

Representations in Organic Chemistry Textbooks: Nucleophilic Substitution and Elimination Reactions of Alkyl Halides

Gülten ŞENDUR

Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, gulden.sendur@deu.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-2363-8915>

Received: 28.02.2021

Accepted: 11.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.888294>.

Abstract:

Nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides are one of the major reactions encountered many times in organic chemistry course content. It is important to include different representations of these reactions, which have an essential place in organic chemistry lessons, in the textbooks, and to integrate them. Therefore, this study aims to reveal what kind of representations are used regarding the nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides in textbooks frequently used in organic chemistry courses in the departments of Chemistry Education in Turkey. For this purpose, how these reactions were represented according to verbal, symbolic, and visual representation types in four textbooks was examined descriptively. Analysis results revealed that verbal representations were mostly used in both substitution and elimination reactions, followed by symbolic representation. Furthermore, the study showed that visual representations were given extremely little space in all textbooks, even in very abstract subject content such as stereochemistry. Finally, the study revealed that there were fewer visual representations in elimination reactions than nucleophilic substitution reactions.

Keywords: Alkyl halide, elimination reactions, nucleophilic substitution reactions, organic chemistry, textbook

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Organic chemistry constitutes an important part of the curricula of many countries, not only at the undergraduate level but also at the high school level. This has led to the development and implementation of various teaching strategies in order to help in the

teaching of organic chemistry, and studies conducted to determine the understanding of students in organic chemistry gain importance. Numerous study has found that organic chemistry is perceived as a difficult course for many students at different education levels and most students have conceptual difficulties in organic chemistry subjects (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Flynn, 2015; Karslı & Yiğit, 2017; Şendur, 2012; Şendur & Toprak, 2013).

When the content of organic chemistry is examined, it is understood that the reaction types and mechanisms constitute the most comprehensive part. Reaction types and mechanisms in which symbolic representations are predominant can be challenging for students in most cases, and students may prefer to learn by rote instead of meaningful learning (Galloway et al., 2017). Although reaction mechanisms act as a very important tool in predicting and explaining how and why reactions occur in organic chemistry, they are not considered very meaningful to many students and students may prefer to learn by rote instead of meaningful learning, just as they do in reactions (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Goodwin, 2012; Grove et al., 2012a).

One of the first topics that students encounter about reaction types and mechanisms, which are extremely important in terms of organic chemistry, is the topic of alkyl halides. Nucleophilic substitution and elimination reactions involved in the reactions of alkyl halides are frequently encountered in organic chemistry and are one of the most multifaceted reactions (McMurry, 1996).

From this point of view, it is important to address the nucleophilic substitution and elimination reactions, which are extremely important in terms of organic chemistry and challenging for students in terms of learning difficulties, in a way that supports students' understanding in the learning process. One element as important as teachers in the learning process of students is textbooks that are extensively used at all levels of education (Mikk, 2000). When the representations in chemistry textbooks studies were examined, it is understood that most of these researches were conducted on general chemistry textbooks at the high school or university level (Demircan & Demirdöğen, 2019; Nyachwaya & Gillaspie, 2016; Sanger & Greenbowe, 1999). These studies reveal that there is a need for studies that examine reaction types and mechanisms in terms of representations used in organic chemistry textbooks.

In this context, this study aims to reveal what kind of representations are used regarding the nucleophilic substitution and substitution reactions of alkyl halides in organic chemistry textbooks. In this context, this study seeks to address the following problem:

- What kinds of representations are included in the nucleophilic substitution and substitution reactions of alkyl halides in Organic Chemistry textbooks studied in the Departments of Chemistry Education of Universities?

Method

The descriptive method was used in the study. The main purpose of descriptive is to reveal the current situation (Büyüköztürk et al., 2009). This study aims to evaluate a general situation by revealing what kind of representations are used regarding the reactions of alkyl halides in organic chemistry textbooks. The data of the study were collected according to the document analysis strategy. The four organic chemistry textbooks examined within the scope of the study were selected among the textbooks in the reading lists of the Organic Chemistry course information packages of the Departments of Chemistry Education of Universities. Also, the presence of chapters on the same subject in these textbooks was taken as a criterion for their selection.

The analysis of the textbooks was carried out according to the verbal, symbolic, and visual representation types listed by Gilbert (2007). For this purpose, verbal representations: descriptions in paragraphs; symbolic representations: equations, symbols, and formulas; visual representations: pictures and diagrams were evaluated. In order to ensure book analysis reliability, the representations included in the textbooks and the content were encoded by the researcher. In cases that remain contradictory in the analysis process, a faculty member specializing in organic chemistry was applied and these cases were discussed and finalized.

Results and Discussion

In this study, in which the nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides representations in organic chemistry textbooks were examined, it was determined that both types of reactions were mostly included as verbal representations in all textbooks. After verbal representations, symbolic representations were second; visual representations were the least included in all textbooks in both types of reactions. When the visual representations in the textbooks were examined, it was determined that the visuals in nucleophilic substitution reactions are much more than the elimination reactions. In particular, in the subject content, where three-dimensional structures such as the stereochemistry of E2 reaction gain importance, only one textbook (TB-3) contains visuals. It can be stated that this situation does not exactly agree with the nature of stereochemistry. In many studies, it has been stated that students have difficulties understanding stereochemistry, so it is important to include visual representations and writing in the learning process.

Recommendations

This study has been limited to examining the representation in the nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides in organic chemistry textbooks. In this respect, it is necessary to examine what kind of representations are used in other

reaction types in organic chemistry (such as electrophilic aromatic substitution) and in basic concepts that are abstract for students (such as resonance, tautomerism).

Also, in this study, the representations were examined according to the verbal, visual, and symbolic levels. Therefore, future studies can employ "macroscopic, sub-microscopic, symbolic, multiple, hybrid and hybrid" levels developed by Gkitzia et al. (2011).

Organik Kimya Ders Kitaplarındaki Gösterimler: Alkil Halojenürlerin Nükleofilik Yer Değişirme ve Ayrılma Tepkimeleri

Gülten ŞENDUR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, gulten.sendur@deu.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-2363-8915>

Gönderme Tarihi: 28.02.2021

Kabul Tarihi: 11.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.888294>.

Özet:

Alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimeleri, organik kimya dersi içerisinde pek çok kez karşılaşılan temel tepkimelerin başında gelmektedir. Bu açıdan ders kitaplarında organik kimya dersi açısından son derece önemli yere sahip olan bu tepkimelerde farklı gösterimlere yer verilmesi ve bunların birbiriyle bütünleştirilmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu araştırmada Türkiye'deki Kimya Eğitimi Anabilim Dallarında organik kimya derslerinde sıklıkla yararlanılan ders kitaplarında alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerine ilişkin ne tür gösterimlerin kullanıldığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, dört ders kitabında bu tepkimelerin sözel, sembolik ve görsel gösterim türlerine göre nasıl temsil edildiği betimsel olarak incelenmiştir. Analiz sonuçları, hem yer değiştirme hem de ayrılma tepkimelerinde en çok sözel gösterimlere yer verildiğini, bunun ardından sembolik gösterimin geldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca araştırmada stereokimya gibi oldukça soyut olan konu içeriğinde dahi görsel gösterimlere tüm ders kitaplarında son derece az yer verildiği belirlenmiştir. Son olarak araştırma, ayırma reaksiyonlarında nükleofilik yer değiştirme reaksiyonlarından daha az görsel temsil olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Alkil halojenürler, ayrılma tepkimeleri, ders kitabı, nükleofilik yer değiştirme tepkimeleri, organik kimya

GİRİŞ

Organik kimya, pek çok ülkenin sadece lisans düzeyinde değil lise düzeyinde de öğretim programlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu durum, organik kimya öğretimine yardımcı olması amacıyla çeşitli öğretim stratejilerinin geliştirilmesine, uygulanmasına ve öğrencilerin organik kimyadaki anlamalarının belirlenmesine yönelik araştırmaların önem kazanmasına yol açmıştır. Yürütülen pek çok araştırma, organik kimyanın farklı öğrenim seviyelerindeki pek çok öğrenci için zor bir ders olarak algılandığı ve öğrencilerin çoğunun organik kimya konularında kavramsal zorluklarının bulunduğunu ortaya koymuştur (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Flynn, 2015; Karslı & Yiğit, 2017; Şendur, 2012; Şendur & Toprak, 2013).

Öğrencilerin organik kimyadaki öğrenme zorluklarının başlıca nedenleri olarak; organik moleküllerin yapısının çok karmaşık olması, çok sayıda organik molekülün hatırlanmasının ve tepkimelerinin de anlaşılmasının zor olması olarak ifade edilmektedir (Zhou vd., 2015)

Aynı zamanda organik kimyada karmaşık kimyasal sembollerin ağırlıkta olması, çok sayıda izomer molekülün yer alması ve tepkimelerde tahminlerin dışında da farklı ürünlerin oluşabilmesi öğrenciler için organik kimyanın zorlayıcı bir ders olmasının nedenleri arasında gösterilmektedir (Grove & Bretz, 2010).

Organik kimyanın içeriği incelendiğinde, tepkime türleri ve mekanizmalarının en kapsamlı kısmı oluşturduğu anlaşılmaktadır. Sembolik gösterimlerin ağırlıkta olduğu tepkime türleri ve mekanizmaları, çoğu durumda öğrenciler için zorlayıcı olabilmekte ve öğrenciler bu durumda anlamlı öğrenme yerine ezbere öğrenmeyi tercih edebilmektedir (Galloway vd., 2017). Nitekim Grove ve Bretz (2012), öğrencilerin öğretim elemanının tahtaya yazdığı her reaksiyonu ezberlemeleri gereken bir ödev gibi gördüklerini belirtmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin tepkimelerin benzerlik ve farklılıklarını belirlemek yerine birbirinden kopuk ve bir bağlam içerisinde ele alınamayan bireysel bilgi depoları oluşturmalarına neden olmaktadır (Galloway vd., 2017; Galloway vd., 2019). Bu durumun önüne geçilmesinin yollarından biri de tepkimelerin anlamsal bir bütünlük içerisinde nasıl gerçekleştiğinin açıklanması yani o tepkimenin mekanizması ile birlikte ele alınması olacaktır. Nitekim çoğu organik kimya öğretim programında da tepkimeler ile birlikte o tepkimelerin mekanizması da ele alınmaktadır (Grove vd., 2012a; Grove vd., 2012b).

Tepkime mekanizmaları, organik kimyada tepkimelerin nasıl ve niçin oluştuğunu tahmin etme ve açıklamada çok önemli bir araç görevi görse de pek çok öğrenci için çok anlamlı görülmemekte, öğrenciler tıpkı tepkimelerde olduğu gibi ezberleme yolunu tercih edebilmektedirler (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Goodwin, 2012; Grove vd., 2012a). Bu durumun temelindeki nedenlerden biri de öğrencilerin tepkimeleri süreç odaklı değil de ürün odaklı olarak düşünmeleri gösterilmektedir (Galloway vd., 2017). Bunun yanında tepkime mekanizmalarının, organik kimyadaki bazı temel kavramlara (asitlik/bazlık; elektrofil/nükleofil; delokalizasyon vb.) hâkim olmayı ve ayrıca kıvrık oklarla sembolize edilen elektron hareketini de doğru bir şekilde yorumlama gerektirmesi de öğrencilerin zorlanmalarına neden olabilmektedir (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Grove vd., 2012b; Ferguson & Bodner, 2008).

Organik kimya açısından son derece önemli bir yere sahip olan, tepkime türleri ve mekanizmaları ile öğrenciler ilk olarak alkil halojenürler konusu içeriğinde karşılaşmaktadır. Alkil halojenürlerin tepkimeleri içerisinde yer alan nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimeleri, organik kimyada çok sık karşılaşılan ve farklı organik moleküllerin eldesinde yer alan tepkimelerin başında gelmektedir (McMurry, 1996). Dolayısıyla bu tepkimelerin gerçekleşme aşamaları ve genel özellikleri diğer fonksiyonel gruplu moleküllerin eldesinin de temelini oluşturmaktadır (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014).

Bu bakımdan değerlendirildiğinde, organik kimya açısından son derece önemli, öğrenme zorlukları açısından da öğrenciler için zorlayıcı konuların başında gelen nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerinin, öğrenme sürecinde öğrencilerin anlamalarını destekleyecek bir şekilde ele alınması önem taşımaktadır.

Öğrencilerin öğrenme sürecinde öğretmenler kadar önemli bir öge de eğitimin tüm kademelerinde yoğun bir şekilde kullanılan ders kitaplarıdır (Mikk, 2000). Ders kitapları sadece bilgi aracı olarak değil, aynı zamanda genel olarak sınıf etkinlikleri için bir yapı sağlamaktadır (Edling, 2006). Nitekim pek çok öğretmen tarafından ders kitapları dersin planlanmasında, öğrenme ortamlarının oluşturulmasında temel olarak alınabilmektedir (Tulip & Cook, 1993; Nakiboğlu & Yıldırım, 2018). Bu açıdan değerlendirildiğinde ders kitaplarının, ders içeriklerinin planlanmasında da etkisinin olduğu görülmektedir. Nitekim Yager (1983), ders kitaplarının fen konularının sırasını, anlamını, örneklerini ve uygulamalarını etkileyebileceğini belirtmiştir. Justi ve Gilbert de (2002), kimya eğitimi açısından ders kitaplarının en yaygın ve en sık kullanılan öğretim araçları olduğunu ifade etmişlerdir. Ders kitaplarının öğrenme öğretme sürecindeki bu merkezi rolü, özellikle kimya öğrenimini kolaylaştırmada destek olma niteliği kazanmasını sağlamıştır (Nyachwaya & Wood, 2014). Bu açıdan kimya ders kitaplarında kimyanın doğası gereği gösterimlere yer verilmesi, öğrencilerin kimyayı anlamalarına yardımcı olabilecektir.

Gösterimler, öğrencilerin karmaşık olabilen bilimsel bilgileri öğrenmelerine yardımcı olan güçlü araçlardır (Ainsworth, 2008). Gösterimler görsel, işitsel, dokunulabilir olabileceği gibi görsellerin video, resim, grafik, diyagram veya animasyon gibi birçok çeşidi bulunmaktadır (Kapıcı & Açıkalin, 2017; Nakhleh & Postek, 2008). Kimya için de farklı gösterim türleri ve sınıflandırılmaları mevcuttur. Bunlardan biri Gilbert (2007) tarafından yapılmış ve gösterimler somut, sözel, görsel, sembolik ve jestel olarak beş sınıfa ayrılmıştır. Bir diğer sınıflandırmada ise Johnstone (1993) gösterimleri, "makroskobik, alt-mikroskobik ve sembolik" olarak kategorize edilmiştir. Kimya ders kitaplarında da bu farklı gösterimler en yaygın ve görünür unsurlardan biri hâline gelmiştir (Gkitzia vd., 2011). Ders kitaplarında bu gösterimlere yer verilmesinin yanında bunların öğrencilerin anlayabileceği bir biçimde sunulması da önem taşımaktadır. Bu durum da ders kitaplarında eksiklikleri belirlemek amacıyla yapılacak değerlendirmelerin önemini ortaya koymaktadır. Ders kitapları üzerinde yapılacak bu analizler, yeni ve daha iyi ders kitaplarının hazırlanmasında da yol gösterici olabilecektir (Mikk, 2000).

Kimya ders kitaplarındaki gösterimlerin analiz edildiği araştırmalar incelendiğinde ise bu araştırmaların büyük bir kısmının lise veya üniversite düzeyinde genel kimya ders kitapları üzerinde yapıldığı anlaşılmaktadır (Demircan & Demirdöğen; 2019; Nyachwaya & Gillaspie, 2016; Sanger & Greenbowe, 1999). Aynı zamanda incelenen bu kitaplarda

gösterimlerin analizi, Johnstone (1993) tarafından geliştirilen makroskobik, alt-mikroskobik ve sembolik gösterimler temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Organik kimya ders kitaplarının analizi ile ilgili yürütülen araştırmalar ise daha sınırlı sayıda kalmıştır. Bu çalışmalardan biri Kumi ve diğerleri (2013) tarafından yürütülmüş olup araştırmacılar ders kitaplarındaki Newman ve Fischer izdüşüm formüllerinin ne kadar doğru bir şekilde anlatılıp, oluşturulduğu ve kullanıldığını araştırmışlardır. Bir diğer araştırmada ise Anderson vd. (2020), organik kimya ders kitaplarında öğrencilerin H-NMR problemlerini çözebilmeleri için kimyasal kayma değerleri ve sinyal sayısı gibi spektral özelliklerin nasıl yer aldığını ve bunların örneklerdeki yerini incelemişlerdir. Carle ve Flynn (2020) tarafından yürütülen yine bir diğer araştırmada da organik kimya ders kitapları, delokalizasyon konusunun öğrenme çıktıları ile uyumlu olup olmadığı ve konu içeriğinde eksik ya da yanlış anlamalara neden olabilecek bölümlerin neler olduğu bağlamında incelenmiştir.

Yürütülen bu araştırmalar ortaya koymaktadır ki; organik kimya ders kitaplarının tepkime türleri ve mekanizmalarda kullanılan gösterimler açısından incelendiği araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda bu gösterimlerin, Gilbert (2007) tarafından yapılan sınıflandırma bağlamında incelenmesinin de alanyazındaki boşluğa katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle yürütülen bu araştırmada organik kimya ders kitaplarında alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerine ilişkin ne tür gösterimlerinin kullanıldığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda araştırmada şu probleme cevap aranmıştır:

- Üniversitelerin Kimya Eğitimi Anabilim Dallarında okutulan organik kimya ders kitaplarında alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimeleri konusunda ne tür gösterimler yer almaktadır?

YÖNTEM

Araştırma, betimsel araştırma modeline göre yürütülmüştür. Betimsel araştırmalarda temel amaç var olan durumu ortaya koymaktır (Büyüköztürk vd., 2009). Nitekim bu araştırmada da organik kimya ders kitaplarında alkil halojenürlerin tepkimelerine ilişkin ne tür gösterimlerin kullanıldığının ortaya çıkartılarak genel bir durum değerlendirmesinin yapılması hedeflenmiştir.

Veri Toplama

Araştırmanın verileri, doküman incelemesi stratejisine göre toplanmıştır. Doküman incelemesi, araştırılacak konu ile ilgili olay ve olgular hakkında bilgi içeren yazılı ve görsel materyallerin analizini içermektedir (Yıldırım & Şimşek, 2011). Doküman incelemesi ile

incelenen eserlerin belirli özelliklere göre sınıflandırılması sağlanmakta ve böylelikle yapılanlardan yola çıkarak genel eğilimlerin netlik kazanması söz konusu olabilmektedir (Çepni, 2010). Bu araştırmada da, organik kimya ders kitapları dokümanlar kapsamında veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Araştırma kapsamında incelenen dört organik kimya ders kitabı, üniversitelerin Kimya Eğitimi Anabilim Dallarında organik kimya ders bilgi paketlerindeki kaynaklar kısmında yer alan ders kitaplarına bakılarak seçilmiştir. Ayrıca bu ders kitaplarında aynı konu başlığında bölümlerin olması da seçilmelerinde bir kriter olarak alınmıştır. Ders kitaplarına ilişkin bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1

Araştırma Kapsamında İncelenen Ders Kitapları

Ders Kitabı	Bölüm	Bölüm Adı	Sayfa Aralığı
Ders Kitabı-1 (DK-1)	6	İyonik Tepkimeler-Alkil Halojenürlerin Nükleofilik Yer Değiştirme ve Ayrılma Tepkimeleri	229- 73
Ders Kitabı-2 (DK-2)	5	Alkil Halojenürler; Tepkimeleri: Yerdeğiştirme ve Ayrılma Tepkimeleri	181-231
Ders Kitabı-3 (DK-3)	11	Alkil Halojenürlerin Tepkimeleri: Nükleofilik Sübstitüsyon ve Eliminasyonlar	370-417
Ders Kitabı-4 (DK-4)	6	Organik Halojen Bileşikleri, Yerdeğiştirme ve Ayrılma Tepkimeleri	182-204

*Ders kitaplarının yazar ve yayınevi bilgileri Ek-1’de sunulmuştur.

Veri Analizi

Araştırmanın veri toplama aracı olan ders kitaplarının analizi Gilbert (2007) tarafından belirtilenen sözel, sembolik ve görsel gösterim türlerine göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, sözel gösterimler paragraflardaki açıklamalar; sembolik gösterimler denklem, sembol ve formüller; görsel gösterimler ise resim ve diyagramlar bağlamında değerlendirilmiştir. Benzer analize Bergqvist vd. (2013) tarafından ders kitaplarındaki bağlar konusundaki gösterimlerin incelenmesinde de başvurulmuştur.

Kitap analizi güvenilirliğinin sağlanması için ise öncelikle araştırmacı tarafından içerik ve içerikte yer alan gösterimler kodlanmıştır. Analiz sürecinde çelişkili kalan durumlarda, organik kimyada uzman bir öğretim elemanına başvurulmuş ve bu noktalar tartışılarak sonuçlandırılmıştır. Bu şekilde elde edilen analiz sonuçları tablolandırılmıştır. Tablo 2’de yapılan analize ait örnek yer almaktadır. Araştırmaların geçerliğini sağlamak amacıyla başvurulacak yöntemlerden biri de uzman görüşünün alınmasıdır (Yıldırım & Şimşek,2011). Bu amaçla, organik kimya eğitiminde uzman bir öğretim elemanının görüşüne başvurularak araştırmanın geçerliğinin de sağlanması amaçlanmıştır.

Tablo 2

Ders Kitaplarındaki Gösterim Türleri Örnekleri

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
S_N2 Tepkimesinin Hızı	<p>"Tepkime, tepkendeki alkil grubu metil ya da birincil olduğunda en hızlı ve üçüncül olduğunda en yavaştır."</p> <p>(DK-4, s. 189)</p>	<p> $3^\circ RX$ $2^\circ RX$ $1^\circ RX$ CH_3X S_N2 reaksiyonunda artış hızı </p> <p>(DK-2, s. 195)</p>	 <p>(DK-3, s. 379)</p>

BULGULAR

Araştırmanın problemi doğrultusunda organik kimya ders kitaplarındaki öncelikle nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine ait bölümlerin analiz sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

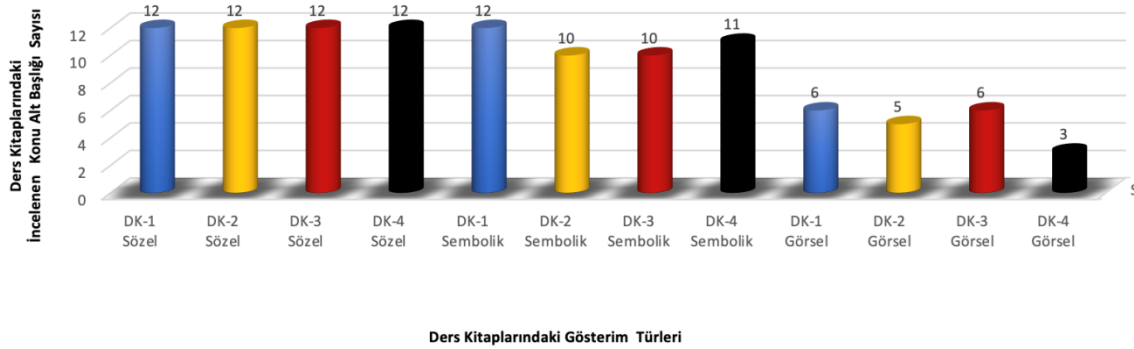
Tablo 3

Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri

İçerik	Ders Kitabı											
	DK-1			DK-2			DK-3			DK-4		
	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel
Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N2 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N2 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N2 Tepkimesinin Stereokimyası	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-
S_N2 Tepkimesinde Enerji	√	√	√	√	-	√	√	√	-	√	√	√
S_N2 Tepkimesinin Hızı	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√
S_N1 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N1 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N1 Tepkimesinin Stereokimyası	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	-
S_N1 Tepkimesinde Enerji	√	√	√	√	-	√	√	√	-	√	√	√
S_N1 Tepkimesinin Hızı	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	-
S_N1 - S_N2 Tepkimelerinin Karşılaştırılması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-

Şendur, G.

Tablo 3 incelendiğinde, incelenen ders kitaplarının tamamında en yoğun yer alan gösterimin sözel gösterimler olduğu anlaşılmaktadır. Sözel gösterimlerin ardından sembolik gösterim gelirken, görsel gösterimler tüm ders kitaplarında en az yer alan gösterim türü olmuştur. Bu durum, ders kitaplarında nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine ilişkin yer alan görsellerin dağılımın gösterildiği Şekil 1'de daha net bir şekilde görülebilmektedir.



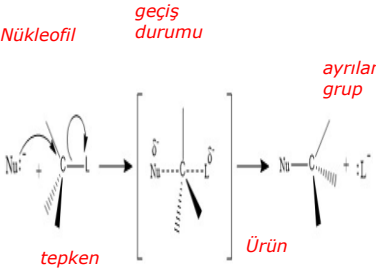
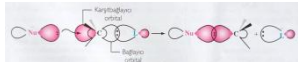
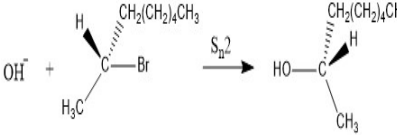
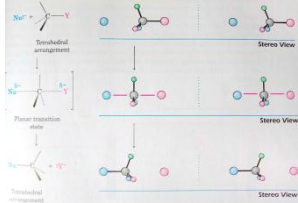
Şekil 1

Ders Kitaplarında Nükleofilik Yer Değiştirme Tepkimelerine Ait Gösterim Türlerinin Dağılımı

Şekil 1'den tüm organik kimya ders kitaplarında incelenen 12 konu alt başlığının tamamında sözel gösterimlerin yer aldığı görülmektedir. Ancak aynı durum sembolik ve görsel gösterimler için geçerli olamamıştır. DK-1'de 12 konu alt başlığında sembolik gösterime yer verilirken, bu durum DK-2'de ve DK-3'te 10, DK-4'te 11 olmuştur. İncelenen tüm kitaplarda ise en az gösterim görsel gösterimlere aittir. DK-1 ve DK-3'te 6 gösterim, DK-2'de 5 gösterim ve DK-4'te ise 3 gösterim yer almıştır. Tablo 3'ten bu görsel gösterimlerin konu içeriklerine göre dağılımı incelendiğinde; S_N1 ve S_N2 tepkimelerinde enerji alt başlığında dört ders kitabında görsel temsillerin yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu konuyu sırasıyla S_N2 tepkimesinin stereokimyası ve hızı alt başlıkları takip etmektedir. Tablo 4'te nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine ilişkin organik kimya ders kitaplarında yer alan gösterimlere örnekler verilmiştir.

Tablo 4

Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri Örnekleri

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
S _N 2 Tepkimesinin Mekanizması	<p>"S_N2 tepkimelerinin mekanizmalarının temel özelliği ara ürün olmadan, nükleofilin ayrılan grubun tam zıt yönünden substrata saldırmasıyla tek basamakta gerçekleşmesidir."</p> <p>(DK-3, s. 375)</p>	 <p>(DK-4, s. 188)</p>	 <p>(DK-1, s. 235)</p>
	<p>"Her S_N2 yerdeğiştirmede konfigürasyon değişimi vardır"</p> <p>(DT-4, s.189)</p>	 <p>(R) - 2-bromoktan (S) - 2-oktanol</p> <p>(DK-2, s. 190)</p>	 <p>(DK-3, s. 377)</p>

Gösterim Türü

Konu İçeriği	Sözel	Sembolik	Görsel
S _N 2 Tepkimesinin Enerjisi	"Serbest enerji değişimi negatif ola tepkimelere eksergonik, serbest enerji değişimi pozitif ola tepkimelere endergonik tepkime denir." (DT-1, s. 237)	$\text{H}_3\text{C}-\text{Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{OH} + \text{Cl}^- \quad \Delta G^\ddagger = -100 \text{ kJ mol}^{-1}$	
S _N 1 Tepkimesinin Stereokimyası	"Aynı grubu taşıyan karbon kiral ve bileşik optikçe aktif ise tepkime sonunda oluşan ürün, polarize ışığı çevirmez, yani rasemleşir." (DT-4, s. 191)		
S _N 1 Tepkimesinin Hızı	"S _N 1 tepkimesi veren farklı alkil halojenürlerin göreceli tepkime hızları farklı karbokatyonların oluşmasını sağlayan aktivasyon enerjisine bağlıdır." (DT-2, s. 203)		

(DK-1, s. 237)

(DK-4, s. 188)

(DK-1, s. 249)

(DK-3, s. 390)

(DK-3, s. 93)

(DK-1, s. 248)

Alkil halojenürlerin ayrılma tepkimelerine ilişkin organik kimya ders kitaplarındaki gösterim türlerinin neler olduğu Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5

Ayrılma Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri

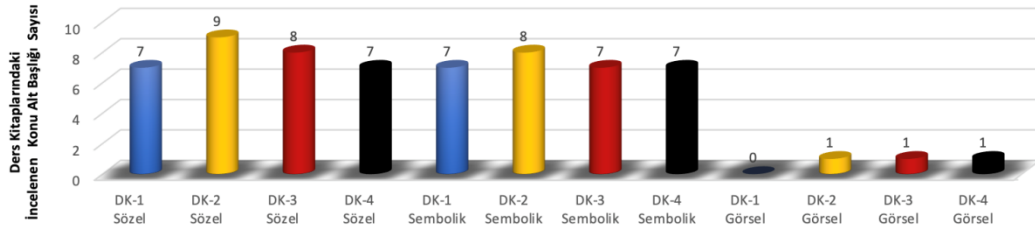
İçerik	Ders Kitabı											
	DK-1			DK-2			DK-3			DK-4		
	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel
Ayrılma Tepkimelerinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E2 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E2 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E2 Tepkimesinin Stereokimyası	-	-	-	√	√	-	√	-	√	-	-	-
E2Tepkimesinde Enerji	-	-	-	√	-	√	-	-	-	-	-	-
E1 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E1 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E1-E2 Tepkimelerinin Karşılaştırılması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
Yerdeğiştirme-Ayrılma Tepkimelerinin Karşılaştırılması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	√

Alkil halojenürlerin ayrılma tepkimelerinin incelendiği 4 organik kimya ders kitabında, DK-2 ve DK-3'te diğer kitaplardan farklı olarak "E2 tepkimesinin stereokimyası" ile sadece DK-2'de yer alan "E2 tepkimesinde enerji" konuları da analize dahil edilmiştir. Bu açıdan DK-2'de 9 konu alt başlığı incelenirken DK-3'te bu sayı 8, diğer ders kitaplarında ise 7 olmuştur. Tüm ders kitaplarının tamamında ortak olarak yer alan 7 konu alt başlıkları incelendiğinde, bu konuların tamamında sözel gösterimler yer alırken, sembolik ve görsel gösterimler için aynı durumun geçerli olmadığı Tablo 5'ten anlaşılmaktadır. Ders kitaplarındaki gösterimlerin dağılımın yer aldığı Şekil 2 incelendiğinde de, sembolik gösterimlerin sözel gösterimler kadar sıklıkla kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Örneğin DK-2'de incelenen 9 konu alt başlığından 8'inde, DK-3'te ise 8 konunun 7'sinde sembolik gösterimler yer almıştır. Görsel gösterimlere ise tüm ders kitaplarında son derece az yer verilmiştir. Sadece DK-2, DK-3 ve DK-4'te birer görsel gösterim bulunmaktadır.

DK-2, DK-3 ve DK-4'teki bu görsel gösterimler incelendiğinde ise bunlardan DK-2'deki görselin E2 tepkimesinin enerji diyagramında, daha fazla sübstitüe alkenin daha kararlı olması durumunu açıklamak için kullanıldığı; DK-3'deki görselin E2 tepkimesinin stereokimyasında yer aldığı; DK-4'teki görselinde ise ayrılma-yer değiştirme tepkimelerinin karşılaştırılmasında, nükleofilin büyük hacimli ve kuvvetli bazik olması

Şendur, G.

durumunda S_N2 yerine E2 verme eğiliminde olma durumunu açıklığa kavuşturmak için kullanıldığı belirlenmiştir.



Ders Kitaplarındaki Gösterim Türleri

Şekil 2

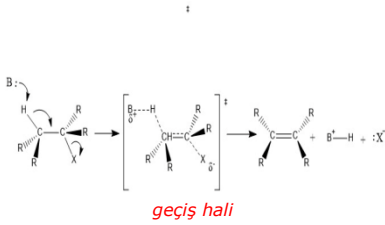
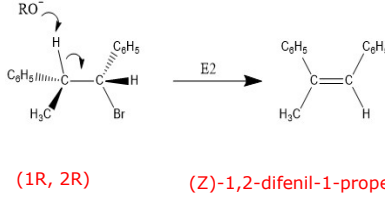
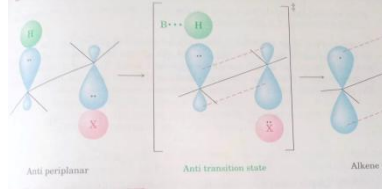
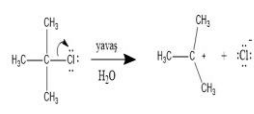
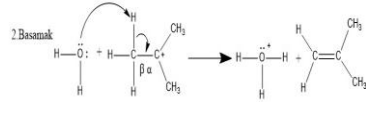
Ders Kitaplarında Ayrılma Tepkimelerine Ait Gösterim Türlerinin Dağılımı

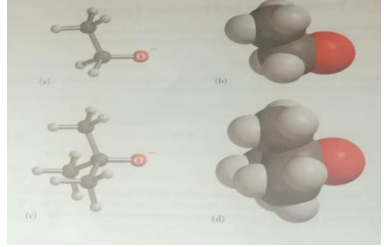
Tablo 6'da alkil halojenürlerin ayrılma tepkimelerinin ilişkin organik kimya ders kitaplarında yer alan gösterimlere örnek verilmiştir.

Tablo 6

Ayrılma Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri Örnekleri

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
E2 Tepkimesinde Enerji	<p>"Alkenlerin oluşmasını sağlayan her iki geçiş hali de biraz çift bağ karakterinde oldukları için, daha kararlı olan alkeni veren geçiş halinin kendisi de daha kararlı ve düşük enerjilidir."</p> <p>(DK-2, s. 218)</p>	<p>(DK-2, s. 217)</p>	<p>(DK-2, s. 218)</p>

Gösterim Türü			
Konu İçeriği	Sözel	Sembolik	Görsel
E2 Tepkimesinin Mekanizması	"E2 tepkimesi karbokasyon üzerinden değil, S _N 2 gibi tek basamakta olup, toplu bir tepkimedir."	 <p style="text-align: center;">(DK-3, s. 400)</p>	-
E2 Tepkimesinin Stereokimyası	"E2 reaksiyonları daima periplanar geometride gerçeşir. İki tür geometri olasıdır: sin periplanar ve antiperiplanar geometri"	 <p style="text-align: center;">(DK-2, s. 220)</p>	 <p style="text-align: center;">(DK-3, s. 401)</p>
E1 Tepkimesinin Mekanizması	"E1 mekanizması S _N 1 tepkimesi ile aynı birinci basamağa sahip iki basamaklı bir işlemdir."	<p style="text-align: center;"><i>Tepkime</i></p> $(\text{CH}_3)_3\text{CCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ <p style="text-align: center;"><i>Mekanizma:</i></p> <p>1. Basamak</p>  <p>2. Basamak</p>  <p style="text-align: center;">(DK-1, s. 269)</p>	-

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
Yerdeğiştirme- Ayrılma Tepkimelerinin Karşılaştırılması	<p>"ter-bütoksitin hacimli metil grupları yer değiştirme yoluyla olacak tepkimeyi engeller, ayrılma tepkimelerini öne geçirir." (DK-1, s. 271)</p>	<p> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OK}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OOC}(\text{CH}_3)_2 + \text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ </p> <p>butil t-butileter S_N2; %15 1-buten E2; %85</p> <p>(DK-4, s. 197)</p>	 <p>(DK-4, s. 198)</p>

SONUÇ VE TARTIŞMA

Alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerine ilişkin organik kimya ders kitaplarındaki gösterimlerinin incelenmesinin amaçlandığı bu araştırmada, her iki tepkime türünde de tüm ders kitaplarında en yoğun olarak sözel gösterimlere yer verildiği belirlenmiştir. Sözel gösterimlerin ardından sembolik gösterimler gelirken; görsel gösterimler her iki tepkime türünde de tüm ders kitaplarında en az yer verilen gösterim türü olmuştur. Bu durum, öğrenciler için çoğu zaman soyut ve karmaşık gelen tepkime türleri ve mekanizmaları konusunun, ders kitaplarında somutlaştırılması yoluna çok gidilmediğini göstermektedir. Diğer bir ifade ile öğrencilerin öğrenme zorlukları dikkate alınarak ders kitaplarının hazırlanamadığı sonucu çıkarılabilir. Benzer bir şekilde Bergqvist vd. (2013), kimyasal bağlar konusunda ders kitaplarının, öğrencilerin öğrenme zorluklarının dikkate alınarak hazırlanamadığını ortaya koymuşlardır.

Araştırmada, ders kitaplarındaki görsel gösterimler incelendiğinde ise eliminasyon tepkimelerindeki görsellerin, nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine göre çok daha az olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin E2 tepkimesinin stereokimyasında, sadece bir ders kitabında (DK-3) görsele yer verilmiştir. Bu durumun, stereokimya konusunun doğası ile tam olarak uyum sağlamadığı söylenebilir. Nitekim pek çok araştırmada öğrencilerin stereokimyayı anlamakta zorlandıkları, bu nedenle görsel gösterimlere ve yazımlara öğrenme sürecinde yer verilmesinin önemli olduğu belirtilmiştir (Boukhechem vd., 2011; Jones vd., 2005; Kurbanoglu vd., 2006; Lujan-Upton, 2001). Tüm bu bulgular bağlamında, nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerinde özellikle öğrencilerin

hangi noktalarda zorlandıkları, bu zorlandıkları noktalarda öğrenci anlamasının nasıl daha kolaylaştırılabileceği soruları temel alınarak organik kimya ders kitaplarında düzenlemelere gidilmesi yararlı olabilecektir.

ÖNERİLER

Yürütülen bu araştırma, organik kimya ders kitaplarındaki alkil halojenürlerin yerdeğiştirme ve ayrılma tepkimelerindeki gösterimlerin incelenmesi ile sınırlandırılmıştır. Bu açıdan organik kimya ders kitaplarında diğer tepkime türleri (elektrofilik aromatik sübstitüsyon gibi) ya da öğrenciler için soyut gelen temel kavramlarda (rezonans, tautomeri gibi) gösterimlerin incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda yürütülen bu araştırmada gösterimler sözel, görsel ve sembolik düzeye göre incelenmiştir. Bu nedenle yürütülecek diğer araştırmalarda gösterimlerin, Gkitzia ve diğerlerinin (2011) geliştirmiş olduğu "makroskobik, alt-mikroskobik, sembolik, çoklu, hibrit karma" düzeylere göre de analizi yapılabilir.

EK-1: Araştırma Kapsamında İncelenen Ders Kitapları

DK-1: Solomons, G., & Craig, F. (2002). *Organik kimya* (7. basım). (Çev. Edt. Gürol Okay, Yılmaz Yıldırım). İstanbul, Literatür Yayıncılık.

DK-2: Fessenden, R.J., Fessenden, J. S., & Logue, M. W. *Organik kimya* (6. baskı). (Çev. Edt. Tahsin Uyar). Ankara, Güneş Kitabevi.

DK-3: McMurry, J. (1996). *Organic chemistry* (Fourth Edition). Brooks/Cole Publishing Company: Pacific Grove, CA.

DK-4: Hart, H., Craine, L. E., Hart, D.J., & Hadad, C. M. (2011). *Organik kimya* (12. baskı). (Çev. Edt. Tahsin Uyar., & Recai inam). Ankara, Palme Yayıncılık.

KAYNAKÇA

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner., & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 191-208). Springer.

Anderson, S. Y. C., Ong, W. S.Y., & Momsen, J.L (2020). Support for instructional scaffolding with ¹H NMR spectral features in organic chemistry textbook problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 749-764.

- Bergqvist, A., Drechsler, M., Jong, O. D., & Rundgren S. C. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks – help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 589 -606.
- Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005), "It gets me to the product": how students propose organic mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82, 1402– 1407.
- Boukhechem, M.S, Dumon, A., & Zouikri, M. (2011). The acquisition of stereochemical knowledge by Algerian students intending to teach physical sciences. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 331–343.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, O. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (2. baskı). Pegem A Akademi.
- Carle, M.S., & Flynn, A. B. (2020). Essential learning outcomes for delocalization (resonance) concepts: How are they taught, practiced, and assessed in organic chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 622-637.
- Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (5. baskı). Celepler Matbaacılık.
- Cruz-Ramírez de Arellano D., & Towns M. H. (2014). Students' understanding of alkyl halide reactions in undergraduate organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 501–515.
- Edling, A. (2006). *Abstraction and authority in textbooks: the textual paths towards specialized language*. Unpublished dissertation thesis, Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala.
- Ferguson, R., & Bodner, G. M. (2008). Making sense of the arrow-pushing formalism among chemistry majors enrolled in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 102-113.
- Flynn, A. B. (2015). Structure and evaluation of flipped chemistry courses: organic & spectroscopy, large and small, first to third year, English and French. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 198-211. [https://doi: 10.1039/C4RP00224E](https://doi.org/10.1039/C4RP00224E)
- Galloway, K. R., Stoyanovich, C., & Flynn, A. B. (2017). Students' interpretations of mechanistic language in organic chemistry before learning reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 353–374.
- Galloway, K. R., Leung, M. W., & Flynn, A. B. (2019). Patterns of reactions: a card sort task to investigate students' organization of organic chemistry reactions. *Chemistry Education Resesearch and Practice*, 20(1), 30-52. [https://doi: 10.1039/C8RP00120K](https://doi.org/10.1039/C8RP00120K)

- Gilbert, J. K. (2007). Visualization: a metacognitive skill in science and science education. In Gilbert J. K. (ed.), *Visualization in science education* (pp. 9–27). Springer
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5-14.
- Goodwin, W. (2012). *Mechanisms and chemical reaction*, Elsevier B.V.
- Grove, N. P., & Bretz, S. L. (2010). Perry's scheme of intellectual and epistemological development as a framework for describing student difficulties in learning organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 207–211.
- Grove, N. P., & Bretz, S. L. (2012). A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(13), 201–208.
- Grove, N. P., Cooper, M. M., & Cox, E. L. (2012a.). Does mechanistic thinking improve student success in organic chemistry? *Journal of Chemical Education*, 89(7), 850–853.
- Grove, N.P., Cooper, M. M., & Rush, K.M. (2012b). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89, 844–849.
- Jones L. L., Jordan K. D., & Stillings N. A. (2005), Molecular visualization in chemistry education: the role of multidisciplinary collaboration. *Chemistry Education Research and Practice*, 6, 136-149.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Justi R. S., & Gilbert J. K. (2002). Models and modelling in chemical education. In Gilbert J., De Jong O., Justi R., Treagust D. & Van Driel J. (Ed.) *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 213–234). Kluwer.
- Kapıcı, H. Ö., & Savaşçı-Açıklan, F. (2017). Fen eğitiminde ders kitapları ve çoklu gösterimler. İçinde Akçay B, (Ed.), *Fen Bilimleri Eğitimi Alanındaki Öğretme ve Öğrenme Yaklaşımları* (s. 227-240). Pegem A Yayıncılık.
- Karslı, F., & Yiğit, M. (2017). Effectiveness of the REACT strategy on 12th grade students' understanding of the alkenes concept. *Research in Science & Technological Education*, 35(3), 1-18. <https://doi:10.1080/02635143.2017.1295369>

Şendur, G.

- Kumi, B. C., Olimpo, J. T., Bartlett, F., & Dixon, B. L. (2013). Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D–3D diagrammatic relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 177-187.
- Kurbanoglu, N. I., Taskesenligil, Y., & Sozbilir, M. (2006). Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 13-21.
- Lujan-Upton, H. (2001). Introducing stereochemistry to non-science majors, *Journal of Chemical Education* 78, 475-477.
- McMurry, J. (1996). *Organic chemistry*. (Fourth Edition). Brooks/Cole Publishing Company.
- Mikk, J. (2000). *Textbook: research and writing*, Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH.
- Nakhleh, M. B., & Postek, B. (2008). Learning chemistry using multiple external representati-ons. In J. K. Gilbert, M. Reiner ve M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 209-232). Springer.
- Nakiboğlu, C., & Yıldırım, Ş. (2018). Ortaokul fen bilimleri ders kitaplarında grafik düzenleyici kullanımının incelenmesi. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, UBEK-2018, 1-23.
- Nyachwaya, J. M., & Gillaspie, M. (2016). Features of representations in general chemistry textbooks: a peek through the lens of the cognitive load theory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 58-71.
- Nyachwaya, J.M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 720-728
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853-860.
- Sendur, G. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının organik kimyadaki kavram yanlışları: alkenler örneği. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(3), 160–185.
- Şendur, G., & Toprak, M. (2013). Öğretmen adaylarının organik kimya konularındaki anlama düzeylerinin ve kavram yanlışlarının bir analizi: alkoller örneği. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7(1), 264-301.
- Tulip, D., & Cook, A. (1993). Teacher and student usage of science textbooks. *Reserach in Science Education*, 23(1), 302–307.

- Yager, R. E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Reserach in Science Teaching*, 20(6), 577–588.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. baskı). Seçkin Yayınevi.
- Zhou, Q., Wang, T., & Zheng, Q. (2015). Probing high school students' cognitive structures and key areas of learning difficulties on ethanoic acid using the flow map method. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 589-602.