

Biyoloji Öğretmen Adaylarının “Enzim” Konusundaki Bilişsel Yapılarının Belirlenmesi

Determining Biology Student Teachers’ Cognitive Structure on the Concept of “Enzyme”

Hakan KURT

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları
Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Konya/TÜRKİYE, kurthakan1@gmail.com

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, biyoloji öğretmen adaylarının enzim ile ilgili kavramsal yapılarını belirleyerek bilişsel yapılarını tespit etmektir. Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Veriler toplam 40 biyoloji öğretmen adayının katılımıyla toplanmıştır. Verilerin toplanmasında bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği kullanılmıştır. Elde edilen veriler içerik analizine göre düzenlenmiştir. Araştırma sonunda veriler toplam 7 kategori altında toplanmıştır (enzimin yapısal özelliği, enzimin tanımı ve özellikleri, enzimin gerekliliği, enzimin çalışma modeli, enzimin çalışmasını etkileyen faktörler, enzimin görevleri ve enzim çeşitleri). Ayrıca enzimle ilgili bazı alternatif kavramlara sahip oldukları da belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enzim, Bağımsız kelime ilişkilendirme, Çizim, Alternatif kavram, Bilişsel yapı.

ABSTRACT

The current study aims to determine biology student teachers’ cognitive structure on the concept of "enzymes" through revealing their conceptual structure. Qualitative research method was applied in this study. The data were collected from 40 biology student teachers. The free word-association test and the drawing-writing technique were used as data collection instruments. The data collected were subject to content analysis. The data collected through the study were divided into 7 categories (the structural properties of the enzyme, the definition and properties of the enzyme, the necessity of the enzyme, the working model of the enzyme, factors affecting operation of the enzyme, the tasks of enzyme and enzyme variants). Moreover, it was determined that they had some alternative concepts about enzyme.

Keywords: Enzymes, Free word association test, Drawing, Alternative concepts, Cognitive structure.

GİRİŞ

Bireylerin nasıl düşündükleri, hatırladıkları, bilgileri nasıl organize ettikleri gibi konular yıllarca eğitim araştırmalarının en fazla merak edilen ve üzerinde araştırmalar yapılan en önemli konularının başında gelmektedir. Biyolojik olayları öğrencilerin anlamaları madde ve süreçlerin ontolojik kategorileriyle analiz edilir (Barak ve ark., 1999). Bu nedenle öğretmenler, öğrencilerin bilişsel yapılarını geliştirmeye yönelik birçok yol ortaya koymaya çalışmaktadırlar. Bilişsel yapı, bir öğrencinin uzun süreli belleğindeki kavramların ilişkilerini simgeleyen ve varsayıma dayanan bir yapıdır. Bilişsel yapı araştırması, öğretmenlerin bireyin ön bilgilerini bilme ve buna uygun öğretim stratejileri tasarlamalarına, öğrencilerin geçmiş deneyimleri ile yeni bilgilerini birleştirmelerinde onlara yardımcı olmalarıdır. Böylece eğitimciler öğrencilerinin anlamlı öğrenmelerini artırmalarına rehberlik edebilmektedirler. Onun için öğrencinin ön bilgilerini bilme, yalnızca öğretmenlerin öğretim stratejileri geliştirmelerine yardım etmekle kalmaz aynı zamanda öğrencilerin kavramsal değişiklikler üzerinde çalışmalarına da yardım etmektedir (Wandersee ve ark., 1994; Posner ve ark., 1982). Bu noktada biyoloji eğitimcileri de pratikte bilişsel yapı araştırmalarının sonuçlarından yararlanarak kullanabilmektedirler.

Kavramlar somut eşya, olaylar veya varlıklar değil, onları belirli gruplar altında topladığımızda ulaştığımız soyut düşünce birimleridir. Kavramlar gerçek dünyada değil, düşüncelerimizde vardır. Gerçek dünyada ancak örnekleri bulunabilir (Amettler & Pinto, 2002; Ayas ve ark., 1997).

Kavramsal öğrenme ise, öğrencinin edindiği bilginin yapısı ve içeriğine ya da kavramların nitel farklılıklarına odaklanır. Bundan dolayı öğrencinin ön bilgilerini bilmek ve bu bilgileri doğru yapılandırıp, yeni bilgilerle anlamlı bağlantılar kurmak öğrenmeyi gerçekleştirir. Yani kısacası kavramsal öğrenme anlamların yapılandırılması olarak tanımlanabilir (Tsai & Huang, 2002). Grayson ve ark. (2001) öğrencilerin kavramsal çatılarının bilimsel olmayan kavramlar ve düşüncelerle ilgili araştırmacılara öğrencilerin neyi, ne kadar bildiklerini göstermek için temel bir sistem sağladığını

belirtmişlerdir. Bu kavramsal çatıyla öğrencilerin öğrenmede zorluklarını resmettiğini ve bu kavramsal çatının nasıl yararlı olduğunu göstermişlerdir. Araştırma sonunda öğrenciler kavramlara hiç katılmayanlar, şüpheyle yaklaşanlar, kavramları kısmen zihinlerinde kuranlar ve kavramları tam olarak anlamlandıranlar şeklinde gruplandırılmışlardır.

Özellikle son yıllarda yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının eğitim ortamlarındaki etkisi kavramsal anlamayı ve kavramsal değişimi belirlemede farklı yöntem ve stratejilerin kullanımını gündeme getirmiştir (Vance ve ark., 1995). Bu kapsamda kavramsal anlamayı ve kavramsal değişimi sağlayan ve ölçen bazı stratejiler geliştirilmiştir. Bahar (2003), bu stratejileri şu şekilde sıralamıştır; kelime ilişkilendirme, yapılandırılmış grid, dallanmış ağaç, kavram haritaları, kavramsal değişim metinleri, analogi, tahmin-gözlem ve açıklamadır. Diğer taraftan anket, görüşme, kavram haritası, talih çizgileri ve kelime ilişkilendirme gibi alternatif teknikler öğrencilerin belirli bir konuya ait düşünce, anlama veya tutumlarını belirlemek için kullanılmaktadır (Bahar ve ark., 2008; White & Gunstone, 1998). Öğrencilerin bilişsel yapısını inceleyen bu tekniklerden en genel ve en eski olanı, aynı zamanda bu araştırmada da kullanılan kelime ilişkilendirme tekniğidir. Bu tekniğin bireylerin kavramsal yapılarını ve kavramsal değişimlerini ortaya koymakta oldukça etkili olduğu ifade edilmektedir (Hovardas & Korfiatis, 2006).

Enzim Kavramı Üzerine Yapılan Kavramsal Yapı Araştırmaları

Enzim konusunun katılımcılar tarafından oldukça zor öğrenilen konular arasında yer aldığı ve katılımcıların alternatif kavramları olduğu vurgulanmaktadır. Alternatif kavramlar, öğrencilerin biyolojinin pek çok konusunu anlamalarına ve öğrenmelerine engel olan önceden öğrenilmiş bazı bilgilerdir ki, bu bilgiler öğrenme sürecinde olumsuz etki yapmaktadır. Literatürde enzimlerle ilgili alternatif kavramların araştırıldığı ve farklı ölçme araçlarının kullanıldığı araştırmaların yer aldığı belirlenmiştir.

Bu kapsamda; enzim konusu hem öğrenenler hem de öğretenler açısından biyoloji alanında zor konulardan biri olarak ifade edilmektedir ki (Bahar ve ark., 1999a),

bunların anlaşılmasındaki temel zorluk iki nedene bağlanmaktadır. Bunlardan birincisi; biyolojik organizasyon seviyesinde bütünlüğün yakalanamaması, ikincisi de bazı konuların soyut olmasıdır (Lazarowitz & Penso, 1992). Francis ve Sellers (1994) proteinlerin hücrede ve organizmalarda enzimatik, yapısal ve çok karmaşık rollerinin olduğunu ve bunların öğrenilmesinde zorlukların olduğunu belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak pek çok araştırma katılımcıların enzimler konusunda alternatif kavramlara sahip olduklarını göstermektedir. Bu kapsamda enzimler konusunun temel kavram ve olaylarıyla ilgili üniversite öğrencilerinin kavram yanlışlarının olduğu belirlenirken (Atav ve ark., 2004), fen bilgisi öğretmen adaylarının enzimin özellikleriyle ilgili kavram yanlışlarının olduğu (Emre ve Yılayaz, 2006), enzim kinetiğinin hem öğretmenler için hem de öğrenenler için zor bir konu olduğu (González-Cruz ve ark., 2003; Voet ve ark., 2003), lise biyoloji öğrencilerinin enzim aktivitesi konusunda (Marini, 2005), üniversite biyoloji öğrencilerinin canlı dokularda enzim konusunda kavram yanlışlarının olduğu (Selvi & Yakışan, 2004), enzim-substrat ilişkisinde kavram yanlışlarının olduğu (Linenberger & Bretz, 2012; Orgill & Bodner, 2007), metabolizmada yağlar ve sitrik asit döngüsüyle ilgili (Oliveira ve ark., 2003) ve fen bilgisi öğretmen adaylarının enzim aktivitesi ve enzimin özellikleriyle ilgili pek çok kavram yanlışlarının (Sinan, 2007) olduğu belirlenmiştir.

Değişik biyokimyasal süreçlerin uygun olmayan sunumları Hull (2003)'ün ve Schönborn ve ark. (2009)'un belirttiği gibi kavramsal anlamada zorluklara neden olabilmektedir. Bu yönde etkili bilimsel sunumları Gilbert (2007) 5 grupta toplamaktadır. Bunlar; somut sunumlar (üç boyutlu modeller), sözel sunumlar (yazılı-sözlü tanımlamalar), sembolik sunumlar (kimyasal sembolleri gibi), görsel sunumlar (iki boyutlu, grafik resim gibi) ve hareketlerle sunumlardır (vücut hareketleriyle sunum). Bu yönde kavram yanlışları ancak önlenebilir.

Yukarıda ilgili literatürde belirtildiği gibi enzimler konusunda pek çok araştırma yapılmış olmasına rağmen bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniğinin birlikte kullanılarak ve özellikle biyoloji öğretmen adaylarının katılımıyla

detaylı verilerin toplandığı bir araştırmaya rastlanmamıştır. Araştırmada elde edilen verilerin literatüre oldukça katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı biyoloji öğretmen adaylarının bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği kullanarak “enzim” konusuyla ilgili bilişsel yapılarını araştırmaktır. Bu çalışma biyoloji öğretmen adayları enzim konusunu bilişsel yapılarında nasıl kavramsallaştırıyor? sorusuna odaklanmaktadır.

YÖNTEM

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Yıldırım ve Şimşek’e (2000) göre, nitel araştırmalar bir olguyu ilgili bireylerin bakış açılarından görebilmeyi ve bu bakış açısına ait süreçleri ortaya koymayı amaçlayan araştırma yöntemidir.

Çalışma Grubu

2011-2012 eğitim-öğretim yılının bahar döneminde yapılan bu çalışmaya; Necmettin Erbakan Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesinin biyoloji öğretmenliği bölümüne kayıtlı 4. ve 5. sınıfta öğrenim gören toplam 40 biyoloji öğretmen adayı katılmıştır.

Veri Toplama Araçları

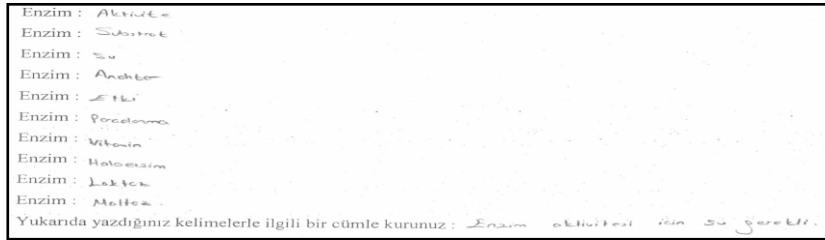
Bu araştırmada bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği kullanılmıştır. Farklı ölçme aracının kullanılmasındaki temel amaç biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramı konusundaki kavramsal yapıları hakkında detaylı veri toplayabilmektir.

Bağımsız kelime ilişkilendirme testi

Fen alanındaki birçok araştırmada kullanılan bu tekniğin (Bahar ve ark., 1999b; Bahar & Özatlı, 2003; Dove ve ark., 1999; Ercan & Taşdere, 2010; Kostova & Radoynovska, 2008; Kostova & Radoynovska, 2010; Özatlı & Bahar, 2010; Torkar & Bajd, 2006), son

yıllarda sosyal alanlarda da kullanılarak araştırmaların yapıldığı tespit edilmiştir (Bahar & Kılıçlı, 2001; Çiftçi, 2009; Işıklı ve ark., 2011).

Bağımsız kelime ilişkilendirme testi bir kişi veya grubun kavramsal yapısını belirlemek için kullanılan bir veri toplama tekniğidir. Bu tekniğin asıl amacı, uyarıcı kelimelerin her bir defada tek bir tane olmak üzere öğrencilere sunulmasıdır (Atasoy, 2004). Bağımsız kelime ilişkilendirme testleri kavramlarla ilgili, öğrencinin bilişsel yapısını ve bu yapıdaki kavramlar arası bağları, yani bilgi ağını çözümlmek, uzun dönemli hafızasında bulunan kavramlar arasındaki ilişkilerin yeterli olup olmadığını tespit etmek amacıyla kullanılan en yaygın tekniklerden biridir (Bahar & Kılıçlı, 2001; Bahar & Özatlı, 2003; Cardellini & Bahar, 2000; Nartgün, 2006). Bu teknik, zihne gelen fikirleri sınırlamadan bağımsız olarak uyarıcı kelimeyle ilişkili cevaplama varsayımına dayanır (Bahar ve ark., 1999b; Sato & James, 1999). Katılımcılar bağımsız kelime ilişkilendirme testinde, belli bir süre içinde (40 sn) uyarıcı kelimenin aklına getirdiği kavramları cevaplamak zorundadırlar. Bu araştırmada biyoloji öğretmen adaylarına bağımsız kelime ilişkilendirme testini tamamlamaları için “enzim” kavramı sorulmuştur. Bu testte enzim kavramı aşağıdaki formatta bir uyarıcı kelime olarak sunulmuştur. Şekil 1-’de kelime ilişkilendirme testiyle toplanan verilere katılımcılardan K40’e ait bir örnek verilmiştir.



Şekil 1. K40’a Ait Cevap Kağıdı

Şekil 1’de örneği verilen testte görüldüğü gibi; kelime ilişkilendirme testi 2 aşamadan oluşmaktadır.

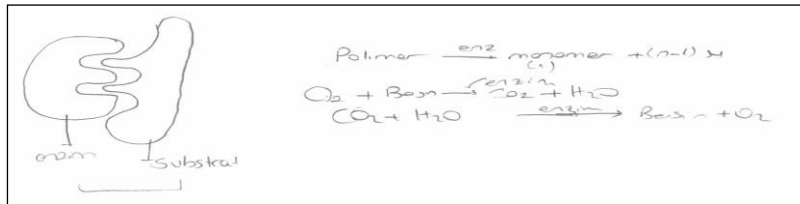
İlk aşamada; biyoloji öğretmen adaylarına enzim kavramını okuduklarında veya duyduklarında zihinlerine ilk gelen ilk on kelimeyi yazmaları sorulmuş ve bunu 40 sn

içinde yapmaları istenmiştir. Anahtar kavramın bu şekilde alt alta yazılmasının sebebi zincirleme cevap riskini önlemektir. Çünkü öğrenci her kavram yazımında anahtar kavrama tekrar dönmezse anahtar kavram yerine cevap olarak yazdığı kelimelerin aklına getirdiği kelimeleri yazabilecektir. Bu durumda testin amacını zedelemektedir.

İkinci aşamada; katılımcıların verilen 20 sn'lik sürede anahtar kavramla ilgili cümle yazmaları ifade edilmiş ve verilerin analizi aşamasında yazılan bu cümleler tek tek incelenmiştir. Çünkü anahtar kavramla ilişkilendirilen cevap cümle sadece hatırlama düzeyinde anahtar kavramla anlamlı ilişkisi olmayan çağrışım ürünü de olabilmektedir. Ayrıca ilgili cümle tek bir cevap kelimeye göre daha kompleks ve üst düzey yapıda olacağından cümlenin bilimsel olup olmaması, farklı nitelikte kavram yanılgıları içerip içermediği gibi durumlar değerlendirme sürecini etkilemektedir.

Çizme-Yazma Tekniği

Bu tekniğin fen alanında pek çok araştırmada kullanıldığı görülmektedir (Nyachwayaa ve ark., 2011; Pluhar ve ark., 2009; Prokop ve ark., 2009; Shepardson ve ark., 2007; Yayla & Eyceyurt, 2011; Yorek ve ark., 2010; Yörek, 2007). Bu ölçme aracıyla öğretmen adaylarının enzim kavramıyla ilgili görüşlerini derinlemesine incelenmesi amaçlanmıştır (Rennie & Jarvis, 1995). Araştırma sürecinde gizli kalmış düşünce, anlama ve tutumları hakkında doğal ve yüksek nitelikli veriler elde edilmesi açısından oldukça yararlıdır (Backett-Milburn & Mckie, 1999; Pridmore ve Bendelow, 1995; White & Gunstone, 1992). Bu kapsamda katılımcıların 5 dakika içinde enzim konusunda bildiklerini şekille anlatın sorusuna görüşlerini fikirlerini özgürce ve sınırlamadan ifade etmeleri istenmiştir. Aşağıda çizme-yazma tekniğine ait örnek verilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. K10'a Ait Çizme-Yazma Tekniğiyle Cevap Kâğıdı

Verilerin Analizi

Veri analizine başlamak için öncelikle katılımcıların cevap kâğıtları 1’den 40’a kadar numaralandırılmıştır. Veriler içerik analizi yöntemine göre analiz edilmiştir. İçerik analizinde temel amaç, verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmaktır. Bunun için de birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve kategoriler çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği bir biçimde düzenleyerek yorumlamaktır (Yıldırım & Şimşek, 2006).

Bağımsız kelime ilişkilendirme testinden elde edilen veriler kelime sayısı, cevap sayısı ve anlamsal ilişki tekniği kullanılarak analiz edilmiştir (Atasoy, 2004). Aynı anlamla cevaplanan kelimeler en sık tekrar edilen kelimeler altında sınıflandırılmıştır. İlişkisiz olarak görülen ve diğer kelimelerle ilişkisi olmayan birçok kelime ve 1 kez tekrarlanan kelimeler değerlendirmeye alınmamıştır. Kelimeler anlamsal ilişki kriteri kullanılarak kategorize edilmiş ve her kategorideki kelimelerin frekansları hesaplanmıştır. Birçok çalışma veri analiz tekniğinin bu tipinin güvenli sonuçlar sağladığını göstermektedir (Daskolia ve ark., 2006; Kostova & Radoynovska, 2008; Kostova & Radoynovska, 2010).

Çizme-yazma tekniğinde ise enzim kavramıyla ilgili çizim-yazım verileri içerik analizi yöntemine göre analiz edilmiştir. Katılımcıların enzim kavramıyla ilgili çizimleri belirli kategori ve alt kategoriler altında toplanmıştır. Ayrıca hem bağımsız kelime ilişkilendirme testinde hem de çizme-yazma tekniğinde metin içinde enzimle ilgili ilginç katılımcı açıklamaları katılımcı numarası belirtilerek “ ” (K30) işareti içinde aynen alıntı yapılarak verilmiştir. Çizme-yazma tekniğinde katılımcıların enzimle ilgili çizimlerine örnekler yine katılımcı numarası belirtilerek, örneğin: K40 ve K34 gibi metin içinde sunulmuştur.

Diğer taraftan öğrencilerin enzimle ilgili bilişsel yapılarının modelinin oluşturulmasında NVivo programından yararlanılmıştır. Çalışmada oluşturulan kategori ve alt kategorilere ait iç tutarlılık yazar ve biyoloji alanından ve biyoloji eğitimi alanından iki alan uzmanı tarafından sağlanmıştır.

BULGULAR ve YORUMLAR

Elde edilen verilerin analizi sonucunda, cevaplanan kelimelerden 7 kategori oluşturulmuştur. Bu kategoriler ve her kategoride cevaplanan kelimeler listelenmiştir (Tablo 1). Bu kelimeler bir kez tekrar edilmiş ve ilişkisiz kelimeler ise diğer kelimelerle birleştirilmemiştir. Bundan dolayı cevap kelimelerden % 11,40 (39 kelime) kategorilere dahil edilmemiştir. Ancak bu kelimeler araştırmanın niteliği yönünde değerlendirilen her kategorinin sonunda ilgili yorumlar bölümünde belirtilmiştir. Sonuç olarak bu kelimeler Tablo 1'den çıkarılmıştır. Enzim kavramı ile ilişkili geriye kalan 40 farklı kelime 7 (yedi) kategoriye bölünmüştür. Tablo 1'de her kategoride cevaplanan kelimeler ve kategoriler listelenmiştir. Toplamda 302 cevap kelime elde edilmiştir.

Tablo 1. Biyoloji Öğretmen Adaylarının Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testiyle Belirlenen “Enzim” Konusundaki Bilişsel Kavram Yapılarının Kategorilere Göre Dağılımı

Kategoriler	Kategorilerde Yer Alan Kavramlar ve Frekansları	Kategoriye Ait Toplam Frekanslar
1.Enzimin yapısal özelliği	“protein” (25) “koenzim” (19) “kofaktör” (17) “apoenzim” (8) “bileşik enzim” (6) “vitamin” (5) “aminoasit” (4) “mineral” (3)	87
2.Enzimin tanımı ve özellikleri	“substrat” (32) “katalizör/aktifleştirme” (20) “aktivasyon enerjisi” (13) “sıcaklıkta bozulma” (6) “inhibitor” (4) “aktif” (2) “inaktif” (2) “çalışması için % 15 su gerekli” (2) “düzenleyici” (2) “soğukta durur” (2)	85
3.Enzimin gerekliliği	“mide” (7) “canlı/canlılık” (6) “sindirim” (6) “enerji” (4) “pankreas” (4)	35

	“karaciğer” (2)	
	“boşaltım” (2)	
	“dolaşım” (2)	
	“solunum” (2)	
4.Enzimin çalışma modeli	“anahtar-kilit modeli” (30)	30
5.Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler	“sıcaklık” (15) “ph” (10) “su” (5)	30
6.Enzimin görevleri	“reaksiyon” (13) “parçalama/ayırıştırma” (5) “katabolizma” (3) “metabolizma” (2) “hormon” (2)	25
7.Enzim çeşitleri	“amilaz” (5) “laktaz” (2) “lipaz” (2) “maltaz” (2)	11
<i>Toplam</i>	40	303

Elde edilen verilerin analizi sonucunda birinci kategoride biyoloji öğretmen adaylarının, enzim kavramına verdikleri ilişkili cevaplar en yoğun olarak “enzimin yapısal özelliği” kategorisi altında toplanmış ve baskın kategori olarak ortaya çıkmıştır (f=87). Bu kategoride çoğu katılımcı cevap kelimeleri “protein”, “koenzim”, “kofaktör”, “apoenzim” ve “bileşik enzim” kelimelerine odaklanırken, katılımcıların bir kısmının “vitamin”, “aminoasit” ve “mineral” kavramlarını ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar katılımcıların enzim kelimesiyle daha çok enzimin yapısal özelliğiyle ilgili yakın bağlantılar kurduklarını göstermiştir. Bu durum biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramının yapısal özelliğini kavradıkları, anladıkları ve kavramsal değişimi sağladıkları yönünde değerlendirilebilir.

İkinci kategoride katılımcılar, yoğun olarak “enzimin tanımı ve özellikleri” ile ilgili ilişkilendirmeler ortaya koymuşlardır (f=85). Bu kategoride katılımcıların belirttiği ilişkilendirmeler çoğunlukla “substrat”, “katalizör”, “aktivasyon enerjisi” ve “sıcaklıkta bozulma” terimleriyle olurken, daha az bir kısmının “inhibitör”, “aktif”, “inaktif”, “çalışması için % 15 su gerekli”, “düzenleyici” ve “soğukta durur” cevap kelimeleriyle olmuştur. Fakat katılımcıların bu kategoride yazdıkları fakat 1 kez tekrar edildiği için bu kategoriye dahil edilmeyen cevap kelimeler ise; “her substrata

özgü” ve “gen” olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre katılımcıların enzimin tanımı ve özellikleriyle ilgili bilişsel yapılarının anlamlı ve geçerli olduğu söylenebilir.

Üçüncü kategori “enzimin gerekliliği” şeklinde oluşturulmuştur (f=35). Katılımcıların, bu kategori ile ilişkilendirmeleri “mide”, “canlı/canlılık” ve “sindirim olurken, daha az sıklıkta katılımcıların “enerji”, “pankreas”, “karaciğer”, “boşaltım”, “dolaşım” ve “solunum” cevap kelimeleri yazdıkları ortaya çıkmıştır. Ayrıca katılımcıların bu kategoride yazdıkları fakat 1 kez tekrar edildiği için bu kategoriye dahil edilmeyen kavramlar ise; “fotosentez”, “kemosentez” ve “ince bağırsak” olarak sıralanabilir. Biyoloji öğretmen adaylarının biyolojik olaylardaki enzimin gerekliliği ve organizmadaki çalışma yerlerini yüzeysel kavradıkları fakat hücre içi biyolojik olaylarla ilişkili detaylı bilgilere sahip olmadıkları söylenebilir.

Dördüncü kategoride katılımcılar, “enzimin çalışma modeli”yle ilişkili cevap kelimeler belirtmişlerdir (f=30). Bu kategoride katılımcıların tamamı “anahtar-kilit modeli” ifadesini kullanarak enzim çalışma prensibini bilinçlerinde düşündüklerini göstermektedir. Katılımcıların bu kategoride yazdıkları fakat 1 kez tekrar edildiği için bu kategoriye dahil edilmeyen kavramlar ise; “belirteç” ve “grafik” olarak belirlenmiştir. Katılımcıların enzimin çalışma modelini anahtar-kilit modeline benzeterek bu çağrışımında bulunmalarının sebebi ilk, orta, lise ve üniversiteye kadar bütün eğitim kademelerinde bu modelin gösterilmesi ve bunu bilişsel yapılarında yapılandırdıklarını göstermektedir.

Beşinci kategori katılımcıların cevap kelimelerinden “enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” kategorisi altında toplanan ilişkilendirmelerden oluşmuştur (f=30). Katılımcılar sadece “sıcaklık”, “pH” ve “su” kavramına odaklanmışlardır. Biyoloji öğretmen adaylarının “enzim yoğunluğu”, “substrat yoğunluğu”, “substrat yüzeyi” ve “diğer kimyasal maddelerin etkisi” gibi enzimin çalışmasını etkileyen önemli faktörlerle ilişkilendirme yapamadıkları görülmüştür.

Altıncı kategori cevap kelimelerden “enzimin görevleri” şeklinde oluşturulmuştur (f=25). Katılımcıların bu kategoriyle ilişkili olarak “reaksiyon” ve

“parçalama/ayırıştırma” belirgin olarak ortaya çıkmıştır, fakat istenilen düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Cevap kelimelerden “katabolizma”, “metabolizma” ve “hormon” kavramlarıyla çok sıklıkta bağlantı kuramadıkları tespit edilmiştir. Katılımcıların bu kategoride yazdıkları fakat 1 kez tekrar edildiği için bu kategoriye dahil edilmeyen kavramlar ise; “ürün”, “üretim” ve “yapım” kelimeleri olarak sıralanabilir. Biyoloji öğretmen adaylarının enzimin görevleriyle ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları söylenebilir.

Son kategori “enzim çeşitleri”yle ilişkili olarak ortaya çıkmıştır (f=11). Katılımcıların cevap kelimeleri bu kategori için daha sık olarak “amilaz” olurken daha az sıklıkta “laktaz”, “lipaz” ve “maltaaz” olarak belirlenmiştir. Katılımcıların organik maddelerin oluşturulması ve parçalanmasıyla ilgili konuları hatırladıkları görülmektedir. Katılımcıların bu kategoride yazdıkları fakat 1 kez tekrar edildiği için bu kategoriye dahil edilmeyen kavramlar ise; “sükraz”, “tükrük” ve “pepsin” olmuştur. Biyoloji öğretmen adaylarının enzim çeşitlerini yüzeysel olarak düşündükleri görülmektedir.

Diğer taraftan aşağıda biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramıyla ilişkili açıklamalarına ait bazı örnekler verilerek analizleri sunulmuştur.

“Enzimin yapısal özelliği” kategorisine ait açıklamalar;

“Enzim protein yapısında olan bileşik katalizörlerdir...” (K36)

“Enzim protein yapısında bazen vitamin ve minerallerden oluşur...” (K6)

“Enzim tanımı ve özellikleri” kategorisine ait açıklamalar;

“Enzim reaksiyonun hızını artıran temel olarak protein yapılı bir bileşiktir” (K27)

“Her enzimin kendine özgü bir substratı ve tepkimeye girerler” (K30)

“Enzimler, yüksek sıcaklıkta denatüre olurlar, yapıları bozulur. Düşük sıcaklıkta ise, yapıları bozulmaz fakat çalışmazlar” (K34)

“Enzimin gerekliliği ve organizmadaki çalışma yerleri” kategorisine ait açıklamalar;

“Canlılık faaliyetlerinde gerekli olan...” (K28)

“Sindirimde en büyük rol enzimlerindir...” (K31)

“Enzimler sayesinde kimyasal reaksiyonlar hızlı gerçekleşir” (K36)

“Enzimin çalışma modeli” kategorisine ait açıklamalar;

“Enzim ile substratın anahtar kilit modeli” (K29)

“...enzim substrat ilişkisi anahtar-kilit modeli gibidir” (K31)

“Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” kategorisine ait açıklamalar;

“...yüksek sıcaklıkta bozulabilen yapılardır” (K9)
“Enzimler belirli pH’larda, optimum sıcaklıkta çalışır...” (K37)

“Enzimin görevleri” kategorisine ait açıklamalar;
“Enzimler canlıda çeşitli metabolik reaksiyonların gerçekleşmesini sağlar” (K32)
“Enzimler besinlerini monomerlerine ayırır” (K41)

“Enzim çeşitleri” kategorisine ait açıklamalar;
“...tükrükteki salgımızda amilaz enzimi vardır” (K12)
“...maltaz, proteinaz gibi çeşitli enzimler vardır” (K17)

Yukarıda belirtilen cümle içeriklerine bakıldığında biyoloji öğretmen adaylarının her kategoriyle ilişkili cümleler yazdıkları, ancak enzimin tanımı ve özellikleriyle ilgili daha fazla cümle yazdıkları belirlenmiştir. Bu sonuç baskın kategori olarak ortaya çıkan “enzimin yapısal özelliği” kategorisiyle çelişmektedir. Fakat ikinci kategori olarak ortaya çıkan “enzimin tanımı ve özellikleri” kategorisini doğrular nitelikte bir bulgudur. Bazı katılımcıların cümle yazmadıkları, bazı katılımcıların ise yazdıkları cümleleri anlamlı cümle şekline dönüştüremedikleri tespit edilmiştir.

Ayrıca araştırma bulgularından biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramıyla ilgili bazı alternatif kavramlara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu alternatif kavramlara ait örnekler aşağıda verilmiştir;

“Enzimin tanımı” kategorisine ait örnek;

“Enzim kullanılmadan geri çıkar” (K28). Burada enzim kullanılmadan değil, tüketilmeden reaksiyondan geri çıkar şeklinde bilimsel bir ifadenin kullanılması gerekmektedir.

“Enzimin yapısal özelliği” kategorisine ait örnek;

“Enzim protein yapısında olan bileşik katalizörlerdir... koenzim ve kofaktör şeklinde çeşitleri vardır. Enzimler sayesinde kimyasal reaksiyonlar hızlı gerçekleşir” (K36). Biyoloji öğretmen adayının bileşik katalizörler ifadesi alternatif bir kavramdır. Çünkü enzimler bileşik olabildiği gibi basit de olabilir. Ayrıca katılımcı koenzim ve kofaktörün enzim çeşitleri olduğunu ifade etmişler fakat bunlar enzim çeşitleri değildir. Bunlar bileşik enzimi oluşturan mineral ve vitamin yapısındaki birimlerdir.

“Enzimin gerekliliği” kategorisine ait örnek;

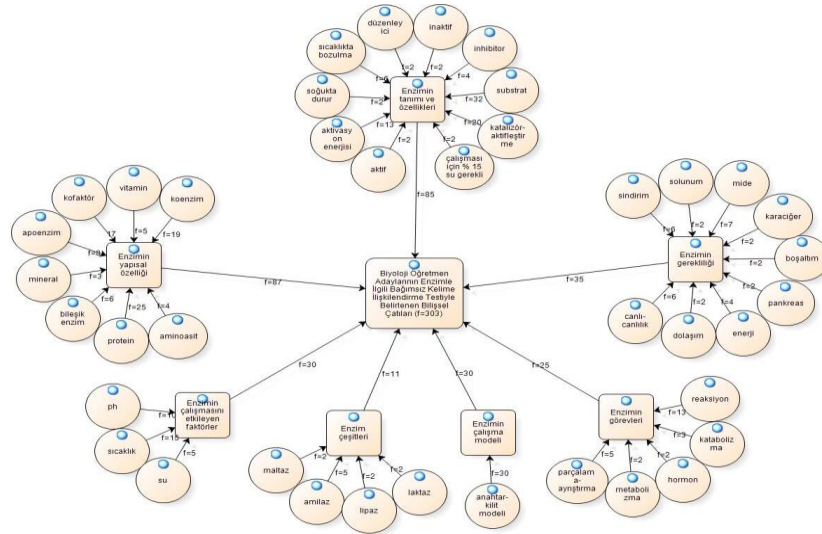
“Enzimler vücudumuzda birçok reaksiyonda, sindirim olayında görevlidir” (K39). Katılımcının ifadesinin yüzeysel ve genel bir ifade olduğu görülmektedir. Sindirim olayında görevlidir ifadesi ise eksik veya alternatif kavrama sahip olduğunu göstermektedir. Çünkü enzimler sadece sindirim olayında görevli yapılar değildir. Metabolik olayların hepsinde görevli olan yapılardır.

“Enzimin görevleri” kategorisine ait örnek;

“Enzimler besinleri temel parçalarına ayırır” (K40)

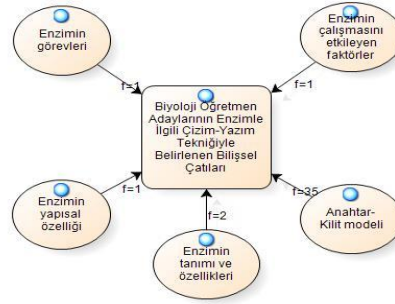
“Enzim ile substrat parçalanır yok edilir” (K41). Enzimler besinleri temel parçalara ayırması ifadesi yüzeysel ve eksik bilgiye sahip olduğunu göstermektedir. Enzim ile substrat yine yok edilmez fakat parçalanır.

Elde edilen veriler değerlendirilerek biyoloji öğretmen adaylarının enzimle ilgili bilişsel yapılarına ait model oluşturulmuştur (Model 1).



Model 1. Biyoloji Öğretmen Adaylarının Enzimle İlgili Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testiyle Belirlenen Bilişsel Çatılarının Modeli

Model 1 'de belirtildiği gibi biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramıyla ilgili kavramsal yapılarının yedi kategoriyle bağlantılı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir. Diğer taraftan Model 1'i destekler nitelikte öğretmen adaylarının çizme-yazma tekniğiyle elde edilen kavramsal yapıları Model 2'de verilmiştir. Bu modelde de öğretmen adaylarının kavramsal yapılarının beş kategoriyle bağlantılı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir.

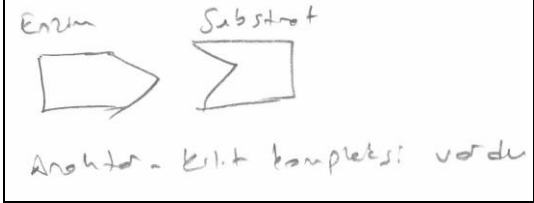
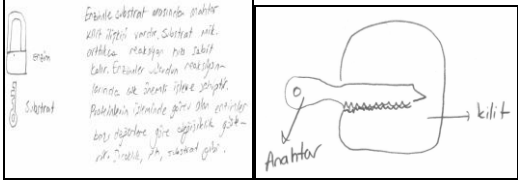

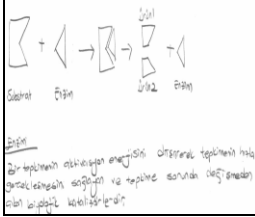



Model 2. Biyoloji Öğretmen Adaylarının Enzimle İlgili Çizme-Yazma Tekniğiyle Belirlenen Bilişsel Çatılarının Modeli

Diğer taraftan biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramıyla ilgili çizimlerine örnekler ilgili kategoriler altında Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'ye göre, enzim kavramı tanımına ait öğrenci çizimleri 5 kategori altında toplanmıştır. Bunlar; Anahtar-kilit modeli (35), enzimin çalışmasını etkileyen faktörler (1), enzimin tanımı ve özellikleri (2), enzimin yapısal özelliği (1) ve enzimin görevleri (1).

Tablo 2. Biyoloji Öğretmen Adaylarının Çizme-Yazma Tekniğiyle Belirlenen "Enzim" Konusundaki Bilişsel Kavram Yapılarına Ait Bulgular

Kategoriler	Çizim niteliği	Çizim örnekleri	f
1. Anahtar-kilit modeli	1-2-3'lü dişli çizim		21

	Dikdörtgen-köşeli dışı çizim	 <p>Enzim Substrat</p> <p>Anahtar-kilit kompleksi vardı</p> <p>K3</p>	7
	Anahtar-kilit çizim	 <p>Enzim Substrat</p> <p>Anahtar-kilit</p> <p>K25 K8</p>	6
	Altıgen içi boş çizim	 <p>Anahtar-kilit ilişkisi</p> <p>K5</p>	1
2.Enzimin tanımı ve özellikleri	İfadelerle enzimin etki ettiği birimlerin (substrat) şekli	 <p>Substrat Enzim</p> <p>Enzim</p> <p>Enzim tanımı: Enzimler organik moleküllerdir. Enzimler biyokatalizörlerdir. Enzimler protein yapısındadır. Enzimler sıcaklığa duyarlıdır. Enzimler pH'ya duyarlıdır. Enzimler spesifikdir. Enzimler tekrar kullanılabilir. Enzimler hücre dışı veya hücre içi olabilir. Enzimler genetik olarak kodlanırlar. Enzimler enzim aktivitesini kaybetmezler. Enzimler enzim aktivitesini kaybetmezler. Enzimler enzim aktivitesini kaybetmezler.</p> <p>K17</p>	2
3.Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler	Parça et-kıyma şekli (yüzey ilişkisi)-ph	 <p>Enzim Substrat</p> <p>Enzim</p> <p>Substrat</p> <p>K32</p>	1

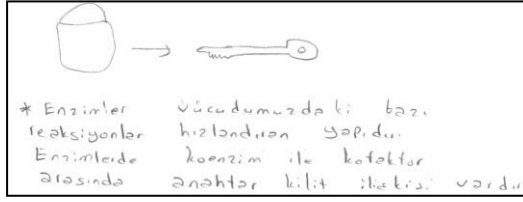
4.Enzimin yapısal özelliği	İfadelerle enzimi oluşturan birimlerin şekli	<p style="text-align: center;">K7</p>	1
5.Enzimin görevleri	Besinlerin parçalanması	<p style="text-align: center;">K29</p>	1
<i>Toplam</i>			40

Biyoloji öğretmen adaylarının kavram konusundaki çizimlerinden baskın olarak “anahtar-kilit modeli”ni düşündükleri ve bunu çizimle ifade ettikleri görülmüştür. Anahtar-kilit modellerinin yoğun olarak “1’li-2’li-3’lü dişli”, “dikdörtgen köşeli”, “anahtar-kilit” ve “altıgen içi boş çizimler” olduğu görülmüştür. Nadir olarak “enzimin tanımı ve özellikleri”, “enzimin yapısal özelliği” ve “enzimin görevleri” kategorilerinde de şekil çizdikleri belirlenmiştir. Katılımcıların bağımsız kelime ilişkilendirme testinde ortaya çıkan “enzimin gerekliliği”, “organizmadaki çalışma yerleri” ve “enzim çeşitleri” kategorilerinde herhangi bir çizime rastlanmamıştır.

Katılımcıların çizme-yazma tekniğiyle enzim kavramı konusundaki açıklamaları incelendiğinde ise; bağımsız kelime ilişkilendirme testinde olduğu gibi bazı alternatif kavramlara sahip oldukları belirlenmiştir. Katılımcıların alternatif kavramlarına ait örnekler aşağıda verilmiştir;

“anahtar-kilit modeli” kategorisiyle ilişkili örnek;

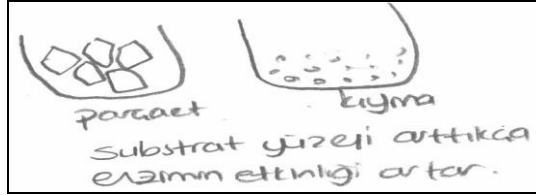
“enzimlerde koenzimle kofaktör arasında anahtar kilit ilişkisi vardır” (K31). Katılımcı önemli bir alternatif kavrama sahiptir. Çünkü katılımcı anahtar-kilit ilişkisini enzim substratla ilişkisi olarak görmemektedir.



K31'e ait çizim

“Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” kategorisiyle ilişkili örnek;

“Substrat yüzeyi arttıkça enzim etkinliği artar” (K5; K21). Katılımcılar kıyılmış materyalde (et) reaksiyonun hızlı olmasının nedenini açıklarken (K5) belirttikleri ikinci alternatif kavramları “enzimin etki yüzeyinin artışından kaynaklandığı” yönündeki düşüncedir.

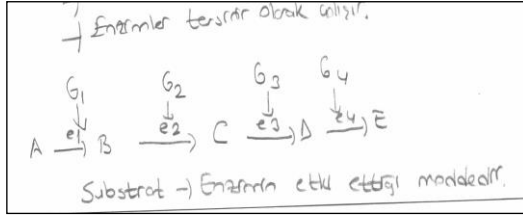


K5'e ait çizim

“enzimin tanımı ve özellikleri” kategorisiyle ilişkili örnek;

“...enzimler tersinir olarak çalışır” (K14;15). Katılımcılar enzimin özellikleriyle ilgili alternatif bir kavrama sahip olduklarını göstermektedir. Çünkü inhibitörler enzime tersinir olarak bağlanırlar ve substratın bağlanmasını engeller ve enzimin tepkime hızları azalır. Burada enzim tersinir olarak çalışmaz inhibitörler tersinir olarak enzime bağlanır.

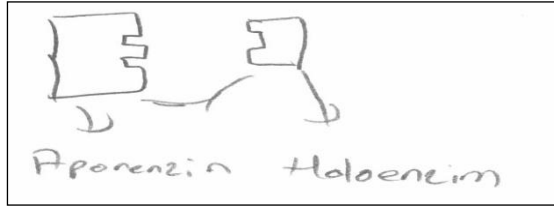
“Enzimler tepkimede reaksiyon ürünüdür...” (K22). Enzimler tepkimede reaksiyon ürünü değil reaksiyona giren ve aynı şekilde çıkan protein yapısındaki bir moleküldür.



K15'e ait çizim

“Enzimin yapısal özelliği” kategorisiyle ilişkili örnek;

“Apoenzim haloenzimi oluşturur” (K11), “...Apoenzim, koenzim, kofaktör olarak 3'e ayrılır” (K19). Apoenzim bilişik enzimi oluşturan protein yapısındaki bir birimdir. Haloenzimi oluşturan bir yapı değildir. Enzimin yapısal özelliğinde apoenzimle beraber koenzim birlikte haloenzimi oluşturmaktadır.



K11'e ait çizim

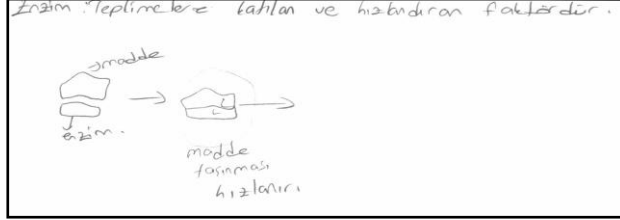
“enzimin görevleri” kategorisiyle ilişkili örnek;

“...canlılarda tepkimeleri başlatan yapılardır” (K13). Katılımcının ifadesi alternatif bir kavramdır. Çünkü enzimler başlamış olan reaksiyonu hızlandıran yapılardır. Reaksiyonu başlatan aktivasyon enerjisidir.

“enzimler reaksiyonu hızlandırıcı etki yapar ya da yavaşlatabilir” (K19). Enzimlerin yavaşlatıcı bir etkisi yoktur.

“...madde taşınmasını hızlandırır” (K20). Katılımcı enzimi madde taşınımını hızlandırmasıyla ilişkili görmektedir. Enzim madde taşınımını hızlandırıcı bir görevi yoktur.

“...Enerji harcanması vardır...” (K22). Enerji harcaması yoktur. Katılımcı enerji harcaması olduğunu düşünmektedir. Burada aktivasyon enerjisiyle karıştırmakta olduğunu göstermektedir.



K20'ye ait çizim

TARTIŞMA ve SONUÇ

Biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramı ile ilgili kavramsal çatıları biyoloji ile ilgili kavramları yapılandırmaları bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışma, biyoloji öğretmen adaylarının bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme tekniği kullanarak “enzim” ile ilgili bilişsel yapılarını araştırmak amacıyla hazırlanmıştır.

Bu çalışmada biyoloji öğretmen adaylarının enzim ile ilgili cevap kelimeleri incelendiğinde, genellikle pozitif ilişkilendirmeler ifade ettikleri belirlenirken, negatif ilişkilendirmelerde ifade ettikleri belirlenmiştir. Bu ilişkilendirmeler biyoloji öğretmen adaylarının günlük yaşantılarında kullandıkları ve derslerde vurgulanan akademik olarak kabul gören kelimeleri yansıtmaktadır. Bu çalışmada veriler toplam 7 kategori altında toplanmıştır. Bunlar, “enzimin yapısal özelliği”, “enzimin tanımı ve özellikleri”, “enzimin gerekliliği”, “enzimin çalışma modeli”, “enzimin çalışmasını etkileyen faktörler”, “enzimin görevleri” ve “enzim çeşitleri” şeklinde sıralanmıştır. Diğer taraftan enzim kavramıyla ilgili çizimlerden 5 kategori ortaya çıkmıştır. Bunlar; anahtar-kilit modeli, enzimin çalışmasını etkileyen faktörler, enzimin tanımı ve özellikleri, enzimin yapısal özelliği ve enzimin görevleridir. Her iki ölçme aracıyla elde edilen kategoriler birbirini destekler nitelikte ve birbirini detaylandırır niteliktedir. Bu

durum farklı ölçme aracı kullanılarak kavramsal öğrenme hakkında detaylı bilgi elde edilebileceğini göstermektedir.

Elde edilen kategorilerden ulaşılan sonuçlar kapsamında; biyoloji öğretmen adayları enzim kelimesini “*enzimin gerekliliği*” nden daha çok “*enzimin yapısal özelliği*” ve “*enzimin tanımı ve özellikleri*” yle ilişkilendirmişlerdir. Biyoloji öğretmen adaylarının enzimin yapısal özelliği ilgili bilişsel yapılarının kavramsal geçerliliğinin olduğu söylenemez. Çünkü enzimin yapısal özelliğiyle ilgili hem bağımsız kelime ilişkilendirme testindeki ifadelerinden hem de çizim açıklamalarından alternatif kavramlara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu yönde Lazarowitz ve Penso (1992) hem öğretmenlerin öğretilmelerine, hem de öğrencilerin öğrenmelerine dayalı olarak enzimin yapısı ve fonksiyonunu anlamada güçlük çektiklerini belirtmişlerdir. Bunların nedenini biyolojik organizasyon seviyesinde bütünlüğün yakalanamaması ve bazı konuların soyut olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Bahar (2002) da öğrencilerin güçlük çektikleri konular arasında enzimlerin de olduğunu belirtmiştir. Enzim konusundaki pek çok araştırma öğrenciler, öğretmen adayları/öğretmenler tarafından oldukça zor öğrenilen konular arasında yer aldığı ve katılımcıların kavram yanılgıları- alternatif kavramları olduğu vurgulanmaktadır (Bahar et al., 1999a; Lazarowitz & Penso, 1992; Linenberger & Bretz, 2012; Selvi & Yakışan, 2004; Sinan ve ark., 2006; Sinan, 2007). Alternatif kavramlar, öğrencilerin biyolojinin pek çok konusunu anlamalarına ve öğrenmelerine engel olan önceden öğrenilmiş bazı bilgilerdir ki bu bilgiler öğrenme sürecinde olumsuz etki yapmaktadır. Literatürde enzimlerle ilgili alternatif kavramların araştırıldığı ve farklı ölçme araçlarının kullanıldığı araştırmaların yer aldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen önemli sonuçlardan bir bölümü ise alternatif kavramlar farklı öğretim kademelerindeki katılımcılarla yapılmasına rağmen pek çok açıdan birbirini destekler niteliktedir. Aşağıda buna ait örneklere yer verilerek literatürle değerlendirilmiştir;

Biyoloji öğretmen adaylarının “*Enzimin yapısal özelliği*” ile ilgili “*Enzim protein yapısında olan bileşik katalizörlerdir ...koenzim ve kofaktör şeklinde çeşitleri vardır...*”

(K36), “Apoenzim haloenzimi oluşturur” (K11), “...Apoenzim, koenzim, kofaktör olarak 3'e ayrılır” (K19) yanlış anlamalara sahip oldukları belirlenmiştir. Emre ve Yılayaz (2006) fen bilgisi öğretmen adaylarının enzim özellikleriyle ilgili olarak “koenzimler reaksiyonun aktivasyon enerjisinin düşmesinde enzimlere yardım ederler”, “koenzimler reaksiyonda görev yapmazlar, enzimlerin aktif bölgeleri substratla reaksiyona girebilmek için yapılarını değiştirebilirler” şeklinde benzer vurguları olan alternatif kavramlara sahip olduklarını belirtmişlerdir.

“Enzimin tanımı ve özellikleri” ile ilgili “Enzim kullanılmadan geri çıkar” (K28), “...enzimler tersinir olarak çalışır” (K14; K15), “Enzimler tepkimede reaksiyon ürünüdür...” (K22) alternatif kavramlara sahiptirler. Benzer şekilde Sinan (2007)'de fen bilgisi öğretmen adaylarının enzim aktivitesi ve enzimin özellikleriyle ilgili kavram yanılgılarının olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı bu çalışmada ortaya çıkan alternatif kavramlardan farklı olarak ayrıca “Enzimler reaksiyona enerji verirler.”, “Enerji vermezler, var olan aktivasyon enerjisini artırırılar.” “Bunu enzim değil, katalizör yapar.” “Substrat olmadığında inaktif halde olabilir.” “Her zaman aktif olmayabilir. Aktif olmayınca da iş görebilirler.” “İnhibitör reaksiyona yardım eden ve değişmeden çıkan maddedir” gibi alternatif kavramları tespit etmiştir.

“Enzimin gerekliliği” ile ilgili olarak ise; “Enzimler vücudumuzda birçok reaksiyonda, sindirim olayında görevlidir” (K39) alternatif kavramı belirlenmiştir. Atav ve ark. (2004) çalışmalarında üniversite biyoloji bölümü öğrencilerinin “enzim olmasaydı biyolojik reaksiyonlar yavaş olurdu” şeklinde enzimin gerekliliği konusunda alternatif kavramları olduğunu belirlemiştir.

“Enzimin çalışma modeli” ile ilgili olarak katılımcıların çizim açıklamalarından; “enzimlerde koenzimle kofaktör arasında anahtar kilit ilişkisi vardır” (K31) alternatif kavramına sahip oldukları belirlenmiştir. Enzim-substrat etkileşimi liseden üniversiteye derslerde tartışılan tamamlayıcı bir konu olmasına rağmen öğrencilerin kavramları anlamaları üzerine çok az çalışma yapıldığı belirlenmiştir (Orgill & Bodner, 2007). Linenberger & Bretz (2012) lise öğrencilerinin enzim-substrat ilişkisini anlamalarını

amaçlayan araştırmaları sonunda; öğrencilerin enzim-substrat ilişkisinde alternatif kavramları yanında bilişsel uyumsuzluklarını ortaya çıkarmışlardır.

“*Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler*” ile ilgili çizim açıklamalarından sadece birkaç katılımcıda alternatif kavram olduğu tespit edilmiştir. Diğer faktörlerle ilgili olarak biyoloji öğretmen adaylarında herhangi bir alternatif kavram tespit edilmemiştir. Ortaya çıkan alternatif kavram ise “*Substrat yüzeyi arttıkça enzim etkinliği artar*” (K5;K21) şeklinde ortaya çıkmıştır. Emre ve Yılayaz (2006) pH’la ilgili “*pH’in substrata herhangi bir etkisi olmaz*”, “*pH değişimleri enzimleri denatüre etmez*”, “*pH değişimleri enzimlerin 3 boyutlu yapısını bozamaz, ortamın pH’ını eski haline getirdiğimizde enzim etkisini tekrar kazanır*”, sıcaklıkla ilgili “*ortam sıcaklığı düşürüldüğünde enzim aktivitesini yeniden kazanır*”, “*düşük sıcaklık enzimi denatüre eder*”, “*düşük sıcaklıkta enzim aktivitesini kaybeder ve çalışamaz duruma gelir*”, “*düşük sıcaklıktaki ortamın sıcaklığı tekrar artırıldığında enzim aktif hale gelir*” alternatif kavramların olduğunu belirtmişlerdir. Sinan ve ark. (2006; 2007) fen bilgisi öğretmen adaylarının “*su enzimler için etkili değildir*”, “*substrat tepkimeyi etkilemez*”, “*sıcaklığın belirli bir eşik değeri vardır, bunun altında ve üstünde hiç etkisi olmaz*” şeklinde enzimin çalışmasını etkileyen faktörle üzerine alternatif kavramlara sahip olduklarını belirtmiştir.

“*Enzimin görevleri*” gibi önemli konuda öğretmen adaylarının cevap kelimelerinden istenilen kelimeleri yeterince düşünmedikleri belirlenmiştir. Katılımcıların bağımsız kelime ilişkilendirme testindeki açıklamalarında “*Enzimler besinleri temel parçalarına ayırır*” (K40), “*Enzim ile substrat parçalanır yok edilir*” (K41), çizme tekniğinden “*...canlılarda tepkimeleri başlatan yapılarıdır*” (K13), “*enzimler reaksiyonu hızlandırıcı etki yapar ya da yavaşlatabilir*” (K19), “*...Enerji harcanması vardır...*” (K22) alternatif kavramları olduğu belirlenmiştir. Atav ve ark. (2004) “*enzim olmasaydı biyolojik reaksiyonlar yavaş olurdu*” şeklinde benzer bir alternatif kavramı üniversite biyoloji öğrencilerinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Sinan (2007) fen bilgisi öğretmen adaylarının “*Enzimler reaksiyona enerji verirler*”, “*Enerji vermezler, var olan aktivasyon enerjisini artırurlar*” şeklinde alternatif kavramlara sahip olduklarını belirtmiştir. Bu çalışmayla benzer sonuçlar elde edilmiştir. Voet ve ark. (2003)

öğrencilerin enzimle ilgi bilgileri enzim kinetiği, metabolik yolun düzenlenmesi, transkripsiyon ve translasyon gibi biyokimyada düşünülen kavramları anlamalarını etkilediğini ifade etmişlerdir. Bu araştırmada biyoloji öğretmen adaylarının enzimin görevleri kategorisiyle ilişkili çağrışım kavramları hem tekrar açısından hem de bazı önemli kavramları düşünmemeleri açısından yeterli olmamıştır. Biyoloji öğretmen adaylarının bilişsel yapılarının kavramsal geçerliliğinin olmadığı söylenebilir.

Diğer taraftan öğretmen adaylarının cevap kelimeleri ve açıklamaları incelendiğinde; laboratuvar çalışmalarıyla ve görsel araçlarla çağrışım yapmaları onların yaparak-yaşayarak öğrenmelerinin bilişsel yapılarında kavramların kalıcılığında etkisinin oldukça fazla olduğunu göstermektedir. Bir çok öğretmenin, öğretim sürecinde öğrencinin aktif katılımın ancak laboratuvar deneyimleri ile sağlanabileceğine inandıkları (O’Connell McManus ve ark., 2003) ve öğrencilerin yaparak öğrenmeye ne kadar çok katılırlarsa gereken içeriğe o kadar iyi hakim olacakları ortaya konulmuştur (McComes & Moore, 2001). Öğrenmeye aktif olarak katılan öğrenciler, bilgiyi zihinsel süreçlerinde daha iyi muhafaza ederler. Aktif öğrenme fen sınıflarında uygulanabilir birden fazla öğretim ve öğrenim stratejileri sağlar. Bu yüzdendir ki eğitimciler aktif öğrenme tekniklerini fen öğretiminin pek çok alanında kullanmaktadırlar (Tessier, 2003). Lunsford (2002), öğrencilerin laboratuvar çalışmaları ile biyolojinin temel içeriklerini, bilimsel olayları ve bilimsel metotları başarılı olarak anladıklarını belirtmektedir (Lunsford, 2002).

Driver ve Oldhom (1986), öğrencinin kavramsal bilgisini oluştururken gidebileceği olası yolları incelemek gerektiğini belirtmişlerdir. Hazırlıklı ve deneyimli öğretmenler ve üniversitede ders veren öğretim elemanları öğrencilerin yanlış öğrenebilecekleri ve yapabilecekleri konuları tecrübeleriyle bilebilirler. Kavramsal öğretimin planlandığı bir ünitenin ilk dersinin yönetimi çok önemlidir. Çünkü bu derste yapılan uygulamalar daha sonraki ünitenin devamını yönlendirebilmektedir. Özel planlama bu dersten sonra yapılmalıdır. İlk derste öğrencilerin ön bilgileri belirlenmelidir. Öğrencilerin sınıfa beraberinde getirdikleri ön bilgilerini incelemek, belirlemek ve açıklamak zaman harcamayı gerektirir. İleriki süreçte öğrenim planlarının kararlaştırılması bu bilgi

esasına göre yapıldığında öğrenciler ancak başarılı öğrenmeler gerçekleştirebilirler. Dolayısıyla uygun stratejiler kullanılarak kavram yanlışlarının oluşumunun engellenmesi veya oluşmuşsa giderilmesi yönünde çaba harcanması gerekmektedir (Bahar, 2003; Yip, 1998). Bu konu özellikle öğretmen eğitiminde göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir (Mak ve ark., 1999).

Şahin (2002) de kavram haritaları ile ilgili yaptığı çalışmada öğrencilerin enzimlerle ilgili kavram haritalarını çizmelerini içeren bir öğretim modelini incelemiş ve kavramsal anlamayı olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Atılboz ve Yakışan (2003) ise, laboratuvar çalışmalarında V-diyagramları kullanılarak enzimlerin öğrenilmesini geleneksel yöntemle karşılaştırmışlar. Araştırmanın sonucunda V-diyagramları kullanılarak yapılan laboratuvar etkinliklerinin öğrencilerin enzimler konusunu anlamalarında daha etkili olduğunu belirlemişlerdir. Ürek ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada proteinler ve enzimler konusunda rehber materyal geliştirilmesi ile ilgili yapılan araştırmada bu konunun öğrenilmesi ve öğretilmesindeki zorluklara dikkat çekilerek ders kitaplarında önemli hataların olduğu ve bunların giderilmesi gerektiği, aktif öğrenmeye yönelik uygulamaların yapılması gerektiği belirtilmiştir. Aminoasit tanımlamasında kullanılan merkez karbon atomu kavramı yerine temel bir karbon atomu ve aynı karbon atomu; değişken R grubunun ise radikal grup olarak tanımlandığı ders kitaplarının bulunduğu bahsedilmiştir. Ders kitaplarında benzer birçok hatalı tanımlamaların yapıldığı, bunların kavramların anlaşılmasını zorlaştırdığı ve karmaşaya neden olduğu belirtilmiştir. Bu yönde öğretmen eğitim programları öğrencilerin kavramsal gelişimlerini kolaylaştırmada, mesleki becerilerini geliştirmek ve öğrencilerin öğrenme zorluklarını tespit edebilecek yönde öğretmenlerin farkındalığını geliştirmeyi amaçlaması gerekmektedir (Yip, 1998).

Sonuç olarak her eğitim kademesinde kavram öğretimine ve kavramsal öğrenmeye önem verilmesi ve bu yönde eğitim-öğretim faaliyetlerinin düzenlenmesi anlamlı öğrenmeler açısından oldukça gereklidir. Diğer taraftan biyoloji öğretmen adaylarının kavramları başarıyla öğrenmelerini gerçekleştirmelerini sağlamak amacıyla bilişsel stratejileri etkin kullanımları yönünde eğitim almalarıyla, kavramlara ait bilişsel

yapılarının kalıcı ve doğru olması sağlanabilir (Taşçı & Soran, 2012). Bu yönde geleceğin öğretmenleri olacak olan biyoloji öğretmen adaylarının nitelikli eğitim almalarıyla öğrencilerine nitelikli eğitim verecekleri anlamına geleceği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Amettler, J., and Pinto, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24 (3), 285-312.
- Atasoy, B. (2004). *Fen öğrenimi ve öğretimi*. Ankara: Asil Yayınevi.
- Atav, E., Erdem, E., Yılmaz, A. and Gücüm, B. (2004). The effect of developing analogies for meaningful learning of the subject of enzymes. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 21-29.
- Atılboz, N. G. ve Yakışan, M. (2003). V-diyagramlarının genel biyoloji laboratuvarı konularını öğrenme başarısı üzerine etkisi: Canlı dokularda enzimler ve enzim aktivitesini etkileyen faktörler. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 8-13.
- Ayas, A., Çepni, S., Johnson, D. ve Turgut, M. F. (1997). *Kimya öğretimi*. Ankara: YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Öğretmen Eğitimi Yayınları.
- Backett-Milburn, K., and McKie, L. (1999). A critical appraisal of the draw and write technique. *Health Education Research Theory & Practice*, 14 (3), 387-398.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., and Hansell, M. H. (1999a). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33, 84-86.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., and Sutcliffe, R. G. (1999b). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33, 134-141.
- Bahar, M. ve Kılıçlı, F. (2001). *Kelime ilişkilendirme testi yöntemi ile Atatürk ilkeleri arasındaki bağların araştırılması*. X. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Bahar M. (2002). Students' learning difficulties in biology: Reasons and solutions *Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10, 73-82.
- Bahar, M. (2003). Biyoloji eğitiminde kavram yanılgıları ve kavram değişim stratejileri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 3 (1), 27- 64.
- Bahar, M. ve Özatlı, N. S. (2003). Kelime iletişim test yöntemi ile lise 1. sınıf öğrencilerinin canlıların temel bileşenleri konusundaki bilişsel yapılarının

- araştırılması. *Bahkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1), 75-85.
- Bahar, M., Özel, M., Prokop, P., and Uşak, M. (2008). Science student teachers' ideas of the heart. *Journal of Baltic Science Education*, 7(2), 1648 -3898.
- Barak, J., Sheva, B., Gorodetsky, M., and Gurion, B. (1999). As 'process' as it can get: students' understanding of biological processes. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1281-1292.
- Cardellini, L., and Bahar, M. (2000). Monitoring the learning of chemistry through word association tests. *Australian Chemistry Research Book*, 19, 59- 69.
- Çiftçi, S. (2009). Kelime çağrışımlarının cinsiyet değişkenine göre gösterdiği temel nitelikler üzerine bir deneme. *Turkish Studies*, 4 (3), 633-654.
- Daskolia, M., Flogaitis, E., and Papageorgiou, E. (2006). Kindergarten teachers' conceptual framework on the ozone layer depletion. Exploring the associative meanings of a global environmental issue. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 168-178.
- Dove, J. E., Everett, L. A., and Preece, P. F. W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21(5), 485-497.
- Driver, R., and Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. *Science Studies in Science Education*, 13, 22-105.
- Emre, İ. ve Yılayaz, Ö. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının enzimlerle ilgili kavram yanılgıları. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları (DAUM) Dergisi*, 4 (3), 65-69.
- Ercan, F., Taşdere, A. ve Ercan, N. (2010). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla bilişsel yapının ve kavramsal değişimin gözlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7 (2), 136-154.
- Francis, J.W., & Sellers, J.A. (1994). Studying amino acid sequence using word processing programs. *American Biology Teacher*, 56 (8), 484-87.
- Gilbert, J.K. (2007). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Amsterdam: Springer.
- González-Cruz, J., Rogelio Rodríguez-Sotres, R., and Rodríguez-Penagos, M. (2003). On the convenience of using a computer simulation to teach enzyme kinetics to undergraduate students with biological chemistry-related curricula. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 31 (2), 93-101.
- Grayson, D. J., Anderson, T. R., and Crossley, L. G. (2001). A four-level framework for identifying and classifying student conceptual and reasoning difficulties. *International Journal of Science Education*, 23 (6), 611-622.

- Hovardas, T., and Korfiatis, K.J. (2006). Word associations as a tool for assessing conceptual change in science education. *Learning and Instruction*, 16, 416-432.
- Hull, T.L. (2003). *Students' use of diagrams for the visualization of biochemical processes*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. University of KwaZulu-Natal, South Africa.
- Işıklı, M., Taşdere, A. ve Göz, N. L. (2011). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla öğretmen adaylarının Atatürk ilkelerine yönelik bilişsel yapılarının incelenmesi. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4 (1), 50–72.
- Kostova, Z., and Radoynovska, B. (2008). Word association test for studying conceptual structures of teachers and students. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 2 (2), 209-231.
- Kostova, Z., and Radoynovska, B. (2010). Motivating students' learning using word association test and concept maps. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 4 (1), 62-98.
- Lazarowitz, R., and Penso, S. (1992). High school student's difficulties in learning biology concepts. *Journal of Biological Education*, 26(3), 215-223.
- Linenberger, K. J., and Bretz, S. L. (2012). Generating cognitive dissonance in student interviews through multiple representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 172–178.
- Lunsford, E. (2002). Inquiry in the community college lab. *Journal of College Science Teaching*, 32 (4), 232-235.
- Mak, S. Y., Yip, D., and Chung, C. M. (1999). Alternative conceptions in biology-related topics of integrated science teachers and implications for teacher education. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (2), 161–170.
- Marini, I. (2005). Discovering an accessible enzyme: Salivary α -amylase. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 33 (2), 112–116.
- McComas, W.F., and Moore, L.S. (2001). The expectancy effect in secondary school biology laboratory instruction. *The American Biology Teacher*, 63 (4), 246-252.
- Nartgün, Z. (2006). Fen ve teknoloji öğretiminde ölçme ve değerlendirme. M. Bahar (Edt.). *Fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: Pegema Yayıncılık.
- Nyachwayaa, J. M., Mohameda, A-R., Roehriga, G. H., Woodb, N. B., Kernc, A. L., and Schneiderd, J. L. (2011). The development of an open-ended drawing tool: An alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 12 (2), 121-132.
- O'Connell McManus, D., Dunn, R., and Denig, S. J. (2003). Effects of traditional lecture versus teacher-constructed and student-constructed self-teaching instructional resources on short-term science achievement & attitudes. *The American Biology Teacher*, 65 (2), 93-103.

- Oliveira, G. A., Sousa, C. R., Da Poian, A. T., and Luz, M. R. M. P. (2003). Students' misconceptions about energy-yielding metabolism: Glucose as the sole metabolic fuel. *Advances in Physiology Education*, 27(3), 97-101.
- Orgill, M., and Bodner, G. (2007). Locks and keys: An analysis of biochemistry students' use of analogies. *Biochemical Molecular and Biology Education*, 35(4), 244-254.
- Özatlı, N. S. ve Bahar, M. (2010). Öğrencilerin boşaltım sistemi konusundaki bilişsel yapılarının yeni teknikler ile ortaya konulması. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Dergisi*, 10 (2), 9-26.
- Pluhar, Z. F., Piko, B. F., Kovacs, S., and Uzzoli, A. (2009). Air pollution is bad for my health: Hungarian children's knowledge of the role of environment in health and disease. *Health & Place*, 15, 239-246.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pridmore, P., and Bendelow, G. (1995). Images of health: exploring beliefs of children using the 'draw-and-write' technique. *Health Education Journal*, 54 (4), 473-88.
- Prokop, P., Fancovicová, J., and Tunnicliffe, S. D. (2009). The effect of type of instruction on expression of children's knowledge: How do children see the endocrine and urinary system? *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (1), 75-93.
- Rennie, L. J., and Jarvis, T. (1995). English and Australian children's perceptions about technology. *Research Science Technology Education*, 13(1), 37-52.
- Sato, M., and James, P. (1999). "Nature" and "environment" as perceived by university students and their supervisors. *International Journal of Environmental Education and Information*, 18 (2), 165-172.
- Schönborn K. J., and Anderson T. R. (2009). A model of factors determining students' ability to interpret external representations in biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31(2), 193-232.
- Selvi, M. ve Yakışan, M. (2004). Üniversite birinci sınıf öğrencilerinin enzimler konusu ile ilgili kavram yanılgıları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24 (2), 173-182.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., and Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), 327-348.
- Sinan, O., Yıldırım, O., Kocakulah, M. S. ve Aydın, H. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının proteinler, enzimler ve protein sentezi ile ilgili kavram yanılgıları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26 (1), 1-16
- Sinan, O. (2007). Fen bilgisi öğretmen adaylarının enzimlerle ilgili kavramsal anlama düzeyleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 1 (1), 1-22.

- Sinan, O., Köse, S., Aydın, H., and Gezer, K. (2007). Prospective science teachers' conceptual understanding about proteins and protein synthesis. *Journal of Applied Sciences*, 7 (21), 3154-3166.
- Şahin, F. (2002). Kavram haritalarının değerlendirme aracı olarak kullanılması ile ilgili bir araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(1), 18–33.
- Taşçı, G. ve Soran, H. (2012).Yükseköğretim biyoloji öğrencilerinin öğrenme stratejileri ve bilişsel yapılarının incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42, 394–405.
- Tessier, J.T. (2003). Applying plant identification skills to actively learn the scientific method. *The American Biology Teacher*, 65(1), 25-29.
- Torkar, G., and Bajd, B. (2006). Trainee teachers' ideas about endangered birds. *Journal of Biological Education*, 41(1), 5-8.
- Tsai, C. C., and Huang, C. M. (2002).Exploring students' cognitive structures in learning science: A review of relevant methods. *Journal of Biological Education*, 36,163-169.
- Ürek, R., Kayalı, H. ve Tarhan, L. (2002). *Biyoloji ders programı canlıların temel bileşenleri ünitesindeki proteinler ve enzimler konusunda aktif öğrenme destekli rehber materyal geliştirilmesi ve uygulanması*. UFBMEK, Ankara.
- Vance, K., Miller, K., and Hand, B. (1995). Two examples of using constructivist approaches to teach ecology at the middle school level. *The American Biology Teacher*, 37 (4), 244-249.
- Wandersee J. H., Mintzes J. J., and Novak J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In: Gabel DL (Eds.).*Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). Simon & Schuster and Prentice Hall International, New York.
- White, R. T., and Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Voet, J.G., Bell, E., Boyer, R., Boyle, J., O'Leary, M., and Zimmerman, J.K. (2003). Recommended curriculum for a program in biochemistry and molecular biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 31, 161-162.
- Yayla, R. G., and Eyceyurt, G. (2011). Mental models of pre-service science teachers about basic concepts in chemistry. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences*, 2011, 285-294.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2000). *Nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

- Yip, D. Y. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20 (4), 461-477.
- Yörek, N. (2007). Determination of student conceptual understanding of cell using students' drawings at grade 9 and 11. *Dokuz Eylül University Journal of Education*, 22 (2007), 107-114.
- Yorek, N., Sahin, M., and Ugulu, I. (2010). Students' Representations of the Cell Concept from 6 to 11 Grades: Persistence of the "Fried-Egg Model". *International Journal of Physical Sciences*, 5 (1), 15-24.

SUMMARY

Some issues such as how individuals think, remember, and organize information are the very first issues that are cared most and dealt with in educational research. As such, teachers have been trying to develop various ways to improve students' cognitive structure. Cognitive structure is a hypothetical structure that symbolizes the relationships between concepts in a student's long-term memory. In this respect, conceptual learning focuses on the structure and content of information that a student acquired, or the qualitative differences of concepts. Therefore, learning is achieved through determining students' pre-knowledge, structuring this knowledge appropriately, and creating meaningful connections with new knowledge. In other words, conceptual learning is to structure meanings (Tsai and Huang, 2002).

Particularly in recent years, the effect of constructivist learning on educational contexts has revived conceptual understanding and different methods and strategies to be used in determining conceptual change. In this respect, rather than merely dealing with what knowledge students have, researchers have headed towards several techniques. Bahar (2003) provides these strategies as follows: word association, structured grid, diagnostic tree, concept maps, texts of conceptual change, analogy, and predict-observe-explain. Of the techniques that investigate students' cognitive structure, word association techniques is the most commonly used and oldest one, which was used as a data collection instrument in this study (Bahar et. all., 1999; Hovardas and Korfiatis, 2006; Özatlı and Bahar, 2010). However, to the best knowledge of the author, there is not any study in the literature that uses the free word association test to investigate

biology student teachers' cognitive structure on the concept of enzyme. The aim of the current study is to determine biology student teachers' cognitive structure on the concept of enzyme.

Qualitative research method was applied in this study (Yıldırım and Şimşek, 2006). The data were collected from 40 biology student teachers. The free word-association test and the drawing technique were used as data collection instruments. The internal validity of the themes and subthemes categories was ensured by the author and two experts in biology education. The data collected were subject to content analysis. Analyzing the biology student teachers' responses to the concept of enzyme on the free word association test, these responses were coded and divided into categories. Based on the categories, frequency and percentages were provided.

As a result of the analysis of the data collected through the free word-association test and the words provided by biology student teachers, 7 categories were determined, namely, “the structural properties of the enzyme”, “the definition and properties of the enzyme”, “the necessity of the enzyme”, “the working model of the enzyme”, “factors affecting operation of the enzyme”, “the tasks of enzyme” and “enzyme variants”. Although the biology student teachers had a valid categorical cognitive structure considering the structural properties of the enzyme and the definition and properties of the enzyme, the association of these categories with other categories was not found to be enough.

In the first category, the related answers provided by biology student teachers in response to the concept of enzyme mostly fall into the category of “the structural properties of the enzyme ” and appeared as the dominant category. While most of the biology student teachers focused on the words of "protein", "coenzyme", “cofactor”.

In the second category, biology student teachers provided associations with “the definition and properties of the enzyme”. The answer words provided by student in this category were determined mostly as "substrate", "catalyst/activation", and "activation energy". In the third category, the words provided by the biology student teachers were categorized under "the necessity of the enzyme”. While the biology student teachers provided more frequently the words of “stomach”, "living think" and “digestive” in this

category. The fourth category emerged as "the working model of the enzyme". In this category, the biology student teachers' provided the word of "key-lock model".

In the fifth category, the answer words provided by the biology student teachers were categorized under "factors affecting operation of the enzyme". In this category, the participants used the words "temperature" and "ph" more frequently than "water".

The sixth category was specified as "the tasks of enzyme". The words provided by the biology student teachers related to this category were determined as "reaction", "fragmentation/ separation" and "catabolism". The seventh category was determined as "enzyme variants". The words frequently provided by the biology student teachers related to this category were determined as "amylase". Other statements were "lactase", "lipase", and "maltase". On the other hand, it is determined that the data collected through drawing technique to investigate biology student teachers' cognitive structures related to the concept of enzyme fall into 5 categories in total. These can be listed as follows: key-lock model, factors affecting operation of the enzyme, the definition and properties of the enzyme, the structural properties of the enzyme, the tasks of enzyme.

Moreover, it was determined that they had some misconceptions about enzyme. In brief, attaching importance to concept teaching and learning at any stage of education and organizing learning-teaching activities accordingly are of high importance to meaningful learning. Therefore, it is necessary to determine students' conceptual structures, inaccurate and incomplete information, and concepts before starting to teach. Teaching and learning should be planned through suitable strategies, methods, and techniques. Thus, students can code meaningfully new concepts and information in their minds, and create accurate correlation between these concepts and information, which leads to more meaningful and permanent learning.