



Jelatin ve Soya Proteini Bazlı Film Çözeltilerinde Farklı Plastikleştiricilerin Viskozite Üzerine Etkisi

Güneş KOÇ¹ , Gülistan OKUTAN^{2*} , Gökhan BORAN¹ 

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye
²Siirt Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Siirt, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Yenilebilir film,
Jelatin,
Soya proteini,
Viskozite,
Plastikleştirici

Özet

Yenilebilir filmler oldukça popüler bir araştırma konusu olmuştur. İkincil bir ambalaj olarak geliştirilen yenilebilir filmler, birincil ambalajın aksine, gıda ile tüketilebilmekte, gıdanın muhafazası veya zenginleştirilmesine doğrudan etki gösterebilmektedir. Bu filmlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla çeşitli plastikleştiriciler kullanılmaktadır. Söz konusu film çözeltilerinin gıda işlemede kullanılabilmesi için pompalanabilir olması ve kısa sürede film oluşturabilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, iki farklı protein ve beş farklı plastikleştirici ile hazırlanan film oluşturabilen çözeltilerin üç farklı sıcaklıkta viskozitesi araştırılmıştır. Protein olarak soya proteini ve jelatin %1, 2 ve 5 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda kullanılmıştır. Plastikleştirici olarak gliserol, sorbitol, sükröz, polietilen glikol 200 ve polietilen glikol 400; protein konsantrasyonuna göre %20, 40 ve 60 olmak üzere üç farklı oranda kullanılmıştır. Elde edilen film oluşturabilen çözeltilerin viskozitesi 30, 45 ve 60°C'de Brookfield DVIII Ultra reometre kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar, soya proteini kullanılan örneklerde protein oranının %1'den 5'e çıkması durumunda viskozitenin 10 kata kadar arttığını göstermektedir. Jelatin örneklerindeki viskozite artışı ise yaklaşık olarak 3 kat kadardır. Film çözeltilerinin sıcaklığı 30'dan 60°C'ye çıkarıldığında bu çözeltilerin viskozitesinde yaklaşık %50 oranında azalma olduğu saptanmıştır. Plastikleştirici konsantrasyonu, özellikle düşük protein oranlarında kullanılan plastikleştirici miktarının birbirine yakın olması nedeniyle viskozite üzerine önemli bir etki göstermemiştir. Diğer taraftan, plastikleştirici çeşidi, özellikle %60 gibi yüksek kullanım oranlarında viskozite üzerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Sorbitol ve sükrözün genel olarak daha yüksek viskoziteye neden olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma, hem taşıyıcı polimerin hem de plastikleştirici konsantrasyonu ve çeşidinin film çözeltilerinin viskozitesi üzerine önemli etkileri olduğunu göstermiştir.

*e-posta: gulistan.okutan@siirt.edu.tr

Bu makaleye atıf yapmak için:

Güneş KOÇ; Gülistan OKUTAN; Gökhan BORAN, "Use of Novel Hydrochar from Co-carbonization of Hazelnut and Pistachio Shells for Tetracycline Removal from Aqueous Solution", Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C. 7, s 2, ss. 114-122

How to cite this article:

Güneş KOÇ; Gülistan OKUTAN; Gökhan BORAN, "Viscosity of Gelatin and Soy Protein Based Film Solutions Formulated with Different Plasticizers", Bayburt University Journal of Science, vol. 7, no 2, pp. 114-122

Viscosity of Gelatin and Soy Protein Based Film Solutions Formulated with Different Plasticizers

Keywords:

*Edible films,
Gelatin,
Soy protein,
Viscosity,
Plasticizers*

Abstract

Edible films have become a popular research topic. Unlike primary packaging, edible films, which are developed as secondary packaging, can be consumed with food and can directly impact food preservation or enrichment. Various plasticizers are used to improve the mechanical properties of these films. For these film solutions to be usable in food processing, it is essential that they are pumpable and able to form a film in a short time. In this study, the viscosity of film-forming solutions prepared with two different proteins and five different plasticizers was investigated at three different temperatures. Soy protein and gelatin were used as proteins at three different concentrations of 1, 2, and 5%. Glycerol, sorbitol, sucrose, polyethylene glycol 200, and polyethylene glycol 400 were used as plasticizers in three different ratios of 20, 40, and 60% based on protein concentration. The viscosity of the obtained film-forming solutions was measured at 30, 45, and 60°C using a Brookfield DVIII Ultra rheometer. The results show that in samples with soy protein, the viscosity increased up to 10 times when the protein ratio increased from 1 to 5%. In gelatin samples, this increase was approximately 3 times. The viscosity of the film solutions decreased by about 50% when the temperature was raised from 30 to 60°C. The plasticizer concentration did not generally have a significant effect on viscosity, due to the similarity in plasticizer amounts used at low protein levels. On the other hand, the type of plasticizer caused significant differences in viscosity, especially at high levels of use such as 60%. Sorbitol and sucrose resulted in higher viscosity in general. This study demonstrated that both the carrier polymer and the concentration and type of plasticizer have significant effects on the viscosity of film solutions.

1 GİRİŞ

Yenilebilir film ve kaplamalar, doğal yollar ile elde edilen, gıdaları dış etkenlerden koruyan, gıdanın dış yüzeyine kaplandığında gaz, nem ve katı hareketliliğinin kontrolünü sağlayabilen ve gıda ile beraber tüketilebilen materyallerdir. Yenilebilir filmler 12-13. yüzyılda Çin’de portakal ve limonları korumak amacıyla ilk olarak kullanılmıştır [1]. Yenilebilir kaplamalar, daldırma, püskürtme veya tavalama yoluyla doğrudan gıda ürünlerinin yüzeylerine uygulanabilen ince yenilebilir malzeme katmanlarıdır. Yenilebilir ambalaj biçimleri, gıda ürünüyle birlikte veya gıda ürününün bir parçası olarak tüketilebilir, ancak hedeflenen gıda katkı maddeleri (antimikrobiyel ajanlar, antioksidanlar, tatlandırıcılar vb.) için taşıyıcı görevi görmek gibi başka işlevleri de yerine getirebilirler. Ayrıca nem, oksijen veya karbondioksit göçünü engellemek ve gıdanın mekanik bütünlüğünü veya işleme özelliklerini iyileştirmek için kullanılabilir [2]. Yenilebilirlik ve biyolojik olarak parçalanabilirlik, yenilebilir filmlerin ve kaplamaların en faydalı özellikleridir. Filmlerin ve kaplamaların yenilebilirliği, biyopolimerler, plastikleştiriciler ve diğer katkı maddeleri de dahil olmak üzere film ve kaplama bileşenleri gıda özellikli bileşenlerse elde edilebilir. Bu arada, tüm süreçler ve ekipmanlar gıda işleme için kabul edilebilir olmalıdır [3]. Proteinler, polisakkaritler ve lipid bazlı bileşikler yenilebilir film ve kaplama üretiminde taşıyıcı polimer olarak tek başlarına veya farklı oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Ayrıca filmlere antimikrobiyel madde eklenmesi ile gıdalardaki mikrobiyel bozulma geciktirilirken antioksidan madde ilavesi ile de oksidatif bozulmalar sınırlandırılabilir [4]. Protein bazlı filmler, lipid ve polisakkaritlerden elde edilenlerle karşılaştırıldığında etkileyici gaz bariyerine ve mekanik özelliklere sahiptir [5]. Son yıllarda soya proteini bol miktarda bulunması, ucuz, biyobozunur ve besleyici olmasından dolayı yenilebilir film üretiminde kullanımı incelenmeye başlanmıştır [6]. Ayrıca proteinden yapılan filmler gıdanın besleyici değerini destekleyebilir. Protein bazlı yenilebilir filmlerin mekanik özellikleri de polisakkarit ve yağ bazlı filmlerden daha iyidir. Çünkü proteinler, daha geniş bir fonksiyonel özellik yelpazesi, özellikle de yüksek moleküller arası bağlanma potansiyeli sağlayan benzersiz bir yapıya (20 farklı monomere dayalı) sahiptir. Protein bazlı yenilebilir filmler farklı pozisyonlarda bağlar oluşturabilir ve çok sayıda bağlantı oluşturma konusunda yüksek potansiyel sunar. Bununla birlikte, protein filmlerinin zayıf su buharı direnci ve sentetik polimerlerle karşılaştırıldığında daha düşük mekanik mukavemetleri, bunların gıdadaki paketleme uygulamalarını sınırlandırmaktadır [7]. Jelatin, kolajenden hidroliz yoluyla elde edilen protein fraksiyonlarıdır [8]. Jelatin, sol formundan jele geri dönüşümlü olarak değişebilen, soğuk suda şişen veya genleşen ve bir film oluşturabilen bir materyaldir. Genellikle jelatin,

gıda ambalajında yenilebilir film için hammadde olarak kullanılır [9]. Yenilebilir filmlerde, kırılabilirliği azaltmak için plastikleştirici kullanımı gerekmektedir. Plastikleştirici, moleküller arası kuvvetleri azaltarak ve polimer zincirlerinin hareketliliğini artırarak yenilebilir filmlerin işlenebilirliğini ve esnekliğini artırabilir. Su çok iyi bir plastikleştirici olmasına rağmen, düşük bağıl nemde dehidrasyonla kolayca kaybedilebilir. Filmlere polioller eklenmesi, filmlerin daha yüksek bağıl nemde dengelendiğinden su kaybını azaltabilir ve bağıl su miktarını artırabilir. Bu nedenlerden dolayı gliserol, sorbitol, propilen glikol ve etilen glikol gibi çeşitli polioller, yenilebilir filmler yapmak için plastikleştirici olarak kullanılmıştır [10]. Plastikleştiriciler, karıştırıldıkları polimerin cam geçiş sıcaklığını düşüren, gelişmiş işleme özelliklerine sahip, esnek veya yarı sert ürünler oluşturan, tipik olarak küçük organik moleküller olan katkı maddeleridir [11]. Hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler ve elektrostatik kuvvetlere dayalı olarak büyük protein moleküllerinin çözücü ortamında bir ağ yapısı oluşturduğu ve çözücünün büyük oranda uzaklaştırılması ile bu ağ yapının ortaya çıkardığı protein filmlerin kırılabilir olduğu bilinmektedir. Plastikleştiricilerin kullanımı ile daha düşük molekül ağırlıklı olan bu moleküller, büyük protein molekülleri arasında bağlantı noktaları oluşturmakta ve ortaya çıkan protein filmleri daha esnek olmaktadır. Protein filmlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için çeşitli hidrofilik plastikleştiriciler (gliserol, polietilen glikol, sorbitol, vb.) kullanılmaktadır [12]. Bazı araştırmacılar, yüksek viskoziteli film çözeltilerinin hava kabarcıklarını gidermeyi zorlaştıracağını ve ince katmanlar halinde dökümü engelleyeceğini bildirmiştir [14]. Bu çalışmada, taşıyıcı polimer olarak jelatin ve soya proteini ile plastikleştirici olarak gliserol, sorbitol, sukroz, polietilen glikol 200 ve polietilen glikol 400 kullanılarak elde edilen film çözeltilerinin sıcaklığa bağıl viskozite değişimi araştırılmıştır.

2 MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Bu çalışmada, taşıyıcı polimer olarak sığır derisi jelatini (Jel) ve soya proteini (Soy), plastikleştirici olarak ise karbon sayılarına göre sırasıyla gliserol (Gly, 3C), polietilen glikol 200 (Peg 200, 4C), sorbitol (Sor, 6C), polietilen glikol 400 (Peg 400, 9C), ve sukroz (Suc, 12C) kullanılmıştır. Proteinler %1, 2 ve 5 konsantrasyonunda, plastikleştiriciler ise protein oranına göre %0 (kontrol), 20, 40 ve 60 oranında kullanılarak toplam 120 farklı film çözeltisi hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan bütün kimyasallar analitik saflıktadır.

2.2 Metod

2.2.1 Film çözeltilerinin hazırlanması

Jel çözeltileri için saf suya %1, 2 ve 5 oranında (w/v) jelatin eklenmiş ve ardından ısıtıcılı manyetik karıştırıcı ile 50°C'de yaklaşık 15 dakika karıştırılmıştır. Bu stok çözelti kullanılarak %20, 40 ve 60 (w/w protein) oranında plastikleştirici içeren film çözeltileri hazırlanmıştır. Ardından 10 dakika boyunca 250 rpm hızda karıştırılmıştır. Soy çözeltileri Jel çözeltileri gibi hazırlanmış, farklı olarak soy çözeltilerine %1 oranında 1 N NaOH (sodyum hidroksit) eklenerek çözüldürülmüştür [15]. Yenilebilir film çözeltisi ve film üretimi akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.

2.2.2 Viskozite ölçümü

Viskozite ölçümü, Zhang ve arkadaşları [16] tarafından uygulanan yöntem değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Film çözeltilerinin viskozitesi, Brookfield DVIII Ultra reometre (Brookfield, ABD) ve küçük örnek adaptörü kullanılarak 30, 45 ve 60°C'de ölçülmüştür.

2.2.3 İstatistiksel analizler

Bütün ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, ANOVA ve Tukey-Kramer testleri ile analiz edilerek $P < 0.05$ güvenlik aralığında örnekler arasında önemli bir fark olup olmadığı ve hangi örnekler arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla, JMP 8.0 istatistik programı (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, ABD) kullanılmıştır.

3 BULGULAR VE TARTIŞMA

Soy film çözeltisi örneklerinde 30°C'de ölçülen viskozite değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Söz konusu örneklerden en yüksek viskozite değeri 16.90 ± 0.46 cP olarak tespit edilmiş ve bu değer %5 protein ve %60 oranında Sor içeren örnekte elde edilmiştir. %2 protein içeren örneklerde, %60 Suc içeren örneğin viskozitesi

4.10±0.13 cP bulunmuş ve bu değer diğerlerinden daha yüksektir. %1 protein içeren örnekte ise %60 oranında Peg400 içeren örneğin en yüksek viskoziteye (2.31±0.15 cP) sahip olduğu belirlenmiştir. Soy film çözeltisi örneklerinde %1, 2 ve 5 protein konsantrasyonlarında kontrol grubu örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, farklı oranlarda protein çözeltilerine ilave edilen plastikleştiriciler arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (P<0.05).



Şekil 1. Yenilebilir film çözeltisi ve film üretimi akış şeması

Tablo 1. Soy örneklerinin 30°C’de ölçülen viskozite değerleri (cP)

Polimer	Polimer konsantrasyonu	Plastikleştirici	Plastikleştirici Konsantrasyonu (%)			
			Kontrol	20	40	60
Soy	% 1	Gly	2.05±0.13 ^{Aaz}	1.92±0.13 ^{Aabz}	1.66±0.13 ^{Bbz}	1.66±0.13 ^{Bbz}
		Sor	2.05±0.13 ^{Baz}	1.66±0.13 ^{Abz}	1.66±0.13 ^{ABbz}	1.66±0.13 ^{ABbz}
		Suc	2.05±0.13 ^{Aaz}	1.92±0.13 ^{Babz}	1.54±0.13 ^{Bbz}	1.92±0.13 ^{Babz}
		Peg200	2.05±0.13 ^{Aaz}	2.06±0.25 ^{Aaz}	2.26±0.25 ^{Aaz}	2.26±0.46 ^{Aaz}
		Peg400	2.05±0.13 ^{Baz}	2.15±0.03 ^{Abaz}	2.12±0.01 ^{Baz}	2.31±0.15 ^{Aaz}
	% 2	Gly	3.58±0.13 ^{Abay}	3.71±0.13 ^{Aay}	3.58±0.13 ^{ABaby}	3.46±0.13 ^{Bcy}
		Sor	3.58±0.13 ^{Bay}	3.84±0.13 ^{Aay}	3.71±0.13 ^{Abay}	3.67±0.08 ^{ABby}
		Suc	3.58±0.13 ^{Bay}	3.71±0.13 ^{Bay}	3.62±0.08 ^{Baby}	4.10±0.13 ^{Aay}
		Peg200	3.58±0.13 ^{Aay}	3.84±0.13 ^{Aay}	3.75±0.08 ^{Aay}	3.75±0.08 ^{Aby}
		Peg400	3.58±0.13 ^{Abay}	3.75±0.08 ^{Aay}	3.46±0.13 ^{Bby}	3.75±0.08 ^{Aby}
	% 5	Gly	12.42±0.13 ^{Bax}	12.71±0.20 ^{Bax}	13.20±0.17 ^{Abx}	13.23±0.19 ^{Abx}
		Sor	12.42±0.13 ^{Cax}	12.03±0.13 ^{Cbx}	14.45±0.21 ^{Bax}	16.90±0.46 ^{Aax}
		Suc	12.42±0.13 ^{Aax}	12.03±0.13 ^{Bbx}	10.88±0.13 ^{Cdx}	9.22±0.13 ^{Dex}
		Peg200	12.42±0.13 ^{Aax}	11.05±0.09 ^{Ccx}	9.86±0.13 ^{Dcx}	11.90±0.13 ^{Bcx}
		Peg400	12.42±0.13 ^{Aax}	12.08±0.05 ^{Bcx}	11.78±0.13 ^{Ccx}	11.43±0.20 ^{Ddx}

A,B,C,D plastikleştiricilerin kendi konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. a,b,c,d plastikleştirici ve konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. x, y, z polimer konsantrasyonundaki plastikleştiricilerin kendi aralarındaki farkı (P<0.05) gösterir.

Soy örneklerinde 45°C’de ölçülen viskozite değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek viskozite değeri; %5 protein ve %60 Sor içeren örnekte 12.03±0.34 cP olarak tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonda protein-protein etkileşimlerinin baskın hale gelmesi ve artan konsantrasyonla daha fazla moleküler suyun hareketsiz hale gelmesi, bunun sonucunda Soy çözeltilerinin viskozitesinde giderek artan bir artışa yol açmaktadır [17].

Protein konsantrasyonu %2 olan örneklerde en yüksek viskozitenin, %40 oranında Gly ve Peg200, %60 Suc içeren örneklerde olduğu tespit edilmiştir. %1 Soy proteinde ise en yüksek viskozite değeri %60 Peg400 içeren

örnekte bulunmuştur. Plastikleştiriciler kendi aralarında kıyaslandığında, 3 farklı konsantrasyonda kullanılan plastikleştiriciler arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($P<0.05$).

Tablo 2. Soya örneklerinin 45°C’de ölçülen viskozite değerleri (cP)

Polimer	Polimer konsantrasyonu	Plastikleştirici	Kontrol	Plastikleştirici Konsantrasyonu (%)		
				20	40	60
Soya	%1	Gly	1.45±0.09 ^{Aaz}	1.28±0.13 ^{ABabz}	1.19±0.08 ^{Bbz}	1.41±0.13 ^{Abcz}
		Sor	1.45±0.09 ^{Aaz}	1.20±0.06 ^{Bbcz}	1.19±0.08 ^{Bbz}	1.41±0.13 ^{Abcz}
		Suc	1.45±0.09 ^{Aaz}	1.28±0.13 ^{ABabz}	1.15±0.13 ^{Bbz}	1.15±0.05 ^{Bcz}
		Peg200	1.45±0.09 ^{Aaz}	1.46±0.23 ^{Aaz}	1.68±0.21 ^{Aaz}	1.46±0.29 ^{Abz}
		Peg400	1.45±0.09 ^{Baabz}	1.00±0.05 ^{Ccz}	1.06±0.07 ^{Cbz}	2.07±0.05 ^{Aaz}
	%2	Gly	2.56±0.13 ^{Bay}	2.82±0.13 ^{Bby}	3.20±0.13 ^{Aay}	3.07±0.13 ^{Aay}
		Sor	2.56±0.13 ^{Cay}	3.03±0.08 ^{ABaby}	2.82±0.13 ^{Bby}	3.07±0.13 ^{Aay}
		Suc	2.56±0.13 ^{Cay}	2.95±0.12 ^{Baby}	2.94±0.13 ^{Bby}	3.20±0.13 ^{Aay}
		Peg200	2.56±0.13 ^{Bay}	3.07±0.13 ^{Aay}	3.20±0.13 ^{Aay}	3.11±0.08 ^{Aay}
		Peg400	2.56±0.13 ^{Bay}	2.94±0.13 ^{Aaby}	2.94±0.13 ^{Aby}	2.86±0.08 ^{Aby}
	%5	Gly	10.58±0.19 ^{Aax}	9.47±0.13 ^{Bbx}	9.63±0.46 ^{Bbx}	10.32±0.32 ^{Abx}
		Sor	10.58±0.19 ^{Bax}	8.70±0.13 ^{Ccx}	10.62±0.39 ^{Bax}	12.03±0.34 ^{Aax}
		Suc	10.58±0.19 ^{Aax}	9.39±0.19 ^{Bbx}	8.83±0.13 ^{Ccx}	7.42±0.26 ^{Dex}
		Peg200	10.58±0.19 ^{Aax}	8.28±0.27 ^{Cdx}	9.56±0.08 ^{Bbx}	9.51±0.20 ^{Bex}
		Peg400	10.58±0.19 ^{Aax}	9.90±0.16 ^{Bax}	9.17±0.19 ^{Cbcx}	8.70±0.39 ^{Ddx}

A,B,C,D plastikleştiricilerin kendi konsantrasyonları arasındaki farkı ($P<0.05$) gösterir. a,b,c,d plastikleştirici ve konsantrasyonları arasındaki farkı ($P<0.05$) gösterir. x, y, z polimer konsantrasyonundaki plastikleştiricilerin kendi aralarındaki farkı ($P<0.05$) gösterir.

Soya film örnekleri için 60°C sıcaklıkta elde edilen viskozite değerleri Tablo 3’te verilmiştir. En yüksek viskozite değeri %5 protein ve %60 Sor içeren örnekte elde edilmiş ve bu örneğin viskozitesinin 9.56±0.32 cP olduğu belirlenmiştir. %2 protein konsantrasyonunda %60 Gly içeren örneğin (3.07±0.13 cP) diğer örneklerle göre daha viskoz olduğu tespit edilmiştir. %1 protein konsantrasyonunda ise en yüksek viskozite değeri %60 Sor (1.18±0.08 cP) içeren örnekte elde edilmiştir. Ayrıca plastikleştiricilerin kendi aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0.05$).

Tablo 3. Soya örneklerinin 60°C’de ölçülen viskozite değerleri (cP)

Polimer	Polimer konsantrasyonu	Plastikleştirici	Kontrol	Plastikleştirici Konsantrasyonu (%)		
				20	40	60
Soya	%1	Gly	1.06±0.08 ^{Aaz}	1.06±0.08 ^{Aaz}	1.06±0.08 ^{Aabz}	1.06±0.08 ^{Aabz}
		Sor	1.06±0.08 ^{Aaz}	1.15±0.13 ^{Aaz}	1.15±0.13 ^{Aaz}	1.18±0.08 ^{Aaz}
		Suc	1.06±0.08 ^{ABaz}	1.15±0.08 ^{Aaz}	1.06±0.08 ^{ABabz}	1.02±0.08 ^{Bbz}
		Peg200	1.06±0.08 ^{Aaz}	1.10±0.05 ^{Aaz}	1.06±0.04 ^{Aabz}	1.12±0.03 ^{Aabz}
		Peg400	1.06±0.08 ^{Aaz}	0.53±0.31 ^{Bbz}	0.99±0.03 ^{Abz}	1.11±0.01 ^{Aabz}
	%2	Gly	2.34±0.08 ^{Bay}	2.43±0.13 ^{Ba}	2.60±0.20 ^{Bay}	3.07±0.13 ^{Aay}
		Sor	2.34±0.08 ^{Aay}	2.56±0.13 ^{Aay}	2.43±0.13 ^{Aaby}	2.43±0.13 ^{Aby}
		Suc	2.34±0.08 ^{Bay}	2.47±0.20 ^{Abay}	2.30±0.13 ^{Bby}	2.73±0.19 ^{Acy}
		Peg200	2.34±0.08 ^{Aay}	2.43±0.13 ^{Aay}	2.43±0.13 ^{Aaby}	2.47±0.08 ^{Acy}
		Peg400	2.34±0.08 ^{Aay}	2.52±0.27 ^{Aay}	2.60±0.20 ^{Aay}	2.43±0.13 ^{Acy}
	%5	Gly	6.44±0.08 ^{Cax}	8.25±0.11 ^{Abx}	8.04±0.09 ^{Bax}	7.85±0.20 ^{Ddx}
		Sor	6.44±0.08 ^{Cax}	6.78±0.26 ^{Ccdx}	8.19±0.13 ^{Bax}	9.56±0.32 ^{Aax}
		Suc	6.44±0.08 ^{BCax}	6.53±0.13 ^{Bdx}	7.38±0.27 ^{Abx}	6.19±0.19 ^{Cex}
		Peg200	6.44±0.08 ^{Cax}	7.08±0.20 ^{Bex}	8.15±0.19 ^{Aax}	8.15±0.19 ^{Abx}
		Peg400	6.44±0.08 ^{Dax}	8.84±0.19 ^{Aax}	7.55±0.34 ^{Bbx}	7.04±0.13 ^{Ccx}

A,B,C,D plastikleştiricilerin kendi konsantrasyonları arasındaki farkı ($P<0.05$) gösterir. a,b,c,d plastikleştirici ve konsantrasyonları arasındaki farkı ($P<0.05$) gösterir. x, y, z polimer konsantrasyonundaki plastikleştiricilerin kendi aralarındaki farkı ($P<0.05$) gösterir.

Jel örneklerinin 30°C'de ölçülen viskozite değerleri Tablo 4'te verilmiştir. %5 protein konsantrasyonu ve %60 Suc içeren örneğin en yüksek viskoziteye (4.99±0.13 cP) sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen en yüksek viskozite değerleri; %2 Jel için %20 Sor içeren örnekte 2.34±0.08 cP, %1 Jel için %40 Gly içeren örnekte 1.71±0.19 cP olarak tespit edilmiştir. Sor ve Gly içeren Jel film çözeltilerinin plastikleştirici oranları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (P<0.05).

Tablo 4. Jel örneklerinin 30°C'de ölçülen viskozite değerleri (cP)

Polimer	Polimer konsantrasyonu	Plastikleştirici	Kontrol	Plastikleştirici Konsantrasyonu (%)		
				20	40	60
Jel	% 1	Gly	1.53±0.13 ^{Aaz}	1.54±0.13 ^{Aay}	1.71±0.19 ^{Aay}	1.45±0.08 ^{Aaz}
		Sor	1.53±0.13 ^{Aaz}	1.37±0.08 ^{Aaz}	1.37±0.08 ^{Abz}	1.54±0.13 ^{Aay}
		Suc	1.53±0.13 ^{Aaz}	1.54±0.13 ^{Aay}	1.54±0.13 ^{Aaby}	1.54±0.13 ^{Aay}
		Peg200	1.53±0.13 ^{Aaz}	1.41±0.13 ^{Aaz}	1.41±0.13 ^{Abz}	1.45±0.08 ^{Aaz}
		Peg400	1.53±0.13 ^{Aaz}	1.54±0.13 ^{Aaz}	1.45±0.19 ^{Aaby}	1.45±0.08 ^{Aaz}
	% 2	Gly	1.96±0.08 ^{Abay}	1.79±0.13 ^{Bcy}	1.92±0.13 ^{Abay}	2.05±0.13 ^{Aay}
		Sor	1.96±0.08 ^{Bay}	2.34±0.08 ^{Aay}	2.05±0.13 ^{Bay}	1.92±0.13 ^{Bay}
		Suc	1.96±0.08 ^{Aay}	1.96±0.08 ^{Abcy}	1.96±0.08 ^{Aay}	1.96±0.08 ^{Aay}
		Peg200	1.96±0.08 ^{Aay}	2.01±0.08 ^{Abz}	2.05±0.13 ^{Aay}	2.01±0.06 ^{Aay}
		Peg400	1.96±0.08 ^{Aay}	2.05±0.13 ^{Abz}	1.92±0.13 ^{Aay}	2.05±0.13 ^{Aay}
	% 5	Gly	4.22±0.13 ^{Aax}	3.97±0.13 ^{Bcx}	4.26±0.08 ^{Acx}	4.35±0.13 ^{Acx}
		Sor	4.22±0.13 ^{Bax}	4.22±0.13 ^{Bbx}	4.45±0.03 ^{Abcx}	4.61±0.13 ^{Abx}
		Suc	4.22±0.13 ^{Bax}	4.18±0.07 ^{Bbx}	4.22±0.13 ^{Bcx}	4.99±0.13 ^{Aax}
		Peg200	4.22±0.13 ^{Bax}	4.48±0.13 ^{Aax}	4.61±0.13 ^{Abx}	4.61±0.13 ^{Abx}
		Peg400	4.22±0.13 ^{Cax}	4.57±0.08 ^{Bax}	4.91±0.19 ^{Aax}	4.74±0.13 ^{ABbx}

A,B,C,D plastikleştiricilerin kendi konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. a,b,c,d plastikleştirici ve konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. x, y, z polimer konsantrasyonundaki plastikleştiricilerin kendi aralarındaki farkı (P<0.05) gösterir.

Tablo 5. Jel örneklerinin 45°C'de ölçülen viskozite değerleri (cP)

Polimer	Polimer konsantrasyonu.	Plastikleştirici	Kontrol	Plastikleştirici Konsantrasyonu (%)		
				20	40	60
Jel	% 1	Gly	1.11±0.08 ^{Baz}	1.19±0.08 ^{ABaz}	1.28±0.13 ^{Aay}	1.19±0.08 ^{ABaz}
		Sor	1.11±0.08 ^{Aaz}	1.19±0.08 ^{Aaz}	1.19±0.08 ^{Aaz}	1.19±0.08 ^{Aaz}
		Suc	1.11±0.08 ^{Aaz}	1.19±0.08 ^{Aaz}	1.19±0.08 ^{Aaz}	1.11±0.08 ^{Aaz}
		Peg200	1.11±0.08 ^{Aaz}	1.11±0.08 ^{Aaz}	1.19±0.08 ^{Aaz}	1.15±0.08 ^{Aaz}
		Peg400	1.11±0.08 ^{Aaz}	1.15±0.13 ^{Aaz}	1.15±0.13 ^{Aaz}	1.15±0.13 ^{Aaz}
	% 2	Gly	1.54±0.13 ^{Abay}	1.41±0.13 ^{Bcy}	1.66±0.13 ^{Aay}	1.66±0.13 ^{Aay}
		Sor	1.54±0.13 ^{Bay}	1.92±0.13 ^{Aay}	1.66±0.13 ^{Bay}	1.54±0.13 ^{Bay}
		Suc	1.54±0.13 ^{Aay}	1.66±0.13 ^{Abz}	1.54±0.13 ^{Aay}	1.54±0.13 ^{Aay}
		Peg200	1.54±0.13 ^{Aay}	1.45±0.08 ^{Abcy}	1.54±0.13 ^{Aay}	1.45±0.08 ^{Aay}
		Peg400	1.54±0.13 ^{Aay}	1.54±0.13 ^{Abz}	1.45±0.08 ^{Aay}	1.54±0.13 ^{Aay}
	% 5	Gly	2.90±0.07 ^{Bax}	3.46±0.13 ^{Aax}	3.63±0.13 ^{Aax}	3.76±0.32 ^{Aabx}
		Sor	2.90±0.07 ^{Bax}	3.37±0.19 ^{Aax}	3.49±0.09 ^{Aax}	3.54±0.19 ^{Abx}
		Suc	2.90±0.07 ^{Cax}	3.46±0.26 ^{Bax}	3.54±0.27 ^{Bax}	4.18±3.03 ^{Aax}
		Peg200	2.90±0.07 ^{Bax}	3.50±0.14 ^{Aax}	3.33±0.13 ^{Aax}	3.54±0.27 ^{Abx}
		Peg400	2.90±0.07 ^{Cax}	3.37±0.15 ^{Bax}	3.33±0.15 ^{Bax}	3.71±0.13 ^{Abx}

A,B,C,D plastikleştiricilerin kendi konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. a,b,c,d plastikleştirici ve konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. x, y, z polimer konsantrasyonundaki plastikleştiricilerin kendi aralarındaki farkı (P<0.05) gösterir.

Jelatin konsantrasyonunun artması, jelatin moleküllerinin moleküller arası çapraz bağlanma kabiliyeti nedeniyle film çözeltisinin viskozitesini artırır [18]. Soya proteininde olduğu gibi Jel proteininde de en yüksek viskozite

değeri 30°C'de elde edilmiştir. Önceki çalışmalar, çözeltinin viskozitesi çok yüksek olduğunda filmde oluşan görünür hava kabarcıklarının giderilmesinin zorlaştığını ve film çözeltisinin hazırlanması sırasında bileşenlerin dağılmasını engellediğini göstermiştir [19].

Jel film örneklerinde 45°C'de elde edilen viskozite değerleri Tablo 5'te verilmiştir. En yüksek viskozite değeri, %5 protein ve %60 Suc içeren örnekte (4.18±3.13 cP) olduğu tespit edilmiştir. %2 protein için %20 Sor içeren örnek (1.92±0.13 cP) ve %1 protein için %40 Gly içeren örnekler (1.28±0.13 cP) en yüksek viskozite değerlerine sahip olmuştur. Xue ve arkadaşları [20] yaptıkları çalışmada sakız akasya konjugatları-soya protein izolatları içine uçucu yağ içeren emülsiyonlar üretip içerisine %40 oranında Gly eklemiştirlerdir. Ürettikleri film çözeltilerinin uçucu yağ içermeyen örnekten daha viskoz olduğunu belirlemiştirlerdir.

Tablo 6. Jel örneklerinin 60°C'de ölçülen viskozite değerleri (cP)

Polimer kon.	Plastikleştirici	Plastikleştirici Konsantrasyonu (%)				
		Kontrol	20	40	60	
Jel	%1	Gly	0.90±0.13 ^{Aaz}	0.90±0.13 ^{Aay}	0.90±0.13 ^{Aaz}	1.02±0.13 ^{Aay}
		Sor	0.90±0.13 ^{Aaz}	0.98±0.19 ^{Aaz}	0.98±0.19 ^{Aaz}	0.90±0.13 ^{Aay}
		Suc	0.90±0.13 ^{Aaz}	0.90±0.13 ^{Aa}	0.90±0.13 ^{Aaz}	0.90±0.13 ^{Aaz}
		Peg200	0.90±0.13 ^{Aaz}	0.90±0.13 ^{Aa}	0.90±0.13 ^{Aay}	0.90±0.13 ^{Aay}
		Peg400	0.90±0.13 ^{Aaz}	0.98±0.19 ^{Aa}	0.98±0.19 ^{Aay}	0.98±0.19 ^{Aay}
	%2	Gly	1.28±0.13 ^{Abay}	1.11±0.08 ^{Bcy}	1.41±0.13 ^{Aay}	1.15±0.13 ^{Bay}
		Sor	1.28±0.13 ^{Bay}	1.15±0.13 ^{Aay}	1.32±0.08 ^{ABaby}	1.15±0.13 ^{Bay}
		Suc	1.28±0.13 ^{Aay}	1.37±0.08 ^{Aaby}	1.24±0.08 ^{Ab}	1.28±0.13 ^{Aay}
		Peg200	1.28±0.13 ^{Aay}	1.19±0.08 ^{ABcy}	1.19±0.08 ^{Ab}	1.15±0.13 ^{Aay}
		Peg400	1.28±0.13 ^{Aay}	1.15±0.13 ^{Acy}	1.15±0.13 ^{Ab}	1.19±0.08 ^{Aay}
	%5	Gly	2.43±0.13 ^{Bax}	2.60±0.20 ^{ABax}	2.73±0.19 ^{ABax}	2.80±0.15 ^{Aabx}
		Sor	2.43±0.13 ^{Aax}	2.65±0.20 ^{Aax}	2.58±0.07 ^{Aax}	2.69±0.13 ^{Abx}
		Suc	2.43±0.13 ^{Bax}	2.73±0.32 ^{ABax}	2.69±0.13 ^{ABax}	3.03±0.08 ^{Aax}
		Peg200	2.43±0.13 ^{Bax}	2.82±0.13 ^{Aax}	2.82±0.13 ^{Aax}	2.78±0.08 ^{Abx}
		Peg400	2.43±0.13 ^{Bax}	2.47±0.20 ^{ABax}	2.82±0.26 ^{Aax}	2.77±0.19 ^{ABbx}

A,B,C,D plastikleştiricilerin kendi konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. a,b,c,d plastikleştirici ve konsantrasyonları arasındaki farkı (P<0.05) gösterir. x, y, z polimer konsantrasyonundaki plastikleştiricilerin kendi aralarındaki farkı (P<0.05) gösterir.

Plastikleştiriciler arasındaki farklara bakıldığında, %1 Jel için Sor, Suc, Peg200 ve Peg400 içeren örneklerde plastikleştirici oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış (P>0.05), Gly içeren Jel örneklerinde ise önemli bulunmuştur (P<0.05). %2 Jel film örneklerinde; Suc, Peg200 ve Peg400 bulunan örneklerde plastikleştirici oranları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmazken (P>0.05), Gly ve Sor kullanılan Jel çözeltilerinde ise aradaki fark önemli bulunmuştur (P<0.05). Plastikleştiriciler kendi aralarında değerlendirilmeye alındığında, %1 Jel film çözeltisi Sor, Suc, Peg200 ve Peg400 kullanılan örneklerde plastikleştiricilerin oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış (P>0.05), Gly ihtiva eden Jel örneklerinde ise önemli bulunmuştur (P<0.05). %2 Jel film çözeltisinde, Suc, Peg200 ve Peg400 ihtiva eden örneklerde plastikleştirici oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken (P>0.05), Gly ve Sor ihtiva eden Jel örneklerinde ise aradaki fark önemli bulunmuştur (P<0.05).

Jel örneklerinin 60°C'deki viskozite değerleri Tablo 6'da verilmiştir. %5 protein ve %60 Suc içeren örneğin (3.03±0.08 cP), %2 protein ve %40 Gly içeren örneğin (1.41±0.13 cP), %1 protein ve %60 Gly içeren örneğin (1.02±0.13 cP) en yüksek viskoziteye sahip örnekler olduğu tespit edilmiştir. Wang ve arkadaşları [21], jelatin ile ürettikleri çözeltide konsantrasyon arttıkça viskozitenin de arttığını belirlemiştirlerdir. %1 protein içeren örneklerde plastikleştirici konsantrasyonu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Film çözeltilerinden %2 Jel içeren örneklerde; Suc, Peg200 ve Peg400 içeren örneklerin viskozitesi arasındaki fark önemli değilken, Gly ve Sor ihtiva eden örneklerde önemlidir (P<0.05). Hassan ve Norziah [22] nişasta ve jelatin polimerlerinden ürettikleri film örneklerinde plastikleştirici olarak Gly ve Sor kullanmıştır. Düşük polimer konsantrasyonunda, Gly içeren film örneğinin viskozitesinin nispeten daha yüksek olduğu, yüksek polimer konsantrasyonunda ise Gly ve Sor arasında önemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da Jel örneklerinde genel olarak Gly ve Sor arasında önemli bir fark bulunmadığını göstermiştir.

4 SONUÇLAR

Jel ve Soy film örneklerinin viskozite sonuçlarına bakıldığında, protein oranı arttıkça viskozitenin arttığı ve plastikleştiriciler arasında özellikle yüksek protein ve plastikleştirici konsantrasyonlarında önemli farklılıklar ortaya çıktığı görülmüştür. Soy örnekleri içinde en viskoz örnek 30°C'de viskozite ölçümü yapılan %5 protein ve %60 Sor içeren örnektir. Jel örnekleri içinde ise en viskoz örnek yine 30°C'de ölçümü yapılan %5 protein ve %60 Suc içeren örnektir. Beklendiği gibi, örneklerin viskozitesi düşük sıcaklıkta en yüksek değerleri almış, bununla birlikte protein ve plastikleştirici konsantrasyonu viskozite üzerine önemli düzeyde etki göstermiştir. Artan protein oranı ile birlikte kullanılan plastikleştirici miktarının artması viskozitenin daha fazla artmasına neden olmuştur. Sükroz ve sorbitolün çalışmada kullanılan diğer plastikleştiricilere göre film çözeltilerinin viskozitesini daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yenilebilir film ve kaplamalar ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalara yol göstereceği ve literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2020-9223 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Yazar Katkıları

Güneş KOÇ: Metodoloji, Doğrulama, Veri Analizi, Araştırma, Materyaller / Kaynaklar, Veri İyileştirme, Yazım - Özgün Taslak, Görselleştirme

Gülistan OKUTAN: Metodoloji, Doğrulama, Veri analizi, Araştırma, Materyaller / Kaynaklar, Veri İyileştirme, Yazım - Özgün Taslak, Görselleştirme

Gökhan BORAN: Kavramlaştırma, Metodoloji, Materyaller / Kaynaklar, Veri İyileştirme, Yazım - Değerlendirme & Düzenleme, Süpervizyon, Proje yönetimi, Finansman temini

Yazarlar makalenin son halini okuyup onaylamışlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynakça

- [1] D. K. G. Özkök, "Üç farklı protein kaynağı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin peynirin raf ömrü üzerindeki etkisinin incelenmesi," İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
- [2] A. O'Sullivan, N.B. Shaw, S.C. Murphy, J.W. van de Vis, H. van Pelt-Heerschap, J. P. Kerry, "Extraction of collagen from fish skins and its use in the manufacture of biopolymer films," *Journal of Aquatic Food Products Technology*, vol. 15 (1), pp. 21–32, Oct, 2006.
- [3] E. Tavassoli-Kafrani, H. Shekarchizadeh, M. Masoudpour-Behabadi, "Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans," *Carbohydrate Polymers*, vol. 137, pp. 360-374, Feb, 2016.
- [4] Y. Alparslan, T. Baygar, H. Hasanhocaoğlu, C. Metin, "Effects of gelatin-based edible films enriched with laurel essential oil on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 52(3), pp. 325-333, Feb, 2014.
- [5] S. Y. Ou, K. C. Kwok, Y. J. Kang, "Changes in in vitro digestibility and available lysine of soy protein isolate after formation of film," *Journal of Food Engineering*, vol. 64(3), pp. 301–305, Sep, 2004.
- [6] N. Cao, Y. Fu, J. He, "Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films," *Food Hydrocolloids*, vol. 21(7), pp. 1153-1162, Oct, 2007.
- [7] T. Bourtoom, "Edible protein films: Properties enhancement," *International Food Research Journal*, vol. 16(1), pp. 1-9, Jan, 2009.
- [8] C. Liu, J. Huang, X. Zheng, S. Liu, K. Lu, K. Tang, J. Liu, "Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend edible films for food packaging applications," *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 24, pp. 100485, Jun, 2020.
- [9] I. F. Nata et al., "Influence of soy protein isolate on gelatin-based edible film properties" in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 156, pp. 01014.

- [10] P. Zhang, Y. Zhao, Q. Shi, "Characterization of a novel edible film based on gum ghatti: Effect of plasticizer type and concentration," *Carbohydrate Polymers*, vol. 153, pp. 345-355, Nov, 2016.
- [11] R. Sothornvit, J. M. Krochta, "Plasticizer effect on mechanical properties of β -lactoglobulin films," *Journal of Food Engineering*, vol. 50(3), pp. 149-155, Nov, 2001.
- [12] R. Jahmarani, H. C. Erythropel, J. A. Nicell, R. L. Leask, M. Marić, "How green is your plasticizer?," *Polymers*, vol. 10(8), pp. 834, Jul, 2018.
- [13] X. Xu, W. Liu, L. Zhang, "Rheological behavior of Aeromonas gum in aqueous solutions," *Food Hydrocolloids*, vol. 20(5), pp. 723-729, July, 2006.
- [14] B. Cuq, C. Aymard, J. L. Cuq, S. Guilbert, "Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: formulation and functional properties," *Journal of Food Science*, vol. 60(6), pp. 1369-1374, Nov, 1995.
- [15] W. Theerawitayaart, T. Prodpran, S. Benjakul, P. Sookchoo, "Properties of films from fish gelatin prepared by molecular modification and direct addition of oxidized linoleic acid," *Food Hydrocolloids*, vol. 88, pp. 291-300, Mar, 2019.
- [16] R. Zhang, T. Belwal, L. Li, X. Lin, Y. Xu, Z. Luo, "Recent advances in polysaccharides stabilized emulsions for encapsulation and delivery of bioactive food ingredients A Review," *Carbohydrate Polymers*, vol. 242, pp. 116-388, Aug, 2020.
- [17] P. Liu, H. Xu, Y. Zhao, Y. Yang, "Rheological properties of soy protein isolate solution for fibers and films," *Food Hydrocolloids*, vol. 64, pp. 149-156, Mar, 2017.
- [18] A. Sancakli, B. Basaran, F. Arican, O. Polat, "Effects of bovine gelatin viscosity on gelatin-based edible film mechanical, physical and morphological properties," *SN Applied Sciences*, vol. 3(1), pp. 8, Jan, 2021.
- [19] Q. Ma, L. Du, Y. Yang, L. Wang, "Rheology of film-forming solutions and physical properties of tara gum film reinforced with polyvinyl alcohol (PVA)," *Food Hydrocolloids*, vol. 63, pp. 677e684, Feb, 2017.
- [20] F. Xue, Y. Gu, Y. Wang, C. Li, B. Adhikari, "Encapsulation of essential oil in emulsion based edible films prepared by soy protein isolate-gum acacia conjugates," *Food Hydrocolloids*, vol. 96, pp. 178-18, Nov, 2019.
- [21] L. Z. Wang, L. Liu, J. Holmes, J. F. Kerry, J. P. Kerry, "Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 42(9), pp. 1128-1138, Jun, 2007.
- [22] A. A. Al-Hassan, M. H. Norziah, "Starch-gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers," *Food Hydrocolloids*, vol. 26(1), pp. 108-117, Jan, 2012.