

Atf İçin: Guliyev, M. ve Çelebi, Y. (2023). Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Dut Yapraklarının Kullanımı. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(4), 2673-2682.

To Cite: Guliyev, M. & Çelebi, Y. (2023). Use of Mulberry Leaves in Edible Film and Coatings. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4), 2673-2682.

Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Dut Yapraklarının Kullanımı

Murad GULİYEV¹, Yasemin ÇELEBİ^{2*}

Öne Çıkanlar:

- Antioksidan
- Antimikrobiyal
- Yenilebilir film/kaplama

Anahtar Kelimeler:

- Dut yaprağı
- Yenilebilir film/kaplama
- Antioksidan
- Antimikrobiyal

ÖZET:

Dut yaprakları, gıda endüstrisinde yenilebilir film ve kaplamalar için yeni bir potansiyel kaynak olarak öne çıkmaktadır. Dut yaprakları, içerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde antioksidan, anti-inflamatuar, antimikrobiyal ve antikanser gibi çeşitli sağlık faydaları sağlayabilmektedir. Dut yaprağı tabanlı yenilebilir kaplama ve filmler, gıda ürünlerinin kalitesini ve raf ömrünü artırdığı gibi aynı zamanda gıdaların fiziksel ve duyuşsal özelliklerini koruma potansiyeline sahiptirler. Bu bağlamda, yenilebilir doğal film ve kaplamalar gıda bozulmalarını minimize ederek, gıda endüstrisinde taze, sağlıklı ve kaliteli ürünlerin elde edilmesine olanak sağlayabilir. Bu nedenle yapılan çalışmada dut yapraklarının besinsel bileşimleri, fitokimyasal, biyolojik ve farmakolojik özellikleri, genel kullanım alanları ve gıda endüstrisinde yenilebilir kaplama ve film olarak kullanımları özetlenmiştir.

Use of Mulberry Leaves in Edible Film and Coatings

Highlights:

- Antioxidant
- Antimicrobial
- Edible film/coating

Keywords:

- Mulberry leaf
- Edible film/coating
- Antioxidant
- Antimicrobial

ABSTRACT:

Mulberry leaves are emerging as a new potential source for edible films and coatings in the food industry. Due to their bioactive components, mulberry leaves can offer various health benefits, such as antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and anticancer properties. Edible coatings and films based on mulberry leaves have the potential to enhance the quality and shelf life of food products while preserving their physical and sensory attributes. In this context, natural edible films and coatings can minimize food spoilage, enabling the production of fresh, healthy, and high-quality products in the food industry. Therefore, this study summarizes the nutritional composition, phytochemical, biological, and pharmacological properties of mulberry leaves, their general applications, and their use as edible coatings and films in the food industry.

¹Murad GULİYEV, ([Orcid ID: 0000-0003-4397-2670](https://orcid.org/0000-0003-4397-2670)) Uşak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Uşak, Türkiye

²Yasemin ÇELEBİ ([Orcid ID: 0000-0002-4495-0206](https://orcid.org/0000-0002-4495-0206)) Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Uşak, Türkiye.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yasemin ÇELEBİ, e-mail: yasemincelebisezer@gmail.com

Bu çalışma Murad GULİYEV'in Yüksek Lisans tezinin literatür kısmından üretilmiştir.

GİRİŞ

Günümüzde gıda endüstrisinin temel görevlerinden biri, tüketicilere taze, kaliteli ve sağlıklı ürünler sunmaktır (Tahir ve ark., 2019). Ancak, gıda ürünleri doğal bozulma süreçlerine tabi olduğundan, zaman içinde kalite kaybına uğrayabilirler. Bu kayıplar, hoş olmayan kokular, ekşime, koyulaşma, dokuda yumuşama, besin ve vitamin kaybı gibi sorunlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Gıda bozulmaları, oksijen seviyeleri, sıcaklık, bağıl nem, su içeriği ve pH gibi faktörlerin etkisi altında gelişmektedir (Roudaut ve ark., 2010). Yenilebilir filmler ve kaplamalar, sahip olduğu bariyer özellikleri (nem, gaz, aroma vb.) sayesinde gıda bozulmalarını minimize ederek ürünlerin kalitesini ve raf ömrünü korumada önemli rol oynarlar. Bu ürünler, mikrobiyolojik parametrelerin belirlenmiş standartlara uygun olarak korunmasından, besin içeriğinin muhafaza edilmesine ve fiziksel ile duyuşal özelliklerin, yani koku, tat ve dokunun korunmasına kadar çeşitli unsurları göz önünde bulundurarak gıda bozulmalarını azaltmaya katkı sağlamaktadırlar. Bu şekilde, yenilebilir filmler ve kaplamalar, gıdaların taze ve sağlıklı bir şekilde korunmasına katkı sağlamakta ve gıda endüstrisinin temel amaçlarından birini gerçekleştirmektedir (Kong ve ark., 2016).

Son zamanlarda, yenilebilir film ve kaplama üretiminde farklı bileşenler katılarak özellikleri geliştirilmektedir. Bunlardan dut yaprağı gıda endüstrisi için yeni bir hammadde kaynağı olarak ortaya çıkmış ve çeşitli dut yaprağı tabanlı gıda ürünlerinin üretimine ilham vermiştir. Bu ürünler arasında dut yaprağı tartarı, dut yaprağı krizantem bileşik granül içeceği, dut yaprağı sağlık çayı, dut yaprağı tozu, dut yaprağı eriştesi, dut yaprağı bisküvisi ve dut yaprağı sirkesi yer almaktadır (Su ve ark., 2014). Dut yaprağı, zengin biyoaktif bileşenleri, flavonoidler, alkaloidler ve antibakteriyel bileşikler nedeniyle çeşitli biyolojik faydalara sahiptir. Bu bileşenler, dut yapraklarının antioksidan özelliklere, hipoglisemik etkilere, lipid metabolizmasını düzenlemeye, antikanser, anti-inflamatuar ve antimikrobiyal etkilere sahip olmasını sağlamaktadır (Afzal ve ark., 2021).

Bu derlemede, kullanımı giderek yaygınlaşan dut yapraklarının besinsel bileşimleri, fitokimyasal, biyolojik ve farmakolojik özellikleri, genel kullanım alanları ve gıda endüstrisinde yenilebilir kaplama ve film olarak kullanımı hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Dut Yaprakları ve Besinsel Bileşimi

Dut ağacının kökeni Uzakdoğu ülkeleri olsa da günümüzde birçok ülkede yetiştirilmektedir. Dut ağacının *Morus alba* (beyaz dut), *Morus nigra* (karadut) ve *Morus rubra* (kırmızı dut) şeklinde üç türü mevcuttur (Ma ve ark., 2022). Dut yapraklarının besin öğeleri, hasada bağlı olarak, farklı çeşitlere, genetiğe, ortamlara, ekolojilere ve koşullara göre değişiklik gösterebilir. Taze dut yapraklarının değişen miktarlarda nem (%71.13- 76.68), ham protein (% 4.72-9.96), toplam kül (% 4.26-5.32), ham yağ (%0.64-1.51), karbonhidrat (%8.01-13.42) ve enerji (69-86 kcal/100 g) içerdiği bulunmuştur. Kurutulmuş dut yaprağı tozu ise değişen seviyelerde nem (%5.11-7.24), ham protein (%15.31-30.91), toplam kül (%14.59-17.24), ham yağ (%2.09-4.93), karbonhidrat(%9.70-29.64) ve enerji (113-224 kcal/100 g) içerdiği bulunmuştur. Ayrıca, kuru dut yaprağı tozunun bileşim değerleri askorbik asit için 100- 200 mg/100 g, β -karoten için 8.438 -13.125mg/100 g, mineral demir için 19 -35.72 mg/100 g, mineral çinko için 0.72 - 3.65 mg/100 g, mineral kalsiyum için 786.66 -2226.66 mg/100 g ve tannik asit için %0.13 - 0.36 arasındadır (Srivastava ve ark., 2006).

Fenolik bileşikler

Fenolik bileşiklerin türleri ve miktarları, dut yapraklarının çeşidine, yetiştirilmesine, olgunlaşmasına ve işlenmesine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Qadir ve ark., 2019). Dut yapraklarının polifenol konsantrasyonları, kuru ağırlığın %1.05- 1.87 mg'sine denk gelmektedir (Lee ve Choi, 2012). Ek olarak, dut yapraklarında flavonoidler, alkaloidler (%6.4), fenolik asitler (%10.7)

ve benzofuranlar (%17.9) dahil olmak üzere çeşitli fenolik bileşikleri yer almaktadır. Bunlardan kuwanonlar, moracinflavans, moragroller ve morkotin gibi bileşenler yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır. Bu bileşenler ise toplam 140 adet fenolik bileşiğin 81'ini oluşturmaktadır. (Chan ve ark., 2020; Hong ve ark., 2013). Dut türlerinin çok çeşitli olması nedeniyle, flavonoidlerin tanımlanması ile alakalı konu hâlâ devam etmekte olup, araştırmalar bunların ekstraksiyonu ve farmakolojik etkilerinin anlaşılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Dut yaprakları, aurantiamid asetat, 1-deoksinojirimisin (1-DNJ), D-fagomin (FAG), 2-O- α -D-galaktopiranosil-deoksinojirimisin (GAL-DNJ), 4-O- β -D-glukopiranosil-fagomin (Glu-FAG), izofagomin (Ji ve ark., 2016), cis-5-hidroksipekolik asit, trans-5-hidroksipekolik asit, metil-pirolidin, karboksilik asit ve pipekolik asit (Chan ve ark., 2020) dahil olmak üzere çeşitli alkaloidler içermektedir. Kurutulmuş dut yapraklarından ekstrakte edilen toplam fenolik asit miktarı, 80.0 mg/100 g ila 184.3 mg/100 g arasında değişmektedir (Memon ve ark., 2010). Toplam fenolik asitlerin ana kısmını oluşturan kafeoilkinik asitler olup içeriğinin yaklaşık %60.5-%67.2'sini oluşturan (Memon ve ark., 2010) esas bileşeni ise 5-kafeoilkinik asittir (klorojenik asit) (Chan ve ark., 2020).

Polisakkaritler

Dut yaprağı polisakkaritleri (DYP) yaprakların iç epidermal hücrelerinde bulunur (Katayama ve ark., 2008). Bu polisakkaritleri oluşturan başlıca monosakkaritler arasında glikoz, galaktoz, arabinoz, fruktoz, ksiloz, rhamnoz, glukuronik asit, galakturonik asit, mannoz ve sorboz bulunmaktadır (He ve ark., 2018). DYP'lerin içeriği, farklı kurutma, ekstraksiyon ve saflaştırma yöntemleri nedeniyle değişiklik gösterebilir. Aynı zamanda dut yaprağı polisakkaritleri, doğal koyulaştırıcılar, jelleştirici maddeler, bağlayıcılar ve stabilizatörler olarak kullanılma potansiyeline sahiptirler (Liao ve ark., 2020).

Steroidler ve Amino asitler

Dut yapraklarında bulunan fitosterol seviyesi, diğer bitkilerle kıyasla yaklaşık 3 ya da 4 kat daha yüksektir. Mevcut fitosteroller arasında kampesterol (8.3 mg/100 g), β -sitosterol (77.8 mg/100 g), stigmasterol (6.0 mg/100 g), sitostanol (78.0 mg/100 g), β -sitosterol- β -D-glukozit, lupeol, miyoinositol, inokosteron, ekdisteron ve diğer bileşikler bulunmaktadır (Han ve ark., 2010; Xu ve Ye, 2017). Dut yaprakları ile yapılan çalışmada, asparagin seviyeleri 0–1.30 mg/g, alanin 0.13–0.48 mg/g, prolin 3.48–11.71 mg/g ve gama aminobütirik asit 0.09–2.30 mg/g arasında değişiklik göstermiştir. (Liang ve ark., 2018).

Dut Yapraklarının Biyolojik ve Farmakolojik Özellikleri

Hem laboratuvar ortamlarında (in vitro), hem de canlı organizmalarda (in vivo) yürütülen çok sayıda çalışma, dut yaprağı özlerinin fenolik polisakkaritler, albümin, morasin N gibi bileşiklere bağlı olarak güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğunu tutarlı bir şekilde göstermiştir (Choi ve ark., 2013; Sun ve ark., 2018; Tu ve ark., 2019). Dut yaprağı özlerinin lipid düşürücü özelliklere sahip olduğu ve hiperlipidemi ile kardiyovasküler hastalıklara (ateroskleroz ve koroner kalp hastalığı) karşı koruma sağladığı rapor edilmiştir (Gryn-Rynko ve ark., 2016; Thaipitakwong ve ark., 2018; Metwally ve ark., 2019; Varghese ve Jibu Thomas, 2019). Yapılan araştırmada, dut yapraklarının etanolik ekstraktlarının trigliseritleri, LDL (Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) VLDL (Çok Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) kolesterolü ve toplam kolesterol seviyelerini düşürdüğü HDL (Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein) kolesterol seviyelerini yükselttiği belirlenmiştir (Varghese ve Jibu Thomas, 2019).

Dut yapraklarından elde edilen etanol ekstraktının in vitro testlerinde *Bacillus cereus*, *Salmonella enteritidis*, *Pasteurella multocida* ve *Mycoplasma gallisepticum* dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmalara karşı inhibe edici etkiler sergilediği rapor edilmiştir. 625 μ g/mL oranında

kullanılan dut yaprağı ekstresinin *S. enteritidis* ve *M. gallisepticum* mikroorganizmaları üzerinde bakterisidal etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Hemeg ve ark., 2020). Dut yapraklarında bulunan 1-deoksinojirimisin (1-DNJ), oral bir patojen olan *Streptococcus mutans*'ın hızlı gelişimini ve biyofilm oluşumunu engellemektedir (Islam ve ark., 2008). Ayrıca, dut yapraklarının asit hidrolizat fermantasyonuyla elde edilen MH-bakteriyel selüloz bileşeni, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı antibakteriyel etkisi önemli düzeydedir (Chen ve ark., 2019).

Dut Yapraklarının Genel Kullanım Alanları

İpek böceklerinin ana besin kaynağı olan dut yaprakları ipek böceği yetiştiriciliği için büyük öneme sahiptir. Bu yapraklar, sindirimi ve emilimi kolaylaştıran yüksek protein, karbonhidrat, lipid, inorganik madde, su ve vitamin içeriğiyle dikkat çekerler (Shimizu, 2018; Ma ve ark., 2022). Bunun yanı sıra yüksek protein ve enerji içeriğine sahip dut yaprakları, çiftlik hayvanlarının rasyonlarında geleneksel yemlerin yerine tercih edilebilmektedir. Bu doğrultuda kaliteli ve ekonomik yemlerin eldesi sağlanabilmektedir (Ma ve ark., 2022).

Dut yapraklarının, tansiyon düşürme, solunum yolu hastalıkları, ateş, öksürük ve kanser gibi hastalıkların tedavisinde etkili olduğu bilinmektedir (Joh ve ark., 2015). Ayrıca, flavonoidler ve diğer biyoaktif maddeler açısından zengin olan dut yapraklarının kan şekeri ve kan lipitlerini düşürme, virüslere ve yaşlanmaya karşı direnç oluşturma gibi faydaları bulunmaktadır (Su ve ark., 2014). Dut yaprağı ekstresi, koronavirüs tip 2 (SARS-CoV-2) akut solunum sendromu salgınının tedavisi için kullanılan Keguan-1 ilacının bileşenlerinden biridir (Wang ve ark., 2020). Dut yapraklarının biyolojik ve farmakolojik özelliklere sahip olması, özellikle Güney Kore, Hindistan ve Nepal gibi ülkelerde hastalıkların tedavisinde kullanılmasını yaygınlaştırmıştır (Joh ve ark., 2015). Ayrıca, dut yaprağı polifenollerinin oksidasyon süreçlerini engelleyebildiği, bakteri üremesini baskılayabildiği ve bu sayede hamı kavunu gibi ürünlerin raf ömrünü uzattığı gözlemlenmiştir (Yu ve Shi, 2021).

Son olarak, dut yaprağı suyu içecekleri ve dut yaprağı yoğurdu gibi ürünler, geleneksel kullanımı ile sağlıklı gıda seçenekleri sunmaktadır. Bu ürünler, beslenme ve sağlık açısından önemli faydalar sağladığı gibi yeni ürün geliştirme ve kullanma fırsatları da sunmaktadır. Örneğin dut yapraklarının çay şeklinde tüketilmesi vücuttaki kan şekeri düşürdüğü, antioksidan görevi görerek çeşitli hastalıklara karşı koruma sağlamaktadır (Su ve ark., 2014; Eruygur ve Dural, 2019).

Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, biyopolimer ve farklı maddelerin sıvı halinde karışımıyla oluşan ve kalınlığı 0.3 mm'den daha az olan malzemelerdir (Morales-Jiménez ve ark., 2020). Yenilebilir kaplama ve film arasında bazı farklılıklar mevcuttur. Yenilebilir kaplama, solüsyonunun gıdaya uygulanması ile elde edilirken, yenilebilir film ise önceden oluşturulup daha sonra ürünün üzerine işlenmektedir (Yai, 2008; Guimarães ve ark., 2018). Her iki durumda da benzer özelliklere sahip sağlam ambalaj malzemesi oluşmaktadır. Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların ana özellikleri şu şekildedir:

1. UV ışınlarına karşı koruma sağlar (Debeaufort ve ark., 1998)
2. Mekanik hasara karşı bariyer oluşturur (Guimarães ve ark., 2018)
3. Ürünün raf ömrünü uzatır (Falguera ve ark., 2011)
4. Biyoaktif bileşenlere yenilebilir film ve kaplama üretimine ilave edilebilme imkanı sağlar (Salvia-Trujillo ve ark., 2017)
5. Antimikrobiyal etki oluşturur (Salvia-Trujillo ve ark., 2017; Kras'niewska ve ark., 2020; Kavrut, 2022)
6. Biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerden oluşur (Guimarães ve ark., 2018)

Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Kullanılan Bileşenler

Kullanılan malzemeden kaynaklı her film ve kaplama farklı özellikler taşımaktadır. Yenilebilir filmler ve kaplamalar genellikle esneklik özelliği (EM), kopma sırasında uzama (E) ve gerilme mukavemeti (TS), antimikrobiyal, antioksidan özellikler, doğada parçalanabilme, sentetik ambalajlara alternatif olabilme (Castro-Muñoz ve ark., 2018; Castro-Muñoz ve ark., 2019, Kavrut, 2023a) gibi özellikleri açısından değerlendirilir. Çizelge 1’de en çok kullanılan biyopolimerler, katkı maddeleri ve özellikleri sıralanmaktadır.

Çizelge 1. Yenilebilir film ve kaplamaların üretiminde kullanılan ana malzemeler ve işlevsellikleri (Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016; Díaz-Montes ve Castro-Muñoz, 2021; Kavrut, 2023)

Malzemeler	Örnekler	Özellikleri	Fonksiyonları
Polisakaritler	Nişasta Sellüloz Pektin Gamlar Kitosan Agar Alginat Dekstran	Koyulaştırıcılar Jellantlar Emülgatörler Stabilizatörler Kaplama	Katı bir polimer matrisin temel yapısını oluştururlar. Sertleştirme, mukavet özellikleri de bulunmaktadır.
Proteinler	Jelatin Kazein Peynir altı suyu proteini (PAS) Zein Gluten Soya	Jellantlar Koyulaştırıcılar Stabilizatörler Köpürtücüler	Antimikrobiyallerin ve antioksidanların taşınmasına yardımcı olurlar. Gazların (esas olarak oksijenin) taşınmasını kontrol ederler.
Lipitler	Mumlar Parafinler Gliseritler	Koruyucular Kaplama	Esneklik sağlanarak yenilebilir filmin kuruması önlenir.
Katkı Maddeleri			
Plastikleştiriciler	Gliserol Aloe Reçineler Sorbitol	Vizkozite Direnc Esneklik	Karışımındaki moleküller arası kuvveti ve erime sıcaklığını düşürürler. Ayrıca vikozeiteyi ve reolojik özellikleri de değiştirirler.
Kaotropik ajanlar	Urea	Yıkıcı ajan Antioksidanlar Stabilizatörler	Polimerlerin sudaki çözünürlüğünü arttırmırlar.
Antioksidan, antimikrobiyal vs. özellikli bileşenler	Polifenoller Bitki ekstraktları Uçucu yağlar	Fungisitler Herbisitler Gübreler	Ürünler için korumanın yanı sıra dengeleyici rolü oynarlar.

Dut Yapraklarının Yenilebilir Kaplama/Filmlerde Kullanımı

Dut yaprağının, kuersetin-3-glukozit, kaempferol-3-glukozit ve kuersetin-3-6-malonilglukozit gibi çeşitli flavonoidleri bulundurduğu antioksidan özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Islam ve ark., 2008). Yapılan bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda %0-4 (h/h) dut yaprağı ekstraktının sodyum aljinat film özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, dut yaprağı ekstraktının konsantrasyonunun artması film kalınlığının arttığını ve film renginin yeşil ve sarı tonlarında yoğunlaştığını göstermiştir. Mekanik özellikler açısından, gerilme mukavemetinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Nem içeriği, suda çözünürlük ve su aktivitesi üzerinde ise belirgin bir etki görülmemekle birlikte, toplam fenolik içeriğinin arttığı ve en yüksek değer %4 dut yaprağı ekstraktı kullanıldığında elde edildiği ifade edilmiştir (Kuan ve ark., 2020). Rafflisan ve ark. (2021) yapmış oldukları çalışmada dut (*Morus nigra L.*) yaprağı ekstraktı polivinil alkol (PVA) bazlı filmlere ekleyerek elde edilen yenilebilir filmlerin özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, HCl

ve gliserol, PVA bazlı filmlerin hazırlanmasında katkı maddesi olarak kullanımları açısından incelenmiştir. Sonuçlar, HCl ve gliserol kullanımının filmlerin görünüm bozukluğu açısından üzerinde minimum etkiye sahip olduğunu gösterirken, dut yaprağı ekstraktının, esas olarak yeşil pigmentlerin varlığı nedeniyle üretilen filmlere yeşil renk verdiğini göstermiştir. Dut yaprağı ekstraktı eklenmesinden sonra filmlerin gerilme mukavemetleri 21.38'den 28.28 MPa'ya yükselmiştir. Ayrıca, filmler gıda ambalaj materyali olarak uygulanmak üzere test edilmiştir. Genel olarak sonuçlar, dut yaprağı ekstraktı içeren PVA bazlı filmlerin, ticari streç filmlerine kıyasla gıdaların tazeliğini korumada daha yüksek kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir. Sığır kıymaları üzerine yapılan çalışmada ürün raf ömrünü artırmak için farklı konsantrasyonlarda (%2, %4, %6 a/a) dut yaprağı metanolik ekstraktı kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki dut yaprağı metanolik ekstraktının, işlem görmüş sığır kıymasının mikrobiyolojik özelliklerini iyileştirdiği *S. aureus*, *B. cereus*, *E. faecalis* ve *E. coli* gibi önemli bakteri türlerinin sayısını azaltarak ürün raf ömrünü arttırdığı belirtilmiştir (Abdeldaiem ve ark., 2017). Yapılan başka bir çalışmada *Morus alba* L. yapraklarından elde edilen etanolik ekstraktın (MLEE), perakende koşullarında soğutulmuş domuz etinin korunmasındaki performansı araştırılmıştır. Çalışma sonuçları, MLEE'nin soğutulmuş domuz etinin raf ömrünü önemli ölçüde uzatabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, MLEE'nin et muhafazasında umut verici bir kaynak olabileceği noktasında yol göstermektedir (Cui ve ark. 2021).

SONUÇ

Gıda ürünlerinin korunması amacıyla yenilebilir film ve kaplamalar geliştirilirken çeşitli biyo-polimerik malzemeler ve ilave katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu bileşenlerle elde edilen yenilebilir ambalajlar gıdaları dış etkenlere karşı korurken, aynı zamanda ambalajların fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmeye yardımcı olur. Bununla birlikte, gıda ürünlerinin kalitesini arttırmakta, raf ömrünü uzatmakta, patojenlerin inhibisyonunu sağlamakta rol oynar. Ülkemizin birçok bölgesinde rahatlıkla yetişebilen dut yetiştiriciliği, hem ulaşılabilirliği hem de ekonomikliği açısından büyük potansiyele sahiptir. Aynı zamanda, dut yaprağı gibi doğal kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşenler, yenilebilir kaplama ve filmlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Fenoller, flavonoidler, fenolik asitler ve alkaloidler gibi bileşenler, dut yapraklarının ana aktif bileşenleri olarak öne çıkmaktadır. Dut yaprağı ayrıca yüksek besin değeri taşıyan proteinler, amino asitler ve eser elementler içermektedir. Ancak birçok alanda rahatlıkla yetişebilen, ekonomik ve kolay ulaşılabilirliği olan dut yapraklarının yenilebilir film ve kaplamalarda kullanımı üzerine yapılan çalışmalar hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Abdeldaiem, M. H., Ali, H. G. M., & Foda, M. I. (2017). Improving the quality of minced beef by using mulberry leaves extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 1681-1689.
- Afzal, F., Khalid, W., Naveed Asif, M., Jabeen, A., Prakash Jha, R., Zubair Khalid, M., ... Zeeshan Ahmad, M. (2021). Role of mulberry leaves in human nutrition: A review. *Acta scientific nutritional health*, 4(3), 43-50.

- Bevilacqua, A., Corbo, M. R., & Sinigaglia, M. (Eds.). (2016). *The microbiological quality of food: foodborne spoilers*. Woodhead Publishing.
- Castro-Muñoz, R., Galiano, F., Fila, V., Drioli, E., & Figoli, A. (2018). Matrimid® 5218 dense membrane for the separation of azeotropic MeOH-MTBE mixtures by pervaporation. *Separation and Purification Technology*, 199, 27-36.
- Castro-Muñoz, R., & González-Valdez, J. (2019). New trends in biopolymer-based membranes for pervaporation. *Molecules*, 24(19), 3584.
- Chan, E. W. C., Wong, S. K., Tangah, J., Inoue, T., & Chan, H. T. (2020). Phenolic constituents and anticancer properties of *Morus alba* (white mulberry) leaves. *Journal of Integrative Medicine*, 18(3), 189–195.
- Chen, J., Chen, C., Liang, G., Xu, X., Hao, Q., & Sun, D. (2019). In situ preparation of bacterial cellulose with antimicrobial properties from bioconversion of mulberry leaves. *Carbohydrate Polymers*, 220, 170–175.
- Choi, J., Kang, H. J., Kim, S. Z., Kwon, T. O., Jeong, S. I., & Jang, S. I. (2013). Antioxidant effect of astragalins isolated from the leaves of *Morus alba* L. against free radical-induced oxidative hemolysis of human red blood cells. *Archives of Pharmacal Research*, 36(7), 912–917.
- Cui, H., Dong, Y., Lu, T., Zou, X., Wang, M., Yang, X., & Zhou, H. (2021). Effect of ethanolic extract from *Morus alba* L. leaves on the quality and sensory aspects of chilled pork under retail conditions. *Meat Science*, 172, 108368.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A., & Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in food science*, 38(4), 299-313.
- Díaz-Montes, E., & Castro-Muñoz, R. (2021). Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods*, 10(2), 249.
- Eruygur, N., & Dural, E. (2019). Determination of 1-Deoxyojirimycin by a developed and validated HPLC-FLD method and assessment of *in-vitro* antioxidant, alpha-Amylase and alpha-Glucosidase inhibitory activity in mulberry varieties from Turkey. *Phytomedicine*, 53, 234–242.
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292-303.
- Gryn-Rynko, A., Bazylak, G., & Olszewska-Slonina, D. (2016). New potential phytotherapeutics obtained from white mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 84, 628–636.
- Guimaraes, A., Abrunhosa, L., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: A new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 594-614.
- Han, J. H., Hu, Y. M., Wang, L., & Yang, Y. X. (2010). The phytosterols content in plant materials commonly used in functional food in China. *Acta Nutrimenta Sinica*, 32(01), 82–85.
- He, X., Fang, J., Ruan, Y., Wang, X., Sun, Y., Wu, N.i., ... Huang, L. (2018). Structures, bioactivities and future prospective of polysaccharides from *Morus alba* (white mulberry): A review. *Food Chemistry*, 245, 899–910.
- Hemeg, H. A., Moussa, I. M., Ibrahim, S., Dawoud, T. M., Alhaji, J. H., Mubarak, A. S., ... Marouf, S. A. (2020). Antimicrobial effect of different herbal plant extracts against different microbial population. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3221–3227.

- Hong, H. C., Li, S. L., Zhang, X. Q., Ye, W. C., & Zhang, Q. W. (2013). Flavonoids with α -glucosidase inhibitory activities and their contents in the leaves of *Morus atropurpurea*. *Chinese Medicine*, 8(1), 19.
- Islam, B., Khan, S. N., Haque, I., Alam, M., Mushfiq, M., & Khan, A. U. (2008). Novel anti-adherence activity of mulberry leaves: Inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm by 1-deoxynojirimycin isolated from *Morus alba*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 62(4), 751–757.
- Ji, T., Li, J., Su, S. L., Zhu, Z. H., Guo, S., Qian, D. W., & Duan, J. A. (2016). Identification and determination of the polyhydroxylated alkaloids compounds with alpha-glucosidase inhibitor activity in mulberry leaves of different origins. *Molecules*, 21 (2), 206.
- Joh, B., Jeon, E. S., Lim, S. H., Park, Y. L., Park, W., & Chae, H. (2015). Intercultural usage of mori folium: Comparison review from a korean medical perspective. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1–11.
- Katayama, H., Takano, R., & Sugimura, Y. (2008). Localization of mucilaginous polysaccharides in mulberry leaves. *Protoplasma*, 233(1-2), 157–163.
- Kavrut, E. (2022). *Hazır Köftelerde Yenilebilir Film Ambalajlamanın Escherichia coli O157: H7 Üzerine Antimikrobiyal Etkisi* (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>.
- Kavrut, E. (2023). Role and selection of plasticizing substances in the production of edible packaging. In: Abstract Book. H. Çiftçi, ve Çadırcı, M. Ş. (Ed.), 10. International Gap Summit Scientific Research Congress, (s. 96-97). Şanlıurfa, Türkiye. Erişim Adresi: <https://www.gapzirvesi.org/>
- Kavrut, E. (2023a). Can it obtain a pH-sensitive natural decomposition indicator with protein-based edible film packaging? In: Abstract Book. M. M. Heydarlou. (Ed.), Anadolu 11th International Conference On Applied Sciences, (s. 251-252). Diyarbakır, Türkiye. Erişim Adresi: <https://www.anadolukongre.org/>.
- Kong, F., & Singh, R. P. (2016). Chemical deterioration and physical instability of foods and beverages. In *The stability and shelf life of food* (pp. 43-76). Woodhead Publishing.
- Kraśniewska, K., Galus, S., & Gniewosz, M. (2020). Biopolymers-based materials containing silver nanoparticles as active packaging for food applications—a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 698.
- Kuan, Y. L., Sivanasvaran, S. N., Pui, L. P., Yusof, Y. A., & Senphan, T. (2020). Physicochemical Properties of Sodium Alginate Edible Film Incorporated with Mulberry (*Morus australis*) Leaf Extract. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 43(3).
- Lee, W. J., & Choi, S. W. (2012). Quantitative changes of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) Leaves in relation to varieties, harvest period, and heat processing. *Preventive Nutrition and Food Science*, 17(4), 280–285.
- Liang, Q., Wang, Q., Wang, Y., Wang, Y. N., Hao, J., & Jiang, M. (2018). Quantitative ¹H-NMR spectroscopy for profiling primary metabolites in mulberry leaves. *Molecules*, 23(3), 554.
- Liao, B. Y., Li, L., Tanase, C., Thakur, K., Zhu, D. Y., Zhang, J. G., & Wei, Z. J. (2020). The Rheological Behavior of Polysaccharides from Mulberry Leaves (*Morus alba* L.). *Agronomy*, 10(9), 1267.
- Ma, G., Chai, X., Hou, G., Zhao, F., & Meng, Q. (2022). Phytochemistry, bioactivities and future prospects of mulberry leaves: A review. *Food Chemistry*, 372, 131335.

- Memon, A. A., Memon, N., Luthria, D. L., Bhangar, M. I., & Pitafi, A. A. (2010). Phenolic acids profiling and antioxidant potential of mulberry (*Morus laevigata* W., *Morus nigra* L., *Morus alba* L.) leaves and fruits grown in Pakistan. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 60(1), 25–32.
- Morales-Jiménez, M., Gouveia, L., Yáñez-Fernández, J., Castro-Muñoz, R., & Barragán-Huerta, B. E. (2020). Production, preparation and characterization of microalgae-based biopolymer as a potential bioactive film. *Coatings*, 10(2), 120.
- Metwally, F. M., Rashad, H., & Mahmoud, A. A. (2019). *Morus alba* L. Diminishes visceral adiposity, insulin resistance, behavioral alterations via regulation of gene expression of leptin, resistin and adiponectin in rats fed a high-cholesterol diet. *Physiology & Behavior*, 201, 1–11.
- Qadir, R., Anwar, F., Gilani, M. A., Zahoor, S., Misbah ur Rehman, M., & Mustaqeem, M. (2019). RSM/ANN based optimized recovery of phenolics from mulberry leaves by enzyme-assisted extraction. *Czech Journal of Food Sciences*, 37 (No. 2), 99–105.
- Rafflisman, N. S., Mah, S. K., Lee, S. Y., Yee, K. S. P., & Chowdhury, S. (2021, October). The impact of the mulberry (*Morus nigra* L.) leaf extract on the physicochemical properties of poly (vinyl alcohol) blend films. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1195, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Roudaut, G., & Debeaufort, F. (2010). Moisture loss, gain and migration in foods and its impact on food quality. *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*, 143-185.
- Salvia-Trujillo, L., Soliva-Fortuny, R., Rojas-Graü, M. A., McClements, D. J., & Martín-Belloso, O. (2017). Edible nanoemulsions as carriers of active ingredients: A review. *Annual review of food science and technology*, 8, 439-466.
- Shimizu, K. (2018). Genetic engineered color silk: Fabrication of a photonics material through a bioassisted technology. *Bioinspiration & Biomimetics*, 13(4), 041003. <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aabbe9>
- Srivastava, S., Kapoor, R., Thathola, A., & Srivastava, R. P. (2006). Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5-6), 305–313.
- Su, S. L., Guo, S., Bai, Y. L., Qian, D. W., & Duan, J. A. (2014). Utilization situation and analysis of resources utilization of herb-medicine castoff. *China Resources Comprehensive Utilization*, 32(07), 38–43.
- Sun, C., Wu, W., Ma, Y., Min, T., Lai, F., & Wu, H. (2018). Physicochemical, functional properties, and antioxidant activities of protein fractions obtained from mulberry (*Morus atropurpurea* roxb.) leaf. *International Journal of Food Properties*, 20(sup3), S3311–S3325.
- Xu, S. Q., & Ye, J. M. (2017). Present situation and development direction of the comprehensive utilization of Mulberry leaves. *Hubei agricultural science*, 22, 4221–4224.
- Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Mahunu, G. K., Arslan, M., Abdalhai, M., & Zhihua, L. (2019). Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydrate polymers*, 224, 115141.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., & Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate polymers*, 137, 360-374.
- Thaipitakwong, T., Numhom, S., & Aramwit, P. (2018). Mulberry leaves and their potential effects against cardiometabolic risks: A review of chemical compositions, biological properties and clinical efficacy. *Pharmaceutical Biology*, 56(1), 109–118.

- Tu, J., Shi, D., Wen, L., Jiang, Y., Zhao, Y., Yang, J., ... Yang, B. (2019). Identification of moracin N in mulberry leaf and evaluation of antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 132, 110730.
- Varghese, S. M., & Jibu Thomas, J. (2019). Polyphenolic constituents in mulberry leaf extract (*M. latifolia* L. cv. BC259) and its antidiabetic effect in streptozotocin induced diabetic rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 32(1), 69–74.
- Wang, J.-B., Wang, Z.-X., Jing, J., Zhao, P., Dong, J.-H., Zhou, Y.-F., ... Xiao, X.-h. (2020). Exploring an integrative therapy for treating covid-19: A randomized controlled trial. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 26(9), 648–655.
- Yai, H. (2008). Edible films and coatings: Characteristics and properties. *Int. Food Res. J.*, 15, 237–248.
- Yu, L., & Shi, H. (2021). Effect of two mulberry (*Morus alba* L.) leaf polyphenols on improving the quality of fresh-cut cantaloupe during storage. *Food Control*, 121, 107624