אדם, גידול הצמח למספוא טומן בחובו ערך פוטנציאלי גבוה כמספוא להזנת מעלי גרה. בעשור האחרון נבחן השימוש בצמח הקינואה כגידול חדש למספוא בדרום אמריקה, באירופה, ובארבע השנים האחרונות אף נבחן בישראל, זאת בשל יתרונותיו החקלאיים, המתבטאים ביעילות ניצולת מים גבוהה, פוטנציאל יבול גבוה באיכות גבוהה, יכולת שימור כתחמיץ ותכולת חלבון גבוהה של החומר הצמחי[3]. בנוסף, בשנים האחרונות בחנו את הפוטנציאל של גידול קיצי של קינואה כשחת איכותית [4] (לעומת השנים הקודמות שבהם בחנו קש ותחמיץ קינואה), זאת על מנת לבחון את הפוטנציאל של החלפת קיטנית איכותית (אספסת, תלתן, בקיה) במנות להזנת צאן.

נכון להיום, המידע הקיים בספרות בנוגע לשימוש בקינואה כצמח מספוא, עוסק בעיקר בהרכב הקינואה ובמידת נעילותו של הצמח במבחנה[5] אך קיים מחסור משמעותי במידע תשתיתי בסיסי ויישומי הנוגע להשפעת הזנה בקינואה על ביצועי צאן ויעילות ייצור ויעילות ניצולת מזון לחלב ולבשר ברמה הקבוצתית ככלל וברמה הפרטנית בפרט.

מטרות המחקר:

מטרת המחקר המרכזית במחקר הייתה לבחון את השפעת ההזנה בצמח הקינואה על ביצועים ויעילות ייצור וניצולת מזון לחלב בעזים ובכבשים מניבות ולגדילה בטלאים בפיטום באופן אינדיבידואלי, בהשוואה להזנה בשחת חיטה (בטלאים) ובשחת תלתן ואספסת (בעזים וכבשים לחלב).

מטרת המחקר בשנה א': לבחון את השפעת ההזנה בצמח הקינואה כמרכיב הגס במנת פיטום על ביצועים ויעילות ייצור וניצולת מזון פרטנית של טלאים, בהשוואה להזנה במנת פיטום המכילה שחת חיטה כמרכיב הגס במנה.

מטרת המחקר בשנה ב': לבחון את השפעת שילוב שחת קינואה כמרכיב גס במנה על תנובת החלב, הרכב החלב, צריכת מזון (קבוצתית), משקל גוף, ויעילות ניצולת מזון של עזים לחלב, בהשוואה להזנה במנת פיטום המכילה שחת תלתן ואספסת כמרכיב הגס במנה.

מטרת המחקר בשנה ג': לבחון את השפעת שילוב שחת קינואה כמרכיב גס במנה על תנובת החלב, הרכב החלב, צריכת מזון (קבוצתית), משקל גוף, ויעילות ניצולת מזון של כבשים לחלב, בהשוואה להזנה במנת פיטום המכילה שחת תלתן ואספסת כמרכיב הגס במנה.

פירוט מהלך הניסויים ותוצאות המחקר:

שנה א':

בשלב הראשון של הניסוי גודלו 5 דונם של שחת קינואה מין 'Mint vanilla' בחוות אבני איתן אשר נזרעה באוקטובר 2022, צפיפות זריעה 750 צמחים למ"ר, דישון 5 יחידות חנקן כל שבועיים, השקיה: 84 קוב לדונם במוצע, ריסוס: מונעי נביטה לפני זריעה. הקינואה נקצרה 56 ימים לאחר הזריעה כאשר הגיע ל 16% חומר יבש במוצע. הקינואה נקצרה בעזרת מקצרת תופים מסחרית, הוקמלה למשך שבוע בשדה ונכבשה לבלאות קטנות. יום לפני הקציר בוצע דיגום של חומר צמחי מהשדה (ארבע חזרות, גודל חזרה 1 מ"ר) חושב יכול

חומר יבש (ח"י) לדונם, נלקחו דוגמאות מייצגות מהחומר הצמחי, הדוגמאות יובשו בתנור ייבוש למשך 48 שעות ב 60 מ"צ, נטחנו במטחנת פטישים (לגודל 1 מ"מ), ונשלחו למעבדת Dairy one (איטקה, ניו-יורק, ארה"ב) ביחד עם דוגמאות שחת חיטה (ששימשה כמזון הגס למנת הביקורת) לבדיקות כימיה רטובה שכללו: ח"י, חומר אורגני, חלבון כללי, שומן, NDF (Neutral detergent fibre), ליגנין, נעכלות NDF ונעכלות ח"י צמחי. שחת הקינואה הועברה למרכז המזון נהלל להכנת בליל פיטום שבו שחת הקינואה היוותה כ 16% מהמנה לפי ח"י (מנת הטיפול) ובליל פיטום שבו שחת חיטה היוותה 16% מהמנה לפי ח"י (מנת הביקורת). מנות הפיטום (טיפול וביקורת) נארזו בחבילות קטנות (22 ק"ג) במרכז המזון נהלל. תכולות ומרכיבי המנות המתוכננות מתוארים בטבלה 1.

טבלה 1. הרכב, תכולת המרכיבים וערכי אנרגיה במנות המתוכננות, ההרכב מבוסס ב % על בסיס החומר היבש.

מנת ביקורת	מנת טיפול	הרכב מזונות (% בח"י במנה)
0	15	שחת קינואה
15	0	שחת חיטה
8	8	כוספת לפתית
8	8	ADM גלוטן פיד
10	10	קליפות סויה
6.24	3.87	כוספת סויה 48%
20	20	שעורה שלמה
24.6	28	תירס שלם
2.5	2.5	קליפות הדר
0.1	0.1	סופח קלינופיד
0.5	0.5	סודה לשתייה
2.51	2.51	סידנית
0.7	0.7	מלח
1.3	1.3	ויטמין צאן אומניצין
0.51	0.51	אמוניום כלוריד
		תכולות
87.6	88.6	אחוז ח"י
2.67	2.67	אנרגיה מטבולית (מק"ל/ק"ג)
1.69	1.69	אנרגיה נטו (מק"ל/ק"ג)
16	16	חלבון כללי (% מח"י)
22.7	19.8	NDF (% מח"י)
15.5	14.8	מזון גס (% מח"י)

ניסוי ההזנה החל בדצמבר 2022 באבני איתן וערך כשלושה חודשים. לצורך ניסוי הזנה עשרים וארבעה טלאים בגיל ממוצע של 80 יום ובמשקל ממוצע של 30 ק"ג הועברו למלונות פרטניות. הטלאים חולקו ל- 2 קבוצות (n=12 לקבוצה): כאשר, לקבוצת הטיפול הוגשה מנת פיטום שהכילה את שחת הקינואה (16% מהמנה) ולקבוצת הביקורת הוגשה מנת פיטום שהכילה שחת חיטה (16% מהמנה). הניסוי ארך 91 ימים כאשר בשלב הראשון בוצעו 7 ימי הרגלה למלונות, לאחריהם 14 ימי הרגלה למנה, ואחריהם כ- 70 ימי ניסוי שכללו מדידת צריכת מזון פרטנית בתדירות יומית. המזון הוגש ברמת צריכה חופשית (ad-lib). שקילה פרטנית של הטלאים התבצעה אחת לשבוע וחושבה תוספת משקל יומית (ג'יום). מתוך הנתונים הפרטניים של צריכת המזון, משקל גוף ותוספת המשקל, חושבה יעילות ניצולת המזון פרטנית (ג"ר תוספת משקל יומית/ק"ג ח"י). במהלך השבועיים האחרונים של הניסוי נדגמו המנות ונלקחה צואה באופן פרטני לחישוב נעכלות לפי NDF בלתי נעכל [6] (דוגמאות המזון והצואה יובשו, נטחנו ונשלחו לבדיקת הרכב בארה"ב). בסוף הניסוי הטלאים נשטו בבית מטבחיים ונלקחו נתוני משקל ואחוז טבחה של הטלאים ונדגם שריר בין צלע 9 לצלע 12 ובוצעו בדיקות כימיה רטובה להרכב השריר באופן פרטני (שומן, חלבון, אפר וח"י).

תוצאות:

אחוז החומר היבש של הקינואה בזמן הקציר עמד על 16.4 ± 2.11 בממוצע ויבול החומר הרטוב הגיע ל 1.6 טון לדונם חומר צמחי רטוב כלומר 256 ק"ג ח"י לדונם. ההרכב הכימי, נעכלות ח"י וערכי האנרגיה של השחתות מתוארים בטבלה 2. מתוך התוצאות עולה כי % החלבון, ונעכלות הח"י צמחי במבחנה היו גבוהים באופן מובהק בשחת הקינואה לעומת שחת החיטה. אחוז השומן בצמח היה גבוה יותר (נטייה) בשחת הקינואה לעומת שחת החיטה. לעומת זאת % הליגנין ו-NDF היו גבוהים באופן מובהק בשחת החיטה לעומת הקינואה. אחוז חומר אורגני ונעכלות NDF נטו להיות גבוהים יותר בשחת החיטה יחסית לקינואה.

טבלה 2. ההרכב הכימי, נעכלות ח"י ודופן תא במבחנה של שחת קינואה לעומת שחת חיטה. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$ במבחן Student's t test

מדד	שחת קינואה	שחת חיטה	P value
חומר יבש (%)	88.3 ± 3.43	87.2 ± 2.56	0.81
חומר אורגני (% מח"י)	82.1 ± 3.42	88.9 ± 2.87	0.09
חלבון כללי (% מח"י)	19.5 ± 2.12	9.2 ± 1.23	< 0.01
שומן (% מח"י)	2.38 ± 0.13	2.14 ± 0.12	0.07
ליגנין (% מח"י)	3.51 ± 0.19	6.42 ± 0.35	< 0.01
NDF (% מח"י)	40.3 ± 1.27	44.5 ± 1.97	< 0.01
נעכלות NDF (48 שעות, % מ NDF)	44.2 ± 2.88	51.1 ± 3.12	0.12
נעכלות ח"י (48 שעות, % מח"י)	71.6 ± 1.89	62.1 ± 1.79	< 0.05

ההרכב הכימי של המנות, נעכלות ח"י ודופן תא וערכי האנרגיה מתוארים בטבלה 3. מנות הטיפול והביקורת נבדלו ביניהן באחוז ליגנין שהיה נמוך יותר במנת קבוצת הטיפול ונעכלות חומר ח"י שהייתה גבוהה יותר במנת הטיפול. אחוז ה NDF היה גבוה ב 19% במנת הביקורת יחסית לטיפול (נטייה למובהקות).

טבלה 3. תכולות מרכיבי הזנה מדודים, נעכלות ח"י ודופן תא במבחנה וערכי האנרגיה של מנות הטיפול (קינואה) והביקורת. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$ במבחן Student's t test

מדד	מנת טיפול	מנת ביקורת	P value
חומר יבש (%)	87.6 ± 1.13	88.7 ± 1.47	0.67
חומר אורגני (% מח"י)	87.1 ± 2.26	90.5 ± 1.81	0.24
חלבון כללי (% מח"י)	18.2 ± 0.67	16.4 ± 1.56	0.09
שומן (% מח"י)	2.98 ± 0.87	3.24 ± 0.29	0.34
ליגנין (% מח"י)	3.51 ± 0.28	4.11 ± 0.22	< 0.05
NDF (% מח"י)	25.5 ± 2.96	31.5 ± 2.24	0.10
נעכלות NDF (48 שעות, % מ NDF)	72.1 ± 1.58	70.5 ± 1.78	0.52
נעכלות ח"י (48 שעות, % מח"י)	82.4 ± 0.84	79.3 ± 0.97	< 0.05
אנרגיה מטבולית (מק"ל/ק"ג ח"י)	2.86 ± 0.11	2.95 ± 0.12	0.23

תוצאות הביצועים, יעילות ניצולת מזון ונעכלות *in vivo* מתוארות בטבלה 4. משקל הגוף ההתחלתי לא נבדל בתחילת הניסוי, כאשר כבר באמצע הניסוי משקל אמצע (שבוע 8 בניסוי) של הטלאים שהוזנו בקינואה היה גבוה ב 4.5% יחסית לחיטה (לא מובהק). בהמשך הניסוי הפער במשקל גדל ובסוף הניסוי משקל הגוף של הטלאים מקבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק ב- 11% יחסית לקבוצת הביקורת.

צריכת המזון, תוספת המשקל היומית ויעילות ניצולת המזון היו גבוהים באופן מובהק בקבוצת הטיפול יחסית לקבוצת הביקורת. אחוז נעכלות המזון *in vivo* של טלאים מקבוצת הטיפול היה גבוה (נטייה) יחסית לנעכלות המזון של טלאים מקבוצת הביקורת.

טבלה 4: ביצועים, יעילות ניצולת מזון ונעכלות המנה *in vivo* של טלאים שהוזנו במנת פיטום שהמרכיב הגס היה שחת קינואה ($n = 12$, קבוצת טיפול) לעומת טלאים שהוזנו במנת פיטום שהמרכיב הגס היה שחת חיטה ($n = 12$, קבוצת ביקורת). כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן ממוצעת של 12 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובדלים עבור $P < 0.05$ במבחן Student's t test.

מדד	טיפול	ביקורת	ש.ת.	מובהקות
משקל התחלה (ק"ג)	38.4	37.8	0.91	0.67
משקל אמצע (ק"ג)	55.1	52.6	1.36	0.55
משקל סיום (ק"ג)	72.9	65.2 ^b	1.87	< 0.05
צריכת מזון (ק"ג ח"י)	1.95	1.85 ^b	0.03	< 0.05
תוספת משקל יומית (ק"ג/ליום)	0.44	0.37 ^b	0.02	< 0.01
יעילות ניצולת מזון (ג"ר תוספת משקל/ק"ג ח"י)	226	201 ^b	12.1	< 0.05
נעכלות (INDF, %)	72.3	69.8	15.1	< 0.05

תוצאות משקל ואחוז הטיבחה (לפי חישוב משקל הטיבחה יחסית למשקל גוף לפני השחיטה) והרכב הטיבחה הכולל את אחוז השומן התוך שרירי, החלבון, האפר וח"י של קבוצת הקינואה לעומת קבוצת החיטה מתוארים בטבלה 5. משקל הטיבחה של טלאים מקבוצת הקינואה היה גבוה באופן מובהק יחסית למשקל הטיבחה של טלאים מקבוצת החיטה אך אחוז הטיבחה של קבוצת הטיפול לא נבדל באופן מובהק יחסית לביקורת. אחוז השומן התוך שרירי של טלאים מקבוצת הטיפול היה גבוה ב- 17% יחסית לבוצת הביקורת (נטייה למובהקות). אחוז החלבון, האפר והחומר היבש לא נבדלו באופן מובהק בין הקבוצות.

טבלה 5: משקל, הרכב, ואחוז טבחה של טלאים שהוזנו במנת פיטום שהמרכיב הגס היה שחת קינואה ($n = 12$) לעומת טלאים שהוזנו בבלייל פיטום שהמרכיב הגס היה שחת חיטה ($n = 12$). כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן ממוצעת של 12 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובדלים עבור $P < 0.05$ במבחן Student's t test.

מדד	טיפול	ביקורת	שגיאת תקן	מובהקות
משקל טבחה (ק"ג)	36.5	33.2	1.01	< 0.05
אחוז טבחה (%)	50.1	50.9	0.79	0.17
שומן (%)	8.37	6.93	0.81	0.07
חלבון (%)	21.9	22.8	0.92	0.39
אפר (%)	1.28	1.25	0.06	0.73
חומר יבש (%)	30.6	29.4	0.84	0.35

שנה ב':

בשלב הראשון של הניסוי גודלו 5 דונם של שחת קינואה מקו Mint vanilla בחוות מטעים אשר נזרעו ביולי 2023 באומד של 750 צמחים למ"ר. במהלך הגידול החלקה קיבלה דישון ב 5 יחידות חנקן כל שבועיים, השקיה: 94 קוב לדונם בממוצע, ריסוס: מונעי נביטה לפני זריעה. הקינואה נקצרה לשחת ב 18% ח"י 52 ימים מזריעה בעזרת מקצרת תופים מסחרית, הוקמלה למשך שבוע בשדה ונכבשה לבאלות קטנות. יום לפני הקציר בוצע דיגום של חומר צמחי מהשדה (ארבע חזרות, גודל חזרה 1 מ"ר) חושב יכול חומר יבש (ח"י) לדונם, נלקחו דוגמאות מייצגות מהחומר הצמחי, הדוגמאות יובשו בתנור יבוש למשך 48 שעות ב 60 מ"צ, נטחנו במטחנת פטישים (לגודל 1 מ"מ), ונשלחו למעבדת Dairy one (איטקה, ניו-יורק, ארה"ב) ביחד עם דוגמאות שחת תלתן (ששימשה כמזון הגס למנת הביקורת)

לבדיקות כימיה רטובה שכללו: ח"י, חומר אורגני, חלבון כללי, שומן, NDF (Neutral detergent fibre), ליגנין, נעכלות NDF ונעכלות ח"י צמחי. שחת הקינואה הועברה למרכז המזון נהלל להכנת בלילי חולבות: בליל מנת טיפול שבו שחת הקינואה היוותה כ 19% מהמנה לפי ח"י, ובליל מנת הביקורת שבו שחת תלתן היוותה 20% מהמנה לפי ח"י. שאר מרכיבי הבליל שכללו שחת אספסת (9.7% מהמנה לפי ח"י) ומרכיבי מזון מרוכז היו דומים בין שני הבלילים. בלילי הטיפול והביקורת נארזו בחבילות קטנות (22 ק"ג) במרכז המזון נהלל. תכולות ומרכיבי המנות המתוכננות מתוארים בטבלה 6. ניסוי ההזנה החל באוקטובר 2023 בדיר ברוש (יבניאל) וערך כחודשיים. בניסוי השתתפו 48 עזים מניבות אשר חולקו לשתי קבוצות (24 עזים לקבוצה) בהתאם לתנובת החלב, גיל, מספר תחלובה, ימים בתחלובה, משקל והרכב חלב (שומן/חלבון/לקטוז/ס"ס). כשבוע לפני ניסוי ההזנה כלל העזים נשקלו, חושבה תנובת חלב יומית (ממוצע של שבועיים), נדגם חלב בחליבת בוקר (06:00) וחליבת ערב (17:00) ודגימות החלב נשלחו לבדיקת הרכב חלב במעבדת החלב של מועצת החלב בקיסריה. הממוצעים טרם תחילת ניסוי ההזנה: תנובת החלב הממוצעת 2.36 ± 0.15 ליטר ליום, גיל 3.47 ± 0.21 שנים, מספר תחלובה 2.54 ± 0.15 שנים, 67.2 ± 2.4 ימים בתחלובה, משקל גוף ממוצע 52.6 ± 1.9 ק"ג, הרכב חלב ממוצע: % שומן 4.16 ± 0.59 , % חלבון 3.27 ± 0.18 , % לקטוז 4.51 ± 0.08 , כמות ס"ס 1432 ± 266 (תאים * 1000 / מ"ל). העזים חולקו לקבוצת טיפול וביקורת (24 עזים לקבוצה) שלא נבדלו סטטיסטית במדדים המצוינים לעיל. צריכת המזון הקבוצתית נמדדה ברמה יומית ע"י שקילת המזון המוגש ושקילת השאריות ביום למחרת. תנובת החלב נמדדה באופן פרטני בכל יום. מעבר לשקילה הפרטנית של העזים טרם החלוקה לקבוצות, העזים נשקלו שוב כחודש אחרי תחילת הניסוי ובסוף הניסוי. דיגום חלב בוצע גם כן טרם תחילת הניסוי, חודש לאחר תחילת הניסוי ובסוף הניסוי. בהתאם לצריכת המזון ותנובת החלב חושבה יעילות ניצולת המזון ברמה יומית.

טבלה 6. הרכב, תכולת המרכיבים וערכי אנרגיה במנות המתוכננות, ההרכב מבוטא ב % על בסיס החומר היבש.

הרכב מזונות (% בח"י במנה)	מנת טיפול (קינואה)	מנת ביקורת (תלתן ואספסת)
שחת קינואה	18.8	-
שחת אספסת	9.7	9.7
שחת תלתן	-	20.1
שעורה שלמה	12.4	12.7
תירס שלם	26.2	24.7
מי סוכר	3.0	3.0
כופתיות 165 עמיר דגן	29.9	28.8
תכולות מרכיבים		
אחוז ח"י	89.4	90.1
אנרגיה נטו (מק"ל/ק"ג)	1.72	1.72
חלבון כללי	16	16
NDF	34.7	37.3
מזון גס	30.1	30

תוצאות שנה ב':

אחוז החומר היבש של הקינואה בזמן הקציר עמד על 18.3 ± 2.1 בממוצע ויבול החומר הרטוב הגיע ל 2.1 טון לדונם חומר צמחי רטוב כלומר 380 ק"ג ח"י לדונם (בקציר 1). ההרכב הכימי, נעכלות ח"י וערכי האנרגיה של השחתות מתוארים בטבלה 7. אחוזי החלבון בשחתות נבדלו באופן מובהק כאשר % החלבון בקינואה היה הגבוה ביותר ולאחריו האספסת ובתלתן % החלבון הנמוך ביותר. אחוזי החלבון והשומן בשחת הקינואה היו גבוהים באופן מובהק יחסית לשחת אספסת ושחת תלתן, ואחוזי החלבון והשומן בשחת אספסת היו גבוהים באופן מובהק יחסית לשחת תלתן. אחוז הליגנין וה NDF בשחת קינואה היו נמוכים באופן מובהק יחסית לשחת אספסת ושחת

לתלתן ואחוז הליגנין וה NDF בשחת אספסת היו נמוכים באופן מובהק יחסית לשחת תלתן. אחוז נעכלות ח"י ו NDF בשחת קינואה היו גבוהים באופן מובהק יחסית לשחת אספסת ושחת לתלתן ולא נמצא הבדל מובהק באחוז נעכלות ח"י ו NDF בין שחת תלתן לשחת אספסת.

טבלה 7. ההרכב הכימי, נעכלות ח"י ודופן תא במבחנה של שחת קינואה, תלתן ואספסת. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. אותיות שונות מעל העמודות בכל שורה מראות על הבדל מובהק סטטיסטית (Tukey-HSD $P < 0.05$).

מדד	קינאה	תלתן	אספסת
חומר יבש (%)	18.3 ^b \pm 2.3	25.3 ^a \pm 3.2	28.1 ^a \pm 2.3
חומר אורגני (%)	80.1 ^b \pm 1.29	90.2 ^a \pm 0.41	91.6 ^a \pm 2.04
חלבון (% בח"י)	22.5 ^a \pm 3.34	8.53 ^c \pm 0.49	14.1 ^b \pm 0.66
שומן (% בח"י)	3.81 ^a \pm 0.21	0.67 ^c \pm 0.11	1.58 ^b \pm 0.64
ליגנין (% בח"י)	2.93 ^c \pm 0.20	9.60 ^a \pm 0.46	6.21 ^b \pm 0.11
NDF (% בח"י)	39.3 ^c \pm 3.98	61.4 ^a \pm 2.51	46.4 ^b \pm 1.87
נעכלות NDF (48 שעות, % מ NDF)	54.3 ^a \pm 3.44	38.4 ^b \pm 1.33	35.7 ^b \pm 2.93
נעכלות ח"י (48 שעות, % מח"י)	76.4 ^a \pm 2.64	64.3 ^b \pm 3.67	62.2 ^b \pm 1.23

ההרכב הכימי של המנות, נעכלות ח"י ודופן תא וערכי אנרגיה נטו לחלב מתוארים בטבלה 8. בלילי הטיפול והביקורת לא נבדלו ביניהן ב % ח"י, ליגנין, NDF ואנרגיה נטו לחלב. אחוז החלבון, נעכלות ח"י ונעכלות NDF היו גבוהים באופן מובהק בלילי הטיפול יחסית לביקורת. אחוז חומר אורגני ואחוז שומן היו גבוהים באופן מובהק בלילי הביקורת יחסית לבלילי הטיפול.

טבלה 8. תכולות מרכיבי הזנה מדודים, נעכלות ח"י ודופן תא במבחנה וערכי האנרגיה של מנות הטיפול (קינאה) והביקורת. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$ במבחן Student's t test

מדד	בליל טיפול (קינאה)	בליל ביקורת (תלתן ואספסת)	מובהקות
חומר יבש (%)	89.4 \pm 1.3	90.1 \pm 2.1	0.55
חומר אורגני (%)	88.6 \pm 0.57	92.7 \pm 0.23	< 0.05
חלבון (% בח"י)	14.8 \pm 0.60	13.4 \pm 0.45	< 0.05
שומן (% בח"י)	2.83 \pm 0.16	3.84 \pm 0.18	0.12
ליגנין (% בח"י)	3.90 \pm 0.34	3.33 \pm 0.39	0.11
NDF (% בח"י)	26.8 \pm 2.09	27.1 \pm 0.47	0.45
נעכלות NDF (%)	57.3 \pm 2.33	47.0 \pm 1.33	< 0.01
נעכלות ח"י (%)	77.3 \pm 1.33	74.0 \pm 0.82	< 0.05

תוצאות תנובת החלב והרכב החלב, צריכת ח"י, יעילות ניצולת מזון, משקל גוף ותוספת משקל יומית בסיום הניסוי מתוארות בטבלה 9. תנובת החלב של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לביקורת. צריכת ח"י קבוצתית (כוללת בליל ומזון מוסף במחלוב) של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה ב 5% יחסית לביקורת כלומר הצריכה הייתה דומה בין הקבוצות. יעילות ניצולת המזון של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה ב 8% מקבוצת הביקורת. משקל הגוף בהתחלת הניסוי ובסופו של נבדל באופן מובהק בין הקבוצות ותוספת המשקל היומית לא נבדלה באופן מובהק בין הקבוצות. אחוז החלבון בחלב של קבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. אחוז השומן והלקטוז לא היו שונים באופן מובהק בין הקבוצות. כמות התאים הסומטיים הייתה נמוכה באופן מובהק בין קבוצת הטיפול לקבוצת הביקורת.

טבלה 9. ביצועים, יעילות ניצולת מזון והרכב חלב של עזים מקבוצת הטיפול (קינואה) ועזים מקבוצת הביקורת (תלתן). הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$ במבחן Student's t test

מדד	טיפול	ביקורת	שגיאת תקן ממוצעת	P value
ביצועים				
תנובת חלב (ק"ג/יום)	2.30	2.05	0.14	< 0.01
צריכת ח"י (ק"ג ח"י/ליום)	2.50	2.38	-	-
יעילות ניצולת מזון (ק"ג/ק"ג ח"י)	0.93	0.86	-	-
משקל גוף (ק"ג)	58.1	56.1	2.41	0.65
תוספת משקל יומית	0.04	0.03	0.007	0.32
הרכב חלב:				
שומן (%)	3.28	3.13	0.12	0.42
חלבון (%)	3.22	2.99	0.04	< 0.01
לקטוז (%)	4.23	4.19	0.03	0.47
סת"ס (תאים * 1000 / מ"ל)	1170	1785	213.9	< 0.05
לרת"ס (לוג תאים * 1000 / מ"ל)	6.55	7.15	0.22	< 0.01

שנה ג':

באוקטובר 2023 נזרעו בחוות מטעים בעמק החולה 5 דונם קינואה מהקו Mint vanilla. הקינואה נקצרה כשחת 51 ימים לאחר הזריעה, לאחר השתבלות ולפני שלב התמלאות הגרעין, כאשר הגיע ל- 16% חומר יבש בממוצע. יכול החומר הרטוב הגיע ל- 510 ק"ג ח"י לדונם (בקציר ראשון). החומר הצמחי הוקמל בשדה ונארז כבאלות מסחריות. לאחר הקציר נלקחו מדגמים מייצגים של חומר צמחי מאזורים שונים של הבאלה לצורך קביעת ההרכב הכימי. האנליזה כללה: בדיקת אחוז חלבון ושומן, אחוז דופן תא (NDF), אחוז ליגנין ואחוז אפר, נעכלות ח"י ונעכלות דופן תא (*in vitro*).

ניסוי ההזנה התבצע במשק ברוש במושבה יבנאל. עדר הכבשים מגזע אסף נחלב פעמיים ביום. לצורך ניסוי ההזנה נבחרו 46 כבשים מניבות מעל גיל 15 חודשים ועד גיל 5.5 שנים, כולן לאחר המלטה אחת לפחות. מרחק ממוצע של ימים מהמלטה 44 ± 11.1 , משקל הגוף הממוצע עמד על 63.15 ± 8.43 ק"ג ותנובת חלב יומית ממוצעת של 2.36 ± 0.22 ק"ג ליום. על פי פרמטרים אלו חולקו הכבשים לשתי קבוצות מאוזנות של 23 כבשים כל אחת: קבוצת ניסוי הוזנה בשחת קינואה כמזון גס עיקרי בבלייל (18.8%) וקבוצת ביקורת הוזנה בשחת תלתן כמזון גס בבלייל (20.1%). הכבשים חולקו לקבוצת טיפול וביקורת (23 כבשים לקבוצה) שלא נבדלו סטטיסטית במדדים המצוינים לעיל. צריכת המזון הקבוצתית נמדדה ברמה יומית ע"י שקילת המזון המוגש ושקילת השאריות ביום למחרת. תנובת החלב נמדדה באופן פרטני בכל יום. מעבר לשקילה הפרטנית של הכבשים טרם החלוקה לקבוצות, הכבשים נשקלו שוב כחודש אחרי תחילת הניסוי ובסוף הניסוי. דיגום חלב בוצע גם כן טרם תחילת הניסוי, חודש לאחר תחילת הניסוי ובסוף הניסוי. בהתאם לצריכת המזון ותנובת החלב חושבה יעילות ניצולת המזון ברמה יומית.

קבוצת הטיפול הוזנה בשחת קינואה צעירה כמרכיב המזון הגס המרכזי במנת הבלייל וקבוצת הביקורת הוזנה בשחת תלתן כמרכיב הגס המרכזי בבלייל. אחוז המרכיב הגס במנות היה דומה בשתי הקבוצות (28.5% במנת הקינואה, 29.7% במנת התלתן), כאשר בשתי המנות 9.7% מהמנה מקורה בשחת אספסת. המזונות הוכנו כמנה כולית (בלייל) ארוזה בתוך שקים של כ-15 ק"ג כל אחד. תכולות ומרכיבי המנות המתוכננות מתוארים בטבלה 10.

טבלה 10: הרכב, תכולת המרכיבים וערכי אנרגיה במנות המתוכננות. ההרכב מבוטא באחוזים על בסיס החומר היבש (ח"י).

מנת טיפול (קינואה)	מנת ביקורת (תלתן)	הרכב מזונות (% בח"י במנה)
18.8	-	שחת קינואה
9.7	9.7	שחת אספסת
-	20.1	שחת תלתן
12.4	12.7	שעורה שלמה
26.2	25.7	תירס שלם
3.0	3.0	מי סוכר
29.9	28.8	כופתיות 693 עמיר דגן
		<u>תכולות מרכיבים</u>
0.89	0.90	אחוז ח"י
1.72	1.72	אנרגיה נטו (מק"ל/ק"ג)
0.16	0.16	חלבון כללי
0.35	0.37	NDF
0.29	0.30	מזון גס

תוצאות שנה ג':

אחוז החומר היבש של הקינואה בזמן הקציר עמד על 16.3 ± 2.8 בממוצע ויבול החומר היבש הגיע ל- 510 ק"ג ח"י לדונם (בקציר 1). ההרכב הכימי, נעכלות ח"י וערכי האנרגיה של השחתות מתוארים בטבלה 11. אחוזי החלבון בשחתות נבדלו באופן מובהק כאשר % החלבון בקינואה היה הגבוה ביותר ולאחריו האספסת ותלתן % החלבון הנמוך ביותר. אחוז הליגנין וה NDF בשחת קינואה היו נמוכים באופן מובהק יחסית לשחת אספסת ושחת תלתן ואחוזי ה NDF בשחת אספסת היה נמוך באופן מובהק יחסית לשחת תלתן. אחוז נעכלות ח"י ו NDF בשחת קינואה היו גבוהים באופן מובהק יחסית לשחת אספסת ושחת תלתן ולא נמצא הבדל מובהק באחוז נעכלות ח"י ו NDF בין שחת תלתן לשחת אספסת.

טבלה 11. ההרכב הכימי, נעכלות ח"י ודופן תא במבחנה של שחת קינואה, תלתן ואספסת. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. אותיות שונות מעל העמודות בכל שורה מראות על הבדל מובהק סטטיסטית (Tukey-HSD $P < 0.05$).

מדד	קינואה	תלתן	אספסת
חלבון (% בח"י)	$22.4^a \pm 0.54$	$13.6^b \pm 1.38$	$14.8^b \pm 0.42$
חומר אורגני (%)	$82.8^b \pm 3.13$	$92.7^a \pm 2.68$	$92.2^a \pm 1.12$
שומן (% בח"י)	$3.08^a \pm 0.64$	$1.73^b \pm 0.18$	$1.47^b \pm 0.33$
ליגנין (% בח"י)	$2.93^b \pm 0.38$	$5.71^a \pm 0.76$	$5.28^a \pm 0.27$
NDF (% בח"י)	$39.3^b \pm 3.98$	$52.7^a \pm 2.76$	$45.7^a \pm 3.73$
נעכלות NDF (48 שעות, % מ NDF)	$52.2^a \pm 3.56$	$46.4^b \pm 2.45$	$48.4^{ab} \pm 3.29$
נעכלות ח"י (% בח"י)	$77.4^a \pm 2.64$	$64.3^b \pm 3.67$	$63.1^b \pm 1.44$

ההרכב הכימי של המנות, נעכלות ח"י ודופן תא וערכי אנרגיה נטו לחלב מתוארים בטבלה 12. בלילי הטיפול והביקורת לא נבדלו ביניהן ב % ח"י, ליגנין, NDF ואנרגיה נטו לחלב. אחוז החלבון, נעכלות ח"י ונעכלות NDF היו גבוהים באופן מובהק בלילי הטיפול יחסית לביקורת. אחוז חומר אורגני היה גבוה באופן מובהק בלילי הביקורת יחסית לבלילי הטיפול.

טבלה 12. תכולות מרכיבי הזנה מדודים, נעכלות ח"י ודופן תא במבחנה וערכי האנרגיה של מנות הטיפול (קינואה) והביקורת. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$; במבחן Student's t test

מדד	בליל טיפול (קינואה)	בליל ביקורת (תלתן ואספסת)	מובהקות
חומר יבש (%)	88.2 \pm 2.1	88.9 \pm 2.3	0.86
חומר אורגני (%)	89.2 \pm 0.42	91.2 \pm 0.37	< 0.05
חלבון (% בח"י)	14.4 \pm 0.47	13.4 \pm 0.27	< 0.05
שומן (% בח"י)	2.96 \pm 0.27	3.67 \pm 0.49	0.12
ליגנין (% בח"י)	3.61 \pm 0.26	3.24 \pm 0.22	0.11
NDF (% בח"י)	26.4 \pm 0.29	26.9 \pm 0.37	0.45
נעכלות NDF (%)	56.7 \pm 3.13	46.3 \pm 2.24	< 0.01
נעכלות ח"י (%)	77.6 \pm 1.47	74.3 \pm 0.71	< 0.05

תוצאות תנובת החלב והרכב החלב, צריכת ח"י קבוצתית, יעילות ניצולת מזון, משקל גוף ותוספת משקל יומית בסיום הניסוי מתוארות בטבלה 13. תנובת החלב של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לביקורת. צריכת ח"י קבוצתית (כוללת בליל ומזון מוסף במחלוב) של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה ב 5% יחסית לביקורת כלומר הצריכה הייתה דומה בין הקבוצות. יעילות ניצולת המזון של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה ב 8% מקבוצת הביקורת. משקל הגוף בהתחלת הניסוי ובסופו של נבדל באופן מובהק בין הקבוצות ותוספת המשקל היומית לא נבדלה באופן מובהק בין הקבוצות. אחוז החלבון בחלב של קבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. אחוז השומן והלקטוז לא היו שונים באופן מובהק בין הקבוצות. כמות התאים הסומטיים הייתה נמוכה באופן מובהק בין קבוצת הטיפול לקבוצת הביקורת.

טבלה 13. ביצועים, יעילות ניצולת מזון והרכב חלב של כבשים מקבוצת הטיפול (קינואה) וכבשים מקבוצת הביקורת (תלתן). הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$; במבחן Student's t test

מדד	טיפול	ביקורת	שגיאת תקן ממוצעת	P value
ביצועים				
תנובת חלב (ק"ג/יום)	2.43	2.16	0.14	< 0.05
צריכת ח"י (ק"ג ח"י/ליום)	2.93	2.88	-	-
יעילות ניצולת מזון (ק"ג/ק"ג ח"י)	0.83	0.75	-	-
משקל גוף (ק"ג)	70.1	69.8	1.75	0.88
תוספת משקל יומית	0.11	0.06	0.04	0.46
הרכב חלב:				
שומן (%)	4.43	4.41	0.22	0.97
חלבון (%)	4.71	4.78	0.04	0.11
לקטוז (%)	5.31	5.14	0.18	0.16
סת"ס (תאים * 1000 / מ"ל)	566	1035	188.5	< 0.01
לרת"ס (לוג תאים * 1000 / מ"ל)	5.50	6.37	0.28	< 0.01

דיון מסכם

במחקר זה ערכנו ניסויים לבחינת פוטנציאל צמח הקינואה כגידול חדש למספוא לצאן לחלב ולבשר בישראל ואת השפעת הזנה בקינואה על ביצועים, נעילות, יעילות ייצור וניצולת מזון לחלב (בעזים וכבשים חולכות) ולגדילה (בטלאים בפיטום) באופן פרטני, בהשוואה להזנה בחיטה. בשנת הניסוי הראשונה התמקדנו בהשפעה של שילוב שחת קינואה לעומת שחת חיטה במנות פיטום של טלאים ובחינת השפעתה ברמה פרטנית על ביצועי הטלאים שכללו צריכת מזון פרטנית, משקל גוף, תוספת משקל יומית ויעילות ניצולת מזון פרטנית וכמות והרכב הטבחה. בשנה השנייה והשלישית התמקדנו בהשפעת שילוב שחת קינואה לעומת תלתן ואספסת במנות של עזים וכבשים לחלב שכללו תנובת חלב, הרכב חלב, צריכת מזון קבוצתית, משקל גוף ויעילות ניצולת מזון.

שנה א': מתוך התוצאות של ההרכב הכימי של השחתות עולה שהיתרונות הבולטים של שחת קינואה ביחס לשחת חיטה הם באחוז החלבון ובעכלות חומר צמחי. הקציר בשחת קינואה מתבצע באחוז ח"י נמוך יחסית לשחת חיטה וזאת בעקבות הצורך להימנע מהצטברות גבוהה של ספונינים מרירים בקליפת הזרע (בשלב זה שבו השחת נקצרת, הגרעינים בשלב צעיר אם בכלל) ולכן יכול החומר הצמחי של שחת קינואה צעירה נמוך יותר יחסית לחיטה (יכול ממוצע של 700-850 ק"ג ח"י במוצע). אך היות וגידול הקינואה לשחת הינו מהיר ביחס לשחת חיטה (קציר בין 45-60 ימים מזריעה), ניתן למעשה בתקופת האביב ועד הסתיו לזרוע שוב את הקינואה ולהגיע ל 3-4 קצירים באותה השנה ובכך קיים פוטנציאל להגיע ליבול גבוה יותר יחסית לקציר אחד של שחת חיטה.

ההבדלים בהרכב בין שחת קינואה לשחת חיטה תואמים תוצאות מחקרים קודמים בספרות [5,7,8]. לשחת הקינואה ולמנת הטיפול (בליל פיטום המכיל קינואה כמזון הגס במנה) אחוזי חלבון, נעילות ח"י במבחנה (*in vitro*) ונעילות *in vivo* של המנה היו גבוהים באופן מובהק ביחס לשחת חיטה ולמנת הביקורת. יתרון נוסף של הקינואה יחסית לחיטה הוא הרכב החלבון היות וחלבון הקינואה הינו חלבון מלא הכולל את כל חומצות האמינו החיוניות כולל ליזין החסרה בדגניים ומתיונין החסרה בקטניות [1]. אחוז ה NDF גבוה באופן מובהק בשחת חיטה יחסית לשחת קינואה ולכך מבחינת הרכב מזונות גסים, זהו יתרון לשחת החיטה. יחד עם זאת, מכיוון שקיימת שונות גבוהה באחוז ה- NDF בזני הקינואה השונים [9], ולאור העובדה כי בארץ (כולל במו"פ צפון) נערכת בחינה של זני קינואה שונים לגרירים 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 שאת זני הקינואה בעלי ריכוז גבוה של ספונינים (כמו גם בזן הנוכחי שהשתמשנו בו) יש לקצור את הצמחים באחוז ח"י יחסית נמוך ובשלב זה ריכוז הספונינים נמוך והוא עולה עם התבגרות הצמח [10]. לכן, שימוש בזנים בעלי ריכוז ספונינים נמוך (זנים מתוקים) יאפשרו קציר של שחת קינואה באחוז ח"י יבש גבוה יותר שיאפשר הגעה לאחוזי NDF גבוהים יותר אך תוך שמירה על אחוזי נעילות חומר צמחי גבוהים.

מתוצאות ניסוי ההזנה הפרטני עולה כי הטלאים שהוזנו במנת הטיפול שהכילה שחת קינואה הראו ביצועים טובים יותר יחסית לטלאים שהוזנו במנת הביקורת שהכילה שחת חיטה (צריכת מזון פרטנית, משקל גוף, ותוספת המשקל היומית היו גבוהים יותר יחסית בקבוצת הטיפול יחסית לביקורת). כמו כן, יעילות ניצולת המזון הפרטנית של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לביקורת. גם מבחינת התוצר הסופי, משקל הטיבחה של טלאים מקבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק יחסית לביקורת ובאחוז השומן התוך שרירי נמצא יתרון יחסי לטלאים שהוזנו בשחת קינואה לעומת שחת חיטה. הביצועים הגבוהים בקבוצת הטיפול עשויים להיות קשורים לנעילות הגבוהה במיוחד של הקינואה וכמות החלבון הזמין לתהליכי הגדילה בשלד ובמסה של החיה. בניסוי הנוכחי כמו גם בניסויים הקודמים שבחנו השפעת הזנת שחת קינואה בעגלים בפיטום ובפרות חלב לעומת הזנה בשחת חיטה, יעילות ניצולת המזון הפרטנית הייתה גבוהה באופן מובהק במעלי גרה שהוזנו בקינואה. תוצאה זו עשויה להיות קשורה לאחוז נעילות *in vitro* וגם *in vivo* של המנה שהייתה גבוהה יותר בקבוצת הטיפול יחסית לביקורת. הנעילות הגבוהה של מנת הטיפול עשויה לנבוע מנוכחות של ספונינים במנת קבוצת הטיפול וזאת מכיוון

ולספונינים ישנה השפעה על אוכלוסיית חיידקי הכרס המתבטאת בדיכוי האוכלוסייה המתנוגגית על ידי פגיעה בפרוטוזואות הניזונות מאוכלוסיית החיידקים העמילולטיים ובשל כך מתרחשת עליה בנעכלות המזון המרוכז במנה [11]. 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 [11]. יחד עם זאת כמות גבוהה של ספונינים המצטברת על קליפת הגרעין ומגיע לשיא לאחר הבשלת הגרעין תגרום למרירות רבה שדוחה את מעלי הגירה מלאכול את הקינואה (תופעה זו נצפתה בניסויים הקדמיים שביצענו גם בבקר וגם בצאן). לכן, הזנה בזנים מתוקים (בעלי ריכוז ספונינים נמוך) עשויה לאפשר גם טעימות גבוהה וגם לספק ספונינים שעשויים לשפר את הנעכלות תוך הפחתה של פליטות גזי חממה.

שנה ב': מתוך התוצאות של ההרכב הכימי של השחתות עולה שהיתרונות הבולטים של שחת הקינואה ביחס לשחת תלתן ושחת אספסת מתבטאים ב % החלבון, % שומן, בנעכלות NDF וחומר צמחי גבוהים יותר ו % ליגנין נמוך יותר בקינואה יחסית לתלתן ואספסת. אך % חומר אורגני NDF של הקינואה נמוכים יותר יחסית לתלתן ואספסת. היות ובמנה השוני במזון הגס היה בנוכחות של קינואה לעומת תלתן והיות וכמות האספסת הייתה דומה מאוד במנות של שתי הקבוצות, אזי ההשוואה היא בעיקר בין הקינואה לתלתן. יתרון נוסף של הקינואה יחסית לתלתן ולאספסת הוא הרכב החלבון היות וחלבון הקינואה הינו חלבון מלא הכולל את כל חומצות האמינו החיוניות כולל ליזין החסרה בדגניים ומתיונין החסרה בקטניות [1]. יתרונות אלו של הקינואה כגידול למספוא תואמים תוצאות מחקרים נוספים בספרות [6,7,8]. מתוצאות ניסוי ההזנה עולה כי שילוב של שחת קינואה יחסית לתלתן התבטא בעליה מובהקת בתנובת החלב ובאחוז החלבון בחלב ולכך משמעות משקית וכלכלית היות ולא היה הבדל משמעותי בצריכת המזון בין הקבוצות. עליה בתנובת החלב בקבוצת הטיפול (קינואה) למרות צריכת מזון דומה מצביעים על הקשר לנעכלות הגבוהה במיוחד של הקינואה וכמות החלבון שהתבטאה למעשה בתנובת חלב גבוהה יותר ובאחוז חלבון גבוה יותר בחלב העזים מקבוצת הטיפול. בניסוי הנוכחי כמו גם בניסויים הקדמיים שבחנו השפעת הזנת שחת קינואה בעגלים בפיתום ובפרות חלב לעומת הזנה בשחת חיטה, יעילות ניצולת המזון הייתה גבוהה באופן מובהק (בעגלים ובפרות צריכת המזון הייתה פרטנית) במעלי גרה שהוזנו בקינואה [דוח מדע"ר מסכם - "שימוש בצמח הקינואה כגידול חדש למספוא והשפעתו על ביצועים, יעילות ייצור ויעילות ניצולת מזון פרטנית בבקר לחלב ולבשר"]. כמו כן, מתוצאות הביצועים עולה כי אמנם תנובת החלב הייתה גבוהה יותר בקרב עזים מקבוצת הטיפול יחסית לביקורת הותמרה לייצור חלב והעלאת המוצקים בחלב בדגש על אחוז החלבון, כלומר, העזים מקבוצת הטיפול הפיקו מהמזון יותר אנרגיה הזמינה לתהליכים מטבוליים כתוצאה מנעכלות גבוהה יותר של המזון ותוספת האנרגיה שהתקבלה מהמזון הותמרה למסלול ייצור החלב. הנעכלות הגבוהה של מנת הטיפול עשויה לנבוע מנוכחות של ספונינים במנת קבוצת הטיפול וזאת מכיוון ולספונינים ישנה השפעה על אוכלוסיית חיידקי הכרס המתבטאת בדיכוי האוכלוסייה המתנוגגית על ידי פגיעה בפרוטוזואות הניזונות מאוכלוסיית החיידקים העמילולטיים ובשל כך מתרחשת עליה בנעכלות המזון המרוכז במנה [4]. 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 [10,11]. יחד עם זאת כמות גבוהה של ספונינים המצטברת על קליפת הגרעין ומגיע לשיא לאחר הבשלת הגרעין תגרום למרירות רבה שדוחה את מעלי הגירה מלאכול את הקינואה (תופעה זו נצפתה בניסויים הקדמיים שביצענו גם בבקר וגם בצאן). לכן הזנה בזנים מתוקים (בעלי ריכוז ספונינים נמוך) עשויה לאפשר גם טעימות גבוהה וגם לספק ספונינים שעשויים לשפר את הנעכלות תוך הפחתה של פליטות גזי חממה.

יתרון נוסף שנמצא בניסוי זה הוא שאחוז החלבון בחלב קבוצת הטיפול גבוהה יחסית לביקורת מהווה יתרון נוסף לשימוש בשחת קינואה היות ובתעשיית חלב צאן ישנו ביקוש לחלבון גבוה לצורך תהליכי עיבוד החלב לגבינות צאן. מעבר להבדל הבולט באחוז החלבון בחלב של עזים מקבוצת הקינואה לעומת הטיפול, מרכיב התאים הסומטיים בחלב גם כן נבדל באופן מובהק כאשר כמות התאים הסומטיים בחלב של עזים מקבוצת הטיפול היה נמוך באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. כמות גבוהה של תאים סומטיים עשויה להיגרם כתוצאה מזיהום בעטין ומעידה לרוב על דלקת עטין [12]. בספרות ישנן עדויות לכך שעלי הקינואה מכילים חומרים בעלי פעילות נוגדת דלקת ונוגדת חמצון

[13]. ממצאים אלו עשויים להסביר את ההפחתה בתאים הסומטיים בקבוצת הניסוי שהוזנה בקינואה אך יש לציין כי טווח הסת"ס היה בתחום הבריא בשני הטיפולים ולכן לצורך ביסוס טענה זו יש לבצע ניסויים ייעודיים שיבחנו את השפעת החומרים הפעילים בקינואה על תאים ורקמות שונות (ניסויי *in-situ, ex-vivo*) שיוכיחו סברה זו.

שנה ג': מתוך התוצאות של ההרכב הכימי של השחחות עולה שהיתרונות הבולטים של שחת הקינואה ביחס לשחת תלתן מתבטאים באחוזי חלבון, אחוזי שומן, נעכלות NDF ונעכלות החומר הצמחי גבוהים יותר ואחוזי ליגנין נמוך יותר בקינואה יחסית לתלתן (בדומה לתוצאות משנה ב'). יחד עם זאת, אחוזי החומר האורגני וה- NDF של הקינואה היו נמוכים יותר יחסית לתלתן. כפי שצוין בדיון שנה ב' יתרונות אלו של הקינואה כגידול למספוא תואמים תוצאות מחקרים נוספים בספרות [6,7,8]. בדומה להרכב הקינואה בשנים א' ו ב' גם מתוך תוצאות שנה ג' עולה הצורך בבחינת זנים מתוקים שבהם ניתן יהיה לבצע את הקציר בשלב בוגר יותר של הצמח, ועל ידי כך להעלות את אחוזי ה- NDF.

הכבשים ששימשו לניסוי ההזנה היו כחודש וחצי לאחר המלטה שלישית במוצע. משקל גופן הממוצע עמד על 63 ק"ג ומצבן הגופני היה ירוד (1.5 במוצע, בסולם 1-5). יש לציין, שכלל הכבשים בדיר שמתוכן נבחרו הפרטים לניסוי היו במצב ירוד היות והן היו לאחר המלטה, וכולן ניזונו מנה חסרה שהתבססה על מוצרי לוואי בעיקרה. משקלן של הכבשים בשתי הקבוצות עלה בצורה מובהקת ונשמר יציב לאורך הניסוי. ניתן לשער שהסיבה לכך היא המעבר למנה מאוזנת ומותאמת, כמו גם המרחק ממועד ההמלטה. צריכת המזון הקבוצתית הממוצעת (מחושב כח"י/יום/כבשה) הייתה דומה בין הקבוצות (הבדל ממוצע של 0.05 ק"ג בין שתי הקבוצות). תוצאה זו תואמת את התוצאות שנה ב'. מתוצאות ניסוי ההזנה בכבשים (כמו גם בעיזים בשנה ב') עולה כי שילוב של שחת קינואה לעומת שחת תלתן במנת החולבות העלה בצורה מובהקת את תנובת החלב ולכך משמעות משקית וכלכלית, היות ולא היה הבדל משמעותי בצריכת המזון בין הקבוצות. עליה בתנובת החלב בקבוצת הטיפול (קינואה) יחד עם ערכים דומים של צריכת מזון, עשויים להיות קשורים לנעכלות הגבוהה של הקינואה, וגם להשפעת הסאפונונים בהפחתת תגובה דלקתית, כרונית ואקוטית כאחד [12,13] כפי שפורט בדיון שנה ב'.

יעילות ניצולת המזון של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה יחסית לקבוצת הביקורת בניסוי הנוכחי ותוצאה זו דומה לניסוי ההזנה של עזים בשנה ב'. כפי שצוין בחלק הדיון של ניסוי שנה ב' בעיזים ממצאים דומים התקבלו בניסויים הקדמיים שבחנו השפעת הזנה בשחת קינואה בעגלים בפיתום ובפרות חלב לעומת הזנה בשחת חיטה (מועצת החלב, דו"ח 506-0413-22). מתוצאות הביצועים בניסויי הכבשים עולה כי אמנם תנובת החלב הייתה גבוהה יותר בקרב הכבשים מקבוצת הטיפול, אך לא נמצא הבדל במשקל הכבשים ובמצבן הגופני בסוף הניסוי. כלומר, בדומה לניסוי ההזנה בעזים, האנרגיה הנוספת שהתקבלה מהמזון בקבוצת הטיפול יחסית לביקורת הותמרה לייצור חלב. לכן ניתן לשער כי הכבשים מקבוצת הטיפול הפיקו מהמזון יותר אנרגיה זמינה לתהליכים מטבוליים, דבר שעשוי לנבוע מנעכלות גבוהה יותר של המזון, והתמרת נוספת האנרגיה שהתקבלה מהמזון למסלול ייצור החלב. בדומה לניסוי בשנה א' ו ב' כך גם במקרה של ההזנה של הכבשים אנו סוברים כי נוכחות הספונינים גורמת לעליה בנעכלות המזון תוך הפחתת פליטת מתאן [10,11]. לפי התוצאות הנוכחיות, ובהתאם לתוצאות בניסויי ההזנה הקודמים בעזים ובבקר, נראה כי יעילות ניצולת המזון המייצגת את היחס בין כמות המזון הנצרך יחסית לכמות ואיכות התוצר הסופי, גבוהה יותר בהזנה בשחת קינואה יחסית לשחת תלתן ולכן גם בניסוי בכבשים בדומה לעזים, מבחינה כלכלית הזנה בקינואה עשויה להעלות את רווחיות הגידול.

מעבר להבדל הבולט בתנובת החלב וביעילות ניצולת המזון של כבשים מקבוצת הטיפול לעומת קבוצת הביקורת, מרכיב התאים הסומטיים בחלב (איכות החלב) נבדל גם כן באופן מובהק בסוף הניסוי כאשר ספירת התאים הסומטיים בחלב של כבשים מקבוצת הטיפול הייתה נמוכה יחסית לקבוצת הביקורת. תוצאות אלו עולות בקנה אחד עם תוצאות ניסויי ההזנה בעזים ובפרות חלב שהוזכרו לעיל. כפי שצוין כמות גבוהה של תאים סומטיים עשויה להיגרם כתוצאה מזיהום בעטין ומעידה לרוב על דלקת עטין, כרונית או אקוטית [12] ובדומה לניסוי בשנה ב' ממצאים אלו של כמות תאים סומטיים נמוכה באופן מובהק בקבוצת הטיפול לעומת הביקורת ומאפייני הספונינים כמטבוליטי משני המחזק את יכולת ההתמודדות עם פתוגנים ובעלי פעילות נוגדת המצוין המפחיתים תגובה דלקתית, [12,13] עשויים להסביר את ההפחתה בתאים הסומטיים בקבוצת הטיפול שהוזנה בקינואה. לצורך ביסוס הטענה שהחומרים הפעילים בקינואה הם אלו שהביאו לערכי תאים סומטיים נמוכים, יש לבצע ניסויים ייעודיים שיבחנו את השפעת החומרים על תאים ורקמות שונות (ניסויי *in-situ, ex-vivo*).

למרות היתרונות הבולטים בתנובת החלב, יעילות המזון וכמות התאים הסומטיים בהזנה בקינואה לעומת תלתן, עדיין קיים קושי לקבוע את הרווחיות הכלכלית בשימוש בקינואה. זאת מכיוון ועד כה נעשתה האבסה בשחת קינואה בישראל בתוך משקים שגם גידלו אותה במשק, כך ששחת הקינואה לא תומחרה במרכזי מזון מסחריים. בהיעדר הצעות מחיר ריאליות, לא ניתן לבחון האם שילוב קינואה במנה במקום תלתן יהיה רווחי יותר מבחינה כלכלית.

לסיכום, מתוך תוצאות שלושת שנות המחקר עולה כי הזנה של צאן בשחת קינואה משפרת את היצרנות (בהשוואה לשחת חיטה בפיטום טלאים ובהשוואה לתלתן בעזים וכבשים לחלב), שהתבטאה בעליות משקל ומשקל טבחה בפיטום והגברת תנובת החלב תוך הפחתת כמות התאים הסומטיים בעזים וכבשים. כמו כן, בשלושת הניסויים נמצא שהזנה בקינואה העלתה את יעילות ניצולת המזון ובשיקלול עם העליה בביצועים ניתן לומר כי הזנה בקינואה שיפרה את יעילות הייצור בצאן לחלב ולבשר. מעבר להשפעה החיובית על הביצועים ויעילות הייצור בצאן, נמצא שלשחת קינואה יתרון באחוז החלבון ובנעכלות הצמח השלם יחסית לשחתות מסורתיות שנבחנו כלומר חיטה, תלתן ואספסת. אמנם יכול קציר אחד של שחת קינואה נמוך מיכול ממוצע של חיטה ודומה יחסית לתלתן אך היות והגידול הקיצי של שחת קינואה הוא מהיר (55-45 ימים מזריעה) אזי ניתן להגיע בזריעה חוזרת לשלושה ואף ארבעה קצירים ובכך להגיע ליבול כולל שהוא גבוהה יחסית לחיטה ולקטניות איכותיות (תלתן, אספסת, בקיה וכו'). היות ושחת הקינואה מכילה פחות NDF יחסית לגידולי מספוא אחרים, 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 וכו') וזנים בעלי רמת ספונינים נמוכה (זנים מתוקים) ולבצע ניסויי הזנה נוספים עם זנים אלו ובאחוזים שונים במנה. כמו כן, היות ומתוך תוצאות הקדמיות מניסוי הזנה של קינואה בבקר שביצענו בעבר נמצא כי ספונינים מפחיתים פליטות גזי חממה במע"ג, יש לבחון פליטות גזי חממה גם ברמה של החיה השלמה בניסויי הזנה נוספים של צאן עם קינואה. משילוב תוצאות ניסויי ההזנה בצאן ותוצאות היבול וההרכב של הקינואה למספוא שביצענו במסגרת תוכנית זו, עולה כי הקינואה בעלת פוטנציאל גבוה להשתלב בגידולי המספוא בישראל ואנו מקווים כי מרכזי המזון ומגדלי הגד"ש למספוא ישלבו את הגידול בסדרי גודל מסחריים ובכך גם ניתן יהיה לתמחרה כך שתתאפשר בחינה כלכלית מדוייקת של השימוש בה בהזנת מעלי גירה בישראל.

REFERENCES

- (1) Abugoch James, L. E. Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties, 1st ed.; Elsevier Inc., 2009; Vol. 58.
- (2) Gawlik-Dziki, U., Swieca, M., Sulkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., Czyz, J., 2013. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - In vitro study. *Food and Chemical Toxicology* 57, 154–160.
- (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) Rubinovich, L., Dagan, R., Lugasi, Y., Galili, S., & Asher, A. (2023). The potential of young vegetative quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a new sustainable protein-rich winter leafy crop under Mediterranean climate. *Plos one*, 18(12), e0290000.
- (5) Ramos, N.; Cruz, A. M. Evaluation of Seven Seasonal Crops for Forage Production during the Dry Season in Cuba. 2002, 36 (3), 271–276.

- (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) 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.
- (8) 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.
- (9) Kaya, E., & Aydemir, S. K. (2020). Determining the forage yield, quality and nutritional element contents of quinoa cultivars and correlation analysis on these parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(2), 311-317.
- (10) Dick Mastebroek, H., Limburg, H., Gilles, T., Marvin, H.J., 2000. Occurrence of saponins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *J Sci Food Agric* 80, 152–156.
- (11) 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.
- (12) Barkema, H. W., Schukken, Y. H., Lam, T. J. G. M., Beiboer, M. L., Wilmink, H., Benedictus, G., & Brand, A. (1998). Incidence of clinical mastitis in dairy herds grouped in three categories by bulk milk somatic cell counts. *Journal of dairy science*, 81(2), 411-419.
- (13) Liu, M., Zhu, K., Yao, Y., Chen, Y., Guo, H., Ren, G., & Li, J. (2020). Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of phenolic compounds from white, red, and black *Chenopodium quinoa* seed. *Cereal Chemistry*, 97(3), 703-713.
- (14) Jensen, C. R., Jacobsen, S. E., Andersen, M. N., Nunez, N., Andersen, S. D., Rasmussen, L., & Mogensen, V. O. (2000). Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. *European journal of Agronomy*, 13(1), 11-25.