

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

ייצור ויעילות ניצולת מזון פרטנית במעלי גירה

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
	שמואל גילי	מנהל המחקר החקלאי
	עוזי מועלם	מנהל המחקר החקלאי
	מירי כהן-צינדר	מנהל המחקר החקלאי
	אריאל שבתאי	מנהל המחקר החקלאי
	טרויס ויטני	אוניברסיטת Texas A&M

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 הבקר לחלב ולבשר כולל עלייה משמעותית במחיר מקורות החלבון במנות ההזנה של מעלי הגירה. לכן, יש צורך בפתוח של מקורות חלבון מקומיים חדשים באיכות גבוהה ובעלות שתהיה אטרקטיבית למגדלי הבקר בישראל. מקורות אלה גם יאפשרו גיוון של צמחי המספוא במחזור, המבוסס כיום בעקר על חיטה, 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.

בשנת הניסוי הראשונה גודלו 5 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" בקיבוץ גדות. בסוף הגידול נבחנו כמות היבול, אחוז חומר יבש (ח"י), pH, ההרכב הכימי והנעכלות של החומר הצמחי. החומר הצמחי שנקצר הוחמץ בצנצנות זכוכית ב 13-18% ח"י, ובבאלות עטופות בפוליאיתילן בכ 29% ח"י למשך שלושה חודשים. דוגמאות התחמיץ נבחנו להרכב כימי ונעכלות. בשנה השנייה, גודלו 10 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" בקיבוץ גדות אשר נקצרו לתחמיץ, כאשר הגידול הגיע לכ 29% ח"י, והחומר הצמחי הועבר להחמצה בבאלות עטופות בפוליאיתילן למשך שלושה חודשים. דוגמאות תחמיץ נבחנו להרכב כימי ונעכלות. באלות התחמיץ הועברו למפטמה הפרטנית בנווה יער ושימשו לניסוי הזנה של עגלים בפיטום למשך 100 ימים. בניסוי ההזנה השתתפו 24 עגלים מגזע הולשטיין אשר חולקו לכלל שתי קבוצות, קבוצת הטיפול ניזונה מבלייל שהכיל 20% תחמיץ קינואה (% ממשקל ח"י של המנה) וקבוצת הביקורת ניזונה מבלייל שהכיל 20% תחמיץ חיטה. במהלך הניסוי נמדדו צריכת מזון פרטנית, משקל ותוספת משקל יומית (תמ"י), נעכלות *in vivo*, התנהגות אכילה, וחושבה יעילות ניצולת מזון פרטנית. בשנה השלישית, גודלו 13 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" באבני איתן והחומר הצמחי נקצר לשחת כאשר עמד על 18.4% ח"י. ולאחר הקמלה וכיבוש, באלות השחת הועברו לרפת הפרטנית בבית דגן ושימשו לניסוי הזנה של פרות חלב למשך 60 יום. בניסויהשתתפו 42 פרות מגזע הולשטיין אשר חולקו לקבוצת טיפול שניזונה מבלייל שהכיל 16.4% שחת קינואה וקבוצת הביקורת ניזונה מבלייל שהכיל 14.5% שחת חיטה. במהלך הניסוי נמדדו צריכת מזון פרטנית, תנובה והרכב חלב, משקל גוף, מצב גופני, נעכלות *in vivo*, התנהגות אכילה, וחושבה יעילות ניצולת מזון פרטנית.

בשנה הראשונה, יבול ח"י עמד על 942 ק"ג ח"י לדונם (נקצר ב 28.6% ח"י). ערכי ה pH נעו בטווח שבין 3.98% ל 4.32%, ערכי חלבון הכללי נעו בטווח שבין 13% ל 18% בח"י, אחוזי NDF נעו בטווח שבין 28% ל 30%, אחוזי הליגנין נעו בטווח שבין 4.2%-3.5%, אחוז נעכלות ח"י נעו בטווח שבין 76%-71% ואחוז נעכלות דופן תא נעו בטווח שבין 39%-41%. כל הצנצנות שהכילו ירק מוצא צעיר (12-13% ח"י), התעפשו אחרי 6 ימים מהתחלת ההחמצה. לעומת זאת, כל הצנצנות שהכילו ירק בוגר, החמיצו ללא נוכחות של עובשים ופטטריות. מתוצאות ניסוי ההזנה בעגלים בפיטום עולה כי צריכת ח"י ממוצעת של קבוצת הקינואה הייתה נמוכה באופן מובהק ($P<0.001$) יחסית לזו של קבוצת החיטה. לא נמצאו הבדלים מובהקים בתוספת המשקל היומית בין הקבוצות. אחוז נעכלות המזון (*in-vivo*), יעילות צריכת המזון ויעילות צריכת מזון שאריתית (RFI) של עגלי הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק ($P<0.01$) יחסית לעגלי החיטה. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הקבוצות בתוספת המשקל היומית ובאחוז ומרכיבי הטיבחה למעט אחוז החלבון של עגלים שהיה גבוה באופן מובהק ($P<0.05$) בקבוצת הקינואה יחסית לקבוצת החיטה. בשנה השלישית, מתוצאות ניסוי ההזנה בפרות חולבות עולה כי צריכת ח"י של קבוצת הקינואה נטתה להיות נמוכה ($P=0.08$) יחסית לקבוצת החיטה ותנובת החלב של קבוצת הקינואה נטתה להיות גבוהה ($P=0.09$) יחסית לקבוצת החיטה. כמו כן, משקל הגוף והמצב הגופני לא נבדלו בין הקבוצות. אחוז נעכלות המזון (*in-vivo*) של פרות מקבוצת הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק ($P<0.05$) יחסית לחיטה. אחוז השומן והחלבון בחלב, צריכת האנרגיה המטבולית, כמות האנרגיה בחלב, כמות האנרגיה הנאצרת בחלב ובגוף ויעילות התמרת האנרגיה היו גבוהים באופן מובהק ($P<0.05$) בקבוצת הקינואה

יחסית לחיטה. כמו כן, ריכוז הסת"ס היה נמוך באופן מובהק בקבוצת הקינואה יחסית לקבוצת החיטה. לא נמצאו הבדלים בין הקבוצות במדדי ההתנהגות למעט משך העלאת גירה שהיה גבוה יותר בקבוצת החיטה. לסיכום, תוצאות נתוני ניסויי ההזנה בעגלים בפיטום ובפרות חלב בשילוב נתוני היבול והאיכות ויכולת ההחמצה של הקינואה 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 וזנים בעלי רמת ספונינים נמוכה ("זנים מתוקים") ולבצע ניסויי הזנה נוספים עם זנים אלו ובאחוזים שונים במנה. כמו כן, היות וידוע כי ספונינים מפחיתים פליטות גזי חממה במע"ג, אזי, יש לבחון פליטות גזי חממה ברמה של החיה השלמה בניסויי הזנה נוספים של קינואה במע"ג.

מטרות המחקר:

מטרת המחקר המרכזית הייתה לגדל קינואה בצפון הארץ ולבחון כיצד משפיעה הזנה בצמח הקינואה על ביצועים, נעכלות ויעילות ייצור וניצולת מזון לחלב (בפרות חלב) ולגדילה (בעגלים בפיטום) באופן פרטני, בהשוואה להזנה בחיטה למספוא. בשנה א' מטרות המחקר היו גידול חומר וגטטיבי ובחינת יכולת שימור החומר הצמחי כתחמיץ (החמצת הקינואה בצנצנות ובחבילות עטופות פוליאילן, ובדיקות כימיות לתחמיצים). בשנה ב' מטרות המחקר התמקדו בשילוב קינואה כמזון גס במנת פיטום של עגלים ובחינת השפעת שילוב הקינואה בכליל על ביצועים, יעילות הגדילה והרכב ואיכות הבשר (בהשוואה למנת פיטום המכילה תחמיץ חיטה כמזון הגס במנה). בשנה ג' נבחנה השפעת שילוב שחת קינואה בכליל חולבות והשפעה על ביצועים ויעילות ייצור פרטנית של פרות חלב (בהשוואה למנת חולבות המכילה שחת חיטה).

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר:

שנה א': בשנת הניסוי הראשונה גודלו 10 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" בקיבוץ גדות. הקינואה נזרעה בשורות (באמצעות מזרעת Air seeder) ב- 28/01/20 בעומד מתוכנן של 240 צמחים למ"ר בדומה לעומדים שבהם משתמשים לזריעה לגרגירים (אחוז הנביטה שנבחן בשדה טרם הזריעה ב 6 חזרות של 1 מ"ר לחזרה עמד על 86% במוצע), בעומק 1 ס"מ ובמרווח של 13 ס"מ בין השורות (אחוז הנביטה שנבחן בשדה טרם הזריעה ב 6 חזרות של 1 מ"ר לחזרה עמד על 82% במוצע). החלקה הונבטה בהמטרה (30 קוב לדונם) לאחר הזריעה ובהמשך הגידול לא ניתנה השקיה נוספת. לאחר הזריעה נבחן מספר צמחים למ"ר בשדה ובפועל נמדדו 696 צמחים למ"ר במוצע (מתוך 6 חזרות). כמות המשקעים בתקופת הגידול עמדה על 224 מ"מ (נתונים- השירות המטאורולוגי וגד"ש גדות). 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 שני דיגומי צומח (כ"א בארבע חזרות של 1 מ"ר) : ירק צעיר לפני פריחה (10-16% ח"י) וירק בוגר לפני מילוי גרגיר (28-32% ח"י). בכל דיגום (ארבע חזרות, גודל חזרה 1 מ"ר) חושבה כמות חומר היבש (ח"י) לדונם, נבדקה רמת החומציות של מוהל הצמח, דוגמה מהחומר הצמחי יובשה ונטחנה במטחנת פטישים (לגודל 1 מ"מ) ונבדק ההרכב הכימי והנעכלות של החומר הצמחי. החומר הצמחי הצעיר והחומר הצמחי הבוגר הוחמצו בצנצנות אטומות בנפח 2 ליטר שכללו ביקורת ושלושה טיפולים (4 חזרות כ"א) : 1# ביקורת (חומר צמחי ללא תוספי החמצה) 2# חומר צמחי + מולסה (3%, 3# חומר צמחי + חיידיקים לקטובצילים, 4# חומר צמחי + מולסה (3%) + חיידיקים לקטובצילים. הקציר בוצע ב 13/04/20 (76 ימים מזריעה) על ידי מקצרת תופים וקומביין ירק. דוגמאות ירק המוצא, יובשו (בטמפרטורה של 60 מ"צ למשך 48 שעות) ונטחנו לקוטר של 1 מ"מ לקביעת % הח"י ובדיקות איכות. במועד הקציר של השדה היבול עמד על 942 ק"ג ח"י/דונם ב $0.45\% \pm 28.6$ ח"י, והקציר בוצע ב 13/04/20 (76 ימים מזריעה) על ידי מקצרת תופים וקומביין ירק. יבול החומר היבש עמד על 942 ק"ג ח"י לדונם). לאחר הקציר נלקחו דגימות

להרכב ורמת חומציות חומר המוצא ולהחמצה בצנצנות. רוב החומר הצמחי נארוז בבאלות עטופות בפוליאיתילן אשר נשקלו לאחר העיטוף. מחצית מכלל החומר הצמחי הוחמץ בבאלות ללא תוספי החמצה ולמחצית השנייה הוספו מעודדי החמצה של חברת EM-ZOO (1 ליטר לטון חומר צמחי רטוב, בהתאם להוראות היצרן). לאחר שלושה חודשי החמצה, נפתחו הצנצנות ונדגמו 8 באלות (4 באלות מכל טיפול, כאשר כל באלה נדגמה 9 פעמים לפי החלוקה של שלוש דגימות בחלק העליון, התחתון והאמצעי של הבאלה). בתחמיצים נבדקה רמת החומציות, משקל רטוב של התחמיץ, דוגמאות מייצגות שכל תחמיץ יובש (בטמפרטורה של 60 מ"צ למשך 48 שעות) ונטחנו לקוטר של 1 מ"מ לקביעת % הח"י בתחמיץ ובדיקות איכות. הדוגמאות היבשות והטחונות של חומרי המוצא והתחמיצים נשלחו למעבדת Dairy one (איטקה, ניו-יורק, ארה"ב) לבדיקות כימיה רטובה שכללו: ח"י, חומר אורגני, חלבון כללי, שומן, NDF, ליגנין, נעכלות חלבון, נעכלות NDF ונעכלות ח"י במבחנה. בנוסף, נבדקה נוכחות עובשים ושמרים בתחמיץ. חלק מהתחמיץ שימש לניסוי ההזנה בשנה ב'. כמו כן, חושבו שני פרמטרים של פחת לתחמיצים בצנצנות על בסיס חומר רטוב ועל בסיס ח"י. שעורי הפחת (%) של החומר הרטוב והח"י של התחמיצים חושבו לפי חלוקת ההפרש בין משקל רטוב של ירק מוצא למשקל רטוב והח"י של תחמיץ במשקל ירק המוצא, בהתאמה. שעורי הפחת (%) של ח"י של התחמיצים חושבו לפי חלוקת ההפרש בין משקל יבש של ירק מוצא למשקל יבש של תחמיץ במשקל יבש של ירק המוצא. לצורך בחינת אחוז הפחת בבאלות חושב הפרש משקל הבאלות לאחר העיטוף (תחילת ההחמצה) ובסוף ההחמצה.

תוצאות שנה א':

נתוני ההרכב הכימי ונעכלות בכרס מלאכותית *in vitro* של ירק המוצא הצעיר (12.6% ח"י) וירק המוצא הצמחי הבוגר (28.6%) מוצגים בטבלה 1. מתוך נתוני הרכב חומר המוצא (לפני החמצה), נמצאו הבדלים מובהקים בין חומרי המוצא בכל המדדים שנבחנו, למעט מדדי החומציות ונעכלות החלבון.

טבלה 1. רמת חומציות (pH), חומר יבש, ההרכב הכימי ונעכלות במבחנה של ירק המוצא הצמחי הצעיר (12.6% ח"י) וירק המוצא הצמחי הבוגר (28.6%). כל ערך מייצג ממוצע ± שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$; במבחן Student's t test.

מדד	ירק מוצא צמחי צעיר	ירק מוצא צמחי בוגר	P value
pH	6.32 ± 0.06	6.22 ± 0.08	0.22
חומר יבש (%)	12.6 ± 0.90	28.6 ± 0.45	< 0.01
חומר אורגני (% בח"י)	76.8 ± 0.16	81.3 ± 0.65	< 0.05
חלבון כללי (% בח"י)	27.8 ± 2.31	16.1 ± 1.37	< 0.01
שומן (% בח"י)	6.68 ± 1.32	4.48 ± 0.32	< 0.01
NDF (% בח"י)	23.6 ± 0.87	27.7 ± 2.66	< 0.01
ליגנין (% בח"י)	2.38 ± 0.16	3.12 ± 0.23	< 0.01
נעכלות חלבון (%)	93.4 ± 1.21	93.2 ± 0.03	0.36
נעכלות NDF במבחנה (% מתוך NDF)	73.1 ± 2.92	41.9 ± 0.92	< 0.01
נעכלות ח"י וגטיבי במבחנה (%)	82.7 ± 0.29	73.5 ± 1.39	< 0.01

ערכי החלבון הכללי בירק המוצא הצעיר שהתקבלו הינם גבוהים (יחסית לשחתות עשירות בחלבון כגון אספסת, בקיה, תלתן) ונעו בטווח שבין 23% ל 32% בח"י אשר מאפיינים תחמיץ שנקצר בגיל צעיר, כפי שגם מראים ערכי ה NDF הנמוכים אשר נעו בטווח שבין 22% ל 24%, ונתוני הליגנין שנעו סביב 2.5% ו נעכלות ח"י במבחנה שנעו בטווח שבין 80% ל 84%. בירק המוצא הבוגר ערכי החלבון הכללי נעו בטווח שבין 13% ל 18% בח"י, ערכים הנמוכים באופן מובהק מערכי החלבון בצמח הצעיר אך ערכים אלו גבוהים משמעותית יחסית לשחת חיטה (% חלבון ממוצע עומד על 8%-10%). אחוזי ה NDF בירק הבוגר נעו בטווח שבין 28% ל 30%, ונתוני הליגנין שנעו בטווח שבין 3.5%-4.2% משתלבים עם אחוז נעכלות גבוה (יחסית לשחת חיטה) שנעו בטווח שבין 76%-71%. כל הצנצנות שהכילו ירק

מוצא צעיר, התעפשו אחרי 6 ימים מהתחלת ההחמזה. לעומת זאת, כל הצנצנות שהכילו ירק בוגר, החמיצו ללא נוכחות לעובשים ופטריות. נתוני ההרכב הכימי וערכי הנעכלות בכרס מלאכותית *in vitro* של תחמיץ מירק מוצא בוגר מתוארים בטבלה 2. נתוני ההרכב הכימי של התחמיצים (קבוצת הביקורת ושלושת קבוצות הטיפול) לא נבדלו בין התחמיצים וכמו כן לא נמצא הבדל מובהק ($p > 0.05$) בין ההרכב הכימי, נעכלות ח"י, נעכלות חלבון ונעכלות NDF של התחמיצים לירק המוצא.

טבלה 2. ההרכב הכימי, נעכלות ושעורי פחת רטוב ויבש של תחמיצי קינואה בוגר שהוחמצו בצנצנות; ללא תוספים (#1, קבוצת ביקורת), תחמיץ בתוספת מולסה (#2), תחמיץ בתוספת חיידיקים לקטובציליים (#3) ותחמיץ בתוספת מולסה וחיידיקים לקטובציליים (#4). כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. אותיות שונות מעל העמודות מראות על הבדל מובהק סטטיסטית (Tukey-HSD $P < 0.05$).

המדד	#1	#2	#3	#4
pH	4.32 \pm 0.26	4.28 \pm 0.13	4.26 \pm 0.19	3.98 \pm 0.36
חומר יבש (%)	27.8 \pm 0.36	28.9 \pm 0.56	27.9 \pm 0.63	29.1 \pm 0.76
חומר אורגני (% בח"י)	82.9 \pm 2.58	84.1 \pm 1.89	83.5 \pm 2.21	83.9 \pm 2.46
חלבון כללי (% בח"י)	16.8 \pm 1.11	16.7 \pm 1.31	17.1 \pm 1.52	16.9 \pm 1.07
שומן (% בח"י)	4.45 \pm 0.76	4.42 \pm 0.43	4.46 \pm 0.22	4.43 \pm 0.67
NDF (% בח"י)	29.8 \pm 1.78	30.2 \pm 0.96	30.9 \pm 1.47	31.1 \pm 1.25
ליגנין (% בח"י)	2.99 \pm 0.34	3.48 \pm 0.43	3.34 \pm 0.44	3.44 \pm 0.31
נעכלות חלבון (% מתוך חלבון כללי, 18 שעות)	95.1 \pm 0.07	95.5 \pm 0.09	95.6 \pm 0.11	95.7 \pm 0.04
נעכלות NDF במבחנה (% מתוך NDF, 48 שעות)	40.9 \pm 0.77	40.2 \pm 0.92	39.6 \pm 0.73	39.9 \pm 0.87
נעכלות ח"י וגטטיבי במבחנה (% מתוך ח"י, 48 שעות)	74.1 \pm 0.89	73.2 \pm 0.68	73.9 \pm 0.77	73.6 \pm 0.79
שעור הפחת של חומר רטוב (%)	0.56 \pm 0.03	0.62 \pm 0.06	0.63 \pm 0.02	0.63 \pm 0.03
שעור הפחת של חומר יבש (%)	2.03 \pm 0.75	1.62 \pm 0.71	1.83 \pm 0.72	2.36 \pm 0.92

נתוני הנעכלות (נעכלות ח"י, נעכלות חלבון ונעכלות NDF) לא נבדלו בין התחמיצים ולא נמצא הבדל מובהק בין ערכי הנעכלות של התחמיצים לנעכלות של ירק המוצא. שעורי הפחת (%) של החומר הרטוב של התחמיצים לא נבדלו בין הטיפולים 1 עד 4 וממוצע שעור הפחת הרטוב נע סביב 0.61%. שעורי הפחת (%) של הח"י של התחמיצים גם כן לא נבדלו בין הטיפולים 1 עד 4 וממוצע הפחת היבש נע סביב 2%. נתוני ההרכב הכימי וערכי הנעכלות בכרס מלאכותית *in vitro* של תחמיץ קינואה ללא תוספים ושל תחמיץ קינואה שהכיל תוסף החמזה מסחרי (EM-ZOO), שהוחמצו בבאלות מסחריות עטופות מוצגים בטבלה 3. לא נמצאו הבדלים מובהקים בנתוני ההרכב הכימי של דוגמאות התחמיצים משני הטיפולים שנלקחו מהבאלות העטופות. כמו כן, לא נמצא הבדל מובהק בין ההרכב הכימי, נעכלות ח"י ונעכלות חלבון ונעכלות NDF של התחמיצים מהבאלות העטופות לירק המוצא. לאחר שהבאלות נדגמו, הוסר מעליהן הניילון ולא נמצאו עובשים ופטריות חוץ משתי באלות (מתוך שמונה) שבהן היו מספר חורי מכרסמים בחלק התחתון של הבאלה והרקב שנוצר היה באזור הפגוע בלבד. לא נמצאו הבדלים מובהקים בשעורי הפחת (%) של תחמיץ קינואה מבאלות עטופות שהוחמץ ללא תוספים ותחמיץ קינואה מבאלות שהכיל תוסף החמזה מסחרי (EM-ZOO, ישראל) לא נבדלו בין התחמיצים ושעור הפחת הרטוב הממוצע של התחמיצים נע סביב 2.5%.

טבלה 3. ההרכב הכימי, נעכלות בכרס מלאכותית *in vitro* ושעורי פחת רטוב של תחמיץ קינואה ללא תוספים ושל תחמיץ קינואה שהכיל תוסף החמזה מסחרי (EM-ZOO) שהוחמצו בבאלות עטופות. כל ערך מייצג ממוצע \pm שגיאת תקן של 4 חזרות. הבדלים בין ממוצעים נקבעו כמובהקים עבור $P < 0.05$; מבחן Student's t test.

המדד	תחמיץ ללא תוספים	תחמיץ EMZO +	P value
pH	4.21 \pm 0.36	3.91 \pm 0.31	0.16
חומר יבש (%)	27.3 \pm 0.26	28.7 \pm 0.97	0.45
חומר אורגני (% בח"י)	82.6 \pm 1.63	83.2 \pm 2.21	0.32
חלבון כללי (% בח"י)	16.6 \pm 1.31	16.7 \pm 1.11	0.71

0.66	4.39 ± 0.54	4.36 ± 0.88	שומן (% בח"י)
0.54	26.8 ± 1.87	26.5 ± 1.36	NDF (% בח"י)
0.86	3.21 ± 2.31	2.94 ± 0.51	ליגנין (% בח"י)
0.43	95.2 ± 0.94	94.9 ± 1.09	נעכלות חלבון (% מתוך חלבון כללי, 18 שעות)
0.39	39.7 ± 0.93	40.7 ± 0.69	נעכלות NDF במבחנה (% מתוך NDF, 48 שעות)
0.26	73.9 ± 0.87	74.3 ± 0.91	נעכלות ח"י וגטיבי במבחנה (% , 48 שעות)
0.67	2.78 ± 0.72	2.46 ± 0.77	שעור הפחת של חומר רטוב (%)

שנה ב':

פירוש עיקרי הניסוי: בשנת הניסוי השנייה גודלו 10 דונם של קינואה מקו "Mint vanilla" בקיבוץ גדות. הקינואה נזרעה בשורות (באמצעות מזרעת Air seeder) בחודש ינואר בעומד מתוכנן של 750 צמחים למ"ר היות והגבעולים בשנה א' היו יחסית עבים ומתאימים לנשיאת מכבד גדול כאשר הייעוד הוא גידול לגרגירים ולכן הוחלט להעלות את העומד בשנה זו כדי להפחית את עובי הגבעולים כאשר הייעוד של הגידול הוא להזנת מע"ג ולא לגרגירים ובנוסף אחוז הנביטה שנבחן טרם הזריעה היה נמוך מהשנה הקודמת ועמד על 46% בממוצע. הזריעה הייתה בדומה לשנה הקודמת 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 הזריעה נבחן מספר צמחים למ"ר בשדה ובפועל נמדדו 707 צמחים למ"ר בממוצע (מתוך 6 חזרות). לאחר 30 ימים מזריעה, בוצע דישון באוריאה (10 ק"ג לדונם) מהאוויר. לצורך הדברת חרקים בוצעו 3 ריסוסים במהלך הגידול (אווט, 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) חושבה כמות 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 ח"י בצמח עמד על 29.2 ± 0.56 . יבול ח"י לדונם עמד על 983 ק"ג ח"י לדונם. החומר הצמחי נארוז בבאלות עטופות בפוליאאתילן להחמצה במשך שלושה חודשים ולאחריהם שונעו הבאלות העטופות לרפת הפרטנית בנווה יער. לאחר תקופת ההחמצה, נלקחו מדגמים של חומר צמחי מהתחמיץ וממנות הניסוי, הדוגמאות יובשו ונטחנו ונשלחו למעבדת Dairy one (איטקה, ניו-יורק, ארה"ב) לבדיקות כימיה רטובה שכללו: ח"י, חומר אורגני, חלבון כללי, שומן, NDF, ליגנין, נעכלות חלבון, נעכלות NDF, ונעכלות ח"י במבחנה. ניסוי ההזנה התרחש ברפת הפרטנית בתחנת המחקר נווה יער (מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות). העגלים חולקו לשתי קבוצות (קבוצת טיפול וקבוצת ביקורת) בהתאם לגיל, משקל ותוספת משקל יומית כאשר הגיל הממוצע היה 10.1 ± 0.62 חודשים, משקל ממוצע הוא 373.7 ± 13.6 ק"ג ותמ"י (תוספת משקל יומית) ממוצעת היא 1.17 ± 0.32 ק"ג ליום. העגלים בקבוצת הטיפול ($n=12$), 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 הטיפול. תכולות ומרכיבי המנה מתוארים בטבלה 4 (איזון מנות הניסוי ל NDF בוצע לפי NDF ממזון גס ו NDF כללי).

Table 4. Ingredients and chemical composition of the experimental diets.

Diets ingredients, % in DM	Quinoa TMR ¹	Wheat TMR
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
<u>Chemical composition</u>		
Dry matter	90.0	90.0
Crude Protein	13.5	13.5
Ether extract	4.5	3.7
NDF	19.7	20.2
NDF_ Rough	9.4	10.5
ME (Mcal/kgDM)	2.82	2.81

¹TMR: Total mix ratio

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 במוצע 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 צריכת 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, scale 1-5) בוצע בתחילת הניסוי ובסוף הניסוי וחושב השינוי במצב הגופני. דיגומי מזון וצואה בוצעו לאחר 65 ימים בניסוי למשך 4 ימים רצופים, הדוגמאות יובשו (60 מ"צ, 48 שעות) ונטחנו במטחנת פטישים ונשלחו למעבדתו של ד"ר טרוויס ווטיני (שותף לניסוי) מאוניברסיטת Texas A&M ונמדדה נעכלות פרטנית של המנות באמצעות שימוש בסמן הפנימי Indigestible NDF¹². בתום כ 72 ימי ניסוי, הוקרבו העגלים בבית המטבחים של "בקר תנובה" ונמדדו משקלי הטיבחה, משקל חי, ומצב כשרותה. בתום 24 שעות צינן בבית המטבחים, בוצע חיתוך בין צלעות 12 – 13 ונאספו נתחי ורד הצלע והועברו בקירור למעבדה בנוה יער ובוצעו מדידות לנתחים לתכולת שומן בשריר (IMF%), תכולת חלבון כללי, אפר, ח"י ורטיבות.

תוצאות שנה ב':

נתוני ההרכב הכימי וערכי הנעכלות בכרס מלאכותית *in-vitro* של תחמיץ קינואה ותחמיץ חיטה מוצגים בטבלה 5. תחמיץ הקינואה לא נבדל ברמת החומציות ובאחוז ח"י 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 5. 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, 18hr (% of CP)	0.92 \pm 0.01	0.75 \pm 0.02	< 0.01
IVNDFD, 48hr (% of NDF)	40.2 \pm 3.41	50.1 \pm 2.88	0.03
IVDMD, 48hr (% of DM)	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 (*in-vitro*) והערך האנרגטי של המנות מוצגים בטבלה 6. המנות של הטיפול והביקורת לא נבדלו ב % ח"י, % חומר אורגני, נעכלות חלבון ובאנרגיה המטבולית של המנות.

Table 6. 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, 18hr (% of CP)	0.63 \pm 0.05	0.71 \pm 0.04	0.18
IVNDFD, 48hr (% of NDF)	49.1 \pm 2.41	50.1 \pm 2.32	0.46
IVDMD, 48hr (% of DM)	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)

אחוז החלבון במנת הטיפול היה גבוה באופן מובהק מהביקורת ואחוז השומן היה נטה להיות גבוה במנת הטיפול לעומת הביקורת. כמו כן, % הליגנין היה גבוה באופן מובהק במנת הביקורת ו % NDF נטה להיות יותר גבוה במנת הביקורת יחסית למנת הטיפול. אחוז הנעכלות *in vivo* של מנת הטיפול (שכללה תחמיץ קינואה) היה גבוה באופן מובהק ($P < 0.01$) יחסית למנת הביקורת (0.82 ± 0.01 , 0.76 ± 0.01 , בהתאמה). כמו כן, % הליגנין היה גבוה באופן מובהק במנת הביקורת ו % NDF נטה להיות יותר גבוה במנת הביקורת יחסית למנת הטיפול. אחוז הנעכלות של מנת הטיפול הייתה גבוה באופן מובהק ($P < 0.01$) יחסית למנת הביקורת.

משקלי העגלים (ממוצע קבוצתי מחושב ממשקלים פרטניים) וצריכת המזון הפרטנית של קבוצת הטיפול והביקורת ברמה היומית ובאופן רציף לאורך הניסוי מתוארים באיור 1. תוצאות הביצועים, יעילות ניצולת מזון פרטנית לתקופת הניסוי ותוצאות התנהגות אכילה מתוארות בטבלה 7. תוצאות אחוז והרכב הטיבחה מתוארים בטבלה 8.

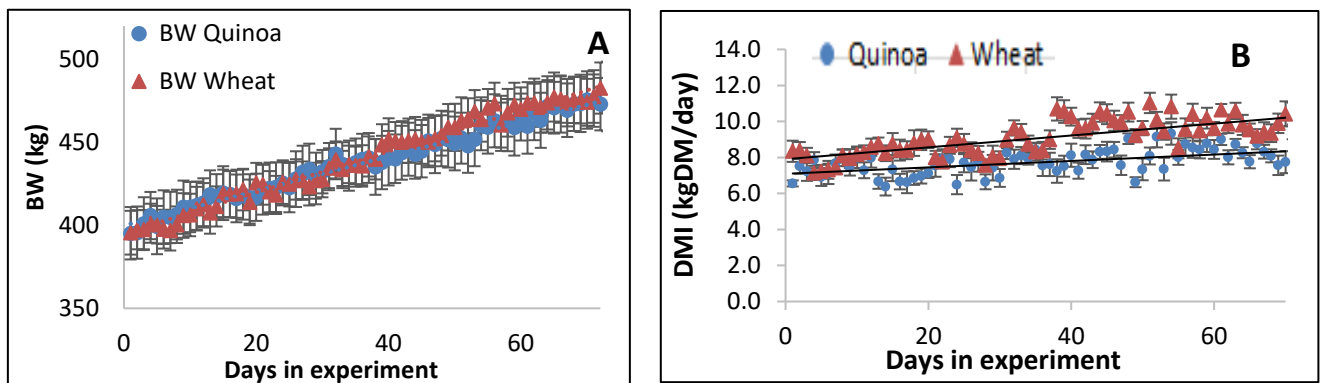


Figure 1. Group means of BW (kg \pm SE, A), DMI (kg of DM/d \pm SE, B) of Holstein bull calves fed a TMR (total mix ratio) containing quinoa silage (●) or wheat silage (▲) during a 72-day experiment.

Table 7. Bull 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 ¹	P-value
No. bull 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
Performance:				
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	< 0.01
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
Digestibility (<i>In-vivo</i> , %)	78.8	75.5	1.21	< 0.05
Gain / Feed, gr gain/kgDM	142	120	6.26	< 0.05
RFI, kgDM/day	-0.60	0.55	0.21	< 0.01
Feeding behaviour				
No. visits	14.4	12.3	0.94	0.12
Kg per visit	0.70	1.00	0.08	< 0.05
Min per visit	5.80	6.50	0.38	0.15
Feeding rate, kg/min	0.12	0.15	0.01	< 0.05
Rumination, min per day	213	255	15.7	< 0.05

¹SEM = pooled standard error mean.

Table 8. 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
Longissimus muscle composition¹			
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	< 0.05
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

¹Longissimus muscle sample between 12th and 13th ribs.

שנה ג':

תיאור הניסוי: בשנה השלישית זרענו קינואה מקו "Mint vanilla" בתאריך 10-06-22 באבני איתן בהיקף של 13 דונם, בעומד מתוכנן של 750 צמחים למ"ר, בעומק 1 ס"מ ובמרווח של 13 ס"מ בין השורות, כגידול קיצי לשחת. בדומה לשנה ב' אחוז הנביטה של הזרעים שנבחן לפני הזריעה עמד על 42% ולכן היה צורך לזרוע בעומד דומה. לאחר הזריעה נבחן מספר צמחים למ"ר בשדה ובפועל נמדדו 712 צמחים למ"ר בממוצע (מתוך 6 חזרות). לפני הזריעה בוצע ריסוס של מונעי נביטה והקינואה. החלקה הונבטה בהמטרה (20 קוב לדונם) לאחר הזריעה ובהמשך הגידול ניתנה השקיה של 84 קוב לדונם. במהלך הגידול בוצע דישון ראשון (5 ק"ג לדונם) לאחר 15 ימים מזריעה ודישון שני 32 ימים מזריעה (5 ק"ג לדונם בכל דישון). הקציר לשחת בוצע 52 ימים מזריעה כאשר אחוז ח"י הגיעה ל 18.4% (תחילת מילוי גרגיר) ויכול ח"י לדונם עמד על 486 ק"ג ח"י לדונם (לקציר בודד אחד, כאשר ניתן להגיע ל 3 קצירים בעונה). השחת נקצרה במקצרת תופים ונארזה כבלות באמצעות קומביין. ביום הקציר בוצע דיגום צומח (שמונה חזרות, גודל חזרה 1 מ"ר) לפני הקציר חושב אחוז חומר היבש (ח"י) והדוגמאות יובשו ונטחנו במטחנת פטישים (לגודל 1 מ"מ) ונבדק ההרכב הכימי במעבדת Dairy one (איטקה, ניו-יורק, ארה"ב). באלות שחת הקינואה הועברו למרכז המזון של קבוצת יבנה להכנת בליל לקבוצות הטיפול והביקורת והמזון הועבר לרפת הפרטנית של מכון וולקני בבית דגן. הרכב ותכולת מנות הטיפול והביקורת מתוארים בטבלה 9 (איזון מנות הניסוי ל NDF בוצע לפי NDF ממזון גס ו NDF כללי).

Table 9. Ingredients and chemical composition of the experimental diets.

Diets Ingredients, % in DM	Quinoa TMR ¹	Wheat TMR
Corn ground	14.6	13.8
Wheat silage	37.0	37.8
Wheat hay	-	14.5
Quinoa hay	16.4	
Dried distillers' grain	5.6	5.6
Soybean meal	3.0	3.9
Rapeseed meal	7.9	8
Lactose water	7.4	7.8
Wheat grain, rolled	3.0	3.1

Protected fat	0.9	0.9
Soybean hulls	1.2	1.4
Wheat bran	1.2	1.2
Palmitic acid	0.7	0.8
Calcium salts	0.1	0.2
Bicarbonate	0.5	0.5
Limestone	0.5	0.5
Vitamins and minerals ²		
Chemical composition		
Dry matter	62.1	62.4
Crude Protein	16.6	16.7
Ether extract	6.7	6.3
NDF (%) ³	29.8	31.2
NDF_ Rough ⁴	18.1	19.2
NE _L (Mcal/kgDM) ⁵	1.78	1.78

¹TMR: Total mix ratio

²Contained (per kg of DM) 23,100,000 IU of vitamin A; 1,150,000 IU of vitamin D; 15,000 IU of vitamin E; 1,549 mg of Mn; 1,500 mg of Zn; 2,700 mg of Fe; 1,500 mg of Cu; 180 mg of I, 70 mg of Se; and 15 mg of Co.

³NDF from forage and non-forage sources.

⁴NDF from forage sources.

⁵NE_L = Diet Net Energy for lactation, calculated for 3 maintenance levels, using NRC (2001) recommendations.

הניסוי בוצע ברפת הפרטנית בבית דגן על 42 פרות גבוהות תנובה לתקופה של 60 ימים. הפרות חולקו לשתי קבוצות (21 פרות בקבוצה), על בסיס מספר התחלובה, ימים בתחלובה, תנובת חלב (ק"ג/ליום) ומשקל גוף (ק"ג), כאשר לאחר החלוקה לקבוצות ולפני תחילת ניסוי ההזנה, קבוצת הקינואה לא נבדלה מקבוצת החיטה במספר התחלובה (3.2±0.27, 2.9±0.24, בהתאמה, P=0.43), ימים בתחלובה (158±15.4, 157±17.8, בהתאמה, P=0.99), תנובת חלב (46.9±1.04, 46.7±0.89, בהתאמה, P=0.91) ומשקל גוף (644±12.4, 639±11.9, בהתאמה, P=0.78). במהלך הניסוי נמדדו באופן פרטני ורציף: צריכת מזון, תנובת החלב, משקל גוף ומדדי התנהגות (משך העלאת גירה, מנוחה, מספר רביצות וצעדים ביממה). הפרות נחלבו פעמיים ביממה (07:00, 15:00) ובוצעו דיגומי חלב ודרוג המצב הגופני לכל הפרות בתחילת הניסוי ובסופו. דוגמאות החלב נשלחו למעבדת החלב בקיסריה למדידת הרכב חלב (שומן, חלבון, לקטוז ותאים סומטיים). בוצעו דיגומי מזון וצואה בשעות שונות ביממה (בשבועיים האחרונים של הניסוי) למשך 4 ימים רצופים. דוגמאות המזון והצואה יובשו בתנור בטמפ' של 60 מ"צ למשך 48 שעות, נטחנו במטחנת פטישים ל 1 מ"מ ונשלחו למעבדתו של ד"ר טרוויס ווטיני מאוניברסיטת Texas A&M ונמדדה נעכלות פרטנית של המנות באמצעות שימוש בסמן הפנימי Indigestible NDF¹². מתוך נתוני תנובת החלב, הרכב החלב, צריכת המזון ונעכלות המנה חושבו מדדי יעילות ניצולת מזון שכללו: יעילות ניצולת מזון קלאסית (Efficiency of milk production, kg milk/kg DMI), מדד יעילות צריכת מזון שאריתית (Residual Feed Intake kg DM/d) RFI ומדדי יעילות אנרגטיים הכוללים את היחס שבין האנרגיה בחלב לצריכת ח"י (Milk energy/DMI, Mcal/kgDM) והיחס שבין האנרגיה הנאצרת לצריכת אנרגיה מטבולית (RE/MEI, ratio).

תוצאות שנה ג':

נתוני ההרכב הכימי וערכי הנעכלות בכרס מלאכותית *in vitro* של שחת קינואה ושחת חיטה מוצגים בטבלה 10. אחוז החלבון, שומן, נעכלות חלבון ונעכלות הח"י צמחי במבחנה היו גבוהים באופן מובהק בשחת הקינואה לעומת שחת החיטה. לעומת זאת אחוז הליגנין ו אחוז

NDF היו גבוהים באופן מובהק בשחת החיטה יחסית לשחת קינואה. אחוז חומר אורגני ונעכלות NDF נטו להיות גבוהים יותר בשחת החיטה יחסית לקינואה. נתוני ההרכב הכימי, ערכי הנעכלות (*in-vitro*) והערך האנרגטי של המנות מוצגים בטבלה 11. המנות של הטיפול והביקורת נבדלו באחוז ליגנין שהיה נמוך יותר במנת קבוצת הטיפול ונעכלות חומר ח"י שהייתה גבוהה יותר במנת הטיפול.

Table 10. 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 hay. Results are expressed as mean \pm SE of three sample plots, P values obtained by Student's t-test

Parameter	Quinoa hay	Wheat hay	P value
DM (%)	18.4 \pm 2.11	29.3 \pm 1.78	< 0.05
OM (% of DM)	82.1 \pm 3.42	88.9 \pm 2.87	0.09
CP (% of DM)	19.5 \pm 2.12	7.2 \pm 1.23	< 0.01
EE (% of DM)	2.38 \pm 0.13	2.14 \pm 0.12	0.07
Lignin (% of DM)	3.51 \pm 0.19	6.42 \pm 0.35	< 0.01
NDF (% of DM)	40.3 \pm 1.27	44.5 \pm 1.97	< 0.01
IVCPD, 18hr (% of CP)	0.93 \pm 0.02	0.86 \pm 0.03	< 0.05
IVNDFD, 48hr (% of NDF)	44.2 \pm 2.88	51.1 \pm 2.12	0.10
IVDMD, 48hr (% of DM)	73.3 \pm 1.89	62.1 \pm 1.79	< 0.05

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

Table 11. Chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and *in vitro* neutral detergent fibre digestibility (IVNDFD) 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 (%)	70.6 \pm 1.13	69.6 \pm 1.47	0.47
OM (% of DM)	90.1 \pm 1.77	90.4 \pm 1.21	0.69
CP (% of DM)	18.2 \pm 0.89	17.4 \pm 1.56	0.38
EE (% of DM)	6.98 \pm 0.27	6.63 \pm 0.29	0.14
Lignin (% of DM)	4.25 \pm 0.28	5.11 \pm 0.22	0.04
NDF (% of DM)	29.7 \pm 0.96	30.4 \pm 1.24	0.27
IVNDFD, 48h (% of NDF)	53.5 \pm 1.62	54.5 \pm 1.78	0.52
IVDMD, 48h (% of DM)	76.4 \pm 0.44	75.2 \pm 0.37	0.04
ME (Mcal/kgDM)	2.76 \pm 0.11	2.75 \pm 0.12	0.43

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

תוצאות הביצועים, הרכב חלב, מרכיבי מאזן האנרגיה, מדדי יעילות ניצולת מזון והתנהגות מתוארים בטבלה 12. מנתוני תוצאות הביצועים עולה שצריכת המזון של פרות מקבוצת הטיפול (קינואה) נטתה להיות נמוכה יותר בפרות מקבוצת הביקורת (חיטה) אך תנובת החלב של הפרות מקבוצת הטיפול נטתה להיות גבוהה יותר לקבוצת הביקורת. לא נמצא הבדל מובהק במשקל ובמצב הגופני בין הקבוצות גם בתחילת הניסוי וגם בסופו. אחוז נעכלות המזון (*in-vivo*) של הפרות מקבוצת הניסוי היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. אחוז השומן בחלב של פרות מקבוצת הטיפול היה גבוה באופן מובהק יחסית לביקורת ואחוז החלבון נטה להיות גבוה יותר בחלב של פרות מקבוצת

הביקורת יחסית לטיפול. כמו כן, כמות התאים הסומטיים (SCC) היה נמוך באופן מובהק בחלב של קבוצת הניסוי יחסית לקבוצת הביקורת. לא נמצא הבדל באחוז הלקטוז בחלב בין קבוצת הניסוי לביקורת. ערכי האנרגיה הנעכלת (DE), האנרגיה המטבולית במזון (ME) והאנרגיה בחלב (NE_L) שחושבו מתוך נעכלות המנה בפועל (*in vivo*) היו גבוהים באופן מובהק בקבוצת הטיפול יחסית לביקורת. כמו כן, האנרגיה המטבולית הנצרכת (MEI), האנרגיה בחלב (Milk energy) וסה"כ האנרגיה הנאצרת בחלב ובשינוי מצב גופני היו גבוהים באופן מובהק בקבוצת הטיפול יחסית לקבוצת הביקורת. לעומת זאת האנרגיה הנאצרת משינוי המצב הגופני בלבד (Reserve energy) ומרכיב הוצאת האנרגיה במאזן האנרגיה (Heat production) לא נבדלו בין הקבוצות.

Table 12. Cows performance, milk components, Energy balance components, feed efficiency and behaviour 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	Wheat	P value
<u>Performance</u>			
Milk yield, kg/day	43.4 \pm 0.22	42.4 \pm 0.26	0.09
DMI, kgDM/day	28.9 \pm 0.82	30.6 \pm 0.86	0.08
BW start, kg	644 \pm 12.4	639 \pm 11.9	0.78
BW end, kg	657 \pm 9.25	660 \pm 10.1	0.82
B.C.S start, scale 1-5	2.58 \pm 0.07	2.56 \pm 0.09	0.45
B.C.S end, scale 1-5	2.74 \pm 0.09	2.72 \pm 0.10	0.44
Digestibility (%)	68.4 \pm 1.72	64.7 \pm 2.41	< 0.05
<u>Milk Components</u>			
Fat, %	4.78 \pm 0.14	4.40 \pm 0.13	< 0.05
Protein, %	3.31 \pm 0.06	3.43 \pm 0.05	0.09
Lactose, %	4.77 \pm 0.05	4.83 \pm 0.04	0.33
SCC, cells*1000/ml	98.1 \pm 19.7	221.6 \pm 43.8	< 0.05
<u>Energy components</u>			
DE ¹ , Mcal/kg	3.08 \pm 0.07	2.84 \pm 0.11	< 0.05
ME ² , Mcal/kg	2.66 \pm 0.07	2.42 \pm 0.12	< 0.05
NE _L ³ , Mcal/kg	1.59 \pm 0.04	1.46 \pm 0.06	< 0.05
MEI ⁴ , Mcal/day	76.9 \pm 2.28	74.1 \pm 3.26	0.10
Milk energy, Mcal/day	35.3 \pm 0.83	33.4 \pm 0.95	< 0.01
Reserve energy ⁵ _B.C.S, Mcal/day	7.97 \pm 1.87	5.29 \pm 1.96	0.15
Recovered energy ⁶ , Mcal/day	42.7 \pm 1.99	38.5 \pm 1.80	< 0.05
Heat production, Mcal/day	34.1 \pm 2.23	35.5 \pm 2.53	0.48
<u>Feed Efficiency</u>			
EMP ⁷ , kg milk/kg DMI	1.50 \pm 0.04	1.39 \pm 0.06	< 0.05
RFI _{DM} ⁸ , kgDM/day	-1.06 \pm 0.66	0.95 \pm 0.67	< 0.05
Milk energy/DMI, Mcal/kgDM	1.22 \pm 0.04	1.09 \pm 0.02	< 0.05
Recovered energy/MEI, ratio	0.55 \pm 0.02	0.52 \pm 0.01	< 0.05
<u>Behaviour</u>			
Rumination, min/d	520 \pm 11.9	578 \pm 10.6	< 0.05
Activity, steps/d	1986 \pm 114.5	2146 \pm 218.1	0.52
Bouts, bouts/d	9.98 \pm 0.79	9.30 \pm 0.91	0.58
Lying duration min/d	513 \pm 41.8	480 \pm 58.3	0.65

¹DE: digestible energy, based on NRC 2001

²ME: metabolize energy, based on NRC 2001

³NE_L: net energy for lactation, based on NRC 2001

⁴MEI: metabolize energy intake

⁵Reserve energy: retained or depleted body energy as a result of fat content change.

⁶Recovered energy: total recovered energy, calculated as reserve energy + milk energy.

⁷EMP: efficiency of milk production (kg milk/kg DMI)

⁸RFI: residual feed intake

יעילות ניצולת המזון (EMP) של קבוצת הטיפול הייתה גבוהה יחסית לקבוצת הביקורת. כמו כן, יעילות צריכת מזון שאריתית (RFI_{DM}) של קבוצת הניסוי הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת (ערך שלילי מעיד על פרה יעילה מבחינת צריכת המזון וערך חיובי מעיד על חוסר יעילות). מדד היעילות המחושב לפי היחס בין צריכת המזון לאנרגיה בחלב (Milk energy/DMI) ומדד יעילות התמרת האנרגיה מאנרגיה במזון לאנרגיה הנאצרת בגוף ובחלב של קבוצת הניסוי היו גבוהים באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. מדדי ההתנהגות לא נבדלו בין הקבוצות למעט העלאת הגירה שנבדלה בין הקבוצות כאשר משך העלאת הגירה ביממה של קבוצת הניסוי היה גבוה יחסית לקבוצת הביקורת.

דיון מסכם

במחקר זה ערכנו ניסויים לבחינת פוטנציאל צמח הקינואה כגידול חדש למספוא בישראל ואת השפעת הזנה בקינואה על ביצועים, נעכלות, יעילות ייצור וניצולת מזון לחלב (בפרות חולבות) ולגדילה (בעגלים לפיטום) באופן פרטני, בהשוואה להזנה בחיטה. בשנת הניסוי הראשונה, התמקדנו בבחינת גידול קינואה לתחמיץ בצפון הארץ לפי פרוטוקול גידול שבוסס במו"פ צפון ונבחנה היכולת של הקינואה להשתמר כתחמיץ בשלבים שונים של התפתחות הצמח ובחינת הצורך בשימוש במעודדי החמצה. בשנה השנייה, התמקדנו בהשפעה של שילוב תחמיץ הקינואה במנות פיטום של עגלים ובחינת השפעתה ברמה פרטנית על ביצועי העגלים, יעילות ניצולת מזון ותפוקת הבשר והרכבו. בשנה השלישית, התמקדנו בהשפעת שילוב שחת הקינואה במנות של פרות חלב גבוהות תנובה על ביצועים, יצרנות, יעילות אכילה וניצולת מזון, נעכלות ומרכיבי מאזן האנרגיה והתנהגות.

שנה א': מהנתונים שהתקבלו בשנת המחקר הראשונה, בהיבט האגרוטכני, הקינואה גודלה על פי פרוטוקול שבוסס בשנים האחרונות במו"פ צפון תוך שימוש במיכון מסחרי (בזריעה, בדישון, בהדברה ובקציר לתחמיץ), עם השקיה מועטה מאוד (השקיה טכנית להנבטה) ולאורך הגידול לא נתקלו המגדלים בבעיות אגרוטכניות משמעותיות. תוצאות יבול הקינואה (942 ק"ג ח"י לדונם) שנקצרה לתחמיץ בשלב שהצמח הגיע ל 28% ח"י היו קרובות לנתוני היבול שהתקבלו בתוצאות המקדימות שהגיעו למוצק יבול של 1 טון ח"י לדונם. לשם השוואה, בחלקה מסחרית סמוכה של חיטה שנקצרה אף היא לתחמיץ, התקבל יבול של כ- 700 ק"ג ח"י/דונם (נתונים - קיבוץ גדות). כמו כן, תוצאות ההרכב והנעכלות של הקינואה בשלב הקציר לתחמיץ היו דומות לתוצאות שהתקבלו בתוצאות המקדימות. כלומר, גידול על פי הפרוטוקול בקנה מידה חצי מסחרי, הניב תוצאות משיבועות רצון המעידות על התכנות של גידול הקינואה באופן מסחרי בהתאם לפרוטוקול הגידול המקומי שבוסס בשנים האחרונות. ההבדלים המשמעותיים בין ירק המוצא לתחמיץ כקינואה צעירה (12.5% ח"י) לבין קינואה בוגרת (28% ח"י), אינם מפתיעים היות וצפוי שקינואה צעירה מבחינה וגטיבית תהיה בעלת איכות ונעכלות גבוהות יותר יחסית לקינואה בוגרת מאותו הזן. תוצאות דומות התקבלו לאחרונה בניסוי שנערך בחוות גד"ש בעמק החולה¹³, שבהן אחוז החלבון בקינואה צעירה (נקצרה לפני פריחה, בטווח שבין 10% ל 16% ח"י) עמד על כ- 25% ואף למעלה מזה. יחד עם זאת, נמצא כי ערכי הרכב הקינואה הצעירה, בדגש על אחוז החלבון, היו גבוהים מאוד יחסית לחיטה בשלב זה (המכילה אחוז חלבון הנע בין 9 - 12% בקרוב, על פי נתוני שה"מ) ואף גבוהים מהרכב קטנית איכותית כגון אספסת/תלתן/בקיה (המכילה אחוז חלבון הנע בין 12 - 16% בקרוב, על פי נתוני שה"מ). נתוני החלבון הגבוהים (28%) ואחוז המים הגבוה בצמח, יוצרים סביבה בעייתית מאוד להחמצה היות ויוצרים Buffer capacity אשר מקשה על הורדת חומציות הצמח¹⁴ ויצירת תנאי החמצה לשימור החומר הצמחי. בהתאם, כל הירק שהוחמץ בשלב צעיר בצנצנות (עם וללא תוספי

החמצה) נרקב והתעפש. כלומר, נתונים אלו מצביעים על כך שלא ניתן לשמר את החומר הצעיר והאיכותי על ידי החמצה אך יש לבחון את האפשרות לשימור החומר הצעיר באמצעות הקמלה בשטח ושימורו כשחת קינואה צעירה וזאת בעקבות ההרכב האיכותי והנעכלות הגבוהה של החומר הצמחי. בהתאם לכך, בשנת המחקר השלישית גודלה הקינואה כשחת להזנת פרות חלב ונבחנה השפעתה על יצרנות, מאזן האנרגיה ויעילות ייצור חלב.

לא נמצאו הבדלים במרכיבי התחמיצים בין הטיפולים השונים ובין הטיפולים לתחמיץ שלא טופל. המשמעות של תוצאה זו היא שאין יתרון לשימוש בתוספי החמצה לתחמיץ קינואה (נכון לניסוי זה ולקו הקינואה הספציפי שנבדק). יש לכך יתרון בהיבט התפעולי והכלכלי היות והוספת מעודדי החמצה מייקרת את התהליך ולרוב אינה פשוטה במיוחד בבורות תחמיץ גדולים שהמטרה שהתוסף יתפזר בצורה הומוגנית עד כמה שניתן. ידוע ומקובל שערכו התזונתי של ירק המוצא גבוה מזה של התוצר המשומר הסופי (במקרה הנוכחי התחמיץ) עקב אובדן חומרים פרמנטבייליים במהלך תהליך השימור¹⁵. הדבר בא לידי ביטוי בערכי NDF וליגנין נמוכים יותר של חומר המוצא. הסיבה העיקרית להבדלים אלו נעוצה בכך שבעת ההחמצה חלים הפסדי נשימה ותסיסה של סוכרים ושל חלבונים שעברו פרוטאוליזה אשר גורמת לירידה בריכוז של מרכיבי מומסי התאים ומעלה את ריכוז מקטעי דופן התא¹⁵. אכן, מתוך תוצאות הניסוי הנוכחי עולה שערכי ה-NDF והליגנין בצמח המוצא נמוכים יחסית לתחמיצים. לקינואה אחוז אפר גבוה יחסית לחיטה או קטנית וזאת משום שכמות המינרלים גבוהה מאוד בקינואה^{16,17}. רמה גבוהה של אפר התקבלה גם בצמחי המוצא וגם בתחמיצים כאשר הרמה הגבוהה ביותר הייתה בקינואה הצעירה. זאת מכיוון שבשלב זה מתרחשת אגירה משמעותית של מינרלים בקינואה, והיא פוחתת עם התבגרות הצמח ובעיקר לקראת פריחה ולאחריה¹⁸. מבחינה תאורטית תכולת אפר מעל 15% עלולה לפגוע בצריכה ובנעכלות בבעלי חיים, אך הנחה זו מתייחסת בעיקר למצב שבו חלק ניכר מהאפר הוא אדמה (עפר). כמו כן, בניסויי הזנה הקדמיים שביצענו ובהם ניתנה קינואה צעירה בעלת תכולת אפר גבוהה, לא נצפתה פגיעה בביצועי בעלי החיים (עגלים, עזים ופרות).

מנתוני שעורי הפחת של התחמיצים שהוחמצו בצנצנות מסתמן ברור שלא היה הבדל בשיעור הפחת הרטוב בין כל הטיפולים והוא נע סביב 2% ו-0.6%, כאשר הפחת חושב לפי חומר רטוב ויבש, בהתאמה. ערכי הפחת שהתקבלו, נמוכים מאד בהשוואה לזה המתקבל במשקים בתחמיצים שונים (חיטה, תירס, סורגום וכו'), המגיע לרוב לטווח ערכים שבין 5-10%. היות והפחת בצנצנות אינו מייצג פחת בבור מסחרי, בדקנו גם פחת של הבאלות העטופות וגם במקרה זה הפחת היה יחסית נמוך ועמד על 2.5% במוצע. נתונים אלו של פחת נמוך באופן יחסי חשובים מאוד בהיבט היישומי ומשתלבים עם הפרמטרים של הרכב ואיכות גבוהים של התחמיצים ויכולת השימור הטובה של תחמיץ הקינואה. לסיכום, מתוצאות שנה זו נראה כי באמצעות פרוטוקול לגידול קינואה שבוסס בשנים האחרונות, ניתן לגדל קינואה למספוא בהיקף חצי מסחרי ולהגיע ליבולים גבוהים ואיכות גבוהה. יחד עם זאת, עדיין קיימים פערים שיש להשלים במחקרים אגרוטכניים כגון בירור קוים מצטיינים ייעודיים למספוא, הדברת עשבים ודישון. כמו כן, היות ולא נמצאו הבדלים בהרכב ובנעכלות בין קינואה שהוחמצה ללא מעודדי החמצה לבין תחמיצי קינואה שהכילו מעודדי החמצה (בצנצנות ובבאלות), ניתן להסיק שאין צורך בתוספי החמצה לצורך החמצת קינואה ובכך ניתן להזיל את עלויות ההחמצה. בנוסף, איכות התחמיצים שהתקבלה בבאלות המסחריות, היו לא דופי, ללא קשר לטיפול ולתוסף בו נעשה שימוש, הן ברמת ההרכב הכימי והן ביכולת השימור של התחמיצים (רמות pH תקינות להחמצה ומיעוט נוכחות של עובשים ופטטריות בתחמיצים). תוצאות אלו מחזקות את היישומיות של החמצת קינואה בקנה מידה מסחרי ומצביעות על הפוטנציאל המסחרי בהחמצת קינואה.

שנה ב': מהנתונים שהתקבלו בשנת המחקר השנייה, בהיבט האגרוטכני, בדומה לשנה א' 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 (כמעט ללא נוכחות של עובשים, ריקבון וכו') וניתן להשתמש בו לצורך ניסוי ההזנה. כלומר, זו השנה השנייה בה גידול הקינואה והחמצה שלה הניבו חומר צמחי בכמות ובאיכות המתאימים להזנת מע"ג.

ההבדלים בהרכב בין תחמיץ הקינואה לתחמיץ החיטה תואמים תוצאות מחקרים קודמים בספרות, בהם השוו בין הרכב תחמיצים שונים וביניהם חיטה וקינואה¹⁹. 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 השונים²⁰, 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 שהשתמשנו בו) יש לקצור את הצמחים באחוז ח"י יחסית נמוך היות ובשלב זה ריכוז הספונינים נמוך והוא עולה עם התבגרות הצמח²¹. לכן, שימוש בזני קינואה בעלי ריכוז ספונינים נמוך (זנים מתוקים) יאפשרו קציר לתחמיץ באחוז ח"י גבוה יותר שיאפשר הגעה לאחוזי NDF גבוהים יותר.

מתוצאות ניסוי ההזנה בשנה השנייה 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 (*in vitro, in vivo*) שהראו שנעכלות המנה אצל העגלים שניזונו ממנת הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. כלומר אחד ההסברים האפשריים לתופעה של צריכת מזון נמוכה יותר וגדילה דומה של קבוצת הקינואה יחסית לחיטה הוא שנעכלות המנה גבוהה יותר ולכן ניצול המזון של עגלים מקבוצת הקינואה גבוה יותר. על כן, לצורך הגדילה העגלים מקבוצת הקינואה נזקקו לכמות פחותה יותר של מזון למימוש פוטנציאל הגדילה²². הסבר נוסף לאחוז נעכלות גבוה יותר של מזון 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 המתנוגגית על ידי פגיעה בפרוטוזואות הניזונות מאוכלוסיית החיידקים העמילוליטיים ובשל כך מתרחשת עליה בנעכלות המזון המרוכז במנה²³. שינוי זה שנגרם על ידי הספונינים ובמיוחד דיכוי האוכלוסייה המתאנוגנית, מפחיתה את פליטת המתאן ולמעשה מעלה את היעילות המיקרוביאלית. כלומר, פחות אנרגיה נפלטת כזו ויותר מנותבת לבניית אוכלוסיית החיידקים שמשמשת גם כמקור מזון מיקרוביאלית לחייה²³. 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 הנעכלות²⁴. 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 ה- NDF גבוה יותר מהזן בו השתמשנו לניסוי ההזנה ו/או שילוב תחמיץ הקינואה עם מזון גם 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)²². 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 והשומן בשריר גבוהים יותר

יחסית לעגלים בעלי יעילות RFI נמוכה^{20,22}. 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 הגבוהה של החלבון המלא 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% במוצע מהוצאות הגידול הן ההוצאה על מזון (נתוני שה"מ). 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 למגדל יהיה דומה לזה של מחיר החיטה). לסיכום, תוצאות נתוני השנה השנייה של ניסוי ההזנה בעגלים בפיטום בשילוב נתוני היבול והאיכות של הקינואה יחסית לחיטה מצביעים על הפוטנציאל הגבוה של הקינואה לשמש כצמח מספוא איכותי לפיטום בקר בישראל.

שנה ג': מתוצאות ניסוי ההזנה בשנה השלישית עולה כי צריכת המזון של פרות מקבוצת הקינואה נטתה להיות נמוכה יותר יחסית לצריכת המזון של קבוצת החיטה (קבוצת ביקורת) אך תנובת החלב של קבוצת הקינואה נטתה להיות גבוהה יותר מקבוצת החיטה ובהתאם יעילות ניצולת המזון הקלאסית לייצור חלב (ק"ג חלב /ק"ג ח"י) של פרות מקבוצת הקינואה (המתבססת על נתוני צריכת מזון וייצור חלב פרטניים) הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. תוצאה זו משתלבת עם תוצאת אחוז נעכלות המזון (*in vivo*) ובה נמצא שאחוז הנעכלות אצל הפרות מקבוצת הקינואה היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצת הביקורת. כלומר אחת הסברות להסבר התופעה של צריכת מזון נמוכה יותר ותנובת חלב גבוהה של קבוצת הקינואה יחסית לחיטה (נטייה) עשויה לנבוע מכך שנעכלות המזון גבוהה יותר ולכן ניצול המזון של הפרות מקבוצת הניסוי גבוה יותר. כמו כן, מתוצאות הביצועים עולה כי אמנם תנובת החלב נטתה להיות גבוהה יותר בקרב פרות מקבוצת הקינואה אך לא נמצא הבדל במשקל הפרות ובדרוג המצב הגופני, כלומר האנרגיה הנוספת שהתקבלה מהמזון בקבוצת הניסוי יחסית לביקורת הותמרה לאנרגיה בחלב. ביסוס נוסף לכך היא תוצאת האנרגיה בחלב והאנרגיה הנצרכת (בחלב ובמצב הגופני) שהיו גבוהות באופן מובהק בקבוצת הקינואה יחסית לקבוצת החיטה. בנוסף, כמות האנרגיה המטבולית הנצרכת (MEI) של פרות מקבוצת הקינואה נטתה להיות גבוהה יחסית לקבוצת הביקורת וזאת למרות שצריכת ח"י הייתה נמוכה יותר בקרב פרות מקבוצת הקינואה יחסית לפרות מקבוצת החיטה, כלומר, הפרות מקבוצת הקינואה הפיקו מהמזון יותר אנרגיה הזמינה לתהליכים מטבוליים כתוצאה מנעכלות גבוהה יותר של המזון ותוספת האנרגיה שהתקבלה מהמזון שצרכה קבוצת הקינואה יחסית לאנרגיה המטבולית הנצרכת של הפרות מקבוצת החיטה הותמרה למסלול ייצור החלב וביטוי לכך היא שכלל האנרגיה בחלב (Total milk energy) של פרות מקבוצת הקינואה הייתה גבוהה באופן מובהק יחסית לביקורת. ביטוי נוסף לכך שיעילות התמרת האנרגיה המטבולית בקבוצת הקינואה הייתה גבוהה יחסית לביקורת נובע מכך שמדד יעילות התמרת האנרגיה המחושב מתוך היחס שבין האנרגיה הנצרכת לאנרגיה המטבולית הנצרכת (Recovered energy/MEI) היה גבוה בקבוצת הקינואה יחסית לקבוצת החיטה. הסיבה לכך שכמות האנרגיה בחלב של פרות מקבוצת הקינואה הייתה גבוהה מקבוצת החיטה נבעה בעיקר מכך שאחוז השומן בחלב של פרות מקבוצת הקינואה שהיה גבוה באופן מובהק יחסית לאחוז השומן בחלב של פרות מקבוצת הביקורת. אחוז החלבון היה גבוה יותר בחלב מקבוצת החיטה יחסית לקינואה אך כמות האנרגיה הנצרכת בשומן גבוהה בצורה משמעותית יחסית לחלבון (9.29 מגה קלוריות לקילוגרם בשומן לעומת 5.47 בחלבון²⁵). עלייה בתנובת החלב ובאחוז השומן בחלב כתוצאה מהזנה של פרות חלב בקינואה דווחה גם במחקר שנערך בהולנד ובו בחנו שילוב של תחמיץ קינואה בהשוואה לתחמיץ תלתן במנה כוללת לפרות חולבות¹¹, נמצא שהזנה בקינואה (20% מהמנה) שיפרה את תנובת החלב והעלתה את אחוז השומן בחלב (מחקר זה הוא למעשה המחקר היחיד שבו פורסמו תוצאות ניסויי הזנה של צמח הקינואה במע"ג בספרות המקצועית). התוצאה שריכוז השומן

בחלב בניסוי בפרות חלב עלה למרות ריכוז NDF ממזון גס נמוך יותר ומשך העלאת גירה נמוכה יותר בקבוצת הקינואה למעשה אינה תואמת את הסברה המקובלת בספרות³¹ שעליה ב NDF במנה עשויה לגרום לעליה באחוז השומן בחלב. ישנן מספר השערות לגבי הסבר לאחוז השומן הגבוה יותר בפרות שהוזנו בבלייל שהכיל שחת קינואה לעומת שחת חיטה, אחת מהן היא למעשה קשורה להרכב החלבון של הקינואה שהינו "חלבון מלא" המכיל גם את חומצת האמינו ליזין (החסרה בדגניים) ומתיונין (החסרה בקיטניות)³² היות ונמצא במספר מחקרים כי תוספת של ליזין ואו מתינין העלתה את אחוז השומן בחלב אך לא ברור אם התוספת של חומצות אמינו אלו שלא בתצורה של תוסף מוגן כרס אלא בתצורה טבעית אכן יתרום להעלאת אחוז השומן בחלב. סברה נוספת שהועלתה בשנים האחרונות היא שהגורם המשפיע על עליה באחוז השומן כתוצאה מ NDF גבוה יותר במנה הוא ה uNDF כלומר ה NDF הלא נעכל שגורם לעידוד ייצור השומן ברקמת העטין³³ והיה גבוה יותר במנה שהכילה קינואה וגם למבנה הפיזיקלי של הסיב ונוכחות (peNDF) physically effective NDF גם כן בעל השפעה על אחוז השומן בחלב³³. כמו כן, מאפיין נוסף של הקינואה לעומת דגן הוא כמות המינרלים הגבוהה שהיא מכילה (ובמיוחד מגנזיום, ברזל, אבץ, נחושת)³⁴ שיכולים להשפיע על ביוסינטזה של ליפידים ברקמת הפרנקימה ולגרום לעליה באחוז השומן³⁵. שלושת השערות הנ"ל לא נבחנו במחקר זה והן צריכות להיבחן בניסויי המשך בהזנה של פרות חלב בקינואה.

במחקר שנערך בהולנד¹¹ דווח כי ההזנה בתחמיץ הקינואה שיפרה את צריכת המזון ותוצאה זו אינה תואמת את תוצאת צריכת המזון הנמוכה בקבוצת הניסוי יחסית לביקורת שהתקבלה בניסוי שלנו, אך ההבדל העיקרי בין הניסויים הוא שצריכת המזון בניסוי שנערך בהולנד הייתה ברמה הקבוצתית (ללא יכולת לבצע מבחן סטטיסטי) לעומת צריכת מזון פרטנית שנמדדה בניסוי שאנו ביצענו ולכן השוואה בפרמטר זה בין הניסויים הינה בעייתית. סיבה אפשרית להבדל בנעכלות המזון הוא נעכלות גבוהה יותר של צמח הקינואה יחסית לחיטה^{7,10}. הסבר נוסף לכך שנעכלות המזון הייתה גבוהה יותר בקרב פרות מקבוצת הקינואה לעומת החיטה (בדומה לתוצאת ניסוי ההזנה בעגלים) עשויה לנבוע מנוכחות של ספונינים בצמח הקינואה, היות ולספונינים ישנה השפעה על אוכלוסיית חיידקי הכרס המתבטאת בדיכוי האוכלוסייה המתנוגגית על ידי פגיעה בפרוטוזואות הניזונות מאוכלוסיית החיידקים העמילוליטיים ובשל כך מתרחשת עליה בנעכלות המזון המרוכז במנה²³. שינוי זה שנגרם על ידי הספונינים ובמיוחד דיכוי האוכלוסייה המתאנוגנית, מפחיתה את פליטת המתאן ולמעשה מעלה את היעילות המיקרוביאלית.

מעבר להבדלים הבולטים באחוז השומן והחלבון בחלב של פרות מקבוצת הקינואה לעומת החיטה, מרכיב התאים הסומטיים בחלב גם כן נבדל באופן מובהק כאשר כמות התאים הסומטיים בחלב של פרות מקבוצת הקינואה היה נמוך באופן מובהק יחסית לקבוצת החיטה. כמות גבוהה של תאים סומטיים עשויה להיגרם כתוצאה מזיהום בעטין ומעידה לרוב על דלקת עטין²⁶. בספרות ישנן עדויות לכך שעלי הקינואה מכילים חומרים בעלי פעילות נוגדת דלקת ונוגדת חמצון²⁷. ממצאים אלו עשויים להסביר את ההפחתה בתאים הסומטיים בקבוצת הניסוי שהוזנה בקינואה אך 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 היות וישנם גורמים רבים היכולים להשפיע על רמת התאים הסומטיים כגון זיהום חיידקי במרבץ הפרות ועוד. המשמעות של הפחתת תאים סומטיים מתבטאת בשיפור בריאות הפרה ורווחתה אך גם ישנה גם השלכה כספית היות והמגדל מקבל תשלום גבוה יותר מהמחלבות עבור חלב המכיל כמות תאים סומטיים נמוכה היות וריבוי תאים סומטיים בחלב פוגע בחומציות החלב ופוגע בתהליכי עיבוד החלב. בהתאם המגדל נקנס על חלב המכיל כמות תאים סומטיים גבוהה כולל השמדה של חלב עם כמות תאים סומטיים גבוהה במיוחד.

מתוך תוצאות מדדי ההתנהגות לא נמצא הבדל בין הקבוצות למעט במדד העלאת הגירה שהייתה נמוכה יותר פרות מקבוצת הקינואה יחסית לקבוצת החיטה (בדומה לתוצאה שנמצאה בניסויי ההזנה בעגלים לפיטום בשנה השנייה). תוצאה זו עשויה לנבוע מכמות ה- NDF הפחותה בצמח הקינואה יחסית לחיטה. עלייה 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 שחת/תחמיץ הקינואה עם מזון גס בעל תכולת NDF גבוהה (קש קינואה

לדוגמה), עשויים להעלות את רמת העלאת הגירה ולשפר אף יותר את הנעכלות. כמו כן, שימוש בקינואה מזנים בעלי ריכוז ספונינים נמוך ("זני קינואה מתוקים") יאפשרו קציר מאוחר יותר של השחת היות והסיבה לקציר המוקדם יחסית לשחת/תחמיץ נובע מכך שככל שהגרעינים מבשילים, רמת הספונינים עולה²⁸ ובהתאם עולה גם המרירות. הדבר יכול לגרום להפחתה בטעימות וירידה משמעותית בצריכת המזון שתגרור גם ירידה ביצרנות.

בניסוי זה נבחנו מספר מדדי יעילות ייצור הכוללים: יעילות ניצולת מזון קלאסית (EMP, kg milk/kg DMI; Milk energy/DMI, Mcal/kgDM), יעילות צריכת מזון שאריתית (RFIDM) ויעילות התמרת אנרגיה לייצור (Recovered energy/MEI, ratio). מהתוצאות עולה כי בשלושת המדדים ליעילות, פרות מקבוצת הקינואה היו יעילות באופן מובהק יחסית לפרות שניזונו ממנה שאינה מכילה קינואה (קבוצת הביקורת). צריכת מזון נמוכה יחסית לתנובת החלב הן לפי מדדי היעילות הקלאסית והן לפי יעילות צריכת מזון שאריתית (שני מדדים שאינם תלויים אחד בשני), הינה משמעותית לרווחיות הגידול, היות וכיום בין 65% ל 70% במוצע מהוצאות הגידול הן ההוצאה על מזון (נתוני שה"מ). מדד יעילות התמרת האנרגיה לייצור למעשה משלים ומחזק את ההסבר האנרגטי להבדלים ביעילות ניצולת המזון ומחזק את הסברה ששילוב של קינואה במנת פרות מניבות עשוי לשפר בהיבט הכלכלי ובהיבט הפיזיולוגי את יעילות הייצור של פרות חלב ובהתאם עשוי להעלות את רווחיות הרפת. כלומר, בדומה לתוצאות השנה השנייה, גם תוצאות השנה השלישית מצביעים על הפוטנציאל הגבוה של הקינואה לשמש כצמח מספוא איכותי לבקר לחלב ולבשר בישראל.

לסיכום, תוצאות נתוני ניסויי ההזנה בעגלים בפיתום ובפרות חלב בשילוב נתוני היבול והאיכות ויכולת ההחמצה של הקינואה מצביעים על הפוטנציאל הגבוה של הצמח לשמש כגידול מספוא איכותי וחדש בסל גידולי השדה למספוא בארץ. על מנת לבסס תוצאות אלה, יש לבחון את ההזנה בקינואה לעומת חיטה ברמה מסחרית ועם כמות פרטים גדולה יותר ולבצע ניסויי הזנה נוספים עם ריכוזים שונים של קינואה במנה. 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 וכו') וזנים בעלי רמת ספונינים נמוכה (זנים מתוקים) ולבצע ניסויי הזנה נוספים עם זנים אלו ובאחוזים שונים במנה. כמו כן, היות וידוע כי ספונינים מפחיתים פליטות גזי חממה במע"ג²⁹ וניסויי *in vitro* של פליטות גזי חממה בכרס מלאכותית שהכילה דוגמאות של צמח הקינואה אכן העידו על הפחתה משמעותית בפליטות גזי חממה³⁰ אזי, יש לבחון פליטות גזי חממה גם ברמה של החיה השלמה בניסויי הזנה נוספים עם קינואה במע"ג.

פרסומים והרצאות שנבעו מביצוע המחקר הנוכחי:

2020: תוצאות מהמחקר משנה זו הוצגו בסיורי שטח למגדלים ומרכזי גד"ש שנערכו בחלקת הקינואה בגדות ב- 17.5.20 ובמבוא חמה ב- 3.6.20 ובכנס מדריכי קינואה שנערך ב- 7.9.20 בחברת "זרעים דליה". התוצאות הוצגו גם בכנס השנתי ה-32 למדעי הבקר והצאן, שהתקיים ב- 23 בדצמבר 2020, כמו כן, פורסם מאמר מדעי בעיתון "Scientia Horticulturae":

Asher, A., Galili, S., Whitney, T. & Rubinovich, L. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. **272**, 109534 (2020).

2021: תוצאות מהמחקר משנה זו הוצגו בכנס למגדלי בקר וצאן בגולן שנערך ב- 16-12-21 במכללת אוהל. התוצאות הוצגו גם ביום עיון שה"מ בנושא קינואה כגידול חדש למספוא בתאריך 12-08-21.

2022: התוצאות הוצגו בכנס מגדלי בקר לבשר שנערך ב- 05-01-22. התוצאות הוצגו גם בכנס השנתי ה-34 למדעי הבקר והצאן, שהתקיים ב- 12 בדצמבר 2022. כמו כן, פורסם מאמר מדעי בעיתון ידיעות לבוקרים (peer reviewed):

Asher, A., Galili, S., Sabtay, A., Cohen-Zinder, M. & Rubinovich, L. The use of quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a new forage crop and its effect on productivity and production efficiency in cattle fattening, *Yediot labokrim*, 135:24-27 (2022).

REFERENCES

1. James, L. E. A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, 58, 1-31.2.
2. Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F. & Jacobsen, S. E. (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant Soil* **357**, 117–129
3. Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international*, 19(1-2), 167-177.4.
4. Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Sułkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., & Czyż, J. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts—in vitro study. *Food and chemical toxicology*, 57, 154-160.5.
5. Yao, Y., Yang, X., Shi, Z., & Ren, G. (2014). Anti-inflammatory activity of saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages cells. *Journal of Food Science*, 79(5), H1018-H1023.
6. 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.
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. Ramos, N.; Cruz, A. M. Evaluation of Seven Seasonal Crops for Forage Production during the Dry Season in Cuba. **2002**, 36 (3), 271–276.
10. Peiretti, P. G.; Gai, F.; Tassone, S. Fatty Acid Profile and Nutritive Value of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) Seeds and Plants at Different Growth Stages. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2013**, 183 (1–2), 56–61.
11. Zom, R.L.G., Van Schooten, H.A., Pinxterhuis, I.B., (2002). The effects of replacing grass silage by quinoa whole crop silage in the ration of dairy cows, in: *Praktijkonderzoek Veehouderij, Praktijk Rapport Rundvee*, Lelystad, the Netherlandsp. 29.
12. 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.
13. 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.
14. Kaizer, A. G., & Piltz, J. W. (2004). Feeding testing: Assessing silage quality. *Successful silage*. The State of New South Wales, Department of primary industries and dairy Australia, 311-334.
15. McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage*. Chalcombe publications.
16. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.
17. James, L. E. A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, 58, 1-31.
18. García-Parra, M., García-Molano, J., & Deaquiz-Oyola, Y. (2019). Physiological performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under agricultural climatic conditions in Boyaca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 37(2), 144-152.
19. 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.
20. Baskota, S., & Islam, A. (2017). Evaluation of forage nutritive value of quinoa cultivars. *Field Days Bulletin, LREC Long Reports*.
21. Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Industrial crops and products*, 23(1), 73-87.

22. 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.
23. 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.
24. 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
25. NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th revised edition. Washington (DC): National Research Council, National Academy Press.
26. 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.
27. 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.
28. Cheok, C. Y., Salman, H. A. K., & Sulaiman, R. (2014). Extraction and quantification of saponins: A review. *Food Research International*, 59, 16-40.
29. Tamminga, S., Bannink, A., Dijkstra, J., & Zom, R. L. G. (2007). Feeding strategies to reduce methane loss in cattle (No. 34). Animal Sciences Group.
30. Ebeid, H. M., Kholif, A. E., El-Bordeny, N., Chrenkova, M., Mlynekova, Z., & Hansen, H. H. (2022). Nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a feed for ruminants: in sacco degradability and in vitro gas production. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 35241-35252.
31. Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of dairy science*, 80(7), 1447-1462.
32. Abugoch James, L. E. *Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties*, 1st ed.; Elsevier Inc., 2009; Vol. 58.
33. Souza, J. G., Ribeiro, C. V., & Harvatine, K. J. (2022). Meta-analysis of rumination behavior and its relationship with milk and milk fat production, rumen pH, and total-tract digestibility in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 105(1), 188-200.
34. Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of cereal science*, 69, 371-376.
35. Del Valle, T. A., Jesus, E. F. D., Paiva, P. G. D., Bettero, V. P., Zanferari, F., Acedo, T. S., ... & Rennó, F. P. (2015). Effect of organic sources of minerals on fat-corrected milk yield of dairy cows in confinement. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44, 103-108.