

בס"ד

## אולפנת כפר פינס עבודת גמר בחקלאות בנושא:

השפעת ההזנה ברימות הגדלות על מצע מועשר  
באצת ננוכלורופסיס על גידול דג הקרפיון המצוי



מגישת העבודה: עדי ממון

כתובת: כפר פינס

ת.ז.: 211987995

טלפון: 052-4705858

מנחה: סיגל לוצקי

שנה"ל: תשע"ז – תשע"ח

העבודה בוצעה בחווה החקלאית "החממה" בעין שמר-מנשה



## תוכן עניינים:

תקציר	עמ' 3-4
מבוא וסקר ספרותי	עמ' 5-11
בעיית המחקר והרקע למחקר	עמ' 5
סקירת ספרות	עמ' 5-11
2. מהלך המחקר	עמ' 12-20
שאלות המחקר	עמ' 12
מערך הניסוי	עמ' 12
מהלך הניסוי	עמ' 14
שיטות וחומרים	עמ' 15-20
תיאור של החומר החי שנבדק	עמ' 20
3. תוצאות המחקר	עמ' 21-24
ניסוי מספר 1	עמ' 23-24
ניסוי מספר 2	עמ' 24-26
4. דיון ומסקנות	עמ' 25-26
סיכום	עמ' 27
5. תודות	עמ' 28
6. נספחים	עמ' 29-32
7. ביבליוגרפיה	עמ' 33-34

**טבלאות, איורים וגרפים:**

- איור מס' 1 : האיור מציג את תנובת ענף חקלאות המים -----עמ' 6
- איור מס' 2 : מצב הרעב בעולם לשנת 2015-----עמ' 7
- איור מס' 3 : דג הקרפיון -----עמ' 8
- איור מס' 4 : האזור הכתום מייצג את האזורים בהם הקרפיון מיוצר בחקלאות -----עמ' 8
- איור מס' 5 : דרישות ההזנה של הקרפיון -----עמ' 9
- איור מס' 6 : דרישות התזונתיות של הקרפיון בהתייחסות לגורמים ספציפיים -----עמ' 9
- איור מס' 7 : גרף מגמות בשימוש במלאי העולמי של קמח דגים ושמן דגים -----עמ' 9
- איור מס' 8 : שרשרת מזון בחקלאות המים -----עמ' 10
- איור מס' 9 : ננוכלורופסיס תחת מיקרוסקופ אור -----עמ' 10
- איור מס' 10 : רימות זבוב החייל השחור -----עמ' 11
- איור מס' 11 : סקיצת הניסוי הראשון, גידול הרימות-----עמ' 13
- איור מס' 12 : סקיצת הטיפולים של ניסוי הזנת הדגים-----עמ' 14
- איור מס' 13 : החממת -----עמ' 14
- איור מס' 14 : אכלוס מצעי גידול הרימות -----עמ' 14
- איור מס' 15 : חזרה אחת בכל אחד מהטיפולים-----עמ' 15
- איור מס' 16. ביופילטר 1-----עמ' 17
- איור מס' 17. ביופילטר עבודת יד 2-----עמ' 17
- איור מס' 18 : משקל נייד קטן-----עמ' 18
- איור מס' 19 : מכשיר citizen לייבוש רימות-----עמ' 19
- איור מס' 20 : משקל שולחני-----עמ' 19
- איור מס' 21 : שיבולת שועל דקה-----עמ' 19
- איור מס' 22: אצות ננוכלורופסיס-----עמ' 20
- איור מס' 23 : דגי הקרפיון מאוכלסים במיכלים-----עמ' 20
- גרף מס' 1 – הגרף מציג את השפעת סוג המצע עליו גדלו הרימות על אורך הממוצע של רימה לאחר 8 ימי גידול-----עמ' 21
- גרף מס' 2 - הגרף מציג את השפעת מצע הגידול של הרימות על המסה הממוצעת לרימה לאחר 8 ימי גידול-----עמ' 21
- איור מס' 24 : הרימות לפני הניסוי-----עמ' 22
- איור מס' 25 : הרימות לאחר שגדלו על מצע שיבולת שועל -----עמ' 22
- איור מס' 26 : הרימות לאחר שגדלו על מצע ננוכלורופסיס-----עמ' 22
- גרף מס' 3- הגרף מציג את השפעת סוג המזון שבו הוזנו הדגים על אורך ממוצע לדג לאחר 28 ימי גידול-----עמ' 23
- גרף מס' 4- הגרף מציג את השפעת סוג ההזנה על מסה ממוצעת של דג בתחילת ובסיום הניסוי-----עמ' 23
- גרף מס' 5- הגרף מציג את השפעת סוג ההזנה על הביומסה הממוצעת של דג בתחילת ובסיום הניסוי-----עמ' 24

## תקציר

אוכלוסיית בני האדם על פני כדור הארץ הולכת וגדלה, וקיים קושי לספק לה מזון. חקלאות המים מציעה פתרון לבעיית הרעב בעולם ולבעיית הפגיעה האנושית במקווה המים, על ידי פיתוח פתרונות יצירתיים לגידול וריבוי דגים ויצורים ימיים בסביבות גידול מלאכותיות.

בכדי לגדל דגים בחקלאות מים נדרש מבני האדם לספק כמות גדולה של מזון עבורם. כיום מתבססת תעשיית הזנת הדגים על קמח דגים, אותו מכינים מדגים ויצורים ימיים אחרים אותם צדים באוקיינוסים. תעשיית קמח הדגים יקרה, וכמות הדגים המשמשת לייצור קמח הדגים רבה ומשפיעה על מארג המזון באוקיינוסים.

בעבודה זו בדקתי את האפשרות לנצל את רימת זבוב החייל השחור כמקור חלבון חלופי לקמח דגים, בהזנת דגי מאכל. לראשונה, נבדקה האפשרות להעשיר את הרימה בחומרי תזונה ממקור צמחי, כלומר לגדל את הרימות על מצע גידול המועשר באצת הירוקית ננוכלורופסיס. מאחר והרימה ידועה ביעילותה לפרק חומר אורגני, נבדקה האפשרות להשתמש ברימה ככלי להובלה של חומרי תזונה חיוניים לדגים, כגון חומצות שומן רב בלתי רוויות, בכדי להטיב את גידולם.

### שאלות המחקר היו:

- כיצד ישפיע הרכב מצע הגידול (שיבולת שועל/אצת ננוכלורופסיס) על גידול רימת זבוב החייל השחור?

- כיצד תשפיע ההזנה ברימות שגדלו על מצע מועשר באצת ננוכלורופסיס ובכופתיות המועשרות באצת ננוכלורופסיס על מסה, אורך ושרידה של דגי הקרפיון המצוי?

העבודה בוצעה בשני ניסויים עוקבים. בניסוי הראשון גדלתי את רימות זבוב החייל השחור על שני מצעים. מצע הטיפול כלל את האצה המיטיבה ננוכלורופסיס. בניסוי השני, ניסוי הזנת הדגים, הזנתי את דגי הניסוי, דג קרפיון המצוי (דג מאכל שכיח) ברימות שגדלו על מצע מועשר בננוכלורופסיס, במזון תעשייתי המבוסס על קמח דגים מועשר בננוכלורופסיס ובמזון תעשייתי המבוסס על קמח דגים.

ממצאי המחקר מעידים שניתן לגדל רימות על מצע מועשר באצה ננוכלורופסיס ושהמסה של הרימות שגדלו במצע זה הייתה נמוכה באופן משמעותי בהשוואה למסה של הרימות שגדלו על מצע שהכיל שיבולת שועל בלבד. הצבע של הרימות שגדלו על המצע שהכיל את האצה ננוכלורופסיס היה שונה מצבען של רימות שגדלו על שיבולת שועל ודומה למצע גידולן הירוק. ממצא זה יכול להעיד על תכולת מערכת העיכול של הרימה. הרימה ניזונה על המצע שהכיל את האצה ננוכלורופסיס. תוצאה זו מחזקת את האפשרות להשתמש הרימות ככלי להעברת חומרי תזונה חיוניים לדגים.

הדגים בניסוי הזנת הדגים ניזונו מהרימות. המסה והאורך הממוצעים לדג בטיפול שהוזן ברימה המועשרת בננוכלורופסיס היה נמוך בהשוואה לטיפולים האחרים. לא נמצא הבדל משמעותי במסה ובאורך הממוצע של הדג בין הטיפול שהועשר באצה ננוכלורופסיס לבין הביקורת שהוזנה במזון התעשייתי הרגיל המבוסס על קמח דגים.

על בסיס תוצאות אלו, אני ממליצה לבדוק את התוכן של הרימה הגדלה על מצעים השונים בעזרת חומר שניתן לעקוב אחריו ויאפשר אומדן כמותי של מידת ההטענה של חומרי תזונה במערכת העיכול של הרימה. למרות שמסת הדגים היתה נמוכה בטיפול שהוזן ברימות מועשרות הננוכלורופסיס, קיימת בדגי מאכל חשיבות להרכב הביוכימי של הדג בעקבות חשיבותו לבריאות האדם. לכן, אני ממליצה לבדוק את הרכב רקמות הדג מבחינת חומצות שומן רב בלתי רוויות חיוניות בכדי לבחון את איכותו התזונתי.

## 1. מבוא וסקר ספרותי

### 1.1 בעיית המחקר והרקע למחקר

אוכלוסיית בני האדם על כדור הארץ הולכת וגדלה, וקיים קושי לספק לה מזון. בכך, נוצרת בעיית רעב גדולה מאוד שהולכת ומתרחבת.

בני האדם, במטרה לשרוד ולהתפתח, מתערבים בטבע. התערבות משמעותית הינה תעשיית הדייג, שמשמשת לבני האדם כמקור מזון. כיום, מתבצע דייג יתר, שגורם להידלדלות באוכלוסיית הדגים והיצורים הימיים ואף גורם להכחדה של מינים שונים ולירידה במגוון המינים החיים בטבע. מצב זה יוצר קונפליקט בין הרצון שלנו, בני האדם, להמשיך את תעשיית הדייג לבין השאיפה שלנו למנוע הכחדה ופגיעה במינים שונים, והתערבות אנושית בטבע. לאור הידלדלות אוכלוסיית הדגים בטבע, והדרישה של בני האדם לדגים כמקור הזנה של חלבון, עולה הצורך לחיפוש אחר דרך חלופית להשיג דגים כמזון לאנושות.

חקלאות המים עשויה להציע פתרון לבעיית הרעב בעולם, ולבעיית הפגיעה האנושית בטבע. היא מפתחת פתרונות יצירתיים לגידול וריבוי דגים ויצורים ימיים בסביבות גידול מלאכותיות, שמחליפים את הדייג הבעייתי, מגדילים את הכמות, ומשפרים את האיכות של הדגים והיצורים הימיים למאכל ולנוי.

כדי לגדל דגים בחקלאות מים נדרש מבני האדם לספק כמות גדולה של מזון עבורם. כיום מתבססת תעשיית הזנת הדגים על קמח דגים, אותו מכינים מדגים ויצורים ימיים אחרים אותם צדים באוקיינוסים. תעשיית קמח הדגים יקרה, וכמות הדגים המשמשת לייצור קמח הדגים רבה ומשפיעה על מארג המזון באוקיינוסים.

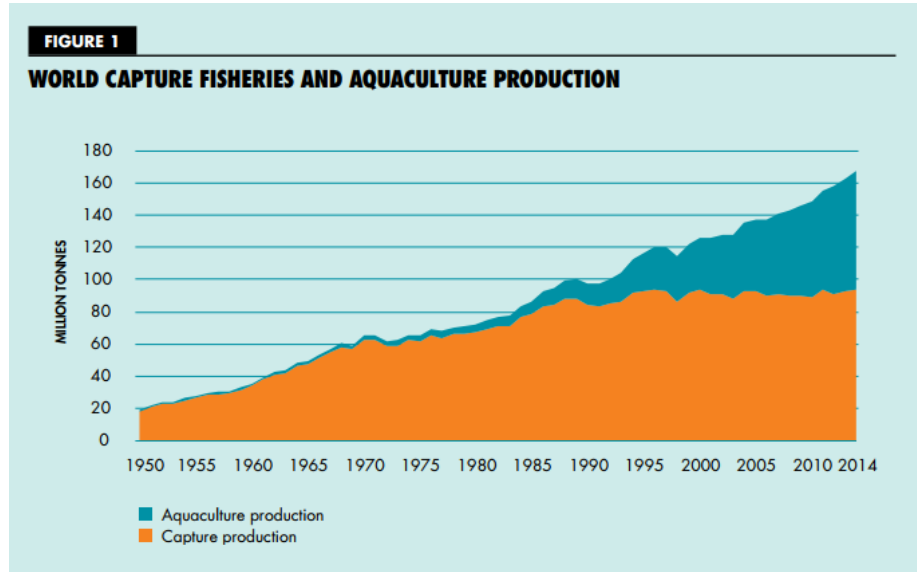
לפיכך, אם ברצוננו להפחית את הפגיעה בסביבה בחקלאות המים, קיים צורך בחיפוש מקור חלבון אחר להזנת דגי מאכל ודגי נוי. מקור חלבון שאינו פוגע במארג המזון וניתן לגדלו בצורה קלה, חסכונית ושאינה מזיקה לסביבה.

בעבודת מחקר זו בדקתי את האפשרות לנצל את רימת זבוב החייל השחור כמקור חלבון חלופי לקמח דגים, בהזנת דגי מאכל. לראשונה, נבדקה האפשרות להעשיר את הרימה בחומרי הזנה ממקור צמחי, כלומר לגדל את הרימות על מצע גידול המועשר באצת ננוכלורופסיס. מאחר והרימה ידועה ביעילותה לפרק חומר אורגני, נבדקה האפשרות להשתמש ברימה ככלי להובלה של חומרי תזונה לדגים, כלומר, שמרכיבים מועילים המצויים באצה ננוכלורופסיס יעברו באמצעות הרימה אל הדג.

## 1.2 סקירת ספרות

### 1.2.1 חקלאות מים

חקלאות מים היא ענף העוסק בגידול, ריבוי וייצור של דגי מאכל, דגי נוי, סרטנים, רכיכות וצמחים, בסביבות חיים מימיות, כדוגמת: נהרות, אגמים, מקווי מים מליחים, ימים ואוקיינוסים. דרך גידול דגי המאכל הענף מספק מקור נוסף לחלבון לאנושות. התפתחותו של ענף חקלאות המים היא המהירה ביותר בתחום ייצור מזון (1).



**איור מס' 1: האיור מציג את תנובת ענף חקלאות המים ואת תנובת ענף הדיג לאורך 64 שנים (2).**

50% מאספקת הדגים העולמית מגיעה מחקלאות המים (1). הענף מהווה מענה לביקוש הרב שיש למוצרי הים כמקור לחלבון חלופי בעקבות הגידול באוכלוסיית העולם, 7.45 מיליארד בני אדם, בעולם כיום (3) והתחזית היא שאוכלוסיית העולם תגדל ותעמוד על 10.2 מיליארד בשנת 2060. למשל, צריכת הדגים בארץ ישראל היא כ-11 ק"ג לנפש בשנה (4). חקלאות המים מגיעה לפתרונות יצירתיים, טכנולוגיים וביולוגיים בייצור דגים בכמויות גדולות. דוגמה לפרויקט גידול דגים בטכנולוגיה גבוהה הוא פרויקט חלוץ לגידול דגים בבריכות של מי ים ביבשה, באזור הערבה. חקלאות מים נותנת חלופה לדייג. לחץ הדייג מתמעט ואוכלוסיית יצורי הים חוזרת וגדלה. לנו, בני האדם יש את האפשרות להנות משפע דגים ויצורי ים בלי לפגוע באוקיינוסים, בימים, ובשאר מקורות המים של הטבע. השפע גדל ובכך הרעב בעולם מתמעט, הגישה לשפע המזון מתאפשרת ונהיית קלה ופשוטה יותר, למדינות בעולם בהם הרעב קשה מאוד. חקלאות המים מגדילה את הקצב וכמות הרבייה, ומשפרת בריאותית את איכות המינים לצורך הזנה של בני האדם. בעקבות זאת הם הופכים עדיפים על פני המינים הגדלים בטבע. בנוסף החקלאות הימית מהווה מקור חלבון נוסף לבני האדם. חקלאות המים באה להטיב עם הטבע הימי והאנושות כולה (5).

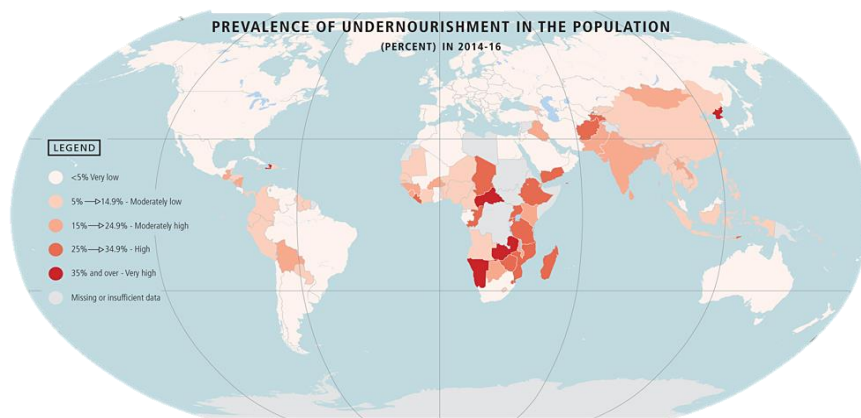
### 1.2.2 ענף הדייג

דיג הוא הפרנסה העיקרית עבור מיליוני אנשים ברחבי העולם. במשך מאות שנים, הימים והאוקיינוסים שלנו כבר נחשבו כשפע בלתי מוגבל של המזון. אך דגים רבים נכחדו או שאוכלוסייתם הידלדלה בעקבות הדייג, מכיוון שהוא נעשה בצורה תעשייתית, בכמויות עצומות ללא בקרה. דייג כזה נקרא דייג יתר. דייג בלבד אינו מספק את הצריכה התזונתית של בני האדם (4).

### 1.2.3 מצב הביטחון התזונתי העולמי

מיליארדי בני אדם מכל העולם מסתמכים על דגים כמקור לחלבון. ביטחון תזונתי (food security) הוא מצב בו לכל האנשים, בכל עת, יש גישה פיזית, חברתית וכלכלית למזון בטוח ומזין מספיק שעונה על הצרכים והעדפותיהם. המושג הוגדר על ידי ועדת האו"ם לענייני ביטחון מזון עולמי.

אחת המטרות של האו"ם היא שעד שנת 2050, העולם יצליח להאכיל 10.2 מיליארד בני אדם. ביקוש למזון יהיה 60% יותר מאשר היום מאחר ואוכלוסיית העולם הולכת וגדלה (6). השגת בטחון תזונתי לתושבים בעולם היא אחת האתגרים החשובים לאנושות, עקב מצב הרעב בעולם כרגע (ראו איור מספר 2).



5%- מאוד נמוך 5%-14.9% נמוך במתינות 15%-24.9% גבוה במתינות

25%-34.9% גבוה יותר מ-35% מאוד גבוה

חסרים נתונים או שאין מספיק

איור מס' 2 : מצב הרעב בעולם לשנת 2015 (7).

### 1.2.4 פרדוקס ההזנה בדגים

המרכיב העיקרי במזון הדגים הוא קמח דגים ושמן דגים. קמח דגים ושמן דגים הם מקור של חלבון מן החיי, חומצות אמינו חיוניות, חומצות שומן אומגה-3, ויטמינים, מינרלים, ואנרגיה (8). הם אינם עוד תוספי מזון בלבד, אלא מרכיב המזון העיקרי עבור הדגים ושאר בעלי החיים בחקלאות הימית. תהליך ייצור קמח הדגים ושמן הדגים מתקיים בכך שספינות מביאות את הדגים למפעלי עיבוד, שם הם עוברים תהליך של בישול, כבישה, (להוצאת השמן) ולאחר מכן, מה שנשאר - מיובש ומשמש לייצור קמח דגים (8).

ענף חקלאות המים הוא הענף שצורך הכי הרבה אספקה של שמן דגים וקמח דגים במגמה עולמית. הוא צורך בימינו כמעט חצי מקמח הדגים, ויותר משלושה רבעים משמן הדגים המיוצרים בעולם. ככל שחקלאות המים של מינים טורפים או אוכלי כל תעלה, כך תעלה גם הדרישה למזונות עבורם. אך קמח דגים ושמן דגים הם משאבים מוגבלים. הם מיוצרים לרוב מדגים פלגיים קטנים כמו אנושבי, סרדינים, שדגים אותם במיוחד לתכלית הזו. אם החקלאות הימית תמשיך להיות תלויה בקמח דגים ושמן דגים כהזנה, קיומה תימצא בסימן שאלה. שינויים בניהול הדיג להפקת מזון, ובמציאת תחליפים למרכיבי מזון הדגים יהוו הפתרונות היעילים ביותר לבעיה. התפוקה העולמית של מזון דגים ב-2003 נאמדה ב-5.19 מיליון טונות. אין זה מפתיע, ברמה העולמית, שקרפיונים – בעלי הנפח הגדול ביותר מתוך תוצרי חקלאות המים – צורכים 45% ממזון הדגים שמיוצר, בעוד שדגי ים (כולל דגים ממשפחת הסלמון) וחסילונים ביחד אחראים ל-31% מהצריכה (8).

### 1.2.5 דג הקרפיון והזנתו

הקרפיון המצוי (*Cyprinus carpio*) הוא מין של דג המגיע ממערכת המיתרנים (Chordata), ממחלקת מקריני סנפיר (Actinopterygii), מסדרת קרפיונאים (Cypriniformes), ממשפחת הקרפיונאים (Cyprinidae) (9).



איור מס' 3: דג הקרפיון (10).

במשפחה זו נכללים מינים רבים של דגי מאכל ונוי. והיא נפוצה מאוד בחקלאות המים הבינלאומית. מקורו של הקרפיון הוא ממרכז אסיה. עם הזמן הוא הופץ ברחבי העולם עקב העובדה שהוא מין שתגלן, ונוח לגידול (11).



איור מס' 4: האזור הכתום מייצג את האזורים בהם הקרפיון מיוצר בחקלאות (12)

בישראל המין השכיח הוא הקרפיון המצוי, המבוית בעל דגם הראי, ישנם מינים נוספים כגון כסיף, קרפיון העשב, קרסיוס, קרפיון שחור, טינקה וקרפיוני נוי למיניהם (13).



הסוג בו נשתמש במהלך הניסוי הוא הקרפיון המצוי שפותח בחקלאות המים בארץ. זהו קרפיון בעל דגם ראוי. הקרפיון עמיד לטווח טמפרטורות מים נמוכות ומסוגל לגדול בטמפרטורות החורף בישראל. טווח טמפרטורות רחב בכלל.

בטבע הקרפיון ניזון לרוב מבעלי חיים קטנים שהוא מלקט מהקרקעית למשל סרטנים קטנים, וחומרי רקב. הקרפיון הוא דג אומניבור (אוכל כל) ויש לו מערכת עיכול ייחודית. אין לו קיבה ממשית ואין לו הפרשה של חומצה כלורית במערכת העיכול. לכן הוא מתקשה בניצול של מקורות זרחן במזונו ובעיכול החלבון ומרכיבי דופן התא במזון.

הקרפיון מנצל ביעילות רמות שומן גבוהות במזון. מערכת הלעיסה שלו מורכבת משיניים פנימיות ומעיים ארוכים בהם מתרחש עיכול החלבון והסיבים. יש לזכור כי במצב בו אין איזון בין החלבון לשומן ופחמימות במזונו הוא נוטה לצבור שומן בבשרו.

מזונו של הקרפיון מאופיין ברמות גבוהות יחסית של שומן וליזין וברמה נמוכה של מרכיבי דופן תא בהשוואה למזונות דג האמנון. הקרפיון מגיב היטב למזונות מעובדים באקסטרוזיה (שיחול) ומנצל טוב יותר את העמילן שבמזון לאחר שעבר עיבוד באקסטרוזיה (14).

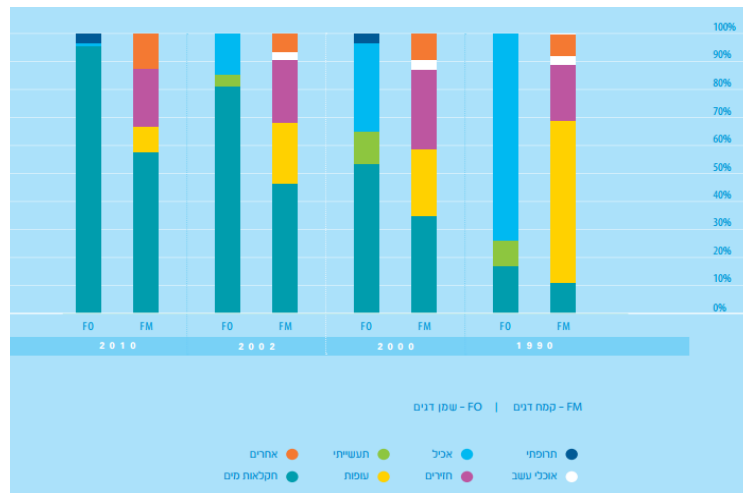
תכולה	מק"ט
צף/שוקע	4994
חלבון (%)	50
שומן (%)	6
רטיבות (%)	10
תאית (%)	2
אפר (%)	13
סידן (%)	3.3
זרחן (%)	1.8
מלח (%)	0.75
מנגן (ג/טון)	45

**איור מס' 5: דרישות ההזנה של הקרפיון בשלב בו גודלו הוא 3-10 גרם היא מזון שוקע, 50% חלבון 6% שומן 2% תאית (פחמימות) ממקור צמחי. זרחן 1.8% ומלח 0.75% (14)**

מק"ט	גודל דג (גרם)	גודל כופתית (מ"מ)	20	25	טמפ' (C°)
4994	2-5	0.1-0.8	7	12	30
	5-10	0.8-1.2	6.5	11	16
	10-15	1.2-1.4	6	10	14

**איור מס' 6: דרישות התזונתיות של הקרפיון בהתייחסות לגורמים ספציפיים: (גודל הדג, הכופתית. טמפרטורה (14)**

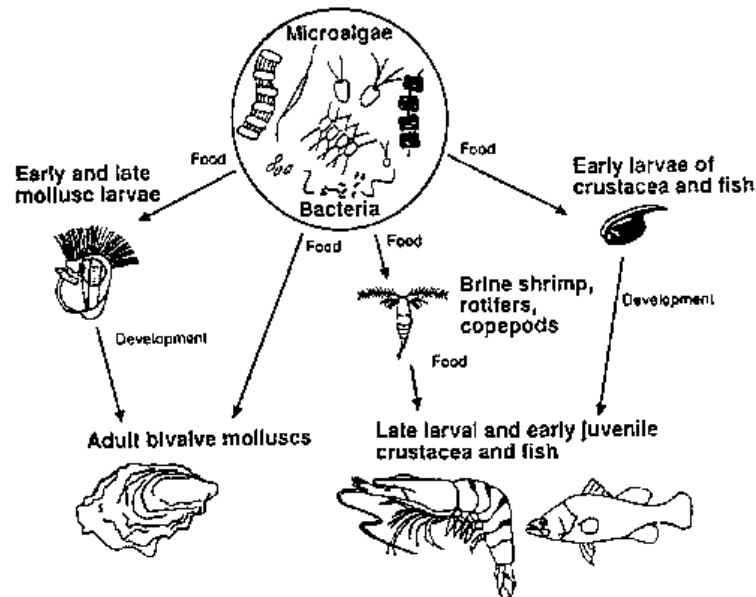
מיני הקרפיון זקוקים למעט קמח דגים ושמן דגים בתפריט שלהם או אינם דורשים אותם כלל. אף על פי כן, הנפח העצום של גידול הקרפיונים בשילוב השימוש הגובר במזונות שמיוצרים באופן מסחרי כדי להשיג קצבי גידול מהירים, מביאים לכך שקרפיונים הם הצרכנים הגדולים ביותר של מזון דגים. מיני דגים אוכלי פגרים, טורפים, או אוכלי כל, פחות צריכים את קמח הדגים ושמן הדגים ביניהם הקרפיון והשפמנונים. כפי שיש לכל היצורים החיים הם לא תלויים מבחינת פיזיולוגית בקמח דגים ובשמן דגים בתנאים של גידול חקלאי. וניתן לספק את צרכיהם התזונתי ממקורות אחרים (8).



איור מס' 7: גרף מגמות בשימוש במלאי העולמי של קמח דגים ושמן דגים בחקלאות המים, מדווח באחוזים מתוך סך ההיצע העולמי (8).

1.2.6 שרשרת המזון

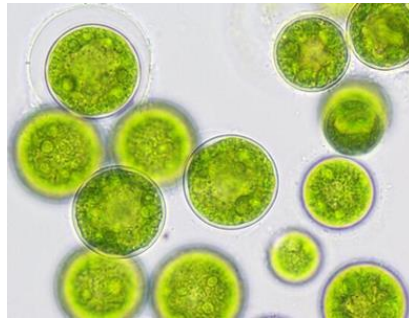
כל היצורים החיים, הניזונים זה מזה, הם חוליות שמצטרפות יחד לשרשרת מזון. וכמו בשרשרת - כל יצור אוכל את מי שנמצא בחוליה שלפניו, ונאכל על-ידי מי שנמצא בחוליה שאחריו. כך חומרים ואנרגיה עוברים מחוליה לחוליה בשרשרת המזון (15).  
ההזנה בחקלאות המים מתבססת על שרשרת מזון (איור 8).



איור מס' 8: שרשרת מזון בחקלאות המים (16).

אצות הן הבסיס בשרשרת המזון בחקלאות המים. מהן ניזונים הרוטיפרים והארטמיות (בעלי חיים מיקרוסקופיים ימיים) שאותם אוכלים הלארוות (שלב ראשוני במחזור חיים של דג) (16).

### 1.2.7 אצת ננוכלורופסיס *Nannochloropsis oculata*



**איור מס' 9: ננוכלורופסיס תחת מיקרוסקופ אור (18).**

ננוכלורופסיס (*Nannochloropsis*) היא סוג של אצה חד תאית, (לא ניתן להבחין בה בלי עזרת מיקרוסקופ אור או אלקטרוניום). היא שייכת למחלקת האצות הירוקות הכוללת 6 מינים

ידועים. המין הנמצא בשימוש בחקלאות המים הוא *Nannochloropsis oculata*. האצה חיה בעיקר בסביבה ימית אך גם בסביבת מים מליחים (17). גודלה כ- 2-3 מיקרומטר (19). האצה גדלה באקלים חם. ישראל מדינה קיצית המתברכת בימים רבים של שמש. לכן גידול אצות מתאים מאוד לאקלים הישראלי. האצה מסוגלת לבנות ריכוזים גבוהים של פיגמנטים כמו זאקסנטין ואסטקסנטין, פיגמנט חשוב להתפתחות מערכת העצבים של הדג, דבר המגביר את פריונו וקצב גידולו (17). האצה נחשבת מבטיחה בשביל יישומים תעשייתיים בגלל יכולתה לצבור חומצות שומן רב בלתי רווי (אומגה 3) (20). בתעשיית החקלאות הימית האצה משמשת להזנה של זחלי רוטיפר (גלילית), כתוסף מזון לבני אדם, ובשביל ייצור דלק ביולוגי (21).

### 1.2.8 חומצות שומן רב בלתי רוויות

חומצות שומן רב בלתי רוויות, אומגה 3, כוללות בתוכן את חומצות השומן DHA (6(n-3): 22) ו-EPA (20: 5(n-3)) החשובות להתפתחות התקינה של דגיגים, ובנוסף חיוניות לבריאותו של האדם כי האדם לא יכול לייצר אותן. המקור של חומצות אילו לבני האדם הוא בעיקר מדגים של מים עמוקים וקרים הניזונים מפלנקטון העשיר חומצות שומן רב בלתי רוויות. חומצות השומן הרב בלתי רוויות, DHA ו-EPA הן ממרכיבי קרום התא, וחומצת ה-DHA חשובה בהתפתחות מערכת העצבים (22).

### 1.2.9 רימות הזבוב החייל השחור *Hermetia illucens*

זבוב החייל שחור (*Hermetia illucens*) שייך למערכת פרוקי רגליים (Arthropoda), מחלקת החרקים (Insecta), סדרת הזבובים (Diptera), משפחת אסטרטיוניים (Stratiomyidae), תת-משפחה Hermetiinae סוג *Hermetia* (איור 3). הזבובים הבוגרים (BSF, black soldier fly) יכולים לחיות רק במשך כמה ימים, הרימות (BSFL) מסוגלות לחיות במשך כמה שבועות, במשך זמן זה הן מסוגלות לצרוך כמויות אדירות של מזון. הרימות משמשות כמקור מזון עבור סוגים רבים של חיות, כולל דגים, ציפורים, זוחלים ודו חיים.

רימת זבוב החייל השחור BSFL מצויה בשימוש נרחב כמזון לבעלי חיים כבר הרבה זמן, וקיים בה הפוטנציאל לשימוש בקנה מידה גדול על בסיס מסחרי. רימת זבוב החייל השחור מפרקת באופן יעיל חומר אורגני וניתן לגדלה על מצעי גידול המכילים חומר אורגני ממקורות שונים (23).



איור מס' 10: רימות זבוב החייל השחור (24).

## 2. מהלך המחקר

### 2.1 שאלות המחקר:

#### הניסוי הראשון:

כיצד ישפיע הרכב מצע הגידול (שיבולת שועל/אצה ננוכלורופסיס) על גידול רימת זבוב החייל השחור?

השערה לניסוי הראשון: הרימות שיגדלו על מצע שיבול שועל המועשר באצת הננוכלורופסיס, יגדלו באותה מידה או טוב יותר בהשוואה לרימות הגדלות על מצע שיבולת שועל בלבד.

נימוק להשערה: הבסיס למצע היא שיבולת השועל והעשרתי אותה במרכיב תזונתי מיטב, האצה ננוכלורופסיס, הכוללת חומצות שומן רב בלתי רוויות (אומגה 3). הרימה מאופיינת בפירוק יעיל של חומר אורגני לכן משוער שתפרק ותנצל גם את האצה המטיבה ותגדל על המצע באותה מידה ויותר בהשוואה למצע שאינו מועשר באצה.

#### הניסוי השני:

כיצד תשפיע ההזנה ברימות שגדלו על מצע מועשר באצת ננוכלורופסיס ובכופתיות המועשרות באצת ננוכלורופסיס על מסה, אורך ושרידה של דגי הקרפיון?

השערה לניסוי השני: הדגים יאכלו את הכופתיות התעשייתיות, הכופתיות המועשרות והרימות. הדגים שניזונו ברימות יגדלו יותר טוב במושגים של מסה ואורך בהשוואה לדגים שניזונו בכופתיות תעשייתיות המבוססות על קמח דגים. דגים שניזונו בכופתיות מועשרות בננוכלורופסיס יגדלו טוב יותר במושגים של מסה ואורך בהשוואה לדגים שניזונו בכופתיות תעשייתיות רגילות.

נימוק להשערה: העשרתי את הרימות בכדי לבדוק האם הן יכולות לשמש ככלי (ווקטור) להעברת חומרי מזון חיוניים כדוגמת חומצות שומן רב בלתי רוויות לדגים. מאחר והרימות ידועות כמפרקות מזון אורגני באופן יעיל שיערתי שיעבירו את חומרי התזונה הקיימים באצה לדג ובכך יטיבו את גידולו בהשוואה לדגים אשר יוזנו בכופתיות תעשייתיות שאינן מכילות את האצה. הזנה בכופתיות מועשרות באצה המטיבה תועיל לגידול הדגים בהשוואה להזנה בכופתיות התעשייתיות. הכופתיות המועשרות באצה מכילה את המרכיב המיטב ומעבירה באופן ישיר את תוספי התזונה, חומצות שומן רב בלתי רוויות, לדג.

### 2.2 מערך הניסוי

#### 2.2.1 המשתנים בניסוי:

##### 2.2.1.1 גידול הרימות

המשתנה הבלתי תלוי: סוג המצע עליו ניזונה הרימה (שיבולת שועל או מצע שיבולת שועל מועשר באצה ננוכלורופסיס).

המשתנים התלויים: אורך, רוחב ומסה של הרימות בסיום 8 ימי הגידול.

הגורמים הקבועים: טמפרטורה, תאורה, מכלים, כמות המזון, כמות וסוג המים, כמות הרימות לכל קילו, אורך ימי הניסוי, אופן הדגום.

2.2.1.2 הניסוי השני. גידול הדגים

המשתנה הבלתי תלוי: הרכב המזון שניתן לדגים. רימות מועשרות באצה ננוכלורופסיס, מזון כופתיות מצופה בננוכלורופסיס ומזון תעשייתי.

משתנים תלויים: אורך, מסה ושרידה של הדגים בניסוי.

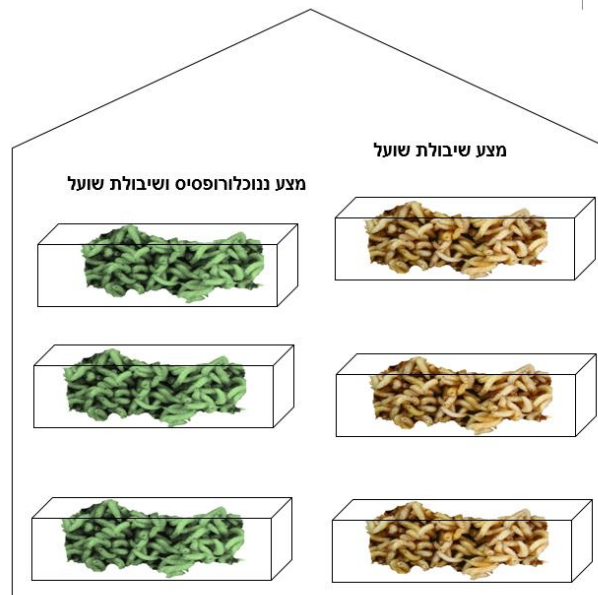
הגורמים הקבועים: גודל הטרריומים, סוג וכמות המים בכל מיכל, מספר הדגים, כמות המזון, מספר מנות ליום, אורך ימי הניסוי, טמפרטורה, נפח המיכלים.

2.2.2 הטיפולים, קבוצות הביקורת, והחזרות בכל ניסוי:

ניסוי ראשון: ניסוי גידול והזנת הרימות

ביקורת: מצע שיבולת שועל ללא הגורם הנבדק (אצת הננוכלורופסיס)- נבחן בשלוש חזרות.

קבוצת טיפול- מצע שיבולת שועל המועשר באצת ננוכלורופסיס- נבחן בשלוש חזרות.



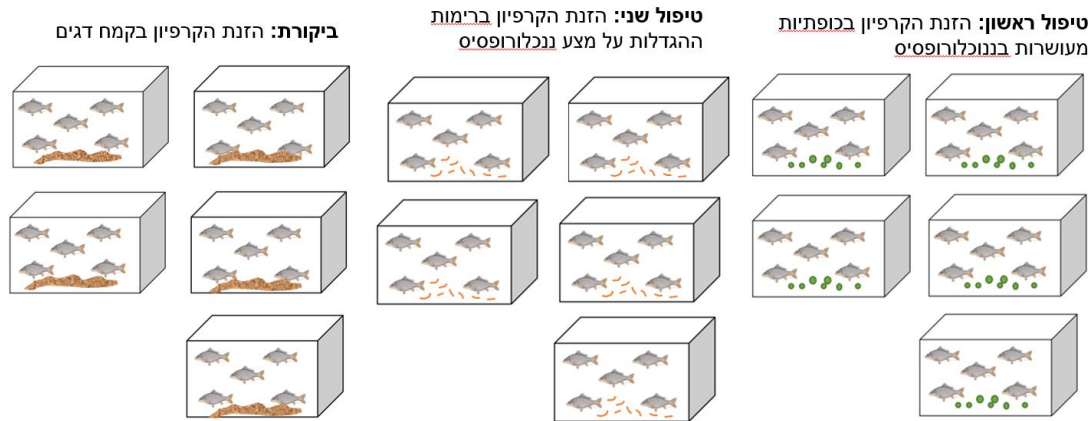
**איור מס' 11: סקינת הניסוי הראשון, גידול הרימות.**

ניסוי שני: הזנת דגים

ביקורת- הזנה בקמח דגים (מזון תעשייתי-כופתיות): חמש חזרות, 5 דגים בכל חזרה.

קבוצה טיפול- הזנה ברימות שגדלו במצע שיבולת שועל עם ננוכלורופסיס: חמש חזרות, 5 דגים בכל חזרה.

קבוצה טיפול- הזנה כופתיות מועשרות באצת ננוכלורופסיס: חמש חזרות, 5 דגים בכל חזרה.



**איור מס' 12: סקיצת הטיפולים של ניסוי הזנת הדגים.**

מדידות הטמפרטורה (ראו נספחים).

### 2.3. מהלך הניסוי

על מנת לבדוק את המסה האורך והשרידה של דג הקרפיון המצוי הניזון מרימות מועשרות באצה ננוכלורופסיס ובמזון כופתיות תעשייתית המועשר באותה האצה, ערכתי שני ניסויים עוקבים:

#### 2.3.1. ניסוי ראשון: גידול הרימות על שני סוגי מצעים.

קיבלתי את הרימות בנות ארבעה ימים מחברת Bio Bee (שדה אליהו). הרימות הוחזקו באותם תנאים. הכנתי את שני מצעי הגידול (ראה שיטות וחומרים). שקלתי את הרימות בחזרות בכדי לקבוע את מסתם.

הוספתי מספר ידוע של רימות (שיטות וחומרים) למצעים. 3 חזרות לכל קבוצת הזנה.

כל חזרה כללה 2000 רימות ל 1 קילו מצע בגובה 3 ס"מ.

הנחתי את הרימות בחממית בתנאים זהים. ניסוי הזנת הרימות ערך 8 ימים.

מצע הננוכלורופסיס היה נוזלי מידי.

לכן חזרה אחת התמוטטה ונותרו שתי חזרות לטיפול ההזנה על מצע מועשר בננוכלורופסיס. לאחר 8

ימי גידול, שקלתי את מסת הרימות (שיטות וחומרים) ואחסנתי אותן במקרר.

קבעתי את מסתם היבשה בכדי לחשב את כמות המזון שעלי להזין את הדגים בטיפול הזנה ברימות

בכדי לקבל אותה כמות הזנה יומית כמו בשאר קבוצות הזנת הדגים.



**איור מס' 14: איכלוס מצעי גידול הרימות**



**איור מס' 13: החממית**

### 2.3.2. ניסוי השני : ניסוי הזנת הדגים

הניסוי היה מורכב מ 5 טרריומים לקבוצת הזנה (5 חזרות) סך הכל 15 טרריומים. בכל מיכל היו 21 ליטר עם מערכת אוורור להחזקת הדגים. לאחר הקמת תשתית של 21 טרריומים סימנתי את הטיפולים (5 טרריומים לטיפול) הוספתי ביופילטר עבודת יד (שיטות וחומרים) ומים ממקור זהה באותו נפח לכל טרריום. לאחר מכן שקלתי את הדגים ומדדתי את אורכם. האיכלוס בוצע באופן אקראי עד שקיבלתי 5 דגים לטרריום. חשבתי את הבימוסה הממוצעת לכל טרריום ולפי הבימוסה חשבתי את כמות המזון היומית (שתי מנות ביום) שצריך להזין בה את הדגים. בכל טיפול הזנתי את הדגים במזון שונה : טיפול ננוכלורופסיס- הזנה בכופתיות מועשרות אצת ננוכלורופסיס. טיפול רימות- הזנה ברימות שגודלו על מצע שיבולת שועל וננוכלורופסיס. טיפול ביקורת- הזנה בקמח דגים, מזון תעשייתי לדגים. לאחר 30 ימי גידול שקלתי את מסת הדגים ומדדתי את אורך הדגים שוב לקבלת תוצאות. ובדקתי את אחוזי השרידה. בניסוי הראשון של הדגים היו מספר תקלות : הדגים נאכלו על ידי חתול, הייתה עליית טמפרטורה באחד מימיי הניסוי וחלק מהדגים קפצו מתוך הטרריומים ולכן הניסוי החל מחדש.



**איור מס' 15 : חזרה אחת בכל אחד מהטיפולים**



## 2.4 שיטות וחומרים

### 2.4.1 ניסוי 1:

קיבלתי את הרימות בנות 4 ימים מחברת Bio Bee.

#### הכנת המצע

##### א. הכנת מצע שיבולת שועל

- ערבבתי 2000 מיליליטר של שיבולת שועל עם 1400 מיליליטר מים.
- טחנתי בעזרת מיקסר ידני עד שקבלתי משחה. אסור שהמצע יהיה רטוב. המצע צריך להיות לח ולא יבש.
- שקלתי 1000 מיליגרם של מצע
- וידאתי שהמצע משחתי
- העברתי לכלי פלסטיק 20.20x
- וידאתי שגובה המצע הוא 5 ס"מ
- סימנתי את הכלי
- הנחתי בחממית

##### ב. הכנת מצע שיבולת שועל וננוכלורופסיס

- ערבבתי 2000 מיליליטר של שיבולת שועל עם 1400 מיליליטר מים.
- טחנתי בעזרת מיקסר ידני עד שקבלתי משחה. אסור שהמצע יהיה רטוב. המצע צריך להיות לח ולא יבש.
- שקלתי 1000 מיליגרם של מצע
- וידאתי שהמצע משחתי
- העברתי לכלי פלסטיק 2020x
- שקלתי 800 מיליגרם שיבולת שועל
- ערבבתי של 100 מיליליטר ננוכלורופסיס עם שיבולת השועל
- סימנתי את הכלי עד 5 ס"מ
- הנחתי בחממית

#### אופן הכנת הרימות לפני ההזנה של הקרפיון-

ייבשתי חלק מהרימות במכשיר שנקרא "citizen" (שיטות וחומרים). לאחר הייבוש משקלן היה 0.046. והיה בהן 78% לחות.

כשנתתי את הרימות לדגים נתתי כמות פי שלוש כפיצוי על הלחות.

שאר הרימות נשמרו במקרר.

אכלוס רימות

קביעת מסה ממוצעת של רימה.

- ספרתי 50 רימות בשלוש חזרות
- הנחתי על כלי שמסתו ידוע
- שקלתי את מסת הרימות וחלקתי ל-50

#### שקילת הרימות:

מאחר ולא ניתן למדוד מסה של רימה אחת, בגלל דיוק המשקל (הוא לא מספיק רגיש- ראה שיטות וחומרים) מתוך הנתונים שהתקבלו עשיתי ממוצע וחישוב למסה של רימה אחת.

- לאחר קביעת מסה ממוצעת לרימה חשבתי מסה של 2000 רימות
- שקילה בכלי שמסתו ידוע
- אכלוס על מצע לח עד 5 ס"מ, קביעת 2000 רימות על פי המסה המייצגת 2000 רימות לפי החישוב שפורט למעלה. איכלוס 2000 רימות ל-1 קילוגרם מצע
- רישום ברור על הכלי הכולל את התאריך הטיפול מסת הרימות, מספר הרימות והרכב המצע
- הנחה בחממית

#### 2.4.2 ניסוי 2:

#### הכנת ביופילטרים:

ישנו פילטר ביולוגי בכל אחד מהמכלים שהכנו בעבודת יד. מטרתו הייתה לטפל באמוניה שנוצרה באקוואריומים.

הפילטר מורכב מבקבוק פלסטיק בו הכנסנו שכבה של טוף (סלעים) בעל שטח פנים מאוד גדול שימשם לאכלוס החיידקים שיהוו את הפילטר הביולוגי ויטפלו באמוניה ובניטריט (חומר רעיל שנוצר מהפרשות ומזון באקווריום), ושכבה של אקרילן שתלכוד את החלקיקים המרחפים במים.



**איור מס' 16. ביופילטר 17 ליטר: איור מס' 17: ביופילטר עבודת יד**

#### שיטת השקילה ומדידת האורך הסטנדרטי

הדגים עברו שקילה ומדידה. שמתתי את הדגים בדלי ליד השולחן בו עבדתי, על השולחן שמתתי את המשקל ולצידו סרגל. על המשקל הנחתי מיכל קטן עם מים ואיפסתי את המשקל. כל פעם הכנסתי דג

למיכל שקלתי אותו, מדדתי את אורכו בסרגל וכתבתי את הנתונים בטבלה, (נספחים) רשמתי את האורך הסטנדרטי שהוא מדידה מקצה הראש עד תחילת הזנב.

### שיטת האכלוס:

איכלוס אקראי, 5 דגים לטרריום.

### אופן ההזנה: דגי הקרפיון הוזנו בשתי מנות שוות כל יום.

- חישוב אחוז מזון יומי: 6% מהביומסה לטרריום. חישוב הביומסה. הביומסה היא סכום המסה של כל הדגים שהיו בטרריום אחד.
  - טיפולי ההזנה ברימות קיבלו 20% מנה של רימות ו-80% מזון רגיל על פי המלצת המגדל מחברת Bio Bee.
  - מדידת השרידה בסיום הניסוי. נספרו כל הדגים בכל טרריום.
  - מדידת טמפרטורה: הטמפרטורה נימדדה יום ולילה במכשיר ניתור טמפרטורה אלקטרוני (מכשיר אינשטיין של חברת פוריה).
- הביקורת משותפת לשני הטיפולים. בה היו חמישה דגים, שהוזנו בקמח דגים. כל הדגים בכל המכלים הוזנו ב-6% מהביומסה שלהם ביום ולאחר שבועיים ירדנו ל-4% כי ראינו שרמת האמוניה הייתה גבוהה והמיכלים נראו עכורים.

### אופן הכנת המזון המצופה בנוכלורופסיס:

הכופתית מורכבת מ-1.3% אצת ננוכלורופסיס של חברת "Reed".  
אופן ההכנה והכופתות:

300 גרם של מזון קפריון 2 מ"מ (שוקע) עורבב עם 20 מ"ל של אצת ננוכלורופסיס, 10 מ"ל שמן קנולה ו-10 מ"ל מים.

לאחר ציפוי הכופתיות באצה, הונח המזון על מגש שטוח ל-24 שעות במקרר לפני תחילת ההזנה. צבע המזון היה ירקרק בדומה לצבע האצה הירוקית ננוכלורופסיס.

### המזון התעשייתי: הזנה בקמח דגים

קמח דגים fish meal, וקמח סויה - כופתיות תעשיות של 2 מ"מ.

### 2.4.3 שיטות המדידה

המשקל בו שקלתי את הדגים:

Capacity: 2000gx0.1g



**איור מס' 18: משקל נייד קטן**

מכשיר ייבוש בו ייבשתי את הרימות :

citizen מסוג



**איור מס' 19: מכשיר citizen בו ייבשתי את הרימות**

המשקל בו שקלנו את המזון ואת הרימות :

e-Accura

capacity 600g, div 0.01g.



**איור מס' 20: משקל שולחני**

2.4.4 חומרים

שיבולת השועל בה השתמשתי למצע גידול הרימות :

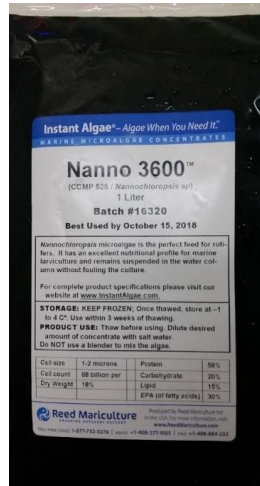
שיבולת שועל דקה של חברת "שקדיה" היוותה מצע תזונה לניסוי הרימות.



**איור מס' 21: שיבולת שועל דקה**

אצות הננוכרולורפסיס בה השתמשי למצע גידול הרימות ולהכנת כופתיות הננו :

אצות ננוכלורופסיס קפואות של חברת Reed mariculture הוסף כתוסף תזונה למצע הרימות.



**איור מס' 22: אצות ננוכלורופסיס**

2.5 תיאור תמציתי של החומר החי : דג הקרפיון

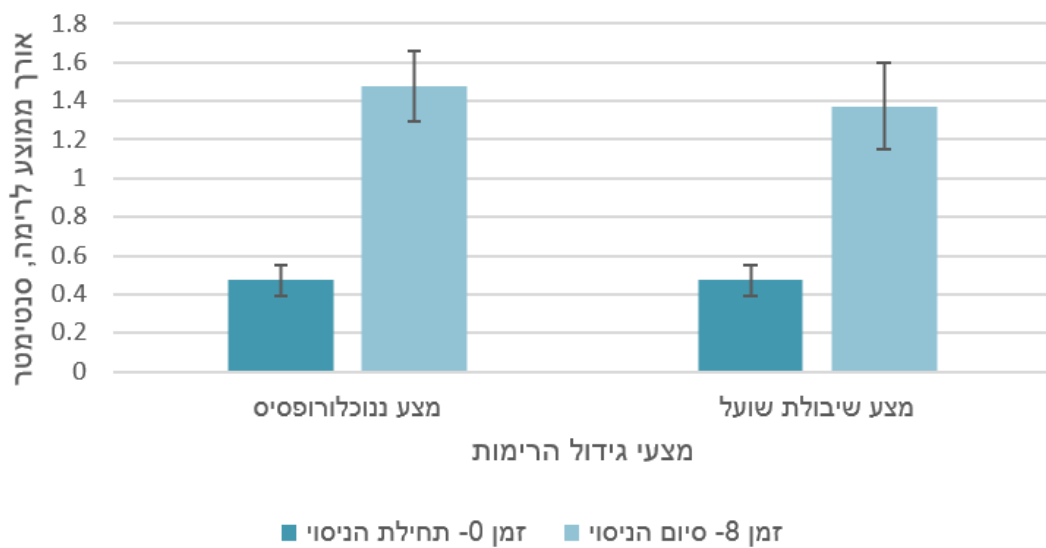
תיאור של קרפיון המצוי. הגיע מהמדגה של ממעגן מיכאל, באותו יום, הוחזק כשבוע לפני הניסוי בחממה באותם תנאים (איור 23).



איור מס' 23: דגי הקרפיון מאוכלסים במיכלים

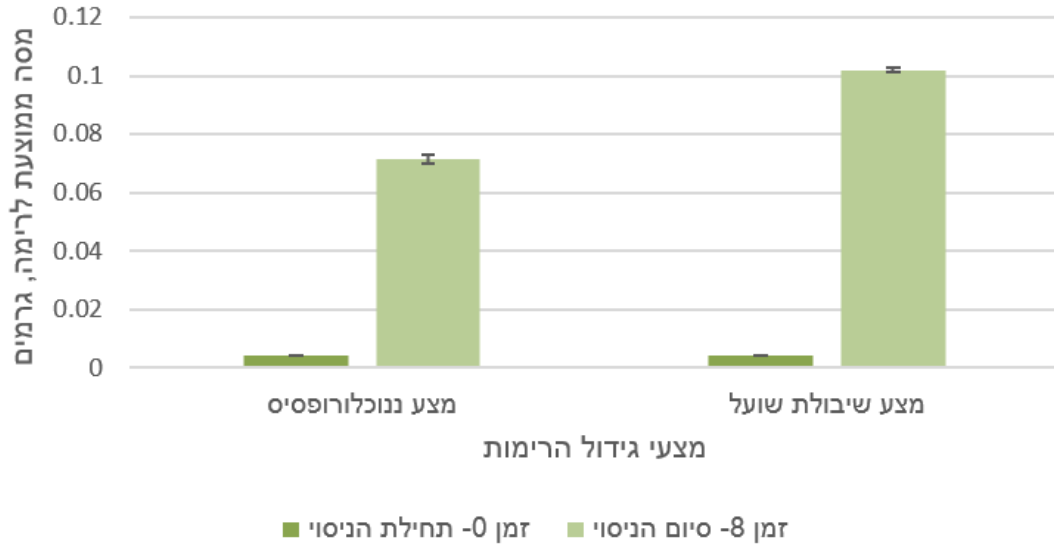
### 3. תוצאות

#### 3.1 ניסוי מספר 1.



**גרף מס' 1 – הגרף מציג את השפעת סוג המצע עליו גדלו הרימות על אורך הממוצע של רימה לאחר 8 ימי גידול**

תוצאה: ניתן לראות כי אין הבדל משמעותי באורך הממוצע של רימה בין הטיפולים, מצע שיבולת שועל לעומת מצע מועשר בננוכלורופסיס, מכיון ששטיית התקן גדולה יחסית בשתי קבוצות ההזנה.



**גרף מס' 2 - הגרף מציג את השפעת מצע הגידול של הרימות על המסה הממוצעת לרימה לאחר 8 ימי גידול**

ניתן לראות שהמסה הממוצעת לרימה שגדלה במצע שיבולת שועל גדולה באופן משמעותי בהשוואה למסה ממוצעת לרימה שגדלה במצע שיבולת שועל מועשר באצה ננוכלורופסיס. סטיות תקן קטנות מעידות על הבדל קטן במסת הרימות בתוך הטיפול והבדל משמעותי במסה הממוצעת של הרימות בין הטיפולים.

גוון הרימות בשני מצעי הגידול:

הרימות שגדלו על מצע שיבולת שועל מועשר בננוכלורופסיס היו ירקקות (איור 27). הרימות שגדלו על מצע שיבולת שועל היו בגוון חום בהיר (איור 26). הצבע של הרימה דומה למצע עליה היא ניזונה. הצבע הירוק של הרימות מעיד על כך הרימות אכן ניזונו מהמצע המועשר בננוכלורופסיס (אצה ירוקית).



**איור מס' 24: הרימות לפני הניסוי**



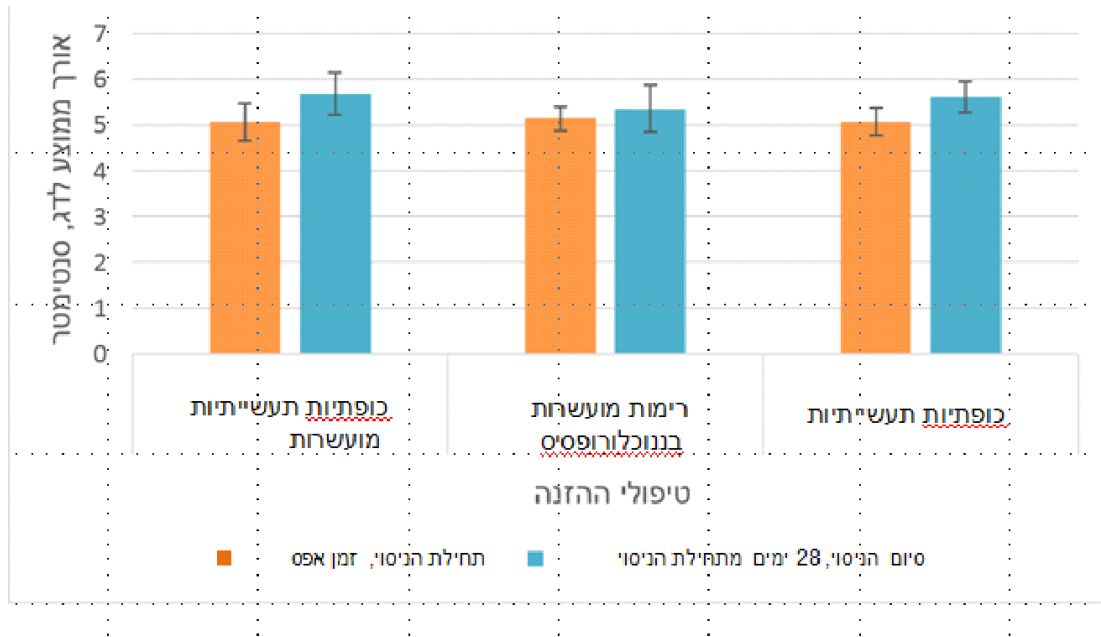
**איור מס' 25: הרימות לאחר שגדלו על מצע שיבולת שועל (ביקורת)**



**איור מס' 26: הרימות לאחר שגדלו על מצע ננוכלורופסיס**

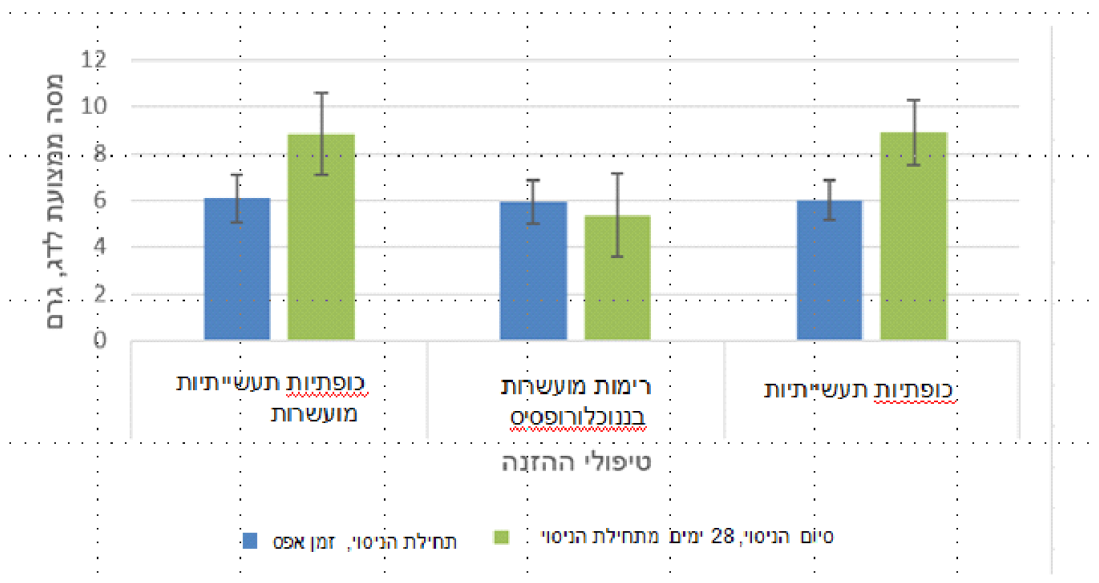


### 3.2 ניסוי מספר 2



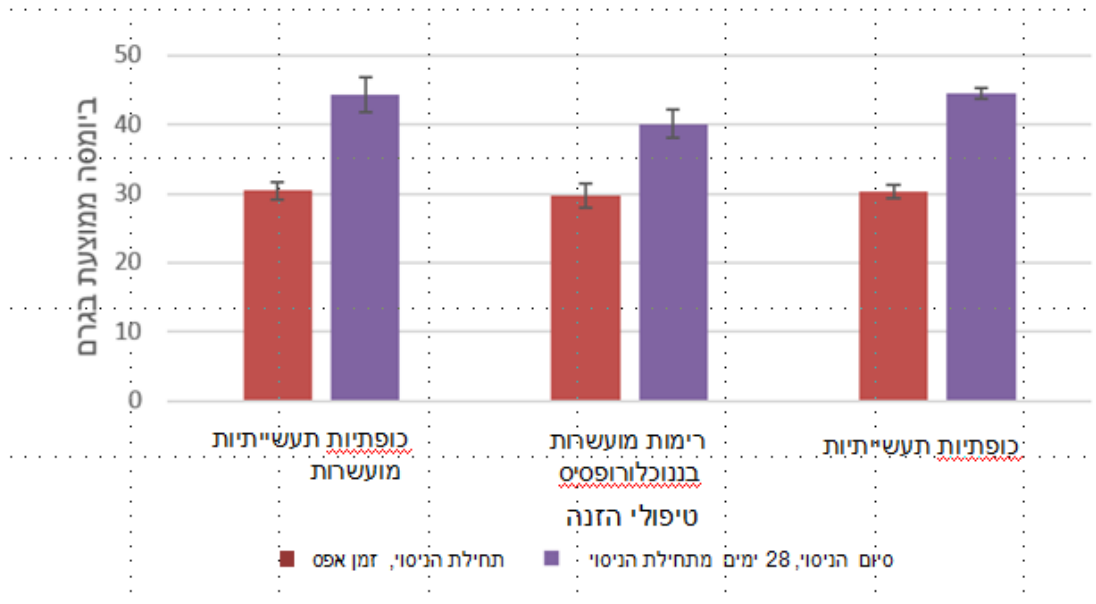
גרף מס' 3- הגרף מציג את השפעת סוג המזון שבו הוזנו הדגים על אורך ממוצע לדג לאחר 28 ימי גידול

אין הבדל משמעותי באורך הממוצע של הדג בין הטיפולים השונים בתחילת ובסיום הניסוי. סטיות התקן יחסית גדולות וחופפות זו את זו ומשקפות הבדל לא משמעותי בין הטיפולים והבדלים יחסית גבוהים באורך הדג בתוך כל טיפול.



גרף מס' 4- הגרף מציג את השפעת סוג ההזנה על מסה ממוצעת של דג בתחילת ובסיום הניסוי

אין הבדל משמעותי במסה הממוצעת של הדג בין הטיפול שהועשר באצה נוכלורופסיס (כופתית מועשרת) לבין טיפול הביקורת שהוזן במזון התעשייתי הרגיל (כופתיות תעשייתיות). סטיות התקן יחסית גדולות וחופפות זו את זו ומשקפות הבדל לא משמעותי בין טיפול העשרה בנוכלורופסיס לבין הביקורת. קיים הבדל במסה הממוצעת לדג בטיפול שהוזן ברימות בהשוואה לטיפולים האחרים. המסה הממוצעת נמוכה יותר בטיפול שהוזן ברימה המועשרת. למרות סטיות התקן הגבוהות ההבדל נראה מובהק ואינו חופף לגמרי את סטיות התקן בקבוצות טיפול אחרות.



**גרף מס' 5- הגרף מציג את השפעת סוג ההזנה על הביומסה הממוצעת של דג בתחילת ובסיום הניסוי**

אין הבדל משמעותי בביומסה הממוצעת של הדג בקבוצת הדגים שניזונה בטיפול שהועשר באצה נוכלורופסיס בהשוואה לביקורת שהוזנה במזון התעשייתי הרגיל. סטיות התקן יחסית קטנות ומעידות על כך שאין הבדל משמעותי בין שתי הקבוצות. קיים הבדל בביומסה הממוצעת לטיפול בטיפול שהוזן ברימות בהשוואה לטיפולים האחרים. המסה הממוצעת נמוכה יותר בטיפול שהוזן ברימה המועשרת. סטיות התקן נמוכות מעידות שההבדל נראה מובהק.

## 4. דיון ומסקנות

### 4.1 ניסוי ראשון : גידול הרימות

#### דיון

רימות זבוב החייל השחור גדלו בחממית על מצע שיבלת השועל ועל המצע המועשר באצה ננוכלורופסיס. המסה של הרימות שגדלו במצע המועשר בננוכלורופסיס הייתה נמוכה באופן משמעותי (סטיות התקן היו קטנות, גרף 2) בהשוואה למסה של הרימות שגדלו על שיבולת שועל בלבד. תנאי הגידול של הרימות שגדלו על המצע המועשר בננוכלורופסיס לא היו מיטביים לרימה ואף חזרה אחת מבין שלושת החזרות של טיפול זה התמוטטה. זוהי הפעם הראשונה שנבחן גידול של רימות על מצע מועשר בננוכלורופסיס בניסוי מבוקר. הסיבה לתוצאה היא לדעתי הלחות הרבה של האצה ננוכלורופסיס שהוספה למצע שיבולת שועל בצורה של נוזל ולא בצורה של אבקה. הצבע של הרימה שגדלה על המצע שהכיל ננוכלורופסיס היה שונה מצבעה של הרימה שגדלה על שיבולת שועל. צבען היה ירקרק כצבע המצע. ממצא זה יכול להעיד על תכולת מערכת העיכול של הרימה. הרימה ניזונה על המצע ננוכלורופסיס ומכילה את האצה במערכת העיכול (איור מס' 22). הרימה "נטענה" באצה המיטיבה ויכולה להעבירה לדג בעיקרון של שרשרת המזון בטבע. הרימה אכלה את האצה והרימה המכילה את האצה במערכת העיכול (לא ידוע אם עיכלה את האצה) יכולה להעביר את האצה לדג. תוצאה זה מחזקת את האפשרות להשתמש ברימות ככלי להעברת חומרי תזונה חיוניים לדגים ואף תרופות.

#### המלצות

ההמלצה היא לגדל בניסויי ההמשך את הרימות על מצע המועשר בננוכלורופסיס שעבר ייבוש. הרימות אינן מותאמות למצע לח מעל ל 60% לחות. ניתן גם להוסיף פחות מים למצע הבסיסי של שיבולת השועל לפני הוספת הננוכלורופסיס בכדי שהמצע לא יהיה לח מידי (שיטות וחומרים). בהכנת המצע לרימות אני ממליצה לשים אצת ננוכלורופסיס בצורה של אבקה ולא בצורה של נוזל. אני ממליצה לבדוק את התוכן של הרימה הגדלה על מצעים השונים שתתבצע על ידי חומר שניתן לעקוב אחריו ואפשר אומדן כמותי של מידת ההטענה של חומרי תזונה במערכת העיכול של הרימה. בנוסף אני ממליצה לערוך מעקב מדויק יותר, לתעד את הרימות במהלך ימי הניסוי. לראות מתי החל להראות צבע ירוק בגופן ובאיזו גודל. ולבדוק את תכולת הרימה במעבדה במספר נקודות זמן במהלך הגידול.

### 4.2 ניסוי שני : הזנת דגים

#### דיון

הדגים הוזנו בשלוש קבוצות הזנה שכללו שני טיפולים וביקורת. בטיפול הראשון הדגים הוזנו ברימות שגדלו על מצע שהועשר באצה ננוכלורופסיס. בטיפול השני הדגים גדלו בכופתיות מועשרת באצה ננוכלורופסיס ובטיפול ביקורת ההזנה היתה במזון תעשייתי מבוסס על קמח דגים. נצפתה אכילה של הרימות והכופתיות השונות על ידי הדגים בטיפולים וביקורת.

טיפול העשרה של הכופתיות התעשייתיות באצה ננוכלורופסיס :

בטיפול זה בדקתי את השפעת תוספת במזון של האצה ננוכלורופסיס, בריכוז 1.3%, על מסת ואורך הדג ללא שלב ההזנה ברימות, "תיווך" הרימות, בין האצה לדג. טיפול זה בוצע בכדי לבדוק את ההשפעה הישירה של האצה על גידול הדג. בניגוד להשערה הראשונית לניסוי לא נמצא הבדל משמעותי במסה ובאורך הממוצע של הדג בין הטיפול שהועשר באצה ננוכלורופסיס לבין הביקורת שהוזנה במזון התעשייתי הרגיל (גרף 3,4). סטיות התקן יחסית גדולות וחופפות זו את זו ומשקפות הבדל לא משמעותי בין טיפול העשרה בננוכלורופסיס לבין הביקורת. שיערתי שהעשרה באצות שכוללות חומצות שומן רב בלתי רוויות תטיב בגידול הדגים. ומצאתי שלא היה יתרון בתוספת של 1.3% אצת ננוכלורופסיס במזון התעשייתי לגידול הדגים. ייתכן ויש יתרון באיכות הדג מבחינת הרכב חומצות השומן ברקמותיו. מאחר ודג קרפיון המצוי מהווה דג מאכל שכיח זהו יתרון בריאותי משמעותי להזנת בני האדם.

טיפול הזנה ברימות שגדלו על מצע מועשר בננוכלורופסיס :

במהלך הזנת הדגים ראיתי שהדגים ניזונו מהרימות. בהשוואה לטיפולים האחרים, הדגים גדלו פחות טוב בטיפול זה. למרות התוצאה שהרימות ניזונו מהאצה ונהפך צבען לירוק כצבע האצה, לא השפיעה ההזנה ברימות על המסה של הדג. התוצאה של הטיפול בכופתיות מועשרות בננוכלורופסיס מחזקת את התוצאה שהדגים לא הושפעו מהאצה שהובאה לדג דרך הרימה. המסה והאורך הממוצעים לדג בטיפול שהוזן ברימה המועשרת בננוכלורופסיס נמוכים יחסית מהטיפולים האחרים. למרות סטיות התקן הגבוהות, אני מסיקה בזהירות רבה, שההבדל נראה משמעותי למרות שאינו חופף לגמרי את סטיות התקן בקבוצות טיפול אחרות. ייתכן שכמות הרימות לא הייתה מספקת להזנת הדג כי אחוזי הלחות ברימות היוו את רוב המסה של הרימות. ולכן יתכן ולא סופקה הדרישה התזונתית של הדג. היה צריך כנראה להזין בכמות יותר גדולה של רימות שתפצה על אחוזי הלחות שלהן או לייבש את הרימות. תוצאה זו אינה פוסלת את היכולת של הרימה להיות כלי להעברת חומרי תזונה לדגים מאחר וגם בטיפול שכלל את חומר התזונה, ננוכלורופסיס, ללא "תיווך" הרימות לא קיבלתי הבדל בגידול בהשוואה לביקורת. ייתכן וחומר התזונה בריכוז הנכחי אינו מהווה יתרון בגידול דג הקרפיון המצוי.

#### המלצות :

לאור התוצאות אני ממליצה לניסוי המשך להזין בכמות גדולה יותר של רימות את הדגים ולייבש את הרימות בשביל שהלחות לא תכיל את רוב המסה של הרימה בהזנה של הדג ובכך תפחית את ההשפעה של התכולה האחרת כגון חמרי תזונה ברימה.

המלצה לחתוך את הרימות לחלקים קטנים מכיוון שבטיפול ההזנה ברימות, הדגים תחילה לא אכלו את הרימות בשלמותן, ורק לאחר שחתכנו את הרימות, הדגים אכלו את הרימות. חשוב לדעתי לערוך לעתיד במקביל לניסוי המדעי גם חישוב כלכלי המעריך את עלות הגידול של הרימות.

המלצה נוספת להכין כופתיות שוקעות. דג הקרפיון בטבע רגיל לתור את מזונו בקרקעית לכן מזון שוקע מוצלח יותר מהמזון הצף. בניסוי הראשוני שלא צלח הדגים הוזנו במזון צף וסרבו לעתים לאכול לעומת בניסוי השני בו המזון היה שוקע והדגים אכלו היטב.

אני ממליצה לבדוק את הרכב רקמות הדג מבחינת חומצות שומן רב בלתי רוויות חיוניות בכדי לבחון את איכותו הביוכימית.

### 4.3 סיכום

בעבודה זו בדקתי את ההשפעה של הזנת דג הקרפיון ברימות שגדלו על מצע ננוכלורופסיס ובכופתיות המועשרות באצה.

מצאתי כי ניתן לגדל את דגי הקרפיון בשני סוגי מרכיבי ההזנה האלו. בשני הטיפולים הדגים גדלו ושרידתם גבוהה. מסת הדגים שהוזנו ברימות המועשרות היה נמוך יותר מקבוצות ההזנה האחרות. ממצאים אלו חשובים לאתגר חיפוש מקור חלופי לחלבון להזנת דגים ולשימוש ברימות ככלי להובלת חומרי תזונה לדגים.

על בסיס התוצאות אני ממליצה על מספר כיווני מחקר. להמשך מחקר בתחום גידול הרימות אני ממליצה לגדל את הרימות על מצע פחות לח (>60%), אמליץ לבדוק את תוכן הרימה הגדלה על המצעים השונים בנקודות זמן שונות בזמן הניסוי בכדי לקבל אומדן כמותי על מידת הטענה של חומרי התזונה במערכת העיכול של הרימה, ובנוסף אמליץ לעקוב באופן מדויק על התפתחות הצבע ברימה בכדי למצוא קשר חזותי בין הצבע ורמת ההטענה של הרימה בחומרי תזונה. למחקר המשך לניסוי 2 ניסוי הזנת הדגים, אמליץ להכין לניסויים הבאים כופתיות מהסוג השוקע, בגודל קטן, חתוך לחלקים קטנים ולתת כמות גדולה יותר של רימות לגרם דגים, אחוז יותר גבוה מהביומסה, ולייבש אותן לפני ההזנה כדי שהלחות לא תכיל את רוב נפח ההזנה.

## 5. תודות

תודה רבה לסיגל לוצקי, על הליווי הצמוד לאורך כל הדרך מתחילתה ועד סופה. על העזרה, הייעוץ, השעות, ההנאה, הלימוד ובעיקר על הזכות לעבוד איתך במשך שנה וחצי.

תודה רבה לנועם גבע והחממה האקולוגית עין שמר על הזדמנות לעבוד דרך החממה, על העזרה והתמיכה לאורך כל הדרך.

תודה רבה ליאיר מיודוסר ולנעם ברעם על האכלת הדגים והעזרה בכל הנדרש להצלחת הניסוי.

תודה רבה לחברת BioBee- תם כץ, על תרומת הרימות לניסוי.

תודה רבה לחברת לטימריה- גלעד הייניש, על העזרה והייעוץ המקצועי.

תודה רבה למעגן מיכאל- בועז גינזבורג, על תרומת הדגים לניסוי.

מעריכה את עזרתכם מאוד.

**6. נספחים**

**נספחים רימות :**

**נספח 1- אורך הרימות לפני הניסוי (מילימטרים) :**

תאריך	זמן מתחילת הניסוי	חזרות	אורך	אורך בקור
0 31.1.2017	1	1	6	5
0	2	2	4	5
0	3	3	5	5
	4	4	4	5
	5	5	3	4
	6	6	4	5
	7	7	5	5
	8	8	5	5
	9	9	6	6
	10	10	5	6
	11	11	5	5
	12	12	4	5
	13	13	5	4
	14	14	5	4
	ממוצע		4.71428571	4.928571

**נספח 2- מסת הרימות לפני הניסוי :**

תאריך	זמן מתחילת חזרות	מספר רימות	משקל הכלי	משקל כללי, גרם	משקל רימות	משקל הרימה בגרם
0 31.1.2017	1	50	7.86	8.06	0.2	0.004
0	2	50	7.83	8.05	0.22	0.0044
0	3	50	7.64	7.85	0.21	0.0042
			ממוצע			0.0042

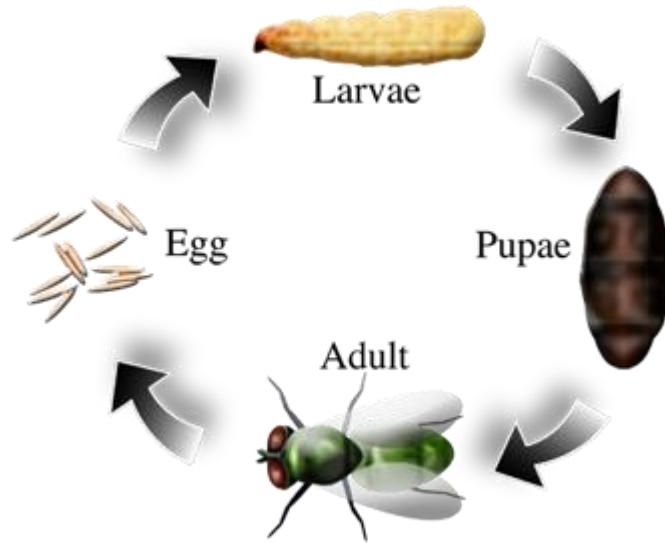
**נספח 3 - אכלוס הרימות במצע :**

מצע שיבולת	מצע, גרם	מספר רימות	משקל כללי רימות במצע	תאריך	זמן לתחילת הניסוי
	883	1766	7.4172	0 31.1.2017	
	1000	2000			

**נספח 4 : אורך ורוחב הרימות לאחר הניסוי (סנטימטרים) :**

1	ננו 1 אורך	ננו 1 רוחב	ננו 3 אורך	ננו 3 רוחב	ש.ש 4 אורך	ש.ש 4 רוחב	ש.ש 5 אורך	ש.ש 5 רוחב	ש.ש 6 אורך	ש.ש 6 רוחב
1	1.5	0.5	1.5	0.5	1.6	0.5	1.8	0.5	1.6	0.5
2	1.4	0.5	1.2	0.3	1.6	0.5	1.7	0.5	1.7	0.5
3	1.4	0.5	1.3	0.4	1.1	0.4	1.6	0.4	2	0.6
4	1.5	0.5	1.5	0.4	1.4	0.5	1.6	0.5	2	0.6
5	1.5	0.5	1	0.3	1.5	0.5	1.4	0.4	1.8	0.5
6	1.4	0.3	1.5	0.5	1.4	0.3	1.4	0.4	1.5	0.5
7	1.5	0.5	1.7	0.5	1.5	0.5	1.5	0.4	1.4	0.4
8	1.5	0.5	1.2	0.4	1.3	0.5	1.7	0.5	1.6	0.5
9	1.3	0.4	1.2	0.3	1.1	0.3	1.6	0.3	1.3	0.4
10	1.3	0.4	1.8	0.5	1.4	0.3	1.6	0.5	1.5	0.4
11	1.5	0.5	1.1	0.3	1.5	0.4	1	0.4	1	0.5
12	1.5	0.4	1.5	0.4	1.4	0.5	1.4	0.5	1.2	0.3
13	1.5	0.5	1.2	0.5	1	0.3	1.4	0.4	1.5	0.5
14	1.3	0.3	1.1	0.2	1.5	0.5	1.4	0.4	1.4	0.3
15	1.2	0.4	1.1	0.2	1.5	0.4	1.5	0.5	1.5	0.3
16	1.2	0.4	1.1	0.2	1.5	0.4	1.5	0.5	1.5	0.3

נספח 5 : מסלול חיי הרימה :



נספחים דגים :

נספח 6 : אורך ומסת הדגים לפני הניסוי :

מיל	מס הדג	מסה	אורך	ממוצע אורך	ממוצע מסה	ביו מסה	4%
1							
2	נוו 1	1	6.82	5			
3		2	3.7	4.5			
4		3	7	5.5			
5		4	6.05	5			
6		5	8.5	5.5	6.414	32.07	1.2828
7	נוו 2	1	5.9	4.7			
8		2	6.15	5			
9		3	7.4	5.5			
10		4	7.2	5.5			
11		5	4.6	5	6.25	31.25	1.25
12	נוו 3	1	5.9	5.5			
13		2	5.4	4			
14		3	6	5			
15		4	7	5.5			
16		5	4.6	5	5.78	28.9	1.156
17	נוו 4	1	5.7	5			
18		2	6.4	5.5			
19		3	6.71	5			
20		4	6	5.5			
21		5	4.7	4.4	5.902	29.51	1.1804
22	ביקורת 1	1	6.15	5.5			
23		2	7.4	5.5			
24		3	6.1	5			
25		4	6.5	5.5			
26		5	5.5	5	6.33	31.65	1.266
27	ביקורת 2	1	7.5	5.5			
28		2	5.15	4.5			
29		3	5.7	5			
30		4	7	5.5			
31		5	4.7	5	6.01	30.05	1.202
32	ביקורת 3	1	5.9	5			
33		2	6.5	5			

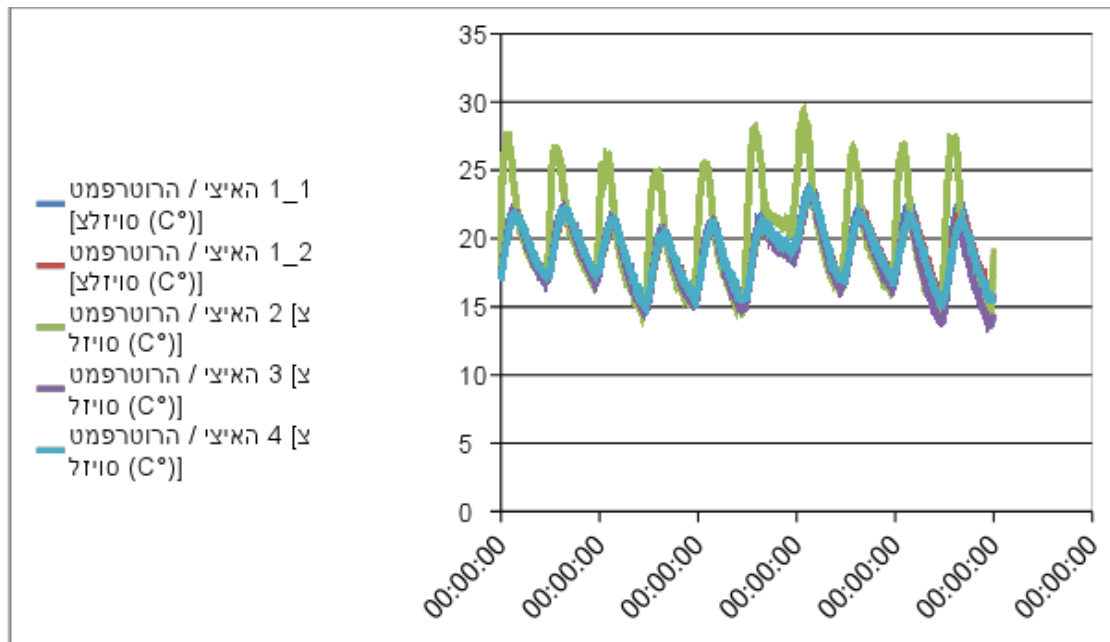




									5.5	7.2	3	34
									4.5	5.5	4	35
					1.192	29.8	5.96	5	5	4.7	5	36
									5	5.6	1	ביקורת 37
									5.3	6.9	2	38
									5	6.4	3	39
									4.5	5.13	4	40
					1.1572	28.93	5.786	4.96	5	4.9	5	41
									5.5	6.3	1	רימות 1 42
									5.5	7.8	2	43
									5	7	3	44
									5.5	6.6	4	45
	ברגיל:								5	4.5	5	46
	1.0304	0.23734	מוצע:	0.2576	1.288	32.2	6.44	5.3	5	5.2	1	רימות 2 47
									4.5	5.7	2	48
									5.5	6.4	3	49
									5	5	4	50
	0.8736			0.2184	1.092	27.3	5.46	5	5	5	5	51
									5.5	7.3	1	רימות 3 52
									5	6	2	53
									5	5.5	3	54
									5	6.8	4	55
	0.96224			0.24056	1.2028	30.07	6.014	5.1	5	4.47	5	56
									5	5.4	1	רימות 4 57
									5.5	6	2	58
									5	5.6	3	59
	מוצע								5.5	7.8	4	60
	0.94936	0.9312	גרם- שתיי מנות	0.2328	1.164	29.1	5.82	5.2	5	4.3	5	61
			0.601383	1.202767	מוצע							62

נספח 7 : אורך ומסת הדגים לאחר הניסוי נמדד ב17\11\14 :

ממוצע מסה	ממוצע אורך	מסה	אורך	מכל	1
		12.3	6.5	1 ננו	2
		6.4	5.3	1 ננו	3
		10.17	6.3	1 ננו	4
		8.3	5.5	1 ננו	5
	9.294	5.92	9.3	6	1 ננו 6
			8.8	5.5	2 ננו 7
			11	6.5	2 ננו 8
			10.9	6	2 ננו 9
			8.3	5.5	2 ננו 10
	9.14	5.76	6.7	5.3	2 ננו 11
			7.7	5.5	3 ננו 12
			4.4	4.5	3 ננו 13
			7.9	5	3 ננו 14
			10.5	6	3 ננו 15
	8.02	5.4	9.6	6	3 ננו 16
			7.6	5	4 ננו 17
			10.3	6	4 ננו 18
			8.9	6	4 ננו 19
			7.5	5.5	4 ננו 20
	8.96	5.7	10.5	6	4 ננו 21
			9.7	6.5	ביקורת 1 22
			9.8	6	ביקורת 1 23
			11	6.5	ביקורת 1 24
			8	5.6	ביקורת 1 25
	8.86	5.92	5.8	5	ביקורת 1 26
			7.3	5.3	ביקורת 2 27
			10.5	6	ביקורת 2 28
			7.5	5.5	ביקורת 2 29
			12	5.5	ביקורת 2 30
	9.16	5.56	8.5	5.5	ביקורת 2 31
			10.8	6	ביקורת 3 32
			9.7	5.5	ביקורת 3 33
			9.1	5.5	רימות 3 34
			10.7	6	רימות 3 35
			5.5	4.5	רימות 3 36
	8.52	5.42	7.2	5	רימות 3 37
			6.9	5.5	רימות 4 38
			11.3	6	רימות 4 39
			5.5	4.5	רימות 4 40
			7.4	5.5	רימות 4 41
	7.82	5.4	8	5.5	רימות 4 42



הגרף מציג את הטמפרטורה בטרריומים לאורך 11 ימי ניסוי. העקומה הירוקה מציגה את הטמפרטורה מחוץ למיכלים (אוויר). ארבעת העקומות הנוספות מציגות את הטמפרטורה בתוך מיכלי הגידול. כל מחזור של עליה וירידה מציין יום ניטור. הטמפרטורה הגבוהה היא השיא העליון ביום והטמפרטורה הנמוכה היא נקודת השיא התחתונה בכל יום. אין הבדל בטמפרטורה בין מיכלי הגידול (דגים) שנטרו.

## 7. ביביליוגרפיה

- 1- FAO, Aquaculture (17/1/2017). <http://www.fao.org/fishery/aquaculture/en>
- 2- FAO, The state of world aquaculture, 2016. pdf. (10/1/2017) <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>
- 3- Economic and social affairs. World population to 2030. United nations, 2004. pdf. <http://www.un.org/esa/population/publications/longrange2/WorldPop2300final.pdf>
- 4-  
"הזנת דגים", פרופ' שנאן הרפז. המחלקה למדגה. מכון וולקני. (10/1/2017).  
<https://www.youtube.com/watch?v=99pDHnwhrDk>
- 5-  
חקר ימים ואגמים לישראל. המרכז לחקלאות ימית, (10/1/2017).  
<http://www.ocean.org.il/Heb/ResearchInstitutesAndInfrastructure/NationalCenterToSeaAgriculture.asp>
- 6- Our world in data. World population growth (9/1/2017).  
<https://ourworldindata.org/world-population-growth/>
- 7- The FAO hunger map, 2017.  
<http://www.fao.org/hunger/en/>
- 8-  
חקלאות ימית בת קיימא. קיום ההבטחה/ניהול סיכונים, 2007. pdf.  
<http://www.nekudat-hen.org.il/wp-content/uploads/2017/11/%D7%97%D7%A7%D7%9C%D7%90%D7%95%D7%AA-%D7%99%D7%9E%D7%99%D7%AA-%D7%91%D7%AA-%D7%A7%D7%99%D7%99%D7%9E%D7%90-2013.pdf>
- 9-FAO, Cyprinus carpio, 2017.  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus\\_carpio/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en)
- 10-  
(תצלום הקרפיו?) צילום: נתן ויסברוט
- 11-  
אינציקלופדיה. זואולוגיה. הקרפיון המצוי. נדלה בתאריך 9.1.2017.  
<http://www.ynet.co.il/yaan/0,7340,L-227036-PreYaan,00.html>
- 12- FAO, Cyprinus carpio, 2017.  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus\\_carpio/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en)
- 13-  
חוברת דגים. עריכה מדעית גידעון חולתא. 2002.
- 14-  
צמח תערובת. נדלה בתאריך 10.1.2017

[http://www.zmf.co.il/page\\_14326](http://www.zmf.co.il/page_14326)

15-

מעגל התזונה. על הזנה ואנרגיה. מטח. נדלה בתאריך 2.1.2017.

<http://science.cet.ac.il/science/energy/energy2.asp>

16- FAO, Manual on the Production and Use of Live Food for aquaculture, 1996, pdf.

<http://www.fao.org/docrep/003/W3732E/w3732e04.htm#2.1.%20Introduction>

17-Lubian, C.M., Montero, O.M., Moreno-Garrido, I., Huertas, I.E., Sobrino, C., Pares, G. 2000. Nonochloropsis as source of commercially valuable pigments. Journal of applied phycology. 249-255.

18-synbiobeta. micro solutions. 2017.

<https://synbiobeta.com/micro-solutions-macro-problem-marine-algae-help-feed-world/>

19-Razmig, K., Euntaek, L., and Laurent, P. 2013. Radiation and optical properties of Nannochloropsis Oculata grown under different irradiance and spectra. Bioresource technology. 137: 63-73.

20-Sukenik, A., Carmeli, Y and Berner, T. 1989. Regulation of fatty acid composition in irradiance level in the Nannochloropsis SP. Jpurnal of phycology, 25, 686-692.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0022-3646.1989.00686.x/abstract>

21-Blacksoldier fly blog. 2017.

<http://blacksoldierflyblog.com/bsf-basics/>

22- Yaakob, Z., Ali, E., Zainal, A., Masita.,M., and Mohd, S,T. 2014. An overview: biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture. Journal of Biological Research-Thessaloniki.

<https://jbiolres.biomedcentral.com/articles/10.1186/2241-5793-21-6>

23-Black soldier fly farming home page. 2017.

<https://www.blacksoldierflyfarming.com/>

24-BSF (Black Soldier Fly) Forums | Pictures & Videos. 2017.

[http://www.dipterra.com/Pictures---Videos.html?\\_=1344044025062](http://www.dipterra.com/Pictures---Videos.html?_=1344044025062)