Is DNA Replicated in Protein Synthesis?

Protein Sentezinde DNA Eşlenir mi?

Olcay Sinan

Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı, 10100 Balıkesir-Türkiye, olcaysinan@yahoo.com

Muhammet Uşak

Gazi üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı, 06500 Ankara-Türkiye, musaktr@gmail.com

Özet

Bu çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve sonrasında protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi ile ilgili kavram yanılgıları ve bunların nedenleri araştırılmıştır. Çalışmaya Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıf programına kayıtlı toplam 50 öğrenci katılmıştır. Protein sentezi ile ilgili daha önceden yapılmış bazı çalışmalar göz önünde bulundurularak, açıklamalar içeren 3 maddelik bir test hazırlanmış, ön ve son test olarak uygulanmıştır. Ayrıca, öğrencilerin araştırma konusuyla ilgili fikirlerinin daha derin araştırılmasına yönelik, ilgili kavram yanılgısına sahip 10 öğrenci ile yarı-yapılandırılmış görüşmeler yapılıştır. Araştırmaya katılan öğrencilere herhangi bir müdahale yapılmadan geleneksel öğretim yöntemiyle protein sentezi konusu işlenmiştir. Anket ve görüşme verileri hem nicel hem de nitel olarak analiz edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, fen bilgisi öğretmen adaylarının protein sentezi ile ilgili güçlü bir kavram yanılgısına sahip olduğu ve bunun da geleneksel öğretim yöntemi ile ortadan kaldırılamadığı belirlenmiştir. Ayrıca bu kavram yanılgısı ile santral dogma şeması arasında güçlü bir ilişki olduğu da belirlenmiştir. Bu şemanın birçok farklı seviyedeki öğrencide bazı kavram yanılgılarına ve karışıklıklara yol açması nedeniyle, lisedeki biyoloji müfredatından ve bütün kitaplardan çıkarılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Eğer bu şemanın yararlı lise öğrencilerin protein sentezini öğrenmelerine yararlı olacağı düşünülüyorsa, bu şema üzerinde mutlaka bazı değişiklikler yapılmalıdır. Çalışmanın sonunda bu şema ile ilgili bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler

Protein Sentezi, Kavram Yanılgısı, Santral Dogma, Fen Eğitimi, Öğretmen Adayı

Abstract

In this study, before and after the instruction, the level of misconception about DNA need to be replicated in protein synthesis and their causes were investigated on primary science teacher candidates. The subject of the study included 50 primary science candidates from Balikesir University Necatibey Education Faculty department of primary science teacher education in 2nd class. Considering the some previous articles about protein synthesis, a three-item test including explanations was prepared and administered as pre and posttests. Moreover, in order to reveal the subjects' idea about the research topic deeply, ten students who have the misconception were interviewed individually using semi-structured interview approach after the instruction. The students in the research group were taught protein synthesis by using traditional teaching without any intervention. The survey and interview data were analyzed both quantitatively and qualitatively. As a result of analysis done with the findings obtained from this study, it was determined that the primary science teacher candidates had a severe misconception about protein synthesis and traditional instruction was insufficient to overcome the problem. In addition, it was determined a strong relationship between the misconception and central dogma schema. Because it leads to some misconception and confusions in students at some levels, this schema should be removed in high school biology curriculum and all textbooks. If this schema is thought to be useful on learning of high school students about protein synthesis, absolutely some modifications must be done on the schema. End of the study, some suggestions related to the schema were presented with the support of the findings obtained from this study.

Keywords

Protein Synthesis, Misconception, Central Dogma, Science Education, Teacher Candidate

Giriş

Fen eğitimi araştırmaları arasında kavram yanılgıları önemli bir yer teşkil etmektedir (Bahar, 2003; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003; Coştu ve ark. 2007). Kavram yanılgıları ile ilgili yapılan çalışmalarda öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilemez fikirler geliştirdikleri ve bunların değişime dirençli oldukları rapor edilmiştir. Yine bu çalışmalarda kavram yanılgılarının öğrenci, öğretmen, ders kitabı, dil ve günlük yaşam gibi değişik nedenlere bağlı olduğu ve bunların öğrenme için engel oluşturduğu birçok çalışmada gösterilmiştir.

Protein sentezi lise biyoloji öğretim programında yer alan önemli konulardan birisidir. Protein sentezi bazı soyut olayları içermesi nedeniyle öğrencilerin öğrenmede zorluk çektikleri konular arasında olduğu belirtilmektedir (Lazarowitz & Penso, 1992; Pittman, 1999). Pittman (1999) öğrencilerin protein sentezini görselleştirmede genellikle zorlandıklarını analoji ile bunları aşabileceğini göstermeye çalışmıştır. Yapılan çalışmada analojinin öğrencilerin protein sentezini öğrenmeye önemli katkı sağladığını ortaya koymuştur. Aynı araştırmacı protein sentezinin genetik konuları için de önemli bir altyapı sağlaması nedeniyle bu konunun kavramsal olarak anlaşılmasının önemine dikkat çekmiştir.

Öğrencilerin protein sentezini daha iyi anlamalarını sağlayabilmek amacıyla bazı araştırmaların yapıldığı literatürde görülmektedir. Ong (2010), Stencel ve Barkoff (1993) rol yapma; Lewis ve arkadaşları (2005), Clements ve Jackson (1998) bazı materyallerle oyun oynama; Membiela ve

Latorre (1993), Sprehn (1993) model oluşturma; Rode (1995) simülasyon; Lee ve Songer (1998) ise multimedya araçları ile protein sentezinin öğretimini lise ve üniversite öğrencileri üzerinde uygulayarak araştırmalarını yapmıştır.

Protein sentezinin öğretimi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, bu konuyla ilgili kavram yanılgılarının belirlenmesi adına çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Bunlardan en önemlileri Fischer (1985) ile Sinan ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmalardır. Fisher (1985) daha çok aminoasitler ve enzimlerin rolleri ile ilişkili olarak öğrencilerde kavram yanılgılarının meydana geldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca Fischer (1985), protein sentezinin görülemediği için soyut kaldığını, burada gerçekleşen olayları anlamanın çok zor olduğunu ve bu nedenle de kelime, sembol, şekil ve diğer simgeler yardımıyla anlamanın sağlanmaya çalışıldığını belirterek, değişik süreçlerle türetilen bu simgelerin de öğrenciler tarafından iyi anlaşılması gerektiğini vurgulamıştır. Sinan ve ark. (2007) ise protein sentezinde DNA'nın eşlenmesine, mRNA'nın yapısı ve görevine, aminoasit ile protein arasındaki ilişkiye bağlı olarak gelişen kavram yanılgıları üzerinde durmuştur. Her iki çalışmada da öğrencilerin bu konuyu öğrenirken zorluklar yaşadıkları, bazı kavram yanılgılarına düştükleri ve bunların düzeltilmesi için geleneksel öğretimden farklı etkinliklerin yapılması gerektiği rapor edilmiştir.

Santral Dogma

İlk defa Francis Crick tarafından 1958 yılında ortaya atılan santral dogma, genetik bilginin akışını ifade etmek için kullanılmıştır (Crick, 1970). DNA'nın eşlenmesi (Replikasyon), DNA'dan RNA'nın sentezlenmesi (Transkripsiyon) ve RNA'daki şifrelere göre ribozomda aminoasitlerin belirli sıraya göre dizilerek protein oluşturulması (Translasyon) olaylarını özetleyen bu kavram ve şema genetik bilgi aktarımının genel yollarını göstermektedir. Ancak "dogma" terimi yanlış olarak adlandırılmış ve sadece tarihi nedenlerden dolayı kullanımı sürdürülmektedir (Nelson ve Cox, 2013). Çünkü dogma ileri sürülen bir görüşün sorgulanmadan kabul edilmesi anlamına gelir. Crick (1958) tarafından ileri sürülen santral dogma üzerinden geçen 50 yıldan fazla zaman diliminde genetik ve moleküler biyolojideki çalışmalarla bilinenler çok değişmiştir. RNA'dan RNA ve DNA sentezlenebilmesi ile genetik bilgi akışında bilinenler artmış ve santral dogma şeması genişletilmiştir (Nelson ve Cox, 2013). Belki şu an bilinenler de zamanla değişecek ve santral dogma değiştirilecek, geliştirilecek veya tamamen ortadan kaldırılacaktır. Dolayısıyla bu ifadede geçen "dogma" terimi günümüzde gerçek anlamını yitirmiştir.



Şekil 1 Santral dogma

Başlangıçta çok fazla detayları düşünülmeden hazırlanarak ismi konulan santral dogma kavramı ve şeması çok sık olmamakla birlikte günümüzde lise ve akademik düzeyde halen kullanılmaktadır. Mesela ülkemizde yaygın olarak kullanılan akademik düzeydeki bir kitapta (Campbell & Reece, 2008) böyle bir şema geçmemesine rağmen, uzun yıllardır lise biyoloji programında ve kitaplarında bu şemaya yer verilmiş ve şu an yürürlükte olan yeni programda da bulunmaktadır. Ayrıca bu kavram akademik makalelerde de çok kısıtlı olarak geçmektedir. Ancak akademik düzeydeki birçok moleküler biyoloji ve biyokimya kitaplarında ayrı bir bölüm halinde "Bilgi Yolakları" başlığı altında bu konu işlenmektedir (Örnek: Nelson ve Cox, 2013).

Çalışmanın Önemi

Literatürdeki çalışmalarda veriliği üzere protein sentezinde gerçekleşen olayların kolay bir şekilde gözlenememesi ve arka arkaya gerçekleşen karmaşık birçok olayı ve kavramı içermesi nedeniyle öğrencilerin bu konuyu anlamakta zorluk çektikleri ileri sürülmüştür (Fischer, 1985; Sinan ve ark. 2007). Ayrıca aynı konu üzerinde öğrencilerin birçok kavram yanılgısına düştükleri ve bunlarında önemli öğrenme engeli oluşturduğu literatürdeki çalışmalarda gösterilmiştir. Benzer bir durum öğretmen adaylarında da yaşanmaktadır. Öğretmen adaylarının ilgili alanına ait temel konu ve kavramları bilimsel olarak doğru kabul edilen şekilde öğrenmesi son derece önemlidir. Eğer bir öğretmende kavram yanılgısı varsa, bunun öğrencilere yansıması çok daha kötü sonuçlara yol açabilecektir. O halde öğretmen adaylarının sahip oldukları kavram yanılgılarının tespit edilmesi ve bunları gidermeye yönelik çalışmaların yapılması oldukça önem arz etmektedir.

Ayrıca daha önce yapılan bir araştırmada hem öğretim öncesi hem de sonrası protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini belirten çok sayıda fen bilgisi öğretmen adayının olduğu tespit edilerek bunun kavram yanılgısı olduğu gösterilmiştir (Sinan ve ark. 2007). Ancak bu yanılgının kaynağı hakkında bazı görüşler ortaya atılsa da, çok detaylı veriler ileri sürülememiştir. İşte bu çalışma ile sadece bu kavram yanılgısının kaynağının ne olduğu araştırılmıştır. Bu çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve sonrasında protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği ile ilgili kavram yanılgılarının ne düzeyde olduğu ve bunların nedenleri araştırılmıştır. Yapılan literatür çalışmasında şimdiye kadar böyle bir araştırmaya rastlanmamış olması da bu çalışmanın önemini daha da artırmıştır.

Yöntem

Fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve sonrasında protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi ile ilgili kavram yanılgılarını ve bunların nedenlerini ortaya koymayı amaçlayan bu çalışmaya Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıf programına kayıtlı Genel Biyoloji-I dersini alan toplam 50 öğrenci katılmıştır. Protein sentezi, ilgili ana bilim dalı programında yer alan Genel Biyoloji-I dersi animasyonlarla desteklenerek düzanlatım tekniği ile işlenmiştir. Ayrıca rol yapma etkinlikleri ile protein sentezinde gerçekleşen olaylar canlandırılmıştır. Bu çalışma deneysel olmadığı için dersin işlenişine müdahale edilmemiş, derste önceki yıllarda yapılanlardan farklı bir etkinlik yapılmamıştır.

Veri toplama aracı olarak 3 soruluk açıklama gerektiren bir anket ve görüşmeler kullanılmıştır. Sinan ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada çok sayıda öğretmen adayının protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği şeklinde bir kavram yanılgısının olduğu ve bunun da santral dogma şeması ile ilişkili olabileceği rapor edilmiştir. İşte bu sebeple şimdiki çalışmada santral dogma şemasının protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini ne derece etkilediği üzerine yoğunlaşılmıştır. Öğretim öncesi öğrencilere santral dogma şeması verilip bu şemayı daha önce görüp görmedikleri, gördülerse nerede gördükleri ve bu şemanın neyi açıklamak için hazırlanmış olabileceği ve protein sentezinde DNA'nın eşlenip eşlenmediği ile ilgili toplam 3 soru sorulmuştur (Ek-1). Son testte ise diğer sorulara gerek duyulmadan sadece "Protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerekir. (Doğru/Yanlış). Çünkü:…" şeklindeki soru sorulmuştur. Açık uçlu ankette kullanılan 3. sorunun hem ön hem de son testte yer almasının nedeni, tespit edilebilecek kavram yanılgılarının ne derece dirençli olduğunun anlaşılması ile ilgilidir. Eğer her iki testte de bilimsel olarak kabul edilemez açıklamalar tespit edilirse, o zaman bunların tipik bir kavram yanılgısı olduğu iddia eilebilir. Aksi durumda yapılan yorumlar çok yanıltıcı olabilirdi.

Ayrıca çalışmaya katılan öğrencilerden öğretim sonrasında araştırılan kavram yanılgısına sahip olanlardan 10 tanesi ile de yaklaşık 25'er dakikalık yarı-yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşme için bir form hazırlanarak ankette sorgulanan kavramlarla ilgili daha detaylı veriler elde edilmeye çalışılmıştır (Ek-2). Bu veri toplama aracının kullanılmasının temel nedeni; muhtemel kavram yanılgılarının netleştirilmesi, bunların nedenlerinin ve çözümlerinin belirlenmesidir.

Öğrencilerin anket sorularına verdikleri yanıtları hem nicel (yüzde, frekans) hem de nitel (betimsel analiz) olarak analiz edilmiştir. Öğrencilerin açıklamaları teker teker incelenerek alt kategoriler oluşturulmuş ve bunlar tablo haline getirilerek % frekansları ile verilmiştir. Anketin 1 ve 2. sorularına verilen yanıtlar, hem sadece ön testte yer alması hem de çok fazla çeşitte olası açıklamalar içermemesi nedeni ile az sayıda alt kategori altında toplanmıştır. 3. soruya verilen yanıtlar ise iki ana kategori (doğru ve yanlış) altında çok sayıda alt kategoriye ayrılmıştır. Her bir açıklama uygun şekilde bir alt kategoriye yerleştirilmeye çalışılmış, eğer bulunamamışsa yeni bir alt kategori oluşturulmuştur. Çözümlenen görüşme verileri ise; anket soruları ile ilişkilendirilerek öncelikle bir genel durum değerlendirmesi yapılmış, sonra da 5 alt kategoride öğrencilerin açıklamaları irdelenmiştir. Görüşmelere katılan öğrencilere kod numaraları (Ö1, Ö2, Ö3…) verilerek açıklamaları ilgili alt kategorilerde sunulmuştur.

Bulgular ve Yorumlar

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle öğrencilerin anket sorularına verdikleri cevaplar tablolar halinde sunularak yorumlanmıştır. Daha sonra ise görüşme verilerinden elde edilen bulgular ortaya konularak yorumlanmıştır.

Anket Verilerinin Analiz Sonuçları

Çalışmaya katılan öğrencilere uygulanan ankette yer alan birinci soruda santral dogma şemasını daha önce görüp görmedikleri, eğer gördülerse nerede, ne zaman ve hangi konuyla ilişkili olarak gördükleri sorulmuştur. Öğrencilerin verdikleri cevaplar hem nicel hem de nitel olarak analiz edilip aşağıdaki tabloda (Tablo 1) yüzde frekansları ile verilmiştir.

Tablo 1. 1. Sorunun analiz sonuçları

Kategori Türü	Öğrencilerin Verdikleri Cevaplar	f
EVET	Lisede protein sentezi konusunda görmüştük.	84
	Lise ve dershanede protein sentezi konusunda görmüştük.	6
	Açıklama Yok	10

Çalışmaya katılan öğrencilere öğretim öncesi santral dogma şemasını daha önce görüp görmedikleri, eğer gördülerse nerede ve ne zaman gördükleri sorulmuştur. Öğrencilerin hepsi bu şemayı daha önce gördüklerini belirtmiştir. Öğrencilerin %84'lük kısmı bu şemayı lise yıllarındaki biyoloji derslerinde protein sentezi konusunda gördüğünü ifade etmiştir. Ayrıca öğrencilerin %6'sı bu şemayı hem lise hem de üniversiteye hazırlık dershanelerinden hatırladıklarını beyan etmiştir. Ancak öğrencilerin %10'u ise bu şemayı hatırlamalarına rağmen herhangi bir açıklama yapmamıştır. Buradaki öğrenci açıklamalarından elde edilen sonuçlara göre, öğrencilerin büyük bir çoğunluğu lise yıllarındaki biyoloji derslerinden santral dogma şemasını protein sentezi konusuyla ilişkili olarak hatırladıkları çok rahatlıkla söylenebilir.

Öğrencilerin santral dogma şemasından ne anladıklarını daha net olarak tespit edebilmek amacıyla yöneltilen 2. sorudan elde edilen bulgular ise aşağıdaki tabloda (Tablo 2) kısaca özetlenmiştir.

Tablo 2. 2. Sorunun analiz sonuçları

Öğrencilerin Verdikleri Cevaplar	f
Protein sentezi şematize edilmiştir.	96
Bu şema protein sentezini akla getiriyor ama protein sentezinde DNA eşlenmez.	2
DNA'nın eşlenmesi ile ilgili bir şema.	2

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi öğrencilerin çok büyük bir kısmı (%96+%2) santral dogma şemasının protein sentezi ile ilişkili olduğunu savunmaktadır. Sadece 1 öğrenci (%2) santral dogma şemasının DNA'nın eşlenmesi ile ilgili olduğunu ileri sürerek farklı bir açıklama yapmıştır.

Tablo 1 ve Tablo 2'deki verilerden elde edilen sonuçlar ışığında öğrencilerin santral dogma şemasını lise yıllarında öğrendikleri protein sentezi konusunu özetleyen bir şema olarak hatırladıkları çok net bir şekilde anlaşılmaktadır. Bu ilişkilendirme öğrencileri santral dogma şemasında yer alan replikasyon, transkripsiyon ve translasyon olaylarının protein sentezinde mutlak surette olması gerektiği fikrine götürdüğü de rahatlıkla söylenebilir. Ancak santral dogma şemasının hazırlanış amacında olan genetik bilginin akışı ile ilgili öğrencilerden herhangi bir açıklama alınamamıştır. Bu sebeple santral dogma şemasının amacına uygun şekilde hizmet etmediği çok açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. O halde bu şemanın öğretim ortamında kullanılması ile ilgili amaca uygun şekilde bir düzenlemeye mutlak suretle ihtiyaç vardır.

Çalışmada kullanılan anket sorularının ilk iki tanesi sadece ön testte kullanılmıştır. Anketin 3. Sorusu ise hem ön testte hem de son testte kullanılmıştır. Bu soruda öğrencilere "Protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerekir. (Doğru/Yanlış). Çünkü:…" şeklinde soru sorulup açıklama yapmaları istenmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerin bu soruyu hem ön hem de son testte verdikleri cevaplar incelenerek analiz edilmiştir. Öğrencilerin açıklamaları uygun alt kategorilerde toplanarak yüzde frekansları halinde aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. 3. Sorunun analiz sonuçları

Kategori Türü	Öğrencilerin Verdikleri Cevaplar	Ön Test	Son Test
Yanliş	DNA sadece hücre bölünmesinden önce kendini eşler	6	24
	DNA'nın bir kısmı açılır ve mRNA sentezlenir.	8	36
	Santral dogma şemasında DNA'nın eşlendiği gösteriliyor ama bu yanlış anlamalara neden oluyor.	-	4
	Açıklama Yok	4	
	Toplam	18	64
Doğru	Çünkü santral dogma şemasında ilk olarak DNA'nın eşlenmesi gerektiği gösteriliyor.	8	6
	Transkripsiyon ve Translasyon için ön şarttır.	16	
	mRNA'nın üretilmesi için gerekir.	20	12
	Belli kodları aktarması için gereklidir.		12
	Protein çeşitliliği için gereklidir.	6	
	Açıklama Yok	32	6
	Toplam	82	36

Yukarıda verilen tabloda protein sentezinde DNA'nın eşlenip eşlenmediği ile ilgili öğrencilerin cevapları sunulmuştur. Tablo incelendiğinde öğretim öncesi %18 olan "Yanlış" cevabının öğretim sonrası %64 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Benzer şekilde öğretim öncesi %82 olan "Doğru" cevabının öğretim sonrasında %36'ya gerilediği göze çarpmaktadır. "Yanlış" cevabını verenlerden açıklama yapmayanların oranı ön testte %4 iken son testte bu kategoride hiç öğrenci olmamıştır. "Doğru" şıkkını işaretleyip açıklama yapmayanların oranı ön testte %32, son testte ise %6 olarak tespit edilmiştir. Genel olarak uygulanan öğretimin başarılı olduğu söylense de, öğretim sonrası %36 oranında bilimsel olarak kabul edilemez cevapların devam ediyor olması önemli bir sorun olduğuna işaret etmektedir. Buradan hareketle "Protein sentezinde DNA eşlenir" şeklindeki ifadenin tipik bir kavram yanılgısı olduğu söylenebilir. Çünkü bu yanılgının, hem ön testte hem de son testte çok sayıda öğrencide tespit edilmesi nedeniyle, değişime dirençli olduğu görülmektedir.

Önermeye "Yanlış" cevabını verenlerden DNA'nın sadece hücre bölünmesi öncesinde eşlendiğini öğrencilerin %6'sı öğretim öncesinde belirtirken, bu oran öğretim sonrasında %24 olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde protein sentezinde DNA'nın bir kısmının açılıp mRNA sentezlendiğini söyleyen öğrencilerin öğretim öncesi oranı %8 iken, bu oran öğretim sonrasında %36 olmuştur. Santral dogma ile ilişkili açıklama ön testte tespit edilemez iken, son testte %4 oranında tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere öğretim sonrası hem nicel hem de nitel olarak olumlu bir gelişmenin olduğu net bir şekilde ortaya konulmuştur.

Protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini belirten öğrencilerden santral dogmada DNA eşlendiği için protein sentezinde de DNA'nın eşlenmesi gerektiğini ileri süren öğrenci öğrencilerin oranı ön testte %8 iken, son testte %6'ya düşmüştür. Santral dogma ile ilgili olduğu düşünülen diğer açıklamada ise "Transkripsiyon ve Translasyon için ön şarttır." diyen öğrencilerin oranı ön testte %16 iken son testte böyle bir cevap tespit edilmemiştir. Bu cevaplara göre santral dogma şemasının öğrencilerin zihinlerinde önemli bir yer edindiği ve kavram yanılgısına götürdüğü söylenebilir.

"Doğru" cevabını veren öğrenciler içerisinde "mRNA'nın üretilmesi için gerekir." açıklamasını ön testte öğrencilerin %20'si, son testte ise %12'si yapmıştır. Eğer protein sentezinde DNA eşlenmezse mRNA'nın oluşamayacağı veya buradaki DNA'nın kopup gideceği için yerine yenisinin yapılması gerektiğini öğrenciler düşünmüş olabilir. Belki de baştan protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini kabul eden öğrenci, sonrasında bu şekilde kendi düşüncelerini değiştirmiş olabilir. Protein sentezinde mRNA üretilmesi gerektiğine benzer şekilde öğretim sonrasında öğrencilerin %12'si "Belli kodları aktarması için gereklidir." tarzında bir açıklama yapmıştır. Bu açıklamada kastedilen kodların mRNA olduğu tahmin edilmektedir. Dolayısıyla öğrencilerin %20-24 kadarında en azından DNA'nın bir kısmının eşlenerek yeni bir parça oluşturulması gerektiği ve bunun da protein sentezinin diğer aşamalarında kullanıldığı fikrine sahip olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca sadece ön testte öğrencilerin %6'sı protein çeşitliğinin sağlanması için DNA'nın eşlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Ancak bu öğrencilerin neden böyle bir açıklama yaptıkları anlaşılamamıştır.

Görüşme Verilerinin Analiz Sonuçları

Çalışmanın bu aşamasında toplam 10 öğrenci ile yapılan yarı-yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler sunulmuştur. Öncelikle öğrencilerin genel durumları açıklanarak sonrasında 4 alt başlık altında özel durumlara yer verilmiştir.

Genel Durum

Yapılan görüşmelerde öğrencilerin protein sentezini genel olarak anlamakta zorlandıkları göze çarpmaktadır. Görüşmelerin ilk sorusunda öğrencilerden, detaylarına inmeden, kısaca protein sentezini özetlemeleri istenmiştir. Öğrencilerin hemen hemen hepsi protein sentezinde gerçekleşen

olayları sralı ve belirli bir düzen içerisinde anlatamamıştır. DNA'nın eşlenmesi, mRNA'nın sentezlenmesi, ribozomda protein oluşması, kodon ve antikodon uyuşması öğrencilerin en çok bahsettiği olaylar arasında görülmektedir. Öğrenciler protein sentezinde gerçekleşen belli başlı olayları anlayamadığı için genetik şifre ile protein arasındaki ilişkileri de tam olarak öğrenememektedir. Bunların neticesi olarak öğrencilerde eksik ve bilimsel olarak kabul edilemez anlamalar gelişmektedir. Ayrıca kökleşmiş olan kavram yanılgılarının geleneksel öğretimle düzeltilmesinin çok zor olduğu görüşmeler sırasında bir kez daha anlaşılmıştır.

Santral Dogma Şeması

Görüşmeye katılan öğrencilerin hepsi, anket sonuçlarını (Tablo 1) doğrular şekilde, santral dogma şemasını daha önce gördüğünü ifade etmiştir. Bunların 10 tanesi lise derslerinde, 7 tanesi ise hem lise hem de üniversite hazırlık biyoloji derslerinde bu şemayı gördüğünü belirtmiştir. Aynı öğrenciler santral dogma şemasını DNA, RNA ve protein sentezi konularının işlenmesi sırasında gördüklerini ifade etmişlerdir. Buradan hareketle, öğrencilerin santral dogma kavramı ve şeması ile lisans öğrenimi öncesinde tanıştıkları ve bunları nükleik asitler (DNA, RNA ve protein sentezi) konusuyla ilişkilendirdikleri açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Öğrencilere uygulanan anketin 2. sorusunda (Tablo 2) da görüldüğü üzere öğrenciler santral dogma ile protein sentezi arasında doğrudan bir ilişki kurmaktadır. Görüşmeler sırasında santral dogma şemasının neyi açıkladığı tekrar sorulduğunda öğrencilerin hepsi yine bu şemanın protein sentezini açıkladığını belirtmiştir. Yani bu şema protein sentezinin daha kolay anlaşılmasını ve kalıcı olmasını sağlamak amacıyla hazırlanmış bir şema olduğunda öğrenciler fikir birliği etmiş görünmektedir. Hâlbuki bu şema, içerisinde transkripsiyon ve translasyon olaylarını içermesine rağmen, protein sentezini özetlemek amacıyla hazırlanmış bir şema değil, daha çok genetik bilgi akışını anlatmaya çalışmaktadır (Crick, 1970; Nelson ve Cox, 2013). Öğrencilerden hiçbir şekilde santral dogmanın genetik bilgi akışını anlattığına yönelik bir açıklama gelmemesi çok ilginç bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Belki de onlara bu yönde bir bilgi aktarılmamış olabilir. Yani ne biyoloji öğretmenleri ne de ders kitapları bu şekilde bir bilgiyi öğrencilere aktarmamış olabilir. Öğrenciler de doğal olarak en kolay ve yakın ilişkilendirmelere ulaşmış ve böyle bir sonuç ortaya çıkmış olabilir.

Protein Sentezinde DNA Eşlenir mi?

Genel olarak görüşmelere katılan öğrenciler, 3. anket sorusunda (Tablo 3) da olduğu gibi, protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini ısrarla söylemektedir. Bazıları da bu konuda çelişkili cevaplar vermektedir. Çünkü santral dogma şemasının protein sentezini açıkladığını söyleyen bir öğrenci ankette çıkan bu ilgili sorunun cevabını arkadaşlarından yanlış yaptığını öğrenmiştir. Ancak öğrencinin arkadaşlarından aldığı cevap ile santral dogmadan gelen fikri arasındaki çelişki tutarsız açıklamalara yol açmaktadır. Bu nedenle de öğrenciler protein sentezinde DNA'nın eşlenip eşlenmediği noktasında kararsız kalmaktadır. Öğrenciler ya protein sentezinde DNA eşlenmiyor ya da bu şemada yanlışlık var diyerek genelde şemanı doğru olduğunu ve protein sentezinde DNA'nın eşlendiğini düşünmektedir. Öğrenciler arasındaki etkileşim bazı durumlarda olumlu sonuçlar verirken bazı durumlarda da olumsuzluklar oluşturabilmektedir. Eğer bir öğrenci başka bir öğrenciye yanlış bildiklerini anlatırsa, kavram yanılgıları çoğalarak gidebilmektedir. Bazı durumlarda öğrenciler birbirlerine öğretmenlerinden daha fazla güvenebilmektedir. Kavram yanılgılarının önemli kaynaklarından biri de öğrencilerin kendileri olduğu bilinmektedir (Bahar, 2003; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003; Coştu ve ark. 2007).

Görüşme yapılan öğrencilerden biri (Ö1) santral dogma şemasının protein sentezini anlattığını ve orada ilk basamak olarak eşlenme (replikasyon) geçtiği için protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini ısrarla söylemektedir. Ankette bu soruyu yanlış yaptığını arkadaşlarından duymasına rağmen liseden gelen bilgilerine göre protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini savunmaktadır. Aynı öğrenci lise biyoloji derslerinde DNA, RNA ve protein sentezi konularının arka arkaya işlenmesinden sonra bu santral dogma şemasının verilmesinin böyle bir yanılgıya düşürdüğünü ifade etmiştir. Bu öğrenci santral dogma şemasının olumlu değil, daha çok olumsuz bir etki oluşturduğunu ileri sürmektedir. Öyle anlaşılıyor ki, santral dogma amacına hizmet etmeyen bir kavram ve şema olarak zihinlerde kalmıştır.

Başka bir öğrenci (Ö2) ise, protein sentezi ile ilgili olarak en iyi hatırladığı olayın DNA'nın eşlenmesinin olduğunu görüşme sırasındaki açıklamalarıyla ortaya koymuştur. Bu yanılgının yine santral dogma ile ilgili olduğunu kendisi ifade etmiştir. Ayrıca aynı öğrenci, DNA'nın eşlenmesi ile oluşan yeni parçanın mRNA tarafından götürüldüğünü ve bu mRNA'nın aynı görevi defalarca yaptığını ileri sürmüştür. Hem santral dogma hem de mRNA'nın bu görevi nedeniyle protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği fikri çok sağlam bir şekilde oluşmuş ve kökleşmiş görünüyor. Bu öğrenci de santral dogma şemasının ya kaldırılması ya da değiştirilmesi gerektiğini önermektedir. Görüşmelere katılan Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9 ve Ö10 kodlu öğrenciler de Ö2 kodlu öğrencinin fikirlerine çok yakın açıklamalar yapmışlardır.

Görüşmeye katılan diğer bir öğrenci (Ö3) ise, anketin uygulandığı sırada protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini ve bunun da santral dogma ile bağlantılı olduğunu belirtmiştir. Biyoloji derslerinde protein sentezi ile ilgili yapılan rol yaptırma etkinliğindekilerini hatırladığında, DNA'nın eşlenmediğini fark etmiştir. Yine de lise yıllarından kalan santral dogma şeması ile bağlantılı fikirlerin önemli etkisinin olduğunu itiraf etmiştir. Yani bu öğrenci anlamsız bir şekilde protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği fikrinin zihninde yer edindiğini ifade etmektedir. Ancak hem öğretim hem de kendi çabaları ile bu yanılgıyı düzelttiği anlaşılmaktadır. Ö8 kodlu öğrencinin de Ö3 ile benzer fikirlere sahip olduğu görüşmeler sırasında elde edilen bulgulardan tespit edilmiştir. Ancak Ö8 kodlu öğrenci protein sentezinde DNA'nın eşlendiğini, sonra eşlenen bu parçanın sitoplazmaya geçtiğini ve mRNA'ya dönüştüğünü görüşmenin ilk kısmında anlatmıştır. Sonraki aşamada ise, protein sentezinde DNA'nın eşlenmesinin mantıklı olmadığını fark etmiş ve yanılgının sebebinin yine santral dogma ile ilgili olduğunu ileri sürmüştür.

Bilindiği üzere kavram yanılgılarını en önemli özelliği değişime dirençli olmalarıdır (Bahar, 2003). Dolayısıyla öğrencilerin önceki zamanlarda kökleşmiş öğrenmeleri onları yalnız bırakmayıp bilimsel olmayan fikirlere götürmektedir. Burada da öğrenciler santral dogma şemasını protein sentezi ile ilişkilendirerek ve bu olayda DNA'nın eşlenmesi gerektiğini çok sıkı bir şekilde savunarak kavram yanılgılarındaki direncin ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir. Lisans derslerinde santral dogmadan bahsedilmemesine ve üç değişik teknikle (düzanlatım, animasyon ve rol yapma) protein sentezi işlenerek protein ile genetik şifre arasındaki bağlantılar vurgulanmasına rağmen, öğrenciler yine de eski öğrendiklerini bırakma konusunda isteksiz davrandıkları görülmüştür. Hatta bazı öğrenciler ankette yanlış yaptığını bilmesine rağmen, yine de protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiğini bilinçsizce savunabilmektedir. Tutarsız cevapların kaynağının bunlar olduğu düşünülmektedir.

DNA Ne Zaman Eşlenir?

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde DNA'nın ne zaman/zamanlar eşlendiği sorularak daha farklı bilgilere ulaşılmaya çalışılmıştır. Bazı öğrenciler DNA'nın hücre bölünmesinde eşlendiğini, bazıları bilmediğini ve hatırlayamadığını belirtmiştir. Ö1, Ö2, Ö3 ve Ö8 kodlu öğrenciler DNA'nın hücre

bölünmesinden hemen önce eşlendiğini açıklamışlardır. Ancak daha önce de bahsedildiği gibi aynı öğrenciler protein sentezinde de DNA'nın eşlendiğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla bu öğrenciler hem protein sentezinde hem de hücre bölünmesinde DNA'nın eşlendiği ile ilgili fikirlere sahip oldukları tespit edilmiştir.

Görüşmeye katılanlardan Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9 ve Ö10 numaralı öğrenciler protein sentezi haricinde DNA'nın eşlenmediğini belirtmişlerdir. Ancak görüşme sonunda hücre bölünmesinde DNA'nın eşlenip eşlenemeyeceği sorulduğunda ise Ö5, Ö7 ve Ö9 numaralı öğrenciler hücre bölünmesinde DNA'nın eşlendiğini hemen hatırlamışlardır. Diğerleri (Ö4, Ö6 ve Ö10) ise, hatırlamadıklarını veya emin olamadıklarını ifade etmişlerdir. Görüşme yapılan tarihlerin öncesinde hücre bölünmeleri konusu işlenmiş olmasına rağmen, öğrencilerin hücre bölünmelerinden önce DNA'nın eşlendiğini hatırlamamaları, öğrenmede yatay ve dikey ilişkilerin kurulmasının ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Eğer öğrenciler protein sentezini ve hücre bölünmelerini kavramsal olarak anlayabilmiş olsalardı, protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği gibi bilimsel olarak kabul edilemez fikirler geliştirme olasılığı çok düşük olacaktı.

Santral Dogma Şemasının Öğrenme Üzerindeki Etkisi

Çalışmaya katılan öğrencilerin anketlere verdikleri cevaplar ve görüşmeler sırasındaki açıklamalarından santral dogma şemasının doğru bir şekilde yorumlanmadığı ve bazı öğrenme engellerine yol açtığı anlaşılmıştır. Görüşmelerde öğrencilere son olarak santral dogma şemasının "protein sentezinde DNA eşlenir" fikrine götürmesi ile ilgili düşünceleri sorulduğunda, bütün öğrenciler santral dogma ile protein sentezi arasında ilişki olduğunu ve ilk basamakta DNA'nın eşlenmesi olduğu için hep akıllarında yukarıda bahsedilen kavram yanılgısının oluştuğunu ifade etmişlerdir. Yani öğrenciler bu kavram yanılgısının ana kaynağının santral dogma şeması olduğunu itiraf etmişlerdir. Aynı öğrenciler bu şemanın ya kaldırılması gerektiğini, ya değiştirilmesi gerektiğini ya da bu haliyle kullanılacaksa ne anlama geldiğinin vurgulanması gerektiğini önermişlerdir.

Santral dogma şeması bilgi yolakları konusu içerisinde genetik bilginin akışını anlatan bir şema olarak kullanılmaktadır (Nelson ve Cox, 2013). Ancak öğrencilerin anket ve görüşme verilerinden santral dogma şemasının genetik bilgi akışı ile ilgili olduğuna dair herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu şemanın lise biyoloji derslerinde bu şekilde kullanılması amacına ulaşmadığı net bir biçimde anlaşılmaktadır. En uygun çözümün bu kavram ve şemanın lise düzeyinde hiç kullanılmaması olduğu düşünülmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Araştırmada kullanılan veri toplama araçları ile elde edilen bulgular neticesinde Fen Bilgisi Öğretmenliği programına kayıtlı 2. Sınıf öğrencilerinin çoğunda hem öğretim öncesi hem de öğretim sonrası protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği şeklinde tipik bir kavram yanılgısı tespit edilmiştir. Bu durum, daha önce Sinan ve ark. (2007) tarafından tespit edilen bulgularla çok benzerlik göstermektedir. Ayrıca bu kavram yanılgısının en önemli kaynağının lise biyoloji derslerinde veya üniversite hazırlık kurslarında öğretilen santral dogma şemasından ileri geldiği hem anket hem de görüşme verileri ile çok net bir şekilde ortaya konulmuştur. Yapılan literatür taramasında bu sonuçlara rastlanmamıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında derslerde kullanılan şekil ve şemaların ne kadar önemli olduğu ve bunların kullanımına ne kadar çok dikkat edilmesi gerektiği bir kez daha anlaşılmıştır.

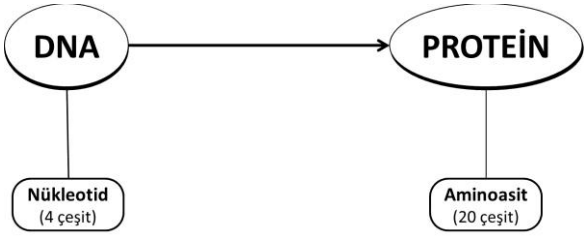
Ders kitaplarındaki bazı ifade, şekil ve şemaların öğrencilerde kavram yanılgılarına yol açabildiği başka çalışmalarda da belirtilmiştir (Kenar, 2008; Yağbasan & Gülçiçek, 2003). Bazı durumlarda bu şemalar öğrenmeyi artırıcı yönde etki gösterirken, bazılarında da azaltıcı etki gösterebilmektedir. Ders kitaplarının şaşırtıcı derecede öğrencilerde kavram yanılgılarına neden olduğu rapor edilmiştir (Kırbaşlar ve ark. 2012; Doğan ve ark. 2009). Genetik bilginin akışını göstermek amacıyla hazırlanan santral dogma şemasının hem biyoloji ders kitaplarında hem de üniversite hazırlık dokümanlarında yer aldığı görülmektedir (Özet ve Arpacı, 2004). Bu şema nükleik asitler ünitesi içerisinde DNA, RNA ve protein sentezinden sonra verilmektedir. Büyük olasılıkla öğrenciler bu şemanın içerisinde geçen olaylar ile protein sentezi arasında bir bağlantı kurmaktadır. İşte bu nedenle yukarıda bahsedilen kavram yanılgısına öğrenciler düşmektedir. Şu durumda bu şema gerçek amacına hizmet etmediği için değiştirilmeye, geliştirilmeye veya silinmeye muhtaç gözükmektedir. Santral dogma örneği eğitim öğretim ortamında kullanılan şekil, şema, resim, simge vs.'lerin ne kadar dikkatli bir şekilde hazırlanıp kullanılmasının önemine dikkatleri çekmiştir.

Araştırmaya katılan öğrencilere görüşmeler sırasında protein sentezini kısaca özetlemeleri istendiğinde birçoğu ilk olarak DNA'nın eşlendiğini söyleyerek anlatmaya başlamaktadırlar. Buradaki yanlış öğrenme protein sentezinin diğer basamaklarının birbirine karışmasına neden olmaktadır. Birinci düğme yanlış iliklenince otomatik olarak diğer düğmeler de yanlış iliklendiği gibi, protein sentezine yanlış yerde başlayan öğrenci kendince alternatif fikirler oluşturmaya başlamaktadır. Mesela öğrencilerin bazıları eşlenen DNA parçasının mRNA aracılığı ile götürüldüğünü veya mRNA'ya dönüştüğünü ileri sürerek protein sentezinin diğer aşamalarını anlatmaya çalışmaktadır (Tablo 3). Dolayısıyla arka arkaya bilimsel olarak kabul edilemez fikirler oluşmaya başlamaktadır.

Öneriler

Öncelikle bu kavram yanılgısının önlenmesi adına santral dogma şemasının lise biyoloji programından ve ders kitaplarından tamamen çıkarılması önerilebilir. Çünkü öğrencilerin bu şemayı doğrudan protein sentezi ile eşleştirdiği ve bunun öğrenmeyi olumlu etkilemesinden ziyade ters yönde çok daha fazla engel oluşturduğu belirlenmiştir. Birçok lisans düzeyindeki kitaplarda bile santral dogma şeması verilmemektedir (Örnek: Campbell & Reece, 2008). Santral dogma ile anlatılmaya çalışılan genetik bilginin akışı lisans düzeyindeki derslerin konusu olabilir. Ayrıca bu şemanın ilk hazırlanan durumuna göre zamanla değiştiği ve bundan sonra da değişebileceği unutulmamalıdır (Nelson ve Cox, 2013).

Şuanki lise biyoloji müfredatında yer alan "12.1.2.2. Genetik şifre ve protein sentezi arasındaki ilişkiyi açıklar ve değerlendirir." şeklindeki kazanım için santral dogma kavramının ve şemasının verilmesinin çok gerekli olmadığı düşünülmektedir. Bu noktada asıl amaç genetik şifre ile protein arasındaki ilişkilerin kurulmasına yönelik bir etkinlik olmalıdır. Bunun için DNA ve proteinin yapıtaşları ile DNA'daki şifrelerin proteinlerin aminoasit dizilimini kodladığını gösteren basit bir şema hazırlanabilir (Bkz. Şekil 2).



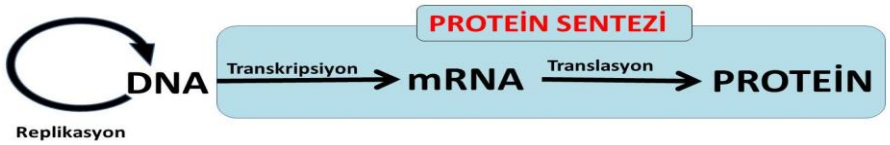
Şekil 2 Genetik şifre ve protein ilişkisi

Yukarıda verilen şemada DNA ile protein arasındaki ilişki açıklanabilir. DNA 4 çeşit nükleotidden oluşan hayatın birinci şifresi, protein ise DNA'daki şifrelere göre 20 çeşit aminoasitin dizilimi ile oluşan ikinci şifredir. Birinci şifre ikinci şifreyi kodlamaktadır. Bu kodlama rastgele bir şekilde değil, protein sentezi olarak isimlendirilen bir dizi olay neticesinde gerçekleşmektedir. İşte bu şekilde her canlının farklı bir protein yapısına sahip olması DNA'daki şifrelerle ilişkilendirilebilir.

Eğer santral dogma şemasının gerçekten de işe yaradığı düşünülüyorsa mutlaka bir düzenleme yapılmalıdır. Çünkü öğrenciler bu şemanın protein sentezini açıkladığını çok ısrarlı bir şekilde savunmaktadır (Bkz. Tablo 2). Ayrıca bu şemanın genetik bilginin akışını anlattığı ve protein sentezini özetlemediği mutlaka vurgulu bir şekilde gösterilip söylenmelidir. Görüşmeler sırasında da öğretmen adaylarından benzer yönde öneriler geldiği tespit edilmiştir. Aşağıda alternatif santral dogma şemaları verilmiştir.



Şekil 3 Santral dogma için alternatif şema



Şekil 4 Santral dogma için alternatif şema

Öğrencilerin kavramsal anlamalarının gerçekleştirilmesi kavram yanılgılarının önlenmesi ve düzeltilmesi adına önemli bir çözüm olabilir. Geleneksel öğretim yöntemleri ile düzeltilemeyen kavram yanılgılarının rol yapma etkinliği gibi bazı alternatif öğretim teknikleri ile aşılması mümkün olabilir (Cakici & Bayir, 2012). Bu çalışmada uygulanan küçük bir rol yapma etkinliğinin belirli bir oranda işe yaradığı anlaşılmış ve bunun geliştirilerek uygulanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Bahar M. (2003). Misconceptions in Biology Education and Conceptual Change Strategies. Educational Sciences: Theory & Practice, 3 (1), 55-64.

Cakici, Y. & Bayir, E. (2012). Developing Children's Views of the Nature of Science Through Role Play. *International Journal of Science Education*, 34:7, 1075-1091

Campbell N. A. & Reece J. B. (2008). *Biyoloji*, Altıncı Baskıdan Çeviri, Çeviri Editörleri: Prof. Dr. E. Gündüz, Prof. Dr. A. Demirsoy, Prof. Dr. İ. Türkan, Palme Yayınları

Clements, L. A. J., Jackson, K. E. (1998). Protein Synthesis-An Interactive Game. American Biology Teacher, 60(6), 427-29.

Coştu, B., Ayas, A., Ünal, S. (2007). Kavram Yanılgıları Ve Olası Nedenleri: Kaynama Kavramı, Kastamonu Eğitim Dergisi, 15(1), 123-136.

Crick, F. (1970). Central dogma of molecular biology. Nature, 227, 561–563.

Doğan, N., Çakıroğlu, J. Bilican, K. &Çavuş, S. (2009). *Bilimin Doğası ve Öğretimi*. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara

Fisher, K. M. (1985) A Misconception in Biology: Amino Acids and Translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1) 53-62.

Kenar, Z. (2008). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimin doğası hakkındaki görüşleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Kırbaşlar, F. G., Özsoy-Güneş, Z., Avcı, F. &Atalar, A. (2012). Fen ve Teknoloji Ders Kitaplarında "Madde ve Değişim" Öğrenme Alanındaki Bazı Kavramların ve Örneklendirmelerin İncelenmesi. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, Sayı 18, 61-83.

Lazarowitz, R. & Penso, S. (1992). High school student's difficulties in learning biology concepts. *Journal of Biological Education*, 26, 3, 215-223.

Lee, H., Songer, N. B. (1998). Science for Conceptual Understanding in an Inquiry-Based Learning Environment. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching in San Diego, California, April.

Lewis, A., Peat, M., Franklin, S. (2005). Understanding protein synthesis: an interactive card game discussion. Journal of Biological Education 39(3) 125-130.

Membiela, P., Latorre, P. (1993). A Model For Demonstrating Protein Synthesis. Journal of Biological Education, 27(2), 92 4p.

Nelson, D.L., Cox, M. M. (2013) Lehninger, Biyokimyanın İlkeleri, (Lehninger Principles of Biochemistry, 5rd Ed.) Çeviri Ed. Y. Murat Elçin, 5. Baskıdan Çeviri, Ankara, Palme Yayıncılık

Ong, B. (2010). A Play of Protein Synthesis in the Classroom. American Biology Teacher, Vol. 72 Issue 9, p564

Özet, M., Arpacı, O., (2004); *Biyoloji III*, İstanbul, Zambak Yayınları

Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: Another way of knowing?. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1) 1-22

Rode, G.A. "Teaching protein Synthesis Using a Simulation" *American Biology Teacher,* (1995) 57,150-52.

Sinan, O., Köse, S., Aydın, H. &Gezer, K. (2007). Prospective Science Teachers` Conceptual Understanding About Proteins and Protein Synthesis. *Journal of Applied Sciences*, 7 (21) 3154–3166.

Sprehn, J. L. (1993). Protein Building Blocks. A concrete model for an abstract thought. American Biology Teacher, 22-25.

Stencel, J., & Barkoff, A. (1993). A. Protein synthesis: Role playing in the classroom. American Biology Teacher, 55(2), 102-103.

Yağbasan, R. & Gülçicek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanılgılarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 102-120.

Ek-1: Anket Soruları



1. Yukarıda verilen şemayı daha önce gördünüz mü?

   ☐ Evet: (Şemanın adını, nerelerde ve ne zaman gördüğünüzü belirtiniz.)
   ☐ Hayır

2. Yukarıdaki şema sizce neyi açıklamaktadır? Bu şema ne amaçla hazırlanmış olabilir? Kısaca açıklayınız.

3. Protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerekir. ☐ Doğru ☐ Yanlış

   Çünkü:

Ek-2 Görüşme Soruları

1. Kısaca protein sentezini anlatabilir misin?
   - mRNA ne işe yarar?
   - tRNA'nın görevi nedir?
   - Protein nasıl oluşur?
2. Bu şemayı (santral dogma şeması) hatırlıyor musun?
   - Nerede, ne zaman ve hangi konuda gördünüz?
3. Bu şema ne amaçla hazırlanmıştır?
   - Başka bir amaçla hazırlanmış olabilir mi?
4. Protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerekir mi? Neden?
   - DNA'nın eşlenmesini gerektiren başka durum(lar) var mıdır?
5. Protein sentezinde DNA'nın eşlenmesi gerektiği ile santral dogma şeması arasında bir ilişki var mı?