

**-Popülasyon genetiği:** Bir popülasyondaki alellerin (genlerin) ve genotiplerin frekans değişimini araştırır.  
**-Gen havuzu:** Herhangi bir anda bir popülasyondaki genlerin toplamına o popülasyonun gen havuzu denir.  
**-Gen frekansı:** Bir genin gen havuzundaki bulunma sıklığıdır. İlgili genin toplam genler içindeki yüzde oranıyla belirtilir. Örneğin bir popülasyondaki bireylerde düz saç geninin bulunma oranı %30 ise düz saç geninin frekansı %30 olur. 0.3 şeklinde de yazılabilir.

**Hardy-Weinberg Kuralı**

1. Popülasyonda bir karakteri belirleyen farklı allel genlerin frekansları toplamı 1'e eşittir. www.biyolojiportali.com  
 -Bir karaktere etki eden iki allel (A, a) olduğunu varsayalım:

**Gen frekansının bulunması:**

-Baskın genin (A) frekansına: p  
 -Çekinik genin (a) frekansına: q dersek;  $p + q = 1$  olur.

$$\begin{matrix} \downarrow & \downarrow \\ A & + & a = 1 \end{matrix}$$

**Örnek:** Bir popülasyonda bir karakter ile ilgili iki allel bulunuyor. Bu karakter ile ilgili **baskın genin** bulunma oranı %90 ise çekinik genin frekansını bulunuz. (q = ?)

**Çözüm:** Baskın genin frekansı (p): %90 ise  $p = 0,9$  şeklinde yazılır.

$p + q = 1$  ise  $0,9 + q = 1$  yazılır.  $q = 1 - 0,9 = 0,1$

2. Bu popülasyondaki bir karakter ile ilgili farklı genotipteki bireylerin frekansı  $p+q=1$  'in karesiyle  $[(p+q)^2 = 1^2]$  hesaplanır.

**Birey frekansının bulunması:**

$(p+q)^2 = 1^2$  parantez karesini açarsak;  
 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$  olur. Buradaki;  
 $p^2 =$  Homozigot baskın bireylerin frekansı (AA)  
 $2pq =$  Heterozigot baskın bireylerin frekansı (Aa)  
 $q^2 =$  Homozigot çekinik bireylerin frekansı (aa)

**ÖRNEK SORU:** Kıvrık saç geninin frekansı %70 olan bir toplumda; (Kıvrık saç geni baskın, düz saç geni çekiniktir.)

a. Düz saç geninin frekansı kaçtır? (a)

**ÇÖZÜM:**  $p = \%70 = 0,7$  ise  $q = ?$

$p+q=1$  ise  $0,7+q = 1$  olur.  $q = 1-0,7 = 0,3 = \%30$

b. Homozigot kıvrık saçlı bireylerin frekansı nedir? (AA)

**ÇÖZÜM:** Homozigot baskın bireylerin frekansı =  $p^2$   
 $p = 0,7$  ise  $p^2 = (0,7)^2 = 0,49 = \%49$

c. Homozigot düz saçlı bireylerin frekansı nedir? (aa)

**ÇÖZÜM:** Homozigot çekinik bireylerin frekansı =  $q^2$   
 $q = 0,3$  ise  $q^2 = (0,3)^2 = 0,09 = \%9$

d. Heterozigot kıvrık saçlı bireylerin frekansı nedir? (Aa)

**ÇÖZÜM:** Heterozigot baskın bireylerin frekansı =  $2pq$   
 $p = 0,7, q = 0,3$  ise  $2pq = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,42 = \%42$

e. Kıvrık saç genini taşıyan bireylerin frekansı nedir? (AA, Aa)

**ÇÖZÜM:** İstenen, AA, Aa dir. Bu da  $p^2+2pq$ 'dür.

I. YOL:  $p^2=0,49, 2pq = 0,42$  ise  $p^2+2pq = 0,49+0,42 = 0,91 = \%91$

II. YOL:  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$  formülünde bizden istenen  $p^2 + 2pq$ , eşitliğin bir tarafında bırakılarak  $q^2$  diğer tarafa alınırsa formül;  
 $p^2 + 2pq = 1 - q^2$  olur.  $q^2 = 0,09$  ise  $p^2 + 2pq = 1 - 0,09 = 0,91 = \%91$

f. Homozigotların heterozigotlara oranı nedir? (AA+aa/Aa)

**ÇÖZÜM:**  $\frac{p^2+q^2}{2pq} = \frac{0,49+0,09}{0,42} = \frac{0,58}{0,42}$

**NOT: Hardy-Weinberg Kuralı, bir popülasyondaki alellerin ve genotiplerin frekanslarının nesilden nesile değişmeden sabit kaldığını öngörür.**

- Gen frekansını değiştiren faktörler: Mutasyon, göç, doğal seçim, izolasyon, rastgele olmayan çiftleşmeler (eş seçimi), genetik sürüklenmedir.

Hardy-Weinberg kuralı aynı zamanda çok allellik , eksik baskınlık ve diğer etkileşimleri olan durumlar için de geçerlidir.

-A, B ve O sisteminde etkili üç allel gen vardır. (A,B,O)

-A geninin frekansı: p

-B geninin frekansı: q

-O geninin frekansı: r olsun.

**Genlerin frekansı:**

$$\begin{matrix} p & + & q & + & r = 1 \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ A & & B & & O \end{matrix}$$

**Bireylerin frekansı:  $(p + q + r)^2 = 1^2$  ise**

$$\begin{matrix} p^2 & + & q^2 & + & r^2 & + & 2pq & + & 2pr & + & 2qr & = & 1 \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ AA & & BB & & OO & & AB & & AO & & BO \end{matrix}$$

**ÖRNEK SORU:** A geninin frekansı %10 ve O kan grubu bireylerin frekansı %25 ise;

a. AB kan gruplu bireylerin frekansı nedir?

**ÇÖZÜM:** A geni frekansı:  $p = \%10 = 0,1$

-OO gruplu bireylerin frekansı:  $r^2 = \%25 = 0,25$  ise  $r = 0,5$

$p + q + r = 1$  ise  $q = 1 - (p+r)$  olur.  $1 - (0,1+0,5) = 0,4$

B geninin frekansı:  $q = 0,4$  bulunmuş olur.

$AB = 2pq$  den hesaplanır.  $2 \cdot 0,1 \cdot 0,4 = 0,08 = \%8$

b. A kan gruplu bireylerin frekansı nedir?

**ÇÖZÜM:**  $AA+A0 = p^2+2pr = ?$

$(0,1)^2 + 2 \cdot 0,1 \cdot 0,5$

$0,01 + 0,1 = 0,11 = \%11$

c. Kanın da B antijeni taşıyanların frekansı nedir?

**ÇÖZÜM:** Kanında B antijeni taşıyan gruplar, AB-BB-BO'dur.

$AB = 2pq = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,4$  ise  $AB = 0,08 = \%8$

$BB = q^2 = (0,4)^2 = 0,16 = \%16$

$BO = 2qr = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,5 = 0,4 = \%40$

**Sonuç:**  $\%8 + \%16 + \%40 = \%64$  olur.

**Bir popülasyonun Hardy-Weinberg dengesi içerisinde kalabilmesi için beş temel koşula sahip olması gerekir.**

1. **Popülasyonun büyük olması:** Şans etkisi özellikle küçük popülasyonlarda genetik sürüklenme denilen bir süreçle bir nesilden diğerine allel frekanslarını değiştirebilir.

2. **Göç (gen akışı) olmaması:** İçer veya dışarı göçlerle genotip ve genlerin frekanslarında önemli değişimler gerçekleşir.

3. **Mutasyon olmaması:** Bir allelin başka bir biçime dönüşmesi yolu ile mutasyonlar gen havuzunu değiştirirler.

4. **Rasgele eşleşme:** Eğer bireyler belli özellikteki eşlere yönelim gerçekleştiriyorsa bu durum genlerin dengesinin bozulmasına ve yeni nesilde gen frekansında değişime neden olacaktır.

5. **Doğal seçim olmaması:** Genotiplerin farklı yaşama ve üreme başarısı bunların frekansını değiştirir.

**ÖRNEK SORU:** Kayseri'de yaşayan her 2500 kişiden 100 tanesinin kan grubu Rh(-) ise homozigot Rh(+) kan grubunda olanların yüzdesi nedir?

**ÇÖZÜM:** İstenen  $p^2 = ?$

2500 de 100 Rh(-) ise

100 de X Rh(-) olur.

$X = \%4$  ise  $q^2 = 0,04$  bulunur. Buradan  $q = 0,2$  çıkar.

$P + q = 1$  den  $p = 0,8$  bulunur.  $p^2 = 0,64$  ise %64 sonucu çıkar.

**X kromozomuna bağlı taşınan karakterlerin popülasyonda ortaya çıkma oranlarının hesaplanması:**

1. Erkeklerde tek bir X gonozomu bulunduğu için gen frekansı aynı zamanda birey frekansını da verir. Örneğin renk körü erkeklerin frekansı aynı zamanda renk körü genin (q) frekansındır.

2. Dişilerde iki tane X gonozomu bulunduğu için renk körü dişilerin frekansı  $q^2$  ile, renk körü geninin frekansı ise q ile hesaplanır. **Bir örnek ile açıklayalım:**

-Bir toplumda X kromozomunda çekinik bir gen ile taşınan renk körlüğü geni bulunma ihtimali 1/10 olsun. Bu toplumdaki erkeklerde renk körlüğü görülme oranı 1/10=%10'dur. Dişilerde ise bu oran 1/10.1/10=1/100=%1 olacaktır.

**ÖRNEK SORU:** Bir toplumdaki dişilerin 1/900'i renk köründür. Aynı toplumda kaç erkekte birinin renk körü olması beklenir.

**ÇÖZÜM:** Renk körü dişilerin oranı:  $\frac{1}{q^2} = \frac{1}{900}$  verilmiş.

Renk körü erkeklerin oranı:  $\frac{1}{q}$  olacağından  $\frac{1}{q^2} = \frac{1}{900}$  ise  $\frac{1}{q} = \frac{1}{30}$

**ÖRNEK SORU:** Bir popülasyonda, X kromozomu üzerinde taşınan çekinik bir özelliğin gen frekansı 0,2 olarak saptanmıştır. 2000 bireyden oluşan erkek ve dişi birey sayısının eşit olduğu bu popülasyonda, bu özelliği gösteren dişi ve erkek bireylerin toplam sayısı kaçtır? www.biyolojiportali.com

**ÇÖZÜM:**  $q = 0,2 = \%20$  (Erkekler için hem gen hem de birey frekansı) 100 erkekte 20 si renk körü ise

1000 erkekte;  $1000 \cdot \frac{20}{100} = 200$  tanesi bu özelliği gösteren erkek

Dişilerde bu özelliği gösterenlerin frekansı:  $q^2 = (0,2)^2 = 0,04 = \%4$  100 dişiden 4'ü bu özelliği gösteriyorsa,

1000 dişiden.  $1000 \cdot \frac{4}{100} = 40$  tanesi bu özelliği gösteren dişi

**Özelliği gösteren erkek ve dişilerin toplamı: 200+40 = 240 olur.**