

Dünya da ve Türkiye 'de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında
Alternatif Bir Balık Türü *Clarias gariepinus*'un (Burchell,1822) (Kara Yayın) Denenmesi

Oğuzcan Mol

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Ocak 2019

World and Turkey in innovative farming methods with applications in aquaponics an
alternative to the fish species *Clarias gariepinus* (Burchell,1822)

Oğuzcan Mol

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Biology

January 2019

Dünya da ve Türkiye 'de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında
Alternatif Bir Balık Türü *Clarias gariepinus*' un (Burchell,1822) (Kara Yayın) Denenmesi

Oğuzcan Mol

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Biyoloji Anabilim Dalı
Hidrobiyoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Özgür EMİROĞLU

Ocak 2019

ONAY

Biyoloji Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS öğrencisi Oğuzcan MOL'un YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı " Dünya da ve Türkiye 'de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında Alternatif Bir Balık Türü *Clarias gariepinus*' un (Burchell,1822) (Kara Yayın) Denenmesi " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca oy birliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Özgür EMİROĞLU

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Özgür EMİROĞLU

Üye: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK

Üye: Doç. Dr. Onur KOYUNCU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nuntarih vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Özgür EMİROĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum “Dünya da ve Türkiye 'de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında Alternatif Bir Balık Türü *Clarias gariepinus*’ un (Burchell,1822) (Kara Yayının) Denenmesi” başlıklı tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 04/01/2019

Oğuzcan MOL

ÖZET

Bu çalışmada topraksız tarım teknikleri arasında yer alan akuaponik tarımın, akua kültür kısmında yetiştirilen balıklara alternatif bir balık türü olarak, Sakarya Nehrin de istilacı olarak bulunan *Clarias gariepinus* 'un Akuaponik sistemdeki uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Çalışma da kullanılan balık türü Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'ndaki''Çifteler Sakarbaşı Bölgesindeki İstilacı Tatlısu Balığı Türlerinin Baskı Altına Alınması Yoluyla Doğal Balık Popülasyonlarının Desteklenmesi'' projesinden temin edilmiştir. Bitki besleme yataklarına, yarı yarıya olacak şekilde marul ve roka ekilmiştir. Yapılan denemede biyolojik dengeleme tankında ki nitrifikasyon sağlanarak, tohum ekiminden itibaren 30 gün içerisinde hasata ulaşıldığı görülmüştür. Ülkemiz de Akuaponik sistemde kullanılabilecek bu balık türünün, bitki üretimi üzerinde etkisi kesirli faktöriyel deney tasarımı kullanılarak hazırlanmıştır.

Çalışmada inceleme parametreleri olarak, nitrit, nitrat, amonyak, ph ve sıcaklık değerleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu sistemde marul üretimi (*Lactuca sativa*) gerçekleşmiş ve *Clarias gariepinus*' un bu sistem için oldukça elverişli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Akuaponik, Topraksız tarım, *Clarias gariepinus*, Catfish

SUMMARY

In this study, as an alternative fish species for aquaculture in aquaculture, the applicability of *Clarias gariepinus* found as an invader in the aquaculture system was investigated.

The type of fish used in the study was obtained from the Scientific Supporting Natural Fish Populations Through the Pressure of Invasive Freshwater Fish Species in Sakarbaşı Region ası project at the Scientific Research Projects Commission of Eskişehir Osmangazi University. Lettuce and arugula were planted in half to the plant feed beds. It has been observed that the nitrification was achieved in the experimental biological equilibration tank. It has been observed that the harvest has been reached within 30 days after seeding. The effect of this fish species, which can be used in the aquaconic system in our country, on plant production is prepared by using fractional factorial experiment design.

In the study, nitrite, nitrate, ammonia, pH and temperature values were examined. As a result of investigations, lettuce production *Lactuca sativa* was realized and *Clarias gariepinus* was found to be very suitable for this system.

Keywords: Aquaponic, Soilless agriculture, *Clarias gariepinus*, Catfish

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmam sırasında değerli yardımlarını gördüğüm başta hocam Prof. Dr. Özgür EMİROĞLU, çalışma ortamını paylaştığım büyük ağabeyliklerini gördüğüm Uzm. Biyolog Sercan BAŞKURT ağabeyime ve Dr. Sadi AKSU hocama, ve aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vi
SUMMARY.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
2.1 Akukültürün Tarihsel Gelişimi.....	2
2.2. <i>Clarias gariepinus</i>	4
2.3. Akuakültür Tanımı.....	6
2.4. Hidroponik Tanımı.....	7
2.5. Akuaponik Tanımı.....	8
2.6. Akuaponik Sistemde Kullanılan Metotlar.....	9
2.7. Akuaponik Sistem Unsurları.....	10
2.8. Akuaponik Sistemlerde Yetiştirilen Bitkiler.....	11
2.9. Yetiştirilebilecek Balık Türleri.....	12
2.10. Akuaponik Sistemlerde İşleyiş.....	13
2.11. Akuaponik Sistemin Tarihi.....	17
2.12. Akuaponik Sistemlerin Diğer Tarım Yöntemleriyle Farkı.....	20
2.12.1. Hidroponik ve akuaponik sistem farkı.....	20

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.12.2. Geleneksel tarım ve akuaponik sistem farkı.....	21
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1.Materyal.....	22
3.1.1. Balık Kültürü.....	22
3.1.2. Boy Ağırlık Analizi.....	23
3.1.3. Akuakültür Havuzu, Bitki Besleme Havuzunun Hazırlanması.....	24
3.1.4. Biyolojik Dengeleme Tankının Hazırlanması.....	29
3.1.5. Bitki Besleme Yataklarının Hazırlanması.....	30
3.1.6. Ölçüm Kitleri.....	33
3.2. Yöntem.....	33
3.2.1. Yakalanan Balıkların Kültüre Alınması.....	33
3.2.2. Akuaponik Sistem de Su Sirkülasyonu.....	33
3.2.3. Balık Yemleme.....	33
3.2.4. Amonyak Seviyesinin Belirlenmesi.....	34
3.2.5. Nitrat Seviyesinin Belirlenmesi.....	34
3.2.6. Nitrit Seviyesinin Belirlenmesi.....	34
3.2.7. pH Seviyesinin Belirlenmesi.....	34
3.2.8. pH Seviyesinin Düzenlenmesi.....	35
3.2.9. Kâr hesaplaması.....	35
3.2.9.1. <u>Hasat maliyet hesabı</u>	35
3.2.9.2 <u>Kâr marjı hesaplaması</u>	36
3.2.10. Boy Ağırlık.....	36
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. Amonyak Seviyesi.....	38
4.2. Nitrat Seviyesi.....	39
4.3. Nitrit Seviyesi.....	41
4.4. pH Seviyesi.....	42
4.5.Sıcaklık.....	43

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.6. Bitki büyüme.....	45
4.7. Balık Büyüme.....	50
4.8. Kâr hesaplaması.....	52
4.8.1. Hasat Maliyeti Hesaplaması.....	52
4.8.2 Kâr zarar hesaplaması.....	52
4.8.3 Kâr marjı hesaplaması.....	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Eski Mısır' da akuakültür	2
2.2. Akuakültür için Fan Lai tarafından yazılan ilk eser.....	3
2.3. C. gariepinus yetiştiriciliği yapılan yerler.....	6
2.4. Akuakültür örneği.....	7
2.5. Hidroponik sistem örneği.....	8
2.6. Akuaponik sistem çalışma prensibi.....	9
2.7. Akuaponik sistemde kullanılan farklı metodlar.....	10
2.8. Akuaponik sistemde yetiştirilen bir domates.....	12
2.9. Akuaponik sistemde kullanılan Tilapia sp.....	13
2.10.:Azteklerin kullandığı Çinampa sistemi.....	18
2.11.IAVS sistemleri.....	19
2.12. Bioponic sistemi.....	20
3.1. <i>Clarias gariepinus</i> ' un Sakaryabaşı'nda yakalandığı bölge.....	22
3.2. Elektroşoker ile avcılık yapılırken.....	23
3.3. Boy-Ağırlık analizi yapılırken.....	24
3.4.Akuakültür havuzunun hazırlanması (a).....	25
3.4.Akuakültür havuzunun hazırlanması (b).....	26
3.4.Akuakültür havuzunun hazırlanması (c).....	26
3.4.Akuakültür havuzunun hazırlanması (d).....	27
3.5. Bitki besleme havuzunun hazırlanması (a).....	28
3.5. Bitki besleme havuzunun hazırlanması (b).....	29
3.6. Biyolojik dengeleme tankları.....	30
3.7. Bitki besleme yataklarının hazırlanması.....	31
3.8. Bitki besleme yataklarının görünümü	32
4.1. Marul tohumu çimlenmesi.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2. Roka tohumunun çimlenmesi	46
4.3. Marul fideleri.....	47
4.4. Roka fideleri.....	48
4.5. Hasat aşamasına gelmiş Marullar	49
4.6. Sisteme giren ilk balıkların büyüme grafiği	51
4.7. Sistemde ki balıkların 1 ay sonunda ki büyüme grafiği	51



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Farklı metodolojilerin uygulandığı akuaponik sistemlerde ki beslenme oranları.....	13
2.2. Akuaponik sistem koşulları.....	14
2.3. Su kalitesi özellikleri.....	15
4.1. Balık tankı çıkışında ki ve Dengeleme Tankında ki Amonyak seviyesi.....	38
4.2. Dengeleme havuzu ve bitki havuzunda ki nitrat seviyesi.....	39
4.3. Dengeleme tankı çıkışında ki nitrit seviyesi.....	41
4.4. Balık havuzu ve bitki havuzu çıkışındaki pH seviyesi.....	42
4.5. Balık havuzu ve bitki havuzlarında ki sıcaklık seviyesi (C°).....	43
4.6. Hasat maliyet tablosu.....	52
4.7. Birim alanda ki marul ve balık miktarı.....	53
4.8. Kâr zarar tablosu.....	53
5.1. Ticari işletmelerde (500 m2) akuaponik sistemin aylık sarfıyatı.....	56
5.2. Aylık işletme maliyet tablosu.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simge

watt

Kw

TL

L

m³

Kg

C°

Açıklama

Güç birimi

Kilowatt

Türk Lirası

Litre

Metreküp

Kilogram

Santigrat

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde giderek artan insan nüfusu ile birlikte artan besin arz talep dengesi zaman içerisinde bozunmaktadır. Çoraklaşan araziler, verimsizleşen toprak, tarımsal arazileri tehdit eden sanayinin gelişimine bağlı hava kirliliği zaman içerisinde bu besin arz talep dengesinin karşılanamamasına sebep olmaktadır. Bu dengenin sağlanabilmesi adına kullanılan üretim çeşitlerinden biride tatlı su ortamlarında ki balık üretimi olmaktadır. Üretim yapılabilecek tatlı su alanları dünya da oldukça sınırlıdır. Bu nedenle birim alandan minimum zaman içerisinde maksimum verim almaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların başında ise yüksek verim veren türlerin kültüre alınması ya da daha önce yaşamadığı bir sucul ortama adaptasyonu sağlanarak üretim miktarının artırılması gelmektedir. Bu çalışmalar sonucunda bir çok tür başarılı bir şekilde yetiştirilmiştir. Ancak iyi amaçlarla başlayan bu çalışmalar, ekolojik anlamda bazı kötü sonuçlar doğurmuştur. Ülkemizde de doğal ihtiyofauna da bulunmayan türler özellikle deniz aşırı ülkelerden getirilmiş veya ülkemizde doğal bulunduğu bölgeden başka bir bölgeye aktarılarak adaptasyonu konusunda çalışmalar yapılmıştır (Emiroğlu, 2011).

Bu çalışmada topraksız tarım teknikleri arasında yer alan akuaponik tarımın, akuakültür kısmında yetiştirilen balıklara alternatif bir balık türü olarak, Sakarya Nehrin de istilacı olarak bulunan *Clarias gariepinus* 'un Akuaponik sisteminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Akuakültürün Tarihsel Gelişimi

Su ürünleri yetiştiriciliğine ait ilk bulgular M.Ö. 2000 yıllarında Çin’de rastlanılmıştır. Bunun yanında yapılan son kazılarda akuakültürün ilk defa Mısırlılar tarafından bulunduğu dair belgeler mevcuttur. Eski Mısır’da M.Ö. 2500 yıllarında insanların Tilapya (*Tilapia sp.*) balıklarını havuzdan çıkarırken gösteren figürler mezar resimlerinde mevcut olup, duvar süslemelerinde ise balık çizimlerine rastlanmıştır (Alpbaz, 1991).Şekil 2.1. ' de eski Mısır' da akükültür çalışmaları görülmektedir.



Şekil 2.1. Eski Mısır' da akuakültür.(Anonim,2016)

Yine M.Ö. 2000 tarihlerinde Japonya kıyılarında kontrollü istiridye (*Ostridea sp.*) yetiştiriciliği uygulandığı bilinmektedir. Ekstansif deniz çiftlikleri ise ilk defa M.Ö. 6.yy’da ortaya çıkmıştır. Kabuklu yetiştiriciliğine ait türler M.Ö. 5.yy’da Yunanistan’da denenmiştir. Eski Roma’da levrek (*Dicentrarchus labrax*), çipura (*Sparus aurata*), kefal (*Mugil sp.*) ve istiridye (*Crass ostreagigas*) kültürlerine ait çalışmalara rastlanmaktadır. M.Ö. 475 yılında Fan Lai sazan (*Cyprinus sp.*) yetiştiriciliği ile ilgili ilk bilgileri sunmuştur. Şekil 2.2. ' de Fan Lai 'nin eseri görülmektedir.



Şekil 2.2. Akuakültür için Fan Lai tarafından yazılan ilk eser.(Greenberg,2014)

M.Ö 100'lü yıllarda Yunanlıların istiridye kültürü üzerine yoğun çalışmaları olduğuna dair bulgular vardır. Roma döneminde sahil kısmında uygulanan yetiştiricilik çalışmaları ortaya çıkmıştır. Bu teknikler halen İtalya'da kullanılanların temelini oluşturmaktadır. Roma İmparatorluğunun son dönemlerinde akuakültüre ait izler 12.yy'da merkez Avrupa'da tatlı su balıklarının yetiştiriciliği görülünceye kadar ortadan kalkmıştır. Orta çağ dönemine gelindiğinde ise şatoların ve manastırların çevresinde bulunan su ortamında yıl boyunca tüketilmek amacı ile stoklanmış sazan türlerine rastlanmaktadır. İlk olarak yetiştiriciliği yapılan tür ise soğuk sularda bulunan somon (*Salmo sp.*) balığıdır. İlk somon kuluçkahanesi Almanya'da 1741 yılında kurulmuş ve bu tarihten itibaren gelişen kültür sistemleri ile bu türün yetiştiriciliği artmıştır. (Alpbaz, 1991).

Deniz balıkları yetiştiriciliğinin ilk uygulamaları Endonezya'da 1400 yıllarında başlamıştır. Bu dönemde süt balığı (*Chanos chanos*) yavruları sahil kıyılarındaki havuzlarda stoklanmıştır. Java'da bu balığın deniz ile bağlantısı olan azmaklarda ortama yem girilmeden yetiştirilmesi yıllar boyu devam etmiştir. Su ortamında oluşan yoğun alg kümelerini tüketen bireyler gelişimlerini devam ettirmişlerdir. Daha sonra havuzların gübrelenmesi ortamdaki yem yoğunluğunu arttırmış ve yeni bir dönem başlamıştır. Sonraki yıllarda dışarıdan besleme uğraşları sonucu günümüzdeki modern balık yetiştiriciliğine geçilmiştir. Bugün dahi yıllar önce uygulanan yöntemler geçerliliğini korumaktadır.

15.yy'da Adriatik kıyılarında geniş ölçekli ekstansif akuakültür (vallikültür) çalışmalarına rastlanmaktadır. Dinsel olarak cuma günleri et yemenin yasaklanması, Avrupa kültüründe balık yetiştiriciliğinin gelişimini sağlamıştır. 19.yy'da kabuklu kültürü bir kez daha güncel hale gelerek batı Akdeniz ve Adriatik'te yayılım göstermiştir. Deniz balıkları yetiştiriciliğindeki gelişmeler 1960'lı yıllarda Japonya'da sarı kuyruk (*Seriola quinqueradiata*) balığının yetiştiriciliğe alınması ile başlamıştır. Daha sonraki dönemde mercan (*Pagrus major*) ve orkinos (*Thunnus thynnus*) yetiştiriciliği yoğun biçimde ele alınmıştır. Balık ve istiridyede modern akuakültür günümüzden 30 yıl kadar önce başlamıştır. Birçok Akdeniz ülkesi bu gelişimde yerini almıştır. Günümüze gelindiğinde Kuzey Avrupa somon konusunda ilerlemeler göstermiş, 1980'li yıllarda ise Akdeniz Ülkeleri çipura ve levrek yetiştiriciliğini ekonomik sisteme kazandırmışlardır. İtalya geleneksel vallikültür yöntemleri ile pazarda lider durumuna gelmiştir. Birçok ülkede su ürünleri yetiştiriciliği tarım sektörü ile karşılaştırıldığında önemli derecede gelişim göstermiştir (Alpbaz, 1991).

2.2. *Clarias gariepinus* (Burchell 1822)

C.gariepinus Clariidae familyasından olup Sekiz Bıyık, Gelin Balığı, Karabalık ve Kara yayın gibi yöresel isimlerle bilinir (Geldiay, 1988). Bu familyanın yayılış alanı Afrika, Madagaskar, Güney ve Doğu Asya, Malaya ve Filipinlere kadar uzanır. Asıl doğal yayılış alanı Nijer ve Nil nehridir. Ülkemizde ise doğal yayılış alanı Adana ve Antakya yöresini de içine almakta olup özellikle eski kayıtlarda Asi nehrinden *Clarias lazera* olarak bildirilmiştir (Geldiay ve Balık 1988). Avrupa'da bazı bölgelere aşılmıştır (Elvira, 2001).

C. gariepinus eti az kılçıklı ve lezzetli olan, bu nedenle beğeniyle tüketilen ve ekonomik önem taşıyan ticari bir balıktır. Bazı literatürlerde boylarının 1 m' ye, ağırlığının da 4-5 kg' a ulaştığı bildirilmektedir. Dört çift barbel (bıyık) vardır. Dudakları kalındır. Vücut rengi bulunduğu ortama göre değişmekle birlikte genellikle dorsali (sırt) zeytini kahverengi veya koyu, yanlar gri-kahverengi, karın bulanık beyaz renklidir. Cinsel olgunluğa genellikle 3-4 yaşlarında ulaşır. Hızlı gelişen bir türdür. Karnivor olan bu balık çoğunlukla salyangoz, kurtlar, solucan vb. canlılar ile beslenir (Demirsoy 1993, 1996). *C. gariepinus* genel olarak sakin, durgun sularda ancak hızlı akan nehirlerde de bulunabilir,

potamodrom bir türdür, subtropikal bölgelerin tatlı sularında yaşar. Maksimum yaş 8 bildirilmiştir. *C. gariepinus* yetiştiriciliği yapılabilen bir balıktır. İyi bir bakım ve besleme ile kısa sürede pazar ağırlığına (200-400g) ulaşabilmektedir. Ülkemizde bu konudaki çalışmalar henüz araştırma düzeyindedir (Çelikkale, 1988).

C.gariepinus da doğal olarak bulunduğu Türkiye'nin güneyinde ki çok küçük bir alandan bilimsel çalışmalar amacıyla Sakarya nehrine taşınmış ve günümüzde yeni habitatına yüksek uyum göstererek Sakarya nehir havzasında sulak alan ekolojisini tehdit eder hale gelmiştir (Emiroğlu, 2011). *C.gariepinus* Kuzey Afrika kökenli bir balıktır. *C. gariepinus* da Asi nehir sistemiyle Türkiye'ye girmiş Pliyosen zamanında Asi nehrinin Afrika'yla olan bağlantısının kopmasıyla bu bölgeye uyum sağlamış Türkiye'nin yerel türüdür. Ekolojik sınırlamalar nedeniyle Asi nehri dışında Türkiye de doğal yayılış göstermeyen bir türdür. Ancak özellikle Kuzey Afrika da kültüre alınmasında yüksek oranda başarı gösterdiği için özellikle Avrupa da birçok tatlı su sistemine aşılanmıştır. Taşındığı birçok su sisteminde başarılı popülasyonlar oluşturamamıştır. Bu türün aşılandığı sularda ki başarısı su sıcaklığına bağlıdır. Türkiye de ise bu türle ilgili çeşitli deneysel çalışmalar yapılmıştır. D.S.İ tarafından Antalya bölgesine aşılanmış ve başarılı popülasyonlar oluşturmuştur. (Küçük ve İkiz 2004).

Tropikal alanların %70 inde yayılış gösteren *C. gariepinus* , hava soluyabilen , farklı bölgelerde farklı besinlerle beslenebilen , birbirine zıt çevresel koşullar karşısında ayakta kalabilen , çok fazla yumurta verebilen ve yakalandıklarında kolaylıkla yumurtaları döllenebilen balıklardandır. Ayrıca düşük kalitede ki, özellikle akış hızının az olduğu ve az oksijenli sularda yaşayabilmesi kültüre alınmasını kolaylaştırmaktadır (Heicht vd., 1996). 8-35 C° su sıcaklığında yaşayabilir ancak beslenmesi 18 C° 'nin üzerinde ki su sıcaklarında mümkün olur.

Afrika da *C. gariepinus* 'un kültüre uygun bir balık olduğu ilk kez Douglas Hey'in 1941' de Güney Afrika da Western Cape ' de balık üretilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bir balığın kültüre alınıp ticari anlamda değerlendirilmesi , bu türün biyolojik özelliklerinin çok iyi bilinmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu tür başta Afrika olmak üzere dünya da yılda (1993 yılı için) toplam 90013 ton üretimi yapılmaktadır (Heicht vd., 1996). Optimum seviyede üretim yapılabilmesi için su sıcaklığının 28 C° , pH seviyesinin 7, amonyak

seviyesinin 3 mg/L, nitrit seviyesinin 1 mg/L olması gerektiği bilinmektedir (FAO, 2018). Ticari işletmelerde olan polikültürlerde *C. gariepinus* üretiminin *Tilapia* türleri ve *Pangasius sp.* ile birlikte yapılabilmesi ve balık stok yoğunluğunun 600g/ m³ olması *C. gariepinus* için dünyada ticari anlamda değerli bir balık olduğunu göstermektedir (FAO,2018).

Aşağıda gösterilen harita (Şekil 2.3.) , *C. gariepinus* için FAO tarafından bildirilen istatistiklerden oluşturulmuştur. Tarım faaliyetleri Çin, Tayland, Mısır, Uganda gibi diğer ülkelerde de gerçekleşmektedir.



Şekil 2.3. *C. gariepinus* yetiştiriciliği yapılan yerler (Fishery Statistics, 2006).

2.3. Akuakültür Tanımı

Akuakültür, hayvansal ve bitkisel su canlılarının insan faktörü dahilinde kontrollü veya yarı kontrollü olarak gıda, stokların takviyesi, süs, hobi ve bilimsel araştırmalar için yetiştirilmesi olarak adlandırılabilir (Çelikkale vd.,1999). Şekil 2.4. 'te akukakültür örneği görülmektedir.



Şekil 2.4. Akuakültür örneği (Balcı, 2010).

2.4. Hidroponik Tanımı

Topraksız tarım, bitkilerin topraksız ortamlarda besin çözeltisiyle yetiştirilmeleri olup, hidroponik kültür olarak da adlandırılmaktadır (Varış ve Altıntaş 1998). Hidroponik sistemde katı ortam olmayıp, sürekli döngü yapan besin çözeltisi, köklendirme ortamı olarak görev yapar (Varış ve Altıntaş 1998). Şekil 2.5. 'te hidroponik sistem örneği görülmektedir.

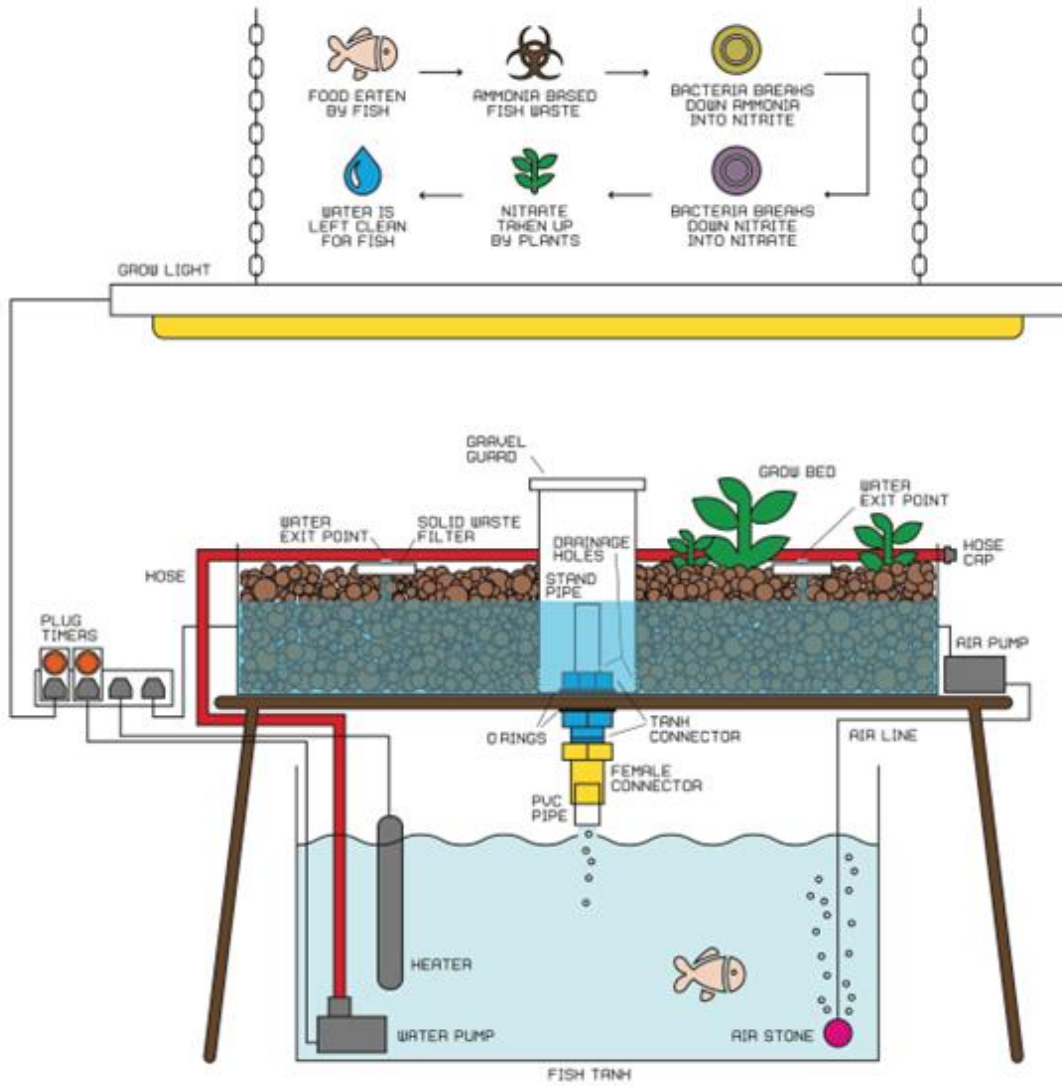


Şekil 2.5. Hidroponik sistem örneği (Hydroponic-Drip-System,2015).

2.5. Akuaponik Tanımı

Akuaponik, Akuakültür ve Hidroponik kelimelerinden türemiştir. En temel düzeyde Akuaponik, Hidroponik ile Akuakültürün entegre bir sistemde, birleştirilmesidir.

Bu sistemde mükemmel bir simbiyotik ilişki söz konusudur. Akvaryumdaki balıkların ürettiği dışkı bitkiler için besin görevi görürken, bitkiler de sudaki bu besinleri kökleriyle emerek suyu filtreler. Şekil 2.6. ' da akuaponik sistemlerin çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 2.6. Akuaponik sistem çalışma prensibi (Woods and Newman, 2015).

2.6. Akuaponik Sistemde Kullanılan Metotlar

Drenaj Sistemi : Bu sistemde bitkiler, akuakültür sisteminden gelen su ile sulanır. Kökler ihtiyacı olan besin maddelerini akan sudan alırlar ve oksijen ihtiyaçlarını sarıldıkları kayaçların gözeneklerinden karşılarlar. Bu sistem sürekli çalışabildiği gibi belirli zamanlarda çalışacak şekilde de ayarlanabilir (Food & Water Watch, 2008).

Derin Su Kültürü: Bu sistemde bitki kökleri tamamen suyun içerisinde. Suyun drenajının gerekli olmadığı bu sistemde bitki köklerinin ışık almaması, ve köklerin havalandırılması gerekmektedir. Aksi takdirde köklerde çürüme meydana gelebilir.

Fitul Sistemi: Su Emici bir madde vasıtası ile emilip köklere taşındığı sistemdir.

İnce Besin Tabakası Sistemi: Bu sistemde köklerin en dip kısmı suyla temas halindedir.

Damlama Sistemi: Geleneksel tarımda kullanılan damlama metodu kullanarak bitki sulanır.

Sisleme Sistemi : Su Bitki köklerine ince tanecikler olarak püskürtülür. Bu yöntemde köklerin besini daha iyi emdiği düşünülmektedir.

Yağmurlama Sistemi: Bu sistem geleneksel tarımda kullanılan sistemle aynıdır. Güneş altında ısınan bitkinin bir anda yağmurlama yöntemi ile soğutulmasının bitki sağlığı için kötü bir yöntem olduğu düşünülür. Şekil 2.7. ' de farklı akuaponik sistemler görülmektedir.



Fitul Sistemi (pasif) ;

Düşüş ve Akış Sistemi (aktif);

Üst-Besleme/Damlama Sistemi (aktif)

Şekil 2.7. Farklı akuaponik sistemler.

2.7. Akuaponik Sistem Unsurları

Akuaponik, hidroponik ve akuakültür olmak üzere 2 kısma ayrılır. Akuakültür kısmında balık tankı, mekanik filtreler ve biyolojik filtre bulunurken hidroponik kısmını bitki yatağı oluşturur. Sistem dizaynına göre biyolojik filtre kullanılmayabilir ya da aşırı nitrojen yükünü ortamdan almak için su mercimeği, su sümbülü gibi bitkilerin bulunduğu

ayrı bir tank eklenebilir. Mekanik filtre bölümünde sistemin kapasitesi ve su akış hızına bağlı olarak tambur filtre, kartuş veya otomatik filtre kullanılabilir. Sisteme mekanik filtre eklenmediğinde balık tankındaki askıda katı maddelerin bitki tankına geçerek sistemi tıkaması veya çürümesi ile istenmeyen bakterilerin ortaya çıkması sonucu, sistemdeki nitrifikasyon döngüsünü sekteye uğrar, balıkların solungaçlarına ve mukus tabakasına zarar verebilecek durumlar oluşabilir. Biyolojik filtrede balık atıklarının bitkiler tarafından kullanılabilmesi için gerekli olan nitrifikasyon işlemi gerçekleşir. Balık metabolizması ve tüketilmeyen yemlerden kaynaklanan, balıklar için toksik özellikte olan amonyak, biyofiltre ünitesinde hızlı bir şekilde zararsız hale dönüştürülmelidir (Kim vd.,2000). Balıkların metabolik faaliyetleri sonucunda amonyak oluşur. Su sirkülasyonu ile biyolojik filtreye gelen amonyak (NH_4) biyofiltrede Nitrosomonas bakterileri tarafından nitrite (NO_2) dönüştürülür. Biyofiltrede bir sonraki aşama ise Nitrobacter bakterileri tarafından Nitrit Nitrata (NO_3) dönüştürülür (Food & Water Watch, 2008).

2.8. Akuaponik Sistemlerde Yetiştirilen Bitkiler

Akuaponik sistemlerde; marul, Akdeniz yeşilliği, domates, salatalık, biber, ıspanak, kabak, maydanoz, fesleğen gibi pek çok kültür sebzeleri ve çeşitli süs bitkileridir yaygın olarak kullanılır. Akuaponik sistemlerinde bitkilere, balıklara zararlı olabileceği düşüncesi ile kimyasal gübre verilmez ve organik tarım sertifikasına sahip olmayan tarım ilacı kullanılmaz, dolayısı ile topraksız tarım üretiminde bir şekilde organik bitki yetiştirilmiş olunur. Yine akuaponik sistemde mecbur olmadıkça su değişiminden kaçınılır. Böylece sudan, gübreden ve minerallerden tasarruf edilir, çevre kirliliğinin de önüne geçilir (Diver, 2006). Sistemde yetiştirilecek bitki seçiminde bölgenin iklim koşulları, pazar ihtiyacı ve yetiştirilmesi için gerekli olan enerji göz önünde bulundurulmalıdır. Ülkemiz bulunduğu coğrafik koşullar bakımından ılıman bir iklime sahip olduğundan, birçok meyve ve sebze yetişebilmektedir. Ancak mevsim dışı bitki üretim (sera) yeterli seviyede olmayışı, bölgesel olarak farklı iklim koşullarına sahip olunması, arz talep dengesinin bazı bölgelerde sağlanamaması gibi unsurlar bu bölgeleri akuaponik açısından kazançlı yapar. İstanbul, İzmir gibi büyükşehirlerin bazı meyve ve sebzelere yıl boyunca ve çok miktarda talep edilmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak için şehir yakınlarına akuaponik çiftlikleri kurulabilir. Böylelikle arz ve talep dengesi kurulmuş olur.



Şekil 2.8. Akuaponik sistemde yetiştirilen bir domates. (Anonim, 2012)

2.9. Yetiştirilebilecek Balık Türleri

Akuakültüre uyumlu tatlı ve acı su balık türlerinden *Tilapia sp.* , *Dicentrarchus labrax* (Levrek) , *Salmo trutta* (Alabalık) en tercih edilen türlerdendir. Kuzey Amerika'da ki ticari işletmeler Akuaponik sistemlerini Güney Afrika kökenli *Tilapia sp.* üzerine kurmuşlardır. Bunun sebebi ise bu türün diğer türlere nazaran daha dayanıklı olmasıdır. Ayrıca Kuzey Amerika 'da en çok tüketilen tatlı su balığı olması nedeniyle bu balık sistemde tercih edilmektedir. Akuaponik sistemlerde, *Tilapia sp.* 'nın en iyi gelişimi günde 3 kez beslendiğinde(her öğün 30 dk süresinde) olmaktadır. (Rakocy ve diğ, 2004). Şekil 2.9. 'da *Tilapia sp.* görülmektedir. Yem seçiminde %32 protein seçilmelidir (Spade, 2009). Çizelge 2.1. 'de farklı metodolojilerin uygulandığı sistemlerde ki beslenme oranları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Farklı metodolojilerin uygulandığı akuaponik sistemlerde ki balık beslenme oranları. (Rakocy vd., 2006; Licamele, 2009; Lennard,2012).

James Rakocy	Wilson Lennard	Jason Licamele
60-100 g yem/gün 1 m ² büyütme alanı için	13-16 g yem/gün 1 m ² büyütme alanı için	1 kg balık yemi günlük = 2,94 kg marul
	1 kg balık yemi/günlük 1500 marul için	
	30 bitki /m ² oranına göre	



Şekil 2.9. Akuaponik sistemde kullanılan *Tilapia sp.* (Emiroğlu , 2011).

2.10. Akuaponik Sistemlerde İşleyiş

Su kalitesi kriterlerinden en önemli olanları çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, Ph ve amonyak nitrit nitrat oluşumundan kaynaklanan nitrojendir. Balık tanklarında oluşan

amonyak nitrite ve nitrata çevrilir. Nitratin balıklarda toksik etki yaratması için 300-400 mg/L olması gerekir. Akuaponik sistemlerde biyofiltrasyon sistemi nitrat düzeyinin çok daha düşük seviyelerde olmasını sağlar (De Long, Losordo ve Rakocy, 2009). Diğer önemli su parametreleri ise tuzluluk fosfor klor ve karbondioksittir. Bu değerlerin değişmesi balıklara verilen yem oranı, balık tankındaki yoğunluk sistemdeki su miktarına bağlıdır (Diver, 2006). Sistemde uygun olan koşullar Çizelge 2.2. ' de bahsedilmiştir.

Çizelge 2.2. Akuaponik sistem koşulları (FAO2014)

Organizma	Sıcaklık	pH	Amonyum	Nitrit	Nitrat	Oksijen
Ilık Su Balığı	22-32	6-8,5	<3	<1	<400	4-6
Soğuk Su Balığı	10-18	6-8,5	<1	<0,1	<400	6-8
Bitkiler	16-30	5,5-7,5	<30	<1		>3
Bakteriler	14-34	6-8,5	<3	<1		4-8

Bitkiler için farklı besin maddeleri gerekmektedir. Örneğin yeşil yapraklı sebzeler meyvelere göre daha fazla nitrata gereksinim duymaktadır. Ancak maksimum bitki gelişimi için sistemde 16 temel besin maddesinin bulunması gerekir. Bu besin öğeleri karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve sülfür ile mikronutrient olan klor, demir, magnezyum, bor, çinko, bakır ve molibdendir (Rakocy vd., 2006). Akuaponik sistemlerde Kalsiyum (Ca) Potasyum (K) Demir (Fe) takviyesi olmadan marul, ıspanak ve fesleğen gibi yapraklı bitkilerin sağlıklı büyüdüğü görülebilir. Bu bitkilerin ana şartı Su ürünleri atıklarından sağlanan ana besin maddesi olan azottur (Kempen, 2012). Akuaponik sistemde standart bir diyetle beslenen balıklar, yapraklı bitkilerde optimum büyümeyi tedarik etmek için sürekli bir besin kaynağı üretecektir. Bitkiler, büyümek için gerekli olan besin maddelerini sistemden alarak, toksik seviyede madde oluşumunu önleyecek ve bunun karşılığında, çevreyi kirletme düzeyini düşürecektir (Rakocy vd., 2004). Güçlü, sağlıklı, lezzetli ve ticari olarak avantajlı mahsullerin üretilmesini sağlamaktadır. Bitki besleme sistemlerindeki nutrientlerin her biri farklı özelliktedir. Nutrient eksikliği yada fazlalığı elektronik ölçüm cihazlarla ölçülebilmektedir. Nutrientler toplam çözünmüş ya da iyonlaşmış elektriksel iletkenliği aktif maddeler halinde bulunmaktadır. Başlıca besleyici taşımak için kullanılan elementler şunlardır:

Pozitif yüklü katyonlar NH_4^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} ve Negatif yüklü anyonlar NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^- . Bu anyon ve katyonlar birlikte elektrik iletkenliği (EC) değerini ifade ederler (Rakocy, vd.,2006). Akuaponik sistemlerde ki suyun besin maddelerinin seviyeleri sürekli olarak kontrol edilmelidir. Ancak tüm besin elementlerinin ölçümlerinin yapılması ekonomik ve zamansal olarak güçlüklerle sebep olmaktadır. Bu sebeple pH ve EC değerlerine göre sudaki besin maddelerinin seviyeleri öngörülebilir. Akuaponik sistemde doğal olarak balıklardan yeterince karşılanamayan besin elementleri, Steiner veya Hoagland yöntemi kullanılarak besleyici solüsyon hazırlanarak sağlanabilir. Akuponik üretim yöntemleri kapalı bir sistem olduğu için gerekli durumlarda bazı besin maddeleri dışarıdan verilmektedir. (Kempen, 2012). Akuaponik sistemlerinde K^+ ve Ca^{++} gibi makro besinler genellikle yetersizdir ve sisteme manüel olarak eklenmelidir. Çünkü Biyolojik filtrelerdeki nitrifikasyon, sudaki asitlik derecesini artırır. Potasyumun (K^+), potasyum hidroksit (KOH) ve Kalsiyumun (Ca^{++}) kalsiyum hidroksit (CaOH_2) olarak eklenmesi önerilir; bunlar asit oluşumunu nötralize edebilen temel bileşiklerdir. Çizelge 2.3. 'de sistemdeki su kalitesinden bahsedilmiştir.

Çizelge 2.3. Su kalitesi özellikleri (Kempen 2012) .

	Önerilen Seviyeler	Üst Limit
Çözülmüş Tuzlar (EC)	0.2 – 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fideler için 1,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ genel üretim için
Toplam Çözülmüş Maddeler	128 ppm – 320 ppm	480 ppm fideler için 960 ppm genel üretim için
pH	5,4-6,8	7
Alkalinite (CaCO_3)	40 ppm-65 ppm	150 ppm
Bikarbonat	40 ppm-65 ppm	122 ppm
Sertlik (CaCO_3)	<100 ppm	150 ppm
Sodyum (Na)	<50 ppm	69 ppm
Klorit (Cl)	<71 ppm	108 ppm
Sodum Emilim Oranı	<4	8
Nitrojen (N)	<5 ppm	10 ppm
Nitrat (NO_3)	<5 ppm	10 ppm
Amonyum (NH_4)	<5 ppm	10 ppm
Fosfor (P)	1 ppm	5 ppm

Çizelge 2.3. Su kalitesi özellikleri. (Kempen 2012) (devam)

Demir (Fe)	<1 ppm	5 ppm
Bor (B)	<0,3 ppm	0,5 ppm
Bakır (Cu)	<0,1 ppm	0,2 ppm
Çinko (Zn)	<2 ppm	5 ppm
Aliminyum (Al)	<2 ppm	5 ppm
Florit (F)	<1 ppm	1 ppm
Fosfat (H ₂ PO ₄)	1 ppm	5 ppm
Potasyum (K)	<10 ppm	20 ppm
Kalsiyum (Ca)	<60 ppm	120 ppm
Sülfat (SO ₄)	<30 ppm	45 ppm
Magnezyum (Mg)	<5 ppm	24 ppm
Manganez (Mn)	<1 ppm	2 ppm

Mikronutrientler bitkiler için besin ortamında Fe⁺², Mn⁺², Cu⁺², B⁺³ ve Mo⁺⁶ olarak bulunur. Özellikle Fe⁺² besin maddeleri akuaponik sistemlerde yetersizdir ve sisteme dahil edilmelidir (Rakocy, vd., 2006). EC değeri sudaki mineral/tuz karışımı için indikatör özelliği görmektedir. Çözeltideki yüklü parçacıklar iletkenliği sağlar. EC değeri ne kadar yüksek olursa yüklü iyon/tuz içeriği o kadar fazla demektir. Standart besin çözeltilerinde, EC değerlerinin 1.5-2.5µS arasında olması gereklidir (Kempen, 2014). Akuaponik sistemler EC seviyesinin düşük olması gerekir. EC seviyesinin artmasına neden olan besin elementleri sürekli olarak sistemdeki balıklar tarafından üretilirken mikroorganizmalar tarafından da bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürülür. Bu döngü de balıkların besin elementlerinin üretimi mikroorganizmaların dönüştürebileceği seviyenin üzerine çıkması durumunda, EC seviyesinin artışına bağlı olarak bitkilerin sistemden beslenmesi mümkün olmamaktadır. Bir akuaponik sistemde bitki besleme tankında ki EC seviyesi 3,5µS'in üzerine çıkarsa, su boşaltılmalı, daha fazla bitki dikilmeli ve balık stoklama yoğunluğu azaltılmalıdır (Rakocy, vd., 2006).

Çözünebilir tuzlar, bitkiler tarafından kolayca alınabilirler. Bitki bünyesine giren tuz bileşikler çeşidine ve miktarına göre belli bir konsantrasyonu aşınca bitkiye zararlı olmaktadır. Aşırı konsantrasyonda ki çözünebilir tuzlar bitki üzerinde, beslenme ve metabolizmayı bozmak yoluyla zehirleyici etki yaparlar. Ayrıca toprakta tuz

konsantrasyonunun artmasıyla, bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, toprağın yapısı bozularak bitki gelişimi yavaşlamakta, hatta durmaktadır (Kanber vd., 1992; Güngör ve Erözel, 1994). Toprak içerisinde yeterli miktarda su bulunmasına rağmen bazı koşullar altında bitkilerin solmaya başladıkları görülmüştür. Bu durum genellikle yüksek toprak tuzluluğunun yarattığı "Fizyolojik kuraklık" durumundan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik kuraklık durumunda yüksek ozmotik basınç nedeniyle bitki kökleri topraktaki mevcut suyu alamamaktadır (Ayyıldız, 1990). Çok yüksek yada çok düşük pH değerleri balıklarda solungaç, kemik ve dış görünüşüne zarar verir yada strese neden olmaktadır. Oksijen absorpsiyonunu düşürür, balığın yüzgeçlerine ve kılcal damarlarına zarar verir. Akuaponik sistemlerde bakterilerin nitrifikasyon işleminden önce biyolojik filtrasyondaki pH oranına dikkat edilmelidir. Sistemdeki pH oranı 7.0 tutulmalıdır. Gerektiğinde potasyum hidroksit ve kalsiyum hidroksit kullanılmalıdır. Sisteme baz eklemekle birlikte temel besinler olan potasyum ve kalsiyumda eklemek gerekebilir (Rakocy, Masser ve Losordo, 2006). pH seviyeleri önerilen seviyelerin altında olduğunda bitki tarafından kullanılabilir kalsiyum, fosfor, molibden gibi besinler hızlı bir şekilde azalır. Su, önerilen seviyelerin üzerinde alkalileştiğinde bakır, çinko, demir ve manganez gibi metallerin kullanılabilir miktarında azalmaya sebep olur. Çünkü bu metaller suda daha az çözünebilir olacak ve su tabanına çökelecektir (Rakocy vd., 2006).

2.11. Akuaponik Sistemin Tarihi

6. yüzyıl Çin ziraat kitaplarında belirtildiğine göre pirinç gibi suya fazla ihtiyacı olan ürünlerin yetiştirilmesi bir şekilde çiftçileri yüksek besin içeren su arayışına sokmuştur. Balık ve pirincin başyemek olduğu bir toplumda balıkların beslendiği göletlerden pirinç tarlalarına su aktarımı sırasında fark edilmiştir ki, balık dışkısu aslında iyi bir gübre olarak pirincin üretim miktarını da arttırmaktadır. Bir su kuşu olan ördek de bu denklemin içinde yer almış, sistemli bir biçimde ördek ve balık beslenen su göletlerinden pirinç tarlalarına su akıtılmıştır. Yayın, sazan gibi çok tüketilen balıklar ve ördek protein ihtiyacını karşılarken, pirinç de ana karbonhidrat kaynağı olmuştur .

Çinlilerden bağımsız olarak Güney Amerika'da Aztekler sığ göl kenarlarında mevcut verimli çamurları kullanarak tarım yapmışlardır. İsmine Çinampa denilen bu sistem besin döngüsünden en iyi şekilde yararlanmayı sağlamaktadır. Azteklerin ana

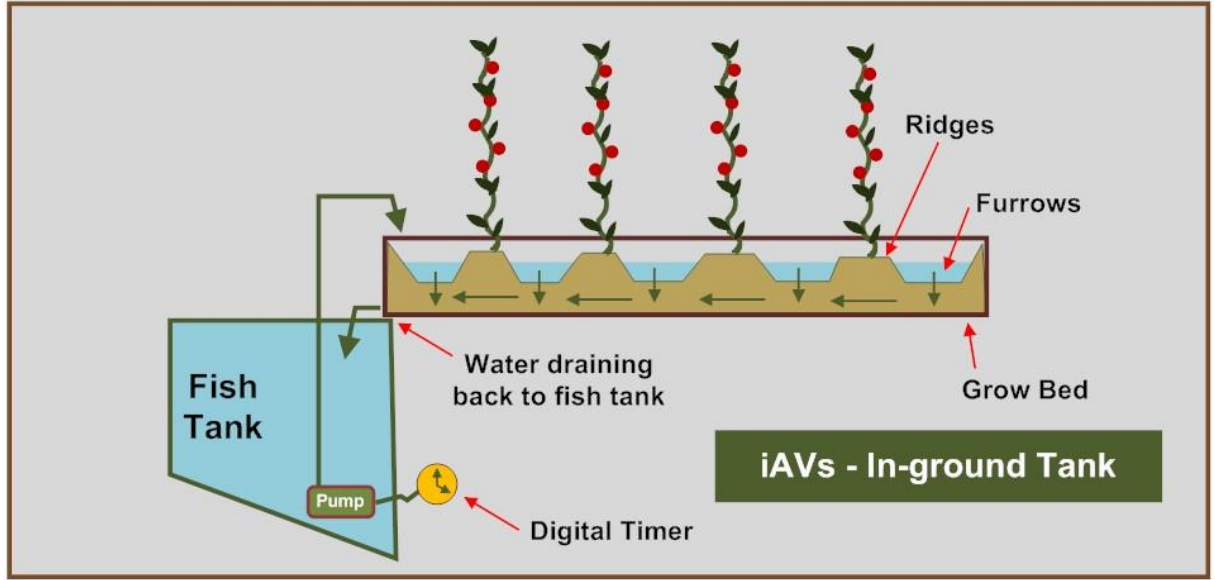
gıdalarından mısır, kabak, fasulye gibi çok su isteyen ürünler en iyi Çinampalar da yetişmektedir. Bugün dahi bu sistem Meksika'da tarım amaçlı uygulanmaktadır. Çinampa sığ göl kenarında mevcut alüvyonlu, balık dışkısı ile gübrelenmiş balçığın belli noktalarda yığılarak adacıklar oluşturulması ve üzerinde tarım yapılmasıdır (Calnek, 1972). Şekil 2.10. 'da Çinampa sistemi görülmektedir.



Şekil 2.10. Azteklerin kullandığı Çinampa sistemi (Anonim, 2016).

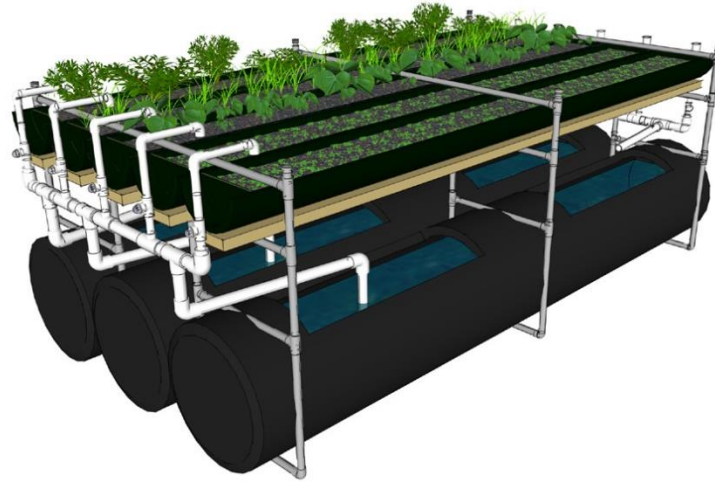
Yakın geçmişe geldiğimizde popülasyonun artması, gıda ihtiyacının çoğalması, tarım yapılacak alanların ve tatlı su kaynaklarının azalması ile birlikte özellikle akademik seviyede bu konulara çözümler aranmıştır. İlk olarak 1960 sonlarında John ve Nancy Todd, New Alchemy enstitüsünde bir sera inşa ederek Proto-Ark ismini verdikleri sürdürülebilir bir model oluşturmaya ve bir aileyi 1 yıl besleyecek bir sistem kurmaya çalışmışlardır. Balık ve sebzenin iş birlikteliğini kullanarak gıda üretmişlerdir. Bu çalışmalardan esinlenen M. McMurtry ve D. Sanders 1990 yılında IAVS (Integrated Aqua-Vegetable Culture System) adını verdikleri bir sistem kurarak balık ve sebze yetiştirme üzerine çalışmalar yapmışlardır. Sebze yatağı olarak kum dolu kaplar kullanmışlardır. Balık yetiştirdikleri

suyu kum ile süzmüşler, kum içinde süzülen balık dışkısını da gübre olarak kullanarak sebze yetiştirmişlerdir. IAVS sistemleri bugün de amatörler tarafından kullanılmakta ve konu hakkında interaktif ortamda bir çok kaynak bulmak mümkündür. Şekil 2.11. 'de IAVS sistemi görülmektedir.



Şekil 2.11. IAVS sistemleri. (Anonim , 2016)

1990’larda Tom ve Paula Sperano çifti filmlere konu olan Biosphere2 projesi ve yukarıda bahsedilen mevcut çalışmaları modifiye ederek Bioponic sistemini geliştirmişlerdir. Düşük su kalitesine toleransı yüksek bir balık türü olan *Tilapia sp.* ‘yi kullanarak sebze yetiştirmişlerdir. Sebze yataklarında biyolojik filtre görevi görece kum, çakıl ve organik maddeleri de araştırmışlar ve 1 cm ile 1.5 cm çapında çakıl veya volkanik taşların en iyi sonucu verdiğini bulmuşlardır. Şekil 2.12. 'de Bioponic sistemi görülmektedir.



Şekil 2.12. Bioponic sistemi.(Anonim, 2016)

Yapılan bunca araştırmanın sonucunda 1990 sonları 2000 başlarında Dr. James Rakocy ve arkadaşları balık ve sebze dengesi, azot ve diğer minerallerin hesaplanması, asidite, sıcaklık, balık yoğunluğu, optimum sebze miktarı gibi konularda pek çok araştırmaya imza atmışlardır. (Rakocy vd., 2006) Daha sonra Avustralyalı Dr. Wilson Lennard’ da Dr. Rakocy ile beraber çalışmış ve akuaponik üzerine doktora tezi yapmıştır (Lennard, 2004). İlk olarak ticari anlamda ürün yetiştiren kişi de Dr. Lennard’ dır (Lennard,2006).

2.12. Akuaponik Sistemlerin Diğer Tarım Yöntemleriyle Farkı

2.12.1. Hidroponik ve akuaponik sistem farkı

Akuaponik ve hidroponik sistemler temel çalışma prensibi açısından birbirine ortak özellikler taşırlar .Ancak belirli noktalarda farklılık gösterirler. Akuaponik sistem amonyak kaynaklı bir sistem olup, bu kaynağı sistemde yetiştirilen balıklardan almaktadır. Hidroponik sistem ise makro ve mikronutrient kaynaklı olup, bu kaynağın dışarıdan sürekli olarak takviye edilmesi gerekmektedir. Bu durum hidroponik sistemlerde ekstra maliyet ve sürekli iş gücüne sebep olmaktadır. Hidroponik sistemlerde özellikle organik yetiştirme ortamlarının kullanılmadığı zamanlarda karbondioksit gübrelemesi gereklidir. Yani ortama karbondioksit ile takviye yapmak gerekir. Akuaponik sistemde mikroorganizma faaliyeti için sadece oksijen yeterli olmaktadır. İki sistemin birbirinden en büyük farkı hidroponik

sistemlerde üretimin olabilmesi için, tüm sistemin dışarıdan desteklenmesi gerekirken, akuaponik sistemlerde sadece balıkların dışarıdan beslenmesi üretim için yeterlidir. Hidroponik sistemlerde kâr sağlayan tek çıktı bitki üretimi iken, akuaponik sistemlerde hem balık hem de bitki üretiminden kâr sağlamak mümkündür.

2.12.2. Geleneksel tarım ve akuaponik sistem farkı

Geleneksel yöntemlere göre marul bitki referans alınarak yapılan araştırmalarda toprakta m² de 10 marul yetiştirilmektedir. Düzenli olarak sulama, gübreleme, yabancı otlarla mücadele ve yoğun pestisit uygulamaları gerekmektedir. Bu uygulamalar yapılırken iş gücüne ve fazladan maliyete neden olmaktadır. Geleneksel tarımda sıcaklığın belli bir sıcaklığın altında ürün yetiştirmek mümkün olmamaktadır. Akuaponik sistemde yapılan çalışmalarda m² de 2 katlı sistemlerle 60 adet marul yetiştirildiği bilinmektedir (Rakocy, ve diğ., 2006). Bu durum birim alandan alınan ürün sayısını artırmaktadır. Akuaponik sistemde bitki kökleri daima suyun içerisinde olduğundan sulama gerekmemekte ve sistemde çok az kayıpla üretim yapılabilmektedir. Sistemin dışarıdan ayrıca gübrenmesine ve yabancı otlarla mücadeleye ihtiyaç duyulmamaktadır. Kapalı devre sistemlerde yapılan akuaponik yetiştiricilik sayesinde sıcaklık, üretimi sınırlayan etmenlerden çıkmaktadır. Akuaponik sistemlerde ki birim alanda yüksek miktarda ürün yetiştirebilmenin mümkün olması, pestisit uygulamalarına çok özel durumlarda ihtiyaç duyulması ve kalıntının bitkisel ürüne geçişinin engellenmiş olması, bitkisel üretimin yanında hayvansal protein kaynağının aynı anda üretilebilmesi, üretim proseslerinin zamansal olarak planlanabilmesi ve bu sayede arz talep dengesinde, talebin yüksek olduğu dönemlerde üretim yapılarak yüksek ekonomik değer elde edilebilmesi mümkün olmaktadır. Tüm bu özellikler akuaponik sistemi avantajlı kılan unsurlardır. Ayrıca akuaponik sistemlerde ki üretim prosesi organik ürün yetiştiriciliğinde kolaylık sağlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Balık kültürü

Çalışmada kullanılan *C.gariepinus* türü Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'nda ki''Çifteler Sakarbaşı Bölgesindeki İstilaci Tatlı Su Balığı Türlerinin Baskı Altına Alınması Yoluyla Doğal Balık Popülasyonlarının Desteklenmesi'' projesinden temin edilmiştir. Balıklar 100 L 'lik kendi habitatlarındaki su ile birlikte projenin yapıldığı Sakarya/Pamukova' ya nakledilmiştir. Şekil 3.1. ' de *C. gariepinus* 'un yakalandığı bölge görülmektedir.



Şekil 3.1. *Clarias gariepinus* 'un Sakarbaşı' nda yakalandığı bölge.

Şekil 3.2. ' de *C. gariepinus* 'un elektroşokerle ile avcılığı görülmektedir.



Şekil 3.2. Elektroşoker ile avcılık yapılırken

3.1.2. Boy ağırlık analizi

Akuaponik sistemde kullanılan *C.gariepinus* bireylerinin sisteme konmadan önce ve sistemde uygulama yapıldıktan sonra boy ve ağırlık verileri alınarak, uygulama öncesi ve uygulama sonrası boy ağırlık ilişkileri Le Cren'nin $W=axTL^b$ formülü kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 3.3. 'te boy ve ağırlık ölçümleri görülmektedir.



Şekil 3.3. Boy-Ağırlık ölçümleri.

3.1.3. Akuaponik' te akuakültür havuzu, bitki besleme havuzunun hazırlanması

Akua kültür havuzunun inşası için eni ve boyu 2m yüksekliği 1 m olan dairesel bir çukur kazılıp, duvarın stabil olması için çesan demir ile çevrelenmiştir. Çesan demir ile çevrelenen akuakültür havuz duvarı beton ile sıvanıp sızdırmaz havuz izolasyonu ile kaplanmıştır. Havuzun yer seviyesinden aşağıda olmasının amacı ısı kayıplarını minimize etmektir. Akuakültür havuzu karasal alanda herhangi bir su kaynağına ulaşımı olmayan bir noktada yapılmıştır. Havuz sistemi tamamen kapalı sistemde yapıp balıkların havuzdan çıkmalarını engellemek için kafesli tel ile etrafı örülmüştür. Bu sayede balıkların havuzdan dışarı çıkması tamamen engellenmiştir.

Bitki besleme havuzu atıl ahşap parçaların eni 3 m boyu 4 m yüksekliği 40 cm olacak şekilde birleştirilmesiyle inşa edilmiştir. İçerisinde su tutma amaçla eni 5m boyu 6 m olan branda koyulmuştur. Şekil 3.4. (a) 'da akuakültür havuzunun hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.4. Akuakültür havuzunun hazırlanması. (a)

Şekil 3.4. (b) 'de akuakültür havuzunun hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.4. Akuakültür havuzunun hazırlanması. (b)

Şekil 3.4. (c) 'de akuakültür havuzunun hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.4. Akuakültür havuzunun hazırlanması. (c)

Şekil 3.4. (d) 'de akuakültür havuzunun hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.4. Akuakültür havuzunun hazırlanması. (d)

Şekil 3.5. (a) ' da bitki besleme havuzunun hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.5. Bitki besleme havuzunun hazırlanması (a)

Şekil 3.5. (b) 'de bitki besleme havuzunun hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.5. Bitki besleme havuzunun hazırlanması (b)

3.1.4. Biyolojik dengeleme tankının hazırlanması

Çalışmada *Nitrosomonas sp.* mikroorganizmasının, balık kaynaklı amonyağı nitrata çevirmesi amacıyla bir dengeleme ünitesi kurulmuştur. Bu düzenek 100 L ' lik varilin iki eşit parçaya bölünerek ve üst üste konularak yüzeysel oksijenlendirmeyi arttırmak hedefli tasarlanmıştır. Mikroorganizmaların yüzeye tutunup gelişmesi ve yüzey artırıcı materyal olarak içerisine atıl halde plastik parçaları koyulmuştur. Akuakültür havuzundan gelen suda ki amonyak kaynağı nitrata dönüştürülmesi için; öncelikle üstteki dengeleme tankına oradan da sifonlama yoluyla alttaki dengeleme tankına aktarılmıştır. Kısa süre içerisinde dönüşüm sağlanan ve bitkilerin beslenmesini sağlayacak nitrat seviyesine erişmiş su bitki besleme havuzlarına yönlendirilmiştir. Şekil 3.6. ' da biyolojik dengeleme tankları görülmektedir.



Şekil 3.6. Biyolojik dengeleme tankları

3.1.5. Bitki besleme yataklarının hazırlanması

Yetiştirilecek bitkilerin yetiştirme yatakları olarak eni 30 cm boyu 40 cm yüksekliği 7 cm olan viyoller kullanılarak hazırlanmıştır. Viyollerin içerisine cam yünü konulan her bir viyole bir kök bitki gelecek şekilde 150 roka ve 150 marul tohum ekimi yapılmıştır. Bitki besleme havuzuna tüm yüzeyini kaplayacak şekilde eni 60 cm boyu 80 cm et kalınlığı 1 cm olan straforlar yerleştirilmiştir. Bu straforlar viyollerin boyutu kadar kesilip, içlerine tohum ekimi yapılmış viyoller yerleştirilmiştir. Şekil 3.7. 'de bitki besleme yataklarının hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3.7. Bitki besleme yataklarının hazırlanması

Şekil 3.8. 'de bitki besleme yataklarının görünümü görülmektedir.



Şekil 3.8. Bitki besleme yataklarının görünümü

3.1.6. Ölçüm kitleri

Su da ki amonyak, nitrit, nitrat ve ph ölçmek için kolorimetrik kitler kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümü için termometre kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Balıkların akuakültür havuzuna alınması

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'nda ki "Çifteler Sakarbaşı Bölgesindeki İstilacı Tatlı Su Balığı Türlerinin Baskı Altına Alınması Yoluyla Doğal Balık Popülasyonlarının Desteklenmesi" projesinden temin edilen balıklar variller ile Sakarya/Pamukova da ki tesise nakledilmiştir. Varillerden %50 oranında su uzaklaştırılarak aynı miktarda su akuakültür havuzundan nakil varillerine eklenmiştir. Böylelikle pH ve sıcaklık variller içerisinde dengelenerek balıkların suya adaptasyonu sağlandıktan sonra akuakültür havuzuna konulmuştur.

3.2.2. Akuaponik sistemde su sirkülasyonu

Sistem dizayn edilirken mümkün olan en düşük enerji sarfiyatına ulaşabilmek için kot farkı kullanılarak dizayn edilmiştir. Akuakültür havuzundan dalgıç pompa kullanılarak alınan su biyolojik dengeleme ünitesine aktarılmıştır. İlk tanka gelen su sifon yapılarak altta bulunan ikinci tanka aktararak, nitratça zenginleştirilen su bitki yetiştirme havuzuna kendi cazibesiyle aktarılmıştır. Bitki kökleri tarafından filtre edilen su yine aynı şekilde kendi cazibesiyle akuakültür havuzuna aktarılmıştır. Dalgıç pompa günde 6 defa (1m³/sa) toplamda 6 saat olmak üzere çalıştırılmıştır. Su sistemde enerji kullanılarak sadece akuakültür havuzundan biyolojik dengeleme tanklarına aktarılmıştır. Sistemin diğer elemanlarında su kendi cazibesiyle enerji kullanılmadan aktarılmıştır.

3.2.3. Balık yemleme

Rakocy vd. 2006 yemleme çalışmalarına uygun olarak; yapılan denemede günlük havuzdaki balıkların toplam ağırlığının (38 kg) %1'i kadar (380gr) yem verilmiştir. Yemleme sabah gün doğarken (200gr) ve akşam gün batarken (190 gr) olmak üzere günde

2 kez yapılmıştır. Yemleme esnasında tüm yemin balıklar tarafından tüketilmesi için yem yavaş yavaş serpmeye şeklinde uygulanmıştır.

3.2.4. Amonyak seviyesinin belirlenmesi

Sistemde ki suda bulunan amonyak miktarı kolorimetrik kitle ölçülmüştür. Amonyak ölçümleri balık havuzunda ve dengeleme tankının çıkışından alınan numunelerle belirlenmiştir. Her iki örneklem noktasında da sabah ve akşam olmak üzere günde ikişer ölçüm yapılmıştır. Sabah ve akşam iki farklı noktadan yapılan amonyak ölçümlerinin ortalaması alınarak sistemde ki günlük amonyak miktarı belirlenmiştir.

3.2.5. Nitrat seviyesinin belirlenmesi

Sistemdeki nitrat seviyesi günlük olarak kolorimetrik kitle ölçülmüştür. Nitrat ölçümleri dengeleme tankının çıkış hattından ve bitki besleme havuzunun çıkış hattından alınan numunelerle belirlenmiştir. Her iki örneklem noktasında da sabah ve akşam olmak üzere günde ikişer ölçüm yapılmıştır. Sabah ve akşam iki farklı noktadan yapılan nitrat ölçümlerinin ortalaması alınarak sistemde ki günlük nitrat miktarı belirlenmiştir.

3.2.6. Nitrit seviyesinin belirlenmesi

Sistemdeki nitrit seviyesi günlük olarak kolorimetrik kitle ölçülmüştür. Nitrit ölçümleri dengeleme tankının çıkış hattından ve bitki besleme havuzunun çıkış hattından alınan numunelerle belirlenmiştir. Her iki örneklem noktasında da sabah ve akşam olmak üzere günde ikişer ölçüm yapılmıştır. Sabah ve akşam iki farklı noktadan yapılan nitrat ölçümlerinin ortalaması alınarak sistemde ki günlük nitrit miktarı belirlenmiştir.

3.2.7. pH seviyesinin belirlenmesi

Sistemdeki pH seviyesi günlük olarak kolorimetrik kitle ölçülmüştür. pH ölçümleri balık havuzunun çıkış hattından ve bitki besleme havuzunun çıkış hattından alınan numunelerle belirlenmiştir. Her iki örneklem noktasında da sabah ve akşam olmak üzere

günde ikişer ölçüm yapılmıştır. Sabah ve akşam iki farklı noktadan yapılan pH ölçümlerinin ortalaması alınarak sistemde ki günlük pH miktarı belirlenmiştir.

3.2.8. pH seviyesinin düzenlenmesi

Sistemde oluşabilecek alg popülasyonunun pH seviyesini bazik seviyeye yükseltmemesi için, pH değeri 8.0 ölçüldüğünde bitki besleme havuzuna 100 mL Nitrik Asit ilave edilerek pH seviyesinin 6.5 – 7.5 arasında olması sağlanmıştır.

3.2.9. Kâr hesaplaması

3.2.9.1. Hasat maliyet hesabı

Denemenin yapıldığı sistemin hasat maliyeti (30 gün) hesaplanmıştır. Bunun için hasat boyunca sistemde kullanılan ekipmanın enerji sarfiyatı, su ve yem giderleri belirlenmiştir.

Enerji sarfiyatının hesabı için EPDK' nın 2017 enerji fiyatları baz alınmıştır. Su maliyetleri için 2017 SASKİ su metre küp bedelleri, yem maliyeti için 2017 Temmuz ayında alınan 25 kg'lık paketler halinde 9 mm granül boyutunda ki alabalık yem fiyatı kullanılmıştır. Enerji maliyeti hesaplanırken üretim süresinin tamamında dalgıç pompa ve hava pompasının kullandığı elektrik sarfiyatı hesaplanmıştır.

EPDK 2017 enerji fiyatı 0,45 TL (<https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-39/kurul-kararlari->)

SASKİ 2017 su metre küp fiyatı 1,51 TL (<https://www.sakarya-saski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=157>)

Alabalık yemi fiyat kg (4,8 kg/TL)

Hasat maliyetinde enerji sarfiyatı hesaplanırken;

Aylık kullanılan kilowatt x 1 kilowatt enerji bedeli,

Sistemde enerji kullanan cihazların sarfiyatları hesaplanırken ;

Cihaz gücü (kW) x 1 kW piyasa fiyatı x Günlük su sirkülasyonu (6 saat)x30 (Hasat süresi) olarak ;

Sistemde kullanılan su bedeli hesaplanırken ;

Aylık su sarfiyatı x 1 m³

Sistemdeki aylık yem maliyeti hesaplanırken;

Kullanılan yem miktarı (kg) x 1 kg alabalık yemi

formülü kullanılmıştır.

3.2.9.2 Kar marjı hesaplaması

Sistemde üretilen bitkisel ürünlerin kar marjı hesaplaması için öncelikle brüt kar tutarının belirlenmesi gerekir;

Satış Fiyatı – Üretim maliyeti = Brüt Kar Tutarı

Brüt Kar marjı;

(Brüt kar tutarı/Satış Fiyatı) / Satış Fiyatı * 100

3.2.10. Boy ağırlık

Sistemde balıkların büyüme oranı için;

Lagler (1966)'in $W=a \times TL^b$

Allometrik büyüme denklemi kullanılmıştır. Kullanılan büyüme formülünde;

W= Balığında vücut ağırlığı (gr)

TL = Balığın total boyu

a= üssel eşitlikte doğrunun Y eksenini kesim noktasını

b= Regresyon doğrusunun eğimini ifade etmektedir.



4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Amonyak Seviyesi

Günlük olarak balık havuz çıkışı ve dengeleme tankı çıkışında ölçülen amonyak seviyeleri çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Balık tankı çıkışında ki ve Dengeleme Tankında ki Amonyak seviyesi

Gün	Balık havuzu çıkış (mg/L)	Dengeleme tankı çıkış (mg/L)
1.Gün	0,5	0,5
2.Gün	1	0,5
3. Gün	1,5	1
4. Gün	1,5	1,5
5. Gün	1,5	1,5
6. Gün	1,5	1
7. Gün	1,5	1
8. Gün	1,5	1
9. Gün	1,5	1
10. Gün	1,5	1
11. Gün	1,5	1
12. Gün	1,5	1
13. Gün	1,5	1
14. Gün	1,5	1
15. Gün	1,5	1
16. Gün	1,5	1
17. Gün	1,5	1
18. Gün	1,5	1
19. Gün	1,5	1
20. Gün	1,5	1
21. Gün	1,5	1

Çizelge 4.1. Balık tankı çıkışında ki ve Dengeleme Tankında ki Amonyak seviyesi (devam)

22. Gün	1,5	1
23. Gün	1,5	1
24. Gün	1,5	1
25. Gün	1,5	1
26. Gün	1,5	1
27. Gün	1,5	1
28. Gün	1,5	1
29. Gün	1,5	1
30. Gün	1,5	1

6 .günden itibaren dengeleme tankında oluşan mikroflora sistem için gerekli amonyak dönüşümünü sağlayabilecek kapasiteye ulaşmıştır.

4.2.Nitrat seviyesi

Günlük olarak dengeleme havuzu ve bitki havuz çıkışında ölçülen nitrat seviyeleri çizelge 4.2. 'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Dengeleme havuzu ve bitki havuzunda ki nitrat seviyesi

Gün	Dengeleme tankı çıkış (mg/L)	Bitki havuzu çıkış (mg/L)
1.Gün	0	0
2.Gün	25	25
3. Gün	25	45
4. Gün	10	10
5. Gün	25	10
6. Gün	25	40
7. Gün	25	10
8. Gün	25	10
9. Gün	25	10

Çizelge 4.2. Dengeleme havuzu ve bitki havuzunda ki nitrat seviyesi (devam)

10. Gün	25	10
11. Gün	25	10
12. Gün	25	10
13. Gün	25	10
14. Gün	25	10
15. Gün	25	10
16. Gün	25	10
17. Gün	25	10
18. Gün	25	10
19. Gün	25	10
20. Gün	25	10
21. Gün	25	10
22. Gün	25	10
23. Gün	25	10
24. Gün	25	10
25. Gün	25	10
26. Gün	25	10
27. Gün	25	10
28. Gün	25	10
29. Gün	25	10
30. Gün	25	10

Çalışmanın 3. ve 5. günlerinde ki bitki besleme havuzunda yaşanan alg sorunundan kaynaklı nitrat artışı tespit edilmiştir. 5. gün alg sorunu için bitki besleme tankı ve dengeleme tankına yapılan anlık müdahale den sonra sistemde ki nitrat seviyesi sistemin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde dengelenmiştir. 6. Günden sonra yapılan ölçümlerde dengeleme tankı çıkışında ki nitrat seviyesinin bitki besleme havuzunun çıkışında düşüş gösterdiği bu durumun nitratın bitkiler tarafından kullanıldığını göstermektedir.

4.3. Nitrit seviyesinin belirlenmesi

Günlük olarak dengeleme tankı ve bitki havuzu çıkışında ölçülen nitrit seviyeleri çizelge 4.3. 'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Dengeleme tankı çıkışında ki nitrit seviyesi

Gün	Dengeleme tankı çıkış (mg/L)	Bitki havuzu çıkış (mg/L)
1.Gün	0	0
2.Gün	0	0
3. Gün	0	0
4. Gün	0	0
5. Gün	0	0
6. Gün	0	0
7. Gün	0	0
8. Gün	0	0
9. Gün	0	0
10. Gün	0	0
11. Gün	0	0
12. Gün	0	0
13. Gün	0	0
14. Gün	0	0
15. Gün	0	0
16. Gün	0	0
17. Gün	0	0
18. Gün	0	0
19. Gün	0	0
20. Gün	0	0
21. Gün	0	0
22. Gün	0	0
23. Gün	0	0

Çizelge 4.3. Dengeleme tankı çıkışında ki nitrit seviyesi (devam)

24. Gün	0	0
25. Gün	0	0
26. Gün	0	0
27. Gün	0	0
28. Gün	0	0
29. Gün	0	0
30. Gün	0	0

Bulgular dengeleme tankında ki nitrifikasyon döngüsünün başarılı bir şekilde gerçekleşip, tüm nitritin mikroorganizmalar tarafından nitrata dönüştürüldüğü gözlemlenmiştir.

4.4. pH Seviyesinin Belirlenmesi

Günlük olarak balık havuzu ve bitki havuz çıkışında ölçülen pH seviyeleri çizelge 4.4. 'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Balık havuzu çıkışı ve bitki havuzu çıkışında ki pH seviyesi

Gün	Balık havuzu çıkış	Bitki havuzu çıkış
1.Gün	7,6	7,7
2.Gün	7,4	7,4
3. Gün	7,4	7,7
4. Gün	7,4	7,5
5. Gün	7,4	7,7
6. Gün	7,4	7,4
7. Gün	7,4	7,4
8. Gün	7,4	7,4
9. Gün	7,4	7,4
10. Gün	7,4	7,4
11. Gün	7,4	7,4
12. Gün	7,4	7,4
13. Gün	7,4	7,4

Çizelge 4.4. Balık havuzu ve bitki havuzu çıkışında ki pH seviyesi (devam)

14. Gün	7,4	7,4
15. Gün	7,4	7,4
16. Gün	7,4	7,4
17. Gün	7,4	7,4
18. Gün	7,4	7,4
19. Gün	7,4	7,4
20. Gün	7,4	7,4
21. Gün	7,4	7,4
22. Gün	7,4	7,4
23. Gün	7,4	7,4
24. Gün	7,4	7,4
25. Gün	7,4	7,4
26. Gün	7,4	7,4
27. Gün	7,4	7,4
28. Gün	7,4	7,4
29. Gün	7,4	7,4
30. Gün	7,4	7,4

Bulgular çalışmanın 3. ve 5. günün yaşanan alg popülasyonunun da ki ani artış sonucu pH seviyesinde artışa yol açtığı görülmüştür. Sisteme yapılan müdahaleler ile amonyak ve nitrat miktarları dengelendikten sonra pH sistemde stabil olarak ölçülmüştür.

4.5.Sıcaklık

Günlük olarak balık havuzu ve bitki havuz çıkışında ölçülen sıcaklık seviyeleri çizelge 4.5. 'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Balık havuzu ve bitki havuzlarında ki sıcaklık seviyesi (C°)

Gün	Balık havuzu çıkış (C°)	Bitki havuzu çıkış (C°)
1.Gün	20	20
2.Gün	20	20

Çizelge 4.5. Balık havuzu ve bitki havuzlarında ki sıcaklık seviyesi (C°)

3. Gün	20	21
4. Gün	21	20
5. Gün	21	21
6. Gün	20	20
7. Gün	20	20
8. Gün	20	20
9. Gün	20	20
10. Gün	20	20
11. Gün	21	21
12. Gün	21	21
13. Gün	21	20
14. Gün	21	20
15. Gün	20	20
16. Gün	19	19
17. Gün	19	19
18. Gün	19	19
19. Gün	21	21
20. Gün	21	21
21. Gün	21	21
22. Gün	21	21
23. Gün	21	21
24. Gün	21	21
25. Gün	21	21
26. Gün	21	21
27. Gün	21	21
28. Gün	21	21
29. Gün	21	21
30. Gün	20	20

Sistemdeki sıcaklık herhangi bir enerji sarfıyatı olmaksızın çalışma boyunca stabil kaldığı görülmüştür.

4.6. Bitki büyüme

Sistemde ekimi yapılan marul tohumlarının çimlenme süresi 48 saat olduğu görülmüştür. Şekil 4.1. 'de marul tohumlarının çimlenmesi görülmektedir.



Şekil 4.1. Marul tohumu çimlenmesi

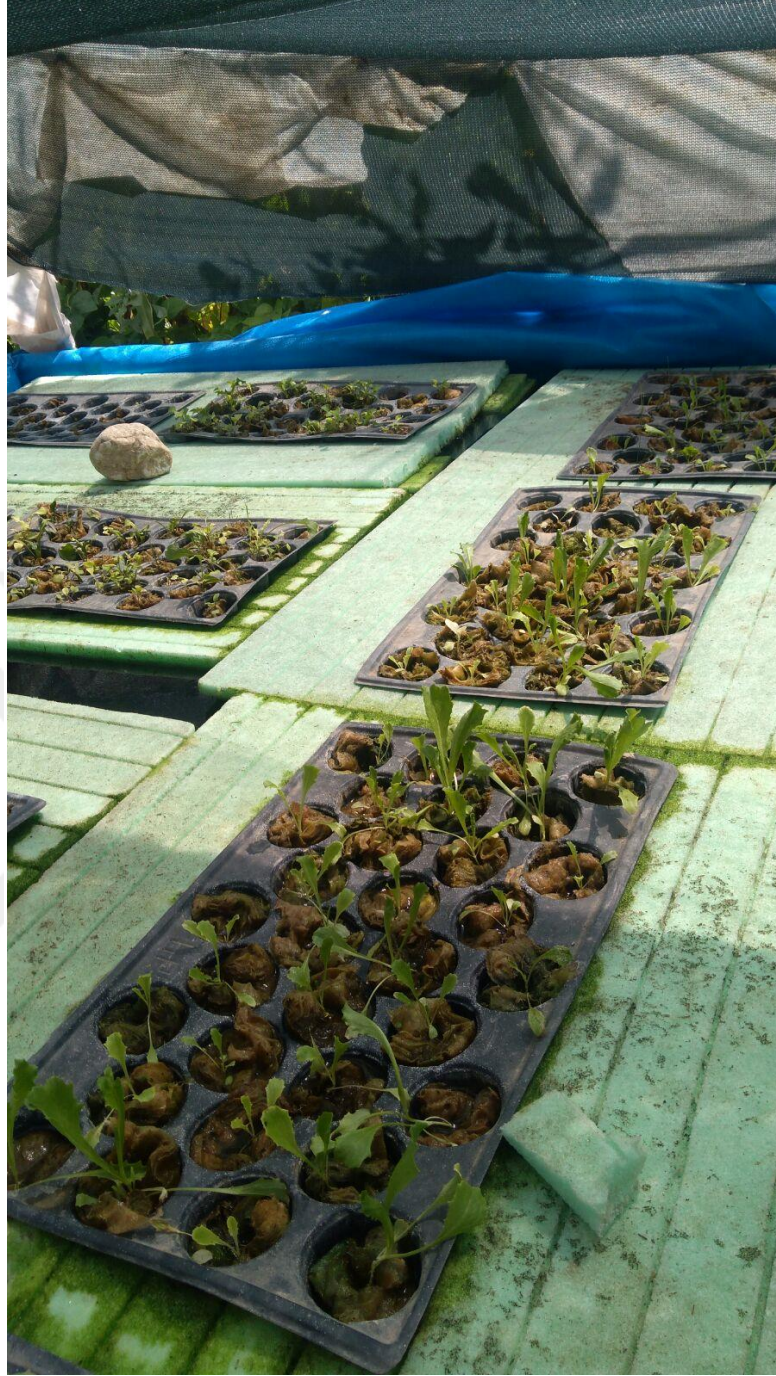
Sistemde ekimi yapılan roka tohumlarının çimlenme süresi 36 saat olduğu görülmüştür.

Şekil 4.2. 'de roka tohumlarının çimlenmesi görülmektedir.



Şekil 4.2. Roka tohumunun çimlenmesi

48 saat içerisinde çimlenen marul tohumlarının, fide aşamasına gelme süresi 15 gün olarak gözlemlenmiştir. Şekil 4.3. 'te marul fideleri görülmektedir.



Şekil 4.3. Marul fideleri

36 saat içerisinde çimlenen roka tohumlarının, fide aşamasına gelme süresi 8 gün olarak gözlemlenmiştir. Şekil 4.4. 'te roka fideleri görülmektedir.



Şekil 4.4. Roka fideleri

Marulların hasata gelme süresi 30 gün olarak görülmüştür. Şekil 4.5. 'te hasat aşamasına gelmiş marullar görülmektedir.

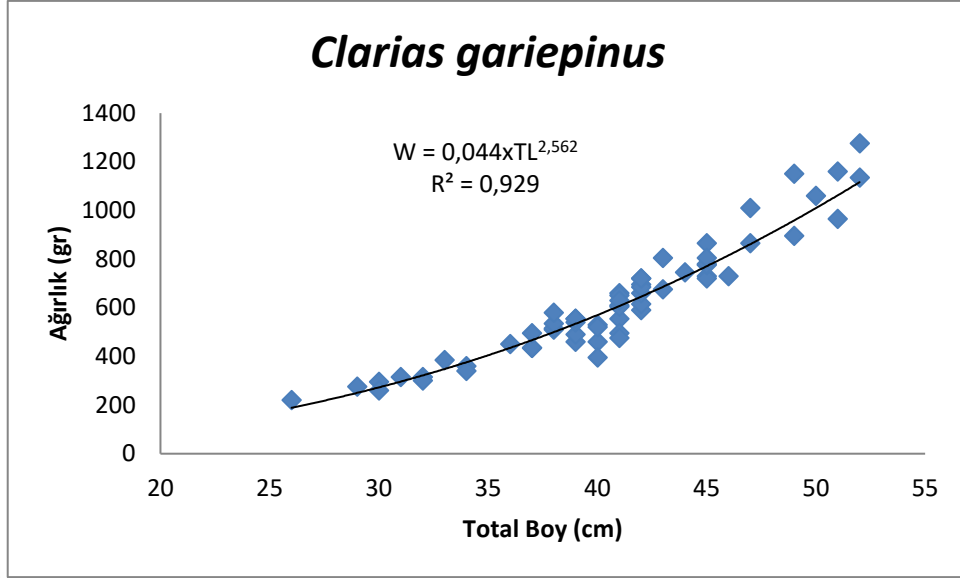


Şekil 4.5. Hasat aşamasına gelmiş marullar

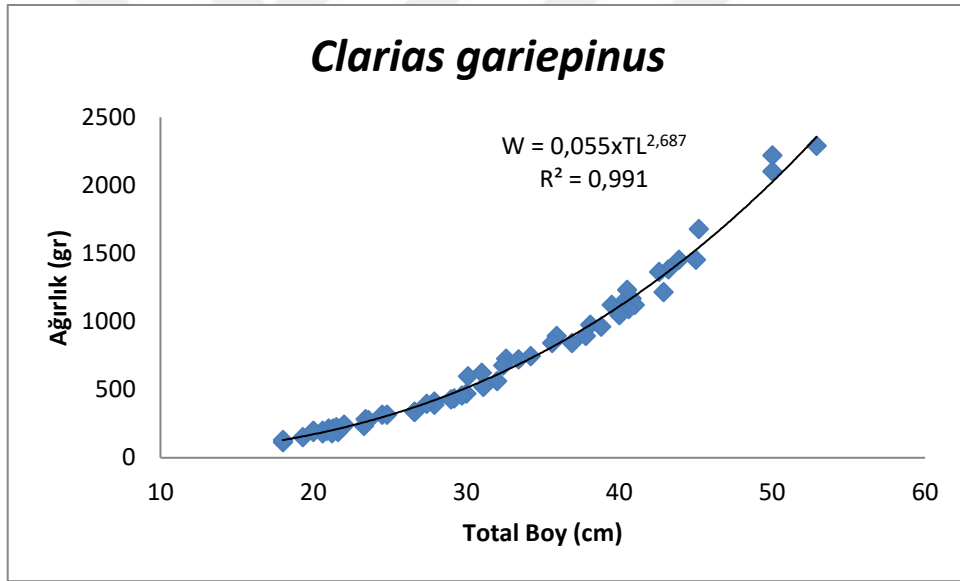
Deneme sonucunda marul tohumlarından 30 gün içerisinde hasata ulaşılmış olmasına rağmen, roka tohumları 36 saat sonra çimlenip, 8 gün sonrada fide oluşturmalarına rağmen sistemden yeterince beslenemeyerek hasata ulaşamamıştır. *C. gariepinus* kullanıldığı akuaponik sistemlerde marul üretimi dışarıdan katkı yapılmaksızın gerçekleştirilebilmişken aynı sonuç roka tohumları için sağlanamamıştır.

4.7. Balık Büyüme

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'ndaki "Çifteler Sakarbaşı Bölgesindeki İstilacı Tatlısu Balığı Türlerinin Baskı Altına Alınması Yoluyla Doğal Balık Popülasyonlarının Desteklenmesi" projesinden temin edilen *C. gariepinus* bireylerinin akuaponik sistemine entegre edilmeden önce boy ve ağırlık değerleri ölçülmüştür. 30 günlük denemenin sonucunda kısa sürede pellet yeme alıştıran bireylerin boy ve ağırlıkları ölçülerek boy-ağırlık grafikleri oluşturulmuştur. Denemeden önce 2,562 olan b değerinin deneme sonunda 2,687 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca R^2 değeri de deneme sonunda artmıştır. Özellikle b değerinde ki artış denemede kullanılan balık bireylerinin tükettikleri besini doğal ortama göre daha yüksek ete çevirdiklerini göstermektedir. Bu değer tek başına popülasyonun besini ete çevirme oranı olarak kullanılamasa da öncü bir gösterge olarak kabul edilebilir. R^2 değerinde ki artış boy ve ağırlık arasındaki ilişkinin arttığını göstermektedir. Deneme öncesi ve sonrası *C. gariepinus*'un boy ağırlık ilişkisi, denklemleri ve grafiği (Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.) aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.6. Sisteme giren ilk balıkların büyüme grafiği



Şekil 4.7. Sistemde ki balıkların 1 ay sonunda ki büyüme grafiği

b ve R^2 değerinde ki artış ağırlığının %1 'i oranında pellet yemle beslenmenin *C. gariepinus* için besini ete çevirme oranında (1:1) etkili olduğu görülmüştür. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'ndaki "Çifteler Sakarbaşı Bölgesindeki İstilacı Tatlısu Balığı Türlerinin Baskı Altına Alınması Yoluyla Doğal Balık Popülasyonlarının Desteklenmesi" projesinden temin edilen *C.gariepinus*'un alındığı dönemde büyümesinin negatif allometrik büyüdüğünü 30 günlük deneme sonunda da büyümenin negatif allometrik olduğu görülmüştür.

4.8. Kâr hesaplaması

4.8.1. Hasat Maliyeti Hesaplaması

Yapılan denemede 61adet ve toplam ağırlığı deneme öncesi 38,05 kg olan *C. gariepinus*'un kullanılmasıyla 30 gün içerisinde 12 m² bitki besleme havuzunda 150 adet marul yetiştirilmiştir. Denemede kullanılan rokalar hasat boyuna ulaşmadığı için hesap dışı tutulmuştur. 30 günlük deneme sırasında 81 TL elektrik sarfıyatı , 45,3 TL su sarfıyatı ve 60 TL yem sarfıyatı yapılmıştır (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. Hasat maliyet tablosu.

	Sarfıyat (Aylık)	Bedel	Toplam	1 m ² de Toplam
Enerji	30 kW	2,7 TL/kW	81 TL	6,75 TL
Su	30 m ³	1,51 TL/m ³	45,3 TL	3,78 TL
Yem	12,5 Kg	4,8 TL/kg	60 TL	1,04 TL
			186,3 TL	15,53 TL

Elde edilen bu veriler için;

-m²'de aylık 6,75 TL elektrik sarfıyatı yapılmıştır.

-m²'de aylık 3,78 TL su sarfıyatı yapılmıştır.

-m²'de aylık 1,04 TL yem sarfıyatı yapılmıştır.

Aylık üretim alanında 1 m² de ki toplam maliyet 15,53 TL olmaktadır.

4.8.2 Kâr zarar hesaplaması

Yapılan denemede 12 m² bitki besleme havuzunda 150 kök marul 61 adet ve toplam ağırlığı deneme öncesi 38,05 kg olan *C. gariepinus*'un kullanılmasıyla 30 gün içerisinde 150 adet marul yetiştirilmiştir. Hasat sonunda *C.gariepinus* 'unağırlığı1:1 yem-et dönüşüm oranıyla 42,02 kg 'a ulaşmıştır (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. Birim alanda ki marul ve balık miktarı

	Toplam	Birim Alanda
Yetiştirilen marul	150 kök	12,5 kök/m ²
Deneme öncesi balık ağırlığı	38,05 kg	12,68 kg/m ³
Deneme sonrası balık ağırlığı	42,02	14,01 kg/m ³
Yem-et dönüşüm miktarı	3,97 kg	0,33 kg/m ³

2017 serbest piyasa direk satışta marul adedi 2 TL olarak belirlenmiştir. Akuaponik sistemde yetiştirilen 150 kök marul, 2 TL olarak belirlenen fiyatla satışa sunulduğunda getirisi 300 TL olacaktır. Akuaponik sistemde bitkisel ürün üretimi ve ticareti öncü amaç olduğu için sistemde yetiştirilen balıkların (*C. gariepinus*) maliyete olan etkileri hesaplanmış ancak kar ve kar marjına etkisi hesaplanmamıştır. (Çizelge 4.8.)

Çizelge 4.8. Kâr zarar tablosu

	Aylık	Birim alanda
Aylık Marul Satış Fiyatı	300 TL	25 TL/m ²
Aylık Maliyet	186,3 TL	15,53 TL
Kâr	113,7 TL	9,47 TL

4.8.3 Kâr marjı hesaplaması

Sadece bitkisel üretimden elde edilen kazançlar göz önünde bulundurulduğunda; $(300-186,3)/300 \times 100 = \%37,9$ kâr marjına sahip bir sistem olduğu söylenebilir.

Başka bir deyişle yaklaşık brüt kar marjının 0,38 olduğu görülmüştür. Sistemin brüt kar marjı hesaplanırken balık üretiminden elde edilebilecek gelir ve işletmenin faaliyet maliyetleri hesaplanmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz ve geleceğin sorunlarından olan kaliteli ve organik besin ihtiyacı artan nüfus ile birlikte önemini her geçen gün daha da artırmaktadır. Bu sorun dünya genelinde; tarım arazilerin nüfusa göre yetersizliği, küresel ısınma ile birlikte var olan verimli toprakların azalması, bitki gelişimi için kullanılan kimyasal maddelerin doğayı olumsuz yönde etkilemesi, küreselleşme ile yeni ihtiyaçları karşılamada yaşanan zorluklar, bilinçsiz su kullanımı ile var olan temiz su kaynaklarını kirletme ya da tüketme, kent nüfusunun tarım alanlarındaki nüfusa göre giderek artması, olarak görülmektedir. Akuaponik sistemler ise bu sorunlara çözüm olarak: geleneksel tarıma göre daha az su ihtiyacı, kimyasal kullanımın daha az olması, gübreleme çapalama sürme gibi geleneksel tarımda görülen uygulamaların bu sistemde olmayışı, geleneksel tarıma göre daha kısa sürede daha kaliteli organik ürün elde edilmesi, polikültür yetiştiricilik unsurlarını barındıran sistemlerde hem hayvansal hem de bitkisel bitkisel üretimin sağlanması, çevreye daha az zararlı olması, geleneksel tarıma göre daha az alanda daha yüksek ürün elde edilmesi, sistemin çatı katı, bodrum gibi kullanımı az alanlarda kurulabilmesi gibi avantajlar sağlar. Bu avantajlar hem akuaponik hem de hidroponik sistemlerin dünya üzerinde yaygınlaşması ve gelecekte ki en önemli üretim modellerini oluşturabileceği ön görülmektedir. Dünya da bu konu da çok sayıda üretim modeli uygulaması ve araştırması var iken ülkemizde akuaponik sistemler özellikle akademinin yeni ilgisini çekmekte ve yeni bir araştırma konusu olarak görülmektedir.

Dünya genelinde akuaponik uygulamaları hızla artmaktadır. Avrupa ülkeleri incelendiğinde urban akuaponik denilen daha çok, düşük kapasiteli çatı katlarında bodrumlarda, kullanılmayan depo ve arazilerde kurulan genellikle hobi amaçlı olarak işletilen uygulamalar karşımıza çıkar. Böyle olmasında modern tarım uygulamalarıyla birlikte endüstrileşen gıda sektörünün etkisi fazladır. Dünya genelinde baktığımızda en gelişmiş akuaponik uygulamaları A.B.D. 'de görülmektedir. Yüksek kapasiteli, teknolojik ve yeni bitkilerin sisteme dahil edilmesini sağlayan bir çok araştırma kuruluşuna sahiptirler. Bu sebeple A.B.D. de akuaponik sistemler sürekli gelişim gösteren bir üretim modeli olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde ise akuaponik sistemler diğer ülkelere göre daha az bilinmektedir. Bunun nedeni ise tarımsal üretim daha geleneksel metotlarla

yapılıyor olması, mevsimsel geçişlerle birlikte yetiştirilebilecek olan ürün yelpazesinin genişliği, organik ürün veya iyi tarım uygulama sonucu üretilen ürün talebinin Avrupa ülkelerine karşılaştırıldığında daha az olması, sistemin yeni olması ile birlikte yeterli bilgiye sahip olunmaması gibi nedenlere bağlanabilir. Türkiye, günümüz su kullanımı baz alındığında gelecek yıllarda su fakiri ülkeler arasına girecektir. Bunun nedeni ise bilinçsiz su kullanımının yanında tarım uygulamalarında vahşi sulama olarak bilinen sulama çeşidinden kaynaklanmaktadır. Ülkemiz tarım politikası belirleyenleri son dönemde suyun daha verimli kullanılması için önemli çalışmalar yapmakta ve bu konuda üreticilere önemli miktarda destekler sağlamaktadırlar. Akuaponik sistemlerin ülkemiz tarım uygulama alanlarında yer edinmesiyle su kullanımı azalacaktır. Ayrıca tarıma uygun olmayan alanların tarıma kazandırılması bu sayede hem tarımsal üretime hem de istihdama katkı yapması mümkündür. Bu sistem sayesinde birim alandan alınan ürün miktarının artırılması, üretimin zamansal olarak planlanabilmesi, maliyetlerin önceden hesaplanabilmesi, pestisit kullanımının çok sınırlı olması, yüksek katma değerli ürün elde edilmesi ve yetişmiş insan gücüne katkısı mümkün olmaktadır.

Akuaponik sistemlerde genellikle Tilapia türleri kullanılmaktadır. Ayrıca *Cyprinus carpio* ve kültür alabalık türleri de kullanılmaktadır. Bu sistemlerde çoğunluk Tilapia' nın tercih edilmesinin sebebi hem Amerika hem de Avrupa da bu balık türünün tüketim pazarının yüksek olması, ayrıca bu cinse ait türlerin kötü su şartlarına (Düşük oksijen, değişken pH) toleranslı olmasıdır. Akuaponik sistemler de bitkilerin istendik gelişimi sağlayabilmesi için 20-25 C° ortam sıcaklığına ihtiyaç vardır. Ortamın sıcak olması balıkların bulunduğu suyun sıcaklığının artmasına ve suyun oksijen bağlama kapasitesinin düşmesine sebep olduğu bilinmektedir. Bu sebeplerle akuaponik sisteminde yetiştirilecek balık türlerinin düşük oksijen, değişken pH ve yüksek sıcaklıkta yem alabilme kabiliyetinde olması gerekir. Tilapia türleri bu özellikleri göstermektedir. Ayrıca ticari değer kazanabilmesi için akuaponik sistemin kullanılan balıkların *C. gariepinus* en iyi gelişimini 20-25 C° su sıcaklığında göstermektedir. *C. gariepinus* genellikle su dışarısından serbest havadan solunumunu gerçekleştirdiği için suda ki düşük oksijen seviyesinin balık üzerinde olumsuz etki yapmamaktadır. Ayrıca beslenme yönünden omnivor olan *C. gariepinus* her türlü besine kolayca adapte olabilmektedir. Özellikle Macaristan da termik santrallerin atık sıcak suları kullanılan sistemlerde ciddi ticari üretim yapılmaktadır. Buna bağlı olarak özellikle Avrupa kıtasında ciddi bir pazar elde etmiştir.

Son dönemlerde Afrika da bu balığının kültürümü yapıldığı çiftlik sayısında artış görülmektedir. Türkiye sürekli gelişen ve büyüyen bir balık üretim merkezi halindedir. Dünya pazarlarında ki yerlerimizi koruyabilmek için mevcut üretimlerimizin desteklenmesi ve geliştirilmesinin yanında alternatif yeni türlerin siteme katılması önem arz etmektedir. Özellikle ülkemizde ki doğal sıcak su kaynaklarında (Jeotermal tesislerinde ve Termik santrallerinde) *C. gariepinus* üretilmesi mümkündür.

Özellikle ülkemizde enerji üretimi için çok sayıda termik santral mevcuttur. Aynı zamanda ülkemizin enerjiye olan talebini karşılayabilmek için yeni termik santraller yapıldığı gibi, nükleer santral tesis inşaatları da devam etmektedir. Bu tesislerin ısı atık suyu ısı kaynağı olarak *C. gariepinus* yetiştirilmesinde, *C. gariepinus* 'un yetiştirilmesinde kullanılan atık suların ise bitki yetiştiriciliğinde kullanılması ile ekonomik katkı sağlamak mümkündür.

Yapılan deneme de 19 m² alanda 150 kök marul yetiştirilmiştir. Akuaponik sistemlerin ticari işletmelerde minimum 500 m² alanda kurulumu yapılmaktadır. Denemeden elde edilen sonuçları ticari işletmeye uyarladığında aylık sarfiyat aşağıda ki gibidir (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Ticari işletmelerde (500 m²) akuaponik sistemin aylık sarfiyatı

Gider kalemleri (gün)	Fiyat (TL/Ay)
Hava pompası elektrik sarfiyatı	113,4 kW/TL
Dalgıç pompa elektrik sarfiyatı	113,4 kW/TL
UV filtre elektrik sarfiyatı	12,0 kW/TL
Davul filtre elektrik sarfiyatı	95,7 kW/TL
Su ısıtıcı elektrik sarfiyatı	147,6 kW/TL
Bitki yetiştirmesi için aydınlatma	39,3 kW/TL
Tesis aydınlatma	120,0 kW/TL
Isıtma	1080 kW/TL
Su	60,00 TL
Yem	480 TL
Ölçüm kitleri (2 şer adet ph,amonyak,nitrit,nitrat)	250 TL

Çizelge 5.1. Ticari işletmelerde (500 m²) akuaponik sistemin aylık sarfiyatı (devam)

Toplam	2511,4 TL
---------------	------------------

Yapılan deneme kısa süreli olduğu ve akuaponik sistemler için elzem olan su analiz parametresi pH, amonyak, nitrit ve nitrat olduğu için bu ölçüm parametreleri seçilmiştir. Ancak ticari işletmelerde yetiştirilecek bitkinin türüne göre farklılık gösterebilecek demir, magnezyum, çinko, bakır, bor, potasyum, kalsiyum, fosfor, kükürt, mangan, sodyum, molibden elementlerinin sistemde ki analizi için gerekli ölçüm kitleri sarfiyat tablosuna eklenmemiştir.

Sistemde diğer gider kalemi olarak kırtasiye, iş gücü, bulunmaktadır. Günlük işletme maliyeti tablosu aşağıda ki gibidir (Çizelge 5.2.).

Çizelge 5.2. Aylık işletme maliyet tablosu

Gider kalemleri (Aylık)	Fiyat (Aylık)
Kırtasiye	20,0 TL
İş gücü	3000,0 TL
Toplam	3020 TL

Akuaponik sistemlerde yetiştirilen marulların 2018 serbest piyasa da satış fiyatı 2 TL olarak belirlenmiştir. Ticari bir akuaponik sistemde 500 m² kapalı alanda yetiştirilen aylık 12500 kök marul hasat başına 25000 TL ciro sağlayacaktır. Akuaponik sistemlerde esas amaç düzenli hasat olduğu için bitki üretiminin oldukça üzerine düşülmektedir. Ancak aynı zamanda 500 m² kapalı sistemde yaklaşık4 ton *C. gariepinus* yetiştiriciliği yapıldığından, balık yetiştiriciliğinden ekstra bir kazanç elde edilmektedir. *C. gariepinus* ' un dünya da satış fiyat 3,3-5,2 \$ aralığında olmaktadır (FAO,2018). Günümüz kuru 5,30 TL bandından ortalama 22,53 TL/kg fiyatına ulaşılmaktadır.

Satış hâsılatından satışların maliyetinin çıkarılmasıyla elde edilen brüt kâr, en azından sistemin faaliyet giderlerini karşılayabilecek düzeyde olmalıdır. Gıda sektörünü incelemek üzere ele alınan firmalar için brüt kâr marjı genel olarak 0,10-0,50 bandında hareket etmektedir (Demir ve Tuncay, 2012). Yapılan deneme de bitkisel üretimden elde edilen brüt kar marjı 0,38 (%38) olup Türkiye de ki gıda sektörünün brüt kar marjı sınırları

içerisindedir. Tarım sektöründe ki şirketler için yapılan finansal performans analizinde ise ortalama kar marjı %6,2 (0,062) iken yüksek karlılık gösteren şirketlerin kar marjı %11,2 (0,112)' dir (Acar, 2003). Akuaponik sistemde stok yoğunluğu 35 kg/m^3 *C. gariepinus* yetiştirilmektedir (Wang vd., 2017). *C. gariepinus* 'un dünya pazarında ki satış fiyatlarına bakıldığında akuaponik sistemde yetiştirilen *C. gariepinus* ' ta ciddi bir ekonomik katkı sağlayacaktır. Bu durumda ticari bir işletme de işletme büyüklüğüne bağlı olarak faaliyet giderleri hariç brüt kar marjı ortalama %50'nin üzerine çıkacaktır.

Ülkemizde gıda sektöründe ki kar marjı ve tarım sektöründe ki kar marjı ile *C. gariepinus* ' un kullanıldığı akuaponik sistemler karşılaştırıldığında, akuaponik sistemlerin önemli bir ticari fırsat sağladığı görülmektedir. Ancak bu sistemlerin sağlıklı çalışması ve istendik sonuçların alınabilmesi için bilimsel temel verilere ihtiyaç vardır. Dünya da ki gıda üretim ve ticaret mekanizmaları içerisinde bu fırsatı değerlendirebilmek için kamu kuruluşlarımızın ve özel müteşebbislerin daha çok AR-GE çalışması yaparak ülkemize uygun entegre tesislerin kurulması önem arz etmektedir. Yeterli bilgi donanımına sahip olunduktan sonra sistemin en yüksek kar ile işletilebileceği büyüklükler, metodoloji, nitelikli iş gücü, pazarlama prosesleri yatırımcılar için hazırlanmalıdır. Sistemde karlılığı etkileyen en önemli faktörlerden biri tesisin büyüklüğüdür. Bu konu üzerinde ayrıntılı çalışmaların yapılıp, uygun alan ölçüsünün belirlenmesi gerekmektedir. Ancak bu konuların çoğu bu çalışma kapsamında değerlendirilememiştir.

Akuaponik sistemlerde *C. gariepinus* kullanılarak marul yetiştirilmesinin mümkün olabileceğini bu çalışma göstermiştir. Ayrıca sistemden alınan ilk veriler uygulamanın ticari olarak yapılabilirliği konusunda ön bilgiler vermiştir. Yapılan çalışmada bu ticari bilgiler brüt kar ve kesin giderler hesaplanarak elde edilmiştir. Denemelerin ticari bir faaliyete dönüştürülmesi durumunda faaliyet giderlerinin de hesaplama dahil edilmesi gerekmektedir. Ancak bunun için daha kapsamlı bir çalışma gerekmektedir. Akuaponik sistemin hem *C. gariepinus* açısından hem de bitkisel üretim açısından ayrıntılı bir çalışmanın yapıldıktan sonra, Türkiye de ki bilgi birikimine katkı sağlayacak projeler yapılarak ticari ürüne dönüştürülmesi, Türkiye için önem arz etmektedir.

Türkiye de atıl olan sıcak su kaynaklarının akuaponik sistemlerde üretim için kullanılabilirliği, tarım yapılamayan arazilerde akuaponik sistem sayesinde üretim yapılabilirliği ortaya konmalıdır. Bu çalışma daha büyük çalışmalar için ön veri niteliğindedir. Yapılan çalışmada iki ana sonuç elde edilmiştir. Bunların ilki *C. gariepinus* 'un akuaponik sistemlerde kullanılarak marul üretimi mümkün olduğu, ikincisi ise denemesi yapılan sistemin brüt kar marjı açısından uygulanabilirliğidir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdullahi, A., Alpbaz, A., G., 1991. Gürle Alabalık Çiftliğinde Gökkusağı Alabalığı (*Salmo gairdnei* R.) Yavru Üretimi Üzerinde Çalışmalar. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Acar, M., 2003. Tarımsal işletmelerde finansal performans analizi, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 20
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk.
- Çelikkale, S., 1988. İçsu Balıkları Yetiştiriciliği. Cilt 1. K.T.Ü. Sürmene Dz. Bil. ve Tek. Y.O. , Trabzon, 420 s., (Genel Yayın No: 124).
- Çelikkale, S., Düzgüneş, E., Okumuş, İ., 1999. Türkiye Su Ürünleri Sektörü, Potansiyeli, Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 1999-2, İstanbul.
- DeLong, D., Losordo, T., Rakocy, J., 2009. Tank Culture of Tilapia, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 282 .
- Demirsoy, A., 1993, Yaşamın Temel Kuralları: Omurgalılar/Anamniyota Cilt III/Kısım I, 2. Baskı, Meteksan A.Ş. Ankara, 684 s. (Yayın No:93-06-Y-0057-05).
- Demirsoy, A., 1996. Genel ve Türkiye Zoocoğrafyası. Meteksan A.Ş. Ankara, 630 s., (Yayın No: 96-06-Y-0057-02)
- Demir, M., Tuncay, M., 2012. Türk gıda sektörünün faaliyet ve karlılık oranları açısından analizi: İMKB gıda sektöründe işlem gören işletmeler üzerinde bir araştırma (2000-2008 dönemi), Süleyman Demirel Üniversitesi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 17, 2
- Diver, S., 2006. Aquaponics Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service (National Center for Appropriate Technology).
- E., E., Calnek, 1972. Settlement Pattern and Chinampa Agriculture at Tenochtitlan, Vol. 37, No. 1, pp. 104-115
- Emiroğlu, Ö., 2011. Alien fish species in upper Sakarya River and their distribution, African Journal of Biotechnology, Vol. 10(73), pp. 16674-16681
- Elvira, B., 2001. Identification of non-native freshwater fishes established in Europe and assessment of their potential threats to the biological diversity. Convention on the conservation of European wild life and natural habitats. Council of Europe T-PVS 6, 35p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- FAO, 2018. Cultured Aquatic Species Information Programme, www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias_gariepinus/en, 03.12.2018
- Food & Water Watch, 2008. RAS Land-Based Recirculating Aquaculture Systems
- Geldiay, R. ve Balık, S., 1988. Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Univ. Fen Fakültesi Yay.No.97, Bornova-İzmir. 519s.
- Geldiay, R., Balık, S., 1988. Türkiye Tatlısu Balıkları Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 97, Ders Kitabı, İzmir, 520 s.
- Güngör, Y., Erözel, Z., 1994. Drenaj ve arazi ıslahı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1341:232
- Hecht, T., 1996. An alternative life history approach to the nutrition and feeding of Siluroidei larvae and early juveniles, Aquat. Living Resour., 9,121-133.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepi, S. ve Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk.www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/013ri_zakanber.pdf
- Kanber, R., Kırdı, C., Tekinel, O., 1992. Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları, ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın,21
- Kempen, E., 2012. Greenhouse Production Techniques-Agronomy, 312, Stellenbosch:
- Kempen, E., 2014. Unpublished Class Notes, Stellenbosch : University of Stellenbosch
- Kim, S., K., Kong, I., Lee, B., H., Kang, L., Lee., M., G., Suh., K., H., 2000, Removal of ammonium- N from a recirculation aquacultural system using an immobilized nitrifier, Aquacultural Engineering, 21, 139-150.
- Kucuk, F., İkiz, R., 2004. Antalya Körfezine Dökülen Akarsuların Balık Faunası, E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences Cilt/Volume 21, Sayı/Issue (3-4), 287–294.
- Lagler, K., F., 1966. Freshwater fishery biology
- Lennard, W., A., Leonard, B., V., 2004. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in a integrated, gravel bed, aquaponic test system, Aquaculture International, 12, 539-553
- Lennard, W., A., Leonard, B., V., 2006. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique), Aquaculture International, 14, 539-550

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lennard, W., 2012 . Aquaponic system design parameters: Fish top lant ratios (Feeding rate ratios), 1-11
- Licamele, J., 2009. Biomass Production And Nutrient Dynamics In An Aquaponics System, The University of Arizona.
- Megep (2008) Hidroponik sistemler
- Rakocy, J., Bailey, D., S., Shultz, R., C.,Thoman, E.S., 2004. Update on Tilapia and Vegetable Production in the UVI Aquaponic System, Proc. 6th Intl. Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines, 676-698.
- Rakocy J., Messer, M., Lossordo, T., 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Aquaponics Integrating Fish and Plant Culture, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 454 , 1-16.
- Spade, J., S., 2009. Village Aquapnics, Aquaponics Journal
- Trevisanato, S.I., Kim, Y.I., 2000. Tea and Health, Nutrition Reviews, 58.
- Variş S., Altıntaş, S., 1998. Serada Topraklı ve Topraksız Tarım, Hasad Dergisi
- Wang, X., M., Gao, J., W., Xu., M., Mo., B., L., Dai., W., Chen., C.,X., 2017. Responses of growtg rates and growth hormone levels of African catfish (*Clarias gariepinus*) to stocking density, Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16 (2), 698-710