

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**KAPALI DEVRE SİSTEMLERDE AKUAPONİK
UYGULAMALARI: DENİZ BALIKLARI-BİTKİSEL
ÜRETİM ENTEGRASYONUN ARAŞTIRILMASI**

Alize GÖKVARDAR

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman ÖZDEN

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 504.04.01

Sunuş Tarihi : 30.07.2013

Bornova-İZMİR

2013

Sayın Alize GÖKVARDAR tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “Kapalı Devre Sistemlerde Akuaponik Uygulamaları: Deniz Balıkları-Bitkisel Üretim Entegrasyonun Araştırılması” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 30.07.2013 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Osman ÖZDEN

.....

Raportör Üye : Doç. Dr. Cüneyt SUZER

.....

Üye : Doç. Dr. Deniz ÇOBAN

.....

ÖZET**KAPALI DEVRE SİSTEMLERDE AKUAPONİK
UYGULAMALARI: DENİZ BALIKLARI-BİTKİSEL ÜRETİM
ENTEGRASYONUN ARAŞTIRILMASI**

GÖKVARDAR, Alize

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman ÖZDEN

Temmuz 2013, 81 sayfa

Bu çalışmada, ilk kez tatlı suya adapte edilen levrek (*Dicentrarchus labrax*) türü ile marul (*Lactuca sativa*) bitkisinin akuaponik sistemde tek bir kapalı devre alt yapısında üretimi denenmiştir. Çalışmada kullanılan levrek (*D. labrax*) juvenilleri (ortalama ağırlık 27.97 ± 7.32 gr, total boy 13.35 ± 1.07 cm) 5 gün süre boyunca tatlı suya adapte edilmiş ve 500 lt hacminde PE tanka 5 kg/m^3 stok oluşturacak şekilde transfer edilmiştir. Bu dönem boyunca tank ortamında ve geri dönüşüm toplama tankında fekes ve organik madde içeren tatlı suyun oluşması ve sistemde dönmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, akuaponik sistem tasarımlarından *Media-filled Yatak Sistemleri* ve bitki türü olarak marul (*Lactuca sativa*) kullanılmıştır. *Media-filled Yatak Sistemlerinde* 9 adet dikdörtgen şekilli $79 \times 57 \times 18$ cm boyutlarında PE yataklar tercih edilmiştir. Bu yataklar bitki yatağı amaçlı perlit, torf ve perlit-torf karışımları ile doldurulmuş ve levrek tanklarından boşalan su bu sistemde hedeflenen bitki türü (marul) tarafından kullanıldıktan sonra kalan su tekrar levrek tanklarına geri dönecek şekilde tasarlanmıştır. Çalışma 100 gün sürdürülmüş ve deneme sonunda levrek juvenilleri 44.01 ± 8.47 gr ağırlık ve 19.59 ± 1.28 cm total boya ulaşmış, SBO $\%0.52 \pm 0.07$ ve YDO 2.4 ± 0.2 olarak tespit edilmiştir. Marul (*L. sativa*) türünde de vegetatif devreden generatif devreye geçiş izlenmiştir. Sonuç olarak, levrek fizikokimyasal şartlar optimum olduğu durumlarda akuaponik sistemler için uygun bir türdür.

Anahtar kelimeler: : Akuakültür, Akuaponik, Hidroponik, Entegre Akuakültür Sistemleri, Levrek, *Dicentrarchus labrax*, Marul, *Lactuca sativa*.

ABSTRACT**AQUAPONIC APPLICATIONS IN RECIRCULATED SYSTEMS:
INVESTIGATION OF INTEGRATION OF MARINE FISH-PLANT
CULTURE**

GÖKWARDAR, Alize

MSc in Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Osman ÖZDEN

July 2013, 81 pages

In this study, production properties of both lettuce and sea bass which were adapted to fresh water firstly investigated in aquaponic systems. Sea bass juveniles (average weight 27.97 ± 7.32 gr, total length 13.35 ± 1.07 cm) were adapted to fresh water during 5 days and also transferred to PE tanks at 5 kg/m^3 stock density. During the experiment, it is aimed that fresh water with feces and organic matter should be circulated from culture media to collection tanks. Besides, media filled bed and lettuce (*Lactuca sativa*) were used in the aquaponic systems. Also, 9 rectangular $79 \times 57 \times 18$ cm PE bed was established in to system. This system is designed that media-filled bed was filled with turf, perlite and perlite-turf mix and also freshwater returned to lettuce in beds in this recirculated system. Experiment was lasted 100 days and average weight, total length, SGR, and FCR were determined as 44.01 ± 8.47 gr and 19.59 ± 1.28 cm, $0.52 \pm 0.07\%$, and 2.4 ± 0.2 . Moreover, it is observed that lettuces were transferred from vegetative to generative stage. As a result, sea bass could be evaluated in the aquaponic systems when the physic-chemical parameters are optimal.

Keywords: Aquaculture, Aquaponic, Hydroponic, Integrated Aquaculture Systems, sea bass, lettuce, *Dicentrarchus labrax*, *Lactuca sativa*.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimde orijinal bir konu üzerinde çalışma olanağı sağlayan, her şeyden önemlisi bana her zaman güvenen ve destek olan, değerli katkıları, destekleri, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Osman ÖZDEN'e,

Yüksek lisans tezimin kurulum ve yürütülmesi aşamalarında yardımcı olan, bana daima hoşgörüyü zaman ayıran, bilgi, deneyim ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Kürşat FIRAT ve Prof. Dr. Şahin SAKA'ya,

Tezimin her aşamasında ve yürütülmesinde bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, bana güvenen ve yanımda olan, öğrenim ve meslek hayatımda büyük emeği olan değerli hocam sayın Doç. Dr. Cüneyt SUZER' e,

Çalışmamın tasarlanmasında ve yürütülmesinde her zaman desteklerini sınırsızca sunan sayın Doç. Dr. Halil ŞEN'e ve Urla'daki çalışmalarında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen İdare Amiri Duygu ŞEN nezdinde tüm Urla Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi personeline,

Mesleki kariyerimde ilk adımları birlikte attığım, tezim boyunca manevi destek ve katkılarıyla her zaman yanımda olan dostlarım, değerli meslektaşlarım Arş. Gör. İsmail Berat ÇANTAŞ, Su Ürünleri Mühendisi Arda AYDIN, Su Ürünleri Mühendisi Beyza SAYAR'a,

Yüksek lisans tezimin yürütülmesi aşamasında verdiği destek ve emekler için değerli dostum yüksek lisans öğrencisi Yusuf ERBOY'a,

Ve üniversite öğrenim hayatım boyunca her türlü desteğini hissettiren, her zaman yanımda olan, zorluklarla başa çıkmayı öğreten, bana sabır gösteren sevgili annem Feride GÖKVARDAR ve sevgili babam Hasan Ümit GÖKVARDAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Alize GÖKVARDAR

Temmuz, 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Akuaponik'in Tarihçesi.....	3
2.LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ.....	6
2.1 Önceki yapılan çalışmalar.....	6
2.2 Levrek Balığının Biyolojisi.....	8
2.3 Levrek Balıklarında Osmoregülasyon ve Tuzluluk Değişimleri.....	10
2.4 Salata-Marul ile İlgili Literatür Bildirişleri.....	13
2.5 Topraksız Tarımda Kullanılan Sistemler ve Literatür Bildirişleri.....	17
2.6 Akuaponik Sistem Tasarımları.....	20
2.6.1 RAFT, NFT ve Media-Filled Yatak Sistem Dizaynlarının Tanıtılması.....	20

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.6.2 RAFT, NFT ve Media-Filled Yatak Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	23
3. MATERYAL VE METOT.....	25
3.1 Materyal.....	25
3.1.1 Çalışmada Kullanılan Balık Materyali.....	25
3.1.2 Çalışmada Kullanılan Bitki Materyali	26
3.1.3 Çalışmada Kullanılan Akuaponik Sistem Düzeneği.....	27
3.2 Metot.....	29
3.2.1 Levrek Juvenillerinin Tatlı Suya Adaptasyonu.....	29
3.2.2 Fidelerin Hazırlanması.....	33
3.2.3 Akuaponik Sistem İşleyişi.....	37
4.BULGULAR.....	40
4.1 Levrek Balıklarında Fizikokimyasal Parametreler.....	40
4.2 Levrek Balıklarında Büyüme Parametreleri.....	40
4.3 Marul Bitkisinin Gelişimi.....	42
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	54

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ.....59

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Aztek yerlilerinin ilkel akuaponik sistem uyarlaması(MS 1000)....4	4
1.2. Akuakültür ve tarımın entegrasyonu.....4	4
2.1. Levrek balığının genel görünüşü.....8	8
2.2. Farklı salata ve marul çeşitlerine ait örnekler.....15	15
2.3. RAFT sistemi.....20	20
2.4. RAFT sisteminde strafor kullanımı.....21	21
2.5. NFT sistemi.....21	21
2.6. Media-filled yatak sistemi.....22	22
3.1. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde kurulan deneme düzeneği.....25	25
3.2. Akuaponik sistemde levrek juvenilleri.....26	26
3.3. Gloria (Iceberg) marul çeşidi.....27	27
3.4. Akuaponik sistem düzeneği.....27	27
3.5. PE bitki yatakları ve PE balık tankı.....28	28
3.6. PE bitki yataklarına açılan kanallar.....28	28
3.7. Medialı yatakların kurulumu.....29	29

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.8 Adaptasyon tankı.....	30
3.9 Yapılan ölçümler.....	30
3.10. Yavaş adaptasyon yöntemi ile tuzluluk düşürülmesi.....	31
3.11. Balıkların akuaponik çalışma ortamına transferi.....	32
3.12. Iceberg marul fideleri.....	33
3.13 Perlit, torf ve perlit-torf ortamlarının hazırlanması.....	33
3.14 Bitki ekimine hazır medialı yataklar.....	34
3.15 Medialı yataklara bitki ekimi.....	35
3.16 Bitkilerin ekim mesafesi.....	36
3.17 Perlit, torf ve perlit-torf ortamlarına ekimi yapılan marul fideleri...36	
3.18 Akuaponik sistem işleyişi.....	38
3.19 Aydınlatma sistemleri.....	38
4.1. Deneme süresince levrek juvenillerinde gözlenen total ağırlık değişimleri.....	41
4.2. 10 günlük marul bitkisinin perlit, torf ve torf-perlit ortamlarındaki gelişimi.....	42
4.3. 29. günde üniteden görüntü.....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4. 58 günlük marul bitkisinin torf-perlit ve torf ortamlarındaki gelişimi.....	43
4.5. 58.gün perlit ortamındaki marul bitkisinin gelişimi.....	44
4.6. 100.gün günlük marul bitkisinin torf-perlit, perlit ve torf ortamlarındaki gelişimi.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. RAFT, NFT ve Media-filled yatak sistemlerinin karşılaştırılması..	24
4.1. Fizikokimyasal parametreler (Ort±SD; n=30).....	40
4.2. Deneme sonunda levrek juvenillerinin büyüme parametreleri (Ort±SD; n=30).....	41
5.1. Akuaponik sistemlerde tercih edilen balık-bitki türleri ve sistem tasarımları.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
UVI	University of The Virgin Islands
RAS	Recirculating Aquacultur Systems
NFT	The Nutrient Film Technique
FCR	Feed Conversion Rate (Yem Dönüşüm Oranı)
SGR	Specific Growth Rate (Spesifik Büyüme Oranı)
PE	Polietilen

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun son 30 yılda katlanarak artışı, bu artışa paralel olarak karasal alanların daha çok yerleşime ayrılması neticesinde üretime ayrılan alanların giderek küçülmesi araştırmacıları ve üreticileri kısıtlı alanlarda maksimum verim eldesine yönelik yenilikçi üretim tekniklerinin uygulanması zorunluluğuna itmiştir. Yaşanılan darboğazlar üreticileri aynı alanda birden çok üretim seçeneğini bir arada değerlendirmeye ve etkin olarak kullanmaya yöneltmiştir. Artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği problemlerin başında beslenme ve buna bağlı olarak kaynak sıkıntısı yaşanmaktadır. Günümüzde kaynaklardan en etkin şekilde yararlanmak en temel hedefi oluşturmaktadır. Akuaponik sistemler de bu kaynak sıkıntısına en ideal çözümlerden biridir. Bu kapsamda karasal ve sucul kültür sistemlerinin birlikte tanımlandığı “Akuaponik Sistemler” son yıllarda üreticiler arasında oldukça rağbet gören bir üretim tekniği haline gelmiştir.

Akuaponik kelime anlamı ve teknik olarak topraksız bitki yetiştiriciliği (hidroponik) ve su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür) kavramlarının bir entegrasyonudur. Hidroponik, besin değeri yüksek solüsyonlarda ve suda, topraksız bitki yetiştirme anlamına gelmektedir. Akuaponikte, balık yetiştirme sonucunda oluşan besince zengin su, bitkilerin yetişmesi için gerekli olan besin kaynağını oluşturur. Yararlı bakteriler balık dışkılarının toksik bileşenlerini bitkiler tarafından faydayla kullanılan besinlere dönüştürürler. Bitkiler bu besinleri tükettiği için, balıkların yaşadıkları suyun temizlenmesine yardımcı olurlar. Bu doğal mikrobiyal süreç hem balıkları hem de bitkileri sağlıklı tutar ve her ikisinin de gelişmelerini sürdürebileceği ortamı sağlar (Nelson, 2008). Akuaponikte bir biyolojik sürecin atıkları, diğer bir biyolojik sürece besin olarak hizmet etmektedir. Sonuç ise tek bir altyapı ve su ünitesinden iki ürün elde edilmesidir. Gübre kullanımına gerek yoktur çünkü bitkiler için gerekli olan gübreyi balık dışkıları sağlamaktadır. Zararlı otların büyümesi için gerekli olan toprak olmadığından herbisit ve pestisit kullanımına ihtiyaç yoktur. Günlük su kullanımı minimaldir ve tarlada mahsul yetiştirme ile karşılaştırıldığında daha az yer kullanarak daha fazla mahsul elde edilmektedir. İklim izin veriyorsa ya da

seralarda üretim yapılmakta ise akuaponikte tüm yıl üretim yapılabilir (Nelson, 2008).

Akuaponik sistemler balık yetiştiricilerinin organik maddece zengin atık suyu uzaklaştırma probleminde ve hidroponik yetiştiricisinin organik maddece zengin suya gereksinim problemine ideal bir cevap oluşturan yöntemler bütünüdür. Akuaponik, ticari olarak uygulanabilirliği ispatlanmış bir organik hidroponik metodudur, fakat işlenmiş gübre kullanmak yerine tüm bitkiler için mükemmel bir solüsyon olan doğal mikrobiyal süreçle oluşan akuakültür dışkılarını kullanır (Nelson, 2006). Esasen, akuaponik dünya üstündeki her doğal su yolunu taklit eder. Minimum su ve alan kullanan, atıkları faydaya çeviren, organik, sağlıklı balık ve sebze üretimiyle sonuçlanan gıda yetiştiriminin çok verimli bir yoludur. Akuaponik ticari amaçla balık ve sebze yetiştirilen, bir araştırmanın konusu olabilen, eğitimde kullanılabilen, ev gıdası üretimine kaynak olabilen veya eğlence ve hobi olarak kullanılabilen çok amaçlı bir teknolojidir. Ev gıdası üretimi en popüler kullanım alanıdır. Besinsel açıdan bakıldığında akuaponik, gıdayı hem protein (balıklardan) hem de sebze olarak sağlamaktadır. Bitki yetiştirmek için toprağa gereksinim olmadığından, akuaponikler yerel marketlere gıda sağlamak, toprak yapısı kötü olan verimsiz bölgeler için kentlere veya taze balığa ihtiyaç duyulan herhangi bir yere kurulabilmektedir. Birçok ülkeden bireyler ailelerine gıda sağlamak ve yerel marketlerde satmak için akuaponiklerde balık ve bitki yetiştirmektedirler. Son yıllarda artan gıda maliyetleri ve gıdaların içindeki katkı maddeleri yüzünden, birçok insan akuaponiği taze gıda kaynağı olarak görmektedir (Nelson, 2008). Uzun soluklu yerel tarıma tekrar artan ilgi, akuaponiğin bu tarıma uymasından dolayı, işletmeciler ve çiftçilerden, yatırımcılara iş dünyasının dikkatini giderek artan bir şekilde çekmektedir. Tarımı yeniden keşfetme, gıda güvenliği, devamlılığı ve tedariki açısından bir önceliktir. Küresel olarak 2050'de bugünkü üretim kapasitesinin iki katı üretime ihtiyaç olacağı tahmin edilmektedir (Nelson, 2008).

Bu çalışmada, ülkemiz akuakültür sektörü açısından en çok üretimi yapılan türlerin başında gelen levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığı ilk kez tatlı suda yürütülen akuaponik sistemlerde ele alınmıştır. Örihalin bir tür olması nedeniyle levrek (*D. labrax*) balıklarının geniş tuzluluk aralılarında yaşadıkları bilindiğinden

bu çalışmanın temelini, tatlı suda bu kültür sisteminin uygulanabilirliği ve bir ön çalışma ile bunun araştırılması oluşturmaktadır. Çalışmada akauponik sistemler arasında yaygın kullanılan Medialı Yatak Sistemi (Media-filled bed) model olarak kullanılmıştır. Birçok araştırmacı tarafından da bildirildiği gibi bu sistemde yine yaygın olarak kullanılan torf ve perlit gibi ortamlar kurulmuştur. Bu ortamlarda günümüz gıda sektöründe önemli bir yere sahip olan marul (*Lactuca sativa*) bitkisi üretimi denemiştir.

1.1 Akuaponik' in Tarihçesi

“Akuaponik” teriminin ortaya çıkışından çok önce (MS 1000) Aztek yerlileri bir göl yüzeyindeki salları üzerinde bitki yetiştirmişlerdir. Aztekler, Orta Amerika’da büyük bir imparatorluk kurmadan önce, şimdiki Meksika civarlarında yaşayan göçebe bir kabiledir. *Tenochtitlan* gölünün sulak kıyılarıda yerleşim gösterirler. Bu tatlı su gölü bataklık ve tepelerle çevrili olduğundan, Aztekler yiyecek yetiştirecek yer bulma problemiyle karşılaşmışlardır. Bu problemi, onları büyük bir medeniyet haline getiren dahice bir çözümle aşmışlardır. Aztekler, göl kenarında buldukları kamış ve hasırotlarından büyük salları inşa etmişlerdir. Bu salları göle salmışlar ve üstlerini göl dibinden çıkarttıkları toprakla kapatmışlardır. Daha sonra sebze mahsullerini *chinampa* denen bu yüzer adacıklara ekmişlerdir. Mahsuller olgunlaştığında, kökleri toprağı aşıp suya ulaşmıştır. Günümüz orta Meksika’ında hala bu *chinampa* kalıntılarını görmek mümkündür.

Geleneksel olarak akuakültür, yüksek hacimli havuzlarda yapılmaktadır. Ayrıca son 30-35 yılda, Akuakültür Kapalı Devre Sistemleri (Recirculating Aquaculture Systems, RAS) konusunda fazla sayıda araştırma yapılmıştır. Örneğin; Nelson and Pade firmasının verilerine göre 3.78 lt su ile 0.34 kg'a kadar olan balık üretimi mümkündür (Nelson and Pade, Inc., 2008). Sonuç olarak, geleneksel akuakültüre ayrılan yer ve suyun bir kısmıyla bile çok miktarda balık yetiştirilebilmektedir. RAS araştırmalarının başında, balık yetiştiriciliğinden gelen organik maddece zengin atık sudaki besinlerin tüketilmesinde akuatik bitkilerin etkinliği üzerinde deneyler yapılmıştır. Böylece sistem içindeki su, balıklar için temizlenebilecektir. Araştırmalar devam ederken, bölgesel bitkiler test edilmiş ve akuakültür için etkili bir temizleyici olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, bu organik maddece zengin, besleyici özellikli suyun büyüyen bitkiler için ideal olduğu sonucuna varılmıştır (Rakocy et al., 2006).

Balık çiftçiliği ve topraksız bitki kültürü ilk uygulamaları antik çağlara dayansa da, ikisinin beraber kullanılması oldukça yenidir. Akuaponik araştırmaları 1970'lerde başlamıştır. Günümüzde dünya çapında birçok üniversite tarafından en son teknoloji izlenerek devam ettirilmektedir (Nelson, 2008).

Akuaponik araştırmaları yapan kurum ve kuruluşlar arasında Virgin Adaları Üniversitesi Tarımsal Deney İstasyonu (UVI), Alberta (Kanada) Mahsul Çeşitlendirme Merkezi, Arizona Üniversitesi Çevre Araştırmaları Laboratuvarı, Oregon Üniversitesi, Güney Illinois Üniversitesi, Auburn Üniversitesi, Kuzey Carolina Üniversitesi, Washington Üniversitesi, Texas A&M Üniversitesi, NASA, Alchemy Enstitüsü, Rodale Enstitüsü, Queensland Üniversitesi, RMIT Üniversitesi bulunmaktadır (Nelson, 2008).

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

2.1 Önceki yapılan çalışmalar

Trang and Brix, (2012), Mekong Delta, Vietnam'da entegre akuakültür sistemlerine (akuaponik) yerleştirilen biofiltrenin sistem içerisindeki işlevini incelemişlerdir.

Kotzen and Appelbaum, (2010), Negev Çölü, İsrail'de acı su kaynaklarını kullanarak bir akuaponik sistem tasarlamışlardır. *Tilapia sp.* sebze ve bitki varyeteleri ile birlikte üç sistemde; acı su yüzen sal (raft) sistemi, acı su çakıl sistemi ve tatlısu yüzen sal (raft) sistemi yetiştirilmiştir.

Rakocy et al., (2006), Virgin Adaları Üniversitesi Tarımsal Deney İstasyonu (UVI)'nda balık popülasyonu azalan ve tarım ürünlerini ithal etmek zorunda kalan tropik (sıcak ve sulak) ülkelerde kullanılmak üzere, ticari olarak uygulanabilir bir akuaponik sistem dizaynı (The UVI Aquaponic System) geliştirmişlerdir.

Savidov, (2005), Alberta, Kanada'daki Ürün Çeşitlendirme Merkezi'nde gerçekleştirdiği Hidroponik-Akuaponik mahsul denemelerinde, akuaponik bitkilerin hidroponik olanlardan daha iyi performans sergilediğini bildirmiştir.

Rakocy et al., (2004), UVI' nin ticari olarak uygulanabilir akuaponik sistem dizaynını kullanarak nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve kırmızı tilapia balıklarını üretmişlerdir. Bu süre boyunca bitki türü olarak fesleğen ve bamya üretimi denenmiştir.

Seawright et al., (1998), standart bir balık bitki oranı bulabilmek için balık biyokütlesi ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Tek bir standart olmadığı bildirilmiştir.

Rakocy et al., (1992), Virgin Adaları Üniversitesi Tarımsal Deney İstasyonu (UVI)'nda balık yetiştiriciliğinden gelen organik maddece zengin atık sudaki

besinlerin tüketilmesinde akuatik bitkilerin etkinliği üzerinde deneyler yapmışlardır.

1990'larda Amerika'da Rebecca L. Nelson ve John S. Pade, akuaponik sistemini kendi ticari hidroponik seralarında kullanmaya başlamışlardır. NFT (The Nutrient Film Technique) metodunu içeren birçok sistem inşa etmişlerdir. Nelson ve Pade "1997'de "Aquaponics Journal" ismi ile yayınlanan çalışmalarında ilk defa bu teknolojiyi ve tüm dünyada konuyla ilgilenenleri bir araya getirmiştir (Nelson, 2008). 1999'da "Masüstü Akuaponiği" kitabını, 2003'de ilk videoyu yayınlamışlar ve tüm eserleri İspanyolcaya çevirmişlerdir.

Geoff Wilson, Avustralya'da 1990'larda konuyla ilgili yazmaya başlamış ve halkın ve hükümetin dikkatini çekmiştir. Çünkü akuaponik sistemler, Avustralya'nın yüzleştiği kurak ve fakir toprak problemini çözebilecek bir olgu niteliği taşımaktadır. Akuaponik ile ilgili konferanslar, seminerler düzenleyerek konuya büyük katkı sağlamıştır. Joel Malcolm Avustralya'da ev yapımı taze yiyecekler yetiştirmek için akuaponik sistemler inşa etmeye başlamıştır. "Arka Bahçe Akuaponiği" adlı bir DVD ve kitap çıkarmıştır. Bu da Avustralya'da yeni bir akıma öncülük etmiştir.

MacKay and Vantoever, (1981), tarafından Kanada'da domates ve somon kültürü birleştirilmiş ancak deneyler yüksek mortalite ile sonuçlandığından kullanılabilir sonuçlar üretilememiştir.

Amerika'daki ilk büyük ölçekli ticari Akuaponik sistem şirketi Bioshelters'tir. Kurucusu olan John Reid, Hampshire Koleji'nde çalışmalar yapmış ve 1980 ortalarında bu şirketi açmıştır.

2.2 Levrek Balığının Biyolojisi



Şekil 2.1. Levrek balığının genel görünüşü.

Morone labrax ve *Roccus labrax* sinonimleri ile de adlandırılan levrek,

Phylum : Vertabrata

Subphylum : Pisces

Classis : Osteichthyes

Subordo : Percoidei

Familia : Serranidae

Genus : Dicentrarchus

Species : labrax (Linneaus, 1758)

şekli ile sistematikteki yerini almıştır.

Levrek balıkları, tüm Akdeniz'den, İngiltere'nin kuzey sahillerine ve Kanarya Adaları'na kadar yayılım gösterir. Deniz fenogramlarının bulunduğu kumlu, çamurlu-sığ biyotoplarda, sıcaklığa ve tuzluluğa karşı gösterdiği toleransı ile nehir ağızlarında ve lagüner bölgelerde yaşayan bir littoral bölge balığıdır.

Havaların soğuması ile birlikte kışlamak için derin sulara göç ederler (Alpbaz, 1990).

Karnivor bir tür olan, bazen yalnız bazen de küçük sürüler halinde dolaşan levreklerin genç dönemlerinde eklem bacaklılardan *Crangon*, *Gammarus* ve *Ligia* gibi küçük karidesleri, ergin dönemlerinde küçük balıklardan özellikle *Sardina* türünü, kafadanbacaklılardan *Sepiola* ve *Loligo*'yu, eklembacaklılardan *Carnicus*, *Crangon* sp. ve *Macropipus* türlerini tercih ettiği yakalanan bireylerin mide içeriklerinden alınan örneklerden ortaya çıkmaktadır (FAO, 1991).

Vücudu lateralinden hafif yassılaştırmış olan levrek balığının derisi ktenoid pullarla kaplıdır. Sikloid pullar ense ve yanaklar üzerindedir. Yanal çizgi üzerinde 65-80 arası pul bulunur. Birinci solungaç yayı üzerindeki brankiospin sayısı 18-27 arası değişir. Dorsal yüzgeç araları geniştir. Dorsal yüzgeçte 8-10 adet diken ışın mevcuttur. II. dorsalde 1 diken ve 10-14 adet yumuşak ışın bulunur. Muzoda pul yoktur. Operkulumda gri-siyah leke mevcuttur. Preoperkulum ve operkulum üzerinde sert diken ışınlar vardır. Renk dorsalde koyu gri-esmer, ventralde beyazdır. Göz kemiğinin üstünde siyah lekeler mevcuttur. Ağız geniş, dişler damakta ve dilde bulunur. Renkleri sırt kısmında koyu gri-esmer, yanlarda gümüşü, karın bölgesinde beyazdır. Ergin bireylerin sırt kısmı lekesiz koyu renkte olurken, gençlerde bazen siyah lekeler olabilir. 1 m'ye kadar uzayabilen boyu ortalama 50 cm. olup, ağırlığı da 12 kg' a ulaşabilir (Uçal ve Benli, 1993). Tatlı sularda büyüyebilirler, fakat üreyemezler.

Levrekler 5-28°C arası sularda yaşayıp 12-14°C arasında yumurta bırakırlar. Doğal ortamda 1 kg'lık bir dişinin 293.000-358.000 adet yumurta bırakabildiği bildirilmiştir (Kennedy and Fitzmaurice, 1972). Tuzluluk değişimlerine karşı dayanıklı olup, %3 tuzluluktan %50 tuzluluğa kadar yayılım gösterir. %0 tuzluğa adapte olabilir. Levreklerin düşük tuzluluk şartlarına adaptasyonu üzerine birçok çalışma yapılmış olup, bunlar adaptasyon teknikleri, düşük tuzlulukta beslenmeleri ve gelişimleri üzerinedir (Loy et al., 1996, Dendrinis and Thorpe, 1985, Johnson and Katavic, 1984).

Levrek balıkları 1 yaşına gelene kadar gonadlarında bir gelişim gözlenmez. 13-15. aylarda testiküllerde ve ovaryumlar da farklılaşma başlar. Doğal şartlar altında levrekler hayatlarının ikinci yılında sperm salgılayabilirler. Ancak RGS değeri düşüktür. 3. yılda ise ergin bir birey gibi yüksek oranda sperm salgılayabilirler. Ovaryumlardaki farklılaşma, erkeklerde olduğu gibi 13-15 aylar arasında başlar ve nispeten daha uzun sürer (Brusle and Roblin, 1984).

Dişiler doğal şartlar altında ancak 3. yılda yumurta bırakabilir. Büyüme hızı bir yaş grubu bireylerinde en fazla durumdadır. Cinsi olgunluk dönemlerinde ağırlık artışının dişilerde erkeklerden daha fazla olduğu saptanmıştır. Üçüncü yaştan sonra alınan besinler gonad gelişiminde kullanılır. Akdeniz'de erkekler 2-3 yaş 25-30 cm boyda, dişiler 3-5 yaş, 30-40 cm boyda, Atlantik'te ise erkekler 4-7 yaş ve 32-37 cm boyda, dişiler ise 5-8 yaş ve 38-42 cm boyda cinsel olgunluğa ulaşırlar (Alpbaz, 1990). Levrek balıkları Akdeniz' de Ocak-Mart ayları arasında yumurta bırakırlar.

2.3 Levrek Balıklarında Osmoregülasyon ve Tuzluluk Değişimleri

Levrek balıkları biyolojik özellikleri bakımından örihalin bir tür olmaları nedeniyle geniş tuzluluk değişimlerine tolerans gösterirler. Bu yüzden dağılım alanları incelendiğinde özellikle dalyan ve lagüner alanlar başta olmak üzere, nehir ağızları, akarsu girişleri ve acı-tatlı su drenaj noktalarında sıklıkla yayılım gösterirler (Alpbaz, 1990). Bu özelliklerinden dolayı özellikle levrek balıkları tüm Akdeniz ülkelerinde başta lagüner alanlar olmak üzere acı su içeren göl, gölet ve baraj gölü gibi sucul alanların balıklandırılmasında, bu alanların yararlı ekonomik faaliyetler için değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hatta tatlı su ortamına rahatlıkla adapte oldukları için tatlı su göllerinin, içme suyu amaçlı baraj göllerinin aktif olarak kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir. Levrek balıklarının geniş tuzluluk değişimlerine gösterdikleri bu başarılı tolerans nedeniyle özellikle son yıllarda ülkemizde başta Ordu, Trabzon ve Rize olmak üzere Karadeniz kıyılarında ağ kafes ortamında levrek yetiştiriciliği oldukça yaygın hale gelmiştir. Karadeniz'deki deniz suyu tuzluluğunun bölgelere bağlı olarak %15-20 arasında değişim göstermesi bu türün kültürünü bu bölgede popüler hale getirmiştir.

Karasal canlılarda olduğu gibi denizde yaşayan tüm organizmaların vücudunda su ve tuz denge halindedir. Bu denge durumu bazı çevresel koşulların bozulması ya da ani değişimi durumunda bozulmakta ya da değişim göstermektedir. Canlı organizmada bu su ve tuz denge durumunun korunmasına kısaca ozmoregülasyon adı verilmektedir. Osmoregülasyon kelimesi köken olarak osmos kelimesinden gelmektedir. Osmosis ise yarı geçirgen bir membranın çok yoğun tarafındakinden az yoğun tarafına moleküllerin yoğunluklar eşit oluncaya kadar geçmesidir. Organizma içerisindeki belirli, uygun bir tuz-su dengesinin korunmasıdır (Varsamos et al., 2001, 2004; 2005). Tatlı su balıkları seyreltik ortama tuz kaybettiklerinden solungaçlarıyla aktif olarak ortamdan iyon alırlar. Yine vücutları daha yoğun bir ortam olduğu için vücuda giren su ile şişebilirler. Bunu dengelemek için böbreklerinden her gün vücutlarının % 20 ağırlığı kadar seyreltilmiş idrar atarlar. Deniz balıkları daha yoğun ortamda solungaçlarından su kaybederler. Büzüşmemek ve eksilen suyu tamamlamak için ise içerisinde çokça iyonun bulunduğu suyu içerler. Fazladan alınan tuzlar özellikle NaCl ve KCl solungaçlardan diğerleri ise böbrekler üzerinden atılır ve bu yolla tuz ve su dengesi sağlanır (Varsamos et al., 2001, 2004; 2005). Kimyasal açıdan bakıldığında ise, hidrojen iyonları, amonyak (NH₃) ile reaksiyona girerek amonyum (NH₄) iyonlarını oluşturur. Amonyum solungaç hücrelerinden difüzyonla çıkarken, onun yerine sodyum (Na) girer. Karbonik anhidraz enzimi ile oluşan bikarbonat (HCO₃) solungaç hücrelerinden çıkar ve yerine etkin taşınım ile klor (Cl) alınır. Bu iyon alış verişi klorit hücreleri tarafından yapılır. Bu hücrelerde bol miktarda mitokondri ve iyi gelişmiş endoplazmik retikulum bulunur. Solungaçlardaki bu hücreler Na⁺-K⁺-ATP ve Cl⁻-K-ATP enzimleri ile olay gerçekleşir (Varsamos et al., 2001, 2004; 2005).

Teleost balıkların solungaçları iyon regülasyonunda, gaz değişiminde, asit-baz dengesinde ve azotlu atık maddelerin atılımında, balık ve çevre arasında anahtar rolü olan önemli bir organdır. Balık ve çevre arasında meydana gelen hem aktif hem de pasif değişimlerin gerçekleştiği yer solungaçların epiteleridir. Solungaç Na⁺-K⁺-ATPaz, solungaç epitel hücrelerinde bulunup deniz ve tatlı su teleostlarında ozmoregülasyonda anahtar rolü olan, solungaçlardan aktif elektrolit alışverişinden sorumlu olan enzimdir (Ay et al., 1999).

Örihalin bir teleost, çok yoğun bir ortamdan (deniz) az yoğun bir ortama geçtiğinde iyonlarını kaybeder ve su kazanır. Tatlı sudan deniz suyuna geçtiğinde bunun tersi gerçekleşir. Bu fizyolojik tepki, iyonik regülasyon ve su dengesi mekanizmalarının ayarlanması yoluyla stabil bir iç ortamın devamını sağlamaya yöneliktir. Solungaçlar, balıklarda ozmoregülasyondan sorumlu olan en önemli organdır. Teleost balıkların solungaçları, iyon regülasyonunda, gaz değişiminde, asit – baz dengesinde ve azotlu atık maddelerin atılımında görev alır. Balık ve çevre arasında meydana gelen hem aktif hem de pasif değişimlerin gerçekleştiği yer solungaç epitelidir. Solungaç $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPaz}$ enzimi solungaç epitel hücrelerinde bulunur. Deniz ve tatlı su teleostlarında solungaçlardan aktif elektrolit transferinden sorumludur (Ay et al., 1999). $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPaz}$ enzimi, balık solungacı dahil olmak üzere değişik ozmoregülatör epitelde su ve iyon taşınımı için itici gücü sağlar. (Weng et al., 2002).

Levrek larva ve juvenillerinde tuzluluk değişimlerinin etkileri üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Varsamos et al. Levrek larvaları ile yürüttükleri çalışmalarda farklı düzeylerdeki tuzluluk değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarda hiperosmotik ve hipoosmotik şartları denemişler ve bu değişimler özellikleri klorit hücrelerinin fonksiyonlarının önemine değinmişlerdir. Bunun yanında özellikle bu osmoregülasyon sürecinde Na-ATPase ve K-ATPase enzimlerinin önemli rol üstlendiklerinin ve bu süreçteki fizyolojik değişimleri yönettiklerini bildirmiştir (Varsamos et al., 2001, 2004, 2005).

Diğer bir çalışmada Eroldoğan et al. (2004) levrek juvenillerinin doğal deniz suyu ve düşürülmüş tuzluluk değerlerinde optimal besleme rejimlerini incelemiştir. Sonuçta, doğal deniz suyu ve tatlı su ortamlarındaki besin alımlarını çok yakın bulmuş ve canlı ağırlığın %3.0-3.5 oranında yapılan beslemenin optimal değer olduğunu vurgulamıştır.

2.4 Salata-Marul ile İlgili Literatür Bildirileri

Salata ve marulun dünya üzerindeki yayılışı ve anavatanı üzerine farklı fikirler vardır. İlk olarak salata ve marul yetiştiriciliğinin M.Ö 4500'lü tarihlerde Mısır'da yapıldığı bilinmektedir. Salata ve marulların doğal yaşama ortamının Orta Avrupa, Güney Avrupa, Kanarya Adaları, Cezayir, Habeşistan, Mezopotamya, Kafkasya, Keşmir, Nepal, Kuzey Hindistan bölgelerini kapsayan bir coğrafyaya yayıldığı bildirilmiştir. Salata ve marulun en az 2500 yıldır üretildiği bilinmektedir (Vural vd., 2000).

Marul türlerinin sistematikte yeri incelendiğinde *Asteraceae (Compositae)* familyasının *Lactuca* cinsine ait oldukları görülmektedir.

Sınıf: *Dicotyledoneae*

Alt sınıf: *Asteridae*

Takım: *Asterales*

Familya: *Asteraceae (Compositae)*

Cins: *Lactuca*

Tür: *Lactuca sativa* L.

Salata ve marulun morfolojik özellikleri arasında en önemli yeri yaprak özellikleri almaktadır. Yaprakların düz veya kıvrıkcık oluşu ile yaprak rengi önemli birer ayırıcı faktördür.

Bu özellikler dikkate alındığında Thompson and Kelly, (1957), Ryder, (1979), Bayraktar, (1981), ve Günay, (1993), salata ve marulları genelde 3 ana gruba ayırmıştır:

Kıvırcık yapraklı salatalar (Crisp):

Baş oluşturan kıvırcık yapraklı salatalar (Crisphead)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı salatalar

Kahverengimsi –mor yapraklı salatalar

Baş oluşturmeyan kıvırcık yapraklı salatalar (Bunching)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı salatalar

Kahverengimsi-mor yapraklı salatalar

Yağlı salatalar (Butter):

Baş oluşturan yağlı salatalar (Butterhead)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı yağlı salatalar

Yeşil üzerinde kahverengimsi renkli yapraklı yağlı salatalar

Kahverengimsi-mor yapraklı yağlı salatalar

Baş oluşturmeyan yağlı salatalar

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı yağlı salatalar

Yeşil üzerinde kahverengimsi renkli yapraklı yağlı salatalar

Kahverengimsi-mor yapraklı yağlı salatalar

Marullar (Romaine = Cos):

Göbek oluşturan marullar (Yedikule)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı göbekli marullar

Kahverengimsi-mor yapraklı göbekli marullar

Göbek oluşturmeyan marullar (Karamarul)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı göbeksiz marullar

Kahverengimsi-mor yapraklı göbeksiz marullar (Vural vd., 2000).



Şekil 2.2 Farklı salata ve marul çeşitlerine ait örnekler.

Salata ve marullar besin deposu olarak görev yapan, oldukça derine inebilen üzerinde bol miktarda saçak kök taşıyan kazık köke sahiptirler. Saçak kökler genellikle toprağın 20-30 cm derinliğine yayılırlar (Vural vd., 2000).

Bitkinin girdiği salata ve marul grubuna göre baş ve göbek özellikleri değişiklik göstermektedir. Marullarda göbek olarak ifade edilen baş tutma şekli 5-

6 dış yaprağı takiben gelişen yaprakların, elips formda bitkinin büyüme konisinde 40-45 adet yaprak bir araya gelerek marulun tüketilen kısmı olan göbek oluşumunu sağlar. Salata grubunda ise yine 5-6 dış yapraktan sonra gelişen 25-35 adet yaprak birbiri üzerine sarılarak bitkinin sürgün ucunda lahanalara benzer şekilde baş oluştururlar. Göbek ve baş oluşturan salatalarda yaprakların renkleri göbek veya baş üzerinde dıştan içe doğru bir açılma göstermekte, yaprakların gevrekliği de göbek ve başın iç kısmına doğru artmaktadır. Özellikle çok kıvrıkcık olan salata çeşitleri ile diğer bazı salata çeşitleri hiç göbek veya baş oluşturmazlar. Bunlar da yaprak rozet şeklinde sıkı bir dizilim gösterir ve yaprak marullar grubuna girerler (Vural vd., 2000).

Genelde uzun gün bitkisi olan salata ve marulların çiçeklenmesinin fotoperiyodizm ile yakın ilişkisi bulunmaktadır. Salata ve marullar, bitkinin çeşidine göre 11-14 ve 17-18 saat gibi sürelerde gün uzunluğuna ulaştıkları zaman ve hava sıcaklıklarının da artması ile çiçeklenmeye yönelirler. Gün uzunluğu artışı kışlık ve erkenci çeşitlerde çiçeklenme hızında bir artış meydana getirirken, yazlık çeşitler ise daha geç dönemde çiçeklenmeye başlar. Gün uzunluğu ile birlikte artan sıcaklıkların etkisiyle başlayan generatif dönemde meydana gelen çiçek sapları 60 ile 120 cm arası yükselerek her bir sap çiçekle son bulur. Çiçek sapları ise aşağıdan yukarıya doğru azalan oranda yaprak içerirler. Yapraklar çiçek saplarını dışarıdan sarar. Çiçekler demetler halinde dizili bir şekilde çiçek sürgünleri üzerinde bulunur (Vural vd., 2000).

Jones, (2005), belirttiği üzere göre marul ve çoğu salata çeşidi serin iklim sebzesidir. Yetiştirme sıcaklığını 8 ile 24°C arasında tutmak gereklidir. Sıcaklık 25°C'nin üzerine çıkarsa sapa kalkma, uç yanıklığı, renk kaybı, zayıf çimlenme meydana gelir. Yüksek sıcaklık ve/veya yüksek ışık koşullarında marul, salata ve diğer serin iklim sebzelerinde (ıspanak ve brokoli) sapa kalkma, tohuma kaçma, tadında acılaşıma oluşur.

Salata ve marullar bütün yıl boyunca açık ve örtü altı koşullarında yetiştirilebilen salata ve taze yeşillik olarak tüketilen sebzelerdir. İçerdiği vitamin ve mineral maddeler ile iştah açıcı sebzeler grubunda yer almaktadır. Buna göre 100 g taze salata ve marul yaprağının 6-8 mg askorbik asit, 1-1.5 g ham protein,

0.2-0.4 g yağ ve 1.5-2.5 g karbonhidrat, 330 I.U. vitamin A, 20-25 mg kalsiyum, 40 mg fosfor, 1.5 mg demir bulunmaktadır. Ayrıca salata ve marul yaprakları % 94-95 oranında su ihtiva etmektedir. Türkiye şartlarında yılın her mevsimi yetişebilen marullar, Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde sonbahar, kış ve erken ilkbaharda, Karadeniz ve Doğu Anadolu gibi bölgelerde bazı önlemler alarak yıl boyunca yetiştiricilik yapılabilir (Vural vd., 2000)

Türkiye’de farklı türden yaklaşık 1.700.000 ton yaprağı yenen sebze üretilmekte bunun 375.000 tonunu marul oluşturmaktadır, bu üretim miktarıyla ülkemiz dünyada sekizinci sırada yer almaktadır (FAO, 2005). Ülkemizdeki salata ve marulun ticari boyutlardaki üretimine bakacak olursak; Ege, Marmara, Akdeniz bölgelerinde Haziran- Ağustos arasındaki aylar hariç yılın her mevsiminde yapılabildiği görülmektedir. Üretim dönemi oldukça kısa olan (2-3 ay) salata ve marulun üretimi ülkemizde genellikle ikinci veya üçüncü ürün olarak ana sebze üretiminin ön veya arkasından yapılmaktadır. Ancak en fazla gelir sağladığı aralık-şubat ayları üretimi Ege ve Güney bölgelerinde açık tarla koşullarında, diğer bölgelerde ise sera veya tünel altında yapılmaktadır (Vural vd., 2000).

2.5 Topraksız Tarımda Kullanılan Sistemler ve Literatür Bildirişleri

Solüsyon Kültürü (Gerçek Su Kültürü)

İnorganik ortam

Doğal ortam

1.Sabit solüsyonlar

1. Kum
2. Çakıl
3. Kayayünü
4. Camyünü
5. Perlit
6. Vermikülit
7. Pomza
8. Genişletilmiş kil
9. Zeolit
10. Volkanik tuf
11. Lületaşı

2.Sirkülasyonlu solüsyonlar (NFT)

3.Aeroponik

Agregat Sistemleri

Organik ortam

Sentetik ortam

1.Poliüretan köpük

(PUR)

2.Plastik köpük

3. Hidrojel

1. Talaş

2. Ağaç kabuğu

3. Ağaç artıkları

4. Torf

5. Yün

6. Posa

7. Kokopit

Marhaba'ya (1998) göre iki çeşit topraksız kültür sistemi vardır:

Agregat kültürü veya substrat kültürü: Katı inorganik madde ile kombinasyonu kullanıldığı zaman (kum, çakıl, perlit, vermikülit vb.) veya torf gibi katı organik ortam kullanıldığı zaman sistem” substrat kültürü” veya “agregat kültürü” adını alır.

Su kültürü (hydroponics): Eğer topraksız kültür sistemi sadece besin solüsyonu kullanırsa sistem “Su kültürü” veya “Solüsyon kültürü” olarak da adlandırılır. Bu sistemin temel avantajı bitkinin kök sisteminin yüksek hacimli besleyici solüsyon ile daima temas halinde olması dolayısıyla bitkiye yeterli miktarda su ve besin takviyesi sağlamasıdır. Ana dezavantajı ise bitkilerin köklerine iyi destek olmaması ve köklerin havalandırılmasının zorluğudur.

Diver'e (2006) göre; topraksız tarım iki başlık altında toplanmaktadır. Bitkilerin besin solüsyonu içerisinde yetiştiriciliği “su kültürü (hidroponik)”, katı ortamlarda yetiştiriciliği “ortam (substrat) kültürü” olarak adlandırılmaktadır.

Ortam (substrat) kültürü: Substrat kültürü ülkemizde ve dünyada ticari olarak kullanılan en yaygın kültürdür. Bu kültürde çeşitli organik (torf, kokopit, çeşitli kompostlar, vb.) ve inorganik substratlar (kum, çakıl, kil, perlit, kayayünü, pomza, vb.) kullanılmaktadır (Diver 2006) .

Su (solüsyon) kültürü: Eğer kültürde sadece besin solüsyonu kullanılıyorsa bu sisteme solüsyon veya su kültürü adı verilir (Diver 2006). Bu kültürde uygulanabilen değişik teknikler vardır:

- **Gelgit tekniği:** Bu sistemde bitki besin solüsyonları kaplara konular ve üzerinde bitkiler yetiştirilir. Günde 3–4 kez kaplar boşaltılarak bitki köklerine oksijen kazandırılır. Bu teknik daha çok ev bahçelerinde ve hobi amaçlı kullanılır.
- **Durgun su tekniği:** Bu sistem yapraklı bitkiler için en ideal sistemdir. Sistemde bitkiler strafor adı verilen dikdörtgen

polyesterden imal izolasyon kalıplarının üzerinde sabit olarak dururlar. Besin solüsyonları çeşitli kaplara konur ve kapların dip kısmındaki çeşitli motorlar aracılığıyla besin solüsyonlarının çökmesi önlenir ve kökler için gerekli oksijen solüsyona kazandırılır.

Miceli et al. (2003), İtalya’da yaptıkları bir araştırmada, yapraklı sebzelerde topraklı yetiştiricilikten daha kısa sürede uygulanabilecek kolay ve az masraflı bir yöntem olan akan su kültürü tekniğinin (NFT) kullanılmasının avantajlı olduğunu bildirmişlerdir.

Akan su tekniği (Nitruent Film Technique): Akan su tekniğinde besin solüsyonu bir tanktan pompa yardımıyla bitki köklerine verilir ve tekrar tankta toplanır. Sistem sürekli bu şekilde köklere oksijen kazandırır.

Aerasyon (Pulverizasyon) tekniği: Bu sistem de bitki köklerine besin solüsyonu sprey şeklinde ince zerrecikler halinde verilir. Bu teknikte köklere optimum oksijen sağlanır.

Entegre su kültürü: Su kültürü ve su ürünleri kültürü entegre hale getirilerek yeni bir yetiştiricilik tekniği geliştirilmiştir ve çeşitli faydaları saptanmıştır (McMurty, 1990).

Bitkiler entegre su kültürü içinde ortak kullanım için idealdirler çünkü yüksek çözünmemiş azot ve fosfor biyolojik filtrasyon verimleri yüksektir (Haugland and Pedersen 1993; Krom et al., 1995; Neori et al., 1996; Hermnandez et al., 2002).

Rakocy and Hargreaves (1993)’e göre entegre su kültür sistemleri yapay çevre kontrolünü sağlamak için dizayn edilmiştir, bu sayede su kaynakları korunmuş olur ve balık ve bitki gelişimi sağlanır.

Eğer sistem içerisindeki besin solüsyonu devir daim ediyorsa bu şekilde kurulan sistemlere “Kapalı Sistem”, şayet sistem içerisindeki besin solüsyonu bir sefer kullanıldıktan sonra atılıyor ise bu tip sistemlere “Açık Sistem” adı verilmektedir. Besin solüsyonunun kompozisyonun değişmesi ve hastalıkların

hızlı bir şekilde yayılma potansiyeli kapalı sistemin en önemli dezavantajıdır (Marhaba, 1998).

2.6 Akuaponik Sistem Tasarımları

2.6.1 RAFT, NFT ve Media-Filled Yatak Sistem Dizaynlarının Tanıtılması

Akuaponik sistemler için RAFT, NFT ve Media-filled yataklar olmak üzere geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılan başlıca üç tasarım mevcuttur (Nelson, 2008).

Yüzen sistem, derin kanal sistemi ve derin akış olarak da bilinen *RAFT* sisteminde bitkiler su üzerinde yüzen straforlar üzerine yetiştirilir. Genellikle bu balık tankından ayrı bir tanktır.



Şekil 2.3. RAFT sistemi.



Şekil 2.4. RAFT sisteminde strafor kullanımı.

NFT (Besleyici Film Tekniği) bitkilerin uzun dar kanallarda yetiştirildiği bir metottur. Her bir kanaldan ince bir film şeklinde su akışı suretiyle bitki köklerine su, besin ve oksijen tedariki sağlanır (Nelson, 2008).



Şekil 2.5. NFT sistemi.

Media-filled Yatak Sistemlerinde bitki yatağı için ince çakıl, perlit veya başka bir madde ile doldurulmuş bir tank ya da kap kullanılır. Bu yatağa periyodik

olarak balık tankından su boşaltılır. Daha sonra su balık tankına geri döner (Nelson, 2008).



Şekil 2.6. Media-filled yatak sistemi.

Bu üç sistemin her biri için uygulama, konum ve tasarımcı veya kurucu karakterine bağlı birçok varyasyon bulunmaktadır. Her bir sistemin de avantajları ve dezavantajları vardır. Bu sistemlerin hepsi hidroponik tekniklere dayanır fakat bitkileri beslemek için akuakültürden gelen atık suyu kullanırlar. Gerekli ekipman ve üretim düzeyleri sisteme göre farklılık göstermektedir.

Genel olarak, stoklama ve ekim yoğunlukları daha yüksek olduğu için daha fazla balık ve sebze verimi sağlayan RAFT ve NFT sistemleri ticari üretim için en yüksek potansiyele sahiptir. Bu iki sistem hem balıkları hem de bitkileri beslemek için daha fazla filtrelenmiş besin girdisi kullanmaktadır. Katı balık atıkları sistemden çıkarılarak toprak ekinleri için gübre olarak kullanılabilir veya bir anaerobik arıtıcıda işlenebilir; bu da ısı ve enerji ortaya çıkarmak için kullanılabilen biogaz üretimi sağlamaktadır. Media-filled yatak sistemi daha düşük bir stoklama yoğunluğuna sahiptir ve balık tanklarından gelen atık yüklü suyun tamamı sistem içinde tutularak sonunda ayrıştırılır. (Nelson, 2008).

Doğru tasarımın hangisi olduğuna karar verirken nihai hedefler düşünülerek hareket edilmelidir. Amacın deney yapmak mı, ev için gıda üretmek mi ya da küçük bir akuaponik işletmesi veya büyük ölçekli ticari bir entegre işletme kurmak mı olduğuna karar verilmelidir. Bu bir hobi de olsa yeni bir tarımsal iş girişimi de olsa ihtiyaçlar ve hedeflere en uygun yetiştirme metodunu seçmek, akuaponik sistemdeki uzun vadeli başarının ilk adımını oluşturmaktadır.

Akuaponik yöntemlerle ilgili en şaşırtıcı gerçeklerden biri, bitki üretim alanının balık yetiştirilen alandan çok daha geniş olmasıdır. Örneğin; bir UVI RAFT sisteminde toplam bitki üretim alanı 214 m² , toplam balık yetiştirme alanı ise 29 m²'dir (Rakocy et al., 2006; Nelson, 2008).

Bu çalışmada akuaponik sistem tasarımları içerisinde Media-Filled Yatak Sistem tasarımı tercih edilmiştir. Sistemin tercih edilmenin temel amacını; küçük ölçekli bir sistem kurularak minimum alandan en verimli şekilde faydalanılması, denemenin kurulum açısından ekonomik olması, günlük ve periyodik filtre temizliğine gerek duyulmaması ve sera ortamı, bahçe tarzı akuaponik üretim için iyi bir seçim olması oluşturmaktadır. Medialı yatak sisteminin en büyük avantajı tüm katı atıkların sistem içerisinde kullanılmasıdır.

2.6.2 RAFT, NFT ve Media-Filled Yatak Sistemlerinin Karşılaştırılması

Akuaponik bir sistem çeşitli bileşenlerden meydana gelen kompleks uyarlanabilir bir sistemdir. Herhangi bir bileşenin girdisini, işlevini veya büyüklüğünü değiştirmek sistemin bir bütün olarak işleyişini etkileyecektir. Sistemin herhangi bir faktörü, değişkeni veya bileşeni üzerinde değişiklik yapmayı düşünürken bu unsuru göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

Çizelge 2.1. RAFT, NFT ve Media-filled yatak sistemlerinin karşılaştırılması.

	Genel Yorumlar	Avantajlar	Dezavantajlar
RAFT	<p>UVI de geliştirilmiş ticari olarak uygulanabilir bir sistemdir.</p> <p>Katı balık atığı bulunur- imha edilir veya kullanılır.</p> <p>Ticari üretim için iyi bir seçimdir.</p>	<p>Geniş veri tabanı vardır.</p> <p>Kullanıcı sayısı fazladır.</p> <p>Büyük su hacmi tampon oluşturur.</p> <p>Yüksek ölçüde verimlidir.</p> <p>En rafine sistemdir.</p>	<p>Media-filled yatak sistemine göre daha fazla bileşen gerektirir.</p> <p>Günlük ve periyodik filtre temizleme gereklidir.</p>
NFT	<p>Yüksek bitki, düşük balık üretimi için en iyi seçimdir.</p> <p>Katı balık atığı bulunur, imha edilir veya kullanılır.</p> <p>Marul ve çeşitli otların yetiştirilmesinde en iyi sistemdir</p> <p>Ticari üretim için iyi bir seçimdir.</p>	<p>Bitkilerin balıklara oranının yüksek olması dolayısıyla çok karlı olabilir.</p> <p>Yüksek ölçüde verimlidir.</p> <p>NFT hidroponik sistemlere aşına olanlar için iyi bir seçimdir.</p>	<p>Media-filled yatak sistemine göre daha fazla bileşen gerektirir.</p> <p>Günlük ve periyodik filtre temizleme gereklidir.</p> <p>Besin taşıma tesisatı tıkanabilir.</p> <p>Sistem su hacmi minimumdur; RAFT sisteminden daha risklidir.</p>
Media-filled yatak	<p>Küçük ölçekli sistemler ya da evsel besin üretimi için iyi bir seçimdir.</p> <p>Tüm katı atıklar sistem içinde kullanılır.</p> <p>Çoklu ekin, bahçe tarzı akuaponik sistemler için iyi bir seçimdir.</p>	<p>Destek ve danışma için kullanıcıların ve kullanıcı gruplarının fazla sayıdadır.</p> <p>Su hareketi ve havalandırma için bir hava taşınması kullanabilir.</p> <p>Kurulumu en ucuz olanıdır.</p>	<p>Üç tasarım içinde en düşük üretim düzeyine sahip tasarımıdır.</p> <p>Yatak zaman zaman komple temizleme gerektirir, sistemi aksatabilir.</p>

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışma Kasım 2012 – Mart 2013 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde yürütülmüştür.



Şekil 3.1. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde kurulan deneme düzeneği.

3.1.1 Çalışmada Kullanılacak Balık Materyali

Bu çalışmada Pınar Deniz Ürünleri kuluçkahanesinden temin edilen kültür orijinli levrek (*Dicentrarchus labrax*) juvenilleri kullanılmıştır. Örihalin bir tür olan levrek balığı ülkemiz akuakültür sektörü açısından en çok üretimi yapılan türlerin başında gelmektedir. Levrek gibi üretimi yaygın ve ekonomik değeri yüksek bir tür bu çalışma ile tatlı suda yürütülen akuaponik sistemlerde ilk kez ele alınmıştır.



Şekil 3.2. Akuaponik sistemde levrek juvenilleri.

3.1.2 Çalışmada Kullanılan Bitki Materyali

Bu çalışmada İzmir 'in Bergama ilçesinde bulunan Agrobay Seracılık İthalat İhracat San. ve T.A.Ş kuruluşundan temin edilen Gloria (Iceberg) marul çeşidi kullanılmıştır. Deneme düzeneğine ekim için 25 günlük fide tercih edilmiştir.

Gloria (Iceberg) marul, geç sonbahar ve erken ilkbahar üretimine uygundur. Hafif parlak ve koyu yeşil renktedir. İri ve sıkı baş yapar. Hasat süresi iklim şartlarına bağlı olarak dikimden sonra 60-85 gündür. Marul mildiyösünün 1-16,21,23ırklarına ve yaprak uç yanıklığına dayanıklıdır. Sıra üzeri 25-30 cm, sıralar arası 30-40 cm mesafe ile dikim yapılır (Anonim, 2013).

Marul akuaponik sistemlerde tercih edilen sebze çeşitlerinden biridir. İklim koşulları elverdiği ve sera ortamı sağlandığı sürece yılın 12 ayı üretimi mümkündür.



Şekil 3.3. Gloria (Iceberg) marul çeşidi.

3.1.3 Çalışmada Kullanılan Akuaponik Sistem Düzenegi

Çalışmada akuaponik sistem tasarımlarından *Media-filled Yatak Sistemleri* kullanılmıştır. Media-filled Yatak Sistemlerinde bitki yatağı için ince çakıl, perlit veya başka bir madde ile doldurulmuş bir tank ya da kap kullanılmaktadır. Bu yatağa periyodik olarak balık tankından su boşaltılmaktadır. Daha sonra su balık tankına geri dönmektedir.



Şekil 3.4. Akuaponik sistem düzenegi.

Bu amaçla deneysel akuaponik sistem olarak media-filled yatak sistemi tasarımımda 9 adet 55 litre kullanım hacmine sahip dikdörtgen şekilli 79 x 57 x 18 cm (boy x en x yükseklik) ölçülerinde PE yataklar ve 500 litre hacminde silindirik PE balık tankı kullanılmıştır (Şekil 3.5a ve Şekil 3.5b).



a)PE bitki yatakları.



b)PE balık tankı.

Şekil 3.5. PE bitki yatakları ve balık tankı.

Bitki yataklarına periyodik olarak gelen atık suyun toplama tankına geri dönebilmesi için PE yatakların yan yüzeylerine kanal açılmıştır (Şekil 3.6). Daha sonra yüzeyde bulunan kanalların ucuna plastik boru eklenerek yatak çıkışları tek bir alt yapıda toplanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.6. PE bitki yataklarına açılan kanallar.



Şekil 3.7. Medialı yatakların kurulumu.

3.2 Metot

Uygulamalar balık ve bitki olmak üzere iki kısımda ele alınmıştır. Denemeler paralel 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Deneme akışı levrek (*D. labrax*) juvenillerinin tatlı suya adaptasyonu ve marul fidelerinin hazırlanmasına yönelik uygulamaları içermektedir.

3.2.1 Levrek Juvenillerinin Tatlı Suya Adaptasyonu

Çalışmada kullanılan levrek (*D. labrax*) juvenilleri akuaponik sistemde tatlı su kullanılacağı için yavaş adaptasyon yöntemi kullanılarak 5 gün içinde tatlı suya adapte edilmiş ve ardından bu yeni şartlara tamamen adapte olabilmesi amacıyla 2 ay süreyle tatlı su ortamında besiyeye alınmıştır.

Balıkların stoklanması için 1000 litre kapasiteli %38 deniz tuzluluğuna sahip adaptasyon tankı kullanılmıştır. Tanka su sıcaklığı ortalama 20°C olacak şekilde tatlı su ve deniz suyu karıştırılarak konulmuş ve saatte 1000 litre/saat (%100) debi uygulanmıştır. Su sürekli olarak hava taşıdığından gelen oksijen kaynağı ile sature edilmiştir. Aydınlatma 300 lüks güce sahip floresan lambalarla

sağlanmıştır. Üniteye 18 saat aydınlık ve 6 saat karanlık fotoperiyot uygulaması yapılmıştır.



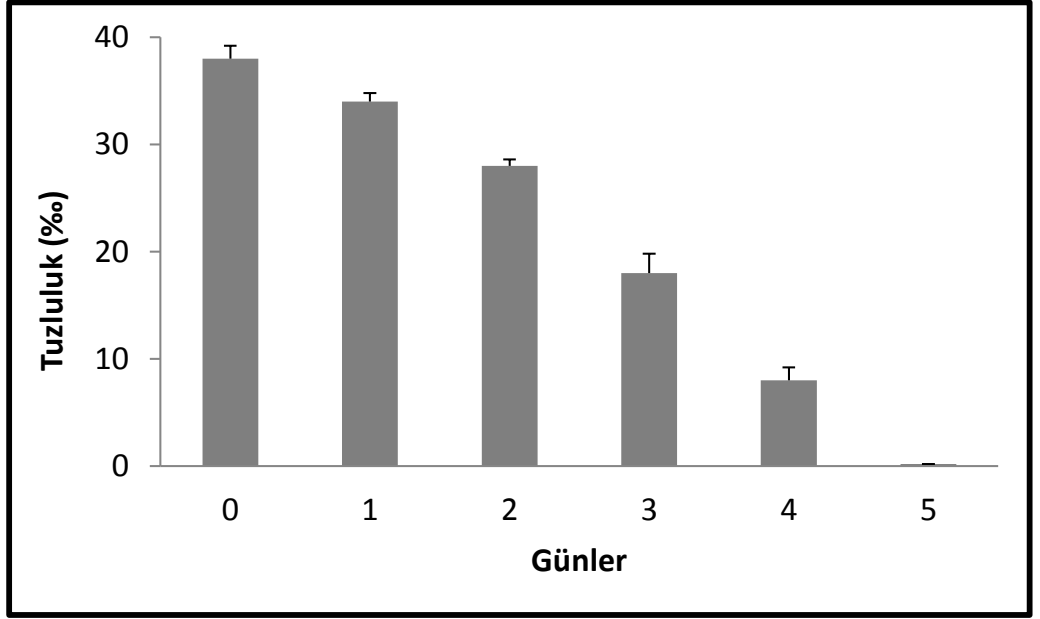
Şekil 3.8. Adaptasyon tankı.

120 adet kültür orijinli levrek balığı boy, en ve ağırlık ölçümleri yapılarak %38 deniz tuzluluğundaki adaptasyon tankına transfer edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yapılan ölçümler. a) En ve boy ölçümleri b) Ağırlık ölçümleri

Örihalin bir tür olan levreğin tatlı suya adaptasyonunda 3 farklı adaptasyon yöntemi vardır: 1) Direkt Adaptasyon 2) Yavaş Adaptasyon (48 saat) 3) Hızlı Adaptasyon (17 gün) (Cataudella et al., 1992). Çalışmada yavaş ve hızlı adaptasyon yöntemleri modifiye edilerek kullanılmış ve 5 gün süresince ‰38 deniz tuzluluğu her gün eklenen tatlı su ile ‰0.2'ye kademeli olarak düşürülmüştür (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Yavaş adaptasyon yöntemi ile tuzluluk düşürülmesi.

Levrek balıkları 2 ay boyunca tatlı suda (‰0.2) besiyeye alınmıştır. (Kasım-Aralık). Bu dönem boyunca tank ortamında ve geri dönüşüm toplama tankında fekes ve organik madde içeren tatlı suyun oluşması ve sistemde dönmesi hedeflenmiştir. Bu sürecin ardından 30 adet balığın boy, en ve ağırlık ölçümleri yapılarak akuaponik çalışma ortamında bulunan 500 litre kapasiteli PE silindirik tanka stok yoğunluğu 5 kg/m³ olacak şekilde transferi sağlanmıştır. Tank ortamındaki su ‰0.2 tatlı su olup, su sıcaklığı ısıtıcı kullanılarak 20°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Yem olarak 3 mm boyutunda levrek için üretilmiş Çamlı Yem A.Ş. firmasına ait pelet yem (%45 HP; %12 HY) kullanılmıştır. Günde 2-3 kez canlı ağırlığın %3.0-3.5 oranında ad libitum besleme yapılmıştır (Eroldoğan et al., 2004).



Şekil 3.11. a, b,c) Balıkların akuaponik çalışma ortamına transferi.

3.2.2 Fidelerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılacak marul fideleri sera işletmesinden viyoller içerisinde temin edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Iceberg marul fideleri.

Çalışmada model alınan ve akuaponik sistemler arasında yaygın olarak kullanılan medialı yatak sisteminde, yine bu sistemde yaygın olarak kullanılan torf ve perlit gibi ortamlar kurulmuştur (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14). Fox (1997), Avustralya’da salata ve marul yetiştirilen büyük işletmelerde yetiştirme ortamı olarak %50 perlit ve %50 vermikülit karışımının kullanıldığını bildirmiştir.



Şekil 3.13. Perlit, torf ve perlit-torf ortamlarının hazırlanması.



Şekil 3.14. Bitki ekimine hazır medialı yataklar.

Substrat (ortam) kültürü ülkemizde ve dünyada ticari olarak kullanılan en yaygın kültürdür. Bu kültürde çeşitli organik (torf, kokopit, çeşitli kompostlar, vb.) ve inorganik substratlar (kum, çakıl, kil, perlit, kayayünü, pomza, vb.) kullanılmaktadır (Diver 2006) . Organik ortam olarak en yaygın kullanılanlar torf ve kokopit, inorganik olarak en yaygın kullanılanlar perlit ve kaya yünüdür. Bu teknikde çeşitli kaplara konulan substratlar üzerinde bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Sevgican (2003), torfun pahalı bir yetiştirme ortamı olduğunu ancak birden fazla, mesela üç kez üst üste kullanılabilir olmasının, maliyetinin düşmesine neden olduğunu, fakat dört yıl sonra ortaya çıkan oturma ve sıkışmanın kök gelişimini olumsuz yönde etkilemeye başladığını bildirmiştir. Torfun diğer yetiştirme ortamlarıyla karıştırılarak kullanılmasının çok yaygın olduğunu, ortamın su tutma gücünü yükseltmesi için, inorganik ortamlarla karıştırılarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Yetiştirme yataklarına Gloria (Iceberg) marul çeşitlerinden 3 tekrarlı ve her tekrarda 9'ar bitki olmak üzere perlit, torf ve perlit(%50)-torf (%50) ortamları kullanılarak toplam 90 adet bitki yerleştirilmiştir. Bitkinin büyümesi ve gelişimi her gün fotoğraflanarak takip edilmiştir.



Şekil 3.15. a, b, c) Medialı yataklara bitki ekimi.

Marul fidesi ekim derinliği yaklaşık olarak 0,5-1 cm, sıralar üzeri mesafe sıra üzeri 15 cm, sıralar arası 15 cm arasındadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Bitkilerin ekim mesafesi.



Şekil 3.17. Perlit, torf ve perlit-torf ortamlarına ekimi yapılan marul fideleri.

3.2.3 Akuaponik Sistem İşleyişi

Akuaponik sistemdeki en önemli unsur balık yemidir. Balıklar yemi yer ve dışkıları. Bu dışkıları doğal olarak bitkilerin tükettiği besinlere dönüşür. Balık dışkılarının toksik bileşenlerini bitkilerin kullanabileceği besin şekline bakteriler çevirir. Yararlı bakteriler olmadan, akuaponik sistem başarısız olur. Nitrifikasyon süreci, ototrof bakterinin, ilk önce toksik amonyağı nitrite ve daha sonra nitriti nitrate çevirdiği iki adımlı süreçte oluşur. *Nitrosomus* bakterisi amonyağı nitrite ve *Nitrobakter* bakterisi de nitriti nitrate çevirir (Nelson, 2008).

Çalışmada kullanılan akuaponik sistem konfigürasyonunda perlit, torf ve perlit-torf karışımları ile doldurulmuş medialı yataklara, balık tankından periyodik olarak su boşaltılmaktadır. Balık yetiştiriciliğinden gelen fekes ve yem atıkları içeren su bu sistemde hedeflenen bitki türü olan marul tarafından kullanıldıktan sonra kalan su geri dönüş ve toplama tankında biriktirilmektedir. Geri dönüş ve toplama tankında biriken su pompa yardımıyla balık tankına geri dönmektedir. Bu dönem boyunca tank ortamında ve geri dönüşüm toplama tankında fekes ve organik madde içeren tatlı suyun oluşması ve sistemde dönmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde suyun kapalı devre içerisinde devir daimi sağlanmaktadır. Su kaybı minimaldir ve azalan suyun yerine aynı miktarda tatlı su (%0.2) ilave edilecek şekilde tasarlanmıştır. (Şekil 3.18). Bu dizayn suyu 24 saatte bir sirküle etmektedir.

Balık tankındaki su sıcaklığı ısıtıcı kullanılarak ortalama 20°C' de tutulmuştur. Su sürekli olarak hava taşından gelen oksijen kaynağı ile sature edilmektedir. Saatte 500 litre/saat (%100) debi uygulanmıştır.



Şekil 3.18. Akuaponik sistem işleyişi.

Ünitede 8 saat karanlık ve 16 saat aydınlık fotoperiyot uygulaması yapılmıştır. Aydınlatma 3 adet 100 W Softone ampul ve 4 adet 40 W Floresan lamba ile sağlanmıştır. Yaklaşık 500 lux aydınlatma uygulanmıştır. (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Aydınlatma sistemleri.

Manüplasyon ve irritasyonu engellemek amacıyla akuaponik sistemdeki levreklerin, her ay düzenli olarak 2-Phenoxyethanol ile sedasyonun ardından toplam boy ve ağırlık ölçümleri yapılmış ve spesifik büyüme oranları (SBO) saptanmıştır. Levrek balıklarına ait büyüme parametreleri ve yaşama oranı

değerleri izlenmiştir. Spesifik büyüme oranı **SBO = 100 (Ln SVA -Ln İVA)/Δt** formülü ile hesaplanmıştır. Her gün düzenli olarak balık tankındaki suyun sıcaklık, tuzluluk pH ve FCR hesaplamak için verilen yem miktarı ölçülmüştür. Yem Değerlendirme Dönüşüm Oranı **YDO= Tüketilen yem miktarı(kg)/ağırlık kazancı(kg)** formülü ile hesaplanmıştır. Çalışma 100 gün sürdürülmüştür. Yem olarak 3 mm boyutunda levrek için üretilmiş Çamlı Yem A.Ş. firmasına ait pelet yem (%45 HP; %12 HY) kullanılmıştır. Günde 2-3 kez canlı ağırlığın %3.0-3.5 oranında ad libitum besleme yapılmıştır (Eroldoğan et al., 2004).

4. BULGULAR

4.1 Çalışmada İzlenen Fizikokimyasal Parametreler

Çalışma boyunca her gün düzenli olarak levrek balıklarının bulunduğu tankta suyun sıcaklık, tuzluluk ve pH gibi fizikokimyasal parametreleri ölçülmüştür. Fizikokimyasal parametrelere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.1. Fizikokimyasal parametreler (Ort±SD; n=30).

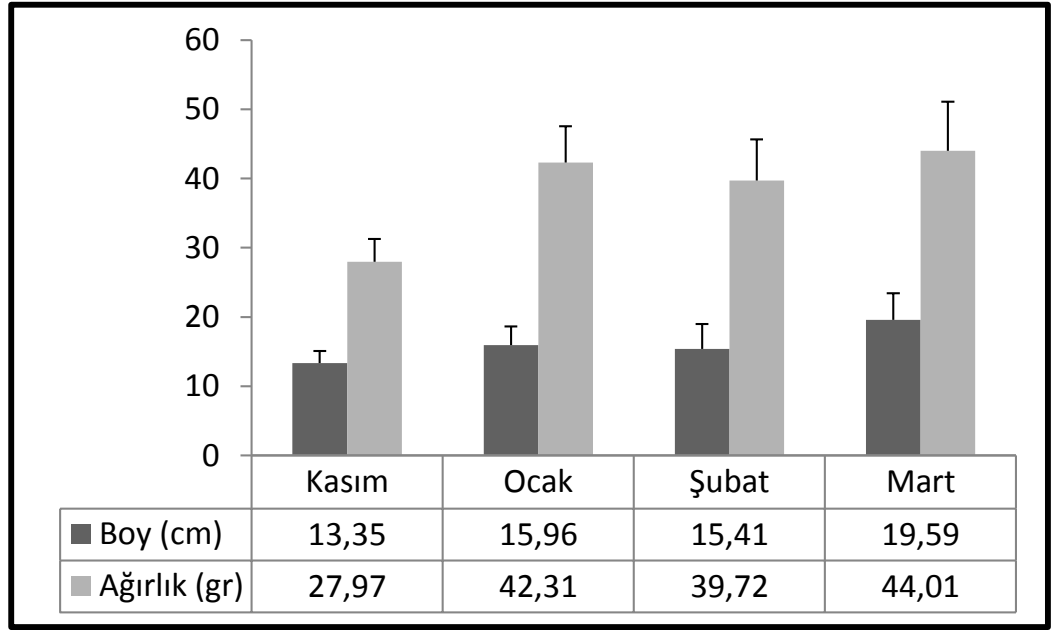
	Min	Max	Ort ± SD
Sıcaklık (°C)	17.3	23.4	19.98±1.28
Tuzluluk (‰)	0.16	0.23	0.2±0.001
pH	8.7	9.1	9.02±0.09

4.2 Levrek Balıklarında Büyüme Parametreleri

Çalışmada kullanılan levrek juvenillerine ait büyüme parametreleri incelendiğinde; deneme başında total boy 13.35 ± 1.07 cm ve ağırlık 27.97 ± 7.32 gr olan levrek juvenilleri, denemenin sona erdiği 100. günde 19.59 ± 1.28 cm total boy, 44.01 ± 8.47 gr ağırlığa ulaşmış, SBO 0.52 ± 0.07 ve YDO 2.4 ± 0.2 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Tatlı suya adapte edilen levrek juvenillerinin yaşama oranı da %90 olarak bulunmuştur. Levreklerde gözlenen total ağırlık gelişimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme sonunda levrek juvenillerinin büyüme parametreleri (Ort±SD; n=30).

	Min	Max	Ort ± SD
Total Boy (cm)	17.5	22.4	19.59±1.25
Ağırlık (gr)	29.51	60.31	44.01±8.47
SBO (%/gün)	0.44	0.65	0.52±0.07
Yaşama oranı (%)	-	-	90



Şekil 4.1. Deneme süresince levrek juvenillerinde gözlenen total ağırlık değişimleri.

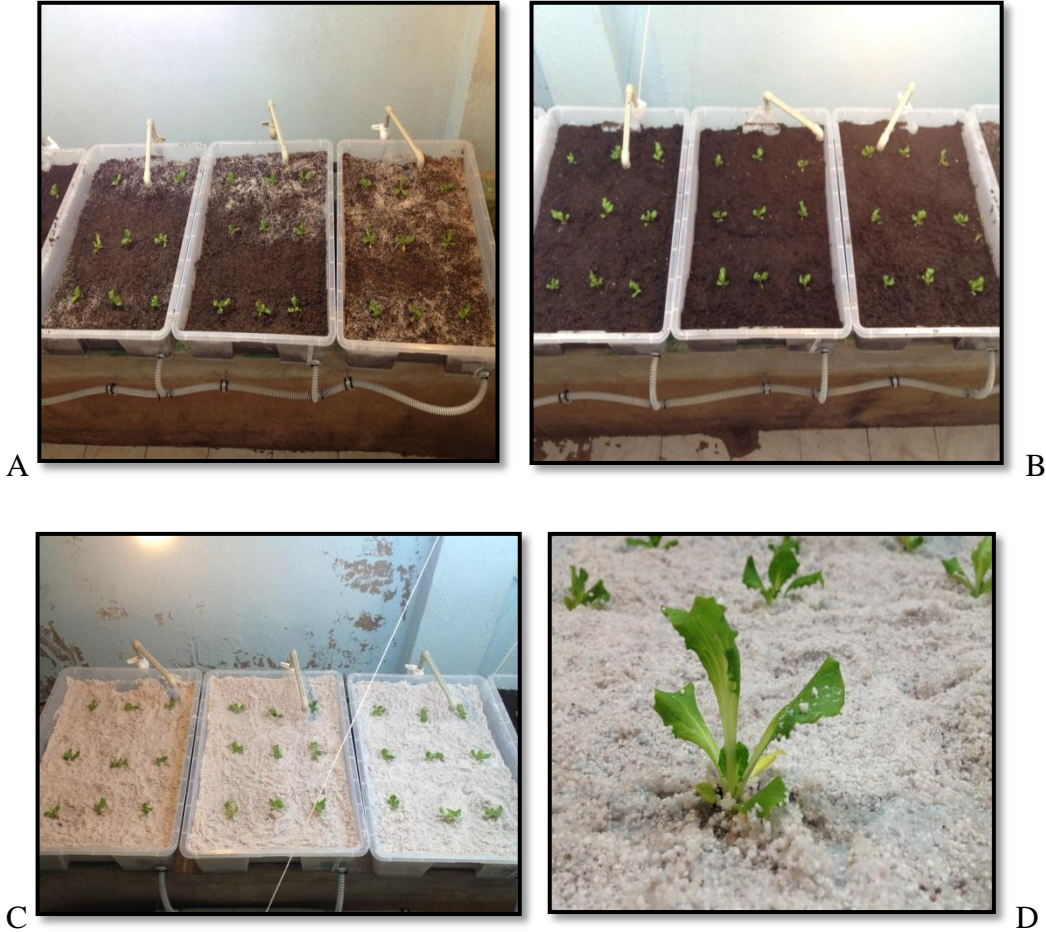
Levrek juvenilleri, total ağırlık açısından ilk 3 aylık süreçte (Kasım-Aralık-Ocak) yavaş seyreden bir artış göstermiştir. Takip eden Şubat ayında grafikte bir düşüş gözlenmiştir. Bunun sebebi kış mevsiminin Şubat ayında oldukça soğuk geçmesidir. Mevsim koşullarının elverişsizliği nedeniyle ortam sıcaklığında

düşüşler yaşanmıştır. Şubat ayından sonra, denemenin sona erdiği 100. güne kadar daha hızlı bir total ağırlık gelişimi izlenmiştir.

Levrek juvenillerinde izlenen total boy gelişimi ise Aralık ayından itibaren hızlı bir artış eğilimine girmiştir. Bu hızlı artış grafiğinin, deneme sonuna kadar aynı hızda seyrettiği tespit edilmiştir.

4.3 Marul Bitkisinin Gelişimi

Çalışmanın sürdürüldüğü 100 gün süresince torf, perlit ve torf-perlit içerikli medialı yataklara ekimi yapılan Gloria (Iceberg) marul türünün gelişimi izlenmiştir.



a)Torf-perlit ortamı. b)Torf ortamı. c,d)Perlit ortamı.

Şekil 4.2. a,b,c,d) 10 günlük marul bitkisinin perlit, torf ve torf-perlit ortamlarındaki gelişimi.



Şekil 4.3. 29. günde üniteden görüntü.



Şekil 4.4. a,b) 58 günlük marul bitkisinin torf-perlit ve torf ortamlarındaki gelişimi.



Şekil 4.5. 58. gün perlit ortamındaki marul bitkisinin gelişimi.

100. günden itibaren Gloria (Iceberg) marul türünde perlit, torf ve torf-perlit ortamlarında vegetatif devreden generatif devreye geçiş izlenmiş ve çalışma sonlandırılmıştır.





C

Şekil 4.6. a,b,c) 100. gün marul bitkisinin torf-perlit, perlit, torf ve ortamlarındaki gelişimi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Akuaponik minimum su ve alan kullanan, atıkları faydaya çeviren, organik, sağlıklı balık ve sebze üretimiyle sonuçlanan gıda yetiştiriminin çok verimli bir yoludur. Bilindiği gibi, tüm dünyada akuaponik uygulamaları başta tilapia, yayın ve sazan olmak üzere bazı tatlı su türleri üzerine yoğunlaşmış durumdadır. Bugüne kadar gerek acı su gerekse tatlı su ortamında levrek türü ile yürütülmüş herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Örihalin bir tür olması nedeniyle levreklerin geniş tuzluluk aralılarında yaşadıkları bilindiğinden bu çalışmanın temelini tatlı suda bu kültür sisteminin uygulanabilirliği ve bir ön çalışma ile bunun araştırılması oluşturmaktadır. Bu ön çalışmada ülkemiz akuakültür sektörü açısından en çok üretimi yapılan türlerin başında gelen levrek (*Dicentrarchus labrax*) ilk kez tatlı suda yürütülen akuaponik sistemlerde ele alınmıştır.

Rakocy et al., (2006), balık yetiştiriciliğinden gelen organik maddece zengin atık sudaki besinlerin tüketilmesinde akuatik bitkilerin etkinliği üzerinde deneyler yapmışlardır. Araştırmalar devam ederken, bölgesel bitkiler test edilmiş ve akuakültür için etkili bir temizleyici olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, bu organik maddece zengin, besleyici özellikli suyun büyüyen bitkiler için ideal olduğu sonucuna varılmıştır.

Marul akuaponik sistemlerde tercih edilen sebze çeşitlerinden biridir. İklim koşulları elverdiği ve sera ortamı sağlandığı sürece yılın 12 ayı üretimi mümkündür. Genellikle seralarda ve açıkta yetiştirilen marul ve salatalar, diğer sebzelere göre daha az deneyim ve beceri gerektirdiğinden durgun su kültüründe yetiştiriciliğe daha uygundur (Morgan 1999a, Ryder 1999).

Marul (*L. sativa*) akuaponik sistemlerde yetiştiriciliğe çok uygundur. Tüketiciler tarafından tercih edilen büyüme oranı yüksek sağlıklı bir gıdadır. Marulun birçok varyetesi olduğu için pazar kısmında ürün çeşitliliği yaratılabilir. Tüm yıl boyunca sistemi çalıştırmak için su ısıtma ve soğutma sistemleri ile enerji kullanımı olacaktır. Bu nedenle her üreticinin kendi üretim yeri için piyasa araştırması yapması ve bitkileri seçmeden önce pazar araştırması yapması gerekmektedir (Karlsdottir and Matorka, 2012).

Akuaponik sistemler için pH düzeyi önemli bir parametredir. Çoğu balık türleri için optimal pH düzeyleri 7.5-8.5 arasında değişmekte, fakat çoğu bitki türü için bu değer 6.0-6.75 arasında değişim göstermektedir. Bununla birlikte, bu sistemlerde nitratlaşan bakteri ise 7.0-8.0 arasında gelişir. Optimal üretim için akuaponikte uzlaşılacak pH düzeyi ise 7.0 dolayındadır (Nelson R., 2008). Yapılan benzer bir çalışmada da, 7.0'ın üstündeki pH düzeylerinin hidroponik sistemler için yüksek olarak kabul edilmesine rağmen, akuaponik sistemler için 7.0 ve üstü pH düzeyleri nitrifikasyon prosesini ve beraberinde nutrient döngüsünü artıran bir faktör olduğu vurgulanmış, demir, mangan, çinko, bakır ve bor gibi esansiyel nutrientlerin bu pH düzeylerinde daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Rakocy et al., 2004). Benzer bulgular tatlı ve acı su ortamlarında akuaponik sistemde tilapia kültürü amaçlayan diğer bir çalışmada da bildirilmiştir. Medialı yatak sistemi kullanılan çalışmada tilapia türü marul bitkisi ile birlikte denenmiş ve çalışma boyunca pH düzeyi 6.4 ile 7.3 arasında değişim göstermiş, bu değişim bitki ve balık türü için negatif bir etki göstermediği belirtilmiştir (Trang and Brix, 2012). Ayrıca, Raft sistemi kullanılan diğer bir çalışmada 2 tank acı su ortamında deneme grubu, 1 tank ta tatlı su ortamında kontrol grubu olarak kurulmuş ve tilapia üretimi yapılmıştır. Bu sistemde acı su ortamında pH ortalaması 6.32, tatlı su ortamında ise 7.92 olarak ölçülmüştür. Ancak deneme süresince her iki ortamdaki pH 9.0 düzeyine kadar yükselmiş ve bu durum balıklar ve bitkiler üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmamıştır. Sonuçta, pH düzeyinin 9.0 yükselmesinin akuaponik sistemler için nutrient maddelerin döngüsünü tetiklediği de vurgulanmıştır (Kotzen ve Applebaum, 2010). Bu çalışmada kullanılan tatlı su kaynağı Urla yerleşkesinde yeraltından sağlanan artezyen suyu kullanılmış olup deneme süresince pH düzeyi ortalama 9.02 ± 0.09 olarak ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, önceki akuaponik çalışmalarındaki sonuçlar ile benzerlik göstermekte ve düzeyler arasındaki farklılığın marulların büyümesinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olduğu düşünülmemektedir.

Öte yandan, akuaponik sistemlerde su sıcaklığı da diğer bir hayati parametredir. Başta tilapia ve sazan olmak üzere birçok tatlı su türü için ideal su sıcaklığı 24 °C ve üzeri değerler bildirilmiştir (Nelson, 2008). Akuaponik sistemler ile yürütülen önceki çalışmalarda daha çok sazan, yayın ve tilapia gibi ılık su seven balıkların kültürü denediği için genellikle 24 °C ve üzeri değerler

önerilmiştir (Rakocy et al., 2004; Nelson, 2008; Kotzen ve Applebaum, 2010; Trang and Brix, 2012). Aynı şekilde, levrek türü için en iyi büyümenin izlendiği sıcaklık değerleri bu ve biraz daha üstündeki değerlerdir. Bununla birlikte, faydalı bakteriler toksik maddeden toksik olmayan maddeye geçişi en iyi 25°C'de gerçekleşmektedir. Çoğu sebze de 21.1°C'de büyürken çalışılan marul çeşitlerinin en iyi geliştiği hava sıcaklığı 15.5-26.6°C'dir. İklim şartları uygunsa yıl boyu üretim yapılabilir. Baş oluşmadığı sürece -5°C'ye kadar dayanıklıdır. Baş oluşumundan sonra 0°C'nin altında donar. Akuaponikte en çok kabul gören sıcaklık değerleri 25-30°C arasındadır (Rakocy et al., 2004; Nelson, 2008). Bu çalışmada özellikle yoğun kış koşullarının izlendiği Ocak-Mart ayları arasında yer altı suyunda ve deneme odasında yaşanan sıcaklık değişimleri özellikle levreklerin gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Çalışmanın yürütüldüğü su sıcaklığı 17.3 ile 23.4 °C arasında seyretmiştir. Ancak bir çok araştırmacı tarafından da belirtildiği gibi levrek juvenilleri için en ideal gelişim sıcaklık aralığı 24-28 °C olduğu bildirilmiştir (Alpbaz, 1990; Fırat ve Saka, 2006). Bu bağlamda, levrek türü için daha etkili bir ısıtma sistemine ya da daha sıcak su kaynaklarına gereksinim ortaya çıkmıştır.

Çalışmanın yürütülmesi sırasında karşılaşılan sorunlar arasında, deneme balıklarında ölçümler sırasında elle manipülasyona bağlı *Vibriosis* enfeksiyonlarının gelişimi (Çağırğan, 2013, sözlü görüşme) gözlenmiştir. Manipülasyona sebep olmamak için ölçümler esnasında levreklerle oldukça dikkatli ve hassas davranılmalıdır. Perlit, torf ve torf-perlit içeren medialı bitki yataklarında yenmeyen yem artıklarının varlığı fark edilmiştir. Yem atıklarının söz konusu ortamlarda bulunması küf oluşumuna sebep olmaktadır. Bunu engellemek için atıkları tutan basit ve kalın bir partikül filtre geliştirilmiştir.

Çizelge 5.1. Akuaponik sistemlerde tercih edilen balık-bitki türleri ve sistem tasarımları.

Balık Türü	Bitki Türü	Akuaponik Sistem Tasarımı	Deneme Ortamı	Araştırmacı
Levrek (<i>D. labrax</i>)	Marul (<i>L. sativa</i>)	Medialı yatak	Tatlı su	Bu çalışma
Yayın (<i>Ictalurus sp.</i>)	Domates	Entegre akuakültür sistemleri (RAS)	Tatlı su	Lewis et al., 1978
Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>)	Marul, Domates Salatalık, Kabak	NFT	Tatlı su	Rakocy et al., 1992
Gökkuşığı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Marul (<i>L. sativa</i>), Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>)	NFT	Tatlı su	Adler et al., 2001
Nil tilapia (<i>O. niloticus</i>) Kırmızı tilapia (hibrit)	Fesleğen Bamya	UVI sistem tasarımı	Tatlı su	Rakocy et al., 2004
Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>)	Domates, Salatalık Fesleğen	UVI sistem tasarımı	Tatlı su	Savidov, 2005
Kırmızı tilapia (<i>O. niloticus x O. aureus</i>) Nil tilapia (<i>O. niloticus</i>)	Brokoli, Yer lahanası (<i>Beta sp.</i>) Marul (<i>L. sativa</i>), Nane Pazı, Fesleğen	RAFT Acısu kaynakları	Tatlı su, Acı su	Kotzen and Appelbaum, 2010
Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>)	Gündüz sefası (<i>Ipomoea aquatica</i>) Marul (<i>L. sativa</i>) Zambak (<i>Canna glauca</i>)	Medialı yatak	Tatlı su	Trang and Brix, 2012
Alp alabalığı (<i>A. char</i>) Gökkuşığı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Domates, Marul, Pazı Bazı Tıbbi bitkiler	NFT Jeotermal Enerji	Tatlı su	Karlsdottir, 2012
Norveç tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) Alp alabalığı (<i>Arctic char</i>)	Marul (<i>L. sativa</i>) Maydanoz Kışniş	NFT Jeotermal Enerji	Tatlı su	Matorka, 2012

Akuaponikte en yaygın olarak yetiştirilen balık tilapia (*Oreochromis sp.*) dir. Bunun sebepleri; tilapianın çok dayanıklı olması, çabuk büyümesi ve balık yemi olarak tercih edilmesidir. Tilapia, akuaponik sistemde bir çok sebzeyle de uyumlu olan 23.5°C derecede yetişir. Ayrıca hastalıklara ve parazitlere karşı son derece dirençlidir. Değişken su kalitesine karşı toleransının yüksek olması tilapiayı akuaponik kültür için mükemmel bir seçim haline getirir (Nelson 2008). Tilapia en hızlı yetişen, en güvenilir olan ve üzerine en çok araştırma yapılan türdür.

Largemouth bass (*Micropterus salmoides*), blue gill (*Lepomis macrochirus*), catfish (*Ictalurus punctatus*) ve koi (sazan) (*Cyprinus carpio*) türlerinin de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Avustralya'da yetiştiriciler ana olarak barramundi (*Lates calcarifer*), jade perch (*Perca fluviatilis*), silver perch (*Bidyanus bidyanus*) ve murray cod (*Maccullochella peelii*) yetiştirmektedirler (Nelson, 2008).

Karlsdottir and Matorka (2012) İzlanda'da gerçekleştirdiği NFT sistem tasarımlı akuaponik uygulamalarında balık türü olarak Norveç Tilapia (*Oreochromis aureus*) ve Alp Alabalığı (*Salvelinus alpinus*), bitki türü olarak marul ve ot çeşitlerini (maydanoz, kişniş) denemiştir. Uygulamalarda jeotermal enerji kullanılarak enerji tasarrufu yapılmış ve maliyet düşürülmüştür.

Karlsdottir and Matorka (2012) Norveç'te gerçekleştirdiği NFT sistem tasarımlı akuaponik uygulamalarında en iyi neticeyi balık türlerinde Alp alabalığı (*Salvelinus alpinus*) ve Gökkuşığı Alabalığı (*Salmo trutta*), bitki türlerinde ise domates, marul, pazı ve tıbbi bitkilerden almıştır. Akuaponik sistemde Alp alabalığı ve Gökkuşığı alabalığının tercih edilme sebepleri; Norveç'te tüketimi tercih edilen türler arasında yer alması, akuakültürü yapılabilmesi, ticari üretime uygun olması ve yem dönüşüm oranının yüksek olmasıdır. Uygulamalarda jeotermal enerji kullanılarak enerji tasarrufu yapılmış ve maliyet düşürülmüştür.

Adler et al. (2001) ekonomik getirisi yüksek olan Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), marul (*Latuca sativa*) ve fesleğen (*Ocimum basilicum*) bitkilerini NFT tekniği kullanarak akuaponik sistemde denemiştir.

NFT sistem tasarımı akuaponik sistemler arasında en iyi sistem olarak seçilmiştir. Üzerinde değişiklik yapılabilmesi ve kolaylıkla modifiye edilebilir olmasından dolayı masrafı azdır (Karlsdottir and Matorka, 2012).

Çakıl içerikli medialı yatak sistemleri genellikle küçük ölçekli uygulamalarda tercih edilmektedir. Medialı yataklar biyolojik filtrasyon gerçekleştirmek üzere bakterilerin yaşamını sürdürebilmesi, nitrifikasyon ve bitki büyümesi için oldukça uygundur. Balıktan gelen atık su medialı sistemde çözülür. Bitki oranı çok yüksek olursa çakıllar yatakları tıkayabilir, balık ve bitki ölümlerine sebebiyet verebilir ya da toksik (anaerobik) koşullara yol açabilir. Bu nedenle çakıl içerikli yatak sistemlerinin doğru büyüklükte olması gerekmektedir.(Karlsdottir and Matorka, 2012).

Bu çalışmada akuaponik sistem tasarımları içerisinde Medialı Yatak Sistem tasarımı tercih edilmiştir. Sistemin tercih edilmenin temel amacını; küçük ölçekli bir sistem kurularak minimum alandan en verimli şekilde faydalanılması, denemenin kurulum açısından ekonomik olması, günlük ve periyodik filtre temizliğine gerek duyulmaması ve sera ortamı, bahçe tarzı akuaponik üretim için iyi bir seçim olması oluşturmaktadır. Medialı yatak sisteminin en büyük avantajı tüm katı atıkların sistem içerisinde kullanılmasıdır. Yetiştirme yatakları içeriği olarak perlit, torf ve perlit(%50)-torf (%50) materyalleri tercih edilmiştir.

Substrat (ortam) kültürü ülkemizde ve dünyada ticari olarak kullanılan en yaygın kültürdür. Bu kültürde çeşitli organik (torf, kokopit, çeşitli kompostlar, vb.) ve inorganik substratlar (kum, çakıl, kil, perlit, kayayünü, ponza, vb.) kullanılmaktadır (Diver 2006) . Organik ortam olarak en yaygın kullanılanlar torf ve kokopit, inorganik olarak en yaygın kullanılanlar perlit ve kaya yünüdür. Bu teknikte çeşitli kaplara konulan substratlar üzerinde bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Sevgican (2003), torfun pahalı bir yetiştirme ortamı olduğunu ancak birden fazla, mesela üç kez üst üste kullanılabilir olmasının, maliyetinin düşmesine neden olduğunu, fakat dört yıl sonra ortaya çıkan oturma ve sıkışmanın kök gelişimini olumsuz yönde etkilemeye başladığını bildirmiştir. Torfun diğer yetiştirme ortamlarıyla karıştırılarak kullanılmasının çok yaygın olduğunu, ortamın su tutma

gücünü yükseltmesi için, inorganik ortamlarla karıştırılarak kullanılabilceğini bildirmiştir.

Tüm yapılan bu çalışmaların ışığında kısaca özetlemek gerekirse, herhangi bir alanda ya da mevcut bir su kaynağının yanında bir akuaponik sistem tasarlariken belirli faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Birim alandan ve su kaynağından en etkin ve üretken şekilde yararlanmanın temelini oluşturan ve karasal tarım ile sucul tarımı bir arada bütünleştiren akuaponik sistemlerde hangi türün yetiştirilmesi konusunda karar verirken şu sorular sorulmalıdır;

1. Elde edilebilen su sıcaklığı nedir?
2. Sistem ne kadar stoklama yoğunluğunu desteklemektedir?
3. Akuakültürü yapılacak ülkede hangi balıklar elverişli ve hangi balıklara izin verilmektedir?
4. Ticari üretim söz konusu olduğunda hangi balığın pazarı olduğu araştırılmalıdır.

Sonuç olarak, bu çalışmada ülkemizde kültürü yaygın olarak yapılan, deniz ortamında üretilen ve yavru dönemde kademeli olarak tatlı suya adapte edilen levrek juvenillerinin akuaponik sistemde marul bitkisi ile birlikte ilk kez üretimi denenmiştir. Deneme kapsamında medialı yatak sistemi denenmiş ve bu sistemde marul bitkisi perlit, torf ve perlit+torf karışımında büyütülmüştür. Kurulan kapalı devre sistemdeki tatlı su sürekli sistemde çevrilmiş ve marullara bu su verilmiştir. Yeraltı artezyenden elde edilen tatlı suyun kullanılması ve denemelerin Ocak-Mart ayları arasında yürütülmesi nedeniyle tank içi su ve ortam sıcaklığının düşük seyretmesi gerek levrek gerekse marulların büyümesinde yavaşlamaya neden olmuştur. Sonuçta, tatlı suya adapte edilen levreklerin akuaponik sistemlerde kullanılması durumunda su sıcaklığının 24 ve üzeri değerlerde olması bunun yanında bitkisel üretim için izole edilmiş sera ortamının kurulması bir zorunluluktur. bu koşulların optimize edilmesi durumunda levrek bu tip akuaponik sistemler için uygun bir tür olduğu düşünülmektedir. Sonraki

Çalışmalarda, aynı türlerin acı su ya da farklı kültür sistemlerinde denenmesine gereksinim bulunmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Adler, P.R., Harper, J.K., Wade, E.M., Takeda, F. and Summerfelt, S.T., 2001, Economic Analysis of an Aquaponics System for the Integrated Production of Rainbow Trout and Plants, International Journal of Recirculating Aquaculture, vol.1, no. 1: 15-34.

Alpbaz, A., G., 1990, Deniz Balıkları Yetiştiriciliği, E.Ü. Su Ürünleri Y.O., No: 20.

Ay, Ö., Kalay, M., Tamer, L. and Canlı, M. 1999, Copper and Lead Accumulation in Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zillii* and its Effects on the Branchial Na⁺,K⁺-ATPase Activity, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 62:160-168.

Brusle, J., Roblin, C., 1984, Sexualite du loup *Dicentrarchus labrax* en condition d'elevage contrôle, In l'Aquaculture du bar et des Sparides. /eds.

Cataudella, S., Allegrucci, G., Bronzi, P., Cataldi, E., Cioni, C.,Corti, M., Crosetti, D. De-Merich, D. and Fortunato, C., 1992, Multidisciplinary approach to the optimisation of sea bass(*Dicentrarchus labrax*) rearing in freshwater- 1. Basicmorphophysiology and osmoregulation, Aquaculture Europe '91 -Aquaculture and the Environment, EAS Special Publication No.16.1992a; 14: 56-57.

Dendrinis, P. and Thorpe, J. P., 1985, Effects of Reduced Salinity on Growth and Body Composition in the European Bass *D. labrax*(L.), Aquaculture, 49(1985) 333-858, 25p.

Diver, S., 2006, Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture, A publication of ATTRA IP163 slot54.

Eroldoğan, O.T., Kumlu, M., Aktaş, M., 2004, Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater, Aquaculture, 231: 501-515.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Savidov, N., 2005, Evaluation and Development of Aquaponics Production and Product Market Capabilities in Alberta, Report Final Phase II, Project #679056201, Crop Diversification Centre South Brooks, AB, (http://www.ecogrow.ca/pdf/CDC_Report_Phase_II.pdf).

FAO, 1991, Fiches FAO d'identification des especes, Zone de Peche 37, Medit. et M. Noire.

FAO, ICLARM & IIRR, 2001, Integrated agriculture-aquaculture: A primer, FAO Fisheries Technical Paper, No.407, Rome.

Hernandez, I., Martinez-aragon, J. F., Perez-llorens, J. L., Vazquez, R. and Vergara J. J., 2002, Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*dicentrarchus labrax*) waste waters 2. Ammonium, Journal of applied phycology, 14:375-384.

Johnson, D. W., Katavic, I., 1984, Mortality, Growth and Swim Blader Stress Syndrome of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Larvae Under Varied Environmental Conditions, Aquaculture, 38(1984) 67-68.

Karlsdottir, S. and Matorka, I., 2012, Aquaponics – Grønn vekst Funded by Nordisk Atlantsamarbejde (NORA), Project No 510-072.

Kotzen, B. & Appelbaum, S., 2010, An investigation of aquaponics using brackish water resources in the Negev Desert, Journal of Applied Aquaculture, 22(4): 297–320.

Lewis, William M., Yopp, John H., Schramm, Harold L. Jr. and Brandeburg, Alan M., 1978, Use of Hydroponics to Maintain Quality of Recirculated Water in a Fish Culture System, Publications, paper 62.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Loy, A., Cataudella, S., Corti, M., 1996, Shape Changes During of the Sea Bass, (*Dicentrarchus labrax* L.) in Relation to Different Rearing Conditions, *Envir. Biol. Fish*, New York.

Marhaba, B.D., 1998, Horticultural engineering, Volume 13, no.4 July.

Mcmurty, M.R., 1990, Sand culture of vegetables using recirculating aquacultural effluents, *Applied agricultural research*, Vol. 5, no. 4.(fall). 280–284pp.

Miceli, A., Moncada, F. And Vetrano, D. F., 2003, First results on yield and quality response of basil (*ocimum basilicum*) grown in a floating system, International society for horticultural science international symposium on managing greenhouse crops in slina environment, Pisa (Italy), 9-12 July.

Mcmurty, M.R., 1990, Sand culture of vegetables using recirculating aquacultural effluents, *Applied agricultural research*, Vol. 5, no. 4.(fall). 280–284pp.

Nelson, R., 2006, NFT Aquaponics, *Aquaponics Journal*, # 42, 3rd qtr, p 18-21.

Nelson, R., 2008, *Aquaponic Food Production: Raising Fish and Plants For Food and Profit*, Published by Nelson and Pade, Inc., USA.

Nelson & Pade, 2012, 3-day Aquaponics and Controlled Environment Workshop, USA.

Neori, A., Krom, M. D., Ellner, S. P., Body, C. E., Propper, D., Rabinovitch, R., davison, P. J., Dvir, O., Zuber, D., Ucko, M., Angel, D. and Gordin, H., 1996, Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units, *Aquaculture*, 141:183-199.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Rakocy, J. E., T. M. Losordo, and Masser M.P., 1992, Recirculating aquaculture tank production systems: integrating fish and plant culture, SRAC Publication No. 454, Southern Regional Aquaculture Center, Mississippi State University, Stoneville, Mississippi, USA.

Rakocy, J.E., D.S. Bailey, C. Shultz and E.S. Thoman, 2004, Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system, Proceedings from the 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Volume 2: 676-690.

Rakocy, J., Masser, M. and Losordo, T, 2006, Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics- integrating fish and plant culture, SRAC Publication No. 454.

Rakocy, J.E., J.A. Hargreaves, and D.S. Bailey, 1993, Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponic vegetable gardening, p. 148-158. In: J.K. Wang (ed.) Techniques for Modern Aquaculture, Proceedings Aquacultural Engineering Conference. American Society for Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Ryder, E.J., 1999, Lettuce, endive and chicory, crop production science in horticulture series 7, Cabi publishing, Wallingford, Oxon, UK.

Saka, Ş., Fırat, K., 2000, Çipura (*Sparus aurata* L.) Balığının Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri, T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ticari Balık Türlerinin Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri Hizmet İçi Eğitim Semineri, Ankara, s: 67-78.

Savidov, N., 2005, Evaluation of Aquaponic Technology in Alberta, *Aquaponics Journal*, # 37, 2nd qtr.

Sevgican, A., 2003, Örtüaltı Sebzeçiliği, Cilt II (Topraksız Tarım), Ege Ü. Ziraat Fak. Yayınları No:526, Bornova-İzmir, 168 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Seawright, D.E., R. R. Stickney, and R. B. Walker, 1998, Nutrient dynamics in integrated aquaculture hydroponic systems, *Aquaculture*, 160:215-237.

Trang, N.T.D. and Brix, H., 2012, Use of planted biofilters in integrated recirculating aquaculture-hydroponics systems in the Mekong Delta, Vietnam, *Aquaculture Research*, 2012, 1–10. doi:10.1111/j.1365-2109.2012.03247.x.

Uçal, O., Benli, H.A., 1993, Levrek Balığı ve Yetiştiriciliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri, Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bodrum, Seri A, Yayın No. 9, 72 s.

Varsamos, S., Connes, R., Diaz, J.P., barnabe, G., Charmantier, G., 2001, Ontogeny of osmoregulation in the European sea bass *Dicentrarchus labrax* L., *Marine Biology*, 138: 909-915.

Varsamos, S., Wendelaar Bonga, S.E., Charmantier, G., Flik, G., 2004, Drinking and Na⁺/K⁺ ATPase activity during early development of European sea bass, *Dicentrarchus labrax* Ontogeny and short-term regulation following acute salinity changes, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 311: 189-200.

Varsamos, S., Nebel, C., Charmantier, G., 2005, Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: A review. *Comp., Biochem. Physiol.*, 141(A): 401-429.

Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ., 2000, Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), Ege Üniversitesi Basımevi Bornova, İzmir, 440 s.

ÖZGEÇMİŞ

T.C. vatandaşı olan Alize GÖKVARDAR, 01.01.1987 tarihinde Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir'de tamamladıktan sonra 2007 yılında E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği'ni kazandı. 2009 yılında Kılıç Holding Güvercinlik Kuluçkahane ve ARGE Tesisleri'nde zorunlu stajını tamamladı. 2011 yılında fakülteyi birincilikle bitirdi. Aynı yıl E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime başladı.

