



LİSE ÖĞRENCİLERİNİN TEMEL POLİMER BİLGİLERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

A STUDY ON THE BASIC POLYMER KNOWLEDGE OF THE HIGH SCHOOL STUDENTS

Emine ERDEM*, İnci MORGİL**

ÖZET: Günümüzde doğal ve inorganik maddelerin yerine polimerlerin kullanılması her geçen gün biraz daha artmaktadır. Bu maddelerin hafif, kolay işlenebilir olması, ve mekanik özelliklerinden dolayı kullanım alanlarının artmasıyla üretiminde de hızlı bir artış görülmektedir. Üretimde gözlenen bu artış tüketim ve atma işleminde de kendini göstermektedir. Bu maddelerden bazılarının üretimi gibi geri dönüşümde mümkün olabilmektedir. Ancak polimerik malzemelerin oluşumunda ve geri dönüşümünde bazı işlemlerde çevre kirliliğine neden olabilecek faktörler söz konusu olmaktadır. Her alanda karşımıza çıkan polimerik malzemeler konusuna ilişkin kavramların bilinmemesi hem doğal kaynakların yok olması hemde çevre kirlenmesi açısından olumsuz bir gelişmedir. Bu çalışma öğrencilerin polimerler konusuna ilişkin temel kavramları ne derecede bildiklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada ilk adımda polimerler konusunda temel olan kavramların haritası oluşturulmuştur. Buna göre bir Polimer Bilgi Testi hazırlanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar öğrencilerin polimerler konusuna ilişkin bilgilerinin günlük yaşamda karşılaştıkları olaylarla sınırlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle polimerler konusunun özellikle orta-öğretimden itibaren öğrencilere anlatılması yönünde çalışmalar yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: polimer, monomer polimerizasyon, bilgi testi, polimerlerin öğretimi

ABSTRACT: Using polymers instead of natural and inorganic matters is a common fact today. Their being processed easily and mechanical features have led to increase in their usage and in parallel to this their production has increased. Such an increase is seen in their consumption. Some of these materials can be recycled. However there are some factors that contribute to the environmental pollution in the formation and recycling process of polymers. Not being informed on the polymers has a negative effect on the environmental pollution and on the elimination of natural sources. This study aims at determining the knowledge level of

students on the polymers. Firstly, concept maps that are central in the polymers were developed. And based on these concept maps, the polymer Knowledge Test has developed. The results obtained indicate that knowledge of the students on polymers is limited to everyday facts. Thus it seems to be necessary to give courses on polymers beginning from the secondary level.

Keywords: polymer, monomer, polymerization, knowledge test, teaching of polymers.

1.GİRİŞ

Polimerler, çok sayıda küçük molekülün kovalent bağlarla birbirlerine bağlanarak oluşturduğu makromoleküllerdir. (Saçak, 1998; Haris, 1981). Monomer adı verilen küçük moleküller uygun koşullarda polimerizasyon tepkimesi sonucu birbirleriyle kimyasal bağ yaparlar ve polimerleri oluştururlar. Polimerlerin üstün özellikleri üzerine makromoleküler yapılarının katkısı büyüktür. Gerekli mekanik özellikler belli bir zincir büyüklüğü üzerine çıkıldığında kazanılmaktadır. Polimerler günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan plastik, sentetik lif, bazı boyalar ve yapıştırıcılar gibi ürünlerin temel maddesini teşkil etmektedir. Böylece doğal ve inorganik maddelerin yerine polimerlerin kullanılması her geçen gün biraz daha yaygınlaşmaktadır. Kolaylıkla istenilen şekile dönüşümü sağlandığından pratikte plastikler günlük hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Ambalaj sanayiinde, doğal hammaddeler yerine petrokimyasal kökenli plastik ambalajın kullanımı bu durumu açıklamaktadır. Bunun temel nedeni plastik ambalajın doğal kaynaklı ambalaj türlerine

*Yrd.Doç.Dr. H.Ü. Eğitim Fak. OFMA Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi - Ankara

**Prof.Dr.Dr. H.Ü. Eğitim Fak. OFMA Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi - Ankara

göre, sağlamlık, işleme kolaylığı, düşük maliyet, hijyen gibi avantajlara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu malzemelerin üretimi ve tüketimi kadarda atma işlemi üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Plastik atık konusunda en önemli yaklaşımlardan biri, özellikle ambalaj malzemesi üretiminde doğada parçalanabilen plastiklerin kullanılmasıdır.

Plastik malzemenin henüz yaşadığımız çevre ile tam olarak uyumu sağlanamamıştır. Toprakta çözülmesi çok uzun zaman gerektiren plastik malzemeler zehirleyici veya başka şekillerde çevreye zarar verici olabilmektedir. Bazı durumlarda plastik malzemenin geri kazanım özelliğinden faydalanmak mümkün olabilmektedir.

Plastik atıkların geri kazanımı mekanik ve kimyasal olmak üzere iki şekilde sağlanmaktadır. Mekanik geri kazanımda gerekli olan temizleme ve çeşitlerine göre ayırma işlemi gerçekleştirirken, kimyasal geri kazanımda plastik malzemelerin kullanım sonrasında atıl hale geldikten sonra polimer, monomer, yakıt veya kimyasallar olarak tekrar kullanılabilir ürünlere ayrılabilmesi olarak tanımlanabilir (Ünal, 2001). Kimyasal geri kazanımda atıkların yakılarak enerjiye dönüştürülmesi sağlanır. Böylece çöp depolama alanlarının sınırlı olduğu bölgelerde organik atıkların miktarını azaltmak mümkün olabilmektedir. Ancak bunun yanında hava kirliliğine sebep olmaktadır. Dolayısıyla çevre ve insan sağlığı tehlikeli bir hal almaktadır. Bütün bunlar polimer konusunun lisans düzeyinde kimya dersi kapsamında özellikle laboratuvar saatlerinde öğrenciye verilmesinin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Polimer konusuna ilişkin deneylerin kimya dersinde öğrenilen kavramlarla ilgili bilgilerin birleştirilmesi ve uygulaması açısından daha yararlı olacağı düşünülmektedir (Chisholm & Koch, 2000). Polimerik malzemelerin kullanım alanlarının fazla olmasının nedenleri sıralanırken hafifliği kolay işlenebilirliği ve mekanik özellikleri, belirtilmektedir (Bayramlı, 1995). Bu nitelikler kazandırılırken plastikleştiriciler gibi katkı maddeleri kullanılmaktadır (Campbell, 1998; Immergut & Mark, 1965). Laboratuvarında polimerlerin mekanik özellikleri ve

bu özellikler üzerine etkili olan faktörlerin tespiti gerçekleştirildiği deneyleri öğrenciye göstermek polimerler konusunun anlaşılması açısından yararlı olacaktır (Aklonis, 1981; Tarazono & Saiz 1990). Zea Bermudez, et al. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada polimerik malzemelerin farklı özelliklerinden faydalanarak öğrencilerin basit bir kuramsal yaklaşım oluşturmaları amaçlanmıştır. Araştırmada yer alan öğrenciler kendilerine verilen polimerlerin mekanik testlerini yapmışlardır. Bu malzemelerin davranışlarını açıklamışlar ve günlük hayatta gördükleri malzemelere olan benzerliklerine ilişkin açıklamalar yapmışlardır. Böylece öğrencinin kimya dersinde öğrendiği bilgilerini kullanması ve kimya diliyle konuşması sağlanmıştır. Polimerlerin moleküler yapısını çeşitli modellerle gösteriminin sağlandığı müze niteliğinde merkezler oluşturulmuştur (Collard & McKee, 1998; Deavor, 1995).

1.1. Çalışmanın amacı ve önemi

Polimerik malzemelerin günlük hayatımızdaki vazgeçilmez durumu gözönüne alırsa bu malzemelerle içiçe olduğumuz görülmektedir. Biyofizikçiler, gıda mühendisleri, diş hekimleri, biyokimyacılar, tekstil mühendisleri gibi meslek gruplarındaki insanlar çalışmalarında ve araştırmalarında polimer bilimi ve teknolojisine yönelik bilgilere gereksinim duyabilmektedirler. Dolayısıyla sadece kimya ile sınırlı olmayan bu konunun ortaöğretim kurumlarında işlenmesi ve öğretilmesi gerekli hale gelmiştir. Bu çalışmada ortaöğretimde daha çok karbonhidratlar konusu ile sınırlı kalan polimerler konusuna ilişkin öğrencilerin bilgi düzeyleri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Denekler

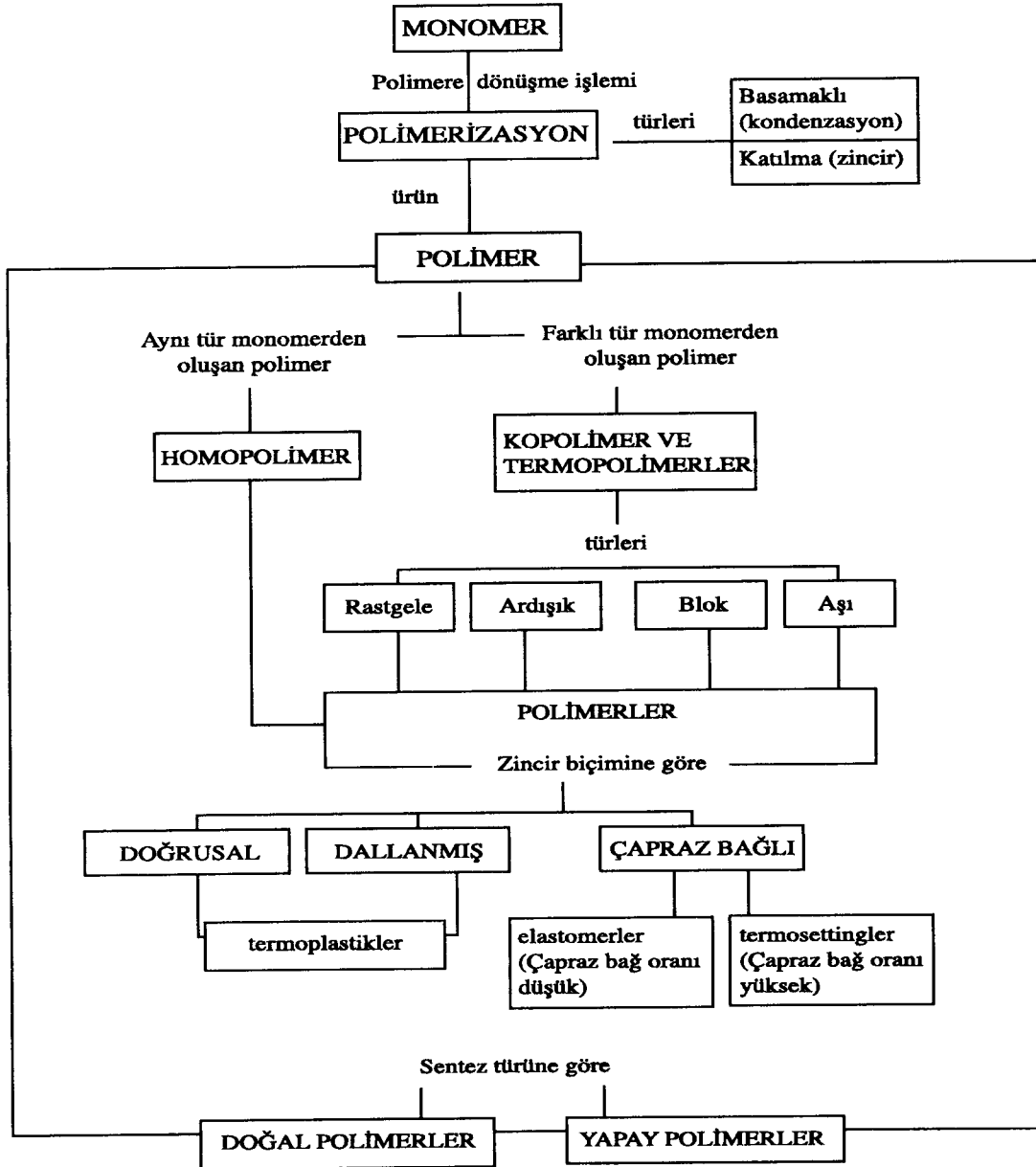
Bu çalışmaya 246 lise öğrencisi katılmıştır. Ankara ilinde öğrenim gören bu öğrencilerin 32'si 9. sınıfta, 78'i 10. sınıfta okumaktadırlar. 136 kişilik grup ise bir önceki yıl mezun olan veya halen 11. sınıfta okuyan öğrencilerden oluşmaktadır.

2.2. Bilgi toplama aracı

Bu çalışmada elde edilen bilgi, araştırmacılar tarafından hazırlanan polimer konusuna ilişkin 4 seçenekli toplam 20 sorudan oluşan bilgi testi ile sağlanmıştır. Test soruları, öğrencilerin polimer kimyası konusunda öğrenmeleri gereken kavramlar üzerine kurulmuştur. Bu kavramların belirlenmesi için hazırlanan kavram haritasında kavramlar arası ilişkilere dikkat edilmiştir (Şekil 1) (Olabisi, 1981; Cloutier & Prud'homme, 1985). Test iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci

aşamada polimer konusunun günlük hayattaki bağlantısına ilişkin bilgiler sorgulanırken ikinci aşamada bilimsel anlamda polimerlerle ilgili bilgiler alınmak istenmiştir. Kullanılan testin güvenilirliği KR-20'ye göre 0.81 olarak bulunmuştur.

Uygulanan test sonucunda elde edilen verilerden her bir sorunun bir şıkkı için verilen cevap yüzdeleri bulunmuş ve sonuçlar buna göre yorumlanmıştır.



Şekil 1. Polimerler konusunda oluşturulan kavramsal ilişkiler

3. BULGULAR

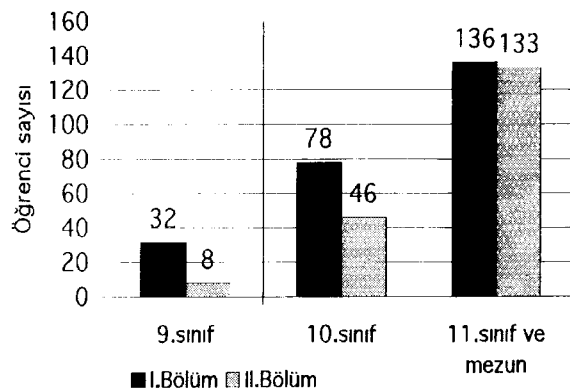
Birinci bölümde günlük yaşamda sürekli karşılaşılan ve kullanıma nedenleri bilinen polimerik malzemelere ilişkin sorulara öğrencilerin verdikleri cevaplar alınmıştır. Öğrencilerin cevapları bu malzemelerin günlük yaşamda ve ticari alandaki avantajlarına ilişkin bilgilerden ibaret olduğu görülmüştür. Paketleme ve ambalaj malzemesi olarak kullanılan polimerler içinde en fazla payı plastikler oluşturmaktadır. Bu nedenle plastiklerin genel özelliğine ilişkin olarak öğrenciye plastik kap ve şişelerin yüksek sıcaklıklarda şekillerinin bozulma nedeni sorulmuştur. Öğrencilerden alınan cevaplar tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yüksek sıcaklıkta plastik malzemelerin deformasyonuna ilişkin öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Neden	n	%
Plastiği oluşturan maddelerin birbirinden çok kolay kopması	8	3.2
Plastik kap ve şişelerin kalınlığının az olması	27	11
Plastiklerin esnek olmayan sert ürünler olması	35	14.2
Plastiklerin büyük bir bölümü ısıtıldığında erimeden yumuşaması ve mekanik yollarla şekillenmesi	176	71.6
<i>Toplam</i>	<i>246</i>	<i>100</i>

Tablo 1’e göre öğrencilerin %71.6’sı “Plastiklerin büyük bölümü ısıtıldığında erimeden yumuşar ve mekanik yollarla şekillenir” cevabını vermişlerdir. Bunun yanında bazı öğrencilerde (%14.2) plastiklerin esnek olmayan sert ürünler olmasının şekilde bozulmaya neden olacağı düşüncesinin cevaplara yansıdığı gözlenmiştir.

Testin birinci bölümünün sonunda yer alan “Polimer kelimesini duyduunuz mu ve ne anlama geldiğini biliyor musunuz?” sorusuna evet cevabını veren öğrenciler testin ikinci bölümünde yer alan soruları cevaplamaya devam etmişlerdir. Testin ikinci bölümüne devam eden öğrencilere ilişkin bilgiler şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Öğrencilerin I.ve II.bölüm sorularına cevap vermeleri ile okudukları sınıf arasındaki ilişki

Şekil 2 incelendiğinde testin II. bölümüne devam eden öğrencilerin daha çok 11. sınıf ve mezun öğrencilerden oluştuğu görülmektedir. Buna göre testin ikinci bölümüne toplam 187 öğrenci cevap vermiştir.

Testte yer alan “Polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” ve “monomer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna ilişkin sonuçlar tablo 2 ve tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 2. “Polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Polimer	n	%
Yapısında tek tip atom içeren zincir topluluğu	21	11.4
Ortalama molekül ağırlığı 500’ün altında olan yapılar	46	24.6
Büyük atomlu moleküller	46	24.6
Küçük moleküllerin bir araya gelmesi ile oluşan uzun zincirli yapılar	74	39.4
<i>Toplam</i>	<i>187</i>	<i>100</i>

Tablo 3. “Monomer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Monomer	n	%
Alkol yapısındaki maddeler	35	18.7
Polimeri meydana getiren küçük molekül	44	23.6
Yapısında bir hidroksil grubu içeren moleküller	46	24.6
Polimer zincirindeki en küçük birim	62	33.4
<i>Toplam</i>	187	100

Tablo 2’de öğrencilerin %39.4’ü polimerin doğru tanımı olan “küçük moleküllerin bir araya gelmesi ile oluşan uzun zincirli yapılar” cevabını vermişlerdir. Öğrencilerin %24.6’sı polimer kelimesini büyük atomlu moleküller ile özdeş olduğunu düşünmektedirler. Bunun yanında ortalama molekül ağırlığı 500’ün altında cevabını veren öğrencilerinde (%24.6) polimerin ne olduğunu bilmediği düşünülmektedir. Yapısında tek tip atom içeren zincir topluluğu cevabını veren öğrencilerin (%11.4) “tek tip atom” ifadesini polimerin küçük birimi olan “mer” terimi yerine kullandığı düşünülmektedir.

Tablo 3’e göre “Monomer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna öğrencilerin %33.4’ü “monomer polimer zincirindeki en küçük birimdir” cevabını vermişlerdir. Oysa polimer zincirindeki en küçük birim mer olarak tanımlanmaktadır. Öğrencilerin %24.6’sı monomer için yapısında bir hidroksil grubu içeren molekül cevabını verirken, %18.7’si alkol yapısındaki maddeler tanımlamasını kullanmışlardır. Bu seçenekler monomer kelimesinin gerçek anlamını vermemektedir. Buna göre öğrencilerin %23.6’sı monomer için polimeri oluşturan en küçük molekül ifadesini kullanarak doğru cevabı vermişlerdir.

“Monomerlerin birbirlerine kovalent bağlar ile bağlanması sonucu oluşan son ürün polimer olarak tanımlanır. Bu şekilde polimer oluşum reaksiyonuna polimerizasyon denir” (Saçak, 1998). Öğrencilerin bu bilgileri yoklanırken “Polimer oluşumuna neden olan tepkime türü nedir?” sorusu sorulmuştur (tablo 4).

Tablo 4’e göre öğrencilerin %42.4’ü polimerizasyon cevabını verirken %24.6’sı nötralizas-

yon, %18.7’si açılma, %14.3’ü süstitüsyon cevabını vermişlerdir .

Tablo 4: Polimer oluşumuna neden olan tepkime türü nedir?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Tepkime türü	n	%
Süstitüsyon	27	14.3
Açılma	35	18.7
Nötralizasyon	46	24.6
Polimerizasyon	79	42.4
<i>Toplam</i>	187	100

“Doğal polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” ve “Aşağıdakilerden hangisi doğal polimerdir?” sorusuna ilişkin cevapların yüzde değerleri tablo 5 ve tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 5: “Doğal polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Doğal polimer	n	%
Doğadaki öz kaynaklardan elde edilerek işlenen polimer	36	19.3
Yer altından çıkarılan polimer	38	20.3
Doğal ortamlarda bulunmayan polimer	56	29.9
Farklı zincir boylarındaki polimer	57	30.5
<i>Toplam</i>	187	100

Polimerleri sentez şekline göre doğal ve yapay polimerler olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Tablo 5’e göre “Doğal polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusu karşısında öğrencilerin %19.3’ü “Doğadaki öz kaynaklardan elde edilerek işlenen polimer” seçeneğini işaretlemişlerdir. Ancak bunun yanında doğal polimerler için belirleyici tanım olmayan yer altından çıkarılan polimer (%20.3) doğal ortamlarda bulunmayan polimer (%29.9) ve farklı zincir boylarındaki polimer (%30.5) seçenekleride işaretlenmiştir. “Aşağıdakilerden hangisi doğal polimerdir?” sorusunda öğrencilerin doğal polimerler hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları daha iyi anlaşılmaktadır.

Tablo 6: “Hangisi doğal polimerdir?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Hangisi doğal polimer	n	%
Kauçuk ağacından elde edilen kauçuk	43	23
Pencerede kullanılan PVC	42	22.5
Plastik şişeler	47	25.1
Elektrik kablosu	55	29.4
<i>Toplam</i>	<i>187</i>	<i>100</i>

Tablo 6 incelendiğinde öğrencilerin %23’ü kauçuk ağacından elde edilen kauçuk polimerinin doğal polimer olduğunu işaretlemişlerdir. Bunun yanında öğrenciler pencere yapımında kullanılan PVC’nin (%22.5), elektrik kablosunun (%29.4) ve plastik şişelerin (%25.1) doğal polimer olabileceğini düşünmektedirler.

“Yapay polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna ilişkin cevapların yüzde değerleri tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: “Yapay polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Yapay polimer	n	%
Kendiliğinden oluşan polimer	33	17.6
Doğal ortamlarda bulunan polimerden bir seri reaksiyon sonucu elde edilen yeni polimer	44	23.6
Doğal ortamda bulunan polimerin işlenmiş şekli	53	28.3
Laboratuvar ortamlarında bir seri reaksiyon sonucu elde edilen polimer	57	30.5
<i>Toplam</i>	<i>187</i>	<i>100</i>

“Yapay polimer kelimesinden ne anlıyorsunuz?” sorusunda öğrencilerin doğal polimerler ile ilgili soruda verilen cevapların aksine daha başatlı oldukları söylenebilir. Tablo 7’ye göre öğrencilerin %30.5’i yapay polimerlerin tanımından “laboratuvar ortamlarında bir seri reaksiyon sonucu elde edilen polimer” olduğunu belirtmişlerdir. Öğrencilerin yapay polimerlerle ilgili olarak doğal ortamlarda bulunan polimerden bir seri reaksiyon sonucu elde edilen yeni polimer (%23.6), doğal ortamda bulunan polimerin işlenmiş şekli (%28.3) veya kendiliğinden olu-

şan polimer (%17.6) seçeneklerini düşündükleri verilen cevaplardan tespit edilmiştir.

“Aşağıdakilerden hangisi yapay polimerdir?” sorusuna ilişkin cevapların yüzde değerleri tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: “Hangisi yapay polimerdir?” sorusuna verilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımı

Hangisi yapay polimer	n	%
Deniz dibinden çıkarılan sünger	32	23
Koyundan elde edilen yün	43	22.5
Kandaki hemoglobin	52	25.1
Atık plastiklerden yapılan çöp torbası	60	29.4
<i>Toplam</i>	<i>187</i>	<i>100</i>

“Aşağıdakilerden hangisi yapay polimerdir?” sorusunda öğrencilerin %29.4’ü atık plastiklerden yapılan çöp torbası seçeneğini işaretlemişlerdir. Bu değer yapay polimere ilişkin soruda (tablo 7) laboratuvar ortamlarında bir seri reaksiyon sonucu elde edilen polimer cevabını veren öğrencilerin yüzde oranları ile uyum halindedir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Polimer etkinliklerini tüm dünyaya yayma stratejisini uygulamakta olan büyük firmalar (BASF) polimerler için yeni kullanım alanları yeni polimerler oluşturma çabası içindedirler. Bütün dünyada polimerler konusunda gelişmeler devam ederken ülkemizde bu konuya ilişkin etkinliklerin oluşturulması, üniversite sanayi meslek odaları ve kamu kurumlarının birarada çalışması ile sağlanacaktır. Bütün bunlar gerçekleşirken ilköğretim ve ortaöğretimden itibaren polimer konusuna ilişkin kavramların öğrencilerde oluşturulması gerekmektedir. Araştırmada elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki hususlar ortaya çıkmaktadır.

- Çalışma kapsamında yer alan öğrenciler polimerler konusuna ilişkin kavramları tam olarak bilmemektedirler.
- Öğrencilerin polimerlerin özelliklerine ilişkin bilgilerinin günlük hayattan tecrübeleri ile bağlantılı olduğu görülmektedir

Polimerlerin, bilimsel olarak anlamı tam bilinmesede herkes tarafından tanınmaktadır. Çevremizde görüntü açısından geniş bir yelpazeye sahip olduğundan polimerlerin kimyadaki kavramlarla ilişkilendirilmesi ve anlatılması gereklidir. O halde polimer eğitimi nasıl olmalıdır?

- Basit modellerin kullanımı ile monomerlerin zincir oluşumundaki davranışları ve polimerizasyonun gerçekleşmesi gösterilmelidir (Hermann, 1995).
- Polimerizasyon sonunda oluşan zincirdeki birimlerin başlangıçtaki monomerden farkı gösterilmelidir.
- Polimerik malzemelerin basit modellerle mekanik özellikleri ve bu özelliklere bağlı olarak kullanım alanlarındaki avantajları sınıf ortamında öğrenciye gösterilmelidir. Öğrenciye doğadaki bazı polimerik malzemelerin dönüşümlü olabileceği öğretilmelidir. Doğal kaynakların tüketilmesinde ve doğanın korunmasında dikkatli ve temkinli olunması gerektiği bilinci aşılanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aklonis, J. J. (1981). Mechanical properties of polymers. *J. Chem. Educ.*, 58(11) 892-897.
- Bayramlı, E. (1995). Kompozit polimerler. *Bilim ve Teknik*. Şubat, 38.
- Campbell, W. (1998). ANTEC Conference proceedings. *Society of Plastics Engineers*: Brookfield. CT, 3, 3455-3460.
- Collard, D. M. & McKee, S. (1998). Polymer chemistry in science centers and museums: A survey of educational resources. *J. Chem. Educ.*, 75(11) 1419-1423.
- Chisholm, M. & Koch, P. E. (2000). An introductory polymer chemistry course for plastics technology students. *J. Chem. Educ.*, 77(9) 1147-1151
- Cloutier, H. & Prud'homme, R. E. (1985). Rapid identification of thermoplastic polymers. *J. Chem. Educ.*, 62(9) 815-819.
- Deavor, J. P. (1995). Chemistry learning centers for elementary school libraries. *J. Chem. Educ.*, 72(9) 798.
- Harris, F. W. (1981). Introduction to polymer chemistry. *J. Chem. Educ.*, 58(11) 837-843.
- Hermann, K. F. (1995). Creative group presentations in organic chemistry. *J. Chem. Educ.*, 72(2) 157.
- Immergut, E. H. & Mark, H. F. (1965). In plasticization and plasticizer processes; Advances in chemistry 48. *American Chemical Society: Washington, DC*, 1-26.
- Olabisi, O. (1981). Interpretations of polymer, polymer miscibility. *J. Chem. Educ.*, 58(11) 944-950.
- Saçak, M. (1998). Polimer kimyasına giriş. *A. Ü. F. F. Yayınları*. No. 50. Ankara.
- Tarazano, M. P. & Saiz, E. (1990). Happy polymer party!. *J. Chem. Educ.*, 67(3) 238-240.
- Ünal, H. (2001). Plastik atıkların geri kazanımı. *Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi*. 57, 114-124.
- Zea Bermudez, V. & Seita, J. F. (1998). How to Learn and Have Fun with foly (vinylalcohol) *J. Chem. Educ.*, 75(11) 1410-1418.