



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi :17.02.2025
Kabul Tarihi :15.04.2025

Received Date : 17.02.2025
Accepted Date : 15.04.2025

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM: KENEVİR BİTKİSİ VE SIFIR ATIK UYGULAMALARI

SUSTAINABLE PRODUCTION: HEMP PLANT AND ZERO WASTE APPLICATIONS

Naciye Olcay HELVACI* (ORCID: 0009-0008-6628-9325)

Yasemin KORKMAZ¹ (ORCID: 0000-0002-0030-6259)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Naciye Olcay HELVACI, helvaciolcay@gmail.com

ÖZET

Sıfır atık projeleri, sürdürülebilir bir geleceğin temel taşlarını oluştururken, kenevir bitkisi bu yaklaşımın somut bir sembolü olarak öne çıkmaktadır. Köklerinden başlayarak tamamı değerlendirilebilen kenevir, atık oluşturmada çeşitli parçalara dönüştürülebilmektedir. Tekstil, tıp, gıda, biyokompozit, inşaat malzemeleri ve enerji üretimi gibi birçok alanda kullanılan kenevir, çevre dostu özelliklerle döngüsel ekonominin en güçlü aktörüdür. Bu nedenle son yıllarda kenevirin endüstriyel kullanımına yönelik ilgi yeniden artmış ve kenevir üretimiyle ilgili yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu çalışmada, kenevir bitkisinin özellikleri, tarih boyunca maruz kaldığı yasaklamalar ve günümüze kadar yaşanan değişimler ele alınarak küresel kenevir pazarı incelenmiştir. Ayrıca, kenevirin her bir parçasının çeşitli amaçlar için değerlendirilebilmesi ve çok yönlü, sürdürülebilir bir kaynak olması nedeniyle sıfır atık çalışmaları kapsamında kullanım alanları araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kenevir, sıfır atık, çevre dostu, sürdürülebilirlik

ABSTRACT

While zero waste projects form the cornerstones of a sustainable future, the hemp plant stands out as a concrete symbol of this approach. Hemp, which can be evaluated in its entirety starting from its roots, can be transformed into various parts without creating waste. Hemp, which is used in many areas such as textile, medicine, food, biocomposite, construction materials and energy production, is the strongest actor of the circular economy with its environmentally friendly features. For this reason, interest in the industrial use of hemp has increased again in recent years and legal regulations have been made regarding hemp production. In this study, the global hemp market was examined by considering the characteristics of the hemp plant, the prohibitions it has been subjected to throughout history and the changes experienced until today. In addition, since each part of hemp can be evaluated for various purposes and is a versatile and sustainable resource, its areas of use were investigated within the scope of zero waste studies.

Keywords: Hemp, zero waste, environmentally friendly, sustainability

ToCite: HELVACI, N.O., & KORKMAZ, Y., (2025). SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM: KENEVİR BİTKİSİ VE SIFIR ATIK UYGULAMALARI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(2), 1123-1142.

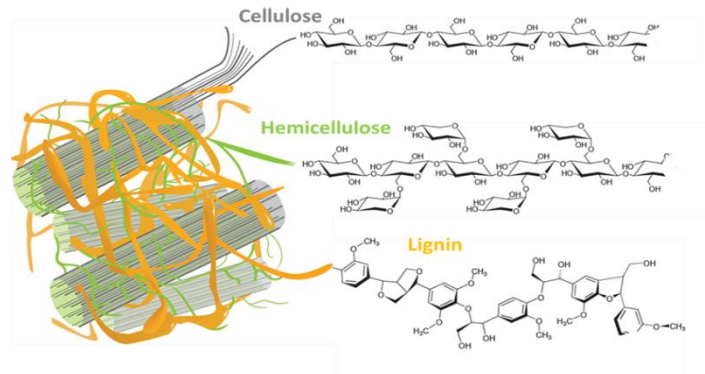
GİRİŞ

Sıfır Atık terimi, atık oluşumunu en az indirmeyi, kaynakların daha verimli kullanılmasını ve atıkların geri dönüştürülerek tekrar ekonomiye kazandırılmasını amaçlayan bir çevre yönetimi formülüdür. Bu yaklaşımla atıkların doğaya zarar vermesini önleyerek sürdürülebilir bir yaşam biçimi oluşturmayı hedeflemektedir. Küresel çapta "Sıfır Atık" kavramı, 1990'lı yıllarda ortaya çıkmaya başlamıştır. Ancak kökleri, 1970'lerde çevre hareketlerinin güç kazanmaya başladığı döneme kadar uzanmaktadır. O yıllarda, artan çevre kirliliği ve kaynakların sınırlı olduğu bilinci, atık yönetimi ve geri dönüşüm konularında çeşitli çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Atıkların tamamen ortadan kaldırılmasının ya da kaynağında en aza indirilmesinin mümkün olabileceği fikri, "Sıfır Atık" kavramını doğurmuştur. 1995 yılında kurulan Zero Waste International Alliance (ZWIA), bu hareketin küresel düzeyde organize edilmesine ve standartların belirlenmesine öncülük etmiştir. Bu dönem, "Sıfır Atık" anlayışının temellerinin atıldığı ve yalnızca atık yönetiminin ötesinde, sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerinin de ön plana çıktığı bir zaman dilimi olarak kendini göstermiştir. Türkiye'de Sıfır Atık Projesi, 2017 yılında Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan'ın eşi Emine Erdoğan'ın himayelerinde başlatılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Koruma Bakanlığı tarafından yürütülen proje, atık yönetimi konusunda ulusal çapta oluşturmayı ve geri dönüşüm oranlarını artırmayı hedeflemektedir. Projenin ilk uygulamaları Cumhurbaşkanlığı Külliyesi ve TBMM gibi kamuya yönelik olarak başlamış, ardından tüm Türkiye'ye yayılmıştır. 2019 yılında Sıfır Atık Yönetmeliği yayımlanmış ve resmi olarak atık yönetimi standartları belirlenmiştir. 2020 yılı takviminde tüm kamu idareleri sıfır atık sistemi gereklilikleri mevcut olup, 2023 yılına kadar ise sanayi merkezleri, belediyeler ve özel sektör bu sürece dahil edilmiştir. Sıfır Atık Projesi kapsamında 2017'de % 13 olan geri kazanım oranı 2021 yılında % 27,2'ye; 2022 yılında % 30,13'e; 2023 yılında % 34,92'ye yükselmiştir. Geri kazanım oranının 2035 yılında % 60'a çıkarılması hedeflenmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025; Sıfır Atık, 2025). Kenevir, sürdürülebilir üretim ve çevre dostu yaklaşımlar doğrultusunda sıfır atık prensiplerine uyum sağlayan değerli bir bitkidir. Hızlı büyüme özelliği sayesinde kısa sürede gelişir ve yılda birden fazla hasat edilebilir. Bu özelliği, karbon emilimini artırarak çevresel fayda sağlamaktadır. Kenevirin diğer bitkilere kıyasla daha fazla karbondioksit emmesi ve yüksek miktarda oksijen salınımı gerçekleştirmesi, onu negatif karbon ayak izi ile sanayi sektöründe stratejik bir konuma taşımaktadır. Ayrıca, hem tarım hem de sanayi alanlarında geniş kullanım yelpazesine sahip olan kenevir, çeşitli ürünlere dönüştürülerek atık oluşumunu en aza indirmekte ve döngüsel ekonomi modeline önemli katkılar sunmaktadır (Enarevba & Haapala, 2024).

Bu çalışmada, kenevir bitkisinin özgün özellikleri ele alınarak, küresel ve yerel ölçekte kenevir endüstrisinin geçmişten günümüze kadar olan gelişimi incelenmiş, gelecekteki potansiyel büyüme öngörülleri değerlendirilmiştir. Aynı zamanda, sıfır atık, yeşil dönüşüm ve karbon ayak izi gibi çevresel projelerde kilit bir rol oynayan sıfır atık kenevirin çeşitli uygulama alanları araştırılarak, bu sürdürülebilir kaynağın önemi vurgulanmıştır.

KENEVİR

Kenevir lignoselülozik yapıda olup, temel olarak lignin, selüloz ve hemiselüloz bileşenlerinden oluşur (Şekil 1). Yapıda bulunan lignin, selüloz ve hemiselüloz miktarları hammaddeden hammaddeye farklılık göstermektedir. Lignin bitkilerde lifleri, damarları ve hücreleri birbirine bağlayan organik bir maddedir. Selülozdan sonra doğada en çok bulunan ve yenilenebilen bir karbon kaynağıdır (Çalgeriş, 2010). Lignoselülozik yapılarda, selüloz hemiselüloz tarafından çevrelenir, hemiselüloz ve ligninin matrisine yerleşir. Ayrıca lignin enzimatik saldırıya karşı bir bariyer oluştururken, selülozun yüksek kristalin yapısı suda çözünmez. Hemiselüloz ve lignin selülozun çevresinde koruyucu bir kılıf oluşturur (Jingjing, 2011; Stenius, 2000)



Şekil 1. Bitki Hücre Duvarı

Doğal selülozik liflerin ve kenevirin yapısında bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarları ise Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Kenevir Lifinin ve Diğer Selülozik Liflerin Yapısında Bulunan Bileşenler (Sangalang, 2021; Kaya vd., 2020)

Lif Cinsi	Selüloz%	Hemiselüloz%	Lignin%	Pektin%
Pamuk	92	6		<1
Jüt	72	13	13	-
Keten	81	14	3	4
Sisal	73	13	11	2
Kenevir	74	18	3-4	1
Rami	76	15	1	2
Kapok	13	-	14,1	-

Kenevir lifinin yapısı, bitkinin biyolojik yapısının anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Kenevirin yapısı Şekil 2’de gösterilen epidermis, kabuk (korteks), primer ve sekonder floem, ksilem (odunsu doku) ve sünger doku bölümlerinden oluşur.

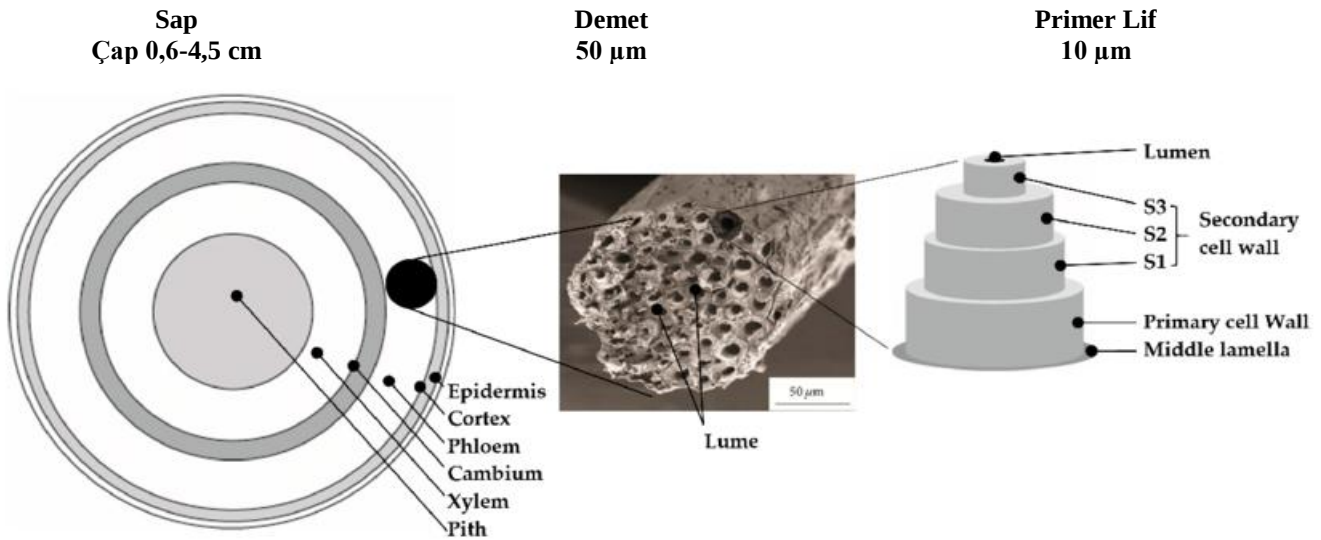
Epidermis: Sapın en dış tabakasıdır. Bu tabaka, bitkinin dış etkenlerden korunmasına yardımcı olur ve genellikle mumsu bir yapı ile kaplıdır.

Kabuk (Korteks): Epidermisin hemen altında yer alır ve lifleri içerir. Kenevirin lifleri bu bölgede yoğunlaşmıştır. Bu lifler, tekstil ve inşaat gibi farklı endüstrilerde kullanılır.

Primer ve Sekonder Floem: Bu yapı, bitkinin besin taşıma sisteminin bir parçasıdır. Primer floem bitkinin genç dokularında bulunurken, sekonder floem büyüdükçe gelişen bir yapıdır.

Ksilem (Odun dokusu): Ksilem, su ve minerallerin kökten yukarı taşınmasını sağlar. Ayrıca bitkiye mekanik destek sunar.

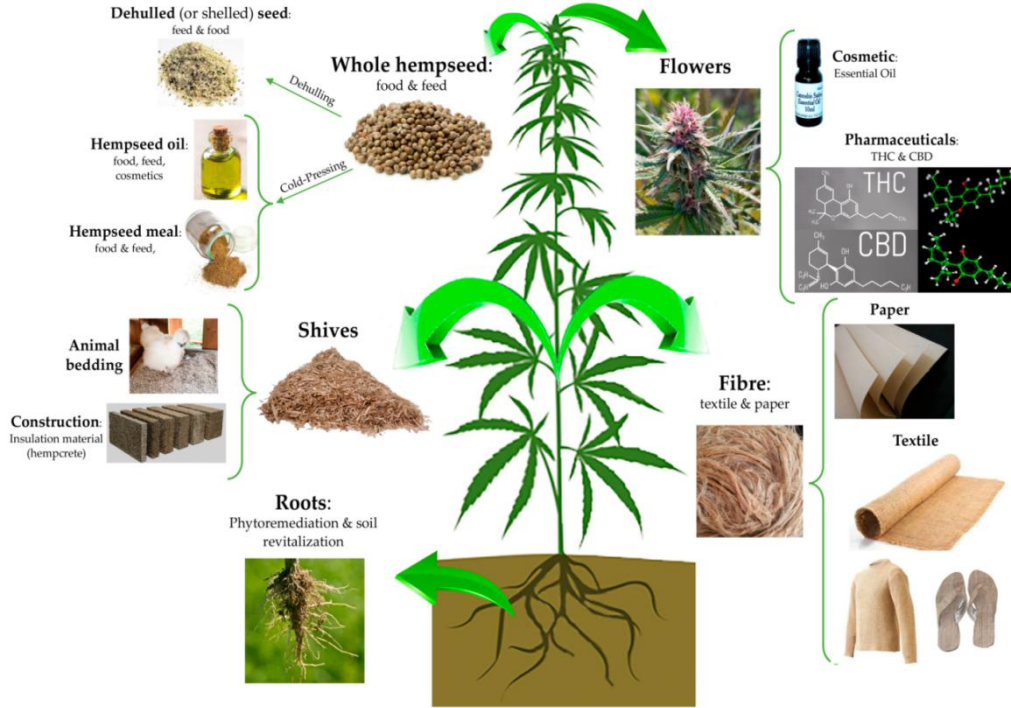
Sünger doku: Kenevir sapının merkezindeki içi boş veya süngerimsi yapıdır. Genellikle bu bölge, bitkinin büyüme sürecine ve yaşına bağlı olarak değişiklik gösterir (Manaia vd., 2019).



Şekil 2. Kenevir Lifinin Yapısı (Manaia vd., 2019)

Kenevirin kök sistemi güçlü ve derinlere uzanır, bu da toprağı stabilize eder ve erozyonu önler. Genellikle bitkinin ihtiyacı olan suyu ve besinleri toplamakta etkilidir. Kenevir bitkisi genellikle kuraklığa karşı dirençlidir. Kenevirin gövdesi uzun ve ince yapılıdır, boyu 2 ile 5 metre arasında değişebilir. Gövde, iki ana bölümden oluşur: dış kısmı lifler ve iç kısmı odunsu çekirdek (hurda)tir. Dış kabukta bulunan lifler çok dayanıklı olup tekstil, ip, halat ve kâğıt üretiminde kullanılır. Odunsu çekirdek (hurda); İç kısmındaki odunsu doku, biyoyakıt ve yapı malzemeleri üretiminde kullanılır. Kenevir yaprakları genellikle el şeklinde ve 5 ila 9 parça halindedir. Yapraklar derin damarlı

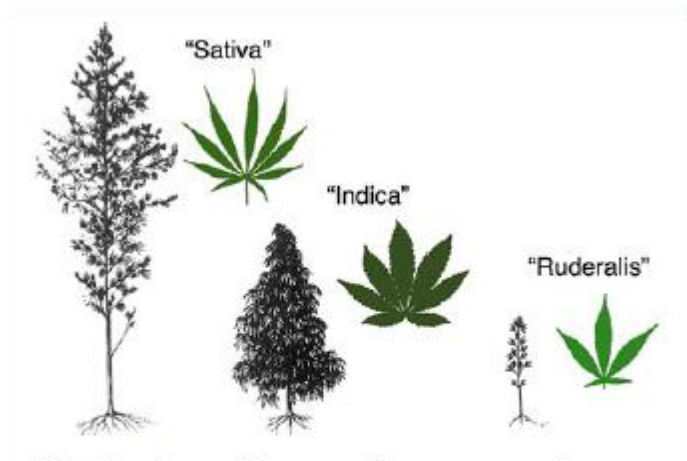
ve tırtıklı kenarlı olup, karakteristik görünüşüyle kolayca tanınır. Yapraklar, THC (tetrahidrokannabinol) ve CBD (kannabidiol) gibi bileşikler içerir. Kenevir bitkisi iki evciklidir, yani erkek ve dişi bitkiler ayrı ayrı bulunur. Dişi çiçekler; Tozlaşmadan sonra tohumlar oluşturan ve daha fazla CBD ve THC içeren kısımlardır. Tıbbi ve psikoaktif amaçlarla genellikle bu çiçekler kullanılır. Erkek çiçekler; Polen üreten çiçeklerdir. Dişi bitkilerin döllenmesi için gereklidir, ancak ticari üretimde genellikle erkek bitkiler tercih edilmez. Kenevir tohumları yüksek besin değeri taşıyor ve yağ açısından zengindir. Kenevir tohumu yağı, gıda üretiminde ve kozmetikte yaygın olarak kullanılır (Farinon vd., 2024; Altman vd., 2024; Amaduccia vd.,2015) (Şekil 3).



Şekil 3. Kenevir bitkisinin yapısı (Farinon vd., 2024)

Kenevir Bitkisinin Türleri

Kenevir, farklı özellikleri ve kullanım amaçları doğrultusunda çeşitlendirilen bir bitkidir. Kenevirin çeşitli türleri, lif, tohum ve tıbbi içerikleri gibi özelliklerine göre ayrılmakta ve bu çeşitler farklı alanlarda kullanılmaktadır. İşlevlerine ve içerdiği kimyasal bileşiklere göre Şekil 4'te gösterildiği gibi kenevirin başlıca üç türü bulunmaktadır (McParland,2018).



Şekil 4. Kenevir Türleri (McParland,2018)

Cannabis Sativa

Uzun boylu ve ince yapılıdır, 5 metreye kadar uzayabilir. Genellikle düşük THC (tetrahidrokannabinol) ve yüksek CBD (kannabidiol) içerir. Bu nedenle, endüstriyel ve tıbbi amaçlarla tercih edilir. Lif üretimi için idealdir. Tekstil, halat, kâğıt ve biyoplastik üretiminde kullanılır. CBD içerdiği için tıbbi ürünlerde kullanılır. Ağrı kesici, sakinleştirici

ve anti-inflamatuar özelliklere sahiptir. Diğer kenevir çeşitlerine göre daha uzun sürede olgunlaşır ve daha geniş yapraklara sahiptir. Lif verimi yüksek olduğu için endüstriyel üretimde önceliklidir (Onay vd.,2020).

Cannabis Indica

Daha kısa ve daha geniş yapılıdır, boyu genellikle 1-2 metre civarındadır. Yüksek THC ve düşük CBD içerir. THC oranı yüksek olduğu için psikoaktif etkileri belirgindir. Ağrı kesici, uyku düzenleyici ve anti-anksiyete tedavilerinde kullanılır. THC oranı yüksek olduğundan, esrar gibi psikoaktif ürünlerin üretiminde tercih edilir. Daha kısa sürede olgunlaşır ve soğuk iklimlere dayanıklıdır. Sativa'ya kıyasla daha kısa ve daha sık yapraklara sahiptir. Özellikle medikal amaçlarla kullanılan esrar bu türden elde edilir (Brito vd., 2023; Gizlenci vd., 2019).

Cannabis Ruderalis

En kısa ve en dayanıklı kenevir türüdür, boyu 0.5-1 metre arasındadır. Düşük THC ve düşük CBD içerir. Genetik özelliklerinden dolayı diğer kenevir türleriyle melezlenerek daha dayanıklı ve hızlı büyüyen bitkiler elde edilir. Tıbbi potansiyeli daha azdır, ancak melezlemelerle yüksek CBD içeriği sağlanabilir. Küçük yapılı ve sert koşullara dayanıklı bir türdür. Diğer türlerden farklı olarak otomatik çiçeklenme özelliği vardır, yani ışık döngüsünden bağımsız olarak belirli bir büyüme evresine ulaştığında çiçeklenmeye başlar. Bu özellik, diğer türlerle melezlenerek endüstriyel ve tıbbi amaçlarla kullanılan çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar (Brito vd., 2023; Gizlenci vd., 2019).

KENEVİRİN TARİHÇESİ

Kenevir (*Cannabis*), insanlık tarihi boyunca hem endüstriyel hem de tıbbi amaçlarla kullanılmış önemli bir bitkidir (Şekil 5). Tarihi, binlerce yıl öncesine kadar uzanmakta olup, farklı kültürlerde çeşitli alanlarda kullanılmıştır.

MÖ 8000 civarı, kenevirin bilinen en eski kullanımı Çin'de başlamıştır. Arkeolojik bulgulara göre, Çin'de insanlar kenevir liflerini ip, kumaş ve kağıt yapımında kullanmışlar. **MÖ 2700 civarı**, Çinli İmparator Shen Nung, kenevirin tıbbi faydalarından bahseden en eski yazılı kayıtları oluşturmuştur. Bu dönemde kenevir, ağrı kesici ve iltihap önleyici özellikleriyle tıbbi olarak kullanılmıştır. **MÖ 2000-1400**, Hindistan'da kenevir bitkisi "bhang" adı verilen bir içeceğin yapımında kullanılmış ve dini ritüellerde yer almıştır.



Şekil 5. Kenevir Bitkisi

1000'li Yıllar, Orta Doğu'da İslam dünyasında kenevir yaygın olarak kullanılmıştır. Arap doktorlar kenevirin ağrı kesici ve uyutucu etkilerini keşfetmişler. Bu dönemde kenevir lifleri, ip yapımı, halat üretimi ve kağıt yapımında önemli rol oynamıştır. **Ortaçağ Avrupa'sı**, kenevir, Avrupa'ya yayılmış ve birçok ülkede gemi yapımında halat, kumaş ve kağıt üretimi gibi alanlarda kullanılmıştır. Özellikle denizcilikte kullanılan halat ve yelkenler kenevir liflerinden yapılmıştır. **16. ve 17. Yüzyıllar**, kenevir, Amerika'ya Avrupalı kaşifler tarafından taşınmış ve İngiliz kolonileri kenevir üretimini teşvik etmiş ve hatta kolonilere kenevir yetiştirilmesi zorunluluğu getirilmiştir. Kenevirden elde edilen lifler, ip ve kumaş yapımında kullanılmıştır. **19. Yüzyıl**, kenevirin tıbbi kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Kenevir özleri, ağrı kesici, anti-enflamatuar ve yatıştırıcı özelliklerinden dolayı tıbbi reçetelerde kullanılmıştır. **20. Yüzyıl Başları**, kenevirin çeşitli sanayi dallarında kullanımı devam ederken, aynı zamanda uyuşturucu madde olarak da kullanılmaya başlanması, kenevirin yasaklanmasına yönelik girişimleri artırmıştır.

1930'lar, ABD'de kenevire karşı kampanyalar başlamıştır. 1937'de ABD'de çıkarılan "Marihuana Vergi Yasası" ile kenevirin yetiştirilmesi, ticareti ve kullanımı üzerine sıkı denetimler getirilmiştir. Bu yasaklar, dünya genelinde kenevirin yasallaştırılması sürecini duraklatmıştır. **1970'ler**, kenevirin yasa dışı uyuşturucu olarak sınıflandırılması, birçok ülkede yasakların artmasına neden olmuştur. **1990'lar ve sonrası**, 20. yüzyılın sonlarına doğru tıbbi ve endüstriyel kenevire yönelik ilgi yeniden canlanmıştır. 1990'larda birçok ülke tıbbi kenevir kullanımını yasallaştırmaya başlamıştır. 21. yüzyılda ise endüstriyel kenevirin tekrar üretime dahil edilmesi, özellikle çevre dostu ürünlerde kullanılmaya başlamasıyla yaygınlaşmıştır. **21. Yüzyıl**, birçok ülke, tıbbi ve eğlence amaçlı kenevir kullanımını yasallaştırma yönünde adımlar atmıştır. Aynı zamanda kenevirin endüstriyel alanda kullanımı da artmıştır (Gizlenci vd., 2019; Mechoulam, 2019).

Türkiye'de ise kenevirin tarihçesi oldukça eskiye dayanmakla birlikte birçok farklı dönemde önemli bir tarım ürünü olarak kullanılmıştır. Kenevir, hem tekstil sektöründe hem de tıbbi amaçlarla kullanılmış ve zamanla farklı dönemlerde yasaklar veya düzenlemelerle karşı karşıya kalmıştır.

Eski Dönemler ve Osmanlı İmparatorluğu; Anadolu'da kenevirin kullanımı M.Ö. 1500'lü yıllarda başlamış, özellikle ip, kumaş ve halat yapımında yaygın olarak kullanılmıştır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde kenevir üretimi önemli bir tarım faaliyeti olmuştur. Kenevirden elde edilen lifler, gemi halatları ve yelken bezlerinin yapımında kritik öneme sahip olmakla birlikte kenevirin tıbbi kullanımı da yaygınlaşmıştır.

Cumhuriyet Dönemi; Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yıllarında kenevir tarımı yaygın olarak yapılmıştır. 1920'li yıllardan itibaren devlet tarafından teşvik edilen bir bitki olmuştur. 1960'larda Türkiye'de kenevir üretimi önemli bir seviyeye ulaşmıştır ve 20.800 hektar alanda kenevir yetiştirilmiştir. Kastamonu, Samsun ve Zonguldak gibi iller kenevir üretiminde öne çıkan bölgeler arasında olmuştur.

20. Yüzyıl ve Yasaklamalar; Ancak 20. yüzyılın ortalarında dünya genelinde artan uyuşturucu endişeleri nedeniyle kenevir üretimi kısıtlanmaya başlamıştır. 1930'lu yıllarda ABD'de başlayan kenevir karşıtı kampanyalar, Türkiye'de de etkisini göstermiştir. 1961 yılında Türkiye, uluslararası anlaşmalar doğrultusunda kenevir üretimini sıkı kontrol altına alınmıştır ve üretim alanları daralmıştır (Şakiroğlu, 2023; Tiret, 2002).

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE KENEVİR PAZARI

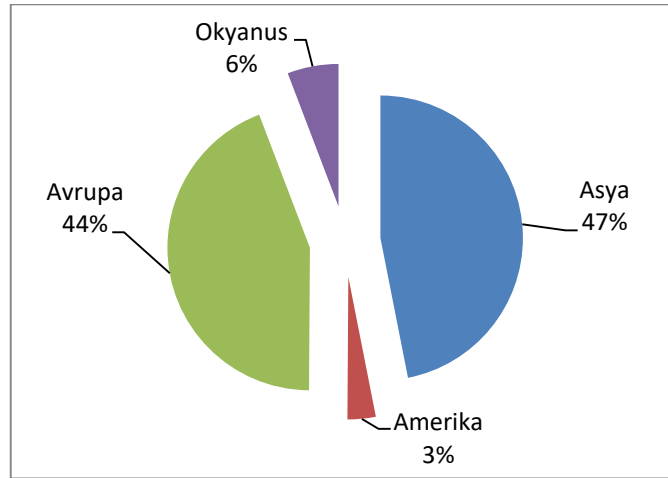
Kenevir, ticari veya endüstriyel amaçlar için özel olarak yetiştirilen Cannabis sativa, L.'nin botanik sınıfına aittir (Onay vd., 2020). Bu nedenle, endüstriyel kenevir olarak da bilinmektedir. Ancak yetiştirme koşulları, amaçlanan kullanımına göre değişmektedir. Kenevir, özellikle liflerinden, tohumlarından ve çiçeklerinden elde edilebilen ürünlerin endüstriyel kullanımları için yetiştirilmektedir. Asya Pasifik bölgesi kenevir pazarında %33 değerle en büyük paya sahiptir. Bunun nedeni, Çin, Hindistan, Japonya, Kore, Avustralya, Yeni Zelanda ve Tayland gibi ülkelerin endüstriyel kenevir üretimine aktif katılımıdır. Çin, kenevirin doğum yeri olarak kabul edilir ve yıllardır kenevir pazarına hakim olduğu bilinmektedir. Bugün, bu ülke her yıl en fazla ticari kenevir üretmektedir ve dünyanın en büyük kenevir kağıdı, tekstil ve biyokompozit ihracatçısı olmaya devam etmektedir (Grand View Research, 2024).

Son yıllarda Kuzey Amerika, kenevir ürünlerinin yetiştirilmesi, işlenmesi ve üretimiyle ilgili yasaların kademeli olarak gevşetilmesi nedeniyle kenevir pazarında en yüksek büyüme oranına sahiptir (Cognitive Market Research, 2024).

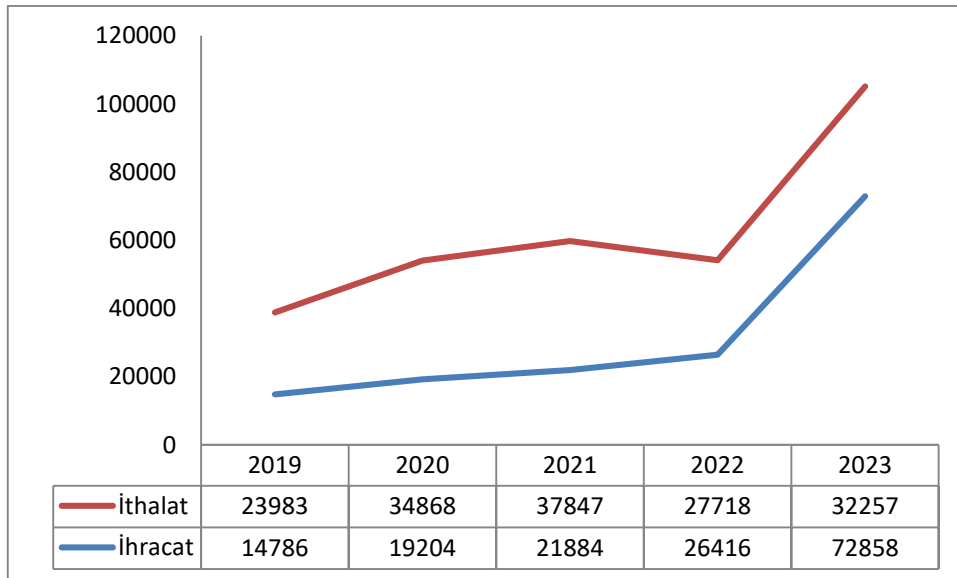
Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2014-2022 yılları arasındaki raporunda, Şekil 6'ya göre kenevir üretim pazarında Asya (%47) bölgesinin yine lider olduğu görülmektedir. Asya bölgesini sırasıyla Avrupa (%44), Okyanusya (%6) ve Amerika(%3) bölgeleri olarak takip etmektedir. Markets and Markets raporuna göre, küresel kenevir pazarının büyüklüğünün önümüzdeki yıllarda hızla büyümesi, 2022'de 6,8 milyar dolardan 2027'de 18,1 milyar dolara çıkması ve 2022-2027 yıllarında kenevir endüstrisinin Bileşik Yıllık Büyüme Oranının %21,6 olması beklenmektedir (Markets and Markets, 2024). Bu artışın nedenleri;

- Birçok ülkede kenevir yetiştiriciliğinin yasallaştırılması ve serbestleştirilmesinin artması, hammaddeye daha fazla erişimin sağlanması,
- Tekstil, kâğıt ve yapı malzemeleri gibi kenevir bazlı ürünlere olan talebin yüksek olması,
- Maliyetleri düşüren ve verimliliği artıran yetiştirme ve işleme teknolojilerindeki gelişmelerin olması,
- Kenevirin, yetiştirilmesi için daha az su ve pestisit gerektirmesi nedeniyle geleneksel ürünlere sürdürülebilir bir alternatif olması,

- Kenevirin gıda ve içecek endüstrisinde, özellikle kenevir tohumu ve kenevir yağında kullanımının artması olarak sıralanmaktadır.

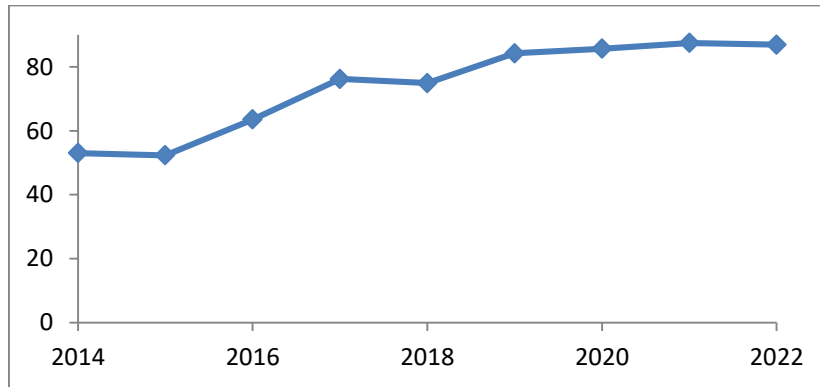


Şekil 6. Dünyada Kenevirin Üretim Payı (%) (FAO, 2024)



Şekil 7. Dünyada Kenevirin Yıllara Göre İthalat/İhracat Miktarları (ton) (Trademap, 2024)

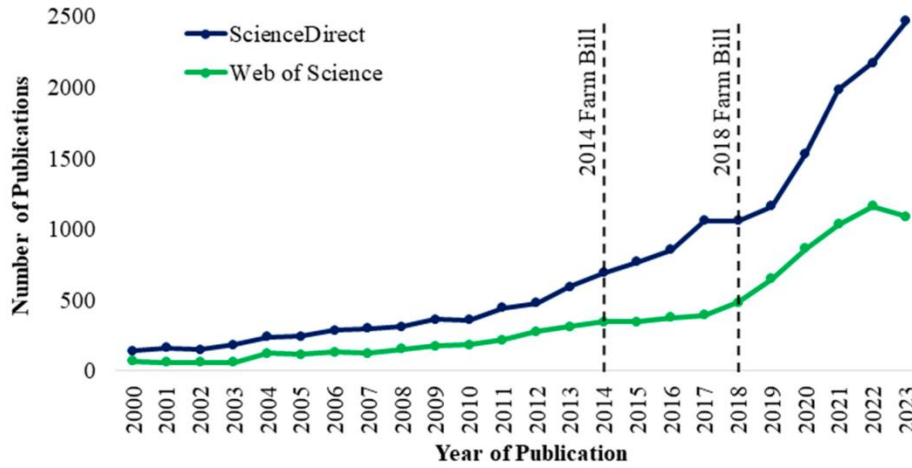
Trademap 2024 (Trade Statistics for International Business Development) raporuna göre, dünyada kenevir ihracatı 2019 yılında 14.786 tondan 2023 yılında artarak 72.858 tona ulaşmıştır. İthalat ise 2019 yılında 23.983 tondan 2023 yılına kadar dalgalanma görülse de genel anlamda arttığı gözlenmektedir (Şekil 7) (Trademap, 2024).



Şekil 8. Dünyada Yıllara Göre Kenevir (ham veya çürütülmüş) Hasatı Yapılan Alan (ha) (FAO, 2024)

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2014-2022 yılları arasında kenevir hasatı yapılan alanın büyüklüğü Şekil 8’de verilmiştir. Grafiğe göre bazı yıllarda dalgalanmalar meydana gelse de son yıllarda yapılan yasal düzenlemeler sayesinde dünyada kenevir hasatı yapılan alanların arttığı görülmektedir.

Endüstriye yön veren aktörler, tohum boyutu ve yağ dağılımı açısından geniş bir çeşitlilik sunan yüksek kaliteli endüstriyel kenevir üretimi gerçekleştirmektedir. Potansiyel verimler ve işleme yöntemleri, kullanılan teknolojiler, üretim maliyeti ve getirilerle birlikte, endüstrideki rekabeti yönlendirmede önemli bir rol oynamaktadır. Endüstriyel kenevir şirketlerinin, bitkinin yasal olarak yetiştirilebildiği ekonomilerde ürün yetiştirme ve işleme tesislerini artırmaya odaklanması, Ar-Ge faaliyetlerine büyük yatırımlar yapması büyük pazarlara nüfuz edebilmesini önünü açmaktadır. Kenevir yetiştiriciliği daha da yasal hale geldikçe, üreticilerin ve araştırma kurumlarının endüstriyel kenevirden yeni ürünler gelişimini destekleyeceği aşikârdır. Örneğin bu tür uygulamalardan biri, önümüzdeki yıllarda önemli bir büyüme potansiyeline sahip olması beklenen biyoyakıttır. Petrol fiyatlarındaki (dizel ve benzin) artış ve küresel ısınmayla ilgili artan endişelerle birlikte biyoyakıtlar popülerlik kazanmıştır. Kenevir tohumu özleri, herhangi bir dizel yakıtlı araçta kullanılmaya uygun olan kenevir biyodizelini üretmek için kullanılmaktadır (Markets and Markets, 2024). Diğer bir uygulama örneği ise, Cannabis sativa bitkisinden elde edilen kenevir tohumlarının insan beslenmesi için kullanılmasıdır. Kenevir tohumları eser miktarda tetrahidrokanabinol (THC) içerir. Bunlar, linoleik (omega-6) ve linolenik (omega-3) olmak üzere iki temel yağ asidi ile E, 81, 82, 86 ve D vitaminleri, kalsiyum, magnezyum ve potasyum açısından zengindir. Kenevir tohumu, kolay sindirilebilir protein (%20-25), çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), çok sayıda lipit (%25-35), çok sayıda çözünmeyen lif, çok sayıda karbonhidrat (%20-30) içeren zengin içerikli bir besin kaynağıdır (Aryal vd., 2024).



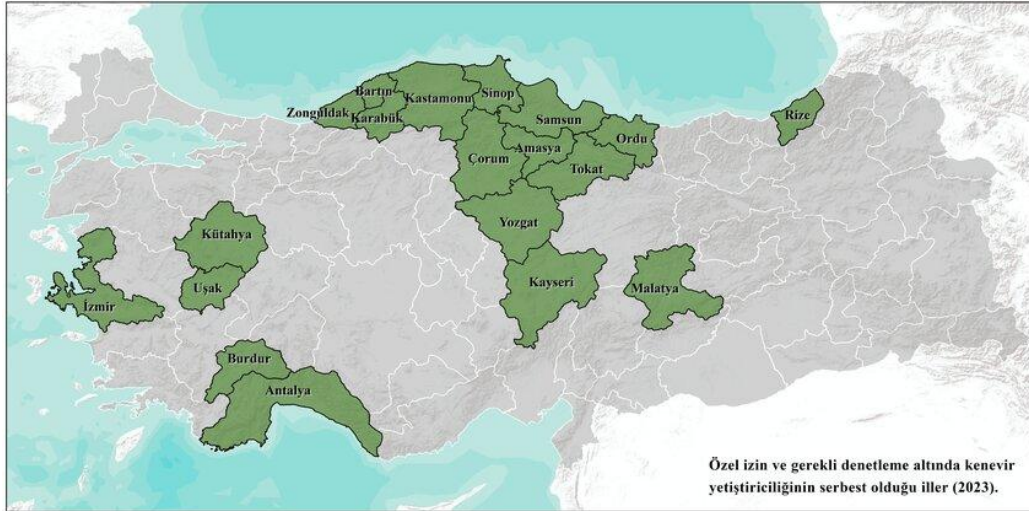
Şekil 9. Küresel Kenevir Araştırma Verimliliğindeki Artış

Dünyada üretilen kenevir miktarının artması beraberinde kenevir araştırma verimliliğindeki artışı da pozitif yönde etkilemektedir. Şekil 9’da kenevir üzerine yapılan araştırmaların 2000-2023 yılları arasında giderek arttığı görülmektedir (Enarevba & Haapala, 2024).

Son yıllarda kenevir endüstrisine yönelik artan ilgiden dolayı Türkiye’de de kenevir üretimiyle ilgili yasal düzenlemeler yapılmıştır. 2016 yılında Türkiye’nin belirli illerinde kontrollü kenevir üretimi yapılmasına izin verilmiştir. İzin verilen iller; Amasya, Antalya, Bartın, Burdur, Çorum, İzmir, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Uşak, Yozgat ve Zonguldak illeri ile bu illerin bütün ilçeleri şeklinde sıralanabilir (Şekil 10) (Gizlenci vd., 2019).

Türkiye’de lif amaçlı kenevir ekim alanı, verimi ve üretim miktarı yıllara göre farklılık göstermektedir. Yapılan ıslah ve yeni çeşit çalışmalarının etkisiyle kenevir lifi hem veriminde hem de üretimde artış sağlanmıştır. Kenevir lifi üretim miktarı ise 2014 yılında 1 ton iken, 2016 yılında 7 tona, 2023 yılında ise 359 tona kadar artmıştır (Tablo 2).

Türkiye’de yıllara göre kenevir tohumu ekim alanı, üretim miktarı ve verimi Tablo 3’de verilmiştir. Türkiye’de tohum amaçlı kenevir ekimi 2015 yılında 10 da iken, hızla artarak 2020 yılında 4.252 da ile zirve yapmış, 2023 yılında ise 3.923 da alana gerilemiştir.



Şekil 10. Kenevir Yetiştiriciliğine İzin Verilen İller

Tablo 2. Yıllara Göre Türkiye'nin Kenevir Lifi Ekim Alanı, Üretimi ve Verimi

	Ekim Alanı (dekar)	Üretim (ton)	Verim (kg/dekar)
2014	10	1	100
2015	10	1	100
2016	45	7	156
2017	46	7	152
2018	55	7	127
2019	160	19	119
2020	101	9	89
2021	324	21	65
2022	365	31	85
2023	2 117	359	170

TÜİK, 2024

Tablo 3. Yıllara Göre Türkiye'nin Kenevir Tohumu Ekim Alanı, Üretimi ve Verimi

	Ekim Alanı (dekar)	Üretim (ton)	Verim (kg/dekar)
2014	10	1	100
2015	10	1	100
2016	25	1	40
2017	24	1	42
2018	59	3	51
2019	536	20	37
2020	4 252	273	64
2021	317	20	63
2022	1 963	159	81
2023	3 923	327	83

TÜİK, 2024

KENEVİR BİTKİSİNİN SIFIR ATIK UYGULAMALARI

Kenevir üretimi sırasında ortaya çıkan atıklar, bitkinin farklı bölümlerinin işlenmesiyle oluşur. Kenevirin çok yönlü yapısı sayesinde bu atıkların tamamı geri dönüştürülebilir ve çeşitli endüstriyel alanlarda değerlendirilebilir. Böylece kenevir atıkları, değerli ürünlere dönüştürülerek çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlarken, sıfır atık uygulamalarında da önemli bir rol oynar (Şekil 11).

Kenevir Gövdesi Atıkları (Hurda)

Kenevir gövdesi lif üretimi sırasında ayrılan odunsu kısımlarına hurda adı verilir. Lifler çıkarıldıktan sonra kalan bu odunsu materyaller, genellikle en büyük kenevir atık türünü oluşturur.



Şekil 11. Kenevir atıkları

İnşaat Malzemeleri; Kenevir hurdası, kenevir kireci adı verilen bir inşaat malzemesinin ana bileşeni olarak kullanılır. Kenevir kireci, çevre dostu, yalıtım sağlayan ve dayanıklı bir yapı malzemesidir (Muhit vd., 2024). Hindistan'daki UNESCO tarafından koruma altına alınan Ellora Mağaraları'nın duvarları da MS 6.yüzyıldan kalma kenevir sıvalarıyla kaplıdır ve günümüze kadar eski insanların kenevir sıvası kullanması sayesinde korunmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. Ellora Mağaraları/Hindistan

Şekil 13'te gösterilen kenevir beton (hempcrete) kullanımı günümüzde yeşil dönüşüm projeleri kapsamında tercih edilmektedir. Kenevir betonu insan yapımı yalıtım ve duvar dolgularıyla karşılaştırdığınızda, sınırsız bir ömre sahip, üretimi çok daha az enerji ve karbona mal olan yenilenebilir bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (Sarno vd., 2024). Kenevir betonun günümüzde en güzel örneklerinden biri Şekil 14'te verilen Bright Building binasıdır.

Hayvan Yatağı (Altlık); Kenevir hurdası, hayvanlar için yatak materyali olarak kullanılır. Kokusuz, yüksek emicilik özelliğine sahip ve çevre dostudur.

Kağıt ve Karton Üretimi; Kenevirin odunsu kısımları, kağıt ve karton üretiminde selüloz kaynağı olarak kullanılabilir.

Kompost; Hurda kenevir materyalleri organik tarım için kompost yapımında değerlendirilebilir. Bu sayede tarımsal alanlarda doğal gübre olarak kullanılır.

Aktif Karbon; Kenevir gövdesi atıklarından yüksek yüzey alanına sahip kenevir esaslı aktif karbonlar üretilmektedir (Helvacı & Korkmaz, 2024). Aksoğan Korkmaz & Önal, (2022)'ın yaptığı çalışmada kenevir bitkisinin atık kısımlarını (kök, gövde ve diğer) değerlendirmişler. Kenevir atıklarından karbonizasyon ile kimyasal aktivasyon

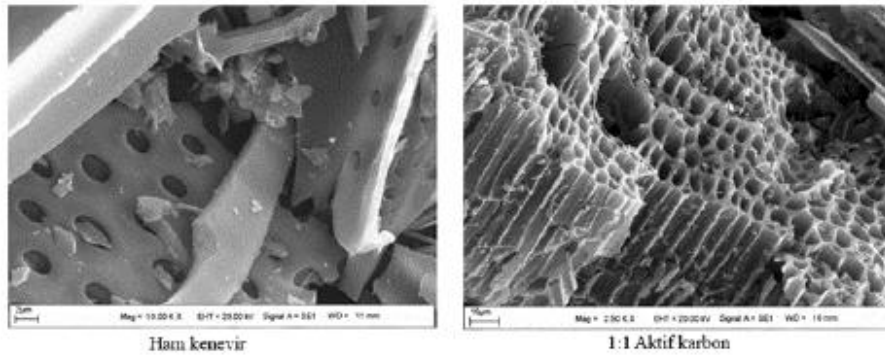
yöntemi kullanılarak aktif karbon elde etmişler (Şekil 15). Karbonize edilmiş kenevir atığında toplam yüzey alanını 1:4 oranında KOH emdirilmiş aktif karbonda sırasıyla 1881,80 m²/g, 1152,40 m²/g ve 728,40 m²/g olarak bulmuşlar.



Şekil 13. a. Kenevir Beton (Hempcrete) b. Kenevir Beton Bloklar (Muhit vd., 2024).



Şekil 14. Dünyanın En Büyük Kenevir Beton Binası Bright Building

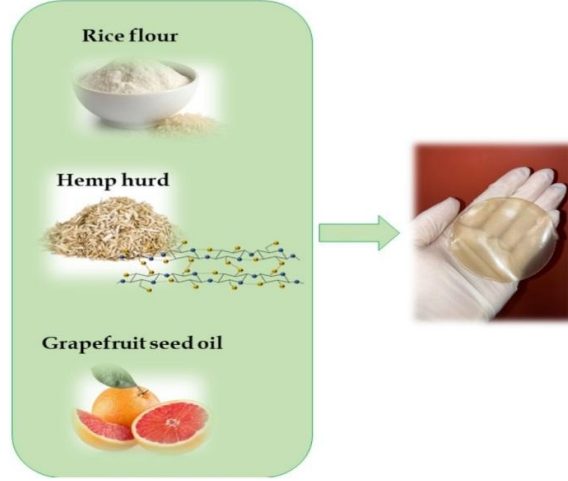


Şekil 15. Ham kenevir ve 1:1 KOH emdirilmiş aktif karbonun SEM görüntüleri

Hossain vd., (2018) çalışmasında Amerika'dan temin ettiği kenevir liflerine hidrotermal işlem uygulayarak son derece yüksek yüzey alanına sahip mezo-gözenekli aktif karbon hazırlamışlar. Aktivasyonu ise 750°C'de argon atmosferinde, farklı oranlarda KOH ve NaOH kullanılarak gerçekleştirmişler. BET (Brunauer-Emmett-Teller) sonuçlarına göre, 390°C hidrotermal sıcaklığında ve 1:3 emdirme oranında KOH ile yapılan aktivasyonda en yüksek yüzey alanına (2425 m²/g) sahip olduğunu bulmuşlar.

Yenilebilir Ambalaj; Son yıllarda kenevir hurdası ve kenevir tohumları vb. yenilebilir ambalaj üretiminde kullanılmaktadır. Yenilebilir ambalaj, gıda ürünlerinin görünümünü iyileştirmek ve korunmasını sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılan bir ambalajlama yöntemidir. Viscusi vd., (2021)'nin yaptığı çalışmada, kenevir hurdası tozu ve greyfurt çekirdeği yağı ile zenginleştirilmiş, potansiyel antimikrobiyal aktiviteye sahip doğal bileşikler içeren

biyolojik olarak parçalanabilir pirinç unu bazlı yeni filmler geliştirmişler (Şekil 16). Cabrera Villamizar vd., (2025) çalışmasında göre kenendir selüloz bazlı aeroyellerin ve kriyoyellerin sürdürülebilir gıda ambalajlama uygulamaları için potansiyelini araştırmışlar. Araştırmada, kenendirden selülozu başarıyla çıkarmışlar ve hem aeroyeller hem de kriyoyeller geliştirmişler. Her iki malzeme de iyi bir potansiyel göstermiş, ancak kriyoyeller daha düşük büzölme, üstün su emme kapasitesi ve biyoaktif bileşiklerle emprenye edilmeye uygunluğu nedeniyle tercih edilmiştir.



Şekil 16. Kenendir hurdu esaslı yenilebilir ambalaj (Viscusi vd., 2021)

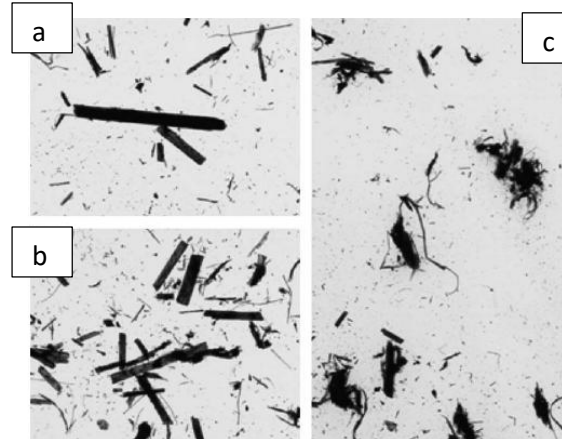
Kenendir Yaprak ve Sap Atıkları

Kenendir bitkisi yetiştirildiğinde, yapraklar ve saplar hasat sonrası genellikle işlenmeden atık olarak kalır.

Hayvan Yemi; Kenendirdin yaprakları ve sapları, özellikle lif kenendirdi yetiştiriciliğinde, hayvanlar için yem olarak kullanılabilir. Protein açısından zengin bir yem kaynağıdır.

Biyokütle Enerjisi; Kenendirdin yaprak ve sap atıkları, biyokütle enerjisi üretiminde kullanılabilir. Kenendir biyokütlesi, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlidir ve biyoyakıt üretiminde kullanılabilir. Kenendir yüksek biyokütle kuru maddesine ve hektar başına iyi net enerji verimine sahiptir. Dahası, kenendir iyi enerji çıktısı-girdisi oranlarına sahiptir ve bu nedenle ortalamasının üzerinde bir enerji ürünüdür (Prade vd.,2012).

Kompost ve Gübre; Yapraklar ve saplar, organik tarımda kompost yapımında kullanılabilir. Doğal yollarla çürütölerek toprağa karıştırıldığında, toprak yapısını iyileştirir ve besin maddesi sağlar. Dresboll, (2005)'un yaptığı çalışmasından Şekil 17'de buğday, Miscanthus ve kenendirden yapılan kompostun taranmış görüntüleri verilmiştir. Kenendir kompostundaki parçacıklar diğer kompostlara göre daha fazla engebeli yüzeye ve en yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu görmüş ve bu nedenle, parçacıkların geometrisi ve yüzey özellikleri ve oluşturulan gözenekler bitki bazlı yetiştirme ortamının uygunluğunu belirlemede önemli bir kriter olduğunu bulmuştur.



Şekil 17. a. Buğday Kompostu b.Miscanthus kompostu c. Kenendir Kompostu Parçacıklarının Taranmış Görüntüleri.

Tohum ve Yağ Atıkları

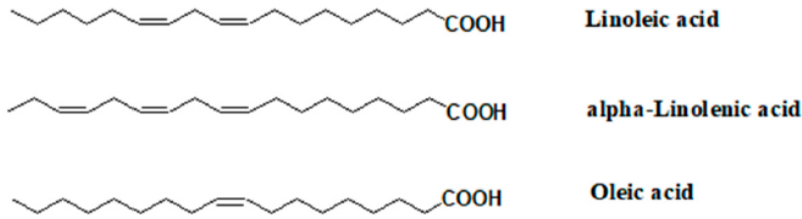
Kenevirden elde edilen tohumlar ve yağlar, bazı işlemler sonrasında işlenir ve bu süreçlerde çeşitli yan ürünler oluşur.

Protein ve Yem Ürünleri; Kenevir tohumunun yağı çıkarıldıktan sonra geriye kalan posa, yüksek proteinli bir yan ürün olarak değerlendirilir. Bu posa, hayvan yemi veya protein takviyesi olarak kullanılır (Altman vd., 2024).

Besin Ürünleri; Kenevir tohumları, çok yönlü besinsel ve farmasötik özellikleri nedeniyle araştırma alanında giderek daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle, bu tohumlar zengin bir protein, karbonhidrat, çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin ve mineral kaynağı sunarak, bunları kişinin diyetine değerli bir katkı haline getirir (Şekil 18). Bu nedenle kenevir tohumu kabukları ve lifleri, gıda endüstrisinde besleyici takviyeler veya sağlıklı gıda ürünlerinde değerlendirilebilir (Tablo 4) (Kamle vd.,2024).

Tablo 4. Kenevir Tohumunun Besin İçeriği(Callaway, 2004, Onay vd.,2020)

	Tohum	Tohum unu
Yağ (%)	35,5	11,1
Protein(%)	24,8	33,5
Karbonhidratlar(%)	27,6	42,6
Nem(%)	6,5	5,6
Kül(%)	5,6	7,2
Enerji(kj/100g)	2200	1700
Toplam diyet lifi(%)	27,6	42,6
Sindirilebilir lif(%)	5,4	16,4
Sindirilemeyen lif(%)	22,2	26,2



Şekil 18. Kenevir Tohumu Yağından Elde Edilen Doymamış Yağ Asitleri (Zugic vd.,2024)

Colic vd., (2024)'nin yaptığı çalışmada yağsız süt tozunun kenevir tohumu pres keki ile değiştirilmesinin dondurmanın kalite özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlar. Kenevir pres kekinin dondurma üretiminde işlevsel ve sürdürülebilir bir bileşen olarak kullanılabileceğini, ek besinsel faydalar sağlayabileceğini söylemişler (Şekil 19).



Şekil 19. Kenevir tohumu pres keki esaslı dondurma örnekleri

Kozmetik ve Kişisel Bakım Ürünleri; Kenevir yağı atıkları, kozmetik ürünlerde (sabun, krem, losyon) kullanılabilir. Yağın işlenmesi sırasında ortaya çıkan atık yağlar, genellikle doğal bakım ürünlerinde hammadde olarak değerlendirilir (Crini vd., 2020). Son zamanlarda piyasaya sürülen bir dizi kenevir özlü güzellik ürünü, cilt faydalarına ilişkin mevcut bilimsel veriler sınırlı da olsa, kenevirin yaşlanma karşıtı veya gençleştirme ürünlerine dahil edilmeye uygun faydalı özelliklere sahip olabileceğini göstermektedir (Şekil 20) (Zugic vd., 2024).

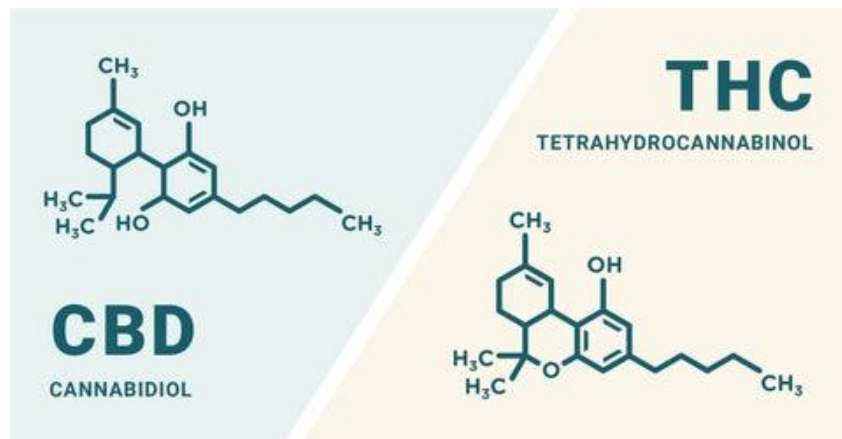


Şekil 20. Kenevir Esaslı Kozmetikler

Kenevir, dünya çapında çeşitli dermatolojik rahatsızlıkları tedavi etmek için de kullanılmaktadır. Konu ile ilgili çalışmalar, akne, atopik dermatit, sedef hastalığı, cilt kanseri, pruritus ve ağrı gibi çeşitli cilt rahatsızlıklarını tedavi etmek için kanabinoidlerin farmakolojisi ve kullanımını kapsamaktadır. Kanabinoidler, cildin yeni bulunan endokanabinoid sistemiyle etkileşime girerek çeşitli mekanizmalarla anti-inflamatuar, antipruritik, yaşlanma karşıtı ve antimalignite özellikleri göstererek geleneksel tedavilere umut verici bir alternatif sağlamaktadır (Sheriff vd.,2020). Palmieri vd., (2019)'nin yapmış olduğu çalışmada toplam 20 yetişkin hastadan oluşan ve 5'inde sedef hastalığı, 5'inde atopik dermatit ve 10'unda yara izi bulunan bu retrospektif çalışmaya dahil edilmiş ve üç aylık bir süre boyunca cilt lezyonlarına günde iki kez CBD ile zenginleştirilmiş bir merhem (THC içermeyen) uygulamaları istenmiştir. Biyofiziksel cilt parametreleri (TEWL, hidrasyon ve elastikiyet) önemli ölçüde iyileşirken, çalışma sırasında herhangi bir yan etki tespit edilmemiştir. Vincenzi, (2020)'nin aktardığına göre iki hafta boyunca kullanılan CBD ve ketokonazol içeren iltihap önleyici şampuan, iltihap ve eritem belirtilerinde önemli bir azalmaya, kaşıntı ve yanma hissinin hafiflemesine neden olmuştur.

Kenevir Çiçek ve Reçine Atıkları

Kenevir bitkisinin çiçeklerinden ve reçinesinden Şekil 21'de gösterilen CBD, THC gibi kanabinoidler elde edilirken bazı bitki parçaları atık olarak kalabilir.

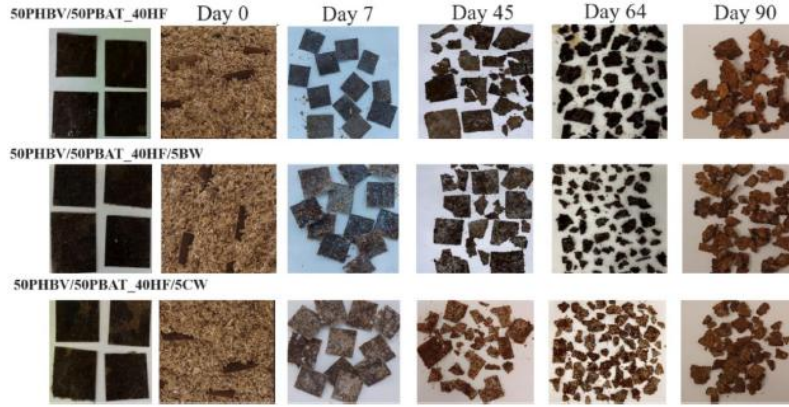


Şekil 21. CBD ve THC Kanabinoid Molekülleri (Brito vd.,2023; Mechoulam, 2019; Russo & Guy, 2006)

Biyomedikal Araştırmalar; Çiçek ve reçine atıkları, biyoteknolojik araştırmalarda veya yeni farmasötik ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabilir. Kenevir bitkilerindeki en etkili bileşenler kanabinoidler ve terpenlerdir. Bu maddeler, terapötik potansiyelleri sayesinde metabolik, nörodejeneratif ve hareket bozukluklarının yanı sıra HIV hastalarında anoreksiya ve mide bulantısını, kanser hastalarında ise ağrıyı hafifletmek için kullanılmaktadır (Brito vd., 2023). Souza vd., (2021) yaptığı çalışmada, kenevir bileşiklerinin terapötik alandaki çeşitli uygulamalarını doğrulamıştır. Bu uygulamalar arasında, obezite ve aşırı kilo tedavisinde iştah baskılayıcı olarak kullanımı; kanser

ve AIDS hastalarında bulantı ve kusmanın giderilmesi; uykusuzluk, nöropatik ağrı, stres, spazmlar, multipl skleroz ve depresyon tedavisi; multipl sklerozla ilişkili spastisitenin yönetimi ile Lennox-Gastaut ve/veya Dravet sendromu kaynaklı nöbetlerin tedavisi bulunmaktadır.

Biyoplastik Üretimi; Reçine ve çiçeklerden elde edilen bazı bileşenler biyoplastik yapımında kullanılabilir (Şekil 22). Kenevir esaslı biyoplastikler çevre dostu ve doğada çözünebilir özelliklere sahiptir (Pereira, 2024).



Şekil 22. Kenevir ve Mum Esaslı Biyokompozitlerin Parçalanma Testi (Pereira, 2024)

Lif Atıkları

Lif üretimi sırasında ortaya çıkan ince ve kısa lif parçaları, bazı üretim süreçlerinde kullanılmaz ve atık olarak değerlendirilir.

Kâğıt Üretimi; Kenevirin kısa lifleri, yüksek kaliteli kâğıt üretiminde kullanılabilir. Kenevir kâğıdı, uzun ömürlü ve dayanıklıdır (Amode, 2021). Geleneksel odun kağıdına kıyasla kenevir kâğıdı daha yüksek mukavemet, uzunluk ve incelik gibi üstün niteliklere sahiptir (Şekil 23). Kenevirin uzun bast lifleri, doğal olarak asitsiz olan kaliteli bir kâğıt yapar. Kenevir kâğıdı, ağaç bazlı kâğıda göre üretimde daha az kimyasal kullanır. Geleneksel kâğıt gibi zamanla sararip kırılma eğilimi göstermez veya parçalanmaz (Crini vd.,2020)



Şekil 23. Kenevir kâğıdı

Uygulamalar, kenevir hamurunun yüksek fiyatı nedeniyle teknik filtreler, banknotlar, İncil kâğıdı, dielektrik ve tıbbi kâğıt ve sigara kâğıdı gibi çok az uygulama ile sınırlıdır (Crini vd., 2020; Yu vd., 2017).

Özel kağıtlar arasında çay poşeti kâğıdı, kahve filtresi, özel dokusuz kumaşlar, yağ geçirmez kağıtlar, karbon dokular ve yoğunlaştırıcı dokular da bulunur. Şu anda, kenevir hamuru için tek köklü pazar sigara kâğıdı pazarıdır (Şekil 24).

Yalıtım Malzemesi; Kenevir lif atıkları, doğal yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir (Şekil 25). İnşaat sektöründe çevre dostu yalıtım çözümleri sunar (Kymalainen, 2008).

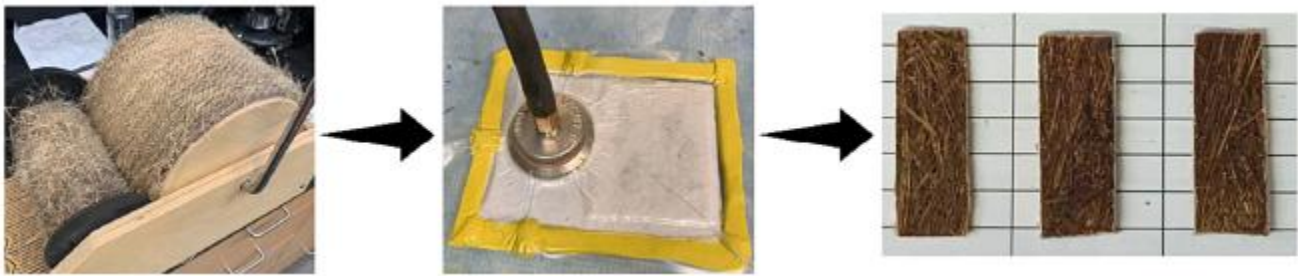
Biyokompozitler; Lif atıkları, otomotiv ve inşaat sektöründe kullanılan biyokompozit malzemelerin üretiminde hammadde olarak kullanılabilir (Şekil 26).



Şekil 24. Geleneksel (sol) ve kenevir (sağ) sigara kağıdının farklı yanma derecelerindeki kül görünümü (Yao vd., 2017).



Şekil 25. Kenevir esaslı yalıtım malzemesi



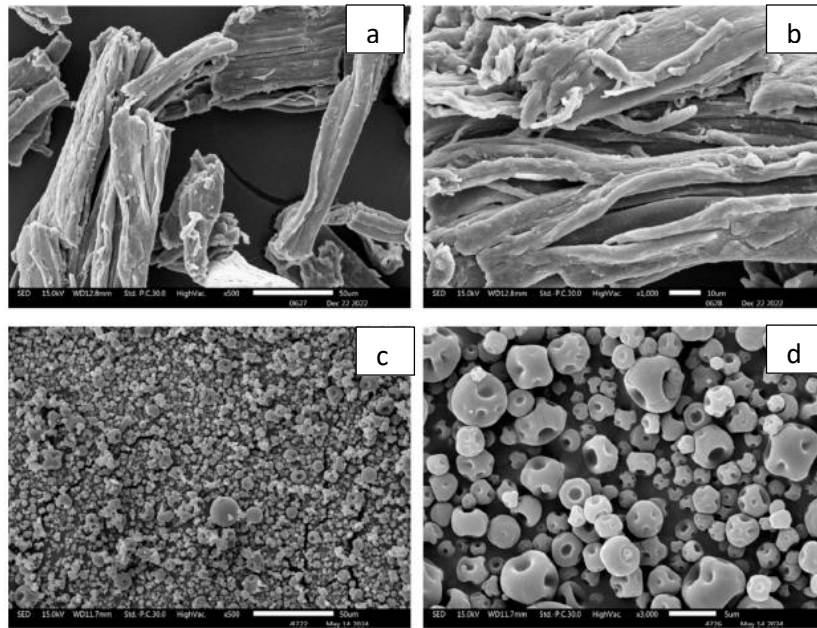
Şekil 26. Kenevir esaslı kompozit malzeme (Fei vd., 2024)

Biyopolimerler; Kenevir lif atıkları, biyopolimer üretiminde kullanılabilir. Duangrin vd., (2024) yaptığı çalışmada kenevir lifinden yeşil ve sürdürülebilir bir yaklaşımla, ultrasonik destekli hem püskürtülerek kurutulmamış hem de püskürtülerek kurutulmuş kenevir karboksimetil selülozu (CMC) üretmişler. Elde edilen CMC'nin suda iyi çözünmesi, diğer biyopolimer maddelerle daha iyi etkileşime girmesi ve film haline getirilmesinin daha kolay olması nedeniyle hem gıda hem de gıda dışı endüstrilerde daha biyoyumlu ve kullanışlı hale geldiğini söylemişler (Şekil 27).

SONUÇ

Sıfır atık, israfın önlenmesi, kaynakların verimli kullanılması, atık oluşumunun azaltılması ve etkin bir toplama sisteminin oluşturulmasını amaçlayan bir atık yönetimi yaklaşımıdır. Sürdürülebilir kalkınma modeliyle uyumlu olan bu sistem, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını riske atmadan mevcut gereksinimlerin karşılanmasını hedeflemektedir. Kenevir bitkisi, sürdürülebilir ve sıfır atık prensiplerine uygun üretim süreçleriyle çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Şöyle ki; kenevir bitkisi, henüz üretim aşamasında bile az su tüketimi, kimyasal gübre ve pestisit ihtiyacının minimal olması ve toprağı zenginleştirici özellikleri sayesinde, çevresel etkileri en aza indirerek sürdürülebilir bir üretim modeli sunmaktadır. Kenevir atıklarının tamamının (gövde, yaprak, çiçek, tohum, kök) farklı endüstriyel alanlarda değerli malzemelere dönüştürülmesi, çevre dostu ve sürdürülebilir üretimin en somut örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, kenevir bitkisinin sürdürülebilir yönlerine dikkat çekilmek istenmiş ve kenevir atıklarının gelecekte birçok önemli ürünün yerine tercih edileceği öngörülmüştür. Bu ürünlerin bazıları;

- ✓ **Kenevir gövdesi atıklarından** elde edilen hafifliği, dayanıklılığı, düşük karbon ayak izi sayesinde öne çıkan inşaat sektöründe kullanılan hempcrete (kenevir betonu),
- ✓ **Kenevir yaprak ve sap atıklarının** biyolojik olarak parçalanabilir olması nedeniyle kenevir bazlı kompostlar,
- ✓ **Kenevir çiçek ve reçine atıklarından** üretilen biyo-malzemeler ve ilaçlar,
- ✓ **Kenevir bitkisinin lif ve gövde atıklarından**, kenevir bazlı ısı, ses ve nem yalıtımı sağlayan yalıtım malzemeleri,
- ✓ **Kenevir tohumlarından**, yüksek besin değerine sahip, protein, sağlıklı yağlar ve lif açısından zengin süper gıda ürünleri,
- ✓ **Kenevir tohumlarının** içerdiği omega-3 ve omega-6 yağ asitleri, antioksidanlar, vitaminler ve mineraller sayesinde, cilt sağlığını iyileştirmek için üretilen kozmetik ürünleri,
- ✓ **Kenevir lifinden**, uzun ve dayanıklı yapısı sayesinde üretilen kaliteli ve farklı kullanım alanlarına sahip kağıtlar olarak sıralanabilir.



Şekil 27. (a, b)Püskürtmeyle kurutulmamış kenevir karboksimetil selülozu (c,d) püskürtmeyle kurutulmuş kenevir karboksimetil selülozun SEM görüntüleri

Sonuç olarak; Türkiye’de, Sıfır Atık Projesi kapsamında atıkların azaltılması ve geri dönüşümün teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Sürdürülebilir hammaddelerin, özellikle kenevirin, daha yaygın kullanımı bu hedeflere ulaşmada kritik bir rol oynayacaktır. Kenevirin sıfır atık projelerine entegrasyonu, çevresel sürdürülebilirliği desteklerken ekonomik ve sosyal faydalar da sağlayacaktır. Buna ilaveten sıfır atık araştırmalarının yaygınlaşması, sürdürülebilir bir gelecek için gerekli bilgi, beceri ve motivasyonu artırarak çevreye duyarlı davranışların benimsenmesine ve gelecek nesillere aktarılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Aksoğan Korkmaz, A., Önal, Y. (2022). Kenevir Atıklarının Karbonizasyonu ve Aktif Karbon Eldesi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, c. 10, s. 1, 29-39, 2022. DOI: 10.36306/konjes.967894.
- Altman, A.W., Kent-Dennis, C., Klotz, J.L., McLeod, K.R., Vanzant, E.S. & Harmon, D.L.(2024). Review: Utilizing industrial hemp (Cannabis sativa L.) by-products in livestock rations. Animal Feed Science and Technology 307 (2024) 115850. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115850>
- Amaduccia, S., Scordia, D., Liu, F.H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G. & Cosentino S.L.(2015). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. Industrial Crops and Products 68 (2015) 2–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.041>
- Amode, N.S. & Jeetah, P.(2021). Paper Production from Mauritian Hemp Fibres. Waste and Biomass Valorization (2021) 12:1781–1802. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01125-y>

- Aryal, K., Maraseni, T., Kretzschmar, T., Chang, D., Naebe, M., Neary, L. & Ash, G. (2024). Knowledge mapping for a secure and sustainable hemp industry: A systematic literature review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 9 (2024) 100550. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100550>
- Brito Siqueira, A. L.G., Cremasco, P.V.V., Bahú, J. O., Silva, A. P., Andrade, L. R. M., Gonzalez, P.G.A., Crivellin, S., Concha, V. O. C., Krambeck, K., Lodi, L., Severino, P. & Souto, E.B. (2023). Phytocannabinoids: Pharmacological effects, biomedical applications, and worldwide prospection. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 13 (2023) 575e587. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2023.08.006>
- Cabrera-Villamizar, L., Pereira, J.F., Castanedo, M., Lopez-Rubio, A., Fabra, M.J. (2025). Hemp cellulose-based aerogels and cryogels: From waste biomass to sustainable absorbent pads for food preservation. *Carbohydrate Polymers* 348 (2025) 122887. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122887>
- Callaway J.C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* 140: 65–72, 2004. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>.
- Colic, M.L., Jukic, M., Nakov, G., Lukinac, J., Antunovic, M. (2024). Sustainable Utilization of Hemp Press Cake Flour in Ice Cream Production: Physicochemical, Rheological, Textural, and Sensorial Properties. *Sustainability* 2024, 16, 8354. <https://doi.org/10.3390/su16198354>
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanet, G., Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. *Environmental Chemistry Letters* (2020) 18:1451–1476. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01029-2>
- Cognitive Market Research. Hemp Market Report. (2024). <https://www.cognitivemarketresearch.com/hemp-market-report/> Erişim: 21.10.2024
- Çalgeriş, İ. (2010). Fındık Kabuğundan Lignin İzolasyonu ve Lignin/Nişasta Biyoçözünür Polimerlerin Elde edilmesi. Marmara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (CSB) (2025). <https://cygm.csb.gov.tr/sifir-atik-ile-geri-kazanim-orani-35e-ulasti.-haber-286897/> Erişim: 27.03.2025
- Dresboll, D.B. & Thorup-Kristensen, K. (2005). Structural differences in wheat (*Triticum aestivum*), hemp (*Cannabis sativa*) and *Miscanthus* (*Miscanthus ogiformis*) affect the quality and stability of plant based compost. *Scientia Horticulturae* 107 (2005) 81–89. doi:10.1016/j.scienta.2005.06.006
- Duangrin, M., Pisutpiched, S., Deenu, A., Kamthai, S. (2024). Ultrasonic-assisted synthesis for the production of green and sustainable hemp carboxymethyl cellulose. *International Journal of Biological Macromolecules* 280 (2024) 135610. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135610>.
- Enarevba, D.R. & Haapala, K.R. (2024). The Emerging Hemp Industry: A Review of Industrial Hemp Materials and Product Manufacturing. *AgriEngineering* 2024, 6, 2891–2925. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030167>
- Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L. & Merendino, N. (2020). The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients* 2020, 12, 1935. doi:10.3390/nu12071935.
- Fei, M., Liu, W., Shao, L., Cao, Y., Bliss, B. J., Zhao, B. & Zhang, J. (2024). Hemp fiber reinforced dual dynamic network vitrimer biocomposites with direct incorporation of amino silane. *Chemical Engineering Journal* 480 (2024) 148091. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.148091>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize/> Erişim: 23.10.2024.
- Gizlenci, Ş., Acar, M., Yiğen, Ç. & Aytaç, S. (2019). Kenevir Tarımı. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Helvacı, N.O. & Korkmaz, Y. (2024). Çevre Dostu Hammaddelerden Üretilen Aktif Karbonlar ve Uygulama Alanları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(4), 1514-1528. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1459927>.

Hossain, Z. Md., Wu, W., Xu, W.Z., Chowdhury, M. B. I., Jhavar, A.K. Machin, D., Charpentier, P.A.(2018). High-Surface-Area Mesoporous Activated Carbon from Hemp Bast Fiber Using Hydrothermal Processing. *C* 2018, 4, 38. doi:10.3390/c4030038.

Grand View Research. Industrial Hemp Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Animal Care, Textiles, Food & Beverages), By Product (Seeds, Fiber, Shivs), By Region (North America, Asia Pacific), And Segment Forecasts, 2024 – 2030. (2024). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/industrial-hemp-market/> Erişim: 21.10.2024

Jingjing, L. (2011). Isolation of Lignin from Wood, 57 pages, 3 appendices Saimaa University of Applied Sciences, Imatra Unit of Technology, Degree Programme in Paper Technology Bachelor's Thesis.

Kamle, M., Mahato, D.K., Sharma, B., Gupta, A., Shah, A.K., Mahmud, M.M.C., Agrawal, S., Singh, J., Rasane, P., Shukla, A.C. & Kumar, P. (2024). Nutraceutical potential, phytochemistry of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) and its application in food and feed: A review. *Food Chemistry Advances* 4 (2024) 100671. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100671>

Kaya, S. & Öner, E. (2020). Kenevir Liflerinin Eldesi, Karakteristik Özellikleri ve Tekstil Endüstrisindeki Uygulamaları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 11(1): 108-123 (2020). <https://doi.org/10.29048/makufebd.693406>

Kymäläinen, H.R. & Sjöberg A.M. (2008). Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Building and Environment* 43 (2008) 1261–1269. doi:10.1016/j.buildenv.2007.03.006.

Manai, J.P., Manai, A.T. & Rodrigues, L. (2019). Industrial Hemp Fibers: An Overview. *Fibers* 2019, 7, 106; doi:10.3390/fib7120106.

Markets and Markets. Industrial Hemp Market. (2024). <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-hemp-market-84188417.html> Erişim: 21.10.2024.

McPartland, J.M. (2018). Cannabis Systematics at the Levels of Family, Genus, and Species. *Cannabis and Cannabinoid Research* Volume 3.1, 2018. <http://online.liebertpub.com/doi/10.1089/can.2018.0039>

Mechoulam, R. (2019). *Cannabinoids as Therapeutic Agents*. CRC Press; 2019.

Muhit, I.B., Omairey, E.L. & Pashakolaie v.G. (2024). A holistic sustainability overview of hemp as building and highway construction materials. *Building and Environment* 256 (2024) 111470. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111470>.

Onay, A., Yıldırım H. & Ekinci, R. (2020). KENEVİR (*Cannabis sativa* L.). Palme Yayınları. Ankara. https://www.researchgate.net/publication/347916067_KENEVIR_Cannabis_sativa_L.

Palmieri, B., Laurino, C. & Vadala, M. (2019). A therapeutic effect of cbd-enriched ointment in inflammatory skin diseases and cutaneous scars. *Clin Ter* 2019; 170 (2):e93-99. doi: 10.7417/CT.2019.2116.

Prade, T., Svensson, S.E. & Mattsson, J.E. 2012. Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass and Bioenergy* 40(2012) 36-52. doi:10.1016/j.biombioe.2012.01.045

Pereira, J.F., Núñez, E., Reyes, A., Mali, S., Lopez-Rubio, A. & Fabra, M.J. (2024). On the use of lignocellulosic hemp fibers to produce biodegradable cost-efficient biocomposites. *Future Foods* 10 (2024) 100507. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100507>

Russo, E. & Guy, G.W. (2006). A tale of two cannabinoids: the therapeutic rationale for combining tetrahydrocannabinol and cannabidiol. *Med Hypotheses*. 2006;66(2):234-246. doi:10.1016/j.mehy.2005.08.026.

Sangalang, R.H. (2021). Kapok Fiber- Structure, Characteristics and Applications: A Review. *Orient. J. Chem.*, Vol. 37(3), 513-523 (2021). <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/370301>

Sarno, L.D., Albuhaire, D. & Peres Medeiros, J.M. (2024). Exploring innovative resilient and sustainable bio-materials for structural applications: Hemp-fibre concrete. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107096>.

Souza, A.A.F., Silva, A.F.M., Abreu, L.R. (2021). Medicinal uses of Cannabis sp. *Res Soc Devel*. 2021;10(7):e58010716930-e58010716930. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16930>.

Şakiroğlu, M.(2023). A brief introduction to hemp cultivation, processing, trade, and publication in the ottoman era. Turkish Journal of Scientific Reviews E-ISSN: 2146-0132 16(1): 1-9, 2023. <https://derleme.gen.tr/index.php/derleme/article/view/453>.

Sheriff, T., Lin, M.J., Dubin, D. & Khorasani, H.(2020). The potential role of cannabinoids in dermatology. J Dermatolog Treat. 2021 Feb;32(1):128-129. doi: 10.1080/09546634.2019.1690620.

Sıfır Atık Yolculuğu. (2025). <https://sifiratik.gov.tr/guncel/s%C4%B1f%C4%B1r-at%C4%B1k-yolculugu> /Erişim: 25.03.2025.

Stenius, P.(2000). Forest Products Chemistry. Helsinki: Fapet Oy.

Tiret, J.S. (2002). Kuzey-Orta Türkiye'de Kenevir (*Cannabis sativa* L.) Yetiştiriciliği. Endüstriyel Kenevir Dergisi 7 (2), 73–81. https://doi.org/10.1300/J237v07n02_07

Trade statistics for international business development (TRADEMAP). (2024). https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c5302%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1/Erişim: 22.10.2024.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>/Erişim:28.10.2024.

Vincenzi, K. & Tosti, A.(2020). Efficacy and Tolerability of a Shampoo Containing Broad-Spectrum Cannabidiol in the Treatment of Scalp Inflammation in Patients with Mild to Moderate Scalp Psoriasis or Seborrheic Dermatitis. Skin Appendage Disord (2020) 6 (6): 355–361.<https://doi.org/10.1159/000510896>

Viscusi, G., Adami, R.,Gorrasi, G.(2021). Fabrication of rice flour films reinforced with hemp hurd and loaded with grapefruit seed oil: A simple way to valorize agro-waste resources toward low cost materials with added value. Industrial Crops & Products 170 (2021) 113785. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113785>

Yao, Y., Jian-bo, Z., Hao, W., Ying, Z., Li-wei, L., Jiang, Y., Ting-ting, Y., Jiao,X. & Bao-shan,Y.(2017). Manufacturing technology and application of hemp cigarette paper with dense ash integration. Earth and Environmental Science 61(2017) 012078. doi:10.1088/1755-1315/61/1/012078

Yu, Y., Zhan, J.B., Wan, H., Zhang, Y., Li, L.W., Yu, J., Yu, T.T., Xie, J., Yue, B.S. (2017). Manufacturing technology and application of hemp cigarette paper with dense ash integration. In: 3rd international conference energy material environmental engineering. Book series: IOP conference series earth and environmental science 61. UNSP 012078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/61/1/012078>

Zugic, A., Martinovic, M., Tadic, V., Rajkovic, M., Racic, G., Nesic, I. & Koren, A.(2024). Comprehensive Insight into Cutaneous Application of Hemp. Pharmaceutics 2024, 16, 748. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16060748>