

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**AKUAPONİK SİSTEMLERDE
KIVIRCIK MARUL (*Lactuca sativa*) YETİŞTİRİCİLİĞİ**

Harun AYDIN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Kürşat FIRAT

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 16.08.2018

Bornova-İZMİR

2018



JÜRİ DEĞERLENDİRME

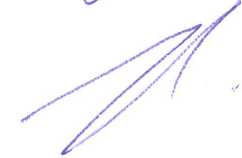
Harun AYDIN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Akuaponik Sistemlerde Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa*) Yetiştiriciliği” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 16 Ağustos 2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:**İmza****Jüri Başkanı**

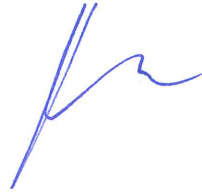
: Prof. Dr. Muammer Kürşat FIRAT

**Raportör Üye**

: Prof. Dr. Şahin SAKA

**Üye**

: Prof. Dr. Esin SUZER





EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

Ege Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Akuaponik Sistemlerde Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa*) Yetiştiriciliği” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

16 / 08 / 2018

Harun AYDIN



ÖZET

Akuaponik Sistemlerde

Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa*) Yetiştiriciliği

AYDIN, Harun

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Kürşat FIRAT

Ağustos 2018, 65 Sayfa

Akuaponik yetiştiricilikte hangi sistem daha iyidir diye soracak olursak; balık büyümesi, bitki gelişimi, nütrient değerleri ve diğer su kalitesi parametreleri uygunluk göstergeleri olarak kullanılabilir. Bu çalışma iki farklı hidroponik sistemi birbiriyle karşılaştırmak ve kıvırcık marul yetiştiriciliği için hangisinin daha uygun olacağının tespit edilmesi için yapılmıştır. Bu kapsamda çakıl ve sal sistemlerinde kıvırcık marul (*Lactuca sativa*) yetiştiriciliği yapılmıştır. Denemede balık olarak Nil Tilapiası (*Oreochromis niloticus*) 15 kg/m³ oranında kullanılmıştır. Kıvırcık marul fideleri her iki sisteme de 203.84 gr/m² oranında yerleştirilmiştir. Deneme sonunda sal sisteminde üretilen marulların gelişimi, çakıl sistemine göre nispeten daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Bununla birlikte, yüksek hava sıcaklığının marul büyümesini tohum oluşturmaya doğru yönlendirdiği ve yaprak uzunluğunu arttırdığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak kıvırcık marul yetiştiriciliğinde her iki sisteminde kapalı devre balık yetiştiriciliği kültüründe rahatlıkla kullanılabileceği saptanmıştır. Biyolojik filtre kurmadan kullanılan bu sistemlerin balık gelişimine ve balık sağlığına olumsuz bir etki yaratmadığı, balıkların yem tüketiminde oldukça iyi performans gösterdiği ve bunun yanı sıra bitki büyümesi sağlanarak ek ürün elde edilebileceği görülmüştür. Bununla birlikte, üretimi yapılacak bitkilerde kaliteli fide teminine dikkat edilmesi ve hava şartlarının bitkinin gelişim şartları ile uyumlu olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Akuaponik, Kıvırcık marul (*Lactuca sativa*), Nil Tilapiası (*Oreochromis niloticus*)



ABSTRACT

Culture of Curly Lettuce (*Lactuca sativa*) in Aquaponic System

AYDIN, Harun

MSc Thesis, Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. M. Kürşat FIRAT

August 2018, 65 pages

If we ask what system is better in aquaculture; fish growth, plant growth, nutrient values and other water quality parameters can be used as fitness indicators. This study was carried out to compare two different hydroponic systems and to determine which would be more suitable for curly lettuce growing. In this context, curly lettuce (*Lactuca sativa*) was cultivated in gravel and raft systems. Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus*) was used in the experiment at a rate of 15 kg/m³. The curly lettuce fidelity is 203.84 gr/m² in both systems. At the end of the experiment, the growth of lettuce produced in the raft system was found to be higher than the gravel system (p<0.05). However, it has been found that high air temperature directs lettuce growth towards seed formation and increases leaf length.

As a result, it has been determined that in both systems, closed-loop fish farming culture can be used easily in curly lettuce culture. It has been observed that these systems, which are used without biological filters, do not have a negative effect on fish growth and fish health, that fish perform well in feed consumption and that additional crops can be obtained by plant growth. However, it has been concluded that quality seedlings should be considered for the plants to be produced and that the weather conditions should be in harmony with the growth conditions of the plant.

Key Words: Aquaponic, curly lettuce (*Lactuca sativa*), Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus*)



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime başladığım ilk andan itibaren bana her zaman inanıp güvenerek yardımını esirgemeyen Danışmanım Prof. Dr. M. Kürşat FIRAT’a,

-Akademik çalışmalarımda yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Şahin SAKA, Doç. Dr. Müge HEKİMOĞLU, Dr. Gamze TURAN ve Yüksek Mühendis Fatih GÜLEÇ’e

- Ve hayatım boyunca bana her zaman ilgi ve sevgi gösteren canım aileme en içten dileklerle minnetlerimi sunarım.

Harun AYDIN



İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1 Akuaponik Üretimin Faydaları	3
2.2 Akuaponik Üretimin Dezavantajları	4
2.3 Akuaponik Sistemlerde Üretim İçin Kullanılan Türler	4
2.3.1 Balık Türleri	4
2.3.1.1 Nil Tilapiası (<i>Oreochromis niloticus</i>)	5
2.3.1.2 Gökkuşuğu Alabalığı (<i>Oncorhnicus mykiss</i>)	7
2.3.1.3 Asya Levreği (<i>Lates calcarifer</i>)	10
2.4 Akuaponik Sistemlerde Yoğun Üretilen Ürünler	11
2.4.1 Bitkiler	11
2.4.1.1 Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>)	12

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

2.4.1.2 Karnabahar (<i>Brassica oleracea</i>)	13
2.4.1.3 Kıvırcık Marul (<i>Lactuca sativa</i>)	15
2.4.1.4 Hıyar (<i>Cucumis sativus</i>)	16
2.4.1.5 Patlıcan (<i>Solanum melongena</i>)	17
2.4.1.6 Biber (<i>Capsicum annum</i>)	18
2.4.1.7 Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	19
2.4.1.8 Brokoli (<i>Brassica oleracea italica</i>)	20
2.5 Akuaponik Sistemde Üretim Uygulamaları	21
3. MATERYAL ve METOT	28
3.1 Deneme Ortamı ve Ekipman	28
3.2. Balık-Bitki Temini ve Yem	29
3.3 Deneme Düzeneği	29
4 Metrik-Meristik Ölçümler	30
3.5 İstatistik Değerlendirme	31
4. BULGULAR	33
4.1 Su Koşulları	33
4.1.1 Sıcaklık	33

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

4.1.2 pH	33
4.1.3. Oksijen ve Azotlu Bileşikler	34
4.1.4 Fosfat ve Magnezyum	34
4.2 Balıkların Büyüme Performansları	35
4.3 Bitkilerin Büyüme Performansları	36
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	38
KAYNAKLAR DİZİNİ	42
ÖZGEÇMİŞ	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1 Nil Tilapiası (<i>Oreochromis niloticus</i>)	
(https://www.alimentarium.org/en/knowledge/tilapia)	6
Şekil 2.2 Gökkuşığı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	
https://salibahtiyar.tr.gg/Turkiye-h-nin-Endemik-ve-Egzotik-Alabaliklari.htm	9
Şekil 2.3 Asya Levreği (Barramundi) (<i>Lates calcarifer</i>)	
(https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/fisheries/species-identification/inshore-estuarine-species/barramundi)	11
Şekil 2.4 Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>)	
(http://highlandscurrent.com/wp-content/uploads/2012/11/Basil.jpg)	13
Şekil 2.5 Karnabahar (<i>Brassica oleracea</i>)	
http://aquaponics.is/ecoponics/wp-	14
Şekil 2.6 Kıvırcık Marul (<i>Lactuca sativa</i>)	15
Şekil 2.7 Hıyar (<i>Cucumis sativus</i>)	
(http://www.diaaquaponicssystems.com/category/fundamentals/)	16
Şekil 2.7 Patlıcan (<i>Solanum melongena</i>)	
http://easyponix.com/back-in-the-garden-again	17
Şekil 2.9 Biber (<i>Capsicum annum</i>)	
https://portablefarms.com/2012/bell-peppers/	18
Şekil 2.10 Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	
https://ecowatchcanada.files.wordpress.com/2013/07/aquaponic_small.jpg	20
Şekil 2.11 Brokoli (<i>Brassica oleracea italica</i>)	
http://portablefarms.com/wp-content/uploads/2011/08/broccoli3may3.jpg	21

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

Şekil 3.1 Çakıl ve sal sisteminde ekimi yapılmış kıvırcık marul fideleri 30

Şekil 4.1 Deneme sonunda çakıl (üst) ve sal (alt) sistemindeki
kıvırcık marulların gelişimi 37



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Tablo 3.1 Denemede kullanılan 1-1.5 mm'lik ticari alabalık başlangıç yeminin besin madde kompozisyonu	29
Tablo 4.1 Deneme gruplarındaki sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$) ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$)).	33
Tablo 4.2 Deneme gruplarındaki oksijen ve azotlu bileşik miktarları ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$)).	33
Tablo 4.3 Denemedeki oksijen ve azotlu bileşik miktarları miktarları ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$))	34
Tablo 4.4 Deneme gruplarındaki fosfat ve magnezyum miktarı ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$)).	34
Tablo 4.5 Deneme gruplarındaki balıklara ait özellikler ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$)).	35
Tablo 4.6 Deneme gruplarındaki bitkilere ait özellikler ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$))	36



1 GİRİŞ

Dünyamız, özellikle son yüzyılda yükselen nüfus artışı ile karşı karşıyadır. Nüfus artışı; yüksek enerji, su ve gıda gereksinimleriyle doğrudan bağlantılıdır. Bu koşullar iklimlerin değişmesine, su, gıda ve fosil yakıt kaynaklarının hızlı tüketilerek azalmasına aynı zamanda da toprak bozulmalarına yol açmaktadır. Bu sorunlar daha az su ve enerji kullanılarak yapılan sürdürülebilir gıda üretimini giderek daha da önemli hale getirmektedir.

FAO (2014)'nın raporuna göre su ürünleri en hızlı büyüyen gıda üretim sektörlerinden biridir. Buna ek olarak yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinin gelecekte daha da artacağı öngörülmüştür. Ancak yoğun üretim sistemlerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Doğru planlama olmadan yapılan geleneksel akuakültür üretimi önemli çevresel sorunlara sebep olabilmektedir. Örneğin yüksek miktarda tatlı su kullanımı ve atık yükünün çevreyi olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmektedir (FAO, 2015). Bu problemi ortadan kaldırmak için kapalı devre su ürünleri yetiştiricilik sistemleri (RAS) kullanılmaya başlamıştır. Kapalı devre sistemleri geleneksel yetiştiriciliğe göre %90-95 oranında daha az su kullanmakta ve çevreye olan nütrient salınımını azaltmaktadır (Badiola et al., 2012). Ancak kapalı devre sistemler bile çok az suya ihtiyaç duymasına rağmen çevreye azot gibi istenmeyen nütrientler bırakmaktadır. Bu kapsamda ortaya çıkan akuaponik üretim sistemleri ise RAS'ın sebep olduğu sorunları minimize etme kapasitesine sahiptir. Akuaponik sistem, havuzlardaki yüksek balık üretimi ve hidroponik sistemdeki bitki üretiminin kombinasyonuyla meydana gelir (Klinger and Naylor, 2012). Akuaponik yeni bir kavram değildir ve uzun süredir kullanılmaktadır. Bununla birlikte, modern akuaponik sistemin kökenleri, North Carolina Eyalet Üniversitesi'ndeki çalışmalar ile 1970'lere kadar uzanmaktadır (Turcios and Papenbrock, 2014). 1970'lerin sonlarında diğer Kuzey Amerika ve Avrupa'daki akademik kurumlar da modern sistemlerin gelişimine katkıda bulunmuştur (Somerville et al., 2014). 2000'li yıllarda Virgin Island Üniversitesi Su Ürünleri Deney İstasyonu (AES), akuaponik sistemi deneyimleyip geliştirmiştir ve ticari akuaponik üretimde dünya lideri konumuna gelmiştir (Eatmon et al., 2013; Tokunaga et al., 2015). Günümüzde akuaponik, 40'ı aşkın ülkede ve her kıtada iç ve dış mekânda çalışabilecek çeşitli yöntemlerle

kullanılmaktadır. Bu kombine tarım sisteminin temel kavramı, balık üretiminde oluşan atık suların bitki tarafından tüketilmesi olup tek sirkülasyonlu akuaponik sistem (SRAPS) olarak adlandırılmasıdır. Bu kapsamda ilk araştırmacılar balık yetiştiriciliğinde kullanılan sulardaki atık nütrientlerin hidroponik olarak bitki yetiştiriciliğinde farklı ortamlar yaratılarak kullanılabileceğini göstermiştir (Naegel 1977; Lewis et al., 1978; Watten and Busch, 1984). Bu bağlamda, kum-çakıl sistemleri (McMurtry et al., 1997; Seawright et al., 1998; Dontje and Clanton, 1999) ve sal sistemlerinde (Rakocy and Hargreaves 1993; Rakocy et al., 1997) üretim yapılabileceği ve bu sistemlerin kendilerine ait avantaj ve dezavantajları bünyelerinde barındırabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, nütrient film tekniği (NFT), daha düşük su hacimlerine ihtiyaç duyar ve en iyi bilinen hidroponik yetiştirme sistemlerinden biridir.

Bu değerlendirmeler kapsamında ülkemizin iç su balıkları yetiştiriciliğinde Avrupa ve dünyada sayılı ülkeler içinde yer aldığı düşünüldüğünde, hidroponik üretimde de söz sahibi olabilecek su ve toprak potansiyeline sahip olduğu kaçınılmazdır. Balık yetiştiriciliğine bağlı olarak elde edilen besince zengin suların, tarımsal ürün eldesi için kullanılması, kaynakların sürdürülebilir biçimde kullanılması bakımından da son derece akılcı bir çözüm olarak görülmektedir. Bu kapsamda hazırlanan tez çalışmasında iki farklı sistemde (çakıl ve sal) Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*) türü balıklar kullanılarak kıvrıcık marul (*Lactuca sativa*) yetiştiriciliği denenmiş ve balıktan elde edilen atık suyun bitkinin gelişimine olan etkisi incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Akuaponik Üretimin Faydaları

Akuaponik üretim, küresel gıda güvenliğine katkıda bulunabilecek sistemlerden biri olup genellikle azaltılmış çevresel etkilerinden ve çevresel uygulamalarından dolayı sürdürülebilir bir gıda üretim yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Love et al., 2014; Tokunaga, 2015; Kloas et al., 2015). Akuaponik üretimi, suyu verimli kullanarak, aynı suyun balık türlerinden önce bitkilere, daha sonra da balıklara geri dönmesine olanak sağlar. Sistemde suyun yeniden kullanımı ile verimlik artar çevresel etkiler azalır (McMurtry et al., 1997; Metaxa et al., 2006; Rakocy, 2012). Su yeniden kullanıldığından, üretim için yüzeyden veya yer altından sularından daha az su çekilir, böylece su kıtlığı olan alanlar gıda üretmek için akuaponik üretimden faydalanabilir (Rakocy, 2012; Goddek et al., 2015).

Akuaponik ayrıca, ek ürün satma ve potansiyel gelir kaynaklarını çeşitlendirme fırsatı da sunmaktadır. Eşsiz bir gıda üretim sistemi ile akuaponik “markalaşma avantajı” yaratma şansına sahiptir. Akuaponik ayrıca, toprak gerekmediğinden diğer gıda üretim sistemlerine uygun olmayan marjinal arazilerde de gıda üretebilir. Ziraat, su ürünleri yetiştiriciliği ve ekolojik süreçler hakkında bilgi sahibi olunması gereken akuaponik, karmaşık teknolojik işlemlerdir (Eatmon et al., 2013; Chopin, 2015; Tokunaga, 2015).

Akuaponik, “sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, çevresel ve sosyal hedeflerini” karşılama potansiyeline de sahiptir. Akuaponik sistemlerin sosyo-ekonomik faydaları arasında, balık yetiştiriciliği ve yıl boyunca üretim, yeni iş fırsatları yaratma, eğitim ve atölye çalışmaları, okullarla ortaklıklar, gönüllü fırsatlar, gençlik kampları, yerel küçük işletme geliştirme ve terk edilmiş binaların yeniden inşası gibi topluluk geliştirme fırsatları da sunmaktadır (Eatmon et al., 2013).

2.2 Akuaponik Üretimin Dezavantajları

Akuaponik sistemler her ne kadar önemli avantajlar içerse de, sürdürmesi zor olabilecek sermaye yatırımları, enerji kaynakları ve uzmanlaşmış personel gerektirmektedir. Bu kapsamda karlılık için balık ve bitki büyümesinin sürekli olarak maksimum üretim oranlarına yakın olması gerekmektedir (Rakocy et al., 2006). Balıkların ve bitkilerin pH noktalarının optimal seviyeleri farklı olduğundan hem optimal koşullarda hem de aynı anda büyümede zorluklarla karşılaşmaktadır (Kloas et al., 2015). Bu kapsamda en önemli nokta; balıklar, bitkiler ve bakteriler için farklı optimum pH seviyelerin olmasıdır. Balık ve bakteriler için en uygun pH seviyesi 7-9 arası iken (Hochheimer and Wheaton, 1998; Rakocy et al., 2006) bitkiler için bu seviye 5.5-6.5 olarak bildirilmektedir (Hochmut, 2001). Eğer pH değeri biyolojik filtre içindeki bakteriler ve balıklar için optimize edilmişse; demir, mangan, fosfor, çinko, gümüş ve boron bitkiler için tüketilebilir olmaktan çıkmaktadır (Hochmut, 2001; Rakocy et al., 2006).

Diğer bir önemli nokta da balık ve bitki için farklı besin gerekliliklerinin olmasıdır. Akuaponik sistemde ana nütrient kaynağı yemdir ve bu aynı zamanda bitkiler için de dolaylı olarak nütrient kaynağıdır. Bununla birlikte herhangi bir nütrient hidroponik birime eklenmeyecek olduğunda bitkiler için bir besin açığı oluşur. Örneğin potasyum, bitki üretimi için suya ilave edilebilir çünkü balık tarafından bitki büyümesi için salınan konsantrasyon yeterli değildir. Aynı zamanda demir ve kalsiyum da dışarıdan eklenebilir (Goddek et al., 2015; Rakocy et al., 2004, 2006; Savidov et al., 2005).

2. 3 Akuaponik Sistemlerde Üretim İçin Kullanılan Türler

2.3.1. Balık Türleri

Bu bölümde akuaponik uygulamalarda en çok kullanılan balık türlerinden Nil Tilapiası (*Oreochromis niloticus*), Gökkuşağı Alabalığı *Oncorhnicus mykiss*) ve Asya Levreği (*Lates calcarifer*) tanımlanmıştır.

2.3.1.1 Nil Tilapiası (*Oreochromis niloticus*)

Tilapia kültürünün kökeninin günümüzden 4000 yıl önce Çin'de ortaya çıktığı iddia edilmektedir. Yakın zamandaki ilk tilapia kültürü ise 1924 yılında bilimsel amaçlar için Kenya'da yapılmıştır (Gupta and Acosta 2004). 1939-1945 yılları arasında II. Dünya Savaşı boyunca, Japon askerleri için uygun ve kolay taşınan bir protein kaynağı olduğundan birçok pasifik adasına tilapia getirilmiştir. Bu durum tilapia kültürünün gelişiminin başlangıcı olmuş ve 1950'lerde yedi ülke tilapia üretmeye başlamıştır. Tilapia üretimi 1990 yılına kadar sürekli artış göstermiş ve toplam akuakültür üretimin %2.28'ini karşılamıştır. Tilapia üretiminin bu hızlı yükselmesi yeni ve geliştirilmiş teknikler ile devam etmiş ve 2000'li yıllarda yıllık küresel üretimin %12.2'sini karşılar hale gelmiştir. Günümüzde tilapia üretimi dünya genelinde yıllık olarak %10-12 arası artış göstermektedir.

Günümüzde tilapia, tropik veya subtropikal iklim gösteren bölgelerdeki gelişmekte olan ülkelerde yetiştirilmektedir. Bu iklim bölgelerinde, tilapia yüksek gelişim göstermekte ve neredeyse tüm sucul ortamlarda yaşayabilmektedir (Canónico et al., 2005). Bununla birlikte, *Cichlidae* familyasına ait olan *Oreochromis niloticus*, Nil havzası ve Rift Vadisi'nin gölleri dahil olmak üzere orta ve Kuzey Afrika'nın bazı bölgelerine özgüdür (Skelton, 2001). Tür, euroterm olup, geniş bir sıcaklık aralığını tolere edebilir (13-40 °C). İklim sıcaklığına bağlı olarak 28-30 °C arasındaki sıcaklıkları tercih ederler. Ancak, ılıman ve bazı subtropikal bölgelerde, sert kış mevsimi sırasında zayıf büyüme ve kitlesel ölümlere yol açan düşük ortam sıcaklıklarına olan duyarlılıklarından dolayı etkilenmektedirler. Büyüme performansını en üst düzeye çıkarmak için, yavru balıklar genellikle daha soğuk aylarda kapalı ortamlarda üretilir ve sıcak yaz dönemlerinde dış ortama stoklanır. Çoğu tilapia türünün büyümesi için en uygun sıcaklık 25-28 °C arasındadır. Üreme, 22 °C'nin, beslenme ise 20 °C'nin altında durur. Tilapialar 10-12 °C'den daha düşük sıcaklıklarda birkaç günden fazla yaşayamaz. Kısa bir süreliğine düşük çözünmüş oksijeni tolere edebilirler, %11-29 tuzluluk oranına dayanabilirler (Chervinski and Lahav, 1976).

Oreochromis cinsinin balıkları genellikle yüksek gövdeli balıklar olup yanlardan basıktırlar. Ayrıca diğer iklitlere göre daha büyük boylara erişirler. Vücutları büyük boyutlu olan sikloid pullarla kaplıdır. Tilapianın uzun bağırsak yapısı, genellikle balıkların toplam uzunluğunun altı katıdır. Oreochromis cinsinin farklı türleri arasında ayırım yapmak, türlerde bulunan çeşitli fenotipik varyasyon nedeniyle zor olabilir Fileto verimi %30-38 arasında değişmektedir. Tilapia, dünyadaki birçok restoranda kullanılan, iyi tada sahip beyaz etli bir türdür. (elik 2012; Netto et al., 2014) (**şekil 2.1**).



şekil 2.1 Nil Tilapiası (*Oreochromis niloticus*) (<https://www.alimentarium.org/en/knowledge/tilapia>)

Oreochromis cinsindeki balıkların anatomisi, alglerin, diatomların ve detritusların tüketimi için oldukça uygundur. Tilapia’lar bakterilerden ve bitki materyallerinden besinsel fayda elde etmede olumlu kabiliyetler göstermektedir. Otul olarak bilinen *Oreochromis niloticus*, böcekler, balıklar, algler, planktonik organizmalar ve bitki materyallerini tüketen tipik bir omnivor olarak tanımlanmaktadır. Jveniller ana besin kaynağı olarak zooplankton tüketme eğilimindedirler. Bununla birlikte otobur iklit türlerinin çoğundan daha az saldırgandır. Çoğu tilapia acı suya toleranslıdır, ancak bazıları diğerlerine göre daha iyi adapte olur ve deniz suyunda gelişebilir ve hatta üreyebilir (Gominho-Rosa et al., 2015).

Oreochromis niloticus, *Oreochromis* cinsinin en çok üretilen ürünüdür ve 135'den fazla ülkede üretimi yapılmaktadır. Türün geniş tuzluluk ve sıcaklık değerine sahip olması, farklı kültür yöntemlerinin kullanılmasına olanak sağlar. Bununla birlikte, üretimin büyük bölümü (%83) 'ünde tatlı su ortamında yapılmaktadır. Özellikle tilapia yetiştiriciliği kırsal kalkınmanın temel göstergesi olarak gelişmekte olan ülkeler için oldukça önemlidir. Bu durum kırsal kalkınmada artan bir rol üstlenmekte ve tilapianın insan refahı için bir geçim kaynağı olduğu kadar, sektörün büyümesine fayda sağladığı görülmektedir. Dünyanın en önemli besin balıkları arasında yer alan tilapia hızlı büyüme, omnivor balıkların yemlerinde yüksek oranda ucuz bitkisel kaynak kullanabilmesi, zorlu çevresel koşullara iyi dayanması (Sıcaklık, tuzluluk, düşük çözünmüş oksijen vb. gibi), strese ve hastalıklara karşı dayanıklı olması, kısa üretim aralığı ve besin kesesini tükettikten hemen sonra ticari yeme adapte olması gibi özelliklerinden dolayı yarı-yoğun kültür sistemlerinde gelişmekte olan ülkelerde küçük ölçekli üreticiler tarafından yoğun olarak üretilmektedir. Bununla birlikte son yıllarda hibrid (*O. niloticus* x *O. aureu*) türlerin üretimi artmış, ayrıca *O. mossambicus* türü üzerinde de önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Tilapia, akuaponik sistemlerde yetiştirilen en yaygın balık türü olup bu durum balığın önemini daha da arttırmaktadır (Figueredo and Giani 2005; FAO, 2014).

2.3.1.2 Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Gökkuşağı alabalığının Dünya'da ilk yetiştiricilik çalışmaları, Kuzey Amerika'da başlamış ve 1970'li yıllarda ise dışarıdan getirilen yumurtalarla ülkemizde üretimi yaygınlaşmıştır. Gökkuşağı alabalığı 100 yılı aşkın süredir kültürü yapılan en önemli tür konumundadır. Ekonomik değerinin yüksek oluşu dikkate alındığında üzerinde en fazla araştırma yapılan balık türlerinden birisi konumundadır.

Gökkuşağı alabalığı dünyada hem yetiştiricilik hem de akuaponik açısından en uygun soğuk su balığıdır. *Salmonidae* familyasında yer alırlar. Alabalıklar yaygın şekilde yetiştirilir ve doğal suların balıklandırılması için kullanılan *Salmo*, *Salvelinus* ve *Oncorhynchus* olmak üzere üç cinsin türleridir (Bruno and Poppe 1996). Alabalıkların morfolojik olarak en belirgin özelliği sırt

yüzgeci ile kuyruk yüzgeci arasında yağ yüzgecine sahip olmalarıdır. Vücutları yanlardan hafifçe yassılaştırmış, genellikle mekik şeklindedir. Sırt yüzgeci 10-12, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına sahiptir. Vücut rengi dorsal kısımda metalik mavi diğer bölgelerde ise gümüşü renktedir, yanal çizgi boyunca parlak ve gökkuşağı renklerinde bantlar mevcuttur. Dorsal ve kaudal yüzgeçte siyah benekler bulunmaktadır. Ayrıca yanal çizginin üzerinde siyah benekler mevcuttur (**Şekil 2.2**). Yan çizgi üzerinde 135-150 adet pul bulunmaktadır. Ağız yapısı diğer alabalık türlerine oranla biraz daha büyüktür. Karın altı rengi gümüşiden sarıya kadar, sırt kısmı ise yeşilden kahverengiye kadar değişmektedir. Aynı popülasyonun bireyleri arasında renk ve desen bakımından farklılıklar görülür. Bu çeşidin bireyleri; cinsiyete, yaşa, alınan besin ve yaşama ortamına göre değişiklikler gösterirler.

Üreme dönemlerinde renkleri değişir. Erkek bireyler daha parlaktır. Dişi bireyler daha mat renklidir. Yumurta bırakma yerleri kaynak ağzları, killi, kumlu ve çakıllı bölgelerdir. Dişi alabalıklar, çukura, portakal renginde ve nohut büyüklüğünde olan yumurtalarını bıraktıktan sonra, erkeği gelip spermalarını üzerine boşaltır, daha sonra yumurtladığı çukurları erkeği ile beraber kum ve çakıllarla örtük yumurtalarını gizler. Yumurtlama zamanı kasım ayı başlarından Mayıs'a kadar devam etmektedir. Alabalıklar sıcaklık yönünden genellikle 20 °C'nin altındaki sularda yaşamaktadırlar. Dolayısıyla soğuk su balıkları grubuna dâhil edilmektedirler. Ancak, gökkuşağı alabalığı su sıcaklığına karşı oldukça toleranslı olup 26 °C kadar olan sularda hayatını idame ettirebilmektedir. Alabalık türlerinin en iyi büyüme sıcaklıklarının 12-16 °C olduğu bildirilmiştir. Çözünmüş oksijence zengin, soğuk ve berrak suları sever. Optimum gelişim için 9 ppm oksijene ihtiyaç duyan bu balıklar 100 cm boyuna ve 25 kg ağırlığa kadar ulaşabilirler (Aras, 1995).

Hemen hemen dünyanın bütün bölgelerinde yetiştirilmektedir. Çevresel faktörlere karşı adaptasyon kabiliyeti yüksek ve hızlı büyüyen bir türdür. Yem değerlendirme oranının yüksek oluşu, kolay döl alımı, kısa inkübasyon periyodu ve hastalıklara karşı yüksek mukavemet özelliği bu türün kültür balıkçılığında tercih edilmesinin diğer önemli sebeplerindendir (Lindhors-Emme 1990).

Alabalıklar küçük balık, solucan, balık yumurtaları ve su üstünde gezinen, uçuşan böcekleri yakalayarak yer. Çok hareketli olduklarından avlanmaları zordur. Özel avlanma metotları vardır. Kış mevsimini, yaşadıkları suların derinliklerinde geçirirler. Alabalık, en lezzetli tatlı su balıklarındandır. Kılçıklarının azlığı ve karın boşluğunun küçüklüğü sebebiyle eti boldur. Proteince zengin olduğundan sağlıklı beslenmede üstün vasıflı bir gıdadır. B ve D vitaminleri ile iyot ve fosfor bakımından zengindir.

Ülkemiz deniz ve akarsularında alabalık mevcuttur. Doğu Anadolu, Karadeniz, Akdeniz bölgesinin yüksek yerlerindeki akarsularda ve Aras, Çıldır, Uludağ, Sapanca göllerinde bulunduğu gibi, Abant gölünde de alabalık üretimi yapılmaktadır. Alabalık, iç su yetiştiriciliğinde, ülkemizde en çok tercih edilen balık çeşididir. Özellikle gökkuşağı alabalığı Türkiye şartlarında 10-12 ayda 250 gram ağırlığa ulaşabilmektedir. Ülkemizde yetiştirilen alabalık iç tüketime sunulur ve ihracatı yapılarak ülkemiz ekonomisine büyük katkıda bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) <https://salibahtiyar.tr.gg/Turkiye-h-nin-Endemik-ve-Egzotik-Alabaliklari.htm>

Alabalığın akuaponik uygulamalarında başlıca tercih edilme sebepleri; Hızlı büyüyerek 9 ay gibi kısa bir sürede pazar boyuna ulaşması ve yeni bir üretimi başlatmasıdır. Yem dönüşüm oranı ve yem değerlendirme oranında sağladığı avantajlar türün kullanılmasında diğer faktörlerdir. Bunun yanı sıra soğuk iklimler için uygun olması, karnabahar (*Brassica oleracea*) brokoli (*Brassica oleracea italica*) gibi kışın yetişen bitkiler için gereken iklim şartlarına eşdeğer su sıcaklığında yaşayabilmesi. Kış aylarında suyu ısıtmak için enerjiye ihtiyaç duyulmaması da diğer önemli nedenler arasındadır.

2.3.1.3 Asya Levreği (*Lates calcarifer*)

Doğal ortamdan yakalanan yavru Asya levreğinin yetiştirildiğine ilişkin ilk raporlar Hindistan'a ait olup, diğer güney-doğu Asya ülkelerinde geleneksel olarak doğal dölleme yoluyla gölet ve kafes yetiştiriciliği uygulanmıştır. Ancak, doğal suların yavru elde etmenin zorluğu türün yoğun üretimini engellemiştir. Bu sorunu çözmek için Tayland Hükümeti, 1970'lerin başında Songkhla Deniz Balıkçılık Araştırma Merkezinde yetiştiricilik araştırmalarına başlanmış ve ilk yavru eldesi 1973 yılında gerçekleşmiştir (Wongsomnuk and Manevonk, 1973). Kuluçkadan üretilen yavrular Tayland'daki büyük ölçekli çiftliklerin oluşmasını sağlamış ve bu bölgedeki diğer ülkeler için Thais tarafından uluslararası eğitim programları başlamıştır. Daha sonra ise Filipinler, Tayvan, Malezya ve Singapur'daki kuluçkahanelerde üretimleri gerçekleştirilmiştir. Barramundi, günümüzde bu ülkelerde su ürünleri sektörünün temelini oluşturmaktadır.

Barramundi, acı, tatlı ve tuzlu sularda yetiştirilebilir. Ayrıca katadrom tür oldukları için gonadal gelişimlerini tamamlamak adına tuzlu suya ihtiyaçları vardır. Eurohalin olan tür doğada, 180 cm total boya ve 60 kg daha fazla ağırlığa kadar büyüebilmektedirler. Kıyı suları, haliçler, lagünler ve akarsularda yaşayan barramundi, genellikle 26–30 °C 'lik sıcaklık aralığında, temiz veya bulanık sularda yaşarlar. Sıcaklık değeri 18 °C'nin altına düştüğünde yem almazlar. Yumurtaları ve larvaları acı veya tuzlu suda (%22-40) yaşayabilir. Seksüel olgunluğa 2-3 yaşındayken ulaşırlar. Genel olarak, 80 cm'den küçük balıklar erkek, 100 cm ve üzeri balıklar ise dişi karakterdedir. En iyi yumurtlama aktivitesi Kasım-Aralık ve Şubat-Mart aylarında, gece, tam ve yeni ayın ardından meydana gelmektedir (Rimmer and Russell, 1998) (**Şekil 2.3**).

Barramundi, yüksek stok yoğunluğunu tolere eden ve geniş fizyolojik toleransları olan dayanıklı bir türdür. Özellikle yavru döneminde çok fazla kanibalizm görülmesinden dolayı 2 haftada bir boylama yapılması tavsiye edilmektedir. Dişi balıkların fekonditesi oldukça yüksektir, sadece bir dişi 30-40 milyon yumurta üretebilir ve bu da kuluçka üretimi için bol miktarda yavru balık sağlar. Kuluçkahane üretimi basittir. Barramundinin pelet yemlere adaptasyonu

yüksek olup yavruların pelet yeme alışması kolaydır. Barramundi hızla büyür ve altı aydan iki yıla kadar hasat edilebilir boyuta (0.350-3 kg) ulaşır.



Şekil 2.3 Asya Levreği (Barramundi) (*Lates calcarifer*) (<https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/fisheries/species-identification/inshore-estuarine-species/barramundi>)

Barramundi akuaponik için son derece uygun bir türdür. Özellikle yaz aylarında yetiştirilen bitki türleri için, sıcak suları sevdiğinden dolayı oldukça elverişlidir. Ancak kış aylarında ısıtma hayati önem taşır. Çabuk büyümesi, stok yoğunluğunu tolere edebilmesi, hastalıklara karşı dayanıklı olması ve yem dönüşüm oranının sağladığı avantajlar tercih edilme sebeplerindendir.

2.4 Akuaponik Sistemlerde Üretilen Ürünler

2.4.1 Bitkiler

Akuaponik sistemlerde pırasa (*Allium porrum*), kereviz (*Apium graveolens*), patlıcan (*Solanum melongena*), mısır (*Zea mays*), gölevez (*Colocasia esculenta*), karnabahar (*Brassica oleracea*), bamya (*Abelmoschus esculentus*), pancar (*Beta vulgaris*), lahana (*Brassica oleracea L var. capitata*), kabak (*Cucurbita pepo L.*), biber (*capsicum annum L.*), salatalık (*Cucumis sativus L.*), domates (*Lycopersicum esculantum*), lahana (*Brassica oleracea L var. capitata*), brokoli (*Brassica oleracea italica*), fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*), bezelye (*Pisum sativum*), soğan (*Allium cepa*), kavun (*Cucumis melo*), çilek (*Fragaria ananassa*), pazı (*Beta vulgaris var. cicla*), marul (*Lactuca sativa*), su teresi

(*Nasturtium officinale* r.br.), fesleğen (*Ocimum basilicum*), salata yeşillikleri, çiçekler ve süs bitkileri gibi birçok bitki ve sebze türü yetiştirilmektedir (Love et al., 2014). Bu kapsamda ticari olarak akuaponik sistemlerde en çok üretimi yapılan bazı ürünler aşağıda açıklanmıştır.

2.4.1.1 Fesleğen (*Ocimum basilicum*)

Fesleğen, özellikle büyük ölçekli ticari monokültür ünitelerinde, yüksek değeri ve kentsel bölgelerdeki yüksek talep nedeniyle, akuaponik ünitelerde yetişen en popüler bitkilerden biridir. Birçok fesleğen çeşidi; İtalyan Genovese fesleğen (fesleğen), limon fesleğen ve mor fesleğen de dahil olmak üzere akuaponik birimlerde denenmiş ve test edilmiştir. Fesleğen esansiyel yağı, gıda, parfümeri ve kozmetik endüstrisinde kullanılır ayrıca bakterisidal, fungisidal, antiviral, itici, antioksidan, antidiyare, kemopreventif ve radyoprotektif aktiviteyi ifade eder. (Opalchenova and Obreshkova, 2003; Pascual-Villalobos and Ballesta-Acosta, 2003; Chiang et al., 2005; Božin et al., 2006; Gutierrez et al., 2008; Hakkim et al., 2008; Gajula et al., 2009; Dambolena et al., 2010; Runyoro et al., 2010).

Bunlara ek olarak, fesleğen kanser, konvülziyon, sağırılık, ishal, epilepsi, delilik, boğaz ağrısı, diş ağrısı ve boğmaca öksürüğü de dahil olmak üzere çok sayıda hastalık için bir çare olarak kullanılmıştır (Khatrı et al., 1995). Yüksek azot alımı nedeniyle, fesleğen akuaponik için ideal bir bitkidir, bununla birlikte, sudaki aşırı nütrient tükenmesini önlemek için dikkatli olunmalıdır.

Akuaponik ortamda özellikle de düşük ışık yoğunluğunda oldukça rahat yetiştirilen fesleğen için, m² başına 40 bitkinin ideal olduğu belirtilmiştir (Maboko and Plooy, 2013). Bitkinin sıra mesafesinin 15-25 cm olması tavsiye edilir. Çimlenme süresi ortalama 6-7 gün olup, çimlenme için gerekli sıcaklık 20-25 °C'dir. Fideler 4-5 yaprak olduğunda, akuaponik ünitelere nakledilmesi tavsiye edilir. Ünitelere nakledildikten sonra, fesleğen sıcakta ve güneşe tam olarak maruz kaldığında çok iyi büyüme gösterir. Ancak, kaliteli yapraklar hafif gölgeleme ile elde edilmektedir (**Şekil 2.4**).



Şekil 2.4. Fesleğen (*Ocimum basilicum*) <http://highlandscurrent.com/wp-content/uploads/2012/11/Basil.jpg>

Chang et al., 2005 fesleğenin büyümesi için taban sıcaklığının 10.9 °C olduğunu ve büyüme için en uygun sıcaklığın 25 °C olduğunu belirlemiştir. 27 °C'den yüksek sıcaklıklarda, bitkilerin yanık oluşumunu önlemek için yaz mevsiminde havalandırmalı veya gölgeleme ağlarıyla (%20) üzerleri örtülmelidir. Havalandırma ve 21 °C den yüksek su sıcaklığı, bitki stresini ve hastalıkların görülme sıklığını azaltmaya yardımcı olur. Büyüme süresi yaklaşık 5-6 hafta olup bitki yaklaşık 15 cm olduğunda hasat edilebilir. 70 cm'ye kadar uzayabilirler. Yapraklarda acı tatları önlemek ve dallanmayı desteklemek için bitki büyüme sırasında çiçekli uçların alınması tavsiye edilir. Ancak, fesleğen çiçekleri polinatörler ve yararlı böcekler için çekicidir, bu yüzden birkaç çiçekli yaprağı bırakmak fesleğen tohumlarını sürekli elde etmeyi sağlar. Tüm akuaponik yetiştirme teknikleri için uygundur.

2.4.1.2 Karnabahar (*Brassica oleracea*)

Karnabahar, uygun bitki aralığına sahip bitki yataklarında büyüyen ve gelişen, yüksek değerli, besleyici bir kış mahsulüdür. Karnabaharın diğer bitkilere göre daha yüksek nütrient ihtiyacı vardır ve bitkiler yüksek yoğunluktaki azotlu ve fosforlu ortamlarda daha iyi gelişir.

Karnabaharda F1 hibritleri özellikle aynı olgunlukta, erken ve toplam verimde, sıklık ve renk bakımından daha iyi baş kalitesi, haşarelere, hastalıklara ve elverişsiz hava koşullarına karşı dayanıklılık açısından avantajlıdır (Kucera et al., 2006). Karnabaharın su tüketimi, büyüme döngüsünün başlangıcında düşük, daha sonra 11. haftada en yüksek değere ulaşır.

Çakıl sisteminde veya sal sisteminde yetiştirilmesi önerilir. Gereken pH aralığı 6-6.5 olup m²'ye 3-5 bitki ekilmektedir. Diğer nütrientler dışında, potasyum ve kalsiyum karnabahar başlarının oluşumu için önemlidir. İklim koşullarına duyarlıdır ve bitki başları, sıcak, çok soğuk veya çok kuru koşullarda düzgün gelişmez; bu nedenle, uygun türü ve ekme zamanını seçmekte dikkatli olunmalıdır. Wurr et al., (1996), farklı *Brassicaceous* türlerinin çeşitli iklim koşullarında yetiştirildiğini bildirmişler ve bunların genellikle 14 ile 21 °C arasında değişen sıcaklık optimumları ile en az ve en yüksek sıcaklık 4 ile 30 °C arasında değişen sıcaklıklara sahip olan soğuk hava bitkileri olduğunu rapor etmişlerdir. Baş oluşumu için optimum aylık sıcaklık 14 ila 20 °C arasında değişim göstermektedir (Swiader et al., 1992; Baloch, 1994). Baş oluşumu aşırı sıcaklıklara çok duyarlıdır, bu da çeşitli tipte pazar kusurlarına neden olabilir. Baş kalitesi 20 °C'nin üzerinde zayıflar ve 25 °C'nin üstünde bir baş oluşumu olmayabilir (Swiader et al., 1992). Başların oluşumu ve gelişimi için iyi bir nispi nem ve tam güneş koşullarının sağlanması şartıyla 10-15 °C (sonbahar mahsulü) veya 15-20 °C (bahar mahsulü) sıcaklıklara ihtiyaç vardır.



Şekil 2.5 Karnabahar (*Brassica oleracea*) <http://aquaponics.is/ecoponics/wp-content/uploads/2014/05/CAM00068.jpg>

Bitkiler soğuk sıcaklıklara tahammül edebilir; ancak, başlar don nedeniyle hasar görebilir. Hafif gölgelemeler sıcak havalarda (23 °C'nin üstünde) faydalı olmaktadır. Tohumları 20-25 °C arası çimlenir. Fidelerin gelişimi için güneş ışınımı doğrudan sağlamak çok önemlidir, aksi halde iyi gelişim göstermeyebilirler. Bitkiler 3-5 haftalık ve 4-5 yaprak s oluştuğunda, akuaponik sisteme yaklaşık 50 cm bitki mesafesinde taşınmaya başlanması uygundur. Kafalar sıkı, beyaz ve sağlam olduğunda hasat edilebilir.

2.4.1.3 Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa*)

Kıvırcık marul fazla nütrient ihtiyacı olmadığı için akuaponik sistemlerde çok fazla tercih edilir. Bunun yanı sıra yüksek talep görmekte ve özellikle kentsel bölgelerde yüksek değer bulmaktadır. Bu durum onu büyük ölçekli ticari üretim için çok uygun bir ürün haline getirmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa*)

Baş büyümesi için, gece hava sıcaklığı 3–12 °C, gündüz sıcaklığı 17–28 °C olmalıdır. Yüksek su sıcaklıklarında (>26 °C) tadı acılaşabilir. Bitki düşük besin ihtiyacına sahiptir; bununla birlikte, sudaki yüksek kalsiyum konsantrasyonları, yaz bitkilerinde yaprakta yanık oluşumunu önlemeye yardımcı olur. Marul, hafif asitli bir pH tercih eder (6-6.5), ancak pH yaklaşık 7.6'ya kadar iyi performans gösterir (Ware, 1980). Bununla birlikte bazı demir eksiklikleri ortaya çıkabilir. Fideler, bitkilerin en az 2-3 yaprak bıraktığı üç hafta içerisinde akuaponik ünitelere ekilebilir. İkinci ve üçüncü haftalarda fidelere fosfor eklemek, kök büyümesini destekler ve bitkileri ünitelere naklederken stresi önler. Fideler m²'ye 20-25 adet ekilebilir.

2.4.1.4 Hıyar (*Cucumis sativus*)

Hıyar, *Cucurbitaceae* ailesine ait yüksek değerli bir yaz bitkisidir. Büyük bir kök yapısına sahip olduklarından dolayı çakıl sistemli akuaponik üniteler için ideal bitkilerdir. Salatalıklar sal sistemi için de uygundur, fakat aşırı kök büyümesinden dolayı, kökler boruları tıkayabilirler. Salatalık, büyük miktarlarda nitrojen ve potasyum gerektirir, bu nedenle kaç tane yetiştirileceği hesaplanmalı ve balık biyokütlesi dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.7 Hıyar (*Cucumis sativus*)

(<http://www.diaquaponicssystems.com/category/fundamentals/>)

Hıyar, bol güneş ışığı olan yerlerde, sıcak gecelerde, uzun sıcak nemli günlerde en iyi şekilde gelişim gösterir. Optimal büyüme sıcaklıkları gün içinde %70-90 nispi nem oranı ile 24–27 °C'dir. 10-13 °C' de bitki büyümesi durur. Yüksek verim için yüksek potasyum yoğunluğuna sahip olunması önerilir. Salatalık fideleri 3-4 haftada 4-5 yaprak oluşturduğunda m²'ye 2-5 adet ekilebilir. Meyveler, çiçeklenmeden 1-2 hafta sonra toplanabilir (Grubben and Denton 2004, Wang et al, 2007). Optimum koşullarda, bitkiler 10-15 kez hasat edilebilir. Hasat edilen meyveler genellikle 300 mm uzunluktadır ve her biri yaklaşık 450 gramdır. Meyvelerin aşırı genişlemesini önlemek ve altta olanların büyümesini desteklemek için birkaç günde bir hasat yapılır.

2.4.1.5 Patlıcan (*Solanum melongena*)

Patlıcan, kök sistemlerinin derin büyümesi nedeniyle bitki yataklarında iyi yetişen bir yaz meyvesidir. Bitkiler toplamda 3-7 kg verim için 10-15 meyve üretebilir. Patlıcan bitkisinin meyve uzunluğu 4 ila 45 cm arasında değişebilir, 3 ila 35 cm arasında bir kalınlığa sahip olup ve 0.5 gr ila 1500 gr arasında bir ağırlık aralığına sahiptirler (Swarup, 1995) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Patlıcan (*Solanum melongena*) <http://easyponix.com/back-in-the-garden-again/>

Patlıcanlar yüksek azota ve potasyuma ihtiyaç duyarlar, nütrient yetersizliklerinden kaçınmak için bitki sayısını belirlerken dikkatli olmak gerekir. Bitkiler, 22–26  C sıcaklık aralığında ve % 60-70 nispi nemde iyi gelişim gösterir. <9–10  C ve> 30–32  C arasındaki sıcaklıklar bu bitki için tehlikelidir. Tohumlar 26–30  C sıcaklıkta 8–10 gün içinde filizlenir. Uygun pH aralığı 5.5–7.0 olup m²'ye 3-5 bitki ekilebilir. Fidelerde 4-5 yaprak olu tu unda ünitelere aktarılabilir. Patlıcanlar 10–15 cm uzunlu undayken hasat edilebilir. Büyüme süresi 90-120 gündür.

2.4.1.6 Biber (*Capsicum Annuum*)

Birçok biber türü akuaponik sistemde yeti ebilir. Bitki yataklarında, çakıl sistem oldukça uygundur. Biberler, sıcak ortamlarda ve güneşe tam maruz kalmayı tercih eden bir yaz meyvesidir. Uygun pH aralığı 5.5–6.5'dir. Tohum  imlenme sıcaklıkları yüksektir: 22–34  C. Tohumlar <15  C sıcaklıklarda iyi filizlenmezler. 22–28  C'lik gündüz sıcaklıkları ve 14–16  C'lik gece sıcaklıkları,% 65-60'lık nispi nem altında en iyi meyve koşullarını sağlamaktadır ( ekil 2.9).



Şekil 2.9 Biber (*Capsicum annuum*) <https://portablefarms.com/2012/bell-peppers/>

Kök bölgesi için optimum sıcaklık aralığı 15–20  C'dir. Genel olarak, 10–12  C'nin altındaki hava sıcaklıkları bitkinin büyümesini durdurur ve meyvelerin anormal deformasyonuna neden olur ve bu da onları pazarlanamaz hale getirir.

Genel olarak, daha yüksek sıcaklıklarda acı biber elde edilebilir. Bitkinin üst yaprakları, güneş ışığına maruz kalan meyveyi korur. Diğer meyve bitkilerinde olduğu gibi, nitrat ilk vejetatif büyümeyi destekler (optimum aralık: 20-120 mg/litre) ancak çiçeklenme ve meyve vermede daha yüksek potasyum ve fosfor konsantrasyonlarına ihtiyaç vardır. Tarlalarda ve seralarda dolmalık biber çeşitleri ile yapılan sıra aralığı çalışmalarında biberler 0.2 ile 0.5 m arasında ekildiğinde daha yüksek meyve verimine neden olduğu görülmüştür (Jovicich et al., 1999, Jovicich et al., 2004, Locascio and Stall, 1994).

2.4.1.7 Domates (*Lycopersicon esculentum*)

Domates tüm akuaponik tekniklerinde yetiştirilebilen bir yaz bitkisidir. Domateslerin, başta potasyum olmak üzere yüksek besin ihtiyacı göz önüne alındığında, besin eksikliklerinden kaçınmak için balık biyokütlesine göre birim başına bitki sayısı planlanmalıdır. Bitkilerin vejetatif büyümesini desteklemek için erken aşamalarda yüksek bir azot konsantrasyonu tercih edilir; bununla birlikte, büyümeyi desteklemek için çiçeklenme aşamasında potasyum bulunmalıdır. Uygun pH 5.5–6.5 aralığıdır. 8–10 °C'nin altında bitkilerde büyüme durur. Domatesler, tatlı suyun bulunmadığı bölgeler için uygun olan, tuzluluğa karşı orta derecede bir toleransa sahiptir (**Şekil 2.10**).



Şekil 2.10 Domates (*Lycopersicon esculentum*)

https://ecowatchcanada.files.wordpress.com/2013/07/aquaponic_small.jpg

Meyve aşamasında daha yüksek tuzluluk, ürünlerin kalitesini artırır. Fide 10–15 cm olduğunda ve gece sıcaklıkları sürekli olarak 10 °C'nin üzerinde olduğunda fideleri çimlenmeden 3-6 hafta sonra ünitelere nakledilebilir. Maksimum büyüme potansiyeli için, ideal sıcaklık aralığı gün boyunca 21-29 °C, gece boyunca 18-20 °C'dir (Peirce, 1987). 40-60 cm bitki mesafesi ile m²'ye 3-5 bitki ekilebilir.

2.4.1.8 Brokoli (*Brassica oleracea italica*)

Brokoli, besleyici bir kış sebzesidir. Hasatta büyük ve ağır bir bitki olduğu için, çakıl yöntemi önerilen seçenektir. Brokoli, besin açısından zor bir bitki olduğu için büyümesi orta derecede zordur. İdeal pH aralığı 6–7'dir. 40-70 cm bitki aralığı ile m²'ye 3-5 bitki ekilebilir (**Şekil 2.11**).



Şekil 2.11 Brokoli (*Brassica oleracea italica*)<http://portablefarms.com/wp-content/uploads/2011/08/broccoli3may3.jpg>

Brokoli deneyinde, yüksek sıcaklıklar (30 °C ve üzeri), erken çiçek başlangıcı ve kalite parametrelerinde azalma ile sonuçlanmıştır (Bjorkman and Pearson, 1998). Gündüz sıcaklıkları 14–17 °C arasında olduğunda brokoli en iyi şekilde büyür. Bitkiler 15-20 cm olduğunda ve 4-5 yaprak oluştuğunda bitki ünitelerine nakledilebilir. Bitki arası mesafe 40-50 cm'den az olduğunda baş gelişimleri küçülür.

2.5 Akuaponik Sistemde Üretim Uygulamaları

Lennard and Leonard, 2004; yılında murray cod balığı (*Maccullochella peelii peelii*) ile kıvrıkcık marul (*Lactuca sativa*) yetiştiriciliğinde, çakıl yataklı akuaponik sistem kullanarak ve sürekli su akışına karşı, süreksiz su akışını test ederek hangisinin daha verimli olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmanın sonunda murray cod balığı her iki deneme sisteminde de yem değerlendirme ve ağırlık kazancı değerleri bakımından istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Marul gelişiminde ise sürekli su akışı olan deneme grubunun daha iyi gelişim gösterdiği ve daha fazla biyokütle oluşturduğu saptanmıştır.

Rakocy et al., 2004; yılında tilapia (*Oreochromis niloticus*) türü balıkları kullanarak fesleğen yetiştirmişler ve geleneksel üretim yöntemiyle akuaponik

üretimi yöntemini karşılaştırmışlardır. Öngörülen yıllık tilapia üretimi 4.37 ton olarak belirlenmiştir. Ortalama fesleğen verimi ise sırasıyla 2.0, 1.8 ve 0.6 kg/m² olmuştur. Sistemin tahmini yıllık üretimi, kademeli üretim ile 5 ton fesleğen olarak belirlenmiştir. Besin eksikliği belirtileri sadece parti kültürlü fesleğende ortaya çıkmıştır. Balıklara verilen yem miktarı parti kültürü için 81.4 gr/gün/m² ve kademeli üretim için 99,6 gr/gün/m² olmuştur. Fesleğen üretiminin, 99.6 gr/gün/m² yem miktarı ile akuaponik sistemde sürdürülebilir olduğu görülmüştür.

Lennard and Leonard, 2006; yılında kod balığı (*Maccullochella peelii peelii*) ile kıvırcık marul (*Lactuca sativa*) kullanarak üç farklı hidroponik teknik olan çakıl, sal ve nütrient film tekniklerinin arasındaki farklılıkları akuaponik sistemde kıyaslayarak test etmişlerdir. Balıkların tüm sistemlerde FCR ve biyokütle kazançlarında farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Marul gelişimlerinin iyi olduğu, biyokütle kazancı ve verim bakımından, Çakıl Yatağı>Yüzen>NFT ilişkisi izlenmiş olup, denemeler arasında önemli farklılıklar görülmüştür ($p<0.05$). NFT sisteminde nitrat giderimi (%20 daha az verimli) açısından diğer iki sistemden önemli ölçüde daha az etkili iken ($p>0.05$), fosfat giderimi açısından herhangi bir deneme sistemleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Çözünmüş oksijen, su değişimi ve iletkenlik açısından, herhangi bir test uygulaması arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Genel olarak, elde edilen sonuçlara göre, balık yetiştiriciliğinden gelen sudaki nütrient madde gideriminde ve bitki biyokütlesi veriminde NFT sisteminin diğer sistemlerden daha az etkili olduğu görülmüştür.

Graber and Junge, 2008; yılında Zürih'teki Waedenswil'de kurulu bir sualtı RAS'ında, üç farklı bitki türünü balık atık sularından gelen besinler ile sulayarak yetiştirmişlerdir. Balık atık suyunun nitrifikasyonunu sağlamak için özel bir damlama filtresi tasarımı kullanmışlardır. Bu kapsamda hafif genleşmiş kil (LECA) 30 cm uzunluğundaki sebze kutularına doldurulmuş ve biyofilm büyümesi ile bitki kültürü alanı için yüzey alanı sağlanmıştır. Bu kapsamda patlıcan, domates ve salatalık kültürleri LECA filtresinde kurulmuş ve 42–105 gün için besin giderleri hesaplanmıştır. En yüksek nütrient kazanımı meyve hasadı ile domates kültüründe elde edilmiş olup; 3 aydan fazla bir sürede meyve üretimi giderimi hidroponik sistemde N, P ve K için sırasıyla 0.52, 0.11 ve 0.8 g m²/d⁻¹ ve

akuaponik içinde N, P ve K sırasıyla 0.43, 0.07 ve 0.4 g m²/d⁻¹ olduğu gözlenmiştir. Akuaponik sistemlerde, toplam sistem tarafından nitrojen gideriminin %69'u yenilebilir meyvelere dönüştürülmüştür. Bu sonuçlara göre akuaponik üretimde bitki verimi, geleneksel hidroponik üretim sistemlerine benzer olduğu bildirilmiştir.

Pantanella et al., 2010; yılında Tuscia Üniversitesi Deney Çiftliği'nde yürütülen araştırma, akuaponik ve hidroponik yüzen sal sistemlerde yetiştirilen iki adet marul türünün (*Lactuca sativa*, *L. integral*) verimi karşılaştırmışlardır. Hidroponik işlem için 1.7 dS m⁻¹ ve pH 5.5 destekli bitki büyümesi için besin çözeltisi kullanılmıştır. Akuaponik sistemi için farklı balık yoğunlukları altında iki uygulamada farklı yoğunluklarda nütrient kullanılmıştır. Her akuaponik denemesi Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) ile stoklanmış 3 bağımsız 250-L tanktan oluşturulmuştur. Her balık tankı için bitki yoğunluğu m²'de 20 bitki olacak şekilde 1.5 m² yüzen bitki platformu meydana getirilmiştir. İlk deneme için hidroponik sistemden m²'de 2.8 kg verim alınmıştır. Akuaponik sistemde ise bu verim 2.7 kg olarak tespit edilmiştir. İkinci deneme için, hidroponik sistemde m²'de 6.0 kg, akuaponik denemesinde ise m²'de 5.6 kg verim alınmıştır. Bununla birlikte hidroponik için kullanılan sudaki farklı besin konsantrasyonları bitki mineral kompozisyonunu etkilediği saptanmıştır. Akuaponik üretimdeki bitki yaprakları fosfor bakımından daha zayıf olmasına rağmen kalsiyum, potasyum magnezyum ve sodyum açısından daha zengin içerik göstermiştir.

Liang and Chien, 2013; yılında kırmızı tilapia (*Oreochromis sp.*) türünü kullanarak akuaponik sistemde su ıspanağı (*Ipomoea aquatica*) yetiştiriciliği yapmışlardır. Su kalitesi güvenli sınırlarda tutulmuştur. Yaprak transpirasyonundan ve buharlaşmadan dolayı 4 hafta içinde su kaybı %3.3 oranında tespit edilmiştir. Balık ölümü görülmemiştir. Genel ortalama ağırlık kazancı balıklar için %43.9 ve bitki için %169 olmuştur. 24 saat aydınlık olan denemede, 12 saat aydınlık olan gruba göre %2.4 daha fazla balık büyümesi, %12 ise daha yüksek bitki büyümesi tespit edilmiştir.

Medina et al., 2015; yılında yaptıkları çalışmada, mavi tilapia (*Oreochromis aureus*) kullanarak horozibiği (*Amaranthus tricolor*) türünün

yetiştiriciliğini 60 gün süre ile denemişlerdir. Bu kapsamda balıklara verilen yem, balık unu bazlı kontrol yemleri, bitki bazlı alternatif yemden (sırasıyla %32 ve %0.40) daha yüksek ham protein (%40) ve fosfor (%1.12) içermiştir. Alternatif yem, deney boyunca akvaryum kültür suyunda önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda nitrat-N ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) ile hayvansal ürün verimine ($p=0.05$) meydana getirmiştir. Ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), toplam amonyak azotu (TAN), pH ve çözünmüş oksijen (DO) seviyeleri, kontrol ve alternatif yem denemeleri arasında önemli ölçüde farklılık bulunmamıştır. Ekonomik analiz sonucunda ise bitki bazlı, daha düşük proteinli yemden elde edilen bitki verimliliğinin azalmış balık üretimine rağmen potansiyel olarak toplam akuaponik çiftlik gelirini artırabileceğini ortaya konmuştur.

Khater et al., 2015; yılında domates yetiştiriciliği için akuakültürdeki besin içeriğinin ne ölçüde yeterli olduğunu araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, suyun akış hızının artmasının besin tüketimini arttırdığını göstermiştir. Büyüme periyodunun sonunda atık suyun debisinin 4.0 l/saat' ten 6.0 l/saat'e artması, bitki köklerini ve gövdesini sırasıyla 50.33' den 55.33 e, 149.33 den 191.33 e arttırmıştır. Debinin 4 l/saat'ten 6.0 l/saate artmasıyla gövdenin yaş ve kuru ağırlıkları önemli ölçüde artmıştır (sırasıyla 998.01'den 1372.10'a ve 83.71'den 275.09 grama). Yine debinin 4 l/saat'ten 6.0 l/saat'e artmasıyla kökün yaş ve kuru ağırlıkları önemli ölçüde yükselmiştir (sırasıyla 388.07'den 423.91'e ve 30.37 'den 38.98 gr'a). Debinin 4 l/saatten 6.0 l/saat'e artmasıyla bitki verimi önemli ölçüde 1.06'dan 1.37 kg/bitki'ye artmıştır. Debinin 4.0'dan 6.0 l/saat'e artmasıyla meyvelerin ağırlığı ve meyve sayısı sırasıyla 75.07'den 81.32 gr'a ve 14.12 16.85'e yükselmiştir. Debinin 4'ten 6.0 l/saat'e artmasıyla su kullanımı verimi ise 5.54'ten 7.16 kg/m^3 'e artmıştır.

Hu et al., 2015; yılında farklı yenebilir bitki türlerine sahip akuaponik sistemlerde azot dönüşümleri, domates (*Lycopersicon esculentum*) ve pak choi (*Brassica campestris* L. subsp. chinensis) sistematik olarak inceleyip ve karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, domates ve pak choi tabanlı akuaponik sistemlerin nitrojen kullanım verimlerinin (NUE) sırasıyla %41.3 ve %34.4 olduğunu göstermişlerdir. Domates bazlı akuaponik sistemde nitrifikasyon yapan bakterilerin sayısı, daha yüksek kök yüzey alanı nedeniyle, pak choi-bazlı

akuaponik sisteme göre 4.2 kat daha yüksek tespit edilmiştir. Buna ek olarak, domates bazlı sistem, pak choi tabanlı sisteme göre daha iyi su kalitesine sahip olmuştur. Azot girişinin yaklaşık % 1.5 ila % 1.9'u domates ve pak koi bazlı akuaponik sistemlerinde nitro oksit (N_2O) olarak atmosfere salınmıştır. Bu durum akuaponiğin potansiyel bir insan kaynaklı N_2O emisyonu olduğunu düşündürmektedir.

Yen and Chou, 2016; yılında yaptıkları çalışmada, su ısıpnağı (SI) ve tatlı fesleğen (TF) 'nin yeniden sirkülasyona tabi tutularak bir sistem (RAS) ile suyun arıtılmasını, biyo medya olarak istiridye kabuğu (İK) ve seramik halka (SH) kullanılarak araştırmışlardır. İK + SI, İK + TF, SH + SI ve SH + TF'nin dört kombinasyonu oluşturuldu. Sonuçlar, biyo medyanın hem NH_3-N 'nin NO_3-N 'ye transferini hem de organik maddenin biyodegradasyonunu etkilediğini, istiridye kabuğunun atık suyundaki pH ve kalsiyumu önemli ölçüde arttırdığını göstermektedir. SEM sonuçları, İK'nin biyofilmin büyümesini destekleyen bir tabaka yapısına sahip olduğunu ve çözeltiye salınan İK'nin ana bileşeni $CaCO_3$, pH'ı arttırdığını ve iyi nitrifikasyona yol açtığını ortaya çıkarmıştır. Toplam organik karbon ölçümleri; her iki biyomedyanın organik atıkları 1 k Da TOC dan daha küçük partiküllere ayrıştırdığını ve bunun da bitkiler tarafından emilen nütrienti sağladığını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, RAS'ın su arıtma verimliliği İK + SI > İK + TF > SH + SI > SH + TF' olduğu bulunmuştur.

Cerozi and Fitzsimmons, 2016; yılında, fitaz destekli yemlerin aquaponic sistemlerde P dinamiği, P mevcudiyeti, P stoğu, balık ve bitki büyüme parametreleri ve Nil tilapia karkas kompozisyonu ile marul bitkilerinin fosfor içeriği üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. 1000 FTU/kg konsantrasyonunda fitaz ile takviye edilen yem, in vitro bir deneyde kontrole kıyasla salınan fosforda önemli bir artış gösterdi. Fitaz takviyesi, balık karkasındaki fosfor birikiminde kontrole göre artmış, ancak büyüme performansını etkilememiştir. Balık yemlerine fitaz eklenmesi, balıkların fosfor salınımını azaltarak, fosfor kullanımını arttırdı. Fitazın neden olduğu, balıkların suya bıraktığı düşük miktarda fosfor, akuaponik besin çözeltisi olarak kullanılarak yetiştirilen marulun büyümesini veya fosfor içeriğini bozmaz. Balık yemlerindeki fitaz kullanımının, mevcut çalışmada fosforun genel kullanımını artırmasına

rağmen, minimum balık gereksinimlerini karşılamak için inorganik fosforun küçük bir kısmının takviye edilmesi önerilmektedir.

Sreejariya et al., 2016; yılında üç farklı su devridaim süresini (gündüz (07.00 - 18.00 saat), gece (18.00 - 07.00 saat) ve 24 saat kontrol) ve gölgelemesinin (% 30,% 60 ve gölgeleme kontrolü yok) ticari akuaponik sistemdeki kırmızı tilapya ile yetiştirilen marulun büyümesi ve özündeki nitrat içeriğinin üzerindeki etkilerini değerlendirmek için iki deney yapılmışlardır. İlk denemede, suyun sirkülasyon süresinin marul gelişimini etkilemediği, dolayısıyla işletme maliyetini azaltarak akuaponiğin kârlılığını artırma olanağı sunulduğu görülmüştür. İkinci denemede, gölgelemenin etkisinin yaprak damarlarının özündeki nitrat içeriğindeki etkilerini ortaya koymuştur, fakat tüm denemelerde Avrupa Birliği tarafından belirlenen standart aralıkta kalmıştır. En yüksek marul büyümesi% 30 oranındaki gölgelemede,% 60'lık gölgeleme ise en düşük büyümeyi göstermiştir ($P < 0.05$).

Addy et al., 2017; yılında yaptıkları çalışmada, amonyak kontrolü için *Chlorella* sp., kültürünü yüzen-sal akuaponik sisteminde değerlendirmişlerdir. Akuaponik sistemlerin çalışması sırasında algal biyokütle verimi, sebze ve sistemlerden ana besinlerin giderilmesi izlenmiştir. Sistemler tam faaliyete geçtiğinde, yosun üretimi yaklaşık olarak 4.15 ± 0.19 g/m²/gün (kuru bazda) düşüktür, çünkü büyüme koşulları öncelikle balık ve sebze üretimine uyarlanmıştır. Bununla birlikte, alglerin nitrifikasyon bakterilerinin neden olduğu pH düşüşünü dengelemede olumlu bir etkiye sahip olduğu ve alglerin besin olarak nitrat azotunu değil, amonyak azotunu tercih ettiğinden dolayı amonyağın algler tarafından kontrol edilebileceği bulunmuştur. Algler sebzelere göre genel azot giderimi için daha verimlidir.

Makhdom et al., 2017; inci gurami (*Trichopodus leerii*) türünün yoğun kültüründe atık sulardan gelen besinlerin geri dönüşümü için basit bir ortam-bazlı akuaponik sistemde kiraz domatesinin (*Solanum lycopersicum*) yetiştiriciliğini denemişlerdir. Kiraz domates, sabit balık stok yoğunluğu ile her akuaponik sistemine 0 (kontrol), 3 (T1), 6 (T2) ve 9 (T3) tane olacak şekilde dikilmiştir. Akuaponik sisteminin çıkışında toplam amonyak nitrojen (TAN), nitrit (NO₂),

nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), pH ve çözülmüş oksijen (DO) parametreleri 60 günlük boyunca ölçülmüştür. Her bir deneme, balık tankı ve bitki yetiştirme yatağı içeren akuaponik sistemlerle donatılmıştır. Sistemin verimi, balık ve bitki büyüme indeksleri kaydedilerek ölçülmüştür. Suyun azot giderilmesi T3'te (dokuz bitki ile) diğer denemelere kıyasla en yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubunda en yüksek TAN (6.59 ± 0.241 mg/l), nitrit (0.42 ± 0.005 mg/l), nitrat (0.45 ± 0.162 mg/l) ve fosfat (30.47 ± 0.371 mg/l) konsantrasyonları elde edilmiştir. En düşük TAN (0.05 ± 0.091 mg/l), NO_2 (0.11 ± 0.008 mg/l), NO_3 (29.77 ± 0.205 mg/l) ve fosfat (18.59 ± 0.185 mg/l) T3 ($p<0.05$) konsantrasyonlarında tespit edilmiştir. Maksimum balık ağırlığı artışı T3'te ($\%26\pm0.014$) 1.26 ± 0.059 FCR ile kaydedilmiş ve en düşük balık ağırlığı artışı kontrol grubunda ($\%15\pm0.024$) 2.19 ± 0.446 FCR ile ölçülmüştür ($p<0.05$). Toplam bitki boyu kazancı, T3'te (74.70 ± 1.153 cm) diğer gruplara göre maksimum değerde elde edilmiştir ($p<0.05$). Bu kapsamda küçük ölçekli akuaponik yetiştirme yatak sisteminin, hem bitki hem de balıkların ev yapımı üretim sistemi için uygun ve gelişebileceği sürdürülebilir bir ekosistem yaratılabileceği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Deneme Ortamı ve Ekipman

Deneme, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde yürütülmüştür. Denemelerde kullanılan balıklar için her biri 50*30*32 cm ebatlarında ve su hacmi 48 lt olan toplam 6 adet cam akvaryum, bitki yatağı için ise her biri 45*30*15 cm ebatlarında ve su hacmi 20 lt (0.13 m^2) olan 6 adet köpük kutulardan yararlanılmıştır. Sal ve çakıl sisteminde substrat olarak lav taşı ile kullanılmıştır. Akvaryumlarda kartuş filtreden (10 mikron) geçirilerek depo tankında dinlendirilmiş şebeke suyundan yararlanılmıştır. Kapalı devre sisteminde su devir daiminde 12 watt'lık 6 lt/dak. devirli su motorları kullanılmıştır. Akvaryum sularının temiz kalması için hava destekli mekanik filtrelerden yararlanılmış olup, günlük yapılan sifonlama sonucu eksilen su kadar (%10) taze su girişi yapılmıştır.

Akvaryumlarda istenen oksijen miktarı, üniteye bulunan havalandırma hatları ile sağlanmıştır. Sistemde aydınlatma için 28 watt gücünde led lamba kullanılmıştır. Ayrıca balık ve bitkilerin ağırlıklarının ölçülmesinde Kern marka hassas terazi (0.01 gr), 1 mm hassasiyetli cetvel, oksijen ölçümleri için HI 9142 marka oksijenmetre, ph-azotlu bileşiklerin ölçülmesi için Merck Pharo 100 Visible Su/Atıksu Analiz Spektrofotometresi ve sıcaklık ölçümleri için de 2 adet cıvalı termometre kullanılmıştır. Deneme süresi boyunca pH seviyesinin 6.5–7.5 arasında olması için her bir akvaryum için 2 ml sülfürik asit (H_2SO_4) oranında ortama eklenmiştir (Kalbacher, 2016).

Bununla birlikte deneme süresince deneme gruplarında ortamlarının günlük olarak pH, sıcaklık ve oksijen ölçümleri, haftalık olarak ise amonyak (NH_3), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4^{-3}) ve magnezyum (Mg) ve analizleri ölçülmüştür (Wild et al., 1998; Rincon et al., 2002; Lennard, 2004; Favela et al., 2006;).

3.2. Balık-Bitki Temini ve Yem

Denemede kullanılan balıklar Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümüne ait laboratuvarında bulunan Nil tilapiaları (*Oreochromis niloticus*) anaçlarından doğal yolla temin edilen bireylerden seçilmiştir. Çalışmada bitki materyali olarak ise kıvırcık marul (*Lactuca sativa*) fideleri ise Agrobay Seracılıktan (Bergama) temin edilmiştir.

Denemede 1-1,5 mm ebatlarında ekstruder ticari alabalık başlangıç yemi kullanılmıştır. Balıklara verilen yemin besinsel madde içeriği **Tablo 3.1**'de sunulmuştur.

Tablo 3.1 Denemede kullanılan 1-1.5 mm'lik ticari alabalık başlangıç yeminin besin madde kompozisyonu

Besin Madde İçeriği/Birim	Miktar
Ham Protein (%)	55
Ham Yağ (%)	19
Ham Kül (%)	13
Nem (%)	8,5
Toplam fosfor (%)	1,5
Kalsiyum (%)	3
Vitamin A (IU/kg)	7500
Vitamin D3 (IU/kg)	2500
Vitamin E (IU/kg)	250
Vitamin C (IU/kg)	200000
Vitamin K (IU/kg)	50
Inositol (IU/kg)	300000
Choline (IU/kg)	600000
Enerji ME (kcal/kg)	3500-3700

3.3 Deneme Düzenegi

Denemede çakıl ve sal tekniklerinde yapılan üretim karşılaştırılmıştır. Denemede çakıl grubu A1, A2, A3, sal grubu ise B1, B2, B3 olarak adlandırılmış ve çalışma üç tekrarlı yürütülmüştür. Her bir akvaryuma 8 adet balık olmak üzere toplamda 48 balık kullanılmıştır (Ortalama ağırlığı 90.53 ± 3.90 gr, ortalama total boy 16.11 ± 0.14 cm). Balıklar akvaryumlara ortalama 15 kg/m^3 olacak şekilde yerleştirilmiştir (Endut et al., 2016). Balıklar ad-libitum olarak beslenmiş, günlük tüketilen yem miktarları kayıt altına alınmıştır.

Çakıl ve sal tekniğinde her bir köpük kutu içine 10'ar adet marul fidesi yerleştirilmiştir. Sal tekniğinde bitkilerin koyulacağı saksıların yüzebilmesi için suyun üzerine 1 cm kalınlığında strafor konulmuştur. Böylece hem sal hem çakıl tekniğinde toplam 30 adet fide kullanılmıştır. Fideler kutulara 10 cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Akvaryum ile fide ekimi yapılan kutular arasında su motorlar ile sürekli devri daimi yapılmıştır. Fidelere günde 18 saat aydınlık 6 saat karanlık ortam uygulanmıştır. Her iki sistem de bitkilerin ışığı daha fazla alması ve ışık kaybı olmaması için bitkileri içeren straforların üzeri alüminyum folyo ile kaplanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çakıl ve sal sisteminde ekimi yapılmış kıvırcık marul fideleri

3.4 Metrik-Meristik Ölçümler

Denemede her iki grup içinde kullanılan tüm balıkların başlangıç-deneme sonu total boy ve canlı ağırlık değerleri belirlenmiştir. Bununla birlikte balık gruplarında Total Boy, Toplam Ağırlık, Spesifik Büyüme Oranı (SBO), Yem Dönüşüm oranı (YDO) ve Yaşama Oranı (YO) aşağıda gösterilen formüllere göre

hesaplanmıştır. Balıklar adlibitum şeklinde günde 2 defa beslenmiş, günlük tüketilen yem miktarları kayıt altına alınmıştır. Deneme sonunda tüm gruplardaki balıkların ölçümleri ve sayımları tek tek sayılmıştır.

Yem Dönüşüm Oranı (YDO)

Yem Dönüşüm Oranı,

$$YDO = \text{Tüketilen yem miktarı (gr) / Canlı ağırlık artışı (gr)}$$

formülüne göre hesaplanmıştır (Santinha et al., 1999).

Spesifik Büyüme Oranı (SBO)

Spesifik Büyüme Oranının hesaplanmasında,

$$SBO = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / (t - t_0)$$

(W_t : Deneme sonundaki balık ağırlığı (g), W_0 : Deneme başındaki balık ağırlığı, $t-t_0$: Deneme süresini (gün))

formülünden yararlanılmıştır (Hoşsu vd., 2003; De Silva and Anderson, 1995)

Yaşama Oranı (YO)

Balıkların Yaşama Oranı,

$$YO \% = (N_s / N_i) \times 100$$

(N_s : Deneme Sonundaki Balık Sayısı; N_i : Deneme Başındaki Balık Sayısı)

formülüne göre hesaplanmıştır (Pechsiri and Yakupitiyage, 2005)

Deneme gruplarındaki kıvrıkcık marulların gelişim parametrelerinin izlenmesinde ise bitkilerin kök-gözde uzunluğu (cm), yaprak sayısı(n) ve toplam ağırlıkları (gr) yine deneme başında ve sonunda ölçülmüştür. Bununla birlikte deneme sonunda metrekaresine düşen verim ağırlık cinsinden hesaplanmış olup ayrıca Spesifik Büyüme Oranı da (SBO) hesaplanmıştır (Pinhoa et al., 2017).

3.5 İstatistik Değerlendirme

Deneme süresince elde edilen su parametrelerinin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistikten yararlanılmıştır. Bununla birlikte, verilerin normalliği

Shapiro Wilk ile değerlendirildikten sonra nonparametrik testlerden Mann Whitney U Testi uygulanmıştır.

Balık gruplarının değerlendirilmesinde, başlangıçta balıklar ile ilgili verilerin değerlendirilmesinde Shapiro Wilk testi ile normallik sınanmıştır. Deneme sonunda ise iki grup arasında farklılığın anlamlılığı için Mann Whitney U Testi kullanılmıştır. Marul gelişimlerinin değerlendirilme aşamasında ise Kalmogrof Smirnov testi ile normalilik sınaması yapılmış, sonrasında ise iki ortalamanın arasındaki farkın anlamlılığı testi için (Student T Testi) uygulanmıştır. Sonuçlar Ortalama $\pm$ Standart Hata ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) şeklinde gösterilmiştir. İstatistiki değerlendirme için SPSS 15 paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Su Koşulları

4.1.1 Sıcaklık

Çalışma boyunca akvaryumların günlük olarak ölçülen su sıcaklıklarına ait haftalık değerlendirme verileri **Tablo 4.1**'de verilmiş olup, deneme gruplarına ait su sıcaklığı değerleri grup içinde ve gruplar arasında haftalık bazda farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Deneme gruplarında su sıcaklığı 25.1 ile 26.9 °C arasında değişim göstermiştir.

Tablo 4.1 Deneme gruplarındaki 6 haftalık sıcaklık değerleri (°C) ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$)).

Tip	Grup	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Çakıl	A1	26.9±1.1a	25.9±1.1a	26.2±1.1a	26.5±1.1a
	A2	26.8±1.2a	26.5±1.1a	26.1±1.1a	26.4±1.1a
	A3	26.9±1.1a	26.4±1.1a	26.3±1.1a	26.5±1.1a
Sal	B1	26.9±1.2a	26.5±1.1a	26.9±1.1a	25.4±1.2a
	B2	26.5±1.1a	25.4±1.2a	26.9±1.1a	26.9±1.1a
	B3	26.4±1.1a	25.4±1.2a	26.9±1.3a	26.8±1.1a

4.1.2 pH

Deneme süresince elde edilen haftalık pH değerlerine ait verilerde **Tablo 4.2**'de gösterilmiştir. pH değerleri tüm tanklarda 7.9 ile 8.3 arasında değişim göstermiş olup pH değeri bakımından da grup içinde ve gruplar arasında önemli farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.2 Deneme gruplarındaki 6 haftalık pH değerleri ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0,05$)).

Tip	Grup	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Çakıl	A1	8.3±0.25a	7.9±0.17a	8.0±0.24a	8.3±0.20a
	A2	8.2±0.11a	7.9±0.13a	8.2±0.54a	8.1±0.24a
	A3	8.3±0.27a	8.1±0.48a	8.1±0.23a	7.9±0.20a
Sal	B1	8.2±0.06a	8.1±0.18a	7.9±0.11a	8.0±0.20a
	B2	8.3±0.11a	8.1±0.09a	7.9±0.13a	8.1±0.24a
	B3	8.3±0.07a	8.1±0.17a	8.1±0.40a	7.9±0.22a

4.1.3. Oksijen ve Azotlu Bileşikler

Tablo 4.3'te gösterildiği gibi deneme boyunca ölçülen oksijen değerlerinde grup içinde ve gruplar arasında farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Benzer şekilde azotlu bileşiklerden amonyak değerlerinde grupların kendi içinde ve gruplar arasında farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Benzer şekilde nitrit ve nitrat değerleri de yine grupların kendi içinde ve gruplar arasında farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.3 Deneme süresince gruplardaki oksijen ve azotlu bileşik miktarları ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0.05$)).

Tip	Grup	Oksijen (O ₂) (mg/lt)	Amonyak (NH ₃) (mg/lt)	Nitrit (NO ₂) (mg/lt)	Nitrat (NO ₃) (mg/lt)
Çakıl	A1	6.80±0.31a	0.10±0.01a	1.79±1.28a	28.03±29.64a
	A2	7.62±0.49a	0.22±0.23a	2.60±1.24a	23.63±22.88a
	A3	6.57±0.38a	0.21±0.17a	4.48±2.25a	22.73±21.64a
Sal	B1	6.71±0.44a	0.47±0.39a	3.96±2.00a	24.57±24.22a
	B2	7.82±0.26a	0.58±0.44a	4.00±1.95a	21.23±19.58a
	B3	7.87±0.52a	0.81±0.72a	4.01±2.02a	21.16±19.49a

4.1.4 Fosfat ve Magnezyum

Çalışma süresince izlenen fosfat ve magnezyum değerleri **Tablo 4.4**' de sunulmuştur. Fosfat ve magnezyum değerlerinde grup içinde ve gruplar arasında farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.4 Deneme gruplarında tespit edilen fosfat ve magnezyum miktarı ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0.05$)).

Tip	Grup	Fosfat (PO ₄ ³⁻) (mg/lt)	Magnezyum (Mg) (mg/lt)
Çakıl	A1	4.13±0.92a	17.96±0.49a
	A2	3.90±1.02a	17.84±0.58a
	A3	4.16±0.92a	18.03±0.44a
Sal	B1	3.53±1.24a	17.70±0.69a
	B2	3.63±1.14a	18.06±0.44a
	B3	3.43±1.24a	17.83±0.74a

4.2 Balıkların Büyüme Performansları

Deneme süresince kullanılan tilapia balıklara ait gelişim oranları, Spesifik Büyüme oranları (SBO), Yem Değerlendirme Oranları (YDO) ve yaşama yüzdeleri **Tablo 4.5**'te verilmiştir.

Tablo 4.5 Deneme gruplarındaki balıklara ait özellikler ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0.05$)).

Tip	Grup	Özellik	Deneme Başlangıcı	Deneme Sonu
Çakıl	A1	Boy (cm)	16.25±0.29a	16.75±0.55a
		Ağırlık (gr)	91.34±8.51a	100.8±9.41a
		YDO	-	0.38a
		SBO	-	0.47a
		Yaşama Oranı (%)	-	100a
	A2	Boy (cm)	15.81±0.28a	17.87±0.58a
		Ağırlık (gr)	90.87±10.94a	104.86±11.16a
		YDO	-	0.68a
		SBO	-	0.56a
		Yaşama Oranı (%)	-	100a
	A3	Boy (cm)	16.12±0.36a	18.62±0.56a
		Ağırlık (gr)	90.81±9.70a	120.84±11.66a
		YDO	-	1.17
		SBO	-	1.36
		Yaşama Oranı (%)	-	100a
Sal	B1	Boy (cm)	16.00±0.46a	17.00±0.73a
		Ağırlık (gr)	90.37±11.44a	97.94±13.72a
		YDO	-	0.40a
		SBO	-	0.37a
		Yaşama Oranı (%)	-	100a
	B2	Boy (cm)	16.25±0.45a	17.25±0.59a
		Ağırlık (gr)	89.56±10.18a	97.38±8.46a
		YDO	-	0.40a
		SBO	-	0.40a
		Yaşama Oranı (%)	-	100a
	B3	Boy (cm)	16.13±0.34a	17.68±0.86a
		Ağırlık (gr)	90.25±9.57a	112.18±10.53a
		YDO	-	1.06a
		SBO	-	1.03a
		Yaşama Oranı (%)	-	100a

4.3 Bitkilerin Büyüme Performansları

Deneme süresince marul gelişimine özellikleri **Tablo 4.6**'te verilmiştir.

Tablo 4.6 Deneme gruplarındaki kıvırcık marullara ait gelişim özellikleri ($\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$) (* Farklı harfler gruplar arası farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p \leq 0.05$)).

Tip	Grup	Özellik	Deneme Başlangıcı	Deneme Sonu
Çakıl	A1	Kök (cm)	4.48±0.13	7.18±0.58a
		Gövde (cm)	4.52±0.13	23.00±0.78a
		Toplam Ağırlık (gr)	2.65±0.17	7.58±0.62a
		Yaprak Sayısı (n)	-	20.40±0.90a
		Verim (gr/m ²)	203.84	583.07a
		SBO	-	6.44a
	A2	Kök (cm)	4.48±0.13	14.10±1.44a
		Gövde (cm)	4.52±0.13	22.20±0.75a
		Toplam Ağırlık (gr)	2.65±0.17	7.25±0.60a
		Yaprak Sayısı (n)	-	21.50±0.87a
		Verim (gr/m ²)	203.84	557.69a
		SBO	-	6.40a
	A3	Kök (cm)	4.48±0.13	10.11±0.80a
		Gövde (cm)	4.52±0.13	21.3±0.77a
		Toplam Ağırlık (gr)	2.65±0.17	7.53±0.64a
		Yaprak Sayısı (n)	-	22.30±0.97a
		Verim (gr/m ²)	203.84	579.23a
		SBO	-	6.43a
Sal	B1	Kök (cm)	4.48±0.13	7.50±0.42ab
		Gövde (cm)	4.52±0.13	21.70±0.81ab
		Toplam Ağırlık (gr)	2.65±0.17	8.03±0.78ab
		Yaprak Sayısı (n)	-	22.70±1.16a
		Verim (gr/m ²)	203.84	617.69ab
		SBO	-	6.50a
	B2	Kök (cm)	4.48±0.16	9.10±0.90ab
		Gövde (cm)	4.52±0.13	20.50±2.13ab
		Toplam Ağırlık (gr)	2.65±0.17	13.03±0.08ab
		Yaprak Sayısı (n)	-	30.20±3.02a
		Verim (gr/m ²)	203.84	1002.33ab
		SBO	-	6.98a
	B3	Kök (cm)	4.48±0.13	7.22±0.36ab
		Gövde (cm)	4.52±0.13	19.77±1.71ab
		Toplam Ağırlık (gr)	2.65±0.17	10.11±1.26ab
		Yaprak Sayısı (n)	-	26.60±2.39a
		Verim (gr/m ²)	203.84	777.69ab
		SBO	-	6.62a

Deneme sonunda marulların toplam ağırlıkları incelendiğinde her iki grup arasındaki fark önemli bulunmuş olup, sal grubundaki marulların çakıl sistemindeki marullara göre daha iyi gelişim gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Deneme sonunda çakıl (üst) ve sal (alt) sistemindeki kıvırcık marulların gelişimi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Akuaponik yetiştiricilikte hangi sistem daha iyidir diye soracak olursak; balık büyümesi, bitki gelişimi, nütrient değerleri ve diğer su kalitesi parametreleri uygunluk göstergeleri olarak kullanılabilir. Bu çalışma iki farklı hidropolik sistemi birbiriyle karşılaştırmak ve kıvırcık marul yetiştiriciliği için hangisinin daha uygun olacağının tespit edilmesi için yapılmıştır.

Balıkların fizyolojileri üzerinde önemli etkiye sahip olan su sıcaklığı deneme sürecince 25-26 °C sınırları arasında sabit kalarak değişim göstermemiş ve balıklar üzerinde olumsuz etki yaratmamıştır. Aynı şekilde yapılan çalışmada yüksek su sıcaklığı kullanılmasına rağmen yapay havalandırma sistemi ile balıkların ihtiyaç duyduğu oksijen değeri sağlanmıştır. Deneme gruplarında tespit edilen çözünmüş oksijen ve sıcaklık ortalamaları Balarin (1979) ve Popma and Masser (1999)'in çalışmalarında önerdikleri sınırlar içinde kalmıştır. Denemede azotlu bileşiklerin düzeyi de aynı şekilde optimum sınırlar içinde tespit edilmiştir. Özellikle tilapiaların hassas olduğu bileşik olan sudaki iyonize olmamış amonyak değerinde önemli değişimler olmamıştır. Tilapiaların dayanabildikleri üst limit 2 ppm olmasına rağmen çalışma boyunca bu değerler yetiştiricilik koşulları bakımından herhangi olumsuz bir durum yaratmamıştır. Ayrıca çalışmada balıklar için elde edilen spesifik büyüme oranı ve yem değerlendirme oranı incelendiğinde sal grubundaki balıkların nispeten daha iyi gelişim gösterdikleri tespit edilmiş olup elde edilen veriler diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (Warren and Davis, 1967; Likongwe et al., 1996; Jobling 1997; Dikel, 2006).

Akuaponik su ürünleri yetiştiriciliği düşük yoğunluktaki çözünmüş azot ve fosfat giderebilen bir kaç teknikten biridir (Buzby and Lin. 2014). Bu nedenle yoğun balık ve bitkisel üretim ile ilişkili olumsuz çevresel etkiler için umut verici bir çözümdür (Maucieri et al., 2017). Nitrat, fosfat ve potasyum gibi inorganik besinler ve hümik maddeler gibi organik bileşikler balık üretiminde kapalı devre sistemlerinin proses suyunda birikmektedir (Hambly et al., 2015. Martins et al., 2009. Yamin et al., 2017). Balık yemi içerdiği farklı kimyasal bileşiklerle doğrudan mikrobiyal ayrıştırma yoluyla ya da dolaylı olarak balık tarafından atılan metabolitlerin biyofiltrelerde (örn; nitrifikasyon) dönüşümden geçirilmesiyle bu sistemler için ana kaynak oluşur (van Rijn, 2013). Akuaponikte

bu kimyasal bileşiklerin birçoğu bitki büyümesi için uygun olup sistem tasarımından suyun, tekrar kullanımından ve farklı arıtma ünitelerinin uygulanmasından etkilenebilirler. Bununla birlikte, yüksek miktarlarda biriken amonyak, nitrit ve nitrat gibi bazı bileşikler olumsuz etkilerin önlenmesi için kritik eşikte tutulmalıdır. Bu gibi durumlarda belli oranlarda su değişimine gitmek özellikle balık sağlığı ve gelişimi bakımından son derece anlamlıdır. Bu kapsamda da balık üretim sınırları dışına çıkılması durumunda sisteme müdahale ederek belli oranda su değişimi uygulaması yapılmıştır. Bununla birlikte akuaponik sistemdeki nütrient birikimi, entegre hidroponik sistemlerin uygunluğunu veya verimliliğini değerlendirmek için kullanılan başka bir kriter olarak da kullanılabilir. Akuaponik sistemlerin avantajlarından biri olan bu su değişim miktarının teorik olarak düşürülmesidir. Çünkü bitkiler besin maddelerini alırlar dolayısıyla nütrient birikimi çok fazla olmaz (Rakocy and Hargreaves, 1993). Bu durum açıklandığı üzere bizim çalışmamızda da benzer şekilde meydana gelmiştir. Akuaponik sistemlerinde su katkısı sadece bitki kaynaklı evapotranspirasyon (bitki kaynaklı buharlaşma) yoluyla da meydana gelebilir. Çalışma süresince su değişim miktarı öngörülen %10 miktarının altında gerçekleşmiş olup bu durum balık ve bitkiler için olumsuz bir durum ortaya çıkarmamıştır.

Hidroponik balık kültüründen kaynaklanan atık besin maddelerinin birikimini kontrol eder ve bu sayede su tüketimini azaltabilir (McMurtry et al, 1997). Buna ek olarak pazarlanabilir ürünler üretilebilir (Rakocy and Hargreaves, 1993). İlk araştırmacılar, balık kültürü sularından gelen atık nütrientlerin hidroponikte yetişen bitkiler tarafından kullanılarak ayrıştırılabileceğini göstermiştir. Bir akuaponik sistem kapsamında hidroponik yetiştirme sisteminin seçimi, söz konusu hidroponik bileşen tarafından sağlanan farklı avantajlara dayanabilir. Örneğin; kum/çakıl sistemleri ayrı bir biyofiltre gereksinimini ortadan kaldırabilir. Zira bu sistemler aynı zamanda nitrifikasyon bakterileri için bir substrat görevi görür ve bu nedenle geleneksel biyofiltrelerin yerini alır (McMurtry ve diğerleri 1997; Seawright et al., 1998; Dontje and Clanton, 1999). Benzer şekilde çakıl/kum substratı katı madde filtreleme ortamı olarak da işlev görebilir. Öte yandan yüzen ya da sal hidroponik bileşenlerin savunucuları kum ya da çakıl substratlarının aşırı derecede ağır olduğunu ve

kolayca tıkanabileceğini su kanalizasyonuna, verimsiz biyofiltrasyona ve bitkiler için olumsuz beslenmeye yol açabileceğini iddia edilmektedir. Yürütülen çalışmada kapalı devre sistem şeklinde çalışılmasına rağmen biyolojik filtreye ihtiyaç duyulmamış ve balık sağlığı için herhangi bir risk oluşmamıştır. Bununla birlikte çalışma süresince sal grubundaki bitkilerin nispeten daha iyi gelişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu durum farklı bitkilerde de benzer sonuçlar çıkarmakla birlikte, çakıl grubunda da daha iyi bitki gelişim olduğu ifade edilmektedir (Rakocy and Hargreaves 1993; Rakocy et al. 1997; Lennard and Leonard, 2006).

Ortam suyunda azotun fazla bulunması marulun biyokütlesini arttırır. Azot konsantrasyonu balık yoğunluğu ve yem dozu ile ilişkili olarak deney süresi ile artmıştır. Bunun yanı sıra balık atıklarından üretilen nitrat yemdeki protein içeriğinden gelir (Rincon et al., 2002; Lennard, 2004). Sal grubunda önemli olmamakla birlikte nitrat değerleri daha düşük çıkmıştır. Bu durum salda yapılan üretimin daha verimli olacağını düşündürmüştür. Magnezyum konsantrasyonu günler ve balık yoğunluğu ile önemli ölçüde bağlantılıdır. Bu elementin nitrojene benzer eğilimi bulunmaktadır. Bu nedenle, balıklara verilen yemlerin iyi bir büyüme ve marul gelişimi için optimum magnezyum miktarları içermesi gerekir. Çalışmamızda yapılan analizlerde su ortamında bitki için gerekli magnezyum miktarlarına rastlanmıştır.

Çözünmüş oksijen miktarı da hidroponik sistem için önemlidir. İyi bir marul büyümesi için oksijen miktarının 2.1 mg'den daha büyük olması gerektiğini ortaya konmuştur Goto et al., (1996). Nitrifikasyon bakterileri için (biyofiltrelerde yaşayan aerobik bakteriler) oksijen miktarının 2.0 mg/l'tin üzerinde ve ılık su balık türleri için (Tilapia, Asya Levreği gibi) 5.0 mg/l olması gerektiği bildirilmiştir (Masser et al., 1999). Bu kapsamda akuaponik sistemdeki oksijen miktarı balık üzerinden ayarlanabilir. Çalışma kapsamında oksijen değerlerinden bitkilerin olumsuz etkilenmesine neden olacak seviyesinin altına gelmemiştir.

Ortam sıcaklığı geleneksel yöntemlerde (toprak) marul yetiştiriciliğinde 4 ila 27 °C arasında değişim göstermektedir (Puiatti and Finger, 2005). Hidroponik sistemlerde Fallovo et al., (2009) kış (ortalama ~22 °C) ve yaz (ortalama ~30 °C)

aylarında marul yetiştirmiş ve sıcak mevsimde (3.5 kg/m^2) soğuk mevsime (1.7 kg/m^2) kıyasla daha yüksek verimlilik kaydetmiştir. Yürütölen çalışmada da ortam sıcaklığı ($>31 \text{ }^\circ\text{C}$) marul gelişiminde etkili olmuştur. Yükselen sıcaklığın marulların tohumla gitme eğilimini arttırdığı gözlenmiştir. Bu durum diğler araştırmacılar ile benzer olarak muhtemelen büyüme potansiyellerini etkilemiştir. Elde edilen bu bulgu yüksek hava sıcaklığı ve ışık yoğunluğunun birleşimi marulda (bolting) erken çiçeklenmeye neden olması ile marul kalitesini ve pazarlanabilirliğini azalttığı fikrini desteklemiştir (Zhao ve Carey, 2009). Elde edilen verim açısından konu değlerlendirildiğinde yapılan üretimin ağırlık artışı bakımından Palm et al., (2014) ile (53 günde 56 gr) alışmasına göre daha az gelişim gösterdiği görölmektedir.

Sonuç olarak kıvırcık marul yetiştiriciliğinde her iki sisteminde kapalı devre balık yetiştiriciliğı költüründe rahatlıkla kullanılabileceğı tespit edilmiştir. Biyolojik filtre kurmadan kullanılan bu sistemlerin balık gelişimine ve balık sağılığına olumsuz bir etki yaratmadığı, balıkların yem tüketiminde oldukça iyi performans gösterdiği ve bunun yanı sıra bitki büyümesi sağılanarak ek ürün elde edilebileceğı saptanmıştır. Aynı zamanda üretimi yapılacak bitkilerde, kaliteli fide teminine dikkat edilmesi ve hava şartlarının bitkinin gelişim şartları ile uyumlu olması gerektiğı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Addy, M. M., Kabir, F., Zhang, R., Lu, Q., Deng, X., Current, D., Griffith, R., Ma, Y., Zhou, W., Chen, P. and Ruan, R., 2017.** Co-Cultivation of Microalgae in Aquaponic Systems. *Bioresource Technology*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.151>.
- Aras, M. S., Bircan, R. ve Aras, N. M., 1995.** Genel Su Ürünleri ve Balık Üretim Esasları. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yayınları, 173; 348.
- Badiola, M., Mendiola, D. and Bostock, J., 2012.** Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51; 26-35.
- Baloch, A. F., 1994.** Vegetable crops. In: *Horticulture*. National Book Foundation. Islamabad. Pakistan, 514–515.
- Bjorkman, T. and Pearson, K. J., 1998.** High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). *J. Expt. Bot.*, 49; 101–106.
- Božin, B., Mimica-Dukić, N., Simin, N. and Anackov, G. 2006.** Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54; 1882-1828.
- Bruno, D., W. and Poppe, T., 1996.** A colour atlas of salmonid diseases. Academic Press. London. pp 119-123.
- Buzby, K., M. and Lin, L., S., 2014.** Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*, 63; 39–44
- Canonico, G. C. A., Arthington, J. K., McCrary and M. L. Thieme. 2005.** The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquat. Conserv.; Mar. Freshwater Ecosystem*, 15; 463-483.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Cerozi, B., S. and Fitzsimmons, K. 2016.** The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution. *Bioresource Technology*, 219; 778-781.
- Çelik, E., 2012.** Tilapia culture review. Dissertation. Norwegian University of Life Sciences. Master Thesis.
- Chang, X., Alderson, P., G. and Wright, C. J., 2005.** Effect of temperature of integration on the growth and volatile oil content of basil (*Ocimum Basilicum* L.). *J Hort Sci Biotechnol*, 80;593–598.
- Chervinski, J. and Lahav, M., 1976.** The effect of exposure to low temperature on fingerlings of local tilapia (*Tilapia aurea*) (Steindachner) and imported tilapia (*Tilapia vulacani*) (Trewavas) and *Tilapia nilotica* (Linne) in Israel. *Bamidgeh*, 28; 25–29.
- Chiang, L. C., Cheng, P. W., Chaiong, W. and Lin, C., 2005.** Antiviral activities of extracts and selected pure constituents of *Ocimum basilicum*. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 32; 811-816.
- Chopin, T., 2015.** Marine aquaculture in Canada: Well-established monocultures of finfish and shellfish and an emerging integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) approach including seaweeds. other invertebrates. and microbial communities. *Fisheries*, 40 (1); 28- 31.
- Dambolena, J. S., Zunino, M. P., López, A. G., Rubinstein, H. R., Zygadlo, J. A., Mwangi, J. W. and Kariuki, S. T., 2010.** Essential oils composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. from Kenya and their inhibitory effects on growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11; 410-414.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- De Silva and Anderson. S., 1995.** Fish Nutrition in Aquaculture. USA. 12 (8); 279-287.
- Dikel, S., 2006.** Su Sıcaklığının Balık Yetiştiriciliğine Etkisi. 16 (B); 42-49 ISSN:1307-3311.
- Dontje, J. H. and Clanton, C. J., 1999.** Nutrient fate in aquaculture systems for waste treatment. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 42 (4); 1073–1085.
- Eatmon, T. D., Piso, Z. A. and Schmitt, E., 2013.** Chapter 8 Perception is Reality: Factors Influencing the Adoption of Commercial Aquaponics in the Great Lakes Region. In H. E. Muga. & K. D. Thomas (Eds.). Cases on the Diffusion and Adoption of Sustainable Development (195-222).
- Endut, A., Lananan, F., Hamid, S. H. A., Jusoh, A. and Nik, N. W., 2016.** Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system, Desalination and Water Treatment, DOI: 10.1080/19443994.2016.1184593.
- Falovo, C., Roupael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A. and Colla, G., 2009.** Yield and quality of leafy lettuce in response to nutrient solution composition and growing season. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7(2); 456-462.
- FAO, 2014.** The state of world fisheries and aquaculture. ISBN 978-92-5-108275-1. FAO Fisheries Department. Rome www.fao.org/3/a-i3720e.pdf (Erişim tarihi: 15.07.2018).
- FAO, 2015.** Aquaculture Newsletter. <http://www.fao.org/3/a-i4504e.pdf> (Erişim tarihi 15.07.2018).

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Favela, C. E., Preciado, R. P. and Benavides, M. A. 2006.** Manual para la preparación de soluciones nutritivas (Torreón, Coahuila: Unidad Laguna, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).
- Figueredo, C., C. and Giani, A., 2005.** Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*. L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas reservoir (Brazil). *Freshwater Biology*, 50;1391–1403.
- Gajul, D., Verghese. M., Boateng, J., Walker, L. T., Schackelford, L., Mentreddy, S. R. and Cedric, S., 2009.** Determination of total phenolics. flavonoids. and antioxidant and chemopreventive potential of basil (*Ocimum basilicum* L. and *Ocimum tenuiflorum* L.). *International Journal of Cancer Research*. 5.; 130-143.
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H. and Thorarinsdottir, R., 2015.** Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, 7 (4); 4199-4224.
- Gominho-Rosa, M. D. C., Rodrigues, A. P. O., Mattioni, B., Francisco, A. D., Moraes, G. and Fracalossi, D. M., 2015.** Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility. enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture*, 435: 92-99.
- Goto, E. Both, A. J., Albright, L. D., Langhans, R. W. and Leed, A. R., 1996.** Effect of dissolved oxygen concentration on lettuce growth in floating hydroponics. *Acta Hortic.*, 440; 205-10.
- Grabner, A. and Junge, R., 2008.** Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246; 147–156.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Grubben, G. J. H. and Denton, O. A., 2004.** Plant Resources of Tropical Africa
2. Vegetables. PROTA Foundation. Wageningen. Netherlands. page: 255
- Gupta, M. V. and Acosta, B. O., 2004.** From drawing board to dining table: The
success story of the GIFT project. NAGA. World Fish Center Quarterly.
27 (3/4); 4-14.
- Gutierrez, J., Barry-Ryan, C. and Bourke, P., 2008.** The antimicrobial efficacy
of plants oils combinations and interactions with food ingredients.
International Journal of Food Microbiology, 124; 91-97.
- Hakim, F., Arivazhagan, G. and Boopathy, R., 2008.** Antioxidant property of
selected *Ocimum* spices and their secondary metabolite content. Journal of
Medicinal Plants Research, 2; 250-257.
- Hambly, A. C., Arvin, E., Pedersen, L.F., Pedersen, P.B., Seredynska-
Sobecka, B. and Stedmon, C.A., 2015.** Characterising organic matter in
recirculating aquaculture systems with fluorescence EEM spectroscopy.
Water Res., 83, 112e120.
- Hochheimer, J. N. and Wheaton, F., 1998.** Biological filters: trickling and RBC
design. Proc. Second International Conference of Recirculating.
Aquaculture, 291-318.
- Hoşsu, B., Korkut, A. Y. ve Kop, A. F., 2003.** Balık Besleme ve Yem
Teknolojisi (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası. 3. Baskı. Ege
Üni.. Su Ürünleri Fak. Yay., 276.
- Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K.,
2015.** Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics.
Bioresource Technology. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/
j.biortech.2015.01.013](http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.013) (Erişim tarihi: 21.07.2018).

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Jobling, M., 1997.** Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change. In: Wood, C.M., McDonald, D.G. (Eds.), Global Warming: Implications for Freshwater and Marine Fish. Cambridge University Press, Cambridge, 225–253.
- Jovicich, E., Cantliffe, D. J. and Hochmuth, G. C., 1999.** Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in Northcentral Florida. HortScience. 34; 532.
- Jovicich, E., Cantliffe, D. J., Sargent, S. A. and Osborne., L. S., 2004.** Production of greenhouse-grown peppers in Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/hs228> (Erişim tarihi: 21.07.2018).
- Kalbacher, K., T. and Marquez, E. N. 2016.** Analysis of a Low Earth Orbit Photoperiod on the Development of Aquaponic Lettuce SPACE Conferences and Exposition 13-16 September 2016, Long Beach, California.
- Khater, E. G., Bahnasawy, A. H., Shams, A. S., Hassaan, M. S. and Hassan, Y. A., 2015.** Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation. Ecological Engineering. 83; 199–207.
- Khatri, M., Nasir, M. K. A., Saleem, R. and Noor, F., 1995.** Evaluation of Pakistani sweet basil oil for commercial exploitation. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 38. 281-282.
- Klinger, D. and Naylor, R., 2012.** Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course. Annu. Rev. Environ. Resource, 37; 247-276.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Kloas, W., Groß, R., Baganz, D., Graupner, J., Monsees, H., Schmidt, W., Staaks, G., Suhl, J., Tschirner, M., Wittstock, B., Wuertz, S., Zikova, A. and Rennert, B., 2015.** A new concept for aquaponics systems to improve sustainability. increase productivity. and reduce environmental impacts. *Aquaculture Environment Interactions*, 7; 179-192.
- Kucera, V., Chytilova, V., Vyvadilova, M. and Klima, M., 2006.** Hybrid breeding of cauliflower using self-incompatibility and cytoplasmic male sterility. *Hort. Sci. (Prague)*, 33; 148–152.
- Lennard, W., A. 2004.** Aquaponics Research at RMIT University, Melbourne Australia. *Aquaponics Journal*, 35; 18- 24.
- Lennard, W. A. and Leonard, B. V., 2004.** A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated. gravel bed. aquaponic test system. *Aquaculture International*, 12; 539–553.
- Lennard, W. A. and Leonard, B. V., 2006.** A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed. floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture Int.*, 14; 539–550
- Lewis, W. M., Yopp, J. H., Schramm, H. L. and Brandenburg, A. M., 1978.** Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Transaction of the American Fisheries Society*. 107 (1); 92–99.
- Liang, J. Y. and Chien, Y. H., 2013.** Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85; 693-700.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Likongwe, J., S., Stecko, T., D., Stauffer Jr., J., R. and Carline, R., F., 1996.** Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 146(1-2); 37-46.
- Lindhors-Emme, W., 1990.** Forellenzucht. Bedarf Produktion Werbung Absatz Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin. 157pp.
- Locascio, S., J. and W. M., Stall., 1994.** Bell pepper yield as influenced by plant spacing and row arrangement. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119; 899-902.
- Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J. A., Li, X. and Semmens, K., 2014.** An International Survey of Aquaponics Practitioners. Plosone, 9 (7); e102662.
- Maboko, M. and Du Plooy, C., 2013.** High-density planting of tomato cultivar's with early decapitation of growing point increased yield in a closed hydroponic system. Acta Agriculturae Scandinavica, 63; 676-682.
- Makhdom, S., Shekarabi. S. P. H. and Mehrgan. M. S., 2017.** Biological nutrient recovery from culturing of pearl gourami (*Trichogaster leerii*) by cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) in aquaponic system. Environ Sci. Pollut. Res., DOI 10.1007/s11356-017-9702-1.
- Martins, C. I. M., Ochola, D., Ende, S. S. W., Eding, E. H. and Verreth, J. A. J., 2009.** Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems? Aquaculture, 298, 43–50.
- Masser, M. P., Rakocy, J. and Losordo, T. M., 1999.** Recirculating aquaculture tank production systems: Management of recirculating systems. United States: Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No. 452, pp: 12.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P. and Borin, M., 2017.** Hydroponic system sand water management in aquaponics: a review. *Italian Journal of Agronomy*, doi: 10.4081/ija.2017.1012.
- McMurtry, M. R., Sanders, D. C., Cure, J. D., Hodson, R. G., Haning, B. C. and Amand, P., C., 1997.** Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. *Journal of The World Aquaculture Society*, 28 (4); 420-428.
- Medina, M., Jayachandran, K., Bhat, M. G. and Deoraj, A., 2015.** Assessing plant growth. water quality and economic effects from application of a plant-based aquafeed in a recirculating aquaponic system. *Aquaculture Int.*, DOI 10.1007/s10499-015-9934-3.
- Metaxa, E., Deviller, G., Pagand, P., Alliaume, C., Casellas, C. and Blancheton, J. P., 2006.** High rate algal pond treatment for water reuse in a marine fish recirculation system: water purification and fish health. *Aquaculture*, 252; 92-101.
- Naegel, L., C., A., 1977.** Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture*, 10; 17–24.
- Netto, J., P., C., Campagnoli de Oliveira, P., R., C., Lapa-Guimarães, J. and Viegas, E., M., M., 2014.** Physicochemical and sensory characteristics of snack made with minced Nile tilapia. *Food Sci. Technol.*, 34; 591–596.
- Opalchenova, G. and Obreshkova, D., 2003.** Comparative studies on the activity of basil-an essential oil from *Ocimum basilicum* L.-against multidrug resistant clinical isolated of genera *Staphylococcus*, *Enterococcus* and *Pseudomonas* by using different test methods. *Journal of Microbiological Methods*, 54; 105-110.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Palm, H. W., Seidemann, R., Wehofskey, S. and Knaus, U. 2014.** Significant factors affecting the economic sustainability of closed aquaponic systems. Part I: system design, chemo-physical parameters and general aspects. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. International Journal of the Bioflux Society 7(1): 20-32.
- Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E. and Marcucci, A., 2010.** Aquaponics vs. Hydroponics; Production and Quality of Lettuce Crop. DOI;10.17660/ActaHortic, 2012.927.109.
- Pascual-Villalobos, M., J. and Ballesta-Acosta, M., C., 2000.** Chemical Variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. Biochemical Systematics and Ecology, 31; 673-679.
- Peirce, L. C., 1987.** Vegetables: characteristics, production, and marketing. John-Wiley & Sons. Inc. Toronto, pp. 309-325.
- Pechsiri, J. and Yakupitiyage, A., 2005.** A Comparative Study of Growth and Feed Utilization Efficiency of Sex-Reversed Diploid and Triploid Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research, 36;45-51.
- Pinhoa, S., M., Molinaria,D., Lemos de Melloa, G., Fitzsimmons, K., M., Emerenciano, M., G., C. 2017.** Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on theaquaponics production of different lettuce varieties Ecological Engineering, 103; 146–153
- Popma, T. and Masser, M. 1999.** Tilapia Life History and Biology. SRAC Publication No. 283, Southern Regional Aquaculture Center (SRAC), United States Department of Agriculture, Stoneville, Mississippi, USA.
- Puiatti, M. and Finger, F. L., 2005.** Fatores climáticos. In: Fontes, P.C.R. (ed.) Olericultura teoria e prática. Suprema, Rio Branco, Brasil. p. 17-38.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Rakocy, J. E. and Hargreaves, J. A., 1993.** Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. Pages 112–136 in J. K. Wang. editor. Techniques of modern aquaculture. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph. Missouri. USA.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, K. A. and Cole, W. M., 1997.** Evaluation of a commercial-scale aquaponics unit for the production of tilapia and lettuce. Pages 357–372 in K. Fitzsimmons. editor. Tilapia aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture at Orlando. Florida. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca. New York. USA.
- Rakocy, J. E., Shultz, R. C., Bailey, D. S. and Thoman, E.S., 2004.** Aquaponic Production of Tilapia and Basil: Comparing a Batch and Staggered Cropping System. DOI:10.17660/ActaHortic.2004.648.8 (Erişim Tarihi: 21.07.2015).
- Rakocy, J., E., Masser, M., P. and Losordo, T., M., 2006.** Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. Southern Regional Aquaculture Center. Stoneville. Mississippi. pp. 1–16.
- Rakocy, J. E., 2012.** Aquaponics- Integrating Fish and Plant Culture. Aquaculture Production Systems. First Edition. Chapter 14; Edited by James Tidwell. John Wiley & Sons. Inc.
- Rimmer, M., A. and Russell, D., J., 1998.** Aspects of the Biology and Culture of *Lates calcarifer*. In: Tropical Mariculture. S.S. De Silva (ed). Academic Press. San Diego. USA pp 449-476.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Rincon, S. L., Perez, C. A., Pellicer, B., Sáez, S. J., and Abadía, S.A., (2002).**
Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 17 (2).
- Rincon, L., F., 2008.** La Fertirrigación de la Lechuga (Spain: Ediciones Mundi Prensa), pp.260.
- Runyoro, D., Ngassapa, O., Vagionas, K., Aligiannis, N., Graikou, K. and Chinou, I., 2010.** Chemical composition and antimicrobial activity essential oils of four *Ocimum* species growing in Tanzania. Food Chemistry, 119; 311-316.
- Santinha, P.M., Medale, S.J., Corraze, B. and Gomes, B., 1999.** Effects of The Dietary Protein: Lipid Ratio on Growth and Nutrient Utilization in Gilthead Seabream *Sparus aurata*. Aquaculture Nutrition, 5; 147-156.
- Savidov, N., A., Hutchings, E. and Rakocy, J., E., 2005.** Fish and plant production in are circulating aquaponic system: a new approach to sustainable agriculture in Canada. International Conference and Exhibition on Soilless Culture: ICESC 742; 209–221.
- Seawright, D., E., Stickney, R., R. and Walker, R., B., 1998.** Nutrient dynamics in integrated aquaculture–hydroponics systems. Aquaculture, 160; 215–237.
- Skelton, P., 2001.** A complete guide to freshwater fishes of southern Africa. Struik Publishers. Cape Town. Page: 380-382.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. and Lovatelli, A., 2014.** Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No: 589. FAO. 262 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Sreejariya, P., Raynaud, T., Dabbadie, L. and Yakupitiyage, A., 2016.** Effect of Water Recirculation Duration and Shading on Lettuce (*Lactuca sativa*) Growth and Leaf Nitrate Content in a Commercial Aquaponic System. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 16; 311-319.
- Swarup, V., 1995.** Genetic resources and breeding of aubergine (*Solanum melongena*). Acta Horticulturae, 412; 71–79.
- Swiader, J. M. McCollum, J. P. and Ware, GW., 1992.** Producing vegetable crops. Interstate Publishers. Inc., Danville IL., USA. 223-249. pp.
- Tokunaga, K., Tamaru, C., Ako, H. and Leung, P., 2015.** Economics of Small-scale Commercial Aquaponics in Hawaii. Journal of the World Aquaculture Society, 46; 20-32.
- Turcios, A., E. and Papenbrock, J., 2014.** Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents-What Can We Learn from the Past for the Future? Sustainability. 6; 836–856.
- Van Rijn, J., 2013.** Waste treatment in recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering, 53, 49-56. doi: 10.1016/j.aquaeng.2012.11.010.
- Wang, Y. H. T., Joobeur, R. A. and Staub, J. E., 2007.** Cucurbits. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants 5: Vegetables. pp 315-329.
- Warren, C. E. and Davis, G. E., 1967.** Laboratory studies on the feeding, bioenergetics, and growth of fish. pp. 175-214. In: SD. Gerking (ed.) The Biological Basis of Fish Production, Blackwell, London.
- Ware, G. W., 1980.** Effects of pesticides on nontarget organisms. In: Gunther F.A.. Gunther J.D. (eds). Residue Reviews, 76.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Watten, B. J. and Busch, R. L., 1984.** Tropical production of tilapia (*Sarotherodon aurea*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a small scale recirculating water system. *Aquaculture*, 41; 271–283.
- Wongsomnuk, S. and Manevonk, S., 1973.** Results of experiment on artificial breeding and larval rearing of seabass (*Lates calcarifer* Bloch). Songkhla Marine Fisheries Station. Songkhla, Thailand. Contribution, 5; 20.
- Wild, D., Kisliakove, A. and Siegrist., 1999.** P-fixation by Mg, Ca and Zeolite a during Stabilization of Excess Sludge from Enhanced Biological P-removal. *J. Water Sci. Technol.*, 34 (1-2); 391-398.
- Wurr, D. C. E., Fellows. J. R. and Phelps, K., 1996.** Investigating trends in vegetable crop response to increasing temperature associated with climate change. *Science of Horticulture*, 66; 255–263.
- Yamin, G., Borisover, M., Cohen, E., and van Rijn, J., 2017.** Accumulation of humic-like and proteinaceous dissolved organic matter in zero-discharge aquaculture systems as revealed by fluorescence EEM spectroscopy. *Water Res.*, 108, 412e421.
- Yen, H. Y. and Chou, J. H., 2016.** Water purification by oyster shell bio-medium in a recirculating aquaponic system. *Ecological Engineering*, 95; 229–236.
- Zhao, X. and Carey, E., 2009.** Summer production of lettuce, and microclimate in high tunnel and open field plots in Kansas. *HortTechnology*, 19(1); 113-119.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında İzmir’de doğdum. Selçuk Lisesinde okudum. 2009 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nde öğrenimime başladım. 2013-2014 eğitim yılında Erasmus Programı kapsamında İtalya’nın Lecce şehrindeki Salento Üniversitesinde okudum. Fatih Polyester ve Akvatek’te staj yaptım 2015 yılında akuaponik üzerine çalışmak için yine Ege Üniversitesinde Yüksek Lisans Programına kayıt oldum. 2017 yılında Kuveyt’teki Fast Fish Company de önce Üretim Sorumlusu ardından da Çiftlik Müdürü olarak çalıştım.

