

BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ “ENZİM” KONUSUNDAKİ BİLİŞSEL YAPILARI (ERZURUM ÖRNEĞİ)

Ercan KAYA (*)

Öz

Araştırma, enzim kavramı ile ilgili üniversite öğrencilerinin bilişsel yapılarını tespit etmeye yöneliktir. Araştırma yöntemi olarak nitel yöntem kullanılmıştır. Veriler Biyoloji Eğitimi Anabilim dalı 4. Sınıf ve 5. Sınıfta öğrenimlerine devam eden 50 öğretmen adayının çalışmaya katılımı ile bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin analizi içerik analizine göre yapılmıştır. Betimsel istatistiklerden frekans değerleri verilerek tablo oluşturulmuştur. Biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramı konusunda ki bilişsel yapılarına ait model Vue programı ile hazırlanmıştır. 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 öğretmen adaylarının enzimle ilgili bazı alternatif kavramlara sahip oldukları da belirlenmiştir. Çalışma sonunda konuyla ilgili öneriler belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enzim, Çizme- Yazma, Alternatif Kavramlar, Bağımsız Kelime İlişkilendirme, Bilişsel Yapı.

Biology Student Teachers' Cognitive Structures about "Enzyme"

(Erzurum example)

Abstract

The aim of this study is to determine the prospective biology teachers' cognitive structures about "enzyme" subject by detecting their conceptual structures. A qualitative research method was used in this study. The data were collected from totally 50 prospective biology teachers who attended to 4th and 5th grade. The data collection tools included in the free word-association test and the drawing-writing technique. The data obtained were analyzed through content analysis method and tabulated with frequency values as

*) Atatürk Üniversitesi KKEF, Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi ABD, (e-posta: ercan25kaya@hotmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9961-0313>

descriptive statistics. The model of the prospective biology teachers' cognitive structures about enzyme concept was prepared by using Vue program. At the end of research, the data were collected under 7 categories (the structural property of the enzyme, the definition and properties of the enzyme, the necessity of the enzyme, the working model of the enzyme, the factors affecting the enzyme function, the functions of enzyme and types of enzyme). Besides, it was determined that the prospective biology teachers had some alternative concepts relating to enzymes. Finally, some recommendations were suggested about subject.

Keywords: *Enzyme, Drawing-writing, Alternative Concepts, The Free Word-association Test, Cognitive Structure.*

1. Giriş

Alan olarak biyolojinin (sağlık, ziraat, orman, biyoteknoloji, çevre vs.) oldukça geniş bir kapsama sahip olması; biyoloji ile ilgili kavramlarda yoğunluk ve karmaşıklığı artırmanın yanında anlaşılmasını, öğrenilebilme ve öğretilebilmesini de oldukça zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla yeni bilginin öğrenciler tarafından nasıl alındığı ve alınan bilgilerin zihinlere nasıl işlendiğini anlamak çoğu araştırmacı tarafından merak edilen en önemli konuların başını çekmektedir. Bu durum birçok araştırmacı tarafından, yeni bilginin öğrenen tarafından aktif olarak önceki bilgi ve tecrübeleriyle bağlantı kurularak yeniden oluşturulduğu şeklinde ifade edilmektedir (Bodner 1986; Anderson 1992, Mills, Shaw, Van Horne, Zhang ve Boughman, 2008; Kurt, 2013).

Bilişsel yapı oluşturulurken öğrenmeyi olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerin başında, öğrenilecek bilginin soyut olması gelmektedir (Knippels ve vd., 2005, Ekici ve Kurt, 2014). Ayrıca, yeni bilgilerin bellekte işleme sürecinde yaşanan olumsuzluklar ve anlamlı bir şekilde işlenmesini zorlaştırma ise bilişsel yapının zayıflığından kaynaklanmaktadır (Ioannides ve Vosniadou, 2001; Tsai ve Huang 2002).

Eğitim ortamlarındaki yapılandırmacı yaklaşımın etkisini ortaya çıkarmak için, kavramsal değişim ve kavramsal anlamayı sağlayan ve değerlendiren çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Vance, Miller ve Hand, 1995). Bunun yanında kavramsal değişim ve kavramsal anlamayı ölçen ve kavramsal anlamayı sağlayan çeşitli stratejiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Öğrencilerin belli bir konu ile ilgili anlama, düşünce yahut tutumlarını tespit etmek için kullanılan stratejilerden ilki kelime ilişkilendirme, kavram haritaları, dallanmış ağaç, yapılandırılmış grid, analogi, tahmin-gözlem, kavramsal değişim metinleri ve açıklama (Bahar, 2003) olup diğerleri ise anket, talih çizgileri, kavram haritası, görüşme ve kelime ilişkilendirme gibi alternatif tekniklerdir (Bahar, Özel, Prokop ve Uşak, 2008; White ve Gunstone, 1992). Öğrencilerde bilişsel yapıyı inceleyen bu tekniklerin en eski ve en genel olanı ve çalışmamızda da kullandığımız “bağımsız kelime ilişkilendirme testi” (Gussarsky ve Gorodetsky, 1990; Rennie ve Jarvis, 1995; Smith ve Metz, 1996; Howardas ve Korfiatis, 2006; Kostova ve Radoynovska, 2010) ve “çizme-yazma tekniği”dir (Patrick ve Tunnicliffe, 2010). Kavramsal yapıları ve değişimleri ortaya koymakta bu

teknikğin etkili olduğu görülmektedir (Hovardas ve Korfiatis, 2006). Öğrencilerin sahip oldukları kavramların birbirleriyle oluşturduğu ilişkileri ortaya çıkarmak için tasarlanan bir yöntem de kelime ilişkilendirme yöntemi olup, bilişsel yapılar ile bu yapılardaki kavramlar arası bağları (bilgi ağını) analiz etmek, uzun süreli bellekteki kavramların birbirleriyle ilişkilerini, anlamlılığını veya yeterliğini tespit etmek için kullanılır.

Enzim konusunda yapılan çalışmalar, öğretmen adaylarının önceden öğrenilmiş bazı bilgilere yani alternatif kavramlara sahip olduğunu, bu durumun da biyolojinin çeşitli konularını öğrenme ve anlamada engel oluşturduğunu, öğrenme sürecini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Konu ile ilgili alternatif kavramların çalışıldığı ve çeşitli ölçme araçlarının kullanıldığı çalışmalarda, konunun öğrenenler ve öğretmenler açısından alanın zor konularından biri olduğu ifade edilmiş (Bahar, Johnstone ve Hansell, 1999) ve biyolojik organizasyon düzeyinde bazı konuların soyut olmasından ve bütünlüğün yalakanamamasından öğrenme gücünü çekildiği şeklinde yorumlanmıştır (Lazarowitz ve Penso, 1992). Ayrıca, Francis ve Sellers (1994) gerek organizmalarda ve gerekse hücrede proteinlerin yapısal, enzimatik ve oldukça karmaşık görevlerinin olduğunu ve bu bilgilerin öğrenilmesinde güçlükler yaşandığını yaptıkları çalışmada ifade etmişlerdir. Bazı araştırmacılar enzim kinetiği konusunun öğretim elemanları ve öğrenciler açısından güç bir konu olduğunu (González-Cruz, Rogelio Rodríguez-Sotres, ve Rodríguez-Penagos, 2003); biyoloji öğretmen adaylarında enzimler konusunda temel olay ve kavramlarla ilgili, bazı kavram yanlışlarına düştükleri (Atav, Erdem, Yılmaz, ve Gücüm, 2004); yine lise öğrencilerinin enzimlerin aktivitesi konusu ile ilgili (Marini, 2005); fen bilgisi öğretmen adaylarında enzimlerin işlevi ve özellikleri ile ilgili (Voet, Bell, Boyer, Boyle, O'Leary, ve Zimmerman, 2003; Emre ve Yılayaz, 2006; Sinan, 2007); üniversite biyoloji öğretmen adaylarının canlı dokulardaki enzim konusu (Selvi ve Yakışan, 2004); enzim ve substrat ilişkisi (Orgill ve Bodner, 2007; Linenberger ve Bretz, 2012); sitrik asit döngüsü ve metabolik yağlar konusunda (Oliveira, Sousa, Da Poian ve Luz, 2003) bir çok kavram yanlışlarına düştükleri tespit edilmiştir.

Anlaşılabacağı üzere; enzimler konusunda birçok araştırma yapılmıştır ancak hem bağımsız ilişkilendirme testi ve hem de çizme-yazma tekniğinin beraber kullanıldığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Çalışmamız sonucu elde edilen verilerin literatüre olumlu katkılarının olacağı düşünülmektedir.

1.1. Araştırmanın Amacı

Çalışmada bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği ile biyoloji öğretmen adaylarının “enzim” konusundaki bilişsel yapılarını tespit etmek, diğer bir deyişle biyoloji öğretmen adaylarının enzim kavramını zihinlerine nasıl işlediklerini anlamaya çalışmak amaçlanmıştır.

2. Yöntem

Yapılan bu çalışmada enzim kavramını katılımcıların bakış açılarından görebilme ve bu bakış açılarında ne tür süreçleri kullandıklarını ortaya çıkarmak amaçlandığından nitel araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Nitel araştırma yöntemlerinde esas amaç, sayılar vasıtasıyla genellenebilir neticelere varmaktan ziyade; araştırılacak konu ile alakalı betimleyici ve gerçeği yansıtan bir durum ortaya koymaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Geçerlik ve güvenilirliğin yükseltilmesi için verilerin mümkün olduğu kadar ayrıntılı ve olduğu şekliyle sunulması araştırma sonuçları açısından oldukça önemlidir.

1.1. Çalışma Grubu

Erzurum Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi 2015-2016 eğitim-öğretim yılının bahar döneminde Biyoloji Öğretmenliği bölümü 4. sınıf ve 5. sınıfta öğrenim görmekte olan toplam 50 öğretmen adayı çalışmanın çalışma grubunu oluşturmaktadır.

1.2. Veri Toplama Aracı

Bilgileri toplamak için farklı ölçme araçları kullanılmıştır. Bunun amacı ise 4. ve 5. sınıf biyoloji öğretmen adaylarında mevcut enzim kavramı ile ilgili bilişsel yapılar hakkında ayrıntılı bilgi toplayabilmektir. Bu verileri toplamak için çizme-yazma tekniği ve bağımsız kelime ilişkilendirme testi uygulanmıştır.

1.2.1. Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testi

“Bağımsız kelime ilişkilendirme tekniği” fen ve sosyal alanlarda yapılan birçok çalışmada kullanılmaktadır (Dove, Everett ve Preece,1999; Bahar ve Kılıçlı, 2001; Bahar ve Özatlı, 2003; Torkar ve Bajd, 2006; Kostova ve Radoynovska, 2008; Çiftçi, 2009; Ercan, Taşdere ve Ercan, 2010; Kostova ve Radoynovska, 2010; Özatlı ve Bahar, 2010; Işıklı, Taşdere ve Göz, 2011; Kurt ve Ekici, 2013; Ekici ve Kurt, 2014; Ayaz, Karakaş ve Sarıkaya, 2016).

“Bağımsız kelime ilişkilendirme testi”nde asıl amaç ise uyarı kelimelerin her bir defasında yalnız bir kelime olarak öğrencilere sunulmasıdır (Atasoy, 2004). Araştırmaya katılan öğretmen adayları bağımsız kelime ilişkilendirme testinin ilk aşamasında, belli bir süre içinde (40sn) uyarıcı kelime ile hatırladıkları kavramları cevaplamak mecburiyetindedirler. Bu çalışmada “enzim” kavramı bağımsız kelime ilişkilendirme testini tamamlamaları amacıyla öğretmen adaylarına verilmiştir. Aşağıda kelime ilişkilendirme testinde toplanan verilere öğretmen adaylarından K7'nin cevap kâğıdı (şekil 1.) örnek olarak verilmiştir.

İLK AŞAMA : Enzim kavramını okuduğunuzda veya duyduğunuzda aklınıza ilk gelen on kelimeyi yazınız. (40 sn)

Enzim..... *hazır*

Enzim..... *katkı*

Enzim..... *yaşam* (biyolojik)

Enzim..... *biyolojik* (biyolojik enzim)

Enzim..... *reaktif*

Enzim..... *değişir*

Enzim..... *sıcaklık*

Enzim..... *ph*

Enzim..... *protein*

Enzim..... *substrat*

İKİNCİ AŞAMA : Yukarıda yazdığınız kelimelerde ilgili bir cümle kurunuz. (20 sn)

Enzimler sıcaklık, pH, protein, reaksiyon

biyolojik, gıda, su

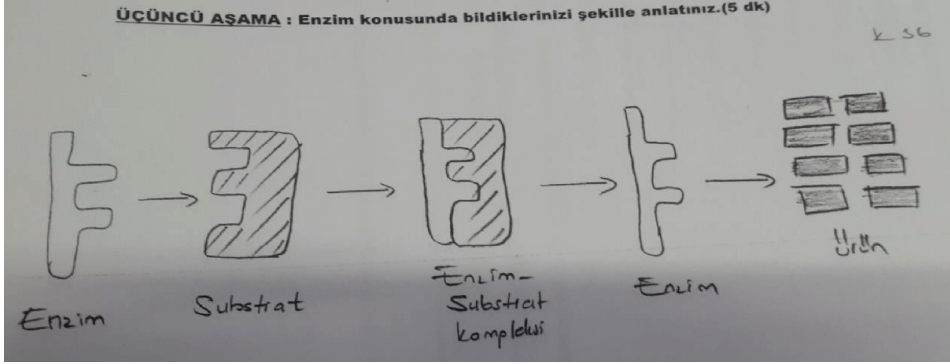
Şekil 1. K7'ye ait örnek cevap kâğıdı

Şekil 1 olarak verilen testte de görüleceği gibi; “kelime ilişkilendirme testi” 2 basamaktan oluşmakta olup, ilk basamakta; 40 sn içinde enzim kavramını okuduklarında veya duyduklarında hatırlarına gelen ilk 10 kelimeyi zincirleme yanıt riskini önlemek için alt alta yazmaları istenmiştir. Öğrenci her kavramı yazarken anahtar kavrama tekrar dönmesi sağlanmış ve böylece anahtar kavramın yerine yanıt olarak yazdığı kelimelerin hatırlatılması sonucu oluşacak yeni kavramları yazması önlenerek testin amacı zedelenmemiştir.

İkinci basamakta ise; 20 sn’lik süre verilmiş ve bu sürede anahtar kavramla alakalı bir cümle kurmaları istenmiş; kurulan bu cümleler veriler analiz edilirken birer birer incelenmiştir. Anahtar kavramla ilgisi kurulan bu cümle sadece hatırlama düzeyindedir ve anahtar kavramla anlamlı ilişkiye sahip olmayan bir çağrışım ürünü de olabilmekte ve bazı kavram yanlışlarını da barındırabilmektedir.

1.2.2. Çizme-Yazma Tekniği

Alanımızla ilgili birçok araştırmada kullanılan bir tekniktir (Yörek, 2007; Shepardson, Wee, Priddy ve Harbor, 2007; Pluhar, Piko, Kovacs, ve Uzzoli, 2009; Prokop, Fancovicová, ve Tunnicliffe, 2009; Yörek, Şahin ve Uğulu, 2010; Yayla ve Eceyurt, 2011; Nyachwayaa, Mohameda, Roehriga, Woodb, Kernc ve Schneiderd, 2011; Kurt ve Ekici 2013; Kurt, Ekici, Aktaş ve Aksu, 2013; Eser, Çetin, Özarslan ve Işık 2015). Yazma-çizme tekniği ile öğretmen adaylarının enzim kavramıyla ilgili görüşlerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi amaçlanmıştır (Rennie ve Jarvis, 1995). Süreç boyunca gizli kalan anlama, düşünce ve tutumları hakkında doğal ve yüksek kalitede verilere ulaşılması için oldukça faydalıdır (Backett-Milburn ve Mckie, 1999; Pridmore ve Bendelow, 1995; White ve Gunstone, 1992). Öğretmen adaylarından verilen 5 dakikalık süre içerisinde “enzim konusunda ne bildiğinizi şekille anlatınız” ifadesine herhangi bir sınırlamaya tabi tutulmadan içeriklerinden geldiği gibi görüş ve fikirlerini ifade etmeleri istenmiştir. Aşağıda (şekil 2) bu tekniğe ait bir örnek sunulmuştur.



Şekil 2. Çizme-Yazma Tekniği ile Oluşturulmuş Cevap Kâğıdı (K36)

1.3. Verilerin Analizi

Verilerin değerlendirilmesi içerik analiz yaklaşımı kullanılarak yapılmıştır. İçerik analizinde temelde yapılan işlem, birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayacağı biçimde düzenleyerek yorumlamaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Analiz öncesi katılımcıların cevap kâğıtları 1'den 50'ye kadar numaralandırılmıştır.

Bağımsız kelime ilişkilendirme testinden elde edilen veriler kelime sayısı ve cevap sayısı dikkate alınarak anlamsal ilişkilerini analiz etmek için anlamsal ilişki tekniği kullanılmıştır (Atasoy, 2004). Öğretmen adayları tarafından aynı anlamla cevaplanan kelimeler en yoğun tekrar edilen kelimeler altında gruplandırılmıştır. İlişkili olarak görülmeyen ve diğer kelimelerle ilişkisi olmayan çoğu kelimeler ve yalnız 1 kere yazılan yani tekrar edilmeyen kelimeler değerlendirme dışı tutulmuştur. Daskolia, Flogaitis ve Papageorgiou, (2006); Kostova ve Radoynovska, (2008) ve Kostova ve Radoynovska, (2010) gibi birçok çalışmada bu çeşit veri analiz tekniğinin güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

Enzim kavramıyla ilgili çizme-yazma ile sağlanan veriler içerik analizi ile analiz edilmiştir. Çizim verileri, oluşturulan belli kategoriler ve alt kategoriler altında toplanmıştır. Öğretmen adaylarının gerek bağımsız kelime ilişkilendirme testinde gerekse çizme-yazma tekniğinde, metin içerisinde geçen ve enzimle ilgili olan ilginç açıklamaları katılımcı kodu verilip (ör. K30) aynen alıntılanarak sunulmuştur. Enzimle ilgili çizme-yazma tekniği ile elde edilen çizimler de yine katılımcı numarası ile (ör. K32 ve K43 vs.) metin içinde not edilmiştir.

Ayrıca öğretmen adaylarına ait enzim kavramı çerçevesinde bilişsel yapıları ile ilgili model oluşturmada Vue programından faydalanılmıştır. Elde edilen verilerle ilgili oluşturulan kategori ve alt kategoriler ile ilgili geçerlilik hem yazar hem biyoloji alanı ve hem de biyoloji eğitimi alanı ile ilgili alan uzmanları tarafından sağlanmaya çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Yorumlar

Bu kısımda bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği yardımıyla sağlanan verilerin analizleri yapılarak elde edilen bulgular ve bunların yorumları yapılmıştır.

1.1. Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testi Verilerine Göre Elde Edilen Bulgular

Öğretmen adaylarının enzim kavramı ile ilgili bilişsel yapılarını gösteren verilerin analizi sonucunda, katılımcılar tarafından verilen cevap ifadelerinden toplam 7 farklı kategori oluşturulmuştur. Kategoriler oluşturulurken; enzim konusunun anlatıldığı yerli ve yabancı çeşitli kaynaklar taranmış ve farklı alt başlıklar dikkate alınmıştır. Oluşturulan bu kategoriler ve her kategori için verilen cevap ifadeleri frekanslarına göre sıralanmış ve listelenmiştir. Bu kelimeler eğer 1 kez tekrarlanmış ve ilişkisiz kelimeler olmaları durumunda diğer kelimelerle birleştirilmemiş, bu nedenle de cevap olarak ifade edilen kelimelerden % 36.2 si (21 kelime) kategorilere dâhil edilmemiş ancak her kategorinin sonunda yapılan ilgili yorumlar kısmında ifade edilmiştir. Neticede, enzim kavramıyla ilgili diğer 37 farklı kelime 7 kategori olarak frekanslarına göre sıralanmış ve gruplandırılmıştır. Tablo 1’de her kategori için verilen cevap kelimeler ve oluşturulan kategoriler liste şeklinde verilmiştir. Toplam olarak 465 cevap kelime tespit edilmiştir.

Tablo 1. “Enzim” Konusunda Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testi ile Elde Edilen Bilişsel Kavram Yapılarının Kategorilere Göre Dağılımı

Kategoriler	Kategorilerde Yer Alan Kavramlar ve Frekansları	Kategoriye Ait Toplam Frekanslar
1. Enzimin tanımı ve özellikleri	Subtrat (38) Katalizör (27) Aktivasyon enerjisi (33) Denatürasyon (30) İnhibitör (2) Aktivite(4) % 15 su gerekli (7) Yapım- yıkım (3)	144
2. Enzimin yapısal özelliği	Protein (21) Koenzim (25) Kofaktör (34) Apoenzim (9) Haloenzim (5) Değişmez(2) Aminoasit (3) Multienzim (4)	103

3. Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler	Sıcaklık (39)	95
	Ph (35)	
	Su (7)	
	Isı (3)	
	Optimum (11)	
4. Enzimin görevleri	Parçalar (2)	36
	Reaksiyon (16)	
	Metabolizma (3)	
	Tepkime hızlandırır (11)	
	Sentez (2)	
5. Enzim çeşitleri	Hidroliz (2)	34
	Lipaz (5)	
	Amilaz (7)	
	Oksidoredükdaz (2)	
	Katalaz (16)	
	Polimeraz (2)	
6. Enzimin çalışma modeli	Pepsin (2)	27
	Anahtar -kilit (27)	
7. Enzimin gerekliliği	Cansız(4)	26
	Karaciğer (20)	
	Atp (2)	
TOPLAM	38	465

“Enzimin tanımı ve özellikleri” birinci kategori olarak tespit edilmiştir (f=144). Katılımcıların ifade ettiği ilişkilendirmeler çoğunlukla “*substrat*”, “*katalizör*”, “*aktifleşme enerjisi*”, “*denatürasyon*” kelimeleri olurken, bu yazılan kavramların yanında daha az olarak kullanılan “*inhibitör*”, “*aktivite*”, “% 15 su gereklidir”, “*yapım-yıkım*” gibi kavramların kullanıldığı görülmektedir. Katılımcıların bu kategori için ifade ettikleri ancak 1 kez ifade edilmesinden dolayı bu kategoriye alınmayan bazı kelimeler ise; “*değişime uğramama*”, “*minimum*” ve “*tersinir*” olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerden, katılımcıların gerek enzim kavramının tanımı gerekse enzimlerin özellikleri ile ilgili yeterince bilgi sahibi oldukları söylenebilir.

“Enzimlerin yapısal özelliği” ikinci kategori olarak tespit edilmiştir (f=103). Bu kategoride katılımcıların çoğu “*kofaktör*”, “*protein*”, “*koenzim*”, “*apoenzim*” şeklinde yazdıkları görülmüştür. Bu yazılan kavramların yanında daha az olarak kullanılan “*haloenzim*”, “*değişmez*”, “*aminoasit*”, “*multienzim*” kavramlarını kullanıldığı görülmektedir. Katılımcıların bu kategori için ifade ettikleri ancak 1 kez ifade edildiği için de bu kategoriye alınmayan kelimelerin bazıları; “*artmaz*”, “*azalmaz*”, “*tükenmezler*”, “*hücre dışında aktif*”, “*et*”, “*yumurta*” ve “*mrna*” olarak belirlenmiştir. Bu verilerden enzimlerin yapısal özelliği konusunda katılımcıların konuyu anlama ve kavramları doğru ifade etme açısından yeterli olduklarını söyleyebiliriz.

“Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” üçüncü kategori olarak tespit edilmiştir (f=95). Bu kategori için katılımcılar “sıcaklık”, “pH” ve “optimum” şeklinde cevap ifade etmişlerdir. Diğer cevap ifadeleri ise; “su” ve “ısı” olarak tespit edilmiştir. Katılımcıların bu kategoride ifade ettikleri ancak tekrar edilmediği için bu kategoriye alınmayan cevap kelimelerin bazıları ise; “çift yönlü” şeklinde belirlenmiştir. Bu kategoride katılımcılar enzimlerin çalışmasını etkileyen önemli faktörlerden “substrat yüzeyi”, “substrat yoğunluğu” ve “enzim yoğunluğu” vs. gibi faktörleri cevaplar arasında belirtmemiş ve yeterince ilişki kuramamışlardır.

“Enzimin görevi” kategori olarak dördüncü kategoridir (f=36). Bu kategori için katılımcıların verdikleri cevap kelimeler; “reaksiyon” ve “tepkime hızlandırır” şeklindedir. Katılımcılar tarafından tekrarlanmadığı için bu kategoriye alınmayan cevap ifadesi; “düzenleyici” olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerden katılımcıların enzimlerin görevleri konusunda yeterli bilgiye sahip oldukları ancak “hormon” gibi kavramlarla da ilgi kurmaları gerektiği söylenebilir.

“Enzim çeşitleri” beşinci kategori olarak tespit edilmiştir (f=34). Bu kategori için katılımcıların cevap kelimeleri “katalaz” ve “amilaz” şeklinde ifade edilmiştir. Verilen diğer cevap ifadeleri ise; “lipaz”, “oksiredüktaz”, “polimeraz” ve “pepsin” dir. Katılımcıların bu kategori için birer kez ifade ettikleri için bu kategoriye alınmayan bazı cevap kelimeler ise; “ürearaz”, “izomeraz”, “transferaz” ve “tripsin” dir. Bu kategoride katılımcıların organik maddeleri parçalama ve oluşturma ile ilgili konuları hatırladıklarını söyleyebiliriz.

“Enzim çalışma modeli” altıncı kategori olarak oluşturulmuştur (f=27). Altıncı kategori için katılımcıların cevap olarak verdikleri kelimeler; “anahtar-kilit” şeklindedir. Öğrencilere öğrenim hayatları boyunca her kademe çalışmada model olarak bu örneğin verilmesinden kaynaklandığını söyleyebiliriz.

“Enzimin gerekliliği” yedinci kategori olarak tespit edilmiştir (f=26). Katılımcıların, bu kategori ile ilişkilendirmelerinde en çok “karaciğer” kelimesini tekrarlamışlardır. Bu yazılan kavramların yanında daha az olarak kullanılan “cansız” ve “Atp” kelimeleri kullanılmıştır. Bu kategoride bir kez ifade ettikleri için kategori dışı kalan kelime bulunmamaktadır. Biyolojik olaylarda enzime ihtiyaç olduğu konusunda katılımcıların yeterince bilgiye sahip olduklarını söyleyemeyiz.

Enzim kavramı ile ilişkili olarak biyoloji öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalara ait bazı örnekler araştırmacı tarafından oluşturulan kategorilere göre ilgili olduğu düşünülen başlık altına not edilmiş ve Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Biyoloji Öğretmen Adaylarının Enzim Kavramına Yönelik Açıklamalarına Örnekler

“Enzimin yapısal özelliği” ile ilgili kategoriye ait açıklamalar;

Enzimler yüksek sıcaklıkta denatüre olurlar (K46)

Enzimler girdiği reaksiyonu hızlandırırlar (K42)

Enzimler reaksiyonları etkileyen biyolojik katalizörlerdir (K37)

Enzimler tepkimede kullanılan aktivasyon enerjisini düşürüp, tepkimeyi başlatır (K1)

Enzimler reaksiyondan değişmeden çıkarlar (K11)

“Enzim tanımı ve özellikleri” kategorisine ait açıklamalar;

Enzimler biyolojik katalizörlerdir (K41)

Birden çok enzime yardımcı kısmı olarak bir koenzim görev yapabilir (K12)

Enzim girdiği tepkimeden azalmadan ve değişmeden girdiği gibi çıkar (K38)

Enzimler reaksiyonların aktivasyon enerjisini düşürürler (K47)

“Enzimin gerekliliği ve organizmadaki çalışma yerleri” kategorisi ile ilgili açıklamalar;

Enzimler hayatsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan katalizörlerdir (K48)

Enzimler hayati öneme sahiptir (K8)

Kimyasal reaksiyonların daha hızlı gerçekleşmesi enzimler sayesinde olur (K7)

“Enzimin çalışma modeli” kategorisi ile ilgili açıklamalar;

Enzimler arasında anahtar-kilit ilişkisi vardır (K45)

Her enzim bir substratı etkiler (K44)

Enzim ve substrat anahtar-kilit modeli gibi birbirini tamamlar (K39)

Enzimler anahtar-kilit ilişkisiyle metabolik olaylarda görev alırlar (K16)

“Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” kategorisine ait açıklamalar;

Enzim aktivitesini pH etkiler (K49)

Su, sıcaklık ve pH substrat miktarını etkiler (K19)

Enzimler substratın dış yüzeyine etki ederler (K17)

Enzimler optimum pH ve sıcaklıkta iyi çalışır (K14)

“Enzimin görevleri” kategorisi ile ilgili açıklamalar;

Vücudumuzda protein sentezinde başrolü enzimler almıştır (K18)

Enzimler aktivasyon enerjisini düşürürler (K28)

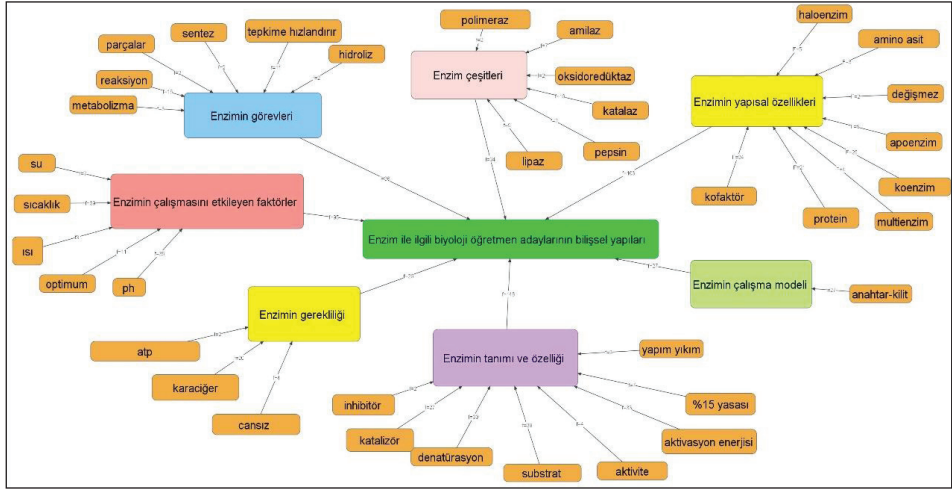
Reaksiyonu hızlandırırlar (K9)

“Enzim çeşitleri” kategorisi ile ilgili açıklama;

Karaciğerde katalaz enzimi bulunur (K20)

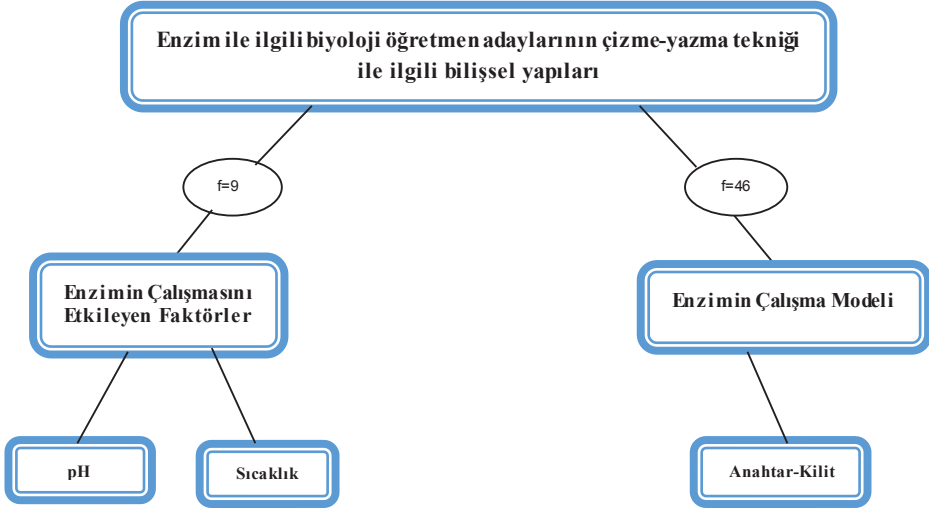
Yukarıda verilen cümle içerikleri incelendiğinde katılımcıların her kategori ile alakalı cümleler yazabildikleri, en fazla da enzimin yapısal özellikleriyle ilgili cümle kurdukları görülmektedir. Bu durumun baskın kategorilerden biri olarak ortaya çıkan “enzimin çalışma modeli” kategorisiyle uyumlu olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca ikinci kategori durumunda olan “enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” kategorisini doğrular özelliğe sahip bir bulgudur. Biyoloji öğretmen adaylarından bazılarının verilen kategoriler ile ilgili cümle yazamadıkları; bazılarının ise yazabildikleri cümleleri anlamlı cümle haline dönüştürmede başarılı olamadıkları anlaşılmaktadır.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu katılımcıların enzim kavramıyla ilgili bilişsel yapılarını görselleştiren bir model yapılmaya çalışılmıştır (Model 1).



Model 1. Enzim Kavramıyla İlgili Öğretmen Adaylarına Ait Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testi Yardımıyla Oluşturulan Bilişsel Çatı Modeli

Model 1’de görüldüğü gibi katılımcıların enzim kavramına yönelik kavramsal yapıları 7 kategori ile de ilişkili olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca biyoloji öğretmen adaylarının bilişsel çatı modelini (Model 1) destekleyen çizme-yazma tekniği ile elde edilen kavramsal yapıları ise Model 2’de sunulmuştur. Katılımcıların enzim kavramıyla ilgili kavramsal yapıları aşağıda belirtilen iki kategori ile bağlantılı olduğu tespit edilmiştir.



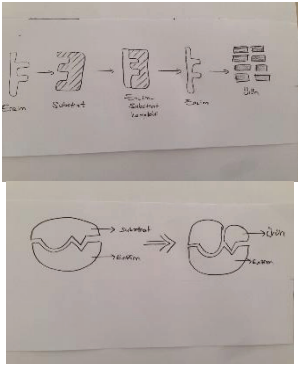
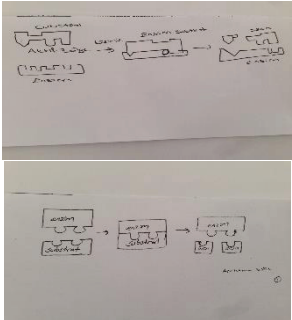
Model 2. Katılımcıların Enzim Kavramına Yönelik Çizme-Yazma Tekniği Sonucu Tespit Edilen Bilişsel Çatı modeli

Ayrıca katılımcıların enzim kavramına yönelik çizimlerine ait örnekler, ilgili olduğu kategoriler ile bir arada tablo olarak sunulmuştur (Tablo 3). Tablo 3'te enzim kavramı tanımına ait öğrenci çizimleri 2 kategori altında toplanmıştır. Bunlar; Anahtar-kilit modeli (46), enzimin çalışmasını etkileyen faktörler (9).

1.2. Çizme-Yazma Tekniği Sonucu Elde Edilen Bulgular

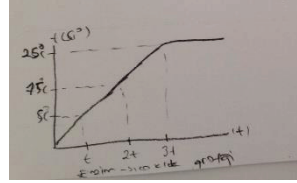
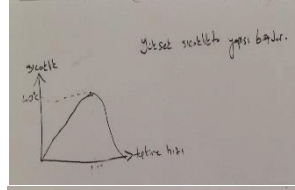
Katılımcıların enzim kavramına yönelik bilişsel yapılarının çizme-yazma tekniği yardımıyla elde edilen verileri, 2 kategori altında birleştirilmiştir. Bunlar; “enzimin çalışmasını etkileyen faktörler” ve “enzimin çalışma modeli” kategorilerine ait çizilen şekillerdir.

Tablo 3. Biyoloji Öğretmen Adaylarının “Enzim” Kavramıyla İlgili Bilişsel Yapılarının Kategorilere Göre Dağılımı

Kategoriler	Çizim Niteliği	Çizim Örnekleri	f
1. Enzimin çalışma modeli	Anahtar-kilit modeli		K36 K5 46
			K17 K35

2. Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler

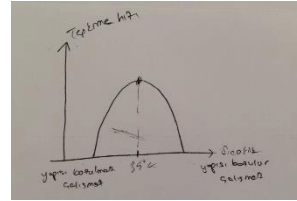
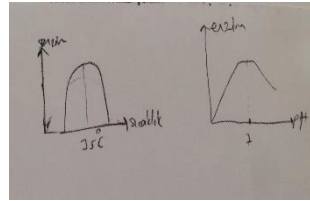
Grafik (PH, Sıcaklık)



K4

K1

9



K6

K7

Katılımcıların enzim kavramı ile ilgili yaptığı çizimlerden ağırlıklı olarak “anahtar-kilit modelini” düşündükleri nadiren de enzimin çalışmasını etkileyen faktörleri “pH”, “sıcaklık” şeklinde grafiklerle ifade ettikleri görülmüştür. Katılımcılar; bağımsız kelime ilişkilendirme testinde “enzimin yapısal özelliği”, “enzim çeşitleri”, “enzimin gerekliliği”, “enzimin görevi” ve “enzimin tanımı ve özelliği” kategorilerinde herhangi bir çizim yapmamışlardır.

4. Tartışma ve Sonuç

Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı’nda öğrenim görmekte olan katılımcıların bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniği yardımıyla enzim kavramı hakkındaki bilişsel yapılarını inceleme amacıyla çalışma yürütülmüştür. Bu kavram ile ilgili öğretmen adaylarının kavramsal yapı durumu ve seviyesi, birçok biyoloji konularında veya biyoloji alanı ile ilgili konularda gerek mikro düzeyde gerekse makro düzeyde var

olan ilişkileri kavrayabilmeleri açısından oldukça önemli bir çalışma olduğu değerlendirilmektedir. Bu açıdan literatüre değerli katkılar sunacağı söylenebilir.

Araştırmada katılımcılar tarafından enzim kavramına yönelik cevap olarak verilen kelimeler incelenerek katılımcıların bu kavramla ilgili bilişsel yapıları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda (kelime ilişkilendirme testi) katılımcılar tarafından ifade edilen kelimeler, enzim konusunun sunulduğu yerli ve yabancı kaynaklardaki başlık veya alt başlıkları da dikkate alarak aynı zamanda incelemeyi kolaylaştırmak amacıyla yedi kategori olarak ayrılmış ve incelenmiştir.

Kategori başlıkları şu şekilde sıralanmıştır; 1. *Enzimin yapısal özelliği*, 2. *Enzimin tanımı ve özellikleri*, 3. *Enzimin gerekliliği*, 4. *Enzimin çalışma modeli*, 5. *Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler*, 6. *Enzimin görevler ve 7. Enzim çeşitleri* şeklindedir.

Ayrıca yine bu kavrama yönelik çizme-yazma tekniği ile elde edilen çizim verilerinden 2 kategori daha oluşturulmuştur. Bu kategoriler ise “*anahtar-kilit modeli*” ve “*enzimlerin çalışmasını etkileyen faktörler*” dir. Kullanılan ölçme araçları ile oluşturulan kategorilerden elde edilen bulguların yani örn. çalışma modeli olarak yapılan çizim ile aynı konuda cevap verdikleri kelime ifadeleri ve yazılan cümlelerin birbirlerini desteklediği, ayrıntıları ortaya çıkardığı ve bilişsel yapıları görünür hale getirdiği görülebilmektedir. Dolayısıyla farklı ölçme araçları kullanılarak birbirini destekler şekilde daha zengin, daha detaylı ve daha ayrıntılı bilgilere ulaşılabileceği anlaşılmaktadır. Oluşturulan kategorilerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi sonucu; biyoloji öğretmen adaylarının enzim ifadesini “*enzimin gerekliliği*”, “*enzimin görevi*” ve “*enzim çeşitleri*” kategorilerinde daha az ilişki kurdukları; “*enzimin tanımı ve özelliği*”, “*enzimin yapısal özelliği*” ve “*enzimin çalışma mekanizması*” ile daha fazla ilişkilendirdikleri anlaşılmaktadır. Öğretmen adaylarında enzimin yapı özellikleri ile ilgili gerek bağımsız kelime ilişkilendirme testi, gerekse çizim cevaplarından çeşitli alternatif kavramların var olduğu tespit edilmiştir. Lazarowitz ve Penso (1992) tarafından yapılan çalışmada öğretmen adaylarının hem öğretilme hem de öğrenilme açısından enzimin yapı ve görevlerini bilişsel yapıya yerleştirmede zorlandıkları ifade edilmektedir. Nedeni olarak ise bazı konuların soyutluğundan ve konu bütünlüğünü zihinde oluşturamamalarından kaynaklandığı şeklinde açıklamaktadırlar.

Enzim konusu ile ilgili yapılan birçok araştırma; öğrencilerin, öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin birçok kavram yanlışlarına, alternatif kavramlara sahip olduklarını göstermekte ve öğrenilmesi güç konular arasında yer aldığını ifade etmektedir (Lazarowitz & Penso, 1992; Bahar ve ark., 1999; Bahar, 2002; Selvi & Yakışan, 2004; Sinan, Yıldırım, Kocakulah ve Aydın, 2006; Sinan, 2007; Linenberger & Bretz, 2012).

Çalışma sonucu ulaşılan önemli sonuçlardan biri ise, alternatif kavramlar çeşitli öğretim kademelerinde öğrenim gören katılımcılarla yapılmasına karşın yine de birçok açıdan birbirini destekler niteliktedir. Bu durumla ilgili örnekler verilerek literatür desteği ile tartışılmaya çalışılmıştır;

Biyoloji öğretmen adaylarının “*Enzimin yapısal özelliği*” ile ilgili “*Protein yapısında olan doğal olarak yalnız canlılar tarafından sentezlenebilen biyolojik katölizörlerdir*”

(K3) ve “*Tepkimeye girdiğinde değişmeden çıkan ölmeyen ama yapısı bozulmayan tekrar kullanılabilen biyolojik katalizörlerdir*” (K5) gibi yanlış anlamalara sahip oldukları belirlenmiştir. Emre ve Yılayaz (2006), yaptıkları bir çalışmada, öğretmen adaylarının (fen bilgisi) enzimlerin özellikleriyle ilgili olarak; “*koenzimler reaksiyonda görev yapmazlar, enzimlerin aktif bölgeleri substratla reaksiyona girebilmek için yapılarını değiştirebilirler*”, “*koenzimler reaksiyonun aktivasyon enerjisinin düşmesinde enzimlere yardım ederler*” gibi benzer yönlerde dikkat çeken alternatif kavramlara sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Katılımcılar “*Enzimin tanımı ve özellikleri*” kategorisiyle ilgili “*Belirli bir sıcaklıkta aktif olan, düşük sıcaklıkta denatüre olup yapısı bozulan, vücut için gerekli olan*” (K6), şeklinde çeşitli alternatif kavramlara sahiptirler. “*Fen bilgisi öğretmen adaylarının enzimlerle ilgili kavramsal anlama düzeyleri*” konulu çalışmada (Sinan 2007); enzim aktivitesi ve enzimin özellikleriyle ilgili kavram yanlışlarının olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca belirtilen kavram yanlışlarından farklı olarak; “*Her zaman aktif olmayabilir*”, “*Bunu enzim değil, katalizör yapar*”, “*Enzimler reaksiyona enerji verirler*”, “*Enerji vermezler, var olan aktivasyon enerjisini artırırılar*”, “*Aktif olmayınca da iş görebilirler*”, “*Substrat olmadığında inaktif halde olabilir*” ve “*İnhibitör reaksiyona yardım eden ve değişmeden çıkan maddedir*” gibi alternatif kavramlarda tespit edilmiştir.

Katılımcılarda “*Enzimin gerekliliği*” kategorisiyle ilgili olarak ise; “*Enzimler hayati öneme sahiptir*” (K8) alternatif kavramı belirlenmiştir. Atav ve diğerleri (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, biyoloji öğretmen adaylarının “*Canlılarda enzim olmasaydı biyolojik reaksiyonlar çok yavaş olurdu*” gibi enzimin gerekliliği konusunda alternatif kavramlara sahip olduklarını tespit edilmiştir.

Katılımcılar “*Enzimin çalışma modeli*” ile ilgili bilişsel olarak; “*anahtar kilit modeli ile çalışırlar*” (K45; K30; K23; K32) gibi alternatif kavrama sahip oldukları belirlenmiştir. Enzim-substrat etkileşimi liseden üniversiteye kadar biyoloji derslerinde tartışılan tamamlayıcı bir konudur. Ancak öğrencilerin kavramları anlamlı bir şekilde anlamaları üzerine çok fazla çalışma yoktur (Orgill & Bodner, 2007). Enzim-substrat ilişkisini bilişsel açıdan kavrama noktasında Linenberger & Bretz (2012) tarafından yapılan çalışmada; enzim-substrat ilişkisi konusunda öğrencilerin oluşturdukları bazı alternatif kavramlarının tespitine ek olarak bazı bilişsel uyumsuzlukları da ortaya koymuşlardır (Kurt, 2013). Enzim-substrat ilişkisinin anahtar-kilit modeline benzetilmesi durumunda öğrencilerin zihninde oldukça statik bir bilginin oluşmasına sebep olmaktadır. Hâlbuki anahtar-kilit modeli yanında “uygunluk modeli (induced fit)” de bilimsel literatürlerde yer almakta ve bu modeldeki enzim-substrat ilişkisinde enzimin aktif bölgesinin hafifte olsa substratla reaksiyona girmek için değişebileceği belirti

“*Enzimin çalışmasını etkileyen faktörler*” ile ilgili açıklamalarından katılımcılarda alternatif kavram olarak “*Optimum sıcaklıkta enzim tam reaksiyon gösterir*” (K31), “*enzimler sıcaklık ve pH gibi etkenlerin olumlu şekillerinde substrat dediğimiz etki yüzeyince parçalanması gereken moleküllere etki eder*” (K40) tespit edilmiştir. Emre ve Yılayaz

(2006)'ın yaptıkları çalışmada ise sıcaklıkla ilgili olarak; “*ortam sıcaklığı düşürüldüğünde (örneğin vücut sıcaklığına) enzim aktivitesini tekrar kazanır*”, “*düşük sıcaklık (0-4°) enzimi denatüre eder*”, “*düşük sıcaklıkta enzim aktivitesini kaybeder ve çalışamaz duruma gelir*”, “*düşük sıcaklıktaki ortamın sıcaklığı tekrar artırıldığında enzim aktif hale gelir*” ve pH ile ilgili olarak ise “*pH değişiminin substrata herhangi bir etkisi olmaz*”, “*pH değişimi enzimleri denatüre etmez*”, “*pH değişimi enzimlerin üç boyutlu yapısını bozamaz*” ve “*ortamın pH'ını eski haline getirdiğimizde enzim etkisini tekrar kazanır*” gibi kavram yanılgıları olduğunu belirtmişlerdir.

Katılımcılar, önemli konulardan biri olan “*enzimlerin görevleri*” ile ilgili cevap olarak verdikleri kelimeleri anlamlı bir şekilde algılamadan ifade ettikleri düşünülmektedir. Bağımsız kelime ilişkilendirme testinde verilen ifadelerde “*reaksiyonu hızlandırır*” (K9) alternatif kavramları tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada da biyoloji eğitimi alan üniversite öğrencilerinde “*enzim olmasaydı biyolojik reaksiyonlar yavaş olurdu*” şeklinde benzer bir alternatif kavram tespit edilmiştir (Atav ve diğerleri, 2004). Ayrıca “*enzimler reaksiyona enerji vermez, var olan aktivasyon enerjisini artırırılar*” gibi alternatif kavramları tespit eden çalışma da mevcuttur (Sinan, 2007).

“*Enzimin çeşitleri*” gibi önemli konuda öğretmen adaylarının cevap kelimelerinden istenilen kelimeleri yeterince düşünmedikleri belirlenmiştir. Birkaç katılımcıların bağımsız kelime ilişkilendirme testindeki açıklamalarında “*karaciğerde katalaz enzimi bulunur.*” (K10; K15; K20; K21; K25; K29), alternatif kavramları olduğu belirlenmiştir. Hâlbuki katalaz enzimi sadece hayvansal dokularda bulunmaz, bitkisel dokularda da bulunur.

Çizim örneklerine bakıldığında (Bakınız K35; K4) ise; çoğu katılımcıların “*enzimin çalışmalarını etkileyen faktörler*” ve “*enzimin çalışma mekanizması*” ile ilgili katılımcıların bilgi sahibi olduğu fakat diğer faktörlerle ilgili olarak biyoloji öğretmen adaylarının herhangi bir bilgiye sahip olmadıkları tespit edilmiştir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarında enzimin çalışmasını etkileyen faktörlerle ilgili tespit edilen bazı alternatif kavramlar; “*substrat tepkimeyi etkilemez*”, “*su enzimler için etkili değildir*” ve “*sıcaklığın belirli bir eşik değeri vardır, bunun altında ve üstünde hiç etkisi olmaz*” şeklindedir (Sinan ve diğerleri, 2006).

Öğrencilere enzim-substrat etkileşimi ile ilgili kavramları doğru algılamaları üzerine çok fazla çalışma olmadığı bilinmektedir. Hâlbuki bu konu liseden üniversiteye kadar biyoloji derslerinde tartışılan tamamlayıcı bir konudur (Orgill ve Bodner, 2007). Yapılan başka bir çalışmada (Linenberger ve Bretz, 2012); öğrencilerin enzim-substrat ilişkisinde birçok alternatif kavrama ilaveten çeşitli bilişsel uyumsuzluklarda ortaya çıkarılmıştır.

Enzim kavramının doğru algılanması sürecinde öğrencilerde yaşanan bilişsel yetersizliklerin temelinde; ilk ve ortaöğretimde aldıkları eğitimde yaşadıkları olumsuzlukların yanı sıra üniversite eğitimlerinde yaşadıkları olumsuzlukların da etkisi oldukça fazladır. Mezuniyet sonrası öğretmen olacak öğretmen adayları için bu durum oldukça büyük önem arz etmektedir. Bilişsel açıdan yetersiz öğretmenlerin enzim kavramını kavram yanılgıları oluşturmadan öğretmesi beklenemez. O nedenle tüm eğitim kademelerinde kavramsal

öğrenmeye gereken önemin verilmesi ve kavram öğretimine uygun çalışmaların yapılması öğrencilerde anlamlı öğrenmelerin sağlanması açısından son derece önemlidir. Bu açıdan bakıldığında da biyoloji ders programları düzenlenirken kavramsal öğrenmeyi sağlayacak şekilde düzenlenmesinin sağlanması, derse başlarken ve ders sonlarında değerlendirmeler yapılarak öğrencilerin kavramsal gelişim durumları tespit edilmeli, etkili bilişsel gelişim sağlanacak şekilde eğitim ortamları düzenlenmelidir. Öğrencilerin derslere aktif katılımları sağlanmalıdır. Öğrenme sürecine aktif olarak katılan öğrencilerin zihinlerinde, yeni öğrenilen bilgilerin daha uzun süre muhafaza edildiği, bilişsel süreç becerilerini daha iyi kullandıkları bilinmektedir. Bu nedenle aktif öğrenme teknikleri birçok fen öğretimi alanında kullanılmaktadır (Tessier, 2003).

Netice itibarıyla gerek kavram öğretimine gerekse kavramsal öğrenmeye gereken önem verilmeli, öğretim faaliyetleri anlamlı öğrenmeyi sağlayacak şekilde yapılmalı, farklı tekniklerden faydalanılmalı, derse aktif katılım sağlanmalı, kavramlar arası bağlantıların kurulmasına yardımcı olan kavram haritaları, kavram ağları, anlam çözümleme tabloları, çizme-yazma gibi tekniklerin yanı sıra kavram ilişkilendirme testleri gibi uygulamalar artırılmalı, öğretmen adaylarının etkili bir şekilde bilişsel stratejileri kullanabilecekleri yönde eğitim verilmelidir. Kaliteli bir eğitim-öğretim sonucu kaliteli öğretmenlerin yetiştirilebileceği gerçeği unutulmamalıdır. Araştırma sonuçlarının benzer konularda yapılacak çalışmaları kolaylaştıracağı, yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Anderson, O.R. (1992). Some interrelationships between constructivist models of learning and current neurobiological theory, with implications for science education. *Journal of Research and Science Teaching*, 29(10), 1037-1058.
- Atasoy, B. (2004). *Fen öğrenimi ve öğretimi*. (2. Baskı). Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- 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(1), 21-29.
- Ayaz E., Karakaş H. ve Sarıkaya R., (2016). Sınıf öğretmeni adaylarının nükleer enerji kavramına yönelik düşünceleri: Bağımsız kelime ilişkilendirme örneği, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 37, 42-54. <http://dx.doi.org/10.17776/cs.10982>.
- 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. (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 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. ve Özatlı, N. S. (2003). Kelime iletişim test yöntemi ile lise 1. sınıf öğrencilerinin canlıların temel bileşenleri konusundaki bilişsel yapılarının araştırılması. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 75- 85.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., and Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33, 84–86.
- 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.
- Bodner, G.M. (1986). Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63, 873-877.
- 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 though children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21(5), 485-497.
- Ekici, G. ve Kurt, H. (2014). Öğretmen adaylarının “Aids” Kavramı konusundaki bilişsel yapıları: Bağımsız kelime ilişkilendirme testi örneği. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3, 267-306.
- Emre, İ. ve Yılayaz, Ö. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının enzimlerle ilgili kavram yanlışları. *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.
- Eser H., Çetin G., Özarslan M. ve Işık E., (2015). Biyoloji öğretmen adaylarının mikroplara ilişkin görüşlerinin çizme-yazma tekniğine göre incelenmesi, *Uluslararası Eğitim, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1,(1), 17-25.
- Francis, J.W., & Sellers, J.A. (1994). Studying amino acid sequence using word processing programs. *American Biology Teacher*, 56(8), 484-87.
- 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.

- Gussarsky, E. ve Gorodetsky, M. (1990). On the Concept Chemical Equilibrium: The Associative Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 197-204.
- 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.
- Ioannides, C. ve Vosniadou, S. (2001). The changing meaning of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5-62.
- 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.
- Knippels, M. C. P. J., Waarlo A. J., & Boersma, K.T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108-112.
- 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.
- Kurt H., (2013). Biyoloji öğretmen adaylarının “enzim” konusundaki bilişsel yapılarının belirlenmesi. *GEFAD / GÜJGEF*, 33(2), 211-243.
- Kurt, H. ve Ekici, G. (2013). Biyoloji öğretmen adaylarının bağımsız kelime ilişkilendirme testi ve çizme-yazma tekniğiyle “Osmoz” kavramı konusundaki bilişsel yapılarının belirlenmesi. *Turkish Studies-International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 8(12), 809-829.
- Kurt, H., Ekici, G., Aktaş, M. ve Aksu, Ö. (2013). Determining biology student teachers' cognitive structure on the concept of “diffusion” through the free word-association test and the drawing-writing Technique. *International Education Studies*, 6(9), 187-206.
- 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(3), 172-178.
- Marini, I. (2005). Discovering an accessible enzyme: Salivary α -amylase. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 33(2), 112-116.
- Mills, K., Shaw, R., Van Horne, K., Zhang, H. ve Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178(3), 1157-1168.

- 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.
- 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.
- Patrick, P. G. ve Tunnicliffe, S. D. (2010). Science teachers' drawings of what is inside the human body. *Journal of Biological Education*, 44(2), 81-87.
- 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.
- Pridmore, P., and Bendelow, G. (1995). Images of health: exploring beliefs of children using the 'draw-and-write' technique. *Health Education Journal*, 5(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.
- Selvi, M. ve Yakışan, M. (2004). Üniversite birinci sınıf öğrencilerinin enzimler konusu ile ilgili kavram yanlışları. *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. (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., Yıldırım, O., Kocakulah, M. S. ve Aydın, H. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının proteinler, enzimler ve protein sentezi ile ilgili kavram yanlışları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1), 1-16.
- Smith, K.J. and Metz, P.A. (1996). Evaluating student Understanding of Solution Chemistry Through Microscopic Representations. *Journal of Chemical Education*. 73(3), 233-235.

- 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. & Huang, C. M. (2002). Exploring students' cognitive structures in learning science: A review of relevant methods. *Journal of Biological Education*, 36, 163-169.
- White, R. T., and Gunstone, R. F. (1992). Probing understanding. London: *The Falmer Press*.
- 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.
- 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. (2016). *Nitel araştırma yöntemleri*. Ekim 2016. Genişletilmiş baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- 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.
- Yörek, N., Şahin, M., and Uğulu, 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.