

Farklı Biyopolimerler ile Kaplanmış Ağartılmamış Kraft Kâğıtlarının Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Meryem ONDARAL^{1*}, Evren Ersoy KALYONCU²

^{1,2} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Arsin/Trabzon, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 25.10.2023

Kabul: 12.02.2024

Yayın: 29.02.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Plastik film kaplamalar uzun yıllardır ambalaj malzemesi üretiminde kullanılmaktadır. Gıda ambalajlarında kullanılan malzemenin insan sağlığına zarar verebilecek kimyasallar içermemesine dikkat edilmelidir. Bu çalışmada, ağartılmamış kraft test kâğıtları, plastikleştirici olarak gliserol katkısı ile hazırlanan jelatin ve sodyum aljinat bazlı biyopolimerik çözeltiler ile kaplanmıştır. Hazırlanan dispersiyon çözeltilerinin kâğıtlara uygulanması için sürme yöntemi kullanılmıştır. Mekanik özellikler olarak çekme, yırtılma, patlama indisleri ve fiziksel özellikler olarak COBB, hava geçirgenlik testleri belirlenmiştir. Hem jelatin hem de sodyum aljinat kaplama ile üretilen kâğıtların tüm mekanik özellikleri iyileştirilmiştir. Kontrol kâğıtlarına göre jelatin kaplı kâğıtların su itici özelliğinin arttığı, sodyum aljinat kaplı kâğıtların ise su absorblama özelliğinin arttığı gözlenmiştir. Jelatin kaplı kâğıtların kontrol örneklerine göre hava geçirgenliği azalırken, sodyum aljinat kaplı kâğıtların ise hava geçirgenliğinin hiç olmadığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ambalaj kâğıtları için istenilen mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Yüzey kaplama, kraft kâğıdı, sodyum aljinat, jelatin, gıda ambalaj kâğıdı

Physical and Mechanical Properties of The Unbleached Kraft Papers Coated with Different Biopolymers

^{1,2} Karadeniz Technical University, Arsin Vocational School, Department of Material and Material Processing Technologies, Arsin/Trabzon, Türkiye

Article History

Received: 25.10.2023


Accepted: 12.02.2024


Published: 29.02.2024

Research Article

Abstract – Plastic film coatings have been used for production of packaging material for many years. It is important to ensure that the material used in food packaging does not contain chemicals that may harm human health. In this study, unbleached kraft hand sheets were coated with gelatin and sodium alginate based biopolymer solutions prepared using glycerol additive as plasticizer. The brush coating method was used to apply the prepared dispersions on the papers. Tensile, tear, burst indexes as mechanical properties and COBB, air permeability tests as physical properties were determined. All mechanical properties of the papers produced with both gelatin and sodium alginate coatings have been improved. Compared to the control papers, it was observed that the water-repellent properties of the paper coated with gelatin increased and the water-absorption properties of the papers coated with sodium alginate were increased. While air permeability of gelatin coated papers decreased compared to control samples, it was determined that there was no air permeability in sodium alginate coated papers. As a result of the study, the desired mechanical and physical properties for packaging papers were improved.

Keywords – Coating, kraft paper, sodium alginate, gelatine, food packaging papers

¹  mondalar@ktu.edu.tr

²  eersoy@ktu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Ambalaj malzemeleri gıdaların kalitesini, tazeliğini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini güvenli bir şekilde koruyarak tüketiciye daha sağlıklı ürünler sunulmasını sağlamaktadır. Ayrıca, gıdanın taşınmasını ve depolanmasını kolaylaştırmakta (Popović vd. 2018), kullanım ömürlerini uzatmakta (Şahin ve Bayizit 2008), böylece israfı azaltmaktadır. Nüfus artışı ve tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler, ambalaj malzemelerine olan ihtiyacı da artırmıştır. Özellikle plastik ambalaj malzemelerinin yaygın olarak kullanılması, beraberinde kalıcı çevre problemleri yanında insan sağlığını tehdit eden sorunları ortaya çıkarmıştır (Davis ve Song 2006; Çelik ve Tümer 2016).

Petrol esaslı sentetik ambalaj malzemelerinin kullanımı sonucu oluşan plastik atıkların doğada uzun süreler boyunca parçalanmadan kalması çevreye zarar vermesine yol açmaktadır. Bazı plastiklerin geri dönüşümünün zor ve maliyetli oluşu atıkların çevreye yayılmasına neden olmaktadır. Bu sorunların farkında olmak, çevre dostu alternatifleri araştırmak ve kullanmak, çevresel sorunları ve sağlık sorunlarını azaltmada önemli bir adım olacaktır. İnsan sağlığına zarar veren kimyasalları içermeyen, biyobozunur, geri dönüşümlü, yenilenebilir çevre dostu malzemelerden üretilen ambalaj malzemelerinin kullanılması, hem çevre hem de insan sağlığı açısından olumlu bir gelişmedir.

AB'nin biyoekonomi stratejisi, çevre kirliliği ve insan sağlığını koruma amacıyla ambalaj malzemeleri dâhil olmak üzere çeşitli sektörlerde geri dönüştürülebilir ve çevre dostu malzemelerin kullanımını teşvik etmektedir. 2030 yılına kadar AB pazarındaki ambalaj malzemelerinin geri dönüştürülebilir olması hedefi, (Kontominas 2020) çevresel sürdürülebilirliği ve atık azaltımını teşvik etmektedir.

Yapılan araştırmalar ile biyobozunur malzemelerin gıda ambalaj malzemesi üretiminde kullanımının çevre ve insan sağlığını tehdit etmeyen özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Nurul-Fazita vd. 2016; Sun vd. 2017). Biyobozunur malzemelerden üretilen gıda ambalaj ürünlerinin kullanım süresi içerisinde gıda ile temaslarında sorun oluşturmaması ve doğal, sürdürülebilir olması önemli bir parametredir. Gıda ambalaj üretiminde kraft kâğıdı sağlamlığı ve üretilme kolaylığı ile en çok tercih edilen kağıt türüdür ve biyobozunur ambalaj malzemeleri için yaygın bir seçenektir. Bu tür kağıtların gıda ambalajı üretiminde kullanılması çevre dostu ve sürdürülebilir ambalaj çözümleri sunmaktadır.

Kağıt, selülozun hidrofilik özelliği nedeniyle su, yağ ve nem gibi unsurlara karşı düşük dirence sahiptir. Bu nedenle, kağıt ambalaj malzemeleri sıvıların ve nemin ürünlere nüfuz etmesini engellemekte zorlanır. Ancak, 19. yüzyılın sonlarında kağıt ambalaj malzemelerinin bariyer özelliklerini geliştirmek amacıyla çeşitli teknolojiler ve kaplama işlemleri geliştirilmiştir (Nechita ve Roman 2020) Balmumu, yağ ve polimerler gibi maddelerle kağıdın kaplanması, kâğıdın su, yağ ve nem geçirgenliğini azaltılmış, gıda ürünleri ve diğer hassas malzemelerin daha iyi korunmasına yardımcı olmuştur. Ancak, işlem sırasında kullanılan kimyasallar ve katkı maddeleri, kâğıdın doğal ayrışma süreçlerini yavaşlatabildiği için geri dönüştürülebilirlik ve biyolojik olarak parçalanabilirlik özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Son yıllarda, çevresel kaygılar arttıkça ve petrol fiyatları yükseldikçe, daha çevre dostu ve sürdürülebilir kaplama malzemeleri geliştirme çabaları artmıştır. Yüzey kaplama için kullanılan biyobozunur maddeler ve diğer yenilikçi teknolojiler ile kağıt ambalajlarının bariyer özelliklerini arttırmak, geri dönüşebilirliklerini geliştirmek ve biyolojik olarak parçalanabilirliklerini sağlamak hedeflenmektedir.

Biyopolimerler, biyolojik olarak parçalanamayan ve yenilenemeyen plastik ambalaj malzemelerinin kullanımı için potansiyel çevre dostu bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Shankar ve Rhim 2018). Biyobozunur malzemelerin üç ana kategorisinden birini, doğrudan doğal hammaddelerden ve yenilenebilir kaynaklardan türetilen polisakkaritler, proteinler ve lipitler oluşturmaktadır (Tawakkal vd. 2014). Protein ve polisakkarit esaslı biyobozunur malzemeler, ambalaj endüstrisinde sürdürülebilir ve çevre dostu ambalaj seçenekleri olarak giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Nişasta, selüloz, aljinat, kitin ve kitosan polisakkarit esaslı biyopolimerler grubunda yer alırken (Chandra ve Rustgi 1998; Çelebi ve Dehmen 2013; Çabuk vd. 2011); buğday gluteni, soya, kazein, kollajen/jelatin, peynir altı suyu protein esaslı polimerler grubunda yer almaktadır (Battisti vd. 2017; Syahida vd. 2021).

Polisakkarit esaslı biyobozunur biyopolimerler film oluşturma yetenekleri, kağıt malzemesine uyum sağlayabilmesi, gazlara ve aromaya karşı uygun bariyer sağlayabilmesi, mekanik mukavemet üzerindeki olumlu etkileri önemli özellikleridir (Nechita ve Roman 2020). Protein esaslı biyobozunur biyopolimerlerin ambalaj malzemelerde kullanımı optik özelliklerde iyileşme, mükemmel yağ bariyeri, düşük ve orta

nemlerde yüksek oksijeni organik buhar bariyeri ve iyi mekanik özellikler kazandırmaktadır (Gómez-Estaca vd. 2016).

Polisakkaritler grubunda yer alan aljinatlar çeşitli kahverengi deniz yosunu türlerinden (Phaeophyceae) seyreltik alkali ile ekstrakte edilen hidrofilik koloidal karbonhidratlardır (Rhim 2004; Rastogi ve Samyn 2015). Kalınlaştırma, stabilize etme, askıya alma, film oluşturma, jel oluşturma ve emülsiyon stabilizasyonu gibi koloidal özelliklerinden dolayı potansiyel bir biyopolimer film veya kaplama malzemesi olarak farklı alanlarda kullanılmaktadır (Rhim 2004). Protein grubunda yer alan jelatin ise hayvan dokularında yer alan kimyasal yöntem ile elde edilen biyobozunur bir malzemedir (Gómez-Estaca vd. 2016). Düşük maliyetle elde edilebilen, yüksek kullanılabilirlik, biyoyoumluluk ve biyolojik olarak parçalanabilirlik özelliklerine sahiptir (Battisti vd. 2017). Jelatin mükemmel film oluşturma özelliği, su ile yüksek bağlanma kapasitesi sayesinde birçok farklı alanda kullanılabilir (Said 2020; Herrera-Vázquez 2022). Aljinatın gıda ambalaj malzemelerinde kullanımının yüksek gerilme mukavemeti, esneklik, yırtılma direnci, sertlik, mekanik direnç, tatsızlık, yağ direnci, parlaklık ve kokusuzluk gibi özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Theagarajan vd. 2019).

Bu çalışmada, polisakkarit esaslı sodyum aljinat ve protein esaslı jelatin biyopolimerlerinden ayrı ayrı hazırlanan çözeltiler ile yüzey kaplaması yapılan ağartılmamış kraft kağıtlarının, mekaniksel mukavemet ve fiziksel özellikleri tespit edilerek gıda ambalaj kâğıdı olarak kullanılma potansiyeli araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada kağıt üretimi için hammadde olarak ağartılmamış kraft kağıt hamuru (iğne yapraklı güney sahil çamı) kullanılmıştır. Ticari olarak temin edilen sodyum aljinat (E401) ve toz sığır jelatini (220 bloom, E441, %83 protein-%15 su- %2 mineral) ve gliserol kullanılmıştır. Ağartılmamış Kraft kağıt hamuru ticari olarak selüloz tabakası şeklinde temin edilmiş olup özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Kraft kağıt hamuru özellikleri

Kappa numarası (Tappi T-236)	25
Viskozite (intrinsic)	8.65 dL/g
Kanada serbestlik derecesi (Tappi T-227)	779 ml
ISO parlaklık (ISO 2470)	%24

2.2. Yöntem

2.2.1. Hamurlaştırma işlemi

Hamurlaştırma işlemi için hazır olarak temin edilen ağartılmamış kraft tabakaları küçük parçalar haline getirildikten sonra, liflerin serbest hale getirilmesi için laboratuvar tipi disintegratörde 3000 rpm±25 hızda 10 dk süre ile hamurlaştırma işlemi yapılmıştır.

2.2.1. Kraft test kağıtlarının üretimi

Test kağıtlarının yapılması için Rapid Köthen test kağıt makinası kullanılmıştır. Konsantrasyon ayarı yapılmış kağıt hamurundan Tappi T 205 sp-12 (2018) standardına göre kontrol ve her bir uygulama için ayrı ayrı 10 tane yaklaşık 75 g/m² gramajda test kâğıdı üretilmiştir. Elde edilen test kağıtları Tappi T402 om-93 (1993) standardına göre sıcaklığı 23±1 ve bağıl nemi %50±1 olan klima odasında 24 saat kondisyonlanmıştır.

2.2.2. Çözeltilerin hazırlanması ve test kağıtlarına uygulanması

Kraft kağıtlarına yüzey uygulaması şeklinde kullanılacak olan çözeltilerin hazırlanması için jelatin ve sodyum aljinat biyopolimerleri kullanılmıştır. Her iki çözeltinin hazırlanmasında biyopolimerlerin kullanım oranı %5 olarak sabit tutulmuş olup, çözeltilerin kağıtlara uygulanmasında homojen dağılım sağlaması ve uygulama yapılan kağıtlara esneklik kazandırılması amacıyla %0,8 oranında gliserol kullanılmıştır. Çözelti

hazırlamada kullanılan suyun sıcaklığı 100°C'ye ayarlanmış olup karıştırma işlemi mekanik karıştırıcı ile oda sıcaklığında yapılmıştır. Çözeltiler kıvamlı, homojen ve uygulanabilir sıcaklığa geldikten sonra karıştırma işlemi sonlandırılıp hazırlanan çözeltiler test kağıtlarının yüzeylerine sürme yöntemi ile uygulanmıştır. Sürme işleminin ardından silindir uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapılan kağıtlar Rapid Köthen test cihazının kurutma kısmında kurutulmuştur.

2.2.3. Test kağıtlarının karakterizasyonu

Kondisyonlanan test kağıtlarına Tablo 2'de verilen mekanik ve fiziksel testler yapılmıştır. Her ölçüm için 10 farklı test kâğıdı kullanılmıştır.

Tablo 2

Test kağıtlarına uygulanan mekanik ve fiziksel testler ve standartları

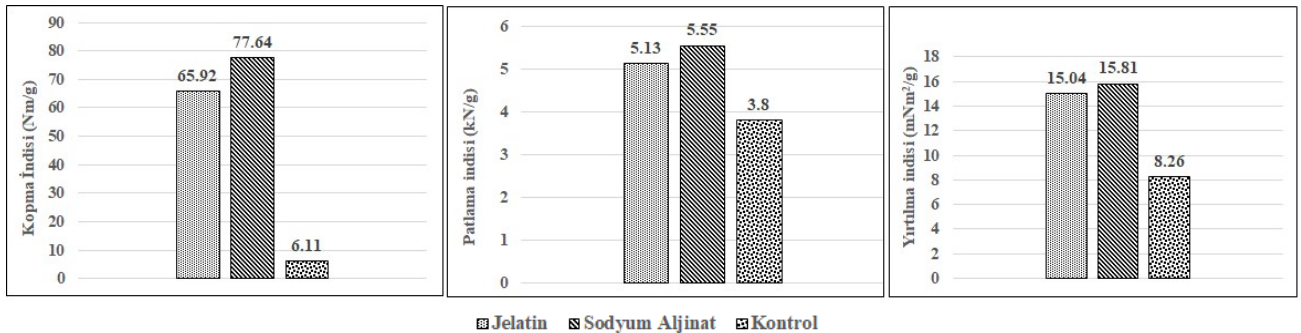
Mekanik ve fiziksel testler	Standartlar
Kopma indeksi (Nm/g)	Tappi T494 om-13 (2013)
Patlama indeksi (kPam ² /g)	Tappi T403 om-15 (2015)
Yırtılma indeksi (mNm ² .g)	Tappi T414 om-21 (2021)
COBB (su absorpsiyon kapasitesi g/m ²)	Tappi T441 om-20 (2020)
Hava direnci (s/100ml)	Tappi T460 om-21 (2021)

Kağıt örneklerinin kopma testleri için Karl-Frank-800 pendulum tipi kopma test cihazı, patlama testleri Mullen patlama test cihazı, yırtılma testleri ise Elmendorf 1650 tipi yırtılma test cihazı kullanılmıştır. Üretilen kağıtların hava geçirgenliklerini tespit etmek için Gurley porozimetresi ve su absorblama kapasitelerini belirlemek için Cobb ölçüm test aletleri kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kağıtların mekanik özellikleri

Gıda ürünlerinin türüne, taşıma-depolama koşullarına ve kullanım amaçlarına uygun mekanik özellikler kazandırmak ambalaj malzemeleri için aranan özelliklerdir. Gıda ambalajlarının mekanik sağlamlığı, hem ürünün güvenliği ve kalitesi üzerinde doğrudan etkili olduğu, hem de tüketicinin güvenini sağladığı için oldukça önemlidir. Kağıt ambalaj malzemesinden beklenen, kalite içerisinde ürüne istenilen raf ömrünü sağlaması, ürünü taşıması ve dış etkilerden korumasıdır. Bu özellikleri sağlamak için kağıt ambalaj malzemesinin öncelikle mekanik özellikleri önemlidir. Şekil 1'de sürme yöntemi ile jelatin ve sodyum aljinat biyopolimer çözeltileri ile kaplanmış kraft kağıtlarının kopma, patlama ve yırtılma indisi değerleri yer almaktadır.



Şekil 1. Biyopolimer kaplı kağıtların mekanik özellikleri

Şekilden görüldüğü üzere, her iki biyopolimer ile yüzey işlem uygulaması yapılmış kraft kağıtlarının kopma, patlama ve yırtılma indisi değerlerinin, uygulama yapılmamış kontrol kağıtlarından daha yüksek olduğu

görülmektedir. Sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplı kağıtların mekanik özelliklerinin jelatin biyopolimeri ile kaplı kağıtlardan bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Sodyum aljinat biyopolimerinin kağıdın esneklik özelliğini artırdığı bilinmektedir (Rhim vd. 2006). Esnekliği yüksek kağıtlar daha yüksek kopma direncine sahip olabilmektedir.

Her iki biyopolimer kaplaması ile de kopma indisinde görülen artış, patlama ve yırtılma indislerindeki artıştan çok daha fazla olmuştur. Jelatin ile kaplanmış kâğıdın kopma indisinde yaklaşık 60 birimlik, sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanmış kağıtların kopma indisinde ise 72 birimlik artış elde edilmiştir. Bu artış miktarı patlama ve yırtılma indisi değerlerindeki artıştan, oldukça fazladır. Jelatin biyopolimeri ile kaplanmış kraft kağıtlarının patlama indisi değerinde %35 oranında, yırtılma indisi değerinde ise %82,08 oranında, sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplanmış kraft kağıtlarının patlama indisi değerinde %46,05, yırtılma indisi değerinde ise %91,40 oranında artış elde edilmiştir. Biyopolimer çözeltileri hazırlanırken çözelti ortamına ilave edilen %0,8 oranındaki gliserol ile oluşturulan filmlerin kırılma yapısını azaltıp elastik özellik kazandırmak amaçlanmıştır. Gliserol, moleküller arası hidrojen bağlarını azaltırken moleküller arası mesafeyi artırma yeteneklerinden dolayı protein bazlı malzemeler için iyi bir plastikleştirici olarak bilinmektedir. Gliserolün esneklik kazandırma ve film oluşturma özelliği, kağıtların mekanik özelliklerini arttırmaktadır (Suderman vd. 2018). Gliserol için belirtilen bu olumlu özelliklerin jelatin ve sodyum aljinat ile yüzey kaplama işlemi uygulanmış kraft kağıtlarının mekanik özelliklerini de olumlu yönde etkilediği, elde edilen değerleri destekleyerek arttırdığı düşünülmektedir. Aloui vd. (2011) yaptıkları çalışmada sodyum aljinat biyopolimer çözeltilerinde kullanılan gliserolün film oluşturma özelliği ile kağıdın esneklik özelliğinin artırdığını belirtmişlerdir.

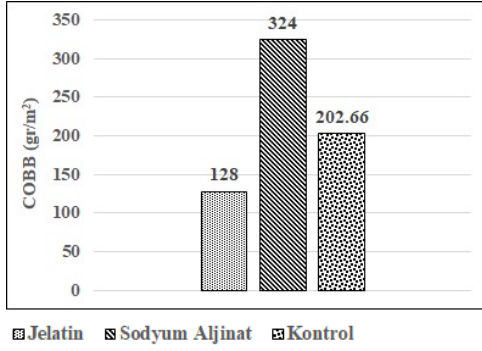
Esnekliği yüksek ambalajların yırtılmaya karşı dayanıklılığı önemli özellikleri arasındadır. Yırtılma dayanıklılığı, son kullanıcının, ürünü alabilmek için paketi yırtma şeklini etkilemektedir (Eslami ve Mekonnen 2023). Çalışmada uzun lifli kraft kâğıdının kullanılması, lif mukavemetinin yüksek olması ve lifleri bir arada tutan güçlü jelatin-lif, sodyum aljinat-lif bağları ile yırtılmaya karşı dirençli, ambalaj ürünü olarak kullanılabilir kağıtların üretilmesi sağlanmıştır. Kağıdın yırtılmadan önce dayanabileceği maksimum hidrostatik kuvveti ifade eden patlama direnci (Kunam vd. 2022), kağıdın yırtılmaya karşı dayanıklılığının ölçüsü olarak ifade edilir ve ambalaj malzemesi üretimindeki önemli özelliklerden bir tanesidir. Yırtılma direncinde olduğu gibi lifler arasındaki kuvvetli bağ, patlama direncinin artmasında da etkilidir. Yüzeyi jelatin ve sodyum aljinat kaplı kağıtlara ait yüksek patlama indisi değerleri, film oluşumu sırasında uzun liflerin matrisine girerek uyumlu biyopolimer-lif bağının oluşması ile elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, biyopolimer ile yüzey kaplama uygulamasının kraft kağıtlarının dayanıklılığını arttırdığı, bu kağıtların gıda ambalajı olarak kullanımında, gıda ürününün ağırlığını ve diğer mekanik zorlamaları karşılayacak şekilde istenilen yüksek sağlamlık özelliklerine sahip olabileceği belirlenmiştir.

3.2. Kağıtların fiziksel özellikleri

Gıda ürünlerinin korunması, tazeliklerinin sürdürülmesi ve güvenli bir şekilde saklanması için kâğıdın su absorpsiyon kapasitesi ve hava direnci gibi fiziksel özellikleri oldukça önemlidir.

Çevre koşullarından doğrudan etkilenen kağıt ambalaj malzemelerinin istifleme, sıkıştırma mukavemeti, boyutsal kararlılık, katlanma dayanıklılığı ve çekme özellikleri ambalaj malzemenin nem içeriğinden büyük ölçüde etkilenmektedir (Rhim 2010).

Şekil 2'de sürme yöntemi ile jelatin ve sodyum aljinat biyopolimer çözeltileriyle kaplanmış kraft kağıtlarının yüzey uygulama işlemi yapılmamış kontrol kağıdının su absorplama değerleri (Cobb) görülmektedir. Kontrol kâğıdına göre sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplı kağıtların su absorplama değerinin %60 oranında arttığı, jelatin biyopolimeri ile kaplı kağıtların ise %36 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

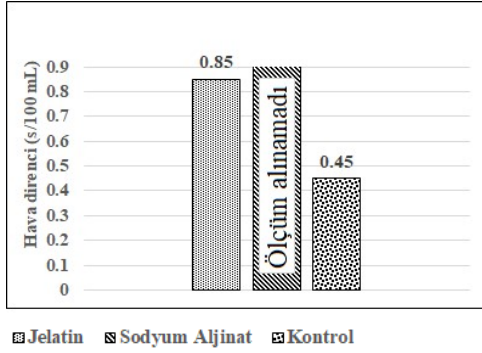


Şekil 2. Biyopolimer kaplı kağıtların su absorblama kapasitesi

Hidrofilik yapısı gereği kağıdın su ve su buharına karşı dayanıklı olmadığı bilinmektedir. Kağıt ambalaj malzemesinin hidrofilik özelliğini azaltmak amacı ile kağıt yüzeyinin biyopolimer malzeme ile kaplanmasına yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır (Li vd. 2020). Gimat vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, jelatin ile kaplı kağıtların yüzeyinde, su absorpsiyonuna karşı direnç gösteren bariyer özelliğinde bir film tabakası oluştuğunu belirtmişlerdir. Aljinatlar ise düşük çözünürlüğe ya da güçlü jel özelliğine sahip polimerlerdir (Gheorghita vd. 2020) ve su absorblama özelliği yüksek bir malzemedir (Gimat vd. 2021; Nechita ve Roman 2020). Hidrofilik gruplara sahip sodyum aljinat ile yüzey kaplaması yapılan kağıtların suya ve su buharına karşı direnci bulunmamaktadır (Nechita ve Roman 2020). Kağıdın absorpsiyon özelliği, gıda ürünlerinin ambalajından dışarıya sızması ve ambalajın deformasyonu için önemlidir. Yaptığımız çalışmada sodyum aljinata ilave edilen gliserol ile bariyer özelliği oluşumuna yardımcı olmak amaçlanmış olsa da jelatin ile kaplı kağıtların su iticilik özelliği kazandığı, sodyum aljinat ile kaplı kağıtların ise suyu absorbe ettiği, suya karşı dirençli olmadığı görülmüştür. Hava geçirgenliği belirli bir süre boyunca (bir dakika) kağıdın alt tabakadaki boşluklardan veya açıklıklardan geçebilen ortam havasının hacmi olarak ifade edilmektedir (Kopacic vd. 2018). Gıda ürünlerinin kalitesini oksijen, karbondioksit, azot ve su buharı gibi gazlar etkilemektedir. Bu gazlar, gıda ürününün bozulmasını, olgunlaşmasını ve su alıp- vermesini etkileyerek ürünün raf ömrünü belirlerler (Keskin 2020).

Kağıt, liflerden oluşan gözenekli yapıya sahip bir malzemedir. Kağıdın gözenekli yapıda olması nem, su buharı ve gazların geçişine dayanıksız olduğu anlamına gelmektedir. Ambalaj sektöründe ambalaj malzemesinin kalitesinin belirlenmesinde oksijen ve su buharı iletim hızı özelliklerini ölçmek yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Han ve Scanlon 2005). Hava direnci kağıdın gözeneklerinin; sayısı, büyüklüğü, şekli ve kağıt yüzeyindeki dağılımına bağlıdır (Pal vd. 2006). Kağıt yüzeyindeki boşluk veya gözeneklerin kapanması veya azalması kağıdın hava geçirgenliğinin azalmasını ifade etmektedir. Paketlenmiş ürünü korumak ve özellikle oksijen ve karbondioksit gibi gazların ve buharların (su ve aroma) geçirgenliğinin önlenmesi ambalaj sektörü için önemli bir konudur.

Kağıt ambalaj malzemesinin geçirgenliğinin azaltılması için kağıt yüzeyinin biyopolimer film tabakası ile kaplanması çalışmaları yapılmıştır (Kopacic vd. 2018; Battisti vd. 2017). Jelatin, film oluşturma yeteneği ile gıdanın kuruma, oksijene ve ışığa maruz kalmasını koruyarak bir dış bariyer oluşturmaktadır (Bakry vd. 2017). Wittaya (2012) çalışmasında, jelatin filminin neme ve oksijene dayanıklı olması sebebiyle etleri kaplamak için kullanıldığını belirtmiştir. Kontrol kağıdı, sodyum aljinat biyopolimeri ve jelatin biyopolimeri kaplı kağıt numunelerinin hava direnç değerleri Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Biyopolimer kaplı kağıtların hava dirençleri

Jelatin ve sodyum aljinat biyopolimeri kaplı kağıtların hava geçirgenliğine karşı direnç değerleri kontrol kağıdına göre yüksek elde edilmiştir. Hazırlanan biyopolimer çözeltisindeki gliserolün, hava geçirgenliğine karşı direnci yüksek biyopolimer elde edilmesinde etkili olduğu Topuz ve Boran'ın (2018) çalışmalarında da belirtilmiştir. Jelatin- gliserol ve sodyum aljinat-gliserol karışımı ile üretilen biyopolimer çözeltilerinin kağıt yüzeyinde film tabakası oluşturmak suretiyle kağıt yüzeyindeki boşluk veya gözenekleri kapatması kağıtlardaki hava geçişinin azalmasına ve kağıdın hava geçirgenliğine karşı direncinin artmasına sebep olmuşlardır. Sodyum aljinat biyopolimeri kaplı kağıtların hava geçirgenlik direnç değerinin ölçüm alınamayacak kadar yüksek olduğu, hava geçirgenliğine karşı direnci yüksek kağıtlar üretildiği sonucuna varılmıştır. Sodyum aljinat biyopolimeri ile kaplı kağıtların hava geçirgenliğine karşı direnç değerlerinin yüksek olması, hava ile temas etmesi istenmeyen çabuk bozulan ürünler veya raf ömrü uzun olması istenilen ürünlerin ambalajlanmasında önemli bir kazanım olarak görülmektedir. Ayrıca yapılan bir çalışmada yüzeyleri biyopolimer ile kaplı kağıtların hava geçirgenliği ne kadar düşük olursa, yağ direncinin de o kadar iyi olduğu belirtilmiştir (Sheng vd. 2019).

4. Sonuçlar

Jelatin ve sodyum aljinat biyopolimerler ile kaplanan kraft kağıtlarının mekanik özellikleri biyopolimer kaplı olmayan kontrol kağıdına göre daha yüksek elde edilmiştir. Kağıtların su absorblama kapasitesi (Cobb değerleri) sodyum aljinat biyopolimer uygulamasından sonra artmıştır. En düşük su absorblama değeri jelatin biyopolimer kaplı kağıtlardan elde edilmiştir. Sodyum aljinat-gliserol biyopolimer çözeltisi ile işlem görmüş kağıtlarda, kağıt lifleri ile biyopolimer çözeltileri arasında oluşan güçlü bağ sonucu kağıt yüzeyinde oluşan film tabakası, tüm gözenekleri kapatarak kağıdın hava geçirgenliğini engellemiştir. Jelatin-gliserol biyopolimer kaplı kraft kağıdının hava ve suya karşı yüksek bariyer özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Kağıt yüzey kaplamada sodyum aljinat-gliserol ve jelatin-gliserol çözeltilerinin kullanılması, olumlu sonuçları nedeniyle gıda ambalajı kağıt endüstrisinde umut verici bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Hem mekanik hem de fiziksel test sonuçlarına göre gliserol takviyeli jelatin ve sodyum aljinat biyopolimer çözeltileri ile yüzey kaplaması yapılan kraft kağıtlarının, gıda ambalaj sektöründe gıdaya uygunluğuna göre gerekli yerlerde kullanılabilmesi önerilmektedir. Çalışmanın devamı olarak farklı özelliklerdeki biyopolimerler ile farklı oranlar kullanılarak kıyaslama yapılabilir.

Açıklama

Bu çalışma Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından 27-28 Eylül 2023 tarihinde gerçekleştirilen 5. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyum'unda sözlü bildiri olarak sunulmuş olup, tam metin hali hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

Yazar Katkıları

Meryem Ondaral: Araştırmayı tasarlamış, çalışma planını oluşturmuş, laboratuvar çalışmalarını yapmış, veri analiz sürecinde yer almış ve makaleyi yazmıştır.

Evren Ersoy Kalyoncu: Araştırmayı tasarlamış, çalışma planını oluşturmuş, laboratuvar çalışmalarını yapmış, veri analiz sürecinde yer almış ve makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarların makalenin içeriğiyle ilgili beyan edecekleri herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

- Aloui, H., Khwaldia, K., Slama, M. B., & Hamdi, M. (2011). Effect of glycerol and coating weight on functional properties of biopolymer-coated paper. *Carbohydrate polymers*, 86(2), 1063-1072.
- Bakry, N. F., Isa, M. I. N., & Sarbon, N. M. (2017). Effect of sorbitol at different concentrations on the functional properties of gelatin/carboxymethyl cellulose (CMC)/ chitosan composite films. *International Food Research Journal*, 24(4), 1753–1762.
- Battisti, R., Fronza, N., Júnior, Á. V., da Silveira, S. M., Damas, M. S. P., & Quadri, M. G. N. (2017). Gelatin-coated paper with antimicrobial and antioxidant effect for beef packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 115-124.
- Chandra, R. U. S. T. G. I., & Rustgi, R. (1998). Biodegradable polymers. *Progress in polymer science*, 23(7), 1273-1335.
- Çabuk, M., Yavuz, M., & Hlavác, J. (2011). Biyobozunur ve anti-kansorejen kitosan/benzaldehit modifikasyonu ve nanokompozitinin hazırlanması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27(3), 247-251.
- Çelebi, H., & Dehmen S., (2013). Synthesis and characterization of starch/polycaprolactone based biodegradable nanocomposites. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 31: 53-62.
- Çelik, İ., & Tümer, G., (2016). Gıda ambalajlamada son gelişmeler. *Akademik Gıda*, 14(2), 180-188.
- Davis, G., & Song, J.H., (2006). Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Industrial Crops and Products*, 23(2): 147-161.
- Eslami, H., & Mekonnen, T. H. (2023). Flexible and green multilayer paper coating for barrier enhancement of paper packaging. *Sustainable Materials and Technologies*, 37, e00694.
- Gheorghita, R., Gutt, G., & Amariei, S. (2020). The use of edible films based on sodium alginate in meat product packaging: An eco-friendly alternative to conventional plastic materials. *Coatings*, 10(2), 166.
- Gimat, A., Michelin, A., Belhadj, O., Pellizzi, E., Massiani, P., & Rouchon, V. (2021). Paper sizing with gelatine: from the macro-to the nano-scale. *Cellulose*, 28, 2419-2432.
- Gómez-Estaca, J., Gavara, R., Catala, R., & Hernández-Muñoz, P. (2016). The potential of proteins for producing food packaging materials: A review. *Packaging Technology and Science*, 29(4-5), 203-224.
- Han, J. H. and Scanlon, M. G. (2005). Mass transfer of gas and solute through packaging materials. J. H. Han (Ed.), In: *Innovations in food packaging*. United States of America: Elsevier Science & Technology Books-Academic Press, 21-22.
- Herrera-Vázquez, S. E., Dublán-García, O., Arizmendi-Cotero, D., Gómez-Oliván, L. M., Islas-Flores, H., Hernández-Navarro, M. D., & Ramírez-Durán, N. (2022). Optimization of the physical, optical and mechanical properties of composite edible films of gelatin, whey protein and chitosan. *Molecules*, 27(3), 869
- Keskin, B., (2020). Kağıt esaslı ambalajlarda kalite ve ağır metal kaynaklı problemlerin incelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Kontominas, M. G., (2020). Use of alginates as food packaging materials. *Foods*, 9(10), 1440.
- Kopacic, S., Walzl, A., Zankel, A., Leitner, E., & Bauer, W. (2018). Alginate and chitosan as a functional barrier for paper-based packaging materials. *Coatings*, 8(7), 235.
- Kunam, P. K., Ramakanth, D., Akhila, K., & Gaikwad, K. K. (2022). Bio-based materials for barrier coatings on paper packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-16.
- Li, Q., Wang, S., Jin, X., Huang, C., & Xiang, Z. (2020). The application of polysaccharides and their derivatives in pigment, barrier, and functional paper coatings. *Polymers*, 12(8), 1837.

- Nechita, P., & Roman, M. (2020). Review on polysaccharides used in coatings for food packaging papers. *Coatings*, 10(6), 566.
- Nurul Fazita, M.R., Jayaraman, K., Bhattacharyya, D., Mohamad Haafiz, M.K., Saurabh, C.K., Hussin, M.H. and & HPS, A. K., (2016). Green composites made of bamboo fabric and poly (lactic) acid for packaging applications a review *Materials*, 9 (6): 435.
- Pal, L., Joyce, M. K., & Fleming, P. D. (2006). A simple method for calculation of the permeability coefficient of porous media. *TAPPI journal*, 5(9), 10
- Popović, S. Z., Lazić, V. L., Hromiš, N. M., Šuput, D. Z., & Bulut, S. N. (2018). Biopolymer Packaging Materials for Food Shelf-Life Prolongation. In *Biopolymers for Food Design* (pp. 223–277). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00008-6>
- Rastogi, V. K., & Samyn, P. (2015). Bio-based coatings for paper applications. *Coatings*, 5(4), 887-930.
- Rhim JW., Lee JH., & Hong SI. (2006) Water resistance and mechanical properties of biopolymer (alginate and soy protein) coated paperboards. *Lebensm-Wiss Technol* 39:806–813. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.05.008>
- Rhim, J. W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food science and technology*, 37(3), 323-330.
- Rhim, J. W. (2010). Effect of moisture content on tensile properties of paper-based food packaging materials. *Food Science and Biotechnology*, 19, 243-247.
- Said, M. I. (2020, April). Role and function of gelatin in the development of the food and non-food industry: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 492, No. 1, p. 012086). IOP Publishing.
- Shankar, S., & Rhim, J. W. (2018). Bionanocomposite films for food packaging applications. *Reference module in food science*, 1, 1-10.
- Sheng, J., Li, J., & Zhao, L. (2019). Fabrication of grease resistant paper with non-fluorinated chemicals for food packaging. *Cellulose*, 26, 6291-6302.
- Suderman, N., Isa, M. I. N., & Sarbon, N. M. (2018). The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review. *Food bioscience*, 24, 111-119.
- Sun, L., Sun, J., Chen, L., Niu, P., Yang, X., & Guo, Y., (2017). Preparation and characterization of chitosan film incorporated with thinned young apple polyphenols as an active packaging material. *Carbohydrate Polymers*, 163: 81-91.
- Syahida, S. N., Ismail-Fitry, M. R., Ainun, Z. M. A., & Hanani, Z. N. (2021). Effects of gelatin/palm wax/lemongrass essential oil (GPL)-coated Kraft paper on the quality and shelf life of ground beef stored at 4°C. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100640.
- Şahin, O.I., & Bayizit, A.A., (2008). Nanokompozit filmlerin gıda sanayi uygulamaları. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Tawakkal, I. S., Cran, M. J., Miltz, J., & Bigger, S. W. (2014). A review of poly (lactic acid)-based materials for antimicrobial packaging. *Journal of food science*, 79(8), R1477-R1490.
- Tappi 403 om-15, 2015. Bursting Strength of paper. Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi 414 om-21, 2021. Internal Tearing Resistance of Paper (Elmendorf-type method), Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi 494 om-13, 2013. Tensile Breaking Strength and Elongation of Paper and Paperboard (using pendulum-type tester) Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi T 205 sp-12, 2018. Forming Handsheets for Physical Tests of Pulp.
- Tappi T 402 om-93, 1993. Standard Conditioning And Testing Atmospheres For Paper, Board, Pulp Handsheets, And Related Products, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi T 441 om-20, 2020. Water Absorptiveness Of Sized (Non-Bibulous) Paper, Paperboard, And Corrugated Fiberboard (Cobb Test), Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi T 460 om-21, 2021. Air Resistance Of Paper (Gurley Method), Tappi Press, Atlanta, 2.

- Theagarajan, R., Dutta, S., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2019). Alginates for food packaging applications. *Alginates: Applications in the biomedical and food industries*, 207.
- Topuz, F. C., & Boran, G. (2018). Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar. *Akademik Gıda*, 16(3), 332-339.
- Wittaya, T. (2012). Protein-based edible films: Characteristics and improvement of properties. *Structure and function of food engineering*, 3, 44-70.