

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİTKİSEL YAĞLARIN VE SELÜLOZ DOLGU MADDELERİNİN LASTİK
SIRTININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANIL ALKAN

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. ALEV AKPINAR BORAZAN

BİLECİK, 2020
REFERANS NUMARASI
10354170

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİTKİSEL YAĞLARIN VE SELÜLOZ DOLGU MADDELERİNİN LASTİK
SIRTININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANIL ALKAN

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. ALEV AKPINAR BORAZAN

BİLECİK, 2020
REFERANS NUMARASI

10354170

BEYAN

“Bitkisel Yağların ve Selüloz Dolgu Maddelerinin Lastik Sırtının Kalite Özelliklerine Etkisi” adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel ahlak kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Bu çalışmam, Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte beyan edilmelidir.		
DESTEK ALINMIŞTIR	☐	DESTEK ALINMAMIŞTIR ☒
Destek alındı ise;		
Destekleyen Kurum:		
Desteğin Türü	Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)	☐	
2- TÜBİTAK	☐	
Diğer;		

Öğrenci Adı ve Soyadı

Anıl ALKAN

Tarih

31.08.2020

İmza

.....

ÖN SÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi birikimi ve tecrübelerinden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile kendisini örnek edindiğim, öğrencisi olmaktan onur duyduğum, anlayış ve sabrını benden esirgmeden hoşgörü ile her konuda bana yardımcı olan değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN' a tüm kalbimle en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımnda bana her konuda destek veren, bilgi birikimini ve tecrübelerini benimle paylaşan, anne şefkatiyle her zaman yanımda olan sayın hocam Prof. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ' e teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini esirgemeyen Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümündeki tüm saygıdeğer hocalarıma teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamın gerçekleşmesini sağlayan, çalışmakta olduğum Billas Lastik ve Kauçuk San. Tic. A.Ş.' de beni destekleyen, laboratuvar cihazlarını kullanmama imkân sağlayan, fizikomekanik ve reolojik testlerde bana yardımcı olan AR-GE ve Teknoloji Müdürü Erdin ONAT' a, Fabrika Direktörü Muammer ÖZTÜRK' e ve AR-GE Laboratuvar Şefi Kazım BİNGÖL' e teşekkür ederim.

Bana desteklerini esirgemeyen, bugünlere kadar gelmemi sağlayan, hayatımın en değerli parçaları olan ve beni motive eden sevgili eşim Merve ALKAN, kızım Aysima ALKAN, annem Hülya ALKAN ve babam Cengiz ALKAN' a sonsuz teşekkürler ve saygılarımı sunarım.

Anıl ALKAN

10.07.2020

ÖZET

BİTKİSEL YAĞLARIN VE SELÜLOZ DOLGU MADDELERİNİN LASTİK SIRTININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Bu çalışmada, ticari lastik sırtlarının selülozik lif ve bitki bazlı yağ kullanılarak modifiye edilmesi sonucu ekonomik ve çevreye duyarlı lastiklerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada selülozik yapısı nedeniyle dolgu maddesi yerine tercih edilen atık kestane kabuğu, atık şam fıstık kabuğu ve çam kozalağı, 11-17 phr aralığında değişen oranlarda kullanılmıştır. Yumuşatıcı kimyasal olarak kanola yağı, mısır yağı ve ayçiçek yağı 10 phr ile 21 phr aralığında takviye edilmiştir. Karışım reçetelerinde hızlandırıcı ve yumuşatıcı takviyesi olarak stearik asit, lastik sırtının esnekliğini arttırarak aşınma ve yırtılma direnci sağlamak amacıyla çinko oksit, yüksek sıcaklık ve basınç altında akışkanlık sağlaması amacıyla 40 MS kullanılmıştır. Lastik sırtı karışımında, yaşlanmaya karşı direnç göstermesi amacıyla TMQ, lastiğin ömrünün uzaması amacıyla Ozon Wax ve yüksek sıcaklık ve basınç altında esneklik sağlaması amacıyla IPPD tercih edilmiştir. Pişirici olarak toz kükürt kullanılmıştır. Pişirme süresini hızlandırıcı kimyasal olarak DPG, CBS ve TMTD olmak üzere 3 tip hızlandırıcı seçilmiştir. Lastik sırtı karışımları 20 farklı reçete ile hazırlanmıştır. Bunlarda birisi kontrol reçetesi, diğerleri ise test karışım reçeteleridir. Hazırlanan tüm karışımlara vulkanizasyon öncesi reolojik testler ve vulkanizasyon sonrası fizikomekanik testler (çekme mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma mukavemeti, modülüs %300, sertlik, aşınma, yoğunluk) uygulanmıştır. Tüm testler ilgili ASTM D standart test prosedürüne uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarına göre, reolojik ve fizikomekanik özellikler doğal dolgu maddelerine bağlı olarak önemli değişimler göstermiştir. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada en iyi sonuçlara sahip karışım reçetesi elde edilmiş, bu reçete ikinci aşamada geliştirilerek en uygun oranda bitkisel yağ ve selülozik lif yapılı dolgu maddesi ilavesiyle hazırlanan lastik sırt karışımı test sonuçlarının standart değerlere uygunluğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Selüloz elyaf, bitkisel yağ, fizikomekanik, reolojik özellikler, lastik sırtı

ABSTRACT

THE EFFECT OF VEGETABLE OILS AND CELLULOSE FILLERS ON THE QUALITY PROPERTIES OF TYRE TREAD

In this study, we aimed to develop economical and environmentally sensitive tyres by modifying commercial tyre tread with the usage of cellulosic fiber and vegetable oil. In this study, waste chestnut shell, waste peanut shell and pine cone, which were preferred instead of filler due to their cellulosic structure, were used in varying ratios in the range of 11-17 phr. The softener was chemically supplemented by canola oil, corn oil, and sunflower oil in the range of 10 - 21 phr. Stearic acid was used as an accelerator and a softener supplement in the mix recipes, zinc oxide was used to provide wear and tyre resistance by increasing the flexibility and 40 MS was used to provide fluidity under high temperature and pressure. In the tyre tread mixture, TMQ was preferred for the resistance to aging, Ozone Wax for extended tyre life and IPPD for the flexibility under high temperature and pressure. Powder sulfur was used as a curing agent. 3 types of accelerators, DPG, GIS, and TMTD, were selected as chemical accelerators for curing time. Tyre tread blends were prepared with 20 different prescriptions. One of these was a control recipe and the others were designed as test mixture recipes. Rheological tests before vulcanization and physico-mechanical tests after vulcanization (tensile strength, elongation of rupture, tear strength, 300% modulus, hardness, wear, density) were applied to all prepared mixtures. All tests were carried out in accordance with the relevant ASTM D standard test procedure. According to the test results, rheological and physico-mechanical properties showed significant changes due to natural fillers. The study was carried out in two stages. In the first stage, a mix recipe with the best results is obtained. In the second stage, by developing this recipe, the tyre tread mixture prepared by adding the most appropriate amount of vegetable oil and cellulosic fiber filler was created and the conformity of the test results to the standard values was determined.

Keywords: Cellulose fiber, vegetable oil, physico-mechanical properties, rheological properties, tyre tread

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
GRAFİKLER LİSTESİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER.....	3
2.1. Lastiğin Tanımı.....	3
2.2. Lastiğin Tarihçesi	3
2.3. Lastiğin Yapısı	5
2.3.1. Sırt bölümü	6
2.3.2. Kuşaklar	6
2.3.3. Darbe katı	6
2.3.4. Eksiz naylon şerit	6
2.3.5. Omuz bölümü	6
2.3.6. Karkas (Gövde)	6
2.3.7. Astar	7
2.3.8. Yanak	7
2.3.9. Topuk	7
2.4. Lastiğin Temel Görevlerinin Lastik Sırtına Etkileri.....	7
2.4.1. Aracın yükünü taşımak	7
2.4.2. Aracın durmasını ve hareket etmesini sağlayan kuvveti zemine iletme.....	8
2.4.3. Aracın yönünü isteğe bağlı olarak değiştirmek	8
2.4.4. Zemin etkisiyle oluşan sarsıntıları en aza indirerek güvenli ve konforlu sürüş sağlamak	8
2.5. Lastik Karışımı Reçetesinin Hazırlanması.....	8
2.6. Lastik Karışımında Kullanılan Hammaddeler	10
2.6.1. Elastomerler	10
2.6.1.1. Tabii kauçuk (NR)	10

2.6.1.2. Stiren bütadien kauçuk (SBR).....	10
2.6.1.3. Butil kauçuk (IIR).....	10
2.6.1.4. Polibutadien kauçuk (BR).....	10
2.6.1.5. Etilen propilen (EPDM)	11
2.6.1.6. Nitril kauçuğu (NBR)	11
2.6.1.7. Neopren kauçuk (EU).....	11
2.6.2. Dolgular	11
2.6.3. Yumuşatıcılar	13
2.6.4. Vulkanize ediciler	13
2.6.5. Aktivatörler	14
2.6.6. Hızlandırıcılar	15
2.6.7. Koruyucular	15
2.7. Bitki Bazlı Yağlar	15
2.7.1. Ayçiçek yağı hakkında bilgiler	16
2.7.2. Kanola yağı hakkında bilgiler	16
2.7.3. Mısır yağı hakkında bilgiler.....	17
2.8. Selüloz Yapılı Dolgu Maddeleri.....	17
2.8.1. Kozalak hakkında bilgiler	18
2.8.2. Şam fıstığı hakkında bilgiler	18
2.8.3. Kestane hakkında bilgiler	18
3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	20
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	25
4.1. Materyal	25
4.2. Yöntem.....	26
4.2.1. Lastik sırtı reçete tasarımı	26
4.2.2. Lastik sırtı karışımının oluşturulması	31
4.2.3. Lastik sırtı karışımının hazırlanması.....	33
4.3. Analiz Yöntemleri.....	35
4.3.1. Reolojik testler	35
4.3.2. Fizikomekanik testler	36
4.3.2.1. Çekme-kopma analizi	37
4.3.2.2. Yoğunluk analizi	39
4.3.2.3. Sertlik analizi.....	40
4.3.2.4. Aşınma analizi	41

5. BULGULAR	42
5.1. Reolojik Test Bulguları	42
5.1.1. Maksimum tork (MH) test bulguları	42
5.1.2. Minimum tork (ML) test bulguları	43
5.1.3. Kavrulma süresi (T_{s2}) test bulguları.....	44
5.1.4. Sertleşme süresi (T_{c90}) test bulguları	45
5.1.5. Kavrulma noktası ile sertleşme noktası sıcaklık farkı (ΔT) test bulguları....	46
5.1.6. Kürleşme derecesi (dNm) test bulguları	47
5.1.7. Kür oranı (CRI) test bulguları	48
5.2. Fizikomekanik Test Bulguları	49
5.2.1. Yoğunluk test bulguları.....	49
5.2.2. % Uzama test bulguları.....	50
5.2.3. Kopma mukavemeti test bulguları.....	51
5.2.4. Yırtılma test bulguları.....	52
5.2.5. Aşınma test bulguları.....	53
5.2.6. Sertlik test bulguları	54
5.2.7. Özdayanım test bulguları.....	55
6. TARTIŞMA VE YORUM	57
6.1. Maksimum Tork (MH) Test Bulgularının Değerlendirilmesi	57
6.2. Minimum Tork (ML) Test Bulgularının Değerlendirilmesi.....	57
6.3. Kavrulma Süresi (T_{s2}) Test Bulgularının Değerlendirilmesi	57
6.4. Sertleşme Süresi (T_{c90}) Test Bulgularının Değerlendirilmesi.....	58
6.5. Kavrulma Noktası ile Sertleşme Noktası Sıcaklık Farkı (ΔT) Test Bulgularının Değerlendirilmesi	58
6.6. Kürleşme Derecesi (dNm) Test Bulgularının Değerlendirilmesi.....	58
6.7. Kür Oranı (CRI) Test Bulgularının Değerlendirilmesi.....	58
6.8. Yoğunluk Test Bulgularının Değerlendirilmesi	58
6.9. % Uzama Test Bulgularının Değerlendirilmesi	59
6.10. Kopma Mukavemeti Test Bulgularının Değerlendirilmesi.....	59
6.11. Yırtılma Test Bulgularının Değerlendirilmesi	59
6.12. Aşınma Test Bulgularının Değerlendirilmesi.....	60
6.13. Sertlik Test Bulgularının Değerlendirilmesi	60
6.14. Özdayanım Test Bulgularının Değerlendirilmesi	60
SONUÇLAR	61

KAYNAKÇA	63
ÖZGEÇMİŞ.....	66



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Yıllara göre lastik alanında yapılan gelişmeler	4
Tablo 2.2. Karbon siyahının türleri ve özellikleri	11
Tablo 4.1. Lastik sırt karışımında kullanılan kimyasallar	26
Tablo 4.2. Lastik sırt karışımında kullanılan dolgu malzemelerinin teorik yoğunlukları ve hacimleri.....	26
Tablo 4.3. Lastik sırt karışımı için oluşturulan reçetelerin kodlama sistemi.....	27
Tablo 4.4. Lastik sırt karışımında kullanılan kauçukların phr oranları	28
Tablo 4.5. HAF N330 karbon siyahının ASTM D standartlarına göre ölçülmüş test değerleri.....	28
Tablo 4.6. Aromatik yağın ASTM D standartlarına göre ölçülmüş test değerleri	29
Tablo 4.7. Lastik sırt karışımı için oluşturulan başlangıç reçeteleri.....	30
Tablo 4.8. Lastik sırt karışımı için oluşturulan R-6 ve R-11 geliştirme reçeteleri	31
Tablo 4.9. Lastik sırt karışımı hazırlama adımları.....	34
Tablo 4.10. R-11 lastik sırt karışımı hazırlama adımları	34

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Hevea Brasiliensis ağacından kauçuk öz suyu üretimine ait fotoğraf	3
Şekil 2.2. Lastiği oluşturan bölümlerin gösterildiği lastik kesiti görseli	5
Şekil 2.3. Lastik karışımında kullanılan hammaddelerin gruplandırılması	9
Şekil 2.4. Dolgu maddelerinin değişen tane büyüklüğüne göre kopma dayanımları.....	12
Şekil 2.5. Karbon siyahlarının karışımında kullanılan PHR oranına göre fizikomekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler	12
Şekil 2.6. Vulkanizasyon oluşumu.....	14
Şekil 2.7. Aktivatör olarak kullanılan kimyasallara ait görseller.....	15
Şekil 4.1. Çekiçli değirmen öğütücü	25
Şekil 4.2. Lastik sırt karışımında kullanılan öğütülmüş dolgu malzemeleri.....	26
Şekil 4.3. Lastik sırt karışımının üretim akım şeması.....	32
Şekil 4.4. İki silindirli açık laboratuvar mili	33
Şekil 4.5. Devotrans M2000-A MDR tipi reometre cihazı	35
Şekil 4.6. Reometre vulkanizasyon eğrisi	36
Şekil 4.7. Fizikomekanik testler için ASTM D standardına göre belirlenmiş test numunesine ait teknik çizim.....	37
Şekil 4.8. Laboratuvar tipi pişirme presi.....	37
Şekil 4.9. Çekme-kopma testi için ASTM D standardına göre belirlenmiş test numunesi teknik çizimi.....	38
Şekil 4.10. Çekme-kopma test cihazı.....	38
Şekil 4.11. Kopma-uzama eğrisi	39
Şekil 4.12. Havadaki ve yardımcı sıvıdaki tartım işlemi	40
Şekil 4.13. Yoğunluk test cihazı	40
Şekil 4.14. Sertlik ölçüm cihazı (Shore A)	41
Şekil 4.15. Aşınma test cihaz	41

GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa
Grafik 5.1. Başlangıç reçetelerinin MH (dNm) test bulguları	42
Grafik 5.2. R-11 geliştirme reçetelerinin MH (dNm) test bulguları	43
Grafik 5.3. Başlangıç reçetelerinin ML (dNm) test bulguları	43
Grafik 5.4. R-11 geliştirme reçetelerinin ML (dNm) test bulguları.....	44
Grafik 5.5. Başlangıç reçetelerinin Ts2 (dk) test bulguları	44
Grafik 5.6. R-11 geliştirme reçetelerinin Ts2 (dk) test bulguları.....	45
Grafik 5.7. Başlangıç reçetelerinin Tc90 (dk) test bulguları.....	45
Grafik 5.8. R-11 geliştirme reçetelerinin Tc90 (dk) test bulguları	46
Grafik 5.9. Başlangıç reçetelerinin ΔT (dk) test bulguları	46
Grafik 5.10. R-11 geliştirme reçetelerinin ΔT (dk) test bulguları.....	47
Grafik 5.11. Başlangıç reçetelerinin kür derecesi (dNm) test bulguları	47
Grafik 5.12. R-11 geliştirme reçetelerinin kür derecesi (dNm) test bulguları	48
Grafik 5.13. Başlangıç reçetelerinin kür oranı (dk-1) test bulguları	48
Grafik 5.14. R-11 geliştirme reçetelerinin kür oranı (dk-1) test bulguları.....	49
Grafik 5.15. Başlangıç reçetelerinin yoğunluk (g/cm^3) test bulguları	49
Grafik 5.16. R-11 geliştirme reçetelerinin yoğunluk (g/cm^3) test bulguları	50
Grafik 5.17. Başlangıç reçetelerinin kopma (MPa) test bulguları	50
Grafik 5.18. R-11 geliştirme reçetelerinin kopma (MPa) test bulguları	51
Grafik 5.19. Başlangıç reçetelerinin yırtılma (Mpa/cm) test bulguları.....	51
Grafik 5.20. R-11 geliştirme reçetelerinin yırtılma (Mpa/cm) test bulguları.....	52
Grafik 5.21. Başlangıç reçetelerinin aşınma (mm) test bulguları	52
Grafik 5.22. R-11 geliştirme reçetelerinin aşınma (mm) test bulguları	53
Grafik 5.23. Başlangıç reçetelerinin uzama (%) test bulguları	53
Grafik 5.24. R-11 geliştirme reçetelerinin uzama (%) test bulguları	54
Grafik 5.25. Başlangıç reçetelerinin sertlik (Shore A) test bulguları.....	54
Grafik 5.26. R-11 geliştirme reçetelerinin sertlik (Shore A) test bulguları.....	55
Grafik 5.27. Başlangıç reçetelerinin özdayanım (%300) test bulguları	55
Grafik 5.28. R-11 geliştirme reçetelerinin özdayanım (%300) test bulguları.....	56

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

40 MS	: Melamin Sülfonat
ART-FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
ASTM	: Amerikan Malzeme ve Test Derneği
AY	: Ayçiçek Yağı
BC	: Bakteriyel Selüloz
BIIR	: Bromobutyl Rubber
CBR 1203	: Cis Polibütadien Rubber
CBS	: N-Cyclohexyl-2-Benzothiazole Sulfenamide
CRI	: Kürleşme Noktası
ŞKA	: Şam Fıstığı Kabuğu Atığı
DPG	: Di Propilen Glikol
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Cihazı
ENS	: Epoksileştirilmiş Doğal Kauçuk
EPDM	: Etilen Propilen Kauçuğu
GTR	: Ground Tyre Rubber
HAF N330	: Yüksek Aşınma Dayanımlı Fırınlanmış Karbon Siyahı
IPPD	: N-İzopropil-N'-Fenil-P-Fenilendiamin
KKA	: Kestane Kabuğu Atığı
KY	: Kanola Yağı
MBT	: 2-Mercaptobenzothiazole
mc	: Öğütülmüş Mikrokristalin Selülozu
MH	: Vulkanizasyonun Tamamlandığı Anda Ölçülen Viskozite
ML	: Minimum Viskozite
MY	: Mısır Yağı
NBR	: Natural Butadien Rubber
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbon
phr	: Parts Per Hundred of Rubber (Yüz Birim Kauçuk Başına Düşen Miktar)
PP	: Polipropilen
rpm	: Dakikada Gerçekleşen Devir Sayısı
SBR 1502	: Styrene Butadiene Rubber
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu

Shore A	: Sertlik Ölçüm Birimi
SIR 20	: Natural Rubber
SVR 10	: Standart Vietnam Rubber
TBBS	: N-Tertiarybutyl-2-benzothiazole sulfenamide
Tc₉₀	: Tork Değerinin %90'ı İçin Geçen Sürenin %90'ıdır
TGA	: Termogravimetrik Analiz
TMQ	: 1,2, Dihydro 2,2,4, Trimethyl Quinoline
TMTD	: Tetramethyl Thiuram Disulfide
Ts₂	: Vulkanizasyonun Başladığı Süre
WB	: Öğütülmüş Buğday Kepeği
WF	: Öğütülmüş Odun Unu
ZKA	: Kozalak Kabuğu Atığı
%	: Yüzde
Δt	: Sıcaklık farkı
μm	: Mikrometre
A	: Numune Kesit Alanı
A	: Vulkanize Karışımın Havadaki Ağırlığı
B	: Vulkanize Karışımın Yardımcı Sıvıdaki Ağırlığı
E	: Aşınma Değeri
E₀	: Aşınmaya Uğramayan Numunenin Ağırlığı
E₁	: Aşınma Sonrası Numunenin Ağırlığı °C
F_{max}	: Ölçülen Maksimum Kuvvet
F_{zımpara}	: Zımpara Faktörü
G	: Kopma Dayanımı
g	: Gram
lb-in	: Pounds İnch
L₁	: Numunenin İlk Boyu
L₂	: Numunenin Kopma Anındaki Boyu
m²	: Metrekare
ml	: Mililitre
mm²	: Milimetrekare
Mpa	: Mega paskal
N-m	: Newton Metre

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
s	: Saniye
U	: Kopma Anındaki Uzama Yüzdesi
ρ	: Vulkanize Karışımın Yoğunluğu
ρ	: Vulkanize Numunenin Yoğunluğu
ρ_0	: Yardımcı Sıvının Yoğunluğu
ρ_L	: Havanın Yoğunluğu



1. GİRİŞ

İnsan nüfusunda yaşanan hızlı artış ve teknolojide meydana gelen gelişmeler üretilen ürünlerin daha üstün özelliklere sahip olmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu ürünlerin başında kauçuk malzemeler gelmektedir. Kauçuk; geniş kullanım alanına sahip olması nedeniyle hayatımızın her anında bize eşlik ederek yaşamımızı kolaylaştıran elastik yapıdaki hammaddedir. Başta otomotiv sektöründe lastik imalatı olmak üzere, yapı sektörü, beyaz eşya, biyomedikal, tekstil ve elektronik sanayi gibi uygulama alanlarının vazgeçilmezi konumundadır. Teknolojinin sürekli gelişimiyle birlikte kauçukların kullanım alanlarına göre istenilen reolojik ve fizikomekanik özellikleri de gelişim göstermiştir. Bununla birlikte kauçuğun geri dönüşümünün güç olması, doğada parçalanma süresinin uzun olması ve kauçuk karışımını oluşturan kimyasallarda dışa bağımlılığın beraberinde getirdiği yüksek maliyetler, kauçuk karışımlarında yeni araştırma alanı yaratmıştır. Kauçuk karışımlarının yapısında bulunan dolgu maddeleri ve yumuşatıcılar bu kimyasalların başında gelmektedir.

Kompozit malzemelerin lifler ile geliştirilmesi, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesiyle birlikte mühendislik uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Lifler ile güçlendirilmiş kompozitlerin yüksek özgül mukavemet özelliği nedeniyle geçmiş yıllardan bu yana önemli bir çalışma alanı oluşturmaktadır (Bulut, 2011).

Kauçuk karışımlarında yumuşatıcı etkisi nedeniyle en fazla tercih edilen kimyasal aromatik yağlardır. R45 risk düzeyine sahip olan aromatik yağların hem çevreye hem de insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı aromatik yağ kullanılan işletmelerde alternatif çözüm arayışları oluşmuştur (Savran, 2001).

Dolgu maddelerinin yerine doğal lif ve kabukların kullanımı, aromatik yağların kullanımı yerine ise sağlığa zararı olmayan doğal bitki özlü yağların kullanımı literatürde birçok araştırma konusu olarak göze çarpmaktadır.

Lastiğin daha uzun ömürlü olması hem aracı kullanan hem de seyahat eden kişilere yol konforu sağlaması, aracın yere tutunarak güvenli sürüş ve güvenli fren emniyetinin sağlanması, lastiğin darbelere karşı daha dayanıklı olması ve lastiğin yol ile sürtünmesine bağlı gelişen ısınmanın önüne geçilmesi amacıyla lastik sırtı karışımında kullanılacak olan dolgu maddesi ve yumuşatıcı seçimi çok önemlidir. Bu çalışmada lastik sırt karışımlarının yapısında bulunan dolgu maddelerinin yerine doğal lif ve kabukların kullanımı, yumuşatıcı yağların kullanımı yerine ise doğal bitki özlü yağların kullanılarak daha az maliyetli ve çevreye duyarlı lastik sırt karışımının yapılması amaçlanmıştır. Dolgu maddesi alternatifi

olarak öğütölmüş kozalak tozu, şamfıstığı tozu ve kestane kabuğu tozu ile yumuşatıcı yağ alternatifini olarak ayçiçek yağı, kanola yağı ve mısırözü yağı kullanılmıştır. 20 farklı lastik sırtı reçetesi tasarlanarak numuneler hazırlanmış ve bu numuneler üzerinde reolojik ve fizikomekanik testler gerçekleştirilmiştir.



2. KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Lastiğin Tanımı

Lastik, janta monte edilip içerisine basınçlı hava verilerek şişirilmiş, hammaddesi kauçuk olan, iskelet sisteminin çelik kord ve tekstil kordların oluşturduğu, ileri teknoloji ile üretilen ve taşıtların yer ile temas eden en önemli parçasıdır (Coulson, 1989: 27).

2.2. Lastiğin Tarihçesi

Lastiğin ham maddesi olan kauçuk, *Hevea Brasiliensis* tropik ağacının lateks adı verilen sütümsü öz suyundan doğal hâlde elde edilir (Şekil 2.1). İlk olarak Fransız bilim insanları tarafından 1736 yılında Güney Amerika'da bulunmuştur. 1840 Yılında Charles Goodyear tarafından kauçuk içine kükürt katılarak sertleştirilmesi sonucunda önem kazanmıştır. Goodyear' ın bu işlemi sonucunda kauçuk karışımının fizikomekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ihtiyacı doğmuş ve kauçuğun direncini arttıran kimyasalların karışıma ilave edilmesiyle başlamıştır. Günümüzde hala lastik karışımı alanında birçok iyileştirme çalışması yapılmaktadır.

Lastik teknolojisinde ilk gelişme 1888 yılında gerçekleştirilmiş olan içerisinde hava tutabilen lastiğin üretilmesi olmuştur. 1888 ile 1980 yılları arasında lastik alanında yapılan gelişmeler Tablo 2.1' de gösterilmektedir (Coulson, 1989: 26; Savran, 1996: 9)



Şekil 2.1. *Hevea Brasiliensis* ağacından kauçuk öz suyu üretimine ait fotoğraf (HBLT, 2019)

Tablo 2.1. Lastik üretiminde kronolojik olarak gelişmeler (BDB, 2019)

Yıl	Lastik alanında yapılan gelişmeler
1888	İlk hava tutan lastik üretildi
1898	İlk otomobil lastiği üretildi
1910	Yapısında kord bezi bulunan lastik üretildi
1937	Yapısında çelik kord bulunan lastik üretildi
1946	Çelik radyal lastik icat edildi
1947	İç lastiksiz lastik icat edildi
1956	Kış lastiğinin üretilmesi
1973	Aramid kord kullanılan lastiklerin üretilmesi
1973	İlk lastik-jant sistemi geliştirildi
1979	Yakıt tüketimini azaltan lastiklerin üretilmesi

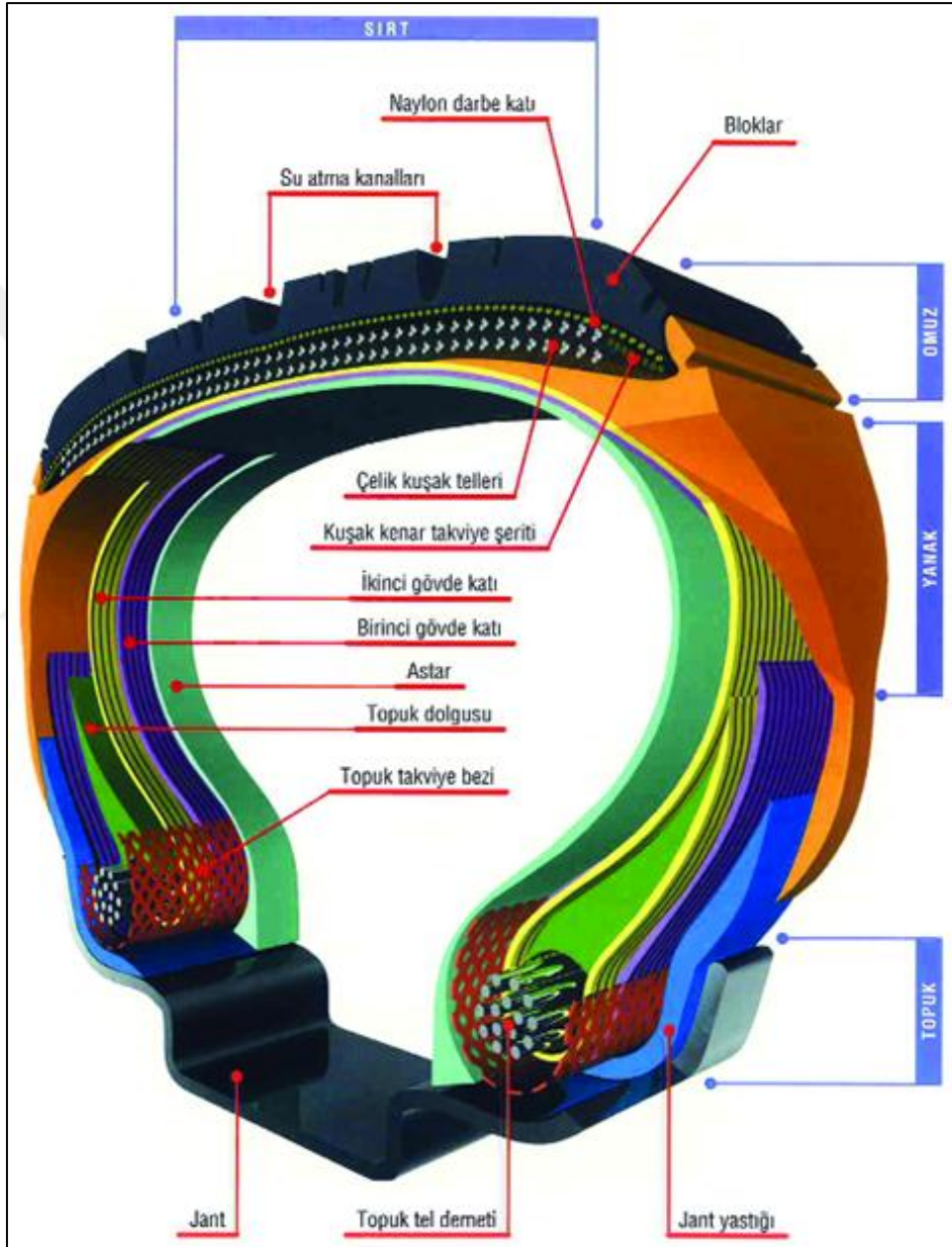
Taşıt üreticilerinin istekleri ve sürekli büyüyen bir pazara sahip olması nedeniyle 1980 yılından sonra lastik sektörü önem kazanmıştır. Arz talep dengesinin karşılanabilmesi adına yeni teknolojiler sektörde yer almaya başlamıştır. Bunun sonucunda dünya genelinde lastik üretici firmaları birleşerek kurumsallaşmış ve lastik alanında yapılan geliştirme çalışmalarına daha çok önem verilmiştir (BDB, 2019; Savran, 1996: 10).

1980 Yılından itibaren lastik alanında yapılan çalışmalar şu şekildedir:

- ✚ Patladığında yolda bırakmayan lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Daha uzun ömürlü lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Lastiğe etki eden yük kapasitesinin artırılarak daha dayanıklı lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Çalışma esnasında daha az desibelde ses çıkartan lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Daha az yuvarlanma direncine sahip lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Yakıt tüketimini azaltan lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Kötü hava koşullarında (ıslak ve karlı zeminlerde) yüksek yol tutuşuna sahip lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Daha az ağırlığa sahip lastiklerin üretilmesi,
- ✚ Lastiğin yapısını bozmadan lastiğin süspansiyon özelliğinin geliştirilmesi,
- ✚ Kullanılmış lastiklerin geri kazandırılması,
- ✚ Lastik üretiminde kullanılan hammaddelerin maliyet azaltma çalışmaları,
- ✚ Lastikte biyolojik olarak yok olabilen malzemelerin kullanılarak çevreci lastiklerin üretilmesidir (BDB, 2019).

2.3. Lastiğin Yapısı

Lastik yapısı temel ve opsiyonel olmak üzere iki kısımdan oluşur. Lastiğin temel bölümleri sırt, omuz, yanak ve topuk olmak üzere dört bölümden meydana gelir. Sırt altında bulunan kuşaklar ve darbe katları, lastiğin opsiyonel yapısını oluşturur. Şekil 2.2.' de lastiği meydana getiren bölümler, lastik kesitinde gösterilmektedir (Savran, 1996: 12).



Şekil 2.2. Lastiği oluşturan bölümlerin gösterildiği lastik kesiti görseli (BDB, 2019).

2.3.1. Sırt bölümü

Lastiğin sırt bölümü, lastiğin zemine temas ettiği kauçuk bölümü ifade eder. Lastiğin yola tutunmasını, aracın çekiş gücünü, ıslak zeminde kaymayı engellemek amacıyla zemindeki suyun atılmasını, lastiğin çalışmasına bağlı olarak meydana çıkan ısı nedeniyle lastik yüzeyinin soğutulmasını sağlayan kanal ve bloklardan oluşur. Lastiğin sırtında bulunan desenler, üretim sürecindeki pişirme sırasında sırt karışımının pişirme presi kalıbında şekillendirilmesi ile oluşur. Lastik sırtı, üretim esnasında kuşakların üst üste yerleştirilmesi ile desteklenir. Lastiğin uzun ömürlü olması, lastik sırtının aşınmaya ve kopma direncine dayanıklı olmasıyla doğrudan ilişkilidir (BDB, 2019; Savran, 1996: 13).

2.3.2. Kuşaklar

Radyal yapıdaki lastiklerin sırt ile gövde arasında bulunan ve sırtın altında yer alarak lastiği çevresel olarak saran yapıya lastiğin kuşak bölümü denir. Çelik kord ve naylon, rayon, aramid gibi tekstil kordun oluşturduğu yapının tamamı lastiğin kuşaklarını oluşturur. Temel görevi lastiğin sırt bölgesine denge sağlayarak lastiğin iskeletini oluşturmak ve lastikte meydana gelebilecek düzensiz aşınmayı engellemektir (BDB, 2019; Savran, 1996: 14).

2.3.3. Darbe katı

Lastiğin çelik kuşaklarının üzerinde naylondan meydana gelen spiral şekilde eksiz darbe katı bulunmaktadır. Darbe katlarının görevi araçların yüksek hızlara çıktığında dengeli sürüşün sağlanması ve lastiğin yapısında bulunan kuşakların dış etkilere karşı korunmasını sağlamaktır (BDB, 2019; Savran, 1996: 15).

2.3.4. Eksiz naylon şerit

Araçta düzgün sürüşün sağlanabilmesi için lastiğin mukavemetini arttıran kısımdır (BDB, 2019; Savran, 1996: 15).

2.3.5. Omuz

Lastiğin sırt bölümü ile yanak bölümü arasında kalan, kalın kauçuktan yapılmış kısımdır. Dışarıdan gelen darbelere karşı gövdeyi koruyarak, sırt ısını dışarıya atan bloklardan oluşur (BDB, 2019; Savran, 1996: 14).

2.3.6. Karkas (Gövde)

Lastik başına düşen araç yükünü taşıyarak sarsıntı şiddetini sönümleyen, lastiğin hava basıncını içinde tutan kısımdır. Çapraz yapılı lastiklerin sırt altında, radyal yapılı lastiklerin

ise kuşak bölümünün altında bulunur. Topuk tellerinin etrafını sararak yanak bölgesinde sonlanır. Çelik, rayon, naylon, aramid yapılı kordlardan oluşur (BDB, 2019).

2.3.7. Astar

Temel görevi lastiğin hava geçirgenliğini önlemektir. Bunu sağlamak için hava geçirgenliğine dirençli astar karışımları kullanılmaktadır (BDB, 2019; Savran, 1996:12).

2.3.8. Yanak

Lastiğin sırt ile topuk bölümü arasında yer alan ve yol ile temas etmeyen bölümdür. Lastiğin yanak karışımı yüksek mukavemete sahip ve hava geçirgenliği direnci yüksek yapıda olmalıdır. Lastiğe esneklik sağlayarak lastiği darbelere karşı korur. Lastik bilgilerinin yer aldığı markalama, ebet yazıları ile kullanım koşulları yanak bölümünün üzerinde yer alır (BDB, 2019).

2.3.9. Topuk

Topuk bölümü, lastiğin janta oturması için yan yana gelmiş ve kauçuk karışımı ile birbirine bağlanmış çelik tel demetlerinden oluşan kısımdır. Lastiğin her iki yanında da bulunur. Topuk bölümü, lastiğin en sert kısmını oluşturur (BDB, 2019).

2.4. Lastiğin temel görevlerinin lastik sırtına etkileri

Taşıt ile yol arasındaki tek bağlantı elemanı olan lastiklerin temel görevi; aracın yükünü taşımak, aracın durmasını ve hareket etmesini sağlayan kuvveti zemine iletmek, aracın yönünü isteğe bağlı olarak değiştirmek, zemin etkisiyle oluşan sarsıntıları en aza indirerek güvenli ve konforlu sürüş sağlamaktır (BDB, 2019; Savran, 1996: 17).

2.4.1. Aracın yükünü taşımak

Lastik, içindeki yüksek basınçlı havanın dışarıya çıkmasını engelleyen geometrik yapıyla tasarlanmıştır. Lastik başına düşen yükün lastik tarafından taşınabilmesi için lastiğe uygun basınçta hava ile şişirilmesi gerekmektedir. Fazla hava ile şişirilen lastiklerin zemin ile temas eden sırt kısmı aşınırken, uygun görülen basınç değerinden daha az hava ile şişirilen lastiklerin zeminde temas eden sırt kısmı olması gerekenden daha fazla olur. Lastik başına binen yük miktarının da etkisiyle lastikte yapısal bozulmalar meydana gelir. Bu nedenle lastik sırtının özellikleri bu koşullar düşünülerek üretilir (BDB, 2019; Savran, 1996: 17).

2.4.2. Aracın durmasını ve hareket etmesini sağlayan kuvveti zemine iletme

Sürüş esnasında motorun meydana getirdiği tork, araç aktarma organları tarafından lastiklere aktarılır. Torkun, aracı hareket ettiren kuvvete dönüştürülebilmesi için lastiklerin zemin ile maksimum sürtünme kuvvetini açığa çıkartması gerekmektedir. Aracın durması için, kullanılan fren sisteminde de lastik ile zemin arasında meydana gelen sürtünme kuvvetinin maksimum düzeyde olması gerekmektedir. Tüm bunların kusursuz oluşması için lastiğin sırt karışımının özellikleri ve lastik sırtının desen yapısı çok önemlidir (BDB, 2019; Savran, 1996: 17).

2.4.3. Aracın yönünü isteğe bağlı olarak değiştirmek

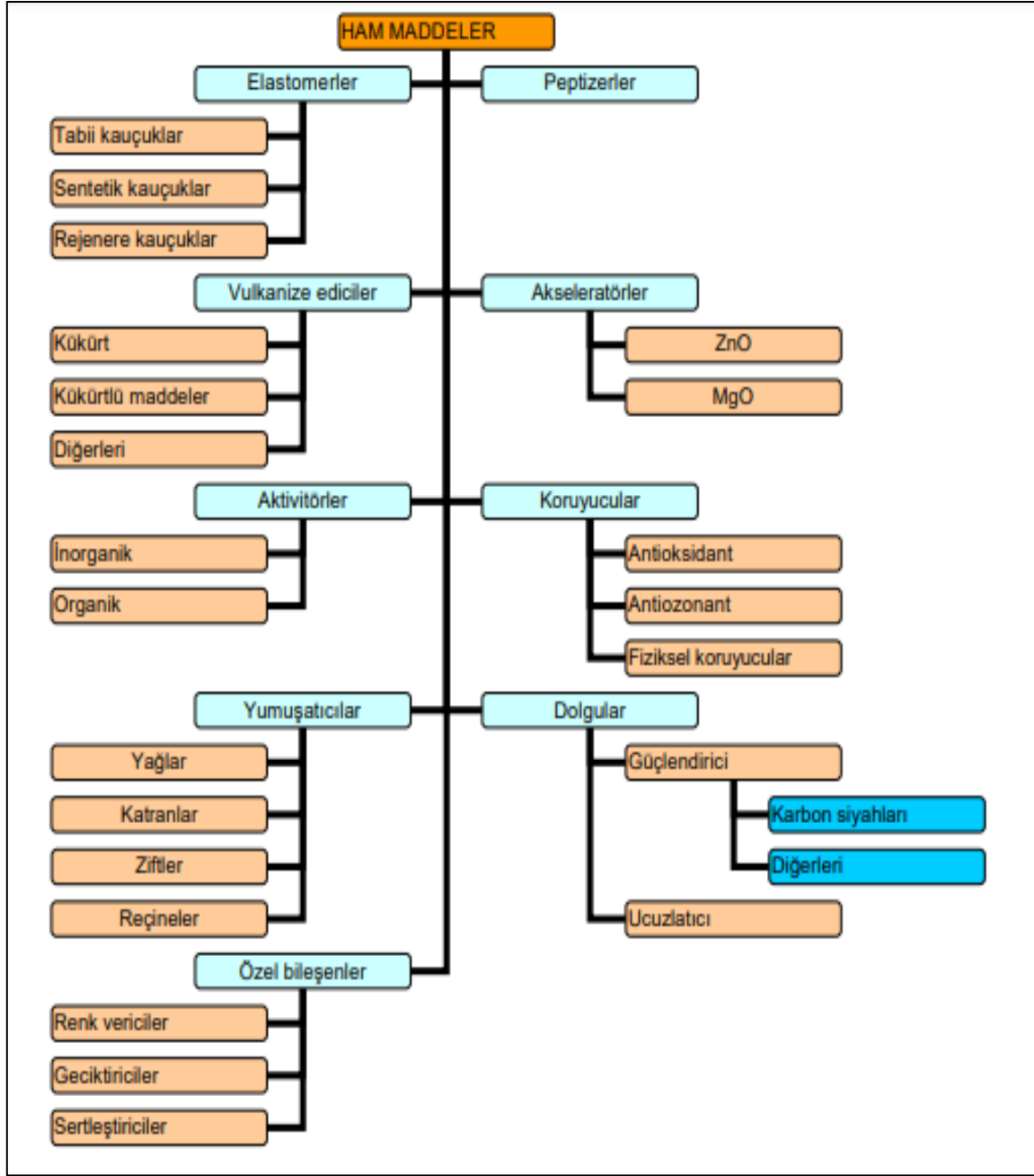
Sürücü kontrolündeki araçların virajda yüksek hızlara çıktığında, lastik ile zemin arasında yanal sürtünme kuvveti meydana gelir. Bu kuvvet ile araçta yaşanması muhtemel savrulma ve kayma hareketleri önlenir. Açığa çıkan bu sürtünme kuvveti lastiğin ömrü ile doğru orantılıdır. Lastiğin daha uzun ömürlü olması, Lastik sırtının aşınma direncine karşı dayanıklı olmasına bağlıdır (BDB, 2019; Savran, 1996: 16).

2.4.4. Zemin etkisiyle oluşan sarsıntıları en aza indirerek güvenli ve konforlu sürüş sağlamak

Zeminde etkisiyle oluşan sarsıntıların araçta bulunan kişilere en az şiddette aktarılmasını sağlayan aracın amortisör sistemidir. Lastikler ise bu sırada aracın amortisör sistemine ek yardımcı elemanlar olarak görev yaparlar. Bunun için lastiğin sırt ve yanak karışımlarının özellikleri ve boyutları çok önemlidir. Lastiğin sırt ve yanak karışımları ve boyutları, araç konforunu arttırmaya yönelik üretildiğinde lastiklerde viraj hakimiyetinde azalma meydana gelir. Aynı şekilde sırt ile yanak karışımları ve boyutları lastiğin yüksek viraj hakimiyeti sağlaması için tasarlandığında, sürüş konforu düşer ve sarsıntı şiddetinin hissedilebilirliği artar. Bu dengenin sağlanması için lastiğin sırt ile yanak karışımının her iki özelliği karşılayacak şekilde dengeli olarak üretilmesi gerekmektedir (BDB, 2019; Savran, 1996: 17).

2.5. Lastik Karışımı Reçetesinin Hazırlanması

Kauçuk karışımı: Belirlenen kullanım amacına uygun olarak elastomerlerler, vulkanize ediciler, aktivatörler, yumuşatıcılar, dolgular, akseleratörler ve koruyucuların belirli oranlarda mikser yardımıyla karıştırılması sonucu elde edilen maddedir. Şekil 2.3'de en yaygın kullanımı olan kauçuk karışım maddeleri ve amaçları verilmiştir.



Şekil 2.3. Lastik karışımında kullanılan katkı ve girdiler

Reçeteler tasarlanırken, evrensel bir dil yaratmak ve bir karışıklıkların önlenmesi amacıyla elastomerlerin toplamı 100 olacak şekilde reçete hesaplaması yapılır. Toplam kauçuk oranı 100 olarak hesaplandıktan sonra elastomer dışındaki tüm kimyasallar phr olarak reçeteye eklenir. Phr “Part Per Hundred Rubber” deyiminin kısaltılmasıdır ve “100 kısım kauçuk” için gerekli olan miktar anlamına gelir (Aslan, 1997: 15).

2.6. Lastik Karışımında Kullanılan Ham Maddeler

2.6.1. Elastomerler

Elastomerler lastik karışımının en temel maddesi olan kauçukların genel adıdır. Lastik karışımları ağırlıkça %40 ile %60 arasında kauçuk içerir. Kauçuklar tabii kauçuk ve sentetik kauçuk olmak üzere ikiye ayrılır (Savran, 1996:16; Saçak, 2005: 13).

2.6.1.1. Tabii kauçuk (NR)

Tabii kauçuğun yapısı;

+ %30-%40 arasında cis-1,4 polyisoprene

+ %2 reçine

+ %60-%65 su

+ %2-%5 protein ve lipitlerden oluşmaktadır.

Tabii kauçuk Hevea Brasiliensis bitkisinden elde edilen akışkan sıvıdan üretilir. (Savran, 1996:14; Saçak, 2005: 14).

2.6.1.2. Stiren bütadien kauçuk (SBR)

Stiren ve bütadienin emülsiyon polimerizasyonu ile elde edilen ve ağırlıkça %22 ile %25 arasında bağlı stiren içeren kauçuktur. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Yağ ve çözücülerin aşındırmalarına karşı direnç gösterir. Fiziksel özelliklerinin aktive olabilmesi için dolgu maddeleri ile karıştırılması gerekmektedir. Geliştirilmesi için karbon siyahı ve diğer dolgu maddelerinin ilavesi gerekir. Sentetik kauçuk üretiminin %60' lık kısmını stiren bütadien kauçuğu (SBR) oluşturur (Savran 1996: 17; Saçak, 2005: 20).

2.6.1.3. Butil kauçuk (IIR)

Yapısı gereği esnekliği az, histerisi yüksek bir kauçuktur. Darbelere karşı dayanıklı ve geçirgenliği azdır. Gerilme anında kristalleşerek kendini takviye eder. İnert yapılı olduğu için çapraz bağlanma yapabilmesi için isopren gruplarına gereksinim duyar (Aslan, 1997: 16).

2.6.1.4. Polibutadien kauçuk (BR)

Çifte bağ etrafında dönme serbestisi, açıktaki gruplar kristalizasyona engel olduğundan bu kauçuk karışım içinde tek başına kullanılmaz. Genellikle lastik sırt karışımı kullanımında diğer kauçuklar ile karıştırılarak kullanılması tercih edilir (Saçak, 2005: 21)

2.6.1.5. Etilen propilen (EPDM)

Doymuş yapıya sahip kauçuklardır. Hareketliliği düşüktür ve karışım esnasında kendisini toplama zamanı diğer kauçuklara göre fazladır. Isıl yaşlandırması ve çevresel faktörlere karşı en dayanıklı kauçuktur (Aslan, 1997: 16).

2.6.1.6. Nitril kauçuğu (NBR)

Yapısında %25 ile %40 arasında akrilonitril içeren kauçuktur. Hidrojen bağları ile hareketliliği kısıtlandırılmıştır. Açıkta bulunan gruplar gerilme esnasında oluşan kristalizasyonu önler. C=N grupları Nitril kauçuğun yağa dayanımı arttırmaktadır (Aslan, 1997: 16).

2.6.1.7. Neopren kauçuk (EU)

1,4 trans klorun sabitleştirici etkisinden dolayı çift bağları reaktif değildir. Yapısındaki klor yağı, yanmaya ve alevlenmeye karşı etkilidir. Genellikle ısı direncine sahip konveyör bant üretimi için kullanılır (Saçak, 2005: 14; Savran 1996: 17).

2.6.2. Dolgular

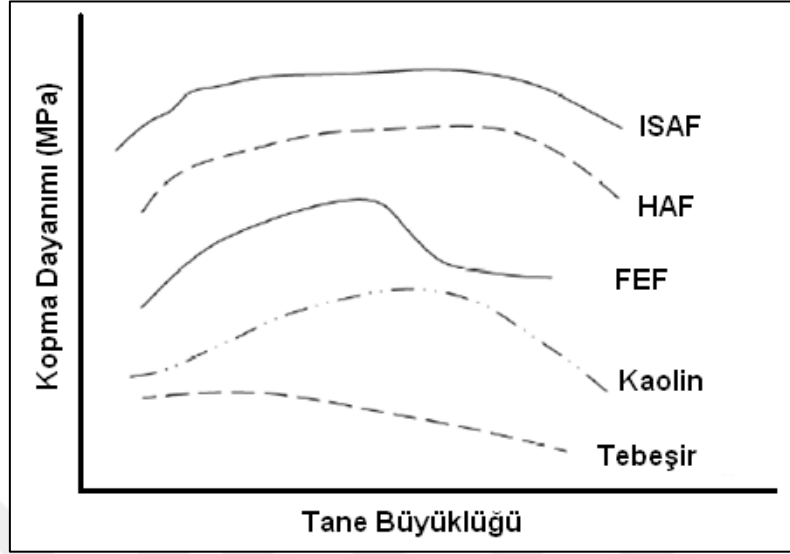
Lastik karışımlarında dolgu maddesi olarak en çok tercih edilen karbon siyahlarıdır. Karbon siyahları, elementel karbonun yüksek sıcaklıklarda bozundurulması ile elde edilir. Fırınlanma tipine göre ISAF, HAF, FEF, GPF ve SRF olarak adlandırılırlar. Tablo 2.2.' de karbon siyahı türleri ve özellikleri gösterilmektedir (Savran, 1996: 17; Saçak 2005: 14).

Tablo 2.2. Karbon siyahının türleri ve özellikleri (Aslan, 1997).

ASTM Stn. Adı	İsmi	Özelliği	Tane Büyüklüğü (nm)	Yüzey Alanı (m ² /g)
N 110	SAF	Üstün aşınma	11-19	125-155
N 220	ISAF	Yüksek aşınma	20-25	110-140
N 330	HAF	Ultra yüksek aşınma	26-30	70-90
N 440	FF	İnce fırın siyahı	31-39	45-69
N 550	FEF	Hızlı ekstruzyon siyahı	40-48	36-52

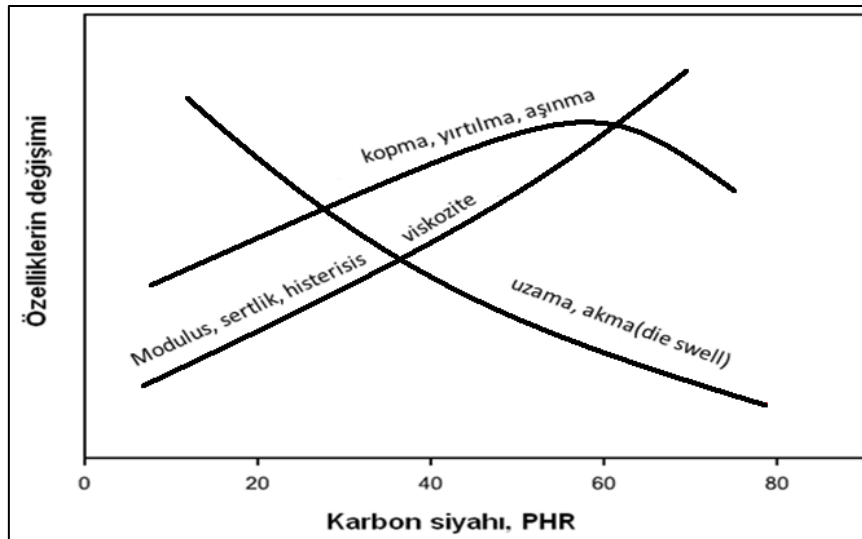
Dolgu maddeleri kauçuk karışımına kuru toz halinde katılır. Kauçuk karışımında güçlendirici görevi görürler. Dolgu maddeleri kauçuk karışımı içine eklenerek karışımın

kopma mukavemetini arttırır. Şekil 2.4.' de dolgu maddelerinin, değişen tane büyüklüğüne göre kopma dayanımları gösterilmektedir (Savran, 1996: 17; Saçak, 2005: 14).



Şekil 2.4. Dolgu maddelerinin değişen tane büyüklüğüne göre kopma dayanımları (Aslan, 1997).

Lastik karışımına eklenen karbon siyahı phr oranının artmasına bağlı olarak kopma mukavemeti, aşınma, yırtılma direnci, özdayanım, viskozite ve ısı oluşumu artarken akma özellikleri ve uzama oranında azalma meydana gelmektedir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Karbon siyahlarının karışımında kullanılan phr oranına göre fizikomekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler (Aslan, 1997).

2.6.3. Yumuşatıcılar

Yumuşatıcılar, lastik karışımında genellikle 5 phr ile 30 phr arasında kullanılırlar. Karışımın fizikomekanik özelliklerine doğrudan etki eder. Lastik karışımlarında genellikle yumuşatıcı görevi yapan üç tip yağ kullanılır. Bunlar:

- + Parafinik yağ,
- + Naftenik yağ,
- + Aromatik yağdır.

Yumuşatıcı olarak kullanılan yağalar, ekstruzyon kolaylaştırıcıdır ve vulkanizasyon sonrası yüzey parlaklığı sağlar. Lastik karışımı üretiminde karbon siyahı ile yağlar aynı anda kauçuğa beslenerek karıştırılmalıdır. Yağların lastik karışımı üzerinde fiziksel etkisi ve işleme etkisi olmak üzere iki farklı etkisi bulunmaktadır (Fassenden, 1992: 20).

Yumuşatıcı yağların lastik karışımına fiziksel etkileri şu şekildedir:

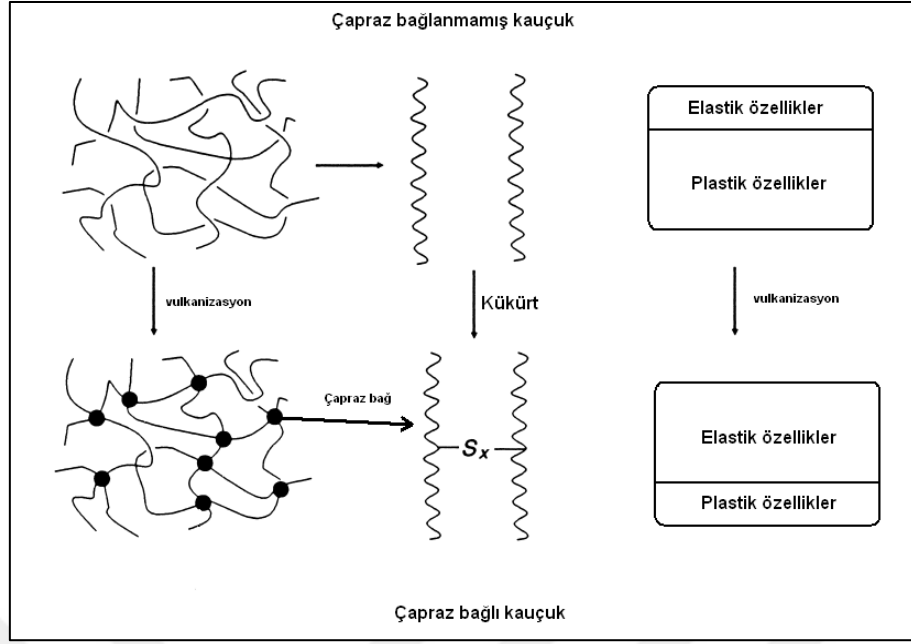
- + Sertliği azaltır,
- + Uzama miktarını ve esnekliği artırır,
- + Vulkanizasyon esnasında kalıp içindeki akma eğilimini iyileştirir,
- + Kopma mukavemetini artırır.

Yumuşatıcı yağların lastik karışımına işleme etkileri şu şekildedir:

- + Dolguların karışım içindeki dağılımını hızlandırır,
- + Viskozite miktarını düşürür,
- + Karışımın homojenliğini artırır,
- + Prosesteği karıştırma sıcaklığını düşürür,
- + Karışımın ham yapışkanlığını artırır,
- + Akış hızını artırarak karışımın işlenmesini kolaylaştırır (Fassenden, 1992: 21; Savran, 1996: 17).

2.6.4. Vulkanize ediciler

Vulkanizasyon işlemi, karışımın kimyasal yapısındaki kauçuk molekülleri arasında çapraz bağların oluşması sonucunda karışımın elastik özelliklere ulaşmasına denir. Çapraz bağlanma öncesindeki yüksek plastik yapı, çapraz bağlanma sonrası yerini yüksek elastik yapıya çevirir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Vulkanizasyon oluşumu (Fassenden, 1992)

Vulkanizasyon sonrası çapraz bağ yoğunluğu arttıkça lastiğin kopma dayanımı, yırtılma direnci ve sertlik özellikleri artar. Çapraz bağ yoğunluğunun lastik karışımında kullanılan pişirici ile doğru orantılı olduğu düşünüldüğünde pişiricilerin karışım içerisinde belirli bir phr oranında kullanılması gerekmektedir. Pişirici kullanımı miktarının fazlalığı çapraz bağ yoğunluğunu daha çok arttırsa da vulkanize olmuş kauçuğun kırılmaya meyilli hale gelir. Aynı şekilde yırtılma direnci ve kopma mukavemeti çapraz bağ yoğunluğu arttıkça belli bir miktar artar. Maksimum seviyeye ulaştıktan sonra yırtılma direnci ve kopma mukavemetinde azalma meydana gelir. Sertlik ise çapraz bağ yoğunluğu maksimuma ulaştıktan sonra çapraz bağ yoğunluğu artsa da sabit kalır (Ciesislski, 1999: 37; Mark vd., 2005: 36).

2.6.5. Aktivatörler

Lastik karışımında vulkanizasyon için hızlandırıcı (akseleratör) kimyasalları kullanılır. Bu kimyasallar vulkanizasyon işlemini hızlandırarak, karışımın fizikomekanik özelliklerini etkilerler. Aktivatörlerin lastik karışımındaki etkileri aktifleyicilerin cinsine göre değişir. Lastik karışımlarında en çok kullanılan aktifleyici kimyasallar çinko oksit ve stearik asittir (Şekil 2.8.).



Şekil 2.7. Aktivatör olarak kullanılan kimyasallara ait görseller

2.6.6. Hızlandırıcılar

Hızlandırıcılar lastik karışımının pişirme süresini hızlandıran kimyasallardır. Vulkanizasyon sonrası ürünün yaşlanmaya karşı direncini arttıırırlar. Karışım içinde iki ya da daha fazla hızlandırıcı kullanılması sonucu primer ve seconder hızlandırıcı etkisi oluştırırlar. Primer ve seconder hızlandırıcıların birleşimi sonucunda birbirleri etkileyerek karışımın reolojik özelliklerini etkilerler. Hızlandırıcıların bu özelliğı daha az miktarda kükürt kullanılmasını ve buna bağılı olarak da daha yüksek ısı dayanımını ile ısıl yaşlanmada iyileşme sağlamasıdır.

2.6.7. Koruyucular

Araç lastikleri çevresel etkilere maruz kalırlar ve zaman içinde lastik karışımı bozunmaya uğrar. Karışım içinde oksijen gruplarının oluşmasına bağılı olarak çapraz bağlar kopar ve lastiğın yapısında çatlaklar oluşur. Polimer içindeki doymamışlık oranının artması sonucunda lastiğın yaşlanma olayı gerçekleşir. Çift bağların ozon ve oksijene karşı duyarlı olması nedeniyle polimer bağlarında parçalanmalar meydana gelir. Bu sırada kükürt tepkimesi devam ettiğı için sertleşmeye bağılı kırılmalar oluşur. Lastikte meydana gelen bu olumsuzlukları önlemek için antioksidant adı verilen koruyucu kimyasallar kullanılır. Antioksidantların temel görevi lastik yüzeyinde çatlak oluşumunu ve çatlak ilerlemesini yavaşlatmaktır (Rodgers ve Dekker, 2004: 420).

2.7. Bitkisel Yağlar

Yağ bitkilerinde gliserol daima bulunmakta, ancak yağı oluştıran diğır kısım olan yağ asitleri her bir yağ bitkisinde farklı sayıda ve kompozisyonda bulunmaktadır. Yağın kullanım alanı da içerdığı yağ asitler kompozisyonuna göre belirlemektedir. Yağ asidi, yapısında karboksil grubu taşıyan düz bir hidrokarbon zinciri olup, yağın en önemli öğesidir. Hidrokarbon zincirinde bulunan karbon sayısı, C atomları arasında çift bağ bulunup

bulunmaması, çift bağ varsa yeri ve sayısı gibi özellikler yağ asitlerini birbirinden ayırmaktadır (Karaca ve Aytaç, 2007: 24).

2.7.1. Ayçiçek yağı hakkında bilgiler

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), kompozit (*Asteracea*) ailesinin ve *Helianthus* cinsinin bir üyesidir. İlk olarak yerli Amerikalılar tarafından yetiştirilmiştir. Aynı türden olan iki tür ayçiçeği vardır, yağlı tohum ve yağsız tohum. Dünya yağ üretiminin önemli bir bölümünü oluşturan yağlı tohum ayçiçeği tohumu sıkıca tutulmuş katı siyah kabuklu gövdesi ile karakterizedir. Ayrıca kanola yağına benzer şekilde yüksek oranda oleik asit yağ asidine sahip olan bir yağlı tohumdur. Ayçiçek yağı tohumlarından presleme, özütleme gibi işlemlerden sonra rafinasyona tabi tutularak üretilen, berrak, sıvı halde ve yağ asitlerinin yapısını değiştirmek amacıyla esterleştirilmemiş yağdır. Ayçiçek tohumu yağının yaygın kullanımı beslenme amaçlıdır. Bunun yanında Biyodizel yapımında ve ilaç sanayinde kullanılmaktadır. Ayçiçeği tohumunun yağ içeriği %23 ila %46'dır. Tüm bitkisel yağlar gibi ayçiçek yağı da trigliseritlerden (%98-99) ve "minor bileşenler" olarak da bilinen, sabunlaşmayan diğer maddelerden oluşur. Rafine ayçiçek yağının yağ asidi bileşimi; miristik asit (C14: 0), palmitik asit (C16: 0), palmoleik asit (C16: 1), stearik asit (C18: 0), Oleik asit (C18: 1), Linoleik asit (C18: 2), linolenik asit (C18: 3) ve Araşidik asit (C20: 1). Yüksek linoleik asit içeriği (%48,3 ila 74,0) ve orta derecede oleik asit içeriği (%14,0 ila %39,4) nedeniyle yüksek derecede çoklu doymamış yağ olarak kabul edilir. Bu nedenle ısıya karşı dayanıklılığı daha fazladır. Gerekli plastisite derecesine ulaşmak için yüksek bir doymuş yağ asidi seviyesi gerekli olmakla birlikte, çoklu doymamış yağ asitlerinin, yüksek oleik asit miktarının azaltılmasıyla, oksidatif stabilite de artırılabilir (Jamieson ve Baughman, 1922: 2953; Guinda vd., 2003: 130; Abitogun vd., 2008: 3)

2.7.2. Kanola yağı hakkında bilgiler

Ülkemizde kanola yağı eskiden beri kolza yağı (rapistra yağı) olarak bilinmektedir. Kanola bitkisi, kolza tohumlarının (*Brassica napus* L. ve *Brassica campestris* L.) genetik modifikasyonu ile elde edilmektedir. Kanola, tohumlarında bulunan %40-50 yağ önemli bir yağ bitkisi olduğunu göstermektedir. Kanola tohumlarından elde edilen kanola yağı, yüksek oranda doymamış yağ asidi (oleik asit, linoleik asit, linolenik asit) ve düşük oranda doymuş yağ asidi (palmitik asit, stearik asit) içermektedir. Isı dayanıklılığı en yüksek olan yağ kanola yağıdır, kaynama noktası 238°C'dir. Güncel kullanımda diğer yağlara göre daha az maliyetli olması kanola yağının kullanımını arttırmaktadır. Kanola yağının steroller ve tokoferoller

onun sabunlaşmayan kısmını oluşturan en önemli bileşenlerdir. Tokoferoller bitkilerden elde edilen doğal antioksidanlardan biridir.

Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz süperkritik ve yenide esterleştirme (transesterifikasyon) vb. yöntemler uygulanmaktadır. Ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kanola yağı, yer fıstığı yağı, kullanılmış kızartma atık yağları belirli oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılarak seyreltilmekte, böylelikle viskozite değeri bir miktar düşürülmektedir (Tosun ve Özkal, 2000: 60; Alpgiray ve Gürhan, 2007: 232; Ersungur, 2008: 57; Elibal, 2009: 17)

2.7.3. Mısır yağı hakkında bilgiler

Mısır yağı, *Graminae* familyasına ait olan *Zea mays* mısır taneleri rüşeyminden elde edilen yağdır. Nişasta ile glikoz şurubu üretimi sırasında yan ürün olan rüşeymden bu yağ elde edilir. Mısır çeşitlerine göre yağ içeriği ortalama %4-5 arasında olur. Yüksek oranda yağ içeren mısır türlerinde %19,5 oranında yağ bulunabilir. Mısırdaki yağın büyük kısmı özünde ya da tohumunda yoğun olarak bulunmaktadır. Mısırdaki yağın çoğunluğu serbest haldedir. Mısır yağı, %55 ile %60 arasında doymamış yağ asidi (linoleik asit) içerir.

Mısır yağı 235°C'ye kadar ısıya dayanıklı, yanmayan ve okside olmayan bir yağ çeşididir. Mısır yağı, yoğun olarak gıda sektöründe kullanılsa da makine yağlarına katkı olarak, plastik ve reçine üretiminde, sabun ve kremlerde, bazı böcek ilaçlarında, mürekkep, boya ve tekstil boyaması gibi alanlarda da kullanılır (Kıvrak, 2019: 5; Arellano vd., 2019: 594).

2.8. Selüloz yapılı dolgu maddeleri

Doğa polimerlerle doludur. Ucuz ve biyolojik olarak parçalanabilir selüloz esaslı malzemeler polimerlerin üretim maliyetleri ve petrol rezervlerinin azalması nedeniyle, doğal alternatifler olarak ilgi çekmekte ve araştırmalara esas oluşturmaktadır.

Kompozit malzemede kullanılan polimerler genellikle istenilen özellikleri tek başına karşılayamazlar. Bu nedenle kompozit malzemeye, polimerler birçok farklı liflerle desteklenmektedir; doğal selülozik lifler de bunlar arasındadır. Ancak doğal liflerin yapısına göre değişen hidrofil karakteri hidrofob özellikte olan polimer matris ile uyumsuzluğa neden olabilir. Ayrıca işlem sıcaklığının düşük derecelerde olması gerekliliği doğal liflerin kompozit üretimindeki diğer sınırlayıcı özellik olmaktadır. Selüloz dünyada en çok bulunan biyopolimerdir ve yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik olmaması gibi özellikleri ile karakterize edilir. Selüloz, β -1,4-glikosidik bağlarla birbirine bağlanan β -D-

glukopiranoz birimlerinin lineer homopolisakkarit zincirlerinden oluşur. Selülozik zincirler arasında ve moleküller arası hidrojen bağları oluşturulur, bu da fibril yapısındaki amorf bölgelerle kristal yapılara gelişmesine yol açar. (Mohanty vd., 2000: 23; Garcia vd., 2018: 2935).

2.8.1. Kozalak hakkında bilgiler

İğne yapraklı ağaçların tohumlarına kozalak denir. Kozalakların ait oldukları ağaca göre şekilleri farklıdır ama tüm kozalakların yapıları aynıdır. Kozalaklar odunsu yapıda lifli ve sert malzemelerdir. Kozalaklar ağaç üzerinde iken kapalıdır. Ortamın nem miktarına göre kozalağın pulları şekil değiştirir. Nemli ortamda kozalak pulları kapanır, kuru ortamda ise kozalak pulları açılır. Kozalağın bu özelliği sayesinde araştırmacılar, kozalak pullarını hücre, doku ve organ bazında incelemişler ve lifli yapısı nedeniyle birçok araştırma da kullanmışlardır. Çam kozalaklarının kimyasal bileşimleri bulunan coğrafya, mevsim, genotip ve çevresel durumlara bağlı olarak değişebilmektedir. Çam kozalakları esas olarak lignin, selüloz ve hemiselülozlardan oluşur. Bu onlara hidrofilik bir karakter verir ve bu nedenle polimer matrisi ile doğal lifler arasındaki birleşimi engelleyebilirler. Kozalaklar, fenolik bileşikler (tanenleri, stilbenler, flavonoidler vb.) bakımından da zengindir (Mohanty vd., 2000: 276; Gonultas ve Ucar, 2013: 263; Borazan ve Gokdai, 2018: 428).

2.8.2. Şam fıstığı hakkında bilgiler

Türkiye'deki başlıca biyokütle kaynakları gıda işleme atıkları, endüstriyel atıklar ve orman atıklarıdır. Türkiye dünyadaki üçüncü büyük fıstık üreticisidir. Antep fıstığı taze olarak kullanılır veya şekerleme, fırın ürünleri ve dondurma üretiminde de kullanılır. İşleme faaliyetleri nedeniyle, çok miktarda kalıntı (Antep fıstığı kabuğu) oluşur ve çoğunlukla yakılarak atılır. Antep fıstığı kabukları çok sert yapıda doğal bir polimer örneğidir. Literatürde kabuğun kimyasal bileşiminde, genel olarak yağ, polisakkarit, selüloz ve karbonhidrat olduğu belirlenmiştir (Piness, 2010: 40; Okutucu vd., 2011: 140).

2.8.3. Kestane hakkında bilgiler

Bilimsel adı “*castanea*” olan ve Kuzey Yarım Küre’nin tüm ılıman bölgelerinde yetişen kestane ağacı kayıngiller familyasındandır Kestane ağacının en çok yetiştiği yerler Akdeniz kıyılarıdır. Kestane ağaçları kumlu topraklara sahip kayalık yamaçlarda yetişir. Yaprakların kenarları testere dişli ve serttir. Dikenli ve yeşil yapıdaki dış kabuğunun içinde kahverengi kabuklu ve yenebilen meyve bulunur. Kestane ağaçları 10 yıl sonra meyve vermeye başlarlar. Ülkemizde yılda ortalama 12 bin ton kestane üretilmektedir.

Kestanenin, ağırlıkça yaklaşık %10-15'i kestane kabuğudur, buda büyük miktarlarda atığın ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Kestane kabukları esas olarak selüloz, hemiselülozlar ve ligninden oluşan lignoselülozik biyokütledir (Gullon vd., 2018: 264).



3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Sobhy ve ark. (2003) doğal kauçuk ve nitril kauçuğu temel alarak tasarladıkları reçetelerde, dolgu maddesi olarak kalsiyum karbonatı kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada kalsiyum karbonatın doğal kauçuk ve nitril kauçuk üzerindeki fizikomekanik özelliklerine ve kür özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Reçetelerinde kalsiyum karbonat oranı sırasıyla 10, 20, 40 ve 60 phr olarak tasarlamışlar ve sonuçları kalsiyum karbonat kullanmadıkları referans reçete ile karşılaştırmışlardır. Tasarladıkları kalsiyum karbonat içeren karışımlarla ve referans reçetesi ile birlikte, doğal kauçuğun kullanıldığı 5 karışım numunesi, nitril kauçuğun kullanıldığı 5 karışım numunesi olmak üzere toplamda 10 farklı karışım numunesi hazırlamışlardır. Tüm karışımların fizikomekanik özelliklerinin karşılaştırılması için sırasıyla çekme-kopma deneyi, şişme deneyi ve yaşlandırma deneyi uygulamışlardır. Kalsiyum karbonatın doğal kauçuk ve nitril kauçuk üzerindeki kürleşme etkisini incelemek için reometre cihazı yardımıyla tork değeri, ts_2 ve tc_{90} vulkanizasyon sürelerini ve CRI kürleşme noktasının belirlendiği reolojik testlerini gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın test sonuçlarına göre kalsiyum karbonatın doğal kauçuk ve nitril kauçuk bazlı kompozit karışımlar için 20-40 phr aralığında kullanılabilir olduğunu, 40 phr' dan daha fazla kullanıldığında kauçuk karışımındaki karbon zincirinin bozulma süresinin artmasına bağlı olarak fizikomekanik özelliklerin olumsuz yönde etkilendiğini bulmuşlardır.

Güner ve ark. (2006) ayçiçek, pamuk, keten, kolza, hint ve susam bitkilerinin yapısında bulunan trigliseridi modifiye ederek reçine üretmiş ve polimerizasyon yöntemini kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda ürettikleri kompozit malzemelerin ısı dayanımının, elastiklik özelliklerinin, gaz geçirgenlik özelliği, elektriksel iletkenlik ve yanmazlık, kimyasal direnç ve metal malzemelerle üstüm yapışma özelliklerinde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Balo ve ark. (2008) doğal kil, uçucu kül ve dört çeşit epoksilenmiş bitkisel yağ kullanılarak 180 adet değişik yeni kompozit malzeme üreterek ısı ve mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemişler ve yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmışlardır. Kil ve uçucu kül ile hazırladıkları karışımlarda ağırlıkça yüzde 30, 40, 50, 60 ve 70 oranında, epoksilenmiş soya yağı, ayçiçeği yağı, zeytinyağı ve palm yağını kullanmışlardır. Numuneler üzerinde çekme-kopma, aşınma, su emilimi, kuruma hızı ve ısı iletimi analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Test sonuçlarında hazırladıkları numunelerin ısı

iletim katsayılarının düşük olduğunu ve enerji tasarrufu sağlayacak kaplama malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Ergüler ve ark. (2011) nitril ve kloropren kauçuk kullanarak hazırladıkları karışımlar üzerinde fındık yağının plastikleştirici etkisini incelemişlerdir. Fındık yağı kullanarak hazırladıkları nitril ve kloropren kauçuk esaslı karışımlarda sertlik, kopma dayanımı, DSC analizi, yüzde uzama, yağ direnci ve camsı geçiş sıcaklıkları analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları analizlerin sonuçlarına göre çevrede kolaylıkla yok olabilen bitkisel kökenli fındık yağının, nitril ve kloropren kauçuk üzerinde plastikleştirici etkisini belirlemişlerdir.

Balcıoğlu ve ark. (2012) aramid, karbon ve cam gibi kompozit takviye malzemelerinin geri dönüşümlerinin güç olduğu için bu alanda çalışma yapmışlardır. Reçineyi ceviz kabuğu ile güçlendirerek oluşturdukları numunelerin aşınma dirençlerini incelemişlerdir. Matris malzemesi olarak polyester reçine, takviye elemanı olarak da öğütülmüş ceviz kabuğu kullanmışlardır. Öğütülmüş ceviz kabuğu takviye oranı ağırlıkça %5, 10 ve 15 olarak belirlemişlerdir. Takviye oranındaki değişimin numunelerin aşınma direncini nasıl etkidiğini daha iyi anlayıp karşılaştırma yapabilmek için referans reçete olarak sadece polyester reçineden oluşan numune üretmişlerdir. Hazırladıkları numunelere DIN 50320 standardına göre aşınma testi uygulamışlardır. Bu çalışmada; %0, 5, 10 ve 15 oranlarında ceviz kabuğu ile takviye edilmiş polyester reçinenin 500, 2500 ve 4500 gramlık yükler altındaki aşınma davranışları incelemişlerdir. Polyester reçine ile ürettikleri kompozitin metallere oranla sıcaklıktan daha kolay etkilendiği için bu malzemenin kuru sürtünme şartlarında kullanılması yerine hava ya da farklı bir akışkan ile soğutulmuş kullanıldığında ürettikleri malzemenin aşınmaya uğrayan sistemlerde daha sağlıklı kullanılabileceğini tanımlamışlardır.

Dong ve ark. (2012) partikül takviyeli kompozitlerin eğilme özelliğini incelemişlerdir. Bunun için önceden kurutup öğüttükleri fındık kabuğunu takviye elemanı olarak seçmişlerdir. Hazırladıkları kompozit karışımında öğütülmüş fındık kabuğunu ağırlıkça %10, 20, 30 ve 40 oranında kullanmışlardır. Hazırladıkları öğütülmüş fındık kabuğu partikül takviyeli kompozit karışımlarına vulkanizasyon sonrası kırılma yüzeyi testi, eğilme modülü ve ASTM D790-07 standardına göre bükülme mukavemeti testi uygulamışlardır. Yapmış oldukları çalışmanın sonuçlarına göre kompozit içinde yer alan fındık kabuğu partikül miktarı arttığında boşluk miktarı da arttığı için eğilme dayanımının azaldığı sonucuna varmışlardır.

Arrakhiz ve ark. (2013) öğütülmüş çam kozalağı liflerinin kil hibrit kompozit malzeme ile karıştırılması sonucundaki mekanik ve termal özelliklerin değişimini incelemişlerdir.

Ortalama 500µm elek boyutuna getirilen öğütülmüş çam kozalağı liflerini önce sodyum hidroksit sulu çözeltisi ile daha sonra da asetik asit ile muamele etmişlerdir. Öğütülmüş çam kozalağı liflerini sodyum hidroksit sulu çözeltisi ve asetik asit ile muamele ederek lif yüzeyinde bulunan yapışmayı önleyecek maddelerden kurtulmuşlardır. Erittikleri kil ve çam kozalağı tozlarını polipropilen (PP) ile karıştırmışlardır. Hazırladıkları numune de XRF, XRD, ATR-FTIR analizi, TGA çekme-kopma testi, burulma testi ve sertlik testi analizlerini yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda öğütülmüş çam kozalağı liflerinin kil hibrit kompozit malzeme ile karıştırılması sonucunda burulma ve gerilme değerlerinde artış olduğunu bulmuşlardır.

Elkhaoulani ve ark. (2013) öğütülmüş fas kenevir elyafının polimer kompozit ile kullanıldığı zaman meydana gelen mekanik ve termal özelliklerin değişimini incelemişlerdir. Leistritz ZSE-18 çift vidalı extruder kullanarak öğüttükleri fas kenevirinden ağırlıkça %5, %10, %15, %20, %25 ve %30' luk kompozit numuneler hazırlamışlardır. Hazırladıkları numunelerde ATR-FTIR analizi, termogravimetrik (TGA) analiz ve taramalı elektron mikroskobu kullanarak numunelerin bağ yapısını incelemişlerdir. Numunelerin fizikomekanik özelliklerindeki değişimler için çekme-kopma testi ve burulma testi uygulamışlardır. Yapılan testlerin sonucunda numunelerin fiziksel yapısındaki değişim, liflerin yapısal özellikleri ve termal kararlılıklarını karşılaştırmışlardır. Ağırlıkça %20 - 30 arasında öğütülmüş fas kenevir elyafının, polimer kompozit üretiminde kullanıldığında fiziksel yapısındaki değişim, liflerin yapısal özellikleri ve termal kararlılıklarını olumsuz etkilemediği ve fizikomekanik özelliklerinde değişim meydana gelmediğini bulmuşlardır.

Essabir ve ark. (2013) badem kabukları ile güçlendirilmiş polipropilen bazlı bio-kompozit parçacıkların, mekanik ve termal özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Kuruttukları badem kabuklarını çift vidalı ekstruder kullanarak öğütmüşlerdir. Partikül içeriği ağırlıkça %5, %10, %15, %20, %25 ve %30' luk öğütülmüş badem kabuğu içeren kompozitler hazırlamışlardır. Yapısal karakterizasyon analizi için ATR-FTIR analizi ve parçacık boyutu dağılımı analizi yapmışlardır. Termogravimetrik analiz (TGA) ile termal kararlılık testleri gerçekleştirmişlerdir. Fizikomekanik analizler için hazırladıkları numunelere, çekme testi, dinamik-mekanik analiz testi ve viskozite testi uygulamışlardır. Yapılan analizlerin sonucunda farklı partikül içeriği ile hazırlanan kompozitlerin; morfolojik özelliklerini, yapısal özelliklerini ve termal kararlılıklarını karşılaştırmışlardır. Test sonuçlarına göre ağırlıkça %30' luk öğütülmüş badem kabuğu ile yapılan kompozitin ikili kompozit yapılarda %56,2, üçlü kompozit yapılarında %30 oranında gerilme dayanımında artış gözlemlemişlerdir.

Ağırlıkça %25 öğütülmüş badem kabuğu ile yapılan kompozitin termal özelliğinin 351 °C’ den 362 °C’ ye yükseldiğini bulmuşlardır.

Formela ve ark. (2014) butil kauçuk esaslı karışıma farklı phr aralığında GTR kauçuk ekleyerek test değerlerindeki fizikomekanik ve reolojik değişimleri incelemişlerdir. Butil kauçuk esas alınarak oluşturdukları reçetede pişirme süresini hızlandırıcı olarak MBT ve TMTD, pişirici olarak kükürt, fizikomekanik özellikleri güçlendirmek için stearik asit ve çinko kullanarak reçete tasarlamışlardır. Hazırladıkları karışıma sırasıyla 0 phr, 10 phr, 20 phr, 30 phr, 40 phr, 50 phr, 60 phr, 70 phr, 80 phr ve 90 phr oranında GTR kauçuk ekleyerek 10 farklı numune hazırlamışlardır. Vulkanize ettikleri numunelere fizikomekanik ve reolojik testler uygulamışlardır. Yapmış oldukları deneyin sonucu olarak GTR ile butil kauçuğun maksimum kullanılabilirlik oranını 30 phr olarak belirlemişlerdir. GTR kauçuk oranının 30 phr’ dan daha az kullanıldığında çekme mukavemeti ve kopmada yüzde uzama test değerlerinde önemli bir değişim olmadığını bulmuşlardır. Butil kauçuk içine belirtilen oranda GTR kauçuğu kullanarak, ürün maliyetinde azaltma ve geri dönüşüm için çevreye olumlu katkı yapacağını göstermişlerdir.

Formela ve ark. (2016) doğal kauçuk bazlı hazırlamış oldukları kompozit karışımında; öğütülmüş buğday kepeği (wb), öğütülmüş odun unu (wf) ve öğütülmüş mikrokristalin selülozu (mc) dolgu maddesi olarak kullanmışlardır. Buğday kepeği (wb), odun unu (wf) ve mikrokristalin selülozu 80 °C’ de kurutarak çift çekiçli öğütücüde öğütmüşlerdir. İlk olarak test sonuçlarını karşılaştırmak için selülozik dolgu maddesinin kullanılmadığı; doğal kauçuk, TBBS, TMTD, Kükürt, Stearik Asit ve Çinko Oksit içeren kimyasallarla referans reçete hazırlamışlardır. Hazırladıkları karışıma ayrı ayrı 10, 30 ve 50 phr oranında buğday kepeği (wb); 10, 30 ve 50 phr oranında odun unu (wf) ve 10, 30 ve 50 oranında mikrokristalin selülozu (mc) dolgu maddesi ekleyerek 9 farklı reçete hazırlamışlardır. Hazırladıkları karışımlara önce reolojik vulkanizasyon işlemi sonrasında ise fizikomekanik testler uygulamışlardır. %100 doğal kauçuk karışımı ile hazırladıkları reçete ile yaptıkları karşılaştırma sonucunda buğday kepeğinin selülozik yapısının kauçuk karışımında takviye edici dolgu maddesi olarak kullanılmaya daha uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Öter ve ark. (2016) lastik karışımında kullanılan aromatik yağın sağlığa zararlı olmasından dolayı yerine alternatif olarak kullanılabilecek 6 çeşit düşük poliaromatik hidrokarbon (PAH) içeren yağ ile çalışma gerçekleştirmişlerdir. SIR 20, SBR1502, BIIR, EPDM ve NBR kauçuk grupları üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda sırasıyla Aromatik yağ ve düşük poliaromatik hidrokarbon (PAH) içeren Vivatec 200, Nytex 832, Vivatec 500,

Nytex 850, Nytex 4700 ve Octopus N317 yağlarını kullanmışlardır. 5 farklı kauçuk ve 7 farklı işleme yağı kullanarak 36 farklı reçete tasarlamışlardır. Yapmış oldukları 36 farklı kauçuk karışımı numunesi üzerinde öncelikle reometre cihazı yardımıyla reolojik test gerçekleştirmişlerdir. Ardından tüm kauçuk numunelerine vulkanizasyon işlemi uygulayarak fizikomekanik testler gerçekleştirmişlerdir. Reolojik ve fizikomekanik testlerin sonucunda düşük poliaromatik hidrokarbon (PAH) içeren yağların reçetelerde yapılacak olan küçük değişikliklerle aromatik yağların yerine kullanılabileceği öngörülmüşlerdir.

Yeşil ve ark. (2016) doğal kauçuk bazlı bileşenlerin karbon elyafı ile güçlendirilmesi alanında çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada doğal kauçuğu epoksileştirilmiş doğal kauçuk ile (ENS) harmanlamışlardır. 3 phr oranında epoksi boyutlu karbon fiber ile birlikte pişirici, dengeleyici, aktivatörler, yağ ve dolgu maddesi kullanarak kauçuk karışımı hazırlamışlardır. 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 phr oranında ENR ile karıştırılan doğal kauçuktan toplamda 6 farklı karışım hazırlamışlardır. Numunelerin her birine reolojik testler uygulamışlardır. Ardından vulkanizasyon işlemleri gerçekleştirilen numunelere fizikomekanik testler uygulamışlardır. Deney sonucunda reolojik testlerde herhangi bir değişim gözlememişlerdir. ENR oranı arttıkça, sertlik değerinde artış meydana geldiğini, yırtılma mukavemetinin iyileştiği ve malzeme esnekliğin arttığı sonucuna varmışlardır.

Phomrak ve ark. (2017) doğal kauçuğun bambu atıklarından elde ettikleri öğütülmüş bakteriyel selüloz ile güçlendirilmesi çalışması gerçekleştirmişlerdir. Doğal kauçuk üzerinde yıkama ile saflaştırma işlemi yaparak pH değerini 7,0 yapmışlardır. Bulamaç haline getirdikleri saflaştırılmış doğal kauçuğu, öğütülmüş bakteriyel selüloz (BC) ile ağırlıkça %20, 50 ve 80 oranında karıştırmışlardır. SEM, TGA, DSC, ATR-FTIR spektrometresi ile numunelerin analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Ardından numunelerin termal faz değişimini, camsı geçiş sıcaklığını, kristalin eriyik sıcaklığını, çekme kopma ve termal kararlılığını test etmişlerdir. Doğal kauçuk ile bakteriyel selüloz karışımından oluşan kompozitin zorlayıcı şartlara maruz kalmayan malzemelerin üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Materyal

Lastik sırtı üretiminde kauçuk olarak SVR 10, SBR 1502 ve CBR 1203 karışımı kullanılmıştır. Selüloz lifli yapıya sahip atık kestane kabuğu, atık şam fıstık kabuğu ve çam kozalağı; HAF N330 karbon siyahı ile birlikte reçetelerde belirlenmiş oranlarda katılarak dolgu maddesi olarak reçeteye katılmıştır. Yumuşatıcı madde olarak kullanılan aromatik yağ alternatifi olarak kanola yağı, mısır yağı ve ayçiçek yağı kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlara hızlandırıcı ve yumuşatıcı takviyesi olarak stearik asit, vulkanizasyonu hızlandırma ve lastik sırtının esnekliğini arttırarak aşınma ve yırtılma direnci sağlayan çinko oksit ilave edilmiştir. Proses sırasında yüksek sıcaklık ve basınç altında akışkanlık sağlayıp, şekillendirmede kolaylık sağlaması amacıyla 40 MS kullanılmıştır. Reçetede 3 tip antioksidan kullanılmıştır. Isı ve oksijenin neden olduğu yaşlanmaya karşı koruyucu olarak TMQ, yüzeyde koruyucu film tabakası oluşturarak lastiğin ömrünün uzaması amacıyla Ozon Wax ve yüksek sıcaklık ve basınç altında esneklik sağlaması amacıyla ozon direncine takviye kimyasal olarak IPPD kullanılmıştır. Pişirici olarak toz kükürt kullanılmıştır. Pişirme süresini hızlandırıcı kimyasal olarak DPG, CBS ve TMTD olmak üzere 3 tip hızlandırıcı kullanılmıştır. Lastik sırt karışımında kullanılan kimyasallar ve tedarikçileri Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Gıda işletmelerinden temin edilen atık kestane kabuğu, atık fıstık kabuğu ve çam kozalağı kullanılmadan önce bazı ön işlemlerden geçirilmiştir. Temizlenen atık kestane kabuğu, atık fıstık kabuğu ve çam kozalağı oda sıcaklığında serilerek kurutulması sağlanmıştır. Her biri kendi arasında çekiçli değirmen öğütücüde öğütülmüştür (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Çekiçli değirmen öğütücü (Brook Crompton 2000, ENGLAND)

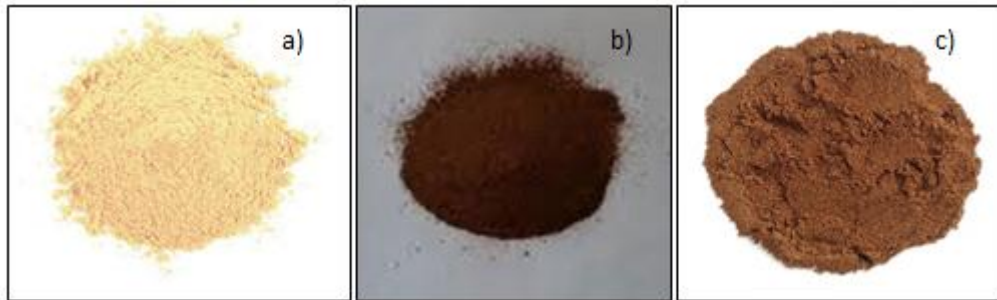
Tablo 4.1. Lastik sırt karışımında kullanılan kimyasallar

Kullanılan Kimyasal	Kimyasal Adı	Tedarikçi Firma
SVR 10	Standart Vietnam Rubber	Sibur, Rusya
SBR 1502	Styrene Butadiene Rubber	Omsky, Rusya
CBR 1203	Cis Polibütadien Rubber	Sibur, Rusya
HAF N330	High Abrasion Furnace	Phillips Carbon, Hindistan
Stearik Asit	Octadecanoic acid	Melos A.Ş., Türkiye
Çinko Oksit	ZnO	Melos A.Ş., Türkiye
40 MS	Melamin Sülfonat	Eastrichon, Japonya
TMQ	1,2, Dihydro 2,2,4, Trimethyl Quinoline	Eastrichon, Japonya
Ozon Wax	Cera Ser AO54	Ser Wax Industry, İtalya
IPPD	N-İzopropil-N'-Fenil-P-Fenilendiamin	Eastrichon, Japonya
Aromatik Yağ	Dae	Alkim, Türkiye
Kükürt	Rombik Kükürt	Mikrotek Kimya, Türkiye
DPG	Di Propilen Glikol	Eastrichon, Japonya
CBS	N-Cyclohexyl-2-Benzothiazole Sulfenamide	Eastrichon, Japonya
TMTD	Tetramethyl Thiuram Disulfide	Univar Kimya, Belçika

Lastik sırtı reçeteleri hazırlanırken HAF N330 ve onun yerine ikame edilecek selülozik dolguların (Şekil 4.2) teorik yoğunluk ve hacmi Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Dolgu malzemelerinin teorik yoğunlukları ve hacimleri

Dolgu Malzemesi	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacim (cm ³)
HAF N330	1,0850± 0.0010	1,1330± 0.0010
Fıstık Kabuğu	1.5342± 0.0014	1.8475± 0.0018
Kestane Kabuğu	1.4722± 0.0007	2.2621± 0.0011
Çam Kozalağı	1.4179± 0.0008	1.9555± 0.0011

**Şekil 4.2.** Lastik sırt karışımında kullanılan öğütülmüş dolgu malzemeleri a) Şam Fıstık Kabuğu, b) Kestane Kabuğu, c) Çam Kozalağı

4.2. Yöntem

4.2.1. Lastik sırtı reçete tasarımı

Selülozik lifli yapıdaki dolgu maddeleri ve bitkisel yağların farklı oranlardaki karışımlarıyla oluşturulan kauçuk lastik sırtı üretim denemelerinde 1 adet referans 12 adet test reçetesi oluşturulmuştur. Lastik sırt karışımı için oluşturulan reçetelerin kodlama sistemi Tablo 4.3’ de verilmiştir.

Tablo 4.3. Lastik sırt karışımı için oluşturulan reçetelerin kodlama sistemi

DOLGU MADDESİ ADI	YUMUŞATICI ADI	REÇETE KODU
HAF N330	Aromatik Yağ	Referans Reçete
HAF N330 + Çam Kozalağı	Aromatik Yağ	R-1
HAF N330 + Kestane Kabuğu Atığı	Aromatik Yağ	R-2
HAF N330 + Şamfistik Kabuğu Atığı	Aromatik Yağ	R-3
HAF N330	Kanola Yağı	R-4
HAF N330	Mısır Yağı	R-5
HAF N330	Ayçiçeği Yağı	R-6
HAF N330	Aromatik Yağ + Mısır Yağı	R-7
HAF N330 + Çam Kozalağı	Aromatik Yağ + Mısır Yağı	R-8
HAF N330 + Kestane Kabuğu Atığı	Aromatik Yağ + Mısır Yağı	R-9
HAF N330	Aromatik Yağ + Ayçiçek Yağı	R-10
HAF N330 + Çam Kozalağı	Aromatik Yağ + Ayçiçek Yağı	R-11
HAF N330 + Kestane Kabuğu Atığı	Aromatik Yağ + Ayçiçek Yağı	R-12

Lastik sırtı karışım reçetesi için kullanılacak olan kimyasalların oranları belirli bir sınır içindedir. Kimyasal oranları belirlenirken bu sınır aşılar veya sınırın altında eklenirse, kimyasalların karışım içinde etkisi kaybolur. Çeşitli araştırmalar ile belirlenmiş olan bu sistemde kimyasallar, 100 birim kauçuğa eklenerek sonuçlara varılmıştır. Lastik sırt karışımı

reçetesi hazırlama birimi bu sisteme dayanır ve bu birim phr (Parts Per Hundred Rubber) olarak adlandırılır (Coulson, 1989; Savran, 1996).

Reçete tasarımına kauçuk seçimi ile başlanmıştır ve phr oranları Tablo 4.4’ te gösterildiği gibi belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Lastik sırt karışımında kullanılan kauçukların phr oranları

KAUÇUKLAR	Phr
SVR 10	13
SBR 1502	54
CBR 1203	34
TOPLAM	100

Lastik sırtı karışımında kopma dayanımı yüksek olduğu için dolgu maddesi olarak HAF N330 karbon siyahı seçilmiştir. Reçete tasarlanırken HAF N330 karbon siyahı 67 phr olarak belirlenmiştir. Kullanılan HAF N330 karbon siyahının ASTM D standartlarına göre ölçülmüş test değerleri Tablo 4.5 ‘te gösterilmektedir.

Tablo 4.5. HAF N330 karbon siyahının ASTM D standartlarına göre ölçülmüş test değerleri

TEST DEĞERLERİ	Limit	Test Sonucu	ASTM STANDARDI
Viskozite @ 40 °C (mm ² /s)	10±1	10,512	ASTM D 445
Viskozite @ 100 °C (mm ² /s)	7±1	7,596	ASTM D 445
Alevlenme Noktası (°C)	Max. 200	190	ASTM D 93 A
Akma noktası	30±2	30	ASTM D 3765
Kükürt	Max. 8	6,6	ASTM D 2622
Anilin noktası	60±5	55	ASTM D 611
Kırılma indisi	Min.1	1,316	ASTM D 1747
Viskozite indeksi	0,9±1	0,904	ASTM D 2501
Karbon tipi dağılımı	45±10	40	ASTM D 2140
Görünüş	Koyu siyah	Koyu siyah	ASTM D 4176
DMSO Özü bileşikler	Max. 3	2,87	IP 346
Renk	Koyu kahverengi	Koyu kahverengi	ASTM D 1500

Tablo 4.6. HAF N330 karbon siyahının ASTM D standartlarına göre ölçülmüş test değerleri

TEST DEĞERLERİ	Limit	Test Sonucu	ASTM STANDARDI
İyot Emilimi (mg/g)	80±5	83	ASTM D 1510
DBP Emilimi (ml/100g)	102±5	102	ASTM D 2414
CDBP Emilimi (ml/100g)	88±5	83	ASTM D 3493
CTAB (m ² /g)	82±6	78	ASTM D 3765
NSA (m ² /g)	78±5	76	ASTM D 6556
STSA (m ² /g)	75±5	76	ASTM D 6556
Renk Yoğunluğu (%)	104±5	99	ASTM D 3265
300% Modülüs (Mpa)	-0.9±1	-0.9	ASTM D 3192
45 µm üzerinde elek analizi (%)	≤0.05	0.0007	ASTM D 1514
500 µm üzerinde elek analizi (%)	≤0.0010	0.0000	ASTM D 1514
Döküm Yoğunluğu	380±40	375	ASTM D 1513
125°C'de kayıp (%)	≤2.5	0.3	ASTM D 1509
Kül Oranı (%)	≤0.7	0.2	ASTM D 1506
Tolüen Renk Değişikliği (%)	≥95	96.0	ASTM D 1618
pH	6~9	6.35	ASTM D 1512

Yumuşatıcı seçiminde düşük anilin noktalı, çözücü özellikleri çok yüksek olan aromatik yağ seçilmiş ve reçetede karbon siyahının 0,33:1 oranında (21 phr) kullanılmıştır. Kullanılan aromatik yağın ASTM D standartlarına göre ölçülmüş test değerleri Tablo 4.6 'da gösterilmektedir.

Dolgu maddesine alternatif ve yardımcı kimyasal olarak selülozik lif yapısına sahip çam kozalağı, kestane kabuğu ve şam fıstık kabuğu, yumuşatıcılara alternatif olarak ise kanola yağı, mısır yağı ve ayçiçek yağı kullanılarak en uygun reçeteler hazırlanmıştır. Hazırlanan reçeteler Tablo 4.7. ve Tablo 4.8.' de verilmiştir.

Tablo 4.7. Lastik sırt karışımı için oluşturulan başlangıç reçeteleri

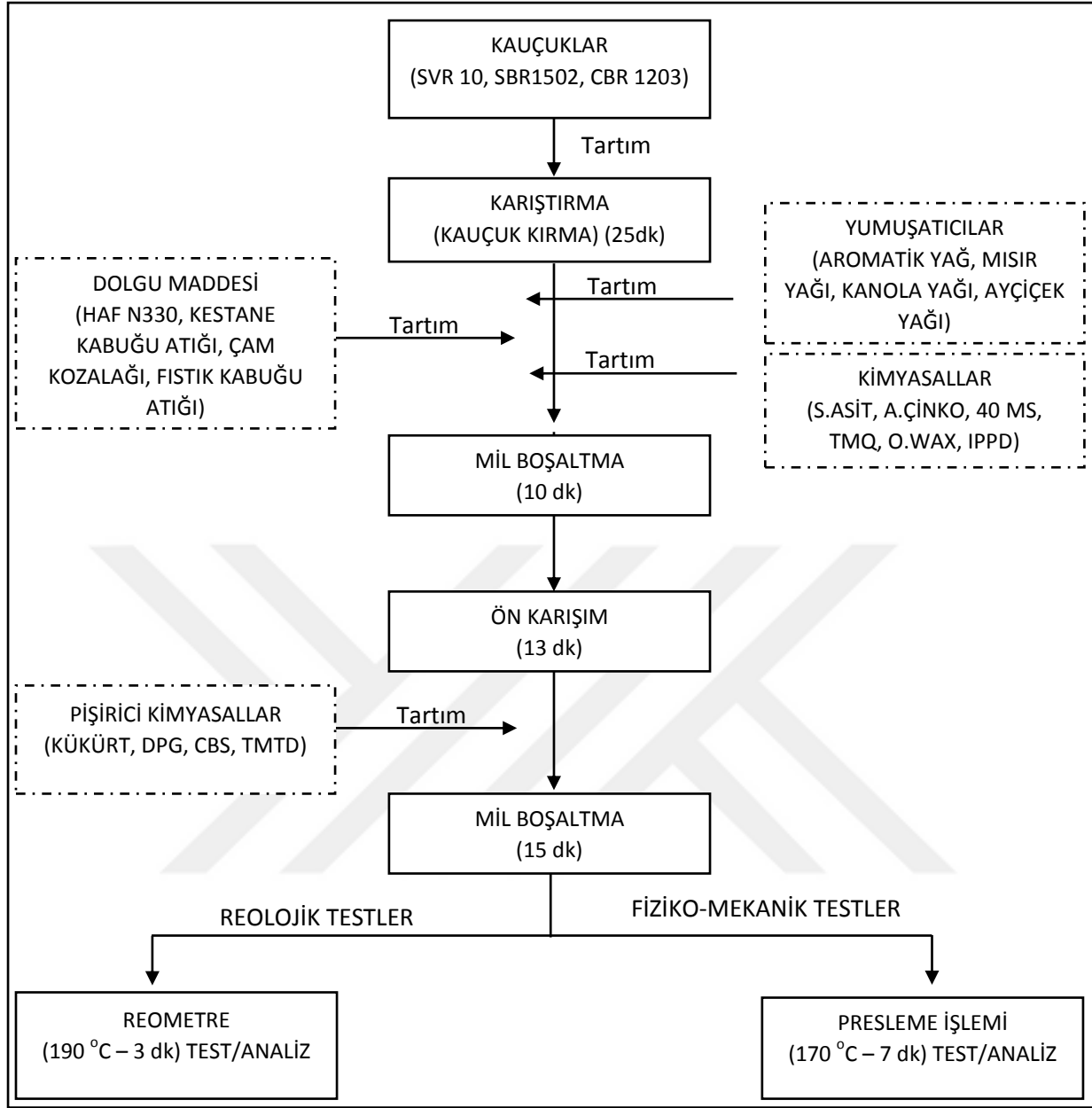
Kimyasal İsimleri	Lastik sırtı karışımı reçete kodları ve oraları (phr)												
	REF.	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	R-12
SVR 10	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
SBR 1502	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
CBR 1203	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
N330	67	50	50	50	67	67	67	67	50	50	67	50	50
S. ASİT	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A. ÇİN.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
40 MS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TMQ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IPPD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
O. WAX	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A. YAĞ	21	21	21	21	-	-	-	10	10	-	10	10	10
KÜKÜRT	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CBS	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DPG	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TMTD	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
MISIR YAĞI	-	-	-	-	-	21	-	10	10	10	-	-	-
KANOLA YAĞI	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-
AYÇİÇEK YAĞI	-		-	-	-	-	21	-	-	-	10	10	10
KOZALAK	-	17	-	-	-	-	-	-	17	-	-	17	-
KESTANE	-	-	17	-	-	-	-	-	-	17	-	-	17
ŞAM FISTIK	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201

Tablo 4.8. Lastik sırt karışımı için oluşturulan R-11 geliştirme reçeteleri

KİMYASAL İSİMLERİ	Lastik sırtı karışımı reçete kodları ve oraları (phr)							
	REF.	R-11	R-11A	R-11B	R-11C	R-11D	R-11E	R-11F
SVR 10	13	13	13	13	13	13	13	13
SBR 1502	53	53	53	53	53	53	53	53
CBR 1203	34	34	34	34	34	34	34	34
N330	67	50	51	52	53	54	55	56
S. ASİT	2	2	2	2	2	2	2	2
A. ÇİN.	3	3	3	3	3	3	3	3
40 MS	2	2	2	2	2	2	2	2
TMQ	1	1	1	1	1	1	1	1
IPPD	1	1	1	1	1	1	1	1
O. WAX	2	2	2	2	2	2	2	2
AROMATİK YAĞ	21	10	10	10	10	10	10	10
KÜKÜRT	2	2	2	2	2	2	2	2
CBS	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DPG	1	1	1	1	1	1	1	1
TMTD	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
AYÇİÇEK YAĞI	-	10	10	10	10	10	10	10
KOZALAK ATIĞI	-	17	16	15	14	13	12	11
TOPLAM	201	201	201	201	201	201	201	201

4.2.2. Lastik sırtı karışımının oluşturulması

Ön hazırlığı tamamlanan ve reçeteleri hazırlanan kestane kabuğu atığı, fıstık kabuğu atığı, çam kozalağı ile mısır yağı, ayçiçek yağı, kanola yağı kullanılarak lastik sırtı karışımı üretim işlemleri Şekil 4.3.'de sunulmuştur.



Şekil 4.3. Lastik sırt karışımının üretim akım şeması

Dolgu maddesi alternatifi olarak kestane kabuğu atığı, fıstık kabuğu atığı ve çam kozalağı ile yumuşatıcı madde alternatifi olarak mısır yağı, ayçiçek yağı ve kanola yağı kullanılarak birincisi kontrol reçetesi olan 13 farklı reçete hazırlandı. Test sonucu olumlu olan, R-11 reçetesinden ise altı farklı tasarım yapılarak lastik sırtı fizikomekanik ve reolojik testlerinde iyileştirme çalışması yapıldı. Hazırlanan 20 farklı tip lastik sırt reçetesi iki silindirli açık laboratuvar milinde, her karışımın ağırlığı 1,5 kg olacak şekilde hazırlandı.

4.2.3. Lastik sırt karışımının hazırlanması

İki silindirli açık laboratuvar mili (Şekil 4.4.) sıcaklığı 90 °C olacak şekilde ön ısıtmaya tabi tutuldu. Kauçuklara 25 dakika kauçuk kırma işlemi uygulandı. Ardından dolgu maddeleri ve yumuşatıcıların aynı anda besleme miline beslenmesi sağlandı. Mil yüzeyinde homojen karışım elde edildikten sonra reçine ile aktifleştirici kimyasallar eklenerek ana kademe karışımı elde edildi. 10 dakika daha karışması sağlandıktan sonra karışım mil yüzeyinden alınarak şartlanması için 3 saat bekletilmeye alındı.

Son kademe karışımının oluşturulması için tekrardan iki silindirli açık laboratuvar miline beslenen karışıma 13 dakika ön karıştırma işlemi uygulandı. Ardından pişirici kimyasalları eklendi. Homojen karışım elde edildikten sonra 15 dakika daha karıştırılarak son kademe karışımı elde edildi. Tekrardan şartlanması için 3 saat bekletilmeye alındı. Tablo 4.9. ve Tablo 4.10.' da lastik sırtı karışım hazırlama prosedürü verilmiştir.



Şekil 4.4. İki silindirli açık laboratuvar mili

Tablo 4.9. Lastik sırt karışımı hazırlama koşulları

KARIŞTIRMA SÜRELERİ	REF.	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	R-12
ANA KADEME KARIŞTIRMA SÜRELERİ (dk)													
KAUÇUK KIRMA	22	20	25	27	21	20	20	23	24	28	30	20	32
DOLGU+YAĞ+ KİMYASAL	10	10	10	15	11	10	10	12	10	11	15	12	13
MİL BOŞALTMA	12	10	12	10	10	9	10	10	10	10	14	10	13
SON KADEME KARIŞTIRMA SÜRELERİ (dk)													
ÖN KARIŞIM SÜRESİ	10	10	10	11	12	10	10	12	12	12	14	14	15
PİŞİRİCİ KİMYASAL	15	12	13	15	15	14	18	12	13	11	20	19	23
MİL BOŞALTMA	15	12	10	10	15	12	14	19	15	17	16	13	19
TOPLAM	84	74	80	88	84	75	82	88	84	89	109	88	115

Tablo 4.10. R-11 lastik sırt karışımı hazırlama adımları

KARIŞTIRMA SÜRELERİ	REF.	R-11	R-11A	R-11B	R-11C	R-11D	R-11E	R-11F
ANA KADEME KARIŞTIRMA SÜRELERİ (dk)								
KAUÇUK KIRMA	22	20	35	36	32	30	30	33
DOLGU+YAĞ+ KİMYASAL	10	12	20	20	23	24	22	19
MİL BOŞALTMA	12	10	13	11	10	16	11	10
SON KADEME KARIŞTIRMA SÜRELERİ (dk)								
ÖN KARIŞIM SÜRESİ	10	14	15	15	15	20	15	14
PİŞİRİCİ KİMYASAL	15	19	22	20	19	18	19	14
MİL BOŞALTMA	15	13	21	18	17	18	16	19
TOPLAM	84	88	126	120	116	126	113	109

4.3. Analiz Yöntemleri

Lastik sırt karışımları için yapılan testler reolojik testler ve fizikomekanik testler olmak üzere ikiye ayrılır.

4.3.1. Reolojik testler

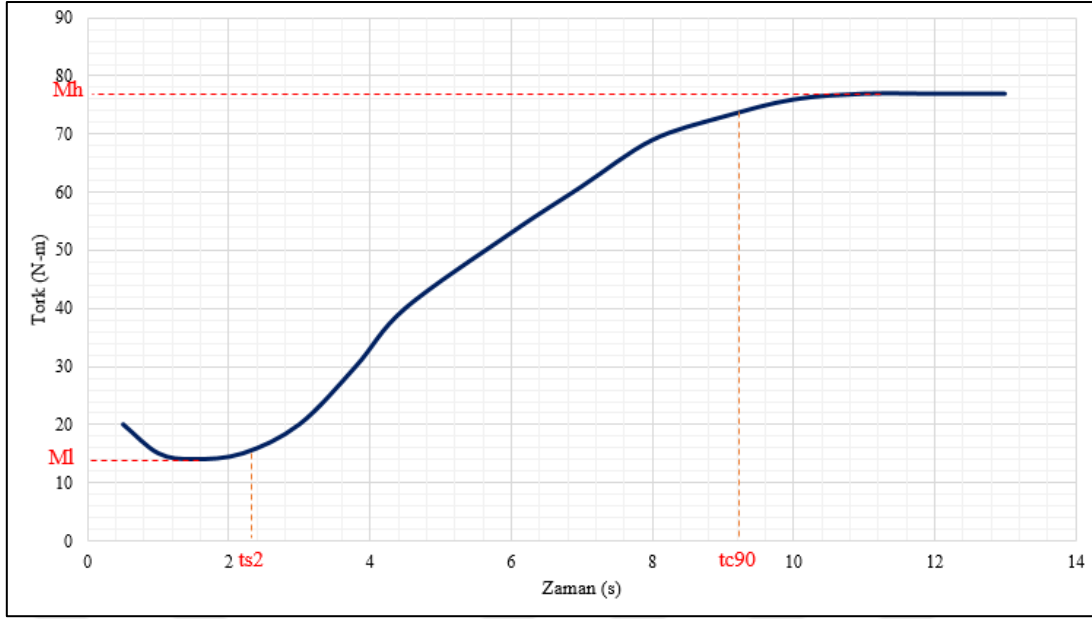
Reometre cihazı, lastik sırt karışımlarının vulkanizasyon esnasında meydana gelen akma davranışlarını ölçen cihazdır. Yüksek basınç ve yüksek sıcaklık altında karışımın çapraz bağ yoğunluğunun artışı zamana bağlı tork değişimini belirleyerek reometre eğrisini oluşturur. Reometre testi ASTM D 5289 standardına göre yapılmıştır. Reometre testi vulkanize olmamış karışımlara uygulanır.

Çalışmada kullanılan reometre cihazı Devotrans M2000-A MDR (Moving Die Rheometer) tipi reometre cihazıdır. Kullanılan reometre cihazı Şekil 4.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Devotrans M2000-A MDR (Moving Die Rheometer) tipi reometre cihazı

Reometre testi tamamlandığında test sonuçları Şekil 4.6.' da örneği gösterilen vulkanizasyon eğrisi ile tamamlanır. Maksimum viskozite, minimum viskozite, kavrulma süresi, sertleşme süresi, sertleşme süresi ile kavrulma süresi sıcaklık farkı, kürleşme derecesi ve kürleşme noktası için test değerleri karşılaştırılır.



Şekil 4.6. Reometre vulkanizasyon eğrisi

Reometre vulkanizasyon eğrisinde gösterilen test değerlerinin tanımları şu şekildedir.

MH (N-m): Vulkanizasyonun %100 tamamlandığı noktada ölçülen viskozite değeridir.

ML(N-m): Testin yapıldığı basınç ve sıcaklıktaki elde edilen minimum viskozite değeridir.

Ts₂ (s): Vulkanizasyonun başladığı süredir. Ön pişme süresi (scoorch time) olarak da adlandırılır.

Tc₉₀ (s): Maksimum kopma kuvvetinin %90 için gerekli süredir. Kauçuk sırt karışımı için en uygun pişme süresini ifade eder.

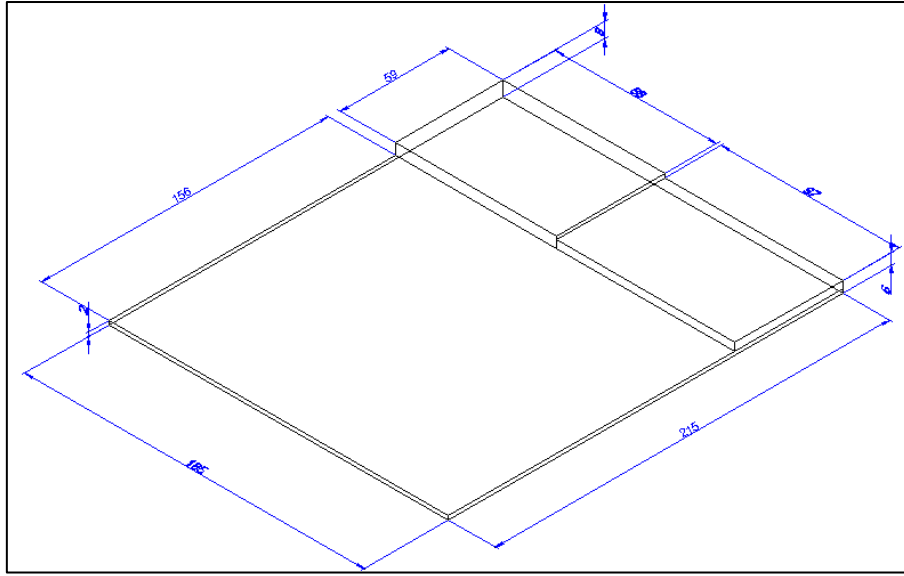
ΔT (s): tc₉₀- ts₂ aralığında elde edilen süredir.

CRI (Kürleşme noktası): MH-ML aralığında elde edilen tork değeri kürleşme noktasını ifade eder.

Kürleşme derecesi: ΔT farkında meydana gelen kürleşmedir.

4.3.2. Fizikomekanik testler

Fizikomekanik testlerin gerçekleştirilebilmesi için hazırlanan karışımın vulkanize hale getirilmesi gerekmektedir. Hazırlanan lastik sırt kauçuğu karışımları ASTM D standardına göre belirlenmiş kalıpta (Şekil 4.7.) 170 °C – 7 dakika süre ile vulkanize edilmiştir. Pişirme işlemi Şekil 4.8’ da gösterilen laboratuvar tipi pişirme presinde gerçekleştirilmiştir.



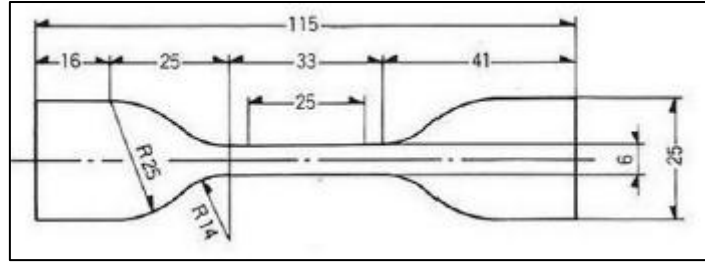
Şekil 4.7. Fizikomekanik testler için ASTM D standardına göre belirlenmiş test numunesine ait teknik çizim



Şekil 4.8. Laboratuvar tipi pişirme presi (Devotrans A-130)

3.3.2.1. Çekme-kopma analizi

Çekme-kopma analizi ile vulkanizasyon sonrası kopma dayanımı, kopma anındaki uzama yüzdesi ve özdayanımı (modülüs %300) değerleri ölçülür. Test için preste pişirilen 2 mm kalınlığındaki vulkanize lastik sırtı kauçuk karışımından papyon numune örneği alınır (Şekil 4.9.). Çekme-kopma analizi ASTM D 412 standardına göre yapılmıştır.



Şekil 4.9. Çekme-kopma testi için ASTM D standardına göre belirlenmiş test numunesi teknik çizimi

Kumpas yardımıyla numunenin 3 farklı yerinden ölçüm alınır. Kesit alanının hesaplanması için 3 ölçümün ortalaması kullanılır. Numune Şekil 4.10' de gösterilen çekme-kopma cihazındaki iki çene arasına bağlanır. Test başlatılır ve numune maksimum gerginliğe ulaştıktan sonra koptuğunda test sonlandırılır. Kopma-uzama eğrisinden kopma dayanımı, kopma anındaki uzama yüzdesi ve özdayanımı (modülüs %300) değerleri okunur (Şekil 4.11.).



Şekil 4.10. Çekme-kopma test cihazı

Kopma dayanımı, numunenin kopma anındaki ilk kesitinin birim alana düşen yük miktarıdır.

$$G = F_{\max} / A \quad (4.1)$$

G: Kopma dayanımı (MPa; N/mm²)

F_{max}: Ölçülen maksimum kuvvet (N)

A: Numune kesit alanı (mm²)

Kopma anındaki uzama yüzdesi, numunenin ilk boyu ile koptuğu andaki boyu arasındaki farkın, numunenin ilk boyuna oranıdır.

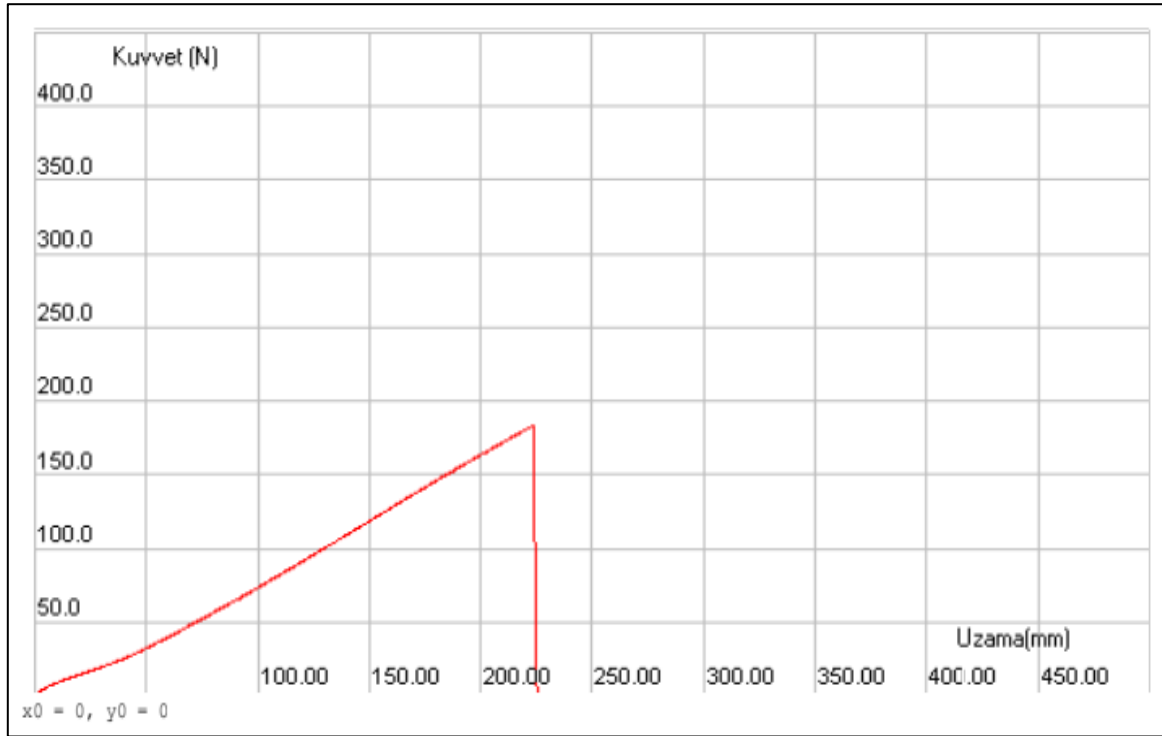
$$U = [(L_2 - L_1) / L_1] \times 100 \quad (4.2)$$

U: Kopma anındaki uzama yüzdesi (%)

L₁: Numunenin ilk boyu (mm)

L₂: Numunenin kopma anındaki boyu (mm)

Özdayanım, numunenin belirli oranda uzaması için uygulanması gereken gerilim olarak ifade edilir. Yapılan çalışmada lastik sırt karışımının özdayanımı için modülüs %300 değeri ölçülmüştür.



Şekil 4.11. Kopma-uzama eğrisi

4.3.2.2. Yoğunluk analizi

Lastik sırt karışımının yoğunluk analizi için ilk olarak vulkanize edilmiş test numunesinin 8 mm' lik kısmından yoğunluk ölçümü için örnek alınır (Şekil 4.9.). Numune yoğunluk test cihazının hava tartım bölümüne yerleştir. Havadaki ağırlığı alınır (A). Ardından yoğunluğu bilinen yardımcı sıvıda tartım işlemi tekrarlanır (B) (Şekil 4.12.). Vulkanize sırt karışımı yoğunluğu (ρ) şu şekilde hesaplanır. Yoğunluk analizi ASTM D 297 standardına göre yapılmıştır (Şekil 4.13.).

$$\rho = [(A/(A-B))(\rho_0 - \rho_L) + \rho_L] \quad (3.3)$$

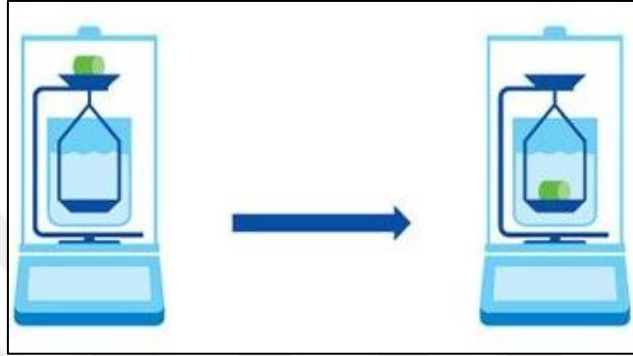
ρ : Vulkanize karışımın yoğunluğu

A: Vulkanize karışımın havadaki ağırlığı

B: Vulkanize karışımın yardımcı sıvıdaki ağırlığı

ρ_0 : Yardımcı sıvının yoğunluğu

ρ_L : Havanın yoğunluğu



Şekil 4.12. Havadaki ve yardımcı sıvıdaki tartım işlemi



Şekil 4.13. Yoğunluk test cihazı

4.3.2.3. Sertlik analizi

Lastik sırt karışımının sertliği için Şekil 4.9. ile gösterilen test numunesinin 6 mm' lik kısmı kullanılır. Sertlik analizi için, metal bir çubuk, bilye veya iğnenin batmasına karşı gösterilen direnç prensibine dayanan Shoremetre cihazı kullanılır. Kullanılan sertlik ölçüm cihazı Shore A tipi sertlik ölçerdir. Numune Şekil 4.14 ile gösterilen sertlik ölçere yerleştirilir. Sertlik değerinin okunması için cihazın ölçme yüzeyi ile örneğin temasından 3 saniye sonraki görüntü cihaz göstergesinden okunur. Sertlik Analizi ASTM D 2240 standardına göre yapılmıştır.



Şekil 4.14. Sertlik ölçüm cihazı (Shore A)

4.3.2.4. Aşınma analizi

Aşınma analizi ASTM D 5963 standardı kapsamında yapılır. Aşınma analizi için test numunesinin 8 mm' lik kısmından numune alma aparatı ile test örneği alınır. Test numunesinin aşınmaya uğramadan önceki ağırlığı ölçülür. Ardından aşınma test cihazının üzerinde bulunan kelepçe numune tutucusuna sabitlenir (Şekil 4.15.). Çelik döner tamburuna monte edilmiş bir zımpara kâğıdı üzerine sabitlenerek belirli bir yük altında aşındırılır. Tambur, 40 rpm hızında döner. Son olarak, sürtünme kaybı hesabı için, aşınma sonrası numune ağırlığı ölçülür ve aşağıdaki formül ile aşınma değeri hesaplanır.

$$E = [(E_0 - E_1) / \rho] F_{\text{zımpara}} \quad (4.4)$$

E: Aşınma Değeri (mm³)

E₀: Aşınmaya uğramayan numunenin ağırlığı (g)

E₁: Aşınma sonrası numunenin ağırlığı (g)

ρ : Vulkanize numunenin yoğunluğu

F_{zımpara}: Zımpara faktörü



Şekil 4.15. Aşınma test cihaz

5. BULGULAR

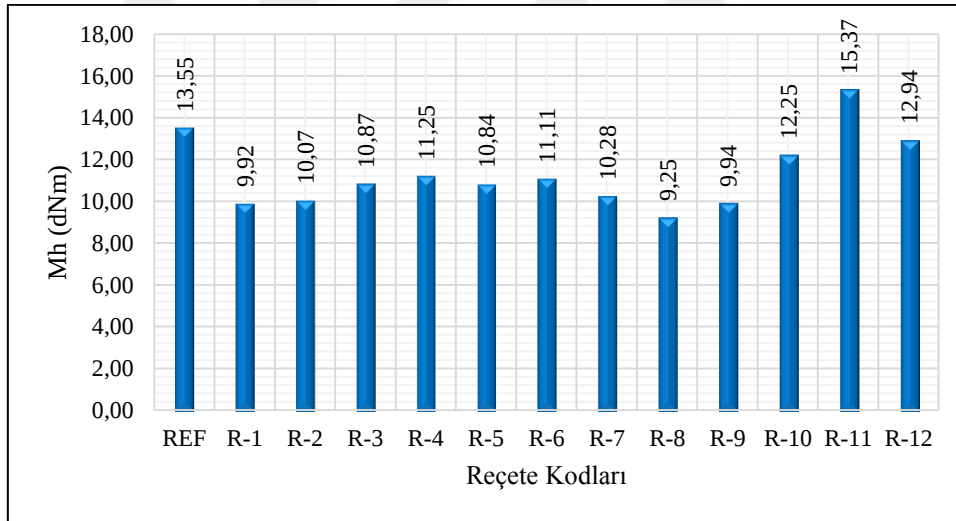
Test sonuçları, reolojik test bulguları ve fizikomekanik test bulguları olmak üzere iki kısımda incelenmiştir.

5.1. Reolojik Test Bulguları

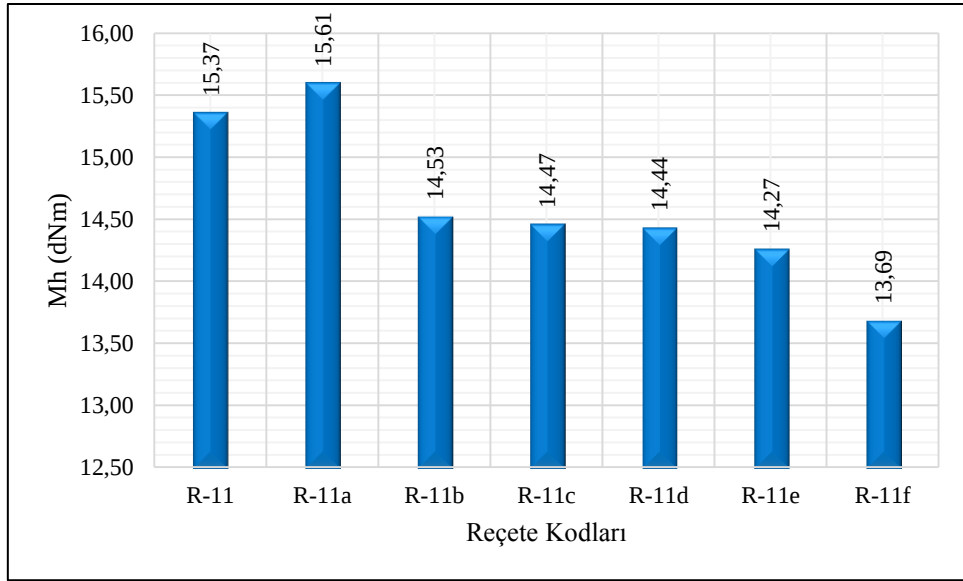
Reolojik test bulguları için reometre cihazında; maksimum tork (MH), minimum tork (ML), kavrulma süresi (T_{s2}), sertleşme süresi (T_{c90}), kavrulma noktası ile sertleşme noktası arasındaki sıcaklık farkı (ΔT), kürleşme derecesi ve kür oranı (Cure Rate Index) olmak üzere yedi farklı test değeri irdelenmiştir.

5.1.1. Maksimum tork (Mh) test bulguları

Vulkanizasyonun %100 tamamlandığı noktada ölçülen viskozite değeri olan Mh değeri Grafik 5.1. ve Grafik 5.2.' de gösterilmektedir.



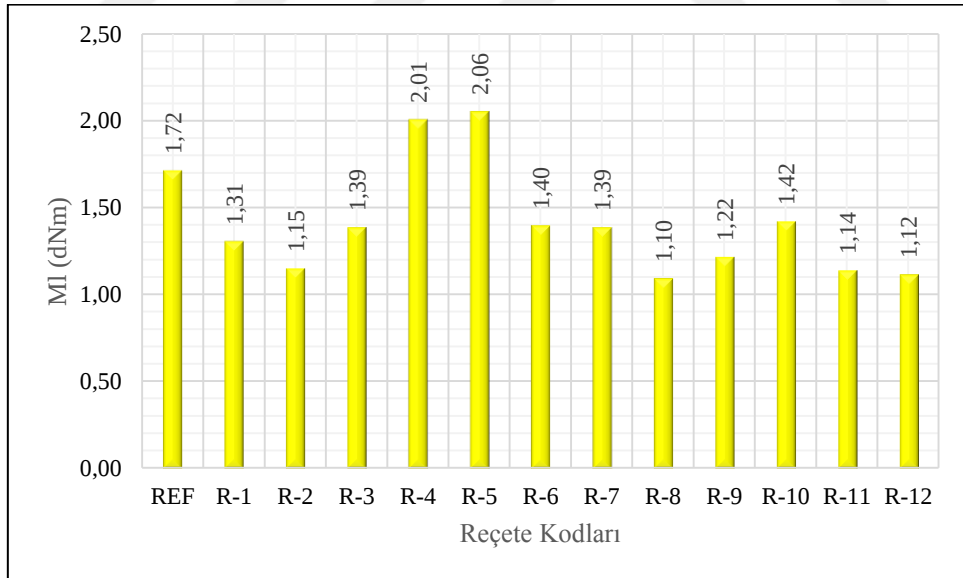
Grafik 5.1. Başlangıç reçetelerinin Mh (dNm) test bulguları



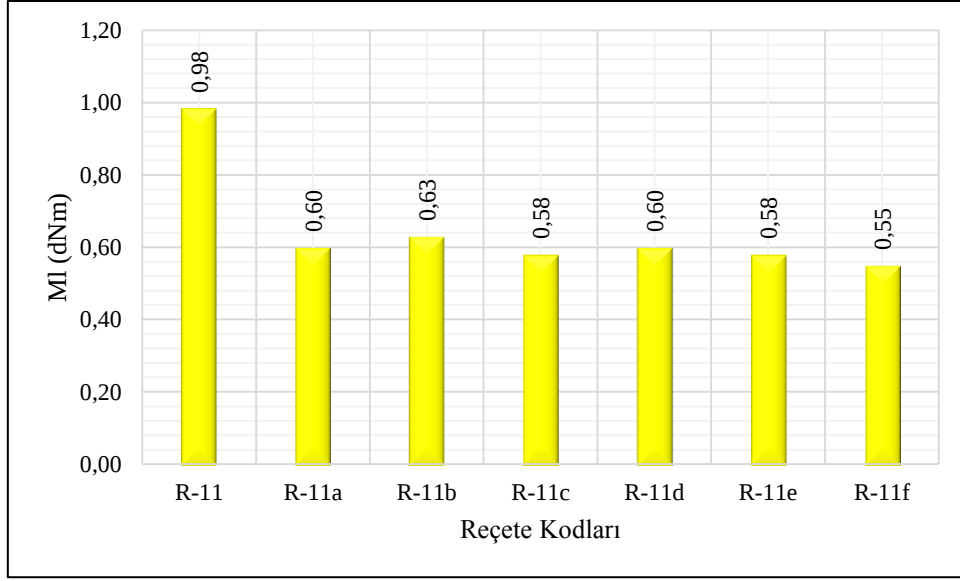
Grafik 5.2. R-11 geliştirme reçetelerinin Mh (dNm) test bulguları

5.1.2. Minimum tork (MI) test bulguları

Minimum tork değerlerinin elde edildiği MI bulguları Grafik 5.3. ve Grafik 5.4.' de gösterildiği gibidir.



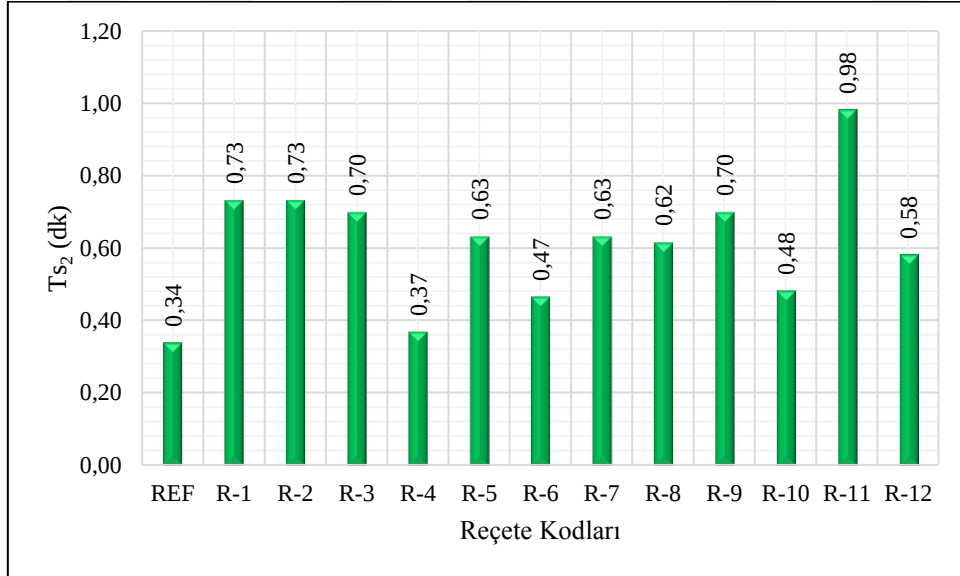
Grafik 5.3. Başlangıç reçetelerinin MI (dNm) test bulguları



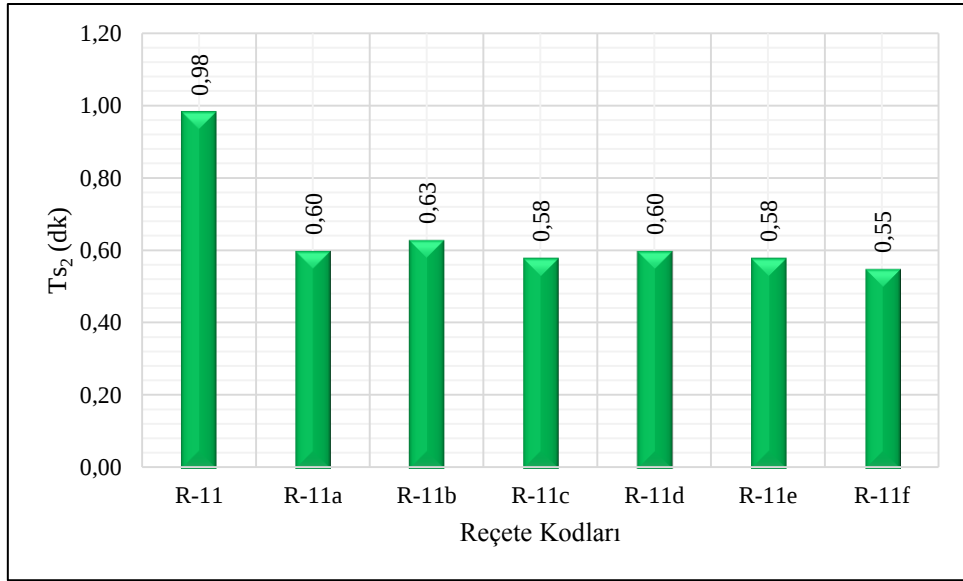
Grafik 5.4. R-11 geliştirme reçetelerinin MI (dNm) test bulguları

5.1.3. Kavrulma süresi (T_{s2}) test bulguları

Reometre cihazı ile yapılan test sonuçlarına göre; vulkanizasyonun başladığı süre olan kavrulma süresi (ön pişme süresi) bulguları Grafik 5.5. ve Grafik 5.6.' de gösterilmektedir.



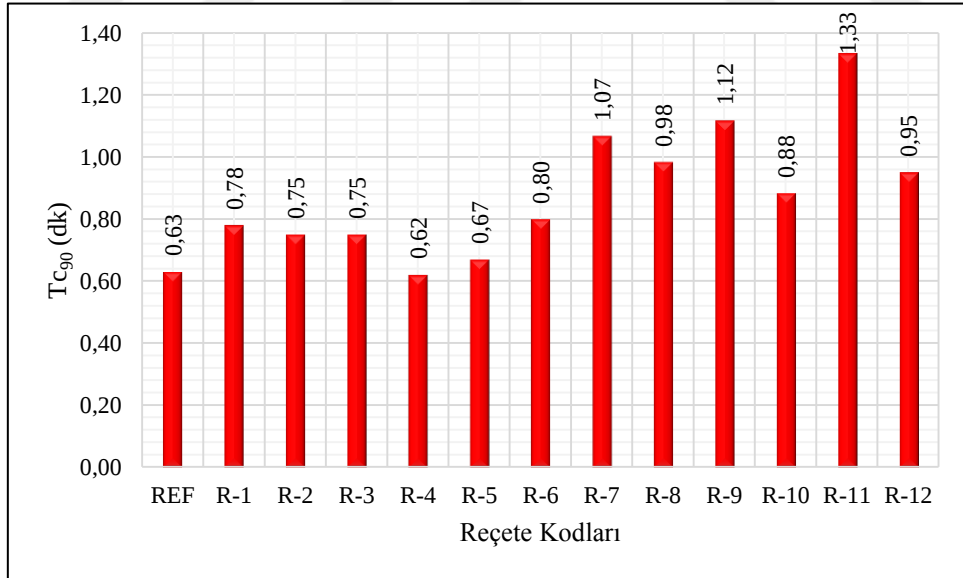
Grafik 5.5. Başlangıç reçetelerinin T_{s2} (dk) test bulguları



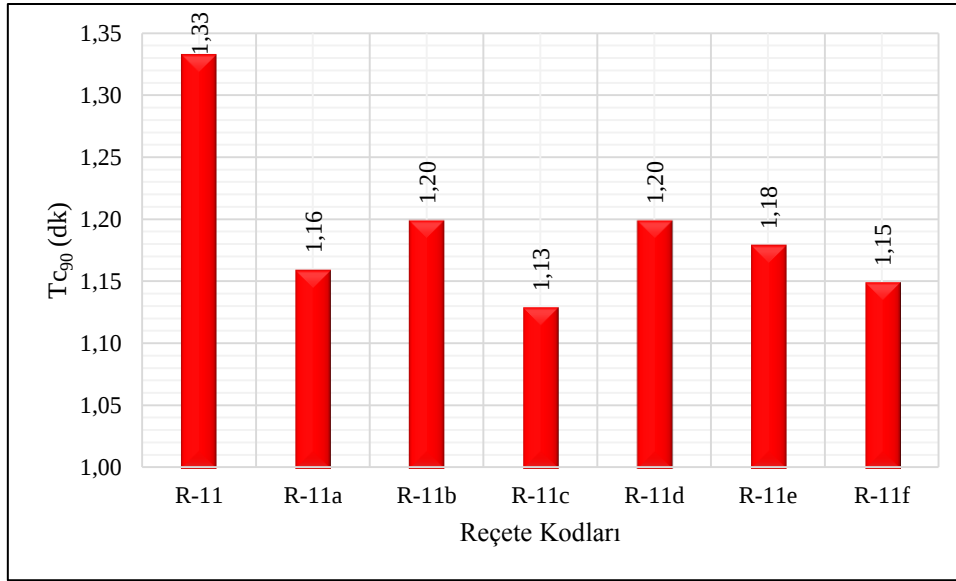
Grafik 5.6. R-11 geliştirme reçetelerinin T_{s_2} (dk) test bulguları

5.1.4. Sertleşme süresi ($T_{c_{90}}$) Test Bulguları

Lastik sırtı karışım numunelerine ait sertleşme süresi test sonuçları Grafik 5.7 ve Grafik 5.8’ de gösterilmektedir.



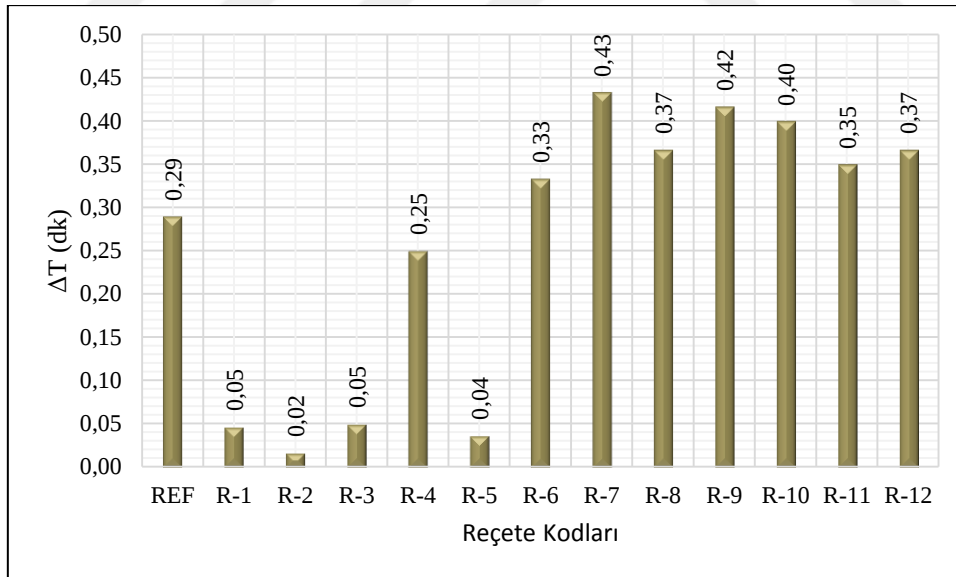
Grafik 5.7. Başlangıç reçetelerinin $T_{c_{90}}$ (dk) test bulguları



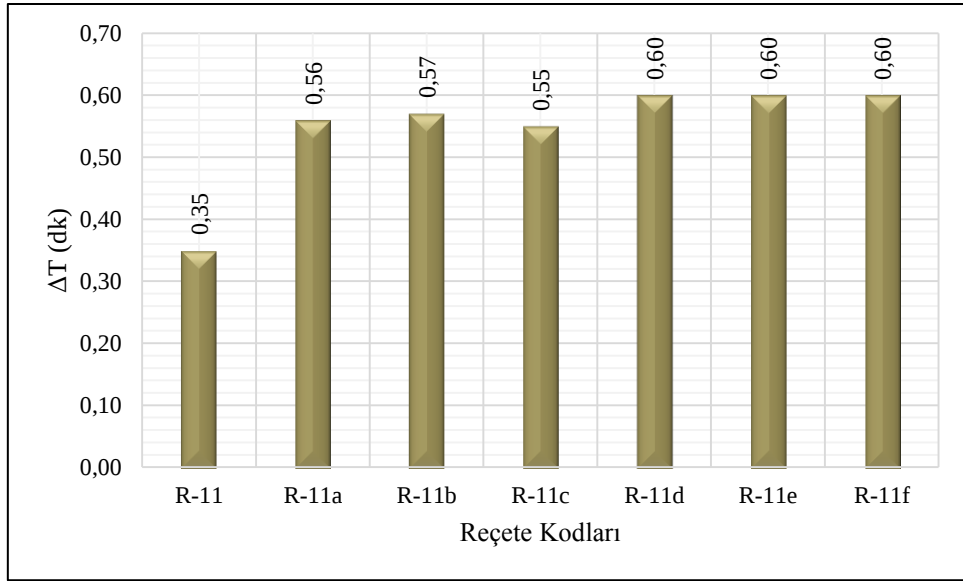
Grafik 5.8. R-11 geliştirme reçetelerinin T_{c90} (dk) test bulguları

5.1.5. Kavrulma noktası ile sertleşme noktası sıcaklık farkı (ΔT) test bulguları

Lastik sırtı karışım numunelerinin kavrulma noktası ile sertleşme noktası sıcaklık farkı (ΔT) değerinin test sonuçları Grafik 5.9 ve Grafik 5.10’da gösterilmektedir.



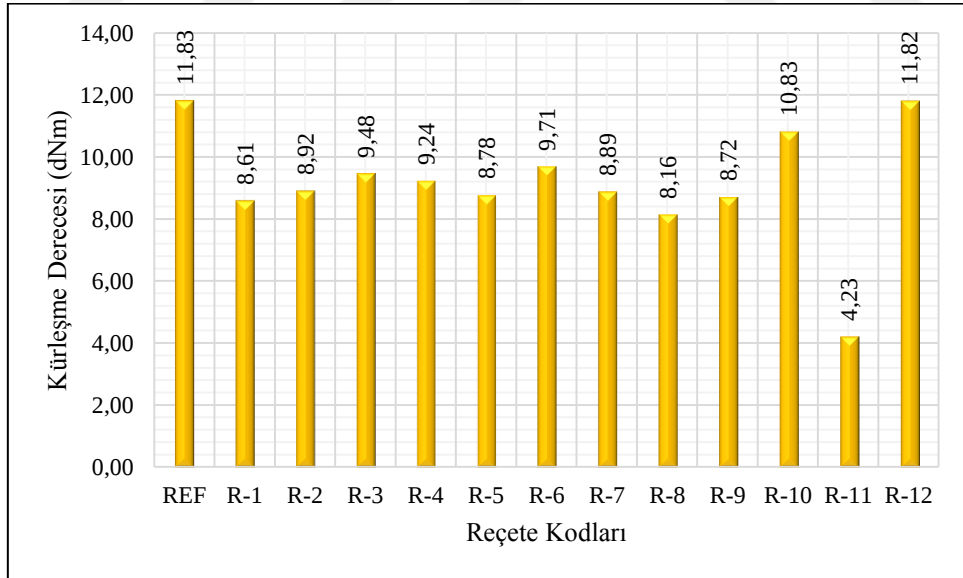
Grafik 5.9. Başlangıç reçetelerinin ΔT (dk) test bulguları



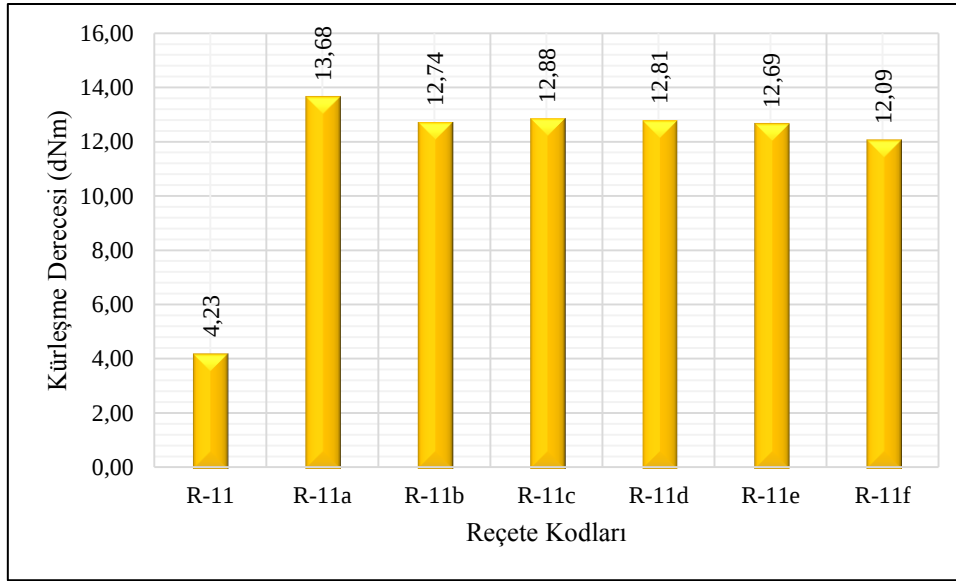
Grafik 5.10. R-11 geliştirme reçetelerinin ΔT (dk) test bulguları

5.1.6. Kürleşme derecesi (dNm) test bulguları

Lastik sırtı karışım numunelerine ait kürleşme derecesi test sonuçları Grafik 5.11 ve Grafik 5.12’ de gösterilmektedir.



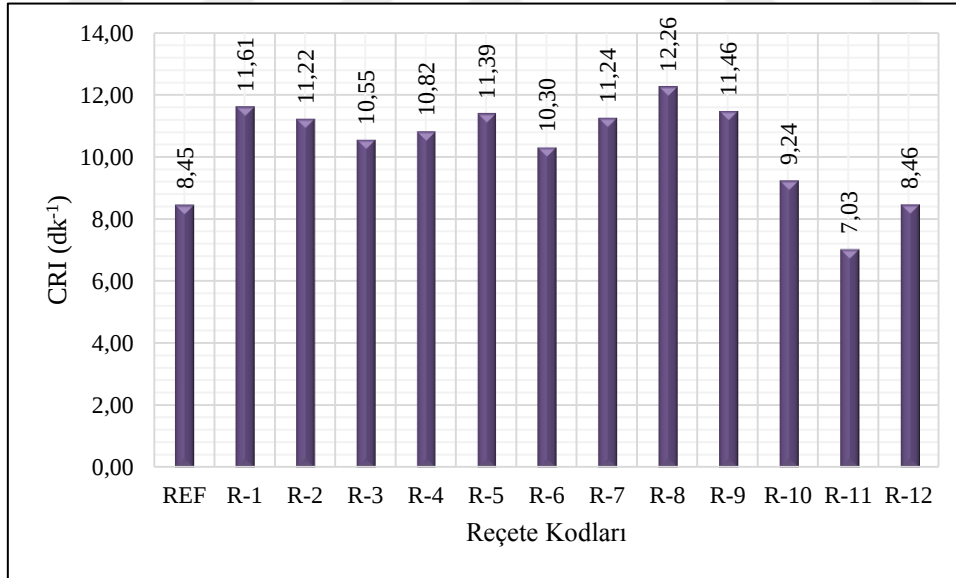
Grafik 5.11 Başlangıç reçetelerinin kürleşme derecesi (dNm) test bulguları



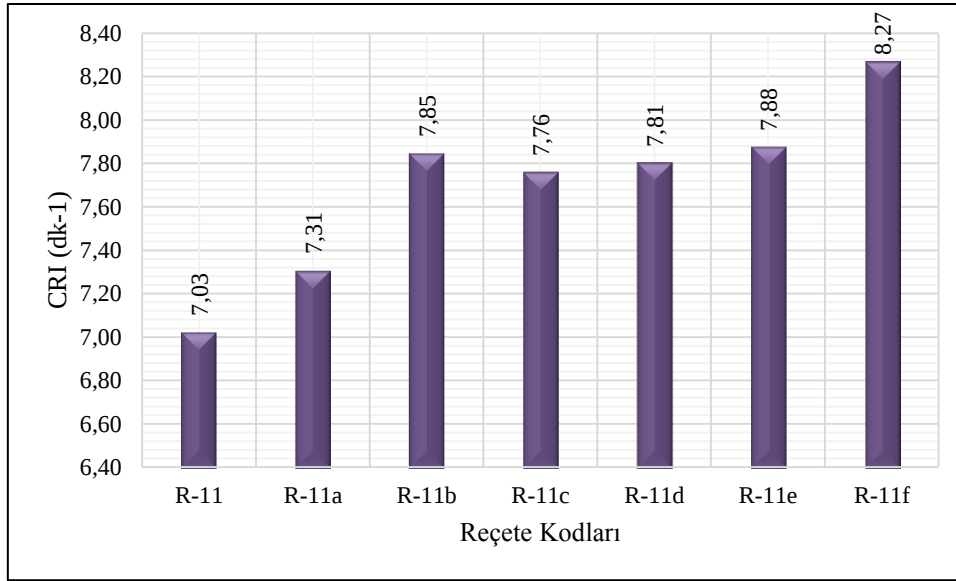
Grafik 5.12. R-11 geliştirme reçetelerinin kürleşme derecesi (dNm) test bulguları

5.1.7. Kür oranı (CRI) test bulguları

Başlangıç reçetelerine ait kür oranı test bulguları Grafik 5.13.' de R-11 reçetesi geliştirme çalışmasına ait kür oranı bulguları Grafik 5.14' de gösterilmektedir.



Grafik 5.13 Başlangıç reçetelerinin kür oranı (dk⁻¹) test bulguları



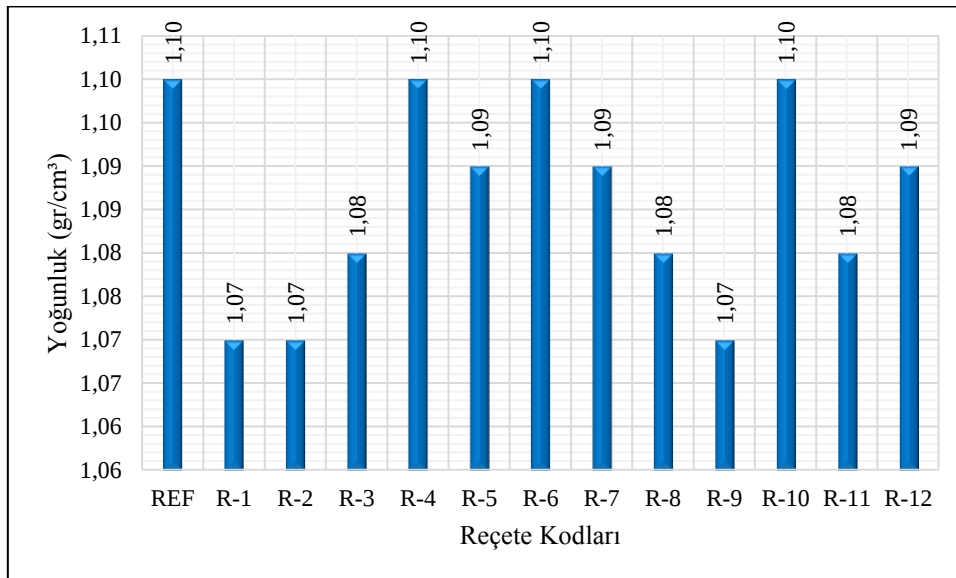
Grafik 5.14. R-11 geliştirme reçetelerinin kür oranı (dk^{-1}) test bulguları

5.2. Fizikomekanik Test Bulguları

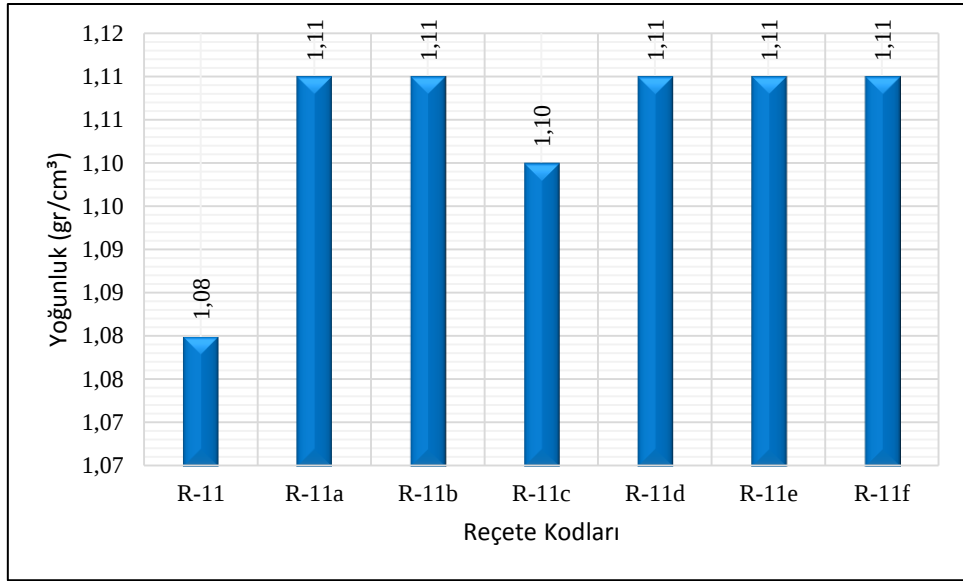
Fizikomekanik test bulguları için; yoğunluk, % uzama, kopma mukavemeti, yırtılma testi, aşınma testi, sertlik testi ve özdayanım olmak üzere yedi farklı test gerçekleştirilmiştir.

5.2.1. Yoğunluk testi bulguları

Yoğunluk test cihazında gerçekleştirilen ve Denklem 3.3.' e göre hesaplanan yoğunluk bulguları Grafik 5.15 ve Grafik 5.16' da gösterilmektedir.



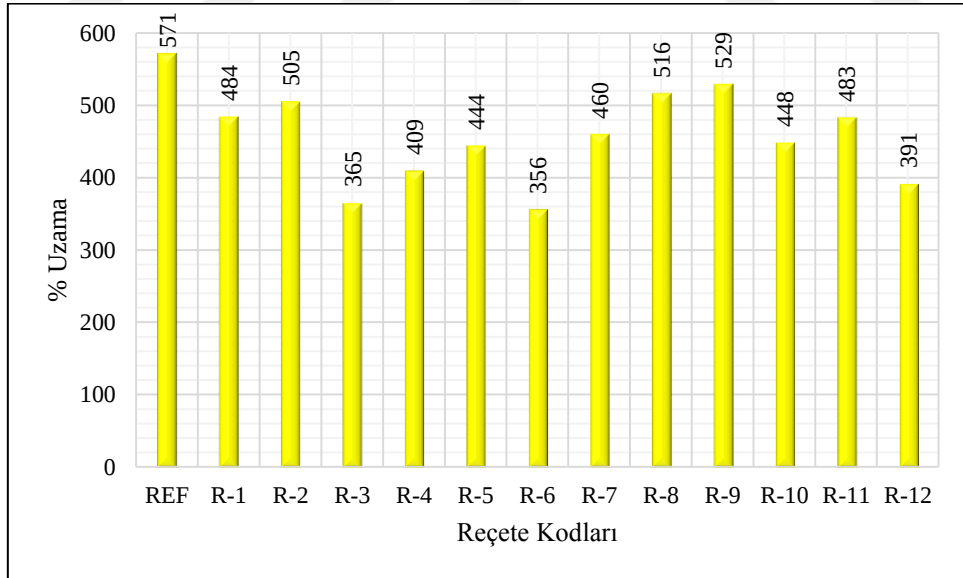
Grafik 5.15. Başlangıç reçetelerinin yoğunluk (g/cm^3) test bulguları



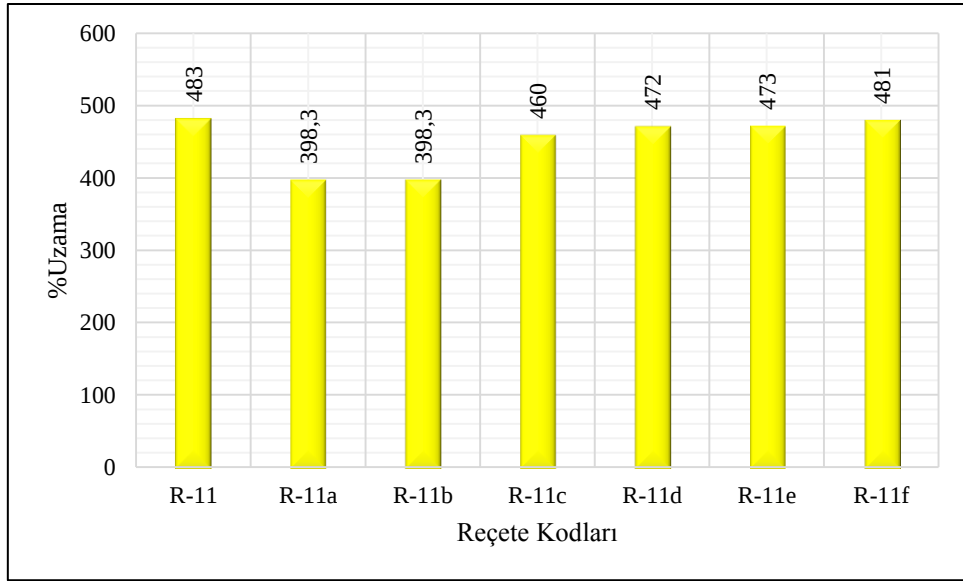
Grafik 5.16. R-11 geliştirme reçetelerinin yoğunluk (g/cm³) test bulguları

5.2.2. % Uzama testi bulguları

Çekme-kopma cihazı ile gerçekleştirilen % uzama testi sonuçları Grafik 5.17 ve Grafik 5.18.'de gösterilmektedir.



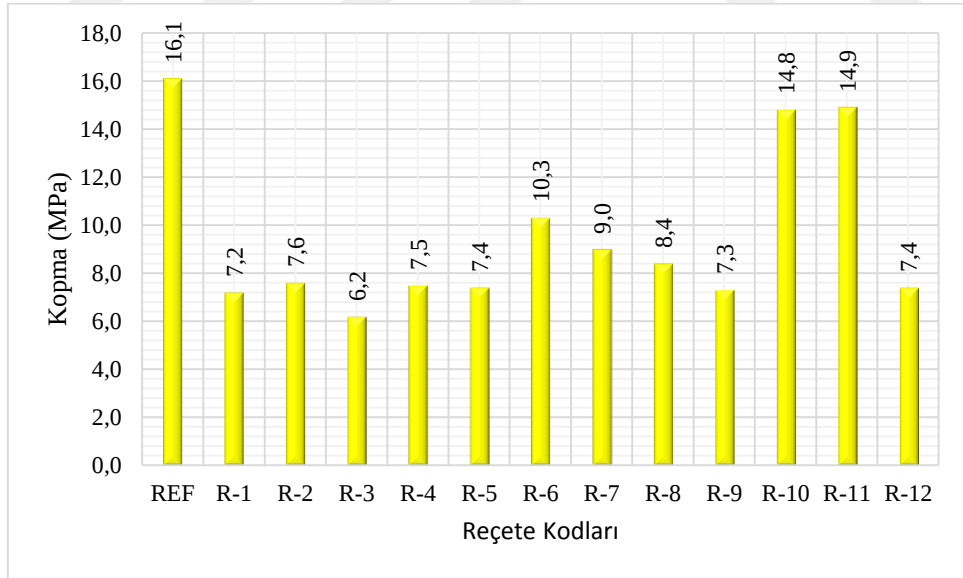
Grafik 5.17 Başlangıç reçetelerinin % uzama test bulguları



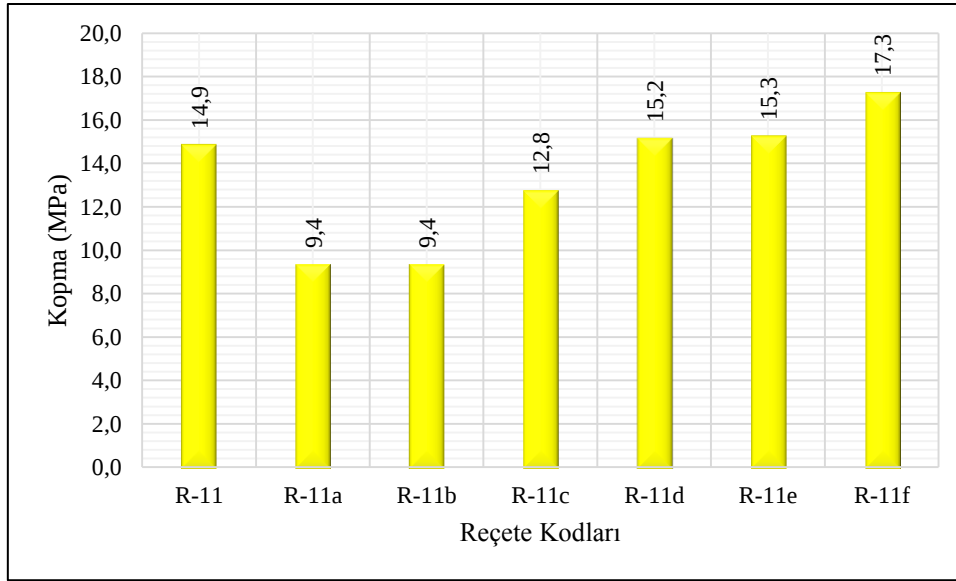
Grafik 5.18. R-11 geliştirme reçetelerinin % uzama test bulguları

5.2.3. Kopma mukavemeti test bulguları

Çekme-kopma cihazı ile gerçekleştirilen kopma mukavemeti test sonuçları Grafik 5.19 ve Grafik 5.20.'de gösterilmektedir.



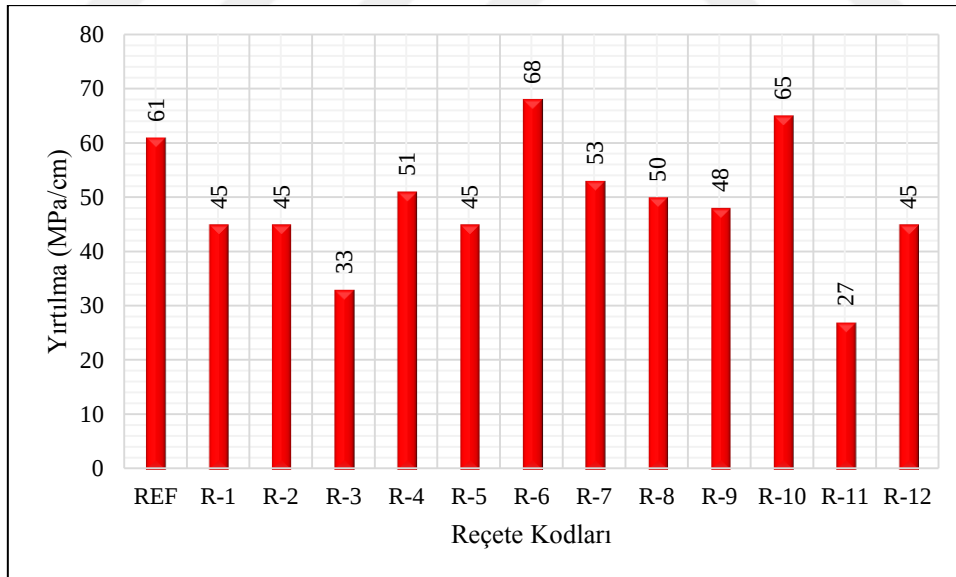
Grafik 5.19 Başlangıç reçetelerinin kopma mukavemeti (MPa) test bulguları



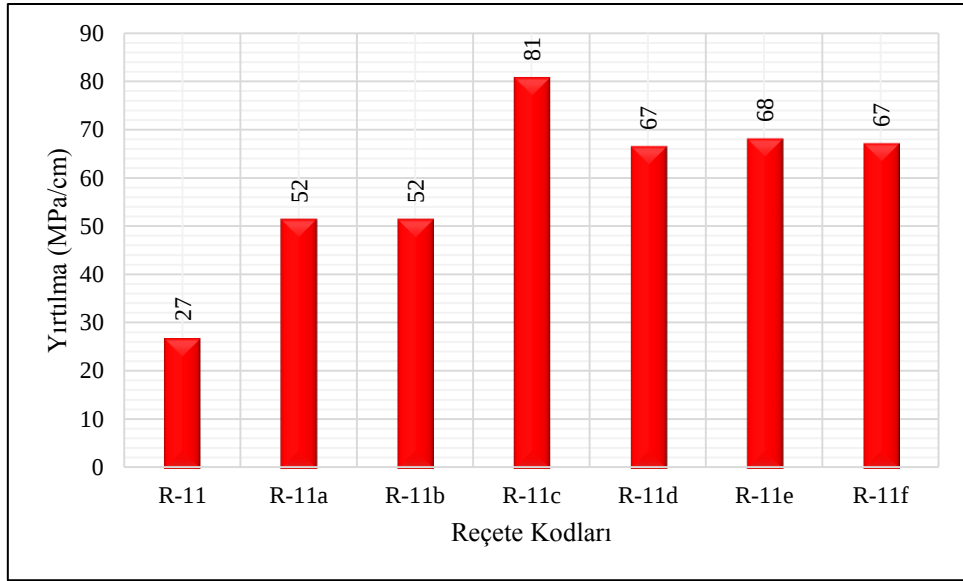
Grafik 5.20. R-11 geliştirme reçetelerinin kopma mukavemeti (MPa) test bulguları

5.2.4. Yırtılma testi bulguları

Çekme-kopma cihazı ile gerçekleştirilen yırtılma testi sonuçları Grafik 5.21 ve Grafik 5.22.'de gösterilmektedir.



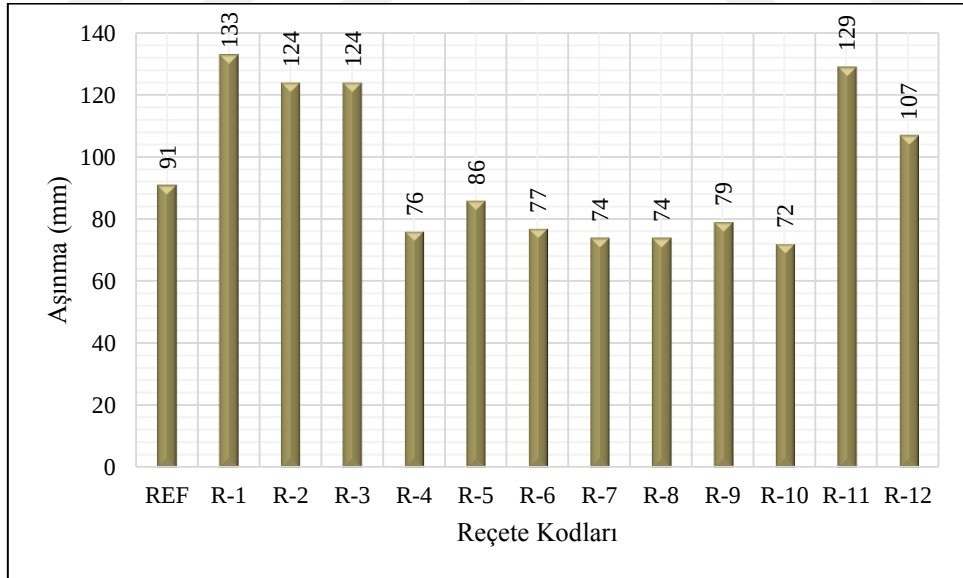
Grafik 5.21 Başlangıç reçetelerinin yırtılma (MPa/cm) test bulguları



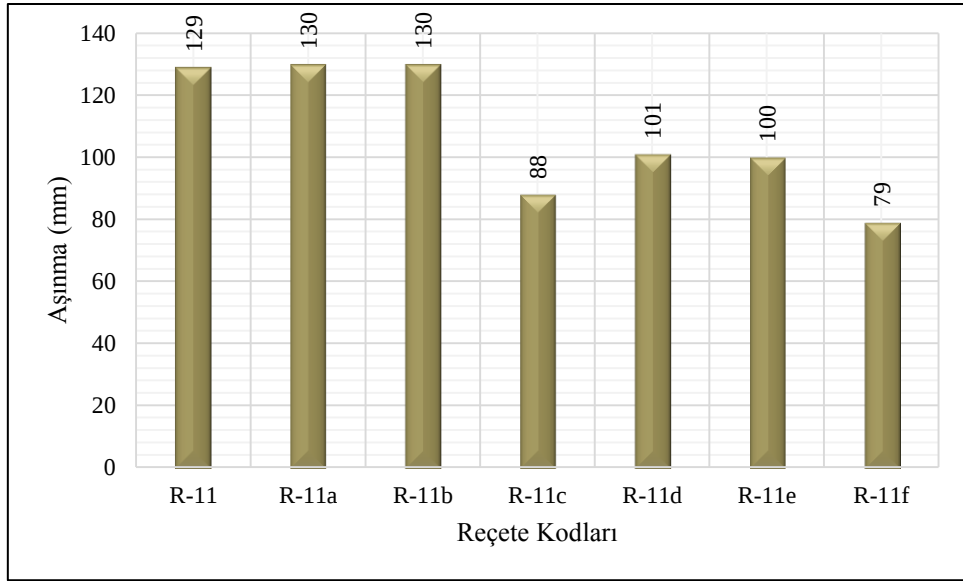
Grafik 5.22. R-11 geliştirme reçetelerinin yırtılma (MPa/cm) test bulguları

5.2.5. Aşınma testi bulguları

Aşınma cihazı ile gerçekleştirilen aşınma test sonuçları Grafik 5.23 ve Grafik 5.24.'de gösterilmektedir.



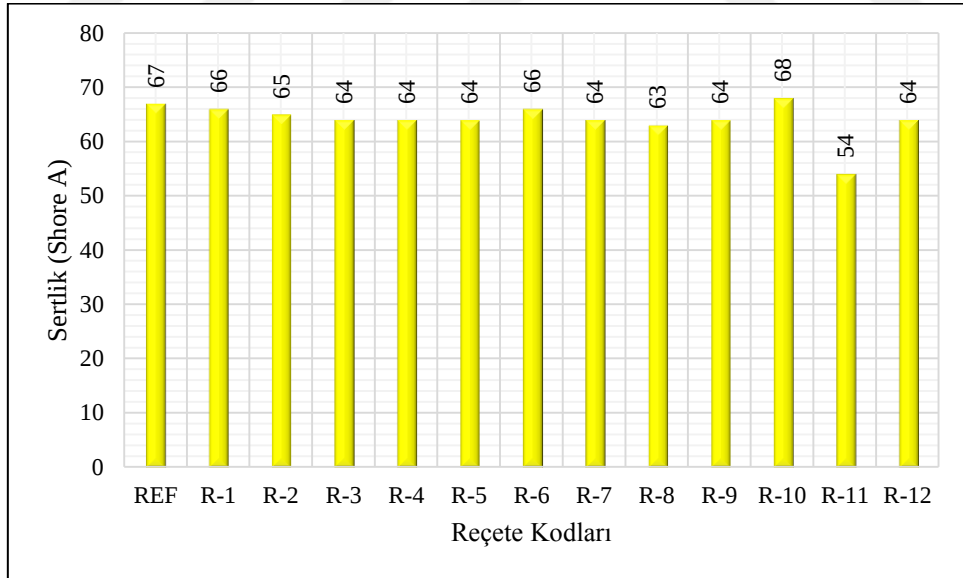
Şekil 5.23 Başlangıç reçetelerinin aşınma (mm) test bulguları



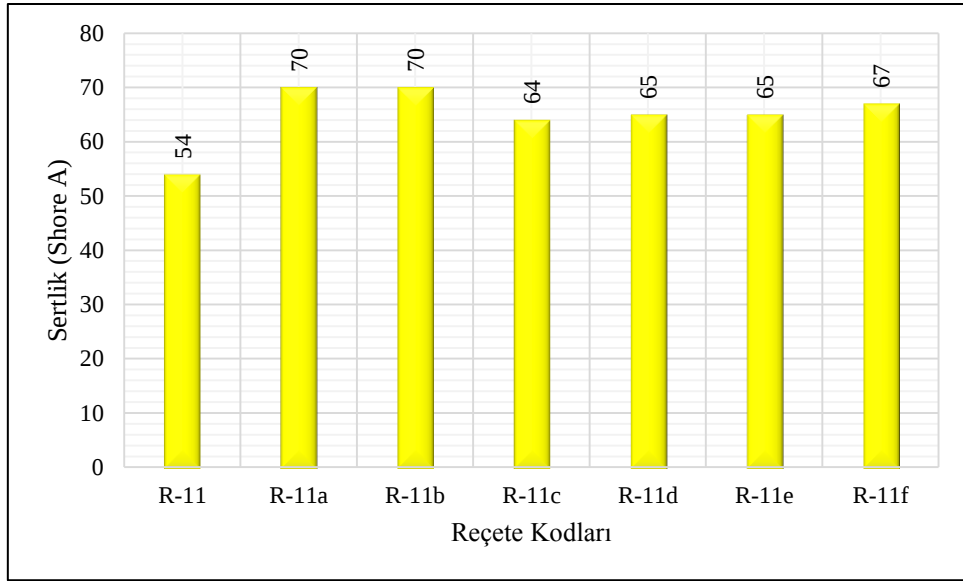
Şekil 5.24. R-11 geliştirme reçetelerinin aşınma (mm) test bulguları

5.2.6. Sertlik testi bulguları

Shoremetre cihazı ile gerçekleştirilen sertlik testi sonuçları Grafik 5.25 ve Grafik 5.26.'da gösterilmektedir.



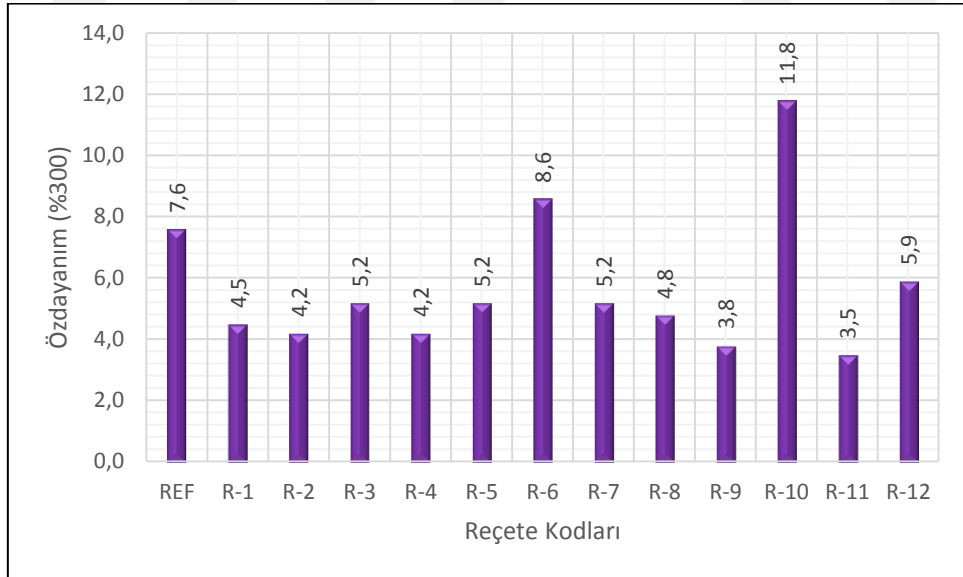
Grafik 5.25 Başlangıç reçetelerinin sertlik (Shore A) test bulguları



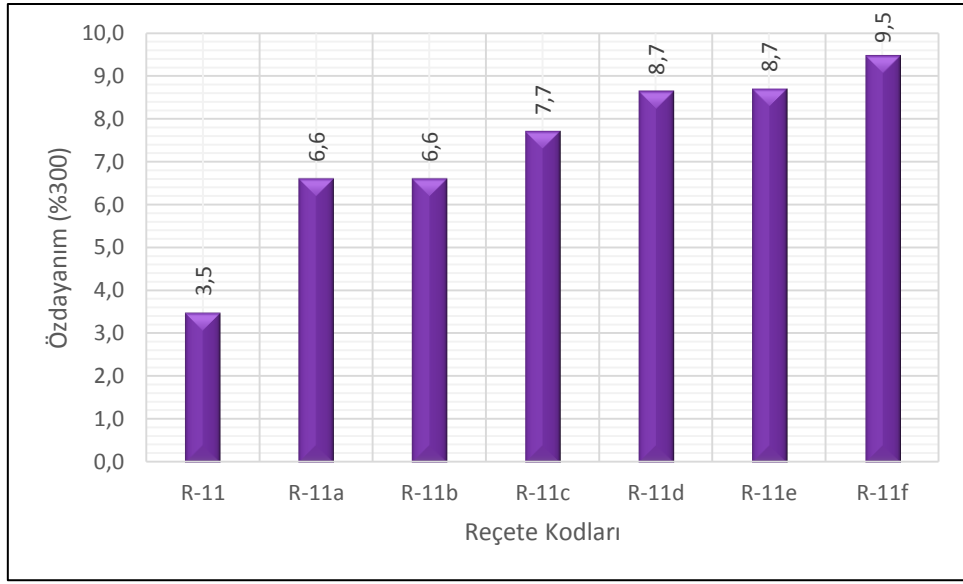
Grafik 5.26. R-11 geliştirme reçetelerinin sertlik (Shore A) test bulguları

5.2.7. Özdayanım testi bulguları

Çekme-kopma cihazı ile gerçekleştirilen özdayanım testi sonuçları Grafik 5.27 ve Grafik 5.28.'de gösterilmektedir.



Grafik 5.27. Başlangıç reçetelerinin özdayanım (%300) test bulguları



Grafik 5.28. R-11 geliştirme reçetelerinin özdayanım (%300) test bulguları

6.TARTIŞMA VE YORUM

6.1. Maksimum tork (MH) test bulgularının değerdendirilmesi

Bitki bazlı yağlar ve selüloz dolgu maddeleri kullanılarak üretilen lastik sırtı karışımlarının reolojik özelliklerinden maksimum tork değerdleri 9,25-15,61 dNm arasında değışiklik göstermiştir. Çalışmanın ilk bölümünde R-10, R-11 ve R-12 kodlu reçetelerin, referans lastik sırtı reçetesi ile karşılaştırıldığında maksimum tork değerdleri ile eşdeğerd olduğu görülmüştür. Diğerd reçetelerin maksimum tork değerdlerinin referans reçete maksimum tork değerdinin altında olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmı olan dolgu maddesi olarak kozalak tozu, yumuşatıcı yağ olarak ayçiçek yağı kullanılan R-11 reçetesi modifikasyon aşamasında ise R-11a, R-11b, R-11c, R-11d, R-11e ve R-11f reçeteleri arasında maksimum tork değerd referans reçete eşdeğerdinin R-11f kodlu reçetenin olduğu görülmüştür.

6.2. Minimum tork (ML) bulgularının değerdendirilmesi

Aromatik yağ alternatifi olarak kullanılan ayçiçek yağı, mısır yağı ve kanola yağı arasında en düşük yağ asidi oranına sahip yağ kanola yağı ve mısır yağıdır. Yağların bu özelliğı nedeniyle dolgu maddesi olarak HAF N-330 ile birlikte kullanıldığında R-4 ve R-5 kodlu reçetelerde minimum tork miktarlarını arttırdığı gözlemlenmiştir. Aynı yağ oranları kullanılarak HAF N-330 phr oranı azaltılıp karışıma selülozik lifli dolgu maddesi eklendiğinde karışımların minimum tork değerdlerini normale döndüğü görülmüştür. Bu durum, kullanılan alternatif dolgu maddelerinin lifli yapısı sayesinde karbon bağlarını güçlendirdiğini göstermektedir.

6.3. Kavrulma süresi (Ts₂) test bulgularının değerdendirilmesi

Tasarlanan reçetelerin reometre de elde edilen kavrulma süresi bulgularına göre bitkisel bazlı yumuşatıcı maddeler tek başına karbon siyahı ile kullanıldığında sonuçların referans reçete ile eşdeğerd olduğu gözlemlendi. HAF N-330'a alternatif olarak eklenen selülozik lifli dolgu maddeleri ile tasarlanan reçetelerin kavrulma sürelerinin uzadığı görüldü. Selülozik lifli dolgu maddelerin bağ yapılarını kuvvetlendirmesi, fizikomekanik özellikleri iyileştirmesine bağlı olarak kavrulma süresini uzattığını göstermektedir.

6.4. Sertleşme süresi (T_{c90}) test bulgularının değerlendirilmesi

Kavrulma süreleri ile sertleşme süreleri reçeteler arasında paralellik göstermektedir. Bu duruma bağlı olarak kavrulma süreleri uzayan reçetelerin sertleşme süreleri de aynı oranda uzamıştır.

6.5. Kavrulma noktası ile sertleşme noktası sıcaklık farkı (ΔT) test bulgularının değerlendirilmesi

ΔT değeri kavrulma noktası ile sertleşme noktası arasındaki sıcaklık farkını ifade eder. Kauçuğun elde ediliş yönteminden kaynaklı kirlilik oranına bağlı olarak reolojik yapısı değişiklik gösterebilir. Kavrulma noktası ve sertleşme noktasında yaşanan değişimlerin kabul edilebilirlik düzeyi ΔT değerine bağlıdır. Bu nedenle ΔT değerleri arasında daima sabit bir oran olması gerekmektedir. Yapılan çalışmada reçetelerden HAF N-330 karbon siyahı çıkartılıp selülozik dolgu maddelerinin tek başına kullanıldığında ΔT değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Selülozik lif yapılı dolgu maddelerinin karbon siyahına yardımcı dolgu madde olarak kullanılması, ΔT değerini referans reçete değerine getirmiştir.

6.6. Kürleşme derecesi (dNm) test bulgularının değerlendirilmesi

Kürleşme derecesi maksimum viskozite ile minimum viskozite arasındaki fark ile ifade edilir. Yapılan çalışmada yumuşatıcı olarak ayçiçek yağı ve dolgu maddesi olarak öğütülmüş kozalak atığı tozu kullanılan R-11 kodlu reçetenin kürleşme derecesinin referans reçete kürleşme derecesinden 3 dNm yüksek olduğu görülmüştür. R-1 ile R-9 arasında tasarlanan reçetelerin kürleşme derecesi referans reçetenin kürleşme derecesinin altındadır. Çalışmanın ikinci bölümü olan R-11 reçetesinin geliştirilmesi kısmında test bulgularına göre 3 dNm olan kürleşme derecesi farkı kapanarak referans reçete ile eşdeğer düzeye gelmiştir.

6.7. Kür oranı (CRI) test bulgularının değerlendirilmesi

Tasarlanan reçetelerin kür oranlarını, referans reçete kür oranı ile karşılaştırıldığında R-11 ve R-12 reçetelerinin dışında tasarlanan reçetelerin kür oranlarının yükseldiği görülmüştür. Geliştirilen R-11 reçetesinin kür oranının referans reçete kür oranı seviyesine düştüğü gözlemlenmiştir.

6.8. Yoğunluk testi bulgularının değerlendirilmesi

Fizikomekanik testlerden olan yoğunluk testi bulgularına göre HAF N-330 karbon siyahı kullanılmayan R-1, R-2 ve R-3 reçetelerinin yoğunluklarının azaldığı görülmüştür. Bu durum selülozik lif yapılı dolgu maddelerinin yoğunluğunun HAF N-330 karbon siyahının

yoğunluğundan daha az olmasından kaynaklanmaktadır. HAF N-330 karbon siyahına yardımcı dolgu maddesi olarak kullanılan selülozik dolgu maddeleri yoğunluk değerlerinde değişim gözlemlenmemiştir.

6.9. % Uzama testi bulgularının değerlendirilmesi

Aromatik yağ ve şam fıstığı kabuğu tozu kullanılan R-3 reçetesi ile kanola yağının HAF N-330 karbon siyahı ile birlikte kullanıldığı R-6 reçetelerinin % uzama değerlerinin lastik sırtı karışımı için istenilen değerde olmadığı görülmüştür. Tasarlanan diğer reçetelerin % uzama değerlerinin lastik sırtı karışımı için istenilen değerdedir. Şam fıstığı kabuğu tozunun kullanıldığı reçetelerin % uzama değerlerindeki azalma, şam fıstığı kabuğunun lif yapısının kozalak ve kestane kabuğuna göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır.

6.10. Kopma mukavemeti test bulguları

Çalışmanın ilk kısmında elde edilen bulgulara göre kopma mukavemetleri referans reçetenin altındadır. Ayçiçek ve aromatik yağ karışımının HAF N-330 karbon siyahı ile birlikte kullanıldığı R-11 kodlu reçetenin kopma mukavemeti 14.8 Mpa olarak ölçülmüştür ve referans reçeteye en yakın sonuçtur. Kullanılan selülozik dolgu maddelerinin partikül çapının karbon siyahına göre fazla olması bu durumun temel nedenidir. Çalışmanın ikinci kısmında R-11 reçetesi geliştirilirken kozalak tozu atığı kullanılmış, kopma mukavemeti değerinin referans reçeteden daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Lifli yapının karışımın yapısındaki bağlar arasında kuvvetlendirici rol oynaması kopma mukavemetinin artmasını sağlamıştır.

Elkhaoulani ve arkadaşlarının (2013) yaptığı çalışmada; öğütülmüş fas kenevir elyafının polimer kompozit ile ağırlıkça %20 - 30 arasında kullanıldığında fiziksel yapısındaki değişim, liflerin yapısal özellikleri ve termal karalılıklarını olumsuz etkilemediği ve fizikomekanik özelliklerinde değişim meydana gelmediğini bulmuşlardır.

6.11. Yırtılma mukavemeti test bulguları

Aromatik yağ ve şam fıstığı kabuğu tozu kullanılan R-3 reçetesi ile aromatik yağ ile ayçiçek yağı karışımının HAF N-330 karbon siyahı ile birlikte kullanıldığı R-10 reçetelerinin yırtılma mukavemetlerinin lastik sırtı karışımı için istenilen değerde olmadığı görülmüştür. Tasarlanan diğer reçetelerin yırtılma mukavemetleri lastik sırtı karışımı için istenilen değerdedir. Çalışmanın ikinci aşamasında R-11 reçetesi geliştirildikten sonra yırtılma değerinin referans reçeteden daha iyi olduğu görülmüştür.

Yeşil ve arkadaşlarının (2016) yaptığı çalışmada; doğal kauçuk bazlı bileşenlerin karbon elyafı ile güçlendirilmesi sonucunda reolojik testlerde herhangi bir değişim

gözlememişlerdir. ENR oranı arttıkça, sertlik değerinde artış meydana geldiğini, yırtılma mukavemetinin iyileştiği ve malzeme esnekliğin arttığı sonucuna varmışlardır.

6.12. Aşınma testi bulgularının değerlendirilmesi

HAF N-330 karbon siyahının aşınmayı iyileştirme özelliği bulunmaktadır. Bu nedenler HAF N-330 karbon siyahının kullanılmadığı R-1, R2 ve R-3 kodlu reçetelerin aşınma test değerleri yüksek bulunmuştur. Selülozik dolgu maddelerinin HAF N-330 karbon siyahı ile birlikte tasarlandığı reçetelerin aşınma testi bulguları lastik sırtı karışımı için uygun olduğu görülmektedir.

6.13. Sertlik testi bulgularının değerlendirilmesi

Aromatik yağ ile ayçiçek yağı karışımının HAF N-330 karbon siyahı ile birlikte kullanıldığı R-10 reçetelerinin sertlik değer lastik sırtı karışımı için uygun değildir. Çalışmanın her iki aşamasında tasarlanan reçetelerin sertlik değerleri referans reçete sertlik değeri ile paralellik göstermektedir.

6.14. Özdayanım testi bulgularının değerlendirilmesi

Modülüs %300 ile ifade edilen özdayanım testi, karışımın kopmaya başladığı noktayı ifade eder. Özdayanım test sonuçlarına göre HAF N-330 karbon siyahı kullanılmayan reçetelerin özdayanım değerlerinin düştüğü görülmüştür. HAF N-330 karbon siyahına alternatif olarak kullanılan selülozik lifli dolgu maddelerinin özdayanım değerlerini arttırdığı gözlemlenmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada lastik sırtı karışımının kauçuğun geri dönüşümünün güç olması, doğada parçalanma süresinin uzun olması ve kauçuk karışımını oluşturan kimyasallarda dışa bağımlılığın beraberinde getirdiği yüksek maliyetler azaltmak amacıyla reçeteler tasarlanmıştır.

Dolgu maddesi alternatifi olarak kullanılan öğütülmüş kestane kabuğu tozu, şam fıstığı kabuğu tozu ve kozalak atığı tozu ile yumuşatıcı madde alternatifi olarak kullanılan ayçiçek yağı, kanola yağı ve mısır yağı ile gerçekleştirilen lastik sırtı karışımlarında analiz sonuçları referans reçeteye kıyaslanmıştır. Ayçiçek yağının, kanola yağı ve mısır yağına oranla yapısında daha fazla yağ asidi bulunması maksimum ve minimum viskoziteyi aromatik yağ ile elde edilen maksimum ve minimum viskozite ile eşdeğer kılmıştır. Karışımların viskozite değerlerindeki değişimler incelendiğinde aromatik yağ yerine kullanılabilirliği en yüksek yağ ayçiçek yağıdır.

HAF N-330 karbon siyahına takviye edici dolgu maddesi olarak kullanılan öğütülmüş kozalak atığı tozu, kestane kabuğu tozu ve şam fıstığı kabuğu tozunun reolojik pişme zamanını arttırdığı görülmüştür. Bu dolgu takviye ürünlerinin selülozik lif yapılı olması fizikomekanik özellikler üzerinde geliştirici rol oynamıştır. Öğütülmüş kozalak atığı tozu, kestane kabuğu tozu ve şam fıstığı kabuğu tozunun tek başına dolgu maddesi olarak kullanılması, fizikomekanik test değerlerini olumsuz etkilemiştir. Karbon siyahına takviye olarak kullanılan selülozik yapılı bu yardımcı dolgu maddeleri arasından en iyi test sonuçlarını veren öğütülmüş kozalak atığı tozudur. Partikül çapının daha fazla azaltılabileceği düşünüldüğünde kozalak tozunun daha iyi fizikomekanik test değerlerine ulaşılabileceği düşünülmektedir. Selülozik lifli dolgu maddelerinin, lastik sırtı karışımlarının yoğunluğunu düşürmesi lastiklerde ağırlık azaltma çalışmaları için yeni bir çalışma alanı oluşturabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında tasarlanan 12 reçete referans reçete ile karşılaştırıldığında R-11 kodlu reçetenin referans reçeteye en yakın değerlere sahip olması, çalışmanın ikinci kısmı olan R-11 reçetesinin geliştirilmesini sağlamıştır. Phr oranları korunarak devam edilen çalışmanın ikinci kısmında reolojik ve fizikomekanik sonuçlara en iyi R-11f reçetesinde ulaşılmıştır. Referans reçete ile R-11f reçetesi karşılaştırıldığında; maksimum viskozite değerinin referans reçete ile aynı olduğu, minimum viskozite değerinin ise referans reçeteden %7 oranında daha az çıktığı görülmektedir. T_{s2} değerinde %60 oranında, T_{c90} değerinde ise %80 oranında artış görülmektedir. Lastik sırt kauçuğunun pişirme sürelerindeki artış

fizikomekanik özelliklerin iyileştirildiğini göstermektedir. Pişirici grubunda bulunan primer ve seconder hızlandırıcı tipini değiştirerek pişirme süreleri iyileştirilebilir. Kürleşme derecesi ve kür oranında %2 oranında değişim gözlemlenmiş ve referans reçete ile seçilen R-11f kodlu lastik sırtı reçetesinin reolojik özelliklerinde başarılı bulgular elde edildiği görülmektedir.

Lastik sırtı karışımı için en önemli fizikomekanik test sonuçları aşınma ve kopma mukavemetidir. Referans reçete ile R-11f reçetesinin fizikomekanik test sonuçları karşılaştırıldığında kopma mukavemetinde %7 oranında, aşınma testinde ise %13 oranında iyileşme gözlemlenmiştir. Lastiğin kopmaya başladığı an olan özdayanım değerlerinde %25 oranında iyileşme ve yırtılma mukavemetinde %10 iyileşme görülmektedir.

Çalışmada sadece dolgu maddesi ve yumuşatıcı kimyasalın phr oranına müdahale edilmiş ve bu sonuçlara göre en iyi dolgu maddesinin kozalak atığı tozu, en iyi yumuşatıcının da ayçiçek yağı olduğu görülmüştür. R-11f reçetesinde pişirici grubu ve hızlandırıcılar üzerinde yapılacak olan modifikasyonlar ile daha iyi reolojik özelliklerin ve fizikomekanik sonuçların elde edilmesinin mümkün olduğu ön görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abitogun, A., Omosheyin, A., Oloye, D., & Alademehin, O.** (2008). Extraction and Characterization of Sunflower Crude Oil. *The Internet Journal of Nutrition and Wellness*, 8(2).
- Alpgiray, B., & Gürhan R.** (2007). Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 13(3), 231-239.
- Arellano, D.B. (APB) & Saldivar S. (OS)** (2019) Corn Oil: Composition, Processing, and Utilization, *Corn Chemistry and Technology, Editors*. [Erişim tarihi: 02.08.2019, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00021-8>].
- Arrakhiz, F.Z., Benmoussa, K., Bouhfid, R., & Qaiss A.** (2013). Pine Cone Fiber/Clay Hybrid Composite. *Mechanical and Thermal Properties. Materials and Design*. 50, 376–381.
- Aslan, M., & Kara, L.** (1997). Taşıt Lastiklerinin Ham Maddeleri ve Üretilme Metotları. *G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi*, 15-16.
- Balcıoğlu, H. E., Yeşil, Ö., & Aktaş, M.** (2012). Ceviz Kabuğu Takviyeli Polyester Reçinenin Aşınma Dirençlerinin Belirlenmesi. *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi*, 2-4.
- Borazan, A. A., & Gokdai, D.,** (2018) Pine Cone and Boron Compounds Effect as Reinforcement on Mechanical and Flammability Properties of Polyester Composites, *Open Chemistry*, 16(1). 427–436.
- Bridgestone Detaylı Bilgiler (BDB)** (2019) [Erişim: 25.07.2019 <https://www.bridgestone.com.tr/detayli-bilgiler>].
- Ciesiecki, A.** (1999). An Introduction to Rubber Technology. *Rapra Technology Limited*. 37.
- Coulson, E.** (1989). Kauçuk Teknolojisine Giriş. *Kauçuk Derneği Yayınları*. İstanbul, 25-32.
- Dong, C., & Davies, L. J.** (2012). Flexural Properties of Macadamia Nutshell Particle Reinforced Polyester Composites. *Curtin University*. 43, 2751–2756.
- Elibal B.** (2009) Kanola Yağından Kudret Narı Yağ Asitleri ile Yapılandırılmış Yağ Üretimi ve Reaksiyon Koşullarının Optimizasyon, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği ABD Yüksek Lisans Tezi*. 98, 3-20.
- Elkhaoulani, A., Arrakhiz, F.Z., Benmoussa K., Bouhfid R., & Qaiss A.** (2013). Mechanical and Thermal Properties of Polymer Composite Based on Natural Fibers. *Moroccan Hemp Fibers/Polypropylene Materials and Design*. 49, 203–208.
- Ersungur, S.** (2008) Üretim Yönteminin Kolza Yağının Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği ABD Yüksek Lisans Tezi*, 68.

Essabir, H., Nekhlaoui, S., Malha, M., Bensalah, M.O., Arrakhiz, F.Z, Qaiss, A., & Bouhfid, R. (2013). Bio-Composites Based on Polypropylene Reinforced With Almond Shells Particles: Mechanical and Thermal Properties. *Materials and Design* 51, 225–230.

Fassenden, R. (1992). *Organik Kimya*, 19-25. Güneş Kitapevi, Ankara.

Formela, K., & Haponiuk, J. T. (2014). Curing Characteristics, Mechanical Properties and Morphology of Butyl Rubber Filled With Ground Tyre Rubber (GTR). *Iran Polym*, 185–194.

Formela, K., Hejna, A., Piszczyk, L., Xavier, M. Z., & Colom, X. (2016). Processing and Structure–Property Relationships of Natural Rubber. *Wheat Bran Biocomposites Cellulose*, 3157–3175.

Garcia, D. G., Rafael, .Martinez, B.J. L., Ek, M., & Moriana, R. (2018) Optimizing the yield and physico-chemical properties of pine cone cellulose nanocrystals by different hydrolysis time. *Cellulose*, 2925–2938.

Gonultas, O., & Ucar, M.B. (2013). Chemical Characteristics of yhe Cone and wood of Pinus Pinea. *Lignocellulose*, 2(1), 262-269.

Guinda, A., Dobarganes, M.C. Ruiz-Mendez, M.V., & Manch, M. (2003) Chemical and physical properties of a sunfloweroil with high levels of oleic and palmitic acids. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 130–131.

Gullón,P., Eibes, G., Dávila, I., Moreira, M.T., Labidi,J., & Gullón, B. (2018) Manufacture of Nutraceutical Compounds from Chestnut Shells by Hydrothermal Processing *Chemical Engineering Transactions*, 70, 1705-1710. DOI: 10.3303/CET1870285.

Hevea Brasiliensis and Latex in Thailand (HBLT) (2019) [Erişim: 25.07.2019 <https://www.shutterstock.com/tr/video/clip-8433196-hevea-brasiliensis-latex-thailand>].

Jamieson, G.S., & Baughman, W.F. (1922) The Chemical Composition of Sunflower-Seed Oil. 2952–2957. [Erişim tarihi: <https://doi.org/10.1021/ja01433a036>].

Karaca, E. & Aytaç S., (2007) Yağ Bitkilerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etki Eden Faktörler, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 22(1), 123-131.

Kıvrak. M, (2019) Mısırozü Yağı. *Balıkesir Üniversitesi Edremit Meslek Yüksekokulu, Zeytincilik ve Zeytin İşleme Teknolojisi Ders Notu*, [Erişim tarihi: http://mucahitkivrak.baun.edu.tr/index_dosyalar/zeytinyagi%20uretim%20teknolojisi%2011%20misir%20yagi.pdf].

Mark, J. E., Erman, B., & Eirich, F.R. (2005). Science and Techmology of Rubber. *Elsevier Academic Press*. USA. 35-58.

Mohanty, A.K., Misra, M. ve Hinrichsen, G. (2000). Biofibres, Biodegradable Polymers and Biocomposites an Overview. *Macromolecular Materials and Engineering*, 276-277(1), 1-24.

Okutucu, C., Dumana,G., Ucar,S., Yasa, I., & Yanika, J., (2011) Production of Fungicidal Oil and Activated Carbon From Pistachio Shell, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 91, 140–146.

- Öter, M., Karaağaç, B., & Deniz, V.** (2016). Lastik Hamurundaki Aromatik İşleme Yağlarının Değiştirilmesi. *Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu*, 17-19.
- Phomrak S., & Phisalaphong, M.** (2017). Reinforcement of Natural Rubber With Bacterial Cellulose Via a Latex Aqueous Microdispersion Process. *Hindawi Journal of Nanomaterials*. Article ID 4739793. 9.
- Rodgers, B., & Dekker, M.** (2004). *Ruber Compounding Chemistry and Applications. The Goodyear Tyre and Rubber Company*. 131- 420.
- Saçak, M.** (2005) *Polimer Teknolojisi*, 12-21, Gazi Kitabevi. Ankara.
- Savran, H. Ö.** (1996). *Elastomer Teknolojisi 2*, 8-17, Kauçuk Derneği Yayınları. İstanbul.
- Sobhy, M. S., El-Nashar, D. E., & Maziad, N. A.** (2003). *Cure Characteristics and Physicomechanical Properties of Calcium Carbonate Reinforcement Rubber Composites*. (26), 241-257.
- Piness, J.** (2010) Physical and Chemical Structural Analysis of Pistachio Shells, 39-42.
- Tosun, A., & Özkal N.** (2000) Kanola, *Ankara Ecz. Fak. Dergisi*. 29(1), 59-76.
- Yeşil, B., N., & Karaağaç, B.** (2016). Properties of NR and NR/ENR Based Rubber Compounds Reinforced With Chopped and Sized Carbon Fiber. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 926 – 935.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Anıl ALKAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Gaziosmanpaşa / 02.01.1992



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İş Deneyimi

Stajlar : İbrahim Etem Ulugay İlaç Sanayi Türk A.Ş.
Çalıştığı Kurumlar : Billas Lastik ve Kauçuk San. Tic. A.Ş.

İletişim

Adres : Merkez / BİLECİK
E-posta adresi : ksmanilalkan@gmail.com

Akademik Çalışmalar

Makale

Borazan Akpınar A. Alkan A., (2019) The Effect Of Plant-Based Oils And Cellulose Fillers On The Rheological And Physico-Mechanical Properties Of Tyre Tread. *FEB - FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 28 (10), 7227-7233, ISSN- 1018-4619.

Sözlü Bildiri

Borazan Akpınar A. Alkan A., The Effect of Plant-Based Oils and Cellulose Fillers on The Rheological and Physico-Mechanical Properties of Tire Tread, International Conference on Science and Technology (ICONST 2018) 05.09.2018 - 09.09.2018, KOSOVA Pirizen.

Tarih:17/07/2020