

**MÜSİLAJIN ÇEVRESEL ŞARTLADA
DEĞİŞEN KİMYASAL KARAKTERİZASYONUNUN
İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF CHEMICAL
CHARACTERIZATION OF MUCILAGE CHANGED
WITH ENVIRONMENTAL CONDITIONS**

Doç. Dr. Abdullah Aksu
TÜBA Genç Akademi Üyesi / TÜBA Young Academy Member

Prof. Dr. Nuray Çağlar Balkıs

Doç. Dr. Ömer S. Taşkın

**Doç. Dr. Abdullah Aksu / İstanbul Üniversitesi /
aksua[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0003-1368-5689**

Doç. Dr. Abdullah Aksu 20 Haziran 1981'de İstanbul'da doğmuştur. Lisans derecesini Marmara Üniversitesi Kimya bölümünden 2003 yılında aldı. Yüksek lisansını İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Kimyasal Oşinografi alanından 2005 yılında, doktorasını aynı alandan 2010 yılında aldı. Doktora sonrası bir çok bakanlık, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İSKİ projelerinde yer aldı. 2012 yılında aynı anabilim dalında Dr. Öğretim Üyesi olarak göreve başladı. 2018 yılında Çevre Bilimleri ve Mühendisliği alanında Doçent unvanı aldı. Doç. Dr. Abdullah Aksu çevre kirliliğinin gideriminde ve tespitinde önemli buluşlarda katkı sağlamıştır. Bu buluşlardan bir tanesi İstanbul Üniversitesine ait ilk yurt dışı patentleri arasına girmiştir. Doç. Dr. Abdullah Aksu'nun hakemli dergilerde yayımlanan 56 bilimsel yayını, bir adet kitabı 3 tane kitap bölümü, 1 tane uluslararası ve 2 adette ulusal patenti bulunmaktadır. Yaptığı çalışmalar kendi alanında önde gelen Chemistry–A European Journal Marine pollution bulletin Environmental Science and Pollution Research Environmental monitoring and assessment gibi uluslararası dergilerde yayınlanmıştır. Makalelerine Aralık 2020 verilerine göre Google scholar indeksinde 678 (h-sayısı 15), atıf yapılmıştır.

**Assoc. Prof. Dr. Abdullah Aksu / Istanbul University /
aksua[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0003-1368-5689**

Abdullah Aksu was born on June 20, 1981, in Istanbul. He received his undergraduate degree from Marmara University, Department of Chemistry in 2003. He received his master's degree in Chemical Oceanography from Istanbul University Institute of Marine Sciences and Management in 2005 and his Ph.D. in 2010 from the same department. After his doctorate, he took part in many ministry projects, including Istanbul Metropolitan Municipality and İSKİ projects. He started to work as a Faculty Member in 2012, at the same department, Dr. Abdullah Aksu received the title of associate professor in environmental sciences and engineering in 2018. He has publications in many scientific journals with high impact value within the scope of these topics. Associate Professor. Abdullah Aksu has contributed to important discoveries in the elimination and detection of environmental pollution. One of these inventions is among the first foreign patents belonging to Istanbul University. Assoc. Dr. Abdullah Aksu has 56 scientific publications published in refereed journals, one book, 3 book chapters, 1 international and 2 national patents. His studies have been published in international journals such as Chemistry-A European Journal Marine pollution bulletin Environmental Science and Pollution Research Environmental monitoring and assessment. According to December 2020 data, his articles were cited in the Google scholar index, 678 (h-index 15).

**Prof. Dr. Nuray Çağlar Balkıs / İstanbul Üniversitesi /
nbal[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0001-7608-6339**

Kimya Mühendisidir ve 1994 yılından beri İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nde öğretim üyesidir. Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve araştırma öğrencilerine ders vermektedir. Deniz Kirliliği, Kimyasal Oşinografi, Kimyasal Oşinografide Yeni Araştırma Konuları gibi dersler vermektedir. Araştırma ilgi alanları Kimyasal Oşinografi, Sediment Jeokimyası, Denizel ortamda İnorganik, Organik ve Öncelikli Kirleticiler ve Atmosfer Kirliliği'dir. Deniz Kirliliği ve Çevre Kirliliği ile ilgili 70 uluslararası yayını ayrıca 1 ABD patenti ve 2 ulusal patenti bulunmaktadır. 08-11 Haziran 2017 tarihleri arasında Seul-Güney Kore'de düzenlenen 10. Güney Koreli Kadın Buluşçular Fuarı'nda Ülkemi "Enzimatik Fenton ile Gerçekleştirilen Yeni Arıtım Yöntemi" ile temsil ederek, IFIA Uluslararası Buluşçular Federasyonu'ndan "En İyi Buluş Altın Madalya Ödülü"nü kazanmıştır. Ayrıca Fuarın KIWIE2017 "Altın Madalya Ödülü"nü ve Bilim ve Teknoloji Fuarı'nda da "Makedonya Özel Altın Madalya Ödülü" nü kazanmıştır.

**Prof. Dr. Nuray Çağlar Balkıs / Istanbul University /
nbal[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0001-7608-6339**

She is a Chemical Engineer and she has been an academic person in the Institute of Marine Sciences and Management of Istanbul University since 1994. She is teaching for post-graduate students and researchers in the department of Chemical Oceanography. She gives lectures which are Marine Pollution, Chemical Oceanography, New Research in Chemical Oceanography. Her research areas are chemical oceanography, sediment geochemistry, inorganic, organic, and emerging pollutants in the marine systems; and atmospheric pollution. She has 70 international publications about marine pollution and environmental pollution. She also has 1 USA patent and 2 national patents. Representing her country with the "new treatment method performed with Enzymatic Fenton" at the 10th Korean Women's Invention Exhibition held in Seoul-South Korea between 08-11 June 2017. She won the "Best Invention Gold Medal Award" from IFIA International Federation of Intersection Associations, the KIWIE2017 "Gold Medal Award" and the "Macedonia Special Gold Medal Award" in the Science and Technology Fair.

**Doç. Dr. Ömer S. Taşkın / İstanbul Üniversitesi /
omert[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0002-6284-1337**

Sakarya Üniversitesi Kimya Bölümünde lisans eğitimini 2008 yılında tamamladıktan sonra aynı yıl İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nde kimyasal oşinografi alanında yüksek lisansa başlamıştır. 2010 yılında yüksek lisansını tamamladıktan sonra aynı yıl içinde İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya bölümünde polimer kimyası alanında doktora çalışmalarına başlamıştır. 2014 yılında doktorasını tamamlayarak 2016 yılında yardımcı doçent olarak İstanbul Üniversitesi'ne atanmıştır. 2018 yılında ise kimya alanında doçent ünvanı almaya hak kazanmıştır. 2019 yılında TÜBİTAK desteğiyle bir yıl süreyle UC Berkeley, ABD'de doktora sonrası araştırma çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Dr. Taşkın polimer kimyası, deniz kimyası ve lityum-iyon bataryalar alanlarında çalışmalar yapmaya devam etmekte olup ilgili alanlarda yayımlanmış makale ve patentleri bulunmaktadır.

**Assoc. Prof. Dr. Ömer S. Taşkın / Istanbul University /
omert[at]istanbul.edu.tr / ORCID ID: 0000-0002-6284-1337**

After completing his undergraduate education at Sakarya University, Department of Chemistry in 2008, he started his master's degree in chemical oceanography at Istanbul University, Marine Sciences and Management Institute in the same year. After graduating from master of science in 2010, he started his PhD studies in the field of polymer chemistry at the Department of Chemistry, Istanbul Technical University in the same year. He completed his PhD in 2014 and was appointed to Istanbul University as an assistant professor in 2016. In 2018, he qualified the title of associate professor in the field of chemistry. In 2019, with the support of TÜBİTAK, he carried out post-doctoral research studies at UC Berkeley, USA for one year. Dr. Taskin still continues to work on polymer chemistry, marine chemistry and lithium-ion batteries and he has also published articles and patents in related fields.

MÜSİLAJIN ÇEVRESEL ŞARTLADA DEĞİŞEN KİMYASAL KARAKTERİZASYONUNUN İNCELENMESİ

Özet

Bu çalışmanın amacı, müsilajın genel kimyasal karakterizasyonunu çeşitli enstrümental teknikler ile ortaya koymak ve çevresel faktörler altındaki bozunmayı tespit etmektir. Ayrıca, bu bozunmanın hangi kimyasal teknikler ile yapılabileceği ayrıntıları ile ortaya konmuştur. Bu teknikler FT-IR ile analiz sonucunda protein gruplarının incelenmesi ve glikozid bağlarının takibi gibi önemli belirteçler sunmuştur. Ayrıca, şeker gruplarının GC/MS ile tayini sonucu bozunmanın fiziksel mi yoksa biyolojik mi olduğunun tespiti edilmiştir. Yine elementel analiz ile karbon ve azot oranları ile de sonuçlar desteklenmiştir. Sonuç olarak bakteriyel degradasyonun baskın rol oynadığı bulunmuş olup müsilajın kıyı alanlarında ve sucul ortamlarda bakteri ile temizleme çalışmalarına ışık tutacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Müsilaj, Degradasyon, FT-IR, GC/MS, Elementel analiz, Termal görüntü.

INVESTIGATION OF CHEMICAL CHARACTERIZATION OF MUCILAGE CHANGED WITH ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Abstract

The aim of this purpose has been the subject of the general character of the mucilage with various instruments and the possible techniques that can be made with these techniques for examining the degradation. These techniques are indicated as showing aspects of protein groups that can be analyzed by technical FT-IR. In addition, the GC/MS determination of sugar groups to give bacterial degradation. Then, elemental and carbon and nitrogen reports were analyzed and supported. As a result, the bacteria has been under the influence of degradation, and bacterial removal from the coastal and aquatic side of the mucilage will occur.

Keywords:

Mucilage, Degradation, FT-IR, GC/MS, Elemental analysis, thermal imagery.

Giriş

Biyopolimerlerin polisakkaritler, nükleik asitler ve proteinler olmak üzere üç ana sınıfı bulunmaktadır. Bunlardan en büyük kimyasal ve yapısal çeşitliliği polisakkaritler göstermektedir. Müsilaj olarak adlandırılan yapı biyopolimer özelliğine sahip bir yapı olduğundan sözü edilen üç yapıyı da barındırmaktadır. Ancak bu yapılardan ağırlıklı olarak polisakkarit ve protein yapıları bulunmaktadır. Bu yüzden polisakkaritlerin yapısını iyi bilmemiz gerekmektedir. Polisakkaritler, esas olarak beş ve altı karbonlu şekerlerin çoklu hidroksil işlevselliği nedeniyle polipeptitler ve polinükleotitler arasında bulunmayan geniş bir kimyasal ve yapısal değişkenlik gösterir. Şekerlerin hidroksil işlevselliklerinden birinin veya daha fazlasının değiştirilmesi ile çözelti içerisinde farklı davranışlarına sahip çok sayıda olası polimerik konformasyon oluşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı karbonhidrat analizi, izolasyon ve saflaştırmadan sonra birçok adımı içerir (Krukowski, Szymankiewicz & Lisowski, 2008).

Materyal Metod

Son yirmi yılda filtre (ultra) fraksiyonlama teknolojisi, alg polisakkaritleri gibi makromoleküllerden oluşan polidispers biyopolimerlerin izolasyonu ve saflaştırılma metodolojileri oldukça gelişmiştir. Bunlar çok sık olarak çok sayıda boyut fraksiyonu sunar ve birkaç tane oligomerden, birkaç milyon dalton moleküler ağırlığa kadar şeker kalıntılarından oluşmaktadır. Teğetsel akışlı filtrasyon (aynı zamanda çapraz akışlı filtrasyon olarak da bilinir), hem deniz suyundan hem de kültür ortamından biyopolimer ayırma ve saflaştırma için en kullanışlı araçlardan biridir.

Ancak yoğun yapıda bulunan örnekler santüfjüleme ile kolaylıkla suyundan ayrılıp freze dryer tekniğiyle de organik yapı bozulmadan analize hazır hale getirilmektedir.

Ön işleminden geçirilmiş örneklerde FT-IR ile yapı karakterizasyonu, GC/MS cihazında şeker analizi, yağ asitleri analizleri ile organik karbon ve azot analizleri yapıldı.

FT-IR Analizleri

Müsilaj numunelerinin 0,5 mg'lık miktarı, gece boyunca silika jel üzerinde bir ekssikatörde saklandı, daha sonra havanda ince öğütüldü (Ellerbrock, Höhn & Gerke, 1999; Ellerbrock vd., 1999) Fourier transform orta kızılötesi (FTIR) analizi için ATR başlıkla gerçekleştirildi. Her FTIR spektrumu, 400 ila 4000 cm^{-1} dalga sayısölgesinde 1 cm^{-1} çözünürlükte 16 birlikte eklenen tarama ile kaydedildi (Giesen, 1998).

GC/MS Analizleri

Deniz polisakkaritlerinin birincil yapısını karakterize etmek için kullanılan nötr monosakkarit analizi için gaz kromatografik (GC) metodolojileri birkaç makalede bildirilmiştir (Allan vd., 1972; Giani, 2012). Genel olarak, metodoloji, uçucu bileşikler elde etmek için polisakkaritlerin asit hidrolizine ve sakkaridik maddenin uygun türevlendirilmesine dayanır (Christopfer, 1998). Böylece hidroksil grupları, silillenmiş, asetillenmiş, trifloroasetillenmiş, metillenmiş veya etillenmiş türevler elde eden kimyasal modifikasyonlara tabi tutulup kolay bir şekilde gaz fazına geçişi sağlanır. Nötral ve amino şekerler genellikle trifloroasetik asit ve Neeser asetilasyon yöntemi ile kapsamlı hidrolizden sonra analiz edilir. Metillendirme işlemi piridin içinde Hidroksil amin hidroklorür ($\text{CH}_3\text{ONH}_2 \cdot \text{HCl}$) ile yapılır. Saflaştırılmış polisakkaritlerin gaz kromatografik analizi, altı nötr monosakkarit setine bakılmıştır. Bunlar glukoz, galaktoz, mannoz, ksiloz, ramnoz ve fukozdur.

Elementel Analiz

Toplam karbon, organik karbon, nitrojen, bir CHN Carlo Erba cihazında (İtalya), mod ile belirlendi. Filtre üzerine toplanan müsülaj örneğinde organik karbon analizine başlamadan önce filtre desikatör içerisinde konsantre HCl buharında bekletilerek karbonatların uzaklaştırılması sağlandı.

Tartışma ve Sonuç

FT-IR Analizi Sonuçları

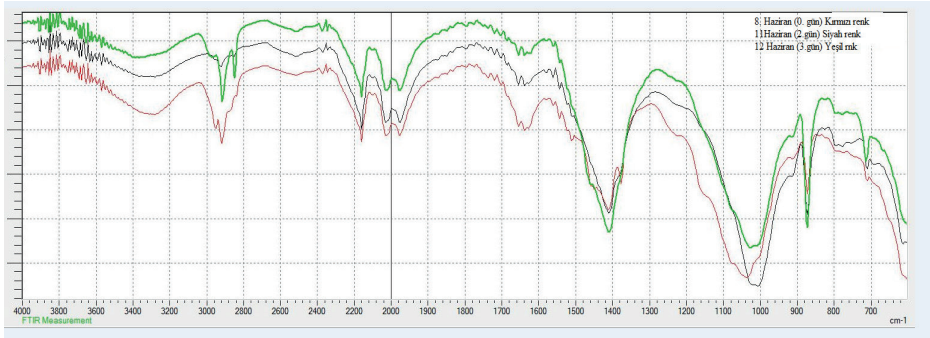
Polisakkaritteki hidroksil (O–H bağları), alkil (C–H), karboksil ve karbonil (C=O) ve polisakkarit (C–O–C) fonksiyonel grupları bölgesindeki absorpsiyon bantları yaklaşık sırasıyla 3500 cm^{-1} 2900 cm^{-1} 1600 cm^{-1} 1100 cm^{-1} civarındadır. C–H, C=O ve C–O–C absorpsiyon bantları, Organik maddenin (OM) fonksiyonel özelliklerine göre OM kompozisyonunu karakterize etmek için yorumlanır, çünkü bu bantlar toprak minerallerinden ayırt edilebilir. Bu bantlar, C–H/C=O oranı açısından potansiyel hidrofobikliği; (Capriel, 1997) Ellerbrock vd., 2005) ve C=O/C–O–C oranı açısından potansiyel emme kapasitesini tahmin etmek için kullanılır (Celi vd., 1997; Kaiser vd., 2008). Ek olarak, bant maksimumlarındaki kaymaları analiz etmek için FTIR spektrumlarındaki O–H ve C=O absorpsiyon bantları kullanıldı.

Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR) spektroskopi analizleri karbonhidrat ve proteinlerin varlığı ile lipid içerikleri kolay bir şekilde desteklenmiştir. Ayrıca yığın şeklindeki yapının seçici bozulması da bu teknikle takip edilmektedir. Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR) yüzey spektrumu makroagrega matrisindeki karbonhidratbantlar (bölge $\sim 1150\text{--}900 \text{ cm}^{-1}$), protein bantları (bölge 1654--

1635 cm^{-1}), lipid bantları (bölge 2950–2850 cm^{-1}) ve inorganik (mineral) bileşenler (bölge <1000 cm^{-1}) şeklinde kendini göstermektedir. Bu bantlar sayesinde müsülajdaki bozunmalar kolaylıkla tespit edilmektedir. Aşağıda Tablo 1 de müsülaj ile ilgili ayrıntılı FT-IR bantları verilmiştir.

Tablo 1. Müsülajm FT-IR Spektrumundaki Bantlara Ait Fonksiyonel Grupları

Dalga Boyu (cm^{-1})	Fonksiyonel Grup
3350-3450	OH Karbonhidrat, protein ve polifenol
3250	NH_2 aminoasidik grup
3060	CH Alken grup
3040-3060	CH aromatik grup
2850-2950	CH- CH_2 alifatik grup
1730-1700	Yağ asidi
1510	Polifenol
1540	C-N amid
1400-1460	İnorganik karbonat
1120-1160	C-O-C glikozid bağ polisakarit
1080	C-O karbonhidrat
1020	Silika
875	Karbonat



Şekil 1. Müsülajm FT-IR Karakterizasyonuna Ait Spekturm 0. Gün Kırmızı Renk, 2. Gün Siyah Renk, 3. Gün Yeşil Renk

Yukarıdaki FT-IR spektrumu 0. zamanda alınan müsülaj örneği ve 2. ve 3. günlerin sonunda alınan örneklerin spektrumları verilmiştir.

Bu spektrumda 7 adet anlamlı pik görülmüştür. Bu pikler

1. 3400-3300 cm^{-1} de görünen karbonhidrat veya proteine ait olabilecek OH pikidir. Bu pik incelendiğinde 0. Günden itibaren anlamlı bir dü-

şüşün olduğu görülmektedir. Buda bakteriyel aktivite ile parçalanmanın olabileceğini düşündürmektedir.

2. 2950–2850 cm^{-1} görünen lipitlere ait olabilecek alifatik CH piki 0. Gün ile 2. Gün arasında bir düşüş daha sonrada kısmen bir artış olmaktadır. Bu ise bakteriyel aktivite ile lipitlerin parçalandığı daha sonra ise yine bu aktiviteden kaynaklı o bakteriye ait bir yağ asidi üretiminin olabileceği düşünölmüştür.
3. 2200-2000 cm^{-1} görünen aromatik yapılara ait pikler incelendiğinde de sürekli bir düşüşün olduğu görülmektedir.
4. 1654–1635 cm^{-1} görünen protein pikinde de bakteriyel parçalanma söz konusudur. Nitekim en kolay parçalanabilirlik protein yapılarında olmaktadır. Bu da net bir biçimde spektrumda gözökmektedir.
5. 1400 ve 875 cm^{-1} de görünen yapılar karbonattan ileri gelmektedir. Bu yapılar agregada yapı kuvvetlendiren Kalsiyum ve Magnezyum iyonlarından ileri gelmektedir. Yapının eski bir yapı olduğu ve parçalanmaya direnç kazanmak için Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarını zenginleştirirken karbonatlarında yapıya taşınması ile açıklanabilir
6. 1080 cm^{-1} deki pik incelendiğinde karbonhidratı net gösteren bir spektumdur. Proteindeki kadar net bir düşüş gözlemlenmese de azalışın olduğu görülmektedir. Bakteriyel aktivite de bilindiği üzere ilk önce protein daha sonra karbonhidratlar parçalanmaktadır.
7. 700 cm^{-1} e ait pikler ise inorganik yapıya ait piklerdir.

GC/MS ile şeker analizi

Bununla beraber, denizel ortamda bakteriyel degradasyona uğrayan müsilaıda bulunan şekerlerin kendi arasında oransal olarak ramnoz ve fukoz azalırken galaktoz artma veya sabit kalma eğilimindedir (Gianni, 2005).

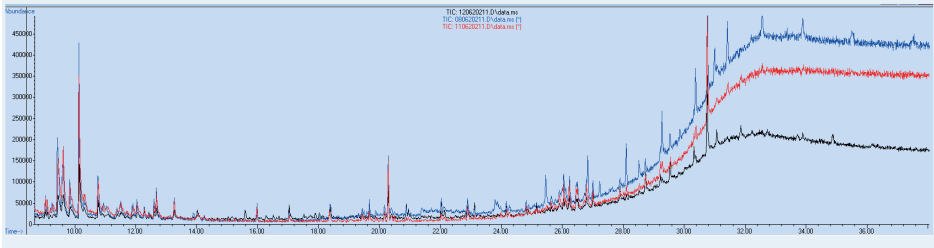
Tablo 2. Şeker Moleküllerinin Yüzdesel Dağılımı

Zaman	Ramnoz (%)	Fukoz (%)	Ksiloz (%)	Manoz (%)	Galaktoz (%)	Glikoz (%)
8 Haziran (0. Gün)	11	9	15	10	40	15
11 Haziran (2.gün)	9	8	13	11	46	13
12 Haziran (3. gün)	8	9	13	13	45	12

Nötr şeker bileşimleri, numunelerin bozulmuş durumunun göstergeleri olarak kullanılmaktadır (Hedges vd., 1994). Planktonlarda bulunan polisakkaritler için bulunan nispeten düşük yüzdelere bulunan galaktoz tüm müsilaj numunelerinde yüksek bir içeriğe sahip olduğu bilinmektedir. (Urbani vd., 2005; Magaletti vd., 2004) ve deniz. Mikroalg topluluğu tarafından yaygın olarak sentezlenen, özellikle ramnoz ve fukoz başta olmak üzere yüksek miktarda deoksişeker ortaya çıkmaktadır (Haug & Myklestad, 1976). Ayrıca galaktoz miktarı, kademeli bir deoksişeker kaybıyla (fuc + rha) bozunma sırasında artma eğilimindedir.) Böylece, daha eski yüzey numuneleri, sahte dip ve bulut numunelerinden açıkça ayırt edilir, Eski numuneler yüksek galaktoz (Gal > %48) ve düşük ramnoz ve fukozun içermektedir kalıcılık süreleri ve yüzey tabakası üzerinde meydana gelen yaşlanma dönüşümleri ile galaktoz ve deoksişeker bileşimi açısından güçlü bir şekilde ilişkili bir değişkenlik arz etmektedir. Bu amaçla bozunmanın göstergesi olarak şeker dağılımlarının yüzdeleri bize önemli ip uçları vermektedir. Burdan hareketle galaktoz yüzdesinin artıp ramnoz ve fukozun toplamının yüzdesinin düşmesi bozunmanın bir göstergesidir. Tablo 2 de bu duum net bir şekilde gözlemlenmektedir fukoz ve ramnoz % 20 den %17 lere düşmüş ve galaktozun ise yüzde miktarı artmıştır.

GC/MS ile genel tarama sonuçları

Çalışma sahasından toplanmış ve herhangi bir bakteriyel işleme tabi tutulmamış müsilaj ile bakteriyel aktiviteye maruz bırakılmış müsilaj örnekleri laboratuvardaki dondurarak kurutma ve katı sıvı ekstraksiyon işlemlerinden sonra genel bir GC/MS taraması yapılmıştır.



Şekil 2. Müsilaj Örneklerine Ait GC/MS Kromatogramları 0. Gün Mavi, 2. Gün Kırmızı, 3. Gün Siyah Renktedir

Yukardaki kromatograma göre 5-10 dk arasında gelen moleküller simen (cymene), limonen (limonene) gibi mono terpenler tespit edilmiştir. Bu moleküller oldukça yüksek oranda antimikrobiyal etkiye sahip moleküllerdir. Patojen bakterilerin varlığında planktonların bunları ürettiğine dair azda olsa çalışmalar mevcuttur (Yassaa vd., 2008).

17. dakika ile 25. Dakika arasında 14-18 karbonlu yağ asitleri ve onların türevleri ve ayrıca yine bu aralıkta bu yağ asitlerinin iskeletlerini oluşturan alifatik moleküller tespit edilmiştir.

Yine yapıştırıcılık özelliği olan 1,4-Cyclohexanedimethanol, dibenzoate moleküllü 20-25 dk arasında tespit edilmiş olup, bu bileşiğin kökenin karasal mı yoksa canlılardan mı geldiğine dair bir veriye ulaşılamamıştır.

Sonuç olarak her üç kromatogramda incelendiğinde kromatogramdaki piklerin konsantrasyonundan kaynaklı şiddetleri bakteriyel aktivite ile düştüğü net bir şekilde görülmüştür. Bu durum bu yapının parçalanması adına olumlu olarak değerlendirilmiştir.

Elementel Analiz

Bilindiği üzere musilajda bulunan organik madde miktarı yüksek olduğundan organik karbon içeriğide yüksektir. Bakteriyel parçalama ve müslajın yaşı ile ilgili önemli ipuçları veren bir parametre olan organik karbon azot sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3. Müsilaj Örneklerinin Karbon, Azot Sonuçları

Zaman	C _{org} (%)	N (%)	C _{org} /N
8 Haziran (0. Gün)	25,8	2,99	8,63
11 Haziran (2.gün)	24,5	2,41	10,16
12 Haziran (3. gün)	24,3	2,29	10,61

Bilindiği amino asit hidrolizi polisakkarit bozunmasından daha hızlı olduğu için bakteriyel bozunma sonucunda C_{org}/N atomik oranındaki artışa görülebilmektedir. Tablo 3 de görüleceği üzere C_{org}/N oranı hızlıca artmış ve bu artış daha sonra yavaşlamıştır. Bu durum tipik bir bakteriyel degradasyonun hareketidir.

Makroagregatlarla ilişkili bakteriler, çevreleyen sudaki serbest yaşayan hücrelere kıyasla çok yüksek potansiyel enzimatik hidroliz sergilemektedir ve en yüksek potansiyel aminopeptidaz aktivitesi olduğundan proteinlerin daha hızlı parçalandığını bilinmektedir. Daha sonra lipaz ve glikozidaz enzimleri aktiftir. Bu tip agregalarda protein yapılarını temsilen takibi bakteriyel degradasyon için önemli bilgiler vermektedir Yukarıdaki FT-IR ile yapı karakterizasyonunda, GC/MS cihazında proteini temsil eden grupları ve azot sonuçları incelendiğinde bakteriyel uygulamasından sonra anlamlı düşüşler tespit edilmiştir. Bu parçalanmanın hangi safhada olduğu ve ne kadar devam edeceğine yönelik net bir şeyler söylemek bu aşamada mümkün olmamakla beraber ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Kaynakça / References

- Capriel, P. (1997): Hydrophobicity Of Organic Matter In Arable Soils: Influence Of Management. *European Journal Of Soil Science*, 48(3), 457-462.
- Ellerbrock, R. H., Höhn, A., & Gerke, H. H. (1999): Characterization Of Soil Organic Matter From A Sandy Soil In Relation To Management Practice Using Ft-Ir Spectroscopy. *Plant And Soil*, 213(1), 55-61.
- Giesen, H.-G. (1998): Ir-Spektroskopie Für Anwender. Von W. Gottwald Und G. Wachter. Hrsg. U. Gruber Und W. Klein In Der Serie: Die Praxis Der Instrumentellen Analytik. Wiley-Vch Weinheim 1977; 294 S. Mit 166 Abbildungen Und 20 Tabellen, Kartoniert Dm 68. *Pharmazie In Unserer Zeit*, 27(4), 197-197.
- Krukowski, H., Szymankiewicz, M., & Lisowski, A. (2008): Slime Production By Staphylococcus Aureus Strains Isolated From Cases Of Bovine Mastitis. *Polish Journal Of Microbiology / Polskie Towarzystwo Mikrobiologów = The Polish Society Of Microbiologists*, 57, 253-255.
- Celi, I., Schnitzer, M., Negre, M. (1997): Analysis of carboxylic groups in soil humic acids by a wet chemical method, FT-IR spectrometry and solution ¹³C NMR: A comparative study. *Soil Sci.* 162, 189– 197.
- Ellerbrock, R. H., Gerke, H. H., Bachmann, J., Goebel, M.-O. (2005): Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69, 57– 66
- Faganeli J, Kovac N, Leskovšek H, Pezdi J (1995): Sources and fluxes of particulate organic matter in shallow coastal waters characterized by summer macroaggregate formation *Biogeochemistry* 29:71–88
- Allan G. G. Lewin J. Johnson P. G. (1972): Marine polymers. IV Diatoms polysaccharides. *Bot. Mar.* 15:102-108
- Giani M. Sist P. Berto D. Serrazanetti G. Ventrella V. Urbani R. (2012): The organic matrix of pelagic mucilaginous aggregates in the Tyrrhenian Sea (Mediterranean Sea). *Mar. Chem.* 132-133: 83
- Christopfer J. Biermann Gary. D. Mc Ginnis (1988): Analysis of Carbohydrates by GLC and MS. Boca Raton: CRC Press. 304 p
- Michele Giani, Daniela Bertoa, Valentina Zangrando, Silvia Castellia, Paola Sistb and Ranieri Urbani (2005): Chemical characterization of different typologies of mucilaginous aggregates in the Northern Adriatic Sea *Science of The Total Environment* Volume 353, Issues 1–3, 15 December 2005, Pages 232-246.
- R. Urbani, E. Magaletti, P. Sist, A.M. Cicero (2005): Extracellular carbohydrates released by the marine diatoms *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira pseudonana*: effect of P-depletion and growth status *Sci Total Environ*, 353 pp. 300-306.
- Magaletti, R. Urbani, P. Sist, C.R. Ferrari, A.M. Cicero (2004): Abundance and chemical characterization of extracellular carbohydrates released by the marine diatom *Cylindrotheca fusiformis* under N- and P-limitation *Eur J Phycol*, 39 (2004), pp. 133-149.
- A. Haug, S. Myklestad (1976): Polysaccharides of marine diatoms with special reference to *Chaetoceros* species *Mar Biol*, 34 (1976), pp. 217-222
- Noureddine Yassaa, Ilka Peeken, Eckart Zöllner, Katrin Bluhm, Steve Arnold, Dominick Spracklen and Jonathan Williams (2008): Evidence for marine production of monoterpenes *Environ. Chem.* 2008, 5, 391–401.