

**כפר הנוער אלוני יצחק**

**עבודת גמר בחקלאות**

**השפעת הזנה במזון המועשר ברמות עולות של  
הכחולית ספירולינה, *Arthrospira Sp.*, על המסה,  
האורך, השרידות ואיכות הצבע בדגי נוי**



מגישת העבודה: אניה לוינסקה

ת.ז. 1556706349

בית ספר: כפר הנוער אלוני יצחק

סמל מוסד: 360149

מנחה: סיגל לוצקי

שנה"ל: תשע"ז – תשע"ח

**העבודה התבצעה בחווה החקלאית "החממה האקולוגית" בעין שמר**

**תוכן עניינים:**

עמ' 4	-----	תקציר
עמ' 5-10	-----	מטרת המחקר וסקירה ספרותית
עמ' 5	-----	מטרות המחקר
עמ' 5-10	-----	סקירת ספרות
עמ' 11-17	-----	מהלך המחקר
עמ' 11	-----	שאלות המחקר
עמ' 11	-----	השערות
עמ' 11-12	-----	הגורמים בניסוי
עמ' 12-13	-----	מערך הניסוי
עמ' 13-14	-----	תיאור מהלך המחקר
עמ' 14-15	-----	תיאור קצר ותמציתי של החומרים החי שנבדק
עמ' 15-17	-----	שיטות וחומרים
עמ' 18-22	-----	תוצאות המחקר
עמ' 18-21	-----	ניסוי מספר 1
עמ' 22	-----	ניסוי מספר 2
עמ' 23-24	-----	דיון ומסקנות
עמ' 25	-----	סיכום
עמ' 26	-----	תודות
עמ' 27	-----	נספחים
עמ' 28-29	-----	מקורות

## גרפים, תרשימים ואיורים וטבלאות:

- גרף מס' 1 : הגרף מציג את היקף ייצור ענף דגי הנוי העולמי -----עמ' 6
- גרף מס' 2 : הגרף מציג את 10 המדינות המובילות בעולם בייצור דגי נוי-----עמ' 6
- איור מס' 1 : האיור מציג מתקן לגידול אצות חד תאיות ---עמ' 7
- איור מס' 2 : כחולית- ירוקית, ספירולינה -----עמ' 8
- איור מס' 3 : דג קרפיון הנוי-----עמ' 9
- טבלה מס' 1 : דרישה התזונתית של דג הקרפיון -----עמ' 9
- איור מס' 4 : האיור מציג את מערך הניסוי של הניסוי הראשון-----עמ' 12
- איור מס' 5. האיור מציג את מערך הניסוי של ניסוי השני-----עמ' 12
- טבלה מס' 2 : אופן הכנת המזון, 3% ו- 6% ספירולינה -----עמ' 14
- איור מס' 6 : המשקל שאיתו נשקלו הדגים-----עמ' 16
- איור מס' 7 : ביופלטור שנבנה על ידי וטיפל במי הטרריום -----עמ' 16
- איור מס' 8 : דג זהב -----עמ' 16
- טבלה מס' 3 : הטבלה מתארת את ההשפעה של רמות עולות של ספירולינה במזון על מסה ואורך ממוצע של דג בהתחלה ובסוף הניסוי. -----עמ' 16
- גרף מס' 3 : הגרף מתאר את ההשפעה של רמה עולה של ספירולינה במזון על מסה הממוצעת של הדג בסוף הניסוי -----עמ' 17
- גרף מס' 4 : הגרף מתאר את השפעה של רמות עולות של ספירולינה במזון על אורך הממוצע של הדג בסוף הניסוי הגידול בטרריום בטיפולים ובביקורת. -----עמ' 18
- טבלה מס' 4 : הטבלה מציגה את השרידה הממוצעת לכל קבוצת הזנה לאחר 42 יום מתחילת הניסוי.-----עמ' 18
- גרף מס' 5 : הגרף מתאר שרידה ממוצעת לכל טיפול בסוף 42 ימים של גידול-----עמ' 19
- טבלה מס' 5 : הטבלה זו מייצגת את הגידול הממוצע לדג ליום בגרמים, Specific growth rate. ----עמ' 19
- טבלה מס' 6 : טבלה 6 מציגה את ההתפלגות עוצמת הצבעים אדום, ירוק וכחול באחוזים בטיפולים השונים-----עמ' 20
- טבלה מס' 7 : הטבלה מציגה את המסה הממוצעת לדג בתחילת הניסוי ובסוף ניסוי ההזנה-----עמ' 20

## תקציר

חקלאות מים היא תחום יצרני תעשייתי צעיר, המתפתח בקצב מהיר. חקלאות מים כוללת גידול דגי מאכל, דגי נוי, סרטנים, רכיכות ואצות חד תאיות ורב תאיות. בעבודה זו התמקדתי בענף דגי הנוי. השוק העולמי לדגי נוי בחקלאות המים התפתח בשני העשורים האחרונים ואתו המסחר הבינלאומי בדגי נוי. התעשייה מניבה שלוש מאות מיליון דולר אמריקאי בשנה. היצוא של דגי הנוי מישראל, הוא בעיקר אל שווקי מערב אירופה ואנגליה. במרוצת השנים, ישראל הפכה למקור השני בחשיבותו ליבוא דגי נוי של מים מתוקים לאיחוד האירופי. דגי נוי מוערכים על פי צורתם, הדגם שלהם ועל פי עוצמת צבעם. למציאת מרכיב אשר יעצים את צבע הדג חשיבות כלכלית.

תחום גידול האצות החד תאיות בחקלאות המים, ביניהם גם קבוצת החיידקים האמיתיים, הכחוליות, גדל באופן ניכר בשנים האחרונות בעולם ובישראל. התנאים הא-ביוטיים בישראל, האור הרב במהלך רוב השנה, ומשאב הפיתוח הטכנולוגי המתקדם מתאימים לגידול אצות וביניהם הכחולית ספירולינה. ספירולינה יכולה לשמש כתוסף תזונה מאחר והיא מכילה ויטמינים ומינרלים חיוניים, בנוסף הספירולינה מכילה קרטנואידים, צבען כתום, בכמות גבוהה פי 10 יותר מאשר בגזר לדוגמה.

בעבודה זו בדקתי את השפעת תוספת הספירולינה בשתי רמות העשרה (3% ו-6%) כתחליף תזונה וכמקור לצבען הכתום בדגי נוי. מטרת העבודה היו בדיקת השפעת ההזנה, במזון הכולל שתי רמות העשרה בכחולית ספירולינה, על מסה, אורך ושרידה של דג קרפיון הנוי (קוי), ובדיקת השפעת ההזנה במזון הכולל שתי רמות העשרה בכחולית ספירולינה, על איכות הצבע הכתום בדגמי דג הזהב. מטרת העבודה נבדקו בשני ניסויים עוקבים. התוצאה העיקרית בניסוי הראשון היתה מגמה של גידול במסה והבדל משמעותי בשרידה בדגים שהוזנו ב 3% ספירולינה. תוצאה זה יכולה להעיד על מרכיב (ויטמין) המחזק את עמידות הדג לתנאי הסביבה כדוגמת ויטמין A המחזק את מערכת החיסון. בניסוי השני שבחן את השפעת העשרה בספירולינה על עוצמת הצבע הכתום בדג הזהב, מצאתי הבדל בעוצמת הצבע הכתום בטיפול שהוזן ב- 3% ספירולינה. תוצאה זו מעידה על חשיבות הספירולינה וקראטנואידים שהיא מכילה על עוצמת הצבע הכתום בדג הזהב.

המלצותי לניסוי עתידי הן בחינת תוספת ספירולינה כמקור לחלבון ולא רק כתוסף מזון לתזונת דגי נוי ודגי מאכל, וזאת בגלל משבר השימוש בקמח דגים בתעשייה. ספירולינה הינה מקור מזון צמחי אבל הרכב חומצות האמיניות שלה דומות להרכבן בבעלי חיים. בנוסף אמליץ להוסיף ספירולינה במזון דגי נוי ברמה עד 3% בכדי להעצים את צבעם הכתום ולשפר את שרידת דג קרפיון הקוי.

## 1. מטרת המחקר וסקירה ספרותית

### 1.1 מטרת המחקר

1. בדיקת השפעת ההזנה, במזון הכולל שתי רמות העשרה בכחולית ספרולינה, על מסה, אורך ואחוזי שרידות של דג קרפיון הנוי (קוי).
2. בדיקת השפעת ההזנה במזון הכולל שתי רמות העשרה בכחולית ספרולינה, על איכות הצבוע הכתום בדגמי דג הזהב.

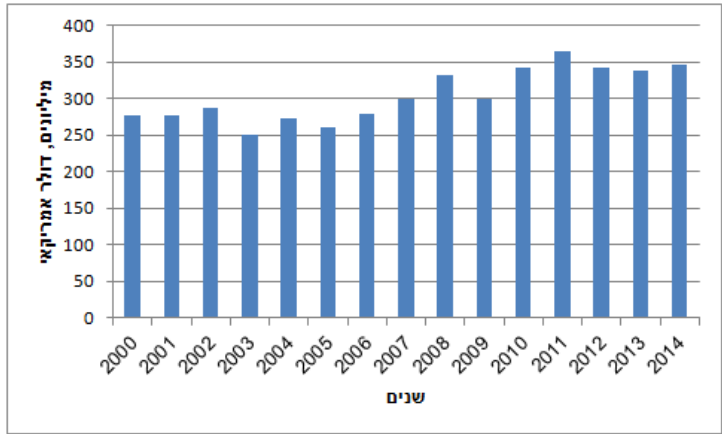
### 1.2 סקירת ספרות

#### 1.2.1 חקלאות מים וחשיבותה

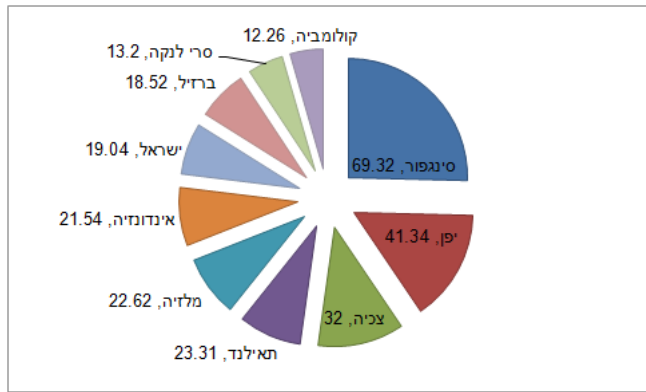
חקלאות מים היא תחום יצרני תעשייתי צעיר המתפתח בקצב מהיר הכולל גידול דגי מאכל, דגי נוי, סרטנים, רכיכות ואצות חד תאיות ורב תאיות. חקלאות המים מתבצעת במקווי מים מתוקים, מליחים ומי ים. לחקלאות המים חשיבות גבוהה כמקור חלבון לאנושות: כמעט מחצית מהדגים המשמשים למזון בעולם מיוצרים באמצעות חקלאות מים (1,2). אחד האתגרים המרכזיים בגידול דגים בחקלאות המים (הכוללת דגי מאכל ודגי נוי) הוא הזנתם, מבחינת מקור החלבון ומבחינת יצירת הרכב תזונתי מאוזן אשר יטיב עם גידול הדג ואיכותו.

#### 1.2.2 ענף דגי הנוי בחקלאות המים

השוק העולמי לדגי נוי בחקלאות המים התפתח בשני העשורים האחרונים ואתו המסחר הבינלאומי בדגי נוי (גרף 1). התעשייה מניבה שלוש מאות מיליון דולר אמריקאי בשנה (גרף 1) וישראל מניבה 19.04 אחוז מכל היצור של דגי הנוי בעולם (מקום 10) (גרף 2). מרבית המסחר בארץ ובעולם הנו בדגי נוי הגדלים במים "מתוקים". נהוג לחלקם לדגי נוי הגדלים במים קרים ולדגים מהגדלים במים חמים (טרופיים). מבין המינים הגדלים במים קרים המינים החשובים ביצוא דגי נוי מישראל הם דגי הקוי (דג קרפיון הנוי), דגי הזהב והשליירים. ניתן לגדל את הדגים בברכות עפר בחוץ ורק חלק מהגדלים מגדלים את הדגים במערכות סגורות מאובטחות ביולוגית. מבין דגי המים הקרים יצוא דגי הקוי (דג קרפיון הנוי) מהווה 71%-75% מהפדיון. היצוא של דגי הנוי מישראל, הוא בעיקר אל שוקי מערב אירופה ואנגליה. במרוצת השנים ישראל הפכה למקור השני בחשיבותו ליבוא דגי נוי של מים מתוקים לאיחוד האירופי (5,6,7).



גרף מס' 1. הגרף מציג את היקף ייצור ענף דגני הנוי העולמי במיליוני דולרים אמריקאים (3).



גרף מס' 2. הגרף מציג את 10 המדינות המובילות בעולם בייצור במיליוני דולרים אמריקאים של דגני נוי (3).

1.2.3 ענף גידול האצות בחקלאות המים

תחום גידול האצות החד תאיות בחקלאות המים ביניהם גם קבוצת החיידקים האמיתיים, הכחוליות, גדל באופן ניכר בשנים האחרונות בעולם ובישראל (3,4). התנאים הא-ביוטיים בישראל, האור הרב במהלך רוב השנה, ומשאב הפיתוח הטכנולוגי המתקדם מתאימים לגידול אצות וכחוליות באופן תעשייתי בענף חקלאות המים (4). האצות משמשות כמקור מזון, מקור לתוספי תזונה, כרכיב בתרופות, כרכיב בתעשיית הקוסמטיקה, כמייצב בתעשיית המזון וכמרכיב בתעשיית הצבע (3) (איור 1).



איור מס' 1. האיור מציג מתקן לגידול אצות חד תאיות (4).

#### 1.2.4 מזון דגים

רוב החלבון והשומן המצוי במזון דגים מבוסס על קמח דגים ושמן דגים. קמח דגים הוא מוצר שמתקבל על ידי יבוש וטחינה של פסולת דגים או דגים אשר נפסלו לשיווק. מזון דגים נמכר בדרך כלל בצורת אבקה, והוא משמש בעיקר במזונות לציפורים, חזירים, דגים מעובדים. ניתן להשתמש בו גם כדשן לצמחים אך בדרך כלל זה יקר מדי ולא כדאי כלכלית (8). על פי FAO (ארגון המזון והחקלאות של האו"ם) הייצור העולמי של קמח דגים בשנים 2014 ירד בכ- 2.3 מיליון טון לעומת הייצור בשנת 2000. 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 (9, 10). גיוון של מקורות המזון לדגים יכול להיות חלק מפתרון בעיית המחסור והמחירים הגבוהים של קמח דגים.

#### 1.2.5 תוספי תזונה במזון

העשרת מזון בתוספי תזונה (dietary supplements) מקובלת בתחום ההזנה והבריאות של האדם ומיושמת בשנים האחרונות בענפי חקלאות חיות המשק. תוספי תזונה הם מרכיבים תזונתיים המוספים למזון בכמות קטנה שנועדו להשלים את התזונה ולספק רכיבי תזונה החיוניים לאורגניזם שאינם קיימים במזון התעשייתי או שקיימים במזון התעשייתי אך בכמות נמוכה. דוגמה לתוספי תזונה הם ויטמינים, מינרלים, חומצות שומן וחומצת אמינות (11).

#### 1.2.6 גישת המחקר

לאור החשיבות של תעשיית דגי הנוי בארץ ובעולם, קיים עניין רב בחיפוש אחר תוספי תזונה כדוגמת אצות חד תאיות ביניהן הכחולית ספירולינה אשר יטיבו בגידול (מסה) של דגי הנוי ויעצימו את צבעם. גישת המחקר כוללת בחינת מרכיבים תזונתיים במזון הדגים ממקור צמחי (אצות) שניתן לגדל בארצנו שטופת השמש בצורה תעשייתית כתוסף תזונה לדגים.



1.2.7 הכחולית ספירולינה *Arthrospira Sp.* וחשיבותה כתוסף תזונה

הספירולינה שייכת לעל ממלכת החיידקים האמיתיים, מערכת הכחוליות Cyanobacteria, סדרת Spirulinales, משפחת Spirolineaceae, סוג Spirulina (איור 2). האצות הכחוליות-ירוקיות, מבצעות פוטוסינטזה אך אינן אוקריוטים כדוגמת האצות ותאי בעלי חיים אלה הן פרוקריוטים כדוגמת חיידקים. הכחוליות מאופיינות בתאי אחסון עמילן ובכמויות עשירות של ריבוזומים. הכחולית ספירולינה מתאפיינת בתכולת חלבון גבוהה, 65 עד 71 אחוזי חלבון, בתלות בתנאי הגידול. למרות שהכחולית ספירולינה אינה ממקור בעלי חיים היא כוללת חלבון מלא כלומר חלבון הכולל את כל חומצות האמיניות וביניהם חומצות אמיניות חיוניות בהרכב מאוזן הדרוש לגידול בעלי חיים (13). 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 (14). בספירולינה יש פי 10 יותר קרוטנואידים מאשר בגזר.



איור מס' 2. כחולית ירוקית, ספירולינה מבעד למיקרוסקופ (12).

1.2.8 דג קרפיון הנוי ואיכות צבעו

דג קרפיון הנוי המוכר בשם קוי (*C. C. Haematopterus*) הוא קרפיון מצוי לכל דבר מבחינת ביולוגיה. דג קרפיון הנוי שייך למערכת מיתרניים, למערכת מקריני סנפיר, סידרת הקרפיונאים, משפחת הקרפיוניים, סוג קרפיון, מין קרפיון מצוי, וזן קרפיון הנוי. משפחת הקרפיוניים הינה הנפוצה ביותר בחקלאות המים העולמית, משפחה זו כוללת מיני דגים למאכל ודגי נוי (איור 2). בישראל הזן הנפוץ הינו קרפיון הראי, אך ישנם מינים נוספים כגון כסיף, קרפיון העשב, קרפיון שחור, קרסיוס, טינקה וכן קרפיוני נוי למיניהם (דגי זהב, קוי וכו'). 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 (15). גופו של קרפיון הנוי מאורך (מגיע בדגים מבוגרים עד 70-80 ס"מ) ופחות גבוה מקרפיון המאכל. מוצאו מקרפיון הבר בעל הקשקוש המלא, וראשית התפתחותו בסין, כ-500 שנה לפנינו. הסינים הביאו את הקרפיונים ליפן, כנראה במאות הראשונות לספירה, ואלה היו בעיקר רכושם של קיסרים ושליטים אחרים אשר פארו בהם את גניהם. בראשית המאה ה-19 החלו להופיע קרפיונים מקושקשים צבעוניים (אדום, צהוב, לבן וכדומה) באחר ממחוזות יפן שהתפרסם בגידול קרפיונים. היפנים בודדו דגמי צבע ייחודיים. דג הקוי הובא לארץ בשנת 1978. איכות הדגים המיוצרים בארץ נחשבת גבוהה (15).





איור מס' 3. דג קרפיון הנוי. צולם על ידי חגי נתיב (16)

מקור הקרפיון המצוי במרכז אסיה והוא נפוץ בכל העולם. הקרפיון פעיל כאשר טמפרטורת המים היא מעל 18-20 מעלות צלזיוס. הקרפיון אינו גדל היטיב בטמפרטורות גבוהות (סביב 28-30 מעלות צלזיוס) והטמפרטורה האופטימלית לגידולו היא בין 20 ל 25 מעלות צלזיוס. הקרפיון יפסיק לאכול בטמפרטורת מים מתחת ל-8 מעלות צלזיוס (17).

הקרפיון הינו אוכל-כל בעל מערכת עיכול ייחודית. לקרפיון אין קיבה אמיתית ואינו מפריש חומצה כלורית במערכת העיכול. עובדה זו פוגעת, לכאורה, בנעכלות 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. הקרפיון מנצל ביעילות רמות שומן גבוהות יותר אבל בהעדר איזון בין החלבון לשומן ופחמימות במזונו, הוא נוטה לצבור שומן בבשרו (18).

מק"ט	4524	4572	4522	4994	תכולה
חלבון (%)	30	30	30	50	
שומן (%)	7.5	7.5	7.5	6	
רטיבות (%)	10	10	10	10	
תאית (%)	4	4	4	2	
אפר (%)	8	8	7.5	13	
סידן (%)	1.2	1.2	1.2	3.3	
זרחן (%)	1.3	1.3	1.2	1.8	
מלח (%)	0.25	0.25	0.25	0.75	
מנגן (ג/טון)	40	40	30	45	

**טבלה מס' 1. דרישה התזונתית של דג הקרפיון (18). מק"ט 4994 מציין את הדרישה התזונתית של דגו במסה 5-10 גרם.**

הדרישות התזונתיות של דג הקרפיון הן 50% חלבון, 6% שומן, 2% תאית.

### 1.2.10 דג הזהב:

דג הזהב (*Carassius auratus auratus*) שייך למערכת מיתרניים, למערכת מקריני סנפיר, סידרת הקרפיונאים, משפחת הקרפיוניים, סוג *carassius*. דג הזהב מקורב אבולוציונית לדג הקרפיון המצוי עד כי ניתן להכליא ביניהם. דג הזהב הוא דג מים מתוקים אשר מסוגל לחיות גם במים מליחים ועמיד לטווח רחב של טמפרטורות. דגי הזהב בויתו בסין במאה ה-16. הצבא הזהב מתפתח בחודשים הראשונים של חייהם והוא כנראה תוצאה של הרס הדרגתי של מלנופורים (תאים המכילים צבען שחור) או העלמת הצבען השחור בהם. דגי הזהב מבוקשים לבריכות ואקווריומים. הם ניזונים ממזון מגוון הכולל צמחי מים, רקבובית, חרקים וסרטנים ירודים החיים בקרקעית (15).

### 1.2.11 פגמנט (צבען) בדגים

פִּיגְמֶנט (צֶבֶעַן) הוא חומר המשפיע על צבע האור הפוגע בו על ידי החזרה ובליעה סלקטיביים. בביוLOGיה, פיגמנט הוא כל תרכובת צבעונית המצויה בתאיהם של יצורים חיים. כמעט כל סוגי התאים בבעלי חיים, כמו תאי עור, עין, פרווה ושיער מכילים פיגמנטים. יצורים שיש להם חסר חמור בפיגמנטציה מכונים לבקנים (20). קרטנואידיים הם קבוצת פיגמנטים אורגניים המצויים בעיקר בצמחים, שצבעם נע בין אדום לצהוב. צבעיהם של פירות וירקות שונים כמו גזר, עגבנייה, מנגו ושסק נובעים מהקרטנואידיים שבהם. חלק מהחומרים משמשים חומרי מוצא לתרכובות ביולוגיות. מופע הצבע באורגניזם מבוקר בעיקר על ידי מערכת ההפרשה הפנימית, אבל להרכב המזון חשיבות רבה גם כן. מזון המכיל פיגמנטים יכול להשפיע על צבע הדג ועל עוצמתו. הפיגמנט מלנין (צבע שחור) מיוצר על ידי האורגניזם התאי המלאנוציטים. הפיגמנטים, קרטנואידיים (אדום-כתום) והקסאנטופיליים (צהוב) ניתנים לדג במזון מאחר והדג אינו יכול לייצרן. בתעשיית החקלאות הימית הפיגמנט האסתקסאנתין (קרטנואיד המצוי במינים מסויימים של חסרי חוליות, קריל, שרימפס) מוסף באופן מלאכותי כפיגמנט למזון בכדי לשפר את הצבע האדום של דג הסלמון (20).

## 2. מהלך המחקר

### 2.1 שאלת המחקר:

- א. כיצד תשפיע רמת הספירולינה במזון על המסה, אורך סטנדרטי, ואחוז שרידות בדג קרפיון הנוי?  
ב. כיצד תשפיע רמת הספירולינה במזון על איכות הצבען הכתום בדג הזהב?

### 2.2 השערות:

השערה לשאלה א: רמות של הוויטמינים ומינרלים המוגשות לדג בצורה מאוזנת דרך אצה הנחשבת למזון על, יכולות לשפר את קצב הגידול של הדג בעקבות חיזוק של מערכת החיסון וחיוניות הדג. נימוק להשערה: בספירולינה רמה גבוהה של וויטמינים. תפקיד הוויטמינים: ויטמין A (רטינול) - מונע חמצון של חומרים ותרכובות בגוף, משפר את הראייה בחשיכה, שומר על בריאות העור ומסייע למערכת החיסונית. לכן יכול לשפר את מערכת החיסון של הדג. קבוצת ויטמין B, מסייע בחילוף החומרים של חלבונים ופחמימות ובפעילות של מערכות העיכול והעצבים. ויטמין K (מנדיון) - אחד ממרכיבי הדם, המשפיע על קרישת הדם. נוצר בתוך הכבד וחיוני לייצור הפרוטרומבין, שהוא חלק ממערכת הקרשת הדם.

השערה לשאלה ב: רמות הגבוהות של הקרטנואידים יכולות לשפר ולהעצים את איכות הצבע הכתום. נימוק להשערה: קיימות רמות גבוהות של הצבענים מקבוצת הקרטנואידים בכחולית ספירולינה. לכן, אם הדג מעכל את המזון המועשר הכולל גם את הצבען של הספירולינה אני משערת שתהיה השפעה על איכות צבעו הכתום.

### 2.3 גורמים בניסוי

#### 2.3.1 הגורמים הבלתי תלויים בניסוי

בשאלת המחקר הראשונה והשנייה: הרכב המזון שהוגש לדגים. מזון מועשר ב 3% ספירולינה ומזון מועשר ב 6% ספירולינה.

#### 2.3.2 גורמים תלויים בניסוי:

בשאלת המחקר הראשונה: מסה, אורך ושרידה של דגי קרפיון הנוי (קוי) בסוף ניסוי בן 42 ימים.  
בשאלת החקר השנייה: איכות הצבע הכתום של דגי זהב בסוף ניסוי בן 30 ימים.

#### 2.3.3 שיטת המדידה של הגורמים התלויים:

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

שאלת החקר השנייה: שינוי בעוצמת הצבע הכתום בדגם הדג נמדד בכל טיפול בעזרת צילום וניתוח עוצמת הצבעים, אדום, כחול וירוק בכל דג בתחילת הניסוי ובסיומו.

#### 2.3.4 גורמים קבועים בניסוי :

הקפדתי לשמור במהלך הניסוי על הגורמים האביוטיים הקבועים הבאים : עוצמת אור, טמפרטורת המים באקווריומים בטיפולים השונים, נפח האקווריומים, האורור בכל אקווריום, סוג ונפח הביופילטר שהותקן בכל אקווריום.

הגורמים הבייוטיים הקבועים כללו את הדגים עליהם ערכנו את הניסוי. הדגים היו מאותו סוג וקבלו אותו כמות מזון ביום. האצה הכחולית ספירולינה, הייתה מאותו מקור תעשייתי.

#### 2.3.5 קבוצות ההזנה בניסוי :

##### ניסוי ראשון : הזנת דגים (איור 4) :

קבוצה ראשונה, טיפול אחד : דגים שהוזנו במזון המועשר ב 3% ספירולינה.

קבוצה שנייה, טיפול שני : דגים שהוזנו במזון המועשר ב 6% ספירולינה.

קבוצה שלישית, ביקורת : דגים שהוזנו במזון התעשייתי שכלל 0% ספירולינה.

##### ניסוי שני : הזנת דגים ובחינת איכות הצבע (איור 5) :

קבוצה ראשונה, טיפול אחד : דגים שהוזנו במזון המועשר ב 3% ספירולינה.

קבוצה שנייה, טיפול שני : דגים שהוזנו במזון המועשר ב 6% ספירולינה.

קבוצה שלישית, ביקורת : דגים שהוזנו במזון התעשייתי שכלל 0% ספירולינה.

#### 2.3.6 בקורות בניסוי :

בשאלת החקר הראשונה והשנייה : בקורת חיזונית. קבוצה שקיבלה מזון תעשייתי (כופתיות), המזון שניתן בגידול דג קרפיון הנוי בתעשייה ואינו כולל את הכחולית הספירולינה.

## 2.4 מערך הניסוי

### חזרות :

בשאלת החקר הראשונה : 4 חזרות לכל קבוצת הזנה. 7 דגים בכל חזרה (איור 4).

בשאלת החקר השנייה : 5 חזרות לכל קבוצת הזנה. כל דג מהווה חזרה (איור 5).

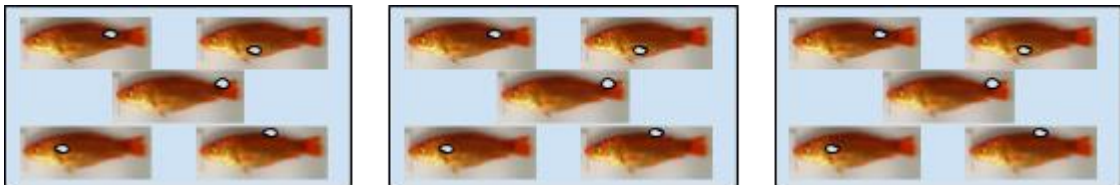
**תיאור סכמתי של מערך הניסוי:**

א. מערך הניסוי לשאלת החקר הראשונה



**איור מס' 4. האיור מציג את מערך הניסוי של הניסוי הראשון. ארבעה טרריומים לכל קבוצת הזנה. 7 דגים בכל טרריום.**

ב. מערך הניסוי לשאלת החקר השנייה.



איור מס' 5. האיור מציג את מערך הניסוי של ניסוי השני. כל טרריום מציג קבוצת טיפול. כל דג מהווה חזרה. הדגים סומנו כך שניתן לזהות ולחזור ולמדוד את אותו דג בכל טיפול. הכדורים הלבנים מציינים את סימון הדג.

**2.5 תיאור מהלך המחקר:**

מהלך המחקר כלל שני ניסויים. הניסוי הראשון עסק בנושא של הזנת דגים, באמצעות מזון מועשר בכחולית ספירולינה ברמות של 3% ו-6%. דגי הניסוי היו דגי קרפיון הנוי.

הניסוי השני עסק בהזנת הדגים באמצעות מזון מועשר בכחולית ספירולינה ברמות של 3% ו-6% וקביעת איכות הצבע הכתום בדגים. דגי הניסוי היו דגי זהב.

**כל ניסוי כלל חמישה שלבים:**

**2.5.1 ניסוי הזנת דגים במזון מועשר בספירולינה – שאלת חקר ראשונה**

שלב א' – הכנות: קבלת הדגים מחברת "koikin" ואיקלום שלהם במי הבריכה בחממה. דגים היו באותו גיל וגודל. בנוסף הכנתי את המזון לדגים – המזון הוכן על בסיס הכופתיות התעשיתיות (2 מ"מ קרפיון). הכופתיות צופו ב 3% וב 6% ספירולינה (שיטות וחומרים).

שלב ב' – מדידה ראשונה של הדגים, מסה ואורך.

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

שלב ד' – ביצוע הניסוי. במהלך הניסוי. הדגים גדלו באותה טמפרטורה (נספח 1), 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 של מסה, אורך ושרידה של הדגים.

### 2.5.3 ניסוי הזנת דגים במזון מועשר הספירולינה ובדיקת איכות הצבע הכתום – שאלת חקר שנייה

שלב א' – הכנות: קבלת הדגים ממין דג זהב מחברת "קן התוכי" ואיקלום שלהם במי הבריכה בחממה. דגים היו באותו גיל וגודל. בנוסף הכנתי את המזון לדגים – המזון הוכן על בסיס הכופתיות התעשיתיות (2 מ"מ קרפיון). הכופתיות צופו ב 3% וב 6% ספירולינה.

שלב ב' – מדידה ראשונה של הדגים, מסה וצילום הדג וקביעת התפלגות הצבעים, אדום, כחול וירוק (שיטות וחומרים).

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

שלב ד' – ביצוע הניסוי. במהלך הניסוי. הדגים גדלו באותה טמפרטורה (נספח 1), 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 ואיכות הצבע הכתום.

שלב ה' – מדידה אחרונה של מסה, שרידה ואיכות הצבע הכתום.

### 2.6 תיאור קצר ותמציתי של החומר הנחקר.

החומר החי שנחקר בניסוי הראשון בעבודה היה דג הקרפיון הנוי והחיידק אמתי ספירולינה

הדג שאיתו עבדתי הוא קרפיון נוי (*Haematopterus*). קיבלתי את הדגים מחברה שמגדלת דגים באופן תעשייתי חברת Koi Kin הנמצאת בעמק ישראל. הדגים הגיעו במשקל ממוצע של 3 גרם, היו מאוד צבעונים ונראו חיוניים.

החיידק האמיתי, ספירולינה, היא האצה שבה העשרנו את המזון של הדגים. הספירולינה שייכת לעל ממלכת החיידקים האמיתיים, אצות כחולות ירוקיות. הספירולינה הגיעה בצורה קפואה, מוצר מדף, מחברה שמייצרת אצות ספירולינה "ALGAEMOR". העשרתי את המזון, כופתיות, בעזרתה.

החומר החי בניסוי השני היה האצה ספירולינה מאותו מקור שציינתי בסעיף הקודם ודג הזהב *Carassius auratus auratus* בצבע כתום בלבד. דג הזהב התקבל מחנות "קן התוכי" (איור 8).



## 2.7 שיטות וחומרים

### 2.7.1 שיטות

#### 2.7.1.1 העשרה של הכופתיות התעשייתיות בחומר החי ספירולינה

##### אופן הכנת מזון מועשר בספירולינה

בשביל ליצר כופתיות מצופות בספירולינה ברמה 3% ספירולינה, לקחתי 50 גרם של כופתיות מזון בגודל 2 מ"מ, ספירולינה 1.5 גרם, שמן 0.5 ומים מזוקקים במסה של 6 גרם. ערבבתי את הספירולינה עם מים והשמן. לאחר מכן, ערבבתי את הכופתיות עם הספירולינה. אותו התהליך ביצעתי בכדי ליצור מזון מצופה ב 6% ספירולינה. המרכיבים היו כופתיות במשקל סופי של 50 גרם, ספירולינה במשקל סופי של 3 גרם, שמן 0.5 גרם ומים מזוקקים במשקל סופי של 12 גרם.

טבלה מס' 2. אופן הכנת המזון, 3% ו- 6% ספירולינה

מרכיבים	ספירולינה 3%	ספירולינה 6%
מזון כופתיות 2 מ"מ	50 גרם	50 גרם
ספירולינה	1.5 גרם	3 גרם
שמן	0.5 גרם	0.5 גרם
מים מזוקקים	6.0 גרם	12 גרם

#### 2.7.1.2. אכלוס הדגים וטיפול במערכת גידול הדגים

הדגים הוחזקו בדלי עם איוורור. כל דג נשקל לפני האכלוס.

- שיטת השקילה. מזגתי מים לכוס ושקלתי אותם. לאחר איפוס המשקל, לקחתי בעזרת רשת יד דג מהדלי המאוורר והנחתי בכוס. חיכיתי כמה שניות כדי שדג יירגע ואז כתבתי תוצאות המסה בגרמים שנמדדו במשקל.
- שיטת המדידה של האורך של דג. הנחתי את הדג לצד סרגל ורשמתי מדידה בסנטימטר. מדדתי אורך סטנדרטי של הדג (מקצה הראש עד תחילת הזנב). אחרי שהדג נשקל ונמדד הוא אוכלס בטרריום באופן אקראי. כך נמשך האכלוס עד שקיבלנו 7 דגים למיכל. חלוקת הדגים לטרריומים הייתה אקראית.
- בסיום הניסוי נמדדה השרידה בכל חזרה בכל טיפול. ספירה של הדגים שנותרו בטרריומים בסיום הניסוי. בדיקת כל אחד מהטרריומים מדי יום, הוצאה דגים מתים ורישום של הדגים.
- חישוב קצב גידול יומי של דג  $specific\ growth\ rate$ . חישוב המסה הממוצעת לדג בסוף הניסוי פחות המסה הממוצעת לאותו טיפול בסוף הניסוי בחלוקה לימי הניסוי.
- שיטת הניקוי עם הצינור סיפון של כל מיכל. כל מיכל נוקה בעזרת סיפון עם צינור מדי מספר ימים.

### 2.7.1.3 שיטת הזנת הדגים.

- חישבתי את הביומסה לכל טרריום. הביומסה חושבה על ידי סיכום מסת הדגים בטרריום. כמות המזון שניתנה לכל טרריום חושבה על פי 6% מהביומסה של הדגים בטרריום וניתנה בשתי מנות שוות ביום, בבוקר ואחרי צהריים.
- מדידה של מנת המזון. שקלתי את המנה וסימנתי את נפחה על גבי מבחנה.

### 2.7.1.4 שיטת מדידת איכות הצבע הכתום בדגם הדג.

- שיטת זיהוי הדג בניסוי השני. בכדי לחזור לאותו דג באותו טיפול באותו טרריום, בכדי לקבוע את השינוי בצבע, סומנו הדגים. לכל דג סימון אישי. זנבות הדגים נחתכו באופן הבא: זנב עליון, זנב תחתון, שני זנבות, ללא חיתוך, סנפיר ימין.
- שיטת הצילום של הדגים. בדקתי דגים כתומים. דגים הנחו על רקע לבן בתאורה קבועה. מד האור קבע שהתאורה היתה אחידה בכל שעת הצילום (lux972-1000). המצלמה הונחה במקום קבוע בחלק העליון של הכלי. התפלגות האור לצבע אדום, כחול וירוק נקבעה בעזרת אפליקציה Light Meter. הצילום והמדידה בוצעו באותם תנאים של הארה ובאותה שיטה תוך זיהוי אישי של הדגים בתחילת הניסוי ובסיומו.
- שיטת המדידה מתבססת על מדד **RGB** (אדום, ירוק וכחול). קביעת העוצמות של מרכיבי הצבע השונים נעשית על ידי השמת המספרים השלמים בין 0 ל 255 לכל אחד מן המשתנים R, G, B כאשר 0 פירושו לא להאיר בכלל את הפיקסל, ו-255 מסמל הארה במלוא העוצמה. (לעתים מסמנים עוצמה יחסית על ידי חלוקה ב-255, ואז הערכים הם בין 0 ל-100 (נספח 5.2)). אדום ייוצג כך R (red)=255, G (green) =0, B (blue) =0 או R (red)=100, G (green) =0, B (blue) =0 (20).

### 2.7.2 חומרים

- כופתיות מזון תעשייתיות, מזון לקרפיון, 2 מ"מ, שוקע. גודל הכופתית התאים לגודל הדג ומפתח הפה שלו.
- בניית והתקנת ביופילטר. חתכתי קצה של הבקבוקים וחוררתי 5 חורים בתחתית כל בקבוק. מלאתי את הבקבוקים בצמר גפן ואבנים עם שטח פנים גדול בכדי שיווצרו בהם חיידקים. התקנתי בביופילטר מערכת איוורור שיצרה airlift סיחרור של המי הטרריום (איור 7).
- הכחולית ספירולינה. מוצר מדף קפוא. קיבלנו אותה מחברה Algaemor.
- הדגים אוכלוסו בטרריומים בנפח 21 ליטר.
- רשתות יד פשוטות. בעזרת רשת יד הוצאתי דגים מהמים.
- המים בניסוי היו מים מתוקים מהרשת הארצית מעורבבים עם מי הבריכה שבחממה.
- משקל קטן בדיוק של מאות (איור 6).
- הצילום בוצע בעזרת מצלמה של סלפון samsung.
- מדידה של הטמפרטורה באופן רציף על ידי מערכת ניטור בעזרת מערכת חישנים וגם מדידה ידנית של כל הטרריומים (נספח 1).
- השתמשתי בתוכנית color detector, RGB, שמזהה את חלוקה ועוצמה של אורך גל אדום, ירוק וכחול.



**איור מס' 7. ביופלטור שנבנה על ידי ושימש לטיפול במי הטרריום**



**איור מס' 6. המשקל ששימש לשקילת הדגים**



**איור מס' 8. דג זהב**

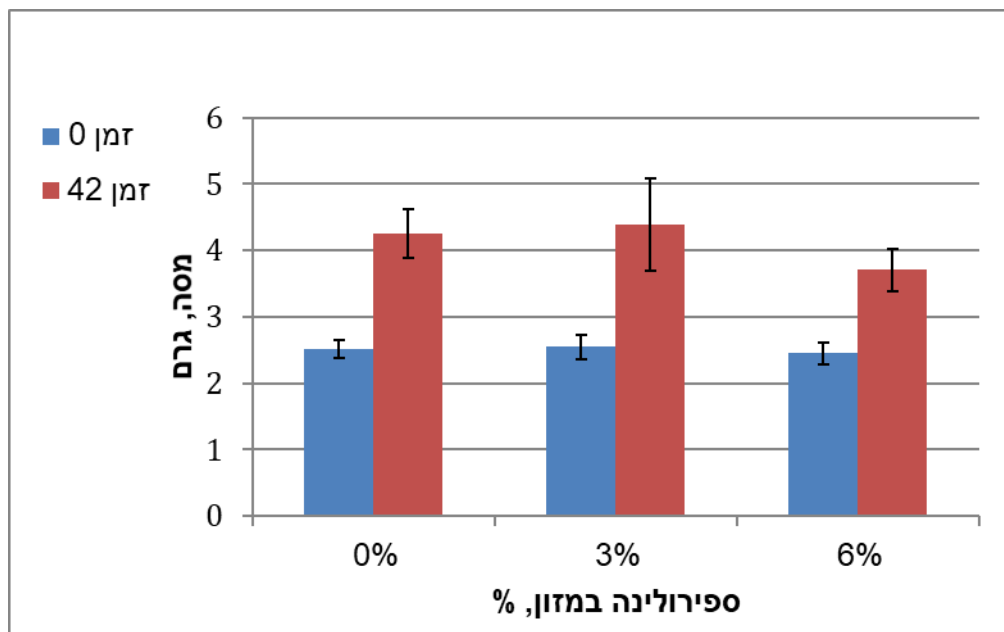
### 3. תוצאות המחקר

#### 3.1. ניסוי מספר 1.

תוצאות הניסויי שבחן את השפעת רמות עולות של ספירולינה במזון על מסה, אורך ואחוז שרידות של דג קרפיון הנוי.

טבלה מס' 3: הטבלה מתארת את ההשפעה של רמות עולות של ספירולינה במזון על מסה ואורך ממוצע של דג בהתחלה ובסוף הניסוי.

הטיפול	אורך ממוצע זמן 0	סטיית תקן מסה זמן 0	אורך ממוצע (ס"מ) 42 יום	סטיית תקן אורך	מסה ממוצעת זמן 0	מסה ממוצעת (גרם) אחרי 42 יום	סטיית תקן מסה
ביקורת (ספירולינה 0%)	4.24	0.134	4.93	0.69	2.50	4.25	0.364
ספירולינה 3%	4.32	0.185	4.87	1.118	2.549	4.39	0.697
ספירולינה 6%	4.26	0.169	4.87	0.907	2.447	3.7	0.321



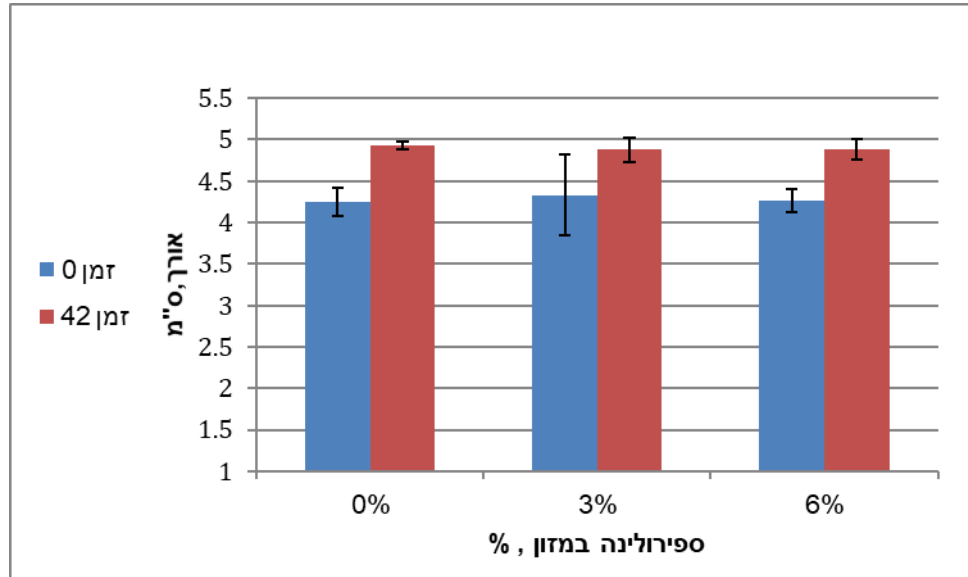
**גרף מס' 3. הגרף מתאר את ההשפעה של רמה עולה של ספירולינה במזון על מסה הממוצעת של הדג בסוף הניסוי.**

לפי הגרף אפשר לראות שמסה גדלה לאחר 42 ימי הניסוי גידול בטרריומים בטיפולים ובביקורת. הגידול במסה ממוצעת לדג הייתה נמוכה יותר ב-6% ספירולינה לעומת טיפול הביקורת והטיפול שהוזן ב-3% ספירולינה. בטיפול שהוזן ב-3% ספירולינה המסה הממוצעת לדג בסוף הניסוי הייתה דומה לטיפול הביקורת.

בתחילת הניסוי הדגים היו באותו משקל וסטיית התקן היה מאד קטנה. תוצאה זו מעידה שהממוצע מייצג את הקבוצה. סטיית התקן של הטיפול שהוזן בספירולינה 3% היא גדולה וחופפת לממוצע ולסטיית התקן של הביקורת ולכן יש להניח שההבדל בין שני הטיפולים אינו משמעותי.

בטיפול 3% העשרה בספירולינה סטיית התקן חופפת בחלקה את הטיפול 6% והביקורת לכן קשה לקבוע עם המסה של טיפול 3% גבוהה משמעותית מהמסה בטיפול 6%.

לאחר 42 יום מתחילת הניסוי, המסה הממוצעת לדג בטיפול ביקורת דומה למסה הממוצעת לדג בטיפול שקיבל 3% ספירולינה במזון.



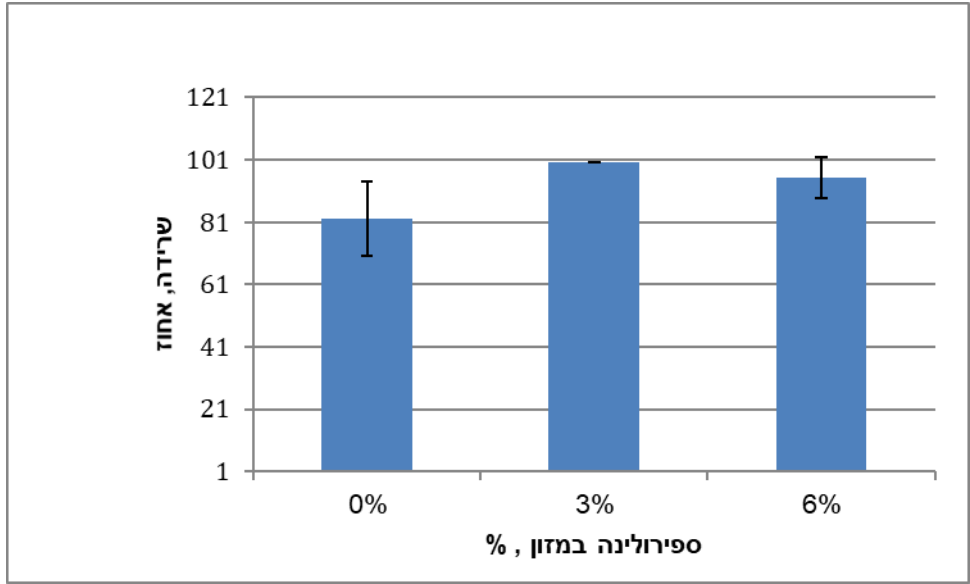
**גרף מס' 4. הגרף מתאר את השפעה של רמות עולות של ספירולינה במזון על אורך הממוצע של הדג בסוף הניסוי הגידול בטורניומים בטיפולים ובביקורת.**

**טבלה מס' 4. הטבלה מציגה את השרידה הממוצעת לכל קבוצת הזנה לאחר 42 יום מתחילת הניסוי.**

טיפולים	שרידה ממוצעת מספר דגים	שרידה %	סטיית תקן
ביקורת	5.75	82.14	11.85
ספירולינה 3%	7	100	0
ספירולינה 6%	6.3	90.47	6.74

לפי הגרף אפשר לראות שאורך הממוצע של הדג לאחר 42 ימים היה דומה בשלושת הטיפולים. בסוף הניסוי סטיות התקן היו קטנות מה שמעיד שממוצע מייצגת הקבוצה ושאינן הבדלים באורך הממוצע לדג בין הטיפולים לביקורת.

סטיית התקן בטיפול 3% בתחילת הניסוי גדולה, אך ההבדל בתוך הקבוצה לא התבטא בסוף הניסוי.



גרף מס' 5. הגרף מתאר שרידה ממוצעת לכל טיפול בסוף 42 ימים של גידול.

בגרף אפשר לראות שסטיות התקן מאד גדולות בביקורת (0% ספירולינה) ובטיפול 6% ספירולינה. בטיפול-3% ספירולינה סטיית תקן היתה 0. התקבלה 100% שרידה בטיפול 3% ספירולינה. זוהי השרידה הגבוהה ביותר לעומת הטיפול 6% ספירולינה והביקורת.

טבלה מס' 5: הגידול הממוצע לדג ליום בגרמים, Specific growth rate.

טיפול	סוף	התחלה	גידול ממוצע (S.G.R. ליופ לדג בגרמים)
ביקורת	4.252	2.509	0.042
3% ספירולינה	4.395	2.550	0.044
6% ספירולינה	3.704	2.447	0.030

בטבלה מס' 5 ניתן לראות שטיפול שהוזן ב- 3% ספירולינה גדל ב - 0.044 גרם ליום. זהו הגידול במסה ממוצעת ביום לדג הגבוהה מבין כל קבוצות ההזנה. הטיפול הנמוך ביותר בגידול ממוצע לדג ליום בגרמים הוא טיפול ההזנה ב- 6% ספירולינה שעמד על 0.03 גרם ליום.



### 3.2 ניסוי מספר 2

טבלה מס' 6 : התפלגות עוצמת הצבעים אדום, ירוק וכחול באחוזים בטיפולים השונים.

טיפול	R ממוצע לדג			G ממוצע לדג			B ממוצע לדג		
	0 יום	30 יום	שינוי ממוצע % , לדג,	0 יום	30 יום	שינוי ממוצע % , לדג,	0 יום	30 יום	שינוי ממוצע % , לדג,
0%	70	68.6	-2	3.4	9.6	182	31.6	37.8	19.62
3%	70	82.4	17	15.2	8.2	-46	37.8	44.2	16.93
6%	70	68.6	-2	26.2	8.6	67-	40.4	31.8	-21.28

בטבלה 6 ניתן לראות שהצבע הכתום שעוצמתו עלתה לאחר 30 יום האכלה הוא הצבע האדום-כתום (Red) בטיפול 3% ספירולינה (ב- 17 אחוזי גידול).

השרידה בניסוי 2 הייתה 100% בכל קבוצות ההזנה.

טבלה מס' 7. המסה ממוצעת לדג בתחילת הניסוי ובסוף ניסוי ההזנה.

הטיפול	מסה ממוצעת זמן 0	סטיית תקן	מסה ממוצעת 30 יום	סטיית תקן
ביקורת (ספירולינה 0%)	5.05	0.77	7.7	1.48
ספירולינה 3%	6.4	1.05	9.8	1.85
ספירולינה 6%	6.68	1.48	10	2.48

מטבלה מספר 7 ניתן ללמוד שהגידול הגבוה ביותר במסה ממוצעת לדג היה בטיפול שהוזן ב- 6% ספירולינה. הביקורת החלה במסה ממוצעת נמוכה לדג בזמן 0.

## 4. דיון ומסקנות:

### ניסוי ראשון: שאלת חקר ראשונה.

#### מסקנות: מסה ואורך דג הקרפיון

בניסוי ראשון ציפיתי לגידול במסה של הדגים שהוזנו ב- 3% וב- 6% ספירולינה מאחר וספירולינה היא תוסף תזונה המכיל רמות גבוהות של וויטמינים, מינרלים וחלבון. חלבון הספירולינה הוא חלבון מלא כלומר מכיל את כל חומצות האמיניות שבעל חיים ביניהם דגים צריך. תוצאות הניסוי הראו שאין הבדל משמעותי בין קבוצות ההזנה במסה ובאורך לאחר 42 ימי גידול ואף, בטיפול שהועשר ב- 6% ספירולינה המסה של הדגים הייתה הנמוכה ביותר מבין כל הטיפולים למרות שלא היו הבדלים משמעותיים בעקבות סטיות התקן הגבוהות (גרף 3). על פי תוצאות ניסוי זה, אין יתרון בגידול (מסה ואורך) בתוספת ספירולינה למזון. ניתן להסביר תוצאה זו ואת מגמת הירידה במסה ב 6% הזנה בספירולינה, מאחר והכחולית ספירולינה מכילה רמה גבוהה של וויטמינים שביניהם וויטמין E ו-A. וויטמין A ו-E הם וויטמינים המסיסים בשומן. לאורגניזם קשה להפטר מוויטמינים אלו. עודף והצטברות בוויטמינים מסיסים בשומן יכול לגרום לתופעה הנקראת הרעלת וויטמינים ולפגיעה במערכת העיזבית, החיסון ובמבנה העצמות.

#### המלצות: מסה ואורך דג הקרפיון

לניסוי המשך עתידי, הייתי בודקת את רמות הוויטמינים במזון ובדג (בפלסמה). הייתי מבצעת ניסוי הבודק וויטמין מסוים כגון וויטמין A ומנסה לבדוק האם הוא מועיל כתוסף מזון בכמות ידועה למערכת החיסון של הדג ותנאים שונים. הייתי רוצה להשתמש בספירולינה לא כתוסף תזונתי אלא כתחליף חלבון, ולראות כיצד התוספת משפיעה על גידול (מסה ואורך) של דג הקרפיון, בנוסף הייתי מבצעת תחשיב כלכלי בכדי לבדוק האם השינוי במרכיבי המזון כדאיים לחקלאי כלכלית.

#### מסקנות: שרידה של דג הקרפיון

השרידה של הדגים בטיפול שהוזן ב-3% ספירולינה (100%) גבוהה לעומת השרידה ב- 6% ובביקורת (גרף 5). השרידה בטיפול שהוזן ב-6% ספירולינה הייתה גדולה בהשוואה לביקורת. סטיית תקן הייתה נמוכה בטיפול שהוזן ב- 6% ספירולינה וסטיית התקן בקבוצת הביקורת (0% ספירולינה) הייתה גדולה. התוצאות מעידות על כך שהספירולינה כתוסף תזונה ברמה של 3% הועילה לשרידת הדגים. תוצאה זו מחזקת את היתרון של ספירולינה כתוסף מזון עד 3% העשרה במזון. ייתכן וברמת העשרה 3% תכולת הוויטמינים וביניהם וויטמין A חיזקה את הדגים והקנתה להם יתרון על פני קבוצות ההזנה האחרות. ייתכן שמעל ל 3% קיימת הצטברות בוויטמינים שהגוף לא יכול להיפטר מהם כגון וויטמין A שיכולים להזיק לתהליכים בגוף. תוצאה זו מחזקת את ההסבר שניתן בסעיף הקודם בהקשר למסה של הדג. תוספת של 3% ספירולינה למזון הדגים שיפרה את המסה ואת השרידה של הדגים בהשוואה לטיפול ההזנה האחרים שנבחנו בניסוי.

## המלצות: שרידה של דג הקרפיון

בכדי לחזק את מסקנה, שיפור של גידול ושרידה של הדגים בתוספת של 3% ספירולינה למזון, בניסוי 1, הייתי מבצעת ניסוי המשך בקנה מידה יותר גדול הכולל לפחות 15 דגים למיכל ב-5 חזרות לכל טיפול. לניסוי עתידי הייתי מעדיפה לבדוק כל וויטמין בפני עצמו במזון. הייתי מתחילה בבחינת רמות עולות של וויטמין A מאחר וויטמין A (רטינול): איננו מסיס במים. הוא נחשב לוויטמין נגד ההדבקות והוא מחזק את מערכת החיסון. לכן תוספת של וויטמין A גרם לעלייה בחיזוק מערכת החיסון והשרידה אך עודף יכו לגרום לנזק. צריך לבדוק בצורה זהירה את כמות וויטמין A בגלל שהוא יכול להצטבר בגוף.

## ניסוי מספר 2. עוצמת הצבע הכתום בדגי הזהב.

### מסקנות בנוגע לעוצמת הצבע

הניסוי השני שבחן השפעת רמות עולות של ספירולינה במזון על עוצמת הצבע הכתום בדג הזהב היה מאוד מצומצם ומאוד מבוקר. סימנתי דגים ויכולתי לזהות כל דג ולבדוק את השינוי בעוצמת הצבע הכתום תחת תנאים מבוקרים. השרידה בניסוי הייתה 100% כך שיכלתי לצלם ולבדוק כל דג. ניתן היה לראות שהתפלגות הצבעים אדום, ירוק וכחול הייתה כצפוי בכל הטיפולים כי ציפינו לקבל אחוז יותר גבוה של עוצמת צבע בטיפול הכתום וקיבלנו ב-3 הטיפולים אחוזים גבוהים שקריאת צבע כתום הייתה בסביבות 70 אחוז בכל הטיפולים (טבלה 6). ניתן לראות שעוצמת הצבע הכתום הייתה גבוהה ביותר בטיפול 3% ספירולינה שבו התקבלה עליה של 17 אחוזים ביחידות עוצמת הצבע הכתום המעיד על השפעת הספירולינה דרך הצבען הכתום הקרטנואיד על איכות הצבע הכתום בדג הזהב.

### המלצות בנוגע לעוצמת הצבע

אני ממליצה לעשות ניסוי גדול יותר בעתיד עם דגי זהב ועם דגי קוי שהם בעלי ערך כלכלי גבוה. הייתי בוחנת את הטיב של הפיגמנט הצהוב, כתום. אני מציעה לבדוק במעבדה בספקטרופוטומטר את הקיום של הקרטנואידים בדיאטות שונות לפני הזנת הדגים. הייתי רוצה לחזור על הטיפולים עם כמות גדולה יותר של דגים וטרריומים גדולים יותר, לפחות 15 דגים בכל טרריום כדי לראות את ההבדלים בין טיפולים בצורה ברורה יותר. הייתי מוסיפה עוד חזרה אחת או שתיים כדי להקטין את המשמעות של תמותה של דג אחד. יש גם אפשרות שהדגים היו מתנהגים אחרת אם היו נמצאים בקבוצה גדולה כי הדגים בקבוצה גדולה מתנהגים כמו להקה ובמקרה שיש פחות דגים הם מתנהגים יותר כפרטיים, כל אחד דואג לעצמו ויש תחרות גדולה יותר על המזון.

## סיכום:

בעבודה זו בדקתי את השפעת הזנה בתוסף תזונה ספירולינה ברמות 3% ו-6% על מסה, אורך ושרידה בדג קרפיון הנוי ועל עוצמת הצבע הכתום בדג הזהב.

מצאתי כי אורך דגי הקוי לאחר 42 יום של הזנה שלוש הטיפולים היה ללא שינוי וגם המסה הייתה דומה מאוד ללא הבדל משמעותי בעיקבות סטיות התקן הגבוהות בשלושת הטיפולים. למרות זאת, בטיפול 6% ספירולינה המסה הייתה הנמוכה מבין כל הקבוצות ההזנה. אני מסיקה שהספירולינה שיפרה מעט את המסה ואת השרידה של דג הקוי שהוזן ב 3% ספירולינה. מעל 3% ספירולינה במזון חלה ירידה בשרידה ובמסה כנראה כתוצאה מעודף ויטמינים.

בניסוי השני מצאתי הבדל בעוצמת הצבע הכתום בטיפול שהוזן ב- 3% ספירולינה. תוצאה זו מעידה על חשיבות הספירולינה וקראטנואידים שהיא מכילה על עוצמת הצבע הכתום.

ממצאים אלו חשובים מאחר בשוק דגי הנוי מתבסס על איכות הצבע של הדגים. ערכו הכלכלי של הדג מתבסס על הדגם וצבעו. לכן חיפוש אחר פיגמנטים זולים שניתן לגדל בשמש הישראלית כדוגמת קראטנואידים הנמצאים בספירולינה שגדלה בתעשייה בארץ היא פתרון טוב להגברת עוצמת הצבע הכתום.

במחקר המשך אמליץ לבצע את הניסוי השני במספר רב יותר של דגים תוך בחינת רמת הקרטנואידים בספירולינה ובמזון המוגש לדג. כמו כן אמליץ לעשות ניסוי המתבסס על ספירולינה לא כתוסף מזון אלא כתחליף חלבון מאחר חומצות האמיניות שלה מייצגות את כל החומצות שנמצאות בבעלי חיים וזהו ייחודה.

## 5. תודות

**אני רוצה להגיד תודה למדריכה המהממת סיגל שעזרה לי עם הכתיבה והבנת העברית הקשה. בעלת סבלנות אדירה ואופי מדהים.**

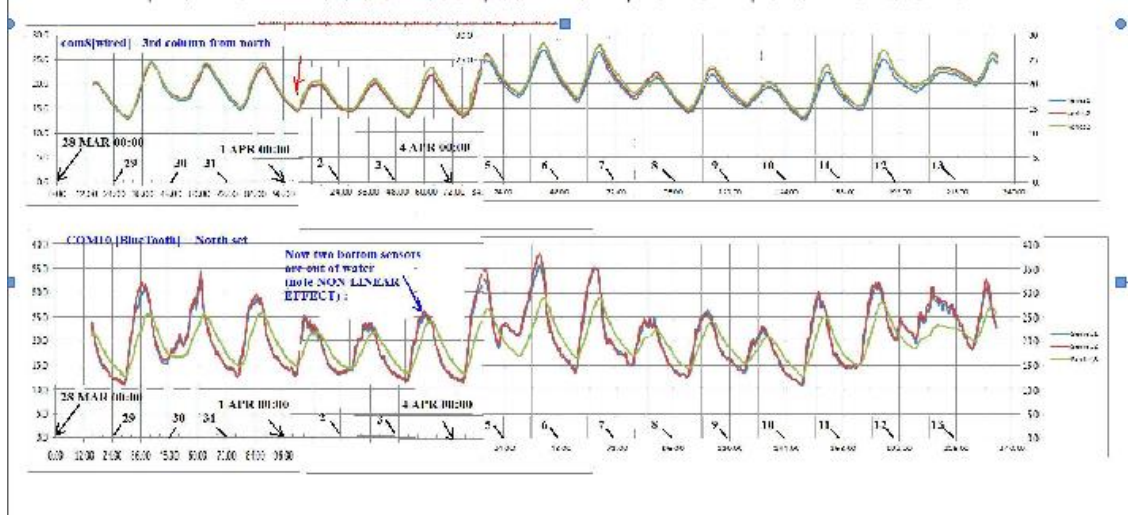
**תודה לנועם שעזר לי עם הערכת העבודה, העזרה הזאת הייתה משמעותית.**

**תודה למורה שלי בחקלאות – יורה שתמיד תמך בי ועזר עם הכנה לבחינה.**

**6. נספחים:**

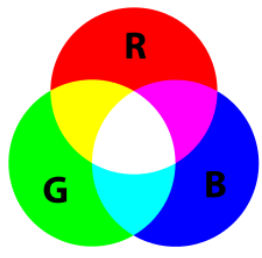
**5.1 ניטור הטמפרטורה במהלך הניסוי**

נספח 1 מציג טמפרטורה באקווריומים לאורך כל הניסוי. הגרף מראה שלא היה הבדל בטמפרטורה בין הטרריומים ב-3 קבוצות ההזנה לאורך 42 ימי הניסוי.



**5.2 קביעת העוצמות של מרכיבי הצבע השונים (20).**

דוגמה	שם	שלושה הקסצימלית	אדום	ירוק	כחול
	לבן (White)	FFFFFF	100%	100%	100%
	כסף (Silver)	C0C0C0	75%	75%	75%
	אפור (Gray)	808080	50%	50%	50%
	שחור (Black)	000000	0%	0%	0%
	אדום (Red)	FF0000	100%	0%	0%
	בורדו (Maroon)	800000	50%	0%	0%
	צהוב (Yellow)	FFFF00	0%	100%	0%
	זית (Olive)	808000	50%	50%	0%
	ליים (Lime)	00FF00	0%	100%	0%
	ירוק (Green)	008000	0%	50%	0%
	אקווה/מים (Aqua)	00FFFF	0%	100%	100%
	ירוק-כחול (Teal)	008080	0%	50%	50%
	כחול (Blue)	0000FF	0%	0%	100%
	כחול כהה (Navy)	000080	0%	0%	50%
	ורוד (Fuchsia)	FF00FF	100%	0%	0%
	סגול (Purple)	800080	50%	0%	50%





## 7. מקורות:

1. FAO. 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>
2. 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>
3. <https://www.bassleer.com/ornamentalfishexporters/wp-content/uploads/sites/3/2016/12/GLOBAL-TRADE-IN-ORNAMENTAL-FISH.pdf>
3. Priyadarshani, I., and B. Rath. 2012. Commercial and industrial applications of micro algae – A review. *J. Algal Biomass Utiln.* 2012, 3 (4): 89–100.
4. גידול אצות בישראל.  
נלקח בתאריך 5.1.2017  
<http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3587048,00.html>
5. Ornamental fish. EU-Trade-Stats-Report-2015.pdf. ORNAMENTAL AQUATIC TRADE ASSOCIATION LTD. United kingdom.
6. תמונת המצב העדכנית בשווקים נבחרים לדגי נוי. משרד החקלאות ופיתוח הכפר. אפריל 2013. טל שלומי, פרופ' שנאן הרפז, ניר פריומן.
7. מדינת ישראל, משרד החקלאות ופיתוח הכפר. השוק העולמי לדגי נוי ימיים. יולי 2008. יעל קחל.
8. FAO. Food and Agriculture organization of the united nations. Fish meal. <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5926e/x5926e01.htm> 09.01.17. נלקח בתאריך
9. FAO. 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/> 9.1.2017 נלקח בתאריך
10. Tacon AGJ, Metian M (2009b) Fishing for feed or fishing for food: Increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio* 38: 294-302.
11. תוספי מזון  
<https://medlineplus.gov/dietarysupplements.html>
12. Spirulina. <http://www.algaeindustrymagazine.com/special-report-spirulina-part-1-origins-and-biology/>. נלקח בתאריך 9/1/2017
13. Spirulina. <http://www.naturalways.com/spirulina-analysis.htm> 9.01.17 נלקח בתאריך
14. Ramakrishnan, C. M., Haniffa, M. A., Manohar, M., Dhanaraj, M., Arockiaraj, A. J., Seetharaman, S., and Arunsingh S.V. Effects of Probiotics and Spirulina on Survival and

Growth of Juvenile Common Carp (*Cyprinus carpio*). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 60(2), 2008, 128-133.

15. משרד החקלאות. חוברת מקצועית לגידול דגים. 2003.

16. <http://hagainativ.com/archives/1619>. נלקח בתאריך 7.1.2017

17. *Cyprinus carpio*. <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/common-carp/natural-food-and-feeding-habits/en/> נלקח בתאריך 9.01.17

18. *Cyprinus carpio*. [http://www.zmf.co.il/page\\_14414](http://www.zmf.co.il/page_14414) נלקח בתאריך 9.1.2017

19. [http://www.bigskycichlids.com/coloration\\_article.html](http://www.bigskycichlids.com/coloration_article.html)

20.

[https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A6%D7%95%D7%92\\_%D7%A6%D7%91%D7%A2\\_%D7%91%D7%9E%D7%97%D7%A9%D7%91](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A6%D7%95%D7%92_%D7%A6%D7%91%D7%A2_%D7%91%D7%9E%D7%97%D7%A9%D7%91)