



השפעה של הזנה ברימת זבוב החייל השחור הגדל על מצע מועשר בכחולית ספירולינה, על גידול דג קרפיון הנוי (קוי)

עבודת גמר בביולוגיה



מגיש העבודה קריבצ'יקוב מיכאל

מספר טל': 058-4577036

בית הספר: אלוני יצחק

סמל בית הספר: 360149

כתובת בית הספר: ד.נ מנשה 37810

טלפון: 04 6189904

העבודה בוצעה בחווה החקלאית "החממה" בעין שמר-מנשה



תוכן עניינים:

4-5 ע"מ	-----	תקציר
6-11 ע"מ	-----	מטרות המחקר וסקירה ספרותית
6 ע"מ	-----	מטרות המחקר
6-11 ע"מ	-----	סקירה ספרותית
12-22 ע"מ	-----	מהלך המחקר
12 ע"מ	-----	שאלות המחקר
12 ע"מ	-----	השערות
12-13 ע"מ	-----	גורמים בניסוי
14-15 ע"מ	-----	מערך הניסוי
15-16 ע"מ	-----	תיאור מהלך המחקר
16-17 ע"מ	-----	תיאור של החומר החי שנבדק
18-22 ע"מ	-----	שיטות וחומרים
23-31 ע"מ	-----	תוצאות המחקר
23-27 ע"מ	-----	ניסוי מספר 1
28-31 ע"מ	-----	ניסוי מספר 2
32-34 ע"מ	-----	דיון ומסקנות
35 ע"מ	-----	סיכום
36 ע"מ	-----	תודות
37 ע"מ	-----	נספחים
38-39 ע"מ	-----	ביבליוגרפיה



גרפים, תרשימים ואיורים וטבלאות:

- איור מס' 1: מחיר של הדגים בעולם משנת 1990 עד 2016-----ע"מ 7
- תרשים מס' 1: שרשרת מזון בעבודה זו. -----ע"מ 8
- איור מס' 2: הכחולית ספירולינה מבעד למיקרוסקופ-----ע"מ 9
- איור מס' 3: רימות זבוב החייל השחור -----ע"מ 10
- איור מס' 4: מעגל החיים של זבוב החייל השחור -----ע"מ 10
- איור מס' 5: דג קרפיון הנוי -----ע"מ 10
- טבלה מס' 1: הדרישה התזונתית של דג הקרפיון. -----ע"מ 11
- איור מס' 6: מערך הניסוי לשאלת חקר ראשונה-----ע"מ 14
- איור מס' 7: מערך הניסוי לשאלת חקר שנייה-----ע"מ 15
- איור מס' 8: קרפיון נוי -----ע"מ 16
- איור מס' 9: רימות זבוב החייל השחור-----ע"מ 16
- איור מס' 10: מצע שיבולת שועל -----ע"מ 18
- איור מס' 11: מצע שיבולת שועל עם הכחולית ספירולינה -----ע"מ 19
- איור מס' 12: מצע שיבולת שועל עם הרימות -----ע"מ 19
- איור מס' 13: מצע שיבולת שועל עם הכחולית ספירולינה עם הרימות -----ע"מ 19
- איור מס' 14: ביופילטר -----ע"מ 20
- איור מס' 15: משקל לדגים -----ע"מ 21
- איור מס' 16: משקל למזון ולרימות -----ע"מ 21
- איור מס' 17: בלנדר-----ע"מ 21
- איור מס' 18: רשת יד-----ע"מ 21
- איור מס' 19: שיבולת שועל-----ע"מ 22
- איור מס' 20: ספירולינה קפואה-----ע"מ 22
- טבלה מס' 2: השפעת הרכב מצע הגידול על מסה, אורך ורוחב הרימות לאחר 8 ימים-----ע"מ 23
- גרף מס' 1: השפעת הרכב מצע הגידול על המסה הממוצעת של רימות לאחר 8 ימי גידול-----ע"מ 23
- גרף מס' 2: השפעת הרכב מצע הגידול על אורך ורוחב של רימות לאחר 8 ימי גידול-----ע"מ 24
- טבלה מס' 3: השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע הרוחב של הרימות במהלך הגידול שלהם-----ע"מ 25
- גרף מס' 3: השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע הרוחב של הרימות במהלך הגידול שלהם-----ע"מ 25
- טבלה מס' 4: השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע האורך של הרימות במהלך הגידול שלהם-----ע"מ 26
- גרף מס' 4: השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע האורך של הרימות במהלך הגידול שלהם-----ע"מ 26
- איור מס' 21: רימה שגדלה על מצע שיבולת שועל ביום 0 וביום 8 מתחילת הניסוי -----ע"מ 27
- איור מס' 22: רימה שגדלה על מצע ספירולינה ביום 0 וביום 8 מתחילת הניסוי -----ע"מ 27
- איור מס' 23: רימה שגדלה על מצע ספירולינה (ימין) על מצע ושיבולת שועל (שמאל) ביום 8 -----ע"מ 27
- טבלה מס' 5: השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה ואורך ממוצע של הדג-----ע"מ 28
- גרף מס' 5: השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצה גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על אורך ממוצע של דג-----ע"מ 28



- גרף מס' 6 : השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצה גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה ממוצעת של דג. -----ע"מ 29
- טבלה מס' 6 : השפעת הרכב מצע הגידול על אחוז ההישרדות של דגים-----ע"מ 30
- גרף מס' 7 : השפעת הרכב מצה הגידול על אחוז ההישרדות של הדגים. -----ע"מ 30
- טבלה מס' 7 : קצב גידול דגים יומי בגרמים-----ע"מ 31
- איור מס' 24 : הבדל בין גודל וצבע של הרימות ביום האחרון של הגידול שלהם-----ע"מ 33
- נספח מס' 1 : מדידת טמפרטורה באקווריוםים. -----ע"מ 37
- נספח מס' 2 : תוצאות ראשוניות, אחוז שומן במזון תעשייתי וברימות זבוב החייל השחור לאחר 8 ימי גידול. -----ע"מ 37



תקציר

תעשיית דגי הנוי בעולם דורשת להזין את הדגים במקור חלבון. מקור החלבון הנפוץ כיום לשימוש זה הינו קמח דגים, המבוסס על ציד דגים באוקיינוסים. ציד הדגים באוקיינוסים תורם להכחדת מיני דגים ולדילול האוכלוסייה באופן דרסטי. בעולם נעשים מאמצים גדולים למצוא מקורות חלבון חלופיים לקמח דגים, אשר השימוש בהם יפחית את הנזק הסביבתי. באם ימצא מקור חלבון תחליפי, מזין ובעלות סבירה, הוא יוכל להוות פתרון לא רק להזנת דגי נוי, אלא גם להזנת דגי מאכל, ויתכן שלהזנת בעלי חיים נוספים ואפילו לאדם.

בעבודה זו נבחרו האורגניזמים: הכחולית ספירולינה ורימת זבוב החייל השחור, כתוסף תזונה וכמקור חלופי לחלבון, בהתאמה, להזנת דגים. הספירולינה נבחרה כתוסף מזון בעקבות תכולתה התזונתית המטיבה הכוללת ויטמינים ומינרלים. רימת זבוב החייל השחור נבחרה כמקור חלבון בעקבות תכולת החלבון הגבוהה שלה (חלבון מהחי) והיכולת שלה לפרק חומר אורגני. הדג שנבחר לניסוי הזנת הדגים הוא דג קרפיון הנוי (קוי). הניסוי בוצע על בסיס עקרון שרשרת המזון בטבע.

לעבודה שתי מטרות. המטרה הראשונה הייתה בדיקת הגידול (מסה, אורך, רוחב) של רימות זבוב החייל השחור הגדלות על מצע שיבולת שועל המועשר בכחולית מסוג ספירולינה. המטרה השנייה הייתה בדיקת ההשפעה של הזנה ברימות זבוב החייל השחור הגדלות על מצע מועשר בכחולית ספירולינה ועל מצע הכולל שיבולת שועל בלבד, על המסה, אורך ושרידה של הדג קרפיון הנוי.

השערתי הייתה שרימת זבוב החייל השחור תגדל בקצב מהיר יותר על מצע גידול המועשר בכחולית ספירולינה לעומת גידולה על מצע שיבולת שועל ודגים שגדלו על מצע רימות שהוזנו בספירולינה גדלו יותר טוב. על פי שרשרת המזון שיצרתי בניסוי הרימות הגדלות על מצעי הזנה השונים, יעבירו לדגים חלבון וחומרי תזונה חיוניים (ויטמינים A, B, E, K), חלבון גבוה (70%), מינרלים). הרימה תשמש כווקטור (כלי) להעברת חומרי התזונה אל הדג.

מטרות המחקר נבחנו בשני ניסויים מבוקרים עוקבים שבוצעו בחממה בעין שמר. בניסוי הראשון נבחנו גידול הרימות על מצע שיבולת שועל ועל מצע שיבולת שועל מועשר בכחולית ספירולינה בתנאים מבוקרים בחממית. כל טיפול נבחן ב-3 חזרות. נלקחו דוגמאות של רימות מכל החזרות למדידת אורך, רוחב ומסה. הרימות מכל הטיפולים נשטפו והוחזקו במקפיא. הניסוי השני שעקב אחר הניסוי הראשון, היה ניסוי הזנת דגי קרפיון הנוי (קוי). הזנת את הדגים ב-3 טיפולים (המזון התעשייתי, רימות שגדלו על מצע שיבולת שועל ורימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר עם הכחולית ספירולינה). בתחילת ובסוף הניסוי נלקחו המדדים, מסה, אורך ושרידת הדגים.

תוצאות הניסוי מראות שניתן לגדל בהצלחה רימות במצעים שונים בתנאי חממית בקופסאות המכילות 2 קילו מצע ביחס של 2000 רימות לקילו מצע, ב-28 מעלות צלזיוס. ניתן היה לראות שהגידול של הרימות על מצע מועשר בכחולית ספירולינה השפיע לטובה וקצב הגידול של הרימות היה מהיר יותר בהשוואה לרימות שגדלו על מצע שלא הכיל את הכחולית ספירולינה. כמו כן, מצע ספירולינה השפיע על הגוון של הרימות שגדלו עליה. יתכן ותצפית זו מעידה על נעילות של קרטנואידים, אך יש להתייחס לתצפית זו



בזהירות. מניסוי זה לא ברורה רמת הנעילות של הרימות מה שדורש ניסוי המשך. ניסוי הזנת הדגים כלל 3 קבוצות הזנה: דגים שהוזנו ברימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר בכחולית ספירולינה, דגים שהוזנו על רימות שגדלו על מצע של שיבולת שועל בלבד ודגים שהוזנו במזון התעשייתי. מהניסוי עולה שאורך הדגים שהוזנו ברימות שגדלו במצע מועשר בכחולית ספירולינה גדול יותר מאלו שגדלו במצע שיבולת שועל וזהה לגידול על מזון תעשייתי (קמח דגים). מסת הדגים שהוזנו ברימות שהועשרו בכחולית ספירולינה היה ללא הבדל משמעותי למסת הדגים שהוזנו במזון התעשייתי וגדול יותר ממסת הדגים שהוזנו על רימות שגדלו על מצע שלא כלל את הכחולית ספירולינה. כלומר, ניתן להחליף את קמח הדגים ברימות שגדלו על ספירולינה מבלי לפגוע באורך הדג ומסתו. כיום גידול הספירולינה באופן תעשייתי יקר יותר לתהליך יצור קמח הדגים, אבל יתכן שבעתיד עם שיפור הטכנולוגיה עלות היצור של הכחולית יקטן, בנוסף תהליך יצורה הספירולינה ידידותי לסביבה. השרידה הייתה פחות טובה בדגים שאכלו רימות מעושרות בשיבולת שועל מועשרות בכחולית ספירולינה אבל סטיות התקן בכל הטיפולים היו גבוהות ולכן יש להתייחס לתוצאות אלו בזהירות וכדאי לחזור שוב על הניסוי.

1. מטרת המחקר וסקירה ספרות

1.1 מטרת המחקר

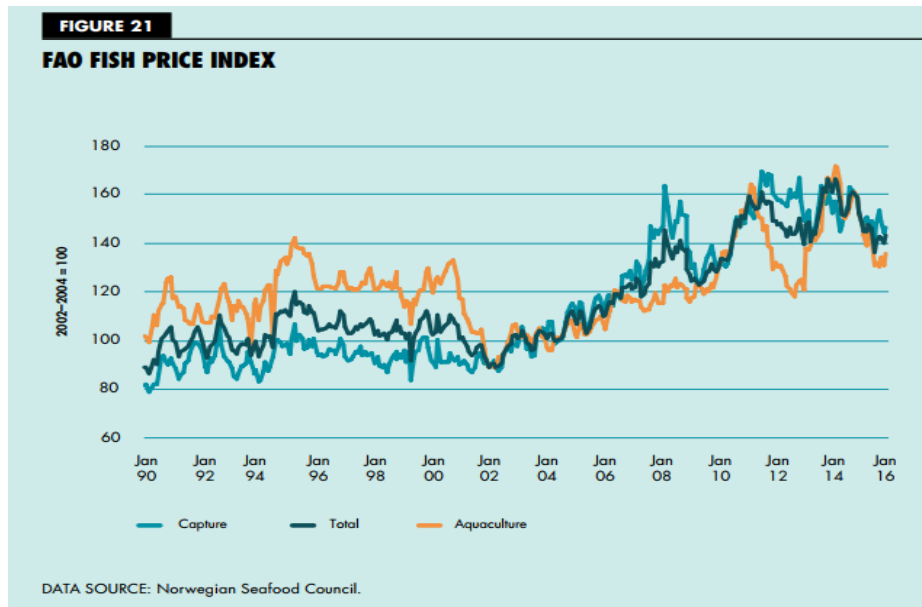
1. בדיקת הגידול (מסה, אורך, רוחב) של רימות זבוב החייל השחור *Hermetia illucens* הגדלות על מצע המעושר בכחולית מסוג ספירולינה *Arthrospira*.
2. בדיקת השפעת הזנה ברימות זבוב החייל השחור הגדלות על מצע שיבולת שועל המעושר בכחולית ספירולינה ועל מצע הכולל שיבולת שועל בלבד, על מסה, אורך ושרידה של דג קרפיון הנוי (קוי).

1.2 סקירה ספרותית

1.2.1 חקלאות מים וחשיבותה

חקלאות מים היא תחום העוסק בגידול של דגי מאכל ודגי נוי, סרטנים, רכיכות ואצות במי-ים במים מליחים ובמקווי מים מתוקים הכוללים נהרות ואגמים. בעולם מגדלים 73.8 מיליון טון דגים בשנה ממקורות מים טבעיים (חקלאות מים: בריכות, כלובי דגים). חקלאות מים היא ענף ייצור צעיר וחדשני המתפתח במהירות ברחבי העולם עקב הביקוש הגדל למוצרי-ים והתדלדלות מקורות הדיג (משרד החקלאות, 2015). בישראל משווקים 25,000 טון דגים מחקלאות מים, המהווים 0.0005% משוק חקלאות המים העולמי (IFFO, 2017).

ניתן לחלק את פעילויות הייצור במים לשלושה ענפי משנה עיקריים: דיג, חקלאות מים "פנימיים" וחקלאות ימית. דיג הוא הענף הוותיק ביותר מבחינת פעילות החקלאית. בעולם תופסים 93.4 מיליון טון דגים בשנה ממקורות מים טבעיים (אוקיינוסים, אגמים, נהרות) (FAO, 2014). האינטנסיביות הגדולה של הדיג בימינו, המסתייע בספינות ובטכנולוגיות כגון מכמורות, הביאה להשפעה משמעותית ולעתים הרסנית על האקולוגיה הימית. חקלאות מים "פנימיים" כוללת גידול דגים בבריכות דגים, במים מתוקים ומליחים. כאן לחקלאי תפקיד מרכזי בגידול הדגים, באמצעות פעילות מבוקרת של הזנתם, יצירת בית גידול מוגן עבורם בבריכת הדגים, ומניעת פגיעה בהם מצד עופות וגורמים אחרים. בנוסף חקלאות ימית כוללת גידול דגים במי ים. לחקלאות המים חשיבות בשמירה על מארג המזון הרגיש של הטבע (FAO, 2016). היחס (ב-%) של המרכיב של עלות המזון במחיר הסופי של הדג הוא בין 60%-80% מערך הדג בשער החווה (תלוי תשתית פיטום, טמפרטורה ודג). שוק הדגים בעולם מגלגל כ USD 100B בשנה.



איור 1. מחיר של הדגים בעולם משנת 1990 עד 2016. מקור: FAO, 2014

1.2.2 ענף דגי נוי

ענף דגי הנוי בישראל הוא ענף חדש יחסית. הענף התפתח מאוד בשנים האחרונות, אחד הדגים החשובים בגידול דגי הנוי בישראל הוא דג קרפיון הנוי המכונה דג הקוי. השוק העולמי לדגי נוי התפתח בשני העשורים האחרונים ואיתו המסחר הבינלאומי בדגי נוי. על-פי פרסומים שונים, נחשב גידול דגי הנוי לאחד התחביבים הפופולריים ביותר במדינות המערביות המפותחות. מרבית המסחר בארץ ובעולם הנו בדגים הגדלים במים "מתוקים". נהוג לחלקם לדגי נוי הגדלים במים קרים ולדגים ממים חמים טרופיים (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, יולי 2008). מבין המינים הגדלים במים קרים, המינים החשובים ביצוא דגי נוי מישראל הם דגי הקוי, דגי הזהב והשליירים. מבין דגי המים הקרים יצוא דגי הקוי מהווה 75% 71% מהפדיון. היעדים העיקריים ליצוא דגי נוי מישראל הם שוקי מערב אירופה ואנגליה. במרוצת השנים ישראל הפכה למקור השני בחשיבותו ליצוא דגי נוי של מים מתוקים לאיחוד האירופי, בשנת 2015 ישראל הייתה במקום שני לאחר סינגפור בשוק של מערב אירופה ביצור של דגי נוי בערך של 11 מיליון יורו בשנה (14%) (ornamental aquatic trade association LTD, 2015).

1.2.3 מזון דגים

מזון דגים המשמש בחקלאות המים מתבסס על קמח דגים ושמן דגים. קמח דגים הוא בשר דג שעבר עיבוד, בישול, דחיסה ויבוש. טון של קמח דגים עולה \$1,380 ובשנה בישראל משתמשים יותר מ-2000 טון שנתי. קמח דגים ושמן דגים משמשים כמקור איכותי לחלבון ומקור איכותי מאד לחומצות שומן רב בלתי רוויות, אומגה 3, החיוניות למערכות שונות בגוף ובעיקר לעור בריא, מניעת ובלמת תהליכים אלרגיים, דלקות עור ודלקות מפרקים (FAO, 2017). סוגי הדגים שמהם מכינים את המזון הם בעיקר הרינג, מקרל, קוד, דגי הים הקר. אלו הם דגים הנלכדים בדיג ולחלקם ערך כלכלי נמוך לכן משמשים כבסיס לקמח דגים. כשני שליש מהדגים שלל הדיג משמשים כחומר גלם לקמח דגים (Tacon AGJ, 2009). תופעת אל ניניו, בשנים 2014-2015, השפיעה באופן משמעותי על כמות הדגים שנתפסה בדיג, והירידה בלהקות

האנשובי בשטחי הדיג בפרו השפיעה על הדיג העולמי ועל שוק קמח ושמן הדגים. בעקבות הירידה במקורות לקמח ושמן דגים חלה עלייה במחירי קמח הדגים. תופעה זו היא רק דוגמה מיני רבות המוראות כי כמות הדגים בים יורדת באופן משמעותי בשנים האחרונות. המקור לקמח דגים ושמן דגים הולך ומתמעט (FAO, 2017).

1.2.4 גישת המחקר

לאור החשיבות של תעשיית דגי הנוי בארץ ובעולם והתדלדלות להקות הדגים המשמשים כמקור מזון (קמח דגים ושמן דגים) לתעשיית החקלאות בכלל וחקלאות מים בפרט, קיימת חשיבות בחיפוש אחר תחליפי מזון לקמח ושמן דגים כדוגמת אצות חד תאיות וחרקים. גישת המחקר כוללת זיהוי מרכיבים תזונתיים תחליפיים לשמן הדגים וקמח דגים במזון הדגים, תוך שמירה על היתרונות הבריאותיים של מאכלי ים מעובדים.

1.2.5 מארג המזון

מארג המזון הוא המסלול שבו מועברים חומרי המזון במערכת אקולוגית. ראשית השרשרת ביצרנים (אוטוטרופ) - צמחים ירוקים הממירים חומרים כימיים ואנרגיית שמש למזון. בעלי-חיים צמחוניים (הטרוטרופ) ניזונים מהצמחים ונאכלים על-ידי בעלי-חיים אחרים. אלה נקראים צרכנים. מבדילים בין צרכנים ראשוניים - הצמחוניים; וצרכנים משניים - הטורפים. לאחר מות הצרכנים פועלים על רקמותיהם המתות אורגניזמים שמפרקים אותם לחומרים פשוטים. הם מכונים מפרקים. המפרקים מספקים חומרים בסיסיים ליצרנים שמפיקים מזון.

שרשרת המזון במחקר זה:

(הטרוטרופ) דגים



(הטרוטרופ) רימות



(אוטוטרופ) אצות

תרשים 1. שרשרת המזון בעבודה זו.

שיטת ההזנה בענף חקלאות המים מתבססת על מארג מזון. דוגמה לכך ניתן למצוא ברוטיפרים (גלגליות) וארטמיה (סרטן ירוד) הניזונים על אצות, ומשמשים כבסיס להזנת דגיגים בשלבים הראשוניים להתפתחותם (FAO, 1996).

- דוגמה לשרשרת מזון מצג בתרשים מספר 1.
- שורה תחתונה מתארת אצות (בהקשר של מחקר זה - ספירולינה). יצרן ראשוני.
- שורה השנייה מתארת צרכן ראשוני (במחקר זה - רימות זבוב החייל השחור).
- שורה עליונה מתארת צרכן שניוני (במחקר זה - דג קרפיון הנוי)



1.3.1 תחליף החלבון והעשרה בכחולית ספירולינה *Arthrospira*

הטקסונומיה של הספירולינה: ממלכת החיידקים האמיתיים, מערכת הכחוליות Cyanobacteria, מחלקת Cyanophyceae, סדרת Spirulinales, משפחת Spirolineaceae, סוג Spirulina (איור 2). הכחולית ספירולינה מכילה מגוון של מרכיבים תזונתיים. רמת החלבון בספירולינה גבוהה 65%-71% חלבון. למרות שהכחולית ספירולינה אינה ממקור בעלי חיים היא מכילה חלבון מלא, 18 חומצות אמיניות, הכוללות גם חומצות אמיניות חיוניות. הכחולית ספירולינה עשירה בוויטמין A, E, K ובוויטמינים מקבוצת B. הספירולינה היא מקור לכלורופיל, מלחים, מינרלים עיקריים, יסודות קורט, חומצות שומן חיוניות, חומצות נוקלאוטידיות (DNA ו-RNA), רב-סוכרים ונוגדי-חמצון. כמות השמש בארצנו והטכנולוגיה המתקדמת מאפשרות גידול של ספירולינה בצורה מסחרית. נערכו מספר מחקרים אשר הציגו את התאמת הספירולינה לגידול דגים (Ramakrishnan et al 2008).

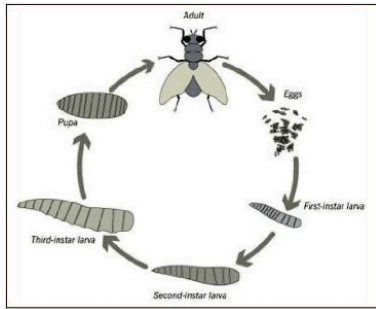


איור 2. הכחולית ספירולינה מבעד למיקרוסקופ (algae industry magazine 2017)

1.3.2 רימת זבוב החייל השחור *Hermetia illucens* כתחליף חלבון

הטקסונומיה של זבוב החייל השחור (*Hermetia illucens*): מערכה פרוקי רגליים, מחלקת החרקים, סדרת הזבובים, משפחת אסטרטיוניים, תת-משפחה Hermetiinae סוג Hermetia (איור 3). לזבוב החייל השחור גלגול מלא. מקורו באזורים הטרופים והסובטרופים של אמריקה. כיום הוא מצוי בכל האזורים הטרופים והסובטרופיים בעולם בין קווי רוחב 45 צפון – 40 דרום. זבוב החייל השחור מגיע לאורך מירבי של 15-20 מ"מ. הרימה יכולה להגיע לאורך של 27 מ"מ. שלב הזבוב הבוגר אינו ניזון. הרימה ניזונה ויכולה לאכול בין 25 ל 500 מיליגרם מזון אורגני לרימה ליום. הרימה מגיעה לבגרות תוך חודשיים. לאחר מכן היא הופכת לגולם. מאחר ושלב הרימה יכול לטפל בכמות גדולה של מזון אורגני הרימה נחשבת כמטפלת מוצלחת בפסולת אורגנית.

הזחלים והגלמים (גם מיובשים) של זבוב החייל השחור משמשים כמזון איכותי להזנת חיות מחמד כדוגמת זוחלים ודגי נוי ולהזנת חיות משק כדוגמת עופות וחזירים (Feedipedia, 2017).



איור 4. מעגל החיים של זבוב החייל השחור.



איור 3. רימות זבוב החייל השחור.

תכולת החלבון והסידן-זרחתי של הרימה גבוהה מאוד. נעשו ניסיונות לשימוש כמזון בגידול מסחרי של דגי מאכל מסוג טרוטה, אמנונים, שפמנונים ודג השטוח מסוג טורבוט (Stamer et al, 2014). ההרכב התזונתי של רימת זבוב החייל השחור כוללת 41% חלבון, 34.8% שומן, 5% סידן, 1.5% זרחן.

1.3.3 דג קרפיון הנוי, *C.C. Haematopterus*

דג קרפיון הנוי המוכר בשם קוי (*C. C. Haematopterus*) שייך למערכת מיתרניים, למערכת מקריני סנפיר, סידרת הקרפיונאים, משפחת הקרפיוניים, סוג קרפיון, מין קרפיון מצוי. זן קרפיון הנוי. משפחת הקרפיוניים הינה הנפוצה ביותר בחקלאות המים העולמית, משפחה זו כוללת מיני דגים למאכל ודגי נוי (משרד החקלאות, 2003, Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System, 2017).



איור 5. דג קרפיון הנוי. צולם על ידי חגי נתיב.

קרפיון הנוי מבחינת תנאי גידולו ודרישות התזונתיות שלו דומה מאוד לקרפיון המצוי. גופו מאורך ופחות גבוה מקרפיון המאכל. מוצאו מקרפיון הבר בעל הקשקוש המלא, וראשית התפתחותו בסין כ-500 זנה לפני הספירה. הסינים הביאו את הקרפיון ליפן. בראשית המאה ה-19 החלו להופיע קרפיונים צבעוניים. היפנים בודדו דגמי צבע ייחודיים.. דג הקוי הובא לארץ בשנת 1978. איכות הדגים המיוצרים בארץ נחשבת גבוהה.

הקרפיון עמיד לטמפרטורות מים נמוכות וגדל גם בטמפרטורות חורפיות בישראל. תכונה זו מאפשרת לתכנן חלק ממחזור הגידול שלו בתקופת החורף וניצול טוב יותר של מערכות הגידול (משרד החקלאות, 2003).



הקרפיון הינו אוכל-כל בעל מערכת עיכול ייחודית. לקרפיון אין קיבה אמיתית ואין לו הפרשה של חומצה כלורית במערכת העיכול. עובדה זו פוגעת, לכאורה, בנעילות החלבון ומרכיבי דופן תא במזון, אבל לכך יש פיצוי מסוים בקיום של מערכת לעיסה עם שיניים פנימיות וכן מעיים ארוכים, יחסית, אשר בהם מתרחש עיכול החלבון והסיבים. בהשוואה לאמנון, הקרפיון מנצל פחות טוב את מרכיבי דופן התא והסיבים במזון. מזונות הקרפיון מאופיינים ברמות גבוהות יחסית של שומן וליזין וברמה נמוכה של מרכיבי דופן תא בהשוואה למזונות האמנון. הדרישה התזונתית של הקרפיון הנוי בגודל 5-15 גרם כוללת 50% חלבון, 6% שומן, 2% תאית (טבלה 1) (צמח תערוכות 2017).

תכולה	מק"ט	4574	4572	4582	4994
צף/שוקע	שוקע	צף	צף	שוקע	שוקע
חלבון (%)	50	30	30	35	50
שומן (%)	6	7.5	7.5	8	6
רטיבות (%)	10	10	10	10	10
תאית (%)	2	4	4	4	2
אפר (%)	13	8	8	7.5	13
סידן (%)	3.3	1.2	1.2	1.1	3.3
זרחן (%)	1.8	1.3	1.3	1.1	1.8
מלח (%)	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75
מנגן (ג/טון)	45	40	40	30	45

טבלה 1. הדרישה התזונתית של דג הקרפיון. מק"ט 4994 מציין את הדרישה התזונתית של דגים במסה 5-10 גרם.

(צמח תערוכות 2017)

2. מהלך המחקר

2.1 שאלות המחקר

- א. כיצד ישפיע הרכב מצע הגידול (שיבולת שועל / ספירולינה) על ההתפתחות של רימת זבוב החייל השחור?
- ב. כיצד תשפיע הזנה ברימת זבוב החייל השחור (BSFL) שגדלה על מצע של שיבולת שועל המעושר בכחולית ספירולינה ועל מזון דגים תעשייתי, על המסה, אורך ושרידתו של דגי קרפיון נוי?

2.2 השערות:

- א. השערה לשאלת המחקר הראשונה: רימת זבוב החייל השחור תגדל בקצב מהיר יותר על מצע שיבולת שועל המועשר בכחולית ספירולינה בהשוואה לגידול על מצע שכלל שיבולת שועל בלבד.
נימוק להשערה: רימת זבוב החייל השחור מפרקת באופן יעיל חומר אורגני. שערתי שקצב הגידול של הרימה יהיה גבוה יותר על מצע מועשר בספירולינה, מכיוון שהכחולית ספירולינה מכילה חומרי תזונה מיטביים כדוגמת: ויטמינים (A, B, E, K), חלבון גבוה (70%), מינרלים וגם אחוז חלבון גבוה שיתרמו לגידול הרימה. שערתי שהרימה יכולה לשמש כווקטור (כלי) להעברת חומרי מזון אל הדג, מאחר והרימה מפרקת באופן יעיל חומר אורגני ובתהליך זה הרימה יכולה להטעין במערכת העיכול שלה את מרכיבי הכחולית ספירולינה ולהעביר את מרכיבי התזונה לדגים.
- ב. השערה לשאלת המחקר השנייה: דגים שגדלו על מצע רימות שהוזנו בספירולינה יגדלו יותר טוב, הרימות המשמשות כווקטור להובלת חומרי תזונה יעבירו לדגים חלבון וחומרי תזונה חיוניים.
נימוק להשערה: בתעשייה משתמשים ברימות להזנת חיות משק וגם להזנת הדגים, בהתבסס על עקרונות שרשרת המזון בטבע, חומרי המזון עוברים מרמה טרופית נמוכה לרמה טרופית גבוהה, ומכיוון שהספירולינה מכילה חומרי תזונה מיטביים הדגים יתפתחו היטב.

2.3 גורמים בניסוי

2.3.1 גורמים בלתי תלויים בניסוי:

- בשאלת החקר הראשונה: הרכב המזון של הרימות. מצע גידול הכולל שיבולת שועל מועשר בכחולית ספירולינה, ומצע גידול הכולל שיבולת שועל בלבד.
- בשאלת החקר השנייה: הרכב המזון שניתן לדגים. רימות שגדלו על שיבולת שועל (20% החלפה), רימות שגדלו על שיבולת שועל עם ספירולינה (20% החלפה) וקבוצת ביקורת – קבוצה שקיבלה קמח דגים (המזון התעשייתי).

2.3.2 גורמים תלויים בניסוי:

- בשאלת החקר הראשונה: התפתחות הרימות. נמדדה על-ידי מסה, אורך ורוחב הרימות.
- בשאלת החקר השנייה: גידול הדגים. נמדדה על-ידי מסה, אורך ושרידה של הדגים.

שיטת המדידה של הגורמים התלויים:

שאלת החקר הראשונה: שינוי הגידול של הרימה בכל טיפול נמדד בעזרת שקילה ומדידת אורך, רוחב.

שאלת החקר השנייה: שינוי בגודל של הדג בטיפולים שונים נמדד בעזרת שקילה של הדג ומדידת אורכו בכל טיפול ומדידת אחוזי השרידות של הדגים בסיום הניסוי.

2.3.3 גורמים קבועים בניסוי:

הקפדנו לשמור במהלך הניסוי על הגורמים האביוטיים הקבועים הבאים: עוצמת אור, טמפרטורת המים באקווריומים בטיפולים השונים, נפח האקווריומים, האוורור בכל אקווריום, סוג ונפח הביופילטר שהותקן בכל אקווריום. מיכלי החזקת וגידול הרימות היו זהים בנפחם.

הגורמים הביוטיים הקבועים כללו את הדגים עליהם ערכנו את הניסוי. הדגים היו מאותו סוג וקבלו אותם כמות מזון ביום. הרימות זבוב החייל השחור, היו באותו גיל ובאותו משקל והן הגיעו מאותו מקור. והאצה הכחולית ספירולינה, הייתה מאותו מקור תעשייתי.

קבוצות ההזנה בניסוי:

ניסוי ראשון: הזנת רימות (ראה איור 6).

קבוצה ראשונה, טיפול אחד: רימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר עם הכחולית ספירולינה.

קבוצה שנייה, בקורת: רימות שגדלו על מצע שיבולת שועל בלבד.

ניסוי שני הזנת דגים (ראה איור 7):

קבוצה ראשונה, טיפול אחד: דגים שהוזנו ברימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר בכחולית ספירולינה.

קבוצה שנייה, טיפול שנים: דגים שהוזנו ברימות שגדלו על מצע שיבולת שועל בלבד.

קבוצה שלישית, ביקורת: דגים שהוזנו במזון התעשייתי.

2.3.4 בקורות בניסוי:

- בשאלת החקר הראשונה: בקורת חיצונית. הרימות שגדלו במצע שיבולת שועל בלבד, מצע שלא הכיל את המרכיב הנבחן כתוסף תזונה הכחולית הספירולינה.

- בשאלת החקר השנייה. קבוצת בקרת, קבוצה שקיבלה מזון תעשייתי (כופתיות), המזון שניתן בגידול דג קרפיון הנוי בתעשייה.

2.4 מערך הניסוי

2.4.1 חזרות:

- בשאלת החקר הראשונה: 3 חזרות לכל קבוצת הזנה. 2000 רימות ל-1000 גרם מצע.
- בשאלת החקר השנייה: 5 חזרות לכל קבוצת הזנה. 7 דגים בכל חזרה.

תיאור סכמטי של מערך הניסוי:

א. מערך הניסוי לשאלת החקר הראשונה להגדיל את הכיתוב



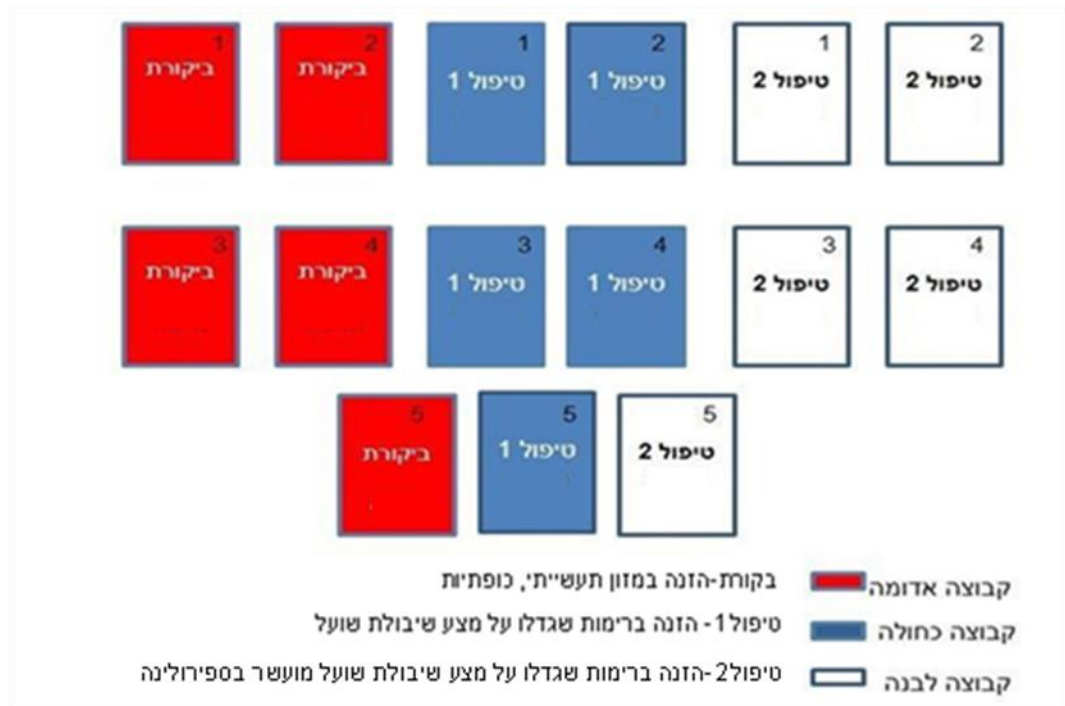
רימות שגדלו
על שיבולת
שועל עם
ספירולינה



רימות
שגדלו על
שיבולת
שועל

איור 6. מערך הניסוי לשאלת חקר ראשונה: השפעת מצע הגידול על התפתחות רימות זבוב החייל השחור.

ב. מערך הניסוי לשאלת החקר השנייה:



איור 7. מערך הניסוי לשאלת חקר שנייה: כיצד תשפיע הזנה ברימת זבוב החייל השחור (BSFL) שגדלה על מצע של כחולית ספירולינה ועל מזון דגים, על קצב הגדילה, של דגי קרפיון נוי מסוג קוי.

2.4.2 תיאור מהלך המחקר:

מהלך המחקר כלל שני ניסויים. הניסוי הראשון עסק בנושא של הזנת הרימות במצעי גידול שונים, ספירולינה ושיבולת שועל. הניסוי השני עסק בנושא של הזנת דגים, באמצעות הרימות אותן גידלתי בניסוי הראשון.

כל ניסוי כלל חמישה שלבים:

2.4.2.1 ניסוי הזנת רימות – שאלת חקר ראשונה

שלב א' – קיבלתי רימות מחברת Bio-Bee. את הרימות שמרתי בתוך מבנה "חממית" עם בקרה של טמפרטורה ולחות.

שלב ב' – מדידה ראשונית. במדידה זו אורך ורוחב של הרימות.

שלב ג' – הכנת מצע הגידול לשני הטיפולים. הכנתי שני מצעי גידול: מצע שיבלת שועל, ומצע משולב של 80% שיבולת שועל ו- 20% ספירולינה. לכל טיפול הכנתי שלוש צלוחיות – שלוש חזרות.

שלב ד' – ביצוע הניסוי: למשך שמונה ימים שמרתי את תנאי הסביבה בחממית, והרימות ניזונו ממצעי הגידול. ארבע פעמים במהלך תקופה זו הוצאתי דגימות של רימות למדידה של אורך ורוחב.

שלב ה' – מדידה אחרונה ושליחת מדידות למעבדה חיצונית.

הרימות נשטפו ונשמרו במקפיא עד תחילת הניסוי השני.

2.4.2.2 ניסוי הזנת דגים ברימות – שאלת חקר שניה

שלב א' – הכנות: קבלת הדגים מחברת "koikin" ואיקלום שלהם במי הבריכה בחממה. דגים היו באותו גיל וגודל. בנוסף הכנתי את המזון לדגים – המזון הוכן מהרימות של ניסוי 1. המזון הוכן לפי המתכון הבא: מדדתי 6% מביומסה של הדגים. משקל הרימות אותו נתתי לדגים מהווה 20% מתוך זה.

שלב ב' – מדידה ראשונה

שלב ג' – הכנסת הדגים לאקווריומים לפי טיפולים והתחלת הניסוי. הדגים הוכנסו באופן אקראי.

שלב ד' – ביצוע הניסוי. במהלך הניסוי, המזון אותו נתתי לדגים, הורכב מרימות חתוכות טריות בלבד. הדגים גדלו באותה טמפרטורה, אותם מים, וקבלו אותה כמות של מזון ביום. האכלתי דגים במזון שונה לפי הטיפולים שלהם פעמיים ביום (כמפורט כמות לפי שיטות וחומרים סעיף 2.2.2). בסוף הניסוי בדקתי הישרדות, מסה ואורך של הדגים.

שלב ה' – מדידה אחרונה

2.5 תיאור קצר ותמציתי של החומרים החי שנבדק



איור 8. קרפיון נוי

2.5.1 דג קרפיון הנוי

דג קרפיון הנוי המוכר בשם קוי (*C. C. Haematopterus*) שייך למערכת מיתרניים, למערכת מקריני סנפיר, סידרת הקרפיונאים, משפחת הקרפיוניים, סוג קרפיון, מין קרפיון מצוי זן קרפיון הנוי.

עבדתי עם דגי קרפיון הנוי. קבלתי את הדגים מחברת Koi Kin. החברה מגדלת דגים באופן תעשייתי. הדגים הגיעו לחממה שבועיים לפני התחלת הניסוי לצורך איקלום למערכת. הדגים היו אחידים בגודלם, אכלו היטב ונעו בחיוניות בטרריומים. משקלם של הדגים היה בממוצע 3 גרם.

2.5.2 רימת זבוב החייל השחור

זבוב החייל שחור (*Hermetia illucens*) שייך למערכת פרוקי רגליים, מחלקת החרקים, סדרת הזבובים, משפחת אסטרטיוניים, תת-משפחה Hermetiinae סוג *Hermetia*.

קבלתי את הרימות של הזבובים מחברה Bio Bee (שדה אליהו). הרימות היו בנות 5 ימים מהבקיעה. הרימות שקבלתי עברו סינון מהמצע הגידול Bio Bee והתקבלו ביום של התחלת הניסוי.



איור 9. רימות זבוב החייל השחור

2.5.3 ספירולינה

הספירולינה שייכת לעל ממלכת החיידקים האמיתיים, מערכת הכחוליות Cyanobacteria, מחלקת Cyanophyceae, סדרת Spirulinales, משפחת Spirolineaceae, סוג Spirulina (איור). הגיעה בצורה קפואה ממוצר מדף, מחברה שמייצרת אצות ספירולינה "Agaemor". והיא נשמרה במקפוא עד התחלת הניסוי.

2.6 שיטות וחומרים

2.6.1 שיטות האכלוס הרימות

א) שקילת הרימות שהתקבלו מחברת Bio Bee. מאחר והרימות מאוד קטנות, והמשקל שהיה במעבדה היה ברגישות של מאות, ספרתי 20 רימות ושקלתי אותם. חישבתי מסה של רימה לפי החישוב: (מסה לחלק לכמות הרימות שנספרו). השקילה וחישוב המסה לרימה נעשתה ב-3 חזרות וחושבה המסה הממוצעת לרימה.

ב) הכנת מצע לגידול הרימות.

הכנתי 2 סוגים של מצע לגידול הרימות. מצע אחד כולל ספירולינה ושיבולת שועל ומצע שני כולל שיבולת שועל בלבד.

1) אופן הכנת מצע שכולל שיבולת שועל.

לקחתי שיבולת שועל ורוקנתי אותה לביקר בנפח סופי 2000 מיליליטר. לשיבולת שועל הוספתי 1400 מיליליטר מים וערבבתי הטב בעזרת בלנדר ידני עד שהתקבל מצע צמיג והשהיתי 15 דקות בכדי לקבל מצע הומוגני. את המצע שהתקבל שקלתי בהעברתי 2000 גרם לקופסות פלסטיק.



איור 10. מצע שיבולת שועל

(2) אופן הכנת מצע שכולל שיבולת שועל ומועשר בספירולינה. שיבולת שועל הוכן כמו בסעיף א. 20% ספירולינה ו80% שיבולת שועל.



איור 11. מצע שיבולת שועל עם הכחולית ספירולינה

(3) אכלוס הרימות בקופסאות הכוללות את מצע הגידול בשני הטיפולים הוספתי 4000 רימות ל-2000 גרם של המצע שהכנתי. חישבתי 4000 רימות על פי המסה שלהם (סעיף מספר 2.א). שמתי את הקופסאות עם הרימות בחממית ל-8 ימים. הרימות הוחזקו בתנאים אחידים.



איור 12. שיבולת שועל עם הרימות

איור 13. שיבולת שועל עם ספירולינה עם הרימות

(1) חישוב קצב הגידול דגמתי 4 דוגמאות אקראיות ב-4 נקודות זמן כדי לחשב את קצב הגידול של הרימות. כול דוגמה כללה 20 רימות. בסוף בדקתי אורך ומסה והחזקתי את הרימות במקפא.

2.6.2 שיטת האכלוס הדגים

הדגים הוחזקו בדלי עם אוורור. בעזרת רשת יד לקחתי דג באופן אקראי, בדקתי אורך ושקלתי אותו. רשמתי את המסה והאורך בטבלת התוצאות.

(1) שקילה של דגים

שקלנו כוס מים טרה ואיפסתי את המשקל. לקחתי באופן אקראי דג מהדלי המאוורר, שקלתיאת המסה של הדג (גרמים).

2) שיטת מדידה של אורך

לאחר שקילת הדג הנחתי את הדג על השולחן ובדקתי את האורך הסטנדרטי (מהתחלה של הדג עד לקו התחלת הזנב) של הדג בעזרת סרגל. לאחר המדידה העברתי את הדג לטרריום באופן אקראי. כל הנתונים נרשמים בדף מערך הניסוי.

3) שיטת חישוב ביומסה וחישוב כמות המזון היומית בגרמים.

ביומסה - מסה בגרמים של כל הדגים בטרריום מסוים. חישבתי ביומסה של דגים בכל טרריום. חישבתי 6% מהביומסה (לפי המלצת המגדל). הערך שהתקבל בגרמים נקבע כמנת ההזנה היומית. המזון ניתן בתי מנות ביום בכל טרריום.

4. שיטת ההזנה לפי קבוצות ההזנה :

קבוצת ההזנה הראשונה. טיפול הזנת דגים ברימות מועשרות בכחולית ספירולינה. חישבתי מהמנה היומית (סעיף 3) 20% (לפי המלצת BIOBEE) שנתנו לדגים במנה הראשונה בצורה של רימות חתוכות ושאר 80% ניתן במנה השנייה בצורה של מזון תעשייתי.

קבוצת ההזנה השנייה. טיפול הזנת דגים ברימות שגדלו על שיבולת שועל בלבד. חישבתי מהמנה היומית (סעיף 3) 20% (לפי המלצת BIOBEE) שנתנו לדגים במנה הראשונה בצורה של רימות חתוכות ושאר 80% ניתן במנה השנייה בצורה של מזון תעשייתי. קבוצת הזנה שלישית: טיפול הזנת דגים במזון התעשייתי. המנה היומית (סעיף 3) נתנה בשתי מנות ביום.

2.6.3 חומרים

1) ביופילטר. חתכתי קצה של הבקבוק וניקבתי 5 חורים בתחתיתו. מלאתי את הבקבוקים בצמר גפן ואבנים חיידקים בעלי שטח פנים גדול להתפתחות חיידקים.. הביופילטר פעל על פי עקרון ה airlift שיצר סיחור של מי הטרריום דרך הפילטר ודאג לניקוי המים. (איור 14)



איור 14. ביופילטר

2) משקל. השתמשתי במשקלים שונים למזון ולדגים. שניהם בדיוק של מאות. (איור 15-16)



איור 16. משקל למזון ולרימות



איור 15. משקל לדגים

3) בלנדר (Golex). השתמשתי בבלנדר כדי לערבב שיבולת שועל עם מים וספירולינה. (איור 17)



איור 17. בלנדר

4) רשת יד. בעזרת רשת יד הוצאתי דגים ממים. (איור 18)



איור 18. רשת יד

5) שיבולת שועל (איור 19). השתמשתי בשיבולת שועל של חברת "מיה".



איור 19. שיבולת שועל

6) ספירולינה קפואה, מוצר מדף של חברת (AlgaeMor) (איור 20)



איור 20. ספירולינה קפואה

3. תוצאות המחקר

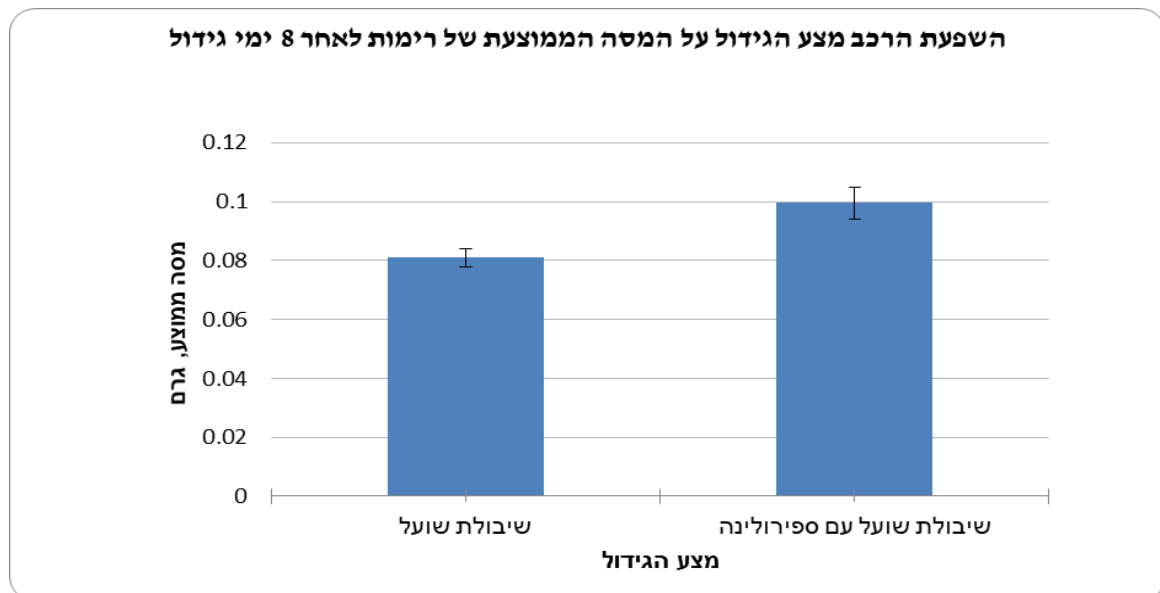
3.1 ניסוי מספר 1

השפעת הרכב מצע הגידול על המסה, האורך והרוחב של הרימות לאחר 8 ימי גידול.

טבלה 2: השפעת הרכב מצע הגידול על מסה, אורך ורוחב הרימות לאחר 8 ימי גידול.

הרכב מצע הגידול	מסה (גרם) ממוצעת	סטיית תקן של מסה	אורך (מ"מ) ממוצע	סטיית תקן של אורך	רוחב (מ"מ) ממוצע	סטיית תקן של רוחב
ספירולינה	0.09	0.005	14.58	1.6	4.61	1.6
שיבולת שועל	0.08	0.003	13.58	0.76	3.10	0.76

גרף מספר 1: השפעת הרכב מצע הגידול על המסה הממוצעת של רימות לאחר 8 ימי גידול



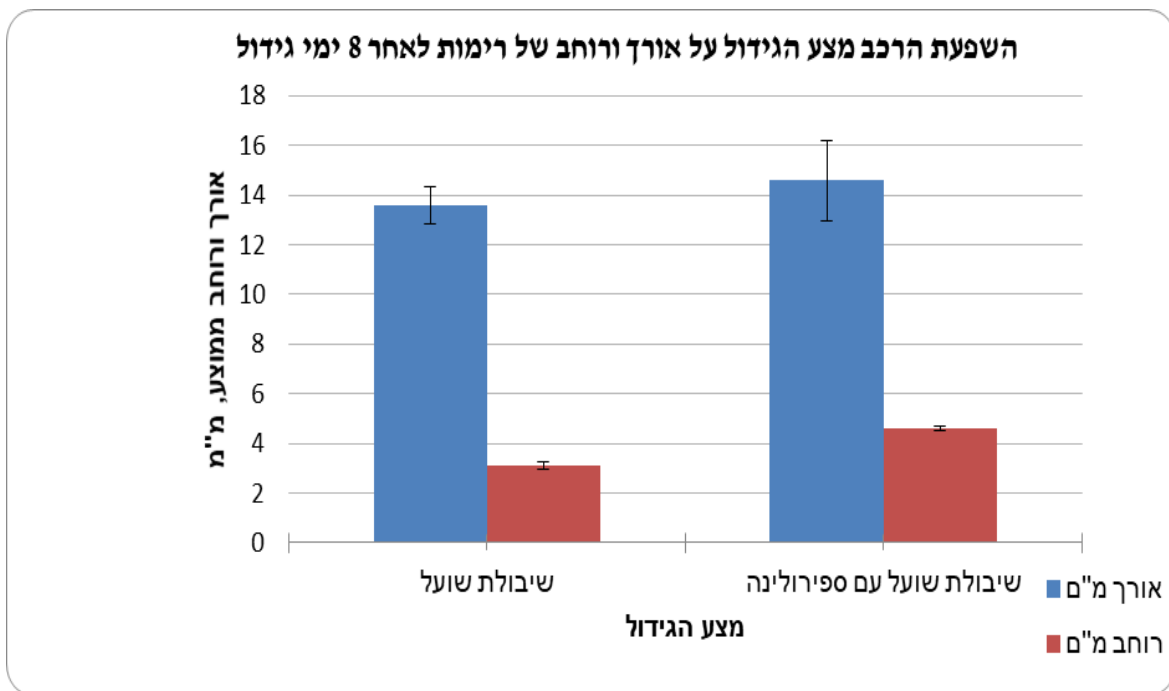
גרף 1. הגרף מציג את ממוצע המסה בגרם של הרימות לאחר 8 ימי גידול במצע המועשר בספירולינה ובמצע המכיל שיבולת שועל.

בגרף אפשר לראות שבטיפול שגדל על מצע ספירולינה המסה הממוצעת של הרימה הייתה גבוהה יותר בהשוואה לשיבולת שועל.

מסטיות התקן עולה שההבדל בין הטיפולים כנראה משמעותי. כמו כן, סטיות התקן בטיפול הספירולינה ובשיבולת שועל הן יחסית נמוכות למרות שבטיפול ספירולינה סטית התקן מעט יותר גדולה. סטיות התקן הנמוכות מעידות שהממוצע מייצג את הקבוצה.

הממצאים מחזקים את השערת הניסוי: הרימות גדלו מהר יותר על מצע משולב של שיבולת שועל עם ספירולינה.

גרף מספר 2. השפעת הרכב מצע הגידול על אורך ורוחב של רימות לאחר 8 ימי גידול



גרף 2. הגרף מציג את הממוצע של אורך ורוחב במ"מ של הרימות לאחר 8 ימי גידול במצע המועשר בספירולינה ובמצע המכיל שיבולת שועל. (הנתונים בטבלה מספר 1)

בגרף אפשר לראות שבטיפול שגדל על מצע ספירולינה אורך ורוחב הממוצע של רימה היה גדול יותר בהשוואה לטיפול שגדל על מצע שיבולת שועל.

סטיות התקן של אורך הרימה בטיפול של ספירולינה היא גדולה וחופפת לממוצע ולסטיית התקן של הטיפול ולכן יש להניח שההבדל בין שני הטיפולים אינו משמעותי.

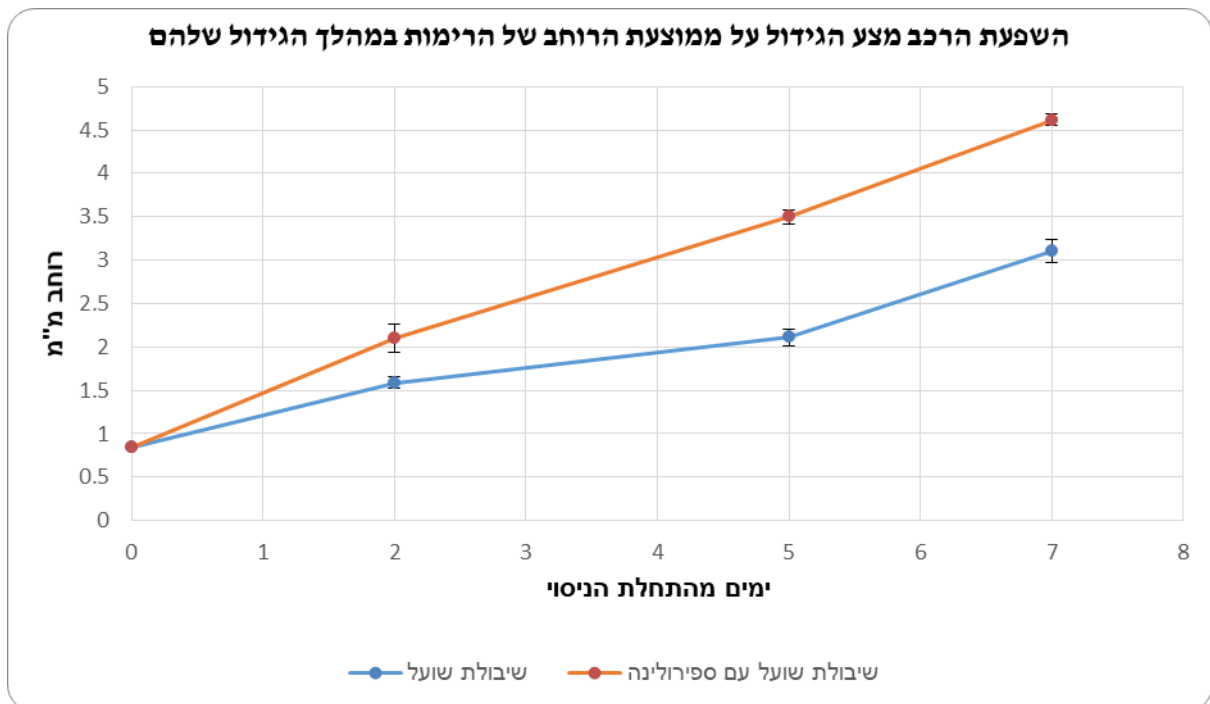
סטיות התקן של רוחב הרימה בטיפול הספירולינה ושיבולת השועל הן נמוכות והממוצעים שונים זה מזה ולכן תוצאה זו מחזקת את המסקנה שבמצע ספירולינה הרימות מגיעות לרוחב גדול יותר.

הממצאים מחזקים את השערת הניסוי: הרימות גדלו מהר יותר על מצע משולב של שיבולת שועל עם ספירולינה. הממצאים בנוגע לאורך הרימות אינם מובהקים.

טבלה מספר 3: השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע הרוחב של הרימות במהלך הגידול שלהם

ימים ניסוי	מתחילת	רוחב (מ"מ) במצע שיבולת שועל	רוחב (מ"מ) במצע שועל	רוחב (מ"מ) במצע ספירולינה	רוחב (מ"מ) במצע ספירולינה	סטיית תקן של הרימה	סטיית תקן של הרימה
0		0.85	0.00	0.85	0.00		
2		1.59	0.07	2.1	0.16		
5		2.11	0.09	3.5	0.08		
7		3.10	0.13	4.61	0.06		

גרף מספר 3 : השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצעת הרוחב של הרימות במהלך הגידול שלהם.

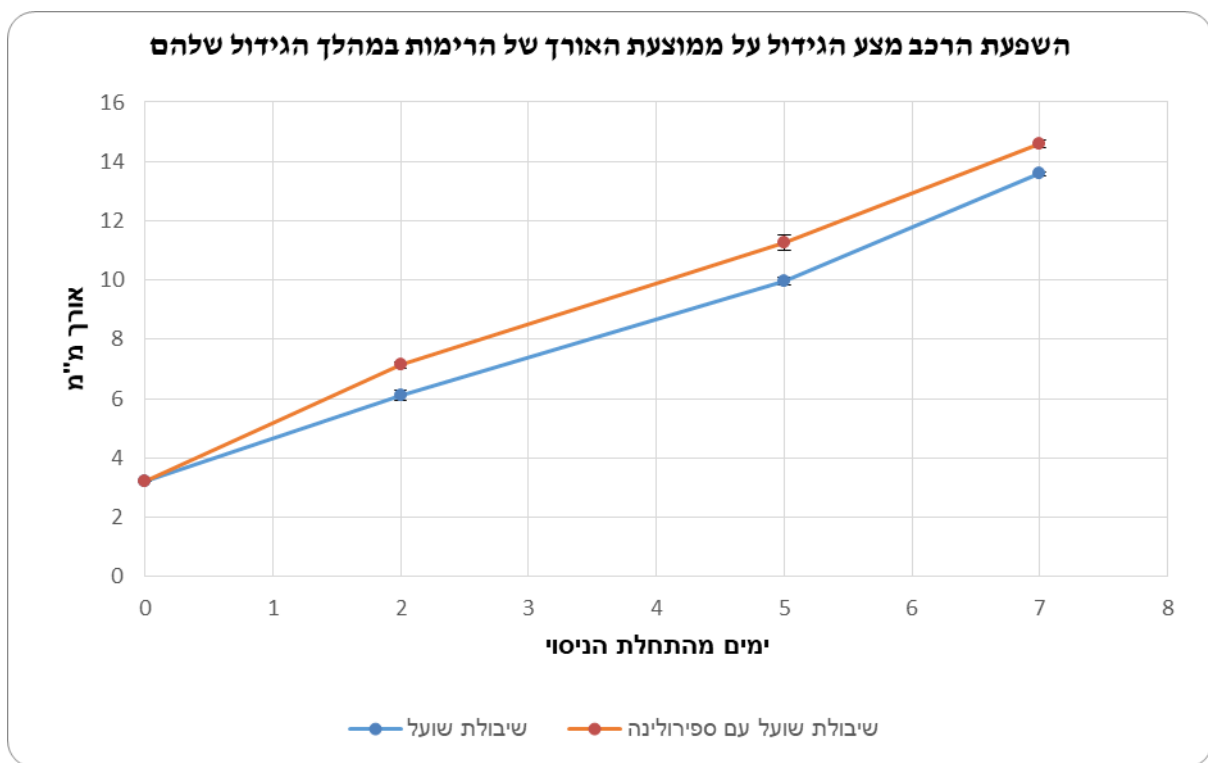


גרף 3. השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע הרוחב של הרימות במהלך הגידול שלהם.
מגרף מספר 3 אפשר לראות שקצב הגידול של רוחב הרימה של הרימות שגדלו על ספירולינה גבוה יותר מקצב הגידול על מצע שיבולת שועל.
סטיות התקן של רוחב הרימה בטיפול ובשיבולת שועל הן נמוכות ולא חופפות ולכן תוצאה זו מחזקת את המסקנה שבמצע ספירולינה הרימות מגיעות לרוחב גדול יותר.

טבלה מספר 4 : השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע האורך של הרימות במהלך הגידול שלהם

ימים ניסוי	מתחילת	אורך (מ"מ) הרימה במצע שיבולת שועל	אורך (מ"מ) הרימה במצע שועל	סטטיית תקן של אורך הרימה במצע שיבולת שועל	סטטיית תקן של אורך הרימה במצע ספירולינה
0	0	3.2	0	3.2	0
2	0.17	6.13	0.12	7.13	0.12
5	0.12	9.96	0.06	11.26	0.13
7	0.06	13.58		14.58	

גרף מספר 4: השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצעת אורך של הרימות במהלך הגידול שלהם.



גרף 4. השפעת הרכב מצע הגידול על ממוצע האורך של הרימות במהלך הגידול שלהם.

מגרף מספר 4 אפשר לראות שקצב הגידול של אורך הרימה של הרימות שגדלו על ספירולינה גבוה יותר מקצב הגידול על מצע שיבולת שועל. (טבלה מספר 2)
סטיות התקן של אורך הרימה בטיפול ושיבולת שועל הן נמוכות ולא חופפות ולכן תוצאה זו מחזקת את המסקנה שבמצע ספירולינה הרימות מגיעות לאורך גדול יותר. קצב הגידול גבוה יותר (איורים 21-23).



איור 23.
רימה שגדלה על מצע
ספירולינה (צד ימין) על
מצע ושיבולת שעל (צד
שמאל) ביום 8 מתחילת
הניסוי



איור 22.
רימה שגדלה על מצע
ספירולינה ביום 0 וביום 8
מתחילת הניסוי



איור 21.
רימה שגדלה על מצע
שיבולת שועל ביום 0
וביום 8 מתחילת הניסוי

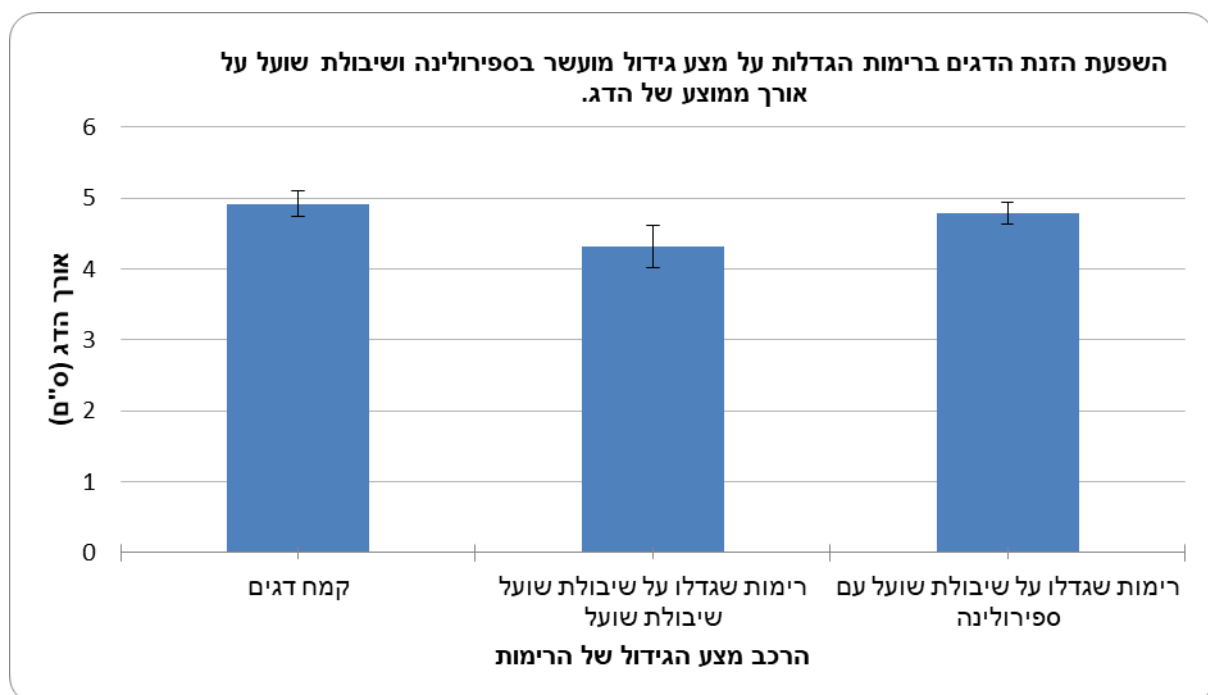
2.2 ניסוי מספר 2

השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה ואורך ממוצע של הדג.

טבלה מספר 5 : השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה ואורך ממוצע של הדג לאחר 42 ימי גידול.

הטיפול	אורך (ס"מ)	ממוצע	סטיית אורך	תקן	מסה (גרם)	ממוצעת	סטיית מסה	תקן
ביקורת (כופתיות 2 מ"מ מזון קרפיון)	4.92		0.17		4.2		0.39	
שיבולת שועל	4.31		0.29		3.51		0.35	
ספירולינה	4.78		0.15		3.96		0.21	

גרף מספר 5 : השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על אורך ממוצע של דג לאחר 42 ימי גידול.



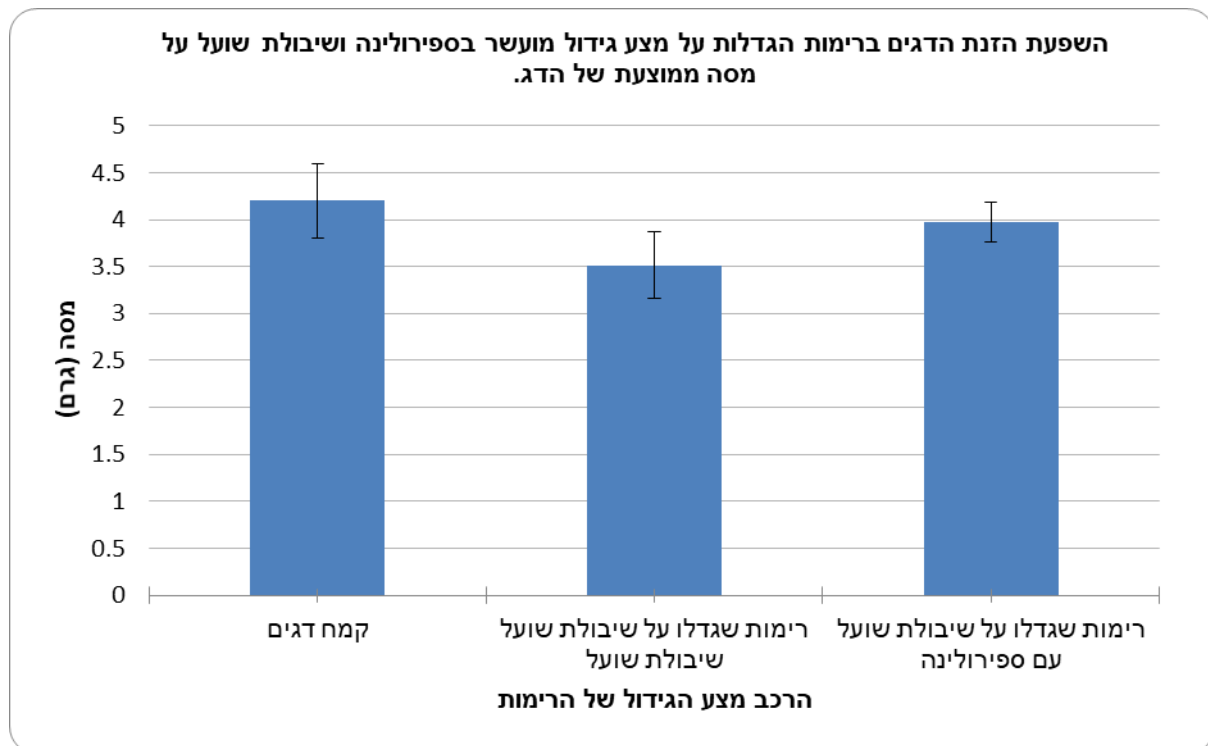
גרף 5. גרף מספר 5 מציג את השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה, שיבולת שועל וביקורת (כופתיות 2 מ"מ מזון קרפיון) על אורך ממוצע של הדג.

האורך הממוצע של הדג שהוזן במזון הביקורת היה גדול ביותר אך בהבדל קטן מהדגים שהוזנו על רימות שגדלו על ספירולינה אבל לפי סטיות התקן ההבדל כנראה לא משמעותי. הדגים שהוזנו ברימות שגדלו

בשיבולת שועל האורך שלהם היה קטן בהשוואה לשתי קבוצות הטיפול, זה מחזק את השערת הניסוי: רימות העבירו לדגים חלבון וחומרי תזונה חיוניים.

סטית התקן של אורך הדגים בטיפול של שיבולת שועל היא גדולה אך אינה חופפת לממוצע ולסטיית התקן של הביקורת ושל הטיפול שהזון בספירולינה ולכן יש להניח שההבדל בין הטיפולים הוא משמעותי.

גרף מספר 6: השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה ממוצעת של דג לאחר 42 ימים.



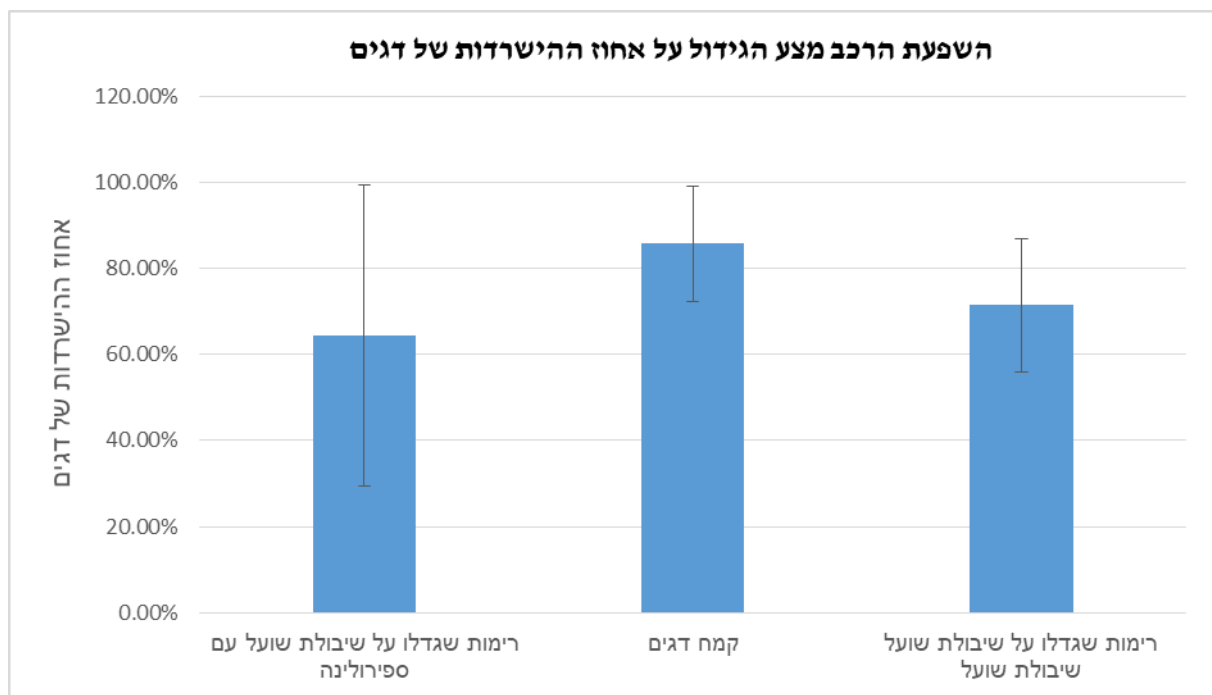
גרף 6. גרף מספר 6 מציג השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה ממוצעת של הדג.

לכאורה נראה שהאורך הממוצע של הדג שהזון במזון הביקורת היה הגדול ביותר. המסה של הדגים שהזנו ברימות שגדלו בשיבולת שועל הייתה קטנה. המסה של דגים שגדלו על ספירולינה הייתה גבוהה בהשוואה לדגים שגדלו על רימות שהזנו בשיבולת שועל ונמוכה מהדגים שהזנו על מזון הביקורת. אך כאשר בוחנים את סטיות התקן, נראה כי הבדלים אלו לא משמעותיים. סטיות התקן הגבוהות בביקורת ובטיפול שהזון בשיבולת שועל מרמזות על כך המסה של הפרטים בקבוצה לא אחידה.

טבלה מספר 6 : השפעת הרכב מצע הגידול על אחוז ההישרדות של דגים

הטיפול	ממוצע אחוז ההישרדות של דגים	סטיית תקן אחוז ההישרדות של דגים
ספירולינה	64.28%	0.34
ביקורת	85.70%	0.13
שיבולת שועל	71.40%	0.15

גרף מספר 7 : השפעת הרכב מצע הגידול על אחוז ההישרדות של הדגים לאחר 42 ימי הגידול.



גרף 7 : גרף מספר 7 מציג השפעת הרכב מצע הגידול על אחוז ההישרדות של דגים.

לפי הגרף אפשר לראות שהדגים שגדלו על קמח דגים (ביקורת) הישרדו הכי טוב אבל בגלל שסטיות תקן בגרף גדולות מידי ההפרש הזה לא משמעותי.

טבלה מספר 7: קצב גידול דגים יומי בגרמים

טיפול	משקל ממוצע בהתחלה	משקל ממוצע בסוף	S.G.R (מסה)
ביקורת	2.509	4.252	0.042
שיבולת שועל	2.454	3.532	0.025
ספירולינה	2.996	3.892	0.021

הטבלה מייצגת את הגידול הממוצע היומי בגרמים לדג specific growth rate . בביקורת הגידול הממוצע ליום גדלה הכי הרבה בהשוואה לטיפולים שהוזנו ברימות.



4. דיון ומסקנות

חקלאות המים היא ענף דינמי ומשגשג המתפתח בקצב גבוה במטרה לייצר אורגניזמים אקוויטים למטרת הזנה ונוי לאנושות. האתגר הגדול של חקלאות מים היא בעיית ההזנה של הדגים. הבעיה העיקרית היא שרוב המזון לדגים עשוי מקמח דגים, וקמח דגים מיוצר מבלאי הדגים הנשלפים מהים. שיטת הזנה זו הינה יקרה ופוגעת במארג המזון באוקיינוסים ולכן עלינו למצוא תחליף לשיטה זו.

על המזון החלופי לדגים להיות עשיר בחלבון כפי שקמח דגים הינו עשיר בחלבון. רימת זבוב החייל השחור עשירה בחלבון ונחשבת למועמדת הטובה ביותר לקמח דגים. עלינו לבחון את טיב רימת זבוב החייל השחור גם כמקור חלבון וגם כווקטור (כללי) להובלת חומרי תזונתיים.

לכן שאלות החקר שחקרתי בעבודה הן:

1. מהי השפעת הרכב מצע הגידול על המסה, האורך והרוחב של הרימות לאחר 8 ימי גידול?
2. מהי השפעת הזנת הדגים ברימות הגדלות על מצע גידול מועשר בספירולינה ושיבולת שועל על מסה אורך ושרידה ממוצעת של הדג לאחר 42 ימי גידול?

השערתי הייתה שהרימות שיגדלו על מצע המכיל ספירולינה ודגים שיאכלו את הרימות האלו, יגדלו יותר טוב מרימות ודגים שקיבלו הרכב מזון אחר.

שאלת החקר הראשונה:

בשאלת החקר הראשונה הזנתי רימות בשני סוגים של מזון. מזון הכולל שיבולת שועל ומזון שכולל 80% שיבולת שועל ו-20% ספירולינה. לאורך כל הניסוי הרימות בשני הטיפולים גדלו גם במסה וגם באורך וברוחב דבר המעיד שתנאי הגידול היו טובים (גרפים 1-4). לאחר ההתבוננות בניסוי נראה שהמצע שמועשר בספירולינה הינה יותר איכותי לרימות. ההבדל המשמעותי נראה במסה וברוחב (גרפים 1-2) שם גדלו הרימות יותר טוב כאשר ניזונו על מזון המועשר בספירולינה. תוצאה זו נמצאת בהתאמה עם ההשערה שלי.

הצבע של הרימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר בספירולינה היה שונה. צבען היה אדמדם בהשוואה לרימות שגדלו על שיבולת שועל. הרכב המצע השפיע על צבע הרימה. תצפית זו מעידה על כך שהרימות הטעינו במערכת העיכול שלהן חומרי תזונה של ספירולינה ואף יתכן והטמיעו את הפיגמנט של הספירולינה (קרטנואידים) ברקמות שלהן. תצפית זו המבוססת על קרטנואידים מעידה שהרימה יכולה לשמש כווקטור לעברת חומרי תזונה לדג.

המלצות:

לאור התוצאות אלו, בראייה לעתיד ניתן להשתמש ברימה כווקטור להעברת חומרי תזונה חיוניים כגון ויטמינים ואף אולי תרופות.

בשביל לבחון מעבר חומרים ממצע הגידול לרימה הייתי משתמש בסמן שהוא מרכיב תזונתי מסוים שניתן לבחון ברקמות של הרימה וגם במערכת העיכול. הייתי לוקח חלבון מסוים שניתן לאתר אותו במעבדה.



ניתן לגדל בהצלחה רימות במצע המעושר בספירולינה. אחוזי ההעשרה של המצע בספירולינה נקבעה באופן שרירותי וזה הוא הניסוי הראשון שנעשה בתחום הזה. בעתיד הייתי ממליץ לבחון את השפעת ריכוז עולה של ספירולינה במזון על הרימות.

כדי להגיע לגודל המקסימלי של הרימה לפני שהיא הופכת לגולם הייתי משאיר את הרימות לתקופה נוספת בחממת בגידול על המצע.

לפי קצב גידול הרימה היה מעניין לבחון בעזרת סמן את התכולה התזונתית בכל ימים שמדדנו (8-0) ולבדוק באיזה יום הייתה העשרה הגבוהה ביותר בחומרי תזונה שמקורם בספירולינה במצע. יתכן וניתן להקטין את זמן הגידול של הרימות ובכך להגדיל את מחזורי הגידול של הרימות ותנובתם. קיצור מחזור הגידול יכול להיות בעל חשיבות כלכלית למגדל. בסוף הגידול של הרימות, הן נשטפו והוקפאו. לעתיד כמוצר מדף יש יתרון ליבוש של הרימות.

אפשר לעשות בעתיד ניסיון כיוול של צבע הרימה בקורלציה עם סמן מסוים (כמו רמת קרטנואידיים) ואז ניתן בצורה פשוטה לכל חקלאי לקבוע את רמת העשרה של הרימה.



איור 24. הבדל בין גודל וצבע של הרימות ביום האחרון של הגידול שלהם.

שאלת החקר השנייה:

בשאלת החקר השנייה הזנתי דגים בשלושה טיפולים שונים: רימות שגדלו על שיבולת שועל, רימות שגדלו על שיבולת שועל מועשרת בכחולית ספירולינה, ומזון תעשייתי רגיל שכלל קמח דגים. לאורך כל הניסוי הדגים אכלו את הרימות. לא נמצא הבדל משמעותי במסה ובאורך, בין טיפול ההזנה של הדגים שהוזנו על הרימות המועשרות בשיבולת שועל עם ספירולינה לבין הביקורת, הזנה במזון התעשייתי המבוסס על קמח דגים (גרפים 5-7). הטיפול שהוזן ברימה מעושרת בספירולינה גדל טוב יותר (מסה ואורך) לעומת הטיפול שהוזן בשיבולת שועל בלבד. ניתן להסיק, במידה של זהירות, שתוספת ספירולינה ברימות ברמת העשרה של 20% הועילה לדגים בהשוואה לקבוצה שכללה הזנה ללא ספירולינה. בחינה של חישוב כלכלי שתכלול חישוב גידול ספירולינה ורימות של זבוב חייל שחור תבסס האם מגמה זו יעילה גם לחקלאי (גרפים 4-6).

צורת הגשת המזון הייתה זהה לכל הטיפול. הגשתי לדגים אותה כמות של המזון חתוך שהוחזק בהקפאה. אבל לא יבשתי את הרימות לפני שנתתי אותם לדגים, ולכן זה היה יכול להשפיע על הזנת הדגים כי אם אנחנו מקפאים מזון ואחרי זה מפשרים יכול להיות שאנחנו מאבדים חומר מסוים למרות שעבדתי בצורה מאוד קפדנית. ברימות מוקפאות יש אחוז מאוד גבוה של מים לכן הגדלנו את כמות הרימות פי 3. יתכן



והכמות שהזנו את הדגים לא הייתה מספקת, במידה והינו מיבשים את הרימות היה לנו יותר קל להזין 20% של חומר יבש.

בגרף מספר 7 ניתן לראות שהשרידה הכי טובה הייתה בטיפול של ביקורת. ובטיפול של הדגים שהזנו על רימות שגדלו על שיבולת שועל וספירולינה השרידה הייתה הכי נמוכה. מאחר וסטיית התקן הייתה מאוד גדולה לא ניתן להוכיח הבדל משמעותי בין קבוצות ההזנה.

המלצות:

ניתן היה לראות שהדגים אכלו את הרימות אבל לא מדדנו את רמת הנעכלות (digestability) שלהם. כדי לבדוק נעכלות הייתי צריך לעבוד עם דגים גדולים יותר כדי שאוכל לבדוק חומרים שונים בדם שלהם. הייתי יכול לקחת מרכיב במזון של הרימות כדי לבדוק את רמתו ברימה וגם בדם של הדג.

הדגים אכלו 20% רימות ושאר המזון הוא ביקורת (קמח דגים) על פי הוראת מגדל הרימות בשדה אליהו יתכן שלזן זה של דג היה צורך מעל 20% תחלופה של רימות. זאת ניתן לבדוק בניסוי הבוחן רמות עולות של אחוזי רימות בהזנה בדיאטה של הדג.

ברימות קפואות היה עדיף להזין ברימה לא חתוכה כלומר ברימה שלמה המתאימה למפתח הפה של הדג.

בשביל למנוע תחרות על המזון הייתי עובד עם יותר דגים בטרריום בכדי שהם יתנהגו כלהקה ולא כפרטים.

4. סיכום

בעבודה זו בדקתי את ההשפעה של הזנה ברימת זבוב החייל השחור הגדל על מצע מועשר בכחולית ספירולינה, על גידול דג קרפיון הנוי (קוי).

מצאתי כי ניתן לגדל בהצלחה רימות במצעים שונים בתנאי חממית בקופסאות המכילות 2 קילו מצע ביחס של 2000 רימות לקילו מצע ב-28 מעלות.

ניתן היה לראות שהגידול של הרימות במצע מועשר בכחולית ספירולינה השפיע לטובה וקצב הגידול בו היה מהיר יותר בהשוואה למצע שלא כלל את הכחולית ספירולינה. כמו כן, המצע שכלל ספירולינה השפיע על הגוון של הרימות שגדלו עליה מה שמעיד על נעילות של קרטנואידים. מניסוי זה לא ברורה רמת הנעילות של הרימות מה שדורש ניסוי המשך.

הדגים בניסוי הוזנו ברימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר בכחולית ספירולינה ועל רימות שגדלו על מצע שיבולת שועל בלבד בהשוואה לגידול על מזון תעשייתי, קמח דגים.

מהניסוי עולה שאורך הדגים שהוזנו ברימות שגדלו במצע מועשר בספירולינה גדול יותר מאלו שגדלו במצע שיבולת שועל וזהה לגידול על קמח דגים. כלומר, ניתן להחליף את קמח הדגים ברימות שגדלו על ספירולינה מבלי לפגוע באורך הדג.

השרידה הייתה פחות טובה בדגים שאכלו רימות מעושרות בשיבולת שועל עם ספירולינה אבל סטיות התקן בכל הטיפולים היו גבוהות ולכן יש להתייחס לתוצאות אלו בזהירות וכדאי לחזור שוב על הניסוי.

ממצאים אלו חשובים לאתגר חשוב של חיפוש מקור חלופי לחלבון להזנת דגים. דגים שניזונו על רימות ברמה של 20% מהזנה היומית גדלו כמו דגים בתעשייה. הרימות קלות לגידול במתקן פשוט (חממה) בתנאים מבוקרים אביוטיים ידועים בהזנה על מצע של שיבולת שועל. ניתן להעשיר את הרימות בספירולינה ולהשתמש בהם כווקטורים לעברת חומרים לדגים בדומה לעקרון שרשרת המזון בטבע. תוצאה זו סוללת דרך לניסויים עתידיים שיתבססו על רימות ככלי לעברת חומרים לדגים וחיות אחרות.

במחקר המשך, אמליץ לעשות בעתיד ניסיון כיוול של צבע הרימה בקורלציה עם סמן מסוים (כמו רמת קרטנואידים) ואז ניתן בצורה פשוטה לכל חקלאי לקבוע את רמת העשרה של הרימה. בדיקה מסוג זה תאפשר לעמוד את כמות החומר המעושר שהרימה יכולה להכיל ולהעביר לדגים בתעשייה ואף לחיות משק אחרות כגון עופות.

5. תודות

ברצוני להודות לאנשים אשר סייעו במהלך העבודה :

תודה רבה לסיגל לוצקי על כל השעות שהיא עבדה איתי, עזרתה הייתה ללא תחליף, בלעדיה לא הייתי מסיים את העבודה זו.

תודה ליאיר מיודיסר על העזרה שלו בהזנת הדגים והרימות במהלך העבודה.

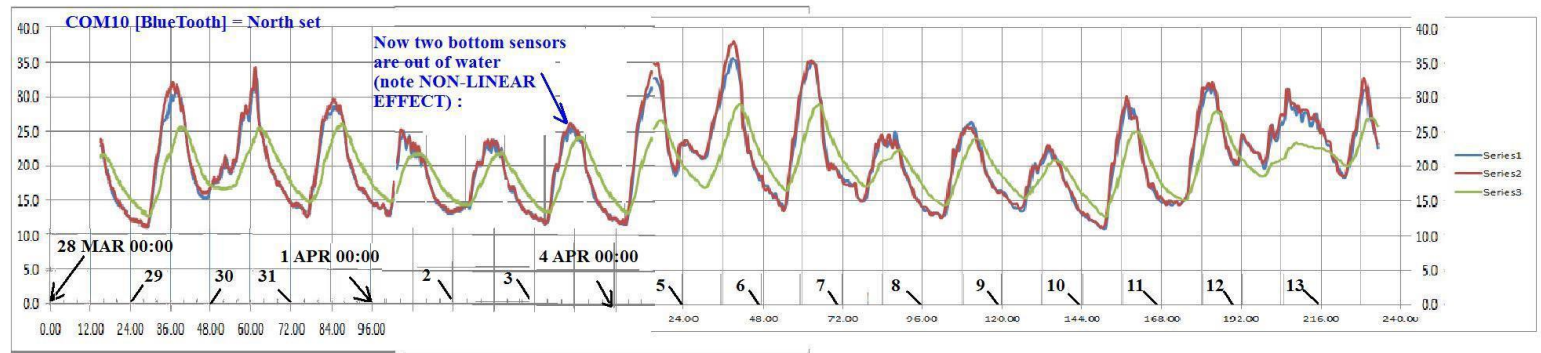
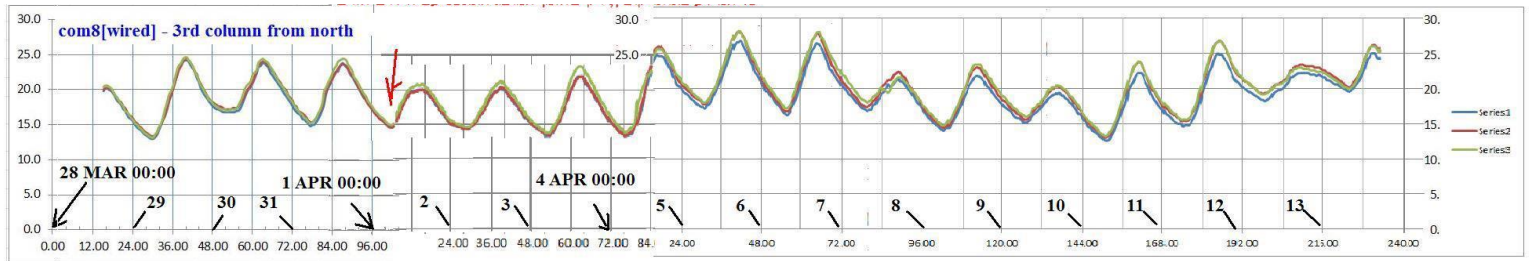
תודה לנעם ברעם על העזרה שלו בכתיבת עבודה.

תודה לנעם גבע על העזרה שלו בשיפור של העבודה ועל אפשרות לעשות עבודת גמר בחממה האקולוגית בעין שמר.

6. נספחים

נספח 1: מדידת טמפרטורה באקווריומים.

נספח 1 מציג טמפרטורה באקווריומים לאורך כל הניסוי. הגרף מראה שלא היה הבדל בטמפרטורה בין



הטרריומים ב-3 קבוצות ההזנה לאורך 42 ימי הניסוי.

נספח מספר 2: תוצאות ראשוניות, אחוז שומן במזון תעשייתי וברימות זבוב החייל השחור לאחר 8 ימי

גידול.

שומן %	סוג המזון
8	מזון תעשייתי
43	רימות שגדלו על שיבולת שועל עם ספירולינה
36	רימות שגדלו על שיבולת שועל בלבד

נספח 2 מציג את רמת השומן באחוזים במזון תעשייתי (ראה איור) וברימות שגדלו על שיבולת שועל וספירולינה. ניתן להסיק מטבלה שברימות שגדלו על שיבולת שועל עם ספירולינה, כמות השומן גבוהה יותר בהשוואה לסוג מזון אחר שנבדק. הרימה כוללת כמות של שומן שהוא פי 5 גדול מכמות השומן במזון תעשייתי.

7. ביבליוגרפיה

- בלוג צילום תת מימי מאת חגי נתיב קוי- קרפיון נוי – "נישיקיגוי"
<http://hagainativ.com/archives/1619> 7.1.2017
- מדינת ישראל, משרד החקלאות ופיתוח הכפר. השוק העולמי לדגי נוי ימיים. יולי 2008. יעל קחל.
- משרד החקלאות (2015), חקלאות מים, חקלאות ימית ודיג, מסמך מדיניות תכנון לחקלאות לכפר בישראל, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/reshut_techun/technun_kafri/tochnit_leumit/documents/chaklout_maim16062014.pdf
- משרד החקלאות. חוברת מקצועית לגידול דגים, 2003.
- צמח תערובות.
9.01.2017 http://www.zmf.co.il/page_14326
- Black soldier fly larvae. Black soldier fly larvae manual. 2016. University of Massachusetts - Amherst. Haeree H. Park.
- Black soldier fly larvae. Feedipedia <http://www.feedipedia.org/node/16388>. 17.1.2017
- Composting Using Black Soldier Flies (BSF) and Their Effect On Earth Worm Bins. Ed That Matters
<http://www.edthatmatters.com/composing-using-black-soldier-flies-bsf-and-their-effect-on-earth-worm-bins/>
- Common carp - Natural food and feeding habits. Food and Agriculture Organization of the United nations
<http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/common-carp/natural-food-and-feeding-habits/en/> 9.01.17
- Cyprinus carpio. http://www.zmf.co.il/page_14414 9.1.2017
- FAO (1996). Manual production and use of live food for aquaculture.
<http://www.fao.org/docrep/003/W3732E/w3732e00.htm#Contents>
- FAO (2014). Food and Agriculture organization of the united nations. Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. june 2014. coordinator vincent Gitz,
<http://www.fao.org/3/a-i3844e.pdf>
- FAO. Food and Agriculture organization of the united nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016.
<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>

- FAO. Food and Agriculture organization of the united nations. Fish meal. <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5926e/x5926e01.htm> 09.01.17.
- FAO 2017. Food and Agriculture organization of the united nations. Fishmeal. Fishmeal and fish oil - Analysis of 3rd quarter 2015. <http://www.fao.org/in-action/globefish/market-reports/resource-detail/en/c/384232/>
- FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.
<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>
- IFFO. 2017. <http://www.iffonet.com/>
- Ornamental fish. EU-Trade-Stats-Report-2015.pdf. Ornamental aquatic trade Association LTD. United kingdom
- Ramakrishnan M. C., Haniffa M.A., Manohar M., Dhanaraj M., Arockiaraj A.j, Seetharaman1,S and S.V. Arunsingh. 2008. Effect of probiotics and spirulina on survival and growth of juvenile common carp. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 60(2), 2008, 128-133.
- Spirulina algae industry magazine. <http://www.algaeindustrymagazine.com/special-report-spirulina-part-1-origins-and-biology/>. 9/1/2017
- Stamer, A, Wesselss, S, Neidigk, R., Hoerstgen-Schwark, G. 2014. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae-meal as an example for a new feed ingredients' class in aquaculture diets. Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference.
- Tacon AGJ, Metian M (2009) Fishing for feed or fishing for food: Increasing global competition for small pelagic forage fish.