

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MUNZUR  
ÜNİVERSİTESİ  
2008

AKUAPONİK VE KAPALI DEVRE SİSTEMLERDE JAPON BALIĞI (*Carassius auratus*) GELİŞİMİNİN VE SU KALİTESİ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Serdar KAPALIGÖZ

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

DANIŞMAN  
Doç. Dr. Volkan KIZAK  
TUNCELİ – 2017

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKUAPONİK VE KAPALI DEVRE SİSTEMLERDE JAPON BALIĞI (*Carassius auratus*) GELİŞİMİNİN VE SU KALİTESİ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Serdar KAPALIGÖZ  
(11876621)

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

DANIŞMAN  
Doç. Dr. Volkan KIZAK

TUNCELİ – 2017

**T.C.**  
**MUNZUR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKUAPONİK VE KAPALI DEVRE SİSTEMLERDE JAPON BALIĞI (*Carassius auratus*) GELİŞİMİNİN VE SU KALİTESİ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**Serdar KAPALIGÖZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 19/ 07/ 2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

**İmza:.....**

**İmza:.....**

**İmza:.....**

Doç. Dr. Volkan KIZAK  
(Munzur Üniversitesi)

Doç. Dr. Erkan CAN  
(Munzur Üniversitesi)

Doç. Dr. Feray SÖNMEZ  
(Fırat Üniversitesi)

**DANIŞMAN**

**ÜYE**

**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Numan YILDIRIM  
Enstitü Müdürü  
İmza ve Mühür

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

**Proje No: YLTUB 016-04**

**NOT:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Akuaponik sistemler uygulanabilir alternatif bir tarım yöntemi olarak son zamanlarda oldukça yaygınlaşmıştır. Birçok ülkede ve son yıllarda Türkiye’de bu sistem gelişen teknolojinin yardımıyla modern bir şekilde uygulanmaktadır. Bu sistemin kazandığı popülerlik ve uygulanabilirlik ışığında, bu tez çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmada, Japon balığının (*Carassius auratus*) gelişimi akuaponik (APS) ve kapalı devre (sump filtre) (SFS) sistemlerde karşılaştırmalı olarak ele alınmış ve bu iki farklı filtre sisteminin su parametrelerine olan etkileri araştırılmıştır. APS’de roka (*Eruca vesicaria*) bitkisi kullanılmış, bu bitki mikroyeşillik olarak üretilmiştir. Bitkinin su kalitesine etkisi SFS ile kıyaslanarak sistemlerin filtrasyon verimlilikleri incelenmiştir. Canlı ağırlığı ortalama  $1,76 \pm 0,03$  gr olan Japon balıkları altı adet akvaryuma, her birine on beşer adet olacak şekilde stoklanmıştır. Roka tohumları üç gün suda bekletilip filizlendirilmiştir. Daha sonra her bir Akuaponik yatağına yaklaşık 200 adet tohum olacak şekilde serpmeye yöntemi ile tohumlar ekilmiştir. 60 gün süren çalışmada belirli periyotlarla  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4$ , bazı anyon ve katyon değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonunda Japon balıkları APS’de ortalama  $3,11 \pm 0,100$  gr, SFS’de ise  $3,07 \pm 0,103$  gr canlı ağırlığa gelmiştir. Spesifik büyüme oranları ve yem dönüşüm oranları, APS ve SFS’de sırasıyla  $0,94 \pm 0,024$  -  $0,93 \pm 0,014$  ve  $2,04 \pm 0,062$  -  $2,01 \pm 0,056$  olarak hesaplanmıştır. Her iki grupta yaşama oranları %100 olarak kaydedilmiştir. Çalışma süresince hem APS’de hem de SFS’nde su kalitesi bakımından Japon balığının sağlığını ya da refahını olumsuz yönde etkileyebilecek kötü su koşulları yaşanmamıştır. Başlangıçta pH değerleri 8,5 düzeyinde iken deney sonuna doğru her iki sistemde de pH değeri düşme eğilimi göstermiştir. Bulgular nitrifikasyon işleminin hem APS’de hem de SFS’nde başarıyla gerçekleştiğini göstermektedir. Bununla birlikte, SFS’nde nitrifikasyon işleminin APS’e göre nispeten daha iyi çalıştığı görülmüştür. Çalışmada  $\text{NH}_4$  değerleri 30. günde APS’de  $0,0054 \text{ NH}_4 \text{ mg/l}$ , SFS’de  $0,0019 \text{ NH}_4 \text{ mg/l}$  olarak tespit edilmiştir. Deneme sonunda 60. günde ise APS’de  $0,0033 \text{ NH}_4 \text{ mg/l}$ , SFS’de  $0,0022 \text{ NH}_4 \text{ mg/l}$  olarak kaydedilmiştir.  $\text{NH}_4$  değerlerinde APS’de önemli oranda azalma,  $\text{NO}_3\text{-N}$  değerlerinde ise 30. günden itibaren sürekli bir artışın olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre roka filizlerinin yüksek pH ortamında  $\text{NO}_3\text{-N}$ ’u yerine daha çok  $\text{NH}_4$ ’u kullandığı tespit edilmiştir. Rokalar mikroyeşillik boyutu olan 3,78 cm boya 20 günde gelmişlerdir. Takip eden günlerde yüksek pH nedeniyle roka filizlerinin gelişim hızında yavaşlama gözlemlenmiştir. Genel olarak bakıldığında, tez çalışmasına konu olan Japon balığı - roka APS’nin su kalitesini optimal koşullarda tutma konusunda SFS ile benzer olduğu, Japon balığının gelişimi ve yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı ve roka bitkisinin mikroyeşillik olarak üretiminin mümkün olduğu görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Akuaponik, Sump Filtre, Japon Balığı, Roka Bitkisi, Mikroyeşillik, Büyüme, Su Parametreleri.

## ABSTRACT

### Investigation of Goldfish Growth and Water Quality Changes in Aquaponic and Recirculating Systems

Aquaponics has recently been most prevalent as a viable form of alternative agriculture. In many countries and lately in Turkey these systems have been used in a modern way with the help of developing technology. The present study has been carried out in the light of the popularity and practicability of this system. In this study, the growth of goldfish (*Carassius auratus*) was studied comparatively in aquaponic (APS) and sump filter systems (SFS) and the effects of these two different filter systems on water parameters were investigated. Arugula (*Eruca vesicaria*) was used in APS and produced as microgreens. The effect of the plant on water quality was compared with SFS and the productivity of filtration systems was examined. Goldfish with a mean live weight of  $1,76\pm 0,03$  gr were stocked in six aquariums each with fifteen goldfish. Arugula seeds were germinated by being kept in water for three days. These seeds were then planted by sprinkling over aquaponic beds each with about two hundred seeds. In the experiment that lasted sixty days,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4$ , and some anion and cation values were measured at specific periods. At the end of the experiment, mean live weights of goldfish reached  $3,11\pm 0,100$  gr in APS, and their live weights reached  $3,07\pm 0,103$  gr in SFS. Their specific growth rates and food conversion ratio in APS and SFS were calculated to be  $0,94\pm 0,024$  -  $0,93\pm 0,014$  and  $2,04\pm 0,062$  -  $2,01\pm 0,056$  respectively. The survival rates in both groups were recorded 100%. During the experiment, nothing bad or negative that could affect the health and welfare of goldfish experienced in terms of water quality in both APS and SFS. The pH value tended to decrease in both systems towards the end of the experiment while the pH values at the beginning were at the level of 8,5. The findings showed that the nitrification process had been successfully carried out in APS and SFS. Also, it was revealed that the performance of SFS in nitrification process was relatively better than APS. In the study, the  $\text{NH}_4$  values was set  $0,0054$   $\text{NH}_4$  mg/lit in APS and  $0,0019$   $\text{NH}_4$  mg/lit in SFS on the 30th day. At the end of the experiment, on the 60th day, it was recorded  $0,0033$   $\text{NH}_4$  mg/lit in APS,  $0,0022$   $\text{NH}_4$  mg/lit in SFS. There was a significant decrease, in  $\text{NH}_4$  values in APS, however in  $\text{NO}_3\text{-N}$  values there was a steady increase since the 30th day of the study. According to these results, arugula sprouts used mostly  $\text{NH}_4$  instead of  $\text{NO}_3\text{-N}$  in high pH medium. The microgreens length of arugula reached 3,78 cm in 20 days. A slowdown growth rates of arugula sprouts was observed due to the high pH in the following days. In general, it is clear in the research that goldfish and arugula which are the subject of the thesis, are similar to SFS in keeping water quality in optimal conditions in APS and there is no negative effect on the growth and survival rate of the goldfish. It is also clear in the present study that it is possible to grow arugula as microgreens.

**Key Words:** Aquaponic, Sump Filter, Goldfish, Arugula, Microgreen, Growth, Water Quality.

## **TEŞEKKÜRLER**

Bu araştırmanın gerçekleşmesinde emeği ve desteği olan pek çok kişi vardır. Öncelikle çalışmamın her aşamasında sonsuz sabır ve hoşgörü göstererek akademik ve manevi yönden desteğini esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemi asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Volkan KIZAK'a yürekten teşekkür ederim. Çalışmam boyunca yaptığı çevirilerle çalışmama katkı sağlayan, bu süreçte bana moral ve destek veren Fulya ESLEK'e teşekkürü bir borç bilirim. Ve sevgili ailem... Hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan, bana olan inançları ve güvenleri ile varlıklarından daima güç aldığım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Serdar KAPALIGÖZ**

**TUNCELİ-2017**

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

<b>ÖZET</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>TEŞEKKÜRLER</b> .....	<b>IV</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>V</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>RESİMLER LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>X</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Japon Balığı (Carassius auratus) .....	2
1.1.1. Japon Balığı (Carassius auratus) ile İlgili Büyütme Çalışmaları .....	3
1.2. Roka Bitkisi (Eruca vesicaria) ve Mikroyeşillik (Microgreens) .....	4
1.3. Akuakültür ve Çevre.....	5
1.4. Kapalı Devre Sistem ve Sump Filtre.....	6
1.5. Akuaponik Sistemler .....	6
1.5.1. Akuaponik ile İlgili Yapılmış Bazı Araştırmalar .....	9
<b>2. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>11</b>
2.1. Materyal.....	11
2.1.1. Deneme Suyu .....	11
2.1.2. Balık .....	11
2.1.3. Bitki.....	12
2.1.4. Balık Yemi.....	12
2.1.5. Akuaponik Sistem (APS) .....	13
2.1.6. Sump Filtre (SFS).....	15
2.1.7. APS ve SFS'lerin Devreye Alınması.....	17
2.2. Metot .....	18
2.2.1. Bitki Ekimi .....	18
2.2.2. Balıkların Adaptasyonu ve Beslenmesi.....	18
2.2.3. Balıklarda Canlı Ağırlık Ölçümleri ve Büyüme Parametreleri .....	19
2.2.3.1. Spesifik Büyüme Oranı (SBO).....	20
2.2.3.2. Yem Dönüşüm Oranı (YDO).....	20
2.2.4. Roka Bitkisi Morfometrik Ölçümleri.....	20
2.2.5. Su Analizleri .....	20
2.2.5.1. Su Sıcaklığı, pH, Çözünmüş Oksijen İçeriği.....	21
2.2.5.2. Amonyak Azotu, Nitrit Azotu, Nitrat Azotu ve Fosfat Ölçümleri.....	22
2.2.6. İstatistik Analizler .....	23
<b>3. BULGULAR</b> .....	<b>24</b>
3.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler.....	24
3.1.1. Su Sıcaklığı (°C), pH, Çözünmüş Oksijen (mg/l) .....	24
3.1.2. NH <sub>3</sub> -N (mg/l).....	28

3.1.3. NO <sub>2</sub> -N (mg/lt).....	28
3.1.4. NO <sub>3</sub> -N (mg/lt).....	29
3.1.5. NH <sub>3</sub> -N / NO <sub>2</sub> -N / NO <sub>3</sub> -N Grafikleri.....	29
3.1.6. PO <sub>4</sub> (mg/lt).....	30
3.1.7. Anyon ve Katyon Değerleri.....	30
3.1.8. Roka Bitkisi Büyüme Verileri .....	31
3.1.9. Japon Balığı Büyüme Parametreleri .....	32
<b>4. TARTIŞMA.....</b>	<b>34</b>
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>39</b>
<b>6. ÖNERİLER.....</b>	<b>40</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>42</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>46</b>

## SEKİLLER LİSTESİ

## Sayfa No

Şekil 1.1. Akuaponik sistem türleri (Wongkiew ve ark., 2017). .....	8
Şekil 2.1. Bell sifon (orjinal).....	14
Şekil 2.2. Akuaponik sistem dizayn şeması (Orijinal) .....	15
Şekil 2.3. Sump filtre dizayn şeması (Orijinal).....	17
Şekil 3.1. APS’de NH <sub>3</sub> -N / NO <sub>2</sub> -N / NO <sub>3</sub> -N nitrifikasyon süreci .....	29
Şekil 3.2. SFS’de NH <sub>3</sub> -N / NO <sub>2</sub> -N / NO <sub>3</sub> -N nitrifikasyon süreci.....	30

## TABLULAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Nitrifiye bakterileri için su kalitesi tolerans aralıkları(Sommerville ve ark., 2014).....	7
Tablo 1.2. Balıklar, hidroponik bitkiler ve nitrifiye bakteriler için genel tolerans değerleri (Sommerville ve ark., 2014).....	7
Tablo 2.1. Ortam suyuna ait bazı anyon ve katyon değerleri (Ort. $\pm$ s.h.)(n=9) .....	11
Tablo 2.2. Çalışmada kullanılan ticari yemin besin madde içerikleri (%) .....	13
Tablo 3.1. Zamana bağlı olarak APS ve SFS gruplarının ortalama su sıcaklığı değerleri ...	25
Tablo 3.2. Zamana bağlı olarak APS ve SFS gruplarının ortalama pH değerleri.....	26
Tablo 3.3. Zamana bağlı olarak APS ve SFS gruplarının ortalama çözünmüş oksijen (ÇO) (mg/l) değerleri.....	27
Tablo 3.4. Zamana bağlı olarak APS ve SFS'de ortalama NH <sub>3</sub> -N değerleri (mg/l), ( $\pm$ s.h) .....	28
Tablo 3.5. Zamana bağlı olarak APS ve SFS'de ortalama NO <sub>2</sub> -N değerleri (mg/l), ( $\pm$ s.h.) .....	28
Tablo 3.6. Zamana bağlı olarak APS ve SFS'de ortalama NO <sub>3</sub> -N değerleri (mg/l), ( $\pm$ s.h) .....	29
Tablo 3.7. Zamana bağlı olarak APS ve SFS sistemlerinde ortalama PO <sub>4</sub> değerleri (mg/l), (ort $\pm$ s.h.) .....	30
Tablo 3.8. Zamana bağlı olarak APS ve SFS'de ortalama anyon ve katyon değerleri (mg/l) (Ort. $\pm$ s.h.) .....	31
Tablo 3.9. Roka bitkisinin 20 günlük periyotlarla ortalama yaprak ve filiz boyu gelişim değerleri (cm) (Ort. $\pm$ s.h.) .....	32
Tablo 3.10. Günlere göre grupların ortalama canlı ağırlıkları (ort. $\pm$ s.h.).....	33
Tablo 3.11. Çalışmaya ait balık sayısı, deneme süresi ve büyüme parametreleri verileri....	33

## **RESİMLER LİSTESİ**

## **Sayfa No**

Resim 2.1. Japon balıkları (Carassius auratus) .....	12
Resim 2.2. Roka (Eruca vesicaria) tohumları .....	12
Resim 2.4. Akuaponik sistemler (orjinal).....	13
Resim 2.5. Su pompası ve Hava motoru .....	14
Resim 2.6. Sump filtreler ve entegre akvaryumlar (Orijinal) .....	16
Resim 2.7. Sump filtrede filtrasyon malzemeleri.....	16
Resim 2.8. Denemelerin kurulum aşaması (Orijinal).....	17
Resim 2.9. Denemelerin bitmiş hali (Orijinal).....	18
Resim 2.10. Ekimi yapılmış akuaponik deneme grupları (Orijinal) .....	18
Resim 2.11. Otomatik yemleme makinesi.....	19
Resim 2.12. Hassas elektronik terazi .....	19
Resim 2.13. Su örnekleri (Orijinal).....	21
Resim 2.14. Portatif multi parametre ölçer .....	21
Resim 2.15. Taşınabilir kolorimetre ve ICS-1000 iyon kromatografi cihazı .....	22
Resim 3.1. Hasat boyuna erişmiş mikroyeşillik rokalar.....	31
Resim 3.2. Morfolojik bozukluğa uğrayan roka fideleri.....	32

## **KISALTMALAR**

- APS** : Akuaponik Sistem  
**SFS** : Sump Filtre Sistemi  
**C.A.** : Canlı Ağırlık  
**Ort.** : Ortalama  
**s.h.** : Standart Hata

## 1. GİRİŞ

21. yüzyılda dünya nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak yüksek oranda enerjiye, gıdaya ve suya olan talep de günden güne artmaktadır. Kaynakların aşırı şekilde tüketime sunulması da çevresel koşulların kötüleşmesine, su ve enerji kaynaklarının tükenmesine, toprağın ve havanın bozulmasına, akabinde gıda kıtlığına yol açabilmektedir. Bu zorluklar daha az su ve enerji kullanımı ile sürdürülebilir gıda üretimlerini daha da önemli hale getirmektedir. Sürdürülebilir gıda üretimine en iyi örneklerden biri olan ve en hızlı gelişen gıda sektörü olan su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür), dünyada tüketime sunulan su ürünlerinin yaklaşık %50'sini karşılamaktadır (FAO, 2014).

Ucuz ve kaliteli protein kaynağı olan su ürünlerine talep her geçen yıl artmaktadır. Talebi karşılamaya yönelik su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün de sürekli büyüme eğiliminde olması çevre ve çevrecilik hassasiyetleri üzerinde bir baskıya neden olmaktadır. Son yıllarda özellikle karasal alanda yapılan yetiştiricilik çalışmaları, metabolik ürünlerin doğaya salınmasıyla ilgili mevzuatların ve kamuoyunun çevreci bakışlarının baskısı altındadır. Bununla birlikte son 20 yılda gelişen teknolojinin etkisiyle balık başına çıkan atık miktarı da önemli derecede azaltılabilmektedir (Sindilariu, 2007). Bunda yem teknolojisinin ve yemleme stratejisinin geliştirilmesi kadar yeni teknolojik üretim sistemlerinin de büyük katkısı olmuştur. Bu sistemlerin en başında kapalı devre sistemleri gelmektedir. Kapalı devre sistemler, yüksek stok yoğunluğuna nispetle çok az su kullanılarak, bu suyun atık maddelerden arındırılarak tekrar kullanılmasıdır (Rakocy ve ark, 2006). Bu şekilde balıkların metabolik ürünlerinden ve yem artıklarından meydana gelen atık ürünler doğaya salınmadan sistem içerisinde arındırılmaktadır. Geleneksel akuakültür sistemlerinin yüksek miktarda su kullanması ve doğal ortama yüksek oranda nutrient bırakması, çevresel ortamı olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle kapalı devre sistemler bu sorunların çözümünde bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Kapalı devre sistemler geleneksel su ürünleri yetiştiriciliğine kıyasla %90-99 oranında daha az su kullanarak doğal ortama daha az nutrient salınımına neden olmaktadır (Timmons ve ark., 2010; Verdegem, 2013). Yine de, kapalı devre sistemler su kullanımını azaltsa da, belli bir miktar taze su girişinin sisteme yapılması gerekmektedir. Bunun yanında, azot gibi

istenmeyen nutrientlerin sistemde aşırı birikimi söz konusudur. Son yıllarda kapalı devre sistemlere entegre biçimde farklı ürünler üretmek üzere yeni üretim sistemleri geliştirilmektedir. Akuaponik sistemler buna bir örnektir. Bu aşamada akuaponik sistemler, kapalı devre sistemlerin çevre üzerinde sebep olduğu olumsuz etkileri asgari düzeye indiren bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistem kısaca, yoğun balık kültürü ile topraksız tarımın bütünleşik halidir (Suhl ve ark., 2016). Atık ürünlerin bir yan ürün gibi kullanılarak ekonomik öneme sahip bitkisel ikinci ürünün üretilmesi sağlanıyorsa, bu entegre sistem akuaponik sistem olarak adlandırılmaktadır (Rakocy ve ark, 2006; Yıldız ve ark., 2017). Akuaponik çalışmalarda, balık ve bitki üretimi azami düzeye çıkarılmaya çalışılırken, su değişimi ve atık birikimi asgari seviyede tutularak çevresel hassasiyetler de göz önünde bulundurulur. Balık ve bitki türü seçimi, balık bitki oranı, stoklama yoğunluğu, su döngüsü, debisi ve süresi gibi optimum şartların sağlanması, sistemin oluşturulması ve işletilmesi açısından hayati önemdedir (Shete ve ark.,2013).

Bu tez çalışmasında, Japon balığının (*Carassius auratus*) gelişimi akuaponik sistem (APS) ve kapalı devre (sump filtre) (SFS) sistemlerde karşılaştırılmalı olarak ele alınırken, bu 2 farklı filtre sisteminin su parametrelerine olan etkileri de incelenmiştir. APS’de roka (*Eruca vesicaria*) bitkisi kullanılarak mikroyeşillik olarak üretimi ve su kalitesine etkisi SFS ile kıyas edilerek verimlilikleri incelenmiştir.

### **1.1. Japon Balığı (*Carassius auratus*)**

Yüksek ticari ve estetik değerleri nedeniyle akvaryum balıkları günümüz dünya ticaretinde önemli bir meta halini almıştır. Akvaryum süs balıkları içerisinde Japon balıkları, *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) hala en popüler türlerden biridir (Shete ve ark., 2013). Cyprinidae familyası içerisinde yer alan japon balıkları, Çin kökenli olup vücut rengi orijinlerinin gümüş gri yada gri-yeşil renklerde olduğu belirtilmektedir. Altın parlaklığında renklere sahip olduklarından İngilizce adı “Goldfish” olarak geçmektedir. Türkiye’de ise Japon balığı olarak adlandırılmaktadır (Ural ve Özdemir, 2002).

### 1.1.1. Japon Balığı (*Carassius auratus*) ile İlgili Büyütme Çalışmaları

Jahedi ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada, farklı stoklama yoğunluklarının japon balığının gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. 90 günlük büyütme periyodu sonunda stoklama yoğunluğunun en ideal 0.25 balık/lt olacağını belirlemişlerdir.

Kiriratnikom ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada, japon balığı yemlerinde kurutulmuş spirulina kullanımında optimum düzeyi belirlemeyi amaçlamışlardır. Büyüme performansı bakımından en yüksek sonucu %3 kurutulmuş spirulina katkılı yemden sağlarken, pigmentasyon açısından en iyi sonucu %3-5 kurutulmuş spirulina katkılı yemden elde etmişlerdir.

Mohanta ve Subramanian (2002), yaptıkları çalışmada ise ortalama canlı ağırlığı 4,61 gr olan japon balıklarını vücut ağırlıklarının %10'u oranında 30 gün boyunca 4 farklı protein kaynağı içerikli yemlerle beslemişlerdir. Bu yemlerin büyümeye olan etkisini 2 farklı ticari yem, artemia pul yem ve tubifeks kurtları ile kıyas etmişlerdir. Yem dönüşüm oranı ve spesifik büyüme oranı bakımından önemli bir fark bulmamışlardır. Japon balıkları için %40 ham protein içeriğine sahip yemlerin yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Habib ve ark. (2014), yemleme sıklığının *Carassius auratus* yavru balıklarında büyüme performansına ve yaşama oranına olan etkisini incelemişlerdir. 0,17 gr canlı ağırlığa sahip yavru balıkları 15 yavru balık/hapa stok yoğunluğunda 35 gün boyunca büyütmüşlerdir. 3 farklı yemleme sıklığını uygulamışlar ve ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yaşama oranı bakımından en iyi sonucun sık yemleme (günde 3 defa) ile elde edildiğini bildirmişlerdir.

Rema ve Gouveia (2005), *Carassius auratus* larvalarının gelişimi ve yaşama oranı üzerine stok yoğunluğunun etkisini araştırmışlardır. 0,9 mg canlı ağırlığa sahip larvalar 5 lt'lik tanklara en az 200 ve en fazla 400 adet olacak şekilde stoklanmışlardır. 21 gün süren çalışmada otomatik yemlikler kullanılmıştır. Çalışma sonunda büyüme ve yaşama oranı bakımından Japon balığı larvaları arasında 40-80 larva/lt aralığındaki stok yoğunluğunun önemli bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Raseduzzaman ve ark. (2014), 3 günlük *Carassius auratus* larvalarında farklı yemlerin etkisini 60 günlük çalışmada incelemişlerdir. Ortalama canlı ağırlığı 0,005 gr olan

Japon balığı larvalarına 3 farklı yem vermişlerdir. Çalışma sonunda en iyi büyüme ve yaşama oranlarına kıyılmış tubifeks kurtlarıyla beslenen larvalarda ulaşıldığı bildirilmiştir.

Imanpoor ve ark. (2011), canlı ağırlığı 4,15 gr olan *Carassius auratus* balıklarında büyüme ve yaşama oranı üzerine ışık ve müziğin etkisini 60 gün boyunca incelemişlerdir. Beyaz ışıkta Japon balıklarının kırmızı ışığa kıyasla daha geliştiğini, ancak müziğin herhangi bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, Japon balıklarının müzik sesini diğer çevresel sesli stres kaynaklarından ayırabildiklerini iddia etmişlerdir.

Hafeez-ur-Rehman ve ark. (2015), canlı ağırlığı 20 gr olan Japon balıklarını 50 lt'lik cam akvaryumlara stoklamış ve deneme gruplarına 4 farklı yemleme sıklığı uygulamıştır. Vücut ağırlıklarının %2'si oranında yem verilmiş ve denem 8 hafta sürmüştür. Ağırlık artışı yönünden günde 2 defa yemlemenin, yem değerlendirme açısından da günde 1 defa yemlemenin iyi sonuç verdiği bildirilmiştir.

## **1.2. Roka Bitkisi (*Eruca vesicaria*) ve Mikroyeşillik (Microgreens)**

Brassicaceae familyasından olan Roka (*Eruca vesicaria*)'nın yaprakları salata olarak yenen acımsı tatta bir bitkidir. Birinci yıl yaprakları için sofralık olarak üretilir. Düşük sıcaklıklarda kışı geçirdikten sonra ilkbaharda generatif döneme geçer ve tohum oluşturur. Bütün yıl boyunca yetiştiriciliği yapılabilmektedir(URL-1, 2011). Roka özellikle Akdeniz ülkelerinde çok üretilmektedir. Hindistan ve Çin'de yağ bitkisi olarak üretilmektedir. Tohumlarından elde edilen yağlar insan gıdası olarak, ayrıca ilaç sanayisinde ve farklı şekillerde de kullanılabilir. (URL-4, 2009)

Mikroyeşillikler fide olarak hasat edilen taze ve yenilebilir bitkilerdir. Bu bitkiler gerçek yaprak aşamasına kadar büyürler. Salatalarda, sandviçlerde ve garnitürlerde kullanılmak üzere çiğ olarak satılırlar. Mikroyeşillik üretimi sera veya yüksek tünel gibi korunaklı bir ortam gerektirir ve çok yoğun bir emek gerektirir. Çok sayıda sebze ve ziraat mahsulleri mikroyeşillik üretimi için kullanılabilir. Roka, reyhan, pancar, brokoli, karabuğday, lahana, havuç, kereviz, frenk soğanı, pazı, limon otu, hardal, maydanoz, dere otu, ıspanak ve nane bunlardan bazılarıdır. Mahsul seçimi genellikle fidenin rengine, yapısına, lezzetine ve pazar talebine dayanmaktadır. Bu bitkiler hidroponik olarak da yetiştirilebilmektedir. Çimlenmeden hasat zamanına kadar olan süre ekinin türüne göre

değişebilir. Birçok fide 7 ila 14 gün arasında hasata hazır hale gelir. Mikroyeşillikler ilk gerçek yaprak verdikleri aşamada hasat edilirler. Filizler yaklaşık 3,5-5 cm boylarında olur. Yalnızca yapraklı saplar hasat edilir kökler, bırakılır. Topraksız ortamda yetiştirilen bitkiler makas yardımı ile toprak hizasının hemen üstünden kesilir (Kaiser ve Ernst, 2012).

### 1.3. Akuakültür ve Çevre

Su ürünleri yetiştiriciliğinde karşılaşılan en büyük sorunlardan bir tanesi atık maddelerden ötürü su kalitesinin bozulmasıdır. Balıklar çevresel ortama amonyak gibi azotlu atıklar bırakırlar. Amonyak, oksijenden sonra balık büyümesine etki eden ikinci sınırlayıcı faktördür. Amonyakın en büyük kaynağı yemdir, çünkü balıklar yemdeki nutrientlerin ancak %20-30'unu absorbe eder, geri kalanı da çevresel ortama amonyak ve organik protein formunda atılır. Atılan azotun %80'inde amonyak (%90) ve üre (%10) vardır. Total amonyak azotunu (TAN) oluşturan amonyak (NH<sub>3</sub>: iyonize olmayan amonyak) ve amonyum (NH<sub>4</sub>: iyonize amonyak) dengesi, sıcaklık ve pH artımı ile değişerek daha toksik bir element olan amonyağa doğru bir eğilim gösterir. Yetiştiricilik ortamında tolere edilebilir amonyak düzeyi genel olarak 0,025 mg N/lit olarak ifade edilmektedir. İyi bir su kalitesinin sağlanabilmesi için sistemdeki suyun %5-10 civarında taze su ile değiştirilmesi gerekmektedir. Amonyak içeren suların arıtılmadan doğaya bırakılması ötrofikasyona ve diğer çevresel sorunlara yol açmaktadır. Özellikle suyun kısıtlı olduğu bölgelerde akuaponik sistemler azotlu atık suların arıtımında önemli bir alternatif üretim sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Akuaponik sistemde amonyak nitrifikasyon bakterileri (*Nitrosomonas* sp. ve *Nitrobacter* sp.) sayesinde amonyum ve nitrate dönüştürülür, daha sonra amonyum ve nitrat bitkiler tarafından nutrient olarak absorbe edilir. Bitkiler amonyumu absorbe ederek bir biyofiltrasyon görevi görürken, nitrifikasyon bakterileri ise oksidasyon yoluyla amonyak konsantrasyonunu azaltır ve amonyağı nitrate dönüştürür. Bu sistem vasıtasıyla, su ve sudaki besin maddeleri en azami düzeyde tekrar kullanılır, çevre dostu bir üretim gerçekleştirilir ve aynı anda iki ürün birden elde edilebilir (Hargreaves, 1998; Hargreaves ve Tucker, 2004; Ebeling ve ark., 2006; Rakocy ve ark., 2006; Diver, 2006; Tyson ve ark., 2011; Wahyuningsih ve ark., 2015)

#### **1.4. Kapalı Devre Sistem ve Sump Filtre**

Kapalı devre sistemler akuakültür dünyasında yaklaşık 50 yıldan beri kullanılmakta olup özellikle son 20 yıldır ciddi bir biçimde sektörde ve hobiciler arasında rağbet görmektedir. Bu sistemlerin bu denli rağbet görmesinde birkaç neden vardır, bunlar; alan ve su gereksiniminin olabildiğince düşük tutulması, yıl boyunca optimum koşullarda çevresel şartların kontrol altında tutulması ve hedef pazarlara yakın konumlanmasıdır. Kapalı devre sistemler mekanik açıdan sofistike, biyolojik olarak komplekstir. Bu sistemin yönetimi uzmanlık ve tecrübe gerektirir. Stok yoğunluğu oldukça fazla tutulur. Ekonomik açıdan etkili olması için balıklar yoğun stokla ( $60 \text{ kg/m}^3$  ve üstü) yetiştirilir. En basitinden yaklaşık 80 lt'lik bir ev akvaryumu minyatür bir kapalı devre sistemdir ve aşağı yukarı 5 kg civarında balık barındırabilir yapıdadır (Masser ve ark., 1992). Bir çeşit kapalı devre sistem olan akvaryumlarda birçok farklı yapıda filtrasyon teknikleri ve sistemleri kullanılmaktadır. Bunlardan biri olan Sump Filtre sistemi, genel olarak akvaryumun yada balık tankının haricinde alt kısımda konumlandırılan ve içinde birçok filtre malzemesini (sünger, elyaf, aktif kömür, zeolit, seramik, bioball vb.) belirli bir düzen içerisinde barındıran bir filtrasyon ekipmanıdır. Sump filtre sistemleri mekanik ve biyolojik olarak suyun filtre edilmesini sağlar. Nitrifikasyon sürecinin etkin bir biçimde gerçekleşmesinde zemin oluşturur.

#### **1.5. Akuaponik Sistemler**

Akuaponik sistemler, kapalı devre akuakültür ile topraksız tarımın birleştirilmiş halidir (Shete ve ark., 2013; Sommerville ve ark., 2014). Bu sistem içerisinde nitrifiye bakterileri balık atıkları olan amonyağı ( $\text{NH}_3$ ) bitki gıdası olan nitrata ( $\text{NO}_3$ ) dönüştürür. Topraktaki nitrifikasyon prosesi aynı şekilde akuaponik sistem içerisinde gerçekleşir. Bakterilerin sağlıklı bir şekilde görev yapabilmeleri su sıcaklığına, pH'a, çözünmüş oksijen içeriğine ve gelişebilmeleri için uygun yüzey alanına bağlıdır (Tablo 1.1). (Sommerville ve ark., 2014).

**Tablo 1.1.** Nitrifiye bakterileri için su kalitesi tolerans aralıkları(Sommerville ve ark., 2014).

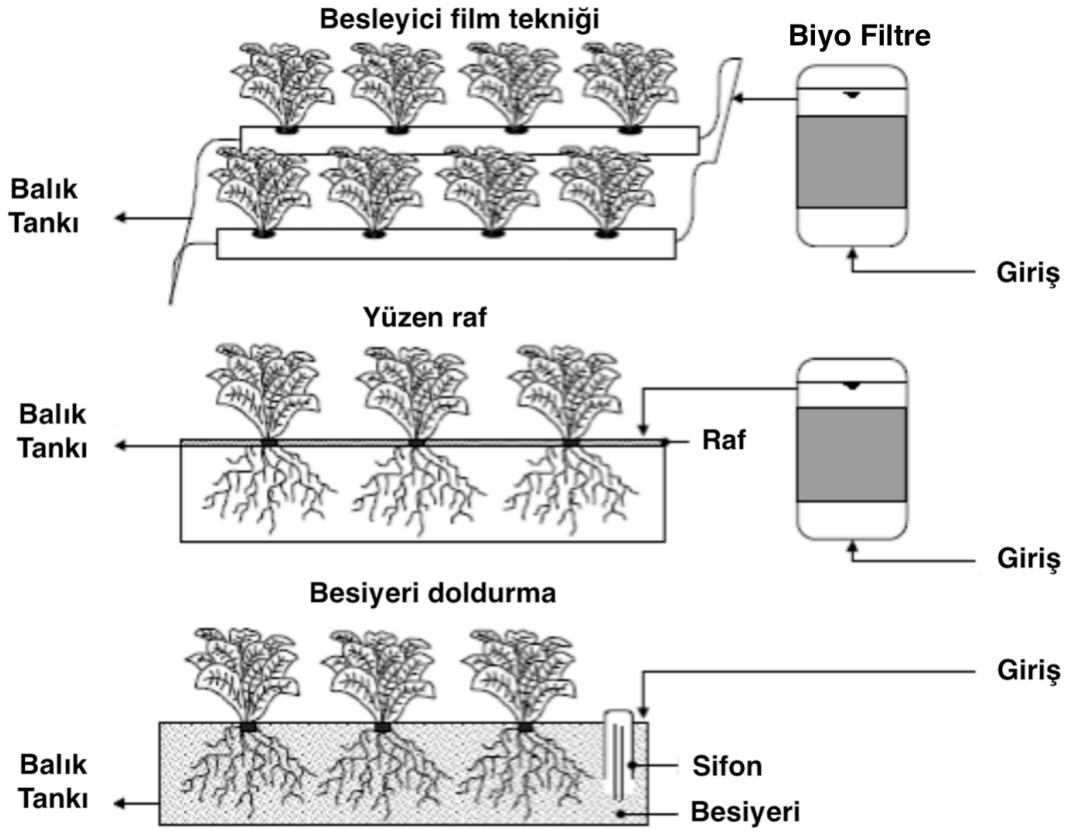
	<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Amonyak (mg/l)</b>	<b>Nitrit (mg/l)</b>	<b>Nitrat (mg/l)</b>	<b>Çözünmüş oksijen (mg/l)</b>
<b>Tolerans Aralığı</b>	17-34	6-8,5	< 3	< 3	< 400	4-8

Su kalitesinin takibi sistemin dengede tutulabilmesi açısından önemlidir. Yüksek NH<sub>3</sub> veya NO<sub>2</sub> yetersiz biyofiltrasyonu, düşük NO<sub>3</sub> çok fazla bitkinin olduğunu veya yeterli sayıda balık olmadığını gösterir. Artan NO<sub>3</sub> arzu edilen bir durumdur ve bitkiler için yeterli nutrientin varlığına işaret eder. Lakin NO<sub>3</sub> seviyesinin 150 mg/l'tyi aşmaması gerekir ki bu durumda su değişimi yapılır. Akuaponik sistemde balıklar, bitkiler ve nitrifiye bakterileri için genel su kalitesi değerleri Tablo 1.2'de verildiği gibidir (Sommerville ve ark., 2014).

**Tablo 1.2.** Balıklar, hidroponik bitkiler ve nitrifiye bakteriler için genel tolerans değerleri (Sommerville ve ark., 2014).

<b>Organizma</b>	<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Amonyak (mg/l)</b>	<b>Nitrit (mg/l)</b>	<b>Nitrat (mg/l)</b>	<b>Çözünmüş oksijen (mg/l)</b>
<b>Ilık su balıkları</b>	22-32	6-8,5	< 3	<1	< 400	4-6
<b>Soğuk su balıkları</b>	10-18	6-8,5	< 1	< 0,1	< 400	6-8
<b>Bitkiler</b>	16-30	5,5-7,5	< 30	< 1		> 3
<b>Bakteriler</b>	14-34	6-8,5	< 3	< 1	-	4-8

Bir akuaponik sistem genel olarak bir balık tankı (akuakültür), bir biyofiltre (nitrifikasyon için) ve bir büyüme yatağından (hidroponik) oluşmaktadır. 3 tip akuaponik sistem kullanılmaktadır; NFT (Besleyici film tekniği, yüzen raf ve besiyeri doldurma (Şekil 1.1)).



Şekil 1.1. Akuaponik sistem türleri (Wongkiew ve ark., 2017).

NFT sistemleri bitki kökleri için yüksek oksijen sağlar, ancak bu sistem sadece küçük bitkiler için uygundur. Çünkü büyük köklerin sistemi tıkanma riski vardır. Bu nedenle NFT’de katı atıkların uzaklaştırılması, su akışının devamı açısından önemlidir. Yüzen raf sistemi en çok uygulanan akuaponik sistem olup bu sistemde kökler su içerisinde serbest bir şekilde nutrientleri absorbe eder ve herhangi bir tıkanmaya da yol açmaz. NFT ve yüzen raf sistemlerinde çöktürme tankına ve nitrifikasyon için biyofiltreye ihtiyaç vardır. Media-filled ise en basit akuaponik sistem olup büyüme yatağındaki materyaller (süngertaşı, kil toprakları, zeolit, kuvars kum vs.) nedeniyle ayrı bir biyofiltrasyona gerek yoktur. Bu sistemde, oksijeni sağlamak amacıyla bitki kökleri ve hava arasında bağlantıyı kurmada suyu doldurmak ve boşaltmak için bir sifon kullanılır. Ancak sifonun uzun süreli kullanımında sistemde tıkanma ve oksijen yetersizliği gibi olumsuzluklar da görülebilmektedir (Engle 2015; Wongkiew ve ark., 2017).

### 1.5.1. Akuaponik ile İlgili Yapılmış Bazı Araştırmalar

Lastiri ve ark. (2016) yaptığı matematiksel modellemeye dayalı bir araştırmada, 40 m<sup>3</sup> balık tankları ve 1000m<sup>2</sup>'lik bir hidroponik sistem ile yıllık 5 ton tilapia ve 75 ton domates üretilmektedir. Sistemin su döngüsü, ışıklandırma ve ısıtma gibi enerji giderleri için yıllık enerji ihtiyacı 1,3 GJ/m<sup>2</sup> olarak öngörülmüş. Balıklar, bitkiler için gerekli azotun %26'sını karşılayabilmekte, bitkilerde balık ortamındaki NO<sub>3</sub> seviyesini %35 oranında düşürebilmektedir.

Shete ve ark. (2013), Japon balığı ve ıspanak akuaponik sisteminde su devir daimi periyodunun optimizasyonu çalışmasında 4 farklı grupta sırasıyla günlük 4, 8, 12 ve 24 saatlik su sirkülasyonu denemesi yapmışlardır. En yüksek balık ve bitki gelişimini 12 ve 24 saatlik su döngülerinde elde ettiklerini kaydetmişlerdir. Balıklarda ortalama canlı ağırlık en yüksek 24 saatlik su döngüsünde çıkmıştır. Bütün gruplarda yaşama oranı %100 olarak gerçekleşmiştir. Spesifik büyüme oranı en iyi 24 saatlik grupta kaydedilmesine karşın 12 saatlik grupla karşılaştırıldığında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirtilmiştir. Büyüme parametreleri ve su kalitesi göz önünde bulundurulduğunda, Japon balığı akuaponik sisteminde ekonomik etkinliği sağlama bakımından su döngüsünün optimum olarak günlük 12 saat yapılmasının yeterli olabileceği bildirilmiştir.

Wahyuningsih ve ark. (2015) yaptıkları akuaponik çalışmasında ise akuakültür kaynaklı azot atığı miktarını azaltmayı hedeflemişlerdir. Tilapia, marul ve bakteri entegrasyonunun inorganik azotu en etkin bir biçimde azaltabileceğini ortaya koymuşlardır.

Ödün (2016), koi sazanı (*Cyprinus carpio*) ve hıyar (*Cucumis sativus*) ile yaptığı akuaponik yetiştiriciliği hidroponik sistemle karşılaştırmıştır. Ortalama canlı ağırlığı 11,3 gr olan koi balıklarına ad libitum yemleme yapmış, hidroponik sistemde ise hıyar fideleri günde 2 defa besin solüsyonu vermiştir. Çalışma sonunda kontrol ve akuaponik grubundaki koi balıklarında büyüme oranları, yem değerlendirme ve yaşama oranları bakımından bir fark bulunmadığını belirtmiş, hıyarda en düşük hasat ağırlığına akuaponik sistemde ulaştığını bildirmiştir.

Gökvardar (2013), tatlı suya adapte edilen levrek (*Dicentrarchus labrax*) ile marul (*Lactuca sativa*) bitkisinin Media-filled yatak sistemi şeklinde akuaponik sistemde

yetiştiriciliğini araştırmıştır. Ortalama canlı ağırlığı 27.9 gr olan levrekler 100 gün sonunda 44 gr canlı ağırlığa ulaşmıştır. Marul bitkisinde vegetatif devreden generatif devreye geçiş gözlenmiştir. Levrek türünün akuaponik sistemler için uygun bir tür olduğu bildirilmiştir.

Eltz ve Taşkavak (2016), besleyici film tekniği şeklinde dizayn ettikleri kapalı devre akuaponik araştırmasında Ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella Valenciennes*) ve marul-salata (*Lactuca sativa*) yetiştiriciliğini araştırmışlardır. İki farklı yemleme oranından %3 oranında yemlemenin uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Deneme Suyu

Tez çalışması, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde Mayıs-Haziran 2016 döneminde yapılmıştır. Çalışma alanı güneş ışığından kısmen izole kapalı bir mekanda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dinlendirilmiş şebeke suyu kullanılmıştır. Ortam suyuna ait bazı anyon ve katyon değerleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

**Tablo 2.1.** Ortam suyuna ait bazı anyon ve katyon değerleri (Ort.  $\pm$  s.h.)(n=9)

ANYONLAR		KATYONLAR	
Florür(ppm)	0,083 $\pm$ 0,001	Lityum (ppm)	0,0002 $\pm$ 0,000
Klorür(ppm)	1,004 $\pm$ 0,000	Sodyum (ppm)	0,664 $\pm$ 0,000
Nitrit (ppm)	0,024 $\pm$ 0,000	Amonyum (ppm)	0,002 $\pm$ 0,000
Bromit (ppm)	0,004 $\pm$ 0,000	Potasyum (ppm)	0,398 $\pm$ 0,000
Nitrat (ppm)	2,362 $\pm$ 0,001	Magnezyum (ppm)	10,878 $\pm$ 0,000
Fosfat (ppm)	0,307 $\pm$ 0,000	Kalsiyum (ppm)	52,827 $\pm$ 0,000
Sülfat (ppm)	7,431 $\pm$ 0,000		

#### 2.1.2. Balık

Japon balıkları (*Carassius auratus*) (Resim 2.1) Elazığ İli'nde bulunan bir akvaryumcudan temin edilmiştir. Ortalama canlı ağırlığı 1,76 $\pm$ 0,03 gr olan Japon balıkları her bir akvaryuma 15'er adet olacak şekilde toplam 6 adet akvaryuma stoklanmıştır.



**Resim 2.1.** Japon balıkları (*Carassius auratus*)

### 2.1.3. Bitki

Denemede kullanılan Roka (*Eruca vesicaria*) tohumları organik olup hiç bir şekilde koruyucu kimyasal içermemektedir (Resim 2.2). Bu tohumlar 3 gün suda bekletilip filizlendirildikten sonra her bir saksıya (Akuaponik yatağı) yaklaşık 200 tohum olacak şekilde serpmeye yöntemi ile tohumların ekimi yapılmıştır.



**Resim 2.2.** Roka (*Eruca vesicaria*) tohumları

### 2.1.4. Balık Yemi

Balıkların beslenmesi için Japon balığı yemi (Sera Pond Granulat) kullanılmıştır. Deneme yeminin besin madde içeriği Tablo2.2’de verilmiştir. Yemin içeriği buğday unu, balık unu, mısır nişastası, bira mayası, balık yağı, ısırgan, alfalfa bitkileri, kabuklu midye unu, deniz yosunu, kırmızı biber, ıspanak, maydanoz, spirulina, havuç, ve sarımsak gibi

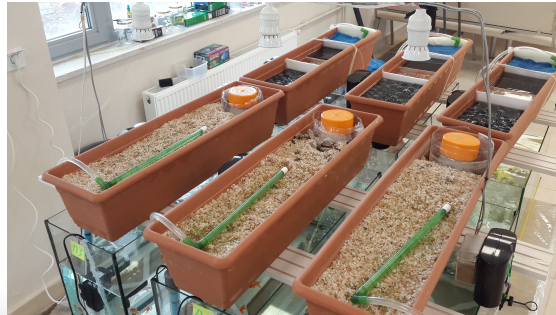
gıda ve sebzelerden meydana gelmektedir. Ayrıca yemin içeriğinde Vit. A 8.000 IU/kg, Vit. D<sub>3</sub> 1.000 IU/kg, Vit. D<sub>3</sub> 1.000 IU/kg, Vit. E (D alpha tocopheryl acetate) 1000 mg/kg, Vit. B<sub>1</sub> 10 mg/kg, Vit. B<sub>2</sub> 10 mg/kg, stab. Vit. C (L-ascorbyl monophosphate) 100 mg/kg vitamin ve provitaminler bulunmaktadır.

**Tablo 2.2.** Çalışmada kullanılan ticari yemin besin madde içerikleri (%)

BESİN MADDE İÇERİĞİ	ORAN (%)
Ham protein	32,10
Ham yağ	5,00
Ham lif	1,90
Ham kül	6,80
Nem	5,10

### 2.1.5. Akuaponik Sistem (APS)

APS'ler 3 tekerrürlü olacak şekilde hazırlanmıştır. Cam akvaryumların ebatları 64 cm uzunluk x 25 cm en x35 cm yükseklik şeklindedir (Resim 2.4.) Su derinliği 25 cm ve su hacmi yaklaşık 56 lt olarak ayarlanmıştır. Bitki kısmı için 70 cm x 15 cm x 15 cm ölçülerinde yaklaşık hacmi 15,7 lt olan balkon tipi plastik saksılar kullanılmıştır.



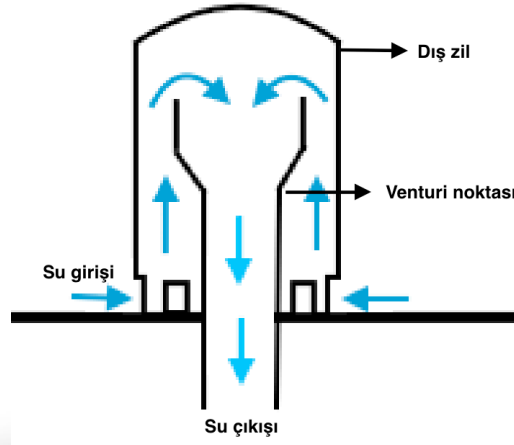
**Resim 2.4.** Akuaponik sistemler (orjinal)

Her bir akvaryum içerisine 15 adet japon balığı, 22-24°C sıcaklığa ayarlanmış 200 watt gücünde bir su ısıtıcısı, su pompası (Sunsun HJ752 İç Filtre 600 L/h 10 watt), havalandırma için bir hava motoru (Atman HP 5000: 5 Watt, dört çıkışlı) ve bir adet hava taşı yerleştirilmiştir (Resim 2.5).



Resim 2.5. Su pompası ve Hava motoru

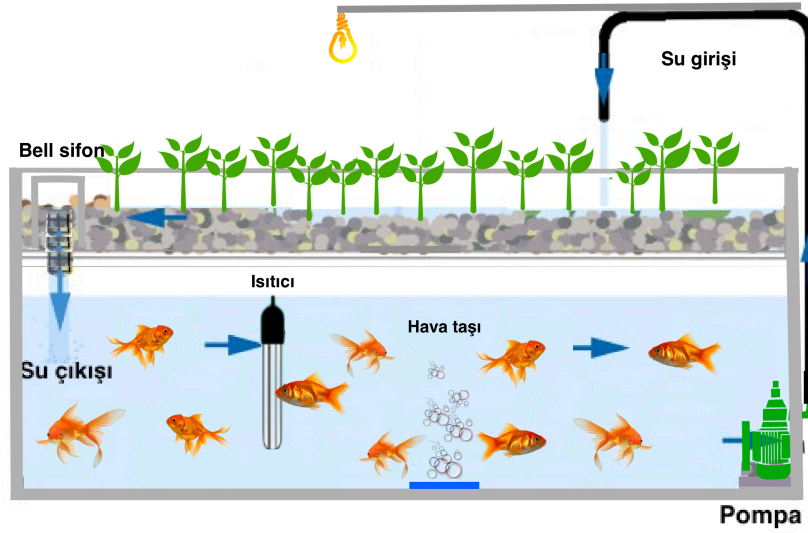
Pompaların filtrasyon özelliği olmayıp sadece su pompalamak için kullanılmıştır. Pompaların debisi 10 lt/dk olup hazneden suyun boşaltıma geçiş süresi yaklaşık 35 sn, sifonlama süresi 17 sn, haznede kalan su miktarı ise 4,5 lt'dir. Akuaponik sistemin su tahliyesi bell sifon sistemi ile sağlanmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Bell sifon (orjinal)

Akuaponik sistemde bitki yataklarının her biri 10 litrelik 0,7-1,5 µm boyutunda kuvars kum ile doldurulmuştur. Su tahliyesinin belli oran ve zamanda gerçekleşmesi ve bitki köklerinin zarar görmemesi için bell sifon tekniği kullanılmıştır. Her bir sisteme Roka

tohumları ortalama 200 adet tohum olacak şekilde rastgele olarak dağıtılmıştır. Akvaryumlardan basılan su süzülerek bitki yatağındaki bell sifon sistemi sayesinde suyun tekrar balık tankına dönüşümü sağlanmıştır. Bitki yatağının yüksekliği 30 cm olarak belirlenmiş ve tabandan 20 cm yüksekliğine kadar suyun çıkışı sağlanmış üstten 2 cm'lik kısım kuru bırakılmıştır. Zamanlayıcı kullanılarak günde 11 saat bitkilerin ışık gereksinimi için 3 adet led bitki lambası kullanılmıştır. Işıklandırmada kullanılan led lambalar akuaponik düzeneklerin üst tarafında saksılardan 30 cm yüksekte duracak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Akuaponik sistem dizayn şeması (Orijinal)

#### 2.1.6. Sump Filtre (SFS)

SFS'ler 3 tekerrürlü olacak şekilde hazırlanmıştır. Cam akvaryumların ebatları 64 cm uzunluk x 25 cm en x 35 cm yükseklik şeklindedir. Su derinliği 25 cm ve su hacmi yaklaşık 56 lt olarak ayarlanmıştır. Bitki kısmı için 70 cm x 15 cm x 15 cm ölçülerinde yaklaşık hacmi 15,7 lt olan balkon tipi plastik saksılar kullanılmıştır (Resim 2.6).

Her bir akvaryum içerisine 15 adet japon balığı, 22-24°C sıcaklığa ayarlanmış 200 watt gücünde bir su ısıtıcısı, su pompası (Sunsun HJ752 İç Filtre 600 L/h 10 watt),

havalandırma için bir hava motoru (Atman HP 5000: 5 Watt, dört çıkışlı) ve bir adet hava taşı yerleştirilmiştir (Şekil 2.3).

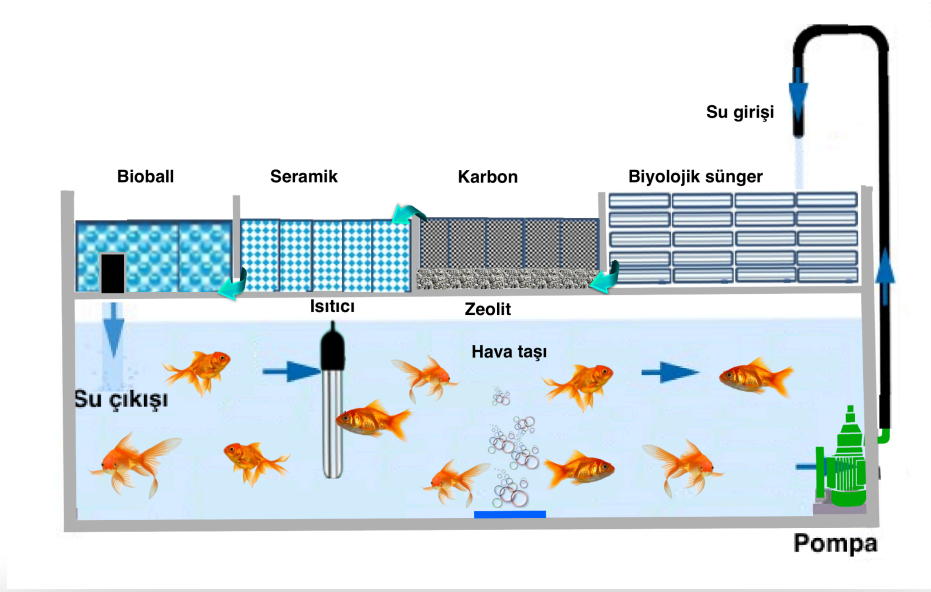


**Resim 2.6.** Sump filtreler ve entegre akvaryumlar (Orijinal)

Pompaların filtrasyon özelliği olmayıp sadece su pompalamak için kullanılmıştır. Pompaların debisi 10 lt/dk olup haznede kalan su miktarı yaklaşık 10 lt'dir. Her bir deneme grubunda bakteri kolonileşmesi, mekanik ve biyolojik filtrasyon amacıyla filtrasyon malzemesi olarak 16 cm x 13 cm x 2 cm elyaf, 15 cm x 13 cm x 5 cm sünger, 15 cm x 12 cm x 2 cm biyolojik sünger, 1 paket karbon kömür, 1 kutu seramik, 1 kutu zeolit ve 30-35 adet bioball kullanılmıştır (Resim 2.7). Sump filtrede bölmeleri birbirinden ayırmak için ince strafor plakalar kullanılmıştır. Bioball malzemenin bulunduğu bölmede 15 cm'lik bir seviye borusu monte edilmiştir.



**Resim 2.7.** Sump filtrede filtrasyon malzemeleri



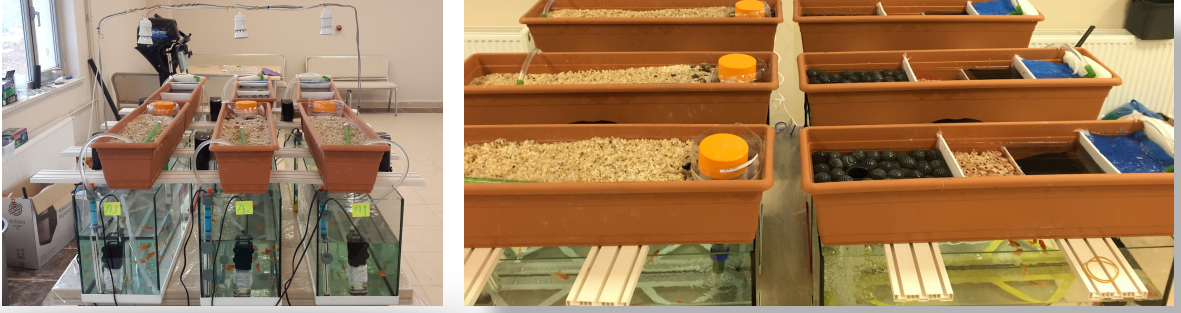
Şekil 2.3. Sump filtre dizayn şeması (Orijinal)

### 2.1.7. APS ve SFS'lerin Devreye Alınması

APS ve SFS'lerde su döngüsü 24 saat olarak ayarlanmıştır. Işıklandırma 07.00 - 18.00 saatler arası 11 saat olacak şekilde otomatik zaman ayarlayıcı ile yapılmıştır (Resim 2.8). Denemeler kurulduktan sonra 2 gün boyunca boş olarak çalıştırılmış, akabinde japon balıkları yerleştirilmiştir. Balıkların adapte olması ve bakteri kolonilerinin oluşumu için 1 hafta yemleme yapılmıştır. 1 hafta sonunda balıklar ölçülüp deneme başlatılmıştır. Haftalık olarak buharlaşan her bir akvaryum için yaklaşık 2-3 lt dinlendirilmiş su sisteme ilave edilmiştir (Resim 2.9).



Resim 2.8. Denemelerin kurulum aşaması (Orijinal)

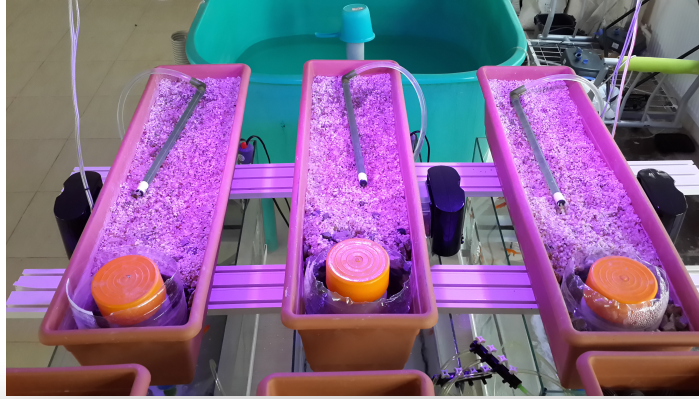


**Resim 2.9.** Denemelerin bitmiş hali (Orijinal)

## **2.2. Metot**

### **2.2.1. Bitki Ekimi**

Roka tohumları 3 gün boyunca nemli elyaf içerisinde bekletilerek tohumların çimlenmesi sağlanmıştır. Çimlenen roka tohumları elyaf yataktan ayıklandıktan sonra akuaponik sistemde bulunan bitki yataklarının her birine yaklaşık 200 adet olacak şekilde tohumların ekimi yapılmıştır (Resim 2.10).



**Resim 2.10.** Ekimi yapılmış akuaponik deneme grupları (Orijinal)

### **2.2.2. Balıkların Adaptasyonu ve Beslenmesi**

Deneme için araştırma merkezine getirilen balıklar bekleme havuzunda 1 hafta karantinada tutulmuştur. Çalışmada kullanılacak toplam 100 adet balık bekletme

havuzundan izole edilip başlangıç ağırlıkları ölçüldükten sonra çalışmada kullanılacak akvaryumlara yerleştirilmiştir.

Hafta içi günlerde, günde 2 kere ad-libitum olarak, hafta sonu ise otomatik zaman ayarlı yemleme makineleri ile günde 2 kere günlük vücut ağırlıklarının % 3'ü oranında yemleme yapılmıştır (Resim 2.11). Balıklarda sindirim sorunu oluşmaması için 15 günde bir balıklara yem yerine haşlanmış bezelye verilmiştir.



**Resim 2.11.** Otomatik yemleme makinesi

### 2.2.3. Balıklarda Canlı Ağırlık Ölçümleri ve Büyüme Parametreleri

Japon balıklarının canlı ağırlık ölçümleri haftalık olarak 0,01 gr hassasiyetli elektronik terazi ile yapılmıştır (Resim 2.12). Tartım öncesinde balıklar fenoksietanol ile bayıltılmıştır.



**Resim 2.12.** Hassas elektronik terazi

### **2.2.3.1. Spesifik Büyüme Oranı (SBO)**

$$SBO = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1) \times 100$$

$W_2$  : Ortalama son canlı ağırlık

$W_1$  : Ortalama ilk canlı ağırlık

$t_2 - t_1$  : Büyütme süresi

### **2.2.3.2. Yem Dönüşüm Oranı (YDO)**

$$YDO = F / ((A_2 + D) - A_1)$$

F : Tüketilen yem miktarı

$A_2$  : Deneme sonu toplam ağırlık

$A_1$  : Deneme başı toplam ağırlık

D : Ölü balıkların toplam ağırlığı

### **2.2.4. Roka Bitkisi Morfometrik Ölçümleri**

Roka bitkisinin ölçümünde mm ölçeğinde cetvel kullanılmıştır. İlk gerçek yapraklar ortaya çıktıktan sonra ölçümler periyodik olarak yapılmıştır.

### **2.2.5. Su Analizleri**

APS ve SFS'lerde akvaryumların orta kısmından deneme süresi boyunca belirli periyotlarda su örnekleri alınmış ve ilgili parametrelerin ölçümü 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Resim 2.13)



**Resim 2.13.** Su örnekleri (Orijinal)

### 2.2.5.1. Su Sıcaklığı, pH, Çözünmüş Oksijen İçeriği

Akvaryumlarda bulunan suyun sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen içeriği ölçümleri, 2 günde bir olmak üzere YSI marka portatif multi parametre cihazı ile yapılmıştır (Resim 2.14).



**Resim 2.14.** Portatif multi parametre ölçer

### 2.2.5.2. Amonyak Azotu, Nitrit Azotu, Nitrat Azotu ve Fosfat Ölçümleri

Ölçümler Munzur Üniversitesi Çevre mühendisliği laboratuvarında HACH DR/890 taşınabilir kolorimetre cihazı ile yapılmıştır. Ölçümler saat 08.00-12.00 arasında Akuaponik ve Sumpfiltre akvaryumlarının orta kısmından alınmış olup toplamda her ölçümde 12 numune alınarak yapılmıştır. Deneme başlangıcından 3 gün sonra bitki tohumlarının filizlenmesi ile 10 günde 1 kez olmak üzere akuaponik ve sump filtre sistemlerinden alınan su örneklerinin amonyak azotu ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), nitrit azotu ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), nitrat azotu ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ve fosfat ( $\text{PO}_4$ ) değerleri ölçülmüştür. Anyon ve katyonların ölçümünde ICS-1000 İyon Kromatografi cihazı (Dionex) kullanılmıştır (Resim 2.15).



**Resim 2.15.** Taşınabilir kolorimetre ve ICS-1000 iyon kromatografi cihazı

Amonyak miktarı tayini için Ammonia Salicylate Reagent Powder Pillow ve Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillow hazır reaktifleri, nitrit miktarı tayini için NitriVer3 Nitrite Reagent Powder Pillow hazır reaktifleri, nitrat miktarı tayini için NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow hazır reaktifleri, fosfat miktarı tayini için PhosVer 3 Phosphate Powder Pillow hazır reaktifleri kullanılmıştır. Tekerrürlerin ortalamaları alınmış olup birimler mg/l'ten cinsinden verilmiştir.

### 2.2.6. İstatistiki Analizler

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiki değerlendirilmesinde SPSS (Versiyon 20.00) istatistik yazılımı kullanılmıştır. İki grup arasında aynı zaman dilimi içerisinde ortalama değerler arasındaki farklar için Bağımsız İki Örnek T Testi (Independent-Samples T-Test) ( $p > 0,05$ ), aynı grup içinde farklı zaman dilimlerinde ortalama değerler arasındaki fark için Bağımlı Örneklem T Testi (Paired Samples t-Test) ( $p > 0,05$ ) uygulanmıştır.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler**

60 gün boyunca süren çalışmada, iki günde bir yapılan ölçümlerde su sıcaklığı (°C), pH, çözünmüş oksijen (mg/lt) içeriği ölçülürken, 10 günde bir yapılan ölçümlerde NH<sub>3</sub>-N (mg/lt), NO<sub>2</sub>-N (mg/lt), NO<sub>3</sub>-N (mg/lt) ve PO<sub>4</sub> (mg/lt) parametreleri llmştir. Anyon ve katyonlar ise 0. gün, 30. gün ve 60. günde llmştir.

##### **3.1.1. Su Sıcaklığı (°C), pH, znmş Oksijen (mg/lt)**

Çalışma boyunca APS'de su sıcaklığı 21,2°C - 24,7°C aralığında, SFS'de ise 21,3°C - 24,5°C aralığında llmştir (Tablo 3.1). Çalışma süresince yapılan pH ölçümlerinde APS'de pH 7,54 – 8,50 aralığında, SFS'de ise 7,70 – 8,53 aralığında ölçümler yapılmıştır (Tablo 3.2). APS VE SFS sistemlerinde yapılan çözünmüş oksijen ölçümlerinde ise APS'de çözünmüş oksijen içeriği 6,47 mg/lt – 7,30 mg/lt aralığında, SFS'de ise 6,43 mg/lt - 7,17 mg/lt aralığında ölçümler yapılmıştır (Tablo 3.3).

**Tablo 3.1.** Zamana bağılı olarak APS ve SFS gruplarının ortalama su sıcaklığı değerleri

Zaman (Gün)	APS su sıcaklığı (°C ± s.h.)	SFS su sıcaklığı (°C ± s.h.)
0.	23,7 ± 0,12	23,9 ± 0,24
2.	23,6 ± 0,38	23,8 ± 0,27
4.	23,5 ± 0,40	23,4 ± 0,10
6.	23,3 ± 0,12	23,6 ± 0,30
8.	23,3 ± 0,26	23,1 ± 0,51
10.	23,6 ± 0,35	23,7 ± 0,66
12.	23,1 ± 0,12	23,1 ± 0,36
14.	22,8 ± 0,35	22,5 ± 0,09
16.	22,9 ± 0,29	22,5 ± 0,07
18.	23,1 ± 0,10	22,9 ± 0,80
20.	22,5 ± 0,15	22,0 ± 0,18
22.	22,3 ± 0,12	22,5 ± 0,35
24.	22,3 ± 0,10	22,8 ± 0,27
26.	22,6 ± 0,12	22,5 ± 0,18
28.	22,0 ± 0,12	22,0 ± 0,03
30.	22,2 ± 0,03	22,0 ± 0,03
32.	21,8 ± 0,00	21,5 ± 0,00
34.	21,7 ± 0,19	21,4 ± 0,03
36.	21,2 ± 0,03	21,3 ± 0,37
38.	21,8 ± 0,00	21,4 ± 0,03
40.	22,8 ± 0,00	22,6 ± 0,09
42.	23,8 ± 0,00	23,6 ± 0,07
44.	23,9 ± 0,03	23,5 ± 0,17
46.	24,1 ± 0,00	23,9 ± 0,12
48.	24,6 ± 0,07	24,3 ± 0,12
50.	24,7 ± 0,07	24,4 ± 0,12
52.	24,4 ± 0,09	24,4 ± 0,03
54.	24,3 ± 0,03	24,3 ± 0,00
56.	24,4 ± 0,00	24,5 ± 0,00
58.	24,4 ± 0,07	24,5 ± 0,00
60.	24,4 ± 0,03	24,5 ± 0,03

**Tablo 3.2.** Zamana bağlı olarak APS ve SFS gruplarının ortalama pH değerleri

Zaman (Gün)	APS pH ( $\pm$ s.h.)	SFS pH ( $\pm$ s.h.)
0.	8,47 $\pm$ 0,03	8,43 $\pm$ 0,03
2.	8,43 $\pm$ 0,03	8,47 $\pm$ 0,03
4.	8,43 $\pm$ 0,03	8,47 $\pm$ 0,03
6.	8,40 $\pm$ 0,00	8,43 $\pm$ 0,03
8.	8,47 $\pm$ 0,03	8,43 $\pm$ 0,03
10.	8,40 $\pm$ 0,00	8,40 $\pm$ 0,03
12.	8,37 $\pm$ 0,04	8,47 $\pm$ 0,04
14.	8,47 $\pm$ 0,03	8,53 $\pm$ 0,03
16.	8,50 $\pm$ 0,06	8,57 $\pm$ 0,09
18.	8,40 $\pm$ 0,06	8,50 $\pm$ 0,06
20.	8,37 $\pm$ 0,03	8,50 $\pm$ 0,06
22.	8,27 $\pm$ 0,03	8,40 $\pm$ 0,06
24.	8,27 $\pm$ 0,03	8,43 $\pm$ 0,03
26.	8,37 $\pm$ 0,03	8,53 $\pm$ 0,03
28.	8,33 $\pm$ 0,03	8,43 $\pm$ 0,03
30.	8,37 $\pm$ 0,03	8,50 $\pm$ 0,00
32.	8,27 $\pm$ 0,03	8,47 $\pm$ 0,03
34.	8,27 $\pm$ 0,03	8,47 $\pm$ 0,03
36.	8,23 $\pm$ 0,03	8,47 $\pm$ 0,03
38.	8,20 $\pm$ 0,06	8,43 $\pm$ 0,03
40.	8,03 $\pm$ 0,07	8,27 $\pm$ 0,03
42.	8,13 $\pm$ 0,03	8,40 $\pm$ 0,00
44.	8,13 $\pm$ 0,03	8,37 $\pm$ 0,03
46.	8,23 $\pm$ 0,03	8,43 $\pm$ 0,03
48.	8,13 $\pm$ 0,03	8,33 $\pm$ 0,03
50.	8,03 $\pm$ 0,03	8,23 $\pm$ 0,03
52.	7,97 $\pm$ 0,03	8,10 $\pm$ 0,00
54.	7,87 $\pm$ 0,03	8,07 $\pm$ 0,03
56.	7,67 $\pm$ 0,03	7,97 $\pm$ 0,07
58.	7,54 $\pm$ 0,03	7,80 $\pm$ 0,00
60.	7,54 $\pm$ 0,03	7,70 $\pm$ 0,06

**Tablo 3.3.** Zamana bağlı olarak APS ve SFS gruplarının ortalama çözünmüş oksijen (O) (mg/lt) değerleri

Zaman (Gün)	APS O (mg/lt± s.h.)	SFS O (mg/lt± s.h.)
0.	6,80 ± 0,06	6,70 ± 0,06
2.	6,47 ± 0,12	6,43 ± 0,09
4.	7,20 ± 0,10	7,13 ± 0,09
6.	7,17 ± 0,12	7,03 ± 0,07
8.	7,00 ± 0,06	7,10 ± 0,10
10.	6,93 ± 0,09	7,10 ± 0,21
12.	7,17 ± 0,18	7,17 ± 0,15
14.	6,93 ± 0,03	7,07 ± 0,12
16.	6,83 ± 0,09	7,03 ± 0,12
18.	6,83 ± 0,03	7,10 ± 0,17
20.	6,90 ± 0,06	7,17 ± 0,09
22.	7,13 ± 0,07	7,10 ± 0,00
24.	6,80 ± 0,06	6,90 ± 0,10
26.	6,67 ± 0,19	6,67 ± 0,22
28.	6,57 ± 0,18	6,50 ± 0,12
30.	7,30 ± 0,06	7,10 ± 0,10
32.	6,87 ± 0,03	7,17 ± 0,12
34.	6,90 ± 0,06	7,13 ± 0,07
36.	6,90 ± 0,06	7,10 ± 0,10
38.	7,07 ± 0,07	7,10 ± 0,10
40.	6,87 ± 0,15	6,97 ± 0,12
42.	6,83 ± 0,12	7,07 ± 0,18
44.	6,57 ± 0,07	6,63 ± 0,15
46.	6,47 ± 0,03	6,70 ± 0,06
48.	6,57 ± 0,07	6,63 ± 0,15
50.	6,60 ± 0,17	6,60 ± 0,15
52.	6,83 ± 0,03	6,73 ± 0,09
54.	6,70 ± 0,06	6,63 ± 0,07
56.	6,87 ± 0,09	7,00 ± 0,00
58.	6,83 ± 0,03	6,80 ± 0,06
60.	6,80 ± 0,06	6,77 ± 0,07

### 3.1.2. NH<sub>3</sub>-N (mg/l)

APS’de ve SFS’de ortalama NH<sub>3</sub>-N değerleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.4).

**Tablo 3.4.** Zamana bağlı olarak APS ve SFS’de ortalama NH<sub>3</sub>-N değerleri (mg/l), ( $\pm$  s.h)

Zaman	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün
NH <sub>3</sub> -N (mg/l) APS	0,001 $\pm$ 0,000	0,053 $\pm$ 0,001	0,058 $\pm$ 0,007* <sup>a</sup>	0,113 $\pm$ 0,029 <sup>b</sup>	0,085 $\pm$ 0,016* <sup>b</sup>	0,084 $\pm$ 0,002 <sup>b</sup>	0,060 $\pm$ 0,006* <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> -N (mg/l) SFS	0,001 $\pm$ 0,000	0,060 $\pm$ 0,006	0,087 $\pm$ 0,019* <sup>ab</sup>	0,117 $\pm$ 0,020 <sup>d</sup>	0,137 $\pm$ 0,024* <sup>d</sup>	0,071 $\pm$ 0,015 <sup>a</sup>	0,090 $\pm$ 0,005* <sup>b</sup>

\*Aynı sütun için asteriks içeren değerler arasında fark vardır (p<0,05).

\*Aynı satır için aynı harfler içeren değerler arasında fark yoktur (p>0,05).

APS’de 30. güne kadar NH<sub>3</sub>-N yükselme eğilimi gösterirken, nitrifikasyon prosesi sonucu 30. günden sonra düşme eğilimine geçmiştir. SFS’de ise 40. güne kadar NH<sub>3</sub>-N yükselme eğilimi göstermiştir ve bu andan itibaren düşmeye başlamıştır.

### 3.1.3. NO<sub>2</sub>-N (mg/l)

Akuaponik sistemde ve sump filtre sisteminde ortalama NO<sub>2</sub>-N değerleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.5).

**Tablo 3.5.** Zamana bağlı olarak APS ve SFS’de ortalama NO<sub>2</sub>-N değerleri (mg/l), ( $\pm$  s.h.)

Zaman	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün
NO <sub>2</sub> -N (mg/l) APS	0,007 $\pm$ 0,000	0,036 $\pm$ 0,003* <sup>a</sup>	0,065 $\pm$ 0,003* <sup>a</sup>	0,049 $\pm$ 0,006* <sup>a</sup>	0,049 $\pm$ 0,007* <sup>a</sup>	0,045 $\pm$ 0,010* <sup>a</sup>	0,012 $\pm$ 0,002* <sup>a</sup>
NO <sub>2</sub> -N (mg/l) SFS	0,008 $\pm$ 0,000 <sup>a</sup>	0,017 $\pm$ 0,003* <sup>b</sup>	0,019 $\pm$ 0,002* <sup>b</sup>	0,007 $\pm$ 0,001* <sup>a</sup>	0,022 $\pm$ 0,001* <sup>b</sup>	0,020 $\pm$ 0,002* <sup>b</sup>	0,008 $\pm$ 0,001* <sup>a</sup>

\*Aynı sütun için asteriks içeren değerler arasında fark vardır (p<0,05).

\*Aynı satır için aynı harfler içeren değerler arasında fark yoktur (p>0,05).

APS’de 20. güne kadar NO<sub>2</sub>-N yükselme eğilimi gösterirken, nitrifikasyon prosesi sonucu 30. günden sonra düşme eğilimine geçmiştir. SFS’de ise dalgalanma şeklinde yükselme ve düşme grlmştir.

### 3.1.4. NO<sub>3</sub>-N (mg/lt)

APS'de ve SFS'de ortalama NO<sub>3</sub>-N değerleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.6).

**Tablo 3.6.** Zamana bağlı olarak APS ve SFS'de ortalama NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/lt), ( $\pm$  s.h)

Zaman	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün
NO <sub>3</sub> -N (mg/lt) APS	0,53 $\pm$ 0,00	8,73 $\pm$ 0,78 <sup>*a</sup>	9,83 $\pm$ 0,58 <sup>*</sup>	7,05 $\pm$ 0,38 <sup>*</sup>	9,00 $\pm$ 0,23 <sup>*a</sup>	11,18 $\pm$ 0,83 <sup>*</sup>	17,38 $\pm$ 0,72 <sup>*</sup>
NO <sub>3</sub> -N (mg/lt) SFS	0,53 $\pm$ 0,00	6,23 $\pm$ 0,38 <sup>*a</sup>	12,28 $\pm$ 0,39 <sup>*b</sup>	6,48 $\pm$ 0,31 <sup>*a</sup>	8,02 $\pm$ 0,06 <sup>*c</sup>	8,43 $\pm$ 0,52 <sup>*c</sup>	12,8 $\pm$ 1,14 <sup>*b</sup>

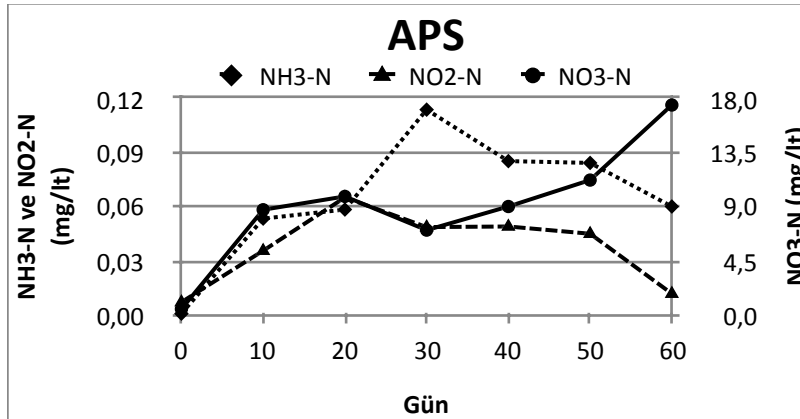
\*Aynı sütün için asteriks içeren değerler arasında fark vardır ( $p < 0,05$ ).

\*Aynı satır için aynı harfler içeren değerler arasında fark yoktur ( $p > 0,05$ ).

Her iki deneme grubunda nitrifikasyon prosesi sonucu 20. güne kadar yükselme, daha sonra 30. güne kadar azalma gözlemlenirken akabinde tekrar yükseliş kaydedilmiştir.

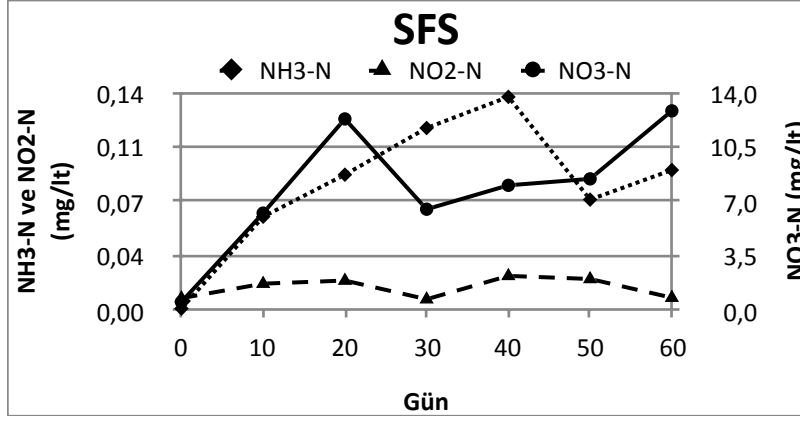
### 3.1.5. NH<sub>3</sub>-N / NO<sub>2</sub>-N / NO<sub>3</sub>-N Grafikleri

APS'ne ait NH<sub>3</sub>-N / NO<sub>2</sub>-N / NO<sub>3</sub>-N nitrifikasyon süreci şekil 3.1'de gösterilmiştir.



**şekil 3.1.** APS'de NH<sub>3</sub>-N / NO<sub>2</sub>-N / NO<sub>3</sub>-N nitrifikasyon süreci

SFS'ne ait NH<sub>3</sub>-N / NO<sub>2</sub>-N / NO<sub>3</sub>-N nitrifikasyon süreci şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. SFS'de NH<sub>3</sub>-N / NO<sub>2</sub>-N / NO<sub>3</sub>-N nitrifikasyon süreci

### 3.1.6. PO<sub>4</sub> (mg/lt)

APS ve SFS'lerde ortalama PO<sub>4</sub> değerleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Zamana bağlı olarak APS ve SFS sistemlerinde ortalama PO<sub>4</sub> değerleri (mg/lt), (ort ± s.h.)

Zaman	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün
PO <sub>4</sub> (mg/lt) APS	0,31 ± 0,00	0,40 ± 0,05*	1,14 ± 0,03	1,85 ± 0,06*	2,60 ± 0,16*	3,41 ± 0,16* <sup>a</sup>	3,57 ± 0,21* <sup>a</sup>
PO <sub>4</sub> (mg/lt) SFS	0,31 ± 0,00	0,75 ± 0,05*	1,31 ± 0,16	1,60 ± 0,04*	1,92 ± 0,06*	2,50 ± 0,20*	2,78 ± 0,02*

\*Aynı sütun için asteriks içeren değerler arasında fark vardır (p<0,05).

\*Aynı satır için aynı harfler içeren değerler arasında fark yoktur (p>0,05).

Her iki deneme grubu için 60 günlük periyot boyunca PO<sub>4</sub> bakımından önemli farklılıklar vardır.

### 3.1.7. Anyon ve Katyon Değerleri

APS ve SFS'lerde ortalama anyon ve katyon değerleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.8).

**Tablo 3.8.** Zamana bağılı olarak APS ve SFS’de ortalama anyon ve katyon değerleri (mg/lit) (Ort. ± s.h.)

PARAMETRE	APS			SFS	
	0. Gün	30.Gün	60.Gün	30.Gün	60.Gün
Florür	0,08 ± 0,001	0,11 ± 0,006 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,008	0,17 ± 0,008
Klorür	1,00 ± 0,00	6,01 ± 0,249	11,54 ± 0,42	28,67 ± 0,379	32,85 ± 0,572
Bromit	0,004 ± 0,00	0,01 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,001 <sup>c</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>c</sup>
Sülfat	7,43 ± 0,000	9,71 ± 0,227	14,52 ± 0,162	37,59 ± 0,39	35,39 ± 1,455
Lityum	0,0001 ± 0,00	0,001 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,001 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,008 ± 0,00	0,01 ± 0,001
Na	0,66 ± 0,00	4,59 ± 0,095	7,87 ± 0,115	16,52 ± 0,213	19,87 ± 0,313
NH <sub>4</sub>	0,0015 ± 0,00	0,0054 ± 0,001	0,0033 ± 0,001	0,019 ± 0,002	0,0022 ± 0,001
K	0,39 ± 0,00	1,90 ± 0,049	4,86 ± 0,157	18,08 ± 0,111	20,44 ± 0,246
Mg	10,88 ± 0,00	24,54 ± 0,218	26,86 ± 0,208	24,12 ± 0,124	25,30 ± 0,359
Ca	52,83 ± 0,00	43,91 ± 0,125	55,30 ± 0,276	66,17 ± 0,34	74,24 ± 0,347

\*Aynı harfleri içeren değerler arasında fark yoktur (p>0,05).

### 3.1.8. Roka Bitkisi Büyüme Verileri

Çalışmada roka bitkisinin hasat yapılmamış, 60 günlük periyotta bitkinin azami boya gelmesi beklenmiştir (Resim 3.1).



**Resim 3.1.** Hasat boyuna erişmiş mikroyeşillik rokalar.

**Tablo 3.9.** Roka bitkisinin 20 günlük periyotlarla ortalama yaprak ve filiz boyu gelişim değerleri (cm) (Ort.  $\pm$ s.h.)

Zaman (Gün)	Yaprak Boyu (cm)	Filiz Boyu (cm)
20. gün	1,71 $\pm$ 0,051	3,78 $\pm$ 0,089
40. gün	2,54 $\pm$ 0,057	5,23 $\pm$ 0,091
60. gün	3,07 $\pm$ 0,031	8,14 $\pm$ 0,058

Bu çalışmada mikroyeşillik yetiştirme sıklığına göre tohum ekimi yapılmıştır. Yapılan ekim sonucunda belli bir boya gelen bitkilerde morfolojik ve fizyolojik bozukluk meydana gelmiş olup bu durum fotoğraflanmıştır (Resim 3.2). Bu sıklıkta yapılan dikimin mikroyeşillik için daha uygun olduğu; fakat porsiyonluk boy için uygun olmadığı görülmüştür (Tablo 3.9).



**Resim 3.2.** Morfolojik bozukluğa uğrayan roka fideleri.

### 3.1.9. Japon Balığı Büyüme Parametreleri

60 gün süren çalışma sonunda APS ve SFS gruplarına ait büyüme verileri Tablo 3.10'da verilmiştir.

**Tablo 3.10.** Günlere göre grupların ortalama canlı ağırlıkları (ort.  $\pm$  s.h.)

<u>Zaman</u>	<u>APS</u>	<u>SFS</u>
	<u>C.A. (gr)</u>	<u>C.A. (gr)</u>
0.gün	1,77 $\pm$ 0,058	1,76 $\pm$ 0,055
10.gün	1,90 $\pm$ 0,064	1,84 $\pm$ 0,059
20.gün	2,10 $\pm$ 0,074	2,12 $\pm$ 0,065
30.gün	2,28 $\pm$ 0,075	2,29 $\pm$ 0,071
40.gün	2,57 $\pm$ 0,085	2,63 $\pm$ 0,084
50.gün	2,79 $\pm$ 0,087	2,98 $\pm$ 0,099
60.gün	3,11 $\pm$ 0,100	3,07 $\pm$ 0,103

\*Aynı satır için farklı harfler içeren değerler arasında fark vardır ( $p < 0,05$ ).

Her iki grup arasında YDO, SBO, yaşama oranı ve ortalama canlı ağırlıklar bakımından farklılık yoktur ( $p > 0,05$ ) (Tablo 3.11).

**Tablo 3.11.** Çalışmaya ait balık sayısı, deneme süresi ve büyüme parametreleri verileri

<b>PARAMETRE</b>	<b>AKUAPONİK</b>	<b>SUMP</b>
$\Sigma$ balık sayısı	45	45
Deneme süresi (gün)	60	60
Başlangıç biyokütle ( $\Sigma W_0$ gr)	79.59	79.25
Final Biyokütle ( $\Sigma W_1$ gr)	139.78	138.31
Başlangıç ortalama ağırlığı ( $W_0$ gr)	1,77 $\pm$ 0,058	1,76 $\pm$ 0,055
Final ortalama ağırlığı ( $W_1$ gr)	3,11 $\pm$ 0,100	3,07 $\pm$ 0,103
$\Sigma$ Yem(gr)	122.84	118.42
Yem Dönüşüm Oranı	2,04 $\pm$ 0,062	2,01 $\pm$ 0,056
Spesifik Büyüme Oranı (%)	0,94 $\pm$ 0,024	0,93 $\pm$ 0,014
Yaşama oranı (%)	100	100

#### 4. TARTIŞMA

Akuaponik çalışmalarda, balık ve bitki üretimi azami düzeye çıkarılmaya çalışılırken, su değişimi ve atık birikimi asgari seviyede tutularak çevresel hassasiyetler de göz önünde bulundurulur. Balık ve bitki türü seçimi, balık bitki oranı, stoklama yoğunluğu, su döngüsü, debisi ve süresi gibi optimum şartların sağlanması, sistemin oluşturulması ve işletilmesi açısından hayati önemdedir (Shete ve ark., 2013). Genel olarak bakıldığında, tez çalışmasına konu olan Japon balığı - roka APS'nin su kalitesini optimal koşullarda tutma konusunda SFS ile benzer olduğu, Japon balığının gelişimi ve yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı ve roka bitkisinin mikroyeşillik olarak üretiminin mümkün olduğu görülmektedir.

Su kalitesi parametreleri, balık sağlığını ve bitkinin ihtiyacını doğrudan etkileyen, akuaponik üretimin optimize edilmesinde birincil önemde çevresel hususlardır. Bu nedenle su kalitesi bütün akuaponik sistemlerde anahtar roldedir (Yıldız ve ark., 2017). Tez çalışmasında japon balıklarının yaşama oranları %100 olarak kaydedilmiştir. Çalışma süresince hem APS'de hem de SFS'de su kalitesi bakımından Japon balığının sağlığını ya da refahını olumsuz yönde etkileyebilecek kötü su koşulları yaşanmamıştır. Su sıcaklığı ve sudaki çözünmüş oksijen içeriği (Tablo 3.1. ve 3.3) her iki sistemde de Japon balıklarının sağlığı ve gelişimi açısından yeterli düzeylerde seyretmiştir.

Yüksek protein içeriğine sahip yemlerle yapılan daha fazla yemleme bitkiler için daha fazla azot anlamına gelmektedir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, balığın büyümesi, bitkinin büyümesi ve bitkinin kaliteli kimyasal kompozisyonu bakımından balık yeminin kalitesi çok önemlidir. Kalitesiz içeriğe sahip balık yemleri daha fazla fekal ve diğer atıklara yol açacağından, iyi bir çöktürme işlevine sahip olmayan sistemlerde birikmeye ve tıkanmaya neden olabilmektedir (Hambrey ve ark., 2013). Çalışmada kullanılan yem %32,1 ham protein içeriğine sahip birinci sınıf akvaryum balığı yemi olup bahsi geçen sorunlara yol açmamıştır. Yemleme esnasında Japon balıklarının bütün yemleri aldıkları gözlemlenmiştir. APS ve SFS'de yemden kaynaklı herhangi bir problem tespit edilmemiştir.

Çalışmada Japon balıklarının büyüme özelliklerine bakıldığında, her iki sistem açısından büyümede, SBO'da ve YDO'da bir farklılığın olmadığı kaydedilmiştir ( $p>0,05$ ) (Tablo 3.11). Bu da APS'n Japon balığı büyüme özellikleri üzerinde herhangi olumsuzluğa neden olmadığını ortaya koymaktadır. Çalışmada ideal stoklama yoğunluğu ve yemleme sıklığı da ilgili literatürlerle (Jahedi ve ark., 2012; Hafeez-ur-Rahman ve ark., 2015) benzerlik göstermektedir.

Başlangıç pH değerleri 8,5 düzeyinde iken deneme sonuna doğru her iki sistemde de düşme eğilimi göstermiştir (Tablo 3.2). Kapalı devre sistemler genel olarak düşük pH'larda yürütülmektedir ve pH düzeyini etkileyen 2 ana faktör vardır. Birincisi, balıkların solunumu ile oluşan CO<sub>2</sub>'dir. Balıkların solunumu ile açığa çıkan CO<sub>2</sub> suyla reaksiyona girerek karbonik asite dönüşür ve bu durum su koşullarının daha asidik hale gelmesine neden olur. İkinci faktör ise biyofiltrenin biyolojik aktivasyonudur. Nitrifikasyon prosesi asit üretir (H<sup>+</sup>) ve pH düşer. NH<sub>3</sub>'ın NO<sub>3</sub>'a doğru oksidasyonu hidrojen iyonlarını serbest hale getirir. Tüm bu kimyasal reaksiyonlar ortam suyunda düşük pH'a sebep olur (Tyson ve ark., 2004; Stankus, 2013; Bregnballe, 2015). Hem APS hem de SFS'nde pH değerlerinin deneme sonuna doğru düşmeye başlaması ilgili literatürler ışığında açıklanabilir bir durumdur.

Akvaryumlarda sump filtre su döngüsü genel olarak 24 saat esasına göre yapıldığından akuaponik sistemde de 24 saatlik sürekli su döngüsü 60 gün boyunca uygulanmıştır. Bu sayede 2 farklı sistemde tam gün su döngüsünün su kalitesine olan etkisine bakılmıştır. Akuaponik sistemlerde bitki türüne ve sistemin kendi özelliğine bağlı olarak farklı hidrolik yükler uygulanabilmektedir. Akuaponik yüzen raf sistemleri hariç genel olarak akuaponik sistemlerde 30 dk su verilmesi, akabinde 90 dk su verilmemesi şeklinde su döngüsü uygulanmaktadır. Eltez ve Taşkavak (2016), marul-ot sazını akuaponik çalışmasında, 15 dk su + 45 dk susuz şeklinde yaptıkları çalışmada olumlu sonuç elde ederken, Shete ve ark. (2013), Japon balığı-ıspanak akuaponik çalışmasında en yüksek balık ve bitki gelişimini 12 ve 24 saatlik su döngülerinde elde ettiklerini ve Japon balığı akuaponik sisteminde ekonomik etkililiği sağlama bakımından su döngüsünün optimum olarak günlük 12 saat yapılmasının yeterli olabileceğini bildirmiştir. Ekonomik etkililiğin dikkate alınması durumunda, bu tez çalışmasında su döngüsü süresinin APS'de yarı yarıya indirilmesinin daha yararlı olacağı görülmektedir.

Makul bir nitrifikasyon oranına ulaşabilmek için su sıcaklık aralığının 10-35°C (optimal 30°C) arasında ve pH seviyesinin 7-8 arasında tutulması gerektiği bildirilmektedir (Bregnballe, 2015). Sommerville ve ark. (2014)'a göre ise, başarılı bir nitrifikasyon prosesinin gerçekleşmesinde beş önemli faktör vardır, bunlar; bakterilerin büyümesi ve kolonizasyonu için yüksek yüzey alanına sahip ortam, 6-7 pH, 17-34°C su sıcaklığı, 4-8 mg/lt çözülmüş oksijen içeriği ve doğrudan güneş ışığına maruz bırakmamasıdır. İlgili literatürler ışığında çalışmada su parametrelerinin optimum seviyelerde tutulduğu söylenebilir. Ayrıca, hem APS hem de SFS'de nitrifikasyon işleminin başarıyla gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

Genel olarak kapalı devre sistemlerde karşılaşılan en büyük güçlükler filtrasyonun etkinliğine bağlı olarak metabolik atıkların ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  ve  $\text{CO}_2$ ) bertaraf edilmesidir (Murray ve ark., 2014). Çalışmada kullanılan APS ve SFS'lerinin,  $\text{NO}_2$  ve  $\text{NH}_4$  parametrelerini indirgediği ve belirli bir düzeyde tutma konusunda başarılı olduğu görülmektedir. Düşük pH'ın biyofiltrasyon kapasitesini azalttığı göz önünde bulundurulduğunda, yüksek nitrifikasyon için pH'ın 7 üzerinde tutulmasının elzem olduğu bildirilmektedir (Bregnballe, 2015). Çalışmada nitrifikasyon prosesinin hem APS hem de SFS'lerde başarıyla gerçekleşmesinde, deneme sonuna doğru pH değerinin düşmeye başlamasının bir katkısı olduğunu söylenebilir. Bununla birlikte SFS'de nitrifikasyon işleminin APS'e göre nispeten daha iyi çalıştığı görülmektedir. SFS'de bioball gibi daha fazla bakteri tutunmasına imkan sağlayan alanların bulunması, APS'ye göre nitrifikasyonda daha iyi olmasına neden olmuştur. SFS'de bulunan filtre malzemelerinin özelliklerine bakıldığında, seramik, zeolit, aktif kömür gibi malzemelerin gözenekli yapıları sayesinde birçok işlevselliklerinin olduğu bildirilmektedir. Adsorban olarak adlandırılan aktif karbonlar sahip oldukları gözenekleri vasıtasıyla çözültideki molekül ve iyonları içlerine çekebilirler (URL-2, 2017). Ticari adsorban olarak kullanılan zeolitler mikroporlu aluminosilikat minerallerdir.  $\text{NH}_4$  ve diğer katyonlara karşı affinitesi vardır. Atık sulardan (evsel, endüstriyel, akuakültür)  $\text{NH}_4$ 'un uzaklaştırılmasında potansiyelleri vardır (Gorre ve Himabindu, 2015). Bu malzemelerin SFS'ne APS'ne göre bazı parametreleri daha düşük düzeyde tutmasında bir avantaj sağladığı söylenebilir.

Akuaponik sistemlerde bitki ve bakteri ikilisinin azot türevli atıkların bertaraf edilmesinde önemli etkenler olduğu bildirilmektedir (Wahyuningsih ve ark, 2015).

Çalışmada  $\text{NO}_3$  düzeylerinin APS'de SFS'ye göre biraz daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ) (Tablo 3.6). Bunun nedenlerinden biri roka bitkisinin yeteri kadar  $\text{NO}_3$ 'ı kullanamaması olabilir. Olası sebeplerini sıralayacak olursak bunlar ; yüksek su debisi, 24 saatlik su döngüsü ve bitki yoğunluğunun az olmasıdır. SFS'de  $\text{NO}_3$  değerinin APS'ye göre düşük çıkmasında denitrifikasyon faktörünün etkisi olabilir. Nitrifikasyon prosesinin son ürünü olan  $\text{NO}_3$ , çok yüksek seviyelerde ( $>100$  mg/l) balıkların büyümesine ve yem dönüşümüne olumsuz tesirde bulunabilmektedir. Sistemde su değişimi düşük miktarda tutulursa  $\text{NO}_3$  birikimi olabilir ve toksik seviyelere ulaşabilir. Bu birikimi engellemek için ya yüksek oranda su değişimi yapılır ya da denitrifikasyon işlemi devreye girer. Pseudomonas olarak adlandırılan en baskın denitrifiye bakterileri, anaerobik şartlarda  $\text{NO}_3$ 'ı atmosferik azota indirger (Bregnballe, 2015). Bununla birlikte, bitkilerin  $\text{NO}_3$  ve  $\text{NH}_4$  kullanımının pH değerine bağlı olduğu bildirilmektedir. Asidik çevre koşullarında bitkiler  $\text{NO}_3$ 'ı tercih ederken, bazik ortamda azot kaynağı olarak ibre  $\text{NH}_4$ 'a dönmektedir (Jones, 2005; Goddek ve ark., 2016). Çalışmada  $\text{NH}_4$  değerlerine baktığımızda 30. günde APS'de 0,0054  $\text{NH}_4$  mg/l, SFS'de 0,0019  $\text{NH}_4$  mg/l olarak tespit edilmiştir. Deneme sonunda, 60. günde ise APS'de 0,0033  $\text{NH}_4$  mg/l, SFS'de 0,0022  $\text{NH}_4$  mg/l olarak kaydedilmiştir.  $\text{NH}_4$  değerlerinde APS'de önemli oranda azalma ( $p<0,05$ ),  $\text{NO}_3$ -N değerlerinde (Tablo 3.6) ise 30. günden itibaren sürekli bir artışın olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre roka filizlerinin yüksek pH ortamında  $\text{NO}_3$ -N'u yerine daha çok  $\text{NH}_4$ 'u kullandığı tespit edilmiştir. Bu durumda APS'de  $\text{NO}_3$ -N değerinin SFS'e göre neden daha yüksek çıktığını açıklamaktadır. Bununla birlikte, 60. günde  $\text{NH}_4$  sonuçlarına göre SFS'nde nitrifikasyon prosesinin daha iyi devam ettiği söylenebilir. APS'deki  $\text{NH}_4$ 'un SFS'ne göre biraz daha yüksek çıkması, roka filizlerinin fizyolojik açıdan bozulmaya başlaması ve buna bağlı olarak yüksek pH'a rağmen  $\text{NH}_4$  kullanımının azalması ile açıklanabilir.

Mikroyeşilliklerde birçok fidenin 7 ila 14 gün arasında hasata hazır hale geldiği ve filizlerin yaklaşık olarak 3,7-5 cm civarında olması gerektiği bildirilmektedir (URL-3, 2012). Bu çalışmada rokalar mikroyeşillik boyutu olan 3,78 cm boya 20 günde gelmişlerdir. Takip eden günlerde gelişim hızında yavaşlama gözlemlenmiştir. Roka bitkisinin 60 günlük periyotta pazar boyuna (15-20 cm) ulaşmaması, yüksek su debisi ve pH değerinin yüksek olması ile açıklanabilir. Tam gün su döngüsünün olması ve hidrolik

yükün fazla olması, bitkilerin ortamdaki nutrientlerden yeterince faydalanmasına mani olmuş olabilir. pH değerinin yüksek olmasına bağlı olarak akuaponik sistemlerde bitki gelişiminin düşük olduğu birçok literatürde bildirilmiştir (Tyson ve ark., 2004; Stankus, 2013; Eltez ve Taşkavak, 2016). Genel olarak akuaponik sistemler için 6,5-7 arasında pH önerilmektedir. Bu aralığın dışındaki pH'larda bitkilerin ortamdaki nutrientleri kullanması güçleşir. Akuaponik uygulamalarında yüksek pH sebebiyle bitkiler demir, mangan gibi elementlerden yeterince faydalanamaz (Tyson ve ark., 2004; Stankus, 2013; Eltez ve Taşkavak, 2016).

PO<sub>4</sub> değerinin APS'de SFS'e göre daha yüksek çıkması bitkilerin PO<sub>4</sub>'ı yeterince kullanmadığını göstermektedir. Yüksek pH ve bitki yoğunluğunun yetersiz olması bunda etken olabilir. SFS'de PO<sub>4</sub> değerinin daha düşük olması ise su şekilde açıklanabilir; filtre malzemelerindeki anoksik koşullarda bir dış karbon kaynağı (external carbon source) varlığı durumunda denitrifikasyon aktivasyonu ve fosfat alımı gerçekleşmektedir. Bu da, sulardaki fosfat gideriminin denitrifiye organizmaları tarafından yapıldığını göstermektedir (Barak ve Rijn, 2000). Kapalı devre sistemlerde denitrifiye bakterileri karbon döngüsünün yanı sıra sülfür ve fosfor döngüleriyle de ilişkilidir. Ortofosfat kullanımı denitrifiye bakterilerince gerçekleştirilmekte ve önemli derecede ortofosfat giderimini sağlamaktadırlar (Rijn ve ark., 2006). SFS'de sistem aktif durumda iken yaklaşık su hacmi 10 lt iken, APS'de sifon sonrası kalan su hacmi 4.5 lt'dir. APS'de su boşaltımı için Bell Sifon tekniği kullanılmıştır. Bu teknik belli periyodik aralıklarla otomatik olarak suyu haznedenden akvaryum doğru sifon etmektedir. Bu sifonlama esnasında haznedenden su hızlı bir şekilde çekildiğinden beraberinde organik partikülleri, bakterileri götürebilir. Bu durum SFS'ne göre APS'de daha az denitrifiye bakterilerinin konumlanmasına engel olabilir. Bundan dolayı SFS'de anaerobik koşulların daha fazla olduğu, denitrifikasyon prosesinin daha iyi çalıştığı, dolayısıyla PO<sub>4</sub> değerinin daha düşük olduğu söylenebilir.

## 5. SONUÇLAR

Sonuç olarak, Japon balığı – roka akuaponik sisteminin sump filtre sistemi düzeyinde inorganik azotu indirgeyebildiği ve akvaryum filtre sistemlerine hobi bağlamında bir alternatif olabileceği görülmüştür. İlk 20 gün içerisinde roka bitkilerinin filiz boyutuna gelmelerine rağmen, sık dikilmelerinin ve sıvı gübre takviyesi yapılmamasının bir sonucu olarak 60 günlük periyotta pazar boyuna ulaşamamışlardır. Sommerville ve ark. (2014) da akuaponiklerin tek başına yeterli besini sağlamayacağını bildirmektedir. Bu da roka bitkisinin neden az geliştiğini açıklamaktadır. Sık dikim sonucunda mikroyeşillik olarak ideal boya ve görünümüne geldiği gözlemlenmiş, bu açıdan akuaponik sistemde roka bitkisinin mikroyeşillik olarak üretilmesinin daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır. Diğer yandan katma değerinin daha yüksek olması, bir trend olarak gurme mutfaklarda hızla yaygınlaşması ve artan bir talep görmesi, yetiştirme süresinin kısa sürmesi gibi avantajları da göz önünde bulundurur isek, mikroyeşillik akuaponik yetiştiriciliğinin oldukça cazip olduğu ve pH düzeyinin yüksek olmasına rağmen mikroyeşillik üretiminin mümkün olduğu görülmektedir. Bunun yanında, akuaponik sistemde su kalitesinin uygun koşullarda tutulmasında bir sıkıntı olmadığı tespit edilmiştir.

Genel olarak bakıldığında, tez çalışmasına konu olan Japon balığı - roka APS'nin su kalitesini optimal koşullarda tutma konusunda SFS ile benzer olduğu, Japon balığının gelişimi ve yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı ve roka bitkisinin mikroyeşillik olarak üretiminin mümkün olduğu görülmektedir.

## 6. ÖNERİLER

Çalışma sonuçlarına göre daha iyi veriler elde edilmesi ve gelecekte yapılabilecek araştırmalar adına şu öneriler dikkate alınabilir;

- Mikroyeşillik üretimi için birim alanda daha fazla roka tohumunun kullanılması.
- Farklı su debilerinin denenmesi. Akuaponik sistemde nitrat düzeyinin biraz daha yüksek çıkması, hidrolik yükün fazla olmasına bağlanabilir. Su debisinin daha az düzeyde tutulması bitkinin nitrata daha fazla kullanmasına neden olabilir. Bu nedenle, hidrolik yük olarak mevcut çalışmada kullanılan debinin yarısı ve çeyreği oranında su debisinin denenmesi.
- Su döngüsünün kısaltılması. Yarım saat su verilip 90 dakika su verilmemesi şeklinde ve bunun katları olacak şekilde su döngülerinin denenmesi.
- Birçok bitki türü mikroyeşillik olarak akuaponik sistemlerde denenebilir.
- Bitki büyüme lambalarının yanısıra farklı aydınlatma düzeneklerinin, farklı aydınlatma mesafeleri ve sürelerinin denenmesi.
- Farklı balık türlerinin denenmesi.
- Farklı yemlerin ve farklı yemleme oranlarının denenmesi.
- Akuaponik sisteme besin solusyonu takviyesi. Bu sistemlerde verimliliği artırmak adına daha yüksek nutrient konsantrasyonlarının sağlanması bir çözüm değildir. Birçok balık 200 mg/lit NO<sub>3</sub> düzeyini tolere edebilir ancak 300 mg/lit üzeri toksiktir. Normal olanı sisteme takviye yapmaktır. Rutin olarak şelatlı demir eklenebilir. pH dengelemesi için Ca ve K, CaOH ve KCO<sub>3</sub> formlarında eklenebilir (Losordo ve ark., 1998; Hambrey ve ark., 2013).
- Çalışmanın 20. günde APS'de NO<sub>3</sub> değeri SFS'e göre daha az seviyede tespit edilmiştir. Mikrofilizler 20 gün içerisinde hasat boyuna geliyorsa su kalitesinin dengede tutulabilmesi açısından 20 günlük periyotlarla mikrofiliz yetiştirilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

Bu öneriler doğrultusunda hem su kalitesine, hem balık yetiştiriciliğine ve refahına, hem de mikroyeşillik üretimine olan etkileri incelenerek, mikroyeşillik akuaponik

sistemlerde optimum koşulların oluşturulmasına y6nelik bilimsel verilerin elde edilmesine olarak sağlanmış olur.

## KAYNAKLAR

- Bregnballe J.**, 2015. A Guide to Recirculation Aquaculture An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Eurofish International Organisation. 100 p.
- Engle, C.R.**, 2015. Economics of Aquaponics. SRAC Publ. Reg. Aquac. Cent.
- Ebeling J. M., Timmons M., Bisogni J. J.**, 2006 Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257:346-358.
- Eltez R.Z., ve Taşkavak E.**, 2016 Ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella valenciennes*) yetiştiriciliğinde kullanılan havuz suyunun salata-marul üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. *Su Ürünleri Dergisi* (2016) *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(4): 381-388 (2016) DOI: 10.12714/egejfas.2016.33.4.12
- FAO** 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2014
- Diver S.**, 2006 Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture. National Center for Appropriate Technology (NCAT), United States, pp. 1-28.
- Goddek , Schmautz Z, Scott B, Delaide B, Keesman K.J., Wuertz S., Junge R.**, 2016 The Effect of Anaerobic and Aerobic Fish Sludge Supernatant on Hydroponic Lettuce *Simon Agronomy* 2016, 6, 37; doi:10.3390/agronomy6020037.
- Gorre K., Himabindu V.**, 2015 Removal of Ammoniacal Nitrogen by using Albite, Activated Carbon and Resin. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 6, Issue 5, May-2015 123 ISSN 2229-5518.
- Gökvardar A.**, 2013. Kapalı devre sistemlerde akuaponik uygulamaları: Deniz balıkları bitkisel üretim entegrasyonunun araştırılması. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Temmuz 2013, 81 sayfa.
- Habib M.A., Sharker R., Rahman M., Ahsan E., Pattadar S.N.**, 2014. Effects of feeding frequency on growth and survival in fry of gold fish, *Carassius auratus* (Hamilton) in outdoor rearing system. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 1(4): 97-102.
- Hargreaves J. A.**, 1998 Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 166:181-212.
- Hargreaves J. A., Tucker C. S.**, 2004 Managing ammonia in fish pond. SRAC Publication No. 4603, 8 pp.

- Hambrey J., Evans S., Pantanella E.,** 2013. Aquaponics Research Project the Relevance of Aquaponics to the New Zealand aid programme, particularly in the Pacific. New Zealand Aid Programme Ministry of Foreign Affairs and Trade.
- Hafeez-ur-Rehman M., Iqbal K.J., Abbas F., Mushtaq M.M.H., Rasool F., Parveen S.,** 2015. Influence of feeding frequency on growth performance and body indices of Goldfish (*Carassius auratus*). Aquaculture Research & Development (J Aquac Res Development), 6:5. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000336>
- Imanpoor M.R., Enayat Gholampour T, Zolfaghari M.,** 2011. Effect of Light and music on growth performance and survival rate of Goldfish (*Carassius auratus*). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(4), 641-653.
- Jahedi A., Jaferian A, Albooshoke S.N.,** 2012. The Effect of Density on Growth and Survival of the Goldfish (*Carassius auratus*, Bloch, 1783). World Journal of Agricultural Sciences, 8 (4): 375-377
- Jones, B.J.,** 2005. Hydroponics-A Practical Guide for the Soilless Grower, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2005.
- Kiriratnikom S, Zaaou R, Suwanpugdee A.,** 2005. Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius auratus*). Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(1), pp 133-139.
- Kaiser C. ve Ernst M.,** 2012. Microgreens. Cooperative extension service, University of Kentucky collage of agriculture food and environment. Center for Crop Diversification Crop Profile. October 2012
- Lastiri D.R., Slinkert T., Cappon H.J., Baganz D., Staaks G., Keesman K.J.,** 2016. Model of an aquaponic system for minimised water, energy and nitrogen requirements. Water Science and Technology, Mar 2016, wst2016127; DOI: 10.2166/wst.2016.127.
- Losordo T.M, Masser M.P. and Rakocy J.E,** 1998. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems An Overview of Critical Considerations. SRAC Publication No. 451, September 1998 – Revised.
- Masser M.P., Rakocy J., Losordo T.M.,** 1992. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems Management of Recirculating Systems. SRAC Publication No. 452.
- Mohanta K.N., Subramanian S.,** 2002. Field report effect of diets with protein from different sources on the growth of Goldfish, *Carassius auratus*. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh 54(3), 134-140.
- M. Şener Ural, Yaşar Özdemir.,** 2002. Japon Balıklarından (*Carassius auratus auratus* L.) Oranda, Ryukin ve Veiltail Varyetelerinin Melezlenmesi E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2002 E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 2002 Cilt/Volume 19, Sayı/Issue (3-4): 425 – 438

- Murray F., Bostock J., Fletcher D.,** 2014. Review of Recirculation Aquaculture System Technologies and their Commercial Application Prepared for Highlands and Islands Enterprise Final Report March 2014. Institute of Aquaculture University of Stirling. 82 p.
- Ödün U.C.,** 2016. Güneş enerjisi destekli akuaponik sistemlerde koi (*Cyprinus carpio*) ve Hıyar (*Cucumis sativus*) yetiştiriciliği üzerine bir araştırma. T.C. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Ocak-2016, 65 sayfa
- Rakocy J.E., Masser M.P., Losordo T.M.,** 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454, November 2006 Revision. 16p.
- Rema P., Gouveia A.,** 2005. Growth and Survival of Goldfish (*Carassius auratus*) Larvae Reared at Different Densities. Journal of Animal and Veterinary Advances, 4(2): 274-275.
- Raseduzzaman M., Mahfuj M.S., Samad M.A., Rahman B.M.S., Sarower M.G., Barman A.K.,** 2014. Estimation of Growth and Survival of Comet Gold Fish, *Carassius auratus* by Using Artificial and Natural Feeds in Closed Glass Fiber Aquaria. American Journal of Zoological Research, 2014 2 (2), pp 33-36.
- Stanku A.,** 2013. Integrating biosystems to foster sustainable aquaculture: Using black soldier fly larvae as feed in aquaponic systems. Zoology Department, University of Hawaii Manoa. Master of Science Candidate, May 2013.
- Sindilariu P.D.,** 2007. Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: a review. Aquaculture Research, 38, 1005-1036.
- Suhl J., Dannehl D., Kloas W., Baganz D., Jobs S., Scheibe G., Schmidt U.,** 2016. Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics. Agricultural Water Management, 178; 335–344.
- Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A., Lovatelli A.,** 2014. Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper - 589. ISSN 2070-7010.
- Shete A.P., Verma A.K., Tandel R.S., Prakash C., Tiwari V.K., Hussain T.,** 2013. Optimization of Water Circulation Period for the Culture of Goldfish with Spinach in Aquaponic System. Journal of Agricultural Science, 5-4.
- URL-1,** 2011. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Aromatik%20Bitkilerin%20Yetiştiriciliği.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Aromatik%20Bitkilerin%20Yetiştiriciliği.pdf)
- URL-2,** 2017. <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF8007620E7D5602E8572D351204A6037B>. 16.06.2017

**URL-3**, 2012. <https://www.uky.edu/Ag/CCD/introsheets/microgreens.pdf>

**URL-4**, 2009. [https://ziraatyapma.blogspot.com.tr/2009/06/1\\_7280.html?m=1](https://ziraatyapma.blogspot.com.tr/2009/06/1_7280.html?m=1)

**Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J.**, 2010. Recirculating Aquaculture. Timmons, M.B. & Ebeling, J.M., Ithaca NY, USA.

**Tyson R. V., Treadwell D. D., Simonne E. H.**, 2011. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic Systems (reviews). HortTechnology 21(1):6-13.

**Tyson, R.V., et al.**, 2004. Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: The pH levels. in Proc. Fla. State Hort. Soc.

**Verdegem, M.C.J.**, 2013. Nutrient discharge from aquaculture operations in function of system design and production environment. Rev. Aquacult. 5, 158–171.

**Yildiz H.Y., Robaina L., Pirhonen J., Mente E., Domínguez D., Parisi G.**, 2017. Fish Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with an Emphasis on Feed and Faeces-A Review. Water 2017, 9(1), 13; doi:10.3390/w9010013

**Wahyuningsih S., Effendi H., Wardiatno Y.**, 2015. Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society (AAFL) Bioflux, Volume 8, Issue 4.

**Wongkiew S., Hub Z., Chandran K., Leed J.W., Khanal S.K.**, 2017. Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. Aquacultural Engineering 76; 9–19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Doğum Tarihi :1984

Doğum Yeri : Siirt

Adres: Atatürk mahallesi Hatice BEYAZTAŞ caddesi Arasanlar apartmanı kat : 1 No: 1

e –mail: serdarkapaligoz@gmail.com

### Eğitim Durumu

1997 – 2000 Turgut ÖZAL Anadolu Lisesi

2008 – 2010 Mustafa Kemal Üniversitesi /Dört Yol Meslek Yüksekokulu

2011 – 2013 Munzur Üniversitesi/ Su Ürünleri Mühendisliği

2014-... Munzur Üniversitesi/ SuMühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı