

## ENZİMLER KONUSUNUN ANLAMLI ÖĞRENİLMESİNDE ANALOJİLER OLUŞTURMANIN ETKİSİ

### THE EFFECT OF DEVELOPING ANALOGIES FOR MEANINGFUL LEARNING OF THE SUBJECT OF ENZYMES

Esin ATAV\*, Emine ERDEM\*\*, Ayhan YILMAZ\*\*\*, Berna GÜCÜM\*\*\*\*

**ÖZET:** Bu çalışmada enzimler konusunun temel kavram ve olayları ile ilgili üniversite öğrencilerinin oluşturdukları analogiler ve kavram yanlışları belirlenmeye çalışılmış ve analogi yönteminin anlamlı öğrenmede etkili olup olmadığı araştırılmıştır. Öğrencilerin enzimler konusunu anlama düzeylerini ve konu ile ilgili analogileri belirlemek amacıyla 10 sorudan oluşan yazılı yoklama türü bilgi testi geliştirilmiştir. Uygulamaya H.Ü. Eğitim Fakültesinde okuyan 50 Biyoloji öğretmenliği öğrencisi katılmıştır. Kontrol ve deney olarak rastgele iki gruba ayrılan öğrencilere konu düz anlatım ve analogi yöntemi ile anlatıldıktan sonra bilgi testi, ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Kontrol grubundaki öğrencilerin enzimler konusunu anlama düzeyleri her iki testte de düşüktür ( $X_{\text{ön}}=8,00$ ;  $X_{\text{son}}=8,05$ ). Deney grubu öğrencileri ise son testte ön test sonuçlarına göre daha yüksek bir başarı sağlamışlardır ( $X_{\text{ön}}=4,87$ ;  $X_{\text{son}}=10,81$ ). Analogi yönteminin kullanıldığı deney grubunda öğrenci başarısında anlamlı bir artış gözlenmiştir ( $t=3,481$ ;  $p<0,05$ ). Her iki gruptaki öğrencide kavram yanlışlarından çok, kısmen öğrenme tespit edilmiştir. Özellikle enzim kinetiği ve enzim ihhibisyonu öğrencilerin anlamada zorlandıkları konular olmuştur. Öğrencilerin büyük çoğunluğu analogi oluşturmada zorlanmıştır. Geliştirilen analogiler ise daha çok zenginleştirilmiş ve genişletilmiş analogi düzeyindedir.

**Anahtar Sözcükler:** analogi, enzim, anlamlı öğrenme, fen öğretimi

**ABSTRACT:** In this study, the analogies and misconceptions that the university students developed about the basic concepts and events of the subject of enzymes were tried to be determined and it was searched that whether the method of using analogies is effective on meaningful learning process or not. In order to determine the students' levels of learning the subject of enzyme and the analogies regarding the subject, an essay test covering ten questions was developed. 50 biology education students attending Department of Biology Education / Hacettepe University Faculty of Education participated in the study. The students were randomly divided into two, as experiment and control, groups. After explaining the subject to the students with plain teaching and the analogy methods, the achievement test was applied to them as pre-post tests. Concerning the subject of enzyme, the understanding level of the students in the control group was low in both tests. ( $X_{\text{pre}}=8,00$ ;  $X_{\text{post}}=8,05$ ). On the other hand, the students in the experiment group achieved greater success in the post-test than the pre-test ( $X_{\text{pre}}=4,87$ ;  $X_{\text{post}}=10,81$ ). There was observed a meaningful increase in achievements of the students in the experiment group where the analogy method was applied ( $t=3,481$ ;  $p<0,05$ ). Rather than misconceptions, partial learning was observed among the students of both groups. Especially the subjects of "enzyme kinetics" and "enzyme inhibitions" were the subjects that the students had difficulties to understand. Most of the students had difficulties in developing analogies. The analogies developed by the students were at the enriched or extended analogy level.

**Key words:** analogy, enzyme, meaningful learning, science education

## 1. GİRİŞ

Fen bilimleri alanında son yıllarda yapılan bir çok araştırma öğrencilerde bilimsel kavramların anlaşılması üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda öğrencilerin herhangi bir konudaki kavramları konunun uzmanlarından farklı olarak anlamlandırdıkları tespit edilmiştir. Bu şekilde öğrenciler tarafından kavramla-

\* Yard. Doç. Dr., H.Ü. Eğitim Fakültesi, OFMA Bölümü Biyoloji ABD, [esin@hacettepe.edu.tr](mailto:esin@hacettepe.edu.tr)

\*\* Yard. Doç. Dr., H.Ü. Eğitim Fakültesi, OFMA Bölümü Kimya ABD, [erdeme@hacettepe.edu.tr](mailto:erdeme@hacettepe.edu.tr)

\*\*\* Doç. Dr., H.Ü. Eğitim Fakültesi, OFMA Bölümü, Kimya ABD, [ayhan@hacettepe.edu.tr](mailto:ayhan@hacettepe.edu.tr)

\*\*\*\* Yard. Doç. Dr., H.Ü. Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü [gucum@hacettepe.edu.tr](mailto:gucum@hacettepe.edu.tr)

rın farklı algılanması “kavram yanılgısı” olarak tanımlanmıştır (Brown, 1992). Kavram yanılgıları öğrenmeyi etkileyen en önemli faktörlerden birisini oluşturmaktadır. Kavram yanılgılarının giderilmesi için geliştirilen yaklaşımlardan kavramsal değişim yaklaşımına uygun öğretim yöntemlerinden birisi de benzeşim (analoji) yöntemidir. Posner ve arkadaşları (1982) tarafından geliştirilen kavramsal değişim yaklaşımına göre öğrencilerin kavram yanılgılarının giderilebilmesi için kavramlar anlaşılır ve akla yatkın olmalıdır. Ancak fen bilimleri alanında kullanılan bilimsel kavramların çoğunun soyut olduğu düşünüldüğünde, bu kavramların duyu organları ile algılanması sınırlı olmaktadır. Bu yüzden bilimsel kavramların anlaşılır ve akla yatkın olmasında öğrencilerin zihinlerinde bilimsel kavram ve olayları canlandırabilmeleri önem taşımaktadır. Fen öğretiminde anlaşılması güç kavram ve olayların öğretiminde analogiler kullanılarak anlamlı öğrenme sağlanabilmektedir. Anlamlı öğrenme, ön bilgi ve yeni öğrenilen bilgi arasında bağlar yaratma ve bulmadaki başarıya bağlıdır ve bu bağları bulmanın bir yolu da analogileri yaratmak ve kullanmaktır (Şahin, Gürdal ve Berkem, 2000). Bilimsel kavramlar günlük yaşantıda karşılaşılan benzer olaylar kullanılarak daha iyi öğretilmektedir. Öğrencilerin aktif katılımı sağlandığında ve analogi ile davranış arasında bağlantı kurulabildiğinde ise öğrencilerin kavram yanılgıları azaltılmaktadır (Brown, 1992; Silverstein, 2000). Literatürde analogiler genel olarak bireysel ve resimli analogiler olarak iki gruba ayrılmıştır ve bireysel analogilerde öğrenci aktif olarak rol alır ve zihninde bu olayları canlandırır. Resimli analogilerde anlaşılması zor olan kavramlar, diyagram ve resimlerle gösterilerek anlaşılmasını sağlar ve çoğuna bazı sözlü anlatımlar eşlik eder. Bu tip analogiler hedeflenen kavramların daha iyi anlaşılması için öğrencilerin resimlerle benzeştirme yapmasına yardımcı olmaktadır (Curtis ve Reigeluth, 1984). Analogiler bilimsel öğrenmede kavramsal değişmeyi hızlandıran, problem çözmeyi, öğrenme ve öğretimde bilimsel muhakemeyi ve buluşları geliştiren en önemli araçlardır (Duit, 1991). Analogilerin öğrencilere hazır olarak sunulması yerine öğrencilerin kendi analogilerini yaratmaları öğrencilerdeki kavramsal değişim sürecini etkili hale getirmektedir (Wong, 1993). Şahin ve arkadaşları (2000) yaptıkları çalışmada sadece konu ile ilgili kavramların bilinmesinin yeterli olmadığını aynı zamanda analogiler hakkında bilgiye sahip olmanın ve bireysel yeteneklerin analogi oluşturmada etkili olduğunu gözlemişlerdir. Ayrıca analogi oluşturma öğrencilerin hem yapabilecek yetenekte olmalarını hem de istekli olmalarını gerektirir (Gabel ve Sherwood, 1980). Öğrencilerin oluşturdukları analogiler öğrencilerin düşünmesini sağlamanın dışında öğretmenlere öğrencilerin o kavram ile ilgili olarak zihinlerinde oluşturdukları doğru ya da yanlış kavramları görmelerine yardımcı olmaktadır (Wong, 1993). Fen öğretiminde özellikle anlaşılması güç olan konulara ilişkin analogilerin belirlenmesi analogilerin yaygın olarak kullanılması için gerekmektedir. Biyoloji dersi konularından biri olan enzimler konusu öğrencilerin öğrenmede güçlük çektikleri konular arasında yer almaktadır (Bahar, 2002).

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Örneklem

Araştırmanın örneklemini H. Ü. Eğitim Fakültesinde okuyan 50 Biyoloji öğretmenliği öğrencisi oluşturmaktadır.

### 2.2. Veri Toplama Araçları

Araştırmada enzimler konusunda biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin anlama düzeylerini ve konu ile ilgili analogileri belirlemek amacıyla araştırmacılar tarafından 10 sorudan oluşan yazılı yoklama türünde bilgi testi geliştirilmiştir. Sorular; metabolizma enzim ilişkisi, enzimlerin önemi, enzimlerin yapısı, enzimlerin işlevleri, aktivasyon enerjisi, aktif merkez, enzimlerde özgülük, enzim aktivitesini etkileyen faktörler, enzimlerin kinetiği, enzim inhibisyonu gibi, konu ile ilgili temel konu ve kavramları içermektedir. Hazırlanan sorular biyolojide deneyimli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve kapsam geçerliliği kontrol edilmiştir. Bilgi testinden öğrencinin alabileceği en yüksek puan 20'dir. Her soru 2 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Tam doğru yanıt 2 puan, eksik yanıt 1 puan ve cevapsız ya da yanlış yanıt 0 puan olarak değerlendirilmiştir.

Araştırmada ayrıca enzimler konusu ile ilgili analogi ile zenginleştirilmiş ve analogi kullanılmamış iki farklı ders notu hazırlanmıştır.

### 2.3. Problem

Bu çalışmada enzimler konusunun temel kavram ve olayları ile ilgili üniversitede okuyan biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin oluşturdukları analogiler ve kavram yanlışları belirlenmeye çalışılmış ve analogi yönteminin anlamlı öğrenmede etkili olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma kapsamında aşağıda belirtilen alt problemlere yanıt aranmıştır.

1. Biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin enzim konusunu anlama düzeyleri ne derecededir?
2. Biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin enzim konusunda kavram yanlışları nelerdir?
3. Biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin enzim konusu ile ilgili geliştirdikleri analogiler nelerdir?
4. Anlamlı öğrenmede analogi yöntemi etkili midir?

### 2.4. Araştırma Deseni

Çalışmada kullanılan enzimler konusu ile ilgili ders notu üniversite düzeyinde Lehninger Biochemie (Nelson ve Cox, 2001) adlı kitaptan yararlanarak oluşturulmuştur. Ders notu iki ayrı şekilde düzenlenmiştir. Birinci metinde tüm benzetmeler çıkarılmış ve standart kontrol metin oluşturulmuş, ikinci metin ise analogi ile zenginleştirilmiş ders notu olarak hazırlanmıştır.

Çalışmaya katılan moleküler biyoloji dersi alan 50 biyoloji öğretmenliği öğrencisi rastgele iki gruba ayrılmıştır. Bu gruplardan biri deney grubunu (31 kişi; 5 erkek, 26 kız) diğeri ise kontrol grubunu (19 kişi; 3 erkek, 16 kız) oluşturmuştur.

Uygulamanın ilk aşamasında enzimler konusu deney grubundaki öğrencilere 6 ders saati süresince standart kontrol metin kullanılarak ve hiçbir benzetme yapılmadan işlenmiştir ve öğrencilere ders notu dağıtılmıştır. Konuyu öğrenmelerini pekiştirmek amacı ile öğrencilerden bu ders notlarını okumaları da istenmiştir. Enzimler konusu işlendikten sonra öğrencilere 10 sorudan oluşan yazılı yoklama türündeki bilgi testi ön test olarak uygulanmıştır. Soruların sonuna ayrıca “bu kavramı ya da olayı neye benzeterek açıklarsınız” sorusu eklenerek öğrencilerden benzetme yapmaları istenmiştir. Uygulamanın ikinci aşamasında deney grubundaki öğrencilere analogi hakkında genel bilgi verilerek analogilerin özellikle soyut olan kavramların öğrenilmesinde önemi vurgulanmış ve analogilerin sınırlılıkları açıklanmıştır. Daha sonra analogi ile zenginleştirilmiş ders notu dağıtılmış ve konu analogiler kullanılarak yeniden anlatılmıştır. Aynı test öğrencilere son test olarak uygulanmıştır. İkinci uygulamada da öğrencilerden her soru ile ilgili analogi yapmaları istenmiştir.

Kontrol grubundaki öğrencilere uygulamanın birinci aşamasında enzimler konusunda hazırlanan standart kontrol metin dağıtılmış ve konu analogiler kullanılmadan 6 ders saati boyunca anlatılmıştır. Ayrıca kontrol grubundan da bu ders notlarının öğrenme amaçlı olarak okunması istenmiştir. Konu sonunda 10 sorudan oluşan yazılı yoklama türündeki bilgi testi ön test olarak uygulanmıştır. Kontrol grubundaki öğrencilerden deney grubunun aksine benzetme yapmaları istenmemiştir. Uygulamanın ikinci aşamasında öğrencilere enzimler konusu yine standart kontrol metin kullanılarak anlatılmış ve aynı test son test olarak uygulanmıştır. Öğrencilerden bu testte de benzetme oluşturmaları istenmemiştir.

Testlerin uygulama tarihleri deney grubundaki ve kontrol grubundaki öğrencilere önceden haber verilmemiştir.

### 2.5. Verilerin Analizi

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön test ve son test başarı puanları belirlendikten sonra veriler SPSS paket programı kullanılarak çözümlenmiştir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön test ve son test başarı puanları bağımlı gruplar için t-testi ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arası ön test ve son test

başarı puanlarının karşılaştırılması ise bağımsız gruplar için t-testi ile yapılmıştır. Ayrıca deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön testte ve son testte oluşturdukları analogiler ve konu ile ilgili kavram yanlışları tespit edilmiştir. Deney grubunda analogi oluşturulması istendiği halde analogi yapmayan öğrenciler bulunmaktadır. Kontrol grubunda ise analogi oluşturmaları istenmediği halde analogilere rastlanmıştır.

### 3. BULGULAR

Çalışmaya katılan öğrencilerin enzimler konusuna ilişkin ön test ve son test sonuçlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3.1 :** Deney ve Kontrol Gruplarının Ön test ve Son test Sonuçlarına Ait Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Grup	Test	X	N	SD
Kontrol	Ön test	8,000	19	2,055
	Son test	8,053	19	2,041
Deney	Ön test	4,871	31	1,384
	Son test	10,807	31	3,049

Kontrol grubunun ön test başarı ortalaması 8,00 (min.3–max.12), son test başarı ortalaması 8,05 (min.3–max.12) olarak bulunmuştur. Bu değerler kontrol grubundaki öğrencilerin enzimler konusunu anlamlı öğrenme düzeylerinin düşük olduğunu göstermektedir. Deney grubunda yer alan öğrencilerin ön test başarı ortalaması 4,87 (min.2–max.7), son test başarı ortalaması 10,81 (min.5–max.16) olarak tespit edilmiştir. Deney grubundaki öğrenciler ön testte çok düşük bir başarı sağlamışken son testte başarıları önemli oranda artmıştır.

Tablo 3.2'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin kendi gruplarına ait ön test ve son test başarı puanlarının karşılaştırmaları verilmiştir.

**Tablo 3. 2:** Kontrol ve Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön Test ve Son Test Başarı Puanlarının Bağımlı Gruplar t-testi İle Karşılaştırılması

Grup	- Test	X	SD	t	df	p
Kontrol	- öntest-sontest	-5,26E-02	,848	-,271	18	,790
Deney	- öntest-sontest	-5,936	2,568	-12,868	30	,000

(p< 0,05)

Kontrol grubundaki öğrencilerin ön test ve son test başarı puanları arasında anlamlı bir fark tespit edilmezken deney grubundaki öğrencilerin ön test ve son test başarı puanları arasında anlamlı bir fark (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin enzimler konusunu anlamlı öğrenme düzeyleri değişmezken deney grubundaki öğrencilerin konuyu öğrenme düzeylerinde anlamlı bir artış olmuştur.

Çalışmaya katılan grupların ön test ve son test başarı puanlarının gruplar arası karşılaştırılması Tablo 3.3'de verilmiştir.

Kontrol ve deney gruplarının son test başarı puanları incelendiğinde deney grubunun lehine anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Deney grubunda son test öncesi uygulanan analogi yöntemi enzimler konusunun anlamlı öğrenilme düzeyini belirgin olarak artırmıştır. Sadece düz anlatım yönteminin kullanıldığı kontrol grubunda ise öğrencilerin başarısında bir değişiklik olmamıştır.

Çalışmada ayrıca enzimler konusuna yönelik kavram yanlışları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak çalışma sonunda öğrencilerde kavram yanlışısından çok kısmen öğrenme olduğu ve enzimler konusunun her

**Tablo 3.3:** Kontrol ve Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön Test ve Son Test Başarı Puanlarının Bağımsız Gruplar t-testi İle Karşılaştırılması

	Grup	N	X	SD	t	df	p
Öntest	Kontrol	19	8,000	2,055	6,440	48	,000
	Deney	31	4,871	1,384			
Sontest	Kontrol	19	8,053	2,041	-3,481	48	,001
	Deney	31	10,807	3,049			

(p&lt; 0,05)

iki grupta tam olarak öğrenilmediği tespit edilmiştir. Özellikle, substrat konsantrasyonunun enzimatik reaksiyonun hızına etkisi, substrata benzer maddenin enzimatik reaksiyona etkisi, geri bildirim inhibisyon olayının hücredeki görevi ve multienzim sistemlerinin nasıl kontrol edildiği soruları, öğrencilerin en az yanıtlayabildikleri sorular olmuştur.

Tablo 3.4'te enzimler konusunda öğrencilerin en az %10'nunda tespit edilen kavram yanlışlarına örnekler verilmiştir.

**Tablo 3.4:** Enzimler Konusunda Öğrencilerde Tespit Edilen Bazı Kavram Yanlışları

Soru	Yanlış Kavrama	Grup	(%)
Canlılarda enzimler olmasaydı ne olurdu?	Biyolojik reaksiyonlar çok yavaş olurdu	Deney	(%16)
Aktivasyon enerjisi ile ilişkilendirerek açıklayınız.	yıllar, yüzyıllar sürerdi	Kontrol	(%21)
Canlılarda enzimatik reaksiyonun hızı azalmışsa nedenleri neler olabilir?	Enzim miktarı azdır, yetersizdir	Kontrol	(%32)
	Enzim konsantrasyonu azalmış olabilir	Deney	(%35)
Enzim miktarı sabit olduğunda düşük ve doymuş substrat konsantrasyonunda reaksiyon hızını belirleyen faktör nedir?	Reaksiyon hızını ortam koşulları (pH, sıcaklık, iyon konsantrasyonu, ışık, enzim, substrat yüzeyi vb.) belirler	Deney	(%48)
	Sıcaklık, pH, enzim, ışık belirler	Kontrol	(%21)
	Düşük substrat konsantrasyonunda enzim miktarı etkiler	Deney	(%26)
Ortamda substrata çok benzeyen bir madde olduğunda reaksiyon nasıl etkilenir?	Enzim kendi substratını tanır, spesifiklik vardır, bağlanmaz, etkilenmez, reaksiyon gerçekleşmez	Deney	(%26)
Geri bildirim olayının hücredeki görevi nedir?	Reaksiyonların basamak basamak gerçekleşmesini sağlar	Kontrol	(%10)
Multi enzim sistemlerinin düzenlenmesi nasıl gerçekleşir?	Bir enzimin ürünü diğerinin substratıdır	Kontrol	(%26)
		Deney	(%56)

Öğrencilerde kavram yanlışlarının yoğunlaştığı konular aktivasyon enerjisi, enzim kinetiği ve enzim inhibisyonudur. Enzimlerin yapısı, işlevi, özgülüğü, enzimin çalışmasını etkileyen faktörlerle ilgili sorular da ise kavram yanlışısına düşen öğrenci oranı çok düşüktür.

Ön testte ve son testte enzimler konusu ile ilgili analogi oluşturmaları istenen deney grubu öğrencilerinin ön testte ortalama olarak %19'u analogi oluşturmaya çalışmış %81 ise bu kavramı ya da olayı neye benzeterek açıklarınız sorusunu yanıtsız bırakmıştır. Son testte ise analogi oluşturmaya çalışan öğrencilerin oranı %70'e çıkmıştır. Analogi oluşturmaları istenmeyen kontrol grubunda analogi kullananların oranı ön testte %12 son testte %13'tür.

Tablo 3.5'te öğrencilerin enzimler konusunda oluşturdukları analogilere örnekler verilmiştir.

Öğrencilerin oluşturdukları analogiler genel olarak basit (örneğin enzim anahtara benzer) ve zenginleştirilmiş düzeydedir. Tablo 3.5'te verilen örnekler içinde genişletilmiş analogi düzeyinde daha açıklayıcı olan örnekler de vardır, bunun dışında yaptığı benzetmenin sınırlılıklarının farkında olan ve analogisinde uyumayan yönleri belirten öğrenciler de bulunmaktadır.

Çalışmaya katılan sınıftaki öğrencilerin büyük çoğunluğunu kız öğrenciler oluşturduğundan öğrencilerin enzim konusunu anlamlı öğrenme düzeyleri ve geliştirdikleri analogiler, cinsiyet değişkeni açısından istatistiksel olarak incelenememiştir. Sadece kız öğrencilerin erkek öğrencilerde rastlanmayan toplumsal içerikli (anne çocuk, kız erkek, eş ve arkadaşlık ilişkileri) analogiler oluşturdukları gözlenmiştir.

**Tablo 3.5.** Enzimler Konusundaki Kavram ve Olaylara Yönelik Öğrencilerin Oluşturdukları Analogi Örnekleri

Kavram / Olay	Benzetme	Grup	(%)
Enzim	İşi kolaylaştıran ve hızlandıran aletler (testere, ceviz ve fındık kırma aleti, cep telefonu, mikser gibi)	Deney	(%23)
	Kimyasal katalizörler	Deney	(%13)
	Anahtar	Deney	(%10)
	Fizikteki makaralar	Deney	(%16)
Enzimin çalışma mekanizması	Anahtar kilit ilişkisi; anahtarın çevrilmesiyle işlem tamamlanır; her anahtar her kilidi açamaz	Deney	(%45)
	Tornavida vida ilişkisi	Kontrol	(%16)
	Her araba kendi anahtarı ile çalışır başka arabanın anahtarı ile çalıştırılmaz	Deney	(%3)
Enzim Yapısı	Enzim koenzim/kofaktör ilişkisine saatlerdeki ya da mekanik aletlerdeki dişliler örnektir, doğrudan teması olmayan iki dişlinin hareket aktarımını bir başka dişli sağlar	Kontrol	(%5)
	Enzimin primer yapısını ipe benzetebiliriz, ipe daha sağlam bir yapı kazandırmak için önce ipi katlarız kıvrırız, kalın kıvrımlı yapı daha dayanıklı bir hal alır (sekunder, tersiyer yapı). Yeteri kadar sağlam değilse kıvrılmış birkaç ipi biraraya getirip birleştiririz (quarter yapı)	Deney	(%3)
	Arabada asıl işi yapan kısım motordur (aktif bölge) buna benzin (koenzim) koyarak arabayı çalıştırırız, ama motor arabadan küçüktür; aktif merkezde enzimde küçük bir bölgedir	Deney	(%6)
	Enzim bir kütüphaneye benzetilirse buradaki bilgi işlem odası aktif merkezdir	Deney	(%3)
	Kasetçalara benzer, tamamı enzim, protein yapısında, yalnız kasetin yerleştiği kısım substratın bağlandığı aktif merkez, kaset ise substrattır	Deney	(%3)
	Uzun metal yaya benzetiriz, yayı gerdiğimizde primer yapı, biraz gevşettiğimizde sekonder yapı, gerginken birden bıraktığımızda birbiri içine girer, buda tersiyer yapıdır	Deney	(%3)
	Dildeki tat alan kısımlarda olduğu gibi acıyı nasıl dilin uç kısmı ile algılıyorsak enziminde substratı tanıdığı yerler vardır	Deney	(%3)
ES-Kompleksi üzüme benzer, üzüm enzim, çekirdek substrattır	Kontrol	(%5)	
	Deney	(%6)	

Tablo 3.5'in devamı

Aktivasyon Enerjisi	Enzimler köprü ya da baraj olarak düşünülebilir, şiddetli akan bir suyun üzerine kurulan köprü karşıya geçişi kolaylaştırır	Deney	(%3)
	Basket potasının boyunun indirilmesi	Deney	(%6)
	Uzun atlama çitasının boyunun azaltılması	Deney	(%6)
	Tepedeki gedik içindeki kayanın aşağıya yuvarlanabilmesi için önce (transisyon durumuna) yani tepenin ucuna gelmesi gerek bunu sağlayan enzimlerdir	Deney	(%29)
	Kayığı elle kürek çekerek harekete geçirmek yerine motor kullanmak hızlandırır	Deney	(%3)
	Transisyon durumunu bir dağa benzetirsek dağın üzerinden geçmek yerine tünel açarsak daha hızlı ve çabuk ulaşıyoruz	Deney	(%23)
	Bir yere giderken kestirme yol kullanmaya benzer	Deney	(%3)
	Araba enzime bisiklet kimyasal katalizöre benzer	Deney	(%3)
	Anahtar kilit uyumu	Deney	(%81)
	Her anahtar her kilidi açamaz	Kontrol	(%37)
Enzim Özgüllüğü	Her kasanın belli bir şifresi vardır, başka bir şifre ile açamayız, her banka kartının şifresi, her bireyin kimlik numarası farklıdır ve her enzimin substratı farklıdır	Deney	(%3)
	Dişçinin aldığı kalıp sadece o kişiye uygundur, başka ağızda işlevi olmaz	Deney	(%3)
	Anne koyunun yavrusunu birçok kuzu içinden tanıyıp ona süt vermesine benzer	Deney	(%3)
	Her binanın kendi kapısı vardır, buraya girmek için o kapı kullanılır, başka bina kapılarından bu binaya giremeyiz	Kontrol	(%5)
	Bir fırında ekmek üretimi un miktarına bağlıdır, un çoksa ekmek üretimi maksimum olur, un azaldıkça üretimde azalır	Deney	(%3)
Enzim Kinetiği (reaksiyon hızının azalma nedenleri)	Fabrikada ürün fazlası olunca üretim yavaşlatılır	Deney	(%6)
	Sınıftaki yaramaz öğrenciler inhibitörlere benzer	Deney	(%10)
	Mazotu azalan arabanın hızı yavaşlar	Deney	(%3)
	Fabrikada iş çoksa çalışma hızını işçi sayısı belirler, yeterli işçi varlığında ne kadar çok iş getirilirse çalışma artar ama bir noktadan sonra tüm işçiler çalıştığı için iş ne kadar çok olursa olsun hız sabitlenir	Deney	(%10)
Enzim Kinetiği (substrat konsantrasyonunun reaksiyon hızına etkisi)	Çiçek dolu bir yerde ne kadar çok arı çalışırsa o kadar çok polen toplanır, eşek arıları gelirse engellenir	Deney	(%3)
	Tüm ormanı kesen testere sayısı arttıkça kesilen odun sayısı artar. Ağaç sayısı azsa testere fazla ise kesim hızını testere sayısı değil, ağaç sayısı belirler, boşta testere vardır	Deney	(%3)
	Enzim-İnhibitör-Kompleksi yaramaz öğrenci ile öğretmenin zaman harcamak, ilgilenmek zorunda kalmasına benzer, yaramaz öğrenci dersi engeller	Deney	(%10)
Enzim inhibisyonu (substrat benzeri maddenin reaksiyona etkisi)	İnhibitör, çalışkan öğrenci aktivatör	Deney	(%10)
	Çocuk geometrik şekillerle oynarken şekiller çok benzerse doğru olan yerine yanlış olanı takmaya uğraşır ve sonuca geç ulaşır	Deney	(%3)
	İnhibitör maddeyi parazitlere benzetebiliriz, bağırsak parazitleri yediklerimize ortak olur, normal flora dışında parazit olması hastalık demektir	Deney	(%3)
Geri bildirim inhibisyonu	Fabrikada üretim fazlası olduğunda, mal satılmadığında üretimin ilk basamaktan itibaren durdurulmasına benzer	Deney	(%23)
	Tuvalet sifonunda rezervuarın dolma mekanizmasına benzer	Deney	(%16)
	Su ısıtıcısı kaynayınca kendi kendine durur gereğinden fazla su kaynatmaz	Deney	(%3)
	Aç insanın tokluk hissi ile yemekten vazgeçmesi, Doyunca daha fazla yenmemesi, açlık hissinin yok olması	Deney	(%23)
	Şarjlı florasana, radyo, telefon şarjı dolunca elektrik almaz	Deney	(%6)
	Sigortalar, binanın sigortaları belirli sigortanın kapatılmasıyla belli odalara ışık verilmez, diğerleri aydınlatılabilir	Deney	(%3)
	Multienzim sisteminin kontrolü	Deney	(%3)

#### 4. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, deney grubundaki öğrencilerin son testte daha başarılı olmalarına karşın, enzimler konusunun anlamlı öğrenilme düzeyi belli bir seviyenin üzerine çıkmamış, öğrencilerde tam anlama sağlanamamıştır. Çalışmada enzimler konusunun geniş olarak ele alınması ve konunun zaten oldukça soyut ve anlaşılması güç bir konu olması öğrenme düzeyinin düşük olmasına neden olmuş olabilir. Aynı zamanda öğrencilerin bilimsel düşünme düzeylerinin de bu sonuçta etkili olduğu düşünülebilir. Öğrencilerde tam anlama sağlanamamasına rağmen deney grubunda analogi yönteminden sonra başarı önemli oranda artmıştır. Buna göre bu çalışmada enzimler konusunun öğretilmesinde kullanılan analogiler konunun öğrenilmesinde anlamlı derecede etkili olmuştur. Benzer şekilde Glynn ve Takahashi (1998) yaptıkları çalışmada hedef kavramın (hücre) özelliklerinin analogi (fabrika) ile ayrıntılı olarak eşleştirilmesinin, hedef kavramı öğrenciler için daha hatırlanabilir hale getirdiğini ve kalıcılık sağladığını tespit etmişlerdir.

Öğrencilerde kavram yanlışlarının görüldüğü konular aktivasyon enerjisi, enzim kinetiği ve enzim inhibisyonu konuları olarak ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin en az yanıtladıkları sorular da yine bu konuların son ikisi hakkındaki sorular olmuştur. Bu iki konuda deney ve kontrol grubundaki öğrencilerde aynı kavram yanlışlarına rastlanması analogilerin kavram yanlışlarını azaltmada tek başına yeterli olmadığını düşündürmektedir.

Enzimatik reaksiyonun hızının azalma nedenlerine ilişkin olarak “enzim miktarı azalır”, “yetersizdir”, “konsantrasyonu azalmış olabilir” diyen öğrencilerin bu azalmanın nasıl olabileceğine ilişkin fikirleri bulunmamaktadır. Farklı substrat konsantrasyonlarında reaksiyon hızına etki eden faktörler hakkında tabloda belirtilmeyen, toplamı deney grubunda %35’i bulan diğer kavram yanlışları mevcuttur. Deney grubunda ayrıca %6 gibi düşük bir oranda olsa bile “canlılarda enzimler olmasaydı ne olurdu, aktivasyon enerjisi ile ilişkilendirerek açıklayınız” sorusuna verilen yanıtlar içinde “enzimlerde enerji depo edilir” ya da “enzimler kadar enerji bakımından yüksek olan başka bir yapı yoktur” şeklinde kavram yanlışlarına rastlanmıştır.

Her ne kadar yalnızca bir sınav süresi içinde yapmak zorunda kaldıkları ve muhtemelen öncesinde kendilerinden istenmeyen bir şey olduğu göz önüne alınsa da, çalışmaya katılan öğrencilerin analogi oluşturma konusunda çok başarılı olmadıkları görülmüştür. Buna rağmen analogi kullanımının, yukarıda da belirtildiği gibi, deney grubu öğrencileri için yararlı olduğu görülmektedir. Kontrol grubu öğrencilerinin ön testte daha başarılı (ancak belli bir düzeyin altında) oldukları göz önüne alındığında, bu grubun konunun analogi kullanılarak anlatılmasından daha fazla bir yarar sağlayabilecekleri düşünülebilir. Ayrıca bu grubun kendi analogilerini yaratmada da daha başarılı olmaları muhtemeldir. Curtis ve Reigeluth (1984) analogileri, düzeylerine göre basit, zenginleştirilmiş ve genişletilmiş olarak 3 gruba ayırmıştır. Bu çalışmada da, farklı substrat konsantrasyonlarında reaksiyon hızına etki eden faktörlerin sorulduğu soruda öğrencinin kullandığı “Çiçek dolu bir yerde ne kadar çok arı çalışırsa o kadar çok polen toplanır, eşek arıları gelirse engellenir” benzetmesi zenginleştirilmiş analogiye iyi bir örnek oluşturmaktadır. Öğrencinin bu analogisi, enzim kinetiği (substrat doygunluğunda -çiçek dolu- enzimatik reaksiyonun hızında etkili olan faktör enzim miktarıdır -ne kadar çok arı-, substrat özgülüğü (çiçek-arı) ve enzim inhibisyonu (eşek arısı) konularının hepsini içermektedir. Bu örnekte olduğu gibi çalışmada ortaya çıkan öğrenci kaynaklı analogiler, enzimler konusu ile ilgili yeni analogilerin kazanılmasına yardımcı olabilir. Çalışmada soruları doğru yanıtladıkları halde bazı öğrencilerin başarılı analogiler oluşturamamaları bu konuda yetenekli ve/veya istekli olmamalarına bağlanabilir. Benzeri sonuçlara diğer literatürlerde de rastlanmaktadır (Şahin vd., 2000; Gabel ve Sherwood, 1980). Diğer taraftan bu çalışmada genel olarak doğru analogiler, soruları tam doğru veya kısmen doğru yanıtlayan öğrenciler tarafından verilmiştir.

Deney grubunda analogi ile zenginleştirilmiş ders notunda anahtar kilit modeli ve indüklenmiş uyum hipotezi, “mıknatıs-metal çubuk” analogisi (Nelson ve Cox, 2001) ile verilmiştir. Buna rağmen öğrencilerin hiçbirini yanıtlarında bu analogiyi kullanmamıştır. Bu durum söz konusu benzetmenin öğrenciler tarafından anlaşılmadığını akla getirmektedir. Gabel ve Sherwood’da (1980) çalışmalarında kimya dersinde kullanılan analogilerin yararlılığını engelleyen bir neden olarak öğrencilerin kullanılan benzetmeleri anlamamış olabileceklerini belirtmişlerdir.



Kendilerinden istenmediği halde kontrol grubunda indüklenmiş uyum ve anahtar kilit benzetmesinin kullanılmasının lisedeki biyoloji ve üniversitedeki genel biyoloji derslerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada analogilerin kullanımı öğrenmede anlamlı bir fark yaratmıştır. Aynı zamanda doğru analogilerin doğru yanıtlarla paralellik göstermesi, analogilerin öğrencilerin konuyu hatırlamasına ve anlamasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan kullanılan bu analogiler bazı öğrencilerde kavram yanılgılarının ortaya çıkmasını engelleyememiştir. Bu da analogilerin her zaman öğrenmede etkin araçlar olamadığını göstermektedir. Anlamlı öğrenmede etkili olan analogilerin, farklı öğrenci düzeylerine uygunluğunun sağlanmasında, analogilerin sınırlılıklarına, hedef kavrama benzeyen benzemeyen yönlerine ve öğrencinin benzetilen kavrama ya da olaya tanıdık olmasına daha çok önem verilmesi yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Bahar, M. (2002). Students' Learning Difficulties in Biology: Reasons and Solutions. *Kastamonu Education Journal*, 10(1), 73-82.
- Brown, D. E. (1992). Using Examples and Analogies to Remediate Misconceptions in Physics: Factors Influencing Conceptual Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 17-34.
- Curtis, R. V. & Reigeluth, C. M. (1984). The use of Analogy in Written Text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Gabel, D. L. & Sherwood, R. D. (1980). Effect of Using Analogies on Chemistry Achievement According to Piagetian Level. *Science Education*, 64(5), 709-716.
- Glynn, S. M. & Takahashi, T. (1998). Learning from Analogy-Enhanced Science Text. *Journal of Science Teaching*, 35(10): 1129-1149.
- Nelson, D. & Cox, M. (2001). *Lehninger Biochemie*, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Germany, p.1342.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*. 66(2), 211-227.
- Silverstein, T. P. (2000). Weak vs Strong Acids and Bases: The Football Analogy. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 849-850.
- Şahin, F., Gürdal, A., Berkem, M. L. (2000). Fiziyolojik kavramların anlamlı öğrenilmesiyle ilgili bir araştırma. 4. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, M.E.B. ve Padagogische Hochschule, Heidelberg-Germany, 6-8 Eylül 2000, Ankara, 17-23.
- Wong, E. D. (1993). Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*. 30(4), 367-380.