

## **ÖĞRENCİLERİN BAĞIMSIZ DAĞILIM İLE İLGİLİ BİLGİ DÜZEYLERİ VE MODELLE ANLATIMIN BİLGİ DÜZEYLERİNE ETKİSİ**

**Canan LAÇIN-ŞİMŞEK**

*Sakarya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Hendek, Sakarya, Türkiye.*

**Ayla KARATAŞ**

*Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kocaeli, Türkiye.*

**İlk Kayıt Tarihi: 22.11.2011**

**Yayına Kabul Tarihi: 11.06.2012**

### **Özet**

*Bu çalışmanın amacı, mayoz bölünme esnasında gerçekleşen olayların genetik çeşitliliğe etkisi ile ilgili öğrencilerin bilgi düzeylerini belirlemek ve bağımsız dağılım ile ilgili bir modelin anlatımının öğrencilerin bilgisine incelemektir. Çalışma, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programında biyoloji 2 dersini alan 2. sınıf öğrencileri ile yapılmıştır. Mayoz konusu anlatılırken model ile anlatıma yer verilmiştir. Çalışmanın başında 80 öğrenci, çalışma sonunda ise 67 öğrenci açık uçlu sorulardan oluşan ölçme aracını doldurmuştur. Çalışmada, öğrencileri genetik çeşitliliğin nedeni olarak çoğunlukla mayoz bölünme ve mayoz bölünme esnasında gerçekleşen parça değişimini (krossing over) gösterdikleri, bağımsız dağılıma hiç değinmedikleri görülmüştür. Ancak, bağımsız dağılımı ilgili modellerle anlatım yapıldıktan sonra öğrencilerin bağımsız dağılımın etkisinin farkına vardıkları tespit edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Genetik çeşitlilik, Mayoz bölünme, Bağımsız Dağılım, Krossing over*

## **STUDENTS' LEVEL OF KNOWLEDGE REGARDING INDEPENDENT ASSORTMENT AND THE EFFECT OF TEACHING THROUGH A MODEL ON THEIR LEVEL OF KNOWLEDGE**

### **Abstract**

*The aim of this study is to examine students' level of knowledge regarding the influence of events during meiosis over genetic diversity and the influence of a lecture of independent assortment model over students' knowledge. Second year students taking Biology 2 course in X university Science Education program participated in the study. During the teaching of meiosis, a lecture related to the model was delivered. At the beginning of the study 80 students completed the open-ended measurement instrument while 67 students completed it at the end of the study. It was understood that students usually accounted for genetic diversity by means of meiosis and the crossing over which occurs during meiosis and none mentioned independent assortment.*

*However, following the lecture by model, students realized the effect of independent assortment.*

**Key words:** *Genetic diversity, Independent assortment, Meiosis, Crossing over*

## 1. Giriş

Canlılar birbirlerinden farklı özelliklere sahiptir. Farklılıklar, canlılar arasında olduğu kadar aynı türün bireyleri arasında da gözlenir. Tür içi genetik çeşitlilik olarak ifade edilen bu özelliğin ortaya çıkmasında mayoz bölünme esnasında ve sonrasında gerçekleşen üç ayrı olay etkilidir. Mayoz bölünme esnasında gerçekleşen ve çeşitliliğe neden olan olaylar; krossing-over (Profaz-I), bağımsız dağılım (Metafaz-I) ve ayrılma (Anafaz-I) iken, mayoz bölünme sonrasında ise dişi ve erkek gametlerin rastgele birleşmesidir (1, 2, 3).

Mayoz bölünme, hem genetik çeşitlilikteki rolü dolayısıyla hem de Mendel yasaları, moleküler biyoloji gibi biyolojinin birçok konusunun anlaşılmasında önemli bir yere sahip olduğu için öğrenciler tarafından iyi kavranması gereklidir. Ancak yapılan çalışmalarda, mayoz bölünmenin, öğrencilerin anlamakta en çok zorlandıkları konuların başında geldiği (4, 5, 6, 7, 8, 9) ve birçok kavram yanlışlarına sahip oldukları tespit edilmiştir (10, 11, 12). Bu araştırmalarda, mayoz bölünmenin öğrenciler tarafından zor anlaşılmasa neden olarak gösterilen birçok sorun vardır. Bunların başında, mayoz konusunun soyut doğası ve birçok alt kavramın öğrenilmesinin (7, 13) gerekli olması gelmektedir. Ayrıca, kromozom, gen, kromatit, DNA, homolog kromozom, haploid ve diploid hücre kavramlarının doğru olarak yapılandırılmaması (5, 14) da mayozun anlaşılmasın önündeki önemli engellerden biridir. Mayoz bölünmeyi anlamak için mekanizmalarının da iyi anlaşılması gerekmektedir. Oysa öğrenciler mayozun safhalarını anlamakta ve bu safhalarda gerçekleşen olayları kavramakta oldukça zorlanmaktadır (4, 10, 15). Safhaların anlaşılmasında ortaya çıkan engeller, genetik çeşitlilikle ilgili bilgilerin doğru yapılandırılmasında da önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü bu safhaların iyi anlatılmaması ve anlaşılmaması çeşitliliğe neden olan etmenlerin, eksik ya da hatalı olarak öğrenilmesine neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, öğrencilerin genetik çeşitliliğin nedenini sadece krossing overa (parça değişimine) bağladıkları görülmüştür (16). Bu konuda, bağımsız dağılımın etkisi oldukça az hatırlanmaktadır (4, 17). Krossing over, çeşitlilikte önemli bir etkidir, ancak tek neden değildir. Bağımsız dağılım üzerinde krossing over kadar durulmaması ya da bağımsız dağılımın iyi anlatılmaması, çeşitlilikteki rolünün ihmal edilmesine ve öğrenciler tarafından anlaşılmasına (17, 18) neden olmaktadır. Oysa krossing over gerçekleşme bile bağımsız dağılımla çeşitlilik oluşabilir.

Bu çalışmada, bu sorun problem durumu olarak ele alınmış ve bağımsız dağılımın çeşitlilikteki etkisinin anlaşılmasını sağlamak için bir model oluşturulmuştur. Biyoloji konularında deney ya da gözlem yapmanın çok da mümkün olmadığı durumlarda modellerle anlatım sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Yapılan çalışmalarda da, modellerle anlatımın bir çok biyoloji konusunun anlaşılmasını kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir

(19, 20, 21, 22). Özellikle, mitoz, mayoz ve genetik gibi konularda modellere sık sık başvurulmaktadır (17, 21, 23, 24). Dolayısıyla, biyolojik çeşitlilikte mayozun rolü ile ilgili yaygın olarak bir kavram yanlışlığının giderilmesi ile ilgili olarak modelle bir anlatım yapılmış ve genetik çeşitlilikte bağımsız dağılımın rolünün anlaşılmasında bu anlatımın etkililiğine bakılmıştır.

### **Çalışmanın amacı**

Bu çalışmanın amacı, genetik çeşitlilikte etkisi olan faktörlerle ilgili öğrencilerin bilgilerini belirlemek ve bağımsız dağılımın etkisi ile ilgili bir modelle yapılan anlatımın etkililiğini tespit etmektir.

#### **Çalışmanın alt problemleri**

1. Öğrenciler genetik çeşitlilikte etkili olan faktörlerle ilgili neler bilmektedirler?
2. Bağımsız dağılım ile ilgili modelle anlatımın, genetik çeşitlilikteki faktörlerle ilgili öğrenci düşüncelerine etkisi nedir?

## **2. Yöntem**

Bu araştırma, bir eylem araştırmasıdır. Eylem araştırmaları, öğretmen araştırmacı, yönetici ya da diğer sorumluların, eğitim-öğretim ortamında okullarının durumu, nasıl öğrettikleri ya da öğrencilerin ne kadar öğrendikleri ile ilgili bilgi almaya yönelik yürüttükleri sistematik araştırmalardır (25). Eylem araştırmaları, özel bir durumda, özel bir problem için, özel bilginin gerekli olduğu ya da var olan bir sistem üzerinde yeni bir yaklaşımın denendiği durumlarda uygun bir araştırma yöntemidir (26). Eylem araştırmalarında, var olduğu düşünülen bir sorun üzerinde çalışılır. Problem, bir öğrenciyle ilgili olabildiği gibi öğretmenin tüm sınıfta yaygın olduğuna inandığı bir durumla ilgili de olabilir. Öğretmen durumla ilgili veriler toplanır, eylem planı belirlenerek uygulanır ve öğrencilerindeki değişimleri gözlemler. Öğrencilerin başlangıçta ne bildiklerini, süreç içinde ve sonunda belli bir noktada neler öğrendikleri belirlenebilir (27).

Bu çalışmada, araştırmacı tarafından belirlenen sorun şu şekilde tanımlanabilir:

“Mayoz bölünme genetik çeşitlilikte önemli bir etkidir. Mayoz bölünme esnasında profaz 1 de gerçekleşen crossing over ile metafaz I de gerçekleşen bağımsız dağılım ve anafaz I de gerçekleşen ayrılma ve rastgele döllenme çeşitliliğinin oluşma nedenleridir. Ancak, gerek ders kitaplarında gerekse anlatımlarda, sadece crossing over üzerinde durulmakta, bağımsızın dağılımın çeşitlilik üzerindeki etkisinden ya hiç bahsedilmemekte ya da çok az durulmaktadır. Bu da, öğrencilerde eksik bilginin oluşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, mayoz bölünme esnasında gerçekleşen bağımsız dağılımın çeşitlilik üzerindeki rolünün iyi anlaşılması gerekmektedir”.

Belirlenen bu sorun doğrultusunda, genetik çeşitlilikte bağımsız dağılımın etkisini

anlatmak amacıyla bir model tasarlanmış (28) ve ders bu model aracılığıyla anlatılmıştır.

### Çalışma grubu

Çalışma, Kocaeli Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programında biyoloji 2 dersini alan 2. sınıf öğrencileri ile yapılmıştır. Çalışmanın başında 80 öğrenci, çalışma sonunda ise, 67 öğrenci açık uçlu sorulardan oluşan ölçme aracını doldurmuştur.

### Süreç

Eylem araştırmalarında çalışma süreci, eylemi planlama, planı eyleme geçirme, veri toplama ve çözümlenme, yansıtma olmak üzere 5 başlık altında toplanabilir. Buna göre, çalışmada izlenen süreç aşağıda sunulmuştur:

*Eylemi planlama:* Var olan problem tanımlandıktan sonra öğrencilere genetik çeşitlilikte etkisi olan faktörler daha iyi nasıl anlatılır ve bağımsız dağılımın bundaki rolü nasıl fark ettirilebilir sorusundan sonra, bir model tasarlanmaya karar verilmiştir. Bu modelde, bağımsız dağılımın etkisinin daha iyi anlaşılmasının sağlanması için, crossing over ihmal edilmiş ve bu durumda ortaya çıkacak olasılıklarla ilgili hesaplamalar yapılmıştır.

*Planı eyleme geçirme:* Modelle anlatıma karar verildikten sonra, modelde kullanılacak materyaller seçilmiştir. Modelde, son derece ucuz ve ulaşılması kolay materyal seçilmesine özen gösterilmiştir. İki farklı renkte karton ve bir makas bu materyalin hazırlanması için yeterlidir.

Biyoloji 2 dersi içinde mayoz bölünme konusu için ayrılan haftalarda, mayoz bölünmenin ne olduğu, önemi, safhaları ve bu safhalarda gerçekleşen olaylar ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Genetik çeşitliliğe neden olan etkenlere değinildikten sonra, bağımsız dağılımın etkisinin daha iyi anlaşılması için modelle anlatıma başvurulmuştur.

*Veri toplama:* Modelle anlatımın etkisinin görülmesi için bir ölçüğe ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için açık uçlu sorulardan oluşan bir ölçme aracı geliştirilmiştir. Ölçme aracını geliştirmede 3 biyolog ve bir fen öğreticisi yer almıştır. Çalışmanın amacı tespit edildikten sonra, yapılan tartışmalar sonucunda, ölçme aracında 5 soru olmasına karar verilmiştir.

*Soru 1.* Kardeşinizle/ lerinizle görünüşlerinizde farklılıklar var mı? Eğer varsa birkaç örnek verir misiniz? (Bu sorunun soruluş amacı, öğrencilerin aynı atadan gelen bireyler arasındaki farklılıkların ne kadar farkında olduklarını ve bu farklılıklara ilişkin örnekleri tespit etmektir).

*Soru 2.* Ortak atadan gelen canlılarda çeşitlilik olduğunu düşünüyorsanız, bu çeşitliliğin kaynak ya da kaynakları nelerdir? (Bu sorunun soruluş amacı, öğrencilerin genetik çeşitliliğin nedenleri ile ilgili bilgi düzeylerini tespit etmektir).

*Soru 3.* Çeşitliliğe yol açtığını düşündüğünüz olayları (faktörler) ayrıntılı olarak açıklayınız. (Bu sorunun amacı, öğrencilerin çeşitliliğe neden olan mekanizmalarla ilgili bilgi düzeylerini tespit etmektir. Çeşitliliğe neden olan etkenlerin nasıl gerçekleştiği ile farkındalıklarını ortaya koymaktır).

*Soru 4.* Bu olaylardan (faktörler) hangilerinin ya da hangisinin çeşitlilik oluşumunda ana etken olduğunu düşünüyorsunuz? Bu faktörleri çeşitlilik üzerindeki etki düzeylerine göre sıralar mısınız? (Bu sorunun soruluş amacı, öğrencilerin genetik çeşitlilikte etkisi olan faktörlerin önem derecesiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymaktır).

Hazırlanan bu ölçek çalışmanın başında ve sonunda uygulanmıştır. Mayoz konusunun anlatılması 4 ders saati sürmüştür.

*Verilerin çözümlenmesi:* Açık uçlu soruların çözümlenmesinde içerik analizinden yararlanılmıştır. İçerik analizinde temel amaç, toplanan verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmaktır. Bu amaçla, toplanan veriler önce kavramsallaştırılır, daha sonra ortaya çıkan kavramlara göre, mantıklı bir biçimde organize edilir ve verileri açıklayan temalar belirlenir (29). Toplanan verilerin analizi için öğrenci cevapları incelenmiş ve iki uzman tarafından kodlanmıştır. Bunun için öncelikle öğrenci cevapları incelenmiş, öğrencilerin ifadeleri ayrı ayrı kodlanmıştır. Daha sonra, iki uzman bir araya gelerek kodlamaları karşılaştırmış ve son hallerini vermişlerdir.

*Yansıtma:* Araştırmada elde edilen bulguların analizi sonucunda elde edilen bulgular tablolar halinde sunulmuştur.

### 3. Bulgular

İçerik analizi sonucunda elde edilen bulgular, daha rahat anlaşılması için tablolar halinde sunulmuştur. Tablolarda birden fazla öğrenci tarafından dile getirilen ifadelere yer verilmiştir.

*Soru 1.* Kardeşinizle/lerinizle görünüşlerinizde farklılıklar var mı? Eğer varsa birkaç örnek verir misiniz?

Öğrencilerin bireysel farklılıklara ilişkin farkındalıklarını ortaya koymak amacıyla sorulmuş olan bu soruya verilen cevaplar Tablo 1’de görülmektedir. Öğrenciler, vücut yapısı yüz şekli, ten ve saç rengi ile ilgili farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir.

**Tablo 1. Öğrencilerin kardeşleri ile görünüşleri arasındaki farklılıklara ilişkin ifadeleri**

Kodlamalar	Öntest		Sontest	
	N=80	%	N=67	%
Yüz ve uzuvları ile ilgili ifadeler (Yüz biçimi, göz rengi/biçimi, burun, kulak, ağız, diş, çene, dudak, kaş yapısı)	44	55	48	71.64
Saç rengi/biçimi ile ilgili ifadeler	39	48.75	45	67.16
Ten rengi ile ilgili ifadeler	27	33.75	29	43.28
Vücut yapısı ve uzuvları ile ilgili ifadeler (boy, kilo, vücut şekli, el ayak, parmak, tırnak yapısı)	43	53.75	34	50.74
Cinsiyet	10	12.5	2	2.98
Geçersiz cevaplar	4	5	2	2.98
Boş	2	2	0	0

*Soru 2.* Ortak atadan gelen canlılarda çeşitlilik olduğunu düşünüyorsanız, bu çeşitliliğin kaynak ya da kaynakları nelerdir?

Bu soruya ilişkin öğrenci cevapları Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2. Genetik çeşitliliğin kaynağı ile ilgili öğrencilerin düşünceleri**

Kodlamalar	Öntest		Sontest	
	N=80	%	N=67	%
Mayoz bölünme	13	16.25	24	35.8
Bağımsız dağılım	0	0	45	67.16
Krossing over	16	20	52	77.61
(Rastgele) döllenme	0	0	15	22.38
Anne babadan (atalardan) gelen (baskın-çekinik) genlerin etkisi	32	40	12	17.91
Gen/DNA diziliş/farklılığı	31	38.75	12	17.91
Mutasyon	18	22.5	12	17.91
Radyasyon	5	6.25	0	0
Adaptasyon	8	10	5	7.46
Modifikasyon	2	2.5	1	1.49
Çevrenin etkisi	27	33.75	15	22.38
Kalıtım/genetik	2	2.5	4	5.97
Çaprazlama	9	11.25	2	2.98
Cevapsız	3	3.75	0	0

Tablo 2' de görüldüğü gibi, öğrenciler ders anlatımının öncesinde genetik çeşitliliğin nedenleri ile ilgili olarak yoğunluklu olarak anne babadan gelen genlerin etkisine (% 40), gen/DNA dizilişlerine ve bunların farklı olmasına (% 38.75), çevrenin etkisine (33.75) ve mutasyona (% 22.5) değinmişlerdir. Öğrencilerden sadece % 20' si crossing over, % 16.25'i mayoz bölünme ifadesinde bulunurken, bağımsız dağılım ve rastgele döllemeden bahseden öğrenci hiç olmamıştır.

Ders anlatımının sonrasında uygulanan sonteste öğrencilerin en çok değindikleri etkenler crossing over (% 77.61) ve bağımsız dağılım (% 67.16) olmuştur. Daha sonra mayoz bölünme (35.8), rastgele dölleme (% 22.38) ve çevrenin etkisine (% 22.38) değinmişlerdir. Bu tabloda dikkati çeken bir bulgu olarak, bağımsız dağılımın oranı ön testte % 0 iken son testte % 67' ye yükselmiş olmasıdır. Fakat crossing over için ön testte oran % 20 iken son testte bu oranın % 77' ye çıkmıştır. Bu sonuç öğrencilerin bağımsız dağılımı kavramakta zorlandıklarının bir başka göstergesidir. Ayrıca crossing over oranının artışı düşünülürse modelin çok elverişli olmadığını da gösterebilir.

*Soru 3.* Çeşitliliğe yol açtığını düşündüğünüz olayların (faktörler) nasıl gerçekleştiğini ayrıntılı olarak açıklayınız.

Bu soruda öğrenciler çoğunlukla ikinci soruda olduğu gibi sadece çeşitliliğe etken olan olayların isimlerini yazmakla ya da tanımlarını vermekle yetinmişlerdir. Olayların mekanizmalarını oldukça az öğrenci anlatmıştır. Bu yüzden sadece mekanizmaları anlatan öğrencilerin cevapları dikkate alınmıştır.

**Tablo 3. Genetik çeşitliliğin nasıl gerçekleştiğini anlatan öğrencilerin ifadeleri**

Kodlamalar	Öntest		Sontest	
	N=80	%	N=67	%
Profaz I'de (homolog kromozomlar arasında) crossing over	0	0	17	25.37
Metafaz I'de kutuplara rastgele (bağımsız) dağılım	0	0	16	23.88
Anafaz I'de kutuplara rastgele ayrılma	0	0	13	19.40
Rastgele dölleme	0	0	6	8.95
Mayoz bölünmede crossing over	12	15	5	7.46
Çevre etkisi	7	8.75	2	2.98
Baskın-çekinik genlerin etkisi	12	15	0	0
Mutasyon	2	2.5	0	0
Boş	7	8.75	1	1.49

Tablo 3' de görüldüğü gibi, önteste öğrencilerin çok az bir kısmı çeşitlilik nasıl gerçekleştiği ile ilgili açıklamalarda bulunmuştur. Bu ifadelerde oldukça yüzeyseldir. Öğrenci ifadelerinin bir kısmı şu şekildedir:

“Örneğin, bir anne baskın mavi göz rengi ve çekinik yeşil göz rengi taşıyorsa, aynı şekilde babada baskın yeşil göz rengi ve çekinik mavi göz geni taşıyorsa bu anne babanın çocuklarının yeşil gözlü ya da mavi gözlü olma ihtimalleri vardır”

“Anne ve babanın saç rengi, yapısı, göz rengi ve yapısının farklı olması birçok çeşitliliğe yol açabilir. Bütün bu farklılıkların nedeni protein dizilişlerinin ve DNA’daki gen dizilişlerinin farklı olmasından kaynaklanır. Kk (heterozigot kahverengi göz) ve Kk (heterozigot kahverengi göz) çaprazlandığında kahverengi ve mavi gözlü bireyler meydana gelir. Mutasyonlar sonucu DNA’daki gen dizilişlerinin zarar görmesi o genlerden yoksun bireyler meydana getirir”.

“Krossing over (parça değişimi) mayoz bölünme geçiren hücrelerde görülür. Ortak atadan gelen genlerin hücre bölünmesi sırasında değişmesi”.

“Çevrenin genlerin düzenlenişine etkisi; örneğin, bölünme sırasında bir genin değişmesi mutasyona uğraması görülebilir. Bu mutasyon X ışını, radyo dalgaları, ultraviyole ışınlar vb olabilir. Bu durum bireyde anormallikler oluşturur. İki canlı ne kadar birbirine benzese de çok küçük bir gen değişiminin etkisi çok fazladır”.

“İlk olarak döllenme olayı sırasında anneden babadan gelen genlerin gelişimi güzel ama aynı zamanda büyük sırlarla mayoz bölünmeye uğraması. Krossing over olayı en büyük gen karmaşasının sebebi çeşitliliğin atası. Bunun yanı sıra insanların yaşadığı coğrafyanın da bir takım etkisi olabiliyor”.

“Çevresel faktörler çeşitlilikle alakalıdır. Örneğin aynı tür iki kuşu birini çok kayalık, taşlık bir ortama diğerini de, düz ovaların hakim olduğu alana koyduğunda gaga yapılarında farklılıklar gözlenir. Kayalık ortama bırakılan kuşun gagası çevreye ayak uydurarak uzun süre sonra uzun olduğu görülür. Canlılar çevreye ayak uydururlar, kürk yapıları renkleri vb. özellikler ortama göre değişir”.

Ders anlatımı sonrasındaki son teste ise öğrenciler krossing overa (% 32.83) ve bağımsız dağılıma (% 43.28) değinmişlerdir. Öğrenciler, ders anlatımı öncesinde bu ifadelerle hiç yer vermemişken, modelle anlatım sonrasında mayozun hangi evresinde gerçekleştiği ile ilgili bilgi sunmuşlardır. Öğrenci ifadelerinden bazıları şu şekildedir:

“Krossing over (parça değişimi): Mayoz bölünme geçiren hücrelerin I. evresinde profaz I safhasında homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında parça değişiminin olmasıdır. Mayoz I bölünmenin metafaz I safhasında homolog kromozomların hangi kutba gideceği rastgele belirlenir. Yani bağımsız olarak dağılım gösterir. Bu farklı ihtimallerde olacağından çeşitliliğin oluşmasına sebep olur. Mutasyon bir hücrenin sonradan belli etkilerle değişip kalıcı değişiklikler meydana getirmesidir. Döllenme, anne ve babadan gelen gametlerin eşlenmesi sırasında değişiklikler olur”.

“Krossing over: Mayoz bölünmenin profaz I evresinde görülür. Homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri gen değişimi yaparlar. Bu çeşitliliğe neden olur.



Rastgele dağılım: mayoz bölünmenin profaz I evresinde kısalıp kalınlaşan homolog kromozomlar, metafaz I' de ekvator düzlemine yerleşirler ve bu yerleşme rastgele olur. Homolog kromozomların ayrılması: Rastgele dizilen kromozomlar farklı kutuplara çekilir ve burada çeşitliliği neden olur”.

“Dış ve iç etmenler olarak ikiye ayrılır. Dış etmenler mutasyonlar, UV ışınları, radyasyon vs. iç etmenler: crossing over, tetratların kardeş olmayan kromatitleri arasında parça değişimi, rastgele dağılım, tetratların hücrenin kutbuna rastgele dağılmasıdır. Hücre sayısına göre 2n tane olasılık oluşur”.

“Bağımsız dağılım: Mayoz I' in metafaz I evresinde rastgele dizilimden sonra anafaz I evresinde homolog kromozomlar rastgele zıt kutuplara çekilir. Çeşitliliği artırır. Parça değişimi (crossing over): Profaz I evresinde homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında gen değişimi gerçekleşir. Çeşitliliği artırır. Rastgele döllenme: Bahsedilen iki faktör sonucunda oluşmuş rastgele döllenmeyi rastgele gametler birleşerek rastgele döllenmeyi meydana getirir”.

“Canlılarda çeşitliliği sağlayan en önemli olaylardan birisi mayoz bölünmedir. Mayoz bölünme anne ve babadan gelen genler canlılarda çeşitliliğe yol açar. Özellikle mayoz bölünmenin profaz I ve anafaz I evrelerinde kaynaklanır. Profaz I evresinde meydana gelen crossing over çeşitlilikte etkilidir. Ama daha da önemlisi anafaz I' de gerçekleşen genlerin bağımsız şekilde kutuplara gitmesiyle olur”.

*Soru 4.* Bu olayların (faktörlerin) hangilerinin ya da hangisinin çeşitlilik oluşumunda ana etken olduğunu düşünüyorsunuz? Bu faktörleri çeşitlilik üzerindeki etki düzeylerine göre sıralar mısınız?

Tablo 4’de görüldüğü gibi modelle ders anlatımı öncesinde genetik çeşitlilikte etkisi ile ilgili olarak, öğrenciler en çok gen/DNA farklılığı/dizilişine (% 28.75) ve anne babadan (atalardan) gelen (baskın-çekinik) genlerin etkisine (% 16.25) değinmişlerdir. İkinci etken olarak çevresel etkenler (% 18.75) ve mutasyonları (% 13.75) göstermişlerdir. Üçüncü etmen olarak da adaptasyona (% 6.25) yer vermişlerdir. Önteste bağımsız dağılım ve rastgele döllenmeden hiç bahsedilemediği görülmektedir. Ayrıca mayoz bölünme ve crossing overa değinen öğrencilerin oranı da oldukça düşüktür.

**Tablo 4. Genetik çeşitliliğin nedenlerinin etki düzeyine göre sıralanması**

Kodlamalar	Öntest		Sontest	
	N=80	%	N=67	%
<b>I. Etken</b>				
Bağımsız dağılım	0	0	35	52.23
Krossing over	9	11.25	16	23.88
Rastgele döllenme	0	0	6	8.95
Gen/DNA farklılığı/dizilişi	23	28.75	5	7.46
Mayoz bölünme	8	10	3	4.47
Anne babadan (atalardan) gelen (baskın-çekinik) genlerin etkisi	13	16.25	3	4.47
Mutasyon	6	7.5	0	0
Kalıtısal özellikler	8	10	0	0
<b>II. Etken</b>				
Krossing over	7	8.75	32	47.76
Bağımsız dağılım	0	0	12	17.91
(Rastgele) döllenme	0	0	3	4.47
Gen/DNA farklılığı/dizilişi	1	1.25	2	2.98
Mutasyon	11	13.75	4	5.97
Anne babadan (atalardan) gelen (baskın-çekinik) genlerin etkisi	3	3.75	1	1.49
Çevresel etkenler	15	18.75	3	4.47
Adaptasyon	2	2.5	0	0
<b>III. Etken</b>				
Krossing over	1	1.25	9	13.43
Gen dizilimi	1	1.25	8	11.94
Çevresel etmenler	7	8.75	6	8.95
Mutasyon	4	5	4	5.97
Bağımsız dağılım	0	0	3	4.47
(Rastgele) döllenme	0	0	2	2.98
Adaptasyon	5	6.25	1	1.49
Çaprazlama	1	1.25	0	0

Modelle anlatım sonrasında uygulanan sonteste, öğrencilerin genetik çeşitlilikte ilk etken olarak bağımsız dağılım (% 52.23) ve krossing overı (% 47.76) göstermişlerdir. İkinci etken olarak da krossing over (% 47.76) ve bağımsız dağılımı (% 17.91) göstermişlerdir. Üçüncü etken olarak ise krossing overa (% 13.43) değinmişlerdir.

#### **4. Tartışma ve Sonuç**

Çalışma başında elde edilen bulgularda da görüldüğü gibi, öğrencilerin genetik çeşitliliğin nedenleri ile ilgili bilgi düzeyleri oldukça düşüktür. Öğrenciler, anne babadan (atalardan) gelen (baskın-çekinik) genlerin etkisi, gen ve DNA dizilimlerinin farklı olmasını, genetik çeşitliliğin nedenleri olarak görmekteyler. Ayrıca, çevrenin etkisinin de çeşitlilikte önemli bir etken olduğunu düşünmektedirler. Mayoz bölünme ve crossing overa değinen çok az öğrenci bulunurken, bağımsız dağılım ve rastgele döllenmeden bahseden öğrenci olmamıştır. Levy ve Benner (4), Krawczyk (17), Emre ve Bahşi' nin (16) çalışmalarında da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Öğrenciler bağımsız dağılımdan ya hiç bahsetmemekte ya da çok az öğrenci bunun etkisine değinmektedir.

Çalışmada da görüldüğü gibi mayoz bölünme ve genetik çeşitlilikteki etkisi, öğrenciler tarafından zor anlaşılmalıdır. Literatürde buna neden olarak, mayoz bölünmenin, mikroskobik düzeyde gerçekleşmesi nedeniyle öğrencilerin olayları zihinlerinde somut olarak canlandırmada ve kavramları yapılandırmada güçlük çekmeleri (9, 30), mayozun kompleks ve soyut doğasının, beraberinde bir çok alt kavram ve konuların öğrenilmesini gerektirmesi (31, 32) gösterilmektedir. Ayrıca, öğretim programlarında kalıtım, üreme ve mayoz konularının ayrı ayrı anlatılmasının genetiğin soyut doğasını arttırdığı belirtilmektedir (15, 17). Kitaplarda, kavramların ve kavramlar arasındaki ilişkilerin doğru ve yeterince ayrıntılı açıklanmaması da önemli bir problem olarak görülmektedir (15). Özellikle bağımsız dağılım ve ayrılmanın Mendel yasaları içinde anlatılması ve mayoz bölünme esnasında ya hiç değinilmemesi ya da üstünkörü geçilmesi genetik çeşitlilik konusunun anlaşılmasında önemli bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Mayoz bölünmenin iyi anlaşılabilmesi ise kalıtım konusunun da aynı şekilde güçlüklerle anlaşılabilmesini beraberinde getirmektedir (6).

Çalışmanın sonunda öğrencilerin, mayoz bölünmeden, crossing overdan, bağımsız dağılım ve rastgele döllenmeden bahsettikleri, önteste hiç değinmedikleri ya da oldukça yüzeysel açıkladıkları mayoz mekanizmalarına değindikleri ve nispeten daha ayrıntılı açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin, genetik çeşitlilikte bağımsız dağılım ve rastgele döllenmenin etkisini de daha iyi fark ettikleri gözlenmiştir. Bunda modelle anlatımın etkisinin olduğunu söylemek mümkündür. Daha önce biyoloji konularının modellerle anlatıldığı çalışmalarda da benzer şekilde öğrencilerin konuları daha iyi anladıkları tespit edilmiştir (19, 24). Modellerle anlatımın biyoloji öğretiminde önemli bir yöntem olduğu belirtilmektedir (33, 34).

Bu araştırmada dikkati çeken bir bulgu olarak, bağımsız dağılımın oranı ön testte % 0 iken son testte % 67' ye yükselmiş olmasıdır. Bu sonuç çeşitliliğin temel nedeninin hiç bilinmediğinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Fakat crossing over için ön testte oran % 20 iken son testte bu oranın % 77' ye çıkmış olması dikkat çekicidir. Bu sonuç öğrencilerin bağımsız dağılımı kavramakta zorlandıklarının bir başka göstergesi olarak düşünülebilir. Ancak, öğrencilerin hatalı düşünceleri ile ilgili

yapılan çalışmalarda, bu tür düşüncelerinin kısa zamanda değişmesinin zor olduğu, bunların değişime oldukça dirençli olduğu bulgulanmıştır (35, 36). Bu çalışmada da önceki bilgilerinin hatırlayan öğrencilerin crossing overa daha fazla değindikleri görülmektedir. Ayrıca Tablo 2 dikkatle incelenirse, öntestte öğrencilerin % 20 crossing overı ifade etmiş, son testte bu oran % 77' ye yükselmiştir. Aradaki fark olan öğrencilerin % 57' si muhtemelen unuttukları bilgiyi derste hatırlayarak ifade etmiştir. Oranın artışı crossing overla ilgili yanılının çok kolay anlaşılıp giderilemediğini de gösterebilir. Fakat Tablo 3 ve 4' de konuyla ilgili biraz daha ayrıntı ve sıralama gerektiren sorulara verilen cevaplar özetlenmiştir. Bu iki tablo birlikte değerlendirildiğinde modelin başarılı olduğu ifade edilebilir. Şöyle ki, ders anlatımı sonrasında sonteste, genetik çeşitliliğin nasıl gerçekleştiğine cevap olarak öğrenciler crossing overa (% 32.83) ve bağımsız dağılıma (% 43.28) değinmişlerdir (Tablo 3). Ders anlatımı öncesinde bu ifadeler hiç yer vermeyen öğrenciler, modelle anlatım sonrasında mayozun hangi evresinde gerçekleştiği ile ilgili bilgi sunmuşlardır. Bu sonuçlar modelin başarılı olduğunu gösterebilir. Ayrıca, modelle anlatım sonrasında uygulanan sontestte, öğrencilerin büyük çoğunluğu (% 52.23) genetik çeşitlilikte ilk etken olarak bağımsız dağılımı, ikinci etken olarak da crossing overı (% 47.76) ifade etmişlerdir (Tablo 4). Üçüncü etken olarak ise crossing overa (% 13.43) değinmişlerdir. Sadece üçüncü etkene verilen cevapta hala crossing over olması bu konu ile ilgili yanılının kolay giderilemediğinin bir başka göstergesi olabilir.

Bu model çeşitliliğin nedenlerinin anlaşılmasında bir miktar başarı göstermiştir. Fakat yine de daha yüksek anlaşılma oranı görmek amacıyla uygulanacak yeni model tasarıları bu sorunun çözümüne hizmet edecektir.

### Teşekkür

Çalışmanın ölçme aracının oluşturulmasında değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Şenol Beşoluk'a ve Yrd. Doç. Dr. Özlem Aksoy teşekkür ederiz.

## 5. Kaynakça

1. Campbell, N. A., Reece J. B. (2008). *Biyoloji* (Çeviri Editörleri: Gündüz, E., Demirsoy A., Türkan İ.). Ankara: Palme Yayıncılık.
2. Raven, P. H., Johnson, G. B. (1996). *Biology*. Boston: McGraw Hill Companies,
3. Russel, P. J. (2006). *Genetics: A Molecular Approach*. San Francisco: Pearson Education.
4. Levy, F., Benner, D. B. (1995). Using ribbon models of chromosome modifications to explore the process of meiosis. *The American Biology Teacher*, 57(8): 532-535.
5. Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson. (2000). Chromosomes: The missing link-young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education*, 34(4): 189-199.
6. Taylor, M. F. (1988). Hands-on activity for mitosis, meiosis and the fundamentals of heredity. *The American Biology Teacher*, 50(8): 509-512.

7. Özay, E., Öztap, F. (2003). Teaching cell division to secondary school students: an investigation of difficulties experienced by turkish teachers. *Journal of Biological Education*, 38(1): 13-15.
8. Dlamini, E. T. (1999). *Conceptual understanding of genetics among student teachers*. Ph.D. Thessis, Kwadlangezwa, University of Zululand.
9. Tekkaya, C., Özkan, Ö., Sungur, S. (2001). Lise öğrencilerinin zor olarak algıladıkları biyoloji kavramları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21: 145-150.
10. Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: a drawing analysis. *Scientific Research and Essay*, 5(2): 235-247.
11. Infante-Malachias, M. E., de Mello Padilha, I. Q., Weller, Mathias & Santos, S. (2010). Comprehension of basic genetic concepts by brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(3): 657-668.
12. Saka, A. (2006). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Genetik Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde 5E Modelinin Etkisi*. Doktora Tezi, Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
13. Topçu, M. S., Şahin-Pekmez, E. (2009). Turkish Middle School Students' Difficulties in Learning Genetics Concepts. *Journal of Turkish Science Education (Türk Fen Eğitimi Dergisi)*, 6(2): 55-62.
14. Atılboz, N. G. (2004). Lise 1. sınıf öğrencilerinin mitoz ve mayoz bölünme konuları ile ilgili anlama düzeyleri ve kavram yanılgıları. *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(3): 147-157.
15. Knippels, M. C. P. J., Waarlo A. J. & Boersma, Kerst T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3): 108-112..
16. Emre, İ. ve Bahşi, M. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının hücre bölünmesiyle ilgili kavram yanılgıları. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 70-73.
17. Krawczyk, T. D. (2007). *Using problem-based learning and hands on activities to teach meiosis and heredity in a high school biology classroom*. Master of science, Michigan State University, Umi number: 1448491, 2007.
18. Ruch, D. G. (1998). A cookie model for the development of the concept of independent assortment. *The American Biology Teacher*, 60(9): 696-698.
19. Mathis, P. M. (1979). The use of manipulative models in teaching mitosis and meiosis. *The American Biology Teacher*, 41(9): 558-559+561.
20. Kılınç, A. (2008). Hücre bölünmelerinin öğretiminde yeni bir yaklaşım: "bölünen parmaklar". *D.Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10: 82-99.
21. Sarıkaya, R., Selvi, M. ve Doğan Bora, N. (2004). Mitoz ve mayoz bölünme konularının öğretiminde model kullanımının önemi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12(1): 85-88.
22. Cartier, J. L. (1999). *Learning genetic inquiry through the use, revision and justification of explanatory models*. Ph.D. Thessis, University of Winconsin-Madison.
23. Chinnici, J. P., Neth, S. Z. & Sherman, L. R. (206). Using chromosomal socks to demonstrate ploidy in mitosis & meiosis, *The American Biology Teacher*, 68(2): 106-109.
24. Ray, D. L. (2008). Demonstrating independent assortment of chromosomes, square dance style. *The American Biology Teacher*, 70(7): 394.

25. Mills, G. E. (2007). *Action Research: A Guide For The Teacher Researcher*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall.
26. Cohen, L. & Manion, L. . *Research methods in education*. London: Routledge, 1996.
27. Uzuner, Y. (2005). Özel eğitimden örneklerle eylem araştırmaları. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 6(2): 1-12.
28. Karataş, A., Laçin-Şimşek, C. ve Akan-Kumbıçak Z. (2013). “Bağımsız dağılımın genetik çeşitlilikteki rolü krossing overdan daha önemlidir” savını ispatlayan bir model önerisi. *İlköğretim Online*, 12(1), tp:1-11.
29. Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2003). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları, 2003.
30. Bahar, M., Johnstone, A. H. & Hansell, M. H.(1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2): 84-86.
31. Smith, M.U. (1991). Teaching cell divi-sion: Student difficulties and teaching recommendations. *Journal of College Science Teaching*, 21(1): 28-33.
32. Quinn, F., Pegg, J. & Panizzon, D. (2009). First-year biology students' understandings of meiosis: An investigation using a structural theoretical framework, *International Journal of Science Education*, 31(10): 1279-1305.
33. Bal, Ş., Balcı, N., Özkaya, A., Aslan, O. ve Balkan Kıyıcı, F. (2006). Lise öğrencileri için mayoz bölünme ile ilgili bir model geliştirilmesi ve bu modelin başarıya etkisinin araştırılması. *VII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, Gazi Eğitim Fakültesi, Ankara., Bildiriler Kitabı, Cilt: 1, Sayfa: 246-250, 2006.
34. Clark, C. D. & Mathis, P. M., (2000). Modeling mitosis & meiosis: a problem-solving activity, *The American Biology Teacher*, 62(3): 204-206.
35. Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, Special Issue, 11: 481-490.
36. Treagust, D. F., Duit, R. & Fraser, B. J. (1996). *Improving teaching and learning in science and mathematics*, New York, Teachers College Press., 1996.

## EXTENDED SUMMARY

Students should have a firm grasp of meiosis, because genetic diversity and Mendel's laws are both based on it. Furthermore, it has an important place in understanding many topics in biology, such as molecular biology. However, studies have revealed that meiosis is one of the main topics which students have the most difficulty in explaining and that they have many misconceptions about it. Students considerably struggle to comprehend the stages of meiosis and events taking place in those stages. Difficulties in comprehending the stages emerge as significant problems in properly structuring the information regarding genetic diversity, because inadequate explanation and comprehension of these stages lead to incomplete or inaccurate learning of factors causing the diversity. Studies showed that students interlink the cause of diversity to crossing over alone. The effect of independent assortment is rarely

recalled. Crossing over is an important factor in diversity however; it is not the only one. Independent assortment is neither emphasized as much as crossing over nor it is adequately explained, causing its role in diversity to be neglected and students to not fully comprehend it. However, even though crossing over does not occur, diversity can develop with independent assortment. In this study, this issue was approached as a problem status and a model was developed in order to help clarify the effect of independent assortment on diversity. The effect of this model was investigated.

### **Purpose of the study**

The purpose of this study was to determine the students' level of knowledge regarding the factors involved in genetic diversity and establish the effectiveness of explaining the effect of independent assortment using a related model.

#### Subproblems of the study

1. What do the students know about the factors that have effects on genetic diversity?
2. What are the effects of explaining independent assortment using the model on the students' opinions regarding factors in genetic diversity?

### **Methods**

The study was designed as an action research. A model was developed in line with the determined problem regarding independent assortment. By lecturing with the use of the developed model, the effect of it on comprehension of the role of independent assortment in meiosis was evaluated. The study was conducted with second year students taking the Biology II course in the Science Teacher Program at Kocaeli University Faculty of Education. Initially 80 and finally 67 students filled out the assessment instrument comprising of open-ended questions. There were 4 open-ended questions in the assessment instrument. Data were analyzed with content analysis.

### **Findings**

Before lecturing using the model, students mostly mentioned the effects of parental genes (40%), gene/DNA sequences and the differences between them (38.75%) and mutation (22.5%) regarding the causes of genetic diversity. Although 20% of the students stated crossing over and 16.25% stated meiosis, none of the students mentioned independent assortment and random fertilization. After lecturing using the model, students mentioned crossing over (77.61%) and independent assortment (67.16%) the most. These were followed by meiosis (35.8%), random fertilization (22.38%) and environmental factors (22.38%). While none of the students referred to independent assortment regarding the cause of genetic diversity in the pre-test, it was observed that students mentioned crossing over (32.83%) and independent assortment (42.28%) in the post-test. Prior to the lecture using the model, students mostly referred to gene/

DNA differences/sequences (28.75%) and (dominant-recessive) genes from the parents (ancestors; 16.25%) regarding the effects on genetic diversity. As the secondary factor, effects of the environment (18.75%) and mutations (13.75%) were mentioned. Adaptation (6.25%) was mentioned as the third factor. In the pre-test, it was observed that independent assortment and random fertilization were not mentioned. Moreover, the number of students who mentioned meiosis and crossing over was rather low. In the post-test following the lecture using the model, students referred to independent assortment (52.23%) and crossing over (47.76%) as the premier factor in genetic diversity. Secondary factors mentioned were crossing over (47.76%) and independent assortment (17.91%), followed by crossing over (13.43%) as the third factor.

### **Conclusion**

As observed in the initial findings of the study, the students' level of knowledge regarding the causes of genetic diversity were significantly low. Students regarded (dominant-recessive) genes from the parents (ancestors) and the differences in genes and DNA sequences as the causes of genetic diversity. Furthermore, they thought that the effects of the environment to be important factors in diversity. While the number of students who mentioned meiosis and crossing over was rather low, none of the students mentioned independent assortment and random fertilization. At the end of the study, it was observed that students referred to meiosis, crossing over, independent assortment and random fertilization; mentioned meiosis mechanisms that they either slightly explained or not mentioned at all in the pre-test; and that they explained these mechanisms relatively in more detail. It was also observed that students better understood the effects of independent assortment and random fertilization in genetic diversity. It is possible to say that lecturing using the model has effects in this matter.