

KAUÇUK TÜRÜ MALZEMELER I. DOĞAL KAUÇUK

Vahap VAHAPOĞLU*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 61100,
Trabzon, TÜRKİYE

Özet: Doğal kauçuk artık modern hayatın vazgeçilmez bir mühendislik malzemesidir. Özellikle otomobil parçalarında, otomobil lastiklerinde ve de günlük yaşamdaki birçok araç ve gereçte kullanılan doğal kauçuk, sıvı halde bitki ve ağaçlardan elde edilerek pıhtılaştırılmakta ve çeşitli proseslerden sonra ürün olarak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Hazırlanan bu çalışmada; Azteklerin kauçuk malzemeleri günlük yaşamlarında kullanmalarından başlayarak, Christopher Columbus'un Amerika'yı keşfiyle Avrupalıların doğal kauçuğu tanımaları ve endüstride kullanmaları tarihsel gelişim içinde anlatılmıştır. Charles Goodyear'ın vulkanizasyonu keşfi ve kauçuğun mekanik özelliklerine etkileri vurgulanmıştır. Ayrıca doğal kauçuğun elde edildiği alternatif bitkiler ve yetiştirme bölgeleri belirtilerek doğal kauçuğun kimyasal yapısı sunulmuştur. Sonuç kısmında ise dünyadaki ve Türkiye'de doğal kauçuk tüketimleri karşılaştırılarak ülkemiz endüstrisi için doğal kauçuğun önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Doğal Kauçuk, Tarihsel Gelişim, Vulkanizasyon, Doğal Kauçuk Kaynakları.*

RUBBER-LIKE MATERIALS I. NATURAL RUBBER

Abstract: Nowadays, natural rubber has become an indispensable tool in engineering materials. Natural rubber, which is used in tyre, car rubber parts, and daily tools and equipment, is obtained from certain types of plants in liquid state. The rubber in question is obtained after going through various processes, just after following the coagulation of the milky liquid. This paper is essentially a historical review of natural rubber from Aztecs to this day. The discovery of vulcanization by Charles Goodyear and effect of vulcanization on mechanical properties are highlighted. Furthermore, alternative sources of natural rubber, and chemical structure of natural rubber are offered. In the conclusion part, the consumption of natural rubber in the world in general, and in Turkey in particular is comparatively elaborated. Moreover, the importance of natural rubber for Turkish industry is emphasized.

Keywords: *Natural Rubber, Historical Background, Vulcanization, Sources of Natural Rubber.*

Geliş Tarihi : 13.10 2005

Kabul Tarihi: 31.05.2006

* Sorumlu yazar
vahap@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kauçuk, bazı tropik bitkilerin sütümsü öz suyundan (*lateks*) doğal halde ya da petrol ve alkolün bileşimlerinden suni olarak elde edilen bir malzemedir. Esasen kauçuk terimi normalde *Hevea Brasiliensis* ağacından elde edilen malzemeye karşılık gelmekte olup, günümüzde ise bu terim uygulanan kuvvetin serbest bırakılmasıyla tekrar eski konumuna geri dönebilen malzemeler olarak adlandırılmaktadır [1].

Kauçuk türü malzemeler, fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleriyle artık günümüzün vazgeçilmez bir mühendislik malzemesi olmuştur. Avrupalıların; Christopher Columbus'un Amerika'yı keşfiyle başlayan kauçuk maceraları, esasında yeni kıta Amerika'da yaşayan Aztek toplumunda, yapılan arkeolojik kazılardan, çok önceden beri bilindiği anlaşılmaktadır. Avrupalıların, 16. yüzyılın başlarında tanıştıkları kauçuk, ancak 19. yüzyılın ortalarına doğru Charles Macintosh, Thomas Hancock ve Charles Goodyear gibi araştırmacı ve girişimcilerin özel gayret ve keşifleriyle günlük yaşamın ayrılmaz bir mühendislik malzemesi olmuştur. Özellikle Charles Goodyear'ın 1840 yılında kazayla vulkanizasyon işlemini bulmasıyla kauçuğun soğukta sertleşmesi ve sıcakta yumuşayarak yapışkan hale gelmesi gibi olumsuz özellikleri giderilerek kauçuk alanında teknolojik çalışmaların başlamasına sebep olmuştur. 1888 yılındaki otomobil tekerleklerinin icadı ise kauçuğun artık vazgeçilmez bir mühendislik malzemesi olduğunu ispatlamıştır. Kauçuk teknolojisindeki gelişmeler o yılların güçlü devletlerini doğal kauçuk plantasyonlarının oluşturulması fikrine yöneltmiş ve İngiltere başta olmak üzere, Avrupadaki birçok devletin kendi egemenlikleri altındaki kolonilerde büyük kauçuk plantasyonları kurmalarına sebep olmuştur. Bu çalışmalarının yanında, kurmuş oldukları çiftliklerde yetiştirdikleri Hevea kauçuk

ağacından ayrı olarak, alternatif bitkilerin bulunması çalışmalarına da yönelmişlerdir.

Yapılan bu literatür çalışmasında önemli ve çok hızlı gelişen, bir teknolojik malzeme olan doğal kauçuğun Azteklerden başlayarak tarihsel gelişim ve seyri incelenmiş, bu alanda yapılan teknolojik dönüm noktaları belirtilerek, özellikle vulkanizasyon işleminin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca doğal kauçuğun ilk elde edildiği Hevea kauçuk ağacından başka, sıvı kauçuğun elde edildiği alternatif kauçuk bitkileri ve bu bitkilerin yetiştirme bölgeleri incelenmiş ve son kısmında ise doğal kauçuğun kimyasal yapısı verilmiştir. Bu çalışmanın ikinci kısmı ise sentetik kauçuklar hakkında olup, sentetik kauçuğun keşfinden başlayarak tarihsel gelişim incelenmiş ve günlük hayatta en fazla kullanılan sentetik kauçukların özellikleri anlatılmıştır [2].

2. TARİHSEL GELİŞİM

Avrupalıların ilk defa kauçuk ile karşılaşmaları Christopher Columbus'un Amerika'ya, 1493-1496 yılları arasındaki, ikinci seyahati ile oldu. Yeni kıta Amerika'da ise Avrupalılar için yeni olan bu malzeme asırlar öncesinden bilinmekteydi. Yapılan kazılardan 6. yüzyılda kauçuğun dini törenlerde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Mexico City'deki ulusal müzede, Azteklere ait dini törenlerin yapılışını gösteren ve kauçuk figürlerin de yer aldığı duvar resimleri bulunmaktadır [3]. 16. yüzyıldan günümüze kadar yaklaşık 400 yıldır eski Meksikalıların, *Tlachtli* olarak adlandırdıkları ve kauçuktan yapılmış toplarla basketbol, futbol ve hokey karışımı bir oyun oynadıkları bilinmektedir. Kauçuk toplarla oynanan oyun, ilk defa Columbus'un yanında bulunan genç Las Casas (1474-1566) tarafından "Historia de las Indias" adlı eserde anlatılmıştır. Las Casas eserini, Valladolid'deki San Gregoria manastırına göndermiş ve eserinin en azından 40 yıl süreyle yayınlamalarını istemiştir.

Bunun sebebinin ise, eserindeki valiler hakkındaki, özellikle Hernan Cortes hakkındaki, eleştirilerinin öfke ve tartışmaya sebep olabileceği olarak tahmin edilmektedir [4]. Böylece el yazması müsveddeler hiç yayınlanmamıştır. Bu nedenle, İspanyol araştırmacı ve tarihçi Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdes (1478-1557) kauçuğun Haitili yerliler tarafından top olarak kullanıldığını belirten ilk araştırmacı olmuştur. Ayrıca 16. yüzyılın sonlarında İspanyol tarihçi II. Philip olarak adlandırılan Antonia de Herrera y Tardesillas (1594-1625) San Gregoria manastırından Las Casas'ın müsveddelerini incelemek için izin istemiş ve makalesinde kauçuktan bahsetmiştir (Buehr, 1964). Tardesillas, Columbus'un seyahatinden 50 yıl sonra doğmasına rağmen eserinde Columbus'un seyahatinde bulunmuşçasına hatıralarından bahsetmiştir [4]. Columbus'un yeni kıtayı keşfinden sonra, özellikle, İspanyol fetihçiler Meksika ve Peru'ya fetihler düzenlemişlerdir. 1519 yılında Hernan Cortes komutasındaki bir grup asker Meksika'ya ayak basmışlar ve buradaki baskı altındaki Aztek halkını Aztek imparatorluğuna karşı kışkırtarak Aztek imparatorluğunu yıkmışlardır. Fakat Aztek halkı, eski imparatorluk yöneticileri zamanında daha iyi durumdaydı. Çünkü İspanyollar, halkı ya öldürüyor yada esir olarak köleleştiriyorlardı [5]. Belki de Las Casas, Cornes'in bu zulümlerini kitabında eleştirdiğinden kitabını yayınlamak istememişti. İspanyollar, yaptıkları zulme rağmen hayatta kalabilen, Aztek halkından kauçuğun kullanımıyla ilgili bir çok şey öğrendikleri halde, bu bilgileri Avrupa'da yaymak için hiçbir çapa sarf etmemişlerdir [6].

18. yüzyılın ortalarına doğru dünyanın şeklinin küreden farklı olduğu üzerine tartışmalar başlamıştır. Bu nedenle Fransız Bilimler Akademisi dünyanın şekli konusunda araştırmalar yapmak üzere 1735 yılında Charles Marie de la Condamine (1701-1774) ve bir grup araştırmacıyı Ekvatorun başkenti

Quito'ya diğer bir grup araştırmacıyı ise kuzey kutbuna göndermiştir. Charles Marie de la Condamine, Quito'da ilk defa kauçuk ile karşılaşmışlar ve muz yapraklarıyla sarılmış kauçuk meşalelerin akşamları aydınlanmak amacıyla kullanıldığını görmüşlerdir [7]. de la Condamine dünyanın ekvatorda genişlediğini anladıktan sonra 1743 yılında dönüş seyahatini Amazon ormanlarını geçerek gerçekleştirmiştir. Amazon nehri boyunca seyahati sırasında kauçuk ağaçlarının nehir kıyısında yetiştiğini görmüş ve bölge yerlilerinin kauçuk ağacını *cahutchu* olarak adlandırdıklarını belirtmiştir [8]. Amazon nehri sonunda Fransız Guyana'sına varmış ve buradan Fransa'ya dönmüştür. de la Condamine, Fransız Guyana'sında, Fransız krallığı tarafından görevlendirilmiş olan ve 25 yıldır orada bulunan Fransız mühendis François Fresneau (1703-1770) ile karşılaşmıştır. Fresneau'nun uzun yıllar Güney Amerika'da kalması nedeniyle kauçuklar hakkında bilgisi vardı. Fakat kauçuklar hakkında yazılı bilgiyi ilk defa de la Condamine'nin vermesi sebebiyle, literatürde, kendisi kauçuk ağacından toplanan sıvıyı ilk gören Avrupalı olarak geçmektedir. Seyahati boyunca gözlemlerini ve keşfini bir raporda toplamış ve 1751 yılında Kraliyet Bilimler Akademisine sunmuştur. de la Condamine raporunda yerlilerin Hheve ağacından (bilimsel ismi *Hevea Brasiliensis*) sıvı kauçuğu nasıl topladıklarını ve katılaştırılmış tortunun nasıl su geçirmez dokuma, ayakkabı ve elastik su şişesi yapımında kullanıldığını anlatmıştır. Ayrıca yere bırakıldığı zaman tekrar sıçrayan kauçuk toplardan da bahsetmiş ve kauçuğun dalgıç elbisesi olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Fransız araştırmacı bu yeni maddeyi ise yerlilerin kullandığı kelimedenden türeterek *Caoutchouc* (ağlayan ağaç=weeping tree) olarak adlandırmıştır (cao=wood ve 0-chu=to flow veya weep) [7]. de la Condamine, kauçuğun bir çok farklı kullanımı için önerilerde bulunmuş fakat yinede kauçuğun kullanımı

1839 yılında vulkanizasyon işleminin keşfine kadar sınırlı kalmıştır.

1763 yılında Hérisant ve Macquer birbirlerinden ayrı olarak terebentin'in kauçuğun çözücüsü olduğunu ve sıvı haldeki kauçuğun terebentin içine katılmasıyla yapıştırıcı olarak kullanılabilceğini keşfetmişlerdir. Bu durum Fresneau tarafından da bilinmekteydi. Ayrıca 1786 yılında Macquer, eterin terebentinden daha iyi bir çözücü olduğunu bulmuştur [8].

1770 yılında Joseph Priestley "Familiar Introduction to the Theory and Practice of Perspective" adlı eserinde kurşun kalem yazısını silmek için kullanılan ekmek kırıntılarının yerine kauçuğun kullanılabilceğini belirtmiştir [9]. Bunun üzerine İngiliz alet yapımcısı Eduard Nairne (1726-1806) 3 şilin karşılığında, yarım inç boyunda kurşun kalem yazısını silmek için kauçuk parçalar satmaya başlamıştır. Fakat ilk silginin pahalı olması halk tarafından ilk zamanlarda lüks olarak karşılanmıştır [8-9]. 1775 yılında ise Fransa'da kauçuk küpler "Peaux de Nègres" adı altında satılmaya başlanmıştır. Hérisantve Macqueler tarafından elde edilen yapıştırıcı karışım Fransız Joseph-Michel ve Jacques-Étienne Montgolfier kardeşler ipek balonun yüzeyini, hidrojen sızdırmazlığını sağlamak amacıyla, kauçukla kaplamış ve bu balonla 1 Aralık 1783 yılında Paris'in 27 mil uzaklığına kadar havada seyahat etmişlerdir. 1791 yılında Grossart, kauçuk şeritleri ısıtıp eterle yapıştırarak kauçuk tüpler imal etmiştir. 1813 yılında ise Amerika'da, ilk defa, kauçuk ile ilgili ilk patent alınmıştır [10].

Taze lateks kauçuğa koruyucu madde eklenmedikçe koyulaşmaktaydı. Sıvı lateks'de kendiliğinden oluşan bu koyulaşmayı önlemek için 1790'da alkalik madde katılması gerektiği bulunmuş, fakat yakın zamana kadar uygulanmamıştır. Avrupa'da sıvı lateks'le deneyler yapabilmek için gerekli olan sıvı

lateks çok az idi. Bu nedenle çalışmalar katı kauçuğu çözmek için gerekli çözücünün bulunması üzerine yoğunlaşmıştır. 18. yüzyılın sonlarına doğru terebentin, eter ve petrol, katı kauçuğu çözmek amacıyla kullanılmasına karşın bu çözücülerin maliyetlerinin yüksek olması kullanımlarını sınırlıyordu. 1818'de İskoç tıp öğrencisi James Syme kömür katranını damıtarak elde ettiği ispirtonun, kauçuk için iyi bir çözücü olduğunu bulmuştur. Katran nefti, kömür gazının elde edilmesi sırasında yan ürün olarak elde edilmekteydi. Bu ise kauçuk için gerekli çözücünün oldukça ucuza elde edilmesine imkan sağlamıştır.

1819 yılında, boya üreticisi olan, Charles Macintosh boya üretimi için gerekli olan amonyakı Glasgow Gas Works şirketinden aldığı katran kömüründen damıtmak suretiyle elde etmiştir. Damıtma işlemi sırasında yan ürün olarak ise, katran kömürü ziftini elde etmiş ve bunu satmayı planlamıştır. Fakat bir alıcı bulamayınca bu ürünü katı haldeki kauçuğu çözmek için kullanabileceğini düşünmüş ve düşüncesinde de haklı çıkmıştır. Ayrıca elde etmiş olduğu neftin, kauçuk için terebentinden çok daha iyi bir çözücü olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca, yeni çözücünün yan ürün olması üretimin ucuz olmasını da sağlamıştır. Macintosh, kauçuğun dış yüzeylerini düz bir zeminde dokuma tekstil ile kaplayarak sıkıştırmış ve su geçirmez malzeme elde etmiştir. Elde etmiş olduğu ürüne yanlışlıkla *k* harfini ekleyerek *Mackintoshes* ismi altında 1823 yılında patent almış ve aynı yıl Glasgow yakınındaki Campsie'de imalata başlamıştır [8]. Macintosh, piyasadan yeni ürünü için çok istek alması üzerine ve de ürünün tekstil ile beraber imal edilmesi nedeniyle Manchester'daki bir pamuk fabrikasıyla ortaklık kurmuştur. Bu nedenle üretim yerini Glasgow'dan Manchester'a taşımıştır. Günümüzde Manchester'daki kauçuk imalatı halen aynı sitede devam etmektedir [6]. Macintosh tarafından üretilen su geçirmez

kumaşlar, insanlar tarafından büyük ilgi görmüş ve de özellikle yağmurluk yapımında kullanılmıştır. Fakat parçalı kumaşlardan dikilerek üretilen yağmurlukların dikiş delikleri elbiseyi zayıflatmakta ve çabuk yırtılmasına sebep olmaktadır. Bu problem ise bir başka araştırmacı ve girişimci, Thomas Hancock, tarafından çözülmüştür [2].

Kauçuk endüstrisinde Thomas Hancock; (1786-1865) mastikasyon ve mastikasyon makinasını bulmasından dolayı kauçuk sanayinin babası olarak adlandırılır. Hancock ilk deneysel çalışmalarına 1819'da başlamıştır. Ham kauçuktan kestiği şeritlerden kauçuk eşyalar (askı, çorap lastiği, ayakkabı tabanı,) yapmış ve eşyaların yapımı sırasında atık kauçuk parçalarını değerlendirebilmek için bir makina yapmayı düşünmüş ve bu düşüncesini ise 1820 yılının yazında gerçekleştirmiştir. Yapmış olduğu bu makina bir karıştırıcıydı. Atık haldeki ufak katı lastik parçaları makinanın içine atıp karıştırdığında ayrı ayrı lastik parçalar yerine tek bir biçimsiz katı lastik parçasını elde ettiğini görmüştür. Böylelikle yağmurluklardaki dikiş problemi, tek parçalı yağmurluk yapılmak suretiyle çözümlenmiştir. Hancock yapmış olduğu bu makinanın bir keşif olduğunun farkına varmış ve yapmış olduğu makinayı *pickle* gibi yapmış olduğu çalışmayla alakasız bir isimle adlandırmıştır. Böylece buluşunu gizli tutmayı amaçlamış ve de bu amacıyla 1832 yılına kadar başarılı olmuştur [6]. Daha sonraki yıllarda ise Macintosh ve Hancock çalışmalarına beraber devam etmişlerdir [6, 10].

Ham kauçuk hem plastik hem de elastik özelliklere sahip bir malzemedir. Bu nedenle ham kauçuk kalıpta şekillendirilemiyordu. Hancock tarafından geliştirilen mastikasyon prosedürü sayesinde malzeme plastik olmamakta ve vizkozitesi düşmektedir. Böylece mastikasyon prosedürüne tabi tutulmuş ham kauçuğa kalıpta rahatlıkla şekil verilebilmektedir. Hancock'da bu sayede daha

düzgün yüzeyli parçalar imal edebilmiştir. Hancock tarafından bulunan makina bugünkü kauçuğa uygulanan modern karıştırma işleminin öncüsüdür. Ayrıca kauçuğa mastikasyon işleminin tabi tutulması kauçuğa eski yapışkanlık özelliğini de geri kazandırmaktadır.

1827 yılında London Fresh Wharf'daki büyük yangında kauçuk, yangın hortumu olarak kullanılmıştır. 1828 yılında eczacı Jan van Geuns Hollanda'nın Haarlem Şehrinde kauçuk fabrikasını kurmuştur. Bu aynı zamanda meşhur Merens Brothers fabrikasının habercisiydi [8]. 1832 yılında Roxbury India Rubber Co. kauçuk fabrikası Roxbury'de Edwin M. Chaffee liderliğinde bir grup girişimci tarafından anonim şirket yapılmıştır [7, 10]. Fakat yinede kauçuğun yaygın bir şekilde kullanımı 1840'lı yıllara kadar olmamıştır. Çünkü kauçuk kışın sertleşmekte ve elastik özelliğini kaybetmekte, yazları ise artan sıcaklıkla birlikte yapışkan hale gelmektedir. Bu olumsuzluk, 1839 yılında, Charles Goodyear (1800-1860) tarafından vulkanizasyon işleminin bulunmasıyla çözümlenmiş ve bu yıldan sonra kauçuğun sanayide kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır.

1825'lerde Hancock, dışı kumaşla kaplanmış kauçuklu kumaşların üretimi için patent almıştır. Hancock, kauçuklu kumaşları iki silindirli makinalardan geçirmiştir. Büyük bir ihtimalle iki silindirli makinalar ilk defa Hancock tarafından kullanılmıştır [6]. Fakat iki ya da daha fazla silindirden oluşan kalender makinalarının ilk icadının Amerikalı Edwin M. Chaffee tarafından yapıldığı düşünülmektedir. 1832'de Amerikadaki Roxbury India Rubber şirketinde kalender makinaları kullanarak kauçuk eşyalar üretilmeye başlanılmıştır. İlerleyen yıllarda Hancock, yayma makinasını (spreading machine) icat etmiştir. Böylece kauçuk, kumaş üzerine yayılması ya yayma makinası ya da kalender makinası ile yapılmıştır. Fakat

Amerika’da daha çok kalender makinası kullanılırken, İngilterede yayma makinası kullanılmıştır [6]. Kauçuk sanayiinde ekztrüzyon makinalarının ilk olarak kullanımı ile ilgili şüpheler olmakla birlikte piston tipi ekztrüzyon makinası ilk 1856 yılında kullanılmıştır. Vidalı tip ekztrüzyon makinası ise 1880 yıllarında Amerikada Royle firması ve İngilterede de ise Shaw firması tarafından kullanılmıştır [9].

3. VULKANİZASYON

1840’lı yıllara gelindiğinde kauçuk plastik bir malzeme olarak biliniyordu. Aynı zamanda soğukta sertleşmesi ve sıcakta yumuşayarak yapışkan hale gelmesi kauçuğun sanayide kullanımını sınırlıyordu. Özellikle Macintosh ve Hancock tarafından üretilen yağmurluklar İngiltere’nin iklim şartları için problem teşkil etmemekte idi. Çünkü İngiltere’nin iklimi ne çok sıcak ne de çok soğuk olmakta idi. Yani üretilen yağmurluklar iklim şartlarından etkilenmemekteydi. Fakat bu durum kışları çok soğuk olan Amerikanın kuzey bölgeleri ile yazları çok sıcak olan Amerikanın güney bölgeleri için geçerli olmamaktaydı [5]. Kauçuk sınırlı bir kullanım alanından, modern hayatın vazgeçilmez bir mühendislik malzemesi olması Connecticut, New Haven’da hırdavatçılık yapan Charles Goodyear’ın (1800-1860), 1839 yılında, *Vulkanizasyon* işlemini bulmasıyla gerçekleşmiştir [7].

1838’de Charles Goodyear, Massachusetts, Roxbury’deki fabrikada kontrol müdürü olan ve hemen hemen okur-yazar olmayan Nathaniel Hayward ile tanışır. Hayward, kauçuğun yapışkanlığını önleyecek deneysel çalışmalar yapmıştır. Deneysel çalışmalarında yüzeyi tekstil ile kaplı kauçuğun yüzeyine sülfür serpmiş ve bu halde malzemeyi güneşte bekletmiştir. Kauçuğun güneş ışınları altında kalmasından kauçuktaki yapışkanlığın giderildiğini kabul etmiştir. Harward’ın yöntemi 24 Şubat 1839 yılında patentle

belgelendirilmiştir. Harward’ın keşfi üzerine Goodyear hükümetten 150 adet kauçuk posta çantası siparişi almıştır [7]. Hükümetten böyle bir iş almak Goodyear için çok büyük mutluluk kaynağı olsa da bu onun için daha sonraları bir kabusun başlangıcı olmuştur. Çünkü, Harward’ın yöntemi sadece kauçuğun yüzeyini etkilemekteydi ve bu yöntem yetersizdi. Goodyear bu sebeple mali olarak iflasla yüz yüze gelmiştir. Fakat bu problemi Goodyear, bir gün soba üzerindeki sıcak sülfür ve doğal kurşun oksid (kurşun monoksit, PbO) karışımı içine kazayla kauçuğu koymasıyla çözmüştür [11]. Bu işlem kauçuğun sert, elastik, ve soğuk ve sıcağa stabil hale gelmesini sağlamıştır. Goodyear ilk başta bu olayı şüpheyle karşılamış fakat 1843’lü yılların sonunda patent başvurusunda bulunmuş ve 15 Haziran 1844 yılında Amerika’da patent almıştır [7]. Ayrıca Goodyear 16 Nisan 1944’de de Fransa’dan çalışması için patent almıştır. Goodyear patent başvurusunda yöntemi "Kükürt ve beyaz kurşunlu kauçuk karışımının sabit bir sıcaklıkta şekillendirilmesi" olarak tanımlamıştır. Goodyear elde ettiği karışımı *Metallic Gum-Elastic* olarak adlandırmıştır. Fakat yöntem *Vulkanizasyon* olarak Hancock’un arkadaşı, sanatkar ve mucit olan William Brockedon tarafından önerilmiştir. Brockedon, vulkanizasyon ismini mitolojide ateş tanrısı olarak adlandırılan *Vulcan*’dan esinlenmiştir [9].

Goodyear’ın patent almasından üç hafta önce Thomas Hancock, 21 Mayıs 1844’de aynı patenti İngiltere’de almıştır [7]. Ayrıca bir yıl öncede, 1843 de, geçici bir patent almıştı [6]. Charles Goodyear, 1841 yılında, mümessili olan, İngiliz Stephan Moulton’ı yeni ürününü Macintosh ve Hancock’a satması için beraberinde bazı numunelerle birlikte göndermiştir [5]. Gelen numunelerin üzerindeki yapışkanlığın bir şekilde ortadan kaldırıldığını gören Hancock, hemen deneysel çalışmalar yapmaya başlamış ve birçok malzemeyi kauçuğa katmıştır. Bunlardan

kükürt'ün kauçuk üzerindeki etkisini fark etmiş ve bu çalışmasına Goodyear'dan önce İngiltere'de patent almıştır. Fakat Hancock 1857 yılındaki eserinde [12] Goodyear'ın isminden hiç bahsetmemiştir. Goodyear, bu gelişmeler üzerine birçok dava açmasına rağmen sonuç alamamış ve 1860 yılında borç içinde vefat etmiştir. Fakat geri kalan 6 mirasçısı (12 çocuğundan 6 tanesi kötü hayat şartları sebebiyle vefat etmiştir. Çünkü, Goodyear parasını kauçuk işinde kaybetmiştir.) Amerika'da alınan patentin telif ücreti sebebiyle servet sahibi olmuşlardır. Birçok şirket Goodyear ismini kullanmış fakat bunlardan sadece ikisi günümüze kadar devam edebilmiştir. Bunlardan bir tanesi batı sahillerindeki küçük bir firma olan Goodyear Rubber and Supply firmasıdır. Diğerisi ise, 1898 yılında Ohio, doğu Akron'da Frank A. Seiberling tarafından kurulan meşhur, The Goodyear Tire & Rubber Company şirkettir [13].

1846 yılında Alexander Parkers ısıtma işlemi olmadan da vulkanizasyonun gerçekleştirilebileceğini bulmuştur. Parkers, ham kauçuk şeritlerin karbon disülfür ile seyrekleştirilmiş sülfür klorür içine daldırılmasıyla çok hızlı bir şekilde vulkanize olduğunu belirtmiştir [9]. Sadece, oldukça ince parçaların soğuk vulkanizasyon metoduyla vulkanize edilebilmeleri nedeniyle bu yöntem dayanıklı kumaşların imalatında uygulama alanı bulmuştur.

Vulkanizasyonun keşfi kauçuğun günlük alanda kullanımını dolayısıyla da doğal kauçuk tüketimini hızlı bir şekilde arttırmıştır. 1830 yılında 25 ton, 1850 yılında 150 ton olan kauçuk tüketimi 1860 yılında 6000 ton olmuştur [14]. Doğal kauçuğun tüketiminin artmasında diğer bir önemli etken ise, mesleği veterinerlik olan, İngiliz John Boyd Dunlop tarafından 1888 yılında pnömomatik tekerleğin bulunması olmuştur [7].

Vulkanizasyon sırasında kauçuk ve sülfür arasındaki reaksiyon oldukça kompleksdir ve halende günümüzde tam manasıyla anlaşılammıştır [11]. Vulkanizasyon, kauçuk ve sülfürün ısıtma sonucunda kimyasal bir reaksiyonudur. Bu reaksiyon sonucunda kauçuk molekül zincirleri arasında karşılıklı bağlanma meydana gelir. Böylelikle uygulanan dış kuvvet altında zincirlerin birbiri üzerinde kayması önlenerek istenilen elastik özellik malzemeye kazandırılmaktadır. Karışıma katılan kükürt miktarı düşüğe (%0.5- %5) yumuşak kauçuk, yüksekse (%25- %35) sert kauçuk ya da ebonit (Goodyear'ın kardeşi Nelson tarafından geliştirilmiştir [11].) elde edilir [15]. Genellikle yüksek oranda sülfür içeren kauçuğun kullanım alanı yoktur.

Günümüz modern vulkanizasyon işlemleri 140-180 °C sıcaklıklarında gerçekleştirilmekte ve vulkanizasyon işleminin özellikleri yanında kauçuğun fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek için çeşitli katkı maddeleri katılmaktadır. Bu katkı maddelerinden özellikle üç tanesi kauçuğun endüstriyel gelişiminde büyük öneme sahiptir. Vulkanizasyon zamanını kısaltan; inorganik hızlandırıcılar (kurşun oksit, magnezyum, kalsiyum) eskiden beri bilinmekteydi. Fakat 1912 yılında Hofmann ve Gotlab tarafından patenti alınan organik hızlandırıcılar vulkanizasyon zamanını çok büyük miktarda kısaltmıştır. Organik hızlandırıcılar vulkanizasyon zamanını kısaltması yanında daha düşük sıcaklıklarda vulkanizasyona izin vermekte ve de vulkanizasyon işleminde gerekli sülfür miktarını azaltmıştır. Daha sonraki yıllarda ultra hızlandırıcılar kullanılarak daha düşük sıcaklıklarda vulkanizasyon gerçekleştirilebilmiştir. Ayrıca organik hızlandırıcılar sayesinde kauçuğun dayanıklılığı artmış ve de fiziksel özellikleri özellikle de kopma mukavemeti artmıştır. Tüm bunların yanında organik hızlandırıcıların maliyeti düşürmesi kauçuğun sanayide kullanımını arttırmıştır. Bu nedenle

de organik hızlandırıcıların bulunması kauçuk sanayinde önemli bir yere sahiptir. Kauçuk sanayinde diğer önemli bir katkı maddesi de antioksidantlardır. Kauçuk malzemelerin dayanıklılığı organik hızlandırıcılar ile artırılmasına rağmen antioksidantlar kauçuğun dayanıklılığını artırmada daha büyük öneme sahiptir. Ayrıca W. Oswald, antioksidantların kauçuğun yaşlanmasına engel olduğunu da bulmuştur. Kauçuk sanayinde önemli üçüncü katkı maddesi ise karbon siyahıdır. Karbon siyahı uzun yıllardan beri renklendirici olarak kullanılmasına rağmen ilk defa 1914 yılında malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirdiği ve özellikle de yüksek oranda sürtünmeye maruz parçaların aşınma ve yırtılma dirençlerini arttırdığı bulunmuştur. Kauçuk kullanımının en fazla olduğu otomobil tekerleklerinde karbon siyahı katkı maddesinin kullanımı, malzemenin mekanik özelliklerini arttırması yanında tekerleğin ömrünü de oldukça arttırmıştır [5].

Bunun dışında kauçuğun esnekliğini ve çekme dayanımını arttırmak amacıyla çok ince öğütülmüş silika gibi maddelerle, bazı organik katkı maddeleri; renklendirici olarak çinko oksit, titan dioksit, demir oksit ve organik boyalar, plastikleştirici ve yumuşatıcı olarak mineral yağlar, vazelin, yağ asitleri ve ağaç reçineleri, vulkanizasyon işlemi hızlandırıcı olarak merkaptobenzotiyazol, yükseltgenme önleyici olarak da çeşitli amin ve fenol türevleri kullanılmaktadır [5].

4. DOĞAL KAUÇUK KAYNAKLARI

1820'lerde Mastikasyon, 1840'larda vulkanizasyon yönteminin bulunması ve de 1888'de otomobil tekerleğinin icadı Amazon nehri kenarındaki *Hevea Brasiliensis* (*Euphorbiaceae* familyası) kauçuk ağacının İngiltere ve İngiliz kolonilerinde yetiştirilmesini gündeme getirmiştir. Bu konuyu ise ilk olarak 1835'lerde Thomas Hancock gündeme getirmiş ve Londra

yakınlarındaki Kew Gardens müdürü Sir William Hooker'a Hevea kauçuk ağacının Batı ve Doğu Hint adalarında yetiştirilmesini tavsiye etmiştir. Ayrıca Brezilyalı yetkililerin fiyatları yükseltmeleri ve Afrika'daki yerli kabilelerin daha az zamanda daha çok kauçuk sıvısı alabilme istekleri nedeniyle kauçuk ağacı katliamına sebep olmaları İngilizleri yeni güvenli kauçuk ağacı fidanlıklarının oluşturulmasına sevk etmiştir [9].

1870 yıllarındaki olumsuz bir kaç girişime rağmen Haziran 1876'da Sir Henry Wickham, Brezilyadan 70.000 hevea kauçuk ağacı tohumunu Kew Gardens'a getirmiştir daha doğrusu kaçırmıştır. Kew Gardens'da yaklaşık 2600 tohum filizlendirilmiştir. Yetiştirilen fideler ise İngiliz kolonisi olan başta Sri Lanka olmak üzere Hindistan, Tayland ve Malezya'ya gönderilerek buralarda endüstriyel fidanlıklar kurulmuştur. Wickham, bu çalışmasından dolayı da İngiliz hükümeti tarafından şövalyeliğe ödüllendirilmiştir [16].

Endüstriyel fidanlıkların kurulmasında, 1956 yılında 101 yaşında ölen ve de 1888 yılında Singapur botanik bahçesi müdürlüğüne getirilen, Henry Nicholas Ridley'in gayretli çalışması önemli rol oynamıştır. Rindley, hevea kauçuk ağacının yetiştirilmesiyle uğraşanlara, bu ağacın maruz kalabileceği hastalıkları kontrol etme yöntemini öğretmiştir. Çalışmalarının en önemli kısmını ise kauçuk ağacına zarar vermeden sıvı lateks'in alınması yönteminin geliştirmesi ve pıhtılaştırmak için asetik asit kullanılması yönteminin geliştirilmesi olmaktadır.

Böylelikle 1876'dan itibaren uzak doğu ülkelerinde hevea kauçuk ağacı yetiştirilmeye başlanmıştır. Bu yıllarda kauçuk ihtiyacı Güney Amerika ve Afrika'dan temin edilmekte ve var olan üretim miktarı ihtiyacı karşılamaktaydı. Fakat 1888'de J.B. Dunlop'un ilk defa pnömatik tekerlekleri yapması ve 1895'de de tekerleklerin motorlu vasıtalarda kullanılmaya başlamasıyla doğal

kauçuğa olan ihtiyaç artmıştır. Böylelikle 1900 yılında kauçuk fiyatları geçici olarak artmıştır. Bu yıllarda uzak doğudaki fidanlıklardan elde edilen kauçuk önemli bir miktar değildi. Bu dönemde Brezilyada en yüksek üretimi gerçekleştirmiştir. Bu ise ülke ekonomisine büyük miktarda katkı sağlamıştır. Özellikle Brezilyanın Manaos köyünde anormal gelişmeler yaşanmıştır. Manaos caddeleri Portekizden getirilen taşlarla döşenmiş, köye Güney Amerikanın en büyük opera salonu yapılmış ve bu operada İtalyan opera şirketi bir sezon çalışmıştır. Daha sonraki yıllar kauçuk fiyatı 1900 yılındaki fiyatın üçte ikisine düşmüş, 1910 yılında fiyatlar aniden iki katı artmıştır. Fakat bu durum 1910 yılının sonuna doğru uzak doğuda üretilen kauçuğun pazara girmesiyle kauçuk fiyatları oldukça düşmüştür. Brezilyadaki ve de özellikle Manaos köyündeki ani refah artışı aynı şekilde tekrar düşmüş ve insanlar buralardan göç etmişlerdir [17].

1905 yılına kadar uzak doğuda 4650 hektar kauçuk fidanlığı kurulmuş ve bu fidanlıklardan 145 ton kauçuk üretilmişti. Bu yıllardaki dünya üretimi ise 62.000 ton idi. Brezilyanın yüksek fiyata kauçuk satması uzak doğudaki insanların harıl harıl kauçuk fidanlıkları kurmasına sebep olmuştur. 10 yıl sonra ekili kauçuk fidanlığı 100.000 hektar olmuş ve 1913'de 47.500 ton kauçuk üretimi uzak doğudaki bu fidanlıklardan gerçekleştirilmiştir. Böylelikle ilk defa Brezilyanın ihraç ettiği kauçuk miktarı (39.000 ton) geçilmiştir [18]. 1930'larda ise dünya kauçuk üretiminin %90'ı bu fidanlıklardan sağlanmıştır [5]. Ayrıca daha sonraki yıllarda, fidanlıklardan elde edilen kauçuk Brezilyada üretilen kauçuklardan kalite olarak çok üste çıkmıştır. Brezilyanın ihraç ettiği kauçukta %16-18 su bulunur iken bu oran fidanlık kauçuklarında %1 civarındaydı. Böylece dünya pazarlarına, fidanlık kauçuğu hakim olmuştur. Fakat II. Dünya savaşının çıkması ve uzak doğu

kauçuk üretim merkezleri deniz yolunun Japonlar tarafından kesilmesiyle, Amerikanlar son bir kez daha Güney Amerika pazarına yönelmiştir. Amerika savaş boyunca Güney Amerika'dan 25.000 ton kauçuk ithal etmiştir [18]. Savaştan sonra dünya hevea kauçuk pazarını uzak doğu ülkeleri ellerine geçirmiş ve halen de pazara hakimdirler.

Hevea Brasiliensis'in iç kabuğunda bulunan lateks, gövdeye açılan yarıklardan akıtılarak toplanır ve pıhtılaştırılır. En eski pıhtılaştırma tekniği genellikle Güney Amerika'da uygulanan dumanla pıhtılaşmadır (tütsüleme); bu yolla kalınlaşan lateks topaklar halinde biriktirilir. Çağdaş plantasyonlarda ise lateks seyreltik asit ya da formik asit gibi kimyasal maddelerle pıhtılaştırılarak su yüzeyinde bir katman halinde toplanır. Daha sonra merdaneler arasında sıkıştırılarak fazla suyu atılır. Ayrıca ham lateksin sıcak bir hava akımının içine püskürtülüp suyunun uçurulmasıyla da tanecikli kauçuk elde edilir. Ham kauçuk çeşitli yollarla işlenerek biçimlendirilir. Pıhtılaşma tanklarından alınan kauçuğun bir dizi krepleme merdanesinden geçirildikten sonra yüzeyinin pürüzlendirilmesiyle krep kauçuk; düzgün merdanelerden geçirildikten sonra odun ya da yağ dumanı içine asılıp kurutulmasıyla dumanlanmış (tütsülenmiş) kauçuk; pıhtılaşma tankında arta kalan kauçuğun geri kazanılmasıyla da kauçuk köpüğü elde edilir [19].

Doğal kauçuğun elde edildiği diğer bir kaynak *Guayule Shrub*'dur (parthenium Argentatus Gray). Guayule kauçuk, Meksika'nın yerel bir bitkisi olup Meksika'nın merkezi ve kuzeyi ile Amerika ve Meksika sınırında yetişmektedir [20]. Guayule kauçuğu yetişmesi için, hevea kauçuğu gibi tropik iklim istemediği gibi kuru topraklarda yetişmektedir. Bu nedenle de çöl iklimi bu kauçuk için iyi bir yetişme ortamıdır. Esasen 1800'li yıllardan beri bilinen bu kauçuk ilk başlarda hevea kauçuğun daha

sonrada sentetik kauçuğun gölgesinde kalmıştır.

1900'lü yılların başlarında Amerika, doğal kauçuk ihtiyacının %50'sini guayule kauçuktan temin etmiştir. 1902 yılında Meksika'nın Coahuilo şehrinde ilk guayule kauçuğunu işleme fabrikası kurulmuştur. Meksika 1910'lu yıllara kadar dünyada tek guayule kauçuk üreticisi konumundaydı. 1910 yılında Meksika'da 14 fabrikadan üretilen 6.000 ton ham guayule kauçuğu Amerika'ya ithal edilmiştir. Guayule kauçuğu, hevea kauçuğunun aksine ağaç değil çalılık türünde bir bitkiydi ve kauçuk hevea kauçuğunda olduğu gibi ağacın üzerine yarıklar açarak almak yerine fidanların biçilmesi, ezilmesi ve yıkanmasından elde ediliyordu. İlk başlarda Meksika'da guayule çalılıklarının biçilmesiyle elde edilen kauçuktan ülke ekonomisine önemli katkı sağlanmıştır. Fakat daha sonra kesilen bitkilerin yerine dikim olmamasından bu kauçuğun üretimi ve ithali durmuştur [21]. Bu nedenle Amerika doğal kauçuk ihtiyacını uzak doğu ülkelerindeki hevea kauçuk fidanlıklarından temin etmiştir. Bu durum II. Dünya savaşı kadar bu şekilde devam etmiştir. II. Dünya savaşı sırasında hevea kauçuk yollarının Japonlar tarafından kesilmesiyle Amerika alternatif doğal kauçuk elde etmenin yollarını aramış ve guayule kauçuğuna yönelmiştir. Bu arada 1931 yılında Amerikanın California eyaletini Salinos şehrinde ilk guayule üretim çiftliği açılmıştır. II. Dünya savaşının çıktığı yıllarda Amerika'da yıllık 600.000 ton kauçuk tüketilmekte, 1 milyon ton kauçuk stoklarda bulunmakta ve yıllık 40.000 ton sentetik kauçuk ise hükümetin izin verdiği özel dört firma tarafından üretilmekteydi. Bunun üzerine zamanın başkanı Roosvelt, 1942'de, Acil Kauçuk Projesini başlatmıştır. Bunun için bir komite kurarak ülkenin kauçuk ihtiyacı ve ülke için önemi üzerine bir rapor hazırlamalarını istemiştir. Komite, 1 ay sonraki raporunda ordunun kullanımı için acilen kauçuk ihtiyacı olduğu belirtmiştir

Bunun üzerine Amerikan hükümeti Buna S sentetik kauçuk üretimi için gerekli olan monomerlerin ve polimerlerin üretimi için 51 plantasyonun kurulmasına ve bunun içinde 700 milyon dolar bütçenin ayrılmasına karar vermiştir [21]. Californiyanın Salinos şehrindeki Intercontinental Rubber Company of New York Şirketinin guayule kauçuk çiftliği de satın alınarak guayule kauçuk araştırmaları ve üretimi hızlı bir şekilde başlamıştır. Fakat üç yıl sonra, 1945'de, acil kauçuk projesi sonlandırılmıştır. Guayule kauçuklarından kesime başlanabilmesi için en az üç yıl gerekmesi sebebiyle guayule kauçuk üretiminden savaş sırasında faydalanılamamıştır. Bu arada sentetik kauçuk üretimindeki artış ve uzak doğu Hevea kauçuk yollarının savaştan sonra tekrar açılması hükümetin gözünde guayule kauçuğun değerini kaybetmesine neden olmuştur. Hükümet guayule fidanlıklarını yıkmış ve fidanları, Pasific Rubber Growers şirketine sattığı kısmı hariç, iskartaya çıkartmıştır. Proje sırasında guayule kauçuk hakkında elde edilen genetik bilgiler, kauçuğun toprakla olan ilişkisi ve tüm fidanlık morfolojisi gibi bilgiler elde edilmiş ve bu bağlamda projenin başarıya ulaştığı düşünülmüştür [21]. Amerika'da guayule kauçuk projesinin kaldırılması Meksika'ya da yansımış ve Amerika kıtasında faaliyet gösteren Mexican Rubber Company şirketi kapanmış ve Meksika'da guayule kauçuk üzerine yapılan çalışmalar uzun bir ara için son bulmuştur. Guayule kauçuğun içerisinde, hevea kauçuğuna göre, yüksek oranda reçine (%15-20) kalması onun ticari açıdan önemini kaybetmesine sebep olmuştur [6, 11, 21].

25 yıl boyunca guayule kauçuk üzerine çalışmalar çok sınırlı kalmıştır. Fakat 1970'de bu konu üzerine ciddi çalışmalar tekrar başlamıştır. Bu bağlamda Meksika'da *Araştırma ve Geliştirme Projesi* (Research and Development Project) başlatılmıştır. 1976'da Meksika'nın Saltillo şehrinde endüstriyel guayule kauçuk proses

yöntemlerinin geliştirilmesi için pilot fidanlıkta çalışmalar başlatılmıştır [23]. 1976'da Amerika'daki Ulusal Bilimsel Akademisi guayule kauçuk panelini organize etmiştir. 1980'de Californianın Pasadena şehrinde 3. uluslararası guayule konferansı düzenlenmiştir. Amerika ve Meksika'daki bu gelişmelerin yanında Güney Afrika, İsrail, Hindistan, Avustralya, Yeni Zelanda'da guayule kauçuğuna ilgi artmış ve yeni fidanlıklar açılmaya başlanılmıştır.

Doğal kauçuğun elde edildiği diğer bir kaynak *Sapotaceae* ailesinden gelen Gutta-Percha ağacıdır. Hevea kauçuğunda olduğu gibi bu kauçukta ağaçtan elde edilir. Ekvatorun alt ve üstünde 6° enlemde ve $99^{\circ} - 119^{\circ}$ boylamda yani Borneo, Sumatra, Malacca, Malezya, ve Java'da yetişmektedir. Gutta-percha kauçuğunun önemi sualtı kablo yalıtımında kullanılmasıyla ortaya çıkmış ve ilk 1848 yılında Londra'da Sir William Siemens ve Berlin'de Sir William Siemens'in kardeşi Werner tarafından yapılmıştır [6]. Gutta kauçuğu havada oksitlenmesine rağmen su altında kullanımında ideal bir yalıtım malzemesidir. Neredeyse su altında yalıtım ömrü sonsuzdur. Bu kauçuk ile yapılan ilk sualtı yalıtım kabloları halen kullanılmaktadır. 1885'de Java'nın Tjipitir şehrinde Alman hükümeti tarafından ilk gutta kauçuk fidanlığı kurulmuştur. Ayrıca Malaya'da Telegraph Construction and Maintenance Co Ltd. şirketinin fidanlığı bulunmaktadır.

Gutta kauçuk sıcaklıkta serttir. Fakat az bir ısıtma ile plastikleşmektedir. Tekrar soğutulmasıyla da ilk haline geri dönmektedir. Sürekli olarak gutta kauçuğunun ısıtılıp soğutulması malzemede bir bozulmaya sebep olmamaktadır. Ayrıca bu kauçuğun hevea kauçuğuna göre su abzorbe özelliği daha azdır [20]. Sualtı kablolarının gutta kauçuğu ile yalıtımı yerine günümüzde plastik polietilen sentetik malzemesi kullanılmaktadır. Bu nedenle de bu malzemenin kullanım alanı azalmıştır. Gutta kauçuğunu, lateks formunda

olup, önceleri ağacın üzerinden yarıklar açılmadan önce ağaç kesilmekteydi bu ise bir nevi ağaç katliamına sebep olmaktadır. Fidanlıklarda ise kauçuk ağacının yaprak ve saplarının budanması ve bunların ezilerek suda kaynatılmasından elde edilmektedir.

Diğer doğal kauçuk kaynaklarından Balata, Brezilyadaki Bolle, Bully, veya Bullet diye bilenen ağaçtan elde edilmektedir. İlk başlarda gutta kauçuğu gibi ağaçların kesilerek elde edilmesine rağmen günümüzde gutta kauçuğundaki gibi ağacın yaprak ve saplarından elde edilmektedir [20]. Gutta kauçuğunun yerine kullanılmakla beraber en çok kullanım alanı kayış imalatıdır.

Diğer bir kauçuk türü ise Rusya'nın Dandelion kauçukları olarak adlandırılan Kok-Saghyz, Tau-Saghyz ve Kırım-Saghyz'dir. 1939-1945 yılları arasındaki II. Dünya savaşı sırasında bu kauçuklara, özellikle Kok-Saghyz kauçuğuna büyük ilgi olmuştur. Bu fidanlıklar Taraxacum ve Dandelion ailesinde gelmekte olup kökleri %1.25-%5 arasında kauçuk içermektedir. Yetiştirilmesinin zahmetli olması ve sentetik kauçukların imalatının daha avantajlı olmasından dolayı 1945 yılından sonra bu kauçuğa pek ilgi olmamıştır. Hevea kauçuk gibi tropik iklimi istememesinden dolayı diğer iklimlerde de yetişebilmektedir [9].

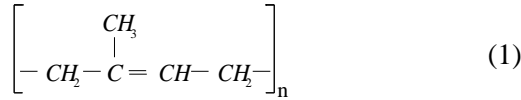
Bunu dışında birçok bitkide çok az miktarlarda kauçuk içermesine rağmen bu kaynaklardan burada bahsedilmeyecektir. Diğer kaynaklar ve yetiştirme bölgeleri için gerekli bilgi ilgili kaynaklardan alınabilir [24].

5. DOĞAL KAUCUĞUN KİMYASAL YAPISI

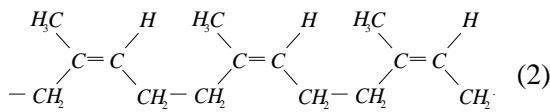
Doğal Kauçuğun amprik bağıntısı ilk defa, 1826 yılında, Michael Faraday (1791-1867) tarafından C_5H_8 olarak ifade edilmiştir. 1835 yılında iskoç kimyacı William Gregory (1803-1858) kauçuğu damıtmış ve ham izopren'i (2-methyl-1,3 butadien, $CH_2 = C(CH_3)CH = CH_2$) elde etmiştir. 1838 yılında Fransız fizikçi ve

eczacı Appolinaire Bouchardat (1806-1886) kauçuğu damıtarak saf olmayan izopren elde etmiş ve bu malzemeyi *Caochene* olarak adlandırmıştır. 1860 yılında ise İngiliz kimyacı Charles Hanson Greville Williams (1829-1910) kauçuğu damıtarak saf izopreni elde etmiş ve elde ettiği bu malzemeyi *izopren* olarak adlandırarak kauçuk malzemesini izopren moleküllerinin lineer birleşmesinden meydana geldiğini ifade etmiştir [5].

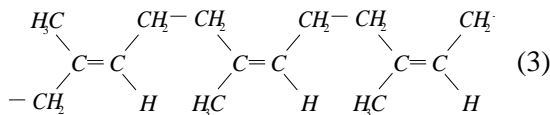
Daha sonraki yıllarda, araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ise, tekrarlayan birimin



olduğu doğrulanmış ve hevea kauçuk, balata, gutta-percha, guayule kauçuk ve bitkilerden elde edilen tüm polimerlerin $(\text{C}_5\text{H}_8)_x$ amprik formülüyle ifade edildiğini belirtmişlerdir [20]. Balata ve gutta-percha kauçukları çok sert olmalarına karşın hevea ve guayule kauçuk yumuşak ve elastiktirler. Bunun yanında C_5H_8 amprik formülüyle belirtilmelerine rağmen aralarında geometrik yapı farkı vardır. Hevea ve guayule kauçuk -*cis* formunda olmalarına karşın



gutta-percha kauçuğu ve balata ise -*trans* formundadır.



6. SONUÇ

Avrupa'da tarım toplumundan sanayi toplumuna geçişte önemli bir mühendislik malzemesi olan doğal kauçuk, büyük doğal kauçuk çiftliklerinin kurulmasını ve beraberinde de kauçuk makinaları sektörünün gelişmesine yol açmıştır. Elde edilen sıvı lateksi işlemek için 1800'lü yıllardan itibaren mastikasyon, kalenderleme, vulkanizasyon ve ekstrüzyon makinaları icat edilmiş ve sanayide kullanılmaya başlanılmıştır. Özellikle otomobil tekerleklerinin icadı bu sektörün önemini ortaya koymuş ve I. ve II. Dünya savaşları ise bu sektördeki çalışmalara büyük bir ivme kazandırmıştır.

Bugün doğal kauçuk, otomobil sektörü başta olmak üzere günlük yaşamın her alanına girmiştir. 2002 yılında 7.2 milyon ton doğal kauçuğun 159.000 tonu Latin Amerika'da, 362.000 tonu Afrika'da, 5.357.000 tonu Güney Asya'da ve 1.209.000 tonu diğer Asya ülkelerinde üretilmektedir. Aynı şekilde 2002 yılında 7.4 milyon ton doğal kauçuk tüketilmiş olup bunun 1.259.000 tonu Kuzey Amerika'da, 433.000 tonu Latin Amerika'da, 1.021.000 tonu Avrupa birliği ülkelerde, 314.000 tonu diğer Avrupa ülkelerinde, 128.000 tonu Afrika'da ve 4.167.000 tonu ise Asya ve Okyanusya ülkelerinde tüketilmektedir [25]. Türkiye'de ise, 2000'li yılların başında doğal kauçuk tüketimi 77.000 tondur. Bu ise dünya kauçuk tüketiminin yaklaşık % 1.1'ine karşılık gelmektedir [26].

Ülkemizde dört mevsimin yaşanması ve bölgelerin birbirine göre farklı iklim şartlarına sahip olması doğal kauçuk bitkilerinin ülkemizde yetiştirilebileceği kanaatini getirmektedir. Kimya Teknolojileri Ansiklopedisi 1968 yılı ikinci basımında Türkiye'de guayule kauçuk üzerine ciddi çalışmaların olduğu ve dört yıllık bir guayule fidanlığandan 850 kg/hektar, gibi yüksek bir

oranda, ürün alındığı belirtilmiş ve 1968’li yıllarda Türkiye’nin senelik ortalama guayule kauçuk üretiminin 9.000 ton/yıl olduğu belirtilmiştir [20]. Ülkemizde aynı zamanda Hevea kauçuk ağacının da yetiştiği bilinen bir gerçektir. Fakat yıllık hektar başına ürün miktarı araştırılmalıdır. Dört mevsimin yaşandığı ülkemizde her iklime uygun doğal kauçuk türleri araştırılmalı ve bunların fidanlık halinde üretimine geçilerek hem tarım hem de sanayi alanında istihdam gerçekleştirilmelidir. Böylece ülkemizdeki dört büyük otomobil lastiği fabrikası ve diğer kauçuk eşya yapımı gerçekleştiren fabrikalar ihtiyaç duydukları doğal kauçuğu ülke imkanlarından temin edebileceklerdir.

KAYNAKLAR

- [1]. Anonim, “Elastomers and Rubbers”, *Machine Design*, 61: 294-327, (1989).
- [2]. Vahapoğlu, V., “Kauçuk Türü Malzemeler. II. Sentetik Kauçuk”, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, (2006) (Basımda)
- [3]. Schidrowitz, P., ve Dawson, T.R., “History of the Rubber Industry”, *W. Heffer & Sons Ltd.*, Cambridge, 1952.
- [4]. Anonim, *The Story of Rubber*. Polymer Science Learning Center and the Chemical Heritage Foundation, <http://www.psrc.usm.edu/macrog/exp/rubber/menu.htm>, (2000)
- [5]. Anonim, “The Earliest History. Natural Rubber, Newsletter of the Rubber Foundation Information Center for Natural Rubber” 20: 4-4 (2000).
- [6]. Stern, H.J., “Rubber: Natural and Synthetic”, *Maclaren and Sons Ltd.*, London, (1967).
- [7]. Morawetz, H., “History of Rubber Research”, *Rubber Chemistry and Technology*, 73 (3): 405-426 (2000).
- [8]. Anonim, “The Rise of the Rubber Industry. Natural Rubber, Newsletter of the Rubber Foundation Information Center for Natural Rubber”, 21: 2-2 (2000).
- [9]. Craig, A.S., “Rubber Technology. A Basic Course”, *Oliver and Boyd Ltd.*, Edinburgh, (1963).
- [10]. Anonim, *Word Scope Encyclopedia*, Volume: 10, *Word Scope Encyclopedia Corp.*, New York, (1959).
- [11]. Kauffman, G.B., ve Seymour, R.B., “Elastomers I. Natural Rubber”, *Journal of Chemical Education*, 67: 422-425 (1990).
- [12]. Hancock, T., “Personal Narrative of the Origin and Progress of the Caoutchouc or India Rubber Manufacture in England”, *American Chemical Society*, New York, (1939).
- [13]. Buehr, W., “Rubber: Natural and Synthetic”, *William Morrow and Company, Inc.*, New York, (1964).
- [14]. Kennedy, J.P., ve Tornqvist E.G.M., “Polymer Chemistry of Synthetic Elastomers”, *Wiley-Interscience*, New York, (1968).
- [15]. Güleç, Ş., “Malzeme Ders Notları”, *İTÜ Makine Fakültesi Ofset Atölyesi*, İstanbul, (1990).
- [16]. Anonim, “The Introduction of Hevea Brasiliensis in the Far East. Natural Rubber”, *Newsletter of the Rubber Foundation Information Center for Natural Rubber*, 24: 1-2 (2001).
- [17]. Anonim, “The Rise of the Industry. Natural Rubber”, *Newsletter of the Rubber Foundation Information Center for Natural Rubber*, 26: 2-2 (2001).
- [18]. Anonim, “The Growing Rubber Culture” *Natural Rubber, Newsletter of the Rubber Foundation Information Center for Natural Rubber*, 25: 1-2 (2002).
- [19]. Anonim, *Ana Britanica Genel Kültür Ansiklopedisi*, Cilt: 13, *Encyclopedia Britanica Inc.*, İstanbul (1989).
- [20]. Rogers, T.H., “Rubber, *Encyclopedia of Chemical Technology*”, Vol. 17, Mark, H.F., McKetta, J.J. Jr., ve Othmer, D.F., *John Wiley and Sons*, New-York, 660-684, (1968).

- [21]. Eagle, F.A., “Guayule”, *Rubber Chemistry and Technology*, 54 (3): 662-684 (1981).
- [22]. Morton, M., “History of Synthetic Rubber”, *Journal of Macromolecular Science-Chemistry*, A15 (7): 1289-1302 (1981).
- [23]. Compos-Lopez, E., Neavez-Camacho, E., Ponce-Velez, M.A., ve Angula-Sanchez, J.L., “The Rubber Shrub”, *Chemtech*, 9 (1): 50-57 (1979).
- [24]. Mooibroek, H., ve Cornish, K., “Alternative Sources of Natural Rubber”, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53: 355-365 (2000).
- [25]. Anonim, *Natural and Synthetic Rubber Statistics*, The International Rubber Study Group, <http://www.rubberstudy.com/default.aspx>, (2005).
- [26]. Savran, H.Ö., “Elastomer Teknolojisi-I”, *Kauçuk Derneği Yayınları*, İstanbul, (2001).