



İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Hatlarının Tane Kalite Özellikleri Yönünden Karakterizasyonu

Characterization of Ispir Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines for Seed Quality Traits

Erdal ELKOCA¹, Cemil AYDOĞAN², Kamil HALİLOĞLU³, Murat AYDIN⁴

¹Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ağrı
· eelkoca@agri.edu.tr · ORCID > 0000-0002-1636-4701

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum
· cemilaydogan@outlook.com · ORCID > 0000-0002-5418-7531

³Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum
· kamilh@atauni.edu.tr · ORCID > 0000-0002-4014-491X

⁴Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Erzurum
· maydin@atauni.edu.tr · ORCID > 0000-0003-1091-0609

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 28 Mart / March 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 5 Mayıs / May 2023

Yıl/Year: 2023 | Cilt-Volume: 38 | Sayı-Issue: 2 | Sayfa/Pages: 353-372

Atıf/Cite as: Elkoca, E., Aydoğan, C., Haliloğlu, K., Aydın, M. "İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Hatlarının Tane Kalite Özellikleri Yönünden Karakterizasyonu" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 353-372.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erdal ELKOCA

İSPİR KURU FASULYE (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) HATLARININ TANE KALİTE ÖZELLİKLERİ YÖNÜNDEN KARAKTERİZASYONU

ÖZ

Bu araştırma, üstün tane kalite özelliklerine sahip İspir kuru fasulye hatlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. On beş İspir kuru fasulye hattı tescilli iki çeşit (Elkoca-05 ve Aras-98) ile birlikte Erzurum tarla koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre denemeye alınmış ve elde edilen tohumların çeşitli kalite özellikleri (kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, su alma indeksi, kuru hacim, yaş hacim, şişme kapasitesi, şişme indeksi ve protein oranı) incelenmiştir. Şişme indeksi hariç incelenen diğer özellikler yönünden genotipler arasında önemli bir varyasyon olduğu belirlenmiştir. İspir kuru fasulye hatları, şişme indeksi ve protein içeriği hariç, incelenen tüm özelliklerde standart çeşitlere göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Su alma kapasitesi, su alma indeksi ve şişme kapasitesinin tohum ağırlığı ve hacmi ile pozitif yönde önemli ölçüde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, önemsiz olmakla birlikte, incelenen tüm özellikler protein içeriği ile negatif ilişkili bulunmuştur. Temel bileşen analizinde, kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, kuru hacim, ıslak hacim ve şişme kapasitesinin önemli yüke sahip olduğu PC1 eksenini toplam varyasyonun %76.3'ünü; şişme indeksi ve protein oranının önemli yüke sahip olduğu PC2 eksenini ise toplam varyasyonun %10.5'ini açıklamıştır. Kümeleme analizi ise genotiplerin dört grupta kümelendiğini göstermiştir. Kümeleme analizinde yüksek tane kalite özellikleri ile ön plana çıkan ikinci gruptaki beş İspir fasulye hattının (kayıt no 4, 16, 17, 19 ve 67), yüksek tane kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesinde doğrudan kullanılabilmesi gibi tane kalitesini iyileştirmeye yönelik İslah çalışmalarında da bu genotiplerden yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Fasulye, Tane Kalite Özellikleri, Karakterizasyon, Temel Bileşen Analizi, Kümeleme Analizi.



CHARACTERIZATION OF ISPIR DRY BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) LINES FOR SEED QUALITY TRAITS

ABSTRACT

The objective of this investigation was to select candidate lines of İspir dry bean having high seed quality traits. The fifteen İspir dry bean lines were tested with two check cultivars (Elkoca-05 and Aras-98) in Erzurum field conditions in a randomized block design and their seeds were analyzed for their quality traits (dry weight,

wet weight, water absorption capacity, water absorption index, dry volume, wet volume, swelling capacity, swelling index and protein content). Except for swelling index, there was a considerable variation in the quality traits tested within the genotypes. İspir dry bean lines had higher values than standard cultivars in all traits studied, except swelling index and protein content. Water absorption capacity, water absorption index and swelling capacity were significantly correlated with weight and volume of the seed. Although insignificant, it was determined that all the traits examined were negatively correlated with the protein content. In principal components analysis (PCA), the dry weight, wet weight, water absorption capacity, dry volume, wet volume and swelling capacity on PC1 explained 76.3% of total variation, and swelling index and protein content on PC2 explained 10.5 % of total variation. Cluster analysis indicated that the genotypes were clustered in four groups. It has been concluded that the five İspir bean lines (registration number 4, 16, 17, 19 and 67) in the second group, which stand out with their high grain quality characteristics, can be used directly in the development of varieties with high grain quality, and these genotypes can also be used in breeding studies to improve grain quality.

Keywords: Common Bean, Seed Quality Traits, Characterization, Principal Component Analysis, Cluster Analysis.



1. GİRİŞ

Kuru tanelerinde % 16-30 arasında protein içeren fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), önemli bir besin kaynağıdır (Saba ve ark., 2016). Tahıllardan önemli seviyede yüksek protein içermesi yanında, başta lisin olmak üzere, esansiyel amino asitler bakımından da tahıl taneleri için çok iyi bir tamamlayıcı protein kaynağıdır (Perla ve ark., 2003; Teshome ve Emire, 2012). Bu nedenle, gelir seviyesi az olduğu için çoğunlukla protein oranı düşük tahıllarla beslenen gelişmekte olan ülkelerde, protein açığının kapatılmasında önemli bir alternatif oluşturmaktadır (Moraghan ve Grafton, 2001; Teshome ve Emire, 2012). Kuru fasulye ayrıca yüksek miktarda karbonhidrat, vitamin (özellikle A ve B vitaminleri) ve mineral maddeler ile insan sağlığı üzerinde çok olumlu etkilere sahip olan diyetel lif içerir (Kutos ve ark., 2003; Perla ve ark., 2003; Costa ve ark., 2006; Anton ve ark., 2008; Saha ve ark., 2009; Pinheiro ve ark., 2010; Gouveia ve ark., 2014). Fasulye bütün bu üstün özellikleri nedeniyle yetersiz beslenmeyi azaltmaya yardımcı olabilecek gıdaların başında gelmekte ve mükemmel bir besin olarak kabul edilmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Saba ve ark., 2016; Ferreira ve ark., 2017).

Fasulye tüketiminin, kandaki kolesterol seviyesini düşürdüğü (Anderson ve Gustafson, 1988) ve buna bağlı olarak koroner kalp hastalığı riskini azalttığı (Me-

notti ve ark., 1999); başta bağırsak olmak üzere, çeşitli kanser türlerine (Mathres, 2002; Hangen ve Bennink, 2002), obeziteye ve şeker hastalığına karşı koruduğu bildirilmektedir (Geil ve Anderson, 1994; Hayat ve ark., 2014). Gelişmiş ülkelerde tüketicilerin sağlıklı beslenme konusundaki bilinç seviyesinin giderek yükselmesi (Piergiovanni ve ark., 2000) ve yapılan araştırmalarla fasulyenin beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin ortaya konulması, fasulyeyi daha çok az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerin besini olmaktan çıkartmış, gelişmiş ülkelerde de üretim ve tüketiminin önemli seviyede artmasını sağlamıştır (Kaur ve ark., 2009). Nitekim günümüzde kuru fasulye, dünyada en çok ekilen (35.9 milyon ha) ve üretilen (27.7 milyon ton) yemeklik baklagil türüdür (Anonim, 2021). Türkiye’de ise 107.7 bin ha ekim alanı ve 305 bin ton üretim ile (Anonim, 2021) ülkemiz insanlarının beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir.

Ülkemizin ekolojik koşullar yönünden önemli bir çeşitliğe sahip olması, fasulye üzerinde etkili olmuş ve çok sayıda yerel genotip/ekotipin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Soydaş ve ark., 2021). Değerlendirilmesi gereken çok önemli birer kaynak niteliğinde olan bu yerel fasulye genotipleri, yüksek kalite ve besin değeri ile bulunduğu yerel koşullara adaptasyon ve düşük girdi gereksinimi gibi çok önemli avantajlara sahiptirler (Arvanitoyannis ve ark., 2007; Mavromatis ve ark., 2010). Ayrıca, lezzetli olmaları ve yüksek pişme kalitesi yönüyle de tercih edilmektedirler (Yeken ve ark., 2019). Kuru ve yaş tohum ağırlığı, su alma kapasitesi, su alma indeksi, şişme kapasitesi, şişme indeksi, kuru ve ıslak hacim, pişme süresi ve protein oranı tannin kalite özelliklerini ifade etmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Anton ve ark., 2008; Gathu ve Njage, 2012; Ferreira ve ark., 2017). Yerel fasulye genotiplerinin tane verimine ilaveten bu özellikler yönünden de araştırılması, yüksek verimli ve aynı zamanda mutfak kalitesi yüksek olan çeşitlerin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları için büyük önem taşımaktadır (Saha ve ark., 2009; Yeken ve ark., 2019).

Kuru fasulyede tane iriliği ve şekli, su emme, yumuşak doku ve ince kabuk gibi özellikler ile pişme kalitesi tüketici tercihleri üzerinde önemli rol oynamakta ve fasulyenin ticari değerini artırmaktadır (González ve ark., 2006; Mkanda ve ark., 2007; Gathu ve Njage, 2012). Beyaz, iri taneli ve şeker fasulyesi tipindeki yarı sarımsı yerel İspir fasulye popülasyonu yüksek miktarda su alarak şişmesi, kabuğun taneden ayrılmaması, kısa sürede pişmesi ve lezzetli olması nedeniyle tüketiciler tarafından “İspir fasulyesi” olarak tanınmakta ve oldukça rağbet görmektedir (Ozturk ve ark., 2009; Topcu ve ark., 2010; Sakiroglu ve ark., 2013).

Yapılan önceki çalışmalarda İspir fasulye popülasyonu içerisinde tek bitki seleksiyonu yöntemiyle saf hatlar elde edilmiş ve bunların morfolojik karakterizasyonu, tarımsal özellikleri ve seleksiyonu üzerine bir seri araştırma yürütülerek ümitvar hatlar belirlenmiştir (Aydoğan ve ark., 2020; Bıyıklı ve ark., 2021). Ancak, bugüne kadar bu çok değerli fasulye popülasyonunda tane kalite parametrelerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir araştırma yürütülmemiştir. Dolayısıyla bu

çalışma, bazı kalite parametreleri ve teknolojik özellikler bakımından ileri İspir fasulye hatları arasındaki varyasyonu belirlemek ve bu varyasyondan yararlanarak yüksek tane kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar için materyal temin etmek amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırmada Kullanılan Fasulye Genotipleri

Erzurum'un İspir ilçesindeki köyler hasat zamanı ziyaret edilerek tek bitki seleksiyonu yöntemiyle 40 hat elde edilmiş ve yapılan ön verim çalışmasında bu hatlardan 15 tanesi üstün bulunmuştur (Bıyıklı ve ark., 2021). Ümitvar bulunan bu 15 ileri İspir fasulye hattı ile Doğu Anadolu Bölgesi ve Erzurum ekolojik koşullarına uygunluğu yönüyle tescil almış olan iki çeşit (Elkoca-05 ve Aras-98) bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan İspir fasulye hatları ve tescilli çeşitler

Table 1. *İspir bean lines and registered cultivars used in the research*

Saf Hat No	Temin Edildiği Yer	Tane Rengi	Tane Tipi	Lokasyon		
				Enlem	Boylam	Rakım (m)
3, 4, 6, 10, 16, 17, 19	Öztoprak Köyü	Beyaz	Şeker	40.518	41.052	1431
32, 33, 35	Yeşilyurt Köyü	Beyaz	Şeker	40.518	41.069	1549
39, 40	Maden Köyü	Beyaz	Şeker	40.435	40.851	1226
67, 69	Maden Köprübaşı Beldesi Akbağ Mah.	Beyaz	Şeker	40.434	40.819	1286
49	Elmalı Beldesi Ağıldere Köyü	Beyaz	Şeker	40.401	40.834	1470
Tescilli Çeşitler	İsahçı Kuruluş					
Aras-98	Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/Erzurum	Beyaz	Horoz			
Elkoca-05	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü/Erzurum	Beyaz	Horoz			

2.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Araştırmada kullandığımız fasulye genotipleri Atatürk Üniversitesi'ne ait deneme alanında üretilmiştir. Az kireçli (% 0.38), hafif alkali (pH 7.26) ve killi-tınlı yapıda olan deneme alanının tuz içeriği oldukça düşük ($0.12 \text{ mmhos cm}^{-1}$) ve organik madde miktarı ise azdır (% 1.75). Deneme alanının azot içeriği düşük (2.6 kg da^{-1}), fosfor içeriği orta (5.9 kg da^{-1}), potasyum içeriği ise yüksek (106.9 kg da^{-1}) seviyededir (Aydın ve Sezen, 1995).

2.3. Tarla Çalışmaları

Tarla çalışmaları Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Elle 18 Mayıs'ta yapılan ekimde, ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıra arasının 50 cm, sıra üzerinin ise 6-7 cm olarak ayarlandığı parsellerde, 4 m uzunluğunda 4 sıra yer almış ve metrekareye yaklaşık 32 adet tohum ekilmiştir. Deneme alanına ekimden hemen önce 4 kg N da⁻¹ ve 6 kg P₂O₅ da⁻¹ hesabıyla % 21'lik amonyum sülfat ve % 45'lik triple süperfosfat gübrelere uygulanmıştır (Anonim, 2001). Deneme alanı ihtiyaç duyuldukça salma sulama yöntemi ile sulanmış ve yabancı ot mücadelesi çapa ile yapılmıştır. Hasattan sonra bitkiler seraya taşınmış ve 3-4 gün kurutulduktan sonra harman edilmiştir.

2.4. Laboratuvar Çalışmaları Ve Verilerin Elde Edilişi

Laboratuvar çalışmasında, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü'nün Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatına göre (Anonim, 2001) aşağıdaki özellikler belirlenmiştir:

2.4.1. Kuru Ağırlık (g)

Her parselden elde edilen üründen 100 adet tohum sayılıp tartılmış ve bu kuru ağırlık olarak kaydedilmiştir.

2.4.2. Yaş Ağırlık (g)

Kuru ağırlığı belirlenmiş olan 100 adet tohum 500 ml'lik erlenmayerde 16 saat süreyle oda sıcaklığında saf su içerisinde bekletilmiştir. Erlenmayer içerisinden çıkarılan tohumlar iyice kurulandıktan sonra tartılmış ve yaş ağırlık belirlenmiştir.

2.4.3. Su Alma Kapasitesi (g tane⁻¹)

Eşitlik 1 ve 2 aracılığı ile hesaplanmıştır:

$$\text{Şişmeyen tohum var ise; Su alma kapasitesi (g tane}^{-1}\text{)} = Y - [X - (X/100) * N2] / (N1 - N2) \quad (1)$$

Y= şişmeyen taneler ayrıldıktan sonraki yaş ağırlık, X= kuru ağırlık, N1= orijinal tohum sayısı (100), N2= sert (su çekmeyen) tohum sayısı

$$\text{Şişmeyen tohum yok ise; Su alma kapasitesi (g tane}^{-1}\text{)} = (Y - X) / 100 \quad (2)$$

2.4.4. Su Alma İndeksi

Su alma indeksi (g tane^{-1})/(kuru ağırlık/100) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. (3)

2.4.5. Net Kuru Hacim (ml)

Dereceli silindire konulan 100 adet tohum üzerine 50 ml su ilave edilmiş ve toplam kuru hacim belirlenmiştir. Toplam kuru hacimden eklenen suyun hacmi (50 ml) çıkarılmış ve elde edilen değer net kuru hacim olarak kaydedilmiştir.

2.4.6. Net Yaş Hacim (ml)

Kuru hacmi belirlenmiş olan 100 adet tohum saf su içerisinde 16 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda su boşaltılmış ve tohumlar kurutma kâğıdı ile iyice kurulandıktan sonra dereceli silindire alınmış ve üzerine 100 ml su ilave edilerek sonuç toplam yaş hacim olarak kaydedilmiştir. Daha sonra toplam yaş hacimden eklenen suyun hacmi (100 ml) çıkarılarak net yaş hacim belirlenmiştir.

2.4.7. Şişme Kapasitesi (ml tane⁻¹)

Eşitlik 4 ve 5 aracılığı ile hesaplanmıştır:

$$\text{Şişmeyen tohum var ise; Şişme kapasitesi (ml tane}^{-1}\text{)} = Y - [X - (X/100) \cdot N2] / (N1 - N2) \quad (4)$$

Y= net yaş hacim, X= net kuru hacim, N1= orijinal tohum sayısı (100), N2= sert (su çekmeyen) tohum sayısı

$$\text{Şişmeyen tohum yok ise; Şişme kapasitesi (g tane}^{-1}\text{)} = (Y - X) / 100 \quad (5)$$

2.4.8. Şişme İndeksi

(Net yaş hacim)/(Net kuru hacim) eşitliği ile belirlenmiştir. (6)

2.4.9. Tane Protein Oranı (%)

Öğütülmüş tohumlardan 0.3 g numune alınarak Kjeldahl yöntemi ile % azot belirlenmiştir. Elde edilen değerler 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

2.5. Verilerin Analizi

Verilerin analizinde MSTATC istatistik programı kullanılmıştır. Önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile % 5 ihtimal seviyesinde kontrol edilmiştir. Temel bileşen ve kümeleme (cluster) analizleri için

SPSS paket programı kullanılmıştır. Kümeleme analizinde Ward's yöntemi esas alınmıştır (Ward, 1963).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Varyans analizi sonuçları, şişme indeksi hariç, incelenen parametreler bakımından genotipler arasında önemli farklılıkların olduğunu göstermiştir (Çizelge 2).

3.1 Kuru Ağırlık

Kuru fasulyede tane iriliği önemli bir verim unsuru olması yanında, iri taneli çeşitler özellikle ülkemizde tüketiciler tarafından daha çok tercih edilmektedir (Mavromatis ve ark., 2012; Çalışkan ve ark., 2018). Bu nedenle kaliteyi artırmaya yönelik ıslah çalışmalarında, tane iriliği önemli bir parametre olarak dikkate alınmaktadır (Saba ve ark., 2016). Aras-98 ve Elkoca-05'te sırasıyla 42.7 g ve 48.9 g olan kuru ağırlık değerleri, İspir fasulye hatlarında 51.0 g (kayıt no 40) ile 59.2 g (kayıt no 4) arasında çok önemli bir varyasyon göstermiştir (Çizelge 2). Biri hariç (kayıt no 40), İspir fasulye hatlarının tamamı tescilli çeşitlerden önemli seviyede yüksek kuru ağırlık değerlerine sahip olmuştur. Diğer taraftan 4, 17, 19 ve 67 nolu hatlar ise diğer bütün İspir fasulye hatlarından önemli seviyede yüksek (58.3-59.2 g) kuru ağırlık değerleri ile oldukça dikkat çekici bulunmuşlardır (Çizelge 2). Fasulyede tane iriliği yüksek bir kalıtım derecesine sahip olup (Blair ve ark., 2009), yapılan diğer çalışmalarda da tane iriliği bakımından fasulye genotipleri arasında önemli varyasyonların bulunduğu rapor edilmektedir (Elkoca ve Çınar, 2015; Boros ve Wawer, 2018; Sözen ve Karadavut, 2020)

3.2. Yaş Ağırlık

Araştırmamızda yaş ağırlığın kuru ağırlıkla pozitif yönde çok önemli ($r=0.99^{**}$) ilişki içerisinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Aynı ilişkinin varlığı diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Sofi ve ark., 2014; Saba ve ark., 2016; Çalışkan ve ark., 2018). Yaş ağırlıkta da en düşük değerler Aras-98 ve Elkoca-05 çeşitlerinde (sırasıyla, 88.0 ve 101.6 g) saptanmıştır (Çizelge 2). Yaş ağırlık değeri İspir fasulye hatlarında ise 107.8 g (kayıt no 40) ile 126.8 g (kayıt no 4) arasında olmak üzere geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Hatlardan 40 nolu olan hariç, İspir fasulye hatlarının yaş ağırlıkları tescilli çeşitlerden önemli seviyede yüksek bulunmuştur. İspir fasulye hatları arasında ise 4, 17, 19 ve 67 nolu hatlar ön plana çıkmış ve bu hatların yaş ağırlık değerleri (125.1-126.8 g) diğer hatların tamamından önemli seyide yüksek olmuştur (Çizelge 2). Benzer şekilde, fasulyede yaş ağırlık değerlerinin 29.8-167.8 g (Sofi ve ark., 2014), 24.2-163.0 g (Saba ve ark., 2016), 37.0-129.2 g (Yeken ve ark., 2019) ve 43.6-90.5 g (Sözen ve Karadavut, 2020) arasında olmak üzere, genotiplere göre önemli değişim gösterdiği rapor edilmiştir.

3.3. Su Alma Kapasitesi

Su alma kapasitesi, tohumların ıslatıldığı suyu ne ölçüde emdiğinin bir göstergesi olup, yüksek su alma kapasitesine sahip genotipler daha geçirgen tohum kabuğu ve daha yumuşak kotiledonlara sahiptirler (Özer ve ark., 2010). Kuru baklagillerde pişirmeden önce suda bekletme, tanelerin su alarak şişmesini sağlamak ve bu durum pişme esnasında daha iyi bir ısı transferine imkân sağlayarak pişme süresini kısaltmaktadır (Wang ve ark., 2003). Fasulyede de yumuşaklığın ve yüksek geçirgenliğin çok önemli göstergesi olan yüksek su alma kapasitesi, pişirme süresini kısaltarak, pişirme kalitesini artırmaktadır (Shimelis ve Rakshit, 2005; Kınacı ve ark., 2008). Bu nedenle kuru fasulyede su alma kapasitesinin yüksek olması arzu edilmekte, gerek tüketiciler ve gerekse işleme tesisleri yüksek su alma kapasitesine sahip kısa sürede pişen kuru fasulye çeşitlerini tercih etmektedirler (Shimelis ve Rakshit, 2005; Shimelis, 2006).

Araştırmamızda en düşük su alma kapasitesine Aras-98 ($0.453 \text{ g tane}^{-1}$) ve Elkoca-05 ($0.527 \text{ g tane}^{-1}$) çeşitleri sahip olmuştur. İspir fasulye hatlarında ise su alma kapasitesi $0.567 \text{ g tane}^{-1}$ (kayıt no 40) ile $0.676 \text{ g tane}^{-1}$ (kayıt no 4) arasında önemli bir değişim göstermiştir (Çizelge 2). İspir fasulye hatlarının tamamı Aras-98'den; 6 ve 40 nolu hatlar hariç diğerleri ise Elkoca-05'den önemli seviyede yüksek su alma kapasitesine sahip olmuşlardır. İspir fasulye hatları birbiriyle kıyaslandığında ise su alma kapasitesi $0.667\text{-}0.676 \text{ g tane}^{-1}$ arasında yer alan 5 hat (kayıt no 4, 16, 17, 19, 67) ilk sıralarda yer almıştır (Çizelge 2). Diğer araştırma sonuçları dikkate alındığında, İspir fasulye hatlarının su alma kapasitesinin Hindistan ($0.12\text{-}0.42 \text{ g tane}^{-1}$) (Wani ve ark., 2017), Tunus ($0.222\text{-}0.539 \text{ g tane}^{-1}$) (Nciri ve ark., 2014), Etiyopya ($0.081 \text{ ile } 0.194 \text{ g tane}^{-1}$) (Shimelis ve Rakshit, 2005), Polonya ($0.180\text{-}0.567 \text{ g tane}^{-1}$) ve Ukrayna ($0.397\text{-}0.516 \text{ g tane}^{-1}$) (Boros ve Wawer, 2018) fasulye genotipleri ile ülkesel tescilli bazı fasulye çeşitleri için belirtilen değerlerden ($0.344\text{-}0.493 \text{ g tane}^{-1}$) (Sözen ve Karadavut, 2020) daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tanenin su alma kapasitesi tane iriliği ile de yakından ilişkilidir (Kınacı ve ark., 2008; Ozaktan, 2021). Nitekim tane ağırlığı ve hacmi ile tanenin su alma kapasitesi arasında belirlediğimiz yüksek korelasyon katsayıları ($r= 0.97\text{-}0.99^{**}$) da bu durumu teyit etmiştir (Çizelge 3). Aynı ilişkinin varlığı diğer pek çok araştırma sonucunda da rapor edilmiştir (Kaur ve ark., 2009; Sofi ve ark., 2014; Saba ve ark., 2016).

3.4. Su Alma İndeksi

Tanenin kuru ağırlığına oranla ne kadar su aldığını gösteren su alma indeksi, kuru fasulyede pişme kalitesi üzerine etki eden önemli parametrelerden biri olup (Mavromatis ve ark., 2012; Teshome ve Emire, 2012), su alma indeksi yüksek olan genotiplerin erken piştiği bildirilmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Boros ve Wawer, 2018). Baklagillerde tane iriliği, tane hacmi ve kabuk kalınlığı su alma in-

deksini önemli ölçüde etkilemektedir (Sefa-Dedah ve Stanley, 1979; Kaur ve ark., 2009; Tripathi ve ark., 2012). Araştırmada hesapladığımız korelasyon katsayısı da su alma indeksinin tane ağırlığı ve hacmi ile önemli ilişki ($r= 0.70-0.73^{**}$) içerisinde olduğunu göstermiştir (Çizelge 3).

Kullandığımız genotiplerin tamamında su alma indeksinin birden büyük olduğu; diğer bir ifadeyle genotiplerin tanelerine kuru ağırlıklarından daha fazla miktarda su aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 2). Araştırmamızda Aras-98 (1.061) ve Elkoca-05 (1.078) çeşitleri su alma indeksi yönünden son sırada yer almışlardır. Su alma indeksinin 1.079 (kayıt no 6) ile 1.177 (kayıt no 35) arasında çok önemli bir değişim gösterdiği İspir fasulye hatlarında ise 35 ve 10 nolu hatlar yüksek su alma indeksi değerleri ile ilk sırada yer almışlardır (Çizelge 2). Çoklu karşılaştırma testi sonuçları, 3 ispir fasulye hattı (kayıt no 6, 32, 40) hariç diğerlerinde su alma indeksinin standart çeşitlerden önemli seviyede yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 2). Yapılan diğer çalışmalarda da fasulyede su alma indeksinin 0.48-0.93 (Wani ve ark., 2017), 0.78-1.25 (Saha ve ark., 2009), 0.47-0.52 (Nciri ve ark., 2014) 1.03-1.70 (Mavromatis ve ark., 2012) ve 0.97-1.18 (Boros ve Wawer, 2018) olmak üzere genotipler arasında önemli değişim gösterdiği bildirilmiştir.

3.5. Kuru Hacim

Tescilli çeşitlerde 33.3 ml (Aras-98) ve 39.0 ml (Elkoca-05) olan kuru hacim değerleri, İspir fasulye hatlarında 39.3-47.0 ml arasında önemli bir değişim göstermiştir. İspir fasulye hatlarından dört tanesi (kayıt no 4, 17, 19 ve 67) yüksek kuru hacim değerleri (45.7-47.0 ml) ile ön sıralarda yer almışlardır. Çoklu karşılaştırma testi sonucunda İspir fasulye hatlarının tamamının Aras-98'den; 6 ve 40 nolu hatlar hariç diğer hatların ise Elkoca-05'den önemli seviyede yüksek kuru hacim değerlerine sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). İri taneli genotiplerde kuru hacim değerlerinin de yüksek olduğu gözlenmiş ve kuru ağırlık ile kuru hacim arasında hesapladığımız yüksek korelasyon katsayısı da ($r= 0.98^{**}$) bu durumu istatistiki olarak doğrulamıştır (Çizelge 3). Aynı ilişkinin varlığına vurgu yapan diğer araştırmacılar da kuru hacim değerleri yönünden fasulye genotipleri arasında önemli varyasyonların bulunduğunu rapor etmişlerdir (Şehirli ve Atlı, 1993; Çalışkan ve ark., 2018; Yeken ve ark., 2019).

3.6. Yaş Hacim

En düşük yaş hacim değerleri Aras-98 (79.7 ml) ve Elkoca-05 (96.0 ml) çeşitlerinde belirlenmiştir (Çizelge 2). İspir fasulye hatlarının yaş hacim değerleri ise 95.3 ml (kayıt no 40) ile 113.7 ml (kayıt no 4) arasında olmak üzere oldukça geniş bir varyasyon göstermiştir. Kuru hacim gibi yaş hacmin de kuru ağırlıkla ilişkisi pozitif yönde ve önemli ($r= 0.99^{**}$) bulunmuştur (Çizelge 3). Bu duruma bağlı olarak, aynen kuru hacimde olduğu gibi, yaş hacim değerleri yönünden de

4, 17, 19 ve 67 nolu hatlar (112.3-113.7 ml) ilk sıralarda yer almış ve İspir fasulye hatlarının tamamı Aras-98'den önemli seviyede yüksek yaş hacim değerlerine sahip olmuşlardır. Yaş hacim değeri 95.3 ml ile 103.0 ml arasında değişen 6, 33, 39, 40 ve 69 nolu hatlar ise Elkoca-05 ile aynı grup içerisinde yer alırken, geri kalan hatların tamamı Elkoca-05'ten önemli seviyede yüksek yaş hacim değerleri ile ön plana çıkmışlardır (Çizelge 2). Batı Anadolu fasulye gen kaynakları üzerinde çalışan Yeken ve ark. (2019) da yaş hacmin kuru ağırlıkla pozitif yönde önemli ilişki içinde olduğunu ve genotipler arasında yaş hacim değerleri yönünden önemli farkların bulunduğunu saptamışlardır.

3.7. Şişme Kapasitesi

Su alma kapasitesi gibi yumuşaklığın ve yüksek geçirgenliğin çok önemli bir diğer göstergesi olan ve bu nedenle tanenin en önemli fiziksel kalite özelliklerinden biri olarak kabul edilen yüksek şişme kapasitesi de fasulyede pişirme süresini kısaltarak pişme kalitesini artırmaktadır (Shimelis ve Rakshit, 2005; Kınacı ve ark., 2008). Şişme kapasitesi tescilli çeşitlerde 0.463 ml tane⁻¹ (Aras-98) ve 0.570 ml tane⁻¹ (Elkoca-05) iken, İspir fasulye hatlarında 0.560-0.673 ml tane⁻¹ arasında yer almıştır. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları İspir fasulye hatlarının tamamının Aras-98'den istatistiki olarak önemli seviyede yüksek şişme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Şişme kapasitesi 0.560-0.620 ml arasında yer alan 3, 6, 32, 33, 35, 39, 40, 49 ve 69 nolu hatlar ise Elkoca-05 ile aynı grup içerisinde yer alırken, geri kalan hatların tamamı Elkoca-05'ten önemli seviyede yüksek şişme kapasitesine sahip olmuşlardır (Çizelge 2). Yapılan diğer araştırmalarda da fasulyede şişme kapasitesi değerlerinin genotiplere bağlı olarak 0.30-0.56 ml tane⁻¹ (Wani ve ark., 2017), 0.21-0.50 ml tane⁻¹ (Nciri ve ark., 2014), 0.165-0.493 ml tane⁻¹ (Ercan ve ark., 1994), 0.297-0.420 ml tane⁻¹ (Sözen ve Karadavut, 2020) ve 0.17-0.80 ml tane⁻¹ (Boros ve Wawer, 2018) olmak üzere geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. İspir fasulye hatlarında belirlediğimiz şişme kapasitesi değerlerinin, Boros ve Wawer (2018) hariç, diğer araştırmacıların bildirdiği değerlerden daha yüksek olduğu dikkati çekmiştir.

Daha büyük kotiledon kütlelerine sahip tohumlar daha fazla su emmekte ve daha fazla su emilimi ise daha fazla şişmeye yol açmaktadır (Sofi ve ark., 2014). Bu nedenle yemeklik baklagillerde şişme kapasitesi, hacim ve ağırlık cinsinden tane iriliği ile yakından ilişkilidir (Iqbal ve ark., 2006). Nitekim bu çalışmada da kuru ağırlık, yaş ağırlık, kuru hacim ve yaş hacim yönünden ilk sıralarda yer alan 4, 17, 19 ve 67 nolu genotipler yüksek şişme indeksi değerleri ile de oldukça dikkat çekici bulunmuşlardır. Korelasyon katsayıları da şişme kapasitesinin tane ağırlığı ve hacmi ile pozitif yönde çok önemli ($r= 0.97-0.99^{**}$) ilişki içinde olduğunu göstermiş (Çizelge 3), diğer bazı araştırmalarda da benzer ilişkinin var olduğu rapor edilmiştir (Kaur ve ark., 2009; Tripathi ve ark., 2012).

3.8. Şişme İndeksi

Şişme indeksi tescilli çeşitlerde 2.390 (Aras-98) - 2.457 (Elkoca-05), İspir fasulye hatlarında ise 2.373 (kayıt no 6) - 2.465 (kayıt no 67) arasında yer almış ve fasulye genotipleri arasında istatistiki anlamda önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Kuru hacimleri ile kıyaslandığında, genotiplerin yaş hacimlerinde 2.39 ile 2.46 kat arasında artış meydana gelmiştir (Çizelge 2). Tane iriliğine ilaveten kabuk kalınlığı ve sertliği, hücre duvarı yapısı, tane içeriği ve tanedeki hücrelerin sıklığı gibi diğer unsurlar da tanenin su emme ve şişme özelliği üzerine etki etmektedir (Muller, 1967; Sefa-Dedah ve Stanley, 1979; Kaur ve ark., 2005; Shimelis, 2006; Sofi ve ark., 2014; Saba ve ark., 2016). Bu durumu doğrular şekilde, hesapladığımız korelasyon katsayıları da şişme indeksinin, şişme kapasitesi hariç, incelediğimiz diğer parametrelerle ilişkisinin önemli olmadığını, yani diğer parametrelerden bağımsız olduğunu göstermiştir (Çizelge 3).

3.9. Protein Oranı

Genotiplerin ortalaması dikkate alındığında, tane protein oranının % 22.97 olduğu belirlenmiştir. Tane protein oranı Aras-98'de % 24.13 ve Elkoca-05'te % 23.05 iken, İspir fasulye hatlarında % 20.48 (kayıt no 17) ile % 25.05 (kayıt no 33) arasında önemli bir değişim göstermiştir (Çizelge 2). Hatlardan sekiz tanesi (kayıt no 3, 4, 6, 33, 35, 40, 67 ve 69) hem genel ortalamadan daha yüksek (% 23.01-25.05) hem de tescilli çeşitlerle benzer protein oranına sahip olmaları ile dikkati çekmişlerdir (Çizelge 2). Yapılan diğer birçok çalışmada da fasulyede tane protein oranının genotipik etkiye bağlı olarak önemli değişim gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışmaların bir kısmında genotiplerin tane protein oranları araştırma sonuçlarımızdan daha düşük (%17.96-22.07) (Shimelis ve Rakshit, 2005,) bir kısmında araştırma sonuçlarımızla benzer (%22.03-24.86) (Barros ve Prudencio, 2016), diğer bir kısmında ise araştırma sonuçlarımızdan daha yüksek (%21.0-30.0) bulunmuştur (Pinheiro ve ark., 2010). Hesapladığımız korelasyon katsayıları, önemsiz olmakla birlikte, incelenen bütün özelliklerin tane protein oranı ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). Tane protein içeriğinin diğer parametrelerle ilişkisini araştırılan çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Bu çalışmaların bir kısmında, araştırmamızda olduğu gibi, protein oranındaki artışın su alma ve şişme kapasitesini azalttığı (Coelho ve ark., 2009; Wani ve ark., 2017) ve buna bağlı olarak protein oranındaki artışın pişme süresini uzattığı (Yeken ve ark., 2019); diğer bir kısmında ise tam aksine bu parametrelerin protein oranı ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Saha ve ark., 2009; Barros ve Prudencio, 2016). Araştırmalardan elde edilen bu farklı sonuçlar, tane protein içeriğinin su emme ve şişme kapasitesi üzerindeki etkisinin, tanenin diğer özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebildiğini ifade etmektedir.

Çizelge 2. İspir fasulye hatları ve tescilli çeşitlere ait tane kalite özellikleri

Table 2. Grain quality characteristics of İspir bean lines and registered cultivars

Hat No	Kuru Ağırlık (g)	Yaş Ağırlık (g)	Su Alma Kapasitesi (g tane ⁻¹)	Su Alma İndeksi	Kuru Hacim (ml)	Yaş Hacim (ml)	Şişme Kapasitesi (ml tane ⁻¹)	Şişme İndeksi	Protein Oranı (%)
3	54.5 cd	116.8 cd	0.623 bc	1.143 abc	44.0 bcde	106.0 cdef	0.620 bcde	2.409	23.84 abc
4	59.2 a	126.8 a	0.676 a	1.143 abc	47.0 a	113.7 a	0.667 ab	2.419	23.45 abcd
6	52.8 cde	109.8 ef	0.570 de	1.079 de	42.3 ef	100.3 fghi	0.580 def	2.373	23.01 abcd
10	54.5 cd	118.2 bc	0.637 abc	1.168 ab	43.7 bcde	106.3 bcdef	0.627 abcd	2.435	21.75 cde
16	57.8 ab	124.5 ab	0.667 ab	1.155 abc	45.0 abcd	110.3 abcde	0.653 abc	2.452	22.37 bcde
17	58.5 a	125.8 a	0.673 ab	1.150 abc	45.7 abc	112.3 abcd	0.667 ab	2.460	20.48 e
19	59.0 a	126.0 a	0.670 ab	1.136 abc	46.0 ab	112.7 abc	0.667 ab	2.449	21.26 de
32	55.1 bc	116.3 cd	0.613 cd	1.113 cde	43.7 bcde	105.3 defg	0.617 bcde	2.413	22.76 abcd
33	54.1 cd	114.7 cde	0.605 cd	1.119 bcd	42.3 ef	102.7 fgh	0.603 cdef	2.426	25.05 a
35	54.5 cd	118.6 bc	0.642 abc	1.177 a	44.3 bcde	105.3 defg	0.610 cdef	2.375	23.74 abc
39	53.0 cde	113.8 cdef	0.608 cd	1.148 abc	42.7 def	103.0 fgh	0.603 cdef	2.415	21.89 bcde
40	51.0 ef	107.8 fg	0.567 de	1.111 cde	39.3 g	95.3 i	0.560 f	2.424	23.06 abcd
49	54.7 c	117.2 c	0.626 abc	1.145 abc	43.3 cde	104.7 efg	0.613 cde	2.416	21.99 bcde
67	58.3 a	125.1 a	0.668 ab	1.149 abc	46.0 ab	113.3 ab	0.673 a	2.465	23.98 abc
69	51.8 de	110.9 def	0.592 cd	1.144 abc	40.3 fg	98.7 ghi	0.583 def	2.447	24.76 a
Aras-98	42.7 g	88.0 h	0.453 f	1.061 e	33.3 h	79.7 j	0.463 g	2.390	24.13 ab
Elkoca-05	48.9 f	101.6 g	0.527 e	1.078 de	39.0 g	96.0 hi	0.570 ef	2.457	23.05 abcd
Ortalama	54.1	115.4	0.613	1.131	42.8	103.1	0.61	2.425	22.97
F Değerleri									
Genotip	18.48**	21.29**	20.58**	6.04**	13.73**	11.49**	8.42**	0.87 ^{0D}	2.33*
VK (%)	3.1	3.3	3.7	2.0	3.7	4.2	5.1	2.2	6.2

* ve ** sırasıyla % 1 ve % 5 ihtimal seviyesinde önemli. ÖD, önemli değil. Sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli fark ($P \leq 0.05$) yoktur. * and * are significant at 1 % and 5 % probability levels, respectively. ÖD (NS, non-significant).

Mean values with the same letters in a column are not significantly different at $P \leq 0.05$

Çizelge 3. Tane kalite özellikleri arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları**Table 3.** Correlation coefficients of the relationship between grain quality characteristics

	KA	YA	SAK	SAI	KH	YH	ŞK	Şİ	PO
Kuru Ağırlık (KA)	1.00	0.99**	0.98**	0.70**	0.98**	0.99**	0.98**	0.39	-0.39
Yaş Ağırlık (YA)		1.00	0.99**	0.78**	0.98**	0.99**	0.98**	0.38	-0.39
Su Alma Kap. (SAK)			1.00	0.83**	0.97**	0.98**	0.97**	0.37	-0.38
Su Alma İndeksi (SAI)				1.00	0.73**	0.73**	0.72**	0.24	-0.26
Kuru Hacim (KH)					1.00	0.99**	0.97**	0.28	-0.38
Yaş Hacim (YH)						1.00	0.99**	0.41	-0.40
Şişme Kapasitesi (ŞK)							1.00	0.49*	-0.41
Şişme İndeksi (Şİ)								1.00	-0.26
Protein Oranı (PO)									1.00

3.10. Temel Bileşen Analizi

Çalışılan İspir fasulye hatlarına ait eigen değerleri, varyans ve toplam varyans ile incelenen özelliklerin bileşen ağırlıkları Çizelge 4'te sunulmuştur. İncelenen özellikler açısından eigen değerleri 0'dan büyük olan 5 bağımsız temel bileşen (PC) belirlenmiştir. Bu temel bileşenlerin eigen değerleri 0.0287 ile 6.8681 arasında değişmekte olup toplam varyasyonun %100'ünü açıklamaktadır. Temel bileşen analizinin etkin kullanımı ve sonuçların doğru yorumlanması için ilk iki veya üç temel bileşenin toplam varyasyonun en az %25'ini açıklaması gerektiği bildirilmektedir (Mohammadi ve Prasanna, 2003). Bu açıdan değerlendirildiğinde, bu çalışmada toplam varyansın %86.8'ini açıklayan ilk iki temel bileşenin genotiplerin ayrımında ve sonuçların yorumlanmasında etkin bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Araştırılan özelliklerin temel bileşenler üzerindeki ağırlıkları dikkate alındığında (Çizelge 4), PC1 ekseninde kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, net kuru hacim, net yaş hacim, ıslak hacim ve şişme kapasitesi özelliklerinin pozitif ve önemli yüke sahip olduğu ve bu eksenin toplam varyasyonun %76.3'ünü açıkladığı saptanmıştır. PC2 ekseninde ise en büyük negatif yüke şişme indeksi, en büyük pozitif yüke ise protein oranı sahip olmuş ve bu eksen toplam varyasyonun %10.5'ini açıklamıştır.

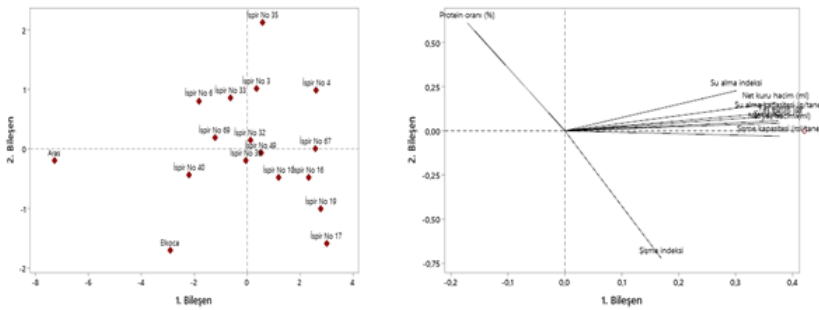
Biplot analizinde, daralan vektör açıları özelliklerin yakınlığını, genişleyen vektör açıları ise özellikler arasındaki ilişkilerin zayıfladığını ifade etmektedir (Yan, 2014). PC1 ekseninde en büyük yüke sahip olan ve aralarında dar açı bulunan kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, net kuru hacim, net yaş hacim, ıslak hacim ve şişme kapasitesinin birbiri ile önemli ve pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Su alma kapasitesi, su alma indeksi ve şişme kapasitesi fasulyede pişme kalitesinin önemli göstergeleri olarak kabul edilmektedir (Shimelis ve Rakshit,

2005; Kınacı ve ark., 2008; Boros ve Wawer, 2018). Bu üç özelliğin birinci bileşende önemli yüke sahip olması nedeniyle “hidrasyon eksenini” olarak adlandırılabilir. PC1 bileşeninin pişme kalitesi ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. PC2 ekseninde en büyük yüke sahip olan şişme indeksi ve protein oranının ise diğer parametrelerle ilişkisinin zayıf olduğu görülmektedir (Şekil 1). Elde edilen bu bilgiler ışığında, her iki eksendeki bu özelliklerin İspir fasulye hatlarının tane kalite özelliklerinin tanımlanmasında yeterli olduğu kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4. Temel bileşen analizine ait eigen değerleri, varyans, toplam varyans ve tane kalite özelliklerinin ana bileşenlerdeki yükleri

Table 4. Eigen values, variance, total variance and component loadings of the grain quality characteristics in principal component analysis

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigen Değeri	6.8681	0.9473	0.7480	0.4075	0.0287
Varyans (%)	76.3	10.5	8.3	4.6	0.3
Toplam Varyans (%)	76.3	86.8	95.1	99.7	100
İncelenen Özelliklerin Ana Bileşenlerdeki Yükleri					
Özellikler	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Kuru Ağırlık (g)	0.375	0.057	-0.009	0.250	-0.483
Yaş Ağırlık (g)	0.379	0.087	-0.007	0.065	-0.412
Su Alma Kapasitesi (g tane ⁻¹)	0.378	0.106	-0.006	-0.066	-0.358
Su Alma İndeksi	0.302	0.228	-0.006	-0.890	0.114
Net Kuru Hacim (ml)	0.371	0.160	0.071	0.218	0.418
Net Yaş Hacim (ml)	0.378	0.044	-0.023	0.188	0.387
Şişme Kapasitesi (ml tane ⁻¹)	0.378	-0.030	-0.083	0.167	0.363
Şişme İndeksi	0.170	-0.723	-0.635	-0.123	-0.002
Protein Oranı (%)	-0.172	0.613	-0.765	0.103	0.001

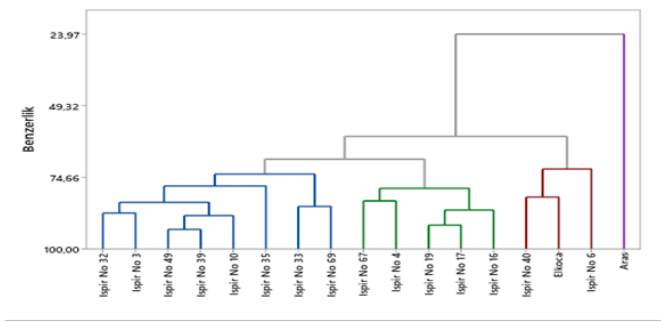


Şekil 1. Tane kalite özellikleri bakımından temel bileşen analizi

Figure 1. Principle component analysis in terms of grain quality characteristics

3.11. Kümeleme (Cluster) Analizi

Bazı tane kalite parametreleri bakımından ileri İspir fasulye hatları arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koymak amacıyla genotipler cluster analizine tabi tutulmuş ve genotiplerin dört grupta kümelendiği belirlenmiştir (Şekil 2). Grup-1 sekiz, Grup-2 beş İspir fasulye hattını içerirken, Grup-3'de Elkooca-05 ile birlikte iki İspir fasulye hattı kümelendi; Grup-4'te ise yalnızca Aras-98 yer almıştır (Şekil 2 ve Çizelge 5). Grup ortalamaları dikkate alındığında, protein oranı hariç, incelenen bütün özellikler yönünden ikinci grubun daha üstün olduğu saptanmıştır (Çizelge 5).



Şekil 2. Cluster analizine ait dendrogram

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis

Çizelge 5. Cluster analizinde oluşan gruplar, her bir grupta yer alan genotipler ve grupların incelenen özelliklere ait ortalamaları

Table 5. Groups formed in cluster analysis, the genotypes in each group and averages of groups in terms of the features studied

	Grup-1	Grup-2	Grup-3	Grup-4
Genotip	3, 10, 32, 33, 35, 39, 49, 69	4, 16, 17, 19, 67	6, 40, Elkooca-05	Aras-98
Özellikler				
Kuru Ağırlık (g)	54.0	58.6	50.9	42.7
Yaş Ağırlık (g)	115.8	125.6	106.4	88.0
Su Alma Kapasitesi (g tane ⁻¹)	0.618	0.671	0.555	0.453
Su Alma İndeksi	1.145	1.147	1.089	1.061
Kuru Hacim (ml)	43.0	45.9	40.2	33.3
Yaş Hacim (ml)	104.0	112.5	97.2	79.7
Şişme Kapasitesi (ml tane ⁻¹)	0.609	0.665	0.570	0.463
Şişme İndeksi	2.417	2.449	2.418	2.390
Protein Oranı (%)	23.22	22.31	23.04	24.13

4. SONUÇ

Yemelik baklagillerde önemli ölçüde besin kaybına neden olan uzun pişirme süresi, fasulye başta olmak üzere, kuru baklagillerin gıda olarak tüketimindeki en önemli kısıtlayıcıların başında gelmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Costa ve ark., 2006; Özer ve ark., 2010; Teshome ve Emire, 2012). Bu nedenle pişme süresi kısa olan genotipler fasulye ıslah programlarında büyük önem taşımaktadır. Kuru fasulyede su emme özelliği üzerine yapılan pek çok çalışmada, yüksek su alma ve şişme kapasitesine sahip çeşitlerin daha kolay ve hızlı piştiğini belirlenmiş ve bu iki özelliğin pişme kalitesinin artırılmasına yönelik yapılacak çalışmalarda etkili birer seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi rapor edilmiştir (Balcha ve ark., 2010; Correea ve ark., 2010; Mavromatis ve ark., 2012; Saba ve ark., 2016). Bu açıdan değerlendirildiğinde, yüksek tane kalite özellikleri ile ön plana çıkan ikinci gruptaki beş ispir fasulye hattının (kayıt no 4, 16, 17, 19 ve 67), yüksek pişme kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesinde doğrudan kullanılabilmesi gibi tane kalitesini iyileştirmeye yönelik ıslah çalışmalarında da bu genotiplerden yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): EE(%50), CA(%30), KH(%10), MA(%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): EE(%40), CA(%40), KH(%10), MA(%10)

Veri Analizi (Data Analysis): EE(%40), CA(%20), KH(%20), MA(%20)

Makalenin Yazımı (Writing Up): EE(%50), CA(%30), KH(%10), MA(%10)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EE(%70), CA(%10), KH(%10), MA(%10)

Teşekkür

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülen "İleri İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) Hatlarında Verim ve Kalite Çalışmaları" başlıklı yüksek lisans tezinin bir kısmını kapsamakta olup, yazarlar desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a (Proje no 115O260) teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

- Anderson J.W., Gustafson, N.J., 1988. Hypocholesterolemic effect of oat and bean products. The American Journal of Clinical Nutrition, 48(3): 749-753. doi.org/10.1093/ajcn/48.3.749
- Anonim, 2001. Tohumluk Tescil Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talismatlar/Yemeklik%20Tane%20Baklagiller/yemeklik%20tane%20baklagiller.pdf>
- Anonim, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi:21 Mart 2023).
- Anton, A.A., Ross, K.A., Beta, T., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D., 2008. Effect of pre-dehulling treatments on some nutritional and physical properties of navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Science and Technology, 41: 771-778. doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.014
- Arvanitoyannis, I., Mavromatis, A.G., Rodiatis, A., Goulas, C., 2007. Physicochemical and sensory analysis of dry bean landraces in conjunction with multivariate analysis: an exploratory approach. International Journal of Food Science and Technology, 42: 819-826. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01289.x
- Aydın, A., Sezen, Y., 1995. Toprak kimyası laboratuvar kitabı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 174, Erzurum.
- Aydoğan, C., Elkoca, E., Haliloğlu, K., Aydın, M., 2020. Bazı İspir kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) hatlarının seleksiyonu üzerine bir ön çalışma. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 30(2): 251-265. doi.org/10.18615/anadolu.835019
- Balcha, A., 2010. Genetic variation for grain yield and water absorption in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Food Science and Technology, 1(6): 128-131.
- Barros, M., Prudencio, S.H., 2016. Physical and chemical characteristics of common bean varieties. Semina: Ciências Agrárias, 37(2): 751-762. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n2p751
- Bıyıklı, B., Elkoca, E., Aydın, M., 2021. İspir kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonunun karakterizasyonu ve seleksiyon yoluyla ıslahı. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 36: 20-33. doi.org/10.7161/omuanajas.723104
- Blair, M.W., Diaz, L.M., Buendia, H.F., Duque, M.C., 2009. Genetic diversity, seed size associations and population structure of a core collection of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Theoretical Applied Genetics, 119: 955-972. doi.org/10.1007/s00122-009-1064-8
- Boros, L., Wawer, A., 2018. Seeds quality characteristics of dry bean local populations (*Phaseolus vulgaris* L.) from National Center for Plant Genetic Resources in Radzików. Legume Research, LR-382: 669-674. doi.org/10.18805/LR-382
- Coelho, C.M.M., Vargas, V.P., Souza, C.A., Pereira, T., Santos, J.C.P., 2009. Cooking quality of common beans as influenced by different nitrogen levels and time of application. International Journal of Agriculture & Biology, 11(3): 261-265.
- Correia, M.M., de Carvalho L.M.J., Nuttall, M.R., Luiz, J., de Carvalho, V., Neto, A.R.H., Ribeiro, E.M.G., 2010. Water absorption, hard shell and cooking time of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Food Science and Technology, 1(1): 13-20.
- Costa, E.G.A., Monici, K.S.Q., Reis, S.M.P.M., Oliveira, A.C., 2006. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. Food Chemistry, 94 (3): 327-330. doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020
- Çalışkan, S., Aytekin, R.I., Yağız, A.K., Yavuz, C., 2018. Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tam ve kısıtlı sulama uygulamalarının tane kalitesi üzerine etkisi. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (12): 1853-1859. doi.org/10.24925/turjaf.v6i12.1853-1859.2351
- Elkoca, E., Çınar, T., 2015. Bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşit ve hatlarının Erzurum ekolojik koşullarına adaptasyonu, tarımsal ve kalite özellikleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 30: 141-153. doi:10.7161/ana-jas.2015.30.2.141-153
- Ercan, R., Atli, A., Köksel, H., Dağ, A., 1994. Cooking quality and composition of dry beans grown in Turkey. GIDA, 19(5): 313-316.
- Ferreira, C.D., Ziegler, V., Paraginski, R.T., Vanier, N.L., Elias, M.C., Oliveira, M., 2017. Physicochemical, antioxidant and cooking quality properties of long-term stored black beans: effects of moisture content and storage temperature. International Food Research Journal, 24(6): 2490-2499.
- Gathu, W.E., Njage, P.M.K., 2012. Physical characterization of new advanced drought tolerant common bean (*Phaseolus vulgaris*) lines for canning quality. American Journal of Food Technology, 7(2): 22-28. doi.org/10.3923/ajft.2012.22.28
- Geil, P.B., Anderson, J.W., 1994. Nutrition and health implications of dry beans: A review. Journal of the American College of Nutrition, 13: 549-558. doi.org/10.1080/07315724.1994.10718446

- González, A.M., Monteagudo, A.B., Casquero, P.A., De Ron, A.M., Santalla, M., 2006. Genetic variation and environment effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. *Field Crops Research*, Pontevedra, 95(2-3): 336-347. doi.org/10.1016/j.fcr.2005.04.004
- Gouveia, C., Freitas, G., Brito J., Slaski, J., Carvalho, M., 2014. Nutritional and mineral variability in 52 accessions of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) from Madeira Island. *Agricultural Sciences*, 5: 317-329. doi.org/10.4236/as.2014.54034
- Hangen, L.A., Bennink, M.R., 2002. Consumption of black beans and navy beans (*Phaseolus vulgaris*) reduced azoxymethane induced colon cancer in rats. *Nutrition and Cancer*, 44(1): 60-65. doi.org/10.1207/S15327914NC441_8
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A. Bashir, S., 2014. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54: 580-92. doi.org/10.1080/10408398.2011.596639
- Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., Khan, M.S., 2006. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97: 331-335. doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri: 63 (I. Basım), Ankara.
- Kaur, M., Singh, N., Sodhi, N.S., 2005. Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 69: 511-517. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.09.002
- Kaur, S., Singh, N., Sodhi, N.S., Rana, J.C., 2009. Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. *Food Chemistry*, 117: 282-289. doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.002
- Kinacı, G., Akın, R., Kinacı, E., 2008. Farklı sulama rejimlerinin kuru fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) fiziksel kalite özellikleri üzerine etkileri. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 4(2): 179-186.
- Kutos, T., Golob, T., Kac, M., Plestenjak, A., 2003. Dietary fiber of dry processed beans. *Food Chemistry*, 80: 231-235. doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00258-3
- Mathres, J.C., 2002. Pulses and carcinogenesis: Potential for the prevention of colon, breast and other cancers. *British Journal of Nutrition*, 88: 273-279. doi.org/10.1079/BJN2002717
- Mavromatis, A.G., Arvanitoyannis, I., Korkovelos, A.E., Giakountis, A., Chatzitheodorou, V.A., Goulas, C.K., 2010. Genetic diversity among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Greek landraces and commercial cultivars: nutritional components, RAPD and morphological markers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4): 986-994. doi.org/10.5424/SJAR/2010084-1245
- Mavromatis, A.G., Arvanitoyannis, I.S., Chatzitheodorou, V., Kaltsa, A., Patsiaoura, I., Nakas, C.T., 2012. A comparative study among landraces of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. coccineus* L. based on molecular, physicochemical and sensory analysis for authenticity purposes. *Scientia Horticulturae*, 144: 10-18. doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.024
- Menotti, A., Kromhout, D., Blackburn, H., Fidanza, F., Buzina, R., Nissinen, A., 1999. Food intake patterns and 25-year mortality from coronary heart disease: cross-cultural correlations in the seven countries study. *European Journal of Epidemiology*, 15(6): 507-515. doi.org/10.1023/a:1007529206050
- Mkanda, A.V., Minnar, A., Kock, D.E., 2007. Relations consumer performance to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2868-2879. doi.org/10.1002/jsfa.3046
- Mohammadi, S.A., Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43: 1235-1248. doi.org/10.2135/cropsci2003.1235
- Moraghan, J., Grafton, K., 2001. Genetic diversity and mineral composition of common bean seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4): 404-408.
- Muller F.M., 1967. Cooking quality of pulses. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 18: 292-295. doi.org/10.1002/jsfa.2740180707
- Nciri, N., El Mhamdi, F., Ismail, H.B., Mansour, A.B., Fennira, F., 2014. Physical properties of three white bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Tunisia. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(11): 195-200.
- Ozaktan, H., 2021. Technological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown under natural conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(2): 235-243. doi.org/10.17557/tjfc.1018627
- Ozturk, I., Kara, M., Yildiz, C., Ercisli, S., 2009. Physico-mechanical seed properties of the common Turkish bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars 'Hinis' and 'İspir'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37: 41-50. doi.org/10.1080/01140670909510248
- Özer, S., Karaköy, T., Toklu, F., Baloch, F.S., Kilian, B., Özkan, H., 2010. Nutritional and physicochemical variation in Turkish kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces. *Euphytica*, 175: 237-249. doi.org/10.1007/s10681-010-0174-3

- Perla, O., Luis, A.B., Sonia, G.S., Maria, P.B., Juscelino, T., Octavio, P.L., 2003. Effect of processing and storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of two bean varieties. *Journal of Science and Agriculture*, 83: 1283-1288. doi.org/10.1002/jsfa.1413
- Piergiovanni, A.R., Cerbino, D., Gatta, C.D., 2000. Diversity in seed quality of common bean populations from Basilicata (Southern Italy). *Plant Breeding*, 119: 513-516. doi.org/10.1046/j.1439-0523.2000.00531.x
- Pinheiro, C., Beata, J.P., Pereira, A.M., Domingues, H., Ricardo, C.P., 2010. Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 319-325. doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.005
- Saba, I., Sofi, P.A., Zeerak, N.A., Bhat, M.A., Mir, R.R., 2016. Characterisation of a core set of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm for seed quality traits. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 48(3): 359-376.
- Saha, S., Singh, G., Mahajan, V., Gupta, H.S., 2009. Variability of nutritional and cooking quality in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64: 174-180. doi.org/10.1007/s1130-009-0121-4
- Sakiroglu, H., Yilmaz, E., Erat, M., Öztürk, A.E., 2013. Selected properties of polyphenol oxidase obtained from Ispir sugar bean. *International Journal of Food Properties*, 16: 1314-1321. doi.org/10.1080/10942912.2011.584258
- Sefa-Dedah, S., Stanley, D.W., 1979. Textural implications of the microstructure of legumes. *Food Technology*, 33: 77-83.
- Shimelis, E.A., 2006. Effects of mineral composition on cooking quality and relationship between cooking and physicochemical properties of Ethiopian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 4(1): 1-22.
- Shimelis, E.A., Rakshit, S.K., 2005. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *Food Science and Technology*, 38: 331-338. doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.002
- Sofi, P.A., Wani, S.A., Zargar, M.Y., Sheikh, F.A., Shafi, T., 2014. Comparative evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm for seed physical and culinary traits. *Journal of Applied Horticulture*, 6(1): 54-58. doi.org/10.37855/jah.2014.v16i01.08
- Soydaş, V., Aydın, M., Elkoca, E., İlhan, E. 2021. Gümüşhane ili yerel fasulye genotiplerinin morfolojik ve tarımsal özellikler yönünden karakterizasyonu üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(2): 143-160. doi.org/10.18615/anadolu.1029881
- Sözen, Ö., Karadavut, U., 2020. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4): 1205-1217. doi.org/10.30910/turkjans.776613
- Şehirali, S., Atlı, A., 1993. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de pişme özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 161, Araştırmalar: 59, Tekirdağ.
- Teshome, D.M., Emire, S.A., 2012. Canning quality evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in the central Rift Valley of Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 6(1): 65-78.
- Topcu, Y., Uzundumlu, A.S., Yavuz, F., 2010. Designing the marketing strategies for Ispir sugar bean as a local product using conjoint analysis. *Scientific Research and Essays*, 5(9): 887-896.
- Tripathi, S., Sridhar, V., Jukanti, A.K., Suresh, K., Rao, B.V., Gowda, C.L.L., Gaur, P.M., 2012. Genetic variability and interrelationships of phenological, physicochemical and cooking quality traits in chickpea. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 10(3):194-201. doi.org/10.1017/S1479262112000251
- Wang, N., Daun, J.K., Malcolmson, L.J., 2003. Relationship between physicochemical and cooking properties, and effects of cooking on antinutrients, of yellow field peas (*Pisum sativum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83:1228-1237. doi.org/10.1002/jsfa.1531
- Wani, I.A., Sogi, D.S., Wani, A.A., Gill, B.S., 2017. Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16: 7-15. doi.org/10.1016/j.jssas.2014.12.002
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58:236-244. doi.org/10.2307/2282967
- Yan, W., 2014. *Crop variety trials: Data management and analysis*. John Wiley & Sons, 360 pp.
- Yeken, M.Z., Canci, H., Kantar, F., Karacaoren, B., Ozer, G., Ciftci, V., 2019. Variation in cooking quality traits in *Phaseolus* bean germplasm from Western Anatolia. *Banat's Journal of Biotechnology*, X(20):37-45. doi:10.7904/2068-4738-X(20)-37