

## Varyansların Homojen Olmadığı Durumlarda Grup Ortalamalarının Eşitliğinde Alternatif Testlerin Kullanımı: Tarımda Bir Uygulama

Şenol ÇELİK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5894-8986>

\*Sorumlu yazar: senolcelik@bingol.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### *Makale Tarihiçesi:*

Geliş tarihi: 31.08.2021

Kabul tarihi: 11.10.2021

Online Yayınlanma: 27.10.2021

#### *Anahtar Kelimeler*

Brown-Forsythe testi

Welch testi

Homojenlik

Çilek

### ÖZET

Bu çalışmada homojen olmayan varyansların olduğu durumda varyans analizinin kullanılmamasından dolayı Welch ve Brown-Forsythe testlerinin uygulanması amaçlanmıştır. Türkiye'de 7 farklı coğrafi bölgede dekara çilek verimin bölgelere göre farklılığını test etmek için F testi tasarlanmıştır. Bu testi gerçekleştirmek için gerekli varsayımlardan birisi olan varyansların homojenliğinde kullanılan Levene testi yapılmıştır. Levene testi sonucunda varyansı homojen olmayan verilere karekök dönüşümü uygulanmış tekrar varyansların homojenliği test edilmiş ancak varyansların homojenlik varsayımı sağlanamamıştır. Logaritmik dönüşümü de uygulanan verilere uygulanan Levene testi sonucunda yine varyansların homojenliği şartı sağlanamamıştır. Bu nedenle Welch ve Brown-Forsythe testleri uygulanmıştır. Uygulama sonucunda, bölgelere göre çilek verimleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) çıkmıştır. Tamhane, Dunnett T3 ve Games-Howell çoklu karşılaştırma testlerine göre bölgeler arasında verim farklılıkları Akdeniz ve Karadeniz Bölgeleri arasında olmuştur. Sonuç olarak varyanslar homojen olmadığında ve diğer varsayımlar sağlanmadığında Welch ve Brown-Forsythe testleri F testi yerine kullanılan alternatif yöntemlerdir. Varyansların homojen olmadığı durumlarda çoklu karşılaştırma testlerinden Tamhane, Dunnett T3 ve Games-Howell testlerinin kullanılması daha uygun görülmüştür.

## Use of Alternative Tests in Equality of Group Means in Cases of Non-homogeneous Variances: A Practice in Agriculture

### Research article

#### *Article History:*

Received: 31.08.2021

Accept: 11.10.2021

Available online: 27.10.2021

#### *Keywords:*

Brown-Forsythe test

Welch test

Homogeneity

Strawberry

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to apply Welch and Brown-Forsythe tests as the analysis of variance was not used in the case of non-homogeneous variances. F test was designed to test the variation of strawberry yield per decare across 7 different geographical regions in Turkey. In order to this test, the Levene test was used which is one of the necessary assumptions used in the homogeneity of variances to carry out this test. In conclusion of Levene's test, it was found that the variances were not homogeneous, and the square root transform was applied to the data, and the homogeneity of the variances was tested again. However, the homogeneity assumption of the variances could not be achieved. As a result of the Levene test that was performed on the data to which logarithmic transformation was also applied, the condition of homogeneity of variances could not be met. For this reason, Welch and Brown-Forsythe tests were

applied. At the end of the application, the difference between strawberry yields according to the regions proved statistically significant ( $p < 0.01$ ). According to Tamhane, Dunnett T3 and Games-Howell multiple comparison tests, yield differences across regions were found between Mediterranean and Black Sea Regions. As a result, when the variances are not homogeneous and other assumptions are not met. Welch and Brown-Forsythe tests are alternative methods used in place of the F test. In cases where the variances were not homogeneous, it was found more appropriate to use the Tamhane, Dunnett T3 and Games-Howell tests out of the multiple comparison tests.

---

**To Cite:** Çelik Ş., 2021. Varyansların homojen olmadığı durumlarda grup ortalamalarının eşitliğinde alternatif testlerin kullanımı: Tarımda bir uygulama. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 1(1): 36-47.

## Giriş

Tasarlanan çoğu araştırmada bir konuda bir veya daha fazla özellik bakımından etkiyi belirlemek, etkilerin farklılıklarının gruplara göre farklılık gösterip göstermediğini saptamak için varyans analizi (ANOVA) yöntemine yani F testine başvurulur. Varyans analizinin uygulanabilmesi için de gerekli varsayımların sağlanması gerekir. Bu varsayımlardan en önemli olanlardan biri de varyansların homojenliği testidir. Varyansların homojenliği için Bartlett, Hartley, Cochran ve Levene gibi istatistik testleri geliştirilmiştir.

Varyansların homojenliği testi için, normal dağılımdan fazla sapma olmadığında, gruptaki gözlem sayısı eşitse Anomv, Bartlett, Bartlett 2. Cochran ve Hartley testlerinin, gruptaki gözlem sayıları farklıysa Bartlett ve Bartlett 2 testlerinin kullanılması daha uygundur. Diğer dağılımlardan alınan örneklerde ise gruptaki gözlem sayıları eşit ve farklı olduğu durumlarda Brown-Forsythe ve Statterwaite testlerinin kullanılmasının uygun olduğu gözlenmiştir (Keskin, 2002).

Çok yaygın kullanılan testlerden biri olan Levene testi ile varyansların homojenliği kontrol edilirken grupların ortalama sapmaları karşılaştırılır. Her gruptaki gözlem değerlerinin kendi grup ortalamasından olan sapmalarının mutlak değerleri bulunup bunların ortalaması her grup için ortalama sapmadır. Her gruptaki gözlemlerin ortalamadan sapmalarının mutlak değerlerine varyans analizi uygulanır ve Levene testi gerçekleştirilir (Kesici ve Kocabaş, 2007).

İkiden fazla kitle ortalamalarının eşitliğinin testinde kullanılan klasik F testi, normallik ve kitle varyanslarının homojenlik varsayımına dayanır. Bu varsayımlardan özellikle varyansların homojen olması varsayımı sağlanmadığında klasik F testinin kullanılması elverişli olmamaktadır. Bu teste alternatif olarak Brown-Forsythe, genelleştirilmiş F, Scott-Smith, Welch ve Xu-Wang gibi testler literatürde yer almaktadır (Yiğit ve Gamgam, 2011).

Homojen varyans varsayımı sağlanmadığında yokluk hipotezinin reddini sağlayan önemli kanıtlar olsa bile bazen klasik varyans analizi büyük hacimli örneklerde bile

yokluk hipotezini reddedemeyebilir. Birçok alanda, büyük hacimli örneklerin elde edilemeyeceği düşünülürse bu durum önemli bir sıkıntı doğurabilir. Böylece küçük hacimli örneklerle çalışma zorunluluğu ortaya çıkar. Böyle durumlarda klasik varyans analizi oldukça kötü sonuçlar vermesinden dolayı alternatif testler geliştirilmiştir. Bu testlerden ilki Behrens-Fisher problemi için önerilen Welch (1947)'in geliştirdiği testtir. Welch (1951), bu testi k kitlenin ortalamasının eşitliğine ait hipotezin testi için genelleştirmiştir. İkincisi ise Brown-Forsythe (1974) tarafından önerilen ve klasik F testinin bir uyarlaması olan Brown-Forsythe testidir.

Bir çalışmada ilköğretim öğrencilerinin okuma alışkanlığına ait tutum puanlarının cinsiyet değişkenine göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini saptamadan önce varyansların homojenliği kontrol edilmiş, varyansların homojen bir dağılım göstermediği belirlenmiştir (Balcı, 2009).

Bir diğer çalışmada 16 geçiş ekonomisinin 2003-2011 yılları arasındaki bütçe açığı, para arzı, enflasyon ve reel faiz değişkenlerine ait verilerden yararlanılarak genel olarak geçiş ekonomilerinde bütçe açığının parasallaşma boyutu incelenmiştir. Grup varyanslarının homojenliği test edilmiş ve değişen varyans sorunu tespit edilmiştir. Dolayısıyla analizler de Welch ve Brown-Forsythe testleri kullanılmıştır (Buzdağlı ve ark., 2014). Mendeş ve Akkartal (2010) tarafından, Monte Carlo simülasyon tekniği kullanarak Varyans analizi tekniği (F) ve Welch testi ile bunların permütasyon versiyonları (PF ve PW) 1.Tip hata ve testin gücü bakımından karşılaştırılmıştır.

Her zaman F testinin tüm varsayımlarının sağlanması mümkün değildir. Bu nedenle varyansların homojenliği sağlanmadığında klasik F testinin kullanılmasının uygun olmamasından dolayı Welch ve Brown-Forsythe testlerinin tarım verileri üzerinde uygulanarak sonuçların gösterilmesi bu çalışmanın amacıdır.

### **Materyal ve Metot**

Araştırmada kullanılmak üzere, Türkiye’de 2020 yılında Akdeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgeleri olmak üzere 7 coğrafi bölgeye ait çilek bitkisinin dekar başına kg olan verim değerleri Türkiye İstatistik Kurumunun [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) internet adresinden derlenmiştir.

## İstatistik Analizler

Varyans analizi (ANOVA) ikiden fazla düzeyi olan tek bir faktör ile ilgilendir. Bu analiz, bağımlı değişkeni etkileyen faktörün veya faktör düzeylerinin ortalamaları arasında önemli bir fark olup olmadığını araştırır (Olmuş ve ark., 2017). F dağılımına dayalı ANOVA testinin uygulanması için bazı varsayımların sağlanması gerekir. Bu varsayımlar; gözlemlerin seçildiği kitlelerin dağılımı normaldir, gözlemler kitleden rasgele seçilmiştir. F oranının pay ve paydası birbirinden bağımsızdır (Olmuş ve ark., 2017) ve grup varyanslarının homojen olmasıdır. Bu varsayımlar sağlanmadığı takdirde varsayımların geçerliliğinin sağlanması için dönüşümler yapılabilir. Karekök dönüşümü, logaritmik dönüşüm, açılı dönüşümü ve ters dönüşüm bu dönüşümler içinde yer almaktadır (Erbaş ve Olmuş, 2006). Burada karekök ve logaritmik dönüşümden bahsedilecektir.

**Karekök dönüşümü:** Y bağımlı değişkeni çok küçük bir olasılıkla meydana gelen olayların sayısı olsun. Bu durumda, Y'nin dağılımı Poisson dağılımına yaklaşır. Her denemede ortalamalar farklı olacağı için varyanslar heterojen olacağından verilere karekök dönüşümü yapılabilir. Veri seri  $Y_D$  olursa,

$$Y_D = \sqrt{Y} \quad (1)$$

dönüşümü ile varyanslar homojen hale getirilir.  $Y < 10$  ise,

$$Y_D = \sqrt{Y + 5} \text{ veya } Y_D = \sqrt{Y} + \sqrt{Y + 1} \quad (1a)$$

dönüşümleri yapılabilir (Erbaş ve Olmuş, 2006).

**Logaritmik dönüşüm:** Her bir denemenin standart sapması, deneme ortalamasının karesi ile orantılı ile logaritmik dönüşüm uygulanır.

$$Y_D = \log_{10} Y \quad (2)$$

ile veya bazı veriler sıfır veya çok küçükse,

$$Y_D = \log_{10}(Y + 1) \quad (2a)$$

dönüşümü yapılarak varyansların homojenliği sağlanır (Erbaş ve Olmuş, 2006).

Dönüşüm yapılan veriler üzerinde tekrar varyansların homojenliği testleri uygulanabilir. Bunlar Bartlett, Hartley, Cochran ve Levene testleridir.

Varyansların homojenliği için yaygın olarak kullanılan testlerden biri de Levene testidir. Bu test j. gruptaki i. birimin değeri  $X_{ij}$  ve j. grubun ortalaması  $\bar{X}_j$  olmak üzere,  $Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_j|$  olarak tanımlanan gözlem değerlerinden ortalamanın sapmalarının mutlak değerlerini kullanarak tek yönlü varyans analizi yönteminin kullanılmasına dayanır (Gamgam ve Altunkaynak, 2008).

### Welch Testi

Yığın varyansları homojen olmadığında k adet kitlenin ortalamasının eşitliği hipotezini test etmek için Welch (1951), Behren-Fisher probleminin çözümü için geliştirdiği testin genelleştirilmiş biçimini önermiştir. Bu test pratik olması bakımından uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Welch (1951) test istatistiği;

$$W = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \left[ (\bar{X}_i - \bar{X})^2 / (k-1) \right]}{1 + \frac{2(k-2)}{k^2-1} \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i-1} \left( 1 - \frac{w_i}{\sum w_j} \right)^2} \quad (3)$$

şeklinde tanımlanır.

### Brown-Forsythe Testi

Brown ve Forsythe (1974) tarafından önerilen Brown-Forsythe testi klasik F testinin uyarlanmış bir biçimidir. Test istatistiği;

$$B = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})}{\sum_{i=1}^k \left( 1 - \frac{n_i}{n} \right) S_i^2} \quad (4)$$

olarak verilmiştir.

Gruplar arasındaki farkın önemli olması halinde farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek için Tamhane çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Tamhane testi, k grup ortalamasını ikili olarak farklı varyans yaklaşımı ile eşzamanlı karşılaştırmak için başvurulan bir testtir.

Bu test Sidak'ın (1967) çarpımsal eşitsizliğini Welch yaklaşık çözümüyle birlikte kullanılmaktadır ve herhangi bir doğrusal karşılaştırmaya uygulanabilir. Bu testteki yöntem, student t-dağılımına dayanmaktadır ve alfa seviyesini ayarlamak için Sidak testini ve serbestlik derecelerini belirlemek için Welch prosedürünü kullanır (Doğan ve Doğan, 2014).

Tamhane  $T2 = t_{\alpha;v_{i-j}} * SH_{i-j}$  olmak üzere

$t_{\alpha;v_{i-j}}$   $v_{i-j}$  serbestlik derecesine sahip student t dağılımının iki yönlü  $\alpha$  noktasıdır.

$$\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/c} \quad (5)$$

Burada c: Karşılaştırma sayısıdır.

$$v_{i-j} = \frac{\left[ \frac{S_i^2}{n_i} + \frac{S_j^2}{n_j} \right]^2}{\frac{\left( \frac{S_i^2}{n_i} \right)^2}{n_i - 1} + \frac{\left( \frac{S_j^2}{n_j} \right)^2}{n_j - 1}} \quad (6)$$

$$SH_{i-j} = \sqrt{\frac{S_i^2}{n_i} + \frac{S_j^2}{n_j}} \quad (7)$$

Dunnett T3 testi Tamhane tarafından geliştirilmiş olsa da Dunnett tarafından modifiye edilmiştir (Doğan ve Doğan 2014). Dunnett T3 test değeri aşağıda verilen şekilde elde edilir.  $|m|_{\alpha;c,(n-k)}$ :  $\alpha$  hata düzeyinde serbestlik derecesi =c ve n-k olan (Studentized Maximum Modulus) tablo değeri olmak üzere seçilen  $\alpha$  ve c değerlerine karşılık gelen  $|m|$  değeri belirlenir. Fark değerleri ile Dunnett T3 değerleri karşılaştırılır.

$$Dunnett T3_{i,j} = |m|_{\alpha;c,(n-k)} * SH_{i-j} \quad (8a)$$

olmak üzere; Eğer

$$G_i - G_j > Dunnett T3_{i,j} \quad (8b)$$

ise  $H_0$  reddedilir.

Games-Howell testi, Dunnett T3 testine benzer şekilde hesaplanır. Karşılaştırılacak gruplar ile ilgili hipotezler kurulduktan sonra, karşılaştırılacak grup ortalamaları arasında farklar bulunur. Karşılaştırılacak grupların standart hata değerleri hesaplanır. Games-Howell test istatistiği hesaplanır.

$q_{\alpha;\hat{v}_{i-j,k}}$ :  $\alpha$  hata düzeyinde serbestlik derecesi=k ve  $\hat{v}_{i-j,k}$  olan q tablo değeri olmak üzere  $\alpha=0.05$  alındığında,

$$Games - Howell_{i-j} = q_{\alpha; \hat{v}_{i-j,k}} * SH_{i-j} \quad (9a)$$

test istatistiği hesaplanır.

$$D_i - D_j > Games - Howell_{i-j} \quad (9b)$$

ise  $H_0$  reddedilir (Doğan ve Doğan, 2014).

Çalışmada kullanılan istatistiksel analizler SPSS 25.0 versiyon ile uygulanarak yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

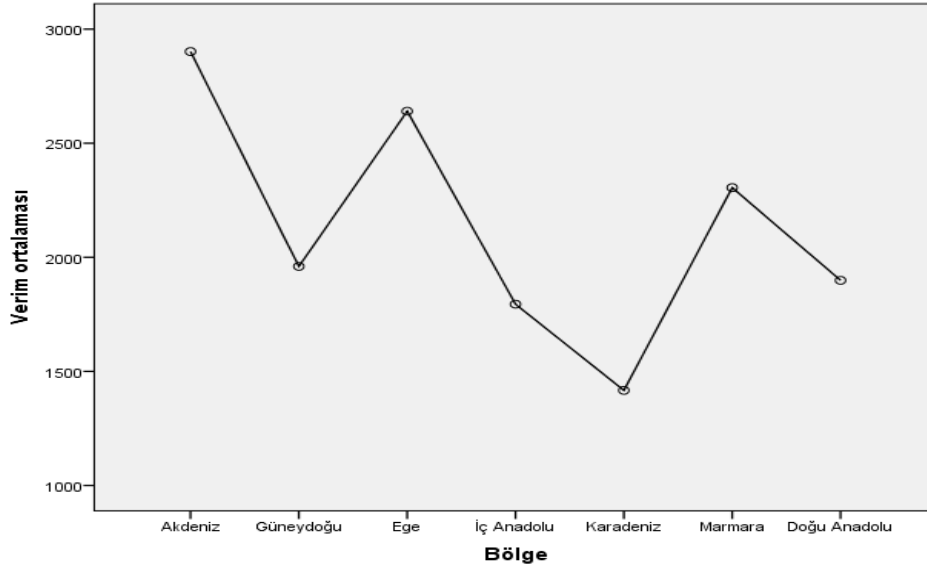
Çilek üretiminde dekar başına verime ilişkin tanıtıcı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir

**Tablo 1.** Coğrafi bölgelere göre çilek verimine ait tanıtıcı istatistikler

Bölgeler	N	$\bar{X}$	s	$s_{\bar{x}}$	Minimum	Maksimum
Akdeniz	8	2901,63	898,171	317,552	1444	4075
Güneydoğu	6	1960,17	1460,295	596,163	200	4000
Ege	8	2640,38	1186,434	419,468	1136	4011
İç Anadolu	13	1794,38	853,282	236,658	447	3000
Karadeniz	16	1416,81	486,029	121,507	333	2484
Marmara	11	2305,27	880,271	265,412	643	3599
Doğu Anadolu	8	1898,88	1029,373	363,938	500	3143
Genel	70	2037,74	1010,103	120,730	200	4075

S: Standart sapma,  $s_{\bar{x}}$ : Standart hata,  $\bar{X}$ : Ortalama

Tablo 1'de görüldüğü gibi, dekar başına ortalama çilek verimi sırasıyla en yüksek Akdeniz Bölgesi'nde (2901,63 kg/dekar), en düşük verim ise Karadeniz Bölgesi'nde (1416,81 kg/dekar) görülmüştür. Şekil 1'de ise bölgelere göre dekara çilek verimleri (kg/dekar) grafik olarak sunulmuştur.



**Şekil 1.** Bölgelere göre dekara çilek verimi

Türkiye'de coğrafi bölgelere göre verim farklılığı için F testi denenmek istenmiştir. F testi varsayımlardan biri olan varyansların homojenliği testi yapılmıştır. Levene testi sonucunda varyansların homojen olmadığı görülmüştür. Grup varyanslarının homojenliğini sağlamak için verilere dönüşüm yapılmıştır. Önce karekök, daha sonra logaritmik dönüşüm yapılmış verilerin yine homojen olmadığı görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Gözlenen veriler, karekök ve logaritmik dönüşüm yapılan verilere uygulanan Levene testi sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Varyansların homojenliği testi (Levene testi)

	İstatistik	Sd1	Sd2	P
Gözlenen verilerde	3,737	6	63	0,003
Karekök dönüşümü yapılan verilerde	2,843	6	63	0,016
Logaritmik dönüşüm yapılan verilerde	3,192	6	63	0,008

Sd: Serbestlik Derecesi

Tablo 2'ye göre grup varyansları homojen olmadığından tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılamayacağından Welch veya Brown-Forsythe testlerinin uygulanması gerekli olmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda çilekte verim bakımından coğrafi bölgeler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ( $P < 0.01$  ve  $P < 0.05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 3.** Çilek verimine ait Brown-Forsythe ve Welch analizi sonuçları

	İstatistik	Sd1	Sd2	P
Welch	4,307	6	22,128	0,005
Brown-Forsythe	2,675	6	31,396	0,033

Sd: Serbestlik derecesi



Çilek bitkisinin hangi bölgeler arasındaki farkın önemli olduğunun tespiti için ise varyansların homojen olmadığı durumlarda başvurulan Tamhane, Dunnett T3 ve Games-Howell çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Tablo 4-6’da görüldüğü gibi, tüm testlerde Akdeniz Bölgesi-Karadeniz Bölgesi arası çilek verimleri önemli farklılık gösterdi. Dekara çilek verimi en yüksek Akdeniz Bölgesi’nde olurken en düşük Karadeniz Bölgesi’nde görülmüştür.

**Tablo 4.** Çoklu karşılaştırma sonuçları (Tamhane testi)

Bölgeler (I)	J	Ortalama fark (I-J)	Std. hata	P
Akdeniz	Güneydoğu	941,458	675,462	0,991
	Ege	261,250	526,110	1,000
	İç Anadolu	1107,240	396,038	0,257
	Karadeniz	1484,813*	340,004	0,036
	Marmara	596,352	413,863	0,980
	Doğu Anadolu	1002,750	483,001	0,709
Güneydoğu	Ege	-680,208	728,947	1,000
	İç Anadolu	165,782	641,418	1,000
	Karadeniz	543,354	608,419	1,000
	Marmara	-345,106	652,574	1,000
	Doğu Anadolu	61,292	698,471	1,000
Ege	İç Anadolu	845,990	481,622	0,904
	Karadeniz	1223,563	436,712	0,381
	Marmara	335,102	496,384	1,000
	Doğu Anadolu	741,500	555,342	0,992
İç Anadolu	Karadeniz	377,572	266,028	0,981
	Marmara	-510,888	355,598	0,978
	Doğu Anadolu	-104,490	434,117	1,000
Karadeniz	Marmara	-888,460	291,903	0,166
	Doğu Anadolu	-482,063	383,686	0,997
Marmara	Doğu Anadolu	406,398	450,438	1,000

**Tablo 5.** Dunnett T3 testi sonuçları

Bölgeler (I)	J	Ortalama fark (I-J)	Std. hata	P
Akdeniz	Güneydoğu	941,458	675,462	0,932
	Ege	261,250	526,110	1,000
	İç Anadolu	1107,240	396,038	0,206
	Karadeniz	1484,813*	340,004	0,027
	Marmara	596,352	413,863	0,937
	Doğu Anadolu	1002,750	483,001	0,584
Güneydoğu	Ege	-680,208	728,947	0,998
	İç Anadolu	165,782	641,418	1,000
	Karadeniz	543,354	608,419	0,997
	Marmara	-345,106	652,574	1,000
	Doğu Anadolu	61,292	698,471	1,000
Ege	İç Anadolu	845,990	481,622	0,784
	Karadeniz	1223,563	436,712	0,260
	Marmara	335,102	496,384	1,000

İç Anadolu	Doğu Anadolu	741,500	555,342	0,963
	Karadeniz	377,572	266,028	0,947
	Marmara	-510,888	355,598	0,945
Karadeniz	Doğu Anadolu	-104,490	434,117	1,000
	Marmara	-888,460	291,903	0,135
Marmara	Doğu Anadolu	-482,063	383,686	0,969
	Doğu Anadolu	406,398	450,438	0,999

**Tablo 6.** Games-Howell testi sonuçları

Bölgeler (I)	J	Ortalama fark (I-J)	Std. hata	P
Akdeniz	Güneydoğu	941,458	675,462	0,792
	Ege	261,250	526,110	0,998
	İç Anadolu	1107,240	396,038	0,143
	Karadeniz	1484,813*	340,004	0,020
	Marmara	596,352	413,863	0,773
Güneydoğu	Doğu Anadolu	1002,750	483,001	0,416
	Ege	-680,208	728,947	0,957
	İç Anadolu	165,782	641,418	1,000
	Karadeniz	543,354	608,419	0,960
	Marmara	-345,106	652,574	0,997
Ege	Doğu Anadolu	61,292	698,471	1,000
	İç Anadolu	845,990	481,622	0,597
	Karadeniz	1223,563	436,712	0,185
	Marmara	335,102	496,384	0,992
	Doğu Anadolu	741,500	555,342	0,825
İç Anadolu	Karadeniz	377,572	266,028	0,785
	Marmara	-510,888	355,598	0,777
	Doğu Anadolu	-104,490	434,117	1,000
Karadeniz	Marmara	-888,460	291,903	0,095
	Doğu Anadolu	-482,063	383,686	0,855
Marmara	Doğu Anadolu	406,398	450,438	0,966

Mendeş ve Akkartal (2010)'un çalışmasında, Varyans analizi tekniği (F) ve Welch testi (W) ile bunların permütasyon versiyonları (PF ve PW) 1.Tip hata ve testin gücü bakımından karşılaştırılmıştır. Varyansların heterojenleşmesinden bütün testlerin olumsuz yönde etkilendikleri görülmüştür. Varyansların heterojen ve dağılımların da çarpık ( $\chi^2$  (3) ve Exp [0.75]), olması halinde örnek hacmi ve etki büyüklüğü ne olursa olsun PF testinin F testine göre biraz daha güçlü olduğu görülmüştür. Welch testi varyansların homojen olması halinde daha güçlü iken. PW testi varyansların homojen olmadığı ve örnek hacimlerinin dengesiz olduğu (mesela 5:10:15) durumda biraz daha güçlü olduğu saptanmıştır.

Yiğit ve Gamgam (2011)'in çalışmasında, simülasyon tekniği ile homojen olmayan varyans durumunda ortalamaların eşitliği için Welch, Scott-Smith, Brown-Forsythe. Genelleştirilmiş F ve Xu ve Wang'ın Genelleştirilmiş F testlerini 1. Tip hata ve testin gücü

bakımından karşılaştırılmıştır. Söz konusu çalışmada kitle varyansları heterojen olduğunda örneklem hacimleri küçükken klasik F testinin deneysel I. tip hata oranları nominal  $\alpha=0.05$  değerinden oldukça uzaklaşmıştır. Örneklem hacimleri arttığında klasik F testinin deneysel I. tip hata oranları nominal  $\alpha=0.05$  değerine yakın sonuçlar vermesine rağmen, diğer testlere göre güç değerleri daha düşüktür. Kitleden daha büyük hacimli örneklem almanın heterojenliğin etkisini azalttığı görülmüştür. Testler güç bakımından tüm durumlar altında incelediğinde, genellikle Scott-Smith ve klasik F testlerinin deneysel I. tip hata oranları nominal  $\alpha$  değerinden oldukça uzak olmuştur. W ve özellikle Genelleştirilmiş F testleri genel olarak diğer testlere göre daha yüksek güç değerlerine sahiptir.

### **Sonuç ve Öneriler**

Yapılan çalışmada varyans analizine alternatif olan yöntemlerin analizi yapılmıştır. Yapılan analiz neticesinde çilek verimine yetiştiği bölgenin istatistiksel olarak önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. Çilek bitkisinin yetiştiği coğrafi bölgelere göre verim bakımından birbirinden farklı oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca varyansların homojen olmadığı durumda F testi yerine Brown-Forsythe ve Welch testlerinin alternatif yöntemler olarak kullanılabileceği ve tarımda uygulamalarının yararlı sonuçlar vereceği tahmin edilmektedir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazar makaleye tamamıyla katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

### **Kaynaklar**

Balcı A., 2009. İlköğretim 8. Sınıf öğrencilerinin kitap okuma alışkanlığına yönelik tutumları. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(11): 265-300.

Brown MB, Forsythe AB., 1974. The small sample behavior of some statistics which test the equality of several means. Technometrics, 16: 129-132.

Buzdağlı Ö, Özdemir D, Aydemir AF, Emsen S, Daştan H., 2014. Geçiş ekonomilerinde bütçe açığı ve parasallaşma boyutu. International Conference in Economics September 03-05, 2014. Prague. Czech Republic.

- Doğan İ, Doğan N., 2014., Çoklu Karşılaştırma Yöntemleri. Detay Yayıncılık. Ankara.
- Erbaş Oral S, Olmuş H., 2006. Deney Düzenleri ve İstatistik Analizleri. Gazi Kitapevi. Ankara.
- Gamgam H, Altunkaynak B., 2013. Parametrik Olmayan Yöntemler SPSS Uygulamalı. Seçkin Kitabevi. Ankara.
- IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 25.0. Armonk. NY: IBM Corp.
- Kesici T, Kocabaş Z., 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Basımevi. Ankara-Türkiye
- Keskin S., 2002. Varyansların homojenliğini test etmede kullanılan bazı yöntemlerin 1. Tip hata ve testin gücü bakımından irdelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı doktora tezi.
- Mendeş M, Akkartal E., 2010. Comparison of ANOVA F and WELCH tests with their respective permutation versions in terms of type I error rates and test power. Kafkas Univ. Vet Fak Derg., 16(5): 711-716.
- Olmuş H, Erbaş Oral S, Nazman E.. 2017. Araştırmacılar için SPSS Uygulamalı İstatistiksel Deney Tasarımı. Gazi Kitapevi. Ankara.
- Welch BL., 1951. On the comparison of several mean values: An alternative approach. Biometrika, 38: 330-336.
- Yiğit E, Gamgam H., 2011. Homojen olmayan varyans varsayımı altında ortalamaların eşitliği için bazı test istatistikleri ve karşılaştırmaları. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B1 (1) Teorik Bilimler, 1(1): 57-71