

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANA BİLİM DALI



FARKLI MİKROALG TÜRLERİNİN VE
KONSANTRASYONLARININ ROTİFER (*Brachionus plicatilis*)
BÜYÜMESİNE VE BİYOKİMYASAL YAPISINA ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA İBRAHİM OSMANOĞLU

DOKTORA TEZİ

PROF. DR. MAHMUT ELP

ARALIK - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Mustafa İbrahim OSMANOĞLU tarafından hazırlanan “**Farklı Mikroalg Türlerinin ve Konsantrasyonlarının Rotifer (*Brachionus plicatilis*) Büyümesine ve Biyokimyasal Yapısına Etkisinin Araştırılması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **08.12.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Mahmut ELP Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE Atatürk Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ertuğrul TERZİ Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ Kastamonu Üniversitesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V. Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

MUSTAFA İBRAHİM OSMANOĞLU

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI MİKROALG TÜRLERİNİN VE KONSANTRASYONLARININ ROTİFER (*Brachionus plicatilis*) BÜYÜMESİNE VE BİYOKİMYASAL YAPISINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA İBRAHİM OSMANOĞLU

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. MAHMUT ELP

EŞ DANIŞMAN: PROF. DR. YAŞAR DURMAZ

Bu çalışmanın amacı farklı mikroalglerin (*Nannochloropsis* sp. ve *Chlorella* sp.) farklı konsantrasyonlarının rotifer (*Brachionus plicatilis*) büyümesine ve biyokimyasal yapısına etkisinin belirlenmesidir. Rotiferler, *Nannochloropsis* sp. türü için N10:10x10⁶; N20:20x10⁶; N30:30x10⁶ hücre/ml ve *Chlorella* sp. türü için C3:3x10⁶; C6:6x10⁶; C9:9x10⁶ hücre/ml yoğunlukları sabit tutularak eksilen mikroalg miktarı kadar ekleme yapılarak beslenmiştir. Her bir deneme grubuna 200 birey/ml yoğunlukta ekim yapılarak üç tekerrürlü olarak çalışma başlatılmıştır. Çalışma 5 gün süreyle yürütülmüştür. Çalışma süresi boyunca, her deneme grubunun popülasyon parametreleri olan birey sayısı, yumurtalı birey sayısı ve oranı, büyüme hızı, ikilenme zamanı ve günlük rotifer üretimi hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda rotiferler hasat edilerek biyokimyasal analizler, aminoasit ve yağ asitleri analizleri yapılmıştır. Popülasyon parametrelerinde en yüksek değerler, birey sayısı 1047±20,90 birey/ml, yumurtalı birey sayısı 555±9,0 birey/ml, büyüme hızı 0,41±0,01 bölünme/gün, ikilenme zamanı 1,68±0,02 gün, günlük rotifer üretimi 211,75±5,23 birey/ml/gün N30 grubunda 4.günde belirlenmiştir. Ham protein oranlarında en yüksek oranı %54,41 ile N30 grubu vermiştir. Ham yağda en yüksek orana N30 grubunda %34,5, toplam yağ asitlerinde en yüksek oran %70,69 ile N20 grubunda bulunmuştur. Esansiyel aminoasitlerde ise %68,31 ile en iyi verim N20 grubunda tespit edilmiştir. Sonuç olarak hem popülasyon büyümesi hem de biyokimyasal yapı değerlendirildiğinde en yüksek performansı veren grup N30:30x10⁶ hücre/ml yoğunlukla beslenen grup olmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Rotifer, *Branchionus plicatilis*, *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., büyüme performansı, yağ asitleri, aminoasit.

Aralık 2022, 84 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT MICROALGAE SPECIES AND CONCENTRATIONS ON ROTIFER (*Brachionus plicatilis*) GROWTH AND BIOCHEMICAL STRUCTURE

MUSTAFA İBRAHİM OSMANOĞLU

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF AQUACULTURE

SUPERVISOR: PROF. DR. MAHMUT ELP
CO-SUPERVISOR: PROF. DR. YAŞAR DURMAZ

The aim of this study is to determine the effect of different concentrations of different microalgae (*Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp.) on the growth and biochemical structure of rotifer (*Brachionus plicatilis*). Rotifers were fed with N10:10x10⁶, N20:20x10⁶, N30:30x10⁶ cells/ml for *Nannochloropsis* sp. species and C3:3x10⁶, C6:6x10⁶, C9:9x10⁶ cells/ml for *Chlorella* sp. species, while keeping the concentrations constant by adding the amount of reduced microalgae. The study was started with three replications by inoculating at a density of 200 individuals/ml in each experimental group. The study was carried out for 5 days. During the study period, the population parameters of each experimental group, namely the number of individuals, the number and proportion of individuals with eggs, growth rate, doubling time, and daily rotifer production were calculated. At the end of the study, rotifers were harvested and biochemical analyzes, amino acid and fatty acid analyzes were made. The highest values in population parameters, number of individuals 1047±20.90 individuals/ml, number of individuals with eggs 555±9.0 individuals/ml, growth rate 0.41±0.01 division/day, doubling time 1.68±0.02 days, daily rotifer production 211.75±5.23 individuals/ml/day were determined in the N30 group on the 4th day. N30 group showed the highest rate of crude protein with 54.41%. The highest rate in crude oil was found in the N30 group with 34.5% and the highest rate in total fatty acids was found in the N20 group with 70.69%. In essential amino acids, the best yield was found in the N20 group with 68.31%. As a result, when both population growth and biochemical structure were evaluated, the group that displayed the highest performance was the group fed with N30:30x10⁶ cell/ml concentration.

KEYWORDS: Rotifer, *Branchionus plicatilis*, *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., growth performance, fatty acid, aminoacid.

December 2022, 84 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesinde, çalışma konumuyla ilgili özel işletmede tecrübe kazanmamda ve her konuda desteklerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mahmut ELP ve eş danışmanım Prof. Dr. Yaşar DURMAZ'a teşekkürlerimi arz ederim.

Çalışmada kullanılan materyalin teminindeki katkılardan dolayı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü ve Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına, Araş. Gör. Gökhun Çağatay ERBİL'e teşekkür ederim. Ayrıca istatistiki değerlendirmelerde yardımcı olan Dr. Usame Ömer OSMANOĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca benim için her zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve eşime sonsuz teşekkür eder, saygı ve sevgilerimi sunarım.

MUSTAFA İBRAHİM OSMANOĞLU

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 <i>Brachionus plicatilis</i> 'in Sistematikteki Yeri	8
1.2 <i>Brachionus plicatilis</i> 'in Morfolojisi	9
1.3 <i>Brachionus plicatilis</i> 'in Biyolojisi ve Hayat Devri	10
1.4 <i>Brachionus plicatilis</i> 'in Beslenmesi.....	12
1.5 Genetik Farklılıklar	13
1.6 Batch (Yığın) Kültür Sistemi	14
1.7 Genel Kültür Şartları	15
1.7.1 Tuzluluk	15
1.7.2 Sıcaklık	15
1.7.3 Çözünmüş Oksijen.....	16
1.7.4 pH.....	16
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1 Materyal.....	26
3.1.1 Rotifer ve Mikroalg Temini	26
3.1.2 <i>Nannochloropsis sp.</i> Mikroalg Türünün Özellikleri.....	26
3.1.3 <i>Chlorella sp.</i> Mikroalg Türünün Özellikleri.....	27
3.1.4 <i>Branchionus plicatilis</i> Türü	28
3.1.5 Konsantre Mikroalgin Hazırlanması.....	29
3.1.6 Çalışmada Kullanılan Malzemeler.....	29
3.1.7 Araştırma Yeri ve Çalışma Planlaması.....	30
3.2 Yöntem	31
3.2.1 Rotifer Stok Kültür Oluşturma Aşaması.....	31
3.2.2 Populasyon Parametrelerinin Hesaplanması ve Sayım.....	32
3.2.3 Hasat ve Örnekleme İşlemi.....	33
3.2.4 Biyokimyasal Analizler	34
3.2.4.1 Nem ve kül analizi	34
3.2.4.2 Ham yağ tayini	34
3.2.4.3 Yağ asidi metil esterinin hazırlanması ve yağ asidi analizi	35
3.2.4.4 Ham protein analizi	35
3.2.4.5 Aminoasit analizi	36
3.2.5 İstatistik Analizler.....	36
4. BULGULAR	37
4.1 Su Kalitesi Parametreleri	37

4.2	Populasyon Parametreleri.....	37
4.2.1	Birey Sayısı.....	37
4.2.2	Yumurtalı Birey Sayısı ve Oranı	39
4.2.3	Büyüme Hızı	41
4.2.4	İkilenme Zamanı	43
4.2.5	Günlük Rotifer Üretimi.....	44
4.3	Biyokimyasal Analizler	46
4.4	Yağ Asitleri Analiz Sonuçları	47
4.5	Aminoasit Kompozisyonu	53
5.	TARTIŞMA	55
5.1	Populasyon Parametreleri.....	55
5.2	Biyokimyasal Kompozisyon	58
5.3	Yağ Asitleri Kompozisyonu	60
5.4	Aminoasit Kompozisyonu	65
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Brachionus plicatilis, erkek ve dişi.....	9
Şekil 1.2 Rotiferin hayat döngüsü.....	12
Şekil 1.3 S ve L morfortip rotifer.....	14
Şekil 3.4 Çalışmada kullanılan <i>Nannochloropsis sp.</i> mikroalgi.....	27
Şekil 3.5 Çalışmada kullanılan <i>Chlorella sp.</i> mikroalgi.....	28
Şekil 3.6 Çalışmada kullanılan rotiferin (<i>Branchionus plicatilis</i>) mikroskop görüntüsü	28
Şekil 3.7 a) Temin edilen mikroalgler, b) Mikroalglerin falkon tüplerine doldurma işlemi, c) Santrifüj cihazı, d) Santrifüj sonrası algal çökelti, e) Hazırlanan konsantre algler.....	29
Şekil 3.8 a) Neubeur sayım kamarası, b) Sedgewick-Rafter sayım kamarası, c) Refraktometre, d) Multimetre, e) Hasat süzgeci (45 µm), f) Ticari konsantre alg (Nanno3600)	30
Şekil 3.9 a) Çalışma ortamı ve kültür suyunun hazırlandığı tank, b) Çalışma düzeneği.....	31
Şekil 3.10 Stok kültür aşamaları a) 2 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (maya ile besleme), b) 20 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (maya ile besleme), c) 20 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (maya ve alg ile besleme), d) 80 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (alg ile besleme).	32
Şekil 3.11 Rotifer hasat işlemi.....	33

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1	Sıcaklığın <i>Brachionus plicatilis</i> 'in üreme aktivitesi üzerine etkisi.....	15
Tablo 4.2	Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in birey sayısı (birey/ml).....	38
Tablo 4.3	Deneme gruplarındaki günlük azalan mikroalg miktarı ($\times 10^4$ hücre/ml)	39
Tablo 4.4	Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in yumurtalı birey sayısı (birey/ml).....	40
Tablo 4.5	Deneme gruplarının yumurtalı bireylerin birey sayısına oranı (%).....	41
Tablo 4.6	Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in büyüme hızı (bölünme/gün).....	42
Tablo 4.7	Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in ikilenme zamanı (gün).....	43
Tablo 4.8	Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in günlük rotifer üretimi (birey/ml/gün).....	45
Tablo 4.9	Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlar ile beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in biyokimyasal analiz sonuçları (% kuru ağırlık).....	46
Tablo 4.10	Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlar ile beslenen <i>B. plicatilis</i> 'in biyokimyasal analiz sonuçları (% yaş ağırlık).....	46
Tablo 4.11	Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlarıyla beslenen rotiferin yağ asidi analiz sonuçları.....	49
Tablo 4.12	Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlarıyla beslenen <i>B. plicatilis</i> aminoasit analiz sonuçları.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Derece santigrat
Σ	: Toplam
ω	: Omega

Kısaltmalar

ARA	: Araşidonik asit
BDH	: British Drug Houses
C3	: 3x10 ⁶ hücre/ml <i>Chlorella</i> sp.
C6	: 6x10 ⁶ hücre/ml <i>Chlorella</i> sp.
C9	: 9x10 ⁶ hücre/ml <i>Chlorella</i> sp.
DHA	: Dokosaheksaenoik asit
DPA	: Docosapentaenoic acid
EPA	: Eikosapentaenoik asit
FID	: Alev iyonizasyon dedektörü
g	: Gram
GC	: Gaz kromatografi
HCl	: Hidroklorik asit
HUFA	: Yüksek doymamış yağ asidi
L	: Litre
LOA	: Linoleic acid
M	: Mol
MERLAB	: Merkezi Araştırma Laboratuvarı
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
MUFA	: Tekli doymamış yağ asidi
N	: Normal
N10	: 10x10 ⁶ hücre/ml <i>Nannochloropsis</i> sp.
N20	: 20x10 ⁶ hücre/ml <i>Nannochloropsis</i> sp.
N30	: 30x10 ⁶ hücre/ml <i>Nannochloropsis</i> sp.
NaOH	: Sodyum hidroksit

OLA	: Oleic Acid
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asidi
rot	: Rotifer
SFA	: Doymuş yağ asidi
TCA	: Trikloroasetik asit
YAME	: Yağ asiti metilesteri
αLNA	: Alpha-Linolenic acid
γLNA	: Gamma-Linolenic acid

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği dünyada en hızlı büyüyen gıda sektörleri arasındadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde'de su ürünleri yetiştiriciliğine artan bir ilgi vardır. Su ürünleri üretiminin büyük bir bölümü önceleri avcılık yoluyla yapılırken, aşırı avcılık ve bunun sebep olduğu doğal populasyonların tahribi ve türlerin neslinin tükenme tehlikesi altına girmesi gibi sorunlardan ötürü artan Dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanması su ürünlerinin yetiştiriciliği önemini her geçen gün daha da artırmaktadır (Gün ve Kızak, 2019). FAO (2020), verilerine göre dünya su ürünleri üretimi yetiştiricilik miktarı her geçen yıl artarak 2019 yılında 178,5 milyon tona ulaşmıştır. Benzer bir durum ülkemiz verilerine de yansımaktadır. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, raporuna göre 2019 yılında yapılan yetiştiricilik miktarı tüm zamanlarını rekorunu kırarak 373 bin tonu geçmiştir. Üretim verileri incelediğinde su ürünleri üretiminin artmasındaki en büyük etkenin deniz balıkları yetiştiriciliği olduğu görülmektedir (BSGM, 2020).

Su ürünleri yetiştiriciliğinin kritik belirleyicileri her zaman beslenme kaynaklarına bağlıdır. Bu nedenle su ürünleri yetiştiriciliği ihtiyaçlarına her zaman yem kaynakları hakim olmuştur (Vidhya ve Uthayakumar, 2014). Temel besinler (planktonlar) su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe ilk girdi olduğundan kritik öneme sahiptir. Sudaki canlılar, yaşam döngülerinin tüm aşamalarında besinlere ihtiyaç duyarlar ve bu besinlerin kaynağı, organizma geliştikçe, özellikle larva aşamada değişir (Chandrasekhar vd., 2013). Bununla birlikte, kabul edilebilir larva yemi bulmak, çoğu yem beslenme gereksinimlerine uymadığından veya larvaların tüketemeyeceği kadar büyük olduğundan önemli bir zorluk olmuştur. Sonuç olarak, canlı yemlerin, özellikle mikroalgler ve zooplanktonların, su ürünleri yetiştiriciliği sektörlerinde larva gelişimi için uygun ve gerekli olduğu bilinmektedir (Ramlee, 2021).

Zooplankton, çeşitli su ürünleri yetiştiriciliği türlerinin gelişimi için temel bir doğal besin kaynağıdır. Bazı balık türleri, özellikle larva ve yavrular, ağız açıklığına uygunluğu ve yeterli besin değerlerine sahip olduklarından beslenmelerini ağırlıklı olarak zooplanktondan alırlar. Besleyici gıdalar ve larvaların bağırsak sindirimine

yardımcı olan proteolitik enzimler, hormonlar ve biyokimyasallar gibi diğer maddeleri sağlar (Grubišić vd., 2012).

Larvikültür, özellikle larva beslemesinin başlangıcı, balık kültüründe hayati bir aşama olarak görünmektedir. Larvalara özgü suni yemlerin kullanımı düşük sindirim göstermektedir. Bu zorluk, küçük boyutlu, üstün besleyici özelliklere ve görsel uyarı veren hareketlere sahip canlı yem kullanımıyla aşılanır. Ancak zooplanktonun balık larva ve yavrularının beslenme gereksinimlerini karşılayabilmesi için mikroalgler vasıtasıyla biyokimyasal içerik bakımından zenginleştirilmesi gerekir. Zooplanktonun zenginleştirilmesi, balık larvalarının besin değerini artırmak için yapılan bir işlemdir (Ramlee, 2021). Zenginleştirme tekniği, konakçıyı tüketmek için protein ve besin içeriği açısından büyük ölçekte daha besleyici kaliteli canlı yem sağlamak amacıyla kuluçkahane koşullarında gerçekleştirilir (Samat vd., 2020). Zooplanktonu zenginleştirmek için en sık kullanılan yöntemler, doymamış yağ asidini (HUFA) ve önemli amino asit içeriğini artıran mikroalglerdir (Estévez vd., 2019). Ancak günümüzde sağlıklı zooplankton üretimi mümkün iken, kötü sağlık ve kültürel koşullar gibi çeşitli problemler nedeniyle zooplanktonun besin içeriği optimal değildir (Pous Rodríguez vd., 2020).

Mikroalgler, çeşitli zooplanktonlar dahil olmak üzere suda yaşayan süzerek beslenen (filter-feeding) organizmalara büyümelerini, hayatta kalmalarını ve yaşam döngüsü parametrelerini destekleyen bir besin profili sağladıkları için zenginleştirme işleminde kullanılmaları uygundur (Rasdi vd., 2020). Mikroalglerin besin değeri türlere göre değişir ve kültür koşullarından etkilenir. Bununla birlikte, mikroalg grubu, balık larvaları için olağanüstü bir besin paketi sağlayabilir. Sudaki besin zincirinde ana üretici olarak mikroalgler genellikle EPA, araşidonik asit (ARA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) dahil olmak üzere yüksek konsantrasyonda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) içerir. Bunların çeşitli sucul canlılar için gerekli olduğu iyi bilinmektedir (Peltomaa vd., 2018). Mikroalg türlerinin çoğu yüksek konsantrasyonda EPA içerir (%7 ila %34). Bunun dışında Nilsson vd., (2020), pirimnezyofitlerin (örn. *Isochrysis sp.*) yüksek konsantrasyonda DHA (%0.2 ila 11) içerdiğini ve östigmatofitlerin (örn. *Nannochloropsis sp.*) yüksek konsantrasyonda ARA (%4'e kadar) içerdiğini bildirmiştir. Böylece *Isochrysis sp.* ve *Nannochloropsis sp.* esansiyel yağ asitleri

büyüme, sağlığı ve üremeyi teşvik ettiği için suda yaşayan hayvanlar için canlı yem olarak popülerlik kazanmıştır (Li vd., 2015).

Genellikle, zenginleştirme işlemi yapılmamış canlı yemler, özellikle kabuklular için larvaların hayatta kalmasını ve büyümesini desteklemek için yeterli besinleri içermezler. Başta esansiyel yağ asitleri olmak üzere kalitatif ve kantitatif besin maddelerini yeterli düzeye çıkarmak için canlı yemlerin zenginleştirilmesi gerekmektedir (Ohse vd., 2015).

Mikroalg ile besleme, zooplanktonun besin içeriğini arttırmada etkili bir yöntemdir. Bunun nedeni, mikroalglerin zooplankton gelişimi ve hayatta kalması için gerekli besinleri içermesidir. Barre ve Bates (2018)'e göre, mikroalglerle beslenen PUFA açısından zengin diyetler, zooplanktonun DHA içeriğini başarılı bir şekilde artırır. Pérez-Legaspi vd., (2020) mikroalg pigmentlerinin bir zenginleştirme işlemi yoluyla zooplanktonun besin değerini artırabildiğini göstermiştir. Mikroalg türlerinin besin içeriği önemli ölçüde değişkendir. Mikroalgal diyetler, zooplankton ve larvaların besin değerini iyileştirme potansiyeline sahiptir (Dineshbabu vd., 2019). Besin yapısı, formu, sindirimi ve biyokimya içeriği gibi çok sayıda faktörün tümü besin değerine önemli ölçüde katkıda bulunur (Peltomaa vd., 2018). Mikroalgler, sudaki besin ağındaki başlıca üreticiler olduğundan, eikosapentaenoik asit (EPA), araşidonik asit (ARA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi bitkisel besinler sunabilirler. Bu bitkisel besinler, suda yaşayan organizmaların büyümesi ve gelişmesi için gereklidir (Han vd., 2019).

Zooplankton ve balık larvalarının ihtiyaç duyduğu mikroalglerde bulunan bir diğer önemli olan bileşen amino asitlerdir. Amino asitlerin suda yaşayan organizmalardaki biyolojik rolünün önemli ve çeşitli olduğu bilinmektedir. Amino asitlerler, nitrojen metabolizmasında, nükleik asitlerin ve proteinlerin (enzimler, hormonlar ve diğer biyolojik olarak aktif maddeler dahil) sentezinde merkezi bir rol oynayan ana metabolik süreçlerin kendine özgü entegratörleridir. Aynı zamanda iç kimyasal reaksiyonlar için önemli enerji kaynaklarından biridir (Kolmakova ve Kolmakov, 2019).

Mikroalgler, gelişim evreleri sırasında %30-40 protein, %10-20 lipid ve %5-15 karbonhidrat içerir (Jusoh vd., 2020). Mikroalglerin besin içeriği, nitrojen veya fosfor sınırlaması gibi stres varlığında değişir. Glikoz seviyeleri dramatik bir şekilde yükseldikçe, bu durum yaklaşık bileşimi iki katına çıkarır. Bununla birlikte yüksek karbonhidrat seviyelerinin suda yaşayan organizmalarda maksimum büyümeyi sürdürebileceğini göstermiştir (Øverland vd., 2019). Planktonik organizmaların aminoasit bileşimi ayrıca mevsime ve organizmanın gelişme aşamasına (Helland vd., 2003a; Helland vd., 2003b), besinin miktarına ve kalitesine (Aragão vd., 2004; Helland vd., 2000) bağlıdır. Yağ asitleri, amino asitler, vitaminler gibi antioksidanlar ve karotenoidler gibi tüm besin bileşenleri, su ürünleri yetiştiriciliğinde zooplankton ve balık larvalarının beslenme performansını iyileştirmede kritik öneme sahiptir (Kandathil vd., 2020).

Rotifer (*Brachionus plicatilis*), ticari deniz balıkları kuluçkahanelerinde kullanılan en yaygın canlı yemlerdir. Kullanımları çoğunlukla larva ağız boyutuna bağlıdır (Conceição vd., 2010; Hawkyard vd., 2016; Rainuzzo vd., 1997; Reitan vd., 1997). Rotiferler, uygun boyutları ve nispeten basit üretim teknikleri nedeniyle larva kültüründe hala vazgeçilmezdir. Bununla birlikte, besin kaliteleri ve güvenilir üretimleri, önemli ölçüde kullanılan mikroalg türüne bağlıdır ve yüksek besin içerikli rotiferlerin istikrarlı üretimi, ticari deniz balığı kuluçkahaneleri için çok önemlidir. Örneğin, birçok deniz balığı larvasının besin ihtiyacının karşılanması bakımından kopepodlar ve doğada bulunan canlı yemler karşılaştırıldığında, rotiferler daha düşük miktarlarda esansiyel yağ asitlerine, amino asitlere, vitaminlere ve minerallere sahiptir (Hamre vd., 2013). Bu nedenle, deniz balıkları larvaları için canlı yemlerin arzu edilen nitelikte olabilmesi için yemleme ve zenginleştirme protokolleri önem kazanmıştır (Hamre vd., 2008; Matsunari vd. 2012).

Mikroalgler, rotifer yemi olarak larva üretiminde (Haas vd., 2016), yeşil su üretiminde (Tendencia vd., 2015) taze (Patil vd., 2007), spreyle kurutulmuş (Harel vd., 2002) dondurularak kurutulmuş (Tibaldi vd., 2015) veya macun (Schwarz vd., 2008) formlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, mikroalgler ticari kuluçkahanelerde farklı formlarda taze, macun, dondurulmuş veya dondurularak kurutulmuş şekilde kolayca temin edilebilir. Ticari deniz balıkları kuluçkahanelerinde

taze mikroalg üretim harcamaları, toplam üretim maliyetinin %30-40'ına kadar çıkabilir (Grima vd., 2003; Norsker vd., 2011). Kalitelerine ve kullanım amaçlarına bağlı olarak fiyatları yükselebilsede, birçok kuluçkahane ticari mikroalg ürünlerinin kullanımıyla ilgilenmektedir (Borowitzka, 2013).

Rotifer kültürünün başarısını etkileyen faktörlerden biriside kültür yöntemleridir. Tesislerin ihtiyaçlarına, tank hacimlerine ve rotifer üretiminde kullanılan yemlere bağlı olarak kesikli, yarı sürekli ve yüksek yoğunluklu kültür yöntemleri uygulanmaktadır. Kesikli kültürde, hasat edilen rotiferler iki kısma ayrılır. Hasat edilen rotiferin bir kısmı kültürün devamı için yeni ortama aşılama (ekim) yapılırken diğer kısımda kültür edilen larvalara verilir. Bu yöntemde kısa sürede, 3-4 günlük kültür süresinde yüksek miktarda mikroalgler ve zenginleştirme emülsiyonları kültür tankına verilir. Rotifer kültürlerinin kısmen hasat edilmesi ve yıkanması yarı sürekli kültür olarak bilinir. Kesikli kültür yöntemiyle karşılaştırıldığında, periyodik hasat nedeniyle yarı sürekli kültür daha uzun süre devam edebilir. Yüksek yoğunluklu kültür, konsantre mikroalg biyokütlesi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ancak bu yöntemde su kalitesi ve stabilitesi temel problemlerdir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için yüksek yoğunluklu kültür yöntemlerinde protein sıyırıcılar, filtreleme ve kısmen su yenileme teknikleri uygulanabilir (Yoshimatsu ve Hossain, 2014).

Deniz balıkları yetiştiriciliğinde larvaların ağız açıldıktan hemen sonra ilk kullanılan canlı yemlerin kalitesi ile hayatta kalma ve büyüme oranları arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu sebeple, Rotifer türlerinden biri olan *Brachionus plicatilis* yaklaşık 60 türe yakın deniz balığı larvası (kefal, çipura, mersin, levrek, mercan, sarıkuyruk, kalkan vs.) ve 18 tür kabuklu yetiştiriciliğinde besin kaynağı olarak kullanılmaktadır (Eryalçın, 2018).

Rotifer (*Brachionus plicatilis*) gerek boyut gerekse hareketlilik bakımından günümüzde larval dönemde alternatifi olmayan ve kuluçkahanelerde üretimi zorunlu olan canlı yemdir (Eryalçın, 2018; Dhert vd., 2001). Küçük ağız yapısına sahip larvalar için S tipi, büyük ağız açıklığına sahip larvalar ve postlarvaların beslenmesinde ise L tipi rotiferler kullanılmaktadır (Hagiwara vd., 1989).

Rotifer (*Brachionus plicatilis*)'in partenogenetik üreme özelliğine sahip olmasından dolayı yüksek miktarda ve yoğunlukta üretilebilmesi, yağ asitleri bakımından zenginleştirilebilmesi, pelajik ve hareketli canlılar olmaları sebebiyle larvalar için cazip bir besin organizmasıdır (Savaş ve Güçlü, 2004).

Süzerek beslenen zooplanktonların larvaların besin ihtiyacını karşılayabilmesi uygun besin maddeleri ile zenginleştirilmesine bağlıdır. Birim hacimde üretilen Rotifer sayısını ve besin değerlerini yükseltmek için besleme ve zenginleştirme işlemlerinde kullanılacak yem dikkatli seçilmelidir. Bu organizmaların biyokimyasal yapısı kullanılan besinin türüne, niteliğine ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir (James vd., 1987; Lubzens vd., 1985). Zenginleştirme maksadıyla *Chlorella sp.*, *Isochrysis sp.*, *Tetraselmis sp.*, *Nannochloropsis sp.*, gibi bazı yağ asitleri, vitamin ve mineraller bakımından zengin mikroalg türleri kullanılmaktadır. (Arnold ve Holt 1991; Chen ve Long 1991; Hirayama vd., 1979; Korstad vd., 1989). *Nannochloropsis oculata*, yüksek fototrofik büyüme potansiyeline sahiptir (Spolaore vd., 2006; Hemaiswarya vd., 2011) ve ayrıca deniz balıkları için eikosapentaenoik asit (20:5n-3) ve araşidonik asit (20:4n-6) esansiyel yağ asitleri bakımından zengindir. *Nannochloropsis sp.*, *Nannochlorum sp.* ve *Tetraselmis sp.* diğer mikroalglerle kıyasla nispeten yüksek esansiyel yağ asitleri içeriğine sahiptir (Ohse vd., 2015).

Larval yetiştiricilik yapan deniz kuluçkahaneleri için rotiferin mevcudiyetinin yanısıra mikrobiyolojik kalitesi ve yüksek besin değeri hayati derecede önem taşıdığından araştırmalar, rotifer kültürü için yeni stratejiler, etkili bir zenginleştirme, dengeli maliyet hesabı, mikroalg ve yapay besinlerin kombinasyonu (Li vd., 2015), mikroalgal kültürü ile ilişkili probiyotik bakterilerin kullanımı (Mejias vd., 2018), işlenmiş mikroalglerin kullanımı (Sales vd., 2019), zenginleştirme periyodu süresinin optimize edilmesi (Estévez ve Giménez, 2017; Eryalçın, 2018), gibi çeşitli konular üzerine yoğunlaşmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda protein ve PUFA bakımından zengin mikroalglerin kullanımı rotiferin biyokimyasal yapısını ve kültür performansını güçlü bir şekilde etkilediğini göstermiştir (Ferreira vd., 2011, 2018; Thépot vd., 2016; Coutinho vd., 2020).

Ülkemizde yapılmış rotifer besleme ve zenginleştirme çalışmalarında araştırmacılar; mikroalg türlerinden *Tetraselmis chuii*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chlorella vulgaris* ve *Rhinomonas reticulata* *B. plicatilis* tarafından besin alınımı (Sayın vd., 2000), maya (*Saccharomyces cereviscea*) ile kültür edilen *B. plicatilis*'in farklı sulandırma oranlarında büyüme performansını (Hindioğlu ve Serdar, 2001), *Tetraselmis sp.*, *Chlorella sp.* ve bu mikroalglerin maya ile kombinasyonunun *B. plicatilis*'in büyüme performansını üzerine etkisini (Kargın, 2001), *B. plicatilis*'in (L-tip) kültürüne *Tetraselmis suecica*, *Chlorella sp.*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata*, *Dunaliella tertiolecta* mikroalglerinin ve farklı tuzluluk oranlarının etkisini (Savaş, 2004), *Nannochloropsis sp.*, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve kurutulmuş *Spirulina* tozu'nun *B. plicatilis*'in kültür performansını etkisini (Özbaş vd., 2006), *B. plicatilis*'in üretiminde kesikli kültürün ve sürekli kültürün performansını (Önal vd.,2010), rotifer zenginleştirme işleminde kullanılan Red Pepper Paste, AlgaMac 3050 ve Spresso ticari ürünlerinin *B. plicatilis*'in biyokimyasal bileşimindeki değişimini (Demir ve Diken, 2011), *C. vulgaris* ve *C. vulgaris*'in Red pepper ve Olio ω 3 ürünleri kullanarak oluşturduğu kombinasyonunun *B. plicatilis*'in popülasyon artışına ve yağ asitlerine etkisini (Bakek, 2011), *B. plicatilis* kültüründe Fe, Cu, Zn, Mn iz elementlerini ve Algamac 3050 ve DHA protein selco ticari ürünlerini kombine ederek popülasyon ve yağ asitleri üzerine etkisini (Şahin, 2015), Algamac 3050 ve Olio ω-3 ürünlerine L-karnitin ilave ederek *Brachionus plicatilis*'in yağ asidi kompozisyonuna etkisini (Özdoğan, 2015), üç farklı tuzluluk oranlarında (%17-28-40) ve *Nannochloropsis oculata* ve *Chlorella sp.* mikroalgleri ile kültür ettiği *Brachionus plicatilis*'in popülasyonuna ve biyokimyasal içeriğine etkisini (Tınkır, 2017), *B. plicatilis*'in (L-tip) kültür performansına M0 Plus, S.Parkle, w-3 Yeast 60, maya ve *Chlorella vulgaris* diyetlerinin etkisini ve w-3 Olio, n-3 Top Rich, Red Pepper, Culture Selco, mikroalg karışımı (*Dunaliella salina* + *Chlorella vulgaris*) ve Emulsion T ürünlerinin yağ asitlerine etkisini (Eryalçın, 2018a), Algamac 3050 ve Red Pepper ticari ürünlerine L-karnitin ilavesinin *Brachionus plicatilis*'in yağ asidi içeriğine etkisini (Memişoğlu, 2019), Olio ω-3, Red Pepper ve (n-3) Top Rich ticari ürünlerinin *Brachionus plicatilis*'in kültüründe doz ve sürelerinin yağ asidi kompozisyonuna etkisini (Özdoğan, 2021) inceleyen konulara odaklanmışlardır.

Larval üretim yapan deniz balıkları kuluçkahanelerinde rotifer beslemek amacıyla genellikle *Chlorella sp.* ve *Nannochloropsis sp.* mikroalg türleri kullanılmaktadır

(Hemaiswarya vd., 2011, Özçiçek vd., 2017). Mikroalglerle rotifer kültürünün besin içeriğinin artırılmasının yanı sıra su kalitesi üzerine olumlu etkilerinden dolayı taze mikroalg kullanımı kuluçkahanelerde yaygın şekilde kullanılmaya devam etmektedir (Hoff ve Snell, 2001; Pérez-Legaspi, 2018). Gerek ulusal gerekse uluslararası literatürde *Chlorella* sp. ve *Nannochloropsis* sp. mikroalgleri ile besleme çalışmaları yapılsa da bu mikroalgerin farklı konsantrasyonları ile beslenen rotiferin kültür performansı ve biyokimyasal yapısına etkisini araştıran çalışmaya rastlanmamıştır. Rotifer kültürünün başarılı bir şekilde yapılabilmesinde kullanılan besinin tipi, konsantrasyonu ve besleyici değeri önem taşımaktadır. Bundan dolayı, bu çalışmada, farklı mikroalglerin (*Chlorella* sp. ve *Nannochloropsis* sp.) ve konsantrasyonlarının rotifer (*Brachionus plicatilis*) büyümesine ve biyokimyasal yapısına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1 *Brachionus plicatilis*'in Sistematikteki Yeri

İlk defa O.F. Müller tarafından 1986 yılında *B. plicatilis*'in sistematik çalışması yapılmıştır. Son çalışmalara göre sistematik sınıflandırması aşağıda verilmiştir (Fukusho, 1989; Url-1).

Âlem: Animalia

Şube: Rotifera

Sınıf: Eurotatoria

Alt sınıf: Monogononta

Üst takım: Pseudotrocha

Takım: Ploima

Aile: Brachionidae

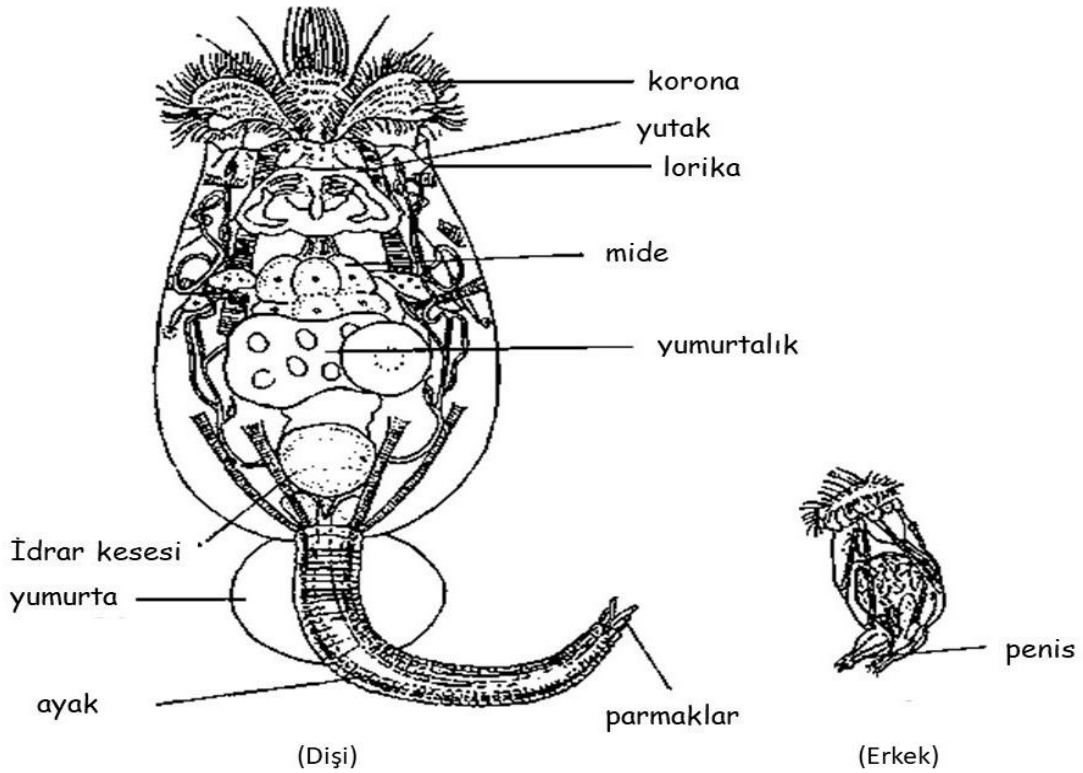
Cins: Brachionus

Tür: *Brachionus plicatilis*

1.2 *Brachionus plicatilis*'in Morfolojisi

Rotatoria (Rotifera), %90'ı tatlı su habitatlarında yaşayan 1000'den fazla türün tanımlandığı en küçük metazooya aittir. Vücut uzunlukları genellikle 0,1-0,5 mm aralığındadır (Url-2, 2022).

Epidermis, yoğun bir şekilde paketlenmiş keratin benzeri protein tabakası içerir ve lorica olarak adlandırılır. Lorica'nın şekli, dikenlerin ve süslemelerin profili, farklı türlerin ve morfotiplerin belirlenmesine imkan verir. Rotifer baş, gövde ve ayak olmak üzere üç ayrı bölümden oluşur (Şekil 1.1). Baş, dairesel kirpikleri ile kolayca tanınan ve Rotatoria adının kökeninde (rulman tekerlekleri) bulunan döner organı veya koronayı taşır. Geri çekilebilir korona, suda sirkülasyon oluşturarak gıda maddelerinin mastaksa ulaşmasını sağlayan bir yapıdır. Gövde, sindirim sistemi, boşaltım sistemi ve genital organları içerir. Rotiferler için karakteristik bir organ, yutulan partiküllerin öğütülmesini sağlayan mastakstır (ağız bölgesinde kemiksi bir yapı). Ayak, bir veya dört parmakla biten ve segmentasyonu olmayan halka tipi geri çekilebilir bir yapıdır (Url-2).



Şekil 1.1 *Brachionus plicatilis*, erkek ve dişi (Değiştirilmiş Koste ve Shiel, 1980).

1.3 *Brachionus plicatilis*'in Biyolojisi ve Hayat Devri

Rotiferler eşeyli veya partenogenetik olarak ürerler. Dişiler her zaman erkeklerden daha büyüktürler ve cinsel olarak dimorfiktirler. Bazı türlerde dişi, erkeğin boyutunun on katına kadar çıkabilir. Türe bağlı olarak partenogenetik erkekler yılın yalnızca belirli zamanlarında bulunabilir veya hiç bulunmayabilir (Barnes, 1982).

Dişi üreme sistemi, her biri yumurtalara yumurta sarısı sağlayan bir vitellarium bezine sahip bir veya iki yumurtalıktan oluşur. Her bir yumurtalık ve vitellarium, canlının ön kısmında bir yumurta kanalı yoluyla kloaka açılan tek bir yapı oluşturur (Barnes, 1982).

Erkeklerin genellikle işlevsel bir sindirim sistemi yoktur ve bu nedenle kısa ömürlüdürler. Yumurtadan çıktıklarında üreme kabiliyetine sahiptirler. Prostat olarak adlandırılan (omurgalı prostatla ilgisi olmayan) bir çift glandüler yapı ile ilişkili tek bir testis ve sperm kanalına sahiptirler. Sperm kanalı, canlının arka ucunda, genellikle bir penis oluşturacak şekilde modifiye edilmiş bir gonopore açılır. Gonopore, birçok omurgasızda cinsel organ açıklığıdır (Barnes, 1982).

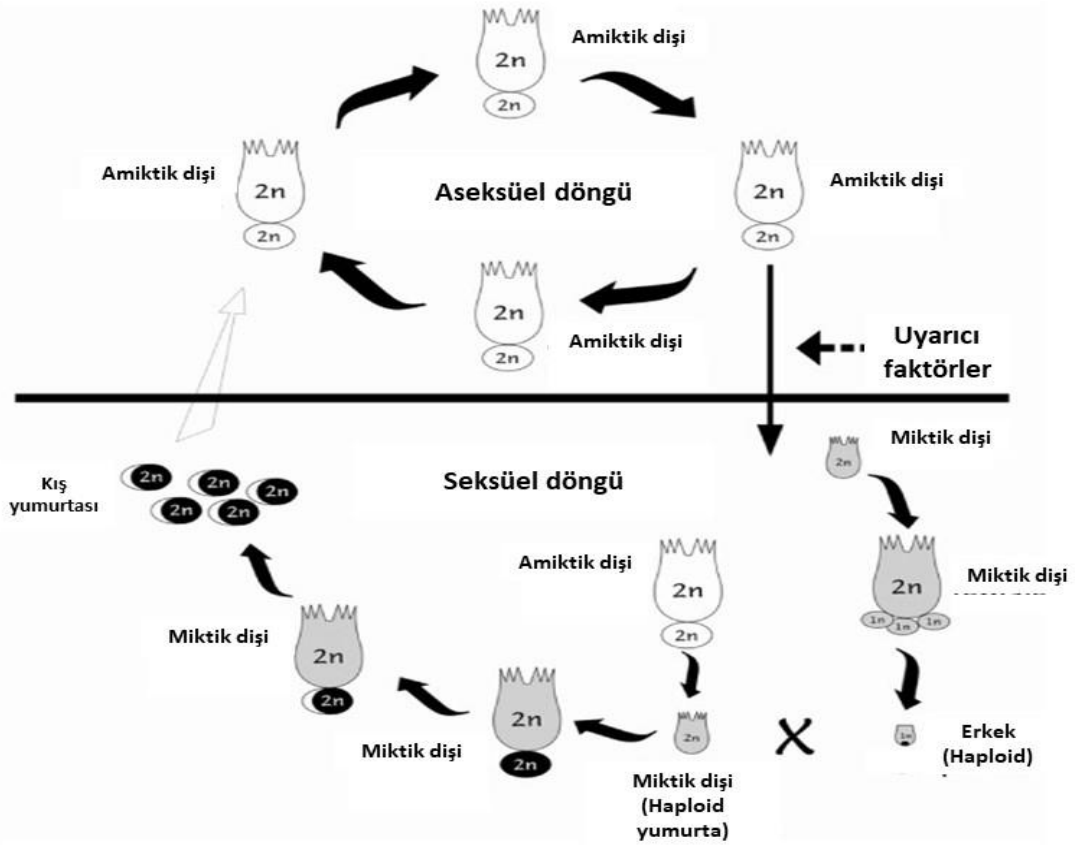
Rotifera filumu, üç farklı mekanizma ile çoğalan üç sınıfı kapsamaktadır (Barnes, 1982).

Seisonidea sadece eşeyli olarak çoğalır; Bdelloidea yalnızca aseksüel partenogenez ile çoğalır; Monogononta bu iki mekanizmayı değiştirerek çoğalır ("döngüsel partenogenez" veya "heterogoni"). Partenogenez (amiktik faz), monogonont yaşam döngüsüne hakimdir, hızlı popülasyon artışı ve kolonizasyonu teşvik eder. Bu evrede erkekler yoktur ve amiktik dişiler mitozla diploid yumurtalar üretirler ve bu yumurtalar partenogenetik olarak annelerinin klonları olan dişilere dönüşür. Bazı amiktik dişiler, mayoz bölünme ile haploid yumurtalar üretecek olan miktik dişiler üretebilir. Mixis (mayoz bölünme), türlere bağlı olarak farklı uyaran türleri tarafından indüklenir. Haploid yumurtalar, döllenmemişlerse haploid cüce erkekler ve erkekler tarafından döllenmişlerse diploid "dinlenme yumurtalarına" (veya "diyapaz yumurtalara") dönüşürler (Nogrady, 1993).

Eşeyli üremede dölleme iç dölleme şeklindedir. Erkek ya penisini dışının kloakasına sokar ya da onu cildine nüfuz etmek için kullanır ve spermi vücut boşluğuna enjekte eder. Yumurta bir kabuk salgılar ve ya alt tabakaya yakındaki bitkilere ya da dışının kendi vücuduna bağlıdır. Rotaria üyeleri gibi birkaç tür, yumurtadan çıkana kadar yumurtaları vücutlarının içinde tutan ovovivipardır (Barnes, 1982).

Rotiferde en fazla rastlanan üreme tipi partenogenez (eşeysiz) üreme tipidir. Temel olarak eşeysiz üreme dişi bireyin ovum (yumurta) denilen cinsiyet hücresinden yeni bir bireyin oluşmasından ibarettir. Çoğu türde yeni bireyler yetişkinin minyatür versiyonları olarak yumurtadan çıkar. Dişiler hızla büyür, birkaç gün içinde yetişkin boyutlarına ulaşır. Ergin amiktik dişi bireyler amiktik yumurtalar oluşturarak aseksüel döngüyü tamamlar (Şekil 1.2). Monogonont sınıfının dişilerinin yaşam süresi iki günden yaklaşık üç haftaya kadar değişir (Barnes, 1982).

Kış yumurtası, dinlenme yumurtası olarakta bilinir. Dinlenme yumurtalarının üretimi, monogonont rotiferin yaşam döngüsündeki en dikkat çekici özelliklerden biridir. Rotifer dinlenme yumurtaları eşeyli üremenin ürünüdür. Rotifer kültürü için bir başlatıcı olarak kullanılabilir (Snell ve Hoff, 1988). Dinlenme yumurtası üretimi, bazı spesifik değişkenlerle uyum içinde çalışan hem iç hem de dış faktörler tarafından belirlenir. Bu değişkenlerin en önemlileri arasında dişi üreme hızı, erkek aktivitesi ve doğurganlığı, dışının döllemeye duyarlılığı ve döllemiş dişi doğurganlığı sayılabilir (Pourriot ve Snell, 1983). Bazı araştırmalar, *Brachionus plicatilis* ve *B. calyciflorus*'un dinlenme yumurta oluşumu üzerindeki sıcaklık ve diyetin hem kalitatif hem de kantitatif yönleri, kültür ortamının tuzluluğu ve pH'ı ve ilk popülasyon yoğunluğu gibi dış faktörlerin etkilerini araştırmıştır (Hagiwara vd. 1988a, 1988b, 1991, 1993b; Hamada 1993; Kagone vd., 1997; Snell ve Hoff, 1985; Xi ve Huang 1999, 2000b, 2000c, 2000d).



Şekil 1.2 Rotiferin hayat döngüsü (Denekamp vd., 2009)

1.4 *Brachionus plicatilis*'in Beslenmesi

Rotifer 2-20 μm boyutundaki besinler ile beslenebilselerde uygun aralıktaki besinlerin boyutları 3-5 μm arasındadır (Fulks ve Main, 1991). Rotiferler uygun boyutlardaki alg, bakteri, maya, bazı geliştirilmiş ticari ürünleri (Protein Selko, Super Selko, Nanno 3600 vb.) ve yağ emulsiyonlarını tüketebilmektedir (Copeman vd., 2002).

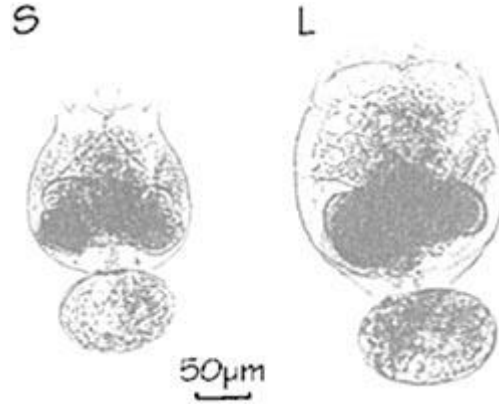
Kitlesele rotifer üretimi rotifer kültürünün ani çökmesi gibi zorlukları beraberinde getirmiştir. Yüksek yoğunluk ve rotifer kültürünün dengesini sağlamak için gıda kaynakları olarak mikroalgler hayati önem taşımaktadır. *Chlorella* sp., *Tetraselmis suecica*, *Tetraselmis tetrathele*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana*, *Dunaliella* sp., *Phaeodactylum tricornutum*, *Nitzschia* sp., *Chlamydomonas* sp., *Nannochloris* sp., gibi bir çok mikroalg türleri rotifer beslemede başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Hirayama vd., 1989; Hoff ve Snell, 200; Kongkeo, 1991; Korstad vd., 1989; Snell ve Hoff, 1987).

Mikroalg üretiminde harcanan zaman, iş gücü ekonomik olarak maliyetin arttırmasına sebep olmaktadır (Lavens ve Sorgeloos, 1996). Rotifer kültüründe mikroalgler ile başarılı üretim yapılmasına rağmen yoğun üretimin yapıldığı kuluçkahanelerde ek besin olarak maya (*Saccharomyces cerevisiae*) kullanılmaktadır (James ve Dias, 1984; Kongkeo, 1991). Maya ile üretimin ise su kalitesi üzerine olumsuz etkilere sahiptir. Ayrıca maya ile beslenen rotiferin yağ asitleri bakımından zayıf olması ayrı bir zenginleştirme işlemini gerekli kılmaktadır. Su kalite kriterleri bakımından daha güvenilir olmasından dolayı kuluçkahaneler mikroalg ile zenginleştirmeyi tercih etmektedir (Hoff ve Snell, 1987). Yoğun üretimin yapıldığı sezonlarda bazı kuluçkahaneler ise ticari olarak geliştirilmiş ürünleri kullanmaktadır (Cavalin ve Weirich, 2009). Çeşitli zenginleştirme yöntemleri geliştirilmiştir ancak genel olarak rotiferde en iyi biyokimyasal bileşimin 8-24 saatlik süreler arasında olduğu bildirilmiştir (Dhert vd., 2001).

1.5 Genetik Farklılıklar

Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe en yaygın olarak kullanılan tür, acı ve tuzlu su kaynaklarının kıyılarında yaşayan kozmopolit bir sakin olan *Brachionus plicatilis*'tir. 100 ila 340 mm arasında bir lorica uzunluğuna sahiptir (Fukusho, 1989).

Ancak su ürünleri yetiştiriciliğinde *Brachionus rotundiformis* veya küçük (S-tipi) ve büyük (L-tipi) rotifer (*Brachionus plicatilis*) olmak üzere iki farklı morfotipe dayanan basit bir sınıflandırma kullanılmaktadır. İki tip arasındaki farklılıklar, morfolojik özellikleri ile ayırt edilebilir. Lorica uzunluğu L-tipinin 130 ila 340 µm (ortalama 239 µm) arasında değişim gösterirken S-tipi lorica uzunluğu 100 ila 210 µm (ortalama 160 µm) arasında değişim göstermektedir. Ayrıca, S-tipinin lorikası sivri dikenler gösterirken, L-tipinin geniş açılı dikenleri vardır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 S ve L morfortip rotifer (Değiştirilmiş Fu vd., 1991)

S- ve L-morfotiplerinin optimal büyüme sıcaklıklarında farklılık gösterir. S-tipi 25-35°C'de optimal bir büyümeye sahipken, L-tipi optimal büyümesine 18-25°C'de ulaşır. Her iki tip rotiferde kontaminasyon sıklıkla meydana geldiğinden, saf kültürler elde etmek için kültür sıcaklıklarını düşürmek veya yükseltmek kullanılabilir. Rotiferler üst veya alt tolerans limitlerinde çok hızlı çoğalmazlar ve bu şekilde arzu edilen morfortipler ayrıştırılarak izole edilebilir.

Tür içi boyut varyasyonlarının yanı sıra, tuzluluk seviyesi veya diyet rejiminin bir fonksiyonu olarak boyutta önemli türler arası varyasyonun meydana gelebilmektedir. Bu polimorfizm, maksimum %15'lik bir farkla sonuçlanabilir (Fukusho ve Iwamoto, 1981).

1.6 Batch (Yığın) Kültür Sistemi

Basitliği nedeniyle batch kültür sistem (yığın kültür), deniz balığı kuluçkahanelerinde en yaygın rotifer üretim metodudur (Fukusho, 1983; Nagata ve Hirata, 1986; Snell, 1991). Kültür stratejisi, ya artan rotifer yoğunluğu ile sabit bir kültür hacminin korunmasından ya da kültür hacminin artırılmasıyla sabit bir rotifer yoğunluğunun korunmasından oluşur. Kesikli kültürde, rotiferlerin bir kısmı balık larvaları için gıda olarak kullanılan bir kısmı ve bir sonraki kültür için aşı olarak kullanılan rotiferlerin toplam hasadı şeklinde uygulanır (Hirata, 1980; Lubzens, 1987). 200 ila 250 rotifer/ ml arasında başlayan 4 günlük kültürden sonra hasat zamanında yoğunluk yaklaşık 600 rotifer/ml'ye ulaşır (Dhert, 1996; Suantika vd., 2000). Genellikle kesikli kültür için tankların boyutları esnektir, çeşitli hacimlerde plastik tanklar ve 10 tona kadar beton tanklar kullanılır. Bununla birlikte, kesikli kültür sistemine atfedilen birçok dezavantaj

vardır. Kùltürler, hem rotifer popùlasyonunun biyokimyasal bileşimi açısından büyüme performansı, iş gücü ve kullanım açısından düşük verimlilik açısından oldukça değişken koşullara tabidir. Bu problemler, istikrarsız ve öngörülemeyen kùltür koşullarına ve nispeten yüksek maliyetle düşük üretim verimine neden olur (Walz vd., 1997). Bu kùltür sisteminde kùltür, su yenilenmeden 5-14 günlük bir süre boyunca düşük yoğunluklarda tutulur. Aşılama yoğunluğu 50 ile 200 birey/ml arasında değişir (Lubzens, 1987).

1.7 Genel Kùltür Şartları

1.7.1 Tuzluluk

Brachionus plicatilis %1-97 arasında geniş bir tuzluluk aralığına dayanabilmesine karşın, optimum üreme %35'nin altındaki tuzluluklarda gerçekleşebilir. Bununla birlikte, rotiferlerin farklı bir tuzlulukta % \pm 5 yetiştirilen larvalarla beslenmesi gerekiyorsa, ani tuzluluk şokları rotiferlerin yüzmesini engelleyebileceği ve hatta ölümlerine neden olabileceği için öncelikle kùltür şartlarına adapte edilmesi gerekir (Lubzens, 1987).

1.7.2 Sıcaklık

Rotifer yetiştirmek için en uygun kùltür sıcaklığının seçimi rotifer morfotipine bağlıdır; L tipi rotiferler, S tipi rotiferlerden daha düşük sıcaklıklarda yetiştirilmektedir. Genel olarak, sıcaklığı optimum aralıkta tutmak üreme aktivitesini artırır (Lubzens, 1987). (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Sıcaklığın *Brachionus plicatilis*'in üreme aktivitesi üzerine etkisi. (Ruttner-Kolisko, 1972).

Sıcaklık (°C)	15°C	20°C	25°C
Embriyonik gelişim süresi (Gün)	1,3	1,0	0,6
Dişi bireyin ilk yumurta bıraktığı erginlik süresi (Gün)	3,0	1,9	1,3
İki yumurtlama arasında geçen zaman (Saat)	7,0	5,3	4,0
Ömür (Gün).	15	10	7
Dişinin hayatı boyunca yumurtladığı yumurta sayısı.	23	23	20

1.7.3 Çözünmüş Oksijen

Rotiferler, 2 mg/l kadar düşük çözünmüş oksijen içeren suda yaşayabilir. Kültür suyundaki çözünmüş oksijen seviyesi sıcaklığa, tuzluluğa, yoğunluğa ve besinin tipine bağlıdır. Popülasyona fiziksel olarak zarar vermeyecek kadar havalandırma olmalıdır (Lubzens, 1987).

1.7.4 pH

Rotiferler, doğal ortamlarında ve kültür şartlarında en iyi sonuçları 7.5-8.0 aralığındaki pH seviyelerinde göstersede, 6,6'nın üzerindeki pH seviyelerinde yaşarlar (Lubzens, 1987).

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Hirayama vd. (1989), deniz balıkları kuluçkahanelerinde *Brachionus plicatilis*'in yoğun üretiminde *Nannochloropsis oculata* ile besleme gerçekleştirildiğini ve mikroalgin yetersiz kalması durumunda ise eklemek mayasının genellikle ek gıda olarak kullanıldığını ifade etmiştir. Başka bir ek gıda olarak ticari yoğunlaştırılmış *Chlorella vulgaris* süspansiyonu geliştirilmiştir. Rotifer kültüründe *Chlorella*'nın besin değerini bireysel ve yoğun kültürlerde değerlendirmiştir. *Chlorella vulgaris* rotifer büyümesini baskılamış fakat B12 vitamin eklentisi ile *N. oculata* ile benzer büyüme oranları verdiğini bulmuştur.

Sarma ve Rao (1991), rotifer kültüründe sıcaklık ve *Chlorella* yoğunluğu ($1,2 \times 10^6$, 4×10^6 hücre/ml) arasındaki kombine etkiyi incelemiştir. Üreme performansı gıda seviyesiyle doğrudan ilgili iken gıda etkisinin sıcaklığa bağlı değiştiğini belirtmiştir.

Ahmad vd. (1991), *B. plicatilis* kültüründe su kalitesi koruyarak en iyi kültür şartlarını belirlemek için optimum beslenme oranlarını araştırmıştır. *N. oculata*'nın beş farklı ($0,5 \times 10^6$, $1,5 \times 10^6$, 3×10^6 , 5×10^6 , 8×10^6 hücre/ml) konsantrasyonu ile kültür ettiği rotiferde en etkili olduğu konsantrasyonun $1,5 \times 10^6$ hücre/ml olduğu sonucuna varmıştır. Etkili bir *B. plicatilis* kültürü için yemleme hızının doygunluk değerinden daha düşük olacak şekilde kontrol edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Lee ve Tamaru (1993), rotifer kültüründe yaygın olarak kullanılan mikroalglerden bahsetmiştir. Mikroalg arasında en yaygın kullanılan türün *Nannochloropsis oculata* olduğunu ifade etmiştir. Rotifer kültüründe alg yoğunluğunun $10-20 \times 10^6$ hücre/ml tavsiye etmiştir.

Lubzens vd. (1995), *Nannochloropsis sp.*'nin yapay bir besin zincirinin ilk adımını oluşturmak için birçok deniz balığı kuluçkahanesinde yaygın olarak kullanıldığını ve *Nannochloropsis sp.* diğer tek hücreli alglere göre avantajının benzersiz yağ asidi bileşimi olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, algleri tüketen rotiferler bu yağ asitlerini balık larvalarına taşır ve bu besin zincirini desteklemek için büyük miktarlarda alg biyokütlesinin yetiştirilmesi birçok kuluçkahane için ağır bir yükür ve birçok yerde tüm

yıl boyunca gerçekleştirilemez. Bundan dolayı rotifer kültürü için tek besin kaynağı olarak veya larvaları beslemeden önce zenginleştirme işlemi olarak taze *Nannochloropsis sp.* yerine dondurulmuş *Nannochloropsis*'in etkisini araştırmıştır. Bazı sezonal değişiklikler olmasına rağmen dondurulmuş *Nannochloropsis* ile beslenen rotiferde biyokimyasal değişim ve yağ asidi dağılımları esansiyel yağ asitlerini sağlama açısından yeterli olduğunu bildirmiştir. Buna ilave olarak, -70 °C ve -20 °C'de saklanan alglerin rotiferin yağ asidi içeriğinde farklılığın olmadığını ve 4 °C'de 7 gün boyunca tutulmasının yağ asidi içeriğinde olumsuz bir etki olmadığını kaydetmiştir.

Maruyama vd. (1997), rotifer (*Brachionus plicatilis* ve *B. rotundiformis*) kültüründe sıklıkla kullanılan *Nannochloropsis oculata* yerine konsantre edilmiş *Chlorella vulgaris*'in değerlendirmesini yapmıştır. Sonuç olarak, *Chlorella vulgaris*'e B12 vitamini ilave edildiğinde *N. oculata*'nın rotifer kültür performansı ve besin değerleri ile eşdeğer sonuçlar verdiğini rapor etmiştir.

Sarma vd. (1999), rotifer türlerini (*Brachionus calyciflorus*, *B. patulus*) düşük (1×10^6 hücre/ml) ve yüksek (3×10^6 hücre/ml) yoğunlukta *Chlorella vulgaris* ile beslenmiştir. Her iki yoğunlukta beslenen *B. patulus*, *B. calyciflorus* türüne göre üstünlük sağlamıştır. Yüksek yoğunlukta beslenen *B. patulus* düşük yoğunluğu göre daha iyi performans göstermiştir.

Sayın vd. (2000), *Tetraselmis chuii*, *Chlorella vulgaris*, *Isochrysis galbana* ve *Rhinomonas reticulata* mikroalglerini sırasıyla 130×10^4 , 650×10^4 , 260×10^4 ve 130×10^4 hücre/ml yoğunlukta beslediği *Brachionus plicatilis*'in besin tüketimini incelemiştir. Rotifer tarafından en fazla tüketilen mikroalgin *Chlorella vulgaris* olduğunu tesbit etmiştir.

Kargın (2001), *Brachionus plicatilis*'i sürekli kültür sisteminde *Tetraselmis sp.* ve *Chlorella sp.* beslemiş ve popülasyon parametrelerini ve besin değerlerini incelemiştir. *Chlorella sp.* ile beslediği grupta daha yüksek büyüme hızı bulmuştur. Fakat ham protein ve ham yağ değerlerini *Tetraselmis sp.* ile beslenen grupta daha yüksek tespit etmiştir.

Lucía-Pavón vd. (2001), *Chlorella vulgaris* üç farklı (0.5×10^6 , 1.5×10^6 ve 4.5×10^6 hücre/ml) yoğunlukta üç farklı formuyla (canlı, dondurulmuş ve ısı ile öldürülmüş) rotifer kültür etmiştir. En iyi performansı canlı algle 4.5×10^6 hücre/ml yoğunlukta beslediği grupta almıştır.

Hindioğlu ve Serdar (2001), ekmeke mayası (*Saccharomyces cereviscea*) ile kültür ettiği rotiferde farklı sulandırma oranlarını (%10, %20 ve %30) uygulayarak rotifer büyümesine etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonunda maksimum rotifer yoğunluğu 1149 ± 23 birey/ml ile iyi performansı %10 sulandırma oranını uyguladığı grupta almıştır.

Alam vd. (2004), *Brachionus plicatilis*'in popülasyon büyümesini ve üreme kapasitesini üç farklı alg (*Chlorella sp.*, *Tetraselmis chui*, *Nannochloropsis oculata*) besleme rejimi altında 8 günlük bir deneme ortamı kurmuştur. En yüksek performansı aldığı mikroalg türünün *T. chui* olduğunu bildirmiştir.

Özbaş vd. (2006), *Nannochloropsis sp.* ve kurutulmuş *Spirulina* tozunun rotiferin büyümesi üzerine etkisini araştırmıştır. *Spirulina* tozunun partikül büyüklüğünden dolayı rotifer tarafından değerlendirilemediğini ifade etmiştir. *Nannochloropsis sp.* ile beslenen grupta daha iyi sonuç aldığını rapor etmiştir.

Savaş ve Güçlü (2006), *Brachionus plicatilis* kültürü için beş farklı mikroalg (*Tetraselmis suecica*, *Nannochloropsis oculata*, *Chlorella sp.*, *Isochrysis galbana* ve *Dunaliella tertiolecta*) ile çalışma yürütmüştür. Rotiferin filtrasyon ve sindirim oranları, farklı mikroalg yoğunluklarının ve beslenme sürelerinin *B. plicatilis*'in beslenme davranışı üzerindeki etkilerini incelemiştir. En yüksek filtrasyon ve sindirme oranları *N. oculata* ile elde etmiştir. Mikroalg yoğunluğu optimum seviyenin üzerine çıktığında filtrasyon oranları düşmüş, ancak sindirme oranları alg türlerine göre değişiklik gösterdiğini bulmuştur.

Kobayashi vd. (2008), sürekli kültür sisteminde hem yüksek yoğunluklu *Nannochloropsis oculata* hem de yoğunlaştırılmış *Chlorella*'nın kombinasyon beslemesinin L-tipi rotifer *Brachionus plicatilis*'in yağ asidi bileşimi üzerindeki etkisini incelemek için bir çalışma yürütmüştür. *N. oculata* ve *Chlorella*'nın kombinasyonunun

rotifer popülasyonunu arttırmada etkili olduğu bulmuştur. Ayrıca, bu alg kombinasyonun rotiferin yağ asidi profilinde, ayrı ayrı alglerle beslenen rotiferin yağ asidi profiline göre daha iyi sonuç verdiğini tesbit etmiştir.

Ferreira vd. (2009), farklı günlük yenileme oranlarıyla yarı sürekli kültürlenmiş *Nannochloropsis gaditana*'nın besleyici kalitesinin rotifer *Brachionus plicatilis*'in kısa süreli zenginleştirilmesi için bir diyet olarak test etmiştir. 24 saat sonra, mikroalg kültürlerinin yenilenme hızına bağlı olarak rotiferlerin hayatta kalma, kuru ağırlık ve biyokimyasal bileşiminde çarpıcı farklılıklar olduğunu gözlemlemiştir. Artan yenileme oranları ile besleme periyodundan sonra yaşama oranları artmış, düşük yenileme oranlarında ise rotiferler, besin eksikliği olan kültürler, düşük kuru ağırlık ve besleme periyodu başlamadan 12 saat önce aç bırakılan ilk rotiferlerinkine çok benzer organik içerik gösterdiğini saptamıştır. Besin açısından yeterli mikroalg hücrelerle beslenen rotiferlerde, besin değeri tükenmiş *N. gaditana* ile beslenen rotiferlere göre kuru ağırlık ve protein, lipid ve karbonhidrat içeriğinde iki kata kadar artış görülmüştür. Sonuç olarak, yarı sürekli kültürün uygun koşullarının seçilmesinin, kısa maruz kalma sürelerinde bile filtre besleyicilerin büyümesine ve biyokimyasal bileşimine yansıyan mikroalglerin besin değerini güçlü bir şekilde artırabileceğini göstermiştir.

Önal vd. (2009), *Brachionus plicatilis*'in kültüründe düşük yoğunluklu kesikli kültür sistemine alternatif olarak yüksek yoğunluklu sürekli sistemin verimini incelemiştir. Sürekli kültür sisteminde konsantre alg kullanarak kesikli kültür sistemine göre daha iyi performans alınabileceğini bildirmiştir.

Viayeh vd. (2010), popülasyon artış oranları (r), farklı tuzluluklara (%5, 20, 25, 30) ve alglere (*C. vulgaris*, *N. oculata*.) bağlı olarak İran'dan izole edilen dört *Brachionus plicatilis* suşunun ve iki *B. urceolaris* suşunun popülasyon dinamikleri üzerine bir çalışma yapmıştır. Her iki algle beslenen rotiferde r'nin minimum olduğu tuzluluk değeri %5, r'nin maksimum olduğu gruplar ise *C. vulgaris* ile beslenen %10-20 tuzluluklar arasında olduğunu tespit etmiştir.

Jeeja vd. (2011), rotifer (*Brachionus plicatilis*) kültürünü, fitoplankton monokültürleri (*Nannochloropsis* sp. ve *Isochrysis galbana*), karışık alg kültürleri (*Nannochloropsis*

sp. + Isochrysis galbana) ve bir probiyotik kültür (*Nannochloropsis sp.+ Bacillus licheniformis*) ile beslemiştir. Farklı diyetlerle beslenen rotiferlerin biyokimyasal bileşimleri kültürün 4. gününde belirlemiştir. Protein ve toplam lipid seviyeleri, *I. galbana* ile beslendiğinde maksimum ulaşmıştır. Kuru madde içeriği probiyotik kültürde en yüksek olmasına rağmen, kül içermeyen kuru ağırlık *Nannochloropsis sp.* ile beslenenlerde en yüksek olduğunu gözlemiştir. *Nannochloropsis sp.* ile beslenen rotiferlerde karbonhidrat en yüksek iken *Nannochloropsis sp.* ve *I. galbana* ile beslenen rotiferlerin, yoğunluğu, lipid, karbonhidrat ve protein içerikleri açısından rotifer için en uygun diyetler olduğunu ifade etmiştir.

Demir ve Diken (2011), rotifer kültüründe kullanılan ticari zenginleştirme ürünlerinin (Red Pepper Paste, AlgaMac 3050 ve Spresso) *Brachionus plicatilis*'in kimyasal içeriğine etkisini incelemiştir. AlgaMac 3050 ve Spresso zenginleştirme ürünlerinin rotiferin besin kompozisyonunu arttırmada başarılı olduğunu rapor etmiştir.

Birkou vd. (2012), *Nannochloropsis oculata* ve *Chlorella sp.* 300 L'lik endüstriyel ölçekli biyoreaktörlerde, güneş ışığı ve yapay ışık altında, çeşitli sıcaklıklarda yetiştirmiştir. *Chlorella sp.*'de en bol bulunan yağ asitleri C18:3n-3 ve C16:0 iken, *N. oculata*'da C16:0, eikosapentaenoik asit (EPA) ve C16:1n-9 baskın olduğunu farketmiştir. *B. plicatilis*, *S. cerevisiae* ile beslendiğinde lipidlerinde yağ asitlerinin bulunmamasına karşın, EPA ve dokosaheksaenoik asit (DHA) içeren lipidler sentezlenmiştir. *Nannochloropsis* ile beslenen *Brachionus*, ihmal edilemeyecek miktarlarda DHA sentezlemiştir. *Brachionus*, lipid substrat yağ asitlerine dahil edilen çeşitli ticari preparasyonlarla zenginleştirilmiş, aynı zamanda C16:1n-9, C18:1n-9, C18:2n-6, EPA ve DHA gibi yeni yağ asitlerini de sentezlemiştir. Rotifer lipidlerinin yüksek n-3 yağ asitleri içeriği, rotiferler düşük n-3 yağ asidi ortamında büyütüldükten sonra bile korunduğunu bildirmiştir.

Kim vd. (2014), *Chlorella vulgaris*'i Selenyum (Se) ile takviye edilmesinin *Brachionus plicatilis* tür kompleksindeki rotiferlerin eşeyli ve eşeysiz üremesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Rotiferler, aynı kuru gıda ağırlığı sağlayacak şekilde ayarlanmış üç farklı diyetle (*Chlorella*, Se ile ilave edilmiş *Chlorella* ve *Nannochloropsis oculata*) 8-10 gün boyunca kültürlenmiştir. Doğası gereği aseksüel olan *B. plicatilis* (Makishima suşu), üç

farklı diyet arasında popülasyon artış hızında hiçbir farklılık göstermemiştir. Öte yandan, Se ile güçlendirilmiş *Chlorella* diyeti ile beslenen *B. plicatilis* (NH17L suşu), diğer gıdalara kıyasla daha yüksek popülasyon artışı ve ayrıca daha yüksek dölllenme oranları ve kış yumurta üretimi sağlamıştır. Aynı zamanda döngüsel partenogenez sergileyen *B. rotundiformis* (Kochi suşu), üç farklı diyet arasında popülasyon büyümesinde hiçbir farklılık göstermemesine rağmen, beslenme rejimine bağlı olarak cinsel üreme parametreleri farklıydı. En yüksek mixis, dölllenme ve dinlenme yumurta üretimi Se ile zenginleştirilmiş *Chlorella* diyetinde gözlenmiştir. Se-takviyeli diyetin etkisinin, erkek doğurganlığını artırarak kış yumurta üretimi üzerindeki etkisinin, popülasyon artışından daha fazla olduğunu bildirmektedir.

Heneash vd. (2015), çalışmasında canlı olmayan mikroalgal diyet, dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* ve kurutulmuş *Spirulina platensis* ile beslenen *Brachionus plicatilis*'in popülasyonunu (sayı artışı olarak) ve popülasyon büyüme hızını karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Deneysel, başlangıçta 100 birey/ml ekim yoğunluğu ile başlamış ve kesikli kültür sisteminde 12 gün boyunca sürdürülmüştür. Popülasyon ve popülasyon büyüme hızında en düşük ortalama kurutulmuş *Spirulina platensis* ile beslenen rotiferde gözlenmişken en yüksek oranlar dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* ile beslenen grupta gözlemiştir.

Freire vd. (2016), Farklı tatlısu *Chlorella* türleri ile iyi büyüme sonuçları elde edilebilmesine rağmen, *Nannochloropsis* cinsinin türleri, yüksek büyüme hızları ve başta EPA olmak üzere çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinden dolayı yaygın olarak kullanıldığını ifade etmiştir. Çalışmasında tatlı su türü *Nannochloropsis limnetica*'nın yarı-sürekli kültürlerde farklı sıcaklıklara tepkisini araştırmış ve rotifer *B. plicatilis* için besin değerini deniz türleri *Nannochloropsis gaditana* ile hem laboratuvar ölçeğinde hem de kuluçka tesislerinde karşılaştırmıştır.

Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* üç farklı oranı (80.000, 130.000 ve 200.000 hücre/rotifer) ile *Brachionus sp.* sırasıyla %10 ve %40 olmak üzere iki farklı günlük yenileme oranı ile yarı sürekli rejimde kültür çalışmasını yürütmüştür. Besin açısından yeterli kültürlerden elde edilen *N. gaditana*'da protein ve araşidonik asit (ARA) içeriği iki kat, eikosapentaenoik asit (EPA) üç kat daha yüksekti. 24 saatlik

zenginleştirmeden sonra, besin açısından yeterli koşullarda kültürlenmiş *N. gaditana* ile beslenen rotiferler, daha yüksek kuru ağırlığın yanı sıra daha yüksek protein, lipid ve karbonhidrat içeriği göstermiştir. Yem oranı bakımından ise 80.000 hücre/birey'den 130.000 hücre/birey'ye arttıkça protein, lipidler, karbonhidratlar, toplam PUFA'lar, ARA ve EPA'nın birikimini arttırmış, ancak 200.000 hücre/birey'de ise artış sadece lipid içeriğinde gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, mikroalglerin konsantrasyondan ziyade beslenme kalitesinin, rotifer kültürlerinin biyokütle üretkenliğini ve biyokimyasal bileşimini etkileyen en önemli faktör olduğunu göstermektedir. Mikroalg biyokütle, su ürünleri yetiştiriciliği için genel olarak sınırlı bir kaynak olduğundan, kültür koşullarının optimizasyonu yoluyla besin değerinin iyileştirilmesi, yüksek kaliteli canlı yem üretmek için yeterli ve uygun maliyetli bir strateji olarak düşünülmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Pérez-Legaspi vd. (2018), rotifer *Brachionus sp* "Alvarado" suşu ile yaşam tablosu biyoanalizleri değerlendirmek için gıda olarak üç mikroalg (*Nannochloropsis oculata*, *Dunaliella salina* ve *Isochrysis sp.*) kullanılarak gerçekleştirmiştir. Mikroalg büyüme hızı, kuru ağırlık ve biyokimyasal bileşim (protein, lipid, karbonhidrat) ve pigmentler (klorofil ve karotenoid) belirlemiştir. Mikroalgler, biyokimyasal bileşimlerinde önemli farklılıklar göstermiştir. *N. oculata* en yüksek büyüme oranını gösterirken, *D. salina* en yavaş büyüme oranını göstermiştir, ancak bunun yerine hücre başına daha yüksek protein, lipid, karbonhidrat, klorofil ve karotenoid içeriği saptamıştır. Rotifer yaşam tablosu analizinde ise gıda biyo-tahlili olarak mikroalglerin hiçbiri arasında önemli farklılıklar göstermediğini ifade etmiştir. Ancak, *Isochrysis sp.* rotifer *Brachionus sp*'nin net üreme hızı üzerinde daha yüksek bir etkiye sahip olduğunu dile getirmiştir. *N. oculata* ise yaşam beklentisi ve nesil süresi üzerinde daha yüksek bir etki gösterdiğini ifade etmiştir. Sonuç olarak, üç mikroalg türünü rotifer kültürlerini desteklemek için faydalı olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, hem *D. salina* hem de *Isochrysis sp.* kısa sürede daha iyi büyüme ve üreme nedeniyle rotifer kültüründe kullanılabileceğini bildirmiştir.

Waqaevu vd. (2019), Çalışmasında farklı zenginleştirme diyetlerinin L ve S tip *B. plicatilis sp.* kompleksinin popülasyon büyümesi, yağ asidi içeriği ve protein içeriği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Üç ticari rotifer zenginleştirme formülasyonunu test

etmiştir: *C. vulgaris* kontrol diyetine karşı dokosaheksaenoik asit (DHA) ile zenginleştirilmiş *Chlorella vulgaris*, dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* ve somon yumurtası emülsiyon yağı. DHA ile zenginleştirilmiş *C. vulgaris* ve dondurulmuş *N. oculata*, her iki morfotipte de önemli ölçüde daha yüksek popülasyon büyümesine, yağ asidi bileşimine ve proteine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, her iki morfotipte yüksek esansiyel yağ asidi içeriğine sahip olmasına rağmen, somon yumurtası emülsiyonu müdahalesi altındaki popülasyonda artış olumsuz etkilenmiştir. Farklı rotifer morfotipleri farklı zenginleştirmeye farklı tepki verdiği için kültür yöntemi, zenginleştirme türü ve dozu önemli olduğu vurgulanmıştır.

Sales vd. (2019), alg hasat yöntemleri ve *Nannochloropsis oculata*'nın biyokütle işleminin rotiferlerin (*Brachionus sp.*) yetiştirme performansına üzerine etkileri değerlendirmiştir. Alg kültürü, santrifüjleme veya flokülasyon yoluyla hasat edilen biyokütlenin hasat verimliliği ve konsantrasyon faktörünü belirlemiştir. Biyokütle, soğutma, dondurma, ısıyla kurutma ve dondurarak kurutma yoluyla işlenmiş ve rasyonların hücre bütünlüğü, resüspanسیون yüzdesi ve sedimantasyon profili değerlendirilmiştir. Konsantre yemler ile beslenen rotifer kültürünün performansı (maksimum rotifer yoğunluğu, büyüme hızı, maksimum yumurta üretimi ve yem alma oranı), taze *N. oculata* kültürü (kontrol grubu) ile karşılaştırılmıştır. Santrifüjleme %97 ayırma verimliliği ve 578 konsantrasyon faktörü ile sonuçlanırken flokülasyonun ardından santrifüjleme ~%100 verimlilik ve 444 konsantrasyon faktörü göstermiştir. Hasat tekniğinin diyetlerin özellikleri ve ayrıca rotiferin kültür performansı üzerinde önemli bir etki göstermediğini ifade etmiştir. Soğutulmuş konsantrelerin özellikleri (hücre bütünlüğü, yeniden süspanسیون yüzdesi ve çökeltme profilleri) kontrol işlemine benzer ve bu diyetlerle beslenen rotiferler en yüksek büyüme performansı sergilemiştir. Dondurulmuş diyetlerle beslenen rotiferler en kötü performansı gösterirken ısı ile kurutulmuş diyetler, en düşük hücre canlılığı yüzdesi, en düşük yeniden süspanسیون yüzdesi ve daha yüksek sedimantasyon oranlarını sunmuştur. Bu diyetlerin rotifer tarafından yem alma oranları en düşük seviyelerde olduğundan bu da rotiferin düşük büyüme performansına göstermesine neden olmuştur. Özetle, her iki hasat yöntemi de kullanılabilir ve soğutma yönteminin *N. oculata* biyokütlesinin işlenmesi için en çok uygun yöntem olduğunu tavsiye etmektedir.

Begum vd. (2021), canlı yemlerin (mikroalg ve rotifer) açık havada kültür koşullarındaki büyüme performansının karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Açık kültür koşullarında, üç mikroalg için elde edilen büyüme performansı sırasıyla *Tetraselmis sp.*, *Nannochlorum sp.* ve *Nannochloropsis sp.* mikroalg türleridir. *Nannochloropsis sp.*, tüm mikroalgler arasında en fazla enerji içerdiğini ancak *Tetraselmis sp.* en yüksek düzeyde protein taşıdığını tespit etmiştir. En yüksek protein mikroalg+balık yağı ile zenginleştirilmiş rotiferde bulunurken, en düşük protein içeriği mikroalg zenginleştirme ortamında fark etmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak, daha yüksek üretim ve besin kompozisyonu nedeniyle rotifer üretimi için (maya+mikroalg) besleme ortamının tavsiye edildiği sonucuna varılmıştır. Bu bulguların uygulanması özellikle deniz kuluçkahanelerinde canlı yem üretimini geliştirebilir ve ticari olarak önemli deniz balıklarının ve kabuklu deniz hayvanlarının yetiştirilmesinde son derece yararlı olacağını bildirmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Rotifer ve Mikroalg Temini

Çalışmada kullanılan mikroalg *Nannochloropsis* sp. ve rotifer (*Branchionus plicatilis*) (100-210 µm, S tip) Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. *Chlorella* sp. mikroalgı Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde üretilmiştir. Rotifer stok kültürü için Reed Mariculture firmasından Nanno3600 (Reed Mariculture, Campbell, CA) ve bölgesel marketlerden temin edilen ekme mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) kullanılmıştır.

3.1.2 *Nannochloropsis* sp. Mikroalg Türünün Özellikleri

Nannochloropsis sp. deniz fitoplankton gruplarından bir mikroalg türüdür. Fakat tatlı ve acı sular da yayılım göstermektedir. Hücre çapı yaklaşık 3-5 µm civarındadır. Sucul hayvanlar tarafından kolay sindirilebilir yapısal elementlere sahiptir. *Nannochloropsis* sp. yüksek seviyelerde çoklu doymamış yağ asitlerini biriktirme kabiliyeti nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliği için umut verici bir alg olarak kabul edilir. *Nannochloropsis* sp. yüksek seviyelerde çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), özellikle eikosapentaenoik asitler sunar (Kandilian vd., 2013). Çalışmada kullanılan *Nannochloropsis* sp.'nin mikroskop görüntüsü şekil 3.4'de verilmiştir. *Nannochloropsis* sp.'nin sistematik sınıflandırılması;

Âlem: Chromista

Şube: Ochrophyta

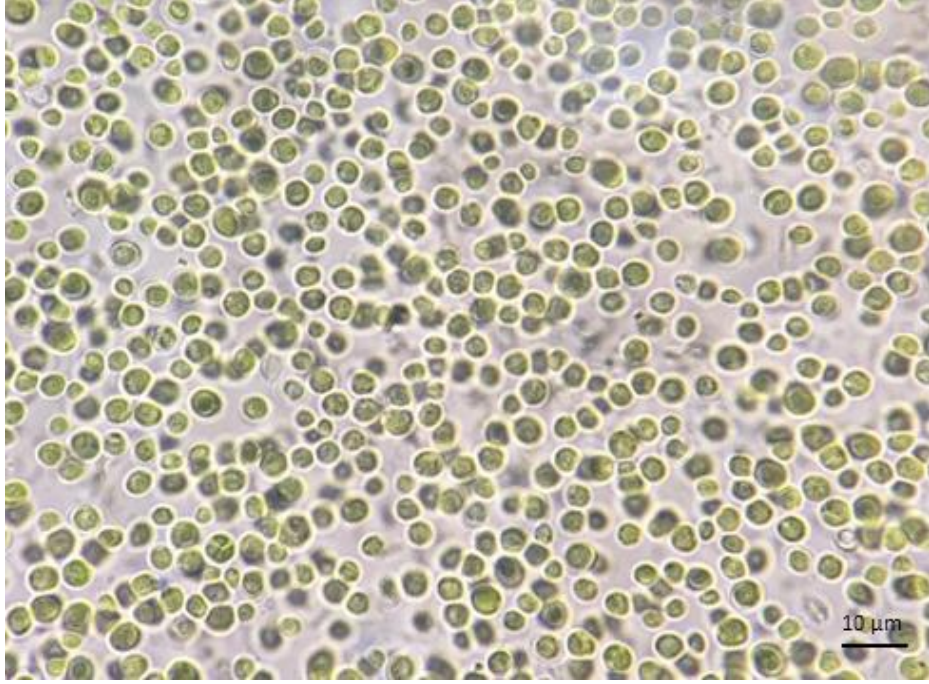
Sınıf: Eustigmatophyceae

Takım: Eustigmatales

Aile: Monodopsidaceae

Cins: *Nannochloropsis*

Tür: *Nannochloropsis* sp. (Hibberd, 1981)



Şekil 3.4 Çalışmada kullanılan *Nannochloropsis sp.* mikroalgi (100x, Orjinal).

3.1.3 *Chlorella sp.* Mikroalg Türünün Özellikleri

Chlorella, fotosentez yapan tek hücreli ökaryotik yeşil alg cinsidir. Hücreler küre şeklinde, yaklaşık 2 ila 10 µm çapındadır ve kamçısızdır. Güneş ışığı, su, karbondioksit ve az sayıda inorganik tuz kullanarak proteinler, karbonhidratlar, lipidler, pigmentler ve vitaminler dahil olmak üzere zengin organik bileşikleri hızla çoğaltma yeteneğine sahiptir (Liu ve Chen, 2014). Bu yetenekleri nedeniyle *Chlorella*, akuakültürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kotrbaček vd., 2015; Leu ve Boussiba, 2014). Çalışmada kullanılan *Chlorella sp.*'nin mikroskop görüntüsü Şekil 3.5'te verilmiştir. *Chlorella sp.*'nin sistematik sınıflandırılması;

Âlem: Plantae

Şube: Chlorophyta

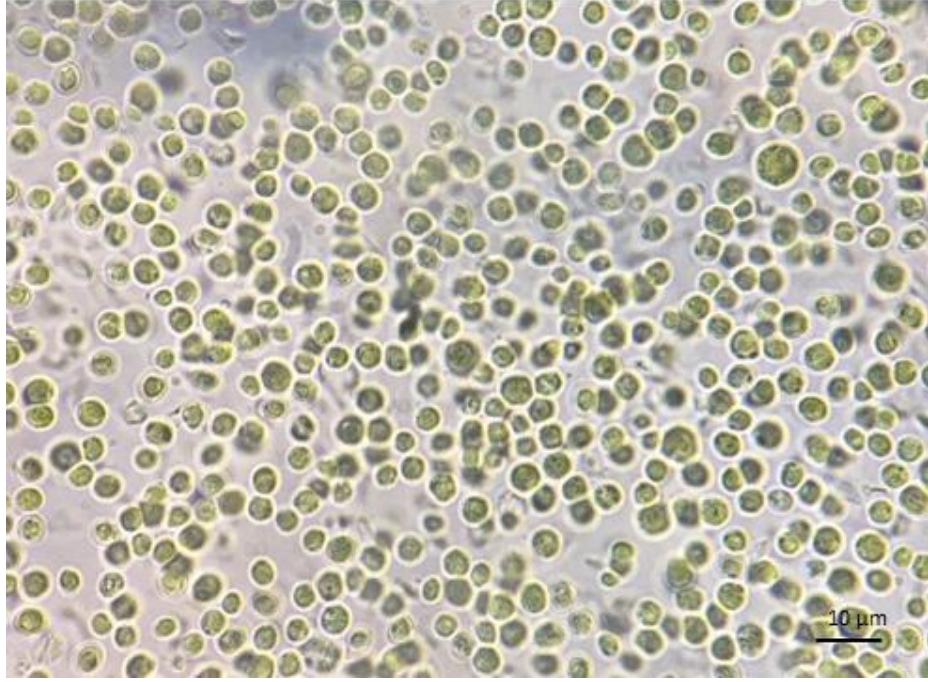
Sınıf: Trebouxiophyceae

Takım: Chlorellales

Aile: Chlorellaceae

Cins: Chlorella

Tür: *Chlorella sp.* (Beijerinck, 1890)



Şekil 3.5 Çalışmada kullanılan *Chlorella sp.* mikroalgi (100x, Orjinal).

3.1.4 *Branchionus plicatilis* Türü

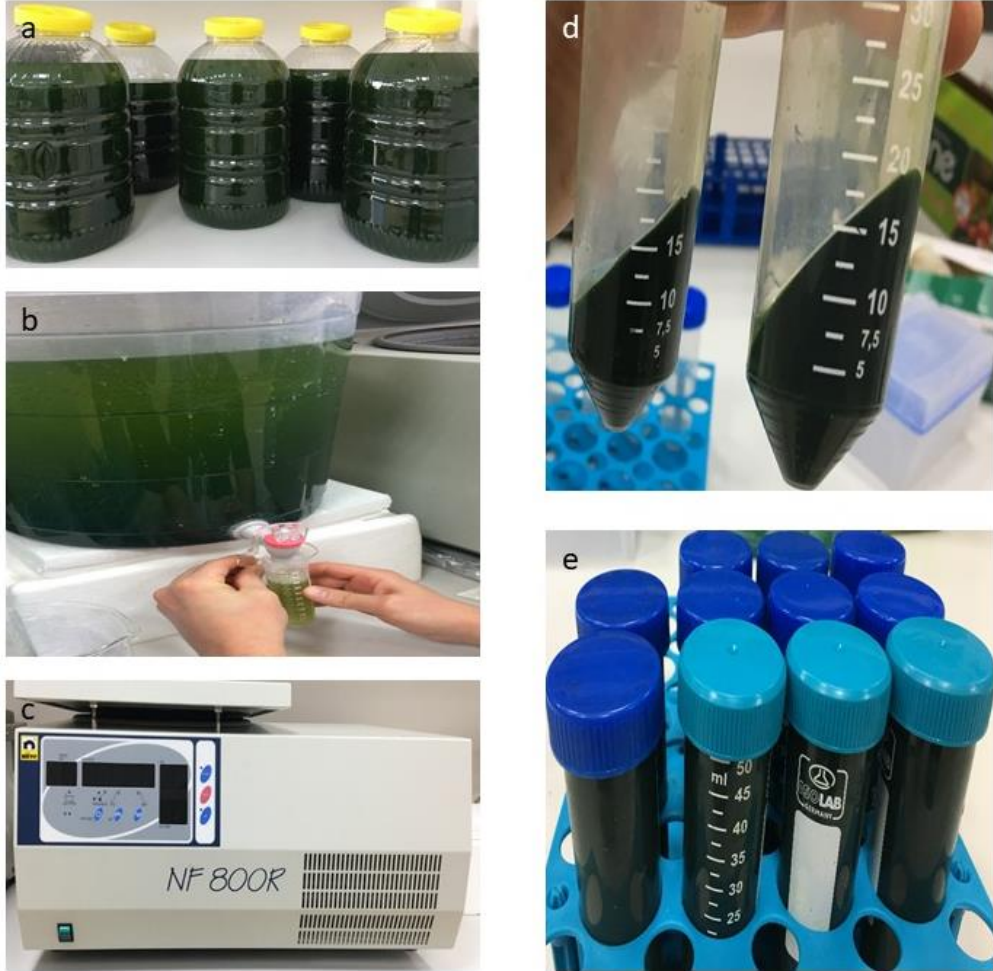
Çalışmada kullanılan rotifer (*Branchionus plicatilis*, 100-210 µm, S tipi) türüdür (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Çalışmada kullanılan rotiferin (*Branchionus plicatilis*) mikroskop görüntüsü (Orjinal).

3.1.5 Konsantre Mikroalgin Hazırlanması

Çalışmaya başlamadan önce temin edilen mikroalglerin çalışmaya başlayana kadar muhafaza edilmesi ve kullanım esnasında kolaylık sağlaması için mikroalgler santrifüj cihazında (Nüve NF800R) 10 dk 4000 rpm’de santrifüj edilmiştir (Ahmad, 2014) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 a) Temin edilen mikroalgler, b) Mikroalglerin falkon tüplerine doldurma işlemi, c) Santrifüj cihazı, d) Santrifüj sonrası algal çökelti, e) Hazırlanan konsantre algler

3.1.6 Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Mikroalg yoğunluğu ayarlarken Neubauer sayım kamarası, rotifer sayımı yaparken Sedgewick-Rafter sayım kamarası, kültür suyunun tuzluluğunu ölçerken refraktometre, kültür suyunun oksijen ve sıcaklık ölçümü yapılırken multimetre (AZ 86031), çalışma

öncesi rotifer stok kültürü yapılırken Nanno3600 (Reed Mariculture, Campbell, CA) ticari alg kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan malzemeler Şekil 3.8’de verilmiştir.

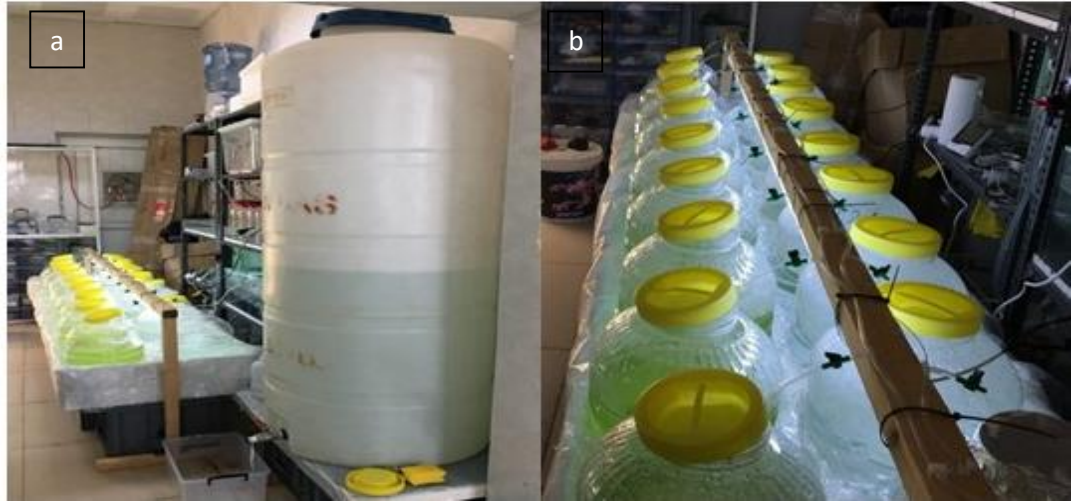


Şekil 3.8 a) Neubeur sayım kamarası, b) Sedgewick-Rafter sayım kamarası, c) Refraktometre, d) Multimetre, e) Hasat süzgeci (45 µm), f) Ticari konsantre alg (Nanno3600)

3.1.7 Araştırma Yeri ve Çalışma Planlaması

Çalışma Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesin’de yürütülmüştür (Şekil 3.9). Çalışma iki farklı mikroalg (*Nannochloropsis* sp. ve *Chlorella* sp.) üç farklı konsantrasyon ve 3 paralelli olarak yürütülmüştür. Yapılan ön denemelerde 1×10^6 rotiferin yaklaşık kuru ağırlığının 0,2 grama tekabül ettiği bulunmuştur. Bu hesapla 20 litrede kültür edilen rotiferin çalışmanın sonunda biyokimyasal analizlerin yapılabilmesine imkan veren kuru ağırlığa ulaşması hesap edilerek çalışmanın başlangıç yoğunluğu 200 birey/ml olarak seçilmiştir. Konsantrasyonlar, Lee ve Tamaru (1993), Sarma ve Rao (1991), Sarma vd. (1999), Lucía-Pavón vd. (2001) çalışmalarında rotifer

kültürünü maksimize etmek için tavsiye ettikleri yoğunluklara göre *Nannochloropsis* sp. için (N10:10x10⁶; N20:20x10⁶; N30:30x10⁶ hücre/ml), *Chlorella* sp. için (C3:3x10⁶; C6:6x10⁶; C9:9x10⁶ hücre/ml) konsantrasyonları seçilmiştir. Belirtilen konsantrasyonlarda çalışmaya başlanmış ve her 24 saatin sonunda eksilen mikroalg hücre yoğunluğu kadar ekleme yapılarak yoğunluklar sabit tutulmuştur. 18 adet 20 litrelik şeffaf pet kaplar kullanılarak her deneme kabına başlangıç rotifer yoğunluğu 200 birey/ml olarak ekim yapılmıştır. Besleme rejimi olarak eksilen mikroalg miktarı günlük 3 öğün'e bölünerek 8 saat arayla deneme gruplarına mikroalg verilmiştir. Sıcaklık ve tuzluluk değerleri, Savaş ve Güçlü (2004), Yin ve Zhao (2008), Lubzens vd. (2001), Snell (1986) ve yapılan bazı ön çalışmalarda rotifer kültürünün en iyi verimi verdiği değerler seçilmiş ve çalışma 25°C sıcaklıkta ve % 25 tuzlulukta yürütülmüştür. Deneme 5 gün süreyle gerçekleştirilmiştir. Rotifer artışının durağanlaşması göz önüne alınarak çalışmanın süresi belirlenmiştir.



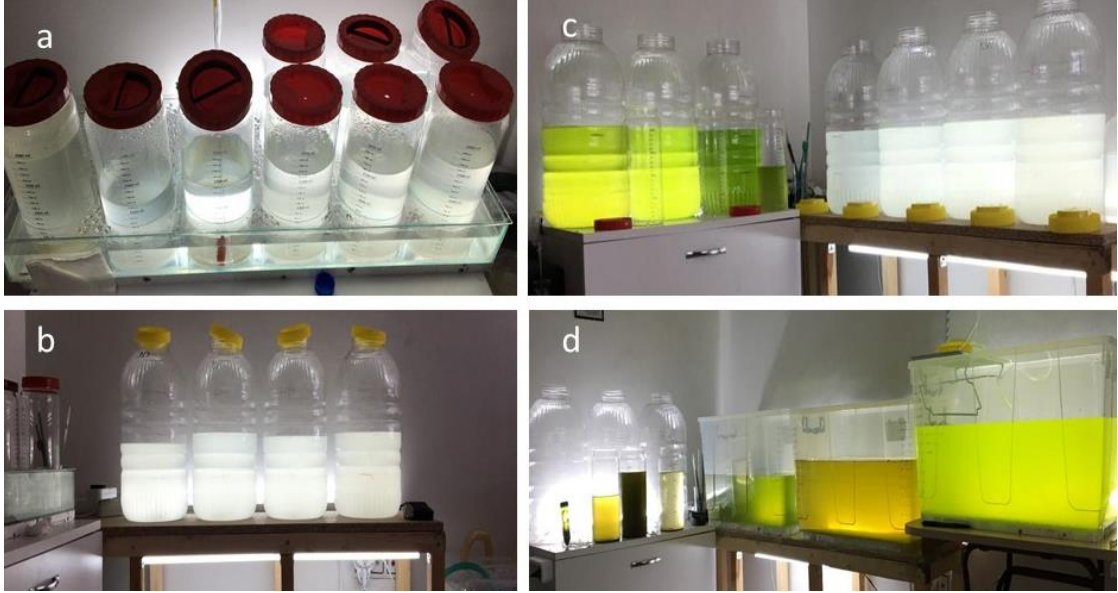
Şekil 3.9 a) Çalışma ortamı ve kültür suyunun hazırlandığı tank, b) Çalışma düzeneği.

3.2 Yöntem

3.2.1 Rotifer Stok Kültür Oluşturma Aşaması

Çalışma öncesi Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen *B. plicatilis* kültüre alınarak çoğaltılmıştır. İlk olarak su tankı şebeke suyu ile doldurulup 25 g/L tuz (Instant Ocean® Sea Salt, USA) ekleyerek %25 tuzlulukta sentetik kültür suyu hazırlanmıştır. Hazırlanan suyu kültürde kullanmadan önce en az 24 saat dinlendirilmiştir. Dalgıç ultraviyole ile steril edilmiştir.

Suyun oksijen seviyesi 5 ppm'e kadar hava motoru (Resun, air8000) ve havalandırma taşları kullanılarak artırılmıştır. Su sıcaklığı ısıtıcılar ile 25°C'ye ayarlanmıştır. Kültür suyu stok kültürde kullanılacak kaplara aktarılmıştır.



Şekil 3.10 Stok kültür aşamaları a) 2 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (maya ile besleme), b) 20 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (maya ile besleme), c) 20 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (maya ve alg ile besleme), d) 80 litrelik kültür kapları ile oluşturulan düzenek (alg ile besleme).

Hazırlanan kültür suyu üretim kaplarına alındıktan sonra rotifer ekimi yapılmıştır. 3-5 gün arayla kültür suyunun tamamı tazelenmiştir. Rotifer yoğunluğu sağlandıkça 2 litreden 300 litreye kadar hacimlere geçilmiştir (Şekil 3.10).

3.2.2 Populasyon Parametrelerinin Hesaplanması ve Sayım

Rotifer popülasyonunun kontrolü için deneme boyunca her gün 24 saatlik arayla her gruptan pipetle 3 tekrarlı 1 ml örnek alınarak Sedgewick rafter sayım kamarasında 2-3 damla lugol eklenerek rotiferler fikse edildikten sonra mikroskop altında rotifer sayımı ve yumurtalı bireylerin sayımları yapılmıştır. Büyüme hızı, ikilenme zamanı ve günlük rotifer üretimi aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Theilacker ve McMaster, 1971; James ve Rezeq, 1988).

$$\text{Büyüme hızı (K):} \quad K = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t} \quad 3.1$$

$$\text{İkilenme zamanı (D)} : D = \frac{t \times \ln 2}{\ln N_t - \ln N_0} \quad 3.2$$

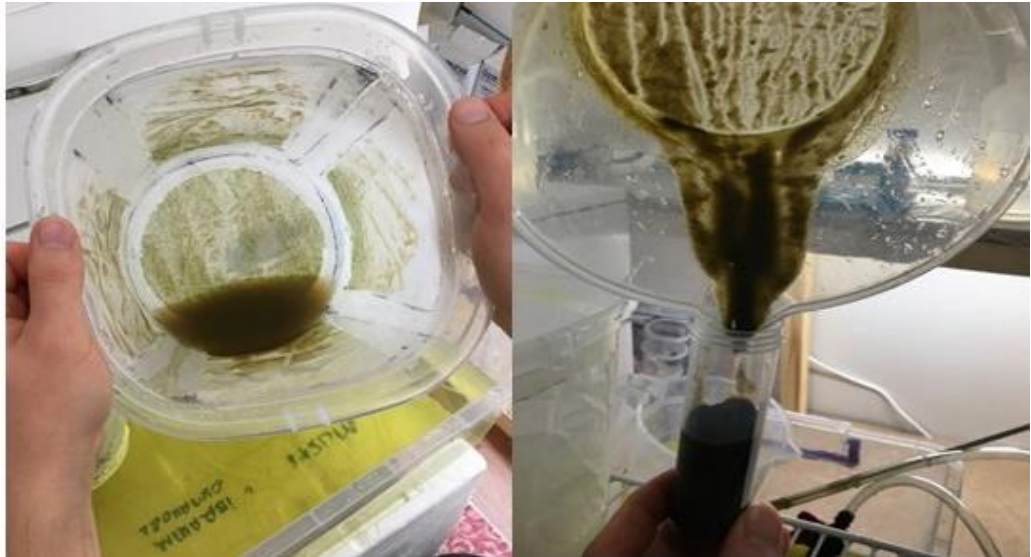
$$\text{Günlük rotifer üretimi (P)}: P = \frac{N_t - N_0}{t} \quad 3.3$$

Denklemlerde; K= Büyüme Hızını (bölünme/gün), No= Başlangıçtaki rotifer yoğunluğu (birey/ml), Nt= t gün sonra ulaşılan maximum rotifer yoğunluğunu (birey/ml), t=Maximum birey/ml'ye ulaşılan gün sayısını, P=Günlük rotifer üretimini (birey/ml/gün) göstermektedir.

3.2.3 Hasat ve Örnekleme İşlemi

Rotifer kültüründen 100 ml'lik hacim Whatman GF/C (47 mm, 1.2 µm) filtre kağıdına alındıktan sonra steril saf su ile yıkanıp 60°C etüvde 24 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler önceden darası alınmış filtre kağıdının ağırlığından çıkarılarak kuru ağırlık belirlenmiştir (Coutinho vd., 2020).

Çalışmada planlanan düzeneğe göre her deneme grubundaki rotiferler 45 µm'lik plankton bezinden süzülerek hasat edilmiştir. Sonraki aşamada steril saf su ile yıkanıp analiz edilinceye kadar buzdolabında saklanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Rotifer hasat işlemi

3.2.4 Biyokimyasal Analizler

3.2.4.1 Nem ve kül analizi

Kuru madde ve nem tayini AOAC (2010) standartlarına göre yapılmıştır. Boş petri kapları etüvde 105 °C'de 3 saat kurutulmuş ve soğuması için desikatöre alınmıştır. Sabit tartıma gelen petri kapları tartılarak darası alınmıştır. Darası alınan petri kaplarına yaklaşık 1-1,5 gram örnek konulmuştur. Etüvde 105 °C'de 3 saat kurutulduktan sonra etüvden çıkarılan örnekler desikatöre alınarak sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Hassas terazide tartım yapılarak aşağıdaki formüle göre nem değeri %'de olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} = [(M_1 - M_2) / m] \times 100$$

$$M_1 = \text{İlk örnek ağırlığı (gr)} + \text{dara ağırlığı (gr)}$$

$$M_2 = \text{Kurutulmuş örnek ağırlığı (gr)} + \text{dara ağırlığı (gr)}$$

$$m = \text{İlk örnek ağırlığı (gr)}$$

$$\% \text{ Kuru madde} = 100 - \% \text{ Nem}$$

Ham kül AOAC (2000a) standartlarına göre yapılmıştır. Porselen krozeler tamamen temizlendikten darası alınan kaplara 0,5 gram örnek konulup yakma fırınında 550 °C 24 saat yakma işlemi yapılmıştır. Sonrasında krozeler desikatöre alınarak sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Kül içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ham Kül} = \text{Porselen krozenin ağırlık değişimi (g)} / \text{Örnek ağırlığı (g)} \times 100$$

3.2.4.2 Ham yağ tayini

Lipidlerin ekstraksiyonu için kloroform/metanol (2:1) çözeltisi hazırlanmıştır. Cam bir tüp içerisine 2 gr kurutulmuş rotifer örneği konulmuş üzerine hazırlanan kloroform/metanol çözeltisi dökülmüş ve potasyum klorid çözeltisinden (%0.88) 200 µL eklenmiştir. Sonrasında nitrojen ile oksidasyonun önlenmesi sağlanmıştır. Tüpler kapatılmış ve çalkalanmıştır. Tüpdeki çözelti kloroform, metanol ve potasyum klorid hacmen (8:4:3) oranına ulaşana kadar tekrar %0.88 lik potasyum klorid çözeltisinden

ilave edilmiştir. Her örnek karıştırılmış ve numunelerdeki alt faz daralı bir şişede toplanmıştır. Örnekler etüve konulmuş kuruyana kadar buharlaştırılmış ve tartılmıştır. Aşağıdaki formüle göre yüzde olarak hesaplanmıştır (Folch vd., 1957).

$$\% \text{ Ham Yağ} = \text{Beherin ağırlık değişimi (g)} / \text{Örnek ağırlığı (g)} \times 100$$

Örnekler yağ asidi metil esteri hazırlanana kadar 1 ml kloroform içerisinde çözündürülüp buzdolabında saklanmıştır.

3.2.4.3 Yağ asidi metil esterinin hazırlanması ve yağ asidi analizi

Yağ metil esteri için (YAME) yağ analizinden elde edilen numuneler kullanılmıştır. Yağ asidi metil esteri çözücü nitrojen altında buharlaştırıldıktan sonra 92°C sıcaklıkta yağ ekstratlarından transesterifikasyonu katalize eden bortriflorür (%10 metanol içerir) hazırlanmıştır. Hekzan çözünmüş YAME Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında (MERLAB) gaz kromatografi GCMS –QP 2010 Ultra, Shimadzu (Alev iyonizasyon dedektörü (GC-FID) ve SGE kolonu (30 m x 0,25 mm x 0.25 µm film kalınlık) cihazında analiz edilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmıştır. Akış oranı (1.0 ml /dk) olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 180°C başlamış dakikada 5°C arttırılarak 220°C ulaşmıştır. Enjektör sıcaklığı 250°C ve dedektör sıcaklığı 270°C olarak ayarlanmıştır. Alev iyonizasyon dedektörü (FID) tarafından standart yağ çözeltisi ile karşılaştırılmıştır. Yağ asitleri toplam yağın yüzdesi olarak hesaplanmıştır (Kates, 1986).

3.2.4.4 Ham protein analizi

Homojenize edilmiş örnekler hassas terazide 0,5 gr tartıldıktan sonra cam tüplerin içerisine alınarak üzerine 1 adet bakır sülfat ve potasyum sülfat ihtiva eden tablet konmuştur. 25 ml sülfirik asit eklenmiştir. Kjeldahl metoduna göre önce yakma ünitesinde 250°C’de 30 dakika daha sonra 380°C’de 75 dakika işleme tabi tutulmuştur. Distilasyon ünitesinde %40 NaOH çözeltisi ile nötralize edilmiştir. Ardından BDH “4,5” indikatörü içeren 25 ml ortoborik asit solüsyonu içinde toplanan inorganik amonyum 0,1 M HCl ile titre edilerek protein yüzdesi hesaplanmıştır (AOAC, 2000b).

Ham Protein (%)=[(Sarfiyat 0,1M HCL (ml) x N x 0,14 x 6,25)/Örnek Miktarı(g)]
x100

N= Titrasyonda kullanılan HCL çözeltisinin normalitesi

3.2.4.5 Aminoasit analizi

Yaş örnekler %10 TCA (triklorasetik asit) ile muamele edilerek proteinleri çöktürülmesi sağlanmıştır. Çöken proteinler %7 lik TCA ile tekrar yıkanır ve etanol, kloroform-metanol (3:1) çözeltisi eklenerek santifrüj edilmiştir. Daha sonra elde edilen örnekler %0.2 tryptamine içeren 4N metanolik sülfonik ile hidrolize edilmiştir. Amino asit bileşenleri o-phthaldialdehydel 2-mercaptoethanol reagent solüsyonu kullanılarak high-performance liquid chromatography (HPLC) Shimadzu, LC20-A Prominence cihazında analiz edilmiştir. HPLC ünitesi pompa, degazör, oto örnekleyici ve kolon fırınından oluşmaktadır. Çözücüler sisteme aşağıda verilen zaman aralığında 55°C'de 0,5 ml/dakika akış hızında verilmiştir. 0,2N sodyum sitrat tamponu (pH 3.2, 15 dakika), 0,2N sodyum sitrat tamponu (pH 4.5, 15 dakika), 0,2N sodyum sitrat tamponu (pH 6.0, 40 dakika), 0,6 N sodyum sitrat tamponu (pH 10.0, 7 dakika) ve 0,2N sodyum hidroksit (40 dakika) (Teshima vd., 1986).

3.2.5 İstatistiki Analizler

Araştırma sonunda elde edilen bulgular ortalamanın standart sapması olarak gösterilmiştir. İstatistiksel analizler IBM Statistical Package for Social Science 22,0 (SPSS, Chicago, IL) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Veri setinin analizinde tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA), homojenlik testi ve farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Tekniği uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Su Kalitesi Parametreleri

Deneme boyuca 6 saat arayla ölçülen çözünmüş oksijen (4,6-5 mg/L), pH (7,8-8,1) aralığında değişim göstermiştir. Tuzluluk ve sıcaklık değerleri deneme boyunca sırasıyla ‰25 ve 25°C olarak ölçülmüştür.

4.2 Populasyon Parametreleri

Çalışmada populasyon parametreleri (birey sayısı, yumurtalı birey sayısı, büyüme hızı, ikilenme zamanı ve günlük rotifer üretimi) incelenmiştir.

4.2.1 Birey Sayısı

Her grup başlangıçta 200 birey/ml yoğunlukta rotifer ekimi yapılarak çalışmaya başlanmıştır. Deneme gruplarının birey sayısı (birey/ml) Tablo 4.2’de, 24 saatin sonunda azalan mikroalg miktarları (hücre/ml) Tablo 4.3’de verilmiştir. N10(10×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $217 \pm 3,30$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 580.000 hücre/ml azalmıştır. 2. günün sonunda $264 \pm 10,00$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 1.650.000 hücre/ml azalmıştır. 3. günün sonunda $413 \pm 10,20$ birey/ml’ye ulaşırken 3.260.000 hücre/ml azalmıştır. 4. günün sonunda $672 \pm 20,70$ birey/ml’ye ulaşırken 9.200.000 hücre/ml azalmıştır. 5. günün sonunda rotifer yoğunluğu $740 \pm 28,30$ birey/ml’ye ulaşırken 9.500.000 hücre/ml azalmıştır. N20(20×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $228 \pm 3,80$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 1.310.000 hücre/ml azalmıştır. 2. günün sonunda $312 \pm 8,50$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 5.740.000 hücre/ml azalmıştır. 3. günün sonunda $483 \pm 15,40$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 9.560.000 hücre/ml azalmıştır. 4. günün sonunda $846 \pm 10,00$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 16.320.000 hücre/ml azalmıştır. 5. günün sonunda $861 \pm 9,00$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 19.200.000 hücre/ml azalmıştır. N30(30×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $233 \pm 8,80$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 2.170.000 hücre/ml azalmıştır. 2. günün sonunda $375 \pm 6,00$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken 10.752.000 hücre/ml azalmıştır. 3.günün sonunda $610 \pm 9,20$ birey/ml yoğunluğa ulaşırken

18.930.000 hücre/ml azalmıştır. 4. günün sonunda 1047±20,90 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 288.000.000 hücre/ml azalmıştır. 5. günün sonunda 1028±19,30 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 12.690.000 hücre/ml azalmıştır. C3(3x10⁶ hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda 215±3,70 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 100.000 hücre/ml azalmıştır. 2. günün sonunda 267±12,80 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 420.000 hücre/ml azalmıştır. 3. günün sonunda 348±11,90 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 760.000 hücre/ml azalmıştır. 4. günün sonunda 510±4,10 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 1.460.000 hücre/ml azalmıştır. 5. günün sonunda 565±11,00 birey/ml yoğunluğa ulaşırken yoğunluğa ulaşırken 1.660.000 hücre/ml azalmıştır. C6(6x10⁶ hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda 213±5,00 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 240.000 hücre/ml azalmıştır. 2. günün sonunda 265±9,40 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 860.000 hücre/ml azalmıştır. 3. günün sonunda 368±8,20 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 2.040.000 hücre/ml azalmıştır. 4. günün sonunda 541±16,90 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 3.190.000 hücre/ml azalmıştır, 5. günün sonunda 547±12,50 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 3.400.000 hücre/ml azalmıştır. C9(9x10⁶ hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda 214±5,60 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 490.000 hücre/ml azalmıştır. 2. günün sonunda 285±3,10 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 2.020.000 hücre/ml azalmıştır. 3. günün sonunda 440±8,60 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 4.850.000 hücre/ml azalmıştır. 4. günün sonunda 686±4,90 birey/ml yoğunluğa ulaşırken 7.670.000 hücre/ml azalmıştır, 5. günün sonunda 620±14,40 birey/ml yoğunluğa ulaşılırken 5.330.000 hücre/ml azalmıştır.

Tablo 4.2 Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen *B. plicatilis*'in birey sayısı (birey/ml).

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
0. gün	200±0,00	200±0,00	200±0,00	200±0,00	200±0,00	200±0,00
1. gün	217±3,30 ^{ab}	228±3,80 ^{bc}	233±8,80 ^c	215±3,70 ^a	213±5,00 ^a	214±5,60 ^a
2. gün	264±10,00 ^a	312±8,50 ^b	375±6,00 ^c	267±12,80 ^a	265±9,40 ^a	285±3,10 ^a
3. gün	413±10,20 ^b	483±15,40 ^d	610±9,20 ^c	348±11,90 ^a	368±8,20 ^a	440±8,60 ^c
4. gün	672±20,70 ^b	846±10,00 ^c	1047±20,90 ^d	510±4,10 ^a	541±16,90 ^a	686±4,90 ^b
5. gün	740±28,30 ^c	861±9,00 ^d	1028±19,30 ^c	565±11,00 ^a	547±12,50 ^a	620±14,40 ^b

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir (P<0,05).

Tablo 4.3 Deneme gruplarındaki günlük azalan mikroalg miktarı ($\times 10^4$ hücre/ml)

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
1. gün	58±03	131±08	217±09	10±01	24±02	49±04
2. gün	165±05	574±26	1.075±41	42±03	86±06	202±07
3. gün	326±09	956±38	1.893±67	76±07	204±09	485±21
4. gün	920±22	1.632±53	2.880±98	146±11	319±12	767±35
5. gün	950±23	1.920±58	1.269±53	166±18	340±14	533±28

Nannochloropsis sp. ile beslenen grupta maksimum rotifere N30 grubunda 4.günün sonunda $1047 \pm 20,90$ birey/ml ulaşırken *Chlorella sp.* ile beslenen grupta C9 grubunda 4. günün sonunda $686 \pm 4,90$ birey/ml'ye ulaşılmıştır.

İstatistiki olarak değerlendirildiğinde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen gruplarda ise ilk gün konsantrasyonlar arasında fark oluşurken ($p < 0,05$), *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferde farklı konsantrasyonlar arasında anlamlı bir fark yoktur ($p > 0,05$). İkinci günde N10 ve *Chlorella* grupları benzerdir ($p > 0,05$). Üçüncü gün incelendiğinde C3 ve C6 grupları istatistiksel benzerlik gösterirken *Nannochloropsis sp.* grubunda istatistiksel fark açılmıştır ($p < 0,05$). Dördüncü güne bakıldığında kültür süresi boyunca birey sayısı bakımında en verimli gün olduğu görülmektedir. N30 grubu diğer gruplardan istatistiki anlamda farklıdır. Beşinci günde N30 grubundaki farkın diğer gruplara göre istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu görülmüştür ($p < 0,05$).

Her iki mikroalgde yoğunluk artışının birey sayısı üzerine etkisi olumlu olmuştur. Deneme boyunca en yüksek birey sayısı N30 grubunda görülmüştür. 5. günde N30 ve C9 gruplarında rotifer sayısında ciddi bir azalış olmadığı halde rotiferlerin mikroalgleri tüketme konusunda bir azalış farkedilmiştir. Ayrıca N30 ve C9 gruplarında kültür kaplarının dibinde algal çökeltinin diğer gruplara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Algal çökeltinin ortam şartlarını bozduğu ve bununla rotiferin mikroalg tüketmemesinin sebebi olduğu düşünülmektedir.

4.2.2 Yumurtalı Birey Sayısı ve Oranı

Deneme gruplarının yumurtalı birey sayısı (birey/ml) Tablo 4.4 verilmiştir. Deneme gruplarının yumurtalı birey sayısının oranı (%) Tablo 4.5'de verilmiştir. Yumurtalı birey sayısı incelendiğinde 0. gün bütün gruplarda yumurtalı birey sayısı 0 birey/ml'dir N10

grubunda 1. günün sonunda $14 \pm 0,8$ birey/ml ($\%6 \pm 0,3$), 2. günün sonunda $55 \pm 3,7$ birey/ml ($\%21 \pm 0,9$), 3.günün sonunda $133 \pm 6,1$ birey/ml ($\%32 \pm 0,7$), 4. günün sonunda $296 \pm 9,9$ birey/ml ($\%44 \pm 1,2$), 5. günün sonunda $200 \pm 16,3$ birey/ml ($\%27 \pm 1,2$) yoğunluğa ulaşılmıştır. N20 grubunda 1. günün sonunda $15 \pm 2,1$ birey/ml ($\%7 \pm 0,8$), 2. günün sonunda $71 \pm 6,5$ birey/ml ($\%23 \pm 1,8$), 3.günün sonunda $218 \pm 23,9$ birey/ml ($\%45 \pm 3,6$), 4. günün sonunda $399 \pm 9,7$ birey/ml ($\%47 \pm 0,9$), 5. günün sonunda $233 \pm 17,9$ birey/ml ($\%27 \pm 1,8$) yoğunluğa ulaşılmıştır. N30 grubunda 1. günün sonunda $18 \pm 2,9$ birey/ml ($\%8 \pm 0,9$), 2. günün sonunda $72 \pm 8,5$ birey/ml ($\%19 \pm 2,6$), 3.günün sonunda $306 \pm 21,6$ birey/ml ($\%50 \pm 2,8$), 4. günün sonunda $555 \pm 9,0$ birey/ml ($\%53 \pm 1,9$), 5. günün sonunda $302 \pm 13,5$ birey/ml ($\%29 \pm 1,6$) yoğunluğa ulaşılmıştır. C3 grubunda 1. günün sonunda $6 \pm 1,2$ birey/ml ($\%3 \pm 0,5$), 2. günün sonunda $59 \pm 4,5$ birey/ml ($\%22 \pm 1,3$), 3. günün sonunda $109 \pm 9,0$ birey/ml ($\%31 \pm 1,5$), 4. günün sonunda $102 \pm 2,9$ birey/ml ($\%20 \pm 0,7$), 5. günün sonunda $97 \pm 3,4$ birey/ml ($\%17 \pm 0,3$) yoğunluğa ulaşılmıştır. C6 grubunda 1. günün sonunda $7 \pm 1,7$ birey/ml ($\%3 \pm 0,8$), 2. günün sonunda $57 \pm 4,3$ birey/ml ($\%21 \pm 1,0$), 3. günün sonunda $125 \pm 9,6$ birey/ml ($\%34 \pm 3,3$), 4. günün sonunda $111 \pm 7,0$ birey/ml ($\%21 \pm 1,6$), 5. günün sonunda $95 \pm 2,5$ birey/ml ($\%17 \pm 0,7$) yoğunluğa ulaşılmıştır. C9 grubunda 1. günün sonunda $8 \pm 1,2$ birey/ml ($\%4 \pm 0,5$), 2. günün sonunda $101 \pm 6,5$ birey/ml ($\%35 \pm 2,0$), 3. günün sonunda $201 \pm 7,0$ birey/ml ($\%46 \pm 0,7$), 4. günün sonunda $171 \pm 2,6$ birey/ml ($\%25 \pm 0,2$), 5. günün sonunda $90 \pm 3,7$ birey/ml ($\%15 \pm 0,3$) yoğunluğa ulaşılmıştır.

Tablo 4.4 Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen *B. plicatilis*'in yumurtalı birey sayısı (birey/ml).

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
0. gün	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0
1. gün	14±0,8 ^b	15±2,1 ^{bc}	18±2,9 ^c	6±1,2 ^a	7±1,7 ^a	8±1,2 ^a
2. gün	55±3,7 ^a	71±6,5 ^b	72±8,5 ^b	59±4,5 ^{ab}	57±4,3 ^a	101±6,5 ^c
3. gün	133±6,1 ^a	218±23,9 ^b	306±21,6 ^c	109±9,0 ^a	125±9,6 ^a	201±7,0 ^b
4. gün	296±9,9 ^c	399±9,7 ^d	555±9,0 ^e	102±2,9 ^a	111±7,0 ^a	171±2,6 ^b
5. gün	200±16,3 ^b	233±17,9 ^c	302±13,5 ^d	97±3,4 ^a	95±2,5 ^a	90±3,7 ^a

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Tablo 4.5 Deneme gruplarının yumurtalı bireylerin birey sayısına oranı (%).

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
0. gün	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0
1. gün	6±0,3	7±0,8	8±0,9	3±0,5	3±0,8	4±0,5
2. gün	21±0,9	23±1,8	19±2,6	22±1,3	21±1,0	35±2,0
3. gün	32±0,7	45±3,6	50±2,8	31±1,5	34±3,3	46±0,7
4. gün	44±1,2	47±0,9	53±1,9	20±0,7	21±1,6	25±0,2
5. gün	27±1,2	27±1,8	29±1,6	17±0,3	17±0,7	15±0,3

Nannochloropsis sp. ile beslenen grupta maksimum yumurtalı birey sayısına N30 grubunda 4.günün sonunda ulaşırken *Chlorella sp.* ile beslenen grupta C9 grubunda 3. günün sonunda ulaşılmıştır.

İstatistiki olarak değerlendirildiğinde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen gruplarda ise ilk gün konsantrasyonlar arasında fark oluşurken ($p<0,05$), *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferde farklı konsantrasyonlar arasında anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$). İkinci günde N10 ve C6 grubu ile N20 ve N30 grupları benzerlik göstermiştir ($p>0,05$). Üçüncü gün incelendiğinde N30 grubu diğer gruplara göre en verimli grup olmuştur ($p<0,05$). Dördüncü güne bakıldığında kültür süresi boyunca yumurtalı birey sayısı bakımında en verimli gün olduğu görülmektedir ($p<0,05$). N30 grubu diğer gruplardan istatistiksel anlamda farklıdır. Beşinci günde ise N30 grubundaki farkın diğer gruplara göre istatistiki açıdan farkın önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Her iki mikroalgde yoğunluk artışının yumurtalı birey sayısı ve oranı üzerine etkisi olumlu olmuştur. Deneme boyunca en yüksek yumurtalı birey sayısı ve oranı N30 grubunda görülmüştür.

4.2.3 Büyüme Hızı

Deneme gruplarının büyüme hızı (bölünme/gün) Tablo 4.6'da verilmiştir. Farklı alg gruplarının farklı konsantrasyonları ile beslenen rotiferin büyüme hızı incelendiğinde N10(10×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $0,08 \pm 0,02$; 2. günün sonunda $0,14 \pm 0,02$; 3. günün sonunda $0,24 \pm 0,01$; 4. günün sonunda $0,30 \pm 0,01$; 5. günün sonunda $0,26 \pm 0,01$ bölünme/gün olarak hesaplanmıştır. N20(20×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $0,13 \pm 0,02$; 2. günün sonunda $0,22 \pm 0,01$; 3.günün sonunda $0,29 \pm 0,01$;

4. günün sonunda $0,36\pm 0,00$; 5. günün sonunda $0,29\pm 0,00$ bölünme/gün olarak hesaplanmıştır. N30(30×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $0,15\pm 0,04$; 2. günün sonunda $0,31\pm 0,01$; 3.günün sonunda $0,37\pm 0,01$; 4. günün sonunda $0,41\pm 0,01$; 5. günün sonunda $0,33\pm 0,00$ bölünme/gün olarak hesaplanmıştır. C3(3×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $0,07\pm 0,02$; 2. günün sonunda $0,14\pm 0,02$; 3.günün sonunda $0,18\pm 0,01$; 4. günün sonunda $0,23\pm 0,00$; 5. günün sonunda $0,21\pm 0,00$ bölünme/gün olarak hesaplanmıştır. C6(6×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $0,06\pm 0,02$; 2. günün sonunda $0,14\pm 0,02$; 3.günün sonunda $0,20\pm 0,01$; 4. günün sonunda $0,25\pm 0,01$; 5. günün sonunda $0,20\pm 0,00$ bölünme/gün olarak hesaplanmıştır. C9(9×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $0,07\pm 0,03$; 2. günün sonunda $0,18\pm 0,01$; 3.günün sonunda $0,26\pm 0,01$; 4. günün sonunda $0,31\pm 0,00$; 5. günün sonunda $0,23\pm 0,00$ bölünme/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.6 Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen *B. plicatilis*'in büyüme hızı (bölünme/gün).

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
1. gün	$0,08\pm 0,02^{ab}$	$0,13\pm 0,02^{bc}$	$0,15\pm 0,04^c$	$0,07\pm 0,02^a$	$0,06\pm 0,02^a$	$0,07\pm 0,03^a$
2. gün	$0,14\pm 0,02^a$	$0,22\pm 0,01^b$	$0,31\pm 0,01^c$	$0,14\pm 0,02^a$	$0,14\pm 0,02^a$	$0,18\pm 0,01^a$
3. gün	$0,24\pm 0,01^b$	$0,29\pm 0,01^d$	$0,37\pm 0,01^e$	$0,18\pm 0,01^a$	$0,20\pm 0,01^a$	$0,26\pm 0,01^c$
4. gün	$0,30\pm 0,01^c$	$0,36\pm 0,00^d$	$0,41\pm 0,01^e$	$0,23\pm 0,00^a$	$0,25\pm 0,01^b$	$0,31\pm 0,00^c$
5. gün	$0,26\pm 0,01^c$	$0,29\pm 0,00^d$	$0,33\pm 0,00^e$	$0,21\pm 0,00^a$	$0,20\pm 0,00^a$	$0,23\pm 0,00^b$

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($p<0,05$).

İstatistikî olarak değerlendirildiğinde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen gruplarda ilk gün konsantrasyonlar arasında fark istatistikî olarak önemlidir ($p<0,05$). *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferde farklı konsantrasyonlar arasında benzerlik vardır ve istatistikî olarak fark önemsizdir ($p>0,05$). İkinci günde N10 ve *Chlorella* grupları arasında benzerlik görülmüştür ($p>0,05$). Üçüncü gün incelendiğinde N30 grubu diğer gruplara göre en verimli grup olmuştur ($p<0,05$). Dördüncü güne bakıldığında kültür süresi boyunca bölünme hızı bakımında en verimli gün olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Beşinci günde N30 grubu diğer gruplardan daha yüksek sonuç vermiştir. Diğer gruplara göre istatistikî açıdan farkın önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Her iki mikroalgde yoğunluk artışının büyüme hızına etkisi olumlu olmuştur. Deneme boyunca en yüksek büyüme hızı N30 grubunda görülmüştür.

4.2.4 İkilenme Zamanı

Deneme gruplarının ikilenme zamanı Tablo 4.7’de verilmiştir. Farklı alg gruplarının farklı konsantrasyonları ile beslenen rotiferin ikilenme zamanı incelendiğinde N10(10×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $8,66 \pm 1,72$; 2. günün sonunda $5,12 \pm 0,78$; 3.günün sonunda $2,87 \pm 0,10$; 4. günün sonunda $2,29 \pm 0,06$; 5. günün sonunda $2,65 \pm 0,08$ gün olarak hesaplanmıştır. N20(20×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $5,44 \pm 0,66$; 2. günün sonunda $3,14 \pm 0,20$; 3.günün sonunda $2,36 \pm 0,09$; 4. günün sonunda $1,92 \pm 0,02$; 5. günün sonunda $2,37 \pm 0,02$ gün olarak hesaplanmıştır. N30(30×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $4,86 \pm 1,05$; 2. günün sonunda $2,21 \pm 0,06$; 3.günün sonunda $1,86 \pm 0,03$; 4. günün sonunda $1,68 \pm 0,02$; 5. günün sonunda $2,12 \pm 0,02$ gün olarak hesaplanmıştır. C3(3×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $10,48 \pm 2,75$; 2. günün sonunda $4,99 \pm 0,90$; 3.günün sonunda $3,77 \pm 0,24$; 4. günün sonunda $2,96 \pm 0,03$; 5. günün sonunda $3,34 \pm 0,06$ gün olarak hesaplanmıştır. C6(6×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $12,28 \pm 4,25$; 2. günün sonunda $5,01 \pm 0,59$; 3.günün sonunda $3,42 \pm 0,12$; 4. günün sonunda $2,79 \pm 0,09$; 5. günün sonunda $3,45 \pm 0,08$ gün olarak hesaplanmıştır. C9(9×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $11,43 \pm 3,73$; 2. günün sonunda $3,93 \pm 0,12$; 3.günün sonunda $2,64 \pm 0,07$; 4. günün sonunda $2,25 \pm 0,01$; 5. günün sonunda $3,06 \pm 0,06$ gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.7 Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen *B. plicatilis*’in ikilenme zamanı (gün)

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
1. gün	$8,66 \pm 1,72^{abc}$	$5,44 \pm 0,66^{ab}$	$4,86 \pm 1,05^a$	$10,48 \pm 2,75^{abc}$	$12,28 \pm 4,25^c$	$11,43 \pm 3,73^{bc}$
2. gün	$5,12 \pm 0,78^c$	$3,14 \pm 0,20^{ab}$	$2,21 \pm 0,06^a$	$4,99 \pm 0,90^c$	$5,01 \pm 0,59^c$	$3,93 \pm 0,12^{bc}$
3. gün	$2,87 \pm 0,10^c$	$2,36 \pm 0,09^b$	$1,86 \pm 0,03^a$	$3,77 \pm 0,24^e$	$3,42 \pm 0,12^d$	$2,64 \pm 0,07^c$
4. gün	$2,29 \pm 0,06^c$	$1,92 \pm 0,02^b$	$1,68 \pm 0,02^a$	$2,96 \pm 0,03^e$	$2,79 \pm 0,09^d$	$2,25 \pm 0,01^c$
5. gün	$2,65 \pm 0,08^c$	$2,37 \pm 0,02^b$	$2,12 \pm 0,02^a$	$3,34 \pm 0,06^e$	$3,45 \pm 0,08^e$	$3,06 \pm 0,06^d$

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Nannochloropsis sp. ile beslenen grupta en iyi performans N30 grupta 4. gün gözlenirken *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarda maksimum performans C9 grubunda 4. günde tesbit edilmiştir.

İstatistikî olarak değerlendirildiğinde *Nannochloropsis sp.* ve *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarda ilk gün konsantrasyonlar arasında fark oluşurken ($p < 0,05$), N10 ve C3

grupları arasında benzerlik vardır ($p>0,05$). İkinci günde N10, C3 ve C6 grupları arasında benzerlik görülürken ($p>0,05$) diğer gruplar arasında fark istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$). Üçüncü gün incelendiğinde N30 grubu diğer gruplara göre en verimli grup olmuştur. Bütün gruplar arasında fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Dördüncü güne bakıldığında kültür süresi boyunca ikilenme zamanı bakımından en verimli gün olduğu görülmektedir. Bütün gruplar arasında fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Beşinci günde ise bütün gruplarda istatisti açıdan farkın önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Her iki mikroalgde yoğunluk artışının ikilenme zamanı üzerine etkisi olumlu olmuştur. Deneme boyunca en verimli ikilenme zamanı N30 grubunda görülmüştür.

4.2.5 Günlük Rotifer Üretimi

Deneme gruplarının günlük rotifer üretimi (birey/ml/gün) Tablo 4.8'de verilmiştir. Farklı alg gruplarının farklı konsantrasyonları ile beslenen rotiferin günlük üretimi incelendiğinde N10(10×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $17,33 \pm 3,30$ birey/ml/gün, 2. günün sonunda $32,00 \pm 5,02$ birey/ml/gün, 3.günün sonunda $71,00 \pm 3,41$ birey/ml/gün, 4. günün sonunda $118,08 \pm 5,19$ birey/ml/gün, 5. günün sonunda $107,93 \pm 5,66$ birey/ml/gün olarak hesaplanmıştır. N20(20×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $27,67 \pm 3,86$ birey/ml/gün, 2. günün sonunda $55,83 \pm 4,29$ birey/ml/gün, 3.günün sonunda $94,44 \pm 5,14$ birey/ml/gün, 4. günün sonunda $161,58 \pm 2,52$ birey/ml/gün, 5. günün sonunda $132,27 \pm 1,81$ birey/ml/gün olarak hesaplanmıştır. N30(30×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $32,67 \pm 8,81$ birey/ml/gün, 2. günün sonunda $87,33 \pm 3,01$ birey/ml/gün, 3.günün sonunda $136,78 \pm 3,06$ birey/ml/gün, 4. günün sonunda $211,75 \pm 5,23$ birey/ml/gün, 5. günün sonunda $165,53 \pm 3,85$ birey/ml/gün olarak hesaplanmıştır. C3(3×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $14,67 \pm 3,68$ birey/ml/gün, 2. günün sonunda $33,33 \pm 3,01$ birey/ml/gün, 3.günün sonunda $49,33 \pm 3,95$ birey/ml/gün, 4. günün sonunda $77,42 \pm 1,03$ birey/ml/gün, 5. günün sonunda $73,07 \pm 2,19$ birey/ml/gün olarak hesaplanmıştır. C6(6×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $13,33 \pm 4,99$ birey/ml/gün, 2. günün sonunda $32,50 \pm 4,71$ birey/ml/gün, 3.günün sonunda $55,89 \pm 2,73$ birey/ml/gün, 4. günün sonunda $85,33 \pm 4,23$ birey/ml/gün, 5. günün sonunda $69,33 \pm 2,49$ birey/ml/gün olarak hesaplanmıştır. C9(9×10^6 hücre/ml) grubunda 1. günün sonunda $14,33 \pm 5,56$ birey/ml/gün, 2. günün sonunda $42,33 \pm 1,55$ birey/ml/gün, 3.günün

sonunda 80,11±2,86 birey/ml/gün, 4. günün sonunda 121,50±1,22 birey/ml/gün, 5. günün sonunda 84,07±2,89 birey/ml/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.8 Farklı mikroalg türleri ile farklı konsantrasyonlarda beslenen *B. plicatilis*'in günlük rotifer üretimi (birey/ml/gün)

	N10	N20	N30	C3	C6	C9
1. gün	17,33±3,30 ^{ab}	27,67±3,86 ^{bc}	32,67±8,81 ^c	14,67±8,81 ^a	13,33±4,99 ^a	14,33±5,56 ^a
2. gün	32,00±5,02 ^a	55,83±4,29 ^b	87,33±3,01 ^c	33,33±3,01 ^a	32,50±4,71 ^a	42,33±1,55 ^b
3. gün	71,00±3,41 ^c	94,44±5,14 ^d	136,78±3,06 ^c	49,33±3,95 ^a	55,89±2,73 ^b	80,11±2,86 ^{cd}
4. gün	118,08±5,19 ^b	161,58±2,52 ^c	211,75±5,23 ^d	77,42±1,03 ^a	85,33±4,23 ^a	121,50±1,22 ^b
5. gün	107,93±5,66 ^c	132,27±1,81 ^b	165,53±3,85 ^b	73,07±2,19 ^c	69,33±2,49 ^b	84,07±2,89 ^a

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Nannochloropsis sp. ile beslenen grupta en iyi performans N30 grupta 4. günde 211,75±5,23 birey/ml/gün olarak gözlenirken *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarda maksimum performans C9 grubunda 4. günde 121,50±1,22 birey/ml/gün olarak tesbit edilmiştir.

İstatistiki olarak değerlendirildiğinde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen gruplarda ise ilk gün konsantrasyonlar arasında fark oluşurken ($p < 0,05$) *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferde farklı konsantrasyonlar arasında benzerlik vardır ($p > 0,05$). İkinci günde N10, C3 ve C6 gruplarında ve N20 ve C9 grupları arasında benzerlik görülmüştür ($p > 0,05$). Üçüncü gün incelendiğinde N30 grubu diğer gruplara göre en verimli grup olmuştur. Dördüncü güne bakıldığında kültür süresi boyunca günlük rotifer üretimi bakımında en verimli gün olduğu görülmektedir. C3 ve C6 gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p > 0,05$). N10 ve C3 gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p > 0,05$). Beşinci günde bütün gruplarda düşüş gözlenmiştir. N20, N30 ve C6 grupları arasındaki farkların istatistiki olarak benzer olduğu görülmüştür ($p > 0,05$). N10 ve C3 grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak benzer olduğu görülmüştür ($p > 0,05$).

Her iki mikroalgde yoğunluk artışının günlük rotifer üretimi üzerine etkisi olumlu olmuştur. Deneme boyunca en verimli günlük rotifer üretimi N30 grubunda görülmüştür.

4.3 Biyokimyasal Analizler

Çalışmanın sonunda deneme gruplarından yapılan örnekleme sonrası kuru ağırlık üzerinden hesaplanan ham protein, ham yağ ve ham kül biyokimyasal analiz sonuçları Tablo 4.9’de ve yağ ağırlık üzerinden hesaplanan ham protein, ham yağ ve ham kül ve nem analiz sonuçları Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.9 Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlar ile beslenen *B. plicatilis*’in biyokimyasal analiz sonuçları (% kuru ağırlık)

	<i>Nannochloropsis</i> <i>sp.</i>	<i>Chlorella</i> <i>sp.</i>	N10	N20	N30	C3	C6	C9
Ham protein	36,71 ±0,62	42,48 ±0,54	52,93 ±0,81 ^{ab}	53,59 ±0,42 ^{abc}	54,41 ±0,53 ^{bc}	53,36 ±0,38 ^{abc}	52,81 ±0,27 ^a	54,03 ±0,56 ^c
Ham yağ	21,4 ±0,88	10,79 ±0,45	32,8 ±0,37 ^d	33,9 ±0,33 ^e	34,5 ±0,45 ^f	11 ±0,31 ^a	11,9 ±0,26 ^b	13,5 ±0,38 ^c
Ham kül	16,65 ±0,28	5,5 ±0,13	5,88 ±0,19 ^a	6,24 ±0,23 ^a	6,59 ±0,18 ^b	6,02 ±0,14 ^a	6,07 ±0,13 ^a	6,11 ±0,28 ^a

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir (p<0,05). Değerler ortalama (±standart sapma) olarak verilmiştir.

Tablo 4.10 Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlar ile beslenen *B. plicatilis*’in biyokimyasal analiz sonuçları (% yağ ağırlık)

	<i>Nannochloropsis</i> <i>sp.</i>	<i>Chlorella</i> <i>sp.</i>	N10	N20	N30	C3	C6	C9
Ham protein	2,46 ±0,15	2,05 ±0,13	4,55 ±0,20 ^{ab}	4,72 ±0,10 ^{abc}	5,11 ±0,13 ^{bc}	5,34 ±0,09 ^{abc}	5,18 ±0,067 ^a	5,57 ±0,14 ^c
Ham yağ	1,43 ±0,21	0,52 ±0,11	2,82 ±0,09 ^d	2,98 ±0,08 ^e	3,24 ±0,11 ^f	1,10 ±0,07 ^a	1,17 ±0,06 ^b	1,39 ±0,09 ^c
Ham kül	1,11 ±0,07	0,27 ±0,04	0,51 ±0,04 ^a	0,55 ±0,05 ^a	0,62 ±0,04 ^b	0,60 ±0,03 ^a	0,59 ±0,03 ^a	0,63 ±0,07 ^a
Nem	93,31 ±0,56	95,18 ±0,82	91,4 ±0,81	91,2 ±1,10	90,6 ±0,99	90 ±1,02	90,2 ±0,89	89,7 ±0,95

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir (p<0,05). Değerler ortalama (±standart sapma) olarak verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre rotifer besini olarak kullanılan mikroalglerden *Nannochloropsis sp.*’nin ham protein oranı %36,71±0,62; ham yağ oranı %21,4±0,88; ham kül oranı %16,65±0,28 ve *Chlorella sp.*’nin ham protein oranı %42,48±0,54; ham yağ oranı %10,79±0,45; ham kül oranı %5,5±0,13 olarak bulunmuştur. *Nannochloropsis sp.* ile beslenen N10 grubunun ham protein %52,93±0,81; ham yağ %32,8±0,37; ham kül 5,88±0,19; N20 grubunun ham protein %53,59±0,42; ham yağ %33,9±0,33; ham kül %6,24±0,23; N30 grubunun ham protein %54,41±0,53; ham yağ %34,5±0,45; ham kül %6,59±0,18; *Chlorella sp.* ile beslenen C3 grubunun ham protein %53,36±0,38; ham yağ %11±0,31; ham kül %6,02±0,14; C6 grubunun ham protein

%52,81±0,27; ham yağ %11,9±0,26; ham kül %6,07±0,13; C9 grubunun ham protein %54,03±0,56; ham yağ %13,5±0,38; ham kül %6,11±0,28 olarak bulunmuştur.

Ham protein değerlerine bakıldığında *Chlorella sp.* mikroalginin *Nannochloropsis sp.*'ye göre daha yüksek protein değerine sahip olduğu görülmüştür. Farklı tür ve farklı konsantrasyonlarda mikroalglerle beslenen rotiferin ham protein oranları incelendiğinde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen gruplarda konsantrasyon artmasıyla protein oranlarında artış görülmüştür. *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarda konsantrasyon artmasıyla protein oranlarında artış görülsede istikrarlı bir artış görülmemiştir.

Ham yağ değerlerine bakıldığında *Nannochloropsis sp.* mikroalginin *Chlorella sp.*'ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Farklı mikroalglerle farklı konsantrasyonlarda beslenen rotiferin ham yağ oranları incelendiğinde, *Nannochloropsis sp.* ve *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarda konsantrasyon artmasıyla yağ oranında artış görülmüştür.

Ham kül değerlerine bakıldığında *Nannochloropsis sp.* mikroalginin *Chlorella sp.*'ye göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Farklı mikroalglerle farklı konsantrasyonlarda beslenen rotiferin ham kül oranları incelendiğinde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen rotiferlerde konsantrasyon artmasıyla kül oranında artış görülmüştür. Aradaki fark istatistiksel olarak N10 ve N20 benzerlik gösterirken, N30 farklılık gözlenmiştir. *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarda konsantrasyon artmasıyla kül oranında artış görülsede istatistiki olarak benzerdir ($p>0,05$).

4.4 Yağ Asitleri Analiz Sonuçları

Çalışmanın sonunda deneme gruplarından yapılan örnekleme sonrası yağ asitleri analiz sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir. Doymuş yağ asitleri incelendiğinde, miristik asit (C14:0) *Nannochloropsis sp.*'de tesbit edilmemişken *Chlorella sp.*'de %0,22±0,00 düzeyinde bulunmuştur. *Nannochloropsis sp.* ile beslenen N10 grubunda miristik asit (C14:0) bulunmamışken N20 grubunda %0,22±0,00; N30 grubunda %0,5±0,00; *Chlorella sp.* ile beslenen C3 grubunda %0,8±0,00; C6 grubunda %1,03±0,00; C9 grubunda %1,55±0,01 olarak bulunmuştur. Pentadekanoik asit (C15:0) *Nannochloropsis sp.*'de %0,28±0,00 tesbit edilmişken *Chlorella sp.*'de bulunmamıştır. *Nannochloropsis sp.* ile beslenen N10 grubunda Pentadekanoik asit (C15:0)

%0,34±0,00; N20 grubunda %0,64±0,02; N30 grubunda %1,53±0,01; *Chlorella* sp. ile beslenen C1 grubunda %0,76±0,01; C6 grubunda %0,63±0,01; C9 grubunda %0,91±0,01 olarak bulunmuştur. Palmitik asit (C16:0) *Nannochloropsis* sp.'de %21,8±0,08 tesbit edilmişken *Chlorella* sp.'de % 9,41±0,02 olarak bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %13,18±0,04; N20 grubunda %15,17±0,05; N30 grubunda %9,63±0,03; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %8,03±0,03; C6 grubunda %10,19±0,07; C9 grubunda %11,07±0,08 olarak bulunmuştur. Margarik asit (C17:0) *Nannochloropsis* sp.'de %0,19±0,00 tesbit edilmişken *Chlorella* sp.'de tesbit edilmemiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %0,45±0,01; N20 grubunda %0,63±0,01; N30 grubunda %0,72±0,01; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,65±0,01; C6 grubunda %1,09±0,01; C9 grubunda %0,16±0,01 olarak bulunmuştur. Stearik asit (C18:0) *Nannochloropsis* sp.'de tesbit edilmemişken *Chlorella* sp.'de %0,3±0,00 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %0,85±0,00; N20 grubunda %2,11±0,01; N30 grubunda %6,76±0,04; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %1,8±0,01; C6 grubunda %2,4±0,02; C9 grubunda %1,27±0,01 olarak bulunmuştur. Araşidik asit (C20:0) *Nannochloropsis* sp.'de tesbit edilmemişken *Chlorella* sp.'de %9,76±0,03 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %0,26±0,00; N20 grubunda %0,7±0,00; N30 grubunda %0,58±0,00; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,8±0,00; C6 grubunda %0,75±0,00; C9 grubunda %0,73±0,00 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.11 Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlarıyla beslenen rotiferin yağ asidi analiz sonuçları

	<i>Nannochloropsis</i> <i>is sp.</i>	<i>Chlorella</i> <i>sp.</i>	N10	N20	N30	C3	C6	C9
14	-	0,22 ±0,00	-	0,22 ±0,00	0,5 ±0,00	0,8 ±0,00	1,03 ±0,00	1,55 ±0,01
15	0,28 ±0,00	-	0,34 ±0,00 ^a	0,64 ±0,02 ^b	1,53 ±0,01 ^e	0,76 ±0,01 ^c	0,63 ±0,01 ^b	0,91 ±0,01 ^d
16	21,8 ±0,08	9,41 ±0,02	13,18± 0,04 ^e	15,17± 0,05 ^f	9,63 ±0,03 ^b	8,03 ±0,03 ^a	10,19± 0,07 ^c	11,07± 0,08 ^d
17	0,19 ±0,00	-	0,45 ±0,01 ^b	0,63 ±0,01 ^c	0,72 ±0,01 ^e	0,65 ±0,01 ^d	1,09 ±0,01 ^f	0,16 ±0,01 ^a
18	-	0,3 ±0,00	0,85 ±0,00 ^a	2,11 ±0,01 ^d	6,76 ±0,04 ^f	1,8 ±0,01 ^c	2,4 ±0,02 ^e	1,27 ±0,01 ^b
20	-	9,76 ±0,03	0,26 ±0,00 ^a	0,7 ±0,00 ^c	0,58 ±0,00 ^b	0,8 ±0,00 ^e	0,75 ±0,00 ^d	0,73 ±0,00 ^c
ΣSFA	22,27 ±0,09	19,69 ±0,02	15,08± 0,02^b	19,47± 0,02^e	19,72 ±0,02^f	12,84± 0,02^a	16,09± 0,02^d	15,69± 0,02^c
16:1n-7	18,43 ±0,03	1,83 ±0,00	6,45 ±0,04 ^d	14,01± 0,05 ^f	8,34 ±0,04 ^e	2,85 ±0,02 ^b	2,52 ±0,02 ^a	4,58 ±0,03 ^c
18:1n- 9c(OLA)	9,11 ±0,01	0,69 ±0,00	8,5 ±0,04 ^a	9,8 ±0,05 ^c	13,7 ±0,05 ^e	9,23 ±0,04 ^b	17,73± 0,09 ^f	10,48± 0,04 ^d
18:1n-7c	-	2,25 ±0,02	2,13 ±0,02 ^b	2,58 ±0,02 ^d	2,72 ±0,02 ^f	2,03 ±0,02 ^a	2,29 ±0,02 ^c	2,68 ±0,02 ^e
20:1n-9	-	-	1,97 ±0,01 ^c	2,21 ±0,02 ^d	2,34 ±0,02 ^e	0,92 ±0,00 ^a	1 ±0,01 ^b	0,9 ±0,00 ^a
22:1n-9	-	0,62 ±0,00	0,69 ±0,00 ^c	0,44 ±0,00 ^a	0,45 ±0,00 ^b	2,27 ±0,01 ^d	2,8 ±0,01 ^e	3,17 ±0,02 ^f
ΣMUFA	27,54 ±0,04	5,39 ±0,01	19,74± 0,02^b	29,04± 0,03^f	27,55 ±0,03^e	17,3 ±0,02^a	26,34± 0,03^d	21,81± 0,02^c
16:2n-4	-	5,33 ±0,03	-	-	-	-	-	-
18:2n- 6(LOA)	5,27 ±0,01	17,84 ±0,04	0,5 ±0,00 ^b	0,32 ±0,00 ^a	0,82 ±0,00 ^c	17,88± 0,07 ^e	13,71± 0,06 ^d	22,27± 0,11 ^f
18:3n- 6(γLNA)	-	-	-	-	-	0,1 ±0,00	0,18 ±0,00	0,37 ±0,00
20:3n-6	-	-	-	-	-	-	-	0,73 ±0,00
20:4n- 6(ARA)	2,21 ±0,01	-	2,37 ±0,02 ^d	3,2 ±0,02 ^f	3,03 ±0,02 ^e	1,45 ±0,00 ^c	0,9 ±0,00 ^a	1,35 ±0,00 ^b
Σn-6PUFA	7,48 ±0,02	23,17 ±0,04	2,87 ±0,01^a	3,52 ±0,01^b	3,85 ±0,01^c	19,43 ±0,03^e	14,79 ±0,03^d	23,72 ±0,04^f
18:3n- 3(αLNA)	-	1,63 ±0,01	-	-	-	0,3 ±0,00	0,42 ±0,00	0,68 ±0,00
20:3n-3	-	-	-	-	-	0,5 ±0,00	0,37 ±0,00	0,42 ±0,00
20:5n- 3(EPA)	13,12 ±0,05	-	8,66 ±0,04 ^d	15,98 ±0,07 ^f	14,7 ±0,05 ^e	2,97 ±0,02 ^a	3,22 ±0,02 ^b	3,76 ±0,02 ^c
22:5n- 3(DPA)	-	-	3,12 ±0,02 ^f	2,68 ±0,02 ^d	2,94 ±0,02 ^e	2,39 ±0,02 ^b	2,5 ±0,02 ^c	2 ±0,02 ^a
22:6n- 3(DHA)	-	-	-	-	-	0,15 ±0,00	0,13 ±0,00	0,17 ±0,00
Σn-3PUFA	13,12 ±0,05	1,63 ±0,01	11,78 ±0,03^d	18,66 ±0,05^f	17,64 ±0,04^e	6,31 ±0,01^a	6,64 ±0,01^b	7,03 ±0,01^c
Toplam	70,41 ±0,19	49,88 ±0,01	49,47± 0,02^a	70,69± 0,03^f	68,76±0 ,02^d	55,88± 0,02^b	63,86± 0,02^c	69,25± 0,02^e
n-3/n-6	1,75 ±0,00	0,07 ±0,02	4,10 ±0,02^c	5,30 ±0,03^e	4,58 ±0,03^d	0,32 ±0,01^a	0,45 ±0,01^b	0,28 ±0,02^a
EPA/ARA	5,94 ±0,03	-	3,65 ±0,03^d	4,99 ±0,05^f	4,85 ±0,04^e	2,05 ±0,01^a	3,57 ±0,01^c	2,78 ±0,01^b

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir (p<0,05).

Değerler ortalama (%±standart sapma) olarak verilmiştir.

Değerler GC-MS grafiğindeki alanın %'si olarak verilmiştir.

Toplam doymuş yağ asitleri (Σ SFA) *Nannochloropsis* sp.'de %22,27±0,09, *Chlorella* sp.'de %19,76±0,02 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %15,08±0,02; N20 grubunda %19,72±0,02; N30 grubunda %19,72±0,02 olarak bulunmuştur. Konsantrasyonla birlikte artış gözlenmiştir. Grup ortalamaları arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($p < 0,05$). *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %12,84±0,02; C6 grubunda %16,09±0,02; C9 grubunda %15,69±0,02 olarak bulunmuştur.

Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) incelendiğinde, palmitoleik (C16:1n-7) *Nannochloropsis* sp.'de %18,43±0,03 tesbit edilirken *Chlorella* sp.'de %1,83±0,00 düzeyinde bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda ise %6,45±0,04; N20 grubunda %14,01±0,05; N30 grubunda %8,34±0,04; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %2,85±0,02; C6 grubunda %2,52±0,02; C9 grubunda %4,58±0,03 olarak bulunmuştur. Oleik asit (18:1n-9c) *Nannochloropsis* sp.'de %9,11±0,01 tesbit edilmişken *Chlorella* sp.'de %0,69±0,00 bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %8,5±0,04; N20 grubunda %9,8±0,05; N30 grubunda %13,7±0,05; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %9,23±0,04; C6 grubunda %17,73±0,09; C9 grubunda %10,48±0,04 olarak bulunmuştur. Vaksenik asit (18:1n-7c) *Nannochloropsis* sp.'de tesbit edilmemişken *Chlorella* sp.'de %2,25±0,02 olarak bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %2,13±0,02; N20 grubunda %2,58±0,02; N30 grubunda %2,72±0,02; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %2,03±0,02; C6 grubunda %2,29±0,02; C9 grubunda %2,68±0,02 olarak bulunmuştur. Godoik asit (20:1n-9) *Nannochloropsis* sp. ve *Chlorella* sp.'de tesbit edilmemiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %1,97±0,01; N20 grubunda %2,21±0,02; N30 grubunda %2,34±0,02; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,92±0,00; C6 grubunda %1±0,01; C9 grubunda %0,9±0,00 olarak bulunmuştur. Erusik asit (22:1n-9) *Nannochloropsis* sp.'de tesbit edilmemişken *Chlorella* sp.'de %0,62±0,00 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %0,69±0,00; N20 grubunda %0,44±0,00; N30 grubunda %0,45±0,00; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %2,27±0,01; C6 grubunda %2,8±0,1; C9 grubunda %3,17±0,02 olarak bulunmuştur. Toplam tekli doymamış yağ asitleri (Σ MUFA) *Nannochloropsis* sp.'de %27,54±0,04; *Chlorella* sp.'de %5,39±0,01 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %19,74±0,02; N20

grubunda %29,04±0,03; N30 grubunda %27,55±0,03; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %17,3±0,02; C6 grubunda %26,34±0,03; C9 grubunda %21,81±0,02 olarak bulunmuştur.

Çoklu doymamış n-3 yağ asitleri incelendiğinde, 16:2n-4 yağ asidi yalnızca *Chlorella* sp.'de %5,33±0,03 düzeyinde bulunmuştur. Linoleik asit (18:2n-6) *Nannochloropsis* sp.'de %5,27±0,01; *Chlorella* sp.'de %17,86±0,04 bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %0,5±0,00; N20 grubunda %0,32±0,00; N30 grubunda %0,82±0,00; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %17,88±0,07; C6 grubunda %13,71±0,06; C9 grubunda %22,27±0,011 olarak bulunmuştur. Gamma linolenik asit (18:3n-6) yalnızca *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,1±0,00; C6 grubunda %0,18±0,00; C9 grubunda %0,37±0,00 olarak bulunmuştur. Homo-g-linolenik asit (20:3n-6) yalnızca *Chlorella* sp. ile beslenen C9 grubunda %0,73±0,00 olarak bulunmuştur. Araşidonik asit (20:4n-6) *Nannochloropsis* sp.'de %2,22±0,01 tesbit edilmişken *Chlorella* sp.'de rastlanmamıştır. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %2,37±0,02; N20 grubunda %3,2±0,02; N30 grubunda %3,03±0,02; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %1,45±0,00; C6 grubunda %0,9±0,00; C9 grubunda %1,35±0,00 olarak bulunmuştur. Toplam çoklu doymamış n-6 yağ asitleri (Σn-6 PUFA) *Nannochloropsis* sp.'de %7,49±0,02; *Chlorella* sp.'de %23,17±0,04 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %2,87±0,01; N20 grubunda %3,52±0,01; N30 grubunda %3,85±0,01; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %19,43±0,03; C6 grubunda %14,79±0,03; C9 grubunda %24,72±0,04 olarak bulunmuştur.

Çoklu doymamış n-6 yağ asitleri incelendiğinde, alfa linolenik (18:3n-3) yağ asidi *Nannochloropsis* sp.'de tesbit edilmezken *Chlorella* sp.'de %1,63±0,01 düzeyinde bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen gruplarda bulunamışken, *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,3±0,00, C6 grubunda %0,42±0,00; C9 grubunda %0,68±0,00 olarak bulunmuştur. Eikosatrieneik asit (20:3n-3) yalnızca *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,5±0,00; C6 grubunda %0,37±0,00; C9 grubunda %0,42±0,00 olarak bulunmuştur. Eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) *Nannochloropsis* sp.'de %13,12±0,05 tesbit edilirken *Chlorella* sp.'de tesbit edilememiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %8,66±0,04; N20 grubunda %15,98±0,07; N30 grubunda

%14,7±0,05; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %2,97±0,02; C6 grubunda %3,22±0,02; C9 grubunda %3,76±0,02 olarak bulunmuştur. Dokosapentaenoik asit (DPA; 22:5n-3) *Nannochloropsis* sp.'de ve *Chlorella* sp.'de rastlanmamıştır. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %3,12±0,02; N20 grubunda %2,68±0,02; N30 grubunda %2,94±0,02; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %2,39±0,02; C6 grubunda %2,5±0,02; C9 grubunda %2±0,02 olarak bulunmuştur. Dokosaheksaenoik asit (DHA 22:6n-3) *Nannochloropsis* sp.'de ve *Chlorella* sp.'de rastlanmamıştır. Yalnızca *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,15±0,00; C6 grubunda %0,13±0,00; C9 grubunda %0,17±0,00 olarak bulunmuştur. Toplam çoklu doymamış n-3 yağ asitleri (Σ n-3 PUFA) *Nannochloropsis* sp.'de %13,12±0,05; *Chlorella* sp.'de %1,63±0,01 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %11,78±0,03; N20 grubunda %18,66±0,05; N30 grubunda %17,64±0,04; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %6,31±0,01; C6 grubunda %6,64±0,01; C9 grubunda %7,03±0,01 olarak bulunmuştur.

Toplam yağ asitleri incelenirse *Nannochloropsis* sp.'de %70,41±0,19; *Chlorella* sp.'de %49,88±0,01 tesbit edilmiştir. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda %49,47±0,02; N20 grubunda %70,69±0,03; N30 grubunda %68,76±0,02; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %55,88±0,02; C6 grubunda %63,86±0,02; C9 grubunda %69,25±0,02 olarak bulunmuştur. Konsantrasyon artmasıyla mikroalglerle beslenen rotiferin yağ asidi miktarında artma gözlenmiştir.

n-3/n-6 oranına bakıldığında, *Nannochloropsis* sp.'de %1,75±0,00 tesbit edilirken *Chlorella* sp.'de %0,07±0,02 düzeyinde bulunmuştur. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda ise %4,10±0,02; N20 grubunda %5,30±0,03; N30 grubunda %4,58±0,03; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %0,32±0,01; C6 grubunda %0,45±0,01; C9 grubunda %0,28±0,02 olarak bulunmuştur.

EPA/ARA oranına bakıldığında, *Nannochloropsis* sp.'de %5,94±0,03 tesbit edilirken *Chlorella* sp.'de hesaplanamamıştır. *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N10 grubunda ise %3,65±0,03; N20 grubunda %4,99±0,05; N30 grubunda %4,85±0,04; *Chlorella* sp. ile beslenen C3 grubunda %2,05±0,01; C6 grubunda %3,57±0,01; C9 grubunda %2,78±0,01 olarak bulunmuştur.

4.5 Aminoasit Kompozisyonu

Çalışmanın sonunda elde edilen verilerin farklı alg türlerinin ve konsantrasyonlarının *B. plicatilis*'in aminoasit yapısına etkisi Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Mikroalglerin ve bu mikroalglerin farklı konsantrasyonlarıyla beslenen *B. plicatilis* aminoasit analiz sonuçları

	<i>Nannochlo ropsis sp.</i>	<i>Chlorell a sp.</i>	N10	N20	N30	C3	C6	C9
Lösin	9,48 ±0,04	8,68 ±0,03	10,29 ±0,07 ^d	10,90 ±0,08 ^f	8,91 ±0,07 ^c	3,20 ±0,03 ^a	3,48 ±0,02 ^b	3,57 ±0,02 ^b
Alanin	1,88 ±0,01	3,05 ±0,02	2,32 ±0,03 ^c	1,70 ±0,04 ^a	2,41 ±0,03 ^d	2,30 ±0,02 ^c	2,21 ±0,02 ^b	2,70 ±0,02 ^e
Arjimin	3,89 ±0,02	5,35 ±0,02	1,89 ±0,04 ^a	1,82 ±0,05 ^a	3,72 ±0,04 ^b	7,17 ±0,04 ^d	6,38 ±0,05 ^c	7,86 ±0,05 ^e
Aspartik Asit	1,15 ±0,01	1,14 ±0,01	1,31 ±0,08 ^b	1,02 ±0,07 ^a	1,78 ±0,08 ^e	1,43 ±0,01 ^c	1,25 ±0,02 ^b	1,720 ±0,01 ^d
Sistein	0,17 ±0,00	0,31 ±0,00	0,21 ±0,00 ^a	0,26 ±0,00 ^b	0,40 ±0,01 ^d	0,32 ±0,00 ^c	0,31 ±0,00 ^c	0,44 ±0,00 ^e
Glütamin	7,14 ±0,03	3,59 ±0,01	7,38 ±0,05 ^d	7,45 ±0,04 ^e	7,59 ±0,04 ^f	6,91 ±0,03 ^b	7,28 ±0,04 ^c	5,67 ±0,03 ^a
Glütamik Asit	2,90 ±0,02	3,12 ±0,01	4,61 ±0,03 ^d	3,08 ±0,02 ^a	3,36 ±0,01 ^b	4,66 ±0,03 ^d	3,95 ±0,02 ^c	5,03 ±0,03 ^e
Histidin	0,27 ±0,00	0,57 ±0,00	0,41 ±0,01 ^a	0,45± 0,01 ^{bc}	0,44 ±0,01 ^b	0,48± 0,01 ^{bc}	0,48± 0,01 ^{bc}	0,48± 0,01 ^{bc}
İzolösin	16,19 ±0,06	17,48 ±0,07	14,97 ±0,10 ^e	15,59 ±0,08 ^f	13,67 ±0,09 ^c	12,60 ±0,07 ^b	11,80 ±0,08 ^a	14,13 ±0,09 ^d
Lizin	6,57 ±0,04	3,79 ±0,02	6,52 ±0,06 ^b	8,48 ±0,05 ^e	8,80 ±0,04 ^f	6,60 ±0,03 ^c	7,98 ±0,04 ^d	6,18 ±0,04 ^a
Metiyonin	0,72 ±0,00	0,70 ±0,00	0,63 ±0,01 ^a	0,78 ±0,00 ^f	0,74 ±0,01 ^d	0,70 ±0,01 ^c	0,65 ±0,00 ^b	0,64± 0,00 ^{ab}
Fenilalanin	13,40 ±0,05	17,00 ±0,04	16,32 ±0,09 ^e	13,37 ±0,08 ^d	13,53 ±0,08 ^d	11,79 ±0,08 ^c	11,20 ±0,09 ^a	11,56 ±0,08 ^b
Prolin	14,50 ±0,04	10,12 ±0,03	12,98 ±0,09 ^e	10,05 ±0,08 ^b	9,86 ±0,09 ^a	12,16 ±0,08 ^d	13,93 ±0,08 ^f	11,31 ±0,09 ^c
Serin	1,53 ±0,01	2,35 ±0,01	0,96 ±0,01 ^a	1,40 ±0,02 ^b	2,21 ±0,01 ^d	2,49 ±0,01 ^e	2,70 ±0,01 ^f	1,74 ±0,01 ^c
Treonin	0,73 ±0,00	0,85 ±0,00	0,98 ±0,01 ^e	0,65 ±0,01 ^b	0,60 ±0,01 ^a	0,80 ±0,01 ^c	0,79 ±0,01 ^c	0,93 ±0,02 ^d
Tirozin	3,09 ±0,03	4,05 ±0,01	3,22 ±0,01 ^a	4,90 ±0,01 ^c	4,78 ±0,1 ^e	5,10 ±0,01 ^d	5,10 ±0,01 ^d	5,40 ±0,01 ^b
Valin	16,39 ±0,05	17,85 ±0,06	14,99 ±0,07 ^a	18,09 ±0,08 ^b	18,20 ±0,08 ^b	21,48 ±0,09 ^e	20,99 ±0,10 ^c	21,21 ±0,1 ^d
Serbest aminoasitler	28,79 ±0,08	23,43 ±0,07	25,69 ±0,04 ^b	24,49 ±0,04 ^a	26,35 ±0,06 ^c	31,66 ±0,03 ^e	33,01 ±0,04 ^f	30,68 ±0,04 ^d
Esansiyel aminoasitler	63,75 ±0,07	66,91 ±0,08	65,11 ±0,05 ^d	68,31 ±0,05 ^e	64,88 ±0,05 ^d	57,67 ±0,04 ^b	57,36 ±0,04 ^a	58,70 ±0,05 ^c
Esansiyel olmayan aminoasitler	7,46 ±0,03	9,66± 0,04	9,20 ±0,04 ^b	7,20 ±0,04 ^a	9,77 ±0,03 ^c	10,88 ±0,02 ^e	10,11 ±0,02 ^d	11,19 ±0,02 ^f

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($p < 0,05$). Değerler ortalama (%±standart sapma) olarak verilmiştir.

Farklı mikroalglerle ve konsantrasyonla beslenen rotifelerde analiz sonuçlarına göre l6sin, gl6tamin, izol6sin, lizin, fenilalanin, prolin ve valin en bol miktarda bulununan aminoasitlerdir. En y6ksek konsantrasyonlarda beslenen rotiferlerde N30 ve C9 gruplarında alanin, arjinin, aspartik asit ve sistein diğer aminoasitlere g6re daha y6ksek bulunmuştur.

Serbest aminoasitler *Nannochloropsis sp.* ile beslenen N30 grubunda en y6ksek orana ulaştırken *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferde ise C6 grubunda bulunmuştur. Esansiyel aminoasitlerde benzer şekilde *Nannochloropsis sp.* ile beslenen N20 grubunda en y6ksek miktar g6zlenirken *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferlerde C9 grubunda tesbit edilmiştir. Esansiyel olmayan aminoasitlerde ise N30 ve C9 grupları y6ksek orana ulaştırır.

5. TARTIŞMA

5.1 Populasyon Parameterleri

Larval üretim yapan deniz balıkları kuluçkahanelerinde ilk aşama larva için ihtiyaç duyulan yeterli sayıda rotiferi üretmektir. Üretilen rotiferin yeterli yoğunluğa ulaşılmasında ve besinsel kalitesinin arttırılmasında rotifer yemlemede kullanılan besinlerin ve kültür tekniklerini önemi büyüktür (Eryalçın, 2018; Kotani vd., 2009, 2010; Lubzens vd., 1985; Theodorou, 2017). Çalışmada elde edilen en yüksek birey sayısı ($1047 \pm 20,90$), yumurtalı birey sayısı ($555 \pm 9,0$), büyüme hızı ($0,41 \pm 0,01$), ikilenme zamanı ($1,68 \pm 0,02$) ve günlük rotifer üretimi ($211,75 \pm 5,23$) *Nannochloropsis sp.* ile beslenen grupta elde edilmiştir.

Begum vd. (2021), 300 litrelik kültür kabında dış ortam şartlarında 20 birey/ml yoğunlukta rotifer kültür etmeye başlamıştır. Mikroalg ile beslediği grupta 158 ± 21 birey/ml gözlemlemiştir. Bu tez çalışmanın verileri ile kıyaslandığında en yüksek oran ilk güne göre 5 kat üretim sağlanmışken Begum vd. (2021), çalışmasında yaklaşık 9 kat üretim sağlamıştır. Bu tez çalışmasına göre kültür hacminin fazla olması su kalite parametrelerinin daha yavaş değişmesine sebep olacağı için daha sağlıklı üretim yaptığı görülmüştür.

Eryalçın (2019), 600-700 birey/ml başlangıç ekim yoğunluğu ile başladığı çalışmayı yarı-sürekli sistemde 16 gün boyunca kültür etmiştir. En yüksek biyomas üretimini (yaklaşık 2000 birey/ml) ilk 11 gün boyunca spreyci kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ($0,5-0,6 \text{ g}/10^6$ rotifer) ile beslediği grupta almıştır. Taze *Nannochloropsis oculata* (10^7 hücre/ml) ile beslediği grupta en yüksek yumurtalı rotifere 12. günde 350 birey/ml ulaşmıştır. Yarı-sürekli sistemin tercih edilmesi batch (yığın) kültür sistemine göre daha sağlıklı kültür ortamı oluşturur (Yoshimatsu ve Hossain, 2014). Spreyci kurutulmuş *Nannochloropsis oculata* miktarları ağırlık cinsinden verildiği için hücre sayısı karşılaştırılamamıştır. Taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde yumurtalı birey oranı bu çalışmaya göre düşüktür. Bu farklılığın sebebi, birey başına düşen alg miktarının yumurtalı birey sayısını etkilemiş olmasıyla açıklanabilir. Alglerin farklı hasat teknikleri farklı biyokimyasal yapı

oluşturduğundan elde edilen veriler bu çalışmanın bulguları ile farklı sonuçlar vermesine neden olabilir.

Waqalevu vd. (2019), kompleks morfortip rotiferin (SS ve L tip) sürekli kültür sisteminde yürüttüğü çalışmasında, kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile beslediği L-tip rotiferde büyüme oranı $10,91 \pm 8,23$; yumurta oranı $5,64 \pm 1,14$ bulmuştur. SS-tip rotiferde büyüme oranı $7,23 \pm 5,51$; yumurta oranı $3,76 \pm 1,18$ olarak bulmuştur. Bu tez çalışmasında *Chlorella vulgaris* ile beslenen gruplarda ilk gün 24 saatlik süre değerlendirildiğinde bütün gruplarda %7'lik bir büyüme oranı hesaplanmıştır. S tip rotiferin büyüme oranı bu çalışmanın verileri ile benzerlik göstermiştir. Öte yandan L tip rotiferin büyüme oranında farklılık görülmüştür. Bu fark boyut farklılığından kaynaklanabilir. Yumurta oranlarında ise bu çalışmada *Chlorella sp.* gruplarında %4'lük yumurta oranı hesaplanmıştır. Bu bakımdan bu çalışmanın verileri ile benzerlik görülmüştür. DHA bakımından zenginleştirilmiş *Chlorella vulgaris* ile beslediği L-tip rotiferde büyüme oranı $55,24 \pm 24,35$; yumurta oranı ise $7,31 \pm 5,86$; ss-tip rotiferde büyüme oranı $25,34 \pm 10,87$; yumurta oranı ise $7,83 \pm 2,01$ olarak bulmuştur. Bu çalışmanın büyüme ve yumurta oranı verilerine göre yüksek değerler elde etmiştir. DHA zenginleştirmesinin rotifer popülasyon artışı üzerine olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* ile beslediği L-tip rotiferde büyüme oranı $20,44 \pm 8,37$; yumurta oranı ise $5,99 \pm 0,27$; ss-tip rotiferde büyüme oranı $14,87 \pm 3,96$; yumurta oranı ise $6,07 \pm 1,91$ olarak bulmuştur. Bu çalışmada *Nannochloropsis oculata* ile beslenen grubun ilk 24 saatlik süresinde elde edilen en yüksek büyüme oranı %16, yumurta oranı ise %8 olarak bulmuştur. Bu çalışmanın büyüme oranı verileri L tip rotifere göre düşük SS tip rotifere göre yakın değerler vermiştir. Rotiferin popülasyon parametreleri üzerine türlerin genotipik karakterlerinin farklı olmasının yanısıra kültür şartlarındaki bağlı olarak değişir (Varghese ve Krishnan, 2010; Pan vd., 2014, Özdoğan, 2021).

Rahman vd. (2018), 20, 70 ve 210 ml'lik farklı kültür hacimlerinde farklı alglerle (*Nannochloris sp.*, *Tetraselmis sp.*, *Isochrysis sp.*, *Chlorella sp.*, *Nannochloropsis sp.*) farklı konsantrasyon ile beslediği rotiferlerde en yüksek büyüme hızına *Tetraselmis sp.* ($0,7 \times 10^6$ hücre/ml) ile beslediği grupta 1,72 gün olarak bulmuştur. Diğer alglere göre değerlendirildiğinde *Tetraselmis sp.*'nin hareketli alg olması hareketsiz olan *Chlorella*

sp., *Nannochloris sp.* ve *Nannochloropsis sp.* alg türlerine göre rotifer beslemede avantaj sağlamaktadır. *Nannochloropsis sp.* ile beslenen grupta en yüksek büyüme hızı $0,3 \times 10^6$ hücre/ml grubunda 1,64 gün olarak bulunmuştur. Bu çalışmada ise *Nannochloropsis sp.* ile beslenen grupta en yüksek büyüme hızına 30×10^6 hücre/ml yoğunlukta 0,41 gün olarak bulunmuştur. Bu farkın alg yoğunluğundan ve kültür hacminden kaynaklandığı düşünülmektedir. *Chlorella sp.* ile beslenen grupta en yüksek büyüme hızı $1,5 \times 10^6$ hücre/ml grubunda 1,67 gün olarak bulunmuştur. Bu çalışmada ise *Chlorella sp.* ile beslenen grupta en yüksek büyüme hızına 9×10^6 hücre/ml yoğunlukta 0,31 gün olarak bulunmuştur. Bu farkın alg yoğunluğundan ve kültür hacminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Rahman (2018), çalışmasında yüksek yoğunlukta kültürün küçük hacimlerde yapıldığında daha iyi sonuç verdiğini ortaya koymuştur.

Heneash vd. (2015), çalışmasında dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* (1.5 g/milyon rot/gün), kurutulmuş *Spirulina platensis* (1 g/milyon rot/gün) ile yaptığı 12 günlük kültür sonucunda en düşük ortalama büyüme hızını *Spirulina platensis* 'te tesbit etmiştir. *Nannochloropsis oculata* ile beslediği grubun rotifer yoğunluğu maksimum 160.33 ± 18.01 birey/ml'ye ulaşmıştır. 12 gün sürdürülen çalışmada rotifer yoğunluğu ve büyüme hızındaki veriler bu çalışmadaki veriler ile yakın değerler bulunmuştur.

Tınkır (2017), farklı tuzluluk oranlarını denediği çalışmasında 15 litrelik kültür hacimde 750 birey/ml ekim yoğunluğunda rotifer kültürü yapmıştır. *Nannochloropsis oculata* ile beslenen grupta en yüksek birey sayısı $2014,88 \pm 10,45$ birey/ml, *Chlorella sp.* grubunda $1520 \pm 9,49$ birey/ml olarak bulunmuştur. Büyüme hızında ise *Nannochloropsis oculata* ile beslenen grupta en yüksek $0,258 \pm 1,71$ rot/gün hesaplamıştır. *Chlorella sp.* grubunda ise $0,128 \pm 1,07$ rot/gün olarak bulunmuştur. Günlük rotifer üretimi *Nannochloropsis oculata* ile beslenen grupta en yüksek $316,22 \pm 2,61$ birey/ml/gün hesaplamıştır. Bu çalışmanın popülasyon artış verilerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan mikroalglerin besin içeriğinin, ekim yoğunluğunun, su kalitesinin rotifer kültür performansını etkilediğini (Aragão vd., 2004; Helland vd., 2000; Osorio, 2022) çalışmalarında rapor edilmiştir.

Savaş ve Güçlü (2006), çalışmasında L tip rotiferi 5 farklı alg türü (*Tetraselmis suecica*, *Chlorella sp.*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata*, *Dunaliella tertiolecta*) ile 7 farklı tuzlulukta kültür denemesi yapmıştır. Her deneme kabına 1 adet amiktik dişi birey koyarak başladığı 8 günlük çalışmada elde ettiği veriler *Nannochloropsis oculata* (15×10^6 hücre/ml) ile beslenen grupta en yüksek birey sayısına %25 tuzlulukta ulaşmıştır. %25 tuzluktaki grupta popülasyon parametreleri sırasıyla birey sayısı $267,33 \pm 1,20$ (birey/ml), büyüme hızı $0,798 \pm 0,005$ (gün), ikilenme zamanı $0,874 \pm 0,001$ (gün), günlük rotifer üretimi $36,714 \pm 0,165$ (rot./ml/gün) verilerini bulmuştur. *Chlorella sp.* (30×10^6 hücre/ml) ile beslenen grupta birey sayısı $248,33 \pm 1,20$ birey/ml, büyüme hızı $0,689 \pm 0,005$ (gün), ikilenme zamanı $1,006 \pm 0,001$ (gün), günlük rotifer üretimi $30,916 \pm 0,150$ (rot./ml/gün) ulaşmıştır. Bu tez çalışmasının verilerine göre popülasyon artış oranı düşük kalmıştır. Sun'a (2018) göre ekim yoğunluğu ile büyüme parametreleri arasındaki ters orantıya benzer durum sergilemiştir.

Bu çalışmanın popülasyon parametreleri incelendiğinde, konsantrasyonun artırılmasıyla *Nannochloropsis sp.* ve *Chlorella sp.* ile beslenen bütün gruplarda popülasyon artışı gözlenmiştir. Her iki mikroalg değerlendirildiğinde en yüksek birey sayısına *Nannochloropsis sp.* ile beslenen N30 grubunda rastlanılmıştır. Bu açıdan *Nannochloropsis sp.*, *Chlorella sp.*'ye üstünlük sağlamıştır. 4. günden sonra en yüksek yoğunluklarda beslenen N30 ve C9 gruplarında popülasyon parametrelerinde azalmalar görülmüştür. Yüksek yoğunluklardaki (N30 ve C9) gruplarında kapların dibindeki alg çökeltisinin diğer gruplara göre fazla olduğu tesbit edilmiştir. Bu çökelti ortam şartlarına olumsuz etki edebilir. Ayrıca, ml'deki hücre yoğunluğunun sabit tutulmasına bağlı olarak popülasyon artışından dolayı birey başına düşen alg miktarının azalması popülasyonun azalmasına veya durmasına neden olabilir. Matsui vd. (2020), çalışmasında *Nannochloropsis sp.*'nin EPA yağ asitleri bakımından zengin olması rotifer popülasyonu artışı üzerinde olumlu etki ettiğini ortaya çıkarmıştır.

5.2 Biyokimyasal Kompozisyon

Su ürünleri yetiştiriciliğinde larvaların yaşam oranını artmasında, büyüme ve gelişmesinde canlı yemlerin biyokimyasal değerlerin hayati rol oynamaktadır (Hagiwara vd., 2001; Kobayashi vd., 2008; Özdoğan, 2021; Rainuzzo vd., 1997).

Bu çalışmada biyokimyasal içeriğin en yüksek bulunduğu grup *Nannochloropsis* sp. ile beslenen N30 grubunda ham protein %54,41±0,53; ham yağ %34,5±0,45; ham kül %6,24±0,23 olarak belirlenmiştir. *Chlorella* sp. ile beslenenlerde ise en yüksek C9 grubunda ham protein %54,03±0,56; ham yağ %13,5±0,38; ham kül %6,11±0,28 olarak bulunmuştur (Tablo 4.9).

Begum vd. (2021), mikroalg ile beslediği grupta protein %38,5±0,83, yağ %21,2±0,19 ve kül %7,9±0,08 olarak bulmuştur. Eryalçın (2019), sprey-kurutulmuş *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferde protein %58,54±0,03; yağ %1,06±0,05; kül %10,27±0,11 değerleri bulurken taze *Nannochloropsis* sp. ile beslenen rotiferde protein %42,04±0,07; yağ %5,9±0,02 ve kül %5,55±0,09 bulmuştur. Waqalevu vd. (2019), L tip rotiferde kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile beslediği rotiferde ham protein 682,8±16,7 (mg/g); ham yağ 17,3±1,3 (mg/g) bulmuştur. DHA ile zenginleştirilmiş *Chlorella vulgaris* ile beslenen rotiferde ham protein 694,5±10,5 (mg/g), ham yağ 16,1±3,2 (mg/g) bulmuştur. Dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde ham protein 755,5±7,8 (mg/g); ham yağ 16,0±1,7 (mg/g) bulmuştur. S tip rotiferde kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile beslediği rotiferde ham protein 722,5±6,1 (mg/g); ham yağ 14,3±4,1 (mg/g) bulmuştur. DHA ile zenginleştirilmiş rotiferde ham protein 696,3±15,3 (mg/g); ham yağ 16,3±2,2 (mg/g) bulmuştur. Dondurulmuş *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde ham protein 688,8±73,7 (mg/g); ham yağ 16,2±2,6 (mg/g) saptamıştır. Eryalçın (2018a), *Chlorella vulgaris* ile kültür ettiği rotiferde ham protein %58,2±0,05; ham yağ %11,02±0,09; ham kül %11,1±0,04 değerlerini bulmuştur. Jeeja vd. (2011), *Nannochloropsis* sp. (7×10^6 hücre/ml) ile beslediği rotiferde protein %32,1±0,83; yağ %19,85±0,19 ve kül %5,2±0,06 tesbit etmiştir. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferde ham yağ %13,3 olarak bulmuşken *Chlorella* sp. ile beslediği rotiferde ham yağ %10,7 olarak tesbit etmiştir.

Araştırmacıların sonuçları ile bu tez çalışmasının sonuçları kıyaslandığında biyokimyasal değerlerin benzer veya farklı olduğu görülmektedir. Rotiferin biyokimyasal yapısı üzerine rotifer kültüründe kullanılan mikroalg türlerinin ve ortam şartlarının (Begum vd., 2021), hasat tekniklerinin (Eryalçın, 2019), rotiferin farklı morfoloju türlerinin, ticari zenginleştirici ürünlerinin kullanımının (Waqalevu vd., 2019),

farklı mikroalglerin karışımlarının (Eryalçın, 2018a), farklı mikroalglerin ve probiyotik bakterilerin kullanımının (Jeeja vd., 2011), kültür sistemlerinin farklılığı, kültür ortamının yenilenme oranları (Kobayashi vd., 2008) rotiferin biyokimyasal yapısı üzerinde etkili olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

Bu tez çalışmasının bulguları kendi içerisinde değerlendirildiğinde konsantrasyon artmasıyla protein ve yağ oranlarında artış görülmüştür. Rotiferin protein ve yağ oranları üzerine mikroalglerin türleri, besin içerikleri, konsantrasyonlarının etkili olduğu bir çok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir (Eryalçın, 2018a; Ferreira vd., 2018; Matsui vd., 2020). Bu çalışmada ham yağ oranı yüksek olan *Nannochloropsis* sp.'nin yağ içeriğinin rotifere başarılı bir şekilde yansıdığı görülmektedir. Ferreira vd., (2018) çalışmasında da benzer durum görülmüştür. Mikroalglerin kül değerindeki farklılığın sebebi kültür edildiği ortamın minarel içeğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kül değerinin rotifere yansımada ise önemli bir fark görülmemiştir.

5.3 Yağ Asitleri Kompozisyonu

Deniz balıkları kültürü yapılan kuluçkahanelerde larvaların hayatta kalması ve sağlıklı üretim yapılabilmesi için rotiferin yeterli miktarda yağ asitlerini larvaya taşıması gerekir (Samanamud vd., 2021).

Bu çalışmanın *Nannochloropsis* sp. ile beslenen grupta toplam doymuş yağ asitleri (Σ SFA) incelendiğinde en yüksek düzey N30 (%19,72) grubunda bulunmuştur. Çalışmanın verileri *Nannochloropsis* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferin toplam doymuş yağ asidi %30,54, taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde %29,20±0,01 bulmuştur. Bu çalışmanın verilerine göre yüksek değerler bulmuştur. Waqalevu vd. (2019), dondurulmuş *N. oculata* ile beslediği L tip rotiferde %3,05±1,33; ss tip rotiferde %8,81±2,63 bulmuştur. Bu çalışmanın verilerine göre düşük değerler bulmuştur. Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* ile beslediği rotiferin en yüksek yağ asidini %39,30±5 olarak bulmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferin toplam yağ asidinin %27,70±0,17 olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Bae ve Hur (2011), farklı

bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Nannochloropsis* sp. türü ile beslediği rotiferde yağ asidini %32,70 olarak bulmuştur. Bu çalışmanın verisine göre yüksektir. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis oculata* ile sürekli kültür sisteminde beslediği rotiferde %23,6 (NL) ve 25,8(PL) olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Chlorella* sp. ile beslenen grupta toplam doymuş yağ asitleri (Σ SFA) incelendiğinde en yüksek düzey C6 (%16,09) grubunda gözlenmiştir. Çalışmanın verileri *Chlorella* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Waqalevu vd. (2019), *Chlorella vulgaris* ile kültür ettiği L tip rotiferde (NL+PL) %8,57±2,41 bulmuşken ss tip rotiferde (NL+PL) %6,49±1,67 bulmuştur. Bu çalışmanın verilerinde düşük değerler bulmuştur. Bae ve Hur (2011), farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Chlorella* sp. türleri ile beslediği rotiferde %22,67 bulmuştur. Bu çalışmanın verisine göre yüksektir. Kobayashi vd. (2008), ticari *Chlorella* sp. ile beslediği rotiferde %44,9 bulmuştur. Bu çalışmanın verisine göre yüksektir.

Bu çalışmanın *Nannochloropsis* sp. ile beslenen gruplarda toplam tekli doymamış yağ asitleri (Σ MUFA) incelendiğinde en yüksek düzey N20 (29,04) grubunda bulunmuştur. Çalışmanın verileri *Nannochloropsis* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferin toplam tekli doymamış yağ asidi %3,59±0,4, taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde %3,61±0,05 bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük bulunmuştur. Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* ile beslediği rotiferin en yüksek yağ asidini %43,10±3,59 olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferin %34,92±1,43 bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Bae ve Hur (2011), farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Nannochloropsis* sp. türleri ile beslediği rotiferde %19,96 bulmuştur. Bu çalışmanın verisine göre düşüktür. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde %29,4 olarak bulmuştur. Bu çalışmaya benzer sonuç bulmuştur.

Bu çalışmanın *Chlorella* sp. ile beslenen gruplarında toplam tekli doymamış yağ asitleri (Σ MUFA) incelendiğinde en yüksek düzey C6 (%26,34) grubunda gözlenmiştir. Çalışmanın verileri *Chlorella* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile

karşılaştırılmıştır. Bae ve Hur (2011), farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Chlorella* sp. türleri ile beslediği rotiferde %13,85 bulmuştur. Bu çalışmanın verisine göre düşüktür. Kobayashi vd. (2008), ticari *Chlorella* sp. ile beslediği rotiferde %17,70 bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Nannochloropsis* sp. ile beslenen gruplarında çoklu doymamış yağ asitleri ($\Sigma n-6$ PUFA) incelendiğinde en yüksek düzey N30 (%3,85) grubunda bulunmuştur. Çalışmanın verileri *Nannochloropsis* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği grupta %23,45 \pm 0,18; taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde %23,00 \pm 0,02 bulmuştur. Waqalevu vd. (2019), dondurulmuş *N. oculata* ile beslediği L tip rotiferde %4,23 \pm 1,33; ss tip rotiferde %0,7 \pm 0,24 olarak bulmuştur. Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* ile beslediği grupta en yüksek yağ asidini %11,03 \pm 1,69 bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği grupta %10,72 \pm 0,52 bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis oculata* ile sürekli kültür sisteminde beslediği rotiferde %24,8 olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Chlorella* sp. ile beslenen gruplarında çoklu doymamış yağ asitleri ($\Sigma n-6$ PUFA) incelendiğinde en yüksek düzey C6 (%24,72) grubunda gözlenmiştir. Çalışmanın verileri *Chlorella* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Waqalevu vd. (2019), kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile kültür ettiği L tip rotiferde %1,77 \pm 0,23 bulmuşken S tip rotiferde %1,01 \pm 0,08 bulmuştur. Kobayashi vd. (2008), ticari *Chlorella* sp. ile beslediği rotiferde %45,6 (NL) ve %52,5 (PL) bulmuşlardır. Bu çalışmaya göre yüksek oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Nannochloropsis* sp. ile beslenen gruplarında çoklu doymamış yağ asitleri ($\Sigma n-3$ PUFA) incelendiğinde en yüksek düzey N20 (%18,66) grubundan bulunmuştur. Çalışmanın verileri *Nannochloropsis* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferin toplam çoklu doymamış $\Sigma n-3$ yağ asidi %13,77 \pm 0,01, taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde %12,68 \pm 0,04

bulmuştur. Waqalevu vd. (2019), dondurulmuş *N. oculata* ile beslediği L tip rotiferde %5,59±2,38; ss tip rotiferde %2,15±0,17 bulmuştur. Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* ile beslediği rotiferin en yüksek verimi %25,44±2,47 bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis sp.* ile beslediği rotiferin %26,66±1,35 bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis oculata* ile sürekli kültür sisteminde beslediği rotiferde %33,9 (NL) ve %35,4 (PL) olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Chlorella sp.* ile beslenen gruplarında çoklu doymamış yağ asitleri (Σ n-3 PUFA) incelendiğinde en yüksek düzey C6 (%18,66) grubunda gözlenmiştir. Çalışmanın verileri *Chlorella sp.* ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Waqalevu vd. (2019), kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile kültür ettiği L tip rotiferde %0,31±0,09 bulmuşken S tip rotiferde %0,35±0,23 bulmuştur. Kobayashi vd. (2008), ticari *Chlorella sp.* ile beslediği rotiferde %13,14 bulmuşlardır. Bu çalışmaya göre düşük oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Nannochloropsis sp.* ile beslenen gruplarında n-3/n-6 oranı incelendiğinde en yüksek düzey N20 (%5,30) grubundan bulunmuştur. Çalışmanın verileri *Nannochloropsis sp.* ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferin toplam n-3/n-6 oranı %0,59±0,00, taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde %0,55±0,00 bulmuştur. Bu çalışma göre düşük değerler bulmuştur. Waqalevu vd. (2019), dondurulmuş *N. oculata* ile beslediği L tip rotiferde %5,0±2,19, ss tip rotiferde %10,21±1,34 bulmuştur. Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* ile beslediği rotiferin en yüksek verimi %2,35±0,30 bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük değer bulmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis sp.* ile beslediği rotiferin %2,59±0,13 bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek değer bulmuştur. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis oculata* ile sürekli kültür sisteminde beslediği rotiferde %0,8 olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferlerde n-3/n-6 oranı incelendiğinde en yüksek düzey C6 (%0,45) grubunda gözlenmiştir. Çalışmanın verileri *Chlorella sp.* ile

rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Waqalevu vd. (2019), kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile kültür ettiği L tip rotiferde %1,17±0,46 bulmuşken ss tip rotiferde %0,39±0,17 bulmuştur.

Bu çalışmanın *Nannochloropsis* sp. ile beslenen rotiferlerde EPA/ARA oranı incelendiğinde en yüksek düzey N20 (%4,99) grubunda bulunmuştur. Çalışmanın verileri *Nannochloropsis* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde %0,15±0,01; taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde %0,84±0,05 bulmuştur. Waqalevu vd. (2019), dondurulmuş *N. oculata* ile beslediği L tip rotiferde %4,15; ss tip rotiferde %2,59 bulmuştur. Ferreira vd. (2018), *Nannochloropsis gaditana* ile beslediği rotiferin en yüksek verimi %3,88±0,17 bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük değer bulmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferin %2,65±0,57 bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük bulmuştur. Kobayashi vd. (2008), *Nannochloropsis oculata* ile sürekli kültür sisteminde beslediği rotiferde %6,15 (NL) ve %7,13 (PL) olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek oran bulmuştur.

Bu çalışmanın *Chlorella* sp. ile beslenen rotiferlerde EPA/ARA oranı incelendiğinde en yüksek düzey C6 (%3,57) grubunda gözlenmiştir. Çalışmanın verileri *Chlorella* sp. ile rotifer kültürü yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Waqalevu vd. (2019), kontrol grubu olarak *Chlorella vulgaris* ile kültür ettiği L tip rotiferde %0,37 bulmuşken ss tip rotiferde rastlamamıştır. Kobayashi vd. (2008), ticari *Chlorella* sp. ile beslediği rotiferde %1,83 bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük oran bulmuştur.

Çalışmanın bulguları ile araştırmacıların sonuçları kıyaslandığında bazı değerler benzer veya farklı olduğu görülmüştür. Rotiferin yağ ve yağ asitleri içeriği beslendiği diyeteye bağlıdır (Olsen, 2020). Çalışmalarda kullanılan mikroalglerin besin içeriklerinin ve kültür ortamlarının farklı olması mikroalglerin yağ asitlerinin farklı olmasına ve buna bağlı olarak yağ asitlerinin rotifere yansımada farklı sonuçlar vermesine neden olmaktadır (Matsui vd., 2020; Eryalçın 2018a). Kültür edilen rotifer tipinin farklı olması aynı diyet ile beslenmesine rağmen yağ asitlerini yansıtma konusunda farklı sonuçlar verdiğini Waqalevu vd. (2019) çalışmasında bildirmiştir. Hasat tekniklerine

bağlı olarak mikroalglerin besin içeriğinin değişmesi bununda rotiferdeki yağ asitleri üzerine farklı sonuçlar verdiğini Eryalçın (2019) çalışmasında rapor etmiştir. Aynı türe ait farklı bölgelerden izole edilen mikroalglerin besin içeriklerinin farkı ve rotiferdeki yağ asitlerinin farklı sonuçlar verdiğini Bae ve Hur (2011) çalışmasında bildirmiştir. Ayrıca rotifer kültür sistemlerinin rotiferin yağ asitleri üzerine etkisini Kobayashi vd. (2008) ve Kotani vd. (2010) incelemiştir.

Bu çalışma ile *Nannochloropsis* sp. ve *Chlorella* sp.'nin farklı konsantrasyonlarının rotiferin yağ asitleri üzerine etki ettiği görülmüştür. Konsantrasyonun artması ile pozitif yönde yağ asidi artışı olmuştur. *Nannochloropsis* sp.'nin yağ asidinin *Chlorella* sp.'ye göre yüksek olması *Nannochloropsis* sp. ile beslenen rotiferde yağ asitlerinin daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Ferreira vd. (2018)'nin yaptıkları çalışmada mikroalg konsantrasyonunun artışı ile rotiferin yağ asitlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

5.4 Aminoasit Kompozisyonu

Serbest amino asitler, histidin, arjinin ve alanin, pH değişikliğine karşı korumada, nörolojik fonksiyonların gelişmesinde, hücre sinyali, kan akışı, larva iştahı ve yavru deniz balıklarının hayatta kalmasında, büyüme ve fizyolojik fonksiyonların gelişmesinde önemli rol oynarlar (Conceição vd. 2010; Li vd. 2009; Eryalçın 2019).

Bu çalışmada *Nannochloropsis* sp. ile beslenen rotiferlerde serbest aminoasitler değerlendirildiğinde en yüksek düzey N30 (%26,35; 14,33 mg/g) grubundan bulunmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferde 43,04±0,72 (mg/g) bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek bulmuştur. Eryalçın (2019), spreyci kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde 8,17±0,05 (mg/g), taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde 7,49±0,07 (mg/g) olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre düşük değerler bulmuştur.

Bu çalışmada *Nannochloropsis* sp. ile beslenen rotiferlerde esansiyel aminoasitler değerlendirildiğinde en yüksek düzey N30 (%68,31; 36,60 mg/g) grubunda bulunmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis* sp. ile beslediği rotiferde 17,70±0,33 (mg/g) olarak bulmuştur. Bu çalışmaya göre yüksek bulmuştur. Bae ve Hur (2011),

farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Nannochloropsis sp.* türleri ile beslediği rotiferde %23,94 bulmuştur. Bu çalışmanın verisine göre düşüktür. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde $2,98\pm 0,01$ (mg/g), taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde $2,69\pm 0,09$ (mg/g) bulmuştur.

Bu çalışmada *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferlerde esansiyel aminoasitler değerlendirildiğinde en yüksek düzey C6 (%58,70; 31,71 mg/g) grubundan bulunmuştur. Bae ve Hur (2011), farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Chlorella vulgaris* türleri ile beslediği rotiferde %27,01 bulmuşlardır. Bu çalışmanın verisine göre düşüktür.

Bu çalışmada *Nannochloropsis sp.* ile beslenen rotiferlerde esansiyel olmayan aminoasitler değerlendirildiğinde en yüksek düzey N30 (%9,77; 5,31 mg/g) grubundan bulunmuştur. Yin vd. (2013), *Nannochloropsis sp.* ile beslediği rotiferde $25,34\pm 0,44$ (mg/g) bulmuştur. Bae ve Hur (2011), farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Nannochloropsis sp.* türleri ile beslediği rotiferde %26,6 bulmuştur. Bu çalışmaya yakın değer bulmuştur. Eryalçın (2019), sprey kurutma tekniği uygulanmış *Nannochloropsis oculata* ile beslediği rotiferde $5,19\pm 0,09$ (mg/g), taze *Nannochloropsis oculata* ile beslenen rotiferde $4,8\pm 0,01$ (mg/g) bulmuştur. Bu çalışmaya yakın değerler bulmuştur.

Bu çalışmada *Chlorella sp.* ile beslenen rotiferlerde esansiyel olmayan aminoasitler değerlendirildiğinde en yüksek düzey C6 (%11,19; 5,90 mg/g) grubundan bulunmuştur. Bae ve Hur (2011), farklı bölgelerden izole ederek kültür ettiği *Chlorella vulgaris* türleri ile beslediği rotiferde %30,14 bulmuşlardır.

Araştırmacıların bulguları ile bu çalışmanın sonuçları kıyaslandığında benzer veya farklı değerler görülmüştür. Bu tez çalışmasında *Nannochloropsis sp.* ve *Chlorella sp.*'nin aminoasit değerlerindeki farklılık bu mikroalgler ile beslenen rotiferin aminoasit değerlerine yansımıştır. Fakat bu yansıma konsantrasyon ile doğru orantılı değildir. Aragão vd. (2004), çalışmasında ifade ettiği gibi rotiferin aminoasit içeriği rotifer diyetlerinin besin içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Analiz sonuçlarında hiçbir grupta triptofana rastlanmamıştır. Bunun muhtemel sebebi Cuq ve Firedman (1989) ve Varlık

vd. (2004)'e göre aminoasit analiz metodunda ön yakma işleminde düşük pH ve yüksek ısıya dayanıksız olması olabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Larval yetiştiricilikte ilk hedef larvaya yetecek miktarda rotiferi sağlamaktır (Eryalçın, 2019). Bu çalışmada rotiferin popülasyon artışı bakımından *Nannochloropsis* sp. ile beslenmesi başarılı sonuç vermiştir. Sonuç olarak hem popülasyon büyümesi hem de biyokimyasal yapı değerlendirildiğinde en yüksek performansı veren grup N30:30x10⁶ hücre/ml yoğunlukla beslenen grup olmuştur.

Chlorella sp. su ürünleri yetiştiriciliğinde düşük maliyet ile yüksek verimli üretime imkan verebildiği için tercih edilmektedir. Ayrıca rotifer üretiminde kullanılan alternatif rotifer diyetleri arasında sektörel olarak rekataçi bir mikroalg türüdür (Tredici vd., 2009; Kaparapu, 2018). Hagiwara vd. (2001), çalışmasında *Chlorella* sp., *N. oculata* ile karşılaştırıldığında ikiye katlanma süresi daha kısa olduğunu ifade etmiştir. *N. oculata*'nın iki katına çıkma süresi 16 ila 20 saat iken, büyümesi için ışığa ihtiyacı vardır. Ancak *Chlorella* sp.'nin iki katına çıkma süresi yaklaşık 3 saate kadar düşmektedir. *Chlorella* sp. glukoz ve asetik asit gibi organik karbon kaynağı ile kültürlendiğinde ışıksız bir ortamda bile iki katına çıkma süresi değişmez. Bu açıdan değerlendirildiğinde ise *Nannochloropsis*'in yetersiz kaldığı veya temin edilememesi durumunda *Chlorella* sp. ile rotifer üretmek avantaj sağlayabilir.

Rotiferin besin içeriği bakımından değerlendirildiğinde besin değerleri içerisinde en fazla değişikliğe uğrayan bileşen yağlardır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde *Nannochloropsis* sp.'nin tercih edilme nedenlerinden biri EPA yönünden zengin yağ asitlerine sahip olmasıdır. Rotiferin yağ ve yağ asitlerini arttırmada *Nannochloropsis* sp.'nin kullanılması başarılı sonuç vermiştir. Bu açıdan bakıldığında rotifer kültüründe *Nannochloropsis* sp. kullanılması larvaya yağ asitlerini taşımada başarılı sonuçlar verebilir.

Tavsiye edilen kültür protokolü;

1. Kültür suyunun kültür edilecek larvanın çevresel isteklerine göre fiziksel koşulları sağlanmalıdır. Bu çalışmada literatürde bahsedilen rotifer kültürünün maksimize

edilmesi için tavsiye edilen fiziksel koşullar (% 25 tuzluluk, 25°C sıcaklık, 7,8-8,0 pH, 3-5 ppm çözülmüş oksijen) tercih edilmiştir.

2. Stok yoğunluğu 200 birey/ml olan rotifer kültürleri için *Nannochloropsis* sp. ile 30×10^6 hücre/ml yoğunlukta besleme ve her 24 saatte eksilen mikroalg miktarı kadar mikroalg ekleme yapılması,

3. Kültür devam edecekse 4. gün kültür suyunun tamamının yenilenmesi veya larva beslenecekse hasat edilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, A. L., Yasin, N. M., Derek, C. J. C., & Lim, J. K. (2014). Comparison of harvesting methods for microalgae *Chlorella* sp. and its potential use as a biodiesel feedstock. *Environmental technology*, 35(17), 2244-2253.
- Ahmad, A. T., Yamasam, S., & Hirata, H. (1991). Optimum Feeding Rate of the Rotifer *Brachionus plicatilis* on the Marine Alga *Nannochloropsis* sp. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22(4), 230-234.
- Alam, M. J., & Shah, M. M. R. (2004). Growth and reproductive performance of locally isolated brackish water rotifer (*Brachionus plicatilis*) feeding different micro algae.8(2), 127-133.
- AOAC, (2000a). AOAC Official Method 938.08 Ash of Seafood. Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Edition, Maryland.
- AOAC, (2000b). AOAC Official Method 940.25 Nitrogen (Total) in Seafood. First Action 1940, Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Edition, Maryland.
- AOAC, (2010). Official methods of analysis, 18th edn., revision 3 edition. AOAC, Washington, District of Colombia, USA
- Aragão, C., Conceição, L. E., Dinis, M. T., & Fyhn, H. J. (2004). Amino acid pools of rotifers and Artemia under different conditions: nutritional implications for fish larvae. *Aquaculture*, 234(1-4), 429-445.
- Arnold, C. R., & Holt, G. J. (1991). Various Methods for the Culture of the: Rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Texas In: W. Fulks and K. Main [Eds.], Rotifer and Microalgae Culture Systems. Proce Dings of a U: S. Asia, Honollulu*, 119-123.
- Bae, J. H., & Hur, S. B. (2011). Selection of suitable species of *Chlorella*, *Nannochloris*, and *Nannochloropsis* in high-and low-temperature seasons for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Fisheries and aquatic sciences*, 14(4), 323-332.
- Bakek, F. (2011). *Bazı ticari zenginleştirici ürünlerin rotifer (brachionus plicatilis, s tipi)'in yağ asidi kompozisyonları üzerine etkileri* (Doctoral dissertation, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Barnes, Robert D. (1982). *Invertebrate Zoology*. Philadelphia, PA: Holt-Saunders International. pp. 272–286.
- Barre, S. L., & Bates, S. S. (Eds.). (2018). *Blue biotechnology: production and use of marine molecules*. John Wiley & Sons. Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2018; pp. 217–241
- Begum, N., Siddiky, M. M., & Ahmmed, S. (2021). Comparison of growth performance of live feed microalgae and rotifer (*Brachionus* sp.) under different feeding

- medium in outdoor culture condition. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 5(2), 025-032.
- Beijerinck, M. W. (1890). Culturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen. *Algen. Bot. Ztg.*, 48, 725-772.
- Birkou, M., Bokas, D., & Aggelis, G. (2012). Improving fatty acid composition of lipids synthesized by *Brachionus plicatilis* in large scale experiments. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(11), 2047-2055.
- Borowitzka, M. A. (2013). High-value products from microalgae their development and commercialisation. *Journal of applied phycology*, 25(3), 743-756.
- BSGM. (2020). Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri İstatistikleri, Ankara, 2020.
- Cavalin, F. G., & Weirich, C. R. (2009). Larval performance of aquacultured Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) fed rotifers (*Brachionus plicatilis*) enriched with selected commercial diets. *Aquaculture*, 292(1-2), 67-73.
- Chandrasekhar, Y. S. (2013). *Fish Nutrition in Aquaculture*. Swastik Publications. New Delhi p. 1
- Chen, X. Q., & Long, L. J. (1991). Research and production of live feeds in China. Rotifer and Microalgae Culture Systems. *Proce Dings of a U: S. Asia, Honollulu*, 187-201.
- Conceição L. E., Yúfera M., Makridis P., Morais S., Dinis M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquac Res* 41:613–640
- Copeman, L. A., Parrish, C. C., Brown, J. A., & Harel, M. (2002). Effects of docosahexaenoic, eicosapentaenoic, and arachidonic acids on the early growth, survival, lipid composition and pigmentation of yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*): a live food enrichment experiment. *Aquaculture*, 210(1-4), 285-304.
- Coutinho, P., Ferreira, M., Freire, I., & Otero, A. (2020). Enriching rotifers with “Premium” microalgae: *Rhodomonas lens*. *Marine Biotechnology*, 22(1), 118-129.
- Cuq J. L., Firedman M. (1989). Effect of Heat on Tryptophan in Food: Chemistry, Toxicology and Nutritional Consequences. In Friedman, M. Ed., *Absorption and Utilization of Amino Acids*, Taylor and Francis, Boca Raton, 103–128.
- Demir, O., & Diken, G. (2011). Effects of commercial enrichment products on fatty acid components of rotifer, *Brachionus plicatilis*. *African Journal of Biotechnology*, 10(66), 15065-15071.
- Denekamp, N. Y., Thorne, M. A., Clark, M. S., Kube, M., Reinhardt, R., & Lubzens, E. (2009). Discovering genes associated with dormancy in the monogonont rotifer *Brachionus plicatilis*. *BMC genomics*, 10(1), 1-17.

- Dhert, P., (1996). Rotifers. In: Sorgeloos, P., Lavens, P. (Eds.), Manual on the production and use of live food for aquaculture. Fisheries technical paper no. 361. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 49–78.
- Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G., & Sorgeloos, P. (2001). Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture*, 200(1-2), 129-146.
- Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A., & Das, D. (2019). Microalgae nutritious, sustainable aqua-and animal feed source. *Journal of Functional Foods*, 62, 103545.
- Eryalçın, K. M. (2018a). Farklı Mikroalg ve Ticari Yemlerin Rotifer (*Brachionus plicatilis*, Müller 1786) Büyümesi, Protein ve Yağ Asidi Profiline Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(2), 220-228.
- Eryalçın, K. M. (2018b). Effects of Different Commercial Feeds and Enrichments on Biochemical Composition and Fatty Acid Profile of Rotifer (*Brachionus Plicatilis*, Muller 1786) and *Artemia Franciscana*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18. 81-90
- Eryalçın, K. M. (2019). Nutritional value and production performance of the rotifer *Brachionus plicatilis* Müller, 1786 cultured with different feeds at commercial scale. *Aquaculture International*, 27(3), 875-890.
- Estévez, A., & Giménez, G. (2017). Optimization of emulsion properties and enrichment conditions used in live prey enrichment. *Aquaculture Nutrition*, 23(6), 1264-1273.
- Estévez, A., Papandroulakis, N., Wille, M., & Sorgeloos, P. (2019). Early Life Stages and Weaning. In *Organic Aquaculture* (pp. 79-102). Springer, Cham.
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.
- Ferreira, M., Cortina-Burgueño, Á., Freire, I., & Otero, A. (2018). Effect of nutritional status and concentration of *Nannochloropsis gaditana* as enrichment diet for the marine rotifer *Brachionus* sp. *Aquaculture*, 491, 351-357.
- Ferreira, M., Coutinho, P., Seixas, P., Fábregas, J., & Otero, A. (2009). Enriching rotifers with “premium” microalgae. *Nannochloropsis gaditana*. *Marine Biotechnology*, 11(5), 585-595.
- Ferreira, M., Seixas, P., Coutinho, P., Fábregas, J., & Otero, A. (2011). Effect of the nutritional status of semi-continuous microalgal cultures on the productivity and biochemical composition of *Brachionus plicatilis*. *Marine biotechnology*, 13(6), 1074-1085.
- Folch J. L, Lees M., Stanley G. H. S., (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226:497-509.

- Freire, I., Cortina-Burgueno, A., Grille, P., Arizcun, M. A., Abellan, E., Segura, M., ... & Otero, A. (2016). *Nannochloropsis limnetica*: a freshwater microalga for marine aquaculture. *Aquaculture*, 459, 124-130.
- Fu, Y., Hirayama, K., & Natsukari, Y. (1991). Morphological differences between two types of the rotifer *Brachionus plicatilis* OF Müller. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 151(1), 29-41.
- Fukusho, K., & Iwamoto, H. (1981). Polymorphosis in size of rotifer, *Brachionus plicatilis*, cultured with various feeds. *Bulletin of National Research Institute of Aquaculture (Japan)*. (2),1-10
- Fukusho, K., (1983). Present status and problems in culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* for fry production of marine fishes in Japan. *Symposium International De Aquacultura*, Coquimbo, Chile, Sept., pp. 361–374.
- Fukusho, K., (1989). Biology and Mass Production of the Rotifer *Brachionus plicatilis* (1), *Int. J. Aq. Fish. Technology*, 1, 232-240.
- Fulks, W., & Main, K. L. (1991). *Rotifer and microalgae culture systems: proceedings of a US-Asia workshop, Honolulu, Hawaii, January 28-31, 1991*. Oceanic Institute.
- Grima E. M., Belarbi E. H., Fernández F. A, Medina A. R., Chisti Y. (2003). Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics. *Biotechnol Adv* 20(7-8):491–515
- Grubišić, M. R., Dulić, Z. P., Stanković, M. B., Živić, I. M., Bjelanović, K. Z., Spasić, M. M., & Marković, Z. Z. (2012). Importance of zooplankton as live feed for carp larvae. In *Proceedings of 6th Central European Congress on Food-CEFood Congress. Institute of Food Technology, Novi Sad (Serbia)*.
- Gün A., Kızak V., (2019). Dünyada ve Türkiye’de su ürünleri üretiminde istatistiki durum. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5(2), 25-36.
- Haas, S., Bauer, J. L., Adakli, A., Meyer, S., Lippemeier, S., Schwarz, K., & Schulz, C. (2016). Marine microalgae *Pavlova viridis* and *Nannochloropsis sp.* as n-3 PUFA source in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Journal of applied phycology*, 28(2), 1011-1021.
- Hagiwara, A., Gallardo, W. G., Assavaaree, M., Kotani, T., & De Araujo, A. B. (2001). Live food production in Japan: recent progress and future aspects. *Aquaculture*, 200(1-2), 111-127.
- Hagiwara, A., Lee, C. S., Miyamoto, G., & Hino, A. (1989). Resting egg formation and hatching of the S-type rotifer *Brachionus plicatilis* at varying salinities. *Marine Biology*, 103(3), 327-332.

- Hamre K, Srivastava A, Rønnestad I, Mangor Jensen A, Stoss J (2008). Several micronutrients in the rotifer *Brachionus sp.* may not fulfil the nutritional requirements of marine fish larvae. *Aquac Nutr* 14:51–60.
- Hamre, K., Yúfera. M., Rønnestad. I., Boglione. C., Conceição. L. E., Izquierdo. M. (2013). Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Rev Aquac* 5:26–58
- Han, P., Lu, Q., Fan, L., & Zhou, W. (2019). A review on the use of microalgae for sustainable aquaculture. *Applied Sciences*, 9(11), 2377.
- Harel, M., Koven, W., Lein, I., Bar, Y., Behrens, P., Stubblefield, J., ... & Place, A. R. (2002). Advanced DHA, EPA and ArA enrichment materials for marine aquaculture using single cell heterotrophs. *Aquaculture*, 213(1-4), 347-362.
- Hawkyard M., Stuart K., Langdon C., Drawbridge M. (2016). The enrichment of rotifers (*Brachionus plicatilis*) and *Artemia franciscana* with taurine liposomes and their subsequent effects on the larval development of California yellowtail (*Seriola lalandi*). *Aquac Nutr* 22:911–922
- Helland, S., Nejstgaard, J. C., Humlen, R., Fyhn, H. J., & Båmstedt, U. (2003a). Effects of season and maternal food on *Calanus finmarchicus* reproduction, with emphasis on free amino acids. *Marine Biology*, 142(6), 1141-1151.
- Helland, S., Terjesen, B. F., & Berg, L. (2003b). Free amino acid and protein content in the planktonic copepod *Temora longicornis* compared to *Artemia franciscana*. *Aquaculture*, 215(1-4), 213-228.
- Helland, S., Triantaphyllidis, G. V., Fyhn, H. J., Evjen, M. S., Lavens, P., & Sorgeloos, P. (2000). Modulation of the free amino acid pool and protein content in populations of the brine shrimp *Artemia* spp. *Marine Biology*, 137(5), 1005-1016.
- Hemaiswarya. S., Raja. R., Kumar. R. R., Ganesan. V., Anbazhagan. C. (2011). Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World J Microbiol Biotechnol* 27:1737–1746
- Heneash, A., Ashour, M., & Matar, M. (2015). Effect of Un-live Microalgal diet, *Nannochloropsis oculata* and *Arthrospira (Spirulina) platensis*, comparing to yeast on population of rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Mediterranean Aquaculture Journal*, 7(1), 48-54.
- Hibberd, D. J. (1981). Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (synonym Xanthophyceae). *Botanical journal of the linnean society*, 82(2), 93-119.
- Hindioğlu, A., & Serdar, S. (2001). The Effect of Different Dilution Rates on Rotifer (*Brachionus plicatilis* Müller, 1786) Culture. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 25(4), 483-487.
- Hirata, H., (1980). Culture methods of the marine rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Min. Rev. Data file Fish. Res. Kagoshima Univ.* 1, 27–46.

- Hirayama, K., K. Takagi, and H. Kimura. (1979). Nutritional effect of eight species of marine phytoplankton on population growth of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 45: 11-16
- Hirayama, K., Maruyama, I., & Maeda, T. (1989). Nutritional effect of freshwater *Chlorella* on growth of the rotifer *Brachionus plicatilis*. In *Rotifer Symposium V* (pp. 39-42). Springer, Dordrecht.
- Hoff, F. H., & Snell, T. W. (2001). Microalgae culture. *Plankton Culture Manual. 5th ed.* Florida Aqua Farms Inc., Dade City, 27-59.
- James, C. M., & Dias, P. (1984). Mass culture and production of the rotifer *Brachionus plicatilis* using Baker's yeast and marine yeast. *Ann Res Rep Kuw Inst Sci Res*, 49-51.
- James, C. M., Dias, P., & Salman, A. E. (1987). The use of marine yeast (*Candida* sp.) and bakers' yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in combination with *Chlorella* sp. for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 147(1), 263-268.
- James, C. M., Rezeq, T. A., (1988). Effects of different cell densities of a *Chlorella capsulata* and a marine *Chlorella* sp. for feeding the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 69: 43-56 pp.
- Jeeja, P. K., Imelda, J., & Paulraj, R. (2011). Nutritional composition of rotifer (*Brachionus plicatilis* Muller) cultured using selected natural diets. *Indian Journal of Fisheries*, 58(2), 59-65.
- Jusoh, M., Kasan, N. A., Hashim, F. S., Haris, N., Zakaria, M. F., Mohamed, N. N., ... & Takahashi, K. (2020). Isolation of freshwater and marine indigenous microalgae species from Terengganu water bodies for potential uses as live feeds in aquaculture industry. *International Aquatic Research*, 12(1), 74-83.
- Kandathil R. D., AkbarAli, I., Schmidt, B. V., John, E. M., Sivanpillai, S., & Thazhakot Vasunambesan, S. (2020). Improvement of nutritional quality of live feed for aquaculture: An overview. *Aquaculture Research*, 51(1), 1-17.
- Kandilian, R., Lee, E., & Pilon, L. (2013). Radiation and optical properties of *Nannochloropsis oculata* grown under different irradiances and spectra. *Bioresource Technology*, 137(1), 63–73.
- Kaparapu, J. (2018). Application of microalgae in aquaculture. *Phykos*, 48(1), 21-26.
- Kargın, H. (2001). Sürekli Alg Kültür Sisteminde *Brachionus plicatilis* (OF Müller, 1786)(Rotifera) Üretimi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1) 101-116.
- Kates, M. (1986). Lipid extraction procedures. *Techniques of lipidology: isolation, analysis and identification of lipids.*, 106-107.

- Kim, H. J., Nakamura, K., & Hagiwara, A. (2014). Dietary effect of selenium-fortified *Chlorella vulgaris* on reproduction of *Brachionus plicatilis* species complex (Rotifera: Monogononta). *International Review of Hydrobiology*, 99(1-2), 161-165.
- Kobayashi, T., Nagase, T., Hino, A., & Takeuchi, T. (2008). Effect of combination feeding of *Nannochloropsis* and freshwater *Chlorella* on the fatty acid composition of rotifer *Brachionus plicatilis* in a continuous culture. *Fisheries science*, 74(3), 649-656.
- Kolmakova, A. A., & Kolmakov, V. I. (2019). Amino acid composition of green microalgae and diatoms, cyanobacteria, and zooplankton. *Inland Water Biology*, 12(4), 452-461.
- Kongkeo, H. (1991). An Overview of Live feeds Production Systems Desing in Thailand. *Fulks, W., Main, K. Rotifer and Microalgae Culture Systems. Proce Dings of a U: S. Asia, Honollulu*, 175-186.
- Korstad, J., Olsen, Y., & Vadstein, O. (1989). Life history characteristics of *Brachionus plicatilis* (Rotifera) fed different algae. *Hydrobiologia*, 186(1), 43-50.
- Koste, W., & Shiel, R. J. (1980). Preliminary remarks on the characteristics of the rotifer fauna of Australia (Notogaea). *Hydrobiologia*, 73(1), 221-227.
- Kotani, T., Genka, T., Fushimi, H., Hayashi, M., Dierckens, K., Sorgeloos, P., (2009). Effect of cultivation methods on nutritional enrichment of euryhaline rotifer *Brachionus plicatilis*. *Fish. Sci.* 75, 975–984.
- Kotani, T., Genka, T., Tanabe, M., Miyashima, A., Fushimi, H., & Hayashi, M. (2010). Effect of nutritional enrichment method on fatty acid contents of rotifer *Brachionus plicatilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(6), 884-892.
- Kotrbaček, V., Doubek, J., & Doucha, J. (2015). The chlorococcalean alga *Chlorella* in animal nutrition: a review. *Journal of Applied Phycology*, 27(6), 2173-2180.
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture* (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO).
- Lee C. S, Tamaru C. S. (1993). Live larval food production at Oceanic Institute, Hawaii. In: McPey JP, editor. *CRC handbook of mariculture: Crustacean aquaculture*. 2nd Edition. I. Boca Raton, FL: CRC Press; 1993. pp. 15–28.
- Leu, S., & Boussiba, S. (2014). Advances in the production of high-value products by microalgae. *Industrial Biotechnology*, 10(3), 169-183.
- Li P., Mai K., Trushenski J., Wu G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids* 37(1):43–53

- Li, J., Fan, Z., Qu, M., Qiao, X., Sun, J., Bai, D., & Cheng, Z. (2015). Applications of microalgae as feed additives in aquaculture. In 2015 *International symposium on energy science and chemical engineering* (pp. 352-356). Atlantis Press.
- Liu, J., & Chen, F. (2014). Biology and industrial applications of *Chlorella*: advances and prospects. *Microalgae biotechnology*, 1-35.
- Lubzens E., Zmora O., Barr Y. (2001). Biotechnology and aquaculture of rotifers. *Hydrobiologia* 446/447:337–353.
- Lubzens, E. (1987). Raising rotifers for use in aquaculture. *Hydro-biologia* 147: 245–255.
- Lubzens, E., Gibson, O., Zmora, O., & Sukenik, A. (1995). Potential advantages of frozen algae (*Nannochloropsis sp.*) for rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture. *Aquaculture*, 133(3-4), 295-309.
- Lubzens, E., Marko, A., Tietz, A., (1985). De novo synthesis of fatty acids in the rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 47, 27–37.
- Lucía-Pavón, E., Sarma, S.S.S. and Nandini, S. (2001). Effect of different densities of live and dead *Chlorella vulgaris* on the population growth of rotifers *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera). *Rev. Biol. Trop.* 49: 3-4.
- Maruyama, I., Nakao, T., Shigeno, I., Ando, Y., & Hirayama, K. (1997). Application of unicellular algae *Chlorella vulgaris* for the mass-culture of marine rotifer *Brachionus*. In *Live Food in Aquaculture* (pp. 133-138). Springer, Dordrecht.
- Matsui, H., Shiozaki, K., Okumura, Y., Ishikawa, M., Waqalevu, V., Hayasaka, O. & Kotani, T. (2020). Effects of phosphorous deficiency of a microalga *Nannochloropsis oculata* on its fatty acid profiles and intracellular structure and the effectiveness in rotifer nutrition. *Algal research*, 49, 101905.
- Matsunari, H., Hashimoto, H., Oda, K., Masuda, Y., Imaizumi, H., Teruya, K., ... & Mushiake, K. (2012). Effect of different algae used for enrichment of rotifers on growth, survival, and swim bladder inflation of larval amberjack *Seriola dumerili*. *Aquaculture International*, 20(5), 981-992.
- Mejias, C., Riquelme, C., Sayes, C., Plaza, J., & Silva-Aciaras, F. (2018). Production of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller 1786) in closed outdoor systems fed with the microalgae *Nannochloropsis gaditana* and supplemented with probiotic bacteria *Pseudoalteromonas sp.*(SLP1). *Aquaculture International*, 26(3), 869-884.
- Memişoğlu, M. (2019). L-karnitin ile kombine edilen bazı ticari zenginleştirici ürünlerin rotifer (*Brachionus plicatilis*)'in yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi. Yüksek Lisans, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Isparta.
- Nagata, W.D. & Hirata, H., (1986). Mariculture in Japan: past, present, and future perspectives. *Mini Rev. Data File Fish. Res.* 4, 1–38.

- Nilsson, A. K., Jiménez, C., & Wulff, A. (2020). Nutraceutical Fatty Acid Production in Marine Microalgae and Cyanobacteria. *Nutraceutical Fatty Acids from Oleaginous Microalgae: A Human Health Perspective*, 23-76.
- Nogrady, T. (1993). Rotifera, vol. 1: biology, ecology and systematics. *Guide to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. SPB Academic Publishers bv, The Hague, 142 pp.
- Norsker N. H., Barbosa M. J., Vermuë M. H., Wijffels R. H. (2011). Microalgal production a close look at the economics. *Biotechnol Adv* 29:24–27
- Ohse S, Derner RB, Ozório RÁ, Corrêa RG, Furlong EB, Cunha PCR. (2015). Lipid content and fatty acid profiles in ten species of microalgae. *Idesia*. 33(1): 93-101.
- Olsen, Y., Rainuzzo, J. R., Reitan, K. I., & Vadstein, O. (2020). Manipulation of lipids and ω 3 fatty acids in *Brachionus plicatilis*. In *Fish Farming Technology* (pp. 101-108). CRC Press.
- Osorio, M., Romero, S., Guabloche, A., Alvariño-Flores, L., Ayala-Sulca, Y., Carrasco-Badajoz, C., ... & Iannacone, J. A. (2022). Use of *Brachionus Plicatilis* (Rotífera) to assess the quality of marine water in the Callao Bay, Peru. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 22(2), 103-116.
- Øverland, M., Mydland, L. T., & Skrede, A. (2019). Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 13-24.
- Önal, U., Çelik, I., & Ergün, S. (2010). The performance of a small-scale, high-density, continuous system for culturing the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 34(2), 187-195.
- Özbaş, B., Göksan, T., & İlknur, A. K. (2006). *Brachionus plicatilis* (Rotifer)'in Farklı Besin Ortamlarında Büyümesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(2), 279-282.
- Özçiçek, E., Can, E., Yılmaz, K. & Seyhaneyıldız Can, Ş. (2017). Usage of microalgae as a sustainable food source in aquaculture. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 347-354. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.15
- Özdoğan, H. B. E. (2015). Algamac 3050 ve Olio ω -3'e L-karnitin ilavesinin rotifer (*Brachionus plicatilis*)'in yağ asidi içeriğine etkisi. Yüksek Lisans. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.
- Özdoğan, H. B. E., & Savas, S. (2021). The effects of L-carnitine levels on population growth of rotifer *Brachionus plicatilis* fed with *Chlorella vulgaris*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(6), 1684-1690.
- Pan, L., Xi, Y. L., Cao, H. Y., Peng, B. & Wang, J. X. (2014). Combined effects of temperature and prey (*Brachionus angularis*) density on life-table demography and population growth of *Asplanchna brightwelli* (Rotifera). In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 50(4), 261- 268. EDP Sciences.

- Patil V., Källqvist T., Olsen E., Vogt G., Gislerød H. R. (2007). Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed. *Aquac Int* 15:1–9
- Peltomaa, E., Johnson, M. D., & Taipale, S. J. (2018). Marine cryptophytes are great sources of EPA and DHA. *Marine drugs*, 16(1), 3.
- Pérez-Legaspi, I. A., Guzmán-Fermán, B. M., Moha-León, J. D., Ortega-Clemente, L. A., & Valadez-Rocha, V. (2018). Effects of the biochemical composition of three microalgae on the life history of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Alvarado strain): an assessment. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 54, p. 20). EDP Sciences.
- Pérez-Legaspi, I. A., Valadez-Rocha, V., Ortega-Clemente, L. A., & Jiménez-García, M. I. (2020). Microalgal pigment induction and transfer in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1323-1343.
- Pourriot, R., & T. W. Snell. (1983). Resting eggs of rotifers. *Hydrobiologia* 104: 213-224.
- Pous Rodríguez, N., Hidalgo Muñoz, M., Serra Putellas, T., Colomer, J., Colprim Galceran, J., & Salvadó Martín, V. (2020). Assessment of zooplankton-based eco-sustainable wastewater treatment at laboratory scale. © *Chemosphere*, 2020, vol. 238, art. núm. 124683.
- Rahman, A. R., Cob, Z. C., Jamari, Z., Mohamed, A. M., Toda, T., & Ross, O. H. (2018). The effects of microalgae as live food for *Brachionus plicatilis* (rotifer) in intensive culture system. *Tropical life sciences research*, 29(1), 127.
- Rainuzzo J. R, Reitan K. I, Olsen Y. (1997) The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture* 155:103–115.
- Ramlee, A., Chembaruthy, M., Gunaseelan, H., Yatim, S. R. M., Taufek, H., & Rasdi, N. W. (2021). Enhancement of nutritional value on zooplankton by alteration of algal media composition: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 869, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- Rasdi, N. W., Ikhwannuddin, M., Azani, N., Ramlee, A., Yuslan, A., Suhaimi, H., ... & Arshad, A. (2020). The effect of different feeds on the growth, survival and reproduction of rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Journal of Environmental Biology*, 41, 1275-1280.
- Reitan KI, Rainuzzo JR, Øie G, Olsen Y (1997) A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. *Aquaculture* 155:207–221. Conceição LE, Yúfera M, Makridis P, Morais S, Dinis MT (2010) Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquac Res* 41:613–640.
- Şahin, T. (2015). The effect of some trace elements on fatty acid composition and population growth rate of *Brachionus plicatilis*. Doktora Tezi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.

- Sales, R., Derner, R. B., & Tsuzuki, M. Y. (2019). Effects of different harvesting and processing methods on *Nannochloropsis oculata* concentrates and their application on rotifer *Brachionus* sp. cultures. *Journal of Applied Phycology*, 31(6), 3607-3615.
- Samanamud, A. C. P., Gaspar, W., Inga, G., Flores, L., Sanchez, P., Hernandez Acevedo, H., ... & Olivera Galvez, A. (2022). Variables that intervene in the weight of rotifer biomass and fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(3), 741-753.
- Samat, N. A., Yusoff, F. M., Rasdi, N. W., & Karim, M. (2020). Enhancement of live food nutritional status with essential nutrients for improving aquatic animal health: A review. *Animals*, 10(12), 2457.
- Sarma, S.S.S. and Rao, T.R. (1991). The combined effects of food and temperature on the life history parameters of *Brachionus patulus* Müller (Rotifera). *Int. Rev. Hydrobiol.* 76: 225-239.
- Sarma, S.S.S., Fernández-Araiza, M.A. and Nandini, S. (1999). Competition between *Brachionus calyciflorus* Pallas and *Brachionus patulus* (Müller) (Rotifera) in relation to algal food concentration and initial population density. *Aquat. Ecol.* 33: 339-345.
- Savaş, S., & Güçlü Z., (2004). Farklı besin ve tuzluluk koşullarının L tipi rotifer (*Brachionus plicatilis* OF Müller, 1856) kültürüne etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2(2), 78-87.
- Savaş, S., & Güçlü, Z. (2006). Filtration and ingestion rates of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed five species of microalgae at different cell densities.
- Sayın, S., Işık, O., & Polat, S. (2000). The Feeding of *Brachionus plicatilis* (Rotifera) with Different Microalgae Species, *Isochrysis galbana* Parke, *Tetraselmis chuii* (Bucker), *Rhinomonas reticulata* (Lucas) Novamizo, *Pavlova lutheri* (Droop) Green and *Chlorella vulgaris* Beijerinck. *Turkish Journal of Biology*, 24(5), 87-96.
- Schwarz, M. H., Craig, S. R., Delbos, B. C., & McLean, E. (2008). Efficacy of concentrated algal paste during greenwater phase of cobia larviculture. *Journal of Applied Aquaculture*, 20(4), 285-294.
- Snell, T. W. & Hoff F. H., (1988). Recent advances in rotifer culture. *Aquaculture Mag.* 14: 41-55.
- Snell, T. W. (1986). Effect of temperature, salinity and food level on sexual and asexual reproduction in *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Marine Biology*, 92(2), 157-162.
- Snell, T. W., & Hoff, F. H. (1987). Fertilization and male fertility in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 147(1), 329-334.
- Snell, T.W. (1991). Improving the design of mass culture systems for the rotifer, *Brachionus plicatilis*. In: Fulks, W., Main, K.L. Eds., *Rotifer and Microalgae*

- Culture Systems. Proceeding of US–Asia Workshop, Honolulu, Hawaii, Jan. 28–31, pp. 61–71.
- Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E., Isambert A. (2006). Commercial applications of microalgae. *J Biosci Bioeng* 101:87–96
- Suantika, G., Dhert, P., Nurhudah, M., Sorgeloos, P., (2000). High-density production of the rotifer *Brachionus plicatilis* in a recirculation system: consideration of water quality, zootechnical and nutritional aspects. *Aquacult. Eng.* 21, 201–214.
- Sun, Y., Wang, Y., Lei, J., Qian, C., Zhu, X., Akbar, S., ... & Yang, Z. (2018). Temperature-dependent elimination efficiency on *Phaeocystis globosa* by different initial population sizes of rotifer *Brachionus plicatilis*. *Chemosphere*, 203, 474-481.
- Tendencia E. A., Bosma R. H., Verdegem M. C., Verreth J. A. (2015). The potential effect of greenwater technology on water quality in the pond culture of *Penaeus monodon Fabricius*. *Aquac Res* 46:1–13
- Teshima, S. I., Kanazawa, A., & Yamashita, M. (1986). Dietary value of several proteins and supplemental amino acids for larvae of the prawn *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 51(3-4), 225-235.
- Theilacker, G. H., & McMaster, M. F. (1971). Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. *Marine biology*, 10(2), 183-188.
- Theodorou, J.A., (2017). Total lipids content and fatty acids composition of the rotifer *B. plicatilis* using artificial enrichments. *J. Hel. Vet. Med. Soc.* 68, 181–192.
- Thépot, V., Mangott, A., & Pirozzi, I. (2016). Rotifers enriched with a mixed algal diet promote survival, growth and development of barramundi larvae, *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture Reports*, 3, 147-158.
- Tınkır, M., (2017). Farklı fitoplankton türleri (*Nannochloropsis Oculata* ve *Chlorella Sp.*) ile beslenen rotiferin (*Brachionus plicatilis*) farklı tuzluluk oranlarında büyüme ve biyokimyasal yapısının karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Sinop.
- Tibaldi E., Zittelli G. C., Parisi G., Bruno M., Giorgi G., Tulli F., Venturini S., Tredici M. R., Poli B. M. (2015). Growth performance and quality traits of European sea bass (*D. labrax*) fed diets including increasing levels of freeze-dried *Isochrysis* sp.(T-ISO) biomass as a source of protein and n-3 long chain PUFA in partial substitution of fish derivatives. *Aquaculture* 440:60–68
- Tredici, M.R, N. Biondi, E. Ponis. (2009). Advances in Microalgal Culture for Aquaculture Feed and Other Uses. In: Burnell, G.; Allan, G. (eds.): *New Technologies in Aquaculture: Improving Production Efficiency, Quality and Environmental Management*. Cambridge, pp. 611–676
- URL-1, <http://www.marinespecies.org/> (Erişim tarihi:09.02.2022)

URL-2, <https://www.fao.org/3/w3732e/w3732e0e.htm> (Erişim tarihi:09.02.2022)

- Varghese, M. & Krishnan, L. (2010). Reproductive potential of the rotifer, *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff in relation to salinity, feed type and feed concentration. *Indian Journal of Fisheries*, 57(1), 31-37.
- Varlık C., Erkan N., Özden Ö., Mol S., Baygar T. (2004). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No 4465 Su Ürünleri Fak. No 7, İstanbul.
- Viayeh, M. R., Mohammadi, H., & Shafiei, A. B. (2010). Population growth of six Iranian *Brachionus rotifer* strains in response to salinity and food type. *International Review of Hydrobiology*, 95(6), 461-470.
- Vidhya, K., Uthayakumar, V., Muthukumar, S., Munirasu, S., & Ramasubramanian, V. (2014). The effects of mixed algal diets on population growth, egg productivity and nutritional profiles in. *The J. B. and Appl. Zoo.* 67 58-65
- Walz, N., Hintze, T., Rusche, R., (1997). Algae and rotifer turbidostat: studies on stability of live feed cultures. *Hydrobiologia* 358, 127–132.
- Waqalevu, V., Matsui, H., Honda, A., Dossou, S., Yamamoto, A., Shiozaki, K., & Kotani, T. (2019). Enrichment effect on two *Brachionus plicatilis* sp. complex morphotypes fed three nutritional enrichment diets. *Aquaculture Science*, 67(2), 139-155.
- Yin, X. W., Min, W. W., Lin, H. J., & Chen, W. (2013). Population dynamics, protein content, and lipid composition of *Brachionus plicatilis* fed artificial macroalgal detritus and *Nannochloropsis* sp. diets. *Aquaculture*, 380, 62-69.
- Yoshimatsu T., Hossain M. A. (2014). Recent advances in the high-density rotifer culture in Japan. *Aquac Int* 22: 1587–1603.