



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



[Yüksek Lisans Tezi]

**[FARKLI KARBONHİDRAT KAYNAKLARININ
BİYOFLOK SİSTEMİNDE BESİN DEĞERİ
PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI]**

[Nurcihan Naz DÜZGÜN]

[Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı]

[Su Ürünleri Yetiştiriciliği Programı]

DANIŞMAN

[Dr. Öğr. Üyesi] Deniz Devrim Tosun

[Aralık, 2022]

İSTANBUL

Bu çalışma, [Tarih girmek için burayı tıklatın.] tarihinde aşağıdaki jüri tarafından [.....],
[.....]nda [.....] olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

[Doç. Dr.] [Deniz Devrim TOSUN] (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Su Bilimleri Fakültesi

[Prof. Dr.] [Mustafa YILDIZ]
İstanbul Üniversitesi
Su Bilimleri Fakültesi

[Doç. Dr.] [Ertan ERCAN]
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, numaralı projesi ile desteklenmiştir. |

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

--

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması hazırlanırken, başta sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Deniz D. TOSUN'a yüksek lisans dönemim boyunca gösterdiği bütün destek, sabır ve anlayış için çok teşekkür ediyorum.

Değerli hocalarım Doç. Dr. Remziye Eda YARDIMCI ve Araş. Gör. Dr. Gökhan TUNÇELLİ'ye ve tüm bölüm hocalarıma vermiş oldukları tüm destek ve yardımları için teşekkür ediyorum.

Deney sürecimde yardımlarını esirgemeyen Mühendis Güngör Çağrı TURGUT'a teşekkür ediyorum.

Son olarak, eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan çok sevgili aileme ve bu stresli süreçte beni yalnız bırakmayıp destek olan Sevda KAYA ve Kenan ÖZGÜR'e teşekkür ediyorum.

Aralık 2022

Nurcihan Naz DÜZGÜN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	6
2.1. SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	6
2.2. BİYUYUMAK TEKNOLOJİSİ	11
2.2.1. BİYUYUMAK TEKNOLOJİSİNDE AZOT DİNAMİĞİ VE KULLANIMI	14
2.2.2. KARBON- AZOT ORANI.....	20
2.2.3. BİYUYUMAK TEKNOLOJİSİNDE FARKLI KARBON KAYNAĞI KULLANIMI.....	23
2.3. BİYUYUMAK TEKNOLOJİSİNDE MİKROFLORA.....	26
2.3.1. BAKTERİLER	28
2.4. BİYUYUMAK TEKNOLOJİSİNDE YUMAK OLUŞUMU VE YUMAK YAPISINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	29
2.4.1. Karıştırma yoğunluğu	29
2.4.2. Çözülmüş oksijen	29
2.4.3. Organik karbon kaynağı	29
2.4.4. Organik yükleme hızı	30
2.4.5. Sıcaklık	30
2.4.6. pH	30
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	31
3.1. MALZEME.....	31
3.1.1. Deneyin Kurulduğu Birim ve Özellikleri	31
3.1.2. Kullanılan Su	31
3.1.3. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri.....	31
3.1.4. Deneyde Kullanılan Ticari Yem Materyali	31

3.2.	YÖNTEM	33
3.2.1.	Deney Kurulumu	33
3.2.2.	Besleme Planlaması.....	34
3.2.3.	Biyoyumakların Sistemden Toplanması.....	34
3.2.4.	Mutlak Ağırlık Kazanımı (WG)	37
3.2.5.	Ortalama Günlük Mutlak Ağırlık Kazanımı (ADG)	38
3.2.6.	Besin analizi yöntemi	38
3.2.7.	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün Tespiti	38
4.	BULGULAR	40
4.1.	BİYOYUMAKLARIN BESİN ANALİZİ	40
4.2.	TOPLAM AEROBİK MEZOFİLİK BAKTERİ YÜKÜNÜN TESPİTİ İLE İLGİLİ BULGULAR	49
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	52
6.	KAYNAKLAR.....	60
	ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3-1: Kurulan deney sistemi.....	33
Şekil 3-2: Kurulan deney sistemine besin maddesi ve ışık eklenmesi.	34
Şekil 3-3: Biyoyumakların süzülme işlemi.	35
Şekil 3-4: Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumak.	35
Şekil 3-5: Glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumak.....	36
Şekil 3-6: Melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumak.	36
Şekil 3-7: Deney sonucunda elde edilen biyoyumak.....	37
Şekil 3-8: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün (TAMB KOB/ML).....	49
Şekil 3-9: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün (TAMB) saf, 10^{-1} ve 10^{-2} dilüsyonlarda ekim yapılmış sayılamayan petriler (A Grup 1 saf,).....	50
Şekil 3-10: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün (TAMB) 10^{-3} ve 10^{-4} dilüsyonlarda ekim yapılmış sayıla bilen petriler (A Grup 1 saf,)	51

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1.Ülkelere göre dünya su ürünleri üretimi (ton) (FAO 2022).	1
Tablo 1.2. Dünya su ürünleri avcılık üretimi (ton) (FAO 2022).	2
Tablo 1.3.Dünya su ürünleri yetiştiricilik üretimi (ton) (FAO 2022).	2
Tablo 1.4.Türkiye su ürünleri üretimi (ton) (TÜİK,2022).	4
Tablo 1.5. Türkiye yetiştiricilik yolu ile su ürünleri üretimi (ton) (TÜİK,2022).	4
Tablo 1.6. Su ürünleri tüketim miktarları (TÜİK,2022).	5
Tablo 2.1. Balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılan ham madde payı (FAO, 2022).	8
Tablo 2.2 Balık unu kullanımı (FAO, 2022).	9
Tablo 2.3. Balık yağı kullanımı (FAO,2022).	9
Tablo 2.4. Biyoyumak döngüsü (R. Crab, 2012).	13
Tablo 2.5. Su ortamında bulunan azot türleri.	15
Tablo 2.6. Su ortamında azot çevirimi (Crab, 2007).	16
Tablo 2.7. Suda canlılar ile azot döngüsü.	18
Tablo 2.8. Sudaki azot çevirimi (Arceivala 1981; Uslu 1993).	27
Tablo 3.1. Deneyde kullanılan yemlerin besin içerikleri.	32
Tablo 3.2. 63 günlük deney süreci sonunda, oluşan biyoyumakların miktarları.	37
Tablo 3.3. 63 günlük deney süreci sonunda, oluşan biyoyumak miktarları.	38
Tablo 3.4 Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın protein, nem, kül analizleri.	40
Tablo 3.5.Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi.	41
Tablo 3.6. Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi dağılımı.	42
Tablo 3.7. Melas karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın protein, nem, kül analizleri.	43

Tablo 3.8. Melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi.	43
Tablo 3.9. Melas karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi dağılımı.....	44
Tablo 3.10. Glikoz şurubun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın protein, nem, kül analizleri	45
Tablo 3.11. Glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi.	45
Tablo 3.12. Glikoz şurubu karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi dağılımı.	46
Tablo 3.13. Karbon kaynağına göre oluşan biyoyumakların protein, nem, kül analizleri.	47
Tablo 3.14. Karbon kaynağına göre oluşan biyoyumakların amino asit analizi dağılımı	47
Tablo 3.15. Karbon kaynağına göre oluşan biyoyumakların amino asit analizleri	48

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

μ	: Mikro
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
NO_2	: Nitrit
NO_3	: Nitrat
NH_3	: Amonyak
%	: Yüzde
$\pm$	: Artı/Eksi

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

DM	: Değerlendirilemeyen
KBT	: Kişi Başına Tüketim
M	: Miktar
D	: Değer
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCR	: Yemden yararlanma oranı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ARGE	: Araştırma ve Geliştirme Projeleri
IUCN	: International Union for Conservation of Nature
EPA	: Eikozapentaenoik Asit
DHA	: Dokozahekzaenoik Asit
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m	: Metre
mg	: Miligram
g	: Gram

L : Litre
mL : Mililitre



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KARBONHİDRAT KAYNAKLARININ BİYOFLOK
SİSTEMİNDE BESİN DEĞERİ PERFORMANSINA
ETKİSİNİN ARASTIRILMASI

Nurcihan Naz DÜZGÜN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Deniz Devrim TOSUN

Bu tez çalışmasında sürdürülebilir üretim sistemlerinden biri olan biyoyumak teknolojisinde dışarıdan eklenen azot ve karbon kaynağı ile biyoyumak üretimi ve oluşan biyoyumağın besin değerleri araştırılmıştır. Karbon kaynağı olarak kolay ulaşılabilen şeker, glikoz şurubu ve melas kullanılmıştır. Sistemde oluşan biyoyumak miktarı baz alındığında en çok şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı sistemden biyoyumak elde edilirken en az melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı sistemden biyoyumak elde edilmiştir. Buna karşın besin değerleri incelendiğinde, şeker ve glikoz ile beslenen grupların benzer amino asit profiline sahip olduğu, melas ile beslenen grubun ise daha zengin bir aminoasit profiline sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları doğrultusunda, biyoyumak teknolojisi ile balık üretimi yapıldığında, üretilen biyoyumak kütlelerinin ek bir besin olarak kullanılabileceği, farklı karbon kaynaklarının da aminoasit profilinde etkili olduğu ve beslenmede göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Aralık 2022, 82 sayfa.

Anahtar kelimeler: Biyoyumak, karbon kaynağı, sürdürülebilir yetiştiricilik

SUMMARY

[M.Sc. THESIS]

**[EFFECT OF DIFFERENT CARBONHYDRATE SOURCES ON BIOFLOC
SYSTEM PERFORMANCE IN TERMS OF NUTRITIONAL VALUES]**

[Nurcihan Naz DÜZGÜN]

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

[Department of Aquaculture and Fish Diseases]

Supervisor : [Assist. Prof. Dr.] [Deniz Devrim TOSUN]

In this study, we investigated the nutritional values of biofloc biomass which are used in sustainable aquaculture production using different nitrogen and carbon sources. Simple sugar, glucose and molasses were used for the biofloc accumulation. In terms of biofloc biomass, simple sugar use resulted with the best production whereas, the least biomass produced was in the molasses enriched groups. Contrary to biomass, amino acid profile of the molasses enriched groups were more rich in content while simple sugar and glucose enriched groups did not differ in amino acid profile. According to our results, biofloc use in aquaculture production can be used as a supplementary feed source and it is important to know that carbon source used to enrich biofloc accumulation changes the amino acid profile and should be considered when biofloc is used for nutritional purposed.

December 2022, [82] pages.

Keywords: [Biofloc, carbon source, sustainable aquaculture]

1. GİRİŞ

Dünya genelinde toplam su ürünleri üretiminde aşırı avlanma ve çevre kirliliği nedeniyle avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri türlerinde ve miktarında azalma yaşanmaktadır. Su ürünlerinde avcılık yoluyla elde edilen ürünlerin miktarında 1980'den günümüze yatay bir seyir söz konusudur. Yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünlerinin miktarında ise 1980'den günümüze artış görülmektedir. Bu durum bazı su ürünlerinin temininde avcılığın yerini yetiştiriciliğe bırakması olarak değerlendirilmektedir (FAO, 2022).

FAO verilerine göre dünya su ürünleri üretiminde ilk defa 2019 yılında azalış görülmüş ve 2020 yılında da devam etmiştir. Dünyada toplam su ürünleri üretimi 2020 yılında yaklaşık 177,8 milyon ton olarak açıklanmıştır (Tablo1.1). Dünyada toplam balıkçılık ve su ürünleri üretimi yoluyla elde edilen su ürünleri 1950'de 19 milyon tondan 2018'de toplam 178,5 milyon tona ulaşmıştır. Dünya genelinde toplam su ürünleri 2018 yılına göre 2020'de azalma göstererek yaklaşık 178 ton olmuştur (FAO, 2022). Dünyada 2020 en fazla su ürünlerini üreten ülke Çin olmuştur. Türkiye ise 2020 yılında yaklaşık 786 bin ton su ürünleri üretimi yapmıştır.

Tablo 1.1.Ülkelere göre dünya su ürünleri üretimi (ton) (FAO 2022).

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	61.605.135	62.198.086	62.207.599	62.242.310	62.846.808
Hindistan	11.495.213	12.307.666	12.668.063	13.455.205	14.140.699
Endonezya	10.876.369	11.711.313	12.386.253	13.253.701	12.151.946
Vietnam	6.648.243	7.136.167	7.481.039	7.871.286	8.022.708
Peru	3.796.978	4.157.414	7.169.817	4.968.902	5.770.371
Rusya	4.759.392	4.864.504	5.108.858	5.211.894	5.342.456
ABD	5.348.349	5.473.700	5.212.754	5.290.541	4.694.411
Bangladeş	3.878.324	4.134.436	4.276.641	4.384.219	4.503.371
Norveç	3.359.975	3.686.996	3.843.920	3.762.245	3.940.977
Japonya	3.876.920	3.821.112	3.773.800	3.762.008	3.751.228
Türkiye	585.657	627.797	625.776	834.662	785.822
Diğer	49.956.110	52.608.231	53.796.421	52.820.072	51.817.746
Dünya	166.186.665	172.727.422	178.550.941	177.857.045	177.768.543

Deniz ve iç su avcılığı toplam üretimi 2016 yılında yaklaşık 86,7 milyon tonken 2020 yılında yaklaşık 90,3 milyon ton olmuştur (Tablo 1.2). Deniz ve iç su avcılığı son beş yılda 90 milyon ton seviyelerinde seyretmektedir (FAO, 2022).

Tablo 1.2. Dünya su ürünleri avcılık üretimi (ton) (FAO 2022).

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	15.787.555	15.373.195	14.647.820	13.995.443	13.226.203
Endonezya	6.543.195	6.736.980	7.216.257	7.480.205	6.925.352
Peru	3.796.978	4.157.414	7.169.817	4.814.962	5.626.542
Hindistan	5.176.369	5.531.313	5.320.253	5.458.700	5.504.713
Rusya	4.759.392	4.864.504	5.108.858	4.974.174	5.072.094
ABD	4.903.670	5.034.030	4.744.569	4.800.499	4.246.176
Vietnam	3.077.841	3.315.207	3.347.039	3.429.029	3.421.880
Japonya	3.200.094	3.205.754	3.130.925	3.163.760	3.151.730
Norveç	2.033.818	2.378.511	2.488.979	2.309.319	2.450.901
Bangladeş	1.674.770	1.801.084	1.871.225	1.895.619	1.919.505
Diğer	38.675.003	40.719.201	41.383.346	40.172.503	38.720.837
Dünya	89.628.685	93.117.193	96.429.088	92.494.213	90.265.933

Dünyada toplam 177,8 milyon ton olarak gerçekleşen su ürünleri üretiminin, 87,5 milyon tonu (%49) yetiştiricilikten elde edilirken 87,5 milyon tonun 33 milyon tonu deniz kaynaklı 54 milyon tonu ise iç su kaynaklı yetiştiricilikten elde edilmiştir (Tablo 1.3) (FAO, 2022).

Tablo 1.3.Dünya su ürünleri yetiştiricilik üretimi (ton) (FAO 2022).

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	45.817.580	46.824.891	47.559.779	48.246.867	49.620.605
Hindistan	5.700.000	6.180.000	7.066.000	7.795.000	8.635.986
Endonezya	4.952.018	5.570.686	5.451.806	5.975.000	5.226.594
Vietnam	3.570.402	3.820.960	4.134.000	4.442.257	4.600.828
Bangladeş	2.203.554	2.333.352	2.405.416	2.488.600	2.583.866
Mısır	1.370.660	1.451.841	1.561.457	1.641.949	1.591.896
Norveç	1.326.157	1.308.485	1.354.941	1.452.926	1.490.076
Şili	1.035.254	1.202.948	1.266.054	1.384.704	1.485.896
Myanmar	1.017.614	1.048.692	1.130.350	1.082.141	1.145.018
Tayland	962.673	893.974	890.864	964.266	962.467
Diğer	8.602.068	8.974.400	9.301.186	9.889.122	10.159.377
Dünya	76.557.980	79.610.229	82.121.853	85.362.832	87.502.609

2019 yılında dünyada 157 milyon ton su ürününün %72'si gibi büyük bir payı Asya Kıtasında tüketilmiştir. Su ürünleri tüketiminde ilk sırada Çin, Endonezya, Hindistan, ABD ve Japonya gelmektedir. Tüm dünyaya bakıldığında 2019 yılında hayvansal protein ihtiyacının %17'sinin balıktan karşılandığı ve bu rakamın tüketilen tüm proteinlerin %7'sine denk geldiği tespit edilmiştir (FAO, 2022). Dünyada balık tüketimi, 1961 yılında kişi başına 9 kg iken, 2019 yılında 20,5 kg'a ulaşmıştır. 2019 yılında kişi başı su ürünleri tüketiminin %75'i balıklardan %12'si yumuşakçalardan, %13'ü kabuklu deniz ürünlerinden karşılanmıştır. Bölgeler ve ülkeler arasında balık tüketim miktarı farklılık göstermekle beraber başta tüketici davranışları, beslenme kültürü gibi belirli eğilimler tespit edilmiştir. Düşük gelirli, gıda açığı bulunan ülkelerde 2019'da kişi başına balık tüketimi 5,4 kg olarak tespit edilirken, orta gelirli ülkelerde 15,2 kg, yüksek gelirli ülkelerde ise 26,5 kg olarak belirlenmiştir (FAO, 2022).

Ülkemizde su ürünleri üretimimiz geçmişte avcılık kaynaklı olmasına karşın, su ürünleri yetiştiriciliğinin üretimdeki payı yıllar içinde artış göstermiştir. Türkiye'de son otuz yılda yetiştiricilik sistemlerinde önemli gelişmeler olmuştur, denizlerde kurulu olan balık çiftliklerinin açık ve daha derin sulara taşınması sonucunda yeni ortamın şartlarına uygun yeni yetiştiricilik tekniklerin bulunmasını ve kullanılmasını zorunlu kılmıştır, bunun sonucunda ise kafes boyutlarında ve yapılarında, ağ sistemlerinde, yemleme iyileştirmeye gidilmiştir (Bilgüven ve Can, 2018). Türkiye'de su ürünleri üretimi 2021 yılında 799 bin 851 ton olarak gerçekleşmiştir. Avcılık yolu ile yapılan üretim 2021 yılında, 328 bin 165 ton olmuştur. Yetiştiricilik yoluyla üretimi ise 471 bin 686 ton olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1.4). Türkiye'de su ürünleri üretiminde avcılık yoluyla elde edilen toplam ürün miktarının azalıp, yetiştiricilik yoluyla elde edilen miktarların artması, Türkiye'nin küresel olarak doğru yönelimde olduğunun göstergesidir.

Tablo 1.4.Türkiye su ürünleri üretimi (ton) (TUİK,2022).

Yıllar	Avcılık	Yetiştiricilik	Toplam
2011	514.755	188.790	703.545
2012	432.442	212.410	644.852
2013	374.121	233.394	607.515
2014	302.212	235.133	537.345
2015	431.907	240.334	672.241
2016	335.320	253.395	588.715
2017	354.318	276.502	630.820
2018	314.094	314.537	628.631
2019	463.168	373.356	836.524
2020	364.400	421.411	785.811
2021	328.165	471.686	799.851

Türkiye’de su ürünleri üretiminin yaklaşık %59’unu yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim oluşturmaktadır. Yetiştiricilik yolu ile elde edilen üretiminin ise %71’i denizlerde %29’u iç sularda gerçekleşmiştir. Türkiye’deki yetiştiricilik üretiminin %89,8’i levrek, çipura ve alabalık türlerinden oluşmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin iç sularda yapılan kısmı baraj gölleri, doğal göller, akarsular ve diğer su kaynakları ile denizlerde gerçekleştirilmektedir. İç sularda gerçekleştirilen yetiştiricilik üretim miktarı, 2013 yılına yaklaşık 123,1 bin ton olmasına karşın denizlerde ton olmuştur (Tablo1.5). Türkiye de 2013 yılından sonraki yıllarda denizlerde yapılan yetiştiricilik iç sularda yapılan yetiştiriciliği geçmiştir. Türkiye de 2021 yılında yapılan üretimin yaklaşık 335,7 bin tonu denizlerde yapılırken, yaklaşık 136,1 bin tonu iç sularda yapılmıştır (TUİK,2022).

Tablo 1.5. Türkiye yetiştiricilik yolu ile su ürünleri üretimi (ton) (TUİK,2022).

Yıllar	Denizlerde Yetiştiricilik	İç sularda Yetiştiricilik	Toplam
2011	88.344	100.446	188.790
2012	100.853	111.557	212.410
2013	110.375	123.019	233.394
2014	126.894	108.239	235.133
2015	138.879	101.455	240.334
2016	151.794	101.601	253.395
2017	172.492	104.010	276.502
2018	209.370	105.167	314.537
2019	256.930	116.426	373.356
2020	293.175	128.236	421.411
2021	335.644	136.042	471.686

Türkiye’de 2016 yılında kişi başı 5,5 kg olan su ürünleri üretimi devamlı bir artış göstererek 2021 yılında kişi başına 6,5 kg olmuştur (Tablo 1.6). Dünya genelinde su ürünleri tüketimi kişi yıllık ortalama 22 kg yılında kişi başına su ürünleri tüketimi yıllık 6,3 kg iken dünyada kişi başına ortalama 22 kg’dır. (TÜİK,2022).

Tablo 1.6. Su ürünleri tüketim miktarları (TÜİK,2022).

Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Tüketim (ton)	519.181	572.490	546.737	514.640	559.932	554.291
Kişi Başına Tüketim (kg)	5,5	5,5	6,1	6,3	6,7	6,5

2. GENEL KISIMLAR

2.1. SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Dünya nüfusunun devamlı bir artış içerisinde olması nedeniyle sucul kaynaklı gıdalara olan talep de artmaktadır. Su ürünleri üretimindeki bu artış önemli sosyo-ekonomik faydalar doğurmasına karşın yoğun üretim sonucunda ortaya çıkacak atıklardan dolayı çevre kirliliği, üretim için kullanılan su ve toprağın artması sonucunda doğal kaynakların azalması gibi negatif ekolojik değişimlere de sebep olmaktadır (FAO, 2022). Günümüzde, pek çok ülke doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltma ve yetiştiriciliğin devamını sağlamayı temel alan sürdürülebilirlik kavramını kullanmaktadır. Sürdürülebilir yetiştiricilik, kaynak kullanımını doğru bir şekilde, hali hazırda insan ihtiyaçlarını karşılayan ekosistemin yapısını ve işleyişini bozmadan kullanmak, yerel kaynakları kullanırken çevrenin kalitesini bozmadan değerlendirmektir (FAO, 2017).

Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevre üzerindeki etkilerinden biri, kirleticilerin doğaya salınmasıdır. Kültür sistemleri azot ve fosfor gibi atık maddeleri yüksek konsantrasyonlarda içerebilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinden su ortamına deşarjlar besin maddeleri, amonyum, fosfor, çözünmüş organik karbon ve organik madde gibi çeşitli organik ve inorganik bileşikler içerir (Piedrahita, 2003; Sugiura ve diğ., 2006). Azot ve fosfor konsantrasyonları su kalitesini tehlikeye sokacak seviyelere çıkabilmektedir. Çoğu su ürünleri yetiştirme sistemi hem çözünmüş hem de partikül olarak yüksek konsantrasyonlarda organik madde içerir. Bu bileşikler biyolojik olarak parçalanabilir, parçalandıkça oksijen tüketir ve genellikle su ve atık su deşarjı çevresindeki sedimanlarda anoksik veya hipoksik koşullara neden olur. Geleneksel su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri suları geri dönüştürmeden doğaya bırakarak kirlitebilmektedir. Çevreye atık su bırakmayan bir üretim sistemi, potansiyel olarak çevre dostu bir sistemdir. Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin yoğun gelişimine çevresel etkilerdeki artış eşlik etmiştir (Read and Fernandes, 2003). Su ürünleri yetiştiriciliğinden su ortamına deşarjlar besin maddeleri, amonyum, fosfor, çözünmüş organik karbon ve organik madde gibi çeşitli organik ve inorganik bileşikler içerir (Piedrahita, 2003; Sugiura ve diğ., 2006). Yüksek besin seviyeleri, alıcı su kütlelerinin çevresel açıdan bozulmasına neden olur. (Thompson ve diğ., 2002).

FAO'nun öngörülerine göre, su ürünleri üretimi 2050 yılına kadar artış eğilimini sürdürecektir. Ancak, geleneksel teknikler kullanarak üretimi sürdürülebilir şekilde artırmak için doğal kaynaklar yeterli değildir. Yetiştiricilik sistemlerinde yüksek stoklama kapasitesine ulaşmak için yeni üretim ve besleme tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin global talebi karşılayabilecek arza ulaşabilmesi için doğal kaynakların kullanım verimliliği artırılmalı ve doğal stoklar üzerindeki baskı azaltılmalıdır (FAO 2017). Sürdürülebilir su ürünleri üretiminin üç temel hedef ile gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Birincil hedef, su ve toprak gibi temel doğal kaynakların kullanımını artırmadan daha çok su ürünleri yetiştirmek olmalıdır (Avnimelech, 2009). İkinci hedef, çevreye kötü etki yaratmayacak sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri geliştirmektir (Naylor ve diğ., 2000). Üçüncü amaç ise, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği desteklemek için adaletli bir maliyet / fayda oranı sağlaya bilen sistemler oluşturmaktır (Avnimelech, 2009). Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesi için bu üç önkoşulun tamamı biyoyumak teknolojisi ile karşılanabilir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için doğal kaynakların elverişli olarak kullanılması gerekmektedir. FAO, su ürünleri yetiştiriciliğinde beş kat artış öngörmesine karşın dünya genelinde geleneksel üretim teknikleri kullanarak bu artışa olanak sağlayacak yeterli doğal kaynak bulunmamaktadır. Biyoyumak teknolojisi kullanan sistemler, su değişimine dayanan geleneksel sistemlere kıyasla ekonomik getiriler açısından önemli avantajlara sahip olabilir (Hopkins ve diğ., 1995).

Balık unu, balık veya balığa ait kullanılan veya kullanılmayan balık parçalarının öğütülmesi daha sonra kurutulmasıyla yapılan undur, balık yağı ise pişmiş balığın preslenmesi ve çıkarılan sıvının santrifüjlenmesiyle elde edilir. Balık unu ve balık yağı bütün balıktan, balık parçalarından veya balığın işlenmesi sonucu oluşan yan ürünlerden üretilmektedir (Tablo 2.3) (FAO,2022).

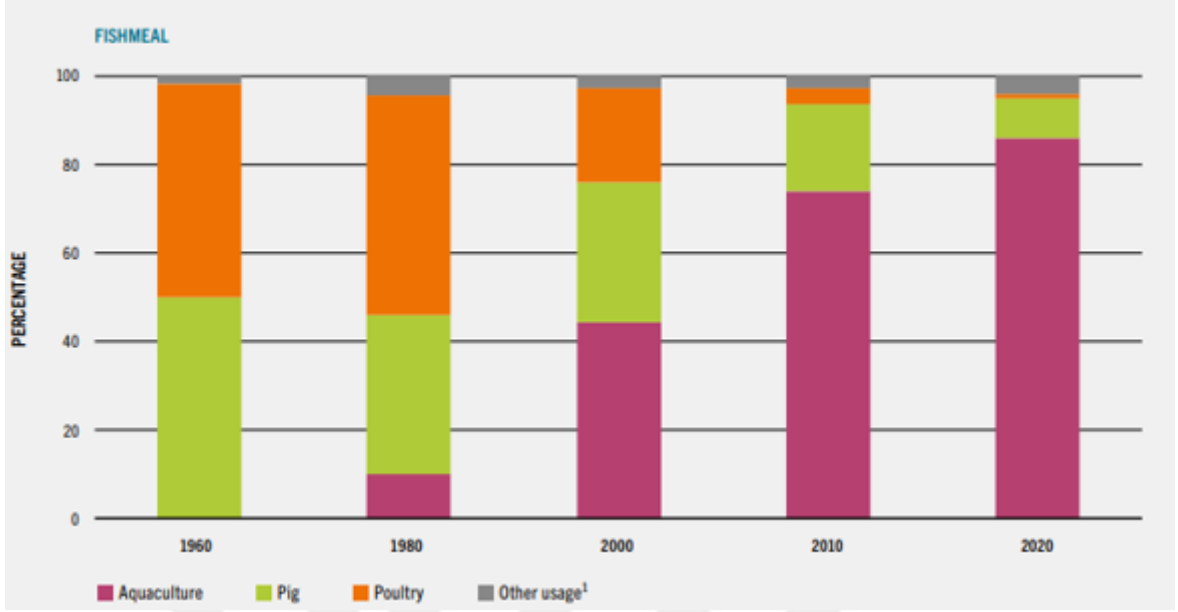
Tablo 2.1. Balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılan ham madde payı (FAO, 2022).



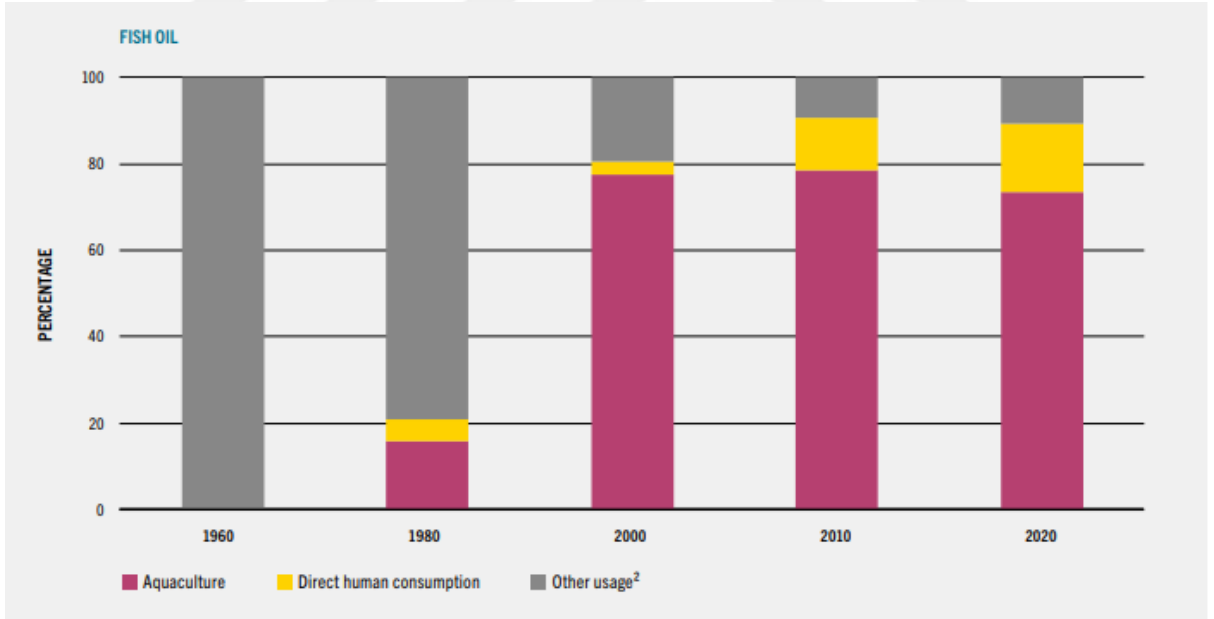
Balık unu ve balık yağı üretimi için kullanılan miktar 1994'te 30 milyon tonun üzerinde en yüksek miktara ulaşmıştır ve daha sonra 2014'te 14 milyon tonun altına düşmüştür. 2018'de artan Peru hamsi avındaki artış sebebiyle yaklaşık 18 milyon tona yükselmiş ve 2020'de 16 milyon tona düşmüştür (FAO, 2022).

Dünyada balık ununa ve balık yağına olan talep sadece su ürünleri yetiştiriciliği sektöründen gelmemektedir. Günümüzde gıda ve ilaç sektörünün yanı sıra kümes hayvanları yetiştiriciliği ve domuz yetiştiriciliği sektöründe de kullanılmaktadır. Marine Ingredients Organization'ın (IFFO) tahminlerine göre, 2020'de balık ununun yaklaşık yüzde 86'sı su ürünleri yetiştiriciliğinde, yüzde 9'u domuz üretiminde, yüzde 4'ü diğer kullanımlar ve yüzde 1'i kümes hayvanları için kullanılmıştır (Tablo 2.1). Aynı yıl, balık yağının yaklaşık yüzde 73'ü su ürünleri yetiştiriciliğine, yüzde 16'sı insan tüketimine ve yüzde 11'i diğer kullanımlara ayrılmıştır (Tablo 2.2). Bu durum balık unu ve balık yağına olan talebin artmasına ve sonucunda da fiyatlarda bir artışa neden olmuştur (Thiao ve Bunting, 2022). Balık unu ve balık yağı üretimindeki dalgalanmalar ve buna bağlı fiyat değişimleri nedeniyle, birçok araştırmacı alternatif çoklu doymamış yağ asitleri kaynakları aramaktadır (Hua ve diğ., 2019).

Tablo 2.2 Balık unu kullanımı (FAO, 2022).



Tablo 2.3. Balık yağı kullanımı (FAO,2022).



Gelecekte su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimini kısıtlayabilecek ve ekonomik canlılığı azaltabilecek bir çevresel konu ise, su ürünleri yetiştiriciliğinin denizsel kaynaklara olan bağımlılığıdır. Balık unu ve balık yağları balık yeminin ortak ve en önemli bileşenleridir. Yetiştiricilikte kullanılan ticari yemlerin üretiminde yoğun olarak balık unundan yararlanılmaktadır. Su ürünleri üretiminin daha sürdürülebilir bir şekilde artırılmasını mümkün

kılmak için, ucuz protein kaynakları ve daha yüksek bir besin dönüşümü verimliliği arayışı gereklidir. Kullanılan yemlerde av balıklarından elde edilen hammaddelere bağımlılık, doğal balık popülasyonlarının üzerinde yarattığı baskı nedeniyle deniz ekolojisini tehlikeye sokan önemli bir faktördür. Bu protein kaynağının daha sürdürülebilir bir besleme yöntemi ile değiştirilmesi su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesi için hayati önem taşımaktadır. Yemde kullanılan besin maddeleri tamamen geri kazanılmadığından ve her bir besin maddesi toplam yem maliyetine katkıda bulunduğundan, besin kullanım verimliliğini artırmak balık veya kabuklu deniz ürünleri üretiminin ekonomisini artıracaktır (Hargreaves, 1998). Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliği beslenme araştırmalarındaki en önemli eğilimlerden biri de su ürünleri diyetlerinde alternatif protein kaynaklarının dahil edilmesinin doğrudan ve dolaylı etkilerini araştırmaktır. Su ürünleri biyoyumak sistemlerinde üretilirken, sistem içindeki doğal verimlilik beslenme dengesine önemli katkılar sağlayabilir. Biyoyumak tabanlı sistemlerde gösterilen protein kullanımındaki gelişmeler ve kullanım verimliliğinde daha fazla artış potansiyeli, su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine büyük katkı sağlamaktadır (Avnimelech 2009). Balık unu açısından, birçok yoğun ve yarı yoğun su ürünleri yetiştiriciliği sistemi, çiftlik türlerini beslemek için, çiftlik ürünü tarafından sağlanandan 2 ila 5 kat daha fazla balık proteini kullanır (Naylor ve diğ. 2000). Bu nedenle, son zamanlarda yapılan araştırmalar, daha az miktarda balık unu ve balık yağı tedariki ile yem ikame stratejilerinin geliştirilmesine odaklanmıştır ve bunların yerini bitki proteinleri gibi alternatif ve daha ucuz protein kaynakları almıştır. Yoğun ve yarı yoğun sistemlerin aksine, kapsamlı ve geleneksel sistemler zaten çok az veya hiç balık unu kullanmaktadır ve çiftçiler, balığın beslenebileceği alg ve diğer yerli organizmaların büyümesini arttırmak için suya besin açısından zengin malzemeler eklemektedir (Naylor ve diğ., 2000). Bu, araştırmacılara yoğun ve yarı yoğun sistemler için de geçerli olan biyoyumak teknolojisini geliştirmeleri için ilham vermiştir. Ekili organizmalar tarafından üretilen azotlu atığın bakteriyel biyokütleyle (protein içeren) dönüştürüldüğü biyoyumak teknolojisi ile, yerinde yem üretimi, harici bir karbon kaynağı ilave edilerek uyarılır (Schneider diğ., 2005).

2.2. BİYOYUMAK TEKNOLOJİSİ

Yaygın olarak kullanılan su ürünleri üretim sistemlerinde su kalitesinin korunması için çok miktarda su kullanımı söz konusudur. Biyoyumak tabanlı sistemler, göreceli olarak az su değişimi ile çalıştıkları için ekonomik açıdan önemli bir avantaja sahip olurken bu avantaja ek olarak yüksek yoğunlukta stoklama yapılan sistemler gibi yoğun stoklama kapasitesine ulaşabilirler. Bu nedenle biyoyumak teknolojisi (BFT) yeni "mavi devrim" olarak kabul edilebilir, çünkü besinler maksimum seviyede kullanılırken minimum seviyede su değişiminden faydalanır ve kültür ortamında sürekli olarak geri dönüştürülebilir ve tekrar kullanılabilir.

Biyoyumaklar organik madde, fiziksel substrat ve çok çeşitli mikroorganizmalar arasındaki karmaşık etkileşime bağlı olarak sürekli hazır bulunan, içerik bakımından zengin bir doğal gıda kaynağı ve verimliliğidir. Bu doğal verimlilik, besin maddelerinin geri dönüştürülmesinde ve su kalitesinin korunmasında önemli bir rol oynar. Biyoyumak teknolojisi, su ürünleri yetiştiriciliği sistemindeki su kalitesinin korunmasında yeni bir yaklaşım olmakla kalmaz, aynı zamanda yetiştirilen/üretilecek organizmalar için bir protein kaynağı olarak katkı sağlayabilen veya bir yem maddesi olarak kullanılmak üzere hasat edilebilen biyokütle üretir (Kuhn ve diğ., 2009). Bu nedenle, bir gıda kaynağı olarak biyoyumağın kullanımı, formüle edilmiş ticari yem proteini gereksiniminde bir azalmayı ima edebilir (Xu ve diğ., 2012) buna ek olarak azot kullanım verimliliğini artırabilir (Avnimelech, 2006). Bu nedenle, biyoyumak seviyesi BFT su ürünleri sistemleri için oldukça önemli bir faktördür (Azim ve Little, 2008).

"Biyoyumak" terimi, heterojen bir mikroorganizma karışımından oluşan bir biyokütledir. Biyoyumak teknolojisi ise, organik materyalin aerobik ayrışmasına izin vermek için sürekli havalandırma ve karbonhidrat eklenmesi ile elde edilen süspansiyon karışımında yüksek seviyelerde mikrobiyal protein üretimi için canlıların oluşturduğu yumağın korunmasına dayanmaktadır (Avnimelech ve Weber 1986). Sudaki besinler doğal olarak heterotrofik mikrobiyal topluluk oluşumuna ve stabilizasyonuna katkıda bulunacaktır. Bu mikroorganizmalar üç önemli rol oynar:

- Mikrobiyal protein üretirken atık azot bileşiklerinin sudan alınmasıyla su kalitesinin korunması;
- Yem dönüşüm oranını (FCR) azaltarak (pozitif yönde bir azalma) yemden yararlanma verimliliğini arttırmak ve yem maliyetlerini düşürmek; ve

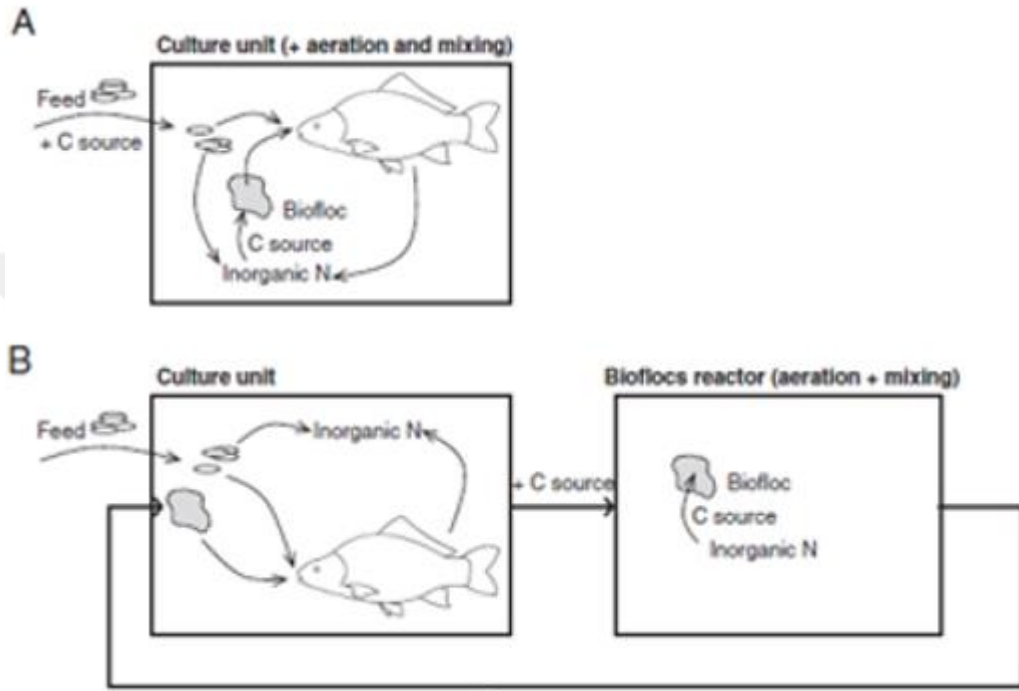
- Sistemde bulunan patojenlerle rekabet (Avnimelech ve Weber 1986).

Karbon ve azot sistemde iyi dengelenirse, azot kaynağı olan atık, biyokütleyle dönüştürülecektir (Schneider ve diğ., 2005). Sisteme karbonhidratlar eklenerek heterotrofik bakteri büyümesi tetiklenir ve azot alımı sonucunda mikrobiyal proteinlerin üretimi gerçekleşir (Avnimelech, 1999). Biyoyumak teknolojisi, su ürünleri yetiştiriciliği sistemine ekstra karbon eklenerek veya beslemenin yüksek karbon içeriği yoluyla su kalitesini artırma tekniğidir. Bakteriyel büyüme ile azot alımını teşvik eder ve amonyum konsantrasyonunu nitrifikasyondan daha hızlı azalmasına yardımcı olur (Hargreaves, 2006). Amonyumun heterotrofik bakteriler tarafından immobilizasyonu çok daha hızlı gerçekleşir, çünkü heterotrofların birim substratı başına büyüme hızı ve mikrobiyal biyokütle verimi nitrifikasyon bakterilerinininkinden 10 kat daha yüksektir (Hargreaves, 2006). Tipik yumakların şekilleri düzensizdir, parçacık boyutunun geniş bir dağılımına sahiptir, ince, kolayca sıkıştırılabilir, yüksek gözeneklidir (% 99'dan fazla gözenekliliğe kadar) ve akışkanlara karşı geçirgendir (Chu ve Lee, 2004).

Biyoyumak teknolojisi, kültür birimi içinde yeterli su kalitesini koruyarak su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde su değişimini ve su kullanımını en aza indirmeyi mümkün kılarken, protein bakımından zengin düşük maliyetli biyoyumak üretir ve bu da su organizmaları için bir yem görevi görebilir (Tablo 2.4) (Crab, 2010; Crab ve diğ., 2007, 2009, 2010). Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan geleneksel su arıtma teknolojilerine kıyasla, biyoyumak teknolojisi su arıtma giderlerinde azalama ve yem kullanımında verimliliği artırdığı için daha ekonomik bir alternatif olmaktadır (Avnimelech, 2009; De Schryver ve diğ., 2008). Azot bileşiklerini yönetmek ve uzaklaştırmak için geleneksel teknolojiler ya toprak havuzlu işletme sistemlerine ya da katıların uzaklaştırılması ve nitrifikasyon reaktörlerinin bir kombinasyonuna dayanmaktadır (Crab ve diğ., 2007). Bu yöntemler, sık bakım gerektirme dezavantajına sahiptir ve çoğu durumda, birimler sadece kısmi su arıtmı gerçekleştirebilir. İkincil kirlilik oluştururlar ve genellikle maliyetlidirler (Lezama-Cervantes ve Paniagua-Michel, 2010). Biyoyumak teknolojisi ise ekonomik bir tekniktir ve kullanımı kolaydır. Dikkate alınması gereken teknolojinin önemli bir yönü, sistemdeki suda bulunan askıdaki katı maddenin yüksek konsantrasyonudur. Askıda katı madde konsantrasyonları çok yükseldiğinde, parçacıkları süspansiyon halinde tutmak için değişimi veya çamur drenajı yani dip temizliği yoluyla müdahale etmek için uygun havalandırma veya karıştırma işlemiyle sürdürülmelidir (Avnimelech, 2009). Biyoyumak teknolojisinde kritik bir önemi olmasına rağmen,

havalandırıcıların seçimi ve yerleştirilmesi hakkında ayrıntılı bilgi hala eksiktir (Avnimelech, 2009).

Tablo 2.4. Biyoyumak döngüsü (R. Crab, 2012).



Biyoyumak teknolojisi, sistemde bulunan azotun giderimini destekler (Avnimelech, 2009). Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyoyumak teknolojisi kurarken, belirli bir başlatma süresine ihtiyaç vardır ve bu, kültür suyunun azot ve organik yüküne ve dolayısıyla sistemin yoğunluğuna bağlı olmaktadır (Avnimelech, 2009). Biyoyumak teknolojisinin başlangıç süresini daha da kısaltmak için, başlangıçta kullanılacak olan suya yumak oluşumunu uyaran kil gibi maddenin eklenmesi oluşumun süresini azaltmak için sisteme eklenebilir.

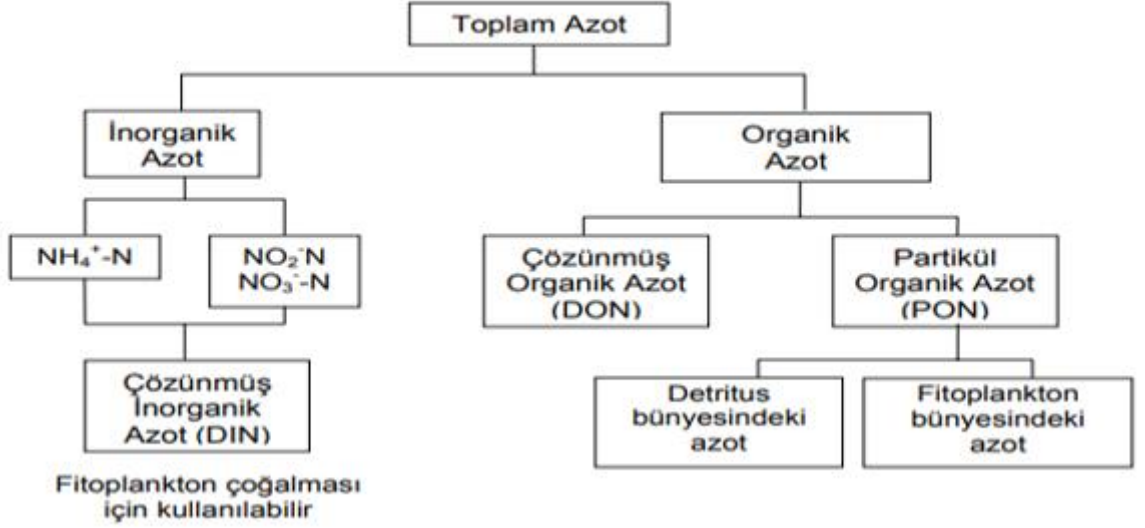
Bu teknoloji, sistem içindeki heterotrofik bakteri ve alglerin topaklanması veya ortak kültürün ortak çalışma prensibine dayanarak çalışır (Avnimelech 2006; Ahmad ve diğ. 2017). Emerenciano ve diğ. (2017), biyolojik etkileşimin bakteri-mikroalg gibi biyoyumak sistemindeki bazı mikroorganizmalar arasında gerçekleşebileceğini belirtmiştir. Bazı bakteri suşlarının pelajik ve bentik mikroalg türlerinin büyümesi üzerinde olumlu bir etkisi olabilmektedir (Fukami ve diğ. 1997). Bentik mikroalglerin (diatomlar) hücre dışı karbonhidratları, heterotrofik mikroorganizmalar tarafından karbon kaynağı olarak

kullanılabilmektedir (Bruckner ve diğ. 2008). Biyoyumak teknolojisi ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliğinde, özellikle de karides çiftliklerinde başarıyla uygulanmaktadır. Geleneksel su ürünleri yetiştiriciliği teknikleriyle karşılaştırıldığında, biyoyumak teknolojisi, azaltılmış yem alımı ile minimum su değişimi ile daha sürdürülebilir bir yaklaşım sağlar (De Schryver ve diğ. 2008; Avnimelech ve Kochba 2009). Bu sistemden yararlanmak su değişimini azaltabilir, stok yoğunluğunu ve biyogüvenliği artırabilir. Sürdürülebilir yoğun su ürünleri yetiştiriciliği için çiftlik biyogüvenliği ve biyoyumak teknolojisinin iki ana faktör olarak düşünülmesi gerekmektedir. BFT, sınırlı su değişimi, daha yüksek çevresel kontrol, patojenlere karşı biyolojik ve fiziksel (iç mekân) bariyerler sayesinde daha yüksek biyogüvenlik sağlar ve bağışıklık sistemini güçlendirir.

2.2.1. BİYOYUMAK TEKNOLOJİSİNDE AZOT DİNAMİĞİ VE KULLANIMI

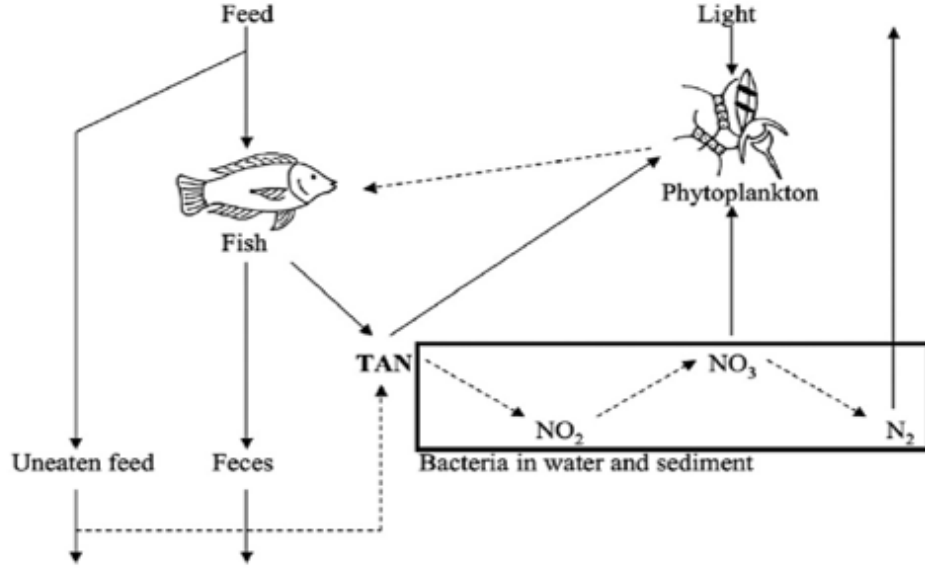
Azot, canlılar için temel elementlerden biridir ve proteinlerin yapısının %15-18'ini oluşturur. Azot aynı zamanda yağlarında yapısında bulunmaktadır. Bu yüzden çoğu organizmanın ihtiyaç duyduğu başlıca besinlerden biridir. Tüm canlılar protein sentezi için karbondan sonra en çok azota ihtiyaç duyarlar bu yüzden canlılar azotu bir şekilde kullanmak zorundadırlar. Azot atmosferde %78 gibi bir oranda bulunsa bile canlıların çoğu azotu doğrudan kullanamaz (Olsen ve diğ., 2008). Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde birinci sınırlayıcı faktör olan oksijen sebep olduğu problemler çözüme kavuşturulduğu takdirde su üretimini engelleyen ikinci faktör azotlu bileşiklerin birikimidir. Ana azotlu bileşikler; azot gazı, iyonize olmamış amonyak, iyonize olmuş amonyak veya amonyum, nitrit ve nitrattır. Amonyum ve amonyağın toplamına toplam amonyak (TAN) olarak adlandırılır (Tablo 2.6) (Boyd 2008).

Tablo 2.5. Su ortamında bulunan azot türleri.



Su ürünleri yetiştiriciliğini negatif etkileyen en zehirli azot bileşiği amonyaktır. Amonyak, yetiştiricilik sistemine yetiştirilen canlının metabolizma ürünü, atık yemler ve organik maddelerin parçalanması sonucu girer. (Lawson 1995) Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde tüketilmeyen yemler ve dışkılar azot kaynağı olduğundan her ikisinin de ayrışması sonucunda karbondioksit, amonyak ve diğer inorganik besin elementleri serbest kalırlar. Sucul hayvanlar için amonyak ve nitritin düşük dozları bile nitrata göre daha toksik bileşiklerdir. Amonyak, sıcaklık ve pH'a bağlı olarak iyonize (NH_4^+) veya iyonize olmamış (NH_3) yapıdadır. Sudaki canlılar esas olarak iyonize olmayan amonyak (NH_3) salgırlar (Tablo 2.6) (Remen ve diğ., 2008). Su içinde yaşayan çoğu canlı için, iyonize olmamış amonyak formu toksik değilken iyonize olmuş amonyak formu yüksek toksisiteye sahiptir (Baldiasserotto 2013).

Tablo 2.6. Su ortamında azot çevirimi (Crab, 2007).

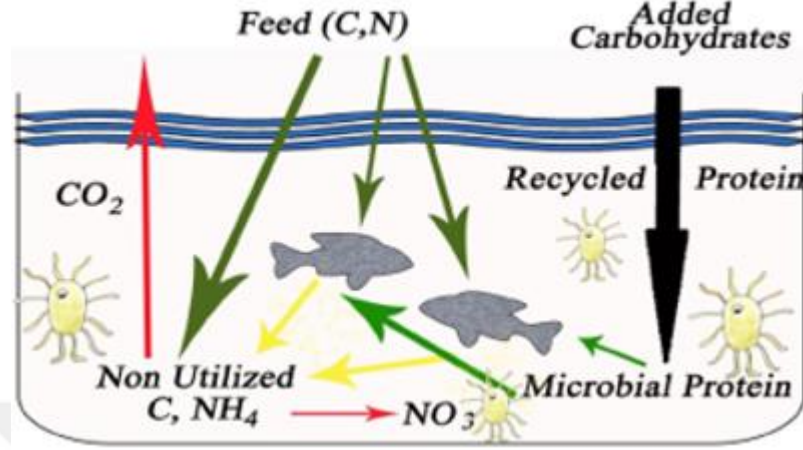


Amonyak fazlası, solungaçlarda, kanda ve diğer dokularda histopatolojik lezyonlara neden olur. Balıkların metabolizmasının hızını azaltır, hemoglobin ile oksijen taşıma kapasitesinde azalma yaratır, hiperaktivite ve hiperventilasyon sonucu enerji tükenmesi gibi sonuçlar ortaya çıkarır (Alabaster ve Lloyd 1982). Karasu, Benli ve Koksall (2005) amonyak kaynaklı zehirlenmenin belirlenmesine yardımcı olabilecek morfolojik ve davranışsal değişiklikler bildirmiştir: gözler ve vücudun kararması, hareket sıklığı, konvülsiyonlar, spiral hareket ve hava alma çabasıdır. Su değişimi az veya hiç olmayan yoğun kültür sistemlerinde ve yüksek protein seviyesine sahip yemler kullanıldığında, sudaki TAN konsantrasyonu kolayca artabilir (Baldisserotto 2013). Su ürünleri yetiştiriciliğinde suda amonyak konsantrasyonu çevresel, biyolojik veya sağlanan diyetle artabilir. Beslenme oranı ve yoğun yetiştirme yapılan biyoyumak sistemlerinde amonyak seviyeleri kolayca artırılabilir (Avnimelech 2015). Amonyak atılımını etkileyebilecek başlıca faktörlerden biri de vücut ağırlığıdır. Vücut ağırlığı arttıkça amonyak atılımının da artış eğiliminde olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Clifford ve Brick 1978; Valbuena-Villareal ve Vasquez-Torres, 2011). Yetiştiricilikte kullanılan besinin protein içeriği ile amonyak arasında ilişki vardır, çünkü azot (N) alımı ile amonyak atılımı arasında doğrudan bir ilişki vardır (Kaushik 2000).

Nitrit, nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonlarında ara ürün olduğundan sularda amonyak ve nitrata göre daha düşük oranlarda bulunmaktadır. Ancak yoğun balık yetiştiriciliğinin yapıldığı kapalı sistemlerde, nitrit varlığı zehirleyici etkisini gösterebilir. Nitritin toksik etkisi büyük ölçüde pH konsantrasyonuna bağlıdır (Tomasso ve diğ., 1979). Asidik sularda yani pH seviyesi düşük olan sularda düşük nitrit konsantrasyonları daha yüksek pH seviyesi olan suya göre daha az tolere edilir (Jensen 2003).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde amonyağın temel kaynağı yemdeki proteindir; yemdeki protein tamamen metabolize olduktan sonra amonyak solungaçlar yoluyla suya bırakılır. Bu nedenle yetiştiricilik yapılan sudaki amonyak seviyesi yemleme oranının ya da yemin protein seviyesinin düzenlenmesi ile kontrol altına alınabilir (Hargreaves and Tucker 2004). Amonyağın kontrol altına alınması için bazı üreticiler havuz suyunun havalandırılmasının, zehirli amonyak gazının sudan havaya difüzyonunu sağlayacağından sudaki amonyak düzeyini azaltmakta etkili olduğunu savunmaktadır. Ancak havalandırılabilen su miktarının toplam havuz hacmiyle karşılaştırıldığında oldukça az olduğu dikkate alındığında, havalandırmanın sudaki amonyak konsantrasyonunu düşürmede etkili olmadığı, özellikle yoğun havalandırma ile havuz taban sedimentinin suya karışacağından sudaki amonyak konsantrasyonunun artabileceği de belirtilmektedir (Hargreaves and Tucker 2004). Havuzlarda kireçleme yapılması, yüksek amonyak konsantrasyonunun düşürülmesini sağlamamakta; sadece sudaki yüksek pH düzeyini geçici bir süre için azaltarak amonyağın balıklar için toksik olan formdan toksik olmayan forma dönüşümünde etkili olmaktadır (Hargreaves and Tucker 2004). Balıklar tarafından suya bırakılan amonyağın büyük bir kısmı algler tarafından alındığından alg büyümesinin artması sudan amonyak alımının artması anlamını taşır. Bu bağlamda havuzlarda fosfor içerikli gübre kullanımı sudaki amonyak seviyesini azaltır (Hargreaves and Tucker 2004). Entansif balık yetiştiriciliği yapılan havuzlarda çözünmüş oksijen konsantrasyonu yeterli düzeyde ise organik karbon ilavesi amonyak konsantrasyonunu azaltır. Azot döngüsü doğrudan üretim sistemleriyle ilgilidir (Tablo 2.7), bu nedenle azot dinamiğinde yer alan süreçlerin bilgisi, su ürünleri yetiştiriciliğinde üretimi geliştirebilir ve çevresel kirliliği en aza indirebilir (Stein & Klotz 2016).

Tablo 2.7. Suda canlılar ile azot döngüsü.



Azotlu moleküllerin sudaki durumu önemlidir çünkü çözünür durumda suda bulunan azotlu maddelerin, suda yaşayan organizmalar için büyük önem taşımaktadır, ama bazı heterotrofik bakteri, protozoa ve algler çözünmemiş halde ortamda bulunan azotu kullanma yeteneğine sahiptir. Mikroorganizmalar, su ortamında azotun dönüşümünden ve dinamiklerinden sorumludur. Stein ve Klotz'a (2016) göre, azot döngüsünün ana yolları şunlardır: nitrifikasyon, denitrifikasyon, anammox, mineralizasyon ve asimilasyon. Amonyak, NH_4^+ veya NH_3 şeklinde meydana gelebilir, birincisi, nitrojen gazının sadece oksijen olmadan bakteriler ve arkeobakteriler tarafından yapılan organik azotta sabitlenmesidir ve ikincisi azalmadır. Nitrifikasyon, esas olarak kemoototrofik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir ve bu işlemlere sırasıyla oksijen, nitrasyon ve nitrasyon varlığında nitritte ve daha sonra nitratta amonyağın oksidasyonunu içerir. Anammox, bazı mikroorganizmalar tarafından çok az oksijen içeren yerlerde gerçekleştirilen nitrit ve amonyumun anaerobik oksidasyonunun gaz halinde azot oluşturmak için gerçekleştirildiği bir reaksiyondur. Denitrifikasyon, nitrat (NO_3^-) veya nitrit (NO_2^-), nitrik oksit (NO), azot oksitten (N_2O) azotlu gaza (N_2) anaerobik solunum işlemi, mikroorganizmaların nitrataştırılmasıyla gerçekleştirilir. Bu işlem, farklı "tamamlanmamış" metabolik reaksiyonlarla, azotlu gazları atmosfere farklı yollarda salan mantarlar, protistler, bakteriler ve arkeobakterileri içerir.

Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde amonyak-azotun giderilmesi için doğal olarak mevcut olan üç azot dönüşüm yolu, algler tarafından dönüştürülmesi, amonyak-azotun doğrudan uzaklaştırılması ve mikrobiyal biyokütleyle dönüşümüdür (Ebeling ve diğ., 2006). Biyoyumak

teknolojisi kullanılan sistemlerde amonyakla başa çıkmak için idealdir, çünkü zengin biyokütlesi sayesinde hızla atılan TAN'ı alabilir ve konsantrasyonunun tehlikeli seviyelere yükselmesini önleyebilir. Biyoyumağın sahip olduğu üç farklı grup TAN ile başa çıkmak için farklı işlemlerle görevler yerine getirir bunlardan birincisi fotoototroflardır. Fotoototroflar azotun asimilasyonunu gerçekleştirir. Biyoyumağın sahip olduğu ikinci grup ise heterotrofik canlılardır. Heterotrofik canlılarda azotun asimilasyonuna yardımcı olurlar. Biyoyumağın sahip olduğu son grup ise kemoototroflardır. Bu gruba dahil olan bakteriler, nitrifikasyonu gerçekleştirir. Tipik olarak, üçü de stok yoğunluğu, kültür aşaması, sistem tasarımları ve özellikle yönetim stratejisine bağlı olarak biyoyumağın içerisinde değişen seviyelerde mevcuttur. Üretim sistemleri yoğunlaştıkça, azotlu atıkların kontrolü giderek daha önemli hale gelmektedir (Avnimelech 2015). Biyoyumağın kullanıldığı sistemlerde sürekli olarak azotun asimilasyon ve mineralizasyonu gerçekleştirilir. Bu işlemler belli C: N oranına ve bu oranın tercih ettiği mikroorganizmalara bağlı olarak gerçekleştirilir (Emerenciano ve diğ., 2017). Heterotrofik asimilasyon biyoyumak sisteminde önemli bir süreçtir. Heterotrofik bakteriler ve diğer mikroorganizmalar, enerji üretmek ve büyümek için gıda olarak karbondhidratları kullanır. Biyoyumak teknolojisinde, azot dinamiği için temel hedef sistemde heterotrofik mikroorganizmaların çoğalmalarını teşvik etmektir (Crab ve diğ., 2012; Long ve diğ., 2015). Heterotrofik mikroorganizmalar için suya eklenecek olan karbon kaynağı ile optimum karbon/azot oranının sağlanması gerçekleştirilir (Crab ve diğ., 2007; Long ve diğ., 2015). Bu yöntemle teşvik edilen biyoyumağın azot alımı, amonyum konsantrasyonunun azaltılmasını nitrifikasyon sürecine göre daha hızlı şekillendirmektedir (Hargreaves, 2006; Crab ve diğ., 2012). Biyoyumak sisteminde, amonyum ve diğer azotlu organik atık bileşikler; bakteriyel biyokütle sucul canlılar için besin kaynağı özelliği taşıyacak bir niteliğe dönüştürülmektedir. Bu anlamda biyoyumak teknolojisi, yetiştiricilikte su kalitesini iyileştirmesinin yanında daha az su kullanımını olanaklı hale getirmekte ve ekstra besin kaynağı olarak fayda yaratmaktadır (Avnimelech 2006; Long ve diğ., 2015).

Toksik azot türlerinin etkisiz durumu geçmesi, biyoyumaklarda çok daha hızlı gerçekleşir, çünkü heterotrofların büyüme hızı ve biyokütle üretimi, ototrofik bakterilerinkinden yüksektir (Hargreaves 2006). Bioyumak teknolojisi su ürünleri sistemleri içinde baskın heterotrofik bakteri büyümesini sağlayarak toplam azotun (TAN) asimile edilmesi için C / N oranını kullanır ve bu oran ile sistemi manipüle ederek başarılı bir şekilde çalışmasını sağlar (Avnimelech 1999; Hargreaves, 2013). Heterotrofik bakteriler, TAN'ı nitrit azot ($\text{NO}_2^- \text{N}$) ve nitrat azotu ($\text{NO}_3^- \text{N}$)

üretmeden doğrudan ve hızlı bir şekilde bakteriyel proteine dönüştürür (Avnimelech 1999; Ebeling ve diğ., 2006).

Biyoyumak kullanılan sistemlerde TAN'ı kontrol etmenin bir başka yolu nitrifikasyondur. Nitrifikasyonda iki grup bakteri görev almaktadır. Birinci grup bakteriler TAN'ı birincil enerji kaynağı olarak oksitlediği zaman bikarbonat iyonlarını karbon kaynağı olarak tüketir ve yan ürün olarak nitrit iyonları üretir. Amonyak-oksitleyici bakteriler arasında *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* ve *Nitrosovibrio* bulunur (Timmons ve Ebeling 2007). İkinci bakteri grubu ise yine bikarbonat iyonları ve çözünmüş karbondioksiti karbon kaynakları olarak tüketerek enerji elde etmek için nitriti nitrate oksitler. Bu bakteriler tipik olarak *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* ve *Nitrospina* cinsine aittir (Timmons ve Ebeling 2007). Bu bakterilerin her iki grubu da ototroflar ve aeroblardır. TAN, bakterilere enerji sağlamak için sistemden uzaklaştırıldığından oksijen ve bikarbonat iyonları da tüketilir. Sonuç olarak, nitrifikasyon bakterileri sistemdeki oksijen talebine ve özellikle alkalinite tüketimine önemli ölçüde katkıda bulunur. Nitrifikasyon işleminin yanı sıra azalan pH değerine karşı tamponun sürdürülebilmesi için, alkalinite düzenleyiciler (pH düzenleyici, karbonat, kireç) sisteme düzenli olarak ilave edilmelidir. Nitrifikasyon işlemi ayrıca nitrat ve karbon dioksit üretir (Timmons ve Ebeling 2007).

2.2.2. KARBON- AZOT ORANI

Bir su ürünleri yetiştiriciliği sisteminde atık madde katı ve çözünmüş formda bulunur (Bureau ve Hua, 2010). Katı atıklar çoğunlukla fekal materyaller ve yenmemiş yemler halindeyken, çözünmüş atıklar amonyak ve ortofosfat gibi metabolik işlemlerin sonucunda oluşan atılım ürünleridir. Buna ek olarak balık ve kabuklular, büyüme ve metabolizma aktiviteleri için yemlerde sunulan azot ve karbonun sadece belli bir bölümünü kullanırlar. Karbon, azot ve fosforun karides ve balıklar tarafından ortalama geri kazanım tahminleri sırasıyla yem içeriğinin yaklaşık %13, %29 ve %16'sıdır (Avnimelech ve Ritvo 2003). Geri kalan kısım kültür sistemine yenmemiş yem veya metabolik atıklar olarak atılır. Su ürünleri sistemlerinde oluşan bu atıklar çeşitli filtrasyon yöntemleriyle uzaklaştırılmaktadır ve böylece sistemde bir birikime izin verilmemektedir. Biyoyumak kullanılan sistemlerde, üretim birimi içinde bir biyokütle geliştirilmesi gerekmektedir. Oluşturduğumuz biyokütle sudaki atıkları veya dışardan eklemiş

olduğumuz besinleri kullanarak geri dönüşümden sorumlu olacaklardır. Bu topluluk, atık materyalin çevrimi ve hedef ürüne ek beslenmenin sağlanması da dahil olmak üzere önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Yumak partikülleri, mikroorganizmaların ve partikül maddenin çeşitli bir karışımıdır ve kullanılan yem türüne, havalandırma tipine, yönetim protokollerine, fiziksel ve çevresel faktörlerin yanında zamansal ve mekânsal faktörlere bağlı olarak biyokimyasal yapısı ve fiziksel özelliklerinde değişimler gözlemlenebilir. (De Schryver ve diğ., 2008; Ray ve diğ., 2009).

Atıklar sistem için besin kaynağı olarak kullanılabilirler veya bu atıklara ek olarak sistem büyüklüğüne bağlı olarak sisteme ek karbon kaynağı eklemesi de yapılabilir. Su ürünleri yetiştiriciliği sistemindeki C / N oranını koruyarak, yemdeki karbon kaynağı veya yüksek karbon seviyesi eklenmesi yoluyla, yüksek kaliteli tek hücreli (mikrobiyal) proteini üretimi ile su kalitesi iyileştirilebilir (Crab ve diğ., 2012). Karbonhidratlar eklenerek heterotrofik bakteri üremesi uyarılır ve azot alımı yoluyla mikrobiyal proteinlerin üretimi gerçekleşir. Bu sistem, sudaki C / N oranını yöneterek, atılan çözünmüş azotun heterotrofik bakteriler tarafından asimilasyon prensibini uygular (Avnimelech, 1999). Bu heterotrofik bakteriyel biyokütle ayrıca sadece bakteri değil, aynı zamanda mikro alg ve zooplankton gibi diğer mikroorganizmaları, organik partikülleri ve/veya katıları da içeren biyoyumakları oluşturur (De Schryver ve diğ., 2008).

Yem girdilerinin yoğunluğuna bağlı olarak, su değişimi olmayan bir sistemdeki alg topluluğu logaritmik büyümeye uğrayacak ve sonunda ışık sınırlamaları nedeniyle maksimum seviyeye ulaşacaktır. Üretim döngüsünün bu noktasında, havuz ve tank sistemleri daha bakteriyel egemen bir topluluğa doğru bir kayma geçirmektedir. Uygun karıştırma ve havalandırma ile algler, bakteriler, zooplankton, yem partikülleri ve fekal madde aerobik su sütununda asılı kalır, doğal olarak toplanır ve biyoyumak kültür sistemlerine adını veren kütleleri oluşturur. Bu yumaklar fizikokimyasal çekim kuvvetleri ve polisakkaritler, proteinler ve hümk kompleksler gibi bileşiklerden oluşan bir polimer matrisi tarafından bir arada tutulur (Avnimelech 2009). Tipik biyoyumaklar şekil açısından belli bir şekle sahip değildir. Sahip olduğu parçacıkların büyüklüğü çok değişkendir. Biyoyumaklar katı bir madde olmasına karşın ince ve gözenekli yapısı sayesinde su geçirgenliğine sahiptir ve akışkandır (Chu ve Lee, 2004).

Sucul ortamda karbon-azot oranı, toksik formda olan inorganik azot bileşiklerinin, organizmalar için doğrudan bir gıda kaynağı olarak kullanılması sonucunda tek hücreli proteinine dönüşmesinde önemli bir rol oynar. İnorganik azotun hareketsizleştirilmesi, organik maddenin C / N oranının 10'dan yüksek olduğu andan itibaren gerçekleşir (Lancelot ve Billen 1985). Bu nedenle, C / N oranındaki değişiklik, ototrofikten heterotrofik sisteme doğru kaymaya neden olabilir (Avnimelech 1999; Browdy ve Bratvold 2001).

Biyoyumak teknolojisinde karbon / azot oranının (C: N) yönetimi normalde iki aşamaya ayrılır:

- (i) 12-20: 1 karbon / azot oranı kullanılarak biyoyumağın başlangıç ve oluşum aşaması ve
- (ii) Toplam amonyak azotu (TAN) değerlerine göre 6: 1 karbon / azot oranı kullanılarak biyoyumağın bakım aşaması.

Kültür döneminin başlangıcında, sudaki yüksek karbon / azot oranı (12-20: 1) biyoyumak için heterotrofik toplumu teşvik etmek ve stabilize etmek için anahtar faktördür. Yüksek karbon konsantrasyonu, heterotrofik bakteriler tarafından azotlu yan ürün asimilasyonunu indükleyecek ve aynı zamanda alglerin karbon asimilasyon kapasitesinin yerini alarak bakteri büyümesine katkıda bulunacaktır (Ebeling ve diğ., 2006). Üretim döngüleri ilerledikçe, nitrifikasyon (kemoototrofik) bakterileri nitrojenli bileşik kontrolünde önemli bir rol oynar. (Ebeling ve ark. 2006). TAN değerlerinin izlenmesi su kalitesi kontrolü için önemli bir araçtır. TAN değerleri 1.0 mg/ L 'den yüksek olduğunda, C: N oranı 6: 1 olan harici karbon kaynağı uygulaması önerilir. Bu aşamada, daha hızlı bakteri asimilasyonu ve sonuç olarak TAN azalması nedeniyle monosakarit (glukoz, şeker, meyve şekeri) ve oligosakkarit (süt, arpa çavdar) karbohidrat bakımından zengin kaynakların kullanılması önerilir (Ebeling ve diğ., 2006).

Doğal ortamda, C: N oranları genellikle 5-10: 1'de bulunur, burada substrat organik karbon bakımından zengindir ve azot bakımından fakirdir, bu da bakterileri sınırlı büyümeye ve çoğalmaya zorlar (Goldman ve diğ., 1987). Biyoyumak teknolojisinin kullanıldığı sistemler yoğun ve süper yoğun yetiştirme sistemleridir, karbohidrat eklemek gereklidir. Biyoyumak için bildirilen C: N oranı genellikle fotoototrofik mikroorganizmaları için 10: 1, kemoatotroflar için 15: 1 ve heterotrofik mikroorganizmalar için 20: 1'dir (Ebeling ve diğ., 2006).

C: N oranının 20: 1 oranına sahip olduğu biyoyumak sistemlerinde, yüksek seviyelerde TAN varlığında organik karbon takviyesi, TAN'ın heterotrofik bakteriler tarafından hızlı bir şekilde asimilasyonu nedeniyle, üretilen türü etkileyebilecek olan oksijen talebi oluşturur (Schveitzer ve diğ., 2013; Ray & Lotz 2014, Hargreaves 2013).

Yarı yoğun üretim havuzlarında kullanılan yemlerin çoğunda yaklaşık 10 C / N oranı korunur, ancak bakterilerin azotu asimile edebilmesi için bir birime karşılık yaklaşık 20 birim karbona ihtiyaç duyarlar (Avnimelech 1999). Dolayısıyla, yemde bulunan C / N oranı düşük olduğunda C havuzdaki heterotrofik bakteri popülasyonu büyümesi için sınırlayıcı besin haline gelir ve bu nedenle heterotrofik bakteri popülasyonu artış gösteremez. Bir su ürünleri yetiştiriciliği sistemindeki C / N oranı, yerel olarak mevcut farklı ucuz karbon kaynakları (tarımsal yan ürünler) eklenerek ve ayrıca yemdeki protein içeriğinin azaltılmasıyla artırılabilir (Avnimelech 1999; Hargreaves 2006).

2.2.3. BİYOYUMAK TEKNOLOJİSİNDE FARKLI KARBON KAYNAĞI KULLANIMI

Biyoyumak teknolojisi suya karbonhidrat ekleyerek yoğun heterotrofik mikrobiyal biyoyumakların geliştirilmesi ve kontrolü yoluyla su kültüründe iyi su kalitesini korumak için kullanılan sürdürülebilir bir tekniktir (Avnimelech ve diğ., 1989; Avnimelech, 1999; Crab diğ., 2007; Crab ve diğ., 2009; Crab ve diğ., 2010). Biyoyumak teknolojisinin uygulandığı sistemlerde karbon kaynakları genellikle insan gıdası veya hayvan yemi endüstrisinden elde edilen, tercihen ucuz ve yerel olarak temin edilebilen yan ürünlerdir. Seçilen karbon kaynağına bağlı olarak, organik gübreleme üretim maliyetlerinin önemli bir unsuru olarak düşünülebilir. Her aşama için (başlangıç ve oluşum aşaması veya bakım aşaması), fiyat ve amaca göre farklı kaynaklar seçilmelidir. Bu yüzden mevcut yerel kaynaklar test edilmelidir (Avnimelech ve diğ., 1989; Avnimelech, 1999; Crab ve diğ., 2007; Crab ve diğ., 2009; Crab ve diğ., 2010).

Şeker, sahip olduğu kimyasal yapı sayesinde heterotrofik bakteriler tarafından hızlı bir biyokütlenin oluşmasına olanak sağlar. Sistemde en az C / N oranı 10 olacak şekilde glikoz, asetat ve nişastanın karbon kaynağı olarak kullanıldığı 20 günlük bir deney sırasında, farklı karbon kaynaklarının kullanılması sonucunda oluşan biyoyumaklar incelendiğinde, eklenen

karbon kaynağının, biyoyumakların beslenme kalitesini etkilediği görülmüş, farklı karbon kaynakları farklı biyokütle kompozisyonu oluşturmuştur (Merchie ve diğ., 1997).

Genel olarak, basit yapıya sahip çözünür karbon kaynaklarının ilave edilmesinin, heterotrofik biyoyumakta, daha karmaşık yapıya sahip karbon kaynaklarından daha hızlı bir amonyum tüketimine izin verdiği bildirilmiştir (De Schryver ve diğ., 2008). Bilimsel çalışmalarda glikoz, gliserol ve sükrozun en etkili kaynaklar olduğunu bildirilmiştir (Ray & Lotz 2014; Wei ve diğ., 2016), ancak selüloz gibi daha karmaşık karbon kaynakları kullanıldığında, amonyak azotunun, daha yavaş asimilasyonu gerçekleşmektedir (Serfling 2006).

Karbon kaynağı olarak kullanılan bazı tahıllar ayrıca protein ve lipitler içerir. García-Ríos 2019 mısır unu (%11,79 protein ve %2,8 lipid), buğday (% 15.5 protein ve % 3.73 lipid) ve rafine edilmemiş şekeri (monosakkarit) *Oreochromis niloticus* kültüründe kullanarak karşılaştırmış ve *Oreochromis niloticus* için en iyi büyümeyi ve en yüksek protein içeriğini şeker kullanımının sağladığını ortaya koymuştur.

Wei ve diğ. (2016) biyoyumağı yaklaşık 15:1 oranında glikoz, gliserol ve nişasta ile desteklediklerinde her bir biyoyumağı oluşturan mikroorganizmaların yapısı, beslenme kompozisyonu ve topluluğunda önemli farklılıklar oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Nişastanın karbon kaynağı olarak kullanıldığında sistemde oluşan biyoyumaklarda, daha az miktarda protein ve daha yüksek miktarda lipid içeren ile daha kompakt bir yumak oluştuğu tespit edilmiştir.

Emerenciano ve diğ. (2012), tarafından pembe karides (*Farfantepenaeus brasiliensis*) yetiştiriciliğinde sınırlı su değişimi yapılan havuzlarda biyoyumak teknolojisinin canlıların büyüme ve yem değerlendirme oranları ve su kalite parametrelerine olan etkileri değerlendirilmiştir. Deneme biyoyumak ortamında ticari yem kullanılan ve kullanılmayan iki biyoyumak grubu ve ticari yem kullanılan kontrol grubundan oluşmaktadır. Karbon kaynağı olarak melas (ilave edilen karbon kaynağının %90'ı) ve buğday kepeği (kalan %10) kullanılmış, optimum heterotrofik bakteri büyümesini sağlamak için karbon/azot oranı 20:1 (C/N) olarak tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda post larvaların, bir yemle beslenip beslenmediklerine bakılmaksızın tüm çalışma gruplarında benzer büyüme performansları elde edildiği bildirilmiştir.

Wang ve diğ. (2016), *Litopenaeus vannamei* juvenilleri ile 35 gün boyunca farklı karbon kaynakları ilavesinin biyoyumakların besin içerikleri ve hücre dışı enzim aktiviteleri ile karides yavrularının büyüme performansı ve yem kullanımı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneme, farklı karbon kaynağı (melas, mısır unu ve buğday kepeği) ve farklı karbon oranlarından oluşan yedi biyoyumak grubu (su değişimsiz) ve kontrol grubundan (%50 su değişimi/gün) oluşmaktadır. Ortalama yaşama oranları tüm deneme grupları için %88'in üzerinde olarak belirlenmiş ve tüm gruplar arasında önemli bir farklılık kaydedilememiştir. FCR biyoyumak uygulanan gruplar arasında benzerlik göstermiş olsa da farklı karbon kaynağı kombinasyonları açısından en iyi büyüme performansı %60 melas, %20 mısır unu ve %20 buğday kepeği grubunda olduğunu bildirmiştir.

Kumar ve diğ. (2017), *P. monodon* juvenil yetiştiriciliğinde kullanılan biyoyumak teknolojisinde sistemde kullanılan %32 ve %40 oranında farklı ham protein içeriğine sahip yem ile iki farklı karbon kaynağının (melas ve pirinç unu,) etkilerini, kontrol (karbon kaynağı ilavesiz) grubuyla kıyaslayarak 75 gün boyunca incelemişlerdir. Deneme sonunda kontrol grubuna kıyasla melas ve pirinç unu ilavesinin olduğu grupta toplam amonyak azotunu önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

Chakrapani ve diğ. (2020), 10:1, 15:1 ve 20:1 oranına sahip farklı C/N oranlarının uygulandığı biyoyumak sisteminde yetiştirilen Pasifik beyaz karides (*Litopenaeus vannamei*) post larvalarının yetiştiricilik parametreleri üzerine etkilerini değerlendirebilmek amacıyla 28 günlük bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Karbon kaynağı olarak melas, pirinç kepeği ve buğday unu (30 g melas, 30 g pirinç kepeği ve 40 g buğday unu) kombinasyon şeklinde uygulanmıştır. Sonuçlar, 10:1 C/N (630 mg) ve 15:1 C/N (646 mg) oranlarının uygulandığı biyoyumak gruplarında yetiştirilen karideslerin, 20:1 C/N (528 mg) oranı uygulanan grup ve kontrol grubu (374 mg) ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek büyüme performansı elde edildiğini bildirilmiştir.

Ekasari ve Maryam (2012), tarafından biyoyumak uygulamasının farklı stok yoğunluklarında (25, 50 ve 100 balık/m³) yetiştiriciliği yapılan tilapyaaların (*Oreochromis niloticus*) üretim performansı ve su kalitesi üzerine etkileri incelemiştir. Ortalama vücut ağırlıkları 77,89±3,71 g olan tilapyaalar 14 hafta boyunca 3m³ beton tanklarda yetiştirilmiş ve biyoyumak tanklarına 15:1 (K/A) oranını sağlayabilmek için karbon kaynağı olarak melas eklenmiştir. Yetiştiricilikte önemli parametre olan azotlu bileşiklerden toplam amonyak azotu ve nitrit düzeylerinin

biyoyumak tanklarında kontrol grubuna (karbon kaynağı ilavesiz) oranla daha az bulunmuş, en fazla yaşama oranı ise 25 adet/m³ stok yoğunluğundaki biyoyumak grubunda kaydedilmiştir.

2.3.BİYOYUMAK TEKNOLOJİSİNDE MİKROFLORA

Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim aşamasında ve sonucunda ortaya çıkan organik madde ve azotlu atıklar bir sorundur. Organik madde ve azot kaynaklı atıklar uzaklaştırılmazsa suyun kalitesi bozulur. Su kalitesindeki bozulma sonucunda üretimde sorunlar ortaya çıkar. Su kalitesini korumak için bu maddelerin sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu sorunun çözümü için sıfır veya minimum su değişiminin olduğu sistemlerde doğal olarak ortaya çıkacak olan bakteri, mikro algler, mantarlar, protozoanlar, nematod, rotifer vb. toplulukların arasındaki dinamik etkileşimden yararlanılabilir. Bu tür mikroorganizma toplulukları, su kalitesi kontrolüne destek olurken aynı zamanda atıkların geri dönüşümüne yardımcı olacaktır. Biyoyumak teknolojisinde bu mikroorganizmalar karşılıklı etkileşim halindedir. Örneğin bakteri-bakteri veya mikro algler arasında devamlı bir etkileşim vardır (Avnimelech 2007).

Genel olarak, biyoyumak; bakteri, yosun, detritus ve diğer ayrılmış bileşenlerin makro kümelenmesidir (Avnimelech ve diğ., 1994). Biyoyumaklar; bakteriler, diatomlar, zooplankton, protozoa, makro algler, dışkı, yenmemiş yem ve ölü organizmalardan oluşan bir yumaktır (Decamp ve diğ., 2008). Biyoyumak yapısında %29 mikroalg, %35 bakteri, %24 mantar ve %12 zooplankton içerdiği yapılan deneyler sonucunda gösterilmiştir (Yunos ve diğ., 2017).

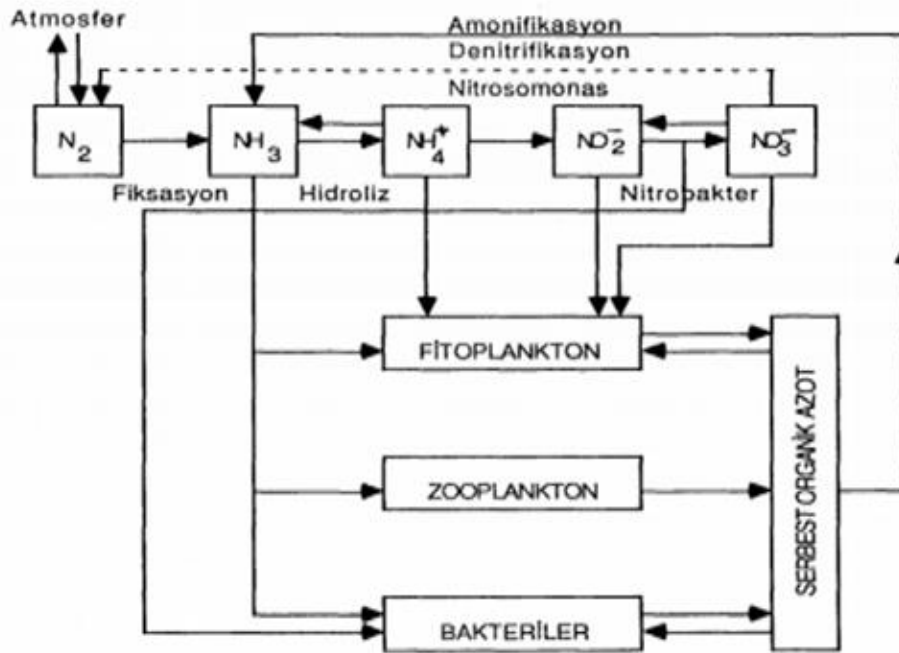
Biyoyumak teknolojisinde oluşan yumakların içinde bulunan canlıların kendi aralarında bir sistemi bulunmaktadır. Fotoototrofik canlılar su ekosistemlerinin birincil üreticisi olarak bilinirler ve güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek kendi besinlerini üretebilen canlılardır. Fotootorofik canlılar denildiğinde akla ilk bakteri ve algler gelmektedir. (Avnimelech 2015). Biyoyumak teknolojisinde algler gibi fotootorofik canlılar oksijen üretiminin birincil kaynağı olmasının dışında sistemde bulunun azotun kontrol altında tutulmasına yardımcı olan organizmalardır. Fotoototrofik canlıların en önemli topluluğunu mikroalgler oluşturmaktadır ve su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra Biyoyumak teknolojinde de önemli bir rol oynamaktadır. Mikroalgler

biyokütle üretirken karbondioksit tüketmektedir ve oksijen üretmek için esas olarak amonyak ve nitratı asimile ederler (Hargreaves 2013).

Biyoyumak teknolojinde bir diğer önemli grup ise ihtiyaçları olan organik molekülleri kemosentez ile, yani doğrudan CO_2 bağlayarak sentezleyebilen kemoototrofik organizmalardır. Bu canlıların sistemdeki görevi kemosentez işlemini gerçekleştirmektir ve bu görev için gerekli enerjiyi sistemde bulunan azottan sağlarlar. Bu canlılar sistemde bulunan CO_2 'nin uzaklaştırılmasındaki en önemli gruptur (Ray2012).

Biyoyumak içerisinde fotoototrofik organizmalara bağlı olarak geliştikleri için ve diğer toplulukların ürettikleri veya atık durumdaki organik maddeleri enerji kaynağı olarak kullandıklarından dolayı sistemde en yoğun olarak bulunan canlı topluluğu heterotrofik canlılardan oluşan topluluktur (Sigee 2005). Organik maddenin ve amonyağın bol olduğu biyoyumaklarda bu canlı grubunun büyümesi hızlanır ve daha sonra belirli bir oranda kültür türleri için gıda haline gelen büyük miktarlarda canlı biyokütlesi üreten organik maddenin ayrışmasına yardımcı olur (Avnimelech 2015).

Tablo 2.8. Sudaki azot çevirimi (Arceivala 1981; Uslu 1993).



Mantarlar, mayalar ve küfler gibi tek hücreli mikroorganizmaları ve çok hücreli mantarları içeren bir ökaryotik organizmalar grubudur. Tatlı su ve tuzlu suda yaygın olarak bulunurlar. Enerji kaynağı olarak organik bileşikler kullanırlar. Karbon çoğunlukla glikoz ve fruktoz gibi heksoz şekerlerinden elde edilir. Mantarlar, özellikle maya, biyoyumak içerisinde rapor edilmiştir (Pandey ve diğ., tarih eksik).

Diyatomlar, kültür hayvanları için potansiyel bir beslenme avantajı sağlayan nispeten yüksek seviyelerde esansiyel yağ asitleri EPA ve DHA içerir (Volkman ve diğ., 1989). Diyatolar, biyoyumak partiküllerinin hem içinde hem de dışında bulunur ve karides büyümesinde önemli rol oynar (Ju ve diğ., 2009).

2.3.1. BAKTERİLER

Düşük su değişimi yapılan üretim sistemlerinde, heterotrofik ve nitrifikasyon bakterilerinin bir arada bulunduğu karmaşık biyofilmler üretilir. Bakteriyel toplulukların öncelikli görevi heterotrofik ve kemoototrofik bakterilerle sıfır su değişiminin kullanıldığı sistemlerde su kalitesini korumaktır (Ebeling ve diğ., 2006; Hargreaves 2006). Bir biyoyumak sisteminde su renginin yeşilden kahverengiye doğru kaymaya başlaması bakteriyel baskınlığın arttığını ortaya koymaktadır (Avnimelech 2007).

Biyoyumak teknolojisinin kullanıldığı sistemlerde, heterotrofik bakteri topluluğu, bakteriyel biyokütle üretmek için ölü organizmaları, tüketilmemiş yiyecekleri ve dışkıyı kullanacaktır. Bu topluluk, organik bileşikleri bir karbon kaynağı olarak kullanır ve su kolonuna biyoyumağın ana bileşeni olan bakteriyel biyokütleyi dahil ederek amonyak birikimini azaltabilir (Emerenciano ve diğ., 2017). Heterotrofik bakteriler organik bileşikleri karbon kaynağı olarak kullanırlar. Bu topluluk, bakteriyel biyokütleye katılarak su kolonunda amonyak birikimini en aza indirebilir. Uygun koşullar altında (sıcaklık, karbon: azot oranı, pH, vb.), bakterilerin büyümesi hızlanmaktadır. Kemoototrofik bakteri topluluğu (yani, nitrifikasyon bakterileri) toksik azot bileşiklerinin oksidasyonu yoluyla enerji elde eder. Nitrifikasyon bakterileri doğal olarak amonyak ve nitritin yanı sıra flokülasyonlu madde (substrat olarak kullanılır) birikimi ile desteklenir. Bu mikroorganizmalar tarafından tüketilen alkalilik, farklı kaynaklarla (yani sodyum bikarbonat, kalsiyum karbonat veya kalsiyum hidroksit) değiştirilmelidir. (Leonard ve diğ., 2006).

2.4.BİYOYUMAK TEKNOLOJİSİNDE YUMAK OLUŞUMU VE YUMAK YAPISINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.4.1. *Karıştırma yoğunluğu*

Seçilen bir havalandırma cihazı tarafından uygulanan karıştırma yoğunluğu yumağın boyutunu belirleyecektir. (Chaignon ve diğ., 2002, Spicer ve Pratsinis, 1996).

2.4.2. *Çözünmüş oksijen*

Alternatif havalandırma cihazı veya güç girişi ile karıştırma yoğunluğundaki bir değişiklik, sudaki çözünmüş oksijen (DO) konsantrasyonunu doğrudan etkileyecektir. DO seviyesi sadece aerobik yumaklardaki hücrelerin metabolik aktivitesi için gerekli değildir, aynı zamanda yumak yapısını da etkilediği düşünülmektedir. Wilen ve Balmer (1999) tarafından daha yüksek DO konsantrasyonlarında daha büyük ve daha kompakt yumaklara yönelik bir eğilim görülmesine rağmen, ortalama yumak çapı ile net bir ilişki bulunamamıştır. Organik bir karbon kaynağının biyoyumak havuzlarındaki kültür suyuna dozlanması, aerobik mikrobiyal metabolizmaya bağlı olarak çözünmüş oksijen seviyelerinde bir azalmaya neden olur. Bu, hassas türler üzerinde ölümcül etkilere neden olabilir (Landman ve diğ., 2005).

2.4.3. *Organik karbon kaynağı*

Organik karbon, ilave organik karbon kaynağı (örn., Glikoz, asetat, gliserol) olarak veya yem bileşiminin değiştirilmesiyle ve böylece organik karbon içeriğinin artırılmasıyla tedarik edilebilir (Avnimelech, 1999). Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretilen türler tarafından atılan azot miktarına bağlı olarak yoğun bir havuz için gerekli olan organik madde miktarını teorik olarak hesaplamak mümkündür (Şekil 1.8). Seçilen organik karbon kaynağı, esas olarak depolama polimerlerinin türü ve miktarı ile ilgili olarak üretilen yumakların bileşimini büyük ölçüde belirleyecektir (Hollender ve diğ., 2002, Oehmen ve diğ., 2004). Ayrıca, farklı organik karbon kaynaklarının maliyetleri belirleyici bir seçim faktörü olacaktır (Salehizadeh ve Van Loosdrecht, 2004). BFT için gidilecek yol düşük değerli ürünler olarak kabul edilen organik karbon kaynaklarının kullanılmasıdır. Biyodizel üretiminin bir yan ürünü olan gliserol bu düşük değerli kaynaklara bir örnektir (Dube ve diğ., 2007).

2.4.4. Organik yükleme hızı

Organik karbon kaynağının suya yükleme oranı, önemli bir teknik faktördür. Organik karbon besleme stratejisi BFT için de önemlidir. Organik karbon küçük miktarlarda ve dolayısıyla neredeyse sürekli modda eklenebilir veya daha yüksek dozlarda ancak düzenli zaman aralıklarında (örn. 1 / d) ilave edilebilir (Salehizadeh ve Van Loosdrecht, 2004).

2.4.5. Sıcaklık

Sıcaklığın biyoyumak oluşumunda etkili olduğu bilinmektedir. Özellikle düşük ve yüksek sıcaklıklarda biyoyumak oluşumu ve biyoyumakların suda askıda kalabilmesi negatif etkilenebilmektedir. Biyoyumak oluşumunda stabilite ve verimlilik için 20-25 °C su sıcaklığı tavsiye edilmektedir (Sharma 2017)

2.4.6. pH

PH'deki değişiklikler havuzlarda bulunan biyoyumakların stabilitesini belirler (Mikkelsen vd., 1996). Çeşitli balık deneylerinde, pH'ın biyoyumaktaki türlere bağlı olarak anormal fizyolojik işlevsellik ile sonuçlanan çevresel bir stresör olduğu gösterilmiştir (Portz ve diğ., 2006). pH düzeyindeki aşırı değişimler ve dalgalanmalar, biyoyumak oluşumunu ve stabilitesini etkileyeceği gibi aynı zamanda üretilmekte olan türlerin de fizyolojik olarak etkilenmesiyle sonuçlanacaktır (Martins ve diğ., 2019).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1.MALZEME

3.1.1. *Deneyin Kurulduğu Birim ve Özellikleri*

Deney, 10 Ağustos 2022 – 13 Ekim 2022 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesine ait akvaryum biriminde kurulmuştur.

3.1.2. *Kullanılan Su*

Su parametreleri; ortalama su sıcaklığı 13-13,5 °C, ortalama pH değeri, 7,7-8,3, ortalama oksijen değeri 8,6-9,7 ppm şeklindedir.

Azot kaynağı olarak kullanılan su İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesine ait akvaryum birimine ait akvaryumlardan tedarik edilmiştir.

3.1.3. *Deneyde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri*

Deneyde her biri 50 litre hacimde olan 9 adet kova kullanılmıştır. Kovaların her birine 3 adet 15cm hava taşı denk gelecek şekilde 8W 4x3.5 L/h kuvvetinde 7 adet hava motoru ve tüm kovaların üzerinden geçecek şekilde suya dayanıklı doğadaki kırmızı, yeşil ve beyaz ışık kaynağını taklit etmek amacıyla 70 watt renkli led ışıklandırma kullanılmıştır.

Ağırlık ölçümlerinde masa üstü hassas terazi (ISOLAB, 0.001 g hassaslık), laboratuvar terazisi (TEM, 28x35 tartım) kullanılmıştır.

3.1.4. *Deneyde Kullanılan Ticari Yem Materyali*

Deneyde, birinci yem materyali olarak küp şeker kullanılmıştır. Küp şeker, toz şekeri oluşturan şeker kristallerinin sıkıştırılarak bir araya getirilmesiyle yapılır. Küp şeker üretilen fabrikalarda bu işi yapmak için özel makineler bulunur. Bu makinelerde ilk olarak toz şekerin üzerine bir miktar su püskürtülür. Bunun sonucunda şeker taneciklerinin bir bölümü çözünür ve yapışkan hale gelir. Kısmen çözünmüş olan şeker tanecikleri küp şeklindeki kalıplara dökülüp sıkıştırılır. Böylece şeker taneciklerinin birbirine tutunması sağlanır. Daha sonra kalıplardaki küp şekerler fırından geçirilerek kurutulması yöntemiyle elde edilen küp şeker birinci yem materyali olarak kullanılmıştır. İkinci yem materyali olarak glikoz şurubu kullanılmıştır. Glikoz şurubu da

şekere çok benzeyen, mısır nişastasından elde edilen bir katkı maddesidir. Glikoz şekerinin maltoz, maltotrioz ve dekstroz gibi yüksek şekerlerin harmanlanmasıyla oluşturulur. Üçüncü yem metaryeli olarak Şeker fabrikalarında şekerin daha fazla kristallendirilerek ayrılması ekonomik olmayan son atığıdır. Kahverengimsi kıvamlı bir sıvıdır. Bünyesinde şeker, bazı mineral maddeler ve suda eriyen farklı bileşikler bulunduran melas kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Deneyde kullanılan yemlerin besin içerikleri.

	MELAS	GLİKOZ ŞURUBU	ŞEKER
Enerji	290 kcal	322 kcal	386 kcal
Karbonhidrat	75 g	88.8 g	100 g
Protein	0 g	0 g	0 g
Yağ	0 g	0 g	0 g
Kalsiyum	205 mg	1 mg	1 mg
Potasyum	1464 mg	2 mg	2 mg
Demir	5 mg	0.3 mg	0.1 mg

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Deney Kurulumu

50 litrelik 9 adet kova bir tankın içinde yerleştirilmiştir. Tankın içinde bulunana kovaların içine her birine 3 adet 15cm hava taşı yerleştirilmiştir. Daha sonra kovaların 23 litrelik kısımları normal su ile 2 litrelik kısmı ise balık dışkısı olan su ile toplam 25 litre olacak şekilde doldurulmuştur. Tüm kovaların üzerine denk gelecek şekilde led ışık yerleştirilmiştir.

Deney 3 adet kova şeker, 3 adet kova melas ve 3 adet kova glikoz şurubu olmak üzere üç farklı besleme rejimi olarak düzenlenmiştir. Deney toplam 63 gün sürmüştür. Başlangıçta ayarlanan su miktarı deney boyunca sabit tutulmuştur.



Şekil 3-1: Kurulan deney sistemi.



Şekil 3-2: Kurulan deney sistemine besin maddesi ve ışık eklenmesi.

3.2.2. Besleme Planlaması

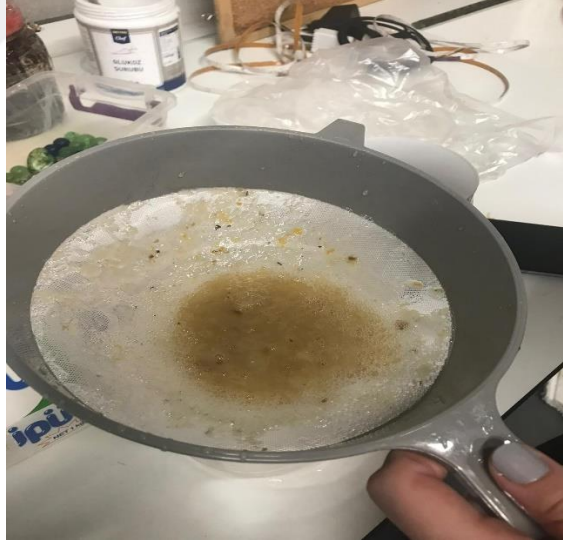
Deney süresince kurulan sistemde biyoyumak oluşumu ve gelişimi için farklı karbohidrat kaynakları ile besleme yapılmıştır. Şeker grubuna ait kovalar günde 9.84 g şeker (4 adet kesme şeker), melas gruba ait tanklar 10 g melas ve glikoz şurubuna ait tanklar ise 10 g glikoz ile beslenmiştir. Besleme günde bir kere yapılarak deney sonlandırılana kadar tekrarlanmıştır.

3.2.3. Biyoyumakların Sistemden Toplanması

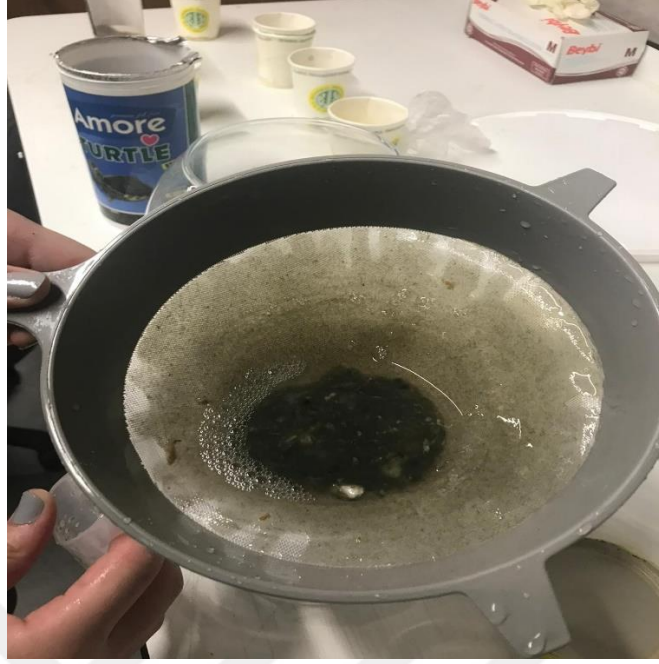
Kurulan deney 63 günün sonunda sonlandırılmış, elek yardımıyla süzülerek oluşan biyoyumaklar sistemden hasat edilmiştir. Elekte kalan kısımlar hassas terazi ile ölçüldükten sonra analize gönderilmek üzere örnek kaplarına alınmıştır.



Şekil 3-3: Biyoyumakların süzölme işlemi.



Şekil 3-4: Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumak.



Şekil 3-5: Glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumak.



Şekil 3-6: Melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumak.

3.2.4. Mutlak Ağırlık Kazanımı (WG)

Deneyin birinci grubu olan şeker ile beslenen kovaların birincisinde 196g biyoyumak, ikinci kovada 104g ve üçüncü kovada 100g biyoyumak oluşmuştur toplam ise 400g biyoyumak oluşumu gerçekleşmiştir. Deneyin ikinci grubu olan melas ile beslenen kovaların birincisinde 82g biyoyumak, ikinci kovada 63g biyoyumak ve üçüncü kovada 75g toplamda ise 220g biyoyumak oluşumu gerçekleşmiştir. Deneyin son grubu olan glikoz şurubu ile beslenen kovaların birincisinde 94g ikinci kovada ise 61g ve üçüncü kovada 54g toplamda ise 209g biyoyumak oluşumu gerçekleşmiştir. Üretim miktarı baz alındığında en yüksek üretim performansı şekerden elde edilirken en düşük üretim performansı ise melastan elde edilmiştir.

Mutlak Ağırlık Kazanımı (Weight Gain/ WG);

$WG = \text{son ağırlık} - \text{ilk ağırlık}$ formülü ile hesaplanmıştır (Korkut ve diğ., 2007).

Tablo 3.2. 63 günlük deney süreci sonunda, oluşan biyoyumakların miktarları.

	KOVA 1	KOVA 2	KOVA 3	TOPLAM
MELAS	82g	63g	75g	220g
GLİKOZ ŞURUBU	94g	61g	54g	209g
ŞEKER	196 g	104g	100g	400g



Şekil 3-7: Deney sonucunda elde edilen biyoyumak.

3.2.5. Ortalama Günlük Mutlak Ağırlık Kazanımı (ADG)

Atmış üç günlük çalışma sonunda, ortalama günlük ağırlık kazancı hesaplandığında en yüksek değerin 3,11 g ile şeker grubuna ait olduğu, en düşük değerin ise 0,97 g ile glikoz grubuna ait olduğu tespit edilmiştir.

Ortalama Günlük Mutlak Ağırlık Kazanımı (Average Daily Weight Gain/ ADG);

$$ADG = \frac{\text{son ağırlık} - \text{ilk ağırlık}}{\text{deneme süresi (gün)}} \text{ Formülü ile hesaplanmıştır (Korkut ve diğ., 2007).}$$

Tablo 3.3. 63 günlük deney süreci sonunda, oluşan biyoyumak miktarları.

Gruplar		Ort. günlük ağ. Kaz(g)	Toplam ağırlık
şeker	1.grup	3,11	196
	2.grup	1,65	104
	3.grup	1,58	100
melas	1.grup	1,30	82
	2.grup	1,00	63
	3.grup	1,19	75
glikoz şrubu	1.grup	1,49	94
	2.grup	0,97	61
	3.grup	0,86	54

3.2.6. Besin analizi yöntemi

Deney sonucunda oluşan biyoyumakların tüm besin değeri TÜBİTAK MAM araştırma merkezi laboratuvarında yaptırılmıştır.

3.2.7. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün Tespiti

Toplam kültüre edilebilir aerobik mezofilik bakteri yükünün tespiti İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiricilik ve Hastalıkları Bölümü, Su Ürünleri Hastalıkları Anabilim Dalı Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Hasat işlemi gerçekleştirilen Şeker, Glikoz ve Melaz biyoyumak örneklerinin her birinden 0,1mg olmak üzere Precisa marka hassas terazide tartılarak steril ependorf tüplere alınmıştır. 1ml steril fosfat

tamponu (PBS) ependorf tüplere eklenerek örnekler vortex karıştırıcı ile süspanse hale getirilmiştir. Örnekler vortekslendikten sonra PBS ile 10 katlı seri dilüsyonları hazırlanmış ve her bir dilüsyondan alınan 100µl örnek Plate Count Agar (PCA) ve Tryptic Soy Agar (TSA) (Merck) besi yerlerine iki tekrarlı olacak şekilde steril driglaski spatülü kullanılarak yayma ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Austin, 1988). Ekim yapılan besi yerleri 22°C sıcaklıkta 24-72 saat inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda 50 ile 450 arası koloni bulunduran petriler İsolab marka koloni sayıcı ile sayılmış ve her bir örnek için toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı koloni oluşturan birim kob/ml (cfu/ml) olarak Maturin ve Peeler'e (2009) göre hesaplanmıştır.

$$N = \frac{\sum c}{[(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2) \times (d)]}$$

Formülü kullanılarak hazırlanmıştır. (Maturin, 2009 ve Austin, 1988).

4. BULGULAR

4.1. BİYOYUMAKLARIN BESİN ANALİZİ

Deney sonucunda elde edilen biyoyumakların besin değeri analizleri TÜBİTAK MAM araştırma merkezi laboratuvarında yapılmıştır. Deneyin birinci grubunda oluşan biyoyumakta yapılan protein analizlerinde protein tespit edilemezken triptofan analizinde 2 mg/100g aminoasit tespit edilmiştir. Buna ek olarak yapılan nem analizlerinde ise nem 98.63 g/100g çıkarken kül analizi sonucu ise 0.08 g/100g olarak tespit edilmiştir. Şekerden oluşan biyoyumağın esansiyel aminoasit içeriği ise L-Alanin (Ala) 9 mg/100g , Glisin (Giy) 5 mg/100g, L-Valin (Val) 7 mg/100g, L-Lösin (Leu) 9 mg/100g, L-İsolösin (Ile) 5 mg/100g, L-Prolin (Pro) 7 mg/100g, L-Aspartik asit (Asp) 5 mg/100g, L-Glutamik asit (Glu) 7 mg/100g, L-Fenilalanin (Phe) 6 mg/100g, L-Lizin (Lys) 3 mg/100g, L-Tirozin (Tyr) 4 mg/100g, yapılan analizlerde tespit edilirken L-Treonin (Thr), L-Serin (Ser), L-Metionin (Met), L-Histidin (His) varlığı yapılan analizler sonucunda tespit edilmemiştir.

Tablo 3.4 Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın protein, nem, kül analizleri.

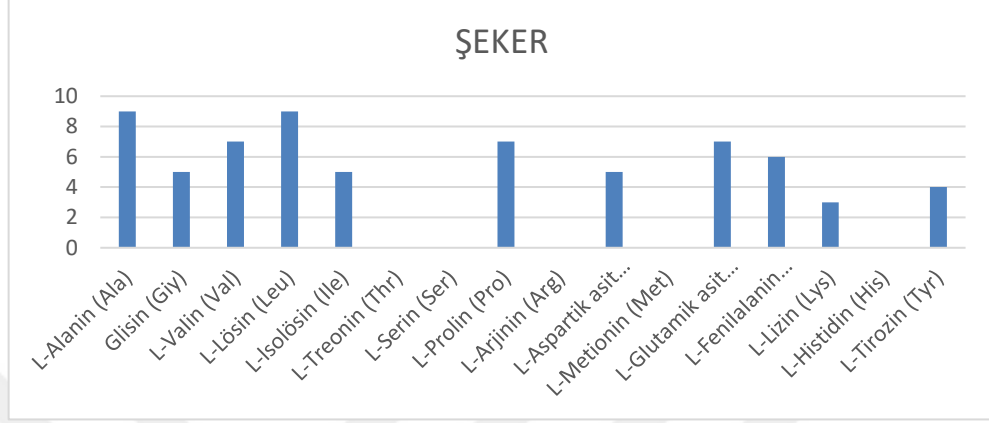
Protein	Tespit edilmedi
Triptofan (protein analizi yapılmadan)	2 mg / 100g
Nem	98.63 g / 100g
Kül	0.08 g / 100g

Tablo 3.5.Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi.

ESANSİYEL OLMAYAN AMİNOASİTLER	Toplam aminoasitlerin yüzdesi	100 g da bulunan mg
L-Alanin (Ala)	13%	9 mg/100g
Glisin (Giy)	7%	5 mg/100g
L-İsolösin (Ile)	7%	5 mg/100g
L-Serin (Ser)	0%	Tespit edilmedi
L-Prolin (Pro)	10%	7 mg/100g
L-Arjinin (Arg)	0%	Tespit edilmedi
L-Aspartik asit (Asp)	7%	5 mg/100g
L-Glutamik asit (Glu)	10%	7 mg/100g
L-Tirozin (Tyr)	6%	4 mg/100g

ESANSİYEL AMİNOASİTLER	Toplam aminoasitlerin yüzdesi	100 g da bulunan mg
L-Valin (Val)	10%	7 mg/100g
L-Lösin (Leu)	13%	9 mg/100g
L-Treonin (Thr)	0%	Tespit edilmedi
L-Metionin (Met)	0%	Tespit edilmedi
L-Fenilalanin (Phe)	9%	6 mg/100g
L-Lizin (Lys)	4%	3 mg/100g
L-Histidin (His)	0%	Tespit edilmedi

Tablo 3.6. Şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi dağılımı.



Deneyin ikinci grubu olan melastan oluşan biyoyumakta yapılan protein analizlerinde 1.56 g/100g protein tespit edilmiştir. Yapılan triptofan analizinde 10 mg/100g aminoasit tespit edilmiştir. Buna ek olarak yapılan nem analizlerinde ise nem 93.41 g/100g çıkarken kül analizi sonucu ise 2.88 g/100g olarak tespit edilmiştir. Melastan oluşan biyoyumağın esansiyel aminoasit içeriği ise L-Alanin (Ala) 9 mg/100g , Glisin (Giy) 5 mg/100g, L-Valin (Val) 7 mg/100g, L-Lösin (Leu) 9 mg/100g, L-İsolösin (Ile) 5 mg/100g, L-Prolin (Pro) 7 mg/100g, L-Aspartik asit (Asp) 5 mg/100g, L-Glutamik asit (Glu) 7 mg/100g, L-Fenilalanin (Phe) 6 mg/100g, L-Lizin (Lys) 3 mg/100g, L-Tirozin (Tyr) 4 mg/100g, yapılan analizler tespit edilirken L-Treonin (Thr), L-Serin (Ser), L-Metionin (Met), L-Histidin (His) yapılan analizler sonucunda tespit edilmemiştir.

Tablo 3.7. Melas karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın protein, nem, kül analizleri

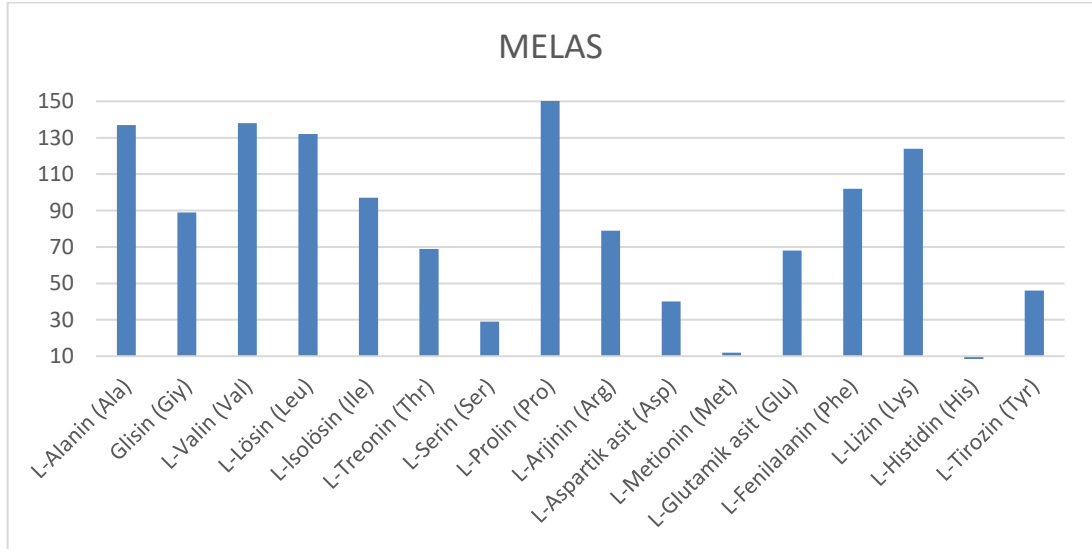
Protein	1.56 g / 100g
Triptofan (protein analizi yapılmadan)	10 mg / 100g
Nem	93.41 g / 100g
Kül	2.88 g / 100g

Tablo 3.8. Melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi.

ESANSİYEL OLMAYAN AMİNOASİTLER	Toplam aminoasitlerin yüzdesi	100 g da bulunan mg
L-Alanin (Ala)	10%	137 mg/100g
Glisin (Giy)	6%	85 mg/100g
L-İsolösin (Ile)	7%	97 mg/100g
L-Serin (Ser)	2%	29 mg/100g
L-Prolin (Pro)	15%	208 mg/100g
L-Arjinin (Arg)	6%	79 mg/100g
L-Aspartik asit (Asp)	3%	42 mg/100g
L-Glutamik asit (Glu)	5%	68 mg/100g
L-Tirozin (Tyr)	3%	46 mg/100g

ESANSİYEL AMİNOASİTLER	Toplam aminoasitlerin yüzdesi	100 g da bulunan mg
L-Valin (Val)	10%	138 mg/100g
L-Lösin (Leu)	10%	132 mg/100g
L-Treonin (Thr)	5%	69 mg/100g
L-Metionin (Met)	1%	12 mg/100g
L-Fenilalanin (Phe)	7%	102 mg/100g
L-Lizin (Lys)	9%	124 mg/100g
L-Histidin (His)	1%	7 mg/100g

Tablo 3.9. Melas karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi dağılımı.



Deneyin üçüncü ve son grubu olan glikozdan oluşan biyoyumakta yapılan protein analizlerinde protein tespit edilemezken triptofan analizinde 1 mg/100g aminoasit tespit edilmiştir. Buna ek olarak yapılan nem analizlerinde ise nem 98.41 g/100g çıkarken kül analizi sonucu ise 0.11

g/100g olarak tespit edilmiştir. Glikoz şurubundan oluşan biyoyumakta esansiyel aminoasit içeriği ise L-Alanin (Ala) 6 mg/100g , Glisin (Giy) 4 mg/100g, L-Valin (Val) 4 mg/100g, L-Lösin (Leu) 6 mg/100g, L-İsolösin (Ile) 3 mg/100g, L-Prolin (Pro) 5 mg/100g, L-Aspartik asit (Asp) 4 mg/100g, L-Glutamik asit (Glu) 6 mg/100g, L-Fenilalanin (Phe) 6 mg/100g, L-Lizin (Lys) 4 mg/100g, L-Tirozin (Tyr) 3 mg/100g, yapılan analizlerde tespit edilirken L-Treonin (Thr), L-Serin (Ser), L-Metionin (Met), L-Histidin (His) varlığı yapılan analizler sonucunda tespit edilmemiştir.

Tablo 3.10. Glikoz şurubun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın protein, nem, kül analizleri

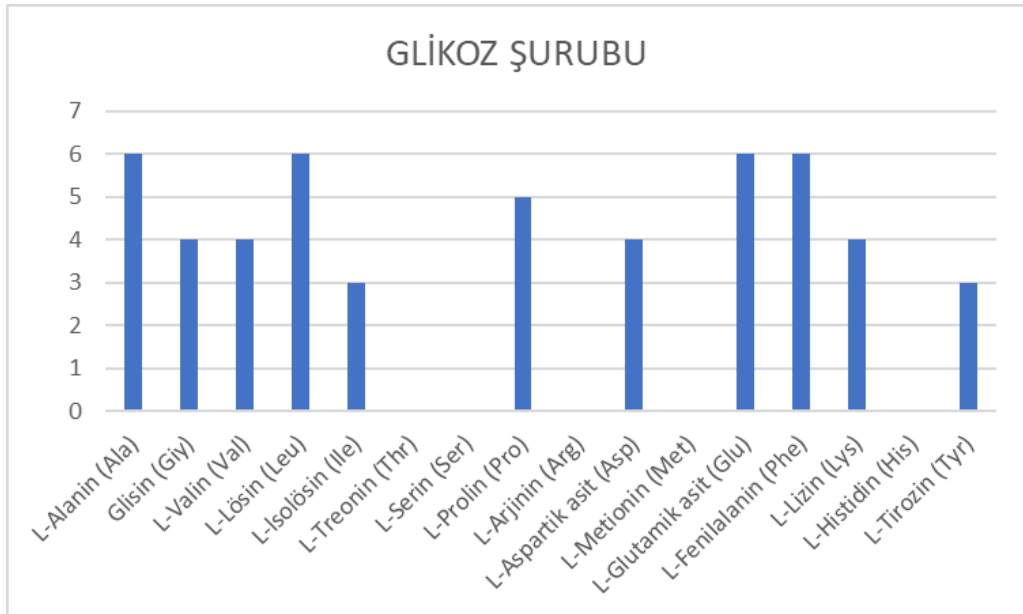
Protein	Tespit edilmedi
Triptofan (protein analizi yapılmadan)	1 mg / 100g
Nem	98.41 g / 100g
Kül	0.11 g / 100g

Tablo 3.11. Glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi.

ESANSİYEL OLMAYAN AMİNOASİTLER	Toplam aminoasitlerin yüzdesi	100 g da bulunan mg
L-Alanin (Ala)	12%	6 mg/100g
Glisin (Giy)	8%	4 mg / 100g
L-İsolösin (Ile)	6%	3 mg / 100g
L-Serin (Ser)	0%	Tespit edilmedi
L-Prolin (Pro)	10%	5 mg / 100g
L-Arjinin (Arg)	0%	Tespit edilmedi
L-Aspartik asit (Asp)	8%	4 mg / 100g
L-Glutamik asit (Glu)	12%	6 mg / 100g
L-Tirozin (Tyr)	6%	3 mg / 100g

ESANSİYEL AMİNOASİTLER	Toplam aminoasitlerin yüzdesi	100 g da bulunan mg
L-Valin (Val)	8%	4 mg/100g
L-Lösin (Leu)	12%	6 mg/100g
L-Treonin (Thr)	0%	Tespit edilmedi
L-Metionin (Met)	0%	Tespit edilmedi
L-Fenilalanin (Phe)	12%	6 mg/100g
L-Lizin (Lys)	8%	4 mg/100g
L-Histidin (His)	0%	Tespit edilmedi

Tablo 3.12. Glikoz şurubu karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın amino asit analizi dağılımı.

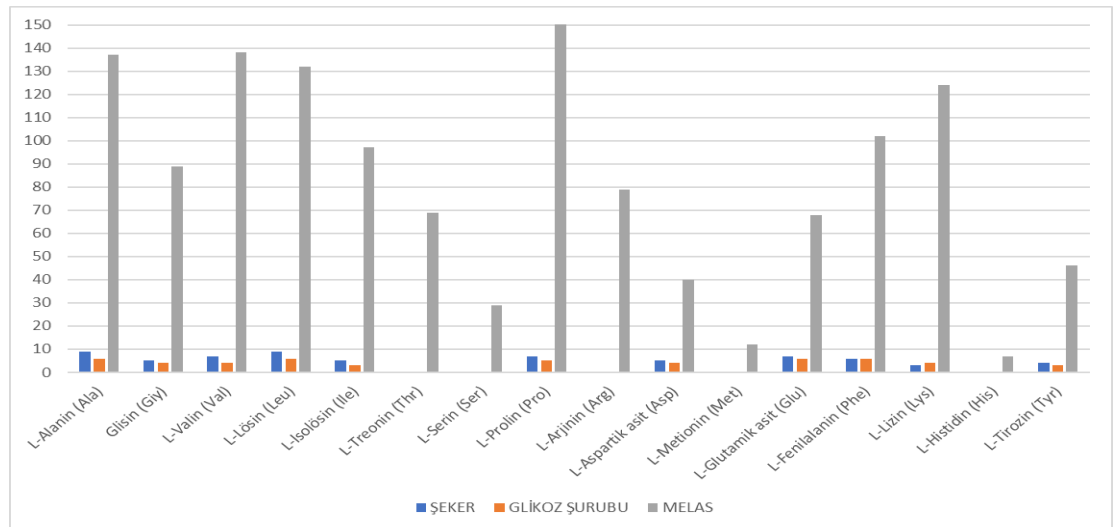


Yapılan analizler sonusunca şekerden ve glikoz şurubundan oluşan biyoyumakta sonuçlar birbirine yakın çıkarken melastan oluşan biyoyumakta sonuçlar hem farklı hemde diğer biyoyumaklardan daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.13. Karbon kaynağına göre oluşan biyoyumakların protein, nem, kül analizleri.

	ŞEKER	GLİKOZ ŞURUBU	MELAS
Protein	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi	1.56 g/100g
Triptofan (protein analizi yapılmadan)	2 mg/100g	1 mg/100g	10 mg/100g
Nem	98.63 g/100g	98.41 g/100g	93.40 g/100g
Kül	0.08 g/100g	0.11 g/100g	2.88 g/100g

Tablo 3.14. Karbon kaynağına göre oluşan biyoyumakların amino asit analizi dağılımı

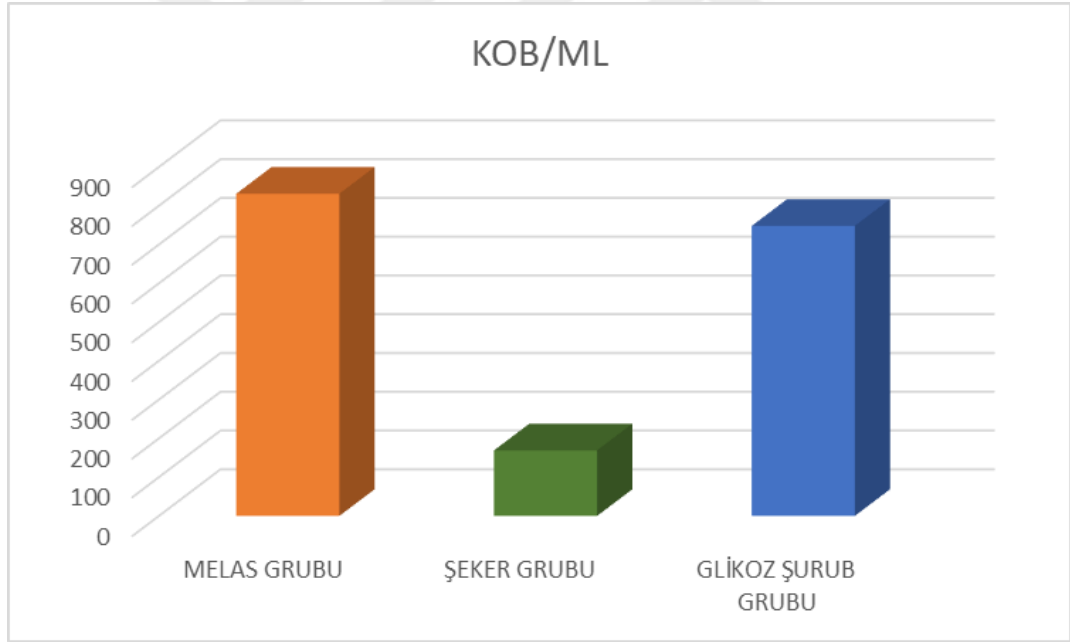


Tablo 3.15. Karbon kaynağına göre oluşan biyoyumakların amino asit analizleri

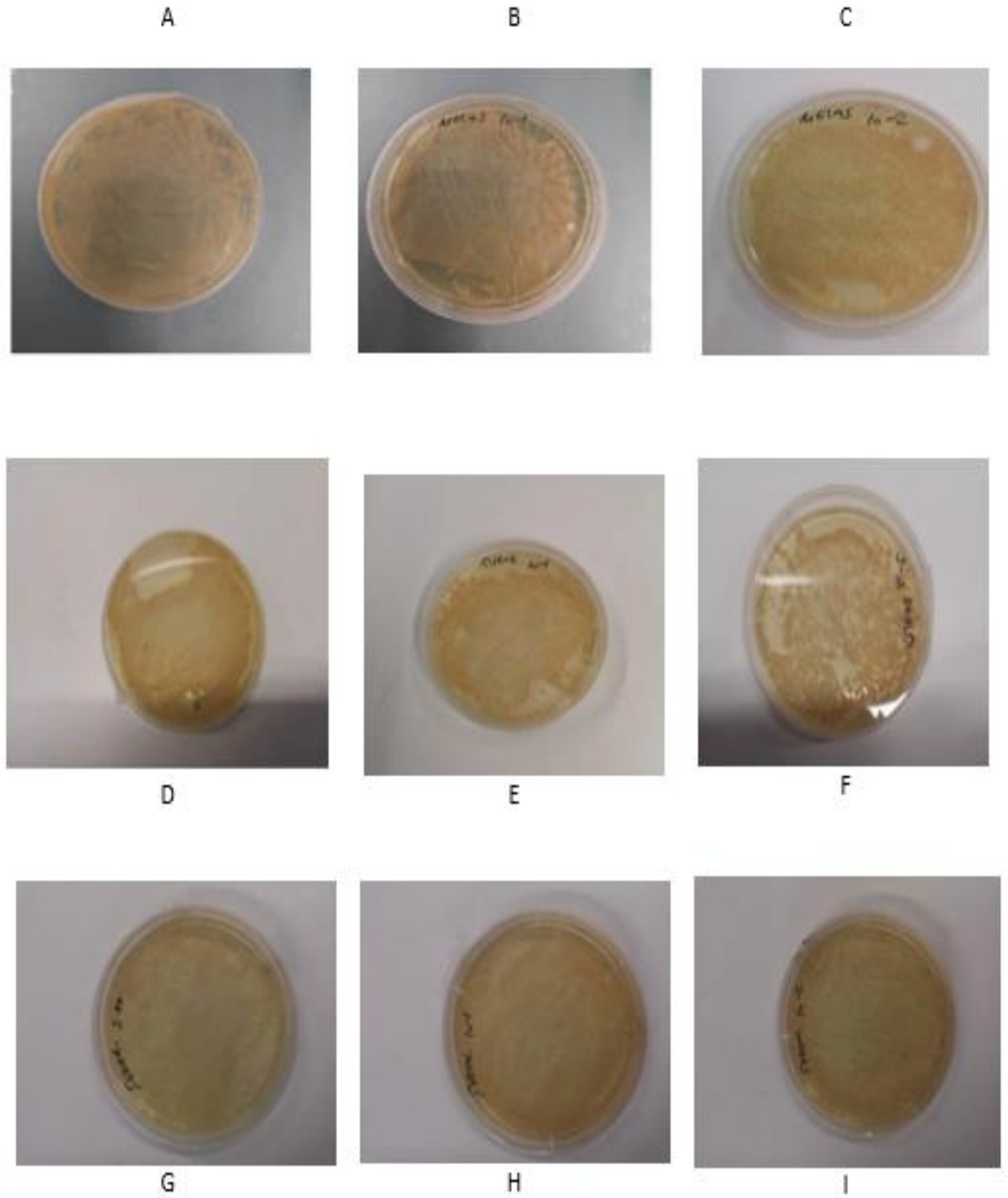
AMİNOASİT	ŞEKER	GLİKOZ ŞURUBU	MELAS
L-Alanin (Ala)	9 mg/100g	6 mg/100g	137 mg/100g
Glisin (Giy)	5 mg/100g	4 mg/100g	89 mg/100g
L-Valin (Val)	7 mg/100g	4 mg/100g	138 mg/100g
L-Lösin (Leu)	9 mg/100g	6 mg/100g	132 mg/100g
L-İsolösin (Ile)	5 mg/100g	3 mg/100g	97 mg/100g
L-Treonin (Thr)	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi	69 mg/100g
L-Serin (Ser)	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi	29 mg/100g
L-Prolin (Pro)	7 mg/100g	5 mg/100g	206 mg/100g
L-Arjinin (Arg)	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi	79 mg/100g
L-Aspartik asit (Asp)	5 mg/100g	4 mg/100g	40 mg/100g
L-Metionin (Met)	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi	12 mg/100g
L-Glutamik asit (Glu)	7 mg/100g	6 mg/100g	68 mg/100g
L-Fenilalanin (Phe)	6 mg/100g	6 mg/100g	102 mg/100g
L-Lizin (Lys)	3 mg/100g	4 mg/100g	124 mg/100g
L-Histidin (His)	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi	7 mg/100g
L-Tirozin (Tyr)	4 mg/100g	3 mg/100g	46 mg/100g

4.2. TOPLAM AEROBİK MEZOFİLİK BAKTERİ YÜKÜNÜN TESPİTİ İLE İLGİLİ BULGULAR

İki tekrarlı olarak gerçekleştirilen yayma ekimlerin inkübasyon sonucu biyoyumaklardan besi yerlerinde oluşan koloniler 10^{-1} ve 10^{-2} seyreltme ekimlerinde sayılamaz çıkarken (Şekil 4,1), 10^{-3} seyretme ile 10^{-4} seyreltmede sayılabilir sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.2). Formülasyonda petrilere sayılan koloni değerleri yerine konularak toplam aerobik mezofilik bakteri yükü (TAMB) hesaplanmış ve sonucu sonucu kob/ml olacak şekilde grafikte gruplar gösterilmiştir (Şekil 3-14). Gruplar içinde en yüksek toplam aerobik mezofilik bakteri yükünün üçüncü grubumuzu oluşturan glikoz şurubunda (755×10^3 kob/ml) olduğu tespit edilmiştir. En az toplam aerobik mezofilik bakteri yükü (TAMB) üçüncü grubumuzu oluşturan şekerde 153×10^3 kob/ml, birinci grubumuzu oluşturan melasta toplam aerobik mezofilik bakteri yükü 680×10^3 kob/ml olarak tespit edildi.

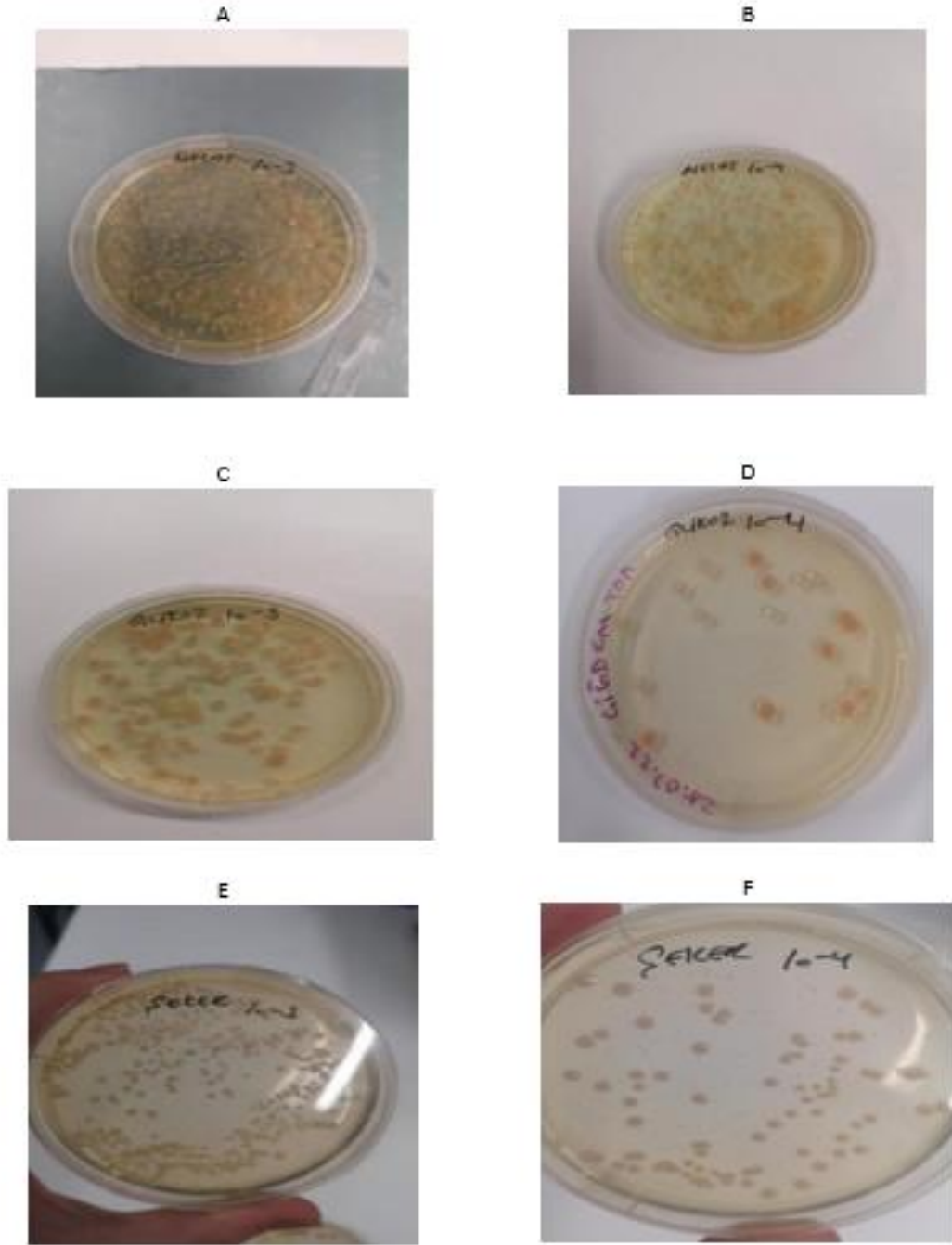


Şekil 3-8: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün (TAMB KOB/ML).



Şekil 3-9: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün (TAMB) saf, 10^{-1} ve 10^{-2} dilüsyonlarda ekim yapılmış sayılamayan petriler (A Grup 1 saf,)

A: Grup 1 saf ekim, B: Grup 1 10^{-1} dilüsyon ekim, C: Grup 1 10^{-2} dilüsyon ekim, D: Grup 2 saf ekim, E: Grup 2 10^{-1} dilüsyon ekim, F: Grup 2 10^{-2} dilüsyon ekim, G: Grup 3 saf ekim, H: Grup 3 10^{-1} dilüsyon ekim, I: Grup 3 10^{-2} dilüsyon ekim



Şekil 3-10: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Yükünün (TAMB) 10^{-3} ve 10^{-4} dilüsyonlarda ekim yapılmış sayıla bilen petriler (A Grup 1 saf,)

A: Grup 1 10^{-3} dilüsyon ekim, B: Grup 1 10^{-4} dilüsyon ekim, C: Grup 2 10^{-3} dilüsyon ekim, D: Grup 2 10^{-4} dilüsyon ekim, E: Grup 3 10^{-3} dilüsyon ekim, F: Grup 3 10^{-3} dilüsyon ekim

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında yetiştiricilik için canlı hayvan bulunmayan tank sistemlerinde biyoyumak üretimi ve üretilen biyoyumağın kullanılan karbonhidrat kaynağına göre besin değerlerindeki değişimler araştırılmıştır. Çalışmada biyoyumak oluşumu için basit şeker, melas ve glikoz kullanılarak üretim yapılmıştır.

Su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe üzerinde durulan en önemli noktalardan biri yem ve yem içerikleridir. Yem maliyetlerinin azaltılması ve yemden elde edilen faydaların artırılması yönünde birçok çalışma yapılmaktadır. Günümüzde sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm yaklaşımı sonucunda biyoyumak teknolojisi popülerlik kazanmakta ve üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Biyoyumak teknolojisinin temel çalışma prensibi mevcut üretim sistemindeki suya karbonhidrat kaynakları ekleyerek yoğun mikrobiyal biyoyumakların geliştirilmesidir. Sahip olduğu bu temel prensip sayesinde mevcut su kalitesinin korunmasını sağlarken aynı zamanda ek bir yem kaynağı oluşturarak sürdürülebilir bir su ürünleri yetiştiriciliği tekniği oluşturmaktadır (Avnimelech ve diğ., 1989; Avnimelech, 1999; Crab ve diğ., 2007; Crab ve diğ., 2009; Crab ve diğ., 2010). Biyoyoyumak teknolojisinde kullanılan karbon kaynakları genellikle insan gıdası veya hayvan yemi endüstrisinden elde edilen, ucuz ve yerel olarak temin edilebilen ürünler veya yan ürünlerdir. Monosakkarit ve oligosakkarit gibi karbonhidrat bakımından zengin kaynaklar (örn., Glikoz, sükroz bakımından zengin şekerler vb.) ve polisakkarit kompleks açısından zengin kaynaklar (örn., Nişasta ve selüloz), farklı bakteri asimilasyonlarına, besin değerine ve büyümeye yol açacaktır. (Crab ve diğ.). Bu sebeple kurulan deney sisteminde üretim amacıyla karbon kaynağı olarak şeker, melas ve glikoz şurubu seçilmiştir.

Şekerin kimyasal yapısı, heterotrofik bakterilerin sistemdeki biyokütlelerinin hızlıca artmasını yardımcı olur. Yapılan 20 günlük bir deney çalışmasında glikoz, asetat ve nişasta gibi farklı karbon kaynaklarının kullanımının sonucunda oluşan biyoyumaklar incelenmiştir. Kullanılan karbon kaynaklarının herbirinde farklı bir mikrobiyal topluluk gelişmiştir. Bu çalışma sonucunda biyoyumaktaki biyokütlenin karbon kaynağına göre değiştiği ortaya konmuştur. (Akiyama ve diğ., 1992). Çalışmamızda da şeker kullanılarak yapılan üretimde elde edilen

biyokütlenin diğer gruplara göre ağırlık bakımından daha iyi bir sonuç verdiği tespit edilmiştir. Melas kullanımında ise en düşük ağırlık kazanımı gerçekleşmiştir.

Yumak biyokütlesi, çeşitli biyoaktif bileşiklerin yanı sıra tam bir beslenme kaynağı sağlayabilir (Akiyama ve diğ., 1992). Biyoyumakların besin değeri, sistemde bulunan canlıların besin tercihlerine, mikrobiyal proteini alma ve sindirme yeteneklerine ve sudaki yumağın yoğunluğuna bağlıdır (Hargreaves 2006). Yapılan birçok araştırmada biyoyumak teknolojisinin aynı zamanda kullanılan yemden yeniden yararlanmaya destek olduğunu ortaya koymaktadır (Leber ve Pruder 1988; Moss ve diğ., 1992; Wasielesky ve diğ., 2006). Anand ve diğ., (2014) *Oreochromis Niloticus* yetiştiriciliğinde biyoyumak teknolojisi kullanılması üzerine yaptıkları çalışmada oluşan biyoyumakların besin içeriği incelenmişlerdir. Yapılan araştırmalar sonucunda biyoyumağın besin bileşenleri %24,30 protein, %3,53 ham lipid, %29,24 azot içermeyen ekstrakt, %31,98 kül içeriği ve %10,75 asitte çözünmeyen kül içerdiğini ortaya koymuştur. Çalışmamızda glikoz şurubu ve şeker gruplarında protein analizleri sonuç vermemiş olmakla birlikte karbon kaynağı olarak melasın kullanıldığı grupta protein saptanmıştır. Protein miktarlarının tespit edilememesinin temel nedeni olarak mevcut su hacminde üretilen biyoyumak miktarının oldukça az olması düşünülmektedir.

Balık unu balık yemi üretiminde kullanılan en pahalı yem hammaddelerinden biridir. Balık besleme üzerine çalışan birçok araştırmacı balık ununa muadil olabilecek daha ucuz bitkisel protein kaynaklarını veya başka hayvansal kaynaklı protein kaynağı kullanmak amacıyla çeşitli araştırmalar yapmaktadırlar (Akiyama ve diğ., 1995). Balık unu balıklar için üretilen karma yemlerin içerisinde yoğunlukla kullanılan bir protein kaynağıdır. Balık unu bileşiminde yüksek oranda protein, esansiyel aminoasitler, mineraller, fosfolipidler ve yağ asitleri barındırır. Proteinlerin yapı taşları aminoasitlerdir. Aminoasitler vücutta sentezlenen yani -esansiyel olmayan- ve vücutta sentezlenmeyen -esansiyel olan- aminoasitler olmak üzere iki çeşittir. Esansiyel aminoasitler, canlı tarafından sentezlenemediğinden besinlerle dışarıdan alınması gerekmektedir. Bu aminoasitler; lizin, lösin, izolösin, metiyonin, treonin, triptofan, fenilalanin, valin olmak üzere sekiz adettir (Imura ve Okada 1998; Aksoy, 2000; Saldamlı, 2007;). Mertz (1968) gökkuşağı alabalıklarının yemlerinde bulunması gerekli olan esansiyel amino asit ihtiyaç düzeylerini (proteinin yüzdesi olarak); treonin %3.55-4.69, valin %4.39-5.78, metiyonin %2.47-4.08, izolösin %4.52-4.99, lösin %8.51-14.55, timsin %3.79-4.06, fenilalanin %4.68-

5.55, lizin %5.26-8.24, histidin %2.16-2.92 ve arjinin %6.67-6.84 olarak saptamıştır. Halver (1976), salmon balıklarının esansiyel amino asit ihtiyaçlarını rasyonun yüzdesi olarak bildirmiştir. Buna göre, salmon balıklarının yemlerinde %2,5 arjinin, %0.7 histidin, %1.0 izolösin, %1.5 lösin, %2.1 lizin, %0.5 metiyonin, %2.0 fenilalanin, %0.8 treonin, %0.2 triptofan ve %1.5 valin amino asitleri bulunmalıdır (Rumsey ve Ketola, 1975; Kaushik ve Luquet, 1979; Arai, 1981; Ketola, 1982; Ogata ve diğ., 1983).

Rønnestad (1989), 'a göre aminoasitler canlının yaşamını sürdürmesi için gerekli olan birçok olayın başlangıç materyali olduğunu ve özellikle balıklarda enerji metabolizmasında çok önemli yerleri bulunduğunu belirtmiştir. L-alanin, protein biyosentezinde en çok kullanılan ikinci aminoasittir. Proteinlerin yaklaşık olarak %7,8'i alanin yapıtaşlarından oluşmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda sardalya balığından elde edilen balık ununun 100 gramında 4,74g alanin tespit edilmiştir (Widsor2001). Buna karşın bu çalışmamızda şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 9mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 6mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 137mg alanin tespit edilmiştir.

Amino asitler kısa zincirli yağ asitlerine bir amino kökünün girmesiyle meydana gelirler. En basit amino asit, asetik asit (sirke asiti)'e bir amino kökünün girmesiyle oluşan glisin'dir (Çetinkaya, 1995). Balık ununun 100 gramında 6,44g glisin bulunduğu tespit edilmiştir (Widsor 2001). Buna karşın bizim çalışmamızda şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 5 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 4 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 89 mg glisin tespit edilmiştir.

Çetinkaya 1995, Balıklar üzerinde yapılan çalışmalarda valin'in esansiyel olduğu bildirilmiştir (Halver, 1989). Valin gibi esansiyel amino asitler yönünden yetersiz olan yemlerle beslenen alabalıklarda büyümenin gerilediği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Dabrowska, 1984; Fauconneau, 1988; Kaushik ve diğ., 1988; Pfeffer ve diğ., 1992; Kim ve diğ., 1992 b, c). Balık ununun 100 gramında 2,93 g valin bulunduğu tespit edilmiştir (Widsor2001). Buna karşın bizim çalışmamızda şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 7 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 4 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 138 mg valin tespit edilmiştir.

Gökkuşağı alabalıklarının büyümesi ve vücut kompozisyonu üzerine yemdeki lösün fazlalığının etkisini araştırılmıştır. Lösün amino asit düzeyi 6,1-6,2 arasında değişen yemlerle yapılan besleme denemesi sonucunda; lösün miktarının %6,2 oranına kadar arttırılmasının balık etinin ham protein düzeyinde önemli bir farklılığa yol açmadığı, ham yağ, ham kül ve su düzeylerine ait farklılıkların ise önemli olduğu saptanmıştır (Choo ve diğ. 1991). Balık ununun 100 gramında 4,23 g lösün bulunduğu tespit edilmiştir (Widsor2001). Buna karşın çalışmamızda şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 9 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 6 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 134 mg lösün tespit edilmiştir.

Balık unun 100 gramında 2,41 g Isolösün bulunduğu tespit edilmiştir (Widsor2001). Bizim çalışmamızda ise şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 5 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 3 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 97 mg Isolösün tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmalarda alanin, asit, glutamik asit, glisin, prolin ve serin'in esansiyel olmadığı tespit edilmiştir (Halver, 1989). Balık unun 100 gramında 3,45 g prolin bulunduğu tespit edilmiştir (Widsor2001). Bizim çalışmamızda ise şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 7 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 5 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 206 mg prolin tespit edilmiştir.

Aspartik asit ve glutamik asit enzimlerin aktif merkezinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, proteinlerin çözünürlük ve iyonik karakterinin muhafaza edilmesinde yararlıdır (Belitz ve diğ., 2001; Sikorski ve diğ., 1990). Rosa ve Nunes (2004). Glutamik asit, aspartik asit, alanin ve glisin gibi birçok aminoasit tat ve lezzetten sorumludur. Bu aminoasitler, balıklara karakteristik tat ve lezzet vermeleri açısından önemlidir (Ruiz-Capillas ve Moral, 2004). Balık ununun 100 gramında 5,53 g aspartik asit bulunduğu tespit edilmiştir edilmiştir (Widsor2001). Çalışmamızda ise şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 5 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 4 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 40 mg aspartikasit tespit edilmiştir. Buna ek yine yaptığımız çalışmada şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 5 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı

biyoyumağın 100 gramında 4 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 40 mg şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 7 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 6 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 68 mg glutamik asit tespit edilmiştir.

Kim ve diğ. (1992), Arjinin, histidin, lösın, isolösın, lisin, metiyonin, fenilalanin, teonin, ve valin gibi esansiyel amino asitler yönünden yetersiz olan yemlerle beslenen alabalıklarda büyümenin gerilediği birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Dabrowska, 1984; Fauconneau, 1988; Kaushik ve diğ., 1988; Pfeffer ve diğ., 1992). Çetinkaya (1995)'nın çalışmasında tespit ettiği üzere, bazı amino asitler vücutta sentezlenebildiği halde organizmanın büyüme ihtiyacını sağlayacak miktarda ve seviyede sentezlenemediği için takviye edilmeleri gerekir. Bunun gibi amino asitlere de yarı esansiyel ya da yarı eksojen amino asitler olarak anılmaktadır ve bu nedenle esansiyel rol oynayabilirler. Bu amino asitlerin düzeyi, vücutta sentezlenme ihtiyacını azalttığından tasarruf ettirici bir etkiye de sahiptir. Bununla ilgili en önemli örnekler; metiyonin'in sistin'e, fenilalanin'in ise tirozin'e dönüşümüdür. Bu durumda rasyonda sistin ve tirozin yoksa veya yeterli seviyede değil ise metiyonin ve fenilalanin bunların sentezi amacıyla kullanılacaktır (Halver, 1989; NRC, 1990). Balık ununun 100 gramında 2,15 g fenilalanin ve 100 gramında 1,69 g tirozin tespit edilmiştir (Widsor, 2001). Buna karşın bizim yaptığımız çalışmada şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 6 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 6 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 102 mg fenilalanin tespit edilirken şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 4 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 3 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 46 mg tirozin tespit edilmiştir. Metiyonin ise balık unun 100 gramında 1,69 gram bulunurken (Widsor, 2001), yaptığımız çalışmada şekerin ve glikoz şurubun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın histidin tespit edilemezken melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 12 mg metiyonin tespit edilmiştir.

Adams ve ark. (1988), *Oreochromis niloticus* yemlerinde kimyasal cezbedicilerle zenginleştirme üzerine yapılan bir çalışmada, glutamik asit, aspartik asit, lizin, sitrik asit ve malik asitin etkili, alanin ve serinin ise etkisiz olduğunu belirlemişlerdir. Harada (1993), hava

balıkları (*Misgurnus anguillicaudatus*) üzerinde yaptığı bir çalışmada; L-lizin ve L-alaninin cezbedici madde, DL-laktik asit, pruvik asit ve suksinik asitin ise caydırıcı madde olduğunu bulmuştur. Fox ve ark. (1995), buğday gluteniyle beslenen juvenil karideslerde lizin, arjinin ve metiyoninin limitlerinin belirlenmesini çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda metiyonin ve lizinle beslenen karideslerin, argininle beslenenlere göre daha az büyüme gösterdikleri belirlenmiştir. Balık unun 100 gramında 6,44g lizin bulunduğu tespit edilmiştir (Widsor, 2001). Çalışmamızda ise şekerin karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 3 mg, glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 4 mg ve melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında ise 124 mg lizin tespit edilmiştir.

Histamin de histidin aminoasitinin dekarboksilasyonu sonucu oluşan, güçlü biyolojik aktivitesi olan bir kimyasal ajandır (Taylor, 1986). Özellikle su ürünlerinde histamin, kalite belirleyici ve mikrobiyal bozulma indeksidir. Taze balıkta histamin miktarı oldukça azdır ve balıklarda histamin bozulma belirtisi olarak görülmektedir (VecianaNogues ve diğ., 1989; Vidal Corou ve diğ., 1990). Genellikle 100 mg/100 g histamin oranı balıklarda toksik olarak değerlendirilmektedir (Shalaby, 1996). Avrupa Birliği 100 g balık etindeki histamin yasal limitini 10 mg belirtirken, son olarak FDA (Food Drug Administration) bu limiti 5 mg olarak belirlemiştir (Anonim, 2018). Balık unun 100 gramında 1,30 g histidin bildirilmiştir (Widsor 2001). Buna karşın yaptığımız çalışmada ise şekerin ve glikoz şurubun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın histidin tespit edilemezken melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 7 mg histidin tespit edilmiştir.

Aminoasitler çeşitli balık ve kabuklu türleri için kalite indeksleri olarak da kullanılmaktadır. Aminoasitlerden tyrosin, arjinin ve lizin balıkların bozulması sırasında çok önemlidir. Çünkü bu aminoasitler dekarboksilasyon ile biyojen aminleri üretebilmektedir. Biyojen aminler, toksisite açısından önem taşımaktadır ve balıklar için kalite kontrol indeksi olarak kabul edilmektedir (RuizCapillas ve Moral, 2001). Balık unun 100 gramında 4,16 gram arjinin tespit edilirken (Widsor, 2001) şekerin ve glikoz şurubun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın arjinin tespit edilemezken melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında 79 mg arjinin tespit edilmiştir. Aynı zamanda serin ve treonin şeker ve glikoz şurubunu karbon kaynağı olarak kullanan biyoyumağın tespit edilemezken treonin

melas kaynaklı biyoyumağın 100 gramında 69 mg tespit edilirken yine melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumağın 100 gramında serin 29 mg olarak tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda şekerin ve glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumaklarda ortak olarak her iki grupta da L-Treonin (Thr), L-Serin (Ser), L-Arjinin (Arg) L-Metionin (Met), L-Histidin (His) tespit edilemezken melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumakta tüm aminoasitler tespit edilmiştir. Buna ek olarak karbon kaynağı olarak şeker ve glikoz şurubunun karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumakların aminoasit içeriği incelendiğinde içeriğinde bulunan aminoasitlerin miktarları birbirine yakın çıkarken, melasın karbon kaynağı olarak kullanıldığı biyoyumakta aminoasit içeriği diğerlerine göre yüksek çıkmıştır.

Yapılan çalışma için kurulan biyoyumak sistemlerinde canlı bulunmamaktadır. Bu yüzden azot ve karbon kaynağı dışarıdan harici olarak eklenmiştir. Harici olarak eklenen azot ve karbon kaynağı sistemde sabit tutulmuştur. Azot miktarı, sistemde biyoyumak üretiminde sınırlayıcı bir etki oluşturmuştur. Bu harici kaynakların sisteme farklı oranlarda dahil edildiğinde nasıl sonuçların elde edileceği araştırılması gereken bir konudur. Buna ek olarak sisteme dışardan eklenen azot ve karbon kaynağının da kendine ait bir mikroflorasının bulunabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu kaynakların direk veya sterilize edilerek kullanıldığında oluşabilecek olan biyoyumakların mikrobiyolojik olarak ayrıca araştırılması gerekmektedir.

SONUÇ

Çalışmamızda elde etmiş olduğumuz sonuçlar ışığında, farklı karbon kaynakları ile üretilen biyoyumakların besin içerikleri ile balık beslenmesinde ek bir yem olarak kullanılabileceği veya yem hammaddesi olarak üretilmesi durumunda yem formülasyonlarında yer alabileceği düşünülmektedir. Özellikle esansiyel amino asitlerin varlığı, sistemde atık olarak bulunan protein kaynaklarının yeniden tüketime kazandırılmasında başarı sağlanabileceğini göstermektedir. Bu açıdan sürdürülebilir su ürünleri üretiminde biyoyumak sistemlerinin

gelecekte oldukça önemli bir rol oynayabileceği söylenebilir. Çalışmamızda kullanılan karbon kaynaklarının farklılaştırılması ve yapılan araştırmaların çeşitlendirilmesinde fayda vardır. Biyoyumak sisteminin, üretilen su ürünleri ile etkileşim içerisinde olacağı ve biyoyumak kütesinin içeriğinin değişkenlik göstereceği göz ardı edilmemelidir. Farklı kaynak kullanımı ve farklı türlerin varlığı sistem içerisinde oluşacak protein miktarını ve atık dönüşümünü etkileyecektir. Bu etkileşimlerin daha detaylı olarak incelenebilmesi için konuyla ilgili derinleşen deneysel çalışmalar yapılmalı ve farklı sistemlerde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalıdır.

||



6. KAYNAKLAR

- Ahmad, I., Rani, A. B., Verma, A. K., & Maqsood, M. (2017). Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. *Aquaculture International*, 25(3), 1215-1226.
- Aktaş, M. and Kumlu, M. 1999. Gonadal maturation and spawning of *Penaeus semisulcatus* (Penaeidae: Decapoda). *Turkish Journal of Zoology*, 23(1); 61-66. Aktaş, M., Kumlu, M. and Eroldogan, O. T. 2003. Off-season maturation and spawning of *Penaeus semisulcatus* by eyestalk ablation and/or temperature–photoperiod regimes. *Aquaculture*, 228(1-4); 361-370.
- Anand, P. S., Kohli, M. P. S., Kumar, S., Sundaray, J. K., Roy, S. D., Venkateshwarlu, G., Sinha, A. and Pailan, G. H. 2014. Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 418, 108-115.
- Anonim. (2017a). Proteinler. <http://www.biyolojidefteri.com/index.php/proteinler> (16 Mart 2017). Anonim. (2017b). Proteinler. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Proteinler.pdf (20 Mart 2017).
- Austin, B, 1988, *Marine Microbiology*, Cambridge University Press, Cambridge, 0 521 32252 9.32252 9.
- Ballester, E. L., Maurente, L. P., Heldt, A., & Dutra, F. M. (2018). Vitamin and mineral supplementation for *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. *Latin american journal of aquatic research*, 46(4), 855-859.
- Bossier, P., & Ekasari, J. (2017). Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. *Microbialbiotechnology*, 10(5), 1012-1016.
- Castro-Nieto, L. M., Castro–Barrera, T., De Lara-Andrade, R., Castro-Mejía, J., & Castro-Mejía, G. (2012). Biofloc systems: a technological breakthrough in aquaculture. *El Hombre y su Ambiente*, 1(1), 1-5.
- Celikkale, M.S., 1988, ıgsu ballklarr ve yetiřiriciligi. K.T.Ü. Üniversitesi , Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, cilt: 1, yaytn no: 2, Trabzon, 419 s.

Celikkale, M.S., Kurtoglu, i.z., S., Sivri, N. ve AkyoL S., 1998, Gökkuşaklı (Oncorhynchus mykiss) ve kaynak alabalığı (Salvelinus fontinalis, Mitchill)'nın et verimi ve etin biyokimyasal bileşiminin karşılaştırılması. Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu (10-12 Haziran), Erzurum, 4149.

Cetinkaya, O., 1995, Balık besleme. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, yayın no: 9, Van, 137 s.

Choo, H. X., & Caipang, C. M. A. (2015). Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, 8(3), 362-366.

Cohen, J., Samocha, T. M., Fox, J. M., Gandy, R.L. and Lawrence, A. L. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *L. vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. Aquac Engineering, 32:425–442.

Colman, A. and Pulford, B. 2006. A crash course in SPSS for Windows: updated for versions 10, 11, 12 and 13. Blackwell Publishers, Inc. Corteel, M. 2013. White spot syndrome virus infection in *Penaeus vannamei* and *Macrobrachium rosenbergii*: experimental studies on susceptibility to infection and disease.. Ghent University, Department of Virology, Parasitology and Immunology, 167, Belgium. control, biofloc composition and shrimp performance. Aquaculture Research,

Crab, R. (2010). Bioflocs technology: an integrated system for the removal of nutrients and simultaneous production of feed in aquaculture (Doctoral dissertation, Ghent University).

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture, 270 (1-4); 1-14.

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W.(2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture, 270(1-4), 1-14.

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. Aquaculture, 356, 351-356.

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. Aquaculture, 356, 351-356.

- Dabrowska, H., 1984, Effect of dietary proteins on the free amino acid content in rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R.) muscles. *Comp. Biochem. Physiol.*, 77 A. 3. 553-556.
- Dabrowski, H., Poczyczynski, P. , Köck, G. and Berger, B., 1989, Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilisation and proteolytic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*): New in vivo test for exocrine pancreatic secretion. *Aquaculture*, 77, 29-49.
- Dabrowski, K. , 1983, Comparative aspects of protein digestion and amino acid absorption in fish and other animals. *Comp. Biochem. Physiol.*, 74A, 2, 417-425.
- Dabrowski. K. , 1986, Ontogenetical aspects of nutritional requirements in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 85A. 639-655
- Dabrowski. K. , Hassard, S., Quinn, J., Pitcher, T.J. and Flinn, A.M., 1980, Effect of *Geotrichum candidum* protein substitution in pelleted fish feed on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) and on utilisation of the diet. *Aquaculture*, 21, 213-232.
- Daniel, N., & Nageswari, P. (2017). Exogenous Probiotics on Biofloc based Aquaculture: A Review. *Current Agriculture Research Journal*, 5(1), 88-107.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., & Verstraete, W.(2008). The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3-4), 125-137.
- De silva, S.S. & Anderson, T.A. (1998). Fish nutrition in aquaculture. 319s. Suffolk: Chapman and Hall. development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles
- Devi, A. C. A., & Kurup, B. M. (2015). Biofloc Technology: An overview and its application in animal food industry. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences*, 5(1), 1-20. different carbon sources. *Fish & Shellfish Immunology*, 41(2); 332–339.
- Ekasari, J. (2014). Biofloc technology as an integral approach to enhance production and ecological performance of aquaculture (Doctoral dissertation, Ghent University)
- Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E. H., Bossier, P., & De Schryver, P. (2014). The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426, 105-111.

Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E. H., Bossier, P., & De Schryver, P. (2014). The size of biofloc determines thenutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426, 105-111.

Ekasari, J., Rivandi, D. R., Firdausi, A. P., Surawidjaja, E. H., Zairin Jr, M., Bossier, P. & De Schryver, P. (2015). Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441, 72-77. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.02.019

Emerenciano, M. G. C., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M.,& Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. *Water quality*, 91-109.

Emerenciano, M., Ballester, E. L., Cavalli, R. O. & Wasielesky, W. (2012b). Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43(3), 447-457. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x

Emerenciano, M., Cuzon, G., Goguenheim, J. & Gaxiola, G. (2012a). Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture Research*, 44(1), 75-85.

Emerenciano, M., Cuzon, G., Paredes, A. & Gaxiola, G. (2013a). Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. *Aquaculture International*, 21(6), 1381-1394. DOI: 10.1007/s10499-013-9640-y

Emerenciano, M., Gaxiola, G. & Cuzon, G. (2013b). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. In: Matovic MD (ed.) *Biomass Now - Cultivation and Utilization*, pp. 301–328. InTech, Queen's University, Belfast, Canada.

Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2013). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass now-cultivation and utilization*, 301-328.

FAO (2015). *FAO Global Aquaculture Production statistics database updated to 2013: Summary information*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. 2017. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. In brief. Sustainability

FAO. 2019. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. Sustainability

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. Sustainability

Fast, A. W. and Lester, L.J. (Eds.). 2013. Marine shrimp culture: principles and practices for aquaculture application and animal food industry. In: Matovic MD (ed.)

García-Ríos, L., Miranda-Baeza, A., Coelho-Emerenciano, M. G., Huerta-Rábago, J. A., & Osuna-Amarillas, P. (2019). Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 502, 26-31

Halim, M. A., Nahar, S., & Nabi, M. M. (2019). Biofloc technology in aquaculture and its potentiality: A review.

Halver, J.E., 1972, Fish nutrition. Academic Press Inc., New York, 723 p.

Halver, J.E., 1976, Formulating practical diets for fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 33, 1032-1039.

Halver, J.E., 1989, Fish nutrition. Second ed., Academic Press Inc., New York, 789 p.

Harun, A. A. C., Ghazali, N. A., Hashim, N. F. C., Mohammad, N. A. H., Ikhwanuddin, M., Ismail, N., ... & Kanan, N. A. (2018). The potential of bioflocculant-producing bacteria as inoculum for biofloc based systems. *Journal of Environmental Biology*, 39(5), 917-922.

Houlihan, D.F, Carter, C.G. & McCarthy, ID. (1995). Protein synthesis in fish. (Hochachka P, Mommsen T eds.) *Fish Molecular Biology and Biochemistry*. 4, 191-220. DOI: 10.1016/S1873-0140(06)80011-1

Jiménez-Ojeda, Y. K., Collazos-Lasso, L. F., & Arias-Castellanos, J. A. (2018). Dynamics and use of nitrogen in Biofloc Technology- BFT. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 11(4), 1107-1129.

Kathia, C. M., del Carmen, M. D. M., Aida, H. P., Jorge, C. M., & Daniel, B. C. (2017). Probiotics used in Biofloc system for fish and crustacean culture: a review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 120-125.

Kaushik, S.J. and Luquet, P., 1979, Influence of dietary amino acid patterns on the free amino acid contents of blood and muscle of rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R.). *Comp. Biochem. Physiol.* 64B, 175-180.

Kaushik, S.J. and Luquet, P., 1980, Influence of bacterial protein incorporation and or sulphur amino acid supplementation to such diets on growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture*. 19, 163-175.

Kaushik, S.J., Fauconneau, B., Terrier, L. and Gras, J., 1988. Arginine requirement and status assessed by different biochemical indices in rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R.). *Aquaculture*, 70, 75-95.

Kaya, D. ve Genç, E. 2018. Biofloc technology in aquaculture. *Ege Journal of Fisheries*

Kaya, D., & Genç, E. (2018). Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyoyumak teknolojisi. *Su Ürünleri Dergisi*, 35(2), 219-225.

Kaya, D., Genc, M. A., Aktas, M., Yavuzcan, H., Ozmen, O. and Genc, E. 2019b. Effect

Khanjani, M. H., & Sharifinia, M. (2019). Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*.

Khanjani, M. H., Sajjadi, M. M., Alizadeh, M. and Sourinejad, I. 2017. Nursery Kim, K., Hur, J. W., Kim, S., Jung, J. Y., & Han, H. S. (2020). Biological wastewater treatment: Comparison of heterotrophs (BFT) with autotrophs (ABFT) in aquaculture systems. *Bioresource technology*, 296, 122293.

Liu, W., Tan, H., Luo, G., Yu, Y., Zhang, N., Yao, M., ... & Fu, X. (2019). Effects of C/N ratio on nitrogen removal with denitrification phase after a nitrification-based biofloc aquaculture cycle. *Aquacultural Engineering*, 86, 101994.

Luo, G., Chen, X., Tan, J., Abakari, G., & Tan, H. (2020). Effects of carbohydrate addition strategy and biofloc levels on the establishment of nitrification in biofloc technology aquaculture systems. *Aquaculture*, 514, 734441

Luo, G., Xu, J., & Meng, H. (2020). Nitrate accumulation in biofloc aquaculture systems. *Aquaculture*, 520, 734675.

Luo, G., Xu, J., & Meng, H. (2020). Nitrate accumulation in biofloc aquaculture systems. *Aquaculture*, 520, 734675.

Martins, G. B., da Rosa, C. E., Tarouco, F. D. M., & Robaldo, R. B. (2019). Growth, water quality and oxidative stress of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in biofloc technology system at different pH. *Aquaculture Research*, 50(4), 1030-1039.

Maturin, L., Peeler, J. 2009. Bacteriological Analytical Manual (BAM) BAM. Chapter 3. Aerobic Plate Count. Edition 8, Revision A, 1998. Chapter 3.

Mertz, E.T., 1968, Amino acid and protein requirements of fish. In: O.W. Neuhaus and J.E. Halver (eds.), *In fish in research*. Academic Press, New York. 233 p.

Mertz, E.T., 1996, The protein and amino acid needs in fish nutrition. In: T.V.R. Pillay (ed.), *Aquaculture principles and practices*. Fishing News Books, Cambridge, U.K., 575 p.

Morris, P. (1997). Nutritional needs of bass and bream. *Fish Farmer International File*. 11(6), 28-31

Newman, S. G. (2011). Understanding biofloc in aquaculture production systems. *Aqua Culture Asia Pacific*, 7(2), 25-27.

Nootong, K., Pavasant, P., & Powtongsook, S. (2011). Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(3), 339-346.

Ray, A. J., & Lotz, J. M. (2014). Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. *Aquacultural Engineering*, 63, 54-61.

Ruiz-Capillas, C. & Moral, A. (2004). Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in controlled and modified atmospheres during chilled storage. *Food Chemistry*, 86, 85–91. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.08.019

Ruiz-Capillas, C., & Moral, A. (2001). Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius*, L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index. *European Food Research and Technology*, 212, 302–307. DOI: 10.1007/s002170000232

Sharma, A., Singh, R., Sangotra, R., Bandhana, K., & Sharma, K. (2017). Effect of Temperature on the Production of Bioflocs. *International Journal of Recent Scientific Research*, 8(9), 20217-20221.

Souza, J., Cardozo, A., Wasielesky Jr, W., & Abreu, P. C. (2019). Does the biofloc size matter to the nitrification process in Biofloc Technology (BFT) systems?. *Aquaculture*, 500, 443-450.

Tansel, B. (2018). Morphology, composition and aggregation mechanisms of soft bioflocs in marine snow and activated sludge: A comparative review. *Journal of environmental management*, 205, 231-243.

Taylor, S.L. (1986). Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, 17; 91- 117. DOI: 10.3109/10408448609023767 Tekelioğlu, N. (2005). İç su balıkları yetiştiriciliği. sf. 158-159.

Tidwell, J. H. (2012). Characterization and Categories of Aquaculture Production Systems. *Aquaculture Production Systems*, 64-78.

Veciana-Nogues, M.T., Vidal Carou, M.C. & Marina-Font, A. (1989). Histamine and tyramine in preserved and semipreserved fish products. *Journal of Food Science*, 54(6); 1653-1655. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1989.tb05182.x

Webster, C.D., Tiu, L.G., Margan, A.M. & Gannam, A. (1999). Effect of partial and total replacement of fishmeal on growth and body composition of sunshine bass, *Morone chrysops* X *M. saxatilis*, fed practical diets. *J, World Aquaculture Soc.*, 30, 443-453.

Wei, Y. F., Wang, A. L., & Liao, S. A. (2020). Effect of different carbon sources on microbial community structure and composition of ex-situ biofloc formation. *Aquaculture*, 515, 734492.

Wilson, R.P. & Cowey, C.B. (1985). Amino acid composition of whole body tissue of rainbow trout and atlantic salmon. *Aquaculture*, 48, 373-376. DOI: 10.1016/0044-8486(85)90140-1

Windsor, M.L. (2001). Fish meal. Department of trade and industry torry research station. Torry Advisory Note No, 49.

Xu, W. J. & Pan, L. Q. (2013). Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. *Aquaculture*, 412, 117-124. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.07.017

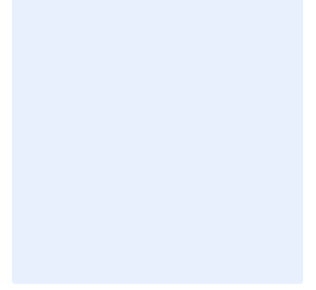
Xu, W. J., Pan, L. Q., Sun, X. H. & Huang, J. (2013). Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture Research*, 44(7), 1093-1102. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x

Zhao, P., Huang, J., Wang, X. H., Song, X. L., Yang, C. H., Zhang, X. G. & Wang, G. C. (2012). The application of bioflocs technology in highintensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, 354, 97-106. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.034

[[

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Su Bilimleri Mühendisliği
Bölümü	Su Bilimleri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	02.06.2018

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı
Programı	Su Ürünleri Yetiştiriciliği Programı

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı Adı
Programı	Program Adı

Makale ve Bildiriler	