

HAZİRAN-2025

SU SAZINDAN (PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.))
AKTİVE EDİLEN KARBON İLE ATIK YAĞLARIN GERİ
KAZANIMIN ARAŞTIRILMASI

AYDANA
EŞİMBEKOVA



KIRGIZİSTAN-TÜRKİYE MANAS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

«SU SAZINDAN (PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.)) AKTİVE
EDİLEN KARBON İLE ATIK YAĞLARIN GERİ KAZANIMIN
ARAŞTIRILMASI»

AYDANA EŞİMBEKOVA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN-2025

**KIRGIZİSTAN-TÜRKİYE MANAS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**«SU SAZINDAN (PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.)) AKTİVE EDİLEN
KARBON İLE ATIK YAĞLARIN GERİ KAZANIMIN ARAŞTIRILMASI»**

**HAZIRLAYAN
AYDANA EŞİMBEKOVA**

**DANIŞMAN
PROR.DR. MUSTAFA DOLAZ**

LİSANSÜSTÜ TEZİ

HAZİRAN-2025

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Mustafa DOLAZ danışmanlığında Aydana Eşimbekova tarafından hazırlanan “Su sazından (*Phragmites australis (cav.)*) aktive edilen karbon ile atık yağların geri kazanımın araştırılması” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Kırgızistan - Türkiye Manas Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞU ile kabul edilmiştir.

...../...../.....

KOMİSYON

Jüri	Unvanı, Adı Soyadı	Kurumu	Onay	İmza
Başkan	Doç. Cırgalbek Sıdıkov	I. Razzakov Kırgız Devlet Teknik Üniversitesi, Enerji Fakültesi, Teknosfer Güvenliği Bölümü		
Üye	Çevreci, Cıldızkan Beyşekeyeva	KTH “KAZ Minerals Bozymchak”		
Üye	Çınara Şapakova	Kırgız Cumhuriyeti Ulusal Bilimler Akademisi, Kimya ve Bitkisel Teknoloji Enstitüsü		
Üye	Prof. Mehmet KOBYA	Dr. KTMÜ, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü		
Üye	Yard. Doç. Kubat Kemelov	KTMÜ, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü		

ONAY

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr., Kadir ARDIÇ

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, yararlanılan eserlere eksiksiz atıf yapıldığını, tezde yer alan verilerin hiç bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını ve tez yazım kurallarına uygun hazırlandığını beyan ederim.

Aydana Eşimbekova

ÖN SÖZ

Kamış (*Phragmites australis* (Cav.)) istilacı bir tür olduğundan popülasyon yönetimi sorunludur. Sahillerde ve sulak alanlardaki sazlıkların kontrolsüz büyümesinin ekosisteme ve insanlığa olumsuz etki yaratacağı varsayılıyor. Ötrofik rezervuarların ve kıyı şeritlerinin ekolojik koşulları, yüksek biyokütleyle ulaşan ve dolayısıyla sorunlu alanlara dönüşen yaygın kamış toplulukları (*Phragmites australis* (Cav.)) için uygundur. Dünya çapında çevreyi koruma ihtiyacına dair farkındalığın artmasıyla birlikte, tarımsal atıkların geri dönüştürülmesinin ve aktif karbona (AC) dönüştürülmesinin önemi artıyor. Tarımsal atıklar endüstriyel amaçlar için bütçesel bir hammaddedir ve ekonomik açıdan faydalıdır. Şu anda, aktif karbon üretimi için umut verici bir hammadde olarak yenilenebilir biyokütle işleme ürünlerine olan ilgi önemli ölçüde arttı. Bu çalışma şu anda ortaya çıkan sorunlardan birini çözmek amacıyla geliştirildi.

Bu çalışmanın yürütülmesi ve yayımlanması çok sayıda kişi ve kuruluşun katkılarıyla mümkün olmuştur.

Yüksek lisans tezimin hazırlanması aşamasında bana yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, gerekli her türlü desteği sağlayan değerli bilimsel danışmanım Prof. Dr. Mustafa Dolaz'a en derin şükranlarımı sunmak isterim. Laboratuvar çalışmalarında destek sağlayan, bana yardım eden Nurzat Şaikieva hocama ve Canarbek hocama çok minnettarım.

Ayrıca okul yıllarımda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, eşime ve kardeşlerime teşekkür etmek istiyorum.

Aydana Eşimbekova

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
SUMMARY	2
АННОТАЦИЯ.....	3
КЫСКАЧА МАЗМУНУ.....	5
GİRİŞ	15
1.1 Phragmites australis'in biyolojik ve ekolojik özellikleri.....	16
1.2. Coğrafi Dağılımı.....	17
1.3. İstilacı Türler ve Yayılım Dinamikleri.....	17
1.4. Kontrol Yöntemleri ve Yönetim Stratejileri	18
1.5. Endüstriyel Kullanım ve Uygulamalar	19
1.5.1. Çevresel Restorasyon ve Su Arıtımı.....	20
1.5.2. Biyokütle ve Enerji Üretimi.....	20
1.5.3. Kağıt ve Zarf Yapımı.....	20
1.5.4. İnşaat ve Yapı Malzemeleri	21
1.5.5. Hayvan Yemi ve Gıda Ürünleri.....	21
1.5.6. Sanat ve Zanaat Ürünleri.....	21
1.5.7. Biyolojik Çeşitliliği Destekleme ve Habitat Sağlama.....	22
1.5.8. Aktif Kömür Üretimi.....	22
1.6. Aktif kömür adsorbsiyonu	23
1.7. Atık yağlar	25
1.8. Yağlarda serbest yağ asitleri (FFA)	26
1.9. Yağlarda Peroksit Değerleri	28
1.10. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	29
İKİNCİ BÖLÜM.....	38
MATERYAL METOD	38
2. 1. Materyal.....	38
2.1.1. Kullanılan kimyasallar	38
2.2. Metod	39
2.2.1. Aktif kömürün (AC) hazırlanması.....	39

2.2.2. Kullanılmış atık yemeklik sıvı yağının (WCO) arıtılması.....	40
2.2.3. Serbest yağ asitlerinin belirlenmesi.....	41
2.2.4. Peroksit sayısının belirlenmesi	42
2.2.5. Spektroskopik Analiz	43
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	46
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	46
3.1. Serbest yağ asitleri (SYA)	46
3.2. Peroksit sayısı (PV).....	53
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	74

SİMGELER VE KISALTMALAR

AC	: Aktif kömür (AC-aktif carbon)
WCO	: Atık yemeklik yağ (WCO - waste cooking oil)
PV	: Peroksit sayısı (PV – Peroksit value)
SYA	: Serbest yağ asidi
FFA	: Serbest yağ asidi (Free fatty acid)
H ₃ PO ₄	: Fosforik asit
ACF	: Aktif karbon lifleri (ACF - Activated carbon fibers)
CF	: Karbon fiber (CF - carbon fiber)
SEM-EDM	: Taramalı Elektron Mikroskobu / Enerji Dağıtıcı Spektroskopi (Scanning Electron Microscopy / Energy Dispersive Spectroscopy)
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE - Commission Internationale de Eclairage)
FTIR	: Фурье трансформациялык инфракызыл спектроскопия анализи
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kontrol ve kullanılmış yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri	38
Tablo 2.2. Öğütölmüş kamışın metilen mavisi ile adsorbsiyon kapasitesi	39
Tablo 2.3. Arıtılan yağın %SYA değeri.....	42
Tablo 2.4. Arıtılmış yağın peroksit değeri	43
Tablo 2.5. Adsorpsiyon ölçüm verileri	43
Tablo 2.6. Renk parametreleri.....	45



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yağ hidrolizi (Azzena, 2023; R: yağ asidi zinciri).....	27
Şekil 1.2. Phragmites australis'te ve adsorpsiyondan sonra kurutulmuş bambunun IR spektrumu.....	31
Şekil 1.3. Önceden işlenmiş kamış türlerinin hızlı pirolizi sonucunda elde edilen biyokömür veriminin ve kütle fraksiyonlarının yaklaşık analizi.....	32
Şekil 1.4. Komkala 05, 15, 25 ve 5 g kamış külü şişesinde 293 K'de Qmax kamış külü	32
Şekil 1.5. Karbonizasyon ve aktivasyon aşaması.....	34
Şekil 1.6. Na'nın RHBK'ye izoterm soğurulması	34
Şekil 1.7. Atık conocarpus ve kamış hammaddelerinin yanı sıra farklı piroliz sıcaklıklarında (200, 350 ve 500 °C) elde edilen biyokömür için Van Krevelen diyagramı	35
Şekil 1.8. Harcanan RAC'ın yenilenmesi	36
Şekil 1.8. P. australis'te ve biyosorpsiyon sonrasında kurutulmuş biyokütlenin IR-Fourier spektrumu.....	36
Şekil 1.10. P. australis'in büyümesi	37
Şekil 2.1. Bu tezde kullanılan kamışlar	38
Şekil 2.2. AC	40
Şekil 2.3. Arıtılmış yağ.....	41
Şekil 2.4. Yağ asitlerinin NaOH ile titrasyonunun dönüm nokta.....	42
Şekil 2.5. L*a*b* renk değerleri orta ekseninde gösterilmesi.....	44
Şekil 3.1. Gliserol ve serbest yağ asiti.....	47
Şekil 3.2. 300°C'de 0,5 g adsorban ile giderme.....	47
Şekil 3.3 300°C'de 1,0 g adsorban ile giderme.....	47
Şekil 3.4. 300°C'de 1,5 g adsorban ile giderme.....	48
Şekil 3.5. 300°C'de adsorban miktarlarının karşılaştırılması	48
Şekil 3.6. 400°C'de 0,5 g adsorban ile giderme.....	49
Şekil 3.7. 400°C'de 1 g adsorban ile giderme.....	50
Şekil 3.8. 400°C'de 1,5 g adsorban ile giderme.....	50
Şekil 3.9. 400°C'de adsorban miktarlarının karşılaştırılması	51
Şekil 3.10. 500°C'de 0,5 g adsorban ile giderme.....	51
Şekil 3.11. 500°C'de 1 g adsorban ile giderme.....	52
Şekil 3.12. 500°C'de 1,5 g adsorban ile giderme.....	52
Şekil 3.13. 500°C'de adsorban miktarlarının karşılaştırılması	53
Şekil 3.14. 300°C'de 0,5 g adsorban ile giderme.....	54
Şekil 3.15. 300°C'de 1 g adsorban ile giderme.....	54
Şekil 3.16. 300°C'de 1,5 g adsorban ile giderme.....	55
Şekil 3.17. 300 °C, peroksit değeri	55
Şekil 3.18. 400°C'de 0,5 g adsorban ile.....	56
Şekil 3.19 400°C'de 0,5 g adsorban ile.....	56
Şekil 3.20 400°C'de 1,5 g adsorban ile.....	57
Şekil 3.21 400 °C, peroksit değeri	57
Şekil 3.22 500°C'de 0,5 g adsorban ile.....	58
Şekil 3.23 500°C'de 1 g adsorban ile.....	58
Şekil 3.24 500°C'de 1,5 g adsorban ile.....	59
Şekil 3.25 500 °C, peroksit değeri	59

ÖZET

SU SAZINDAN (*PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.)) AKTİVE EDİLEN KARBON İLE ATIK YAĞLARIN GERİ KAZANIMININ ARAŞTIRILMASI

Phragmites australis (Kum Kamışı), aynı zamanda "büyük saz" veya "deniz sazı" olarak da bilinen, dünya çapında yaygın olarak bulunan bir saz türüdür. Bu bitki, genellikle tuzlu ve acı su bataklıkları ve bataklıkları, nehirler, göller, göletler ve yol kenarı hendekleri gibi bozulmuş sulak alanlarda yetişmektedir. Bu bitki, bataklık alanlarının geri kazanılmasında ve su arıtma işlemlerinde filtrasyon malzemesi olarak su ekosistemlerinde, yapı malzemeleri olarak inşaat sektöründe, kağıt yapımında, halı dokumada, biyokütle olarak enerji üretiminde ve çevresel restorasyonlarda olduğu gibi pek çok alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. Ancak, istilacı olduğundan kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemlerle kontrol altına alınarak ekosistem üzerinde olumsuz etkileri en aza indirilmektedir. Bu çalışmada, Kırgızistanın başkenti Bişkek çevresindeki sulak alanlarda yetişen "*Phragmites australis*"ın atık yağların arıtılmasında değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, laboratuvara getirilen kamışlar kurutulup öğütülerek %30-40'luk H_3PO_4 ile muamele edilerek aktif kömürü elde edilmiştir. Aktif kömürler (AC), kullanılmış yemeklik sıvı yağ (WCO) arıtımında adsorban olarak kullanılmıştır. Atık yağın adsorbsiyondan önce ve sonraki % serbest yağ asidi (%SYA), % peroksit sayısı (% PV) ve rengi, kullanılmamış yemeklik sıvı yağ ile kıyaslanmıştır. Genel olarak, adsorban miktarı arttıkça % SYA ve % PV değerleri düşmüştür. %30 H_3PO_4 ile muameleden sonra 500 °C'de yakılarak elde edilen 1,5 g AC ile % SYA değeri 11,44 olarak en iyi arıtım yapılırken, %40'luk H_3PO_4 ile aktifleştirilip 300 °C'deki AC'ün 1 ve 1,5 g adsorban miktarları ile yağın arıtılması sonucu en az peroksit sayısı bulunmuştur. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı üzere göre, WCO'ların arıtıldığı (kirli yağın % PV=44) ve kontrole yakın (% PV=38) ve hatta daha düşük peroksit sayısı elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Phragmites australis* (Cav.), adsorban, aktif karbon, atık yağ, arıtma

SUMMARY

INVESTIGATION OF RECOVERY OF WASTE OILS WITH ACTIVATED CARBON FROM WATER REEDS (*PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.))

Phragmites australis (Sand Reed), also known as "big reed" or "sea reed," is a reed species found worldwide. This plant grows in degraded wetlands, such as salt and brackish marshes, swamps, rivers, lakes, ponds, and roadside ditches. This plant has applications in many areas, such as the reclamation of marshlands and as a filtration material in water treatment processes in aquatic ecosystems, as building materials in the construction sector, in papermaking, carpet weaving, in energy production as biomass, and in environmental restoration. However, since it is invasive, its negative effects on the ecosystem are minimized by controlling it with chemical, physical, and biological methods. In this study, "*Phragmites australis*" growing in wetlands around Bishkek, the capital of Kyrgyzstan, was evaluated in the treatment of waste oils. In this context, the reeds brought to the laboratory were dried, ground, and treated with 30-40% H_3PO_4 to obtain activated charcoal. Activated charcoals (AC) were used as adsorbents to treat used cooking oil (WCO). The % free fatty acid (%FFA), % peroxide number (%PV), and color of the waste oil before and after adsorption were compared with unused cooking oil. As the amount of adsorbent increased, %FFA and %PV values decreased. While the best treatment was achieved with a %FFA value of 11.44 with 1.5 g AC obtained by burning at 500 °C after treatment with 30% H_3PO_4 , the minimum %PV was found to be 6 as a result of the treatment of the oil with 1 and 1.5 g adsorbent amounts of AC activated with 40% H_3PO_4 at 300 °C. These results show that WCOs were purified (PV% of used oil=44), and peroxide numbers close to the control (% PV=38) and even lower were obtained.

Keywords: *Phragmites australis* (Cav.), adsorbent, activated carbon, waste oil, treatment

АННОТАЦИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ ИЗ ВОДЯНОГО ТРОСТНИКА (*PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.))

Phragmites australis (песчаный тростник), также известный как «большой тростник» или «морской тростник», — вид тростника, встречающийся во всем мире. Это растение произрастает на деградированных водно-болотных угодьях, таких как соляные и солоноватые болота, болота, реки, озера, пруды и придорожные каналы. Это растение находит применение во многих областях, таких как рекультивация болот и в качестве фильтрующего материала в процессах очистки воды в водных экосистемах, в качестве строительных материалов в строительном секторе, в производстве бумаги, ковроткачестве, в производстве энергии в качестве биомассы и в восстановлении окружающей среды. Однако, поскольку он является инвазивным, его негативное воздействие на экосистему сводится к минимуму путем контроля его химическими, физическими и биологическими методами. В данном исследовании «*Phragmites australis*», растущий на водно-болотных угодьях вокруг Бишкека, столицы Кыргызстана, был оценен при обработке отработанных масел. В этом исследовании тростник, принесенный в лабораторию, высушивали, измельчали и обрабатывали 30-40% H_3PO_4 для получения активированного угля. Активированные угли (АС) использовались в качестве адсорбентов для обработки отработанного кулинарного масла (WCO). Процент свободных жирных кислот (%FFA), % пероксидного числа (%PV) и цвет отработанного масла до и после адсорбции сравнивались с неиспользованным кулинарным маслом. По мере увеличения количества адсорбента значения %FFA и %PV уменьшались. В то время как наилучшая обработка была достигнута при значении %FFA 11,44 с 1,5 г АС, полученного сжиганием при 500 оС после обработки 30% H_3PO_4 , минимальный %PV был обнаружен равным 6 в результате обработки масла 1 и 1,5 г адсорбентных количеств АС, активированного 40% H_3PO_4 при 300 оС. Согласно этим результатам, WCO были очищены (PV% отработанного масла = 44), а также были получены пероксидные числа, близкие к контрольным (PV% = 38) и даже ниже.

Ключевые слова: *Phragmites australis* (Cav.), адсорбент, активированный уголь, отработанное масло, очистка



КЫСКАЧА МАЗМУНУ

КОЛОНУЛГАН МАЙЛАРДЫ СУУ КАМЫШЫНАН (*PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.)) АКТИВДЕШТИРИЛГЕН КӨМҮР МЕНЕН ТАЗАЛООНУ ИЗИЛДӨӨ

Phragmites australis (кум камыш), ошондой эле "чоң камыш" же "деңиз камышы" катары белгилүү, дүйнө жүзү боюнча кездешкен камыш түрү. Бул өсүмдүк бузулган саздак жерлерде, мисалы, туздуу жана шордуу саздарда, саздарда, дарыяларда, көлдөрдө, көлмөлөрдө, жол жээгиндеги арыктарда өсөт. *P. australis* температуранын кеңири диапозонуна чыдамдуу, бирок үшүккө чыдамдуу эмес экени белгилүү. Көбүнчө ал гидрологиянын өзгөрүшү, чөкмөлөр жана аш болумдуу заттардын жүгү менен бузулган саздак жерлерде кездешет. *P. australis* мин жашоо узактыгы болжол менен 4-5 жыл, бирок клоналдык өсүү менен алар миңдеген жылдар бою жашай берери белгилүү болгон. Алар жыныстык жана жыныссыз да көбөйөт. Башка өсүмдүктөр менен кайчылаш чаңдашуу *P. australis*'де эң көп кездешет, бирок өзүн- өзү чаңдатуу болушу мүмкүн. Алардын уруктар, ошондой эле канаттуулар, суу аркылуу суу, же суу ташкыны аркылуу ташылышы мүмкүн.

Жалпысынан алганда, инвазивдүү өсүмдүктөрдүн түрлөрү жергиликтүү калкка жана түз жана кыйыр түрдө басып алынган экосистемага таасир этет. Инвазивдүү түрлөр уруктардын өнүп чыгышын төмөндөтүү жана таштанды чөгүү аркылуу аман калуу, колдо болгон суу ресурстарын азайтуу аркылуу жергиликтүү түрлөргө түздөн- түз таасир этиши мүмкүн. Инвазивдүү түрлөр экосистемага таасир этиши мүмкүн, алар басып алган аймактын кыртышынын биогехимиясын, геоморфологиясын жана гидрологиясын кыйыр түрдө өзгөртөт. Алардын таралышын башкаруу жана көзөмөлдөө үчүн *P. australis* боюнча изилдөөлөр жүргүзүлгөн. *P. australis*ду жок кылуу жана контролдоо үчүн ресурс менеджерлери тарабынан жайыт жана өрт сыяктуу ар кандай ыкмалар колдонулат. Кээ бир аймактарда *P. australis* глобалдык саздак жерлерге коркунуч туудурган инвазивдүү өсүмдүктөрдүн бири катары аныкталышы мүмкүн. Морфологиялык белгилердеги айырмачылыктарды аныктоо саздак жерлерди башкаруучуларга *P. australis* көзөмөлү боюнча билимдүү тандоо жасоого жардам берет. *P. Australis* 'тин

таралышы экосистеманын менеджерлерин тынчсыздандырууда жана анын жайылышын чектөө үчүн башкаруу ыкмаларын ойлоп табуу маанилүү.

P. australis 'тин мекени Австралия экени болжолдонгонуна карабастан, алар Жакынкы Чыгыштан келип чыккан деп эсептелет. Учурда алар бүткүл дүйнөгө таралып, мекени Европа болуп эсептелет. Бардык гүлдүү өсүмдүктөрдүн арасында *P. australis* дүйнө жүзү боюнча абдан кеңири таралган, өсүмдүктөрдүн бири. *Phragmites australis* Түндүк Американы 3000- жылдан ашуун убакыттан бери колониялап келет жана өткөн кылымда Атлантика жээгинде чоң экспансияны көрсөттү. *Phragmites australis* азыр агрессивдүү баскынчылардын бири катары каралат жана жакында бүткүл дүйнөгө жайылган. *P. australis* Европада түптөлгөн жана башка бардык аймактарга, анын ичинде Африкага да киргизилген. *Phragmites australis* таралышы саздуу жерлердин экосистемаларынын иштешине абдан көз каранды. *P. australis* таралышынын өзгөрүшүнө саздак жерлерде суунун болушу сыяктуу экологиялык шарттар таасир этет.

Phragmites australis Атлантикадан, Канаданын Тынч океан жээктерине чейин көлмөлөрдүн жана саздардын бойлорунда кез-кезде кездешет, бирок башка изилдөөлөр анын диапозону популяциялардын жергиликтүү кластерлеринен кеңири таралганын көрсөтүп турат. *P. australis* Антарктидадан башка бардык континенттерде өсөт. *P. australis* башка аймактарда көп кездешпесе да, учурда алар жер шарына тараган.

Өсүмдүктөрдүн инвазивдик түрлөрү жергиликтүү түрлөрдүн гүлдөп өсүү жөндөмүн төмөндөтөт. *P. australis* тынчсызданууну жаратат, анткени ал жергиликтүү өсүмдүктөрдү сүрүп чыгарып, жалпы биологиялык ар түрдүүлүктү азайтат. *Phragmites australis* бийиктиги 5,5 мге чейин өсөт, жээктеги көрүнүштөрдү чектейт. Ал тез өсөт жана анын органикалык калдык материалы кургак өсүмдүк материалынын чоң концентрациясын түзөт, бул коммерциялык жана турак жай объекттерине коркунуч туудурган токой өртүнүн ылдамдыгынын өсүшүнө алып келет.

P. australis басып алуусу тегеректеги саздак жерлердин жапайы жаныбарларына терс таасирин тийгизет башка макрофиттер сыяктуу эле, тең салмактуу эмес экосистемага алып келген *Phragmites australis* абдан агрессивдүү жана саздак жерде жана ага жакын жашаган жапайы жаныбарлардын популяциясынын көчүүсүнө алып келет. *P. Australis* 'тин таралышын талдоо *P. australismun* дүйнө

жүзү боюнча көптүгүн жакшыраак түшүнүүгө, ошондой эле келечектеги башкарууну пландаштыруунун максаттары үчүн мекеменин структураларын жакшыраак түшүнүүгө түрткү берет. Бул изилдөө саз өсүмдүктөрүнүн жамааттарында *P. australis*'ди башкарууну каалагандар үчүн пайдалуу маалыматтарды берет.

Инвазивдүү түрлөр өсүмдүктөрдүн көп түрдүүлүгүнүн өнүгүү жөндөмүн төмөндөтүп, саздак жана башка сезгич чөйрөлөрдөгү жапайы жаныбарлардын жашоо чөйрөсүнүн сапатын төмөндөтүшү мүмкүн. Инвазивдүү түрлөр чоң көлөмдөгү мейкиндикти ээлейт, бул жергиликтүү түрлөрдүн жылышына алып келет. Түштүк Африкадагы саздак жерлерге туш болгон инвазивдик түрлөрдүн көйгөйү олуттуу болуп саналат, болжол менен 10 миллион га кандайдыр бир деңгээлде басып алынган.

Phragmites australis биологиялык ар түрдүүлүккө кошкон салымы *Phragmites australis* аш болумдуу заттарды алууда жогорку жөндөмгө ээ жана ушундан улам чыпкалоо аркылуу суунун сапатын жакшыртат (Jiang ж.б., 2007). Ошондуктан, алар саркынды сууларды тазалоо үчүн вегетативдик фильтрлер катары колдонулган. *Phragmites australis* суу эрозиясынын кесепеттерин алдын алуу жана азайтуу үчүн жыш өскөн жана кеңири тамыр системасы бар. Европа сыяктуу башка өлкөлөрдө *P. australis* коммерциялык түрдө малга тоют, целлюлоза өндүрүү жана саман үчүн колдонулат. Дүйнөдөгү "эң начар" инвазивдүү өсүмдүктөрдүн түрү катары статусуна карабастан, Канадада *P. australis* дагы эле кээ бир бакча жана ландшафт дизайнында декоративдүү өсүмдүк катары эсептелет.

P. australis менен күрөшүү үчүн колдонулган экологиялык эмес ыкмалардын бири - күйгүзүү, бирок ал *P. australis*дин өсүү жөндөмдүүлүгүн төмөндөтпөйт, анткени тамырлар топурак же суу катмары менен капталган. Көпчүлүк учурларда, күйгүзүү колдонулбайт, анткени ал жаш бутактардын өсүшүнө түрткү бериши мүмкүн, айрыкча жазында жарыктын көбөйүшүнө байланыштуу. Шаарга жакын жайгашкан жана жаратылышты коргоо статусу жогору болгон саздак жерлерде өрттөө башкаруунун ылайыктуу ыкмасы эмес. Күйүүнүн дагы бир терс жагы, ал жапайы жаныбарлар жашаган чөйрөлөр үчүн өсүмдүктөрдүн жыштыгын азайтат. *P. australis* менен күрөшүү үчүн колдонулган дагы бир кеңири таралган экологиялык эмес ыкма - гербициддерди колдонуу. Гербициддерди күйгүзүү жана механикалык ыкмалар сыяктуу башка ыкмалар менен айкалыштырып колдонуу эффективдүү

болот. Дарылоо *P. australis* 'тин кайра түзүлбөшү үчүн бир нече жыл бою кайра-кайра жасалышы керек. Гербициддерди кылдат колдонуу керек, анткени алар түргө мүнөздүү эмес жана жергиликтүү өсүмдүктөрдүн түрлөрүнө таасир этиши мүмкүн. **Экологиялык ыкма** - кесүү. Бул ыкма *P. australis* 'тин мүмкүн болгон өсүшүн манипуляциялайт. Жалпысынан алганда, кесүү *P. australis* 'тин тыгыздыгын жогорулатат, ал эми ал бүчүрүнүн узундугун жана органикалык заттардын чиришин азайтат. Биомассанын топтолушун болтурбоо үчүн кесүүнү күйгүзүү менен бирге колдонсо болот. Башка экологиялык ыкмаларга суу каптоо кирет, мында суунун деңгээли *P. australis* 'тин өсүүсүн көзөмөлдөө үчүн колдонулат. *P. australis* тынымсыз суу ташкындарына чыдабаса да, суунун деңгээлин көтөрүү гана аларга каршы күрөшүүдө эффективдүү эмес, демек, жакшы жана туруктуу натыйжаларды алуу үчүн айкалыштырылган ыкмаларды колдонуу.

Учурда алыстан зонддоо суу-саздуу жерлердеги өсүмдүктөр жана жергиликтүү эмес түрлөр жөнүндө мейкиндик жана убакыттык маалымат берүү үчүн эффективдүү инструмент катары кеңири колдонулат. Алыстан зонддоо ыкмалары салыштырмалуу так жана актуалдуу маалыматты сунуштайт. Бул маалымат саздак жерлердин өсүмдүктөрүнө туруктуу, эффективдүү мониторинг жүргүзүүгө жана башкарууга жардам берет. Алыстан зонддоо иш жүзүндөгү талаа изилдөөлөрүнө караганда арзаныраак жана убакытты үнөмдөйт. Бирок, бул эки ыкма бирге колдонулса эң жакшы натыйжаларды берет.

Белгилүү болгондой, бүткүл дүйнө жүзү боюнча суу ташкынына алып келген коркунучтуу жаратылыш кубулуштарынын бири дарыялардагы муз тыгыны болуп саналат. Айрыкча кичи дарыяларда, ошондой эле чоң дарыяларда тыгын көрүнүшү кооптуу. Мисалы, Бишкек шаарында Ала-Арча жана Аламүдүн дарыяларында көп таралган.

Бишкек шаарын аралап агып өткөн бул дарыялар Кыргызстандын борборун жашылдандырууга салым кошуп, жайдын аптаптуу күндөрүндө жашыл жерлерди сугат менен камсыз кылып, андан соң Чүй дарыясынын төмөнкү агымынын өрөөндөрүн сугарып, суу сактагычка толтурат. Бирок, бул чакан дарыяларда, айрыкча борбордун ичинде кооптуу көрүнүштөр бар: кышында муз жана муз тыгыны; жазгы сел. Ошол эле учурда, тыгынды жыл сайын эмес, так кыштын ортосунда пайда болот. Бул дарыяларда муз тыгылыштары менен муз тыгындарынан коргоочу гидротехникалык курулуштар жок. Мындан тышкары,

тыгындар менен музду тазалоо үчүн эң кооптуу жана жетүүгө кыйын жерлер болуп, атайын техника менен иштөө мүмкүн болбогон автотранспорттук көпүрөлөр болгон. Ошондуктан бул кооптуу аймактарда авариялык иштер кол менен аткарылган. Бул дарыялар кичине болгонуна карабастан, муз тыгындары менен пайда болгон муз тыгындары республиканын Өзгөчө кырдаалдар министрлигинин кызматтарына жана ага жакын жайгашкан имараттардын ээлерине чоң көйгөйлөрдү жаратууда.

Заманбап дүйнө булганууну көзөмөлдөө, анын ичинде технологиялык талаптардын ар кандай түрлөрүн толук толтуруу үчүн жаңы материалдарды киргизүүдө. Ошо сыяктуу эле, активдештирилген көмүрдүн материалдары саркынды сууларды тазалоодо кеңири колдонулат, бул үнөмдүү процесс. Бирок коммерциялык активдештирилген көмүрлөр кымбат баалуу болгон көмүр же жыгач материалдарынан алынат. Демек, ар кандай табигый калдыктардан арзан баадагы активдештирилген көмүр материалдары изилдөөчүлөр тарабынан изилденип жатат. Активдештирилген көмүр пиролиз ыкмасы жана буу же химиялык активдештирүү аркылуу алынат. Активдештирилген көмүр (АС) ар кандай материалдардан алынат жана активдештирилген көмүрдүн материалдарынын адсорбциялык тенденциясы изилденген. Жамааттык маалыматтардын негизинде суудагы калдыктарды адсорбциялоодо активдештирилген көмүр жана анын мааниси аныкталган. Демек, бул иш ар кандай баштапкы материалдардан алынган активдештирилген көмүрдүн ар кандай мүнөздөмөлөрү жана маанилүү касиеттери каралган.

Салттуу түрдө активдештирилген көмүр деп аталган активдештирилген көмүр материалдары (АС), көмүртек атомдорунун татаал түзүлүшү менен мүнөздөлгөн көмүртектердин үй-бүлөсүнө кирген белгилүү көзөнөктүү материалдар. АС – бул жогорку беттик аянттарынан жана жөндөлүүчү тешик структураларынан улам суюк жана газ фазаларынан адсорбциялоо үчүн эбегейсиз чоң адсорбциялоо жөндөмдүүлүгүн көрсөткөн эң сонун адсорбенттер. Адамзат байыркы Египет доорунан жердин асылдуулугун жогорулатуу үчүн биокөмүр жана көмүр сыяктуу туундуларды колдонуу менен АСдын көп кырдуу табиятын пайдаланып келет, айрымдарын атасак отун катары жана медицинада. Ошондон бери активдештирилген көмүр (АС) жана активдештирилген көмүртек булалары (АСF) жана көмүртектүү була (CF) сыяктуу көмүртектүү материалдардын башка түрлөрү

сыяктуу көзөнөктүү көмүртек материалдары дүйнө жүзү боюнча лабораториялардын жана өнөр жайлардын борбору болуп калды. АС бөлүкчөлөрүнүн өлчөмү 100 мкмден аз жана орточо диаметри 100 мкм болгон порошок түрүндө же өнөр жайлык колдонууга жараша бөлүкчөлөрүнүн өлчөмү 100 мкмден бир нече миллиметрге чейинки гранулдуу формада чыгарылат.

Баасы, жеткиликтүүлүгү, активдештирүүнүн жеңилдиги, жаңылануучулук, органикалык эмес мазмун жана көмүртек түшүмдүүлүгү сыяктуу бир нече факторлор АС өндүрүү үчүн колдонулган чийки зат тандоого таасир этет. Бир нече арзан чийки заттар болуп лигнит, кокос, мисте кабыгы, араа чаңы, көмүр, торф, күрүч кабыгы, битум жана күрөң көмүр, жаңгак, айыл чарба калдыктары жана мунай кокс кирет. Гранулдуу активдүү көмүртек, порошок активдештирилген көмүртек жана экструдиялык активдүү көмүртек сыяктуу түрдүү бөлүкчөлөрдөгү АС өнөр жайлык колдонмолордун кеңири спектринде кеңири таралган, анын ичинде, бирок алар менен чектелбестен, сууну жана газды тазалоо, суюктук жана газ агындыларын тазалоо, газды сактоо, катализ, металлды калыбына келтирүү жана биомедициналык колдонуу.

Активдештирилген көмүр арзан, экологиялык жактан таза жана жыл сайын жаңыланып туруучу продукт. Майдаланган көмүр өнөр жайдын көптөгөн тармактарында колдонулат, анын ичинде: - жол куруу өнөр жайы - көмүр менен иштеген ТЭЦтин калдыктарынын көлөмү. Алар жол жээктерин толтурууда, жолдордун пайдубалдарын жана катмарларын төшөөдө, топурактарды бекемдөө үчүн бириктиргичтердин компоненти катары универсалдуу кошумча болуп саналат;

- көмүр жана күл жана шлак цемент, акиташ, күл-бетон, кирпич, ошондой эле дубал, чатыр жана каптоочу материалдарды өндүрүү үчүн пайдаланылышы мүмкүн. Бул ингредиенттин кошуу менен, бул продуктылар өзгөчө күчкө ээ, ал эми жылуулук өткөрүмдүүлүк төмөн жана салыштырмалуу арзан болот;

- көмүр тиричилик техникасын өндүрүүдө колдонулган көмүртек буласын жана адистештирилген компоненттерди (мисалы, металл кремний) өндүрүүдө колдонулат;

- канализация системасынын чыпкаларында чыпкалоочу элемент катары, сууну оор металлдар, инсектициддер жана гербициддер сыяктуу булгоочу заттардан тазалоо үчүн колдонулат. Фосилдик отун ичүүчү, чарбалык жана өнөр жай сууларын

тазалуу үчүн колдонулат. Көмүр чыпкалары кирлерди кетирет жана суюктуктун булганышын азайтат, көмүртек бөлүкчөлөрү бөтөн жыттарды жана даамдарды жок кылат;

- айыл чарбасында - айрым айыл чарба өсүмдүктөрүн өстүрүү үчүн жер участкалардын жер семирткич катары же ар кандай минералдык жер семирткичтердин курамындагы компоненттер катары;

- медицинада медицинада жана косметикалык продуктулар катары колдонулат: терс электрдик заряды бар көзөнөктүү түзүлүшүнөн улам, токсиндер жана газдар сыяктуу оң заряддуу молекулаларды тартууга жардам берет. Бул алардын ичегиде кармалышына өбөлгө түзүп, сиңирүүнүн алдын алат.

Дарыялардын жана алардын жээк зоналарынын экологиялык абалына, жаратылышты пайдалануунун натыйжалуулугу жана дарыя бассейндеринин экосистемасынын сапаттык абалы жалпысынан көз каранды.

Жаратылышты пайдалануу көйгөйлөрү урбанизация объектилери жана адамдын иш-аракети жаратылыштын эң аялуу бөлүгү сыяктуу эле суу ресурстарына терс таасирин тийгизген жээк зоналарында эң курч.

Биологиялык өзгөчөлүктөрүнөн улам *Phragmites australis (Cav.)* (түштүк камыш) жок кылуу кыйын болгон, отоо чөп болуп саналат. Ошол эле учурда камыш жайлоочу жайлардын көптөгөн тургундары үчүн жашоо чөйрөсү жана азык-түлүк базасы болуп саналат. Көйгөйдүн оптималдуу чечими – камыш бар жерде жок кылуу эмес, тез жаңылануучу камыштын биомассасын башкаруу, ошол эле учурда товардык продукцияны өндүрүү. Кайра иштетилген жашыл камышты малга тоют катары колдонсо болот; кургак жалбырактуу масса - катуу биоотун, сорбент, курулуш материалы катары.

Акыркы он жылдыктарда, тамак-аш майларынын калдыктарын кайра иштетүү жана башкаруу үчүн жаңы туруктуу процесстерди иштеп чыгуу аракеттери экспоненциалдуу түрдө өстү. Европада жана башка кээ бир өлкөлөрдө ДКУлар муниципалдык таштанды системасы (URL 3) тарабынан чогултулат жана ыйгарым укуктуу кайра иштетүү пунктуна жеткирилет. Азык-түлүк чынжырынын бул кошумча продуктусу учурда ар кандай өнөр жай процесстери үчүн үнөмдүү жана жашыл чийки зат катары каралат. Пайдаланылган өсүмдүк майын көбүрөөк баалуу кошумча нарк кошулган продукцияга айландыруу, анын айлана-чөйрөгө

жайылышын алдын алуу жана анын көптүгү көптөгөн тармактарды ДКОну кайра иштетүүгө инвестициялоого алып келди.

Кайра иштетилген ДКОнун эң кеңири колдонулушуна био-майлоочу материалдарды өндүрүү, мал азыгы катары колдонуу жана энергия өндүрүү. Кошумчалай кетсек, кайра иштетилген ДКОнун кээ бир акыркы колдонмолору экологиялык жактан таза биологиялык ажыроочу эриткичтерди өндүрүүнү, аларды биоасфальт жана биобетон үчүн кошумча катары колдонууну жана аларды суусуз газ сордургучтарда колдонууну. Конкреттүү өндүрүшкө карабастан, ДКО көбүнчө алдын ала иштетилет жана тазаланган сапатсыз мунай туундуларына, кээде ошол эле коллекторлор тарабынан кайра иштетилет. Бул өнүмдөр кайра иштетүүнүн биринчи этабынан кийин кайра иштетүү үчүн башка тармактарга сатылат. Негизинен бул алдын ала тазалоо суу менен чийки ДКОдон химиялык заттарды бөлүп алууну жана/же целлюлоза же бентонит менен тазалоону камтыйт.

Башка жагынан алганда, чопо тазалоо, ошондой эле тактоо катары белгилүү, тарыхый мунай тыгыздыгын жана илешкектүүлүгүн азайтуу, полярдык кошулмаларды, металлдарды, токтоп калган катуу заттарды алып салуу жана түстүү касиеттерин жакшыртууга мүмкүндүк берген минералдык майларды кайра иштетүүдө колдонулган. Чийки ДКОнун учуучу үлүшү, негизинен, эркин май кислоталарынан (FFA) жана натурадуу жегенге жарамдуу өсүмдүк майларына салыштырмалуу бузулуу продуктуларынан турганы аныкталган жана бул курамы фильтрация процесси үчүн колдонулган бентониттин түрүнө жараша өзгөрөт.

Майдын калдыктары олуттуу экологиялык көйгөйлөрдү, анын ичинде жагымсыз жыттарды жаратат. Табигый сууларга куюлган бир литр май 500 миң литр сууну булгашы мүмкүн экени айтылат. Негизинен, ал суу объектилерине органикалык жүктү жогорулатат, ошондой эле суунун үстүндө жука катмарды түзөт, бул суу астындагы жашоо үчүн эриген кычкылтектин керектүү концентрациясын азайтат. Раковинага туура эмес ташталган тамак-аш майынын калдыктары катып, канализация түтүктөрүн жаап коюшу мүмкүн. Түтүктөрдөгү колдонулган өсүмдүк майынын андан ары бузулушу да металл жана бетон элементтеринин коррозиясына алып келиши мүмкүн. Ошентип, саркынды сууларды тазалоочу станциялардагы саркынды суулардын калдыктарынан өсүмдүк майын чыгаруу бул кошумча чыгымды кошот. Эреже катары, ал башка органикалык заттар менен бирге канализация линияларынан же саркынды сууларды тазалоо (CST) процесстеринен

май кармагычтар менен бөлүнүп, биогазды (айрыкча метанды) өндүрүү үчүн анаэробдук жол менен сиңирет. Өсүмдүк майынын же майдын калдыктарын канализацияга кире электе чогултса болот, бул саркынды сууларды тазалоодо өкмөттөр үчүн натыйжалуураак. Өсүмдүк майларынын калдыктарында эркин май кислоталарынын (FFA) курамы кадимки өсүмдүк майына салыштырмалуу өтө жогору. Өсүмдүк майындагы бош май кислотасы 15% дан аз болсо, ал сары май деп аталат, башкача айтканда, илешкектүүлүгү алда канча жогору болгон күрөң май (салмагы боюнча 15-60% FFA) деп аталат. Ошентип, колдонулган өсүмдүк майынын көйгөйлөрүн жоюу үчүн таштандыларды туура башкаруу зарыл.

Көбүнчө энергиянын калдыктары түшүнүгүнө кирген альтернативдик күйүүчү майлар, адатта, айыл чарба калдыктары сыяктуу чийки заттарды же колдонулган өсүмдүк майы же колдонулган майлоочу май, колдонулган трансформатор майы, колдонулган мотор же редуктор майы сыяктуу колдонулган же майлоочу майлардын ар кандай түрлөрүн колдонушат. Өндүрүлгөн биодизель, биометанол, суутек газы, H_2/CO , төмөнкү молекулярдык углеводороддор, анын ичинде колдонулган өсүмдүк майын пайдалануу менен метан сыяктуу өндүрүлгөн продукциялар аны энергия өндүрүү үчүн потенциалдуу чийки затка айландырышат. Бул продуктылар кошумча түрдө электр энергиясын өндүрүү үчүн же унааларды же машиналарды иштетүү үчүн колдонулушу мүмкүн. Ошентип, өсүмдүк майынын калдыктарынан энергия өндүрүүнү калдыктарды башкаруунун эффективдүү ыкмасы, ошондой эле энергияны калыбына келтирүүнүн пайдалуу формасы катары кароого болот.

Бул изилдөөдө, Кыргызстандын борбору Бишкектин айланасындагы саздак жерлерде өскөн "*Phragmites australis*" май калдыктарын тазалоодо бааланган. Бул жагдайда лабораторияга алынып келинген камыштар кургатылган, майдаланган жана 30-40% H_3PO_4 менен активдештирилип, активдештирилген көмүр алынган. Активдештирилген көмүр (AC) колдонулган тамак-аш майын (WCO) тазалоо үчүн адсорбент катары колдонулган. Адсорбцияга чейинки жана андан кийинки калдык майдын % эркин май кислотасы (%FFA), % пероксиддин саны (%PV) жана түсү пайдаланылбаган тамак майы менен салыштырылган. Адсорбенттин көлөмү көбөйгөн сайын %FFA жана %PV маанилери азайган. 30% H_3PO_4 менен иштетүүдөн кийин 500 оС күйгүзүү менен алынган 1,5 г AC менен 11,44% FFA мааниси менен эң жакшы жыйынтыка жетишсе, майды 1 жана 1,5 г 300 оС

адсорбенттик өлчөмдөрү менен иштетүүнүн натыйжасында минималдуу %PV 6 болуп табылган. Бул жыйынтыктар WCO тазаланганын көрсөтүп турат (пайдаланылган майдын PV% = 44), жана пероксид саны контролго жакын (% PV = 38) жана андан да төмөн алынган.

Ачкыч сөздөр: *Phragmites australis* (Cav.), адсорбент, активдештирилген көмүр, колдонулган май, тазалоо



GİRİŞ

Phragmites australis (**Kum Kamışı**), aynı zamanda "büyük saz" veya "deniz sağı" olarak da bilinen, dünya çapında yaygın olarak bulunan bir saz türüdür. Bu bitki, genellikle tuzlu ve acı su bataklıkları ve bataklıkları, nehirler, göller, göletler ve yol kenarı hendekleri gibi bozulmuş sulak alanlarda yetişmektedir (Mal ve Narine, 2004) . *P. australis*'in Avustralya'ya özgü olduğu düşünülmele birlikte, kökeninin Orta Doğu olduğu düşünülmektedir (Swearingen ve Saltonstall, 2010). Antarktika hariç tüm kıtalarda yetişmektedir ve ekosistemlerin önemli bir parçasıdır (Gervais vd. 1993). Hem biyolojik özellikleri hem de ekolojik rolleri nedeniyle dikkat çekicidir. *Phragmites australis*, yerel bitkileri istila eden ve saldırgan bir bitki türüdür. Rekabet yetenekleri nedeniyle etraflarındaki yerel bitkilerin yerini almaktadırlar (Bolton ve Brooks, 2010). İstilacı bir tür olduğu için, yayılma potansiyeli nedeniyle çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, bu bitkinin biyolojik ve ekolojik özelliklerinin daha iyi anlaşılması, uygun yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanım yöntemlerinin araştırılması önemlidir. *Phragmites australis*'nin kontrolü, ekosistem üzerinde olumsuz etkiler yaratabildiğinden bu istilacı popülasyonların yönetimi kritik bir çalışma alanı olmuştur. Bu bağlamda, *Phragmites australis*'in yayılımını kontrol altına almak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler genellikle kimyasal, fiziksel, biyolojik ve entegrasyon stratejilerini içermektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GENEL BİLGİLER

1.1 *Phragmites australis*'in biyolojik ve ekolojik özellikleri

Phragmites australis, ince kumlu topraklardan, tuzlu sulara ve geniş bir pH aralığına kadar çok çeşitli çevre koşullarına dayanıklıdır (ISSG 2011). Ancak, çoğunlukla sulak alan-yayla arayüzünü tercih eder (Avers vd. 2014). ABD Tarım Bakanlığı'nın (USDA) Ulusal Düzenleyici Şartnamelerine (URL 1) göre *P. australis*'in %75'i sulak alanlarda bulunmaktadır. (Ruiz vd. 2015) ayrıca *P. australis*'in geniş bir sıcaklık aralığına dayanıklı olduğunu ancak dona dayanıklı olmadığını belirtmiştir. Genellikle hidroloji, sedimentasyon ve besin maddelerinin yüklenmesindeki değişiklikler nedeniyle bozulmuş sulak alanlarda görülür. *P. australis*'in yaşam süresi yaklaşık 4-5 yıldır, ancak klonal büyüme standlarıyla binlerce yıl hayatta kalabildikleri bilinmektedir (Haslam 1972). Hem eşeyli hem de eşeysiz olarak çoğalırlar (Ruiz vd. 2015). *P. australis*'te diğer bitkilerle çapraz tozlaşma en yaygın olanıdır, ancak kendi kendine tozlaşma da görülebilir. Ancak tohumları kuşlar, su veya sel suları yoluyla da taşınabilir (Haslam 1972).

Morfolojik özellikler: *Phragmites australis*, *Poaceae* (sazgiller) familyasına ait çok yıllık, otsu bir bitkidir. Bu bitki türü, özellikle su kenarlarında yayılır ve kökleri rizomlardan oluşur. *Phragmites australis*'in morfolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, **2-4 m** boylanabildiği, dik gövdeli bir bitkidir ve su seviyesine bağlı olarak değişen gövde uzunluğunun, sulak alanlar üzerinde oluşturduğu baskın bitki örtüsünü tanımlar. Yapraklar mavi-yeşil renkte olup 20-60 cm uzunluğunda ince, uzun ve dar bir şekilde, 15-40 cm uzunluğunda yoğun salkımlar halinde ve çiçeklenme döneminde tüylü başaklar oluşturur. Bitki özellikle yaz aylarında yoğun çiçeklenme gösterir. Çiçekler, **paniküller** şeklinde toplanmış ve rüzgarla tozlaşan bir yapıya sahiptir. Sonbaharda bitki kahverengiye dönerek çiçek başları kış boyunca kalmaktadır (Saltonstall 2002).

Ekolojik Özellikler: *P. australis*, durgun veya yavaş akan suların bulunduğu nemli ve bataklık alanlarda yetişir. Su seviyesindeki değişikliklere ve farklı toprak tiplerine uyum sağlayabilir. Su kalitesinin iyileştirilmesinde, toprağın erozyonunu engellemede ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesinde önemli rol oynar. Bitkinin kök sistemi, suyu filtreleyerek besin maddelerinin birikmesini engeller ve böylece su ekosistemlerinin sağlığını artırır. Ayrıca, bitkinin sağladığı habitatlar, sucul kuşlar, balıklar ve diğer su canlıları için hayati öneme sahiptir (Haslam 1972).

1.2. Coğrafi Dağılımı

Çiçekli bitkiler arasında *P. australis* dünyada en yaygın yayılış gösterenlerden biridir. *Phragmites australis*, 3000 yıldan uzun bir süredir Kuzey Amerika'da kolonileşmiştir (Niering ve Warren 1980) ve geçtiğimiz yüzyılda Atlantik kıyısı boyunca büyük bir yayılma göstermiştir (Meyerson vd. 2000). *Phragmites australis* artık en saldırgan istilacılardan biri olarak kabul ediliyor ve son zamanlarda dünya çapında yayılmış durumdadır (Rice vd. 2000). *Phragmites australis*'in dağılımı büyük ölçüde sulak alan ekosistemlerinin işleyişine bağlıdır Powell (2007) ve dağılımındaki değişiklikler, sulak alanlardaki suyun mevcudiyeti gibi çevresel koşullardan etkilenmektedir.

Phragmites australis'in coğrafi dağılımı, çok geniştir ve Kuzey Yarım küre'nin çoğu bölgesinde, özellikle sulak alanlarda görülür. İlk başlarda yerli tür olarak kabul edilse de son yıllarda birçok bölgede **invaziv tür (istilacı)** olarak yayılmaya başlamıştır. 19. Yüz yıldan sonra Avrupa'dan Kuzey Amerika'ya getirilen *Phragmites australis*'in, invaziv formu, Kuzey Amerika'da özellikle bataklık ekosistemlerinde baskın hale gelmiştir. Bu bitki türü, sulak alanların çevresel yapısını değiştirme kapasitesine sahip olup, biyoçeşitliliği tehdit edebilmektedir (Chambers vd. 1999). Bununla birlikte, bazı araştırmalar, *Phragmites australis*'in büyüme hızı ve toprağa olan etkileri nedeniyle, özellikle invaziv türlerin bulunduğu bölgelerde, yerli bitki örtüsünü baskın hale getirebileceğini ve suyun kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirebileceğini göstermektedir. Bu, biyolojik çeşitliliğin kaybına ve ekosistemlerin dengesizleşmesine yol açabileceğini desteklemektedir (Galatowitsch vd. 2009).

1.3. İstilacı Türler ve Yayılım Dinamikleri

Genel olarak istilacı bitki türleri, hem doğrudan hem de dolaylı olarak yerel popülasyonları ve istila edilen ekosistemi etkiler. İstilacı türler, çöp birikimi yoluyla tohum çimlenmesini ve hayatta kalmayı azaltarak ve mevcut su kaynaklarını azaltarak yerel türleri doğrudan etkileyebilir (D'Antonio ve Vitousek 1992). İstilacı türler, istila ettikleri alanın toprak biyojeokimyasını, jeomorfolojisini ve hidrolojisini dolaylı yoldan değiştirerek ekosistemleri etkileyebilir (Mack ve Antonio 1998).

Phragmites australis'in genetik çeşitliliği üzerine yapılan çalışmalar, bitkinin istilacı türünün kökenini ve yayılımını anlamak açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Saltonstall (2002) tarafından yapılan çalışmalarda, Kuzey Amerika'daki invaziv *Phragmites australis* popülasyonlarının, Avrupa kökenli olduğunu ve bu türlerin genetik

olarak yerli türlerden farklılaştığını belirtmiştir. Bu genetik farklar, invaziv türlerin daha agresif bir şekilde yayıldığını ve yerli ekosistemleri değiştirdiğini göstermektedir.

P. australis, özellikle Kuzey Amerika'da istilacı bir tür olarak kabul edilir. Yoğun ve geniş alanları kaplayan kamışlıklar, yerel bitki türlerini baskılayarak biyolojik çeşitliliği azaltabilir. Bu nedenle, bu bitkinin kontrolü ve yönetimi ekolojik denge için önemlidir (URL 2). *Phragmites australis*'in istilacı formu, özellikle Kuzey Amerika'da *Phragmites australis* subsp. *australis* olarak bilinmektedir. Yapılan çok sayıda araştırmada, bu formun hızlı yayılımı ve yerli bitkileri yerinden etme kapasitesi vurgulanmaktadır. *Phragmites australis*'in invaziv yayılımı, genellikle birkaç farklı faktörle ilişkilendirilmiştir:

- **Ekstrem büyüme hızı:** *Phragmites australis*, özellikle köklerinin rizomal özellikleri sayesinde hızla yayılabilmektedir.
- **Altyapı değişiklikleri:** Sulama ve tarım uygulamaları gibi insan kaynaklı etmenler, bitkinin yayılmasını hızlandırabilir.
- **Ekolojik boşluklar:** Sulak alanların insan müdahalesi sonucu tahrip edilmesi, *Phragmites australis*'in hızlı yayılmasına olanak tanıyabilir.

Invaziv *Phragmites australis* popülasyonlarının, yerli bitkilerin yerine geçmesi, yerel hayvan türleri için olumsuz etkiler yaratabilir. Örneğin, bazı çalışmalar, bu türün su kuşlarının yuvalama alanlarını azaltabileceğini ve bunun da bölgedeki kuş popülasyonları üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini öne sürmüştür (Meyerson vd. 2000).

1.4. Kontrol Yöntemleri ve Yönetim Stratejileri

P. australis'in yayılmasını yönetmek ve kontrol altına almak amacıyla çalışmalar yürütülmüştür. *P. australis*'i yok etmek ve kontrol altına almak için otlatma ve yangın gibi çeşitli yöntemler kullanmıştır (Marks vd. 1994). Bazı bölgelerde *P. australis*, küresel çapta sulak alanları tehdit eden istilacı bitkilerden biri olarak tanımlanmıştır (Ontario Ministry of Natural Resources 2011). Blossey'e (2003) göre morfolojik özelliklerdeki farklılıkların belirlenmesiyle, sulak alan kontrolü daha bilinçli seçimler yapılmasına destek olmuştur. Literatürlerde bu amaçla kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- **Kimyasal Kontrol:** Herbisitler, istilacı türün kontrol edilmesinde yaygın olarak kullanılır. Özellikle **glifosat** ve **imazapir** gibi kimyasal maddeler, *Phragmites australis*'in kök sistemini hedef alarak bitkinin kontrolünü sağlar (Brix vd. 2001; Meyerson vd. 2011). Kimyasal kontrollere yönelik araştırmalar, bu türlerin su

ekosistemlerine zarar vermemesi için doğru zamanlama ve dozajın önemine dikkat çekmektedir. Ayrıca, herbisitlerin çevresel etkileri ve su kaynakları üzerindeki potansiyel zararları göz önünde bulundurularak uygulama yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

- **Fiziksel Kontrol:** Bitkilerin kökleriyle birlikte sökülmesi ve çimlenme öncesi toprak yüzeyinin hasar görmesi gibi fiziksel müdahaleler, popülasyon kontrolü için uygulanabilir. Bu yöntemler genellikle kimyasal kontrolle birleştirilerek daha etkili hale getirilir. *Phragmites australis*'in rizomları ve kök sisteminin sökülmesi, bitkinin yayılmasını engellemeye yardımcı **olabilir**. Bu yöntem etkili bir kontrol yöntemi olduğunu ancak bu yöntemin çok emek gerektirdiğini belirtmiştir (Bradshaw vd. 2001). Bu bitkinin fiziksel olarak kesilmesi, bitkinin fotosentez yapmasını engeller. Bu işlem, belirli bir süre boyunca tekrarlanarak bitkinin köklerini zayıflatabilir. Bu yöntemin genellikle birkaç yıl süren bir süreç olduğunu ve tek başına yeterli olamayabileceğini belirtilmiştir (Haslam 1972).
- **Biyolojik Kontrol:** Bu yöntem, kimyasal ve fiziksel yöntemlerle birlikte veya bağımsız olarak kullanılabilir. Ancak biyolojik kontrol yöntemleri henüz gelişme aşamasındadır ve etkinliği konusunda daha fazla araştırma gerekmektedir. *Phragmites australis*'in doğal düşmanları (böcekler, mantarlar, vb.) kullanılarak biyolojik kontrol yöntemleri denenmektedir. Ancak bu yöntemler henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır ve etkinlikleri üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. *Phragmites australis*'i besin kaynağı olarak kullanan bazı böcek türleri (örneğin, *Archana geminipuncta* ve *Prokelisia dolus*) biyolojik kontrol ajanları olarak kullanılabilir. Bu böcekler, bitkinin yapraklarına zarar vererek büyümesini engelleyebilirler. Ancak, bu böcek türlerinin sadece sınırlı bir etki sağladığı ve genellikle büyük alanlarda yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir (Meyerson vd. 2011). Bazı mantar türleri ve bakteriler, *Phragmites australis*'in köklerine zarar vererek bitkinin sağlığını bozabilir (Bradshaw vd. 2001).

1.5. Endüstriyel Kullanım ve Uygulamalar

Phragmites australis, ekosistemler üzerinde önemli etkiler yaratabilen ve yayılcı özellik göstermesine rağmen, aynı zamanda çeşitli endüstriyel ve çevresel kullanım alanlarına sahip olan çok yönlü bir bitkidir. Bu bitkinin kullanım alanları, su

ekosistemleri, inşaat, biyoteknoloji, enerji üretimi ve restorasyon gibi pek çok alanlarda uygulamaları yer bulmuştur. *Phragmites australis*, aynı zamanda biyokütle olarak da kullanılabilir. Kağıt yapımı, halı dokuma ve yapı malzemeleri üretimi gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Ayrıca, biyolojik su arıtma sistemlerinde ve çevresel restorasyon projelerinde yer alabilir. Bu bitki, bataklık alanlarının geri kazanılmasında ve su arıtma işlemlerinde filtrasyon malzemesi olarak kullanılabilir (Vymazal 2007).

1.5.1. Çevresel Restorasyon ve Su Arıtımı

Phragmites australis, özellikle su arıtımı ve çevresel restorasyon alanlarında yaygın olarak kullanılır. Bu bitki, su ekosistemlerinin kalitesini iyileştirmede ve kirleticilerin biyolojik olarak arıtılmasında etkili bir araçtır. *Phragmites*, sucul ortamlarda yer alan fazla besin maddelerini (örneğin, azot ve fosfor) emer, bu da suyun kalitesini artırır. Kullanım Alanları:

- **Su Arıtma Sistemleri:** *Phragmites australis*, özellikle atık su arıtma tesislerinde, biyolojik arıtma süreçlerinde kullanılmaktadır. Bitkinin kök sistemi, kirli suyu süzerek, besin maddelerinin ve kirleticilerin suyun içinden çıkarılmasını sağlar. Bu özellik, özellikle tarımsal faaliyetler sonucu kirlenen sulak alanlarda suyun temizlenmesinde kullanılır (Vymazal 2007).
- **Sulak Alan Restorasyonu:** Sulak alanların restorasyonunda, *Phragmites australis*, toprak erozyonunu engellemek ve suyun kalitesini artırmak için kullanılır. Bu bitki, sulak alan ekosistemlerinin sağlığını iyileştirir ve yerli bitki örtüsünün yenilenmesine katkıda bulunur.

1.5.2. Biyokütle ve Enerji Üretimi

Phragmites australis, biyokütle enerjisi üretimi için uygun bir kaynaktır. Bu bitki, organik madde açısından zengin olduğu için kesilmiş sapsapları biyokütle olarak kullanılabilir ve biyokütle yakıtları, enerji üretiminde alternatif bir kaynak olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu bitkinin biyokütlesi, odunla benzer enerji verimliliğine sahip olup, biyokütle enerji santrallerinde kullanılabilir (Pezeshki vd. 2014).

Biyodizel Üretimi: Bitkinin yağ içeriği, biyodizel üretiminde bir hammadde olarak kullanılabilir, bu da onu yenilenebilir enerji kaynakları arasında potansiyel bir seçenek haline getirmektedir (He vd. 2015).

1.5.3. Kağıt ve Zarf Yapımı

Phragmites australis'in lifleri, kağıt yapımında kullanılabilir kadar dayanıklıdır. Kağıt endüstrisinde, Phragmites'in lifleri, özellikle çevre dostu ve sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bitkinin sapları, kağıt üretiminde kullanılarak kağıt ürünlerinin üretim maliyetini düşürebilir. Phragmites'in bu şekilde kullanımı, geri dönüştürülebilir ve biyolojik olarak çözünebilir kağıtların üretimine olanak sağlar (Saha vd. 2017).

Ambalaj ve Zarf Üretimi: Bitkinin lifleri, ambalaj malzemeleri ve zarf üretimi için de kullanılmaktadır. Bu kullanım, kağıt ve diğer ambalaj malzemelerinin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesine olanak tanır (Malhotra vd. 2018).

1.5.4. İnşaat ve Yapı Malzemeleri

Phragmites australis'in sağlam ve hafif yapısı, inşaat endüstrisinde çeşitli malzemelerin üretiminde kullanılmasına olanak sağlar. Bitki, doğal yapı malzemeleri ve izolasyon ürünleri olarak değerlendirilebilir.

Yapı Malzemeleri: Phragmites australis, geleneksel yapı malzemelerinin yerine kullanılabilir bir alternatif sunmaktadır. Özellikle suya dayanıklı malzemeler, izolasyon panelleri ve hafif yapı elemanları üretiminde kullanılabilir (Jafari vd. 2016).

İzolasyon ve Yalıtım: Phragmites'in lifleri, iyi bir yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir. Bu, hem çevre dostu hem de ekonomik bir yalıtım seçeneği sunar. Bu kullanım, özellikle enerji verimliliği yüksek binaların inşasında faydalıdır (Espinosa vd. 2017).

1.5.5. Hayvan Yemi ve Gıda Ürünleri

Phragmites australis, bazı durumlarda hayvan yemi olarak özellikle sığır, koyun ve keçi gibi otçul hayvanlar için uygun bir yem kaynağıdır. Bununla birlikte, bitkinin sapları, geleneksel beslenme yöntemleriyle gıda üretiminde de kullanılabilir. Phragmites australis, özellikle sulak alanlarda yetişen hayvanlar için besin kaynağı olabilir. Bu bitkinin sapları, uygun şekilde işlenerek otçul hayvanların yemi olarak kullanılabilir (Brix vd. 2001).

1.5.6. Sanat ve Zanaat Ürünleri

Phragmites australis, bazı kültürlerde geleneksel zanaat ve sanat malzemeleri olarak kullanılır. Özellikle geleneksel halı dokuma ve diğer el sanatlarında, bu bitkinin liflerinden yararlanılmaktadır.

Halı ve Dokuma Ürünleri: *Phragmites*'in güçlü ve uzun lifleri, geleneksel halı dokuma endüstrisinde kullanılır. Bu lifler, kaliteli dokuma malzemeleri üretmek için kullanılabilir (Broughton vd. 2010).

1.5.7. Biyolojik Çeşitliliği Destekleme ve Habitat Sağlama

Phragmites australis, sulak alanlarda ekosistemlerin desteklenmesine ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olan bir bitkidir. Bitki, kuşlar, balıklar ve diğer sucul hayvanlar için önemli bir yaşam alanı sağlar.

Doğal Habitat Sağlama: *Phragmites australis*, su kuşları ve sucul hayvanlar için yuvalama alanları sağlar. Bu bitki, yerli ekosistemlerin sağlığını koruma açısından önemlidir (Meyerson vd. 2000).

1.5.8. Aktif Kömür Üretimi

Phragmites australis (Kum Kamışı), yüksek karbon içeriğine sahip hızlı büyüyen ve yaygın olan bir bitki olduğundan, özellikle biyokütle kaynağı olarak kullanımı ile dikkat çekerken, geniş yayılımı nedeniyle onu aktif kömür üretimi için uygun maliyetli bir hammadde kaynağı yapmaktadır. Aktif kömür, özellikle su ve hava arıtma sistemlerinde, toksinlerin, kirleticilerin ve zararlı bileşenlerin adsorbe edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. *Phragmites australis*'in bu alandaki kullanımı, özellikle sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen aktif kömürlerin üretimine olan ilginin arttığı günümüzde daha fazla önem kazanmaktadır. *Phragmites australis*, özellikle yüksek selüloz içeriği ve biyolojik olarak hızlı şekilde büyümesi nedeniyle biyokütle olarak kullanılacak uygun bir kaynaktır. Bitkinin sapları, lifleri ve rizomları, aktif kömür üretimi için kullanılan biyokütlenin kaynağı olarak değerlendirilebilir. Aktif kömür üretimi, karbonlaşma ve ardından aktifleşme (aktivasyon) süreçlerini içerir. Bu süreçler, bitkisel materyalin yüksek sıcaklıklarda işlenmesi ve porozite oluşturacak şekilde işlenmesiyle gerçekleştirilir. *Phragmites australis*'in biyokütlesi, yaklaşık 500–900°C arasında pişirilerek karbonlaşma sürecine tabi tutulur. Bu işlem sırasında organik maddeler, su buharı veya gazlar ile ayrılır ve karbonlu bir madde olan "kömür" elde edilir. Karbonlaşmış biyokütle, yüksek sıcaklıklarda buhar veya kimyasal maddelerle işlenerek

"aktif" hale getirilir. Bu aşamada, karbon parçacıklarının yüzeyi daha da genişler ve büyük bir adsorpsiyon kapasitesine sahip olan aktif kömür elde edilir. Aktif kömürün porozitesi, su, hava ve gazların temizlenmesi gibi işlemlerde daha etkili olmasını sağlar (Lillo vd. 2005).

Aktif kömür, geniş bir kullanım alanına sahiptir. En yaygın kullanıldığı alanlar arasında su arıtma, hava filtrasyonu, endüstriyel gazların temizlenmesi ve çeşitli kimyasal maddelerin adsorpsiyonu bulunmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda, özellikle kimyasal ve farmasötik atıkların giderilmesinde kullanılır. Su arıtma tesislerinde kirleticilerin, özellikle organik bileşiklerin, mikropların ve toksinlerin giderilmesinde yaygın olarak kullanılır. *Phragmites australis*'ten elde edilen aktif kömür, suyun temizlenmesi, ağır metal ve toksik maddelerin adsorpsiyonu için kullanılabilir (Zafiroopoulos vd. 2010). Havadaki zararlı gazları, özellikle organik bileşenleri ve kirleticileri adsorbe etmek için kullanılır. *Phragmites australis*'in biyokütlesinden üretilen aktif kömür, hava arıtma ve karbon emisyonlarının azaltılması için alternatif bir kaynak olabilir (Rios vd. 2013; Rios vd. 2014).

1.6. Aktif kömür adsorbsiyonu

Phragmites australis ve **aktif kömürünü** kullanarak atık yağların temizlenmesi, çevre koruma ve atık yönetimi açısından önemli bir konudur. Aktif kömür, özellikle yağların ve organik kirleticilerin adsorpsiyonunda oldukça etkili bir malzemedir. *Phragmites australis*, yüksek karbon içeriği ve geniş yüzey alanına sahip lifli yapısı sayesinde aktif kömür üretimi için uygun bir biyokütle kaynağıdır. Termal veya kimyasal aktivasyon yöntemleri kullanılarak bitkisel materyalin gözenekliliği artırılarak adsorpsiyon kapasitesi yükseltilebilmektedir. Yüksek poroziteye sahip olup, çevresel atıkların (özellikle atık yağların) ve diğer kirleticilerin adsorpsiyonu temizlenmesi amacıyla kullanılabilir.

Atık ve içme sularından ağır metaller, organik kirleticiler ve toksik maddelerin giderilmesinde etkili bir adsorban olarak kullanılmaktadır. Tarımsal atık veya istilacı türlerden düşük maliyetli ve sürdürülebilir, çevre dostu aktif kömür üretimi olduğundan, ekonomik ve ekolojik faydalar sağlamaktadır. Kimya, ilaç, gıda ve su arıtma sektörlerinde saflaştırma ve filtrasyon işlemlerinde endüstriyel uygulamalarında kullanılabilir.

Aktif kömür, yüzeyindeki mikroporlar sayesinde organik kirleticileri, yağları ve çözücülerini adsorbe edebilir. Atık yağlar, özellikle endüstriyel atıklar, motor yağları veya gıda endüstrisinden kaynaklanan yağlar, çevresel kirliliğe neden olabilir. Bu tür yağlar,

suyu kirleterek ekosistemlere zarar verebilir. Aktif kömürün yüzeyi, organik kirleticileri ve yağları adsorbe edebilecek yeterli alan sunarak yağ molekülleri, yüzeydeki mikroporlara çekilir ve burada tutunur. Bu süreç, fiziksel adsorpsiyon olarak bilinir ve yağların çözünürlüğünü engelleyerek suya karışmalarını önler (Kadirvelu vd. 2000). Bıçak ve Yılmaz 2013'teki çalışmasında, tarımsal atıklardan üretilen aktif kömürün, suya karışan yağları etkili bir şekilde adsorbe ettiği gösterilmiştir. Endüstriyel atıklarda bulunan yağlar, sanayi tesislerinin su kaynaklarını kirletmesine neden olabilir. Bu tür endüstriyel atıkların temizlenmesinde kullanılarak hem çevresel etkiler azaltılabilir hem de atık yönetimi çözümleri sağlanabilir (Gopal ve Gupta 2011). Atık yağların temizlenmesindeki verimliliği, adsorpsiyon kapasitesine bağlıdır. Araştırmalar, aktif kömürün farklı türdeki yağları (örneğin, motor yağı, gıda endüstrisinden gelen yağlar) farklı verimliliklerle adsorbe edebildiğini göstermektedir. Bu tür kirleticiler, aktif kömür yüzeyine adsorbe edilerek su ekosistemlerine zarar vermeyecek halde bertaraf edilebilir (Wang vd. 2015). Bu işlem, atık yağların çevreye zarar vermeden geri dönüştürülmesini ve yönetilmesini sağlar. Ayrıca, bu süreç, aktif kömürün yenilenebilir kaynaklardan üretilmesini sağlayarak sürdürülebilir atık yönetimi açısından önemli bir katkı sağlar. Çünkü bu bitki, sulak alanlardan toplanarak zararlı istilacı bir tür olduğundan hem kontrol edilebilir hem de biyokütlesinden dolayı aktif kömür üretimi için kullanılabilir. Böylece, hem ekosistem dengesinin korunmasına yardımcı olunur hem de atık yağların temizlenmesi için ekonomik ve çevresel açıdan faydalı bir yöntem sağlanmış olur (Lima 2017).

Atık yemeklik yağlar, serbest yağ asitleri ve oksidasyon ürünleri içerdiğinden doğrudan yeniden kullanımı sağlık açısından sakıncalıdır. Bu nedenle, arıtma işlemleriyle zararlı bileşenlerden arındırılarak biyodizel üretimi, sabun yapımı veya tekrar kullanımı mümkün hale getirilmelidir. Bu bağlamda;

- **Asidik ve peroksit değerinin düşürülmesi:** Yağların bozulma seviyesini belirleyen bu değerlerin kontrol altına alınması sağlanmalıdır.
- **Çevresel kirliliği önleme:** Lavaboya dökülen atık yağların su kaynaklarını kirletmesini önleyerek çevre dostu bir dönüşüm sağlanmalıdır.
- **Ekonomik değer kazandırma:** Atık yağların biyodizel gibi alternatif yakıtlara veya sanayide farklı ürünlere dönüştürülmesi ekonomik kazanç sağlanabilir.

- **Gıda güvenliği ve sağlığı koruma:** İşlenmemiş atık yağların tekrar kullanılmasını engelleyerek insan sağlığını tehdit eden unsurların ortadan kaldırılmasına katkı sunulmalıdır.

1.7. Atık yağlar

Son on yıllarda, Atık Yemeklik Yağların (WCO) geri dönüşümü ve yönetimi için yeni sürdürülebilir süreçlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar (Ramos vd. 2013) katlanarak artmıştır. Avrupa'da ve başka bazı ülkelerde, WCO'lar kentsel atık sistemi tarafından toplanmaktadır (URL 3) ve yetkili bir geri dönüşüm noktasına teslim edilmektedir. Gıda zincirinin bu yan ürünü şu anda çeşitli endüstriyel süreçler için ekonomik ve yeşil bir hammadde olarak kabul edilmektedir (Borrello vd. 2017). Kullanılmış bitkisel yağın daha kıymetli katma değerli ürünlere dönüştürülme olasılığı, çevreye yayılmasını önleme (Li vd. 2016) ve miktarının fazla olması gibi sebeplerden dolayı, birçok endüstride, WCO'ların işlenmesine yatırım yapmaya itmiştir (Ribau-Teixeira vd. 2018).

Artık yemeklik yağın bertaraf edilmesi büyük bir çevresel endişedir, bu nedenle ticari ürünlere dönüştürülmesi arzu edilebilir bir hedeftir. Evsel atık yağın biyodizel dışındaki değerli biyokimyasallara kimyasal modifikasyonlarla dönüştürmek son derece önemlidir. Bu bağlamda, atıkların değerlendirilmesi (Brandao 2021; Plazzotta 2002), kimyasal üretimlerin çevresel etkisini ve maliyetlerini azaltmada önemli bir kavramdır. Atık yemeklik yağ (WCO) değerlendirilerek çeşitli faydalı ve katma değeri yüksek biyokimyasallara dönüştürülme potansiyeline sahip, yaygın olarak bulunan ve ucuz bir yenilenebilir kaynaktır (Cardenas 2021; Paul 2021; Mannu 2020; Tsai 2019; Mannu 2019a; Mannu 2019b). 2022 yılında dünya genelinde gıda amaçlı üretilen yemeklik bitkisel yağın yaklaşık 3,7 milyar galonu (yaklaşık 12 milyon 250 bin ton) kullanıldığı ve 2030 yılına gelindiğinde bu miktarın 5-10 milyar galon olacağı tahmin edilmektedir. (URL 4). İtalya'da bu yağların önemli bir kısmı, yaklaşık %20'si, pişirme işleminden sonra atıldığı için, geri kazanılmamaktadır. Geri kazanım gerçekleşen yağların yani işlenmiş ve temizlenmiş WCO'nun %90'ı biyodizel olarak ve kalan %10'u biyoyağlayıcılar, sabunlar, mumlar, mürekkepler veya kozmetiklerin üretiminde kullanılmaktadır (Azzena, 2023).

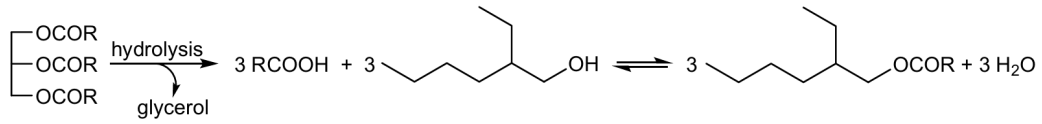
Geri dönüştürülmüş WCO'nun en yaygın kullanımları arasında biyo-yağlayıcı üretimi (Shashidhara ve Jayaram 2010, Zhang vd. 2003, Hamze vd. 2015), hayvan yemi olarak kullanımı (Saleemdeeb vd. 2017) ve enerji üretimi (Singhabhandhu ve Tezuka 2010) veya

yakıt bileşeni olarak (Namoco vd. 2017, Capuano vd. 2017, Rincón vd. 2019) yer almaktadır. Bunlara ilaveten, geri dönüştürülmüş WCO'ların bazı son uygulamaları arasında (Mannu vd. 2019a), çevre dostu biyolojik olarak parçalanabilir çözücülerin üretimi (Panadare ve Rathod 2015), biyo-asfalt ve biyo-beton için katkı maddesi olarak kullanımını (Elahi vd. 2021; Asli vd. 2012) ve susuz gaz sorbent cihazlarında kullanımları yer almaktadır (Worthington vd. 2017; Lhuissier vd. 2018). Belirli bir üretimden bağımsız olarak, WCO'lar genellikle bazen aynı toplayıcılar tarafından ön işleme tabi tutulur ve yenilenmiş düşük kaliteli petrol türevlerine dönüştürülmektedir. Düşük piyasa değerlerine sahip bu ürünler geri dönüşümün bu ilk aşamasından sonra, daha fazla dönüşüm için diğer endüstrilere satılmaktadır. Genel olarak bu ön işlemden, ham WCO'dan kimyasalların su ile ekstraksiyonu ve/veya selüloz veya bentonit ile arıtılmasını içermektedir.

Diğer taraftan, kil ile arıtım, diğer adıyla berraklaştırma, tarihsel olarak mineral yağların geri dönüşümünde kullanılmış olup, yağ yoğunluğunu ve viskozitesini azaltmaya, polar bileşikler, metalleri, askıda katıları gidermeye, renk özelliklerini iyileştirmeye olanak tanımaktadır (Mannu vd. 2018; Mannu vd. 2019b). Ham WCO'ların uçucu fraksiyonunun, ana yenilebilir bitkisel yağlara göre esas olarak Serbest Yağ Asitleri (FFA) ve bozunma ürünlerinden oluştuğu ve bu bileşimin filtreleme işlemi için kullanılan bentonit türüne bağlı olarak değiştiği bulunmuştur (Choe ve Min 2007).

1.8. Yağlarda serbest yağ asitleri (FFA)

Serbest yağ asitleri (FFA), bitkisel yağlardaki trigliseritlerin hidroliz ürünleridir (Pietro 2020). Yenilebilir yağlarda, FFA oluşumları yağın üretimi, depolama prosedürleri ve genel olarak ham maddenin işlenmesi sırasında gerçekleşmektedir (Skiera 2014; Alexandri 2017). Bitkisel yağlardaki FFA konsantrasyonu, ham maddenin kalitesi ve çeşitliliği, toplama koşulları, işleme, depolama, yağın yaşı ve bozulma durumu gibi birden fazla faktöre bağlıdır (Skiera 2012; Dayrit 2008). Kızartma sırasında oluşan yüksek sıcaklık ve havaya maruz kalma, trigliseritlerin hidrolizini ve oksidasyonunu teşvik ederek yağdaki FFA içeriğini artırdığı için, atık pişirme yağlarında (WCO) FFA miktarı daha da yüksek olmaktadır (Banani 2015; Mannu 2019; Mannu 2018; Bautista 2009).



Şekil 1.1. Yağ hidrolizi (Azzena 2023; R: yağ asidi zinciri)

FFA içeriğini ölçmek için yerleşik bir yöntem, bir gram numunedeki asidik fraksiyonu nötralize etmek için gereken potasyum hidroksit miktarı (miligram KOH) olarak adlandırılan sözde "asit değeri"dir ve mg KOH/g yağ cinsinden gösterilir. Pratik olarak konuşursak, asit değeri, lipitlerdeki, FFA'nın belirlenmesi için bir hacimsel yöntemdir ve bu da numunenin, bir uç nokta göstergesi olarak fenolftalein indikatörü yanında standartlaştırılmış bir etanolik KOH çözeltisi ile titrasyonundan bulunmaktadır (Bockisch 1998). Bitkisel yağlardaki FFA miktarı, yağın özelliklerini olumsuz etkilediğinden istenilmemektedir. Çünkü yüksek FFA içeriği rafinasyon sırasında kayıplara, yağın zayıf lezzet kalitesine, stabilitesine ve yağın bozulmasına neden olmaktadır (Lanser 1991; Li 2011; Mahesar 2014). Endüstriyel düzeydeki üretimlerde, FFA'lar genellikle bir rafinasyon prosedürü yoluyla ham yağdan uzaklaştırılır, ancak süreç %100 verimli olmamaktadır. Bu nedenle, asit değerlerinin kantitatif olarak belirlenmesi yağların üretiminde, ticaretinde, depolanmasında, pazarlanmasında, resmi gıda ve ilaç kontrolünde bir kalite endeksi olarak rol oynamaktadır (Skiera 2014; Skiera 2012; Li 2011). FFA'nın tanımlanması ve miktarının belirlenmesi, WCO geri dönüşümü ve yönetimi için yeni sürdürülebilir süreçlerin geliştirilmesinde de ana hedef olmuştur. Bu kullanılmış bitkisel yağlar değerli ürünlere dönüştürülebilir ve biyo-yağlayıcılar, hayvan yemi, biyo-asfaltlar ve biyo-beton için katkı maddeleri veya hem doğrudan yakma hem de biyoyakıt sentezi için enerji üretimi alanında kullanılabilir. Bazen yapılacak uygulamalardan bağımsız olarak, bileşimini ve dolayısıyla FFA içeriğini değiştiren ön işlem adımı gerekli olmaktadır (Mannu 2019; Mannu 2020; Vlahopoulou 2018). Asitliğin analitik ölçümü de dâhil olmak üzere atık yağların bileşiminin belirlenmesi, kalitesini değerlendirmek (Mannu 2019) ve daha iyi nasıl kullanılacağını belirlemek için oldukça önemlidir.

Asitlik değerinin belirlenmesinde, geleneksel titrasyon yönteminin dezavantajlı olduğu durumlarda (Alexandri 2017; Mahesar 2014) aletli ölçümler geliştirilerek tespit edilmiştir. pH ölçümü (Tur'yan 1996), gaz kromatografisi (Lau 2005; Wan 2007; Kanya 2007; Bazina 2018), HPLC (Li 2011; Tarvainen 2011), FTIR (Lanser 1991; Yu 2011; Che Man 1999), yakın IR (Moschner 2006; Gerde 2007), kolorimetri (Novak 1965;

Gyorik 2006; Lowry 1976) veya akış enjeksiyon analizi (FIA) (Mariotti 2001; Saad 2007; Zhi 1996) gibi cihazlarla yapılan analizlerin sonuçları, klasik yöntemle uyum gösteren alternatif teknikler olarak önerilmiştir (Berezin 1995). Ayrıca, ¹H-, ¹³C- ve ³¹P-NMR, spektroskopisi yağların ve katı yağların analizinde FFA tayini için alternatif bir yöntem olarak kullanılmıştır (Skiera 2014; Lankhorst 2018).

1.9. Yağlarda Peroksit Değerleri

Peroksit Değeri (PV), yağ ve katı yağ oksidasyonunun ilk aşamalarında oluşan peroksit ve hidroperoksit konsantrasyonunu göstermektedir. Yüksek bir PV, bozulmayı ve potansiyel sağlık risklerini gösterir. Kalite kontrolü ve tüketici güvenliğini sağlamak için düzenli izlenilmesi gerekmektedir. Yağlar arasında tat bozukluğu oksidasyondan kaynaklanmaktadır. PV, yağlarda ve katı yağlarda birincil oksidasyonun bir ölçüsüdür. Yağ asitleri oksidasyon sırasında parçalanarak tadı, aromayı ve besin değerini olumsuz etkileyen peroksitler oluşturmaktadır. PV ölçümü, oksidasyonu izlemek için yararlı bir araçtır, ancak oksidasyon ilerlemesinin daha eksiksiz bir resmi için genellikle diğer yöntemlerle birleştirilir.

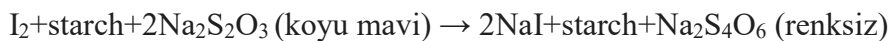
Peroksit Değerini Belirleme Yöntemleri; geleneksel olarak, PV titrasyon yöntemleriyle belirlenir. Ancak, teknolojideki gelişmeler, yakın kızılötesi (Near-IR) analiz ve fotometrik analiz gibi daha karmaşık tekniklerin gelişmesine yol açmıştır. Ayrıca AOCS (American Oil Chemists' Society), güvenlik endişelerinden dolayı, geleneksel kloroform-asetik asit karışımına alternatif olarak izooktan bazlı bir yöntem de geliştirmiştir.

Titrasyonla Peroksit Değerinin Belirlenmesi: Titrasyon yöntemi, yağdaki peroksitlerin genellikle iyodometrik bir çözelti ile reaksiyona sokulmasını ve tüketilen iyot miktarının ölçülmesini içerir. Titrasyon, yağlarda ve katı yağlarda peroksit değerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ancak zaman alıcı, yetenekli laboratuvar personeli gerektirici ve tehlikeli reaktiflerin kullanımı gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır.

Peroksit değeri (PV), birincil oksidasyon ürünleri olan hidroperoksit konsantrasyonunu belirler. Prensipte, peroksitlerin potasyum iyodürden iyot salmasını içerir.



Daha sonra ROOH miktarı, sodyum tiyosülfatla titrasyon ve bir nişasta indikatörü kullanılarak yapılan oluşan iyot miktarının ölçülmesiyle belirlenir:



Peroksit miktarı, tüketilen sodyum tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$) miktarına göre hesaplanır. Gıdadan çıkarılan 1 kg yağ başına mili-eşdeğer (meq) peroksit birimi cinsinden peroksit değeri (PV) olarak ifade edilir. Genel bir kural olarak, bayatlama aromasını önlemek için PV'nin 10–20 meq/kg yağın üzerinde olmaması gerekir (Bostan, 2024).

P. australis'in dünya çapındaki bolluğunun daha iyi anlaşılması ve gelecekteki yönetim planlama amaçlarına katkıda bulunacaktır. Diğer su bitkilerinde olduğu gibi *Phragmites australis* saldırgandır, dengesiz bir ekosisteme sahip, sulak alanda ve yakınında yaşayan yaban hayat popülasyonlarının yer değiştirmesine yol açmaktadır. Bu tez çalışmasında, Kırgızistanın başkenti Bişkek çevresindeki sulak alanlarda yetişen ve yaban hayat üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olan *P. australis* istilasını dikkate alarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, Laboratuvara getirilen kamışlar kurutulup öğütülerek aktif kömür yapılacak hale getirilmiştir. Adsorpsiyon kapasitesi, fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak kamıştan elde edilen aktif kömür ile atık yemeklik yağ (WCO) arıtımında kullanılmıştır.

1.10. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İstilacı türler, bitki çeşitliliğinin gelişme yeteneğini azaltabilir ve sulak alanlar ile diğer hassas ortamlardaki yaban hayatı habitatının kalitesini düşürebilir. İstilacı türler geniş alanları işgal ederek yerli türlerin yerlerinden edilmesine yol açmaktadır. Güney Afrika'daki yaklaşık 10 milyon hektarlık alanın istila edildiği tahmin edilmektedir. Yale Üniversitesi'nin yaptığı çalışmalara göre *P. australis*'in sulak alanlara girişi endişe verici olarak kaydedilmiştir (Mal ve Narine 2004).

Phragmites australis, yerel bitkilerle başarılı bir şekilde rekabet eden kalın, geçilmez topluluklar oluşturarak sulak alanları tehdit etmektedir (Minchinton ve diğerleri 2006). Rekabet yetenekleri onların sulak alan ekosistemlerine yayılmalarına olanak tanımaktadır. *Phragmites australis*, dünya çapında sulak alan ekosistemleri için en büyük tehditlerden biridir ve etkisi giderek daha zararlı bir bileşen haline gelmektedir.

Phragmites australis, özellikle bozulmuş alanlarda, bitişik alanlara daha çabuk yerleşir. *P. australis*, çevresindeki bitki ve hayvanlara hükmederek onların yaşam alanlarını değiştirir. Sonuç olarak *P. australis* aynı zamanda insanların su kaynaklarına erişimini de değiştiriyor ve bu da kötü kullanım nedeniyle mülk değerlerinin düşmesi de dahil olmak üzere büyük ekonomik etkilere neden olmuştur (Hazelton 2018). *P. australis* istilasına katkıda bulunan faktörler arasında toprak bozulması, kirlilik, doğal hidrolojik rejimdeki

değişiklikler, artan sedimentasyon (Marks vd. 1994) ve artan besin konsantrasyonları gibi kavramlar yer almaktadır. *P. australis* sulak alan hidrolojisini, sedimentasyonunu, azot fiksasyonunu ve habitat bozulmasını değiştirmektedir. Yüksek verimlilik ve terleme özelliğinden dolayı yerli bitkilere kıyasla daha fazla su emmektedirler.

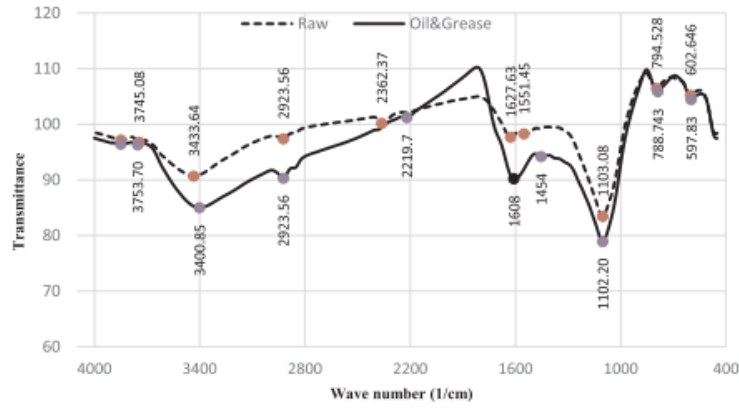
Numunelerin SEM mikro yapı görüntülerinden, genel gözenek yapısının süngerimsi olduğu ve aktif karbon üretiminin geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürede ve daha fazla enerji tasarrufu ile gerçekleştirilebildiği söylenebilir. Bu yöntemle ucuz ve çevre dostu bir biyokütle olan kamış, adsorpsiyon işlemlerinde adsorban olarak kullanılabilir (Helvacı 2020).

Zararlı kirleticilerden temizlik yapılırken kamış hammaddelerinin ve buna dayalı aktif karbonların adsorpsiyon özellikleri dikkate alınmaktadır. Çalışılan kirleticilerin ham PS ve onun AC'sine adsorpsiyonu olumlu olmuştur. Aktifleştirilmiş pipetlerin, işlenmemiş pipetlere kıyasla boyalar ve ağır metaller için daha yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu bulunmuş olup, bu durum, işlenmemiş pipetlerin gözenekli yapısının gelişiminde aktivasyonun rolünü doğrulamaktadır. Ayrıca her iki adsorban da ağır metallerle kıyasla sentetik boyalara karşı yüksek adsorpsiyon kapasitesi göstermiştir (Ahmed 2017).

Çalışmada, karbon kaynağı olarak kamış biyokütlesi kullanılarak ucuz ve etkili bir adsorban hazırlanmış ve daha sonra buna Fe₃O₄ ilavesiyle manyetik biyokömür elde edilmiştir. Elde edilen sorbentin sulu ortamdan metilen mavisinin adsorpsiyonunda iyi bir etkinliği vardır. Maksimum adsorpsiyon kapasitesi 353,4 mg g⁻¹ olup, bu değer birçok biyosorbanınkinden daha iyidir (Mortada 2024).

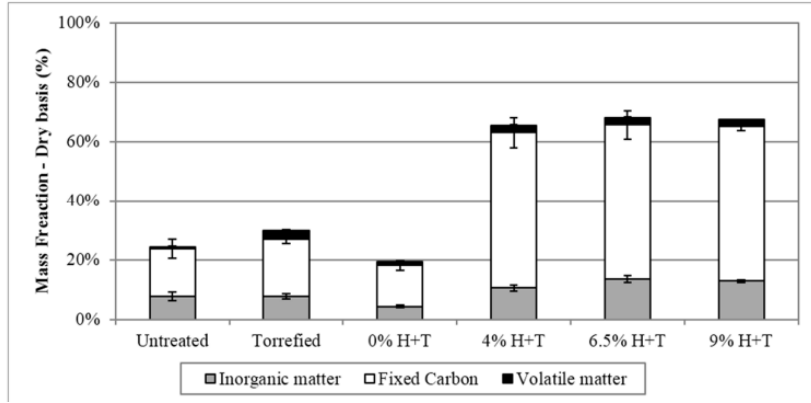
P. australis kullanılarak sulu çözeltilerden biyosorbent olarak Na⁺ ekstraksiyonu, parti işleme yöntemi ile araştırıldı. Sonuçlar, adsorban dozajları, pH değerleri, başlangıç seviyeleri ve temas süresi gibi deneysel koşulların sodyum adsorpsiyon kapasitesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Sodyumun maksimum adsorpsiyon kapasitesi pH=4'te 117,68 mg/g olarak bulundu. Sodyum desorpsiyon çalışmaları, *P. australis* biyosorbentinin rejenerasyonu ve yeniden kullanımı için olumlu bir potansiyel olduğunu göstermiştir; Bu çalışmada kullanılan biyosorbent gelecekte bir takım potansiyel ticari avantajları bulunmaktadır. Sonuçlar *P. australis*'in atık su arıtımı için ekonomik açıdan cazip olduğunu gösterdi. Kamış biyokütlesinin yüksek ve düşük sodyum içeriğinde mükemmel adsorpsiyon özelliklerine, adsorpsiyon materyalinin basit ön işlemine, desorpsiyon ve sorpsiyon kapasitesinin kolay ve yüksek rejenerasyon kabiliyetine sahip olduğu gösterilmiştir (El Shahawy 2021).

Phragmites australis'in kurutulmuş biyokütlesi, petrol ürünleri ve sabun içeren endüstriyel atık sulardan organik kirleticilerin uzaklaştırılmasında etkili bir biyosorbenttir (El Shahawy 2018). Kurutulmuş Phragmites australis biyokütlesi, endüstriyel atık sulardaki petrol ve sabun türevlerinden organik kirleticilerin uzaklaştırılmasında etkili bir biyosorbenttir. FTIR spektroskopisi sonuçları, P. australis yüzeyinde çok sayıda kimyasal fonksiyonel grubun korunduğunu ve oluştuğunu, bunun da adsorpsiyon özelliklerini artırabileceğini göstermiştir. P. australis, gerçek atık su örneklerinden COD, BOD ve yağ ürünlerini uzaklaştırma konusunda güçlü bir gizli yeteneğe sahiptir.



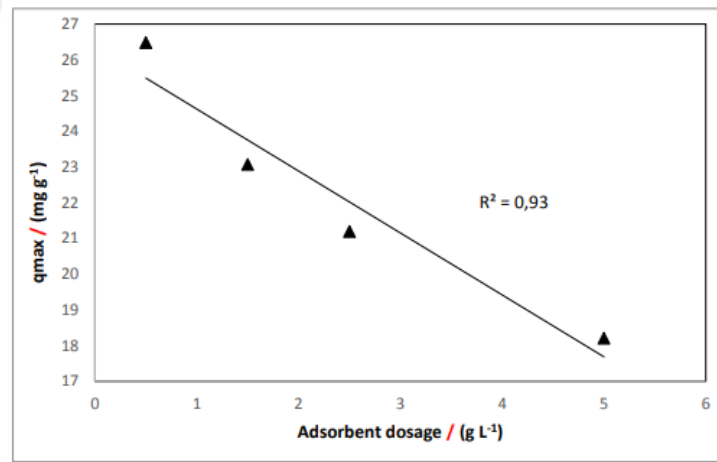
Şekil 1.2. Phragmites australis'te ve adsorpsiyondan sonra kurutulmuş bambunun IR spektrumu

Phragmites australis, hızlı piroliz yoluyla biyo-yağ ve biyokömüre dönüştürülen termokimyasal işlemlerde hammadde olarak kullanılabilir. Fosforik asitle ön işlem ve kavurma, seçici inorganik madde seviyelerinin azaltıldığı selüloz açısından zengin bir hammadde oluşturarak piroliz ürünlerinin seçiciliğini ve verimini kontrol eder. Biyokömür, yüksek düzeyde sabit karbon ve fosfor ile asgari düzeyde uçucu madde içerdiğinden, potansiyel olarak toprak iyileştirici ve/veya aktif karbon üretiminin öncüsü olarak kullanılmaya uygundur (Garrido 2017).



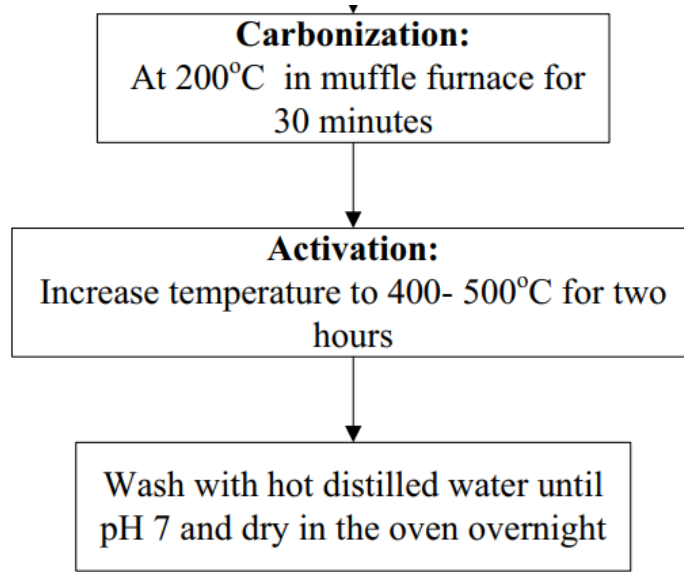
Şekil 1.3. Önceden işlenmiş kamış türlerinin hızlı pirolizi sonucunda elde edilen biyokömür veriminin ve kütle fraksiyonlarının yaklaşık analizi

Kamış külü kirli sulardan fosforu uzaklaştırmak için kullanılabilir. Bu çalışmanın sonuçları fosforun adsorpsiyon kapasitesini ortaya koymakta ve maksimum adsorpsiyon kapasitesinin 293 K'de 5 g L⁻¹ konsantrasyonda %98,3'e kadar çıktığını göstermektedir. Kamış külü su ve atık su arıtımında ucuz bir adsorban olarak kullanılabilir (Carricondo 2021).



Şekil 1.4. Komkala 05, 15, 25 ve 5 g kamış külü şişesinde 293 K'de Qmax kamış külü

Manyetik aktif karbon (MG-AC), manyetik substratların AC üzerinde dağıtılmasıyla elde edilen katı bir ürün olup, sırasıyla iyileştirilmiş yüzey alanı ve manyetik özellik gibi olumlu fizikokimyasal özellikleri nedeniyle atık sulardan ağır metallerin gideriminde ilgi odağı haline gelmiştir (Anyika 2017).



Şekil 1.5. Karbonizasyon ve aktivasyon aşaması

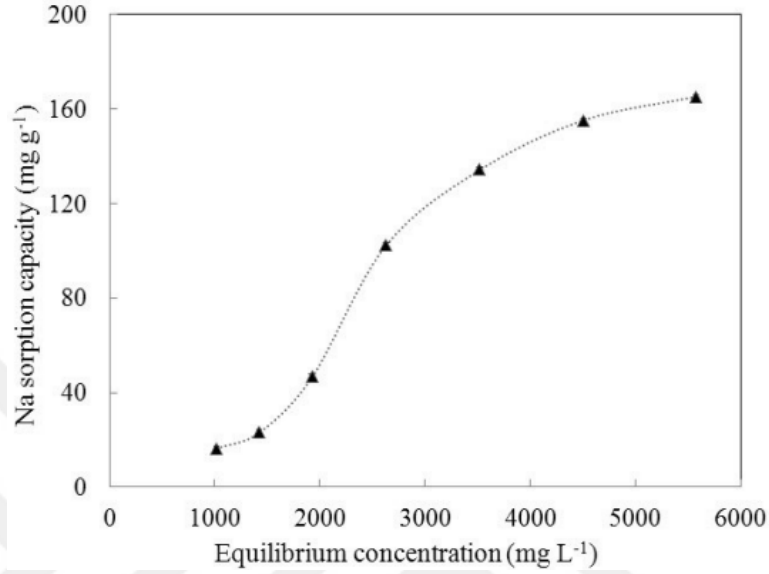
Aktif karbon atık klimalardan kirleticilerin uzaklaştırılması sonrasında geri dönüştürülebilir ve %80'e varan yüksek verimlilikle geri kazanılabilir (Shi vd. 2010). AC yumuşak ise geri dönüşümden sonra parçacıklar daha küçük hale gelir, ancak sert AC'nin sert kısmı iyi korunduğu için birçok kez geri dönüştürülebilir (Mu'azu vd. 2017). Aktif karbon tipik olarak termal (Bhagavan vd. 2015), buhar (El Gamal vd. 2018) ve kimyasal (Qiu Li vd. 2015) işlemlerle işlenir ve rejenerasyona tabi tutulur (Reza 2020).

Bu çalışmada metilen mavisi giderim çalışmaları için gaz-sıvı (GTL) biyomalzemelerin ve kartonun aktivasyonu üzerine odaklanılmıştır. Yüzey özelliklerini araştırmak için, biyokatı (KBS), levha (KCB) ve karışık (50:50) (KM) numuneler için 1:3 (numune:kimyasal) oranında potasyum karbonat kullanılarak tek adımda emdirilmiş aktif karbon numuneleri SEM-EDS, FTIR, XRD ve BET gibi analitik cihazlar kullanılarak karakterize edildi (Zuhara 2023).

Biyokütle atıkları şu şekilde kullanılabilir: (i) oda sıcaklığında kurutulduktan ve öğütüldükten sonra orijinal, işlenmemiş haliyle bir adsorban; (ii) değiştirilmiş biyolojik bazlı sorbentler; veya (iii) karbonizasyon yoluyla aktif karbon adsorbanlarının sentezlenmesi için bir başlangıç malzemesi (Karic 2022).

Aktif karbon, buhar, KOH ve her iki etken madde kullanılarak biyokömürden üretildi. Aktivasyon işlemi, özgül yüzey alanı, gözeneklilik ve yüzey fonksiyonel grupları gibi fizikokimyasal özellikleri değiştirdi. Pirinç kabuklarının yüksek kül içeriği, buharın organik karbonla reaksiyona girmesine neden oldu. Potasyum hidroksit esaslı bileşik,

biyokömürün yüzey alanını, toplam gözenek hacmini ve mikro gözenek hacmini önemli ölçüde artırdı ve kül içeriğini azalttı. Kimyasal olarak aktifleştirilmiş karbonun en yüksek sorpsiyon kapasitesine sahip olduğu görüldü. Sonuçlara göre, Na sorpsiyonu artan yüzey alanı ve gözenek hacmiyle artmaktadır (Rostamian 2018).



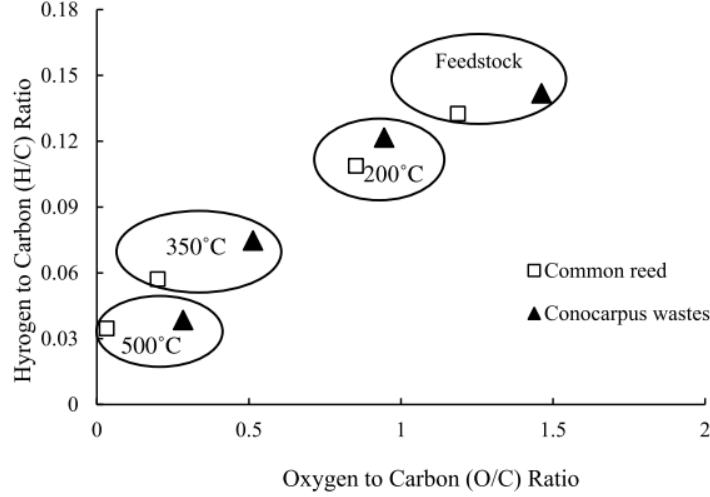
Şekil 1.6. Na'nın RHBK'ye izoterm soğurulması

Phragmites australis kamışı toplandı, hazırlandı ve farklı piroliz/karbonizasyon sıcaklıklarında (500, 600, 700, 800 ve 900 °C) ve sürelerde (15, 30, 60, 90 ve 120 dakika) biyokömür üretimi için kullanıldı. Piroliz, akışkan yataklı reaktör kullanılarak inert atmosferde gerçekleştirildi, minimum akışkanlaştırma hızı 50 ml/dakika olarak belirlendi. Karbonize malzemenin adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla biyokömür, iyot adsorpsiyon yöntemi kullanılarak test edildi. En yüksek adsorpsiyon kapasitesi 193,7 mg/g olarak 900 °C ve 60 dakikada elde edildi (Shahin 2018).

Kurutulmuş ezilmiş kamış (*Phragmites australis*) gövdeleri fosforik asitle (%30, %40 ve %50) emdirildi, ardından 400-500°C'de piroliz edilerek son yıkama ve kurutma işlemine tabi tutuldu. Elde edilen karbonlar; karbon verimi, kül içeriği, bulamaç pH'ı, dokusal özellikler ve fabrika şekeri çözeltisinden renkli cisimleri uzaklaştırma yeteneği belirlenerek karakterize edildi. Elde edilen karbonların yüzey alanı 700 m²/g'a kadar, toplam gözenek hacmi 0,37 cm³/g'a kadar olup mikro gözenekli yapıdadırlar (Girgis 2010).

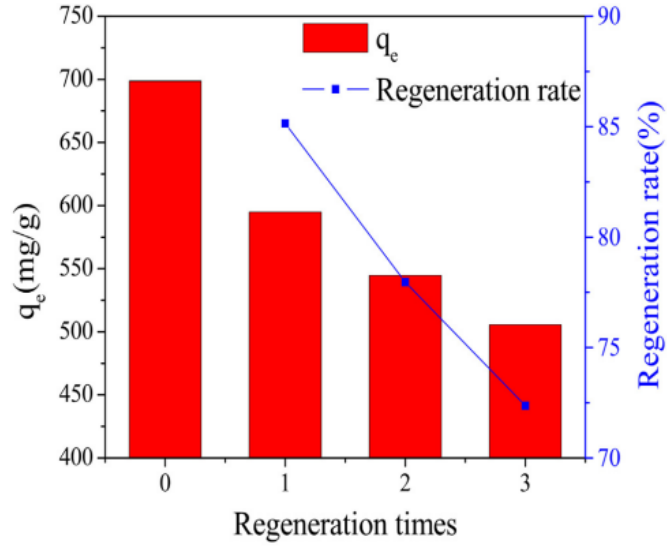
Conocarpus ve Sazlıklardan elde edilen biyokömrüler, toprak ve çevre iyileştirme için biyokömrülerin farklılıklarını ve benzerliklerini belirlemede yararlı olabilecek fizikokimyasal, elementel ve besinsel özelliklerini karşılaştırmak amacıyla 200, 350 ve

500 °C'de hazırlandı. Konokarpus ve sazlıklardan elde edilen biyokömür, piroliz sıcaklığına rağmen, bol miktarda aromatik madde içermesi ve ayrışmaya karşı dirençli olması nedeniyle topraklar için ümit verici bir karbon kaynağıdır (Khajavi-Shojaei 2020).



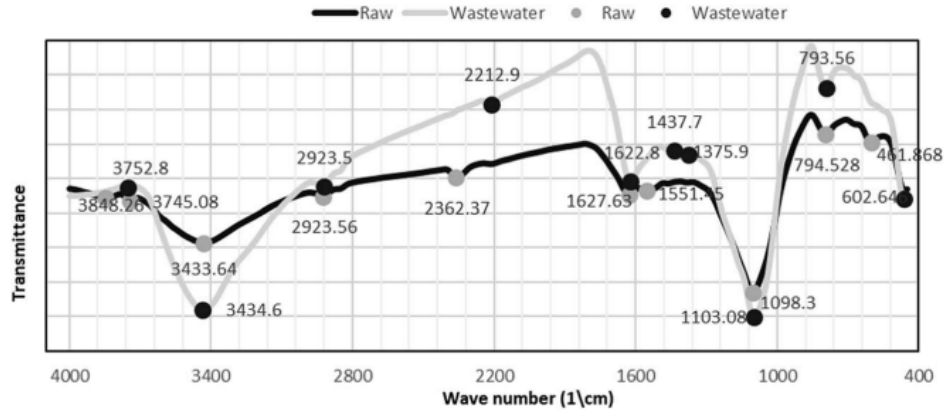
Şekil 1.7. Atık conocarpus ve kamış hammaddelerinin yanı sıra farklı piroliz sıcaklıklarında (200, 350 ve 500 °C) elde edilen biyokömür için Van Krevelen diyagramı

Ucuz ve bol bulunan kamış kaynağının başlangıç öncüsü olarak kullanılmasıyla piroliz ve K_2CO_3 aktivasyonu ile istenilen adsorpsiyon kapasitesine sahip aktif karbon elde edildi. Elde edilen aktif karbon parçacıkları çok sayıda düzenli kafes kanalı ve mikro-mezomakropor içerir. Yüzeydeki fonksiyonel gruplar, orijinal kamıştan kalan gözenekli yapı ve gözenekli kanal kafesi ile birlikte kamış aktif karbonunun adsorpsiyon kapasitesinin 704,23 mg/g'a ulaşmasını sağlamaktadır. Kamış kömürleri üzerindeki adsorpsiyon prosesi, tek tabakalı ve kimyasal adsorpsiyon olarak düşünülebilir (Zhou 2017).



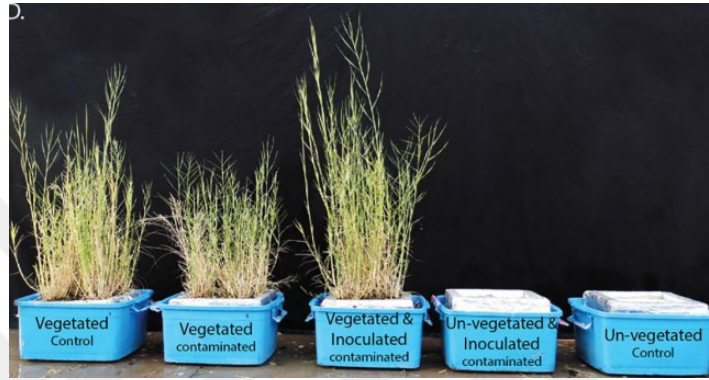
Şekil 1.8. Harcanan RAC'ın yenilenmesi

FTIR sonuçları, *P. australis* yüzeyinde çok sayıda kimyasal fonksiyonel grubun korunduğunu ve oluştuğunu göstermektedir; bu, -OH, CH₂, C-O ve C-C fonksiyonel grupları nedeniyle adsorpsiyon özelliklerini artırabilir. *P. australis*, evsel atık sulardaki organik yükü (KOİ, BOİ, AKM ve TDS) azaltabilir ve diğer tarımsal atıklarla karşılaştırıldığında daha yüksek giderim oranlarına ulaşabilir. Ayrıca, pH 7'de KOİ, BOİ, TSS ve TDS için yüksek biyosorpsiyon kapasitesine sahip çok sayıda kimyasal fonksiyonel grubun *P. australis* yüzeyinde tutulduğu bulundu (El Shahawy 2018).



Şekil 1.9. *P. australis*'te ve biyosorpsiyon sonrasında kurutulmuş biyokütlenin IR-Fourier spektrumu

P. australis'in (helofit otu) *Acinetobacter lwofii* ACRH76, *Bacillus cereus* LORH97 ve *Pseudomonas* sp. olmak üzere üç bakteri suşu ile kombinasyon halinde kullanılma olasılığını araştırmak. LCRH90, kirli sudan fenolün uzaklaştırılması için yüzen bir arıtma tesisinde (FTW). Suşlar fenol parçalayıcı ve bitki büyümesini teşvik edici aktivitelerine göre seçildi. Aşılınmış bakterilerin *P. australis*'in kök ve sürgünlerine yerleşebildiğini bulduk; bu da onların kirli sudan fenolün başarılı bir şekilde uzaklaştırılmasında potansiyel bir rol oynadığını gösteriyor (Saleem 2019).



Şekil 1.10. *P. australis*'in büyümesi

İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL METOD

2. 1. Materyal

2.1.1. Kullanılan kimyasallar

- Kırgızistan Bişkek şehri Ankara, Dordoy ve Dostoyevski Caddelerinin kesiştiği havzadan (42,85564° C, 74,65452° B) akan Doğu Büyük Çüy kanalı sulak alanından toplanan kurumuş kamışlar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Bu tezde kullanılan kamışlar

- Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi yemekhanesinden temin edilen kullanılmış Avedov markalı yemeklik sıvı ayçiçek yağ (kirli yağ)
- Avedov markalı kullanılmamış temiz yemeklik ayçiçek yağ (kontrol)
- Bu çalışmada kullanılan kamışın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kontrol ve kullanılmış yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Yoğunluk (g/cm ³)	Viskozite (mm/cm ²)	Kırılma indeksi (RI)	Yağda su miktarı (%)	pH
Kontrol yağ	0,921	0,01508	1,476	0,118	6,5
Kirli yağ 1	0,920	0,01821	1,474	0,040	5,4
Kirli yağ 2	0,923	0,02310	1,473	0,024	5,2

2.2. Metod

2.2.1. Aktif kömürün (AC) hazırlanması

Tablo 2.2. Öğütülmüş kamışın metilen mavisi ile adsorbsiyon kapasitesi

H ₃ PO ₄ (%)	Adsorbsiyon kapasitesi (%)
Kamış	35,02
1	43,96
5	41,19
10	49,84
30	67,00

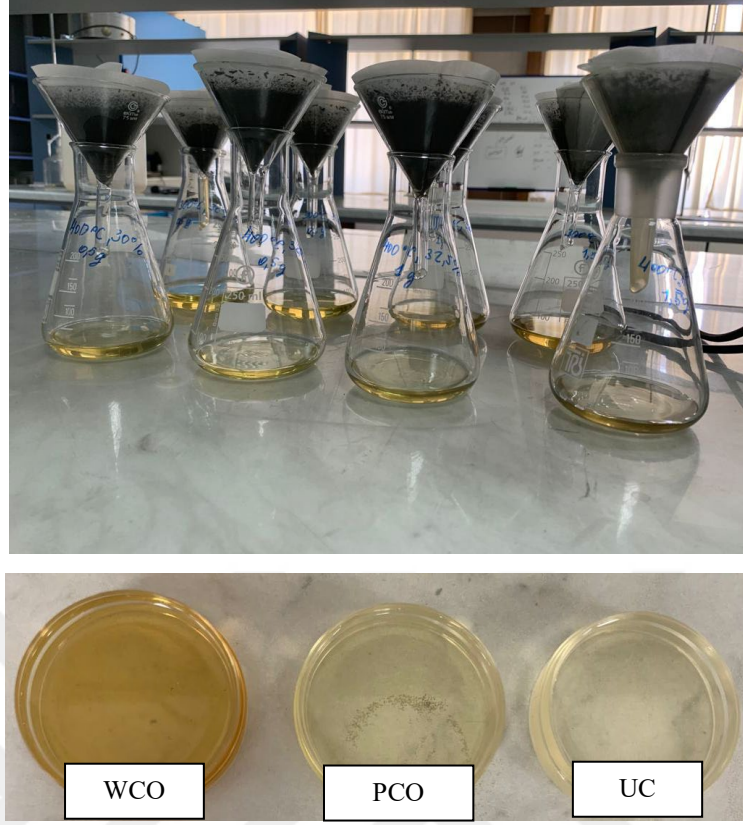
Kırgızistan Bişkek şehri Ankara Caddesine paralel akan su kanalı etrafından toplanan kurumuş kamışlar laboratuvara getirilerek birkaç kez suyla yıkandı ve kurumaya bırakıldı. Ardından küçük parçalara bölünerek tekrar nemlendirildi ve mutfakta kullanılan bir blender ile orta partikül boyutuna öğütülerek tekrar kurutuldu. Öğütme işlemi tekrarlananak daha da boyutu küçültülerek maksimum 5 mm olacak şekilde elenerek boyutlandırıldı. Öğütülen kamışların adsorpsiyon kapasitelerin, belirlemek için farklı fosforik asit çözeltileri ile aktifleştirilerek metilrn mavisi ile tayin edildi. Tablo 2'den de görüldüğü üzere fosforik asit konsantrasyonu arttıkça aktifleşme artarak maksimum adsorbsiyon % 30-40 arasında gözlenmiştir. Elek altından alınan örnekler fosforik asit ile aktive edilerek piroliz gerçekleştirildi. Öğütülen kamışın aktivasyonunda; %30; %32,5; %35; %37,5 ve %40'lık H₃PO₄ asit çözeltinde 24 saat muamele edilerek pH'sı 4 olacak şekilde saf su ile yıkanarak kurutuldu 100 °C'de kurutuldu. Sonra 200, 300, 400, 500 ve 600 °C'de 2 saat boyunca yakılarak aktif kömür (AC) elde edildi (Şekil 3.2). Daha sonra pH'sı 6-7 olacak şekilde tekrardan saf su ile yıkanarak 100 °C'de kurutulularak saklandı. 200 ve 600 °C'de elde edilen AC'lerden anlamlı sonuçlar alınmadığı için kirli yağın arıtılmasında kullanılmadı.



Şekil 2.2. AC

2.2.2. Kullanılmış atık yemeklik sıvı yağının (WCO) arıtılması

Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi yemekhanesinden temin edilen kullanılmış yemeklik sıvı yağdan (WCO), her biri 50 g olmak üzere 45 adet atık yemeklik yağ numunesi hazırlandı. Her bir örneğe 300°C, 400°C, 500°C'de %30, %32,5, %35, %37,5 ve %40'luk fosforik asitte aktive edilmiş 0,5 g, 1 g ve 1,5 g AC ayrı ayrı eklendi. Manyetik bir karıştırıcısı ile 500/dak devirde 30 dakika karıştırıldı. Sonra filtre kağıdından süzülerek (Şekil 2.3) elde edilen arıtılmış yemeklik sıvı yağının (PCO) serbest yağ asit değerleri (SYA) ve peroksit sayısı belirlenerek renk tayini için analizleri yapıldı.



Şekil 2.3. Artılmış yağ

2.2.3. Serbest yağ asitlerinin belirlenmesi

0,08 N HCl asit çözeltisi, titrimetrik yöntemle suyu uzaklaştırılmış primer standart Na_2CO_3 'a karşı ayarlandı. Standardize edilmiş HCl asit, 0,03 N NaOH'un standardize edilmesinde titrimetrik metotta kullanıldı. Rukunudin'in 1998 yılındaki oleik asit miktarının belirlenmesi metoduyla % SYA miktarları belirlendi (Rukunudin, 1998). Serbest yağ asitlerinin seviyeleri bir alkali ile indikatör yanında titrasyon yoluyla ölçüldü. Bu işlem için 2,5 gram numune 50 mL % 96'lık etil alkole eklenerek 70 °C'yi geçmeyecek şekilde ısıtıldı. 250 mL Erlenmeyere alınan çözelti üzerine 3 damla fenolftalein indikatörü eklenerek homojen hale gelene kadar karıştırıldı. Bu renksiz çözelti (numune, fenol ftalein ve nötr etanol), standartlaştırılmış 0,03 N NaOH ile pembe renk (metalik guavanın rengi) 30 saniye kalıcı olana kadar titrasyona devam edilerek dönüm noktası belirlendi (Şekil 2.4). Serbest yağ asitleri Eşitlik (1) bağıntısı kullanılarak hesaplandı (Tablo 2.1).

$$\text{Serbest yağ asidi (SYA, \%)} = \frac{m_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times 28.2}{W_{\text{örnek}} \text{ (g)}} \quad (1)$$

m_{NaOH} = NaOH çözeltisinin hacmi

N_{NaOH} = NaOH çözeltisinin Normalitesi

W = örneğin kütlesi (gram)

WCO'nun %SYA miktarı 12,92 iken kullanılmamış yemeklik sıvı yağın (UCO, kontrol) %SYA miktarı 11,91 olarak hesaplandı.



Şekil 2.4. Yağ asitlerinin NaOH ile titrasyonunun dönüm noktası rengi

Tablo 2.3. Arıtılan yağın %SYA değerleri

H ₃ PO ₄ (%)	SYA (% , 300 °C)			SYA (% , 400 °C)			SYA (% , 500 °C)		
	0,5 g	1 g	1,5 g	0,5 g	1 g	1,5 g	0,5 g	1 g	1,5 g
AC	0,1211	0,1205	0,1191	0,1242	0,1205	0,1198	0,1164	0,1157	0,1144
30	0,1205	0,1205	0,1198	0,1225	0,1211	0,1205	0,1157	0,1157	0,1151
32,5	0,1205	0,1205	0,1198	0,1225	0,1205	0,1205	0,1178	0,1181	0,1174
35	0,1205	0,1198	0,1195	0,1225	0,1211	0,1198	0,1178	0,1171	0,1167
37,5	0,1198	0,1198	0,1198	0,1198	0,1191	0,1178	0,1171	0,1164	0,1164
40									
UCO	0,1418								
WCO	0,5207								

Aktive edilmemiş kamış, 200 ve 600 o C'de AC'ler ile WCO'nun arıtılmasında anlamsız sonuçlar alınmıştır. Dolayısıyla adsorbsiyondan elde edilen sonuçlar verilememiştir. WCO'nun %SYA miktarı 0,5207 iken kullanılmamış yemeklik sıvı yağın (UCO, kontrol) %SYA miktarı 0,1418 olarak hesaplandı.

2.2.4. Peroksit sayısının belirlenmesi

5 gram kullanılmış yağ örnekleri 250 mL Erlenmeyerde 30 mL çözücü (3:2 oranında, kloroform:glasiyal asetik asit) üzerine eklendi, çözücü içinde çözünene kadar çalkalandı ve 0,5 mL doymuş KI eklenerek, karanlık bir odada 2 dakika inkübe edildi. Ayrıca 30 mL distile su ve 1 mL %1'lik nişasta indikatörü eklenerek 0,05 N Na₂S₂O₃ çözeltisi ile nişasta indikatörünün mavi rengi kaybolana kadar titre edildi. Aynı işlemler ortamda numune

eklenmeden (kör deney) analiz prosedürüne göre yapılarak tekrarlandı ve hata payı en aza indirildi. **Peroksit** değerleri Eşitlik (2) bağıntısı kullanılarak hesaplandı (Tablo 2.4).

$$\text{Peroksit değeri, mEq/kg} = (V_s - V_b) \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times 1000 / W \quad (2)$$

V_s = numune için harcanan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ miktarı (mL)

V_b = kör deney için harcanan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ miktarı (mL)

$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ = $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Normalitesi

W = örneğin kütlesi (gram)

Kirli yağın peroksit sayısı 44 iken temiz yağın (kontrol) peroksit sayısı 38 olarak hesaplandı.

Tablo 2.4. Arıtılmış yağın peroksit değerleri

H_3PO_4 (%)	Peroksit sayısı (mEq/kg)								
	300 °C			400 °C			500 °C		
AC	0,5 g	1 g	1,5 g	0,5 g	1 g	1,5 g	0,5 g	1 g	1,5 g
30	34	20	16	36	30	26	32	30	30
32,5	26	26	26	36	26	18	30	26	22
35	18	18	18	34	22	18	26	22	22
37,5	18	18	6	30	22	22	26	22	22
40	14	6	6	30	26	22	22	18	14

2.2.5. Spektroskopik Analiz

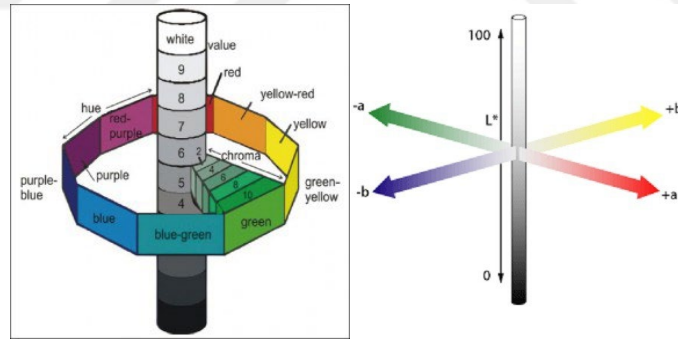
Spektrometreler, örneklerin karakterizasyonunda spektrumlarını ölçmek için kullanılan cihazlardır. Burada, LABKESDA Serang'da, Uv-Vis spektrofotometrisi ile kirli yağın ve arıtılmış yağların absorbansı 410 nm dalga boyunda ölçüldü (Suhendi 2022). Yöntemde, test edilecek numuneyi homojen hale getirmek için eşit şekilde karıştırılıp bir küvete dökerek, ardından yağ numunesinin rengini standart renkle veya karşılaştırmalı kontrol numunelerle, UV-Vis spektrofotometresinde absorbans değerleri ölçüldü (Tablo 2.5). Standart renk numunesi olarak temiz sıvı ayçiçeği yağı kullanıldı.

Tablo 2.5. Adsorpsiyon ölçüm verileri

H_3PO_4 (%)	Absorbance, 410 nm								
	300 °C			400 °C			500 °C		
AC	0,5 g	1 g	1,5 g	0,5 g	1 g	1,5 g	0,5 g	1 g	1,5 g
30	0,212	0,234	0,231	0,190	0,217	0,326	0,193	0,292	0,362
32,50	0,188	0,298	0,268	0,160	0,194	0,253	0,247	0,218	0,215
35	0,207	0,216	0,235	0,172	0,171	0,193	0,198	0,238	0,23
37,50	0,171	0,238	0,250	0,168	0,338	0,206	0,288	0,244	0,266
40	0,219	0,218	0,215	0,220	0,313	0,267	0,310	0,274	0,327
UCO	0,028								
WCO	1,643								

Kullanılmış yemeklik sıvı yağın ve arıtılmasıyla elde edilen renklerin objektif olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Objektif değerlendirmede ise colorimeter (ColorTec-PCM, USA) cihazı kullanılarak hesaplanmıştır. Colorimeter cihazında ölçüm yapılırken markette bulunan kullanılmamış temiz yemeklik yağ referans olarak kabul edilmiş, adsorpsiyondan önce ve sonraki değerler referans değere göre hesaplanmıştır.

$L^*a^*b^*$ renk değerleri tıpkı coğrafik koordinat sisteminde olduğu gibi (enlem, boylam ve yükseklik) her bir rengin tek bir nokta ile temsil edildiği koordinat sistemidir. Bu yüzden her bir rengi renk uzayında tanımlayabilmek için üç bileşen (renk koordinat değerleri) gereklidir. Renk uzayında 3 koordinat, gözle görülebilen değerleri, nümerik değerlere çevirir. Bu 3 koordinat X (kırmızı), Y (yeşil), Z (mavi) olarak Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından (CIE) tanımlanmıştır (Şekil 2.5). X, Y, Z değerlerinin kesiştiği yer matematiksel dönüşüm ve sayısal değerler ile rengi temsil etmektedir. Sayısal renk ifadesi de referans alınan müşteri örneği ya da global kartelâ standardına ne ölçüde yaklaştığımızın ya da uzaklaştığımızın göstergeleridir. Böylece sayısal tanımlama yapılan değerlendirmeler daha objektif olarak değerlendirilir. Referans ile yapılan kıyaslama sonucu boyanan örneğin sayısal ölçüm farkları da koyuluk (lightness) rengin açısı (hue) rengin berraklığı (chroma) ile kıyaslanır.



Şekil 2.5. $L^*a^*b^*$ renk değerleri orta eksende gösterilmesi

Başlamak için, numune rengi ve standart renk ölçülmeli ve her ölçüm için değerler kaydedilmelidir. Numune ve standart arasındaki renk farklılıkları, elde edilen kolorimetrik değerler kullanılarak hesaplanır.

CIE $L^*a^*b^*$ Koordinatlarını Kullanarak Renk Farklılıklarını Tanımlama: Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) tarafından tanımlanan $L^*a^*b^*$ renk alanı, iki rengin aynı anda kırmızı ve yeşil veya aynı anda sarı ve mavi olamayacağını belirten bir renk-rakip teorisine göre modellenmiştir. $L^*a^*b^*$ (L^* ; 0 = siyah, 100 =

beyaz, a*; + değer = kırmızı, -değer = yeşil, b*; + değer = sarı, -değer = mavi. Toplam renk farkı (ΔE) aşağıdaki Eşitlik (3) formülü ile hesaplanır.

$$\Delta L = L - L^*, \Delta a = a - a^*, \Delta b = b - b^*,$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3)$$

Burda: ΔL ; Δa ; Δb – control; L^* a^* b^* - örnekler

ΔL^* (L^* örnek - L^* standart) = açıklık ve koyuluktaki fark (+ = daha açık, - = daha koyu)

Δa^* (a^* örnek - a^* standart) = kırmızı ve yeşildeki fark (+ = daha kırmızı, - = daha yeşil)

Δb^* (b^* örnek - b^* standart) = sarı ve mavideki fark (+ = daha sarı, - = daha mavi)

Tablo 2.6. Renk parametreleri

H ₃ PO ₄ (%)	300 °C											
	0,5 g				1 g				1,5 g			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
AC												
30	4332	-0741	2007	815,8	4289	-0684	2063	824,2	3692	-0539	1749	1573,4
32,5	4452	-0557	1831	762,6	3954	-0586	1918	1265,7	4110	-0515	2141	977,3
35	4412	-0554	1895	776,4	4467	-0646	2047	611,7	4341	-0637	1928	844,8
37,5	4615	-0603	1967	482	4553	-0725	2162	326,9	4382	-0486	1987	746,7
40	4544	-0611	2097	441,5	4654	-0541	1874	500,6	4546	-0647	2111	419,8
	400 °C											
AC												
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
30	4247	-0652	1863	975,9	3741	-0574	1766	1524,6	4334	-0605	1969	829,7
32,5	4584	-0670	2213	243,5	4003	-0574	1740	1260,9	3785	-0539	1740	1480,4
35	4305	-0631	1964	866,5	4561	-0588	1995	528,6	4516	-0623	2144	423,8
37,5	4811	-0670	2124	403,5	3848	-0528	2012	1340,9	4442	-0658	2042	649,3
40	4349	-0528	1813	877,6	4157	-0620	2003	1012,7	4328	-0615	1794	1005
	500 °C											
AC												
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
30	4689	-0724	2003	333	4745	-0573	1907	350,9	4313	-0629	1918	880,8
32,5	4440	-0589	1866	762,8	4455	-0589	1835	760,6	4420	-0629	1867	786,5
35	4689	-0548	1426	596,1	4939	-0535	1506	331,9	4738	-0550	1578	536,4
37,5	4759	-0554	1802	424	4840	-0550	1674	401,5	4587	-0539	1547	691,9
40	4836	-0521	1659	404,2	4819	-0524	1638	431,4	4757	-0461	1448	500,9
UCO	5289	-647	1498	-								
WCO	5408	-793	2122	654,1								

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

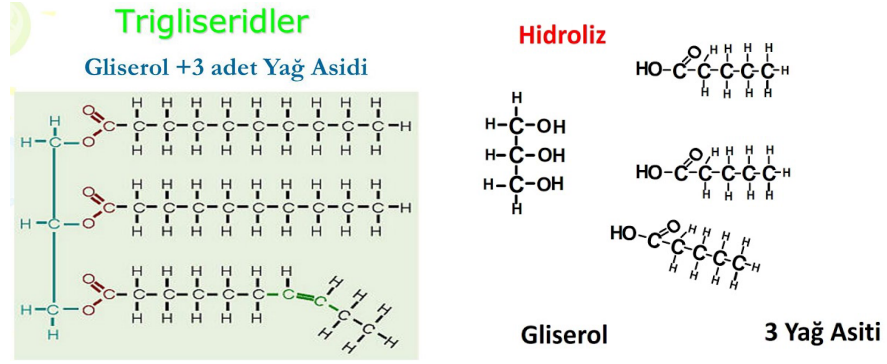
BULGULAR VE TARTIŞMA

Artan nüfus ve bozulan ekoloji göz önüne alındığında, azalan gıda kaynaklarının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Gelecekte bizi bekleyen tehlikelerin şimdiden görmemiz gerektiği bilinci ile geri dönüşüm, geri kazanım, yeniden kullanım gibi kavramların sözde kalmaması ve hayatın her anında olduğu gibi evde, iş yerinde, sanayide ve endüstrinin her alanında hayata geçirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu bağlamda, bu tez kapsamında doğa

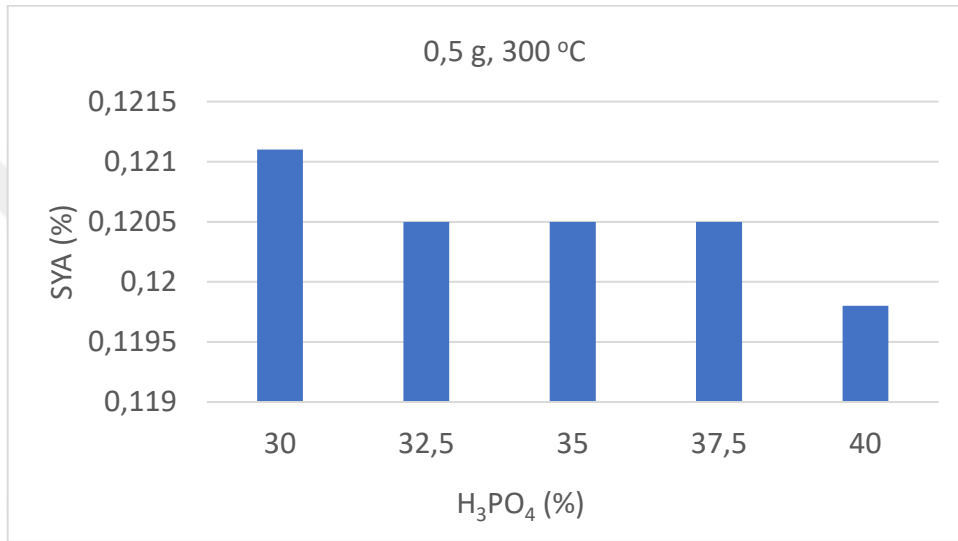
Kırgızistan'nın başkenti Bişkek şehrinin Ankara Caddesi kıyısından akan Doğu Büyük Çüy kanalı sulak alanından toplanan kamışların öğüntüsünün H_3PO_4 asit çözeltisi ile aktivasyonundan sonra 300, 400, 500 °C'de pirolizinden elde edilen aktif kömür (AC), Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi yemekhanesinden temin edilen kullanılmış/kirlenmiş yemeklik sıvı yağın arıtılmasında adsorben olarak kullanılmıştır.

3.1. Serbest yağ asitleri (SYA)

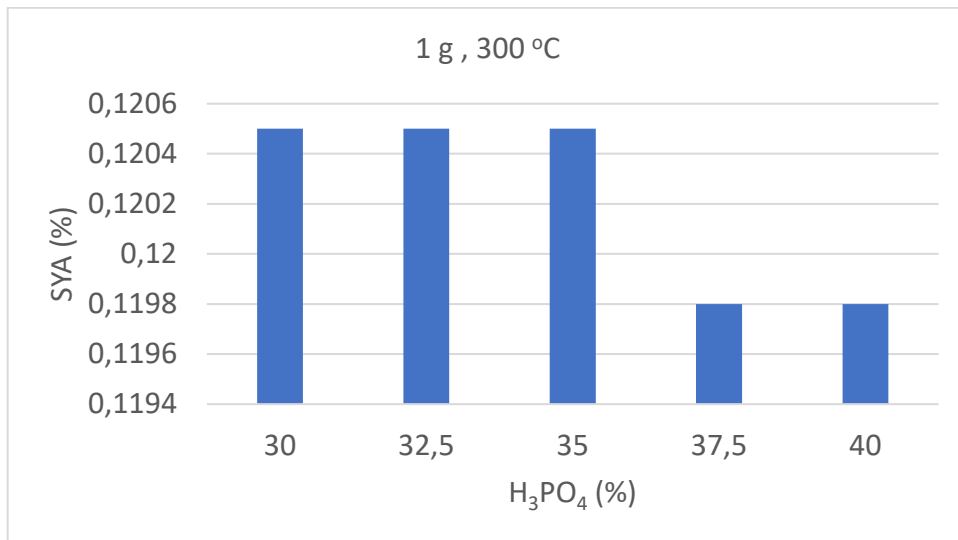
Yağ üretim esnası, depolanması ve paketlenmesi gibi aşamalarda bozulmadan tüketiciye kadar ulaşılması istenilmemektedir. Bu süreci kontrol ve tespit etmek için en çok kullanılan kalite parametrelerinden biri "serbest yağ asiti" tayinidir. Yağlık tahumların (meyvelerin) ve rafine yağların depolanması esnasında, uygun olmayan yağ üretimi koşullarında ve/veya kötü ekstraksiyon ve kötü rafinasyon sırasında; yağ molekülünde bulunan gliserol ve yağ asitleri arasındaki ester bağları ortam şartlarına bağlı olarak zamanla hidrolize uğrayarak yağda istenilmeyen bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Yani bozunma gerçekleşerek, trigliserid molekülleri yağ asitlerinden ayrılarak serbest kalmaktadır. Buda hidrolizin bir ölçüsü olarak değerlendirilmekte ve %SYA miktarı tayini yapılmaktadır. Belirlenen %SYA oranı yağın kalitesini doğrudan etkileyen bir faktör olarak bilindiğinden, yüksek %SYA değerindeki bir yağ düşük kalitede, düşük %SYA miktarlarında ise yüksek kaliteli olduğunu göstermektedir.



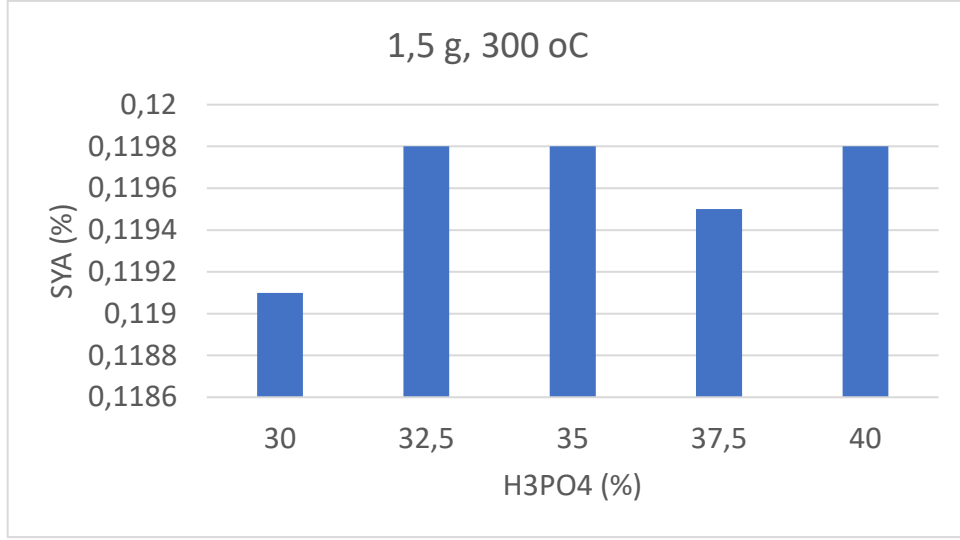
Şekil 3.1. Gliserol ve serbest yağ asiti



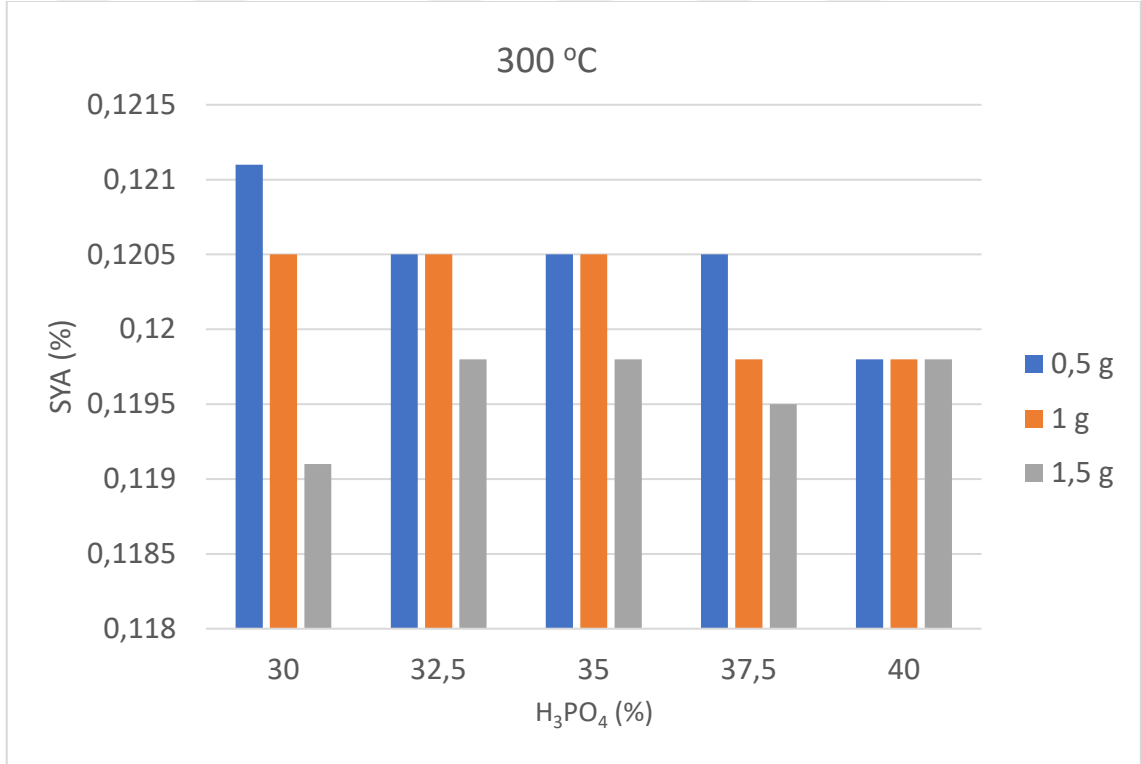
Şekil 3.2. 300°C'de 0,5 g adsorban ile giderme



Şekil 3.3. 300°C'de 1,0 g adsorban ile giderme



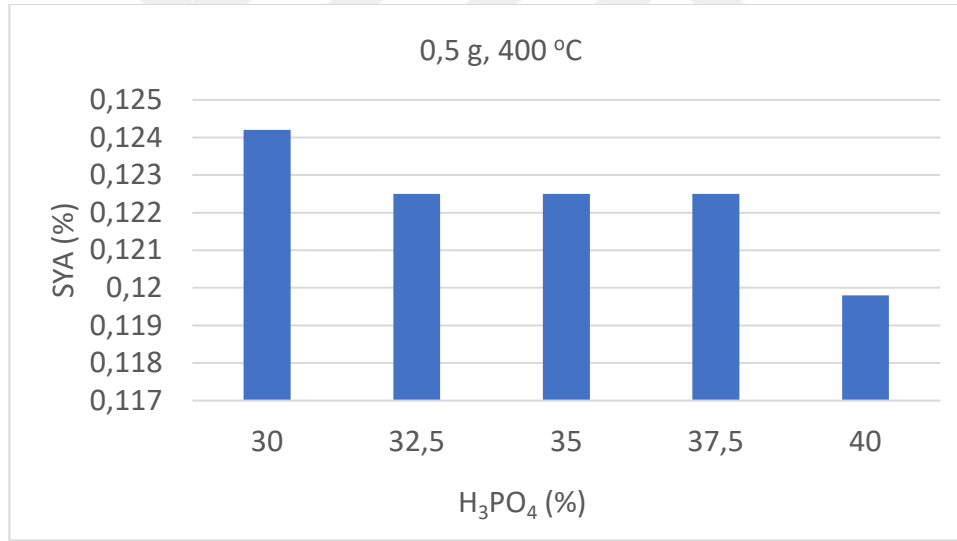
Şekil 3.4. 300°C'de 1,5 g adsorban ile giderme



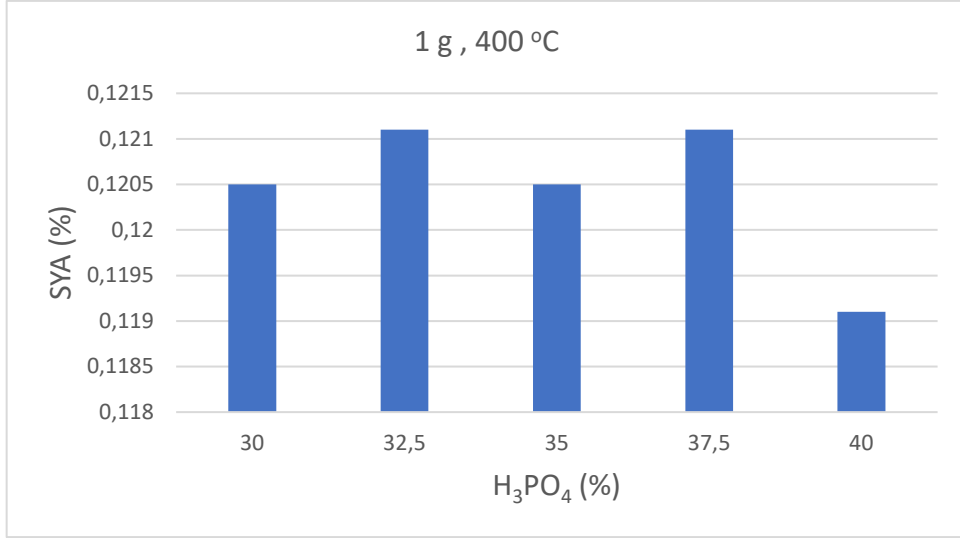
Şekil 3.5. 300°C'de adsorban miktarlarının karşılaştırılması

Bu tez kapsamında, kullanılmış yağların tekrardan kullanılabilirliği hakkında bilgi sahibi olmak için serbest yağ asit miktarı analiz edilmiştir (Şekil 3.6-13). Bu amaçla, %30-%40 arası değişen konsantrasyonlarda H₃PO₄ çözeltisi ile kamışlar muamele edilerek 300, 400 ve 500 °C'de aktif kömür elde edilerek 0,5; 1,0; ve 1,5 g miktarlarda kullanarak, atık olan yani kullanılmış yağ üzerinde adsorbsiyon deneyleri yapılarak içerisinde istenilmeyen

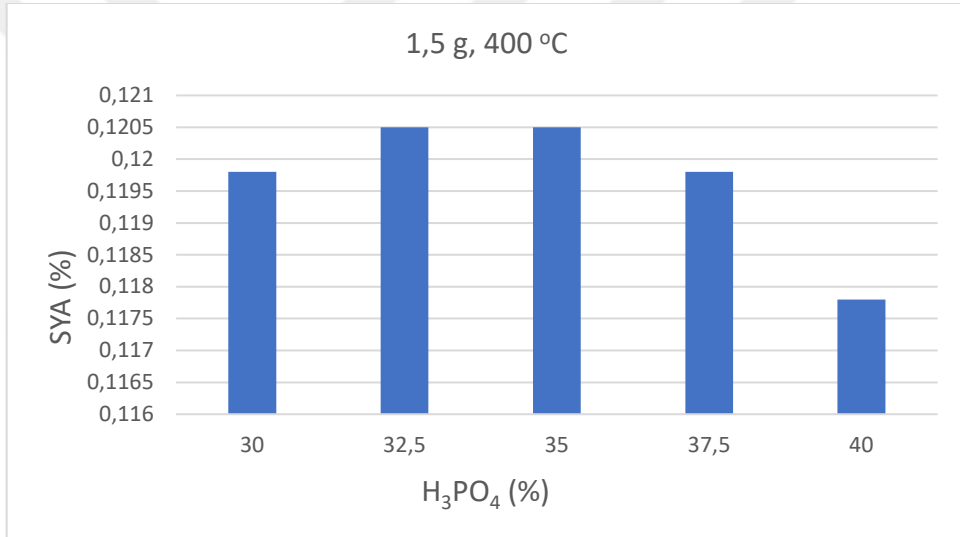
maddelerin uzaklaştırılması gerçekleştirilmiştir. Öncelikle WCO'nun %SYA değerine bakılmış ve 0,5207 olarak hesaplanırken, kontrol olarak seçilen market raflarında satılan temiz yemeklik yağın (UCO) ise 0,1418 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, aktif kömür adsorpsiyonuyla WCO arıtımında, 0,1144-0,1242 arasında değişen %SYA değerleri hesaplanmıştır. Genel olarak, PCO'ların %SYA değeri WCO'değerinden küçük olması arıtımın gerçekleştiğine yorumlanabilir. UCO ile karşılaştırıldığında, hatta bazı SYA sonuçların UCO sonuçlarından daha düşük olduğu ve daha kaliteli yağ olduğu anlamına gelebilir. 300 °C'de elde edilen aktif kömür ile yapılan adsorpsiyonda fosforik asit konsantrasyonu ve adsorban miktarı arttıkça adsorblanan yağ asit miktarı artarak numunelerde SYA miktarları düşmüştür. Aynı durum 400 °C ve 500 °C'de elde edilen aktif kömürlerin adsorpsiyonunda görülmüştür. Ancak bu sonuçlar içerisinde dikkat çeken sonuçlarda, %30 H₃PO₄ ile 500 °C'de elde edilen 1,5 g AC ile %SYA değeri 0,1144 olarak en iyi arıtım yapılırken, yine %30 H₃PO₄ ile 400 °C'de elde edilen 0,5 g AC ile 0,1242 %SYA değeri ile en düşük arıtım yapılmıştır (Şekil 3.6-13).



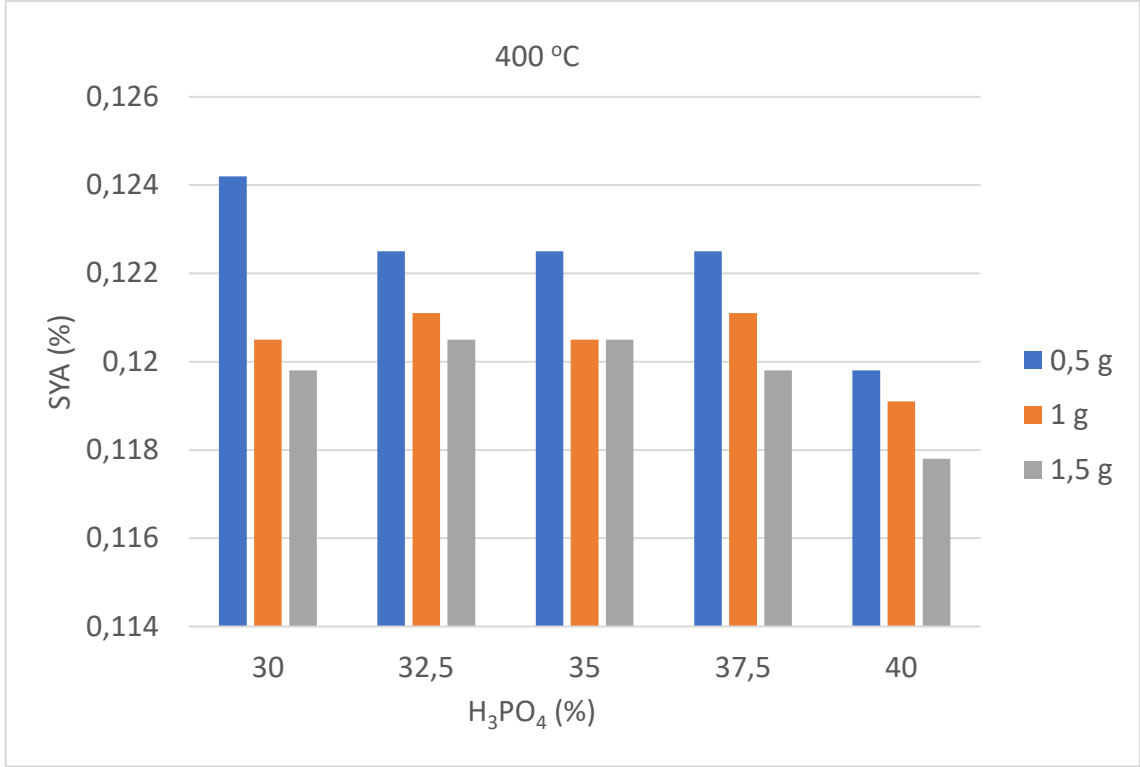
Şekil 3.6. 400°C'de 0,5 g adsorban ile giderme



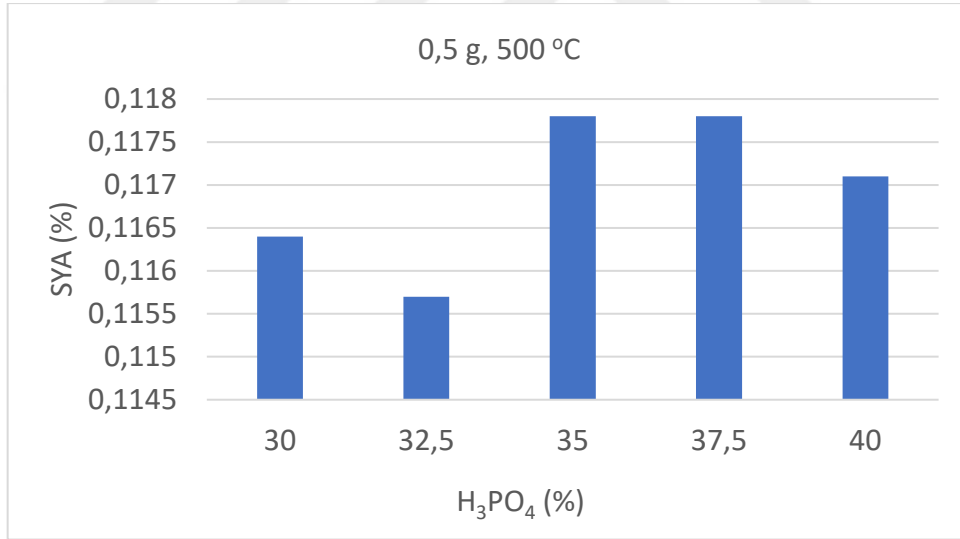
Şekil 3.7. 400°C'de 1 g adsorban ile giderme



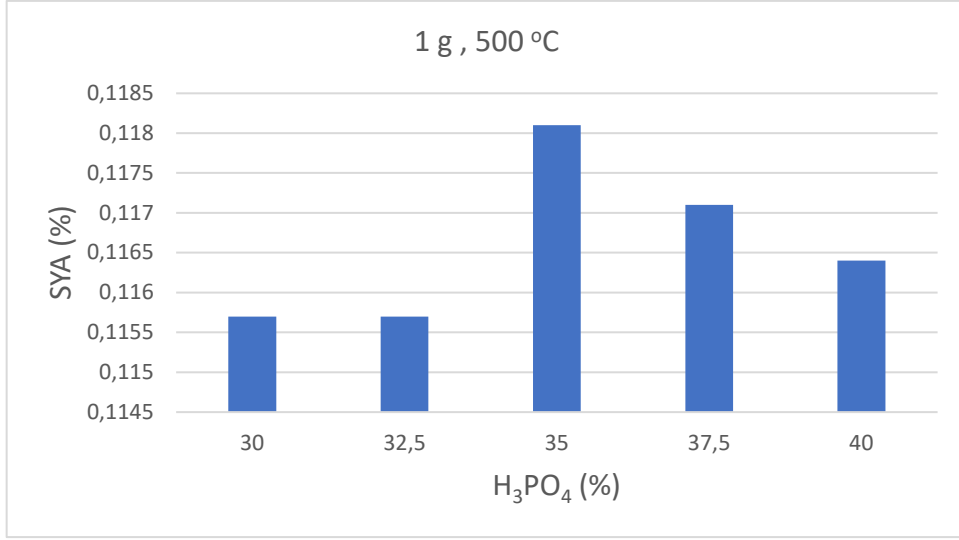
Şekil 3.8. 400°C'de 1,5 g adsorban ile giderme



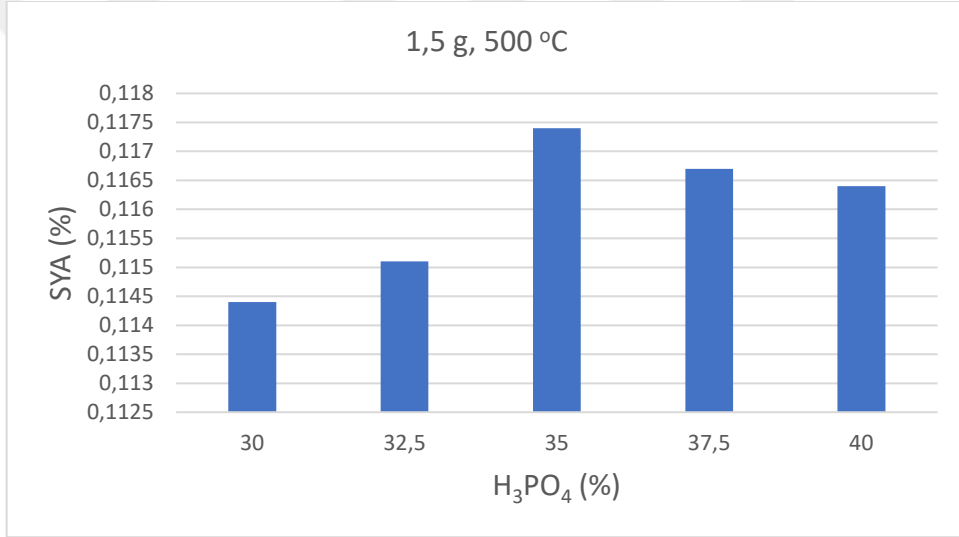
Şekil 3.9. 400°C'de adsorban miktarlarının karşılaştırılması



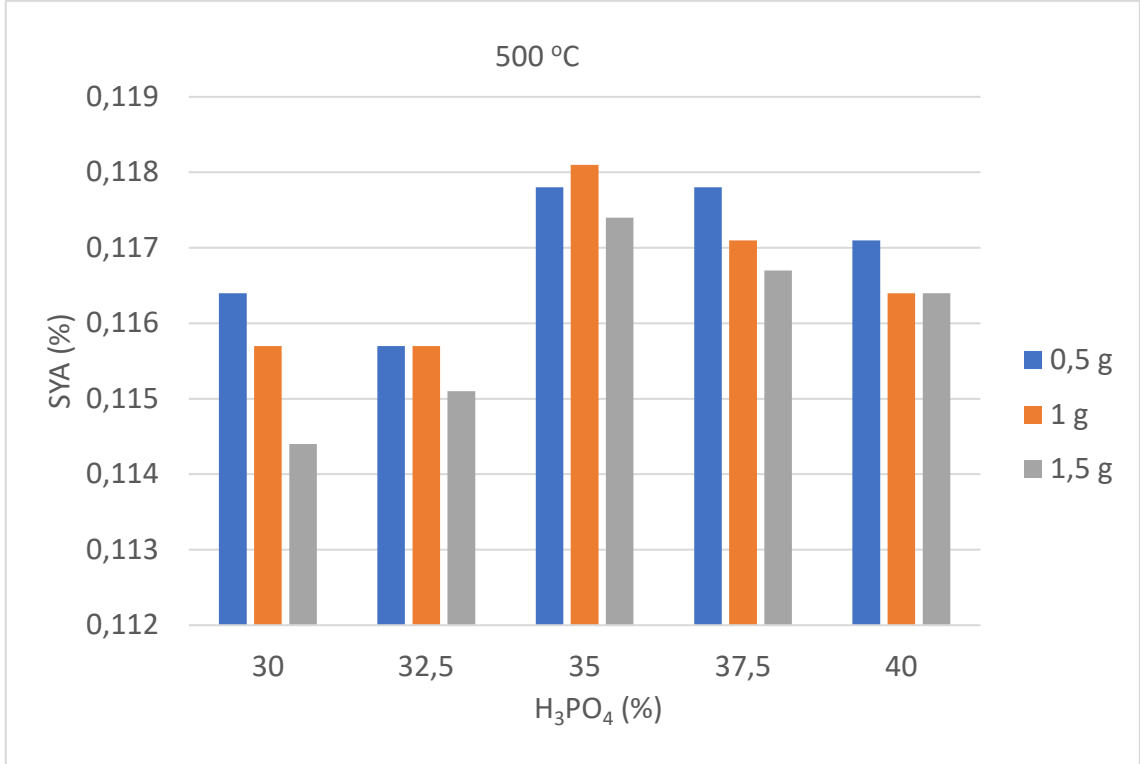
Şekil 3.10. 500°C'de 0,5 g adsorban ile giderme



Şekil 3.11. 500°C'de 1 g adsorban ile giderme



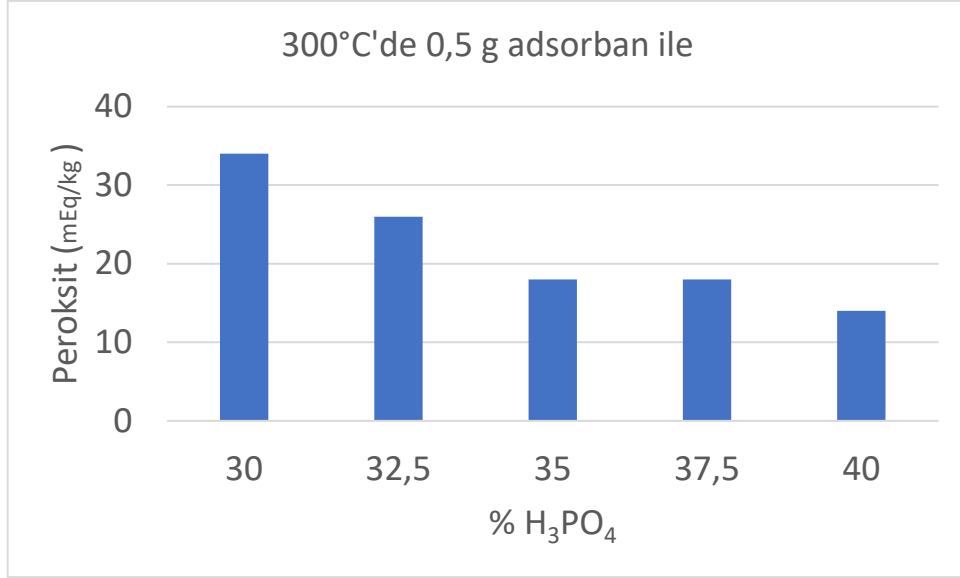
Şekil 3.12. 500°C'de 1,5 g adsorban ile giderme



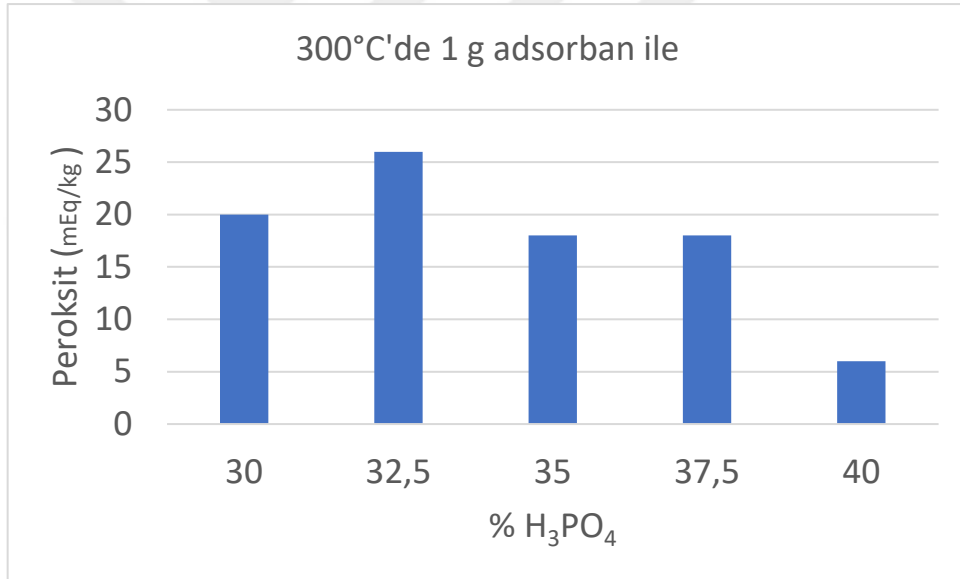
Şekil 3.13. 500°C'de adsorban miktarlarının karşılaştırılması

3.2. Peroksit sayısı (PV)

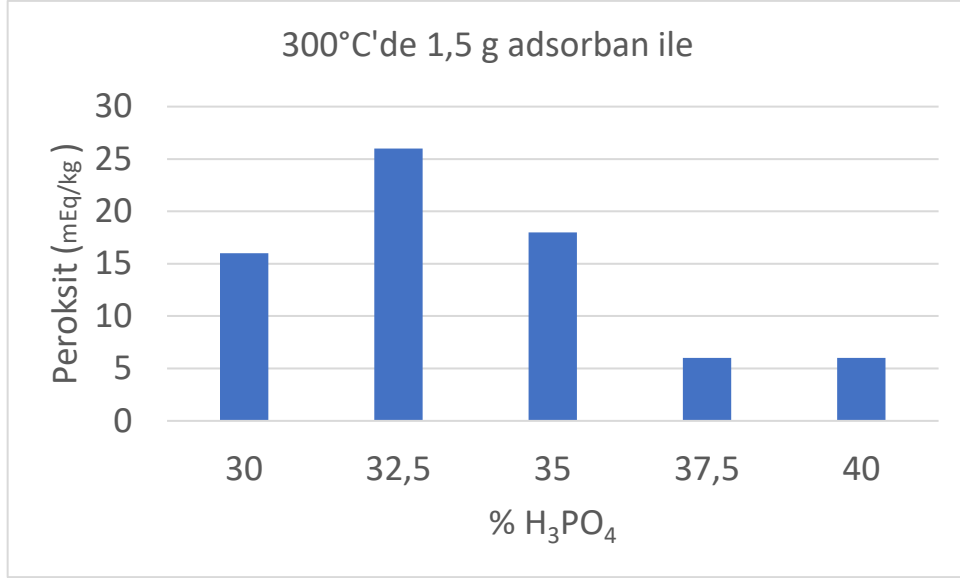
Yağlardaki peroksit değeri, doymamış yağda, çift bağların kırılmasıyla başlayan ve bayat kokuya neden olan kısa zincirli uçucu ürünler üreten peroksitlerin oluşumuyla ilişkilidir (Canneddu vd. 2016). Peroksit değeri, genellikle yağ kalitesini karakterize etmek için kullanılan en yaygın parametrelerden biridir (Moigradean vd. 2012; Borompichaichartkul vd. 2013). Yenilebilir yağlarda bulunan peroksit sayısı, oksidatif seviyesini ve dolayısıyla bayatlamaya yatkınlığını göstermektedir. Yüksek peroksit değerlerine (> 10 meq O₂/kg) sahip yağlar kararsız kabul edilir ve kolayca bayatlar; nispeten düşük peroksit değerlerine (< 10 meq O₂/kg) sahip yağlar ise ürünlerin oksidasyona karşı kararlı olduğunu göstermektedir (Borompichaichartkul vd. 2013). Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin “meq” cinsinden miktarını ifade etmektedir. Bu nedenle, peroksit değeri yağların önemli bir kalite parametresidir ve sınıflandırılmasında da kullanılabilir.



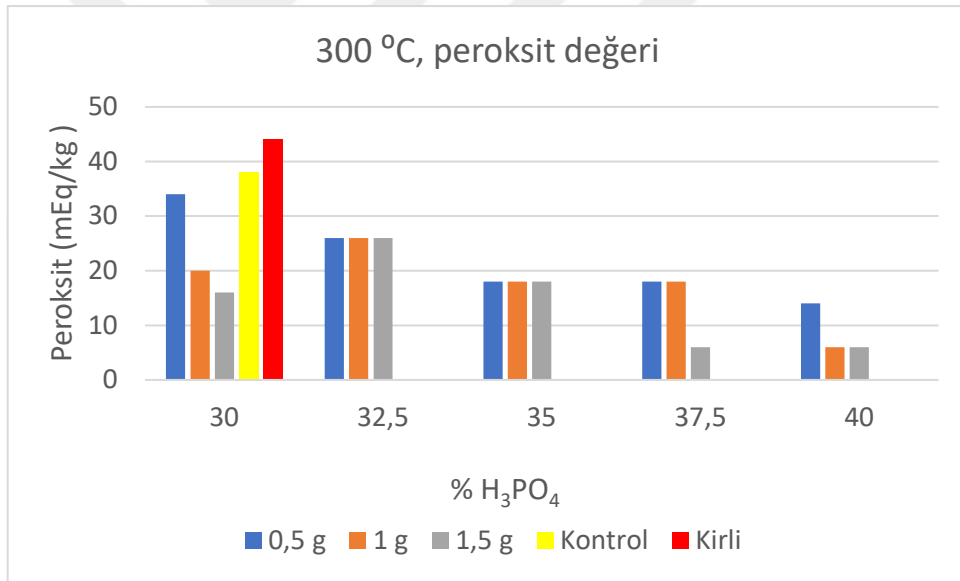
Şekil 3.14. 300°C'de 0,5 g adsorban ile giderme



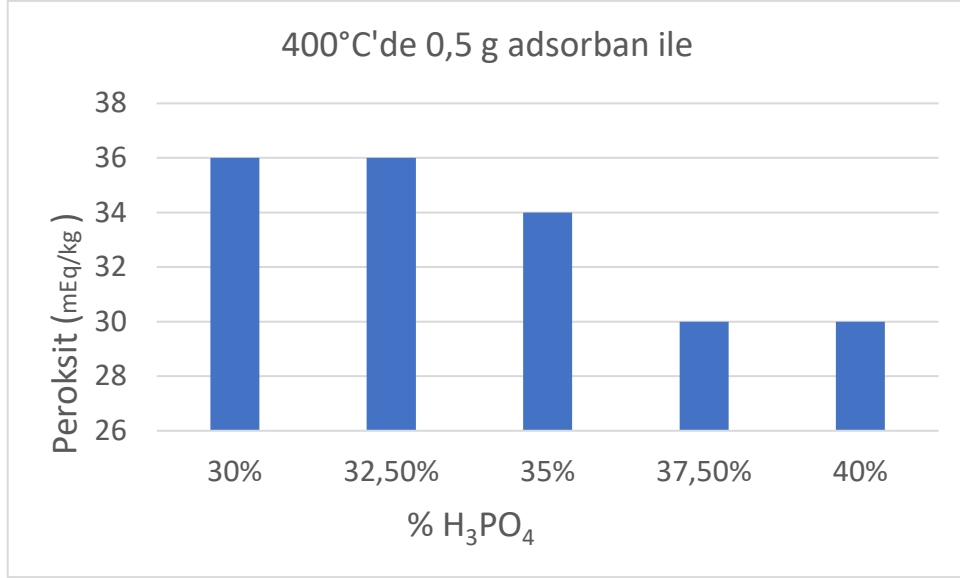
Şekil 3.15. 300°C'de 1 g adsorban ile giderme



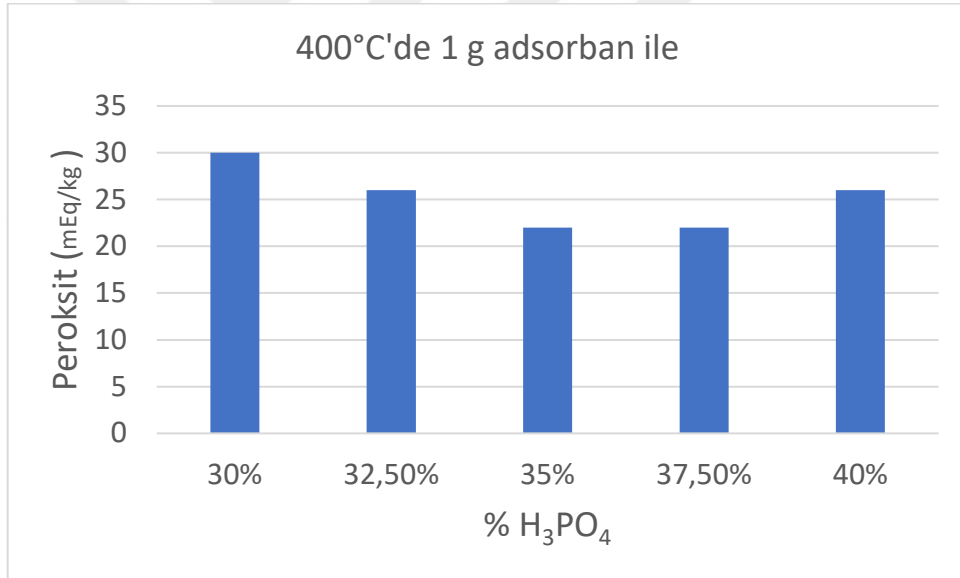
Şekil 3. 16.. 300°C'de 1,5 g adsorban ile giderme



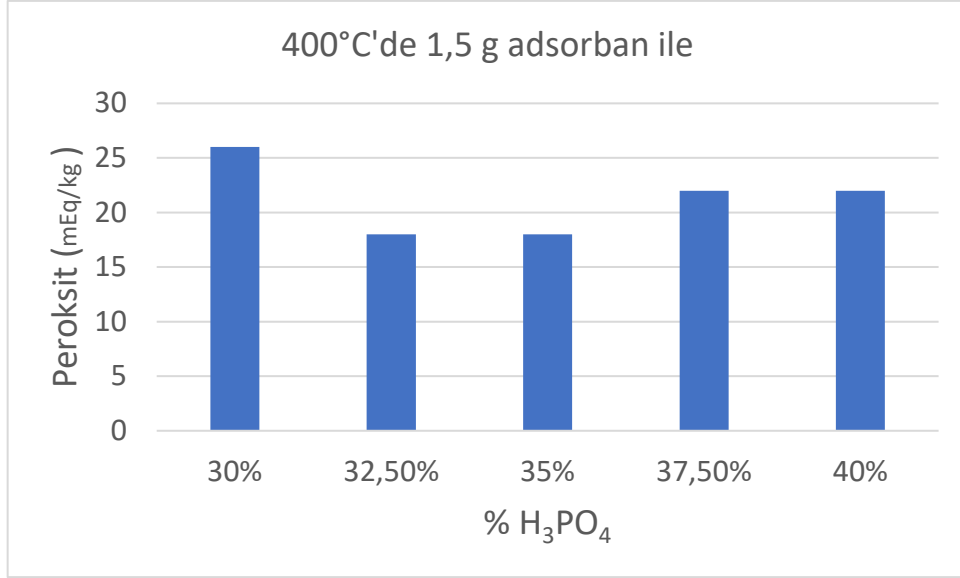
Şekil 3.17. 300 °C, peroksit değeri



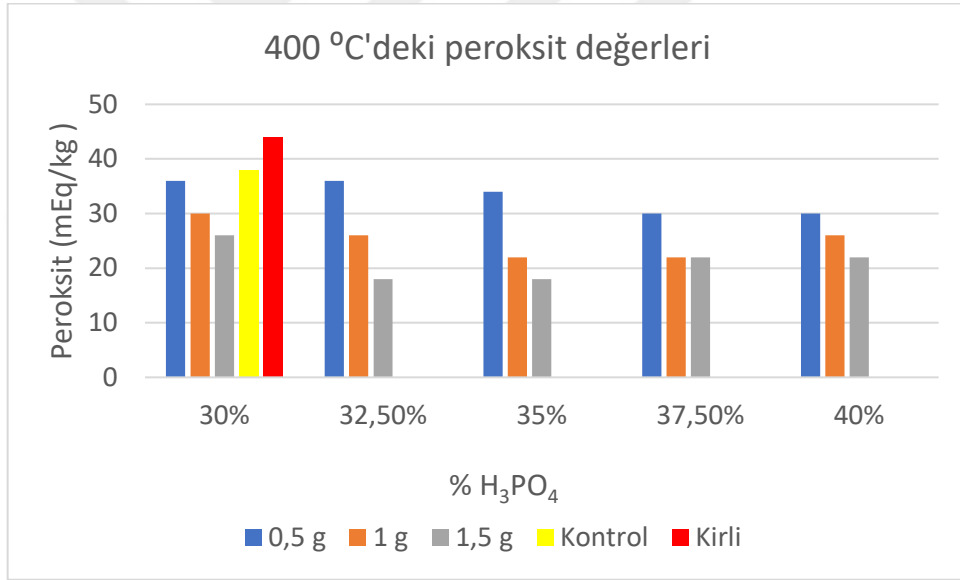
Şekil 3.18. 400°C'de 0,5 g adsorban ile



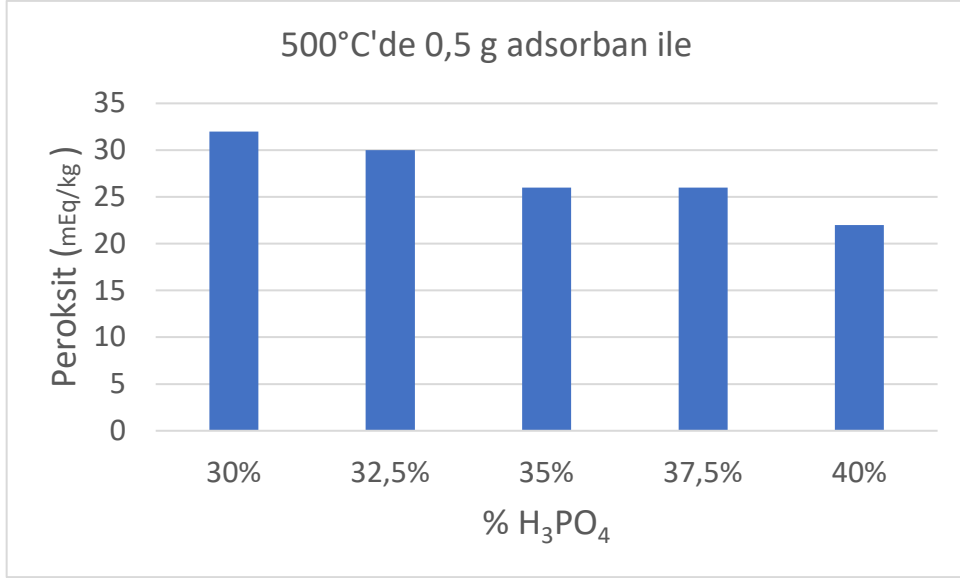
Şekil 3.19. 400°C'de 0,5 g adsorban ile



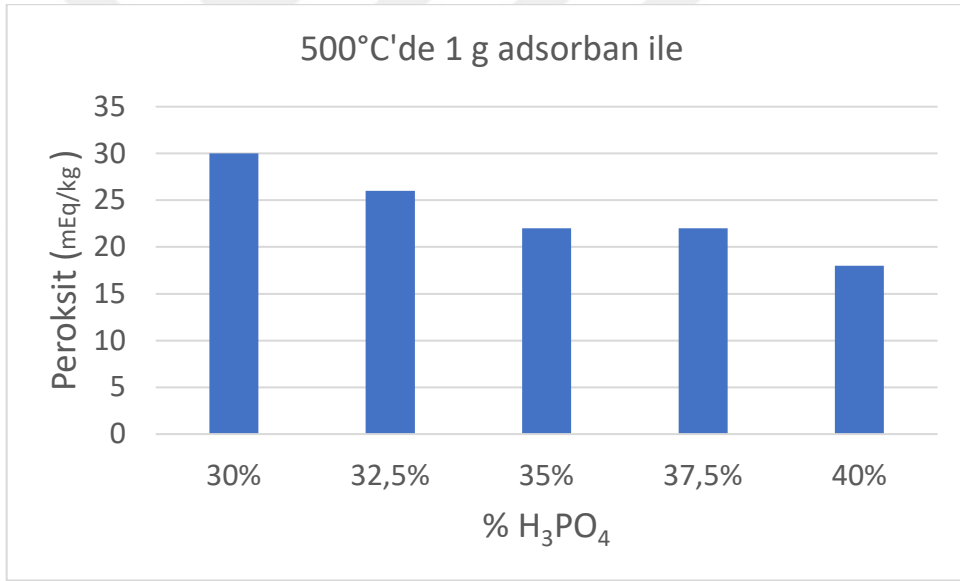
Şekil 3.20. 400°C'de 1,5 g adsorban ile



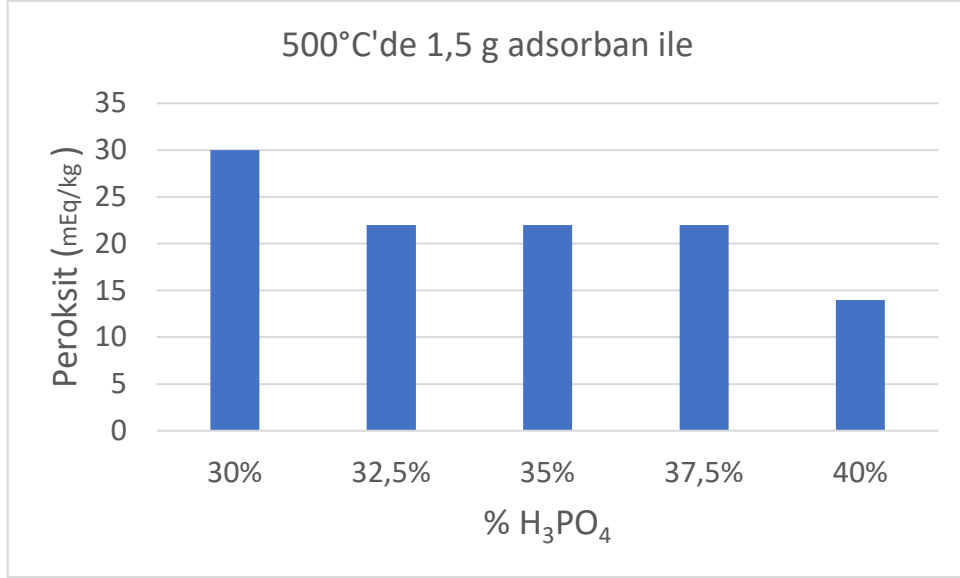
Şekil 3.21. 400 °C'deki peroksit değerleri



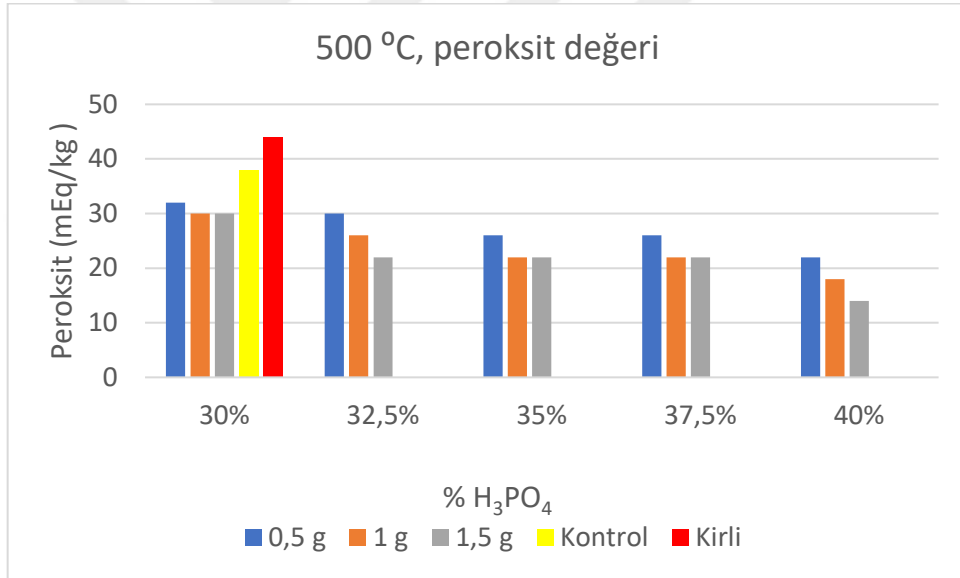
Şekil 3.22. 500°C'de 0,5 g adsorban ile



Şekil 3.23. 500°C'de 1 g adsorban ile



Şekil 3.24. 500°C'de 1,5 g adsorban ile



Şekil 3.25. 500 °C, peroksit değeri

Bu tez çalışmasında, atık olarak nitelendirilen kullanılmış yağların arıtılarak tekrardan kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu bağlamda, WCO ve PCO'ların peroksit sayıları belirlenerek temiz yemeklik sıvı yağ (UCO) ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.14-25). WCO'in peroksit sayısı 44 bulunurken, UCO'nun değeri 38 olarak hesaplanmıştır. WCO'ların arıtılmasıyla elde edilen PCO'ların (deneysel çalışmalardan da anlaşıldığı üzere); %40'lık H₃PO₄ ile aktifleştirilip 300 °C'de yakılarak elde edilen AC'ün 1 g ve 1,5 g adsorban miktarları ile yağın arıtılması sonucu en az peroksit sayısı (%PV=6)

bulunmuştur. En fazla değer %30'luk H_3PO_4 ve 400 °C'de 0,5 g AC ile gerçekleşen artımdan sonra yağın %PV sayısı 36 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı üzere göre, WCO'ların artıldığı ve kontrole yakın ve hatta daha düşük peroksit sayısı elde edildilęi görülmüştür.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Phragmites australis (Kum Kamışı), sulak alanlarda yetişmektedir. Genellikle bataklık alanlarının geri kazanılmasında ve su arıtmada kullanılmaktadır. Ancak, istilacı olduğundan kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemlerle kontrol altına alınarak ekosistem üzerinde olumsuz etkileri en aza indirilmelidir. Bu bağlamda, Bişkek çevresindeki sulak alanlarda yetişen “*Phragmites australis*”in kurutulup öğütülerek %30-40’lık H₃PO₄ ile muamele edilerek aktif kömürü elde edilmiştir. Aktif kömürler (AC), kullanılmış yemeklik sıvı yağ (WCO) arıtımında adsorban olarak kullanılmıştır. Atık yağın adsorbsiyondan önce ve sonraki % serbest yağ asidi (%SYA), % peroksit sayısı (% PV) ve rengi, kullanılmamış yemeklik sıvı yağ ile kıyaslanmıştır. Genel olarak, adsorban miktarı arttıkça % SYA ve % PV değerleri düşmüştür. %30 H₃PO₄ ile muameleden sonra 500 °C’de yakılarak elde edilen 1,5 g AC ile % SYA değeri 0,1144 olarak en iyi arıtım yapılırken, %40’lık H₃PO₄ ile aktifleştirilip 300 °C’deki AC’ün 1 ve 1,5 g adsorban miktarları ile yağın arıtılması sonucu en az peroksit sayısı 6 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı üzere göre, WCO’ların arıtıldığı (% PV=44) kontrole yakın (% PV=38) ve hatta daha düşük peroksit sayısı elde edildiği görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen bulgular sonucunda, gelecek çalışmalarda kamışın, başka karakterdeki yağlarda ve kirlenmiş başka sıvılarda AC olarak kullanılabilceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ahmed, M. J. 2017. "Application of Raw and Activated *Phragmites australis* as Potential Adsorbents for Wastewater Treatments." *Ecological Engineering* 102: 262–69. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.047>.
- Alexandri, E., R. Ahmed, H. Siddiqui, M. I. Choudhary, C. G. Tsiafoulis, and I. P. Gerothanassis. 2017. "High Resolution NMR Spectroscopy as a Structural and Analytical Tool for Unsaturated Lipids in Solution." *Molecules* 22 (10): 1663. <https://doi.org/10.3390/molecules22101663>.
- Anyika, C., N. A. M. Asri, Z. A. Majid, A. Yahya, and J. Jaafar. 2017. "Synthesis and Characterization of Magnetic Activated Carbon Developed from Palm Kernel Shells." *Nanotechnology for Environmental Engineering* 2: 1–25. <https://doi.org/10.1007/s41204-017-0027-6>.
- Asli, Hallizza, Esmail Ahmadinia, Majid Zargar, and Mohamed Rehan Karim. 2012. "Investigation on Physical Properties of Waste Cooking Oil–Rejuvenated Bitumen Binder." *Construction and Building Materials* 37 (December): 398–405.
- Avers, B., R. Fahlsing, E. Kafcas, J. Schafer, T. Collin, L. Esman, E. Finnell, A. Lounds, R. Terry, J. Hazelman, J. Hudgins, K. Getsinger, and D. Scheun. 2014. *A Guide to the Control and Management of Invasive Phragmites*. 3rd ed. Lansing: Michigan Department of Environmental Quality.
- Azzena, U., A. Montenero, M. Carraro, R. Crisafulli, L. De Luca, S. Gaspa, and C. Milanese. 2023. "Recovery, Purification, Analysis and Chemical Modification of a Waste Cooking Oil." *Waste and Biomass Valorization* 14 (1): 145–57.
- Azzena, Ugo, Angelo Montenero, Massimo Carraro, Rosella Crisafulli, Lidia De Luca, Silvia Gaspa, Andrea Muzzu, Luca Nuvoli, Riccardo Polese, Luisa Pisano, Elisa Pintus, Salvatore Pintus, Alessandro Girella, and Chiara Milanese. 2023. "Recovery, Purification, Analysis and Chemical Modification of a Waste Cooking Oil." *Waste and Biomass Valorization* 14: 145–57.
- Banani, R., S. Youssef, M. Bezzarga, and M. Abderrabba. 2015. "Waste Frying Oil with High Levels of Free Fatty Acids as One of the Prominent Sources of Biodiesel Production." *Journal of Materials and Environmental Science* 6 (4): 1178–85.

- Bautista, L. F., G. Vicente, R. Rodriguez, and M. Pacheco. 2009. "Optimisation of FAME Production from Waste Cooking Oil for Biodiesel Use." *Biomass and Bioenergy* 33 (5): 862–72. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.01.009>.
- Bazina, N., and J. He. 2018. "Analysis of Fatty Acid Profiles of Free Fatty Acids Generated in Deep-Frying Process." *Journal of Food Science and Technology* 55: 3085–92. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3232-9>.
- Berezin, O. Y., Y. I. Tur'yan, I. Kuselman, and A. Shenhar. 1995. "Alternative Methods for Titratable Acidity Determination." *Talanta* 42 (4): 507–17. [https://doi.org/10.1016/0039-9140\(95\)01448-K](https://doi.org/10.1016/0039-9140(95)01448-K).
- Bıçak, H., and A. Yılmaz. 2013. "Adsorption of Oil and Grease from Aqueous Solutions Using Activated Carbon Produced from Agricultural Residues." *Environmental Progress and Sustainable Energy*.
- Blossey, R. 2003. "Self-Cleaning Surfaces—Virtual Realities." *Nature Materials* 2 (5): 301–06. <https://doi.org/10.1038/nmat856>.
- Bockisch, M., ed. 1998. *Fats and Oils Handbook*. Urbana, IL: AOCS Press. <https://doi.org/10.3390/pr8040410>.
- Bolton, R. M., and R. J. Brooks. 2010. "Impact of the Seasonal Invasion of *Phragmites australis* (Common Reed) on Turtle Reproductive Success." *Chelonian Conservation and Biology* 9 (2): 238–43. <https://doi.org/10.2744/CCB-0793.1>.
- Borrello, Massimiliano, Francesco Caracciolo, Alessia Lombardi, Stefano Pascucci, and Luigi Cembalo. 2017. "Consumers' Perspective on Circular Economy Strategy for Reducing Food Waste." *Sustainability* 9 (1): 141. <https://doi.org/10.3390/su9010141>.
- Bostan, R., M. Glevitzky, S. Varvara, G. A. Dumitrel, G. I. Rusu, M. Popa, and M. L. Vică. 2024. "Utilization of Natural Adsorbents in the Purification of Used Sunflower and Palm Cooking Oils." *Applied Sciences* 14 (11): 4417. <https://doi.org/10.3390/app14114417>.
- Bradshaw, D., et al. 2001. "Physical and Chemical Control of *Phragmites australis*." *Ecological Engineering*.
- Brandao, Ana Sofia, Artur Gonçalves, Jose M. R., and C. A. Santos. 2021. "Circular Bioeconomy Strategies: From Scientific Research to Commercially Viable Products." *Journal of Cleaner Production* 295: 126407. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126407>.

- Brix, H., et al. 2001. "Use of *Phragmites australis* in Wastewater Treatment." *Water Science and Technology*.
- Broughton, R. M., et al. 2010. "Use of *Phragmites australis* in Traditional Craft Making." *Journal of Textile Science*.
- Capuano, D., M. Costa, S. Di Fraia, N. Massarotti, and L. Vanoli. 2017. "Direct Use of Waste Vegetable Oil in Internal Combustion Engines." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69 (March): 759–770. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.016>.
- Cárdenas, J., A. Orjuela, D. L. Sánchez, P. C. Narváezm, B. Katryniok, and J. Clark. 2021. "Pre-Treatment of Used Cooking Oils for the Production of Green Chemicals: A Review." *Journal of Cleaner Production* 289: 125129. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125129>.
- Carricondo, J. M., J. V. Oliver-Villanueva, J. V. Turégano, J. A. González, and J. Mengual. 2021. "Use of *Phragmites australis* for Controlling Phosphorus Contamination in Anthropogenic Wetland Ecosystems." *Environmental Technology* 42 (19): 3055–64. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1720311>.
- Chambers, R. M., L. A. Meyerson, and K. Saltonstall. 1999. "Common Reed (*Phragmites australis*) Invasion of Tidal Marshes in the Northeastern United States: Implications for the Structure and Function of These Ecosystems." *Biodiversity and Conservation*.
- Choe, E., and D. B. Min. 2007. "Chemistry of Deep-Fat Frying Oils." *Journal of Food Science* 72 (5). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>.
- D'Antonio, C. M., and P. M. Vitousek. 1992. "Biological Invasions by Exotic Grasses, the Grass/Fire Cycle, and Global Change." *Annual Review of Ecology and Systematics* 23 (1): 63–87. <https://www.jstor.org/stable/2097282>.
- Dayrit, F. M., O. E. M. Buenafe, E. T. Chainani, and I. M. S. De Vera. 2008. "Analysis of Monoglycerides, Diglycerides, Sterols, and Free Fatty Acids in Coconut (*Cocos nucifera* L.) Oil by ³¹P NMR Spectroscopy." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (14): 5765–5769.
- Di Pietro, Maria Enrica, Alberto Mannu, and Andrea Mele. 2020. "NMR Determination of Free Fatty Acids in Vegetable Oils." *Processes* 8: 410.
- El Shahawy, A., and G. Heikal. 2018. "Organic Pollutants Removal from Oily Wastewater Using Clean Technology Economically, Friendly Biosorbent (*Phragmites australis*)." *Ecological Engineering* 122: 207–218.

- El Shahawy, A., I. A. Ahmed, R. Wagdy, A. H. Ragab, and N. H. Shalaby. 2021. "Phragmites australis (Reed) as an Efficient, Eco-Friendly Adsorbent for Brackish Water Pre-Treatment in Reverse Osmosis: A Kinetic Study." *Molecules* 26 (19): 6016.
- Elahi, Zafreen, Fauzan Mohd Jakarni, Ratnasamy Muniandy, Salihudin Hassim, Mohd Shahrizal Ab Razak, Anwaar Hazoor Ansari, and Mohamed Meftah Ben Zair. 2021. "Waste Cooking Oil as a Sustainable Bio Modifier for Asphalt Modification: A Review." *Sustainability* 13: 11506. <https://doi.org/10.3390/su132011506>.
- Espinosa, E., et al. 2017. "Use of Reed for Thermal and Sound Insulation in Building Construction." *Energy and Buildings*.
- Galatowitsch, S., L. Frelich, and L. Phillips-Mao. 2009. "Regional Climate Change Adaptation Strategies for Biodiversity Conservation in a Midcontinental Region of North America." *Biological Conservation* 142 (10): 2012–2022.
- Garrido, R. A., J. M. Reckamp, and J. A. Satrio. 2017. "Effects of Pretreatments on Yields, Selectivity and Properties of Products from Pyrolysis of *Phragmites australis* (Common Reeds)." *Environments* 4 (4): 96.
- Gerde, J. A., C. L. Hardy, C. R. Hurburgh Jr., and P. J. White. 2007. "Rapid Determination of Degradation in Frying Oils with Near-Infrared Spectroscopy." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 84 (6): 519–522.
- Gervais, C., R. Trahan, D. Moreno, and A. M. Drolet. 1993. "Le *Phragmites australis* au Québec: Distribution Géographique, Nombres Chromosomiques et Reproduction." *Canadian Journal of Botany* 71 (10): 1386–1393.
- Girgis, B. S., Y. M. Tmerek, and E. H. Badawy. 2010. "Potential of Activated Carbon Derived from Local Common Reed in the Refining of Raw Cane Sugar." *Carbon Letters* 11 (3): 192–200.
- Gopal, M., and V. K. Gupta. 2011. "Treatment of Industrial Effluents Using Activated Carbon." *Environmental Science and Pollution Research*.
- Gyorik, M., Z. Ajtony, O. Dóka, A. Alebic-Juretić, D. Bicanic, and A. Koudijs. 2006. "Determination of Free Fatty Acids in Cooking Oil: Traditional Spectrophotometry and Optothermal Window Assay." *Instrumentation Science and Technology* 34 (1–2): 119–128.
- Hamze, Hoda, Mandana Akia, and Farshad Yazdani. 2015. "Optimization of Biodiesel Production from the Waste Cooking Oil Using Response Surface Methodology." *Process Safety and Environmental Protection* 94 (March): 1–10.

- Haslam, S. M. 1972. "Phragmites communis Trin. (Arundo phragmites L., Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel)." *The Journal of Ecology* (60): 585–610.
- Hazelton, E. L. 2018. "Impacts of Phragmites australis Management on Wetland Plant Community Recovery, Seedbank Composition, and the Physical Environment in the Chesapeake Bay." PhD diss., Utah State University.
- He, Z., et al. 2015. "Potential of Phragmites australis for Biodiesel Production." *Renewable Energy*.
- Helvacı, A., S. Geyik, and Z. Ö. Yazıcı. 2020. "Activated Carbon Production and Characterization Studies from Cane (Phragmites australis) by Microwave-Assisted Pyrolysis Process." *Nanoscience and Nanometrology* 6 (1): 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.nsnm.20200601.11>.
- Invasive Species Specialist Group (ISSG). 2011. *Global Invasive Species Database*. IUCN Species Survival Commission. <http://www.issg.org>.
- Jafari, A., et al. 2016. "Potential Use of Phragmites australis in Construction Materials." *Journal of Building Engineering*.
- Jing, Li, Maocheng Deng, Yao Wang, and Weixin Chen. 2016. "Production and Characteristics of Biosurfactant Produced by Bacillus pseudomycooides BS6 Utilizing Soybean Oil Waste." *International Biodeterioration & Biodegradation* 112 (August): 72–79.
- Kadirvelu, K., et al. 2000. "Adsorption of Heavy Metals on Activated Carbon from Aqueous Solutions." *Bioresource Technology*.
- Kanya, T. S., L. J. Rao, and M. S. Sastry. 2007. "Characterization of Wax Esters, Free Fatty Alcohols and Free Fatty Acids of Crude Wax from Sunflower Seed Oil Refineries." *Food Chemistry* 101 (4): 1552–1557.
- Karić, N., A. S. Maia, A. Teodorović, N. Atanasova, G. Langergraber, G. Crini, and M. Đolić. 2022. "Bio-Waste Valorisation: Agricultural Wastes as Biosorbents for Removal of (In)organic Pollutants in Wastewater Treatment." *Chemical Engineering Journal Advances* 9: 100239.
- Khajavi-Shojaei, S., A. Moezzi, M. Norouzi Masir, and M. Taghavi. 2020. "Characteristics of Conocarpus Wastes and Common Reed Biochars as a Predictor of Potential Environmental and Agronomic Applications." *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*: 1–18.

- Lankhorst, P. P., and A. N. Chang. 2018. "The Application of NMR in Compositional and Quantitative Analysis of Oils and Lipids." In *Modern Magnetic Resonance*, edited by G. A. Webb, 1743–1764. Cham: Springer International Publishing.
- Lanser, A. C., G. R. List, R. K. Holloway, and T. L. Mounts. 1991. "FTIR Estimation of Free Fatty Acid Content in Crude Oils Extracted from Damaged Soybeans." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 68 (6): 448–449.
- Lau, H. L. Nang, C. W. Pua, Y. M. Choo, A. N. Ma, and C. H. Chuah. 2005. "Simultaneous Quantification of Free Fatty Acids, Free Sterols, Squalene, and Acylglycerol Molecular Species in Palm Oil by High-Temperature Gas Chromatography-Flame Ionization Detection." *Lipids* 40 (5): 523–28.
- Lhuissier, Margaux, Annabelle Couvert, Abdeltif Amrane, Abdoulaye Kane, and Jean-Luc Audic. 2018. "Characterization and Selection of Waste Oils for the Absorption and Biodegradation of VOC of Different Hydrophobicities." *Chemical Engineering Research and Design* 138 (October): 482–489.
- Li, G., J. You, Y. Suo, C. Song, Z. Sun, L. Xia, and J. Shi. 2011. "A Developed Pre-Column Derivatization Method for the Determination of Free Fatty Acids in Edible Oils by Reversed-Phase HPLC with Fluorescence Detection and Its Application to *Lycium barbarum* Seed Oil." *Food Chemistry* 125 (4): 1365–1372.
- Lillo-Ródenas, M. A., D. Cazorla-Amoros, and A. Linares-Solano. 2005. "Behaviour of Activated Carbons with Different Pore Size Distributions and Surface Oxygen Groups for Benzene and Toluene Adsorption at Low Concentrations." *Carbon* 43: 1758–1767.
- Lima, E. C., et al. 2017. "Sustainable Methods for the Removal of Oily Wastewater Using Activated Carbon." *Journal of Environmental Management*.
- Lowry, R. R., and I. J. Tinsley. 1976. "Rapid Colorimetric Determination of Free Fatty Acids." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 53 (7): 470–472.
- Mack, M. C., and C. M. D'Antonio. 1998. "Impacts of Biological Invasions on Disturbance Regimes." *Trends in Ecology & Evolution* 13 (5): 195–198.
- Mahesar, S. A., S. T. H. Sherazi, A. R. Khaskheli, and A. A. Kandhro. 2014. "Analytical Approaches for the Assessment of Free Fatty Acids in Oils and Fats." *Analytical Methods* 6 (14): 4956–4963.
- Mal, T. K., and L. Narine. 2004. "The Biology of Canadian Weeds. 129. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud." *Canadian Journal of Plant Science* 84 (1): 365–396.

- Malhotra, A., et al. 2018. "Exploring the Potential of *Phragmites australis* for Eco-Friendly Packaging Material Production." *Environmental Sciences*.
- Man, Y. C., and G. Setiowaty. 1999. "Application of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Determine Free Fatty Acid Contents in Palm Olein." *Food Chemistry* 66 (1): 109–114.
- Mannu, A., G. Vlahopoulou, V. Sireus, G. L. Petretto, G. Mulas, and S. Garroni. 2018. "Bentonite as a Refining Agent in Waste Cooking Oils Recycling: Flash Point, Density and Color Evaluation." *Natural Product Communications* 13 (5): 1934578X1801300523.
- Mannu, A., M. Ferro, G. Colombo Dugoni, W. Panzeri, G. L. Petretto, P. Urgeghe, and A. Mele. 2019a. "Improving the Recycling Technology of Waste Cooking Oils: Chemical Fingerprint as Tool for Non-Biodiesel Application." *Waste Management* 96: 1–8.
- Mannu, A., M. Ferro, M. E. Di Pietro, and A. Mele. 2019b. "Innovative Applications of Waste Cooking Oils as Raw Material." *Science Progress* 102: 153–160.
- Mannu, A., S. Garroni, I. P. Porras, and A. Mele. 2020. "Available Technologies and Materials for Waste Cooking Oil Recycling." *Processes* 8: 366.
- Mariotti, E., and M. Mascini. 2001. "Determination of Extra Virgin Olive Oil Acidity by FIA-Titration." *Food Chemistry* 73 (2): 235–238.
- Marks, M., B. Lapin, and J. Randall. 1994. "*Phragmites australis* (*P. communis*): Threats, Management and Monitoring." *Natural Areas Journal* 14 (4): 285–294.
- Meyerson, L. A., et al. 2000. "The Role of *Phragmites australis* in Wetland Ecosystems." *Wetland Ecology and Management*.
- Meyerson, L. A., et al. 2011. "Controlling Invasive *Phragmites australis* with Biological Agents." *Biological Control*.
- Meyerson, L. A., K. A. Vogt, and R. M. Chambers. 2000. "Linking the Success of *Phragmites* to the Alteration of Ecosystem Nutrient Cycles." In *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*, 827–844.
- Minchinton, T. E. 2006. "Rafting on Wrack as a Mode of Dispersal for Plants in Coastal Marshes." *Aquatic Botany* 84 (4): 372–376.
- Mortada, W. I., M. M. Ghaith, N. E. Khedr, M. I. Ellethy, A. W. Mohsen, and A. L. Shafik. 2024. "Mesoporous Magnetic Biochar Derived from Common Reed

- (*Phragmites australis*) for Rapid and Efficient Removal of Methylene Blue from Aqueous Media.” *Environmental Science and Pollution Research*, 1–12.
- Moschner, C. R., and B. Biskupek-Korell. 2006. “Estimating the Content of Free Fatty Acids in High-Oleic Sunflower Seeds by Near-Infrared Spectroscopy.” *European Journal of Lipid Science and Technology* 108 (7): 606–13.
- Namoco, Consorcio S., Venerando C. Comaling, and Cerilo C. Buna Jr. “Utilization of Used Cooking Oil as an Alternative Cooking Fuel Resource.” *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 12 (2): 435–42.
- Niering, W. A., and R. Scott Warren. 1980. “Vegetation Patterns and Processes in New England Salt Marshes.” *BioScience* 30 (5): 301–07.
- Novák, M. 1965. “Colorimetric Ultramicro Method for the Determination of Free Fatty Acids.” *Journal of Lipid Research* 6 (3): 431–33.
- Ontario Ministry of Natural Resources. 2011. *Invasive P. australis: Best Management Practices*. Peterborough: Ontario Ministry of Natural Resources.
- Panadare, D. C., and V. K. Rathod. 2015. “Applications of Waste Cooking Oil Other Than Biodiesel: A Review.” *Iranian Journal of Chemical Engineering (IJChE)* 12 (3): 55–76.
- Paul, A. K., V. B. Borigadda, and V. B. Goud. 2021. “In-Situ Epoxidation of Waste Cooking Oil and Its Methyl Esters for Lubricant Application: Characterization and Rheology.” *Lubricants* 9: 27.
- Pezeshki, S. R., et al. 2014. “The Use of Wetland Plants for Bioenergy Production.” *Wetlands Ecology and Management*.
- Plazzotta, S., and L. Manzocco. 2002. “Food Waste Valorization.” In *Saving Food – Production*, edited by C. M. Galanakis, 279–313. Amsterdam: Academic Press, Elsevier.
- Powell, R. L., D. A. Roberts, P. E. Dennison, and L. L. Hess. 2007. “Sub-Pixel Mapping of Urban Land Cover Using Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis: Manaus, Brazil.” *Remote Sensing of Environment* 106 (2): 253–67.
- Reza, M. S., C. S. Yun, S. Afroze, N. Radenahmad, M. S. A. Bakar, R. Saidur, and A. K. Azad. 2020. “Preparation of Activated Carbon from Biomass and Its Applications in Water and Gas Purification: A Review.” *Arab Journal of Basic and Applied Sciences* 27 (1): 208–38.

- Ribau Teixeira, Margarida, Ricardo Nogueira, and Luís Miguel Nunes. 2018. "Quantitative Assessment of the Valorisation of Used Cooking Oils in 23 Countries." *Waste Management* 78 (August): 611–620.
- Rice, D., J. Rooth, and J. Stevenson. 2000. "Colonization and Expansion of *Phragmites australis* in Upper Chesapeake Bay Tidal Marshes." *Wetlands* 20 (2): 280–99.
- Rincón, Luz A., Juan G. Cadavid, and Alvaro Orjuela. 2019. "Used Cooking Oils as Potential Oleochemical Feedstock for Urban Biorefineries – Study Case in Bogota, Colombia." *Waste Management* 88 (April): 200–210.
- Rios, S., et al. 2013. "Use of Activated Carbon from Lignocellulosic Materials for the Removal of Volatile Organic Compounds (VOCs)." *Environmental Science and Technology*.
- Rios, S., et al. 2014. "Production of Activated Carbon from Agricultural Residues for Wastewater Treatment." *Bioresource Technology*.
- Rodrigues Pereira Ramos, T., M. I. Gomes, and A. P. Barbosa-Póvoa. 2013. "Planning Waste Cooking Oil Collection Systems." *Waste Management* 33: 1691–703.
- Rostamian, R., M. Heidarpour, S. F. Mousavi, and M. Afyuni. 2018. "Characterization and Sodium Sorption Capacity of Biochar and Activated Carbon Prepared from Rice Hus." *Journal of Cleaner Production* 187: 107–117.
- Ruiz, G. M., P. W. Fofonoff, B. P. Steves, and J. T. Carlton. 2015. "Invasion History and Vector Dynamics in Coastal Marine Ecosystems: A North American Perspective." *Aquatic Ecosystem Health & Management* 18 (3): 299–311.
- Saad, B., C. W. Ling, M. S. Jab, B. P. Lim, A. S. M. Ali, W. T. Wai, and M. I. Saleh. 2007. "Determination of Free Fatty Acids in Palm Oil Samples Using Non-Aqueous Flow Injection Titrimetric Method." *Food Chemistry* 102 (4): 1407–14.
- Saha, A., et al. 2017. "Utilization of *Phragmites australis* for Paper Production." *Journal of Cleaner Production*.
- Saleem, H., M. Arslan, K. Rehman, R. Tahseen, and M. Afzal. 2019. "Phragmites australis—A Helophytic Grass—Can Establish Successful Partnership with Phenol-Degrading Bacteria in a Floating Treatment Wetland." *Saudi Journal of Biological Sciences* 26 (6): 1179–86.
- Salemdeeb, Ramy, Mohammad Bin Daina, Christian Reynolds, and Abir Al Tabbaa. 2018. "An Environmental Evaluation of Food Waste Downstream Management

- Options: A Hybrid LCA Approach.” *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0208-8>.
- Saltonstall, K. 2002. “Molecular Evidence for the Origin of the Common Reed, *Phragmites australis*, in North America.” *Molecular Ecology*.
- Shahin, F. A., B. E. Abbassi, and R. P. Rudra. 2018. “Reed-Based Biochar Production in a Fluidized Bed Pyrolysis Reactor.” *The Journal of Solid Waste Technology and Management* 44 (4): 303–10.
- Shashidhara, Y. M., and S. R. Jayaram. 2010. “Vegetable Oils as a Potential Cutting Fluid—An Evaluation.” *Tribology International* 43: 1073–81.
- Singhabhandhu, Ampaitopin, and Tetsuo Tezuka. 2010. “The Waste-to-Energy Framework for Integrated Multi-Waste Utilization: Waste Cooking Oil, Waste Lubricating Oil, and Waste Plastics.” *Energy* 35: 2544–51. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.03.001>.
- Skiera, C., P. Steliopoulos, T. Kuballa, B. Diehl, and U. Holzgrabe. 2014. “Determination of Free Fatty Acids in Pharmaceutical Lipids by ¹H NMR and Comparison with the Classical Acid Value.” *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 93: 43–50.
- Skiera, C., P. Steliopoulos, T. Kuballa, U. Holzgrabe, and B. Diehl. 2012. “Determination of Free Fatty Acids in Edible Oils by ¹H NMR Spectroscopy.” *Lipid Technology* 24 (12): 279–81.
- Suhendi, E., H. Heriyanto, M. N. Avina, and K. Andriani. 2022. “The Effect of Operating Conditions on the Purification of Waste Cooking Oil over a Natural Zeolite Catalyst.” *World Chemical Engineering Journal* 6 (1): 17–23.
- Swearingen, J., and K. Saltonstall. 2010. *Phragmites Field Guide: Distinguishing Native and Exotic Forms of Common Reed (Phragmites australis) in the United States*. Plant Conservation Alliance, Weeds Gone Wild.
- Tarvainen, M., J. P. Suomela, and H. Kallio. 2011. “Ultra High Performance Liquid Chromatography–Mass Spectrometric Analysis of Oxidized Free Fatty Acids and Acylglycerols.” *European Journal of Lipid Science and Technology* 113 (4): 409–22.
- Tsai, W.-T. 2019. “Mandatory Recycling of Waste Cooking Oil from Residential and Commercial Sectors in Taiwan.” *Resources* 8: 38.
- Tur’yan, Y. I., O. Y. Berezin, I. Kuselman, and A. Shenhar. 1996. “pH-Metric Determination of Acid Values in Vegetable Oils without Titration.” *Journal of the American Oil Chemists’ Society* 73: 295–301.

- Vlahopoulou, G., G. L. Petretto, S. Garroni, C. Piga, and A. Mannu. 2018. "Variation of Density and Flash Point in Acid Degummed Waste Cooking Oil." *Journal of Food Processing and Preservation* 42 (3): e13533.
- Vymazal, J. 2007. "Removal of Nutrients in Various Types of Constructed Wetlands." *Science of the Total Environment* 380 (1–3): 48–65.
- Wan, P. J., M. K. Dowd, A. E. Thomas, and B. H. Butler. 2007. "Trimethylsilyl Derivatization/Gas Chromatography as a Method to Determine the Free Fatty Acid Content of Vegetable Oils." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 84: 701–08.
- Wang, L., et al. 2015. "Oil Removal from Aqueous Solution Using Activated Carbon and Its Application in Environmental Protection." *Journal of Hazardous Materials*.
- Worthington, Max J. H., et al. 2018. "Sustainable Polysulfides for Oil Spill Remediation: Repurposing Industrial Waste for Environmental Benefit." *Advanced Sustainable Systems* 2: 1800024.
- Yu, X., F. R. Van De Voort, J. Sedman, and J. M. Gao. 2011. "A New Direct Fourier Transform Infrared Analysis of Free Fatty Acids in Edible Oils Using Spectral Reconstitution." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 401: 315–24.
- Zafiroopoulos, N. E., et al. 2010. "Application of Activated Carbon from Lignocellulosic Biomass in Water Treatment." *Environmental Technology*.
- Zhang, Y., M. A. Dube, D. D. McLean, and M. Kates. 2003. "Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: 2. Economic Assessment and Sensitivity Analysis." *Bioresource Technology* 90: 229–40.
- Zhi, Z. L., A. Ríos, and M. Valcárcel. 1996. "An Automated Flow-Reversal Injection/Liquid-Liquid Extraction Approach to the Direct Determination of Total Free Fatty Acids in Olive Oils." *Analytica Chimica Acta* 318 (2): 187–94.
- Zhou, L., Q. Yu, Y. Cui, F. Xie, W. Li, Y. Li, and M. Chen. 2017. "Adsorption Properties of Activated Carbon from Reed with a High Adsorption Capacity." *Ecological Engineering* 102: 443–50.
- Zuhara, S., S. Pradhan, and G. McKay. 2023. "Investigating Mixed Biosolids and Cardboard for Methylene Blue Adsorption: Activation, Adsorption Modelling and Thermodynamics." *Environmental Research* 225: 115534.

URL 3; Implementation of the Waste Framework Directive, (https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/implementation-waste-framework-directive_en), 21/04/2025.

URL 4; The situation of waste cooking oil around the World: https://cleanfuels.org/wp-content/uploads/GlobalData_UCO-Supply-Outlook_Sep2023.pdf; 02/03/2025)

URL1;<https://photogallery.nrcs.usda.gov/res/sites/photogallery>, Natural Resources Conservation Service, 20/04/2025.

URL 2; *Phragmites australis* (https://en.wikipedia.org/wiki/Phragmites_australis). 21/04/2025.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı	Aydana Eşimbekova
Uyruğu	kırgız
Doğum Tarihi ve Yeri	01/08/1999, Isık-Göl, Ak-Suu bölgesi
Tel:	+996(702)544132
E-mail	eshimaidana99@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Kırgızistan-Türkiye 'Manas' Üniversitesi	2022-2025 y.
Lisans	Kırgızistan-Türkiye 'Manas' Üniversitesi, Devlet sertifikasyon komisyonu	15-Temmuz, 2022-yıl
Lise	M. Cusupov, №6	25-Mayıs, 2017-yıl

YABANCI DİL

1. Rusça
2. Türkçe

YAYINLAR

Makale

1. Aydana Eshimbekova, Nurzat Shaikieva, Nurzat Totubaeva, Mustafa Dolaz. Investigation of recovery of waste oils with activated carbon from water reeds (PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.)). TURK 2025. Congress on Science and Technology, 24-26 April, 2025. Bishkek, Kyrgyzstan.