

Sıvı Kauçukların Kord Bezi Kaplama Hamurunun Dispersiyon ve Mekanik Özelliklerine Etkileri

^{1a}Enes Kılıç, ^{1b}Furkan Çeltik, ²Mustafa Özgür Bora and ³Ekrem Altuncu

^{1a} ÖZKA Lastik ve Kauçuk Ar-Ge Merkezi, Kocaeli, Türkiye, E-mail: eneskilic@ozkalastik.com

^{1b} ÖZKA Lastik ve Kauçuk Ar-Ge Merkezi, Kocaeli, Türkiye, E-mail: furkanceltik@ozkalastik.com

² Kocaeli Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Kocaeli, Türkiye, E-mail: ozgur.bora@kocaeli.edu.tr

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Malzeme ve Üretim Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi-SUMAR, Sakarya, Türkiye, E-mail: altuncu@subu.edu.tr

Özet:

Lastiklerde iskelet yapısını, ham kord bezinin kaplama hamuru ile kaplanması sonucu oluşan kaplanmış kord bezleri sağlar. Kord bezi olarak aramid, rayon, karbon elyaf, naylon ve polyester olmak üzere çok sayıda elyaf tipi kullanılabilir ve hangi elyafın kullanılacağına, lastikten beklenen performansa göre karar verilir. Bu kaplamada hamur ile elyafın uyumu gerek performans gerekse yapışma açısından çok önemlidir. Doğal ve sentetik kauçuk, dolgu maddeleri, reçineler, pişiriciler ve diğer proses kimyasalları bu bileşiklerin üretiminde kullanılan ana hammaddelerdir.

Bu çalışmada temel olarak sıvı kauçukların farklı oranlarda kullanılması ile kauçuk bileşiminin pişim performansı, mekanik özellikleri, dispersiyon özellikleri ve proses edilebilirlik gibi değerlere etkilerini incelemek ve analiz etmek amaçlanmıştır. Sonuç olarak, farklı oranlarda ve farklı tiplerdeki kauçukların, tüm bu konulardaki değerlerde gözle görülür değişime sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Key words: Dynamic-Mechanical Properties, RPA, Liquid Rubber, Dispersibility, Fabric

Abstract:

The carcass structure of tires occurs coated cord fabric that covering fabric by rubber compound. Many fiber types such as aramid, rayon, carbon fiber, nylon and polyester can be used as cord fabric, and which fiber to use is decided according to the performance expected from the tire. In this coating, the compatibility of rubber compound and fiber is very important in terms of performance and adhesion. Natural and synthetic rubber, fillers, resins, curatives and other process chemicals mixtures are the main raw materials used in manufacturing of this compounds.

In this study, mainly to analyze the effect of using ratio of added to different liquid rubber mixtures on curing performance, mechanical properties, dispersibility and processability properties was examined in detail. As a result of the proportion of liquid rubbers and the liquid rubber type, visible effect in process efficiency of the tire rubber production and its mechanical properties of were detected.

Key words: Dynamic-Mechanical Properties, RPA, Liquid Rubber, Dispersibility, Fabric

1. Giriş

Lastik, ilk üretiminden sonra günümüze kadar geçen beş bin yıllık süreçte birçok revizyona uğramıştır. Günümüzde kullandığımız lastikler, 19 yy.'da kauçuğun keşfi ile birlikte kullanılmaya başlanmışsa da yüksek performans ve dayanım sağlayan araç lastikleri 20 yy.'da elde edilmiştir. Geliştirilmeye açık bir sektör haline gelen ve bu alanda halen birçok çalışma devam etmektedir [1].

Lastiğin başlıca görevleri arasında;

- Aracın yükünü taşımak,
- Araç ile yol arasında yay-sönüm elemanı olarak iş görmek,
- Motor kuvvetini zemine aktarmak, muharrik kuvveti ve fren kuvvetini sağlamak, zemin üzerinde mümkün olduğunca büyük bir temas yüzeyi gerçekleştirmek olarak belirtilebilir [2].

Gelişen teknoloji ile lastikten beklenti daha da çeşitlenmiş ve artmıştır. Böylece;

- Yakıt tasarrufu,
- Sessiz çalışma,
- Dış açılabilme, tamir edilebilme, kaplanabilme,
- Yüksek süratlere dayanma
- Yüksek süratlerde konfor gibi özellikler beklenmektedir.

Ancak sayılan özelliklerin tamamına sahip bir malzeme yapmak neredeyse imkansızdır. Bu sebeple ekonomi, konfor, performans arasında optimum bir denge sağlanmalıdır.

1.1. Sıvı kauçuklar

Sıvı kauçuklar, düşük molekül ağırlıklı kauçuklar olarak tanımlanmaktadır. Molekül ağırlıkları polimerizasyon esnasında kontrollü bir şekilde, normal kauçuklara göre çok daha az tutularak viskoz bir halde kalmaları sağlanmaktadır. Sıvı kauçuklar düşük molekül ağırlıkları sebebiyle prosese plastikleştirici olarak katılmaktadırlar. Ancak bunun yanında çapraz bağlanabilme yetenekleri sayesinde vulkanizasyon sırasında reaksiyona katılmaktadırlar. Bu özellikleri ile de geleneksel plastikleştiricilerin aksine reaksiyonun verimine ve hızına etki etmektedirler.

Düşük Tg (Camsı geçiş sıcaklığı) sıcaklığına sahip oldukları için düşük sıcaklıklarda kauçuksu özellikler göstermektedir. Böylece düşük sıcaklıklar da malzemelerin elastik davranışlarını geliştirmektedir. Düşük sıcaklıklarda elastik davranışlarında kayıp olmaması sebebi ile sönümleme faktöründe ($\tan \delta$) kayıpta az olmaktadır.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Kullanılan Malzemeler

Gerçekleştirilen çalışmalarda kord kaplama hamurlarında kullanılan malzemeler ile ilgili genel bilgiler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kaplama Hamurunda Kullanılan Kauçuk ve Kimyasallar

MALZEME İSMİ	Kimyasal İsmi	Tedarikçi Firma
SIR-20	Standart Endonezya Kauçuğu	Almar Tr.
CODE 326	Yüksek Aşınma Karbon Siyahı	Alexandria Carbon Black
SİLİKA	Ultrasil Vn2	Ege Kimya
ÇİNKO OKSİT	Aktivatör	Meloş A.Ş
STEARİK ASİT	Aktivatör	Klk Oleo Chem.
YAĞ	Parafinik Yağ	Petrol Ofisi
PEPTİZER	Dibenzamin Difenil Disülfid	Swan Chemicals, Usa
REÇİNE	Termoplastik Fenolik Reçine	SI Group
PARAFİN WAX	Yaşlanma Önleyici	Ser Wax Industry
MİKRO KRİSTALİN WAX	Yaşlanma Önleyici	Ser Wax Industry
6PPD	N-(1,3-Dimetilbutil)-N'-Phenil-1,4-Benzendiamin	Rhein Chemie
TMQ	1,2 Dihidro 2,2,4 Trimetil Quinoline	Rhein Chemie
KÜKÜRT	Insoluble	Lanxess
CBS	N-Sikloheksil-2-Benzothiazol Sülfenamid	Duslo
DCBS	N,N'-Disikloheksil-2-Benzothiazol Sülfenamide	Puyang Willing
HMT	Hekzametilen Tetramin	Cyrez
PVI	N-(Sikloheksilthio) Fitalimide	Puyang Willing
LIR 403	Sıvı Kauçuk	Kuraray Co
LIR 410	Sıvı Kauçuk	Kuraray Co

2.2. Karışım Reçeteleri

Tablo 2.2’ te sırasıyla çalışmalarda LIR-403 ve LIR-410 sıvı kauçuklar kullanılarak hazırlanan karışımlar verilmiştir.

Tablo 2.2. LIR403 ve LIR410 sıvı kauçuğu ile hazırlanmış karışımlar

Karışım Kodu	REF	2,5 L-403	5 L-403	10 L-403	2,5 L-410	2,5 L-410	2,5 L-410
	Miktar (phr)						
LIR 403 / 410		2,5	5	10	2,5	5	10
INSULFUR	4,2	4,3	4,4	4,6	4,3	4,4	4,6
ZnO	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
DCBS	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
CBS	0,5	0,5	-	-	0,5	-	-
HMT80	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
PAVI	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

2.3. Kauçuk Karıştırma Ekipmanları

2.3.1. Banbury

Banburyler plastik ve lastik sektöründe çok tercih edilen ısı ve basıncı aynı anda kullanarak hacimlerine göre farklı kg'lerde karıştırma sağlayabilen büyük mikserlerdir [3].

Bölüm 2.2'de belirtilen karışımlar, HF Mixing Group firmasının 270 Litrelik tangential rotorlu banburylerinde karıştırılmıştır. Nonprodaktif karışımlar banburyde tam otomatik karıştırılmış, sülfür ve diğer akseleratör sistemleri açık milde operatör tarafından eklenerek karıştırılmıştır.

2.3.2. Açık mil sistemi

Banbury'e göre daha basit yapılı bir karıştırma aletidir. Birbirine ters yönde ve farklı hızlarda dönen iki milden oluşmaktadır. Banbury'de hazır hale getirilen hamur ile iki kilogramlık karışımlar açık mil yardımı ile karıştırılmıştır. Mil sıcaklığı 80 °C sıcaklığa ayarlanmıştır. Bu kademe de sadece sülfür, akseleratörler ve diğer pişiri ajanları eklenmiştir.

2.4. Kauçuk Karakterizasyon Yöntemleri

2.4.1. Reometre (MDR)

Bölüm 2.2'de belirtilen Tablo 2.2'deki karışımların pişim özellikleri ASTM D 5289 standartına göre Alpha Technologies Reometre Cihazı'nda ölçülmüştür. Ölçümlerde, sabit hacimli kalıba, sabit frekansta ısı ve basınç uygulanarak deformasyon oluşturulmuş ve pişim eğrisi elde edilmiştir. Birimi Nm'dir.

2.4.2. Mooney viskozimetre testi

Mooney cihazı ile kauçuk malzemelerin viskoziteleri ölçülmektedir. Hareketli döner rotor ve sabit üst kalıp arasında kalan kauçuğun sabit sıcaklık altında rotorun hareketine 3x3 cm boyutlarındaki malzemenin göstermiş olduğu direnç ile viskozitesi belirlenmektedir [4]. Bu test için ASTM D1646 standartı referans alınmış ve ML (mooney low) 1+1,5 (100 °C) olarak ölçülmüştür.

2.4.3. Kauçuk proses analizörü (Rubber process analyzer-RPA)

RPA cihazı kauçuğun pişme öncesi, pişme ve pişme sonrası davranışlarının analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Kauçuk malzemenin pişme sonrasında farklı frekanslarda, farklı açılarda, farklı sıcaklıklarda ölçümünü sağlayan malzemenin proses etmeden önce sergileyeceği davranışları simüle eden bir test cihazıdır. RPA cihazı ile kauçuk malzemelerin kayıp modülleri (G''), depo modülleri (G'), sönümleme faktörü ($\tan \delta$) ve kompleks viskozite (n^*) gibi özelliklerini belirlenebilmektedir [5].

2.4.4. Çekme testi

ÖZ-KA lastik bünyesinde bulunan Zwick (Yük kapasitesi üst çene için 10kN, alt çene için 2,5 kN'dir) marka çekme cihazı ile farklı karışımlardaki kauçuk malzemelerin çekme dayanımı, kopmada yüzde uzama, ve çekme modülü değerleri belirlenmiştir. [6] Çekme testlerinde 150 °C'de (150 °C optimal pişim süreleri reometre de belirlenmiştir.) pişirilen numuneler ASTM D412 standardına göre dogbone şeklinde hazırlanmıştır. Çekme işlemi boyunca uygulanan kuvvet/ boyutsal değişim kayıt altına alınmaktadır. Modül değerleri, ASTM D412 standardına göre Zwick Roell Z010 marka tensometre ile ölçülmüştür. Herbir karışım için beş adet numune test edilmiş olup sonuçlar standart sapma belirtilerek verilmiştir.

2.4.5. Yaşlandırma testi

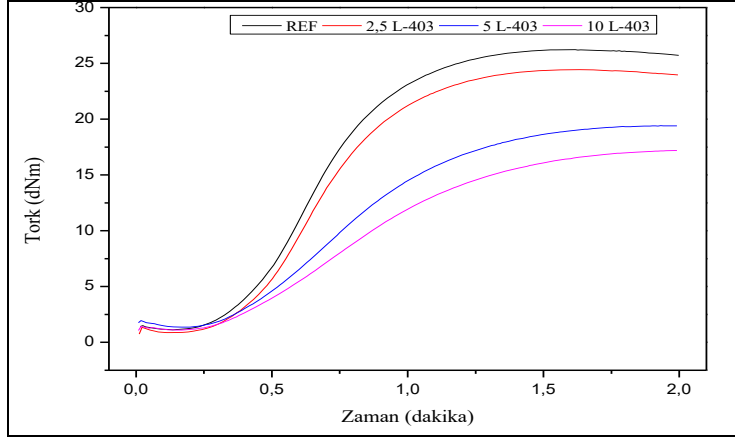
Isıl yaşlandırma testi Şekil 3.11.'de gösterilen etüvde gerçekleştirilmiştir. Doğal kauçuğun servis sıcaklığı 70-75 °C'dir. Bu esasa dayanarak yaşlandırma işlemi 75 °C ve 72 saat olarak belirlenmiş olup, bütün numunelere bu esas uygulanmıştır. Yaşlanma uygulanan numuneler yeniden teste tabii tutulmuştur. Sıcaklığın mekanik özelliklere etkisi gözlemlenmiştir.

3. Bulgular

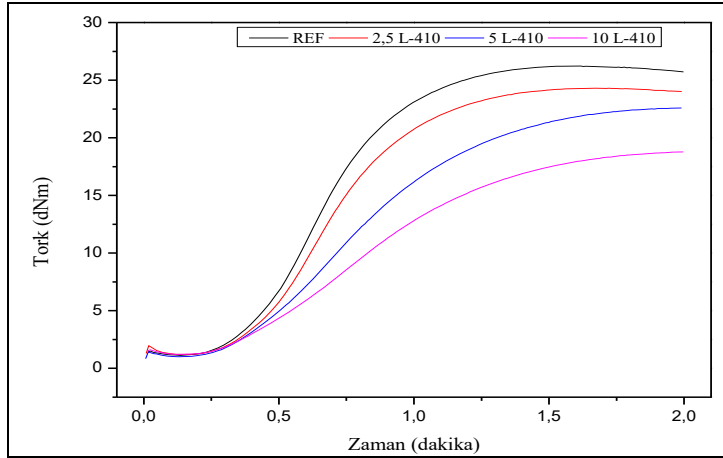
Bu çalışmada, doğal kauçuk esaslı kaplama hamurunun, isopren esaslı karboksilli sıvı kauçuklar ile kaplama hamurunun mekanik, reolojik özelliklerindeki değişim değerlendirilmiştir. Her iki sıvı kauçuk türü de benzer PHR (2,5, 5, 10) oranlarında karıştırılmış ve optimum değerler saptanmaya çalışılmıştır. Her iki sıvı kauçuk türü de referans reçete ile karşılaştırılmıştır.

3.1. Hamurların Reolojik Özellikleri

LIR-403 ve LIR-410 kullanılarak hazırlanan hamurların 191 °C ve 2 dakikada gerçekleştirilen pişim testinde elde edilen reometre eğrileri sırasıyla Şekil 3.1’de ve Şekil 3.2’de verilmiştir. Hamurların reometre eğrilerinden okunan önemli reolojik özellikleri ve bu özelliklerden hesaplanan pişme genliği değerleri (cure extent, CE) ve pişme hız indeksi (cure rate index, CRI) Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. LIR-403'lü hamurların reometre eğrileri

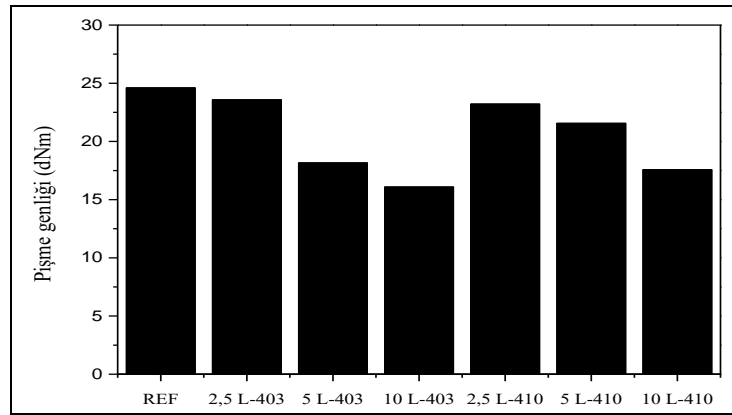


Şekil 3.2. LIR-410'lu hamurların reometre eğrileri

Tablo 3.2. LIR-403 ve LIR-410'lu hamurların önemli reolojik özellikleri

Bileşim	ML (dNm)	MH (dNm)	t _{s2} (dk)	t ₉₀ (dk)	CE (dNm)	CRI (dk ⁻¹)
REF	1,22	25,79	0,37	1,05	24,61	147,06
2,5 L-403	1,18	24,47	0,37	1,07	23,25	142,86
5 L-403	1,14	19,53	0,42	1,31	18,39	112,36
10 L-403	1,08	17,21	0,44	1,41	16,13	103,09
2,5 L-410	1,20	24,45	0,39	1,10	23,22	140,85
5 L-410	1,01	22,58	0,39	1,36	21,57	103,09
10 L-410	1,12	18,79	0,42	1,43	17,67	99,01

ML değerleri incelendiğinde, tüm oranlarda sıvı kauçuk ilavesinin ML değerini düşürdüğü görülmektedir. ML değerindeki bu düşüş, viskoziteyi düşürdüğünden işlenebilirliği kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Tablo 3.2'deki sıvı kauçuk ilaveli karışımların Mooney viskozite değerleri incelendiğinde, ML değeri ile paralel sonuçlar verdiği görülmüştür.

**Şekil 3.2.** Hamurların pişme genliği değerleri

Şekil 3.2'deki pişme genliği değerleri incelendiğinde, 2,5 L-403 ve 2,5 L-410 hamurlarının referans hamura göre çaprazbağlanma yüzeylelerinin yakın olduğu görülmektedir. Her iki sıvı kauçuk için, 5 ve 10 phr sıvı kauçuk ilavesinde çaprazbağ düzeyi düşmektedir. Bunlara ek olarak pişme hız indeksi, sıvı kauçuk ilavesi ile düşmektedir ve dolayısıyla çaprazbağlanma verimini olumsuz etkilediği görülmektedir.

3.2. Hamurların Viskoziteleri

Tablo 3.2'de hazırlanan hamurların Mooney viskozite değerleri verilmiştir.

Tablo 3.3. LIR-403 ve LIR-410 hamurlarının viskozite değerleri

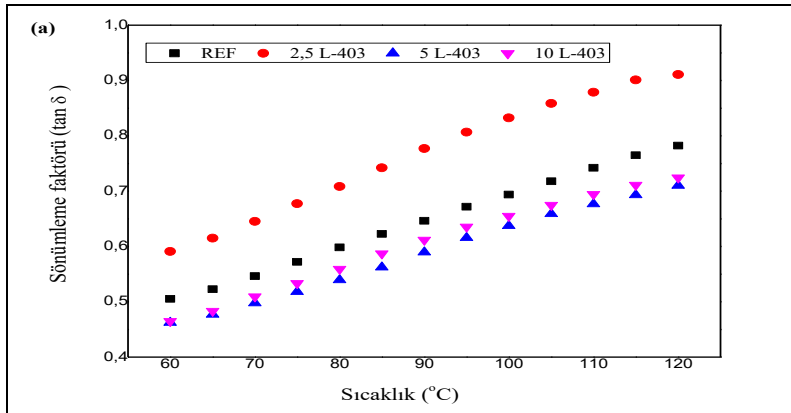
BİLEŞİM	MOONEY VİSKOZİTE
REF	28,0
2,5 L-403	25,5
5 L-403	24,5
10 L-403	21,8
2,5 L-410	23,5
5 L-410	21,8
10 L-410	22,7

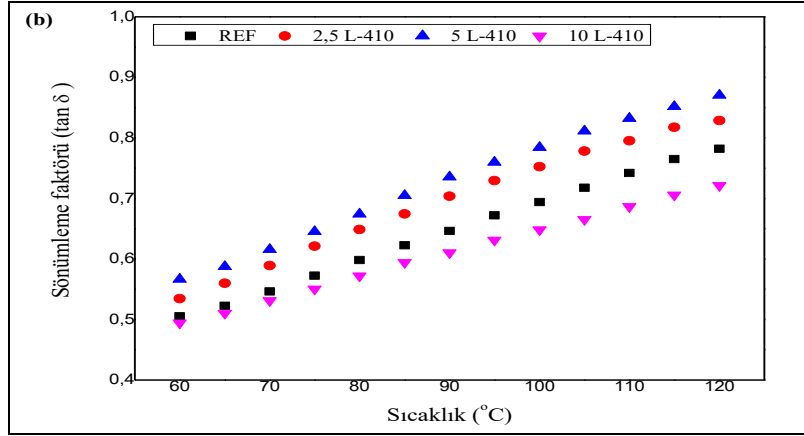
Referans hamurun viskozitesi 28 MU olarak ölçülmüştür. Sıvı kauçuk ilavesi ile hamurların viskozite değerlerinde beklenildiği şekilde düşüş olduğu görülmektedir. Sıvı kauçukların düşük molekül ağırlığına sahip olmasından dolayı hamurun viskozitesini düşürür ve buna bağlı olarak işlenebilirliği iyileştirmektedir [7]. Bölüm 3.1'deki ML değerleri incelendiğinde Mooney viskozitesi ile paralel sonuçların elde edildiği görülmektedir. Buna ek olarak viskozite değerleri, Bölüm 3.3.1'de açıklanan RPA'daki işlenebilirlik test sonuçları ile de örtüşmektedir.

3.3. RPA İle Ölçülen Dinamik Özelliklerin Değerlendirilmesi

3.3.1. Hamurların sıcaklık taraması

Tüm hamurlar için pişme öncesinde gerçekleştirilen, 60-120oC aralığındaki sıcaklık taraması sonuçları Şekil 3.3.1 ve Şekil 3.3.2'de verilmiştir. Vulkanizasyonu yapmamış kauçuklar çaprazbağa sahip olmadıkları için elastik davranış sergilememektedir. Polimerler zincirleri artan sıcaklıklarda hareketlenmekte, daha kolay akış göstermektedir [8].

**Şekil 3.3.1.** L-403 kodlu hamurların sıcaklık-sönümlenme faktörü ilişkisi

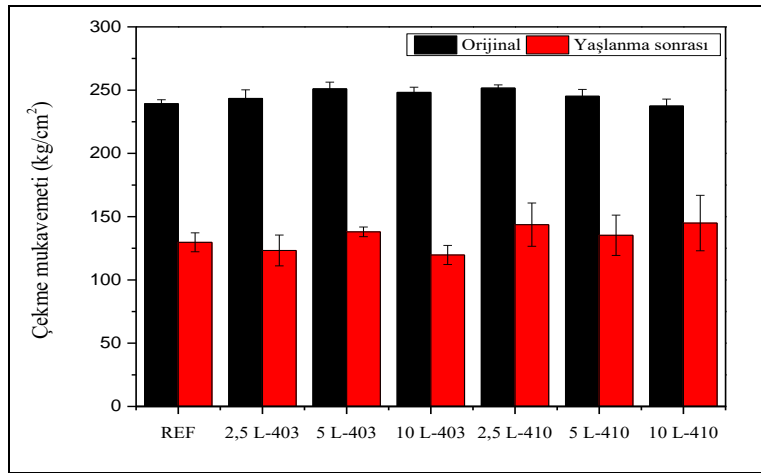


Şekil 3.3.2. L-410 kodlu hamurların sıcaklık-sönümlenme faktörü ilişkisi

Böylece, hamurlardan bakılan $\tan \delta$ değerleri işlenebilirlik ile orantılı olduğundan, her iki sıvı kauçukta da 2,5 phr ilavede, referans hamura kıyasla ciddi miktarda $\tan \delta$ değerinin daha yüksek olmasından kaynaklı işlenebilirliği kolaylaştırmıştır. 10 phr sıvı kauçuk ilavesinin, hamur içindeki polimer fraksiyonunun belirgin bir şekilde artmasına bağlı olarak, zincir dolanmalarını arttırdığı ve olumsuz etkilediği görülmektedir. 2,5 phr sıvı kauçuk içeren hamurun seçilen koşullar için en iyi akış özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

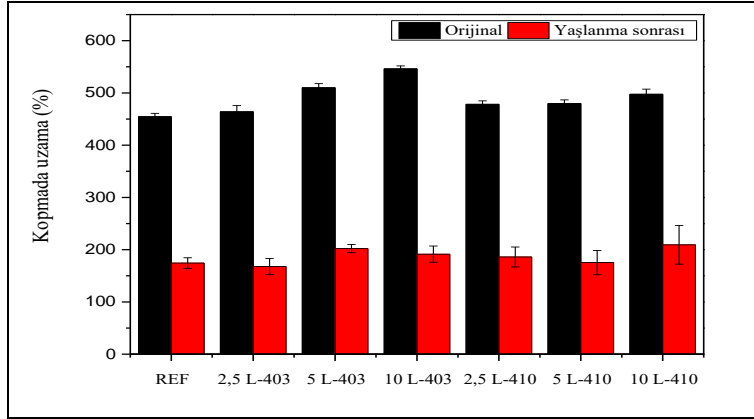
3.4. Vulkanizatların Fiziko-Mekanik Özellikleri

Kauçuk vulkanizatların mekanik özelliklerini belirlemek için yaşlanma öncesi ve sonrası çekme ve sertlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Oksidatif ısıl yaşlandırma 75°C 'de 72 saat olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.4.1, Şekil 3.4.2, Şekil 3.4.3 ve Şekil 3.4.4'te tüm vulkanizatların sırası ile çekme mukavemeti, kopmada uzama, %100 modül ve sertlik testi sonuçları verilmiştir.

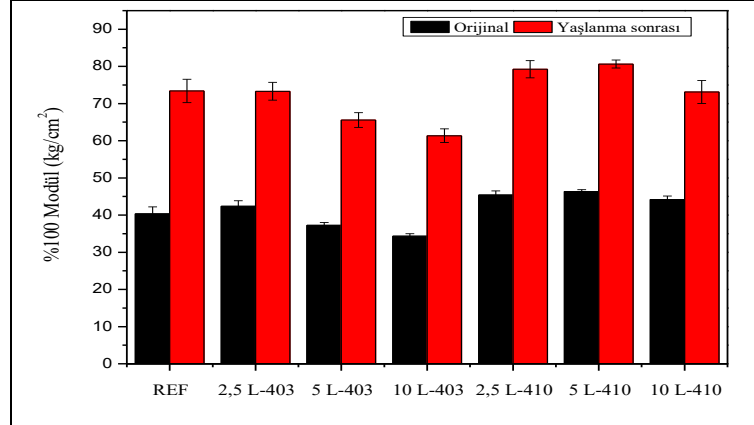


Şekil 3.4.1. Tüm vulkanizatların yaşlanma öncesi ve sonrası çekme mukavemeti değerleri

Şekil 3.4.1'deki çekme mukavemeti değerleri incelendiğinde, sıvı kauçuk ilavesi referans vulkanizata göre çekme mukavemetini iyileştirdiği görülmektedir. En yüksek çekme mukavemeti değerlerinin 2,5 phr sıvı kauçuk yüklemelerinde elde edilmiştir. Bu sonuç, diğer bölümlerde ifade edilen çaprazbağ yoğunluğu ile paralel olduğu görülmektedir. Yaşlandırma ile kauçuk zincir kesilmesinden kaynaklı çaprazbağ yoğunluğunda azalma meydana gelmektedir ve buna bağlı olarak da çekme mukavemetinde beklenen seviyede azalma olduğu görülmektedir. Üzerinde sayıca daha fazla fonksiyonel grup barındıran L-410 içerikli karışımlar yaşlanma sonrası değerlerindeki düşüş referans hamura göre %15 daha az olmuştur [7-9].



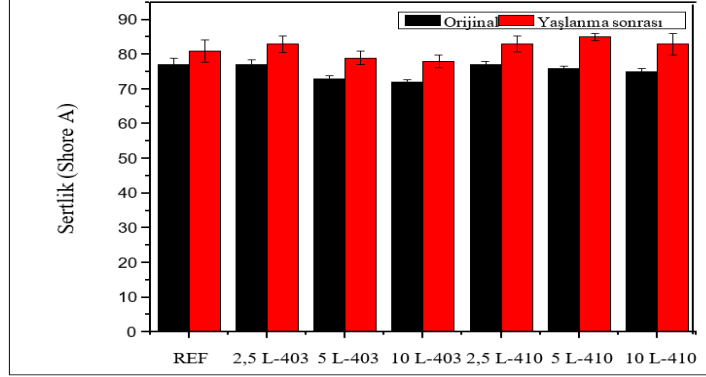
Şekil 3.4.2. Tüm vulkanizatların yaşlanma öncesi ve sonrası kopmada uzama değerleri



Şekil 3.4.3. Tüm vulkanizatların yaşlanma öncesi ve sonrası %100 modül değerleri

Şekil 3.4.2 ve Şekil 3.4.3 kopmada uzamanın artması ve spesifik gerilme modülünün düşmesi malzemenin elastik özelliklerinde kayıp olduğunun göstergesidir [10]. Kopmada uzama ve modül değerleri birbiri ile ters orantılı büyüklükler olduğundan dolayı, modül değerindeki artış olan vulkanizatların kopmada uzama değerlerinde de düşüş olduğu görülmektedir. L-410 kodlu vulkanizatların, L-403 kodlu vulkanizatlara kıyasla modül değerleri hem yaşlandırma öncesi hem de yaşlandırma sonrasında artış vardır. L-410 sıvı kauçuğun yapısındaki karboksil gruplarının fazlalılığı kükürt ile kolay aktifleşerek vulkanizasyon reaksiyonuna daha kolay katılmasına olanak sağlamaktadır. L-403 sıvı kauçuğunda ise bu avantajın söz konusu olmaması nedeniyle

vulkanizasyona istenilen düzeyde katılmadığı ve mekanik özellikleri olumsuz etkilediği düşünülmektedir [11].



Şekil 3.4.4. Tüm vulkanizatların yaşlanma öncesi ve sonrası sertlik değerleri

Şekil 3.4.4'te gösterilen vulkanizatların sertlik değerleri arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Ancak L-410 sıvı kauçuklu karışımların modül değerlerine benzer olarak, sertlik değerlerinin de diğer karışımlara göre bir miktar daha yüksek olduğu söylenebilir. Vulkanizatların 75 °C ve 72 saat boyunca ısıl yaşlandırmaya maruz kaldıktan sonra referans hamur ile benzer şekilde sertlik artışı sergilediği görülmektedir. Özetlenecek olursa, mekanik özellikler açısından L-410 içerikli karışımların daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

4. Tartışma

Bu çalışmada, izopren esaslı farklı karboksilli fonksiyonel grup sayısına sahip LIR403 ve LIR410 sıvı kauçuk türleri ile, lastik endüstrisinde kullanılan kord bezi kaplama hamurunun mekanik, fiziksel ve morfolojik özellikleri incelenmiştir ve değerlendirilmiştir. Her iki sıvı kauçuk türünde, referans hamur ile karşılaştırılmıştır.

Her iki sıvı kauçuk türünde de artan sıvı kauçuk oranlarında beklenen şekilde viskozitenin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu, kauçuk malzemenin sıvı kauçuk varlığında daha kolay işlenebilirlik özelliklerine sahip olacağı anlamını taşımaktadır. Yine viskozite ile benzer olarak sıvı kauçuk ilaveli malzemelerin ML değerlerinde de bariz bir şekilde düşüş gözlemlenmiştir. Ancak daha düşük viskoziteye sahip 5 ve 10 phr'lık karışımların işlenebilirlik değerlerinin referans ve 2,5 phr'lık karışımlara göre daha düşük olmasının sebebi yüksek miktardaki sıvı kauçuk yüklemeleri ile malzemede zincir dolanmalarının ve dolgu maddelerinin topaklanma eğilimlerini arttırmasına bağlanmaktadır. Birbirleriyle örtüşen bu sonuçlar neticesinde optimum miktar ile sıvı kauçuk varlığında kauçuk karışımların ham işlenebilirlik özelliklerinin iyileştiği ve reçete içerisindeki dolgu maddelerinin (karbon siyahı-silika) daha iyi disperse olabildiği sonucuna varılmıştır. Bu etkinin, malzemenin mekanik özelliklerine katkı sağlayabileceği gözlemlenmiştir. Sıvı kauçuklar,

iyi disperse olabilme kabiliyeti kazandırması sebebiyle reçete içerisindeki kimyasallarında kauçuk matrisi içerisinde daha iyi dağılmasını ve malzemenin her noktasında benzer özelliklerin sağlanmasına katkıda bulunacağı değerlendirilmiştir.

Karışımların reolojik özellikleri incelendiğinde, sıvı kauçuk ilavesi ile çaprazbağlanma miktarında düşüş yaşandığı gözlemlenmiştir. Karışımların pişme genliği değerleri, artan sıvı kauçuk oranı ile sistematik olarak düştüğü gözlemlenmiştir. Reolojik sonuçlar ışığında, 2,5 phrlık karışımların referans hamura en yakın sonuçların elde edildiği ve yukarıda bahsedilen disperse özelliklerin iyileşmesi ile kauçuk zincirlerinin ham halde bulunurken ikincil etkileşimlerinin iyileşmesi etkisi ile fiziksel çaprazbağ yoğunluğunun diğer bütün karışımlara göre daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. Ek olarak, reolojik sonuçlar incelendiğinde sıvı kauçuk ilaveli karışımların hepsinde ilave miktarıyla orantılı olarak pişme hızı indeksi (CRI) değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.

Sıvı kauçuk ilavesi ile hamurun çekme mukavemeti özelliklerinde iyileşme sağlanırken, kopmada uzama değerlerinde sıvı kauçuk ilaveli karışımların uzama boyunun arttığı gözlemlenmiştir. Kopmada uzamanın artması ve elastik modülünün düşmesi malzemenin elastik özelliklerinde kayıp olduğunu göstergesidir. Sertlik değerleri incelendiğinde ise L-410 sıvı kauçuklu karışımların modülüslerine paralel olarak daha yüksek sertlik değerleri verdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç

Sonuç olarak sıvı kauçukların nihai ürünün reolojik özelliklerinden pişim hızını azalttığı, çapraz bağ yoğunluğunu düşürdüğünü; akışkanlık özelliklerinden viskozitesini düşürdüğünü; işlenebilirlik özellikleri açısından belirli bir miktara kadar iyileştirdiğini belirli miktardan sonrasında ters etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Fizikomekanik sonuçlar incelendiğinde ise çekme mukavemeti değerleri iyileşirken kopmada uzamada artış ve elastik modüllerde düşüş olmuştur. Buda malzemenin elastik özelliklerinde kayıp olduğunu göstergesidir.

Teşekkür

Bu çalışma sürecinde bize desteğini esirgemeyen sayın Doç.Dr. Bağdagül KARAAĞAÇ hocama teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Sakarya Üniversitesi Polimer Malzeme ve Teknolojileri Araştırma Uygulama Laboratuvar'ına katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] www.konlas.com.tr/LastikBilgileri.aspx?WheelPageId=27, (Ziyaret Tarihi 23 Mayıs 2019).
- [2] Ögüt H., 1998, Tarım traktörleri, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No;23, Konya, 126-133.
- [3] Robert D., *Mixing Technology & Machinery*, Technical Rubber Course,2003.
- [4] www.shimadzu.com/an/test/hard-visco/smv-301/feature3.html, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [5] www.alpha-technologies.com/home, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [6] Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers, ASTM D412, *ASTM International*, 2017.
- [7] Nakazono T, Matsumoto A., Mechanical Properties and Thermal Aging Behavior of Styrene-Butadiene Rubbers Vulcanized Using Liquid Diene Polymers as the Plasticizer, *Journal of Applied Polymer Science*, 2009, **118**, 2314–2320, DOI: 10.1002/app.31483.
- [8] Dick J., Henry P., Application of a New Dynamic Mechanical Rheological Tester in Measuring Carbon Black and Oil Effects on Rubber Compound Properties, *Journal of Elastomer and Plastics*, 2005, **27**, DOI: 10.1177/009524439502700103.
- [9] Vecera M., Lubos Prokupek, Jana Machotova, Jaromir Snuparek, Some Properties of Composites Based on Vulcanized Liquid Polybutadiene Matrix and İnorganic Particulate Fillers, *Journal of Applied Polymer Science*,123, **128** (4), 2277-2282, DOI: 10.1002/app.38126.
- [10] Brendan R., *Rubber Compounding, Chemistry and Applications*, 2nd Edition, New York, 2016.
- [11] www.elastomer.kuraray.com/klr/grades/, (Ziyaret Tarihi: 18 Ağustos 2019).