Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 14(9):2654-2665, 2026
DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v14i9.2654-2665.9161

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology

Available online, ISSN: 2148-127X | www.agrifoodscience.com | Turkish Science and Technology Publishing (TURSTEP)

Evaluation of Nutritional and Technological Quality Traits of Advanced Bean Lines Developed Through Selection from Local Bean Populations

Aykut Şener[1,a,*]

[1]*Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 32200, Isparta, Türkiye*
[*]*Corresponding author*

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 12.06.2026
Accepted : 14.07.2026

Keywords:
Bean
Lines
Quality
Correlation
Selection

ABSTRACT

This study was conducted in 2021 and 2022 to determine the nutritional and technological quality traits of 22 advanced bean lines developed through selection from local bean populations and two control cultivars. The experiment was established in a randomized complete block design with three replications. Hundred-seed weight, protein content, oil content, water uptake capacity, water uptake index, seed coat ratio, swelling capacity, swelling index, and seed density were evaluated. The obtained data were subjected to analysis of variance, relationships among traits were assessed using Pearson's correlation analysis, and the distribution of genotypes based on quality traits was investigated through principal component analysis (PCA). The results revealed that the effects of year, genotype, and year × genotype interaction were significant for all traits examined. Based on the two-year means, hundred-seed weight ranged from 20.96 to 48.95 g, protein content from 17.82 to 24.33%, oil content from 0.40 to 0.97%, water uptake capacity from 0.23 to 0.59 g seed^{-1}, water uptake index from 0.94 to 1.32, seed coat ratio from 6.94 to 10.08%, swelling capacity from 0.25 to 0.60 mL seed^{-1}, swelling index from 1.02 to 1.89, and seed density from 1.21 to 1.38 g mL^{-1}. Correlation analysis revealed strong positive relationships between hundred-seed weight and water uptake capacity ($r = 0.92^{**}$) as well as swelling capacity ($r = 0.84^{**}$), whereas a significant negative correlation was detected between protein and oil contents ($r = -0.64^{**}$). PCA results showed that the first two principal components explained 68.41% of the total variation. PC1 was mainly associated with hundred-seed weight, water uptake capacity, and swelling capacity, whereas PC2 primarily reflected the contrasting contributions of protein and oil contents. Among the evaluated genotypes, KON5, ISP22, ISP21, ISP18, ISP31, and DEN2 were identified as the most promising lines in terms of quality traits. The results indicated that several advanced lines developed from local populations exhibited superior nutritional and technological quality characteristics and could be utilized as parental material in common bean breeding programs.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 14(9):2654-2665, 2026

Yerel Fasulye Popülasyonlarından Seleksiyonla Geliştirilen İleri Hatların Besinsel ve Teknolojik Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 12.06.2026
Kabul : 14.07.2026

Anahtar Kelimeler:
Fasulye
Hatlar
Kalite
Korelasyon
Seleksiyon

ÖZ

Bu çalışma, yerel fasulye popülasyonlarından seleksiyon yöntemiyle geliştirilen 22 ileri hat ile 2 kontrol çeşidinin bazı besinsel ve teknolojik kalite özelliklerini belirlemek amacıyla 2021 ve 2022 yıllarında yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada yüz tane ağırlığı, protein oranı, yağ oranı, su alma kapasitesi, su alma indeksi, kabuk oranı, şişme kapasitesi, şişme indeksi ve tane yoğunluğu özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, özellikler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiş ve hatların kalite özellikleri bakımından dağılımı temel bileşen analizi (PCA) ile ortaya konulmuştur. Sonuçlara göre incelenen tüm özelliklerde yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İki yıl ortalamasına göre yüz tane ağırlığı 20,96–48,95 g, protein oranı %17,82–24,33, yağ oranı %0,40–0,97, su alma kapasitesi 0,23–0,59 g tane^{-1}, su alma indeksi 0,94–1,32, kabuk oranı %6,94–10,08, şişme kapasitesi 0,25–0,60 mL tane^{-1}, şişme indeksi 1,02–1,89 ve tane yoğunluğu 1,21–1,38 g mL^{-1} arasında değişmiştir. Korelasyon analizinde yüz tane ağırlığı ile su alma kapasitesi ($r=0,92^{**}$) ve şişme kapasitesi ($r=0,84^{**}$) arasında güçlü pozitif ilişkiler belirlenirken, protein oranı ile yağ oranı arasında önemli düzeyde negatif ilişki ($r=-0,64^{**}$) saptanmıştır. PCA sonuçları toplam varyasyonun %68,41'inin ilk iki temel bileşen tarafından açıklandığını göstermiştir. PC1 temel olarak yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesi ile ilişkili bulunurken, PC2 protein ve yağ oranlarının karşıt katkılarını yansıtmıştır. Kalite özellikleri bakımından KON5, ISP22, ISP21, ISP18, ISP31 ve DEN2 hatları öne çıkmıştır. Sonuç olarak, yerel popülasyonlardan geliştirilen bazı ileri hatların besinsel ve teknolojik kalite özellikleri bakımından üstün performans gösterdiği ve kuru fasulye ıslah programlarında ebeveyn materyali olarak değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

[a] *aykutsener@isparta.edu.tr* *https://orcid.org/0000-0003-1868-9451*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), dünya genelinde en yaygın yetiştirilen yemeklik tane baklagil türlerinden biri olup insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Siddiq & Uebersax, 2022). Fasulye taneleri yüksek protein içeriği, kompleks karbonhidratlar, diyet lifi, vitaminler, mineraller ve çeşitli biyoaktif bileşikler bakımından zengin olması nedeniyle birçok ülkede temel besin kaynakları arasında yer almaktadır (Madrera ve ark., 2024; Celmeli ve ark., 2018). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hayvansal protein kaynaklarının sınırlı veya pahalı olduğu bölgelerde ekonomik ve kaliteli bir bitkisel protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Madrera ve ark., 2024). Protein içeriği genotipe ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle %18–30 arasında bulunmakta ve bu özelliği sayesinde dengeli beslenmede önemli bir rol oynamaktadır (Celmeli ve ark., 2018; Murube ve ark., 2021). Bunun yanında düşük yağ içeriği ve yüksek lif oranı nedeniyle sağlıklı beslenme programlarında yaygın olarak önerilmektedir (Madrera ve ark., 2024). Ayrıca atmosferik azotu bağlayabilme yeteneği sayesinde sürdürülebilir tarım sistemlerine katkı sağlamakta, toprak verimliliğinin korunmasına yardımcı olmakta ve münavebe sistemlerinde önemli bir yer tutmaktadır (Parker & Gepts, 2021). Günümüzde artan dünya nüfusu, sağlıklı beslenmeye yönelik tüketici taleplerindeki değişim ve sürdürülebilir gıda üretimi gereksinimi, fasulye gibi besin değeri yüksek baklagil türlerinin önemini daha da artırmıştır (Siddiq & Uebersax, 2022).

Kuru fasulyede kalite; besin içeriğinin yanı sıra tüketici tercihlerini ve işleme performansını etkileyen fiziksel ve teknolojik özellikleri de kapsamaktadır. Yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi, su alma indeksi, kabuk oranı, şişme kapasitesi, şişme indeksi ve tane yoğunluğu, kuru fasulyede teknolojik kaliteyi belirleyen başlıca özellikler arasında yer almaktadır (Shimelis & Rakshit, 2005; Şener, 2021). Bu özellikler pişme süresi, pişme sonrası tane görünümü, hacim artışı, tekstür ve tüketici kabulü ile yakından ilişkilidir (Wani ve ark., 2017; Şener & Kaya, 2022). Bu nedenle besinsel içerik ile teknolojik kalite özelliklerinin birlikte incelenmesi, üstün genotiplerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Kuru fasulyede kalite özellikleri genotip, çevre koşulları ve bunların etkileşiminden önemli ölçüde etkilenmektedir (Şener, 2021; Şener & Kaya, 2022). Önceki çalışmalarda yüz tane ağırlığı, protein oranı, su alma kapasitesi, şişme kapasitesi ve tane yoğunluğu bakımından genotipler arasında geniş varyasyonlar bulunduğu bildirilmiştir (Shimelis & Rakshit, 2005; Ribeiro ve ark., 2021; Chhetri ve ark., 2025). Ayrıca sıcaklık, yağış, toprak özellikleri ve yetiştirme uygulamaları, aynı genotipin farklı çevrelerde değişen kalite performansı göstermesine neden olabilmektedir (Murube ve ark., 2021; Şener, 2021). Bununla birlikte, birçok kalite özelliğinde kalıtım derecesinin yüksek olması, mevcut genetik varyasyonun seleksiyon yoluyla değerlendirilebileceğini göstermektedir (Chhetri ve ark., 2025).

Türkiye'nin farklı ekolojik bölgelerinde yetiştirilen yerel fasulye popülasyonları, adaptasyon yetenekleri, tane özellikleri ve kalite karakterleri bakımından önemli bir genetik çeşitlilik kaynağıdır (Parker & Gepts, 2021; Şener & Kaya, 2022). Yerel popülasyonlarda yürütülen seleksiyon çalışmalarıyla verim, adaptasyon ve kalite bakımından üstün bireyler belirlenebilmekte ve bu materyaller yeni çeşit geliştirme programlarında kullanılabilmektedir. Önceki çalışmalar, yerel fasulye genotiplerinin besinsel ve teknolojik kalite özellikleri bakımından önemli varyasyonlar içerdiğini ortaya koymuştur (Şener, 2021; Şener & Kaya, 2022). Bu nedenle yerel genetik kaynaklardan geliştirilen ileri hatların kalite özellikleri bakımından karakterize edilmesi, kalite odaklı fasulye ıslahı açısından önemlidir.

Yerel popülasyonlardan geliştirilen ileri hatlar, sahip oldukları genetik çeşitlilik nedeniyle kalite odaklı ıslah çalışmalarında önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bununla birlikte, yerel popülasyonlardan seleksiyon yoluyla geliştirilen ileri hatların besinsel ve teknolojik kalite özelliklerinin birlikte değerlendirildiği çalışmalar sınırlı sayıdadır. Özellikle protein ve yağ oranları ile su alma kapasitesi, şişme kapasitesi, kabuk oranı ve tane yoğunluğu gibi teknolojik kalite özelliklerinin genotipler arasındaki değişiminin ortaya konulması, üstün özelliklere sahip hatların belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, yerel fasulye genotipleri arasından seleksiyonla geliştirilmiş 22 hat ve 2 kontrol çeşidinin bazı besinsel ve teknolojik kalite özelliklerinin belirlenmesi, kalite özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması ve üstün özelliklere sahip hatların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan yerel fasulye popülasyonları arasından 2019 ve 2020 yıllarında yürütülen seleksiyon çalışmaları sonucunda geliştirilen 22 ileri kuru fasulye hattı (Isp5, Isp13, Isp18, Isp19, Isp21, Isp22, Isp23, Isp31, Isp32, Isp34, Isp35, Bur14, Bur20, Bur21, Esk3, Kon5, Man1, Den2, Kon16, Kon17, Isp72 ve Isp98) ile 2 kontrol çeşidi (Göynük98 ve Önceler98) bitki materyali olarak kullanılmıştır (Şener, 2021; Şener & Kaya, 2022). Hatların toplama yerleri, tane tipleri ve büyüme özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Mevcut çalışma, söz konusu ileri hatlar kullanılarak 2021 ve 2022 yıllarında bağımsız tarla denemeleri şeklinde yürütülmüş olup, bu makalede değerlendirilen tüm veriler bu denemelerden elde edilmiştir.

Tohumlar, birinci yıl 18 Mayıs 2021, ikinci yıl 13 Mayıs 2022 tarihlerinde $6m^2$ (4 x 1,5m) büyüklüğündeki parsellere elle ekilmiştir. Her sıraya 50 tohum gelecek şekilde 4 sıra ekimler yapılmıştır. Ekimle birlikte tüm parsellere 30 kg ha^{-1} N, 60 kg ha^{-1} P_2O_5 temel gübreleme yapılmıştır. Deneme kurulumundan 1 gün sonra parsellere pendimethalin etken maddeli çıkış öncesi herbisit 300 mL da^{-1} dozunda uygulanmıştır. Yetiştirme sezonu boyunca yağış durumu ve bitkilerin su gereksinimi dikkate alınarak damla sulama sistemiyle 5–8 kez sulama yapılmıştır. Sulama uygulamaları yağışın yetersiz kaldığı dönemlerde gerçekleştirilmiş, ancak parsellere verilen toplam sulama suyu miktarı ayrı olarak kaydedilmemiştir. Tarla denemeleri her iki yıl da aynı deneme parselinin farklı bölgelerinde yürütülerek aynı uygulamalar yapılmıştır.

Protein oranı Kjeldahl cihazı (Şimşek Labortenik, Türkiye) kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen toplam azot miktarı 6,25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranı hesaplanmıştır (Bremner, 1965). Yağ oranı ise NMR (Nuclear Magnetic Resonance) cihazı (Bruker mq-one, Almanya) ile belirlenmiştir. Protein ve yağ analizlerinde, her genotipin her bir tarla tekerrüründen alınan üç ayrı tohum örneği analiz edilmiştir. Her tarla tekerrürüne ait üç ölçümün ortalaması, ilgili tekerrürün değeri olarak istatistiksel analizde kullanılmıştır. Teknolojik özellikler, her parselde ayrı ayrı harman edilen tanelerde, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü tarafından yayımlanan *Yemeklik Tane Baklagillerde Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatına* göre belirlenmiştir. Su alma kapasitesi, aşağıdaki denkleme göre belirlenmiştir (1). 16 saatlik ıslatma süresi sonunda hiç su almayan ve ağırlığı değişmeyen taneler, sert kabuklu kabul edilmiştir (Williams ve ark., 1986). Şişmeyen tane olmadığı durumda ise; denklem 2'ye göre hesaplanmıştır.

Su alma indeksi Denklem 3'e, şişme kapasitesi Denklem 4'e ve şişme indeksi Denklem 5'e göre belirlenmiştir.

$$\text{Su alma kapasitesi} = \frac{[Y-(X-(X/100)x\,N2)]}{(N1-N2)} \quad (1)$$

Y: Şişmeyen taneler ayrıldıktan sonra yaş ağırlık (g), X: Kuru 100 tane ağırlığı (g), N1: Başlangıçtaki tane sayısı (adet), N2: Şişmemiş sert kabuklu tane sayısı

$$\text{Su alma kapasitesi} = \frac{[\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}]}{100} \quad (2)$$

$$\text{Su alma indeksi} = \frac{\text{Şişme kapasitesi (ml tane}^{-1})}{\text{Kuru ağırlık}/100} \quad (3)$$

$$\text{Şişme kapasitesi} = \frac{(A-100)-(B-50)-(B-50/100)x\,C}{100-C} \quad (4)$$

A: Islak hacim, B: Kuru hacim, C: Şişmeyen tane sayısı

$$\text{Şişme indeksi} = \frac{Yaş\ hacim-100}{Kuru\ hacim-50} \quad (5)$$

Bin tane hacmi için; İçerisinde 100 ml saf su bulunan 250 ml'lik mezüre, 100 adet sağlam fasulye tanesi bırakılması ile oluşan toplam hacimden 100 çıkarılmış ve elde edilen değerler 10 ile çarpılarak 1000 tane hacmi hesaplanmıştır (Akçin, 1974).

Tane yoğunluk değeri, tane ağırlığının tane hacmine bölünmesiyle hesaplanmıştır (Akçin, 1974).

Tohum kabuğu oranı, Bozoğlu ve Sözen (2007) tarafından bildirilen yönteme göre belirlenmiştir. Bu amaçla, her parselden üç ayrı 100 tanelik örnek alınmış ve taneler, kabukları ayrılıncaya kadar oda sıcaklığındaki su banyosunda bekletilmiştir. Kabuklar tanelerden ayrıldıktan sonra 70°C'de etüvde kurutulmuş ve tartılmıştır. Tohum kabuğu oranı, kuru kabuk ağırlığının başlangıçtaki toplam tane ağırlığına oranlanmasıyla hesaplanmış ve yüzde olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 1. Fasulye hatlarına ait toplama yerleri, tane ve büyüme tipleri
Table 1. Collection locations, seed types and growth types of bean lines

Kod	İl	İlçe	Köy/Kasaba	Tane Tipi	Büyüme Tipi
ISP5	ISPARTA	ATABEY	-	BARBUNYA	BODUR
ISP13	ISPARTA	MERKEZ	GEYRAN	ÇALI	BODUR
ISP18	ISPARTA	MERKEZ	KÜÇÜKGÖKÇELİ	BARBUNYA	BODUR
ISP19	ISPARTA	MERKEZ	KÜÇÜKGÖKÇELİ	ŞEKER	BODUR
ISP21	ISPARTA	MERKEZ	KÜÇÜKGÖKÇELİ	BARBUNYA	BODUR
ISP22	ISPARTA	MERKEZ	BÜYÜKGÖKÇELİ	HOROZ	BODUR
ISP23	ISPARTA	MERKEZ	BÜYÜKGÖKÇELİ	ŞEKER	BODUR
ISP31	ISPARTA	YALVAÇ	ÖZGÜNEY	HOROZ	BODUR
ISP32	ISPARTA	YALVAÇ	ÖZGÜNEY	ŞEKER	BODUR
ISP34	ISPARTA	ŞARKİKARAAĞAÇ	GÖKSÖĞÜT	TOMBUL	YARI-BODUR
ISP35	ISPARTA	ŞARKİKARAAĞAÇ	BEYKÖY	DERMASON	YARI-BODUR
ISP72	ISPARTA	EĞİRDİR	AĞILKÖY	HOROZ	BODUR
ISP98	ISPARTA	YALVAÇ	BAHTİYAR	HOROZ	BODUR
BUR14	BURDUR	MERKEZ	İLYAS	HOROZ	BODUR
BUR20	BURDUR	MERKEZ	KIŞLA	ŞEKER	BODUR
BUR21	BURDUR	ÇATAĞIL	-	ŞEKER	BODUR
ESK3	ESKİŞEHİR	ALPU	KARAKAMIŞ	BARBUNYA	BODUR
KON5	KONYA	EREĞLİ	-	HOROZ	BODUR
KON16	KONYA	DOĞANHİSAR	BAŞKÖY	HOROZ	BODUR
KON17	KONYA	BEYŞEHİR	ÜÇPINAR	ÇALI	YARI-BODUR
MAN1	MANİSA	DEMİRCİ	HOŞÇALAR	DERMASON	YARI-BODUR
DEN2	DENİZLİ	GÜRSU	-	HOROZ	BODUR
GÖYNÜK98				HOROZ	BODUR
ÖNCELER98				BARBUNYA	BODUR

Çizelge 2. Deneme yerinin toprak özellikleri
Table 2. Soil characteristics of the experimental site

Tekstür	pH	Tuzluluk(%)	Kireç miktarı (%)	Organik madde miktarı (%)	Fosfor (mg kg^{-1})	Potasyum (mg kg^{-1})
Killi – tınlı	7,66	0,0024	28,7	1,54	23,5	772,2

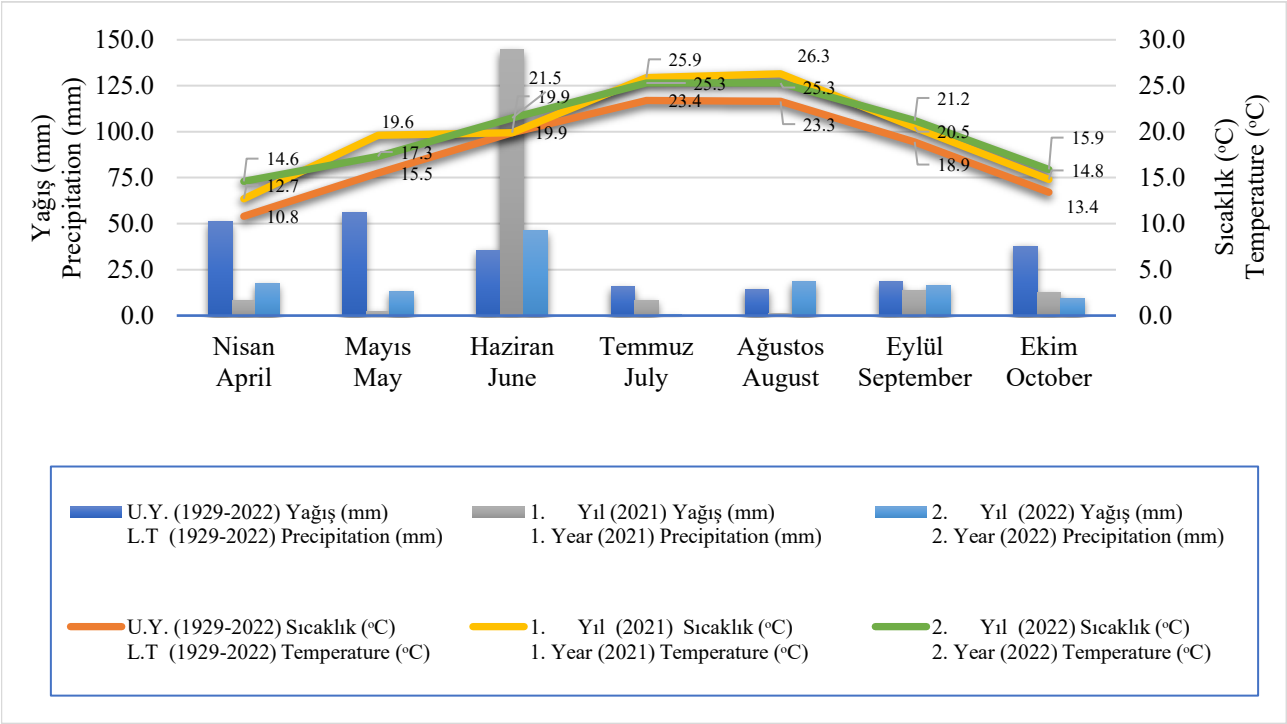
Deneme yerinin iklim ve toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü arazinin toprak özellikleri killi-tınlı, pH 7,66, kireç (%28,7) ve potasyum (772,2 mg kg^{-1}) bakımından yüksek, organik madde (%1,54) ve alınabilir fosfor (23,5 mg kg^{-1}) bakımından ise düşük düzeydedir (Çizelge 2).

Tarla denemelerinin kurulduğu lokasyona ait iklim verileri ise Şekil 1'de gösterilmiştir.

İklim verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Isparta Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilmiştir. Nisan–Ekim döneminde toplam yağış uzun yıllar ortalamasında 228,6 mm iken, 2021 yılında 190,8 mm ve 2022 yılında 121,3 mm olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, yağışın aylara dağılımı yıllar arasında belirgin farklılık göstermiştir. Özellikle Haziran 2021'de kaydedilen 144,7 mm yağış, uzun yıllar Haziran ortalamasının (35,6 mm) yaklaşık dört katına ulaşırken, aynı ayda 2022 yılında 46,1 mm yağış kaydedilmiştir. Buna karşılık 2021 yılında Nisan, Mayıs, Temmuz ve Ağustos aylarında yağış miktarları uzun yıllar ortalamalarının altında kalmıştır. Nisan–Ekim dönemindeki ortalama sıcaklık uzun yıllarda 17,7 °C iken, 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla 20,0 ve 20,2 °C olarak gerçekleşmiştir. Her iki deneme yılında da özellikle ilkbahar sonu ve yaz aylarındaki sıcaklıkların genel olarak uzun yıllar ortalamalarının üzerinde olduğu görülmüştür.

Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler TOTEMSTAT istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmış, ayrıca hatların kalite özellikleri bakımından dağılımını değerlendirmek amacıyla OriginPro yazılımı (Version 2025, OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA) kullanılarak temel bileşen analizi (PCA) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Denemenin yürütüldüğü yıllar ile uzun dönem iklim verileri

Figure 1. Climate data during the years the experiment was conducted and long-term data.

U.Y: Uzun yıllar, L.T: Long Term

Bulgular ve Tartışma

Yerel fasulye genotiplerinden seleksiyon metoduyla seçilmiş kuru fasulye hatlarının yüz tane ağırlığı, protein oranı, yağ oranı, su alma kapasitesi, su alma indeksi, kabuk oranı, şişme kapasitesi, şişme indeksi ve tane yoğunluğu özellikleri incelenmiştir.

Yüz tane ağırlığı bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olması ($P \leq 0,01$), bu özelliğin hem çevresel koşullardan hem de genotipik yapıdan etkilendiğini göstermektedir. İki yıl ortalamasına göre yüz tane ağırlığı 20,96-48,95 g arasında değişmiş ve hatlar arasında geniş bir varyasyon belirlenmiştir. En yüksek yüz tane ağırlığı KON5 (48,95 g) ve ISP21 (48,87 g) hatlarında tespit edilmiştir, bu hatları ISP18 (47,02 g), ISP32 (46,24 g), ISP19 (45,91 g), ISP5 (45,15 g) ve ISP31 (45,09 g) izlemiştir (Çizelge 3). Buna karşılık en düşük yüz tane ağırlığı ISP34 (20,96 g) hattında belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerinden Göynük98'in yüz tane ağırlığı 42,49 g, Önceler98'in ise 30,17 g olarak saptanmış olup, bazı yerel hatların kontrol çeşitlerinden daha yüksek tane ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca hatların büyük çoğunluğunda 2021 yılında belirlenen yüz tane ağırlığı değerlerinin 2022 yılına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ortalama yüz tanenin ağırlığı 2021 yılında 45,79 g iken, 2022 yılında 31,63 g olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2021 yılında ortalama yüz tane ağırlığının 2022 yılına göre daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların tane gelişimi üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Yüz tane ağırlığı kuru fasulyede tane iriliği, pazar değeri, tüketici tercihi ve teknolojik kalite açısından önemli bir fiziksel kalite kriteridir (Saha ve ark., 2009; Şener, 2021; Şener & Kaya, 2022). Bu çalışmada KON5, ISP21, ISP18, ISP32 ve ISP19 hatlarının yüksek yüz tane ağırlığı değerleri göstermesi, seleksiyonla elde edilen yerel hatların tane iriliği bakımından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim farklı fasulye genotipleriyle yürütülen çalışmalarda da yüz tane ağırlığının genotiplere bağlı olarak önemli düzeyde değiştiği ve bu özelliğin genetik varyasyonun ortaya konulmasında etkili bir karakter olduğu bildirilmiştir (Syed ve ark., 2012; Basavaraja ve ark., 2021; Şener & Kaya, 2022; Chhetri ve ark., 2025). Ayrıca yüz tane ağırlığının yüksek kalıtım derecesi ve genetik ilerleme gösterebilmesi, bu özelliğin fasulye ıslah programlarında seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Syed ve ark., 2012; Basavaraja ve ark., 2021; Chhetri ve ark., 2025). Bu nedenle özellikle KON5, ISP21 ve ISP18 hatlarının iri taneli kuru fasulye geliştirmeye yönelik ileri ıslah çalışmalarında ebeveyn materyali olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Protein oranı bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli bulunması (P≤0,01), protein birikiminin hem çevresel koşullardan hem de genotipik yapıdan etkilendiğini göstermektedir. Protein oranı ortalaması 2021 yılında %21,29 iken, 2022 yılında %19,79 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Çoğu hatta ikinci yılda protein oranının azaldığı gözlenmiştir. İki yıl ortalamasına göre protein oranı %17,82-24,33 arasında değişmiş ve hatlar arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. En yüksek protein oranı DEN2 (%24,33) hattında belirlenmiş, bunu ISP22 (%23,14), BUR20 (%22,58), Önceler98 (%22,16) ve KON5 (%21,78) hatları izlemiştir. Buna karşılık en düşük protein oranı MAN1 (%17,82) hattında saptanmıştır. Bazı yerel hatların kontrol çeşitlerine benzer veya daha yüksek protein içeriğine sahip olması, bu materyallerin beslenme kalitesi açısından önemli bir potansiyel taşıdığını göstermektedir.

Protein oranı, kuru fasulyenin insan beslenmesindeki değerini belirleyen en önemli kalite kriterlerinden biridir ve fasulye dünya genelinde bitkisel protein kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir (Celmeli ve ark., 2018; Murube ve ark., 2021). Bu çalışmada belirlenen protein oranları, daha önce farklı fasulye genotiplerinde bildirilen değerlerle genel olarak uyum göstermektedir. Nitekim Saha ve ark. (2009) protein oranının %18,7-26,2 arasında değiştiğini bildirirken, Celmeli ve ark. (2018) yerel genotiplerde %16,54-25,23 arasında değişen protein içerikleri rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Murube ve ark. (2021) protein oranının %19,3-24,8 arasında değiştiğini ve genotipler arasında önemli farklılıklar bulunduğunu belirtmiştir. Elde edilen sonuçlar, incelenen materyalin protein içeriği bakımından geniş bir genetik varyasyona sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle DEN2 ve ISP22 hatlarında belirlenen yüksek protein oranları, bu hatların yüksek protein içerikli çeşit geliştirmeye yönelik ıslah programlarında ebeveyn materyali olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Ayrıca protein oranının 2021 yılında 2022 yılına göre daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların protein birikimi üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Protein sentezi ve depolanmasının çevresel koşullardan etkilendiği bilinmekte olup, yıllar arasında gözlenen farklılıklar genotip × yıl interaksiyonunun yanı sıra yetiştirme dönemlerindeki çevresel değişimlerle ilişkili olabilir.

Yağ oranı bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (P≤0,01). İki yıl ortalamasına göre yağ oranı %0,40-0,97 arasında değişmiştir (Çizelge 3). En yüksek yağ oranı ISP34 (%0,97) ve MAN1 (%0,97) hatlarında belirlenirken, bu hatları ISP32 (%0,85), ISP35 (%0,85) ve KON17 (%0,82) hatları takip etmiştir. En düşük yağ oranı ise ISP31 (%0,40) hattında saptanmıştır. Kontrol çeşitlerinden Göynük98 ve Önceler98'in yağ oranları sırasıyla %0,65 ve %0,51 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, incelenen hatlar arasında yağ içeriği bakımından önemli farklılıklar bulunduğunu göstermiştir. Ortalama yağ oranı 2021 yılında %0,63 iken, 2022 yılında %0,76 olarak belirlenmiş ve hatların büyük çoğunluğunda ikinci yılda daha yüksek yağ oranları elde edilmiştir.

Yağ oranı kuru fasulyede protein kadar belirleyici bir kalite kriteri olmamakla birlikte, besinsel kaliteyi etkileyen önemli bileşenlerden biridir. Kuru fasulye genel olarak düşük yağ içeriğine sahip bir baklagil türü olarak bilinmekte ve bu özelliği nedeniyle sağlıklı beslenmede önemli bir yere sahiptir (Celmeli ve ark., 2018; Murube ve ark., 2021). Bu çalışmada yağ oranının %0,40-0,97 arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında yağ içeriği bakımından önemli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar daha önce bildirilen değerlerle genel olarak uyumludur. Nitekim Celmeli ve ark. (2018), yerel ve ticari fasulye genotiplerinde yağ oranının %0,33-1,33 arasında değiştiğini bildirirken, Saha ve ark. (2009) farklı genotiplerde besinsel kalite özellikleri bakımından önemli varyasyonlar bulunduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Murube ve ark. (2021), besinsel kalite özelliklerinin genotipe bağlı olarak önemli düzeyde değiştiğini ve bu farklılıkların genetik çeşitliliğin bir göstergesi olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada ISP34 ve MAN1 hatlarında belirlenen yüksek yağ oranları, söz konusu hatların besinsel kalite açısından dikkat çekici özellikler taşıdığını göstermektedir. Ayrıca yağ oranının 2022 yılında 2021 yılına göre daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların tohum bileşimi üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir. Elde edilen sonuçlar, yerel genotiplerden geliştirilen hatların yalnızca protein içeriği bakımından değil, yağ içeriği bakımından da önemli bir genetik kaynak oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Su alma kapasitesi kuru fasulyenin pişme kalitesi ve teknolojik özellikleri belirleyen önemli kalite kriterlerinden biridir. Tanelerin suyu absorbe etme yeteneği, pişme süresi ve tüketici kabulü üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu çalışmada su alma kapasitesinin 0,23-0,59 g tane^{-1} arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında önemli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar daha önce bildirilen değerlerle uyumludur.

Benzer şekilde Muroki ve ark. (2023) ile Özaktan ve ark. (2025), farklı fasulye genotiplerinde su alma kapasitesinin genotipe bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiğini ve bu özelliğin teknolojik kalite ile yakından ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Nitekim Saha ve ark. (2009), farklı fasulye genotiplerinde su alma kapasitesinin 0,31-0,59 g tane^{-1} arasında değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca Şener (2021) ile Şener ve Kaya (2022) tarafından yürütülen çalışmalarda da yerel fasulye genotipleri arasında su alma kapasitesi bakımından önemli farklılıklar bulunduğu rapor edilmiştir. Su alma kapasitesinin yüksek olması, genellikle daha iri taneli genotiplerle ilişkilendirilmekte olup, bu çalışmada en yüksek su alma kapasitesinin belirlenmiş olduğu KON5 ve ISP31 hatlarının aynı zamanda yüksek yüz tane ağırlığına sahip hatlar arasında yer alması bu durumu desteklemektedir. Nitekim korelasyon analizinde yüz tane ağırlığı ile su alma kapasitesi arasında çok güçlü ve pozitif bir ilişki (r=0,92**) belirlenmiştir. Ayrıca su alma kapasitesinin 2021 yılında daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların tohum yapısı üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Su alma indeksi bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0,01). İki yıl ortalamasına göre su alma indeksi 0,94-1,32 arasında değişmiştir (Çizelge 4). En yüksek su alma indeksi ISP35 (1,32) hattında belirlenirken, bunu DEN2 (1,25), Önceler98 (1,24), ESK3 (1,23), KON5 (1,23), ISP31 (1,22) ve ISP98 (1,22) hatları izlemiştir. En düşük su alma indeksi BUR14 (0,94) hattında belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerinden Göynük98 ve Önceler98'in su alma indeksi değerleri sırasıyla 1,06 ve 1,24 olarak tespit edilmiştir. Ortalama su alma indeksi 2021 yılında 1,15 iken, 2022 yılında 1,12 olarak belirlenmiş; yıllar arasında nispeten sınırlı bir değişim gözlenmiştir. Su alma indeksi, tohumların kendi ağırlıklarına oranla ne kadar su absorbe edebildiğini gösteren ve pişme kalitesi ile ilişkili önemli teknolojik özelliklerden biridir. Bu çalışmada su alma indeksinin 0,94-1,32 arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında bu özellik bakımından önemli farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 3. Kuru fasulye hatlarının yüz tane ağırlığı, protein oranı ve yağ oranı özelliklerine ait ortalama değerler
Table 3. Average values of hundred-seed weight, protein content, and oil content of dry bean lines

Hat	Yüz tane ağırlığı (g)			Protein oranı (%)			Yağ oranı (%)		
	2021	2022	Ort./Avg.	2021	2022	Ort./Avg.	2021	2022	Ort./Avg.
ISP5	54.25 ab	36.05 ef	45.15 B-D	18.94 l	20.02 e-g	19.48 I-K	0.67 c-f	0.80 e-g	0.74 C-F
ISP13	30.57 l	26.06 hı	28.32 K	19.97 g-k	17.98 j	18.97 J-L	0.65 d-g	0.84 e	0.74 C-F
ISP18	55.57 a	38.47 cd	47.02 AB	20.16 g-j	18.98 hı	19.57 I-K	0.74 a-d	0.82 ef	0.78 B-E
ISP19	51.77 cd	40.06 bc	45.91 BC	21.76 de	19.34 gh	20.57 F-H	0.66 d-f	0.77 e-h	0.71 D-H
ISP21	56.12 a	41.62 ab	48.87 A	19.65 ı-l	18.27 ıj	18.96 J-L	0.67 c-f	0.75 f-ı	0.71 D-H
ISP22	52.79 bc	30.41 g	41.60 EF	24.38 a	21.89 bc	23.14 B	0.46 jk	0.48 lm	0.47 JK
ISP23	51.12 cd	29.68 g	40.40 FG	19.07 kl	21.46 b-d	20.26 G-I	0.72 b-e	0.73 f-j	0.73 C-G
ISP31	55.14 a	35.05 f	45.09 B-D	22.02 d	19.82 f-h	20.92 E-G	0.39 k	0.41 m	0.40 K
ISP32	54.45 ab	38.03 c-e	46.24 B	20.67 f-h	21.55 bc	21.12 E-G	0.63 fg	1.07 bc	0.85 B
ISP34	24.99 m	16.93 j	20.96 M	20.29 g-ı	16.54 k	18.42 LM	0.81 a	1.12 ab	0.97 A
ISP35	35.67 k	24.72 ı	30.20 JK	24.46 ab	18.12 ıj	21.49 D-G	0.74 a-d	0.96 d	0.85 B
BUR14	50.64 c-e	34.09 f	42.37 EF	22.14 d	20.27 e-g	21.20 D-G	0.62 fg	0.79 e-h	0.70 E-H
BUR20	47.43 fg	29.22 g	38.32 GH	23.10 c	22.06 b	22.58 BC	0.60 f-h	0.67 ı-k	0.63 HI
BUR21	49.81 de	35.35 f	42.58 D-F	21.38 d-f	20.59 d-f	20.98 E-G	0.76 a-c	0.83 ef	0.79 B-D
ESK3	39.07 j	25.60 ı	32.34 J	19.20 j-l	18.94 h-j	19.07 J-L	0.56 g-ı	0.71 g-j	0.64 G-I
KON5	54.35 ab	43.55 a	48.95 A	21.70 de	21.87 bc	21.78 C-E	0.62 fg	0.70 h-j	0.66 F-H
MAN1	43.25 ı	28.25 gh	35.75 I	20.16 g-ı	15.48 l	17.82 M	0.78 av	1.17 a	0.97 A
DEN2	31.81 l	19.18 j	25.49 L	25.02 a	23.63 a	24.33 A	0.47 ı-k	0.55 l	0.51 J
KON16	44.69 hı	30.39 g	37.54 HI	19.90 h-l	19.75 f-h	19.83 H-J	0.61 fg	0.64 jk	0.63 HI
KON17	34.61 k	28.28 gh	31.44 J	20.86 e-g	16.71 k	18.78 KL	0.64 e-g	1.01 cd	0.82 BC
ISP72	50.82 cd	36.45 d-f	43.63 C-E	21.89 d	20.32 e-g	21.11 E-G	0.62 fg	0.65 ı-k	0.64 G-I
ISP98	45.92 gh	30.46 g	38.19 GH	20.61 f-ı	22.06 b	21.33 D-F	0.55 g-j	0.57 kl	0.56 IJ
GÖYNÜK98	48.42 ef	36.56 d-f	42.49 EF	20.35 g-ı	18.34 ıj	19.34 I-L	0.56 g-j	0.74 e-ı	0.65 F-H
ÖNCELER98	35.71 k	24.63 ı	30.17 JK	22.30 bc	21.02 c-e	22.16 B-D	0.50 h-j	0.52 l	0.51 J
Ort./Avg.	45.79 A	31.63 B	-	21.29 A	19.79 B	-	0.63 B	0.76 A	-
F value	Yıl/Year: 4166.203 ** Hat/Line: 209.723 ** Y × H: 16.839 **			Yıl/Year: 309.945 ** Yıl/Year: 58.791 ** Y × H: 22.863 **			Yıl/Year: 280.506 ** Yıl/Year: 51.535 ** Y × H: 10.166 **		
C.V.	%3.4			%2.47			%7.1		
H.K.O.	1.733			0.258			0.002		

a-Z: Aynı sütundaki benzer harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. ns: Önemsiz. * : P≤0.05. **: P≤0.01. C.V.: Varyasyon katsayısı. H.K.O.: Hata kareler ortalaması.
a-Z: Means indicated by similar letters in the same column are not statistically significant. ns: not-significant.
*: P≤0.05. **: P≤0.01. C.V.: Coefficient of Variation. H.K.O.: Mean Square Error

Çizelge 4. Kuru fasulye hatlarının Su alma kapasitesi, su alma indeksi ve kabuk oranı özelliklerine ait ortalama değerler
Table 4. Average values of water uptake capacity, water uptake index and coat ratio of dry bean lines

Hat	Su alma kapasitesi (g tane^{-1})			Su alma indeksi			Kabuk oranı (%)		
	2021	2022	Ort./Avg.	2021	2022	Ort./Avg.	2021	2022	Ort./Avg.
ISP5	0.58 ef	0.42 c	0.50 DE	1.07 fg	1.19 a-f	1.13 C-H	7.74 c-g	9.22 d-ı	8.48 C-E
ISP13	0.37 m	0.29 kl	0.33 QR	1.21 b-d	1.12 d-h	1.17 B-F	8.12 a-e	9.17 e-ı	8.64 BC
ISP18	0.58 e	0.40 de	0.49 E-G	1.04 g	1.036 ı-l	1.04 IJ	7.67 d-g	8.60 h-k	8.14 C-G
ISP19	0.61 d	0.45 b	0.53 C	1.17 b-e	1.13 c-h	1.15 B-G	6.85 ıj	8.09 j-l	7.47 F-I
ISP21	0.62 b-d	0.41 cd	0.52 CD	1.10 e-g	0.99 j-l	1.05 HI	7.58 d-h	6.46 m	7.02 HI
ISP22	0.63 bc	0.36 fg	0.50 EF	1.21 b-d	1.19 a-f	1.20 B-D	7.65 d-g	9.74 b-f	8.70 BC
ISP23	0.55 g	0.33 h-j	0.44 JK	1.07 fg	1.11 e-ı	1.09 E-I	6.41 j	9.82 b-e	8.11 C-G
ISP31	0.68 a	0.42 c	0.55 B	1.24 bc	1.21 a-d	1.22 BC	7.58 d-ı	9.11 e-ı	8.35 C-E
ISP32	0.61 cd	0.36 fg	0.49 E-G	1.12 d-g	0.95 l	1.04 HI	6.46 j	7.42 l	6.94 I
ISP34	0.27 n	0.20 n	0.23 S	1.06 g	1.15 b-g	1.11 D-I	7.73 c-g	9.29 d-h	8.51 C-E
ISP35	0.54 g	0.27 l	0.41 LM	1.53 a	1.11 f-ı	1.32 A	7.93 b-e	9.34 d-h	8.63 BC
BUR14	0.44 k	0.35 g-ı	0.39 M-O	0.86 h	1.01 j-l	0.94 J	7.36 e-ı	9.27 d-h	8.31 C-F
BUR20	0.50 hı	0.35 g	0.42 KL	1.15 c-f	1.21 a-e	1.18 B-E	7.07 f-j	8.63 h-k	7.85 C-H
BUR21	0.55 fg	0.35 gh	0.45 IJ	1.12 d-h	1.02 ı-l	1.07 F-I	6.78 h-j	8.69 g-j	7.74 D-I
ESK3	0.46 j	0.33 ıj	0.40 MN	1.19 b-e	1.27 a	1.23 AB	8.73 ab	11.43 a	10.08 A
KON5	0.64 b	0.53 a	0.59 A	1.23 bc	1.23 a-c	1.23 A-C	8.57 a-c	10.24 bc	9.41 AB
MAN1	0.49 ı	0.28 l	0.38 NO	1.13 d-g	1.00 kl	1.06 G-I	7.01 g-j	7.88 kl	7.45 G-I
DEN2	0.40 l	0.25 m	0.32 R	1.25 b	1.24 ab	1.25 AB	8.77 ab	10.43 b	9.60 A
KON16	0.49 hı	0.32 j	0.41 LM	1.11 d-g	1.06 g-k	1.09 E-I	7.48 e-ı	8.59 h-k	8.03 C-G
KON17	0.41 l	0.30 kl	0.35 PQ	1.17 b-e	1.05 h-l	1.11 D-I	8.32 a-d	8.18 j-l	8.25 C-F
ISP72	0.55 g	0.40 de	0.47 F-H	1.13 d-g	1.09 f-j	1.11 D-I	7.88 c-f	9.51 c-g	8.70 BC
ISP98	0.55 g	0.38 ef	0.47 G-I	1.19 b-e	1.25 ab	1.22 A-C	6.93 g-j	8.36 ı-k	7.65 E-I
GÖYNÜK98	0.51 h	0.40 cd	0.46 H-J	1.05 g	1.08 g-k	1.06 G-I	8.15 a-e	8.89 f-j	8.52 CD
ÖNCELER98	0.43 k	0.33 jk	0.37 OP	1.19 b-e	1.29 a	1.24 AB	8.82 a	10.07 b-d	9.45 AB
Ort./Avg.	0.52 A	0.35 B	-	1.15 A	1.12 B	-	7.65 B	9.02 A	-
F value	Yıl/Year: 7301.213 ** Hat/Line: 296.681 ** Y × H: 40.742 **			Yıl/Year: 8.531 ** Hat/Line: 18.183 ** Y × H: 8.224 **			Yıl/Year: 333.776 ** Hat/Line: 18.097 ** Y × H: 5.540 **		
C.V.	%2.67			%4.53			%5.39		
H.K.O.	0.000			0.003			0.202		

a-Z: Aynı sütundaki benzer harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. ns: Önemsiz. * : P≤0.05. **: P≤0.01. C.V.: Varyasyon katsayısı. H.K.O.: Hata kareler ortalaması.
a-Z: Means indicated by similar letters in the same column are not statistically significant. ns: not-significant. *: P≤0.05. **: P≤0.01. C.V.: Coefficient of Variation. H.K.O.: Mean Square Error

Benzer şekilde Şener (2021) ile Şener ve Kaya (2022) tarafından yürütülen çalışmalarda da yerel fasulye genotipleri arasında su alma indeksi bakımından önemli varyasyonlar bildirilmiştir. Su alma indeksinin yüksek olması, tanelerin hidrasyon yeteneğinin yüksek olduğunu ve pişirme öncesinde daha fazla su absorbe edebildiğini göstermektedir. Soğuk suda bekletme (soaking) sürecinde gerçekleşen hidrasyonun tane yapısı ve su difüzyon özelliklerinden etkilendiği, bu nedenle genotipler arasında önemli farklılıklar oluşabildiği bildirilmektedir (AlBallat ve ark., 2020; Bonassi ve Lavelli, 2024). Bu çalışmada özellikle ISP35, DEN2, ESK3 ve KON5 hatlarının yüksek su alma indeksi değerleri göstermesi, söz konusu hatların teknolojik kalite bakımından üstün özelliklere sahip olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca yıllar arasında su alma indeksindeki değişimin sınırlı olması, bu özelliğin çevresel faktörlerden nispeten daha az etkilendiğini ve genotipik yapının belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Kabuk oranı bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0,01). İki yıl ortalamasına göre kabuk oranı %6,94-10,08 arasında değişmiştir.

En yüksek kabuk oranı ESK3 (%10,08) hattında belirlenirken, bunu DEN2 (%9,60), Önceler98 (%9,45) ve KON5 (%9,41) hatları izlemiştir. En düşük kabuk oranı ise ISP32 (%6,94) hattında saptanmıştır. Kontrol çeşitlerinden Göynük98 ve Önceler98'in kabuk oranları sırasıyla %8,52 ve %9,45 olarak belirlenmiştir. Ortalama kabuk oranı 2021 yılında %7,65 iken, 2022 yılında %9,02 olarak belirlenmiş ve hatların büyük çoğunluğunda ikinci yılda daha yüksek kabuk oranları elde edilmiştir.

Kabuk oranı kuru fasulyede teknolojik kaliteyi etkileyen önemli fiziksel özelliklerden biridir. Tane kabuğu su alımı, pişme davranışı ve tekstürel özellikler üzerinde etkili olmakta, bu nedenle tüketici tercihleri açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada kabuk oranının %6,94-10,08 arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında bu özellik bakımından önemli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Şener (2021) ile Şener ve Kaya (2022) tarafından yürütülen çalışmalarda da yerel fasulye genotipleri arasında kabuk oranı bakımından önemli farklılıklar rapor edilmiştir. Ayrıca Saha ve ark. (2009), teknolojik kalite özelliklerinin genotiplere bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini bildirmiştir. Bu çalışmada ESK3, DEN2 ve KON5 genotiplerinde yüksek kabuk oranları belirlenirken, ISP32 hattı en düşük kabuk oranına sahip olmuştur. Kabuk oranındaki farklılıkların genotipik yapıdan kaynaklandığı ve teknolojik kalite özelliklerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca kabuk

oranının 2022 yılında daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların kabuk gelişimi üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Şişme kapasitesi bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0,01). İki yıl ortalamasına göre şişme kapasitesi 0,25-0,60 mL tane^{-1} arasında değişmiştir. En yüksek şişme kapasitesi KON5 (0,60 mL tane^{-1}) hattında belirlenirken, bunu ISP31 (0,53 mL tane^{-1}), ISP18 (0,52 mL tane^{-1}), ISP19 (0,50 mL tane^{-1}) ve ISP72 (0,50 mL tane^{-1}) hatları izlemiştir. En düşük şişme kapasitesi ise ISP34 (0,25 mL tane^{-1}) hattında belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerinden Göynük98 ve Önceler98'in şişme kapasitesi değerleri sırasıyla 0,48 ve 0,39 mL tane^{-1} olarak tespit edilmiştir. Ortalama şişme kapasitesi 2021 yılında 0,52 mL tane^{-1} iken, 2022 yılında 0,35 mL tane^{-1} olarak belirlenmiş ve hatların büyük çoğunluğunda ikinci yılda daha düşük değerler elde edilmiştir (Çizelge 5).

Şişme kapasitesi kuru fasulyede hidrasyon davranışını ve pişirme performansını etkileyen önemli teknolojik kalite özelliklerinden biridir.

Tanelerin su alımı sonrasında hacimsel olarak genişleme yeteneğini ifade eden bu özellik, pişme kalitesi ve tüketici tercihleri açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada şişme kapasitesinin 0,25-0,60 mL tane^{-1} arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında önemli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Saha ve ark. (2009), farklı fasulye genotiplerinde şişme kapasitesinde önemli farklılıklar olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Özaktan ve ark. (2025) ve Muroki ve ark. (2023), teknolojik kalite özelliklerinin genotiplere bağlı olarak değiştiğini ve hidrasyon özelliklerinin kalite değerlendirmelerinde önemli kriterler arasında yer aldığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada özellikle KON5, ISP31 ve ISP18 hatlarının yüksek şişme kapasitesi göstermesi, söz konusu hatların su absorpsiyonu sonrasında daha yüksek hacim artışı sağlayabildiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık ISP34 hattının düşük şişme kapasitesi göstermesi, bu hattın hidrasyon performansının diğer hatlara göre daha sınırlı olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca ortalama şişme kapasitesinin 2021 yılında daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların tane yapısı ve hidrasyon özellikleri üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 5. Kuru fasulye hatlarının şişme kapasitesi, şişme indeksi ve tane yoğunluğu özelliklerine ait ortalama değerler
Table 5. Average values of swelling capacity, swelling index, and seed density of dry bean lines

Hat	Şişme kapasitesi (mL tane^{-1})			Şişme indeksi			Tane yoğunluğu (g mL^{-1})		
	2021	2022	Ort./Avg.	2021	2022	Ort./Avg.	2021	2022	Ort./Avg.
ISP5	0.58 b-d	0.27 ıj	0.43 F	1.35 jk	0.89 l	1.12 K	1.26 d-g	1.16 hı	1.21 F
ISP13	0.36 h	0.44 b	0.40 FG	1.59 d-g	2.18 a	1.89 A	1.33 a-f	1.30 a-f	1.32 A-F
ISP18	0.59 bc	0.44 b	0.52 BC	1.37 jk	1.41 gh	1.39 G-J	1.28 d-g	1.24 c-ı	1.26 B-F
ISP19	0.60 b	0.39 cd	0.50 CD	1.59 d-g	1.25 jk	1.42 G-I	1.36 a-d	1.29 b-f	1.33 A-E
ISP21	0.60 b	0.25 j	0.42 F	1.33 k	0.72 m	1.02 L	1.25 fg	1.21 e-ı	1.23 EF
ISP22	0.64 a	0.31 gh	0.47 DE	1.56 d-g	1.20 k	1.38 H-J	1.29 c-g	1.19 g-ı	1.24 D-F
ISP23	0.55 de	0.38 cd	0.47 DE	1.47 hı	1.69 bc	1.58 CD	1.37 a-d	1.33 a-d	1.35 A-C
ISP31	0.63 a	0.42 b	0.53 B	1.39 jk	1.51 e-g	1.45 G-I	1.21 g	1.25 c-h	1.23 EF
ISP32	0.59 bc	0.36 de	0.48 DE	1.44 h-j	1.22 k	1.33 J	1.33 a-f	1.27 b-g	1.30 A-F
ISP34	0.29 ı	0.21 k	0.25 J	1.64 cd	1.62 cd	1.63 B-D	1.39 a-c	1.30 b-f	1.34 A-C
ISP35	0.44 g	0.31 gh	0.38 GH	1.60 de	1.78 b	1.69 B	1.29 c-g	1.41 a	1.35 A-C
BUR14	0.57 b-e	0.37 de	0.47 DE	1.59 d-g	1.38 hı	1.48 E-G	1.41 a	1.27 b-g	1.34 A-D
BUR20	0.49 f	0.31 g	0.40 FG	1.51 f-h	1.34 h-j	1.43 G-I	1.36 a-e	1.23 d-ı	1.29 A-F
BUR21	0.57 b-d	0.35 ef	0.46 E	1.61 de	1.33 h-j	1.47 F-H	1.40 ab	1.32 a-d	1.36 AB
ESK3	0.50 f	0.35 ef	0.43 F	1.70 c	1.60 c-e	1.65 BC	1.31 b-g	1.18 g-ı	1.24 D-F
KON5	0.64 a	0.56 a	0.60 A	1.60 d-f	1.62 cd	1.61 B-D	1.35 a-f	1.27 b-g	1.31 A-F
MAN1	0.49 f	0.28 hı	0.39 G	1.50 gh	1.30 ı-k	1.40 G-J	1.32 a-f	1.31 a-e	1.31 A-F
DEN2	0.44 g	0.27 ıj	0.35 HI	1.90 a	1.78 b	1.84 A	1.39 a-c	1.25 c-h	1.32 A-F
KON16	0.48 f	0.33 fg	0.41 FG	1.38 ı-k	1.33 h-j	1.36 IJ	1.29 d-g	1.21 f-ı	1.25 C-F
KON17	0.37 h	0.31 gh	0.34 I	1.34 jk	1.49 fg	1.41 G-J	1.26 e-g	1.37 ab	1.31 A-F
ISP72	0.56 c-e	0.43 b	0.50 B-D	1.53 e-h	1.58 de	1.56 C-F	1.37 a-d	1.33 a-d	1.35 AB
ISP98	0.58 bc	0.39 cd	0.49 C-E	1.81 b	1.59 de	1.70 B	1.42 a	1.25 c-h	1.34 A-E
GÖYNÜK98	0.54 e	0.41 bc	0.48 DE	1.59 dg	1.51 ef	1.55 D-F	1.42 a	1.34 a-c	1.38 A
ÖNCELER98	0.45 g	0.33 fg	0.39 G	1.63 cd	1.51 e-g	1.57 C-E	1.29 b-g	1.14 ı	1.22 F
Ort./Avg.	0.52 A	0.35 B	-	1.54 A	1.45 B	-	1.33 A	1.27 B	-
F value	Yıl/Year: 3901.083 ** Hat/Line: 116.731 ** Y × H: 45.019 **			Yıl/Year: 8.531 ** Hat/Line: 18.183 ** Y × H: 8.224 **			Yıl/Year: 48.345 ** Hat/Line: 5.170 ** Y × H: 2.632 **		
C.V.	%3.75			%4.53			%4.27		
H.K.O.	0.000			0.003			0.003		

a-Z: Aynı sütundaki benzer harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. ns: Önemsiz. * : P≤0.05. **: P≤0.01. C.V.: Varyasyon katsayısı. H.K.O.: Hata kareler ortalaması.

a-Z: Means indicated by similar letters in the same column are not statistically significant. ns: not-significant. *: P≤0.05. **: P≤0.01. C.V.: Coefficient of Variation. H.K.O.: Mean Square Error

Şişme indeksi bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0,01). İki yıl ortalamasına göre şişme indeksi 1,02-1,89 arasında değişmiştir. En yüksek şişme indeksi ISP13 (1,89) hattında belirlenirken, bunu DEN2 (1,84), ISP98 (1,70), ISP35 (1,69), ESK3 (1,65), ISP34 (1,63) ve KON5 (1,61) hatları izlemiştir. En düşük şişme indeksi ise ISP21 (1,02) hattında belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerinden Göynük98 ve Önceler98'in şişme indeksi değerleri sırasıyla 1,55 ve 1,57 olarak tespit edilmiştir. Ortalama şişme indeksi 2021 yılında 1,54 iken, 2022 yılında 1,45 olarak belirlenmiş ve hatların büyük çoğunluğunda ikinci yılda daha düşük değerler elde edilmiştir.

Şişme indeksi, tanelerin su alımı sonrasında başlangıç hacimlerine göre ne ölçüde genişlediğini gösteren önemli bir teknolojik kalite kriteridir. Bu özellik, pişirme sırasında meydana gelen hacim artışını yansıtmakta ve tüketici kabulü ile yakından ilişkilendirilmektedir. Bu çalışmada şişme indeksinin 1,02-1,89 arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında önemli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Saha ve ark. (2009), farklı fasulye genotiplerinde şişme indeksinin önemli farklılıklar gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca Özaktan ve ark. (2025) tarafından yürütülen çalışmada da hidrasyon ve teknolojik kalite özelliklerinin genotiplere bağlı olarak önemli düzeyde değiştiği rapor edilmiştir.

Bu çalışmada ISP13, DEN2, ISP98 ve ISP35 hatlarında yüksek şişme indeksi değerleri belirlenmiş olup, söz konusu hatların su alımı sonrasında daha yüksek hacim artışı gösterebildiği anlaşılmaktadır. Bonassi ve Lavelli (2024), hidrasyon sürecinde meydana gelen hacim artışının tane yapısı ve su difüzyon özelliklerinden etkilendiğini bildirmiştir. Bu nedenle şişme indeksinde gözlenen farklılıkların büyük ölçüde genotipik yapıdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca ortalama şişme indeksinin 2021 yılında daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların hidrasyon özelliklerini etkileyebileceğini göstermektedir.

Tane yoğunluğu bakımından yıl, hat ve yıl × hat interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0,01). İki yıl ortalamasına göre tane yoğunluğu 1,21-1,38 g mL^{-1} arasında değişmiştir. En yüksek tane yoğunluğu Göynük98 (1,38 g mL^{-1}) çeşidinde belirlenirken, bunu BUR21 (1,36 g mL^{-1}), ISP23 (1,35 g mL^{-1}), ISP35 (1,35 g mL^{-1}), ISP72 (1,35 g mL^{-1}), ISP34 (1,34 g mL^{-1}), BUR14 (1,34 g mL^{-1}) ve ISP98 (1,34 g mL^{-1}) hatları izlemiştir. En düşük tane yoğunluğu ise ISP5 (1,21 g mL^{-1}) hattında belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerinden Göynük98 ve Önceler98'in tane yoğunluğu değerleri sırasıyla 1,38 ve 1,22 g mL^{-1} olarak belirlenmiştir. Ortalama tane yoğunluğu 2021 yılında 1,33 g mL^{-1} iken, 2022 yılında 1,27 g mL^{-1} olarak belirlenmiş ve hatların büyük çoğunluğunda ikinci yılda daha düşük değerler elde edilmiştir.

Tane yoğunluğu, kuru fasulye tanesinin yapısını ve fiziksel kaliteyi yansıtan önemli özelliklerden biridir. Bu özellik, tane bileşimi, tane dolgunluğu ve iç yapı ile ilişkili olup depolama, işleme ve teknolojik kalite açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada tane yoğunluğunun 1,21-1,38 g mL^{-1} arasında değişmesi, incelenen hatlar arasında önemli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Saha ve ark. (2009), farklı fasulye genotiplerinde tane yoğunluğunda önemli farklılıklar olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Şener (2021) ile Şener ve Kaya (2022) tarafından yürütülen çalışmalarda da yerel fasulye genotipleri arasında tane yoğunluğu bakımından önemli varyasyonlar rapor edilmiştir.

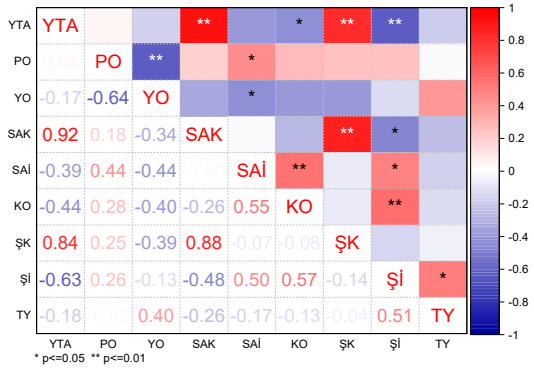
Bu çalışmada Göynük98, BUR21, ISP23 ve ISP72 hatlarında yüksek tane yoğunluğu değerleri belirlenirken, ISP5 hattı en düşük tane yoğunluğuna sahip olmuştur. Tane yoğunluğundaki farklılıkların genotipik yapıdan kaynaklandığı ve bu özelliğin kuru fasulyede fiziksel kalite kriterlerinden biri olarak değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca ortalama tane yoğunluğunun 2021 yılında daha yüksek belirlenmesi, yetiştirme dönemlerinde meydana gelen çevresel farklılıkların tane gelişimi ve dolgunluğu üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Fasulye hatlarına ait kalite özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar Şekil 2'de sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre incelenen özellikler arasında önemli düzeyde pozitif ve negatif ilişkiler belirlenmiştir. En güçlü pozitif ilişki yüz tane ağırlığı ile su alma kapasitesi arasında (r=0,92, P≤0,01) tespit edilmiştir. Ayrıca yüz tane ağırlığı ile şişme kapasitesi (r=0,84, P≤0,01) ve su alma kapasitesi ile şişme kapasitesi (r=0,88, P≤0,01) arasında da güçlü pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Buna karşılık yüz tane ağırlığı ile şişme indeksi arasında önemli ve negatif bir ilişki (r=-0,63, P≤0,01) bulunmuştur. Protein oranı ile yağ oranı arasında önemli düzeyde negatif bir ilişki (r=-0,64, P≤0,01) belirlenmiştir. Kabuk oranı ile şişme indeksi arasında pozitif (r=0,57, P≤0,01), kabuk oranı ile yüz tane ağırlığı arasında ise negatif ilişki (r=-0,44, P≤0,01) tespit edilmiştir. Tane yoğunluğunun çoğu özellik ile düşük düzeyde ilişki göstermesi, bu özelliğin diğer kalite karakterlerinden nispeten bağımsız olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur.

Yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesi arasında belirlenen güçlü pozitif ilişkiler, iri taneli hatların daha fazla su absorbe ederek daha yüksek hacim artışı gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Nitekim bu çalışmada yüksek yüz tane ağırlığına sahip KON5, ISP21, ISP18 ve ISP31 hatlarının aynı zamanda yüksek su alma ve şişme kapasitesi değerleri göstermesi bu sonucu desteklemektedir. Benzer şekilde Saha ve ark. (2009), Şener (2021) ve Şener ve Kaya (2022) tarafından yürütülen çalışmalarda da yüz tane ağırlığı ile hidrasyon özellikleri arasında önemli ilişkiler bulunduğu bildirilmiştir.

Ayrıca Muroki ve ark. (2023), Bonassi ve Lavelli (2024) ile Özaktan ve ark. (2025), su alma ve şişme özelliklerinin kuru fasulyede teknolojik kaliteyi belirleyen temel kriterler arasında yer aldığını rapor etmişlerdir. Protein oranı ile yağ oranı arasında belirlenen negatif ilişki, tohum bileşenleri arasındaki dengeyi göstermesi bakımından dikkat çekicidir. Benzer şekilde farklı fasulye genotiplerinde protein ve yağ içerikleri arasında ters yönlü ilişkiler bulunduğu bildirilmektedir (Celmeli ve ark., 2018; Murube ve ark., 2021). Kabuk oranı ile şişme indeksi arasında belirlenen pozitif ilişki, kabuk yapısının hidrasyon davranışı üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

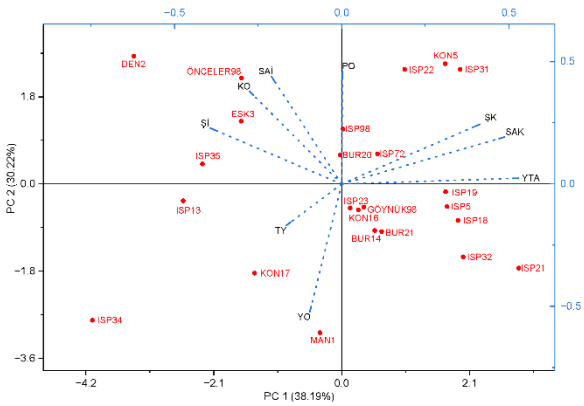


Şekil 2. Fasulye hatlarının tane kalite özelliklerine ait korelasyon analizi

Figure 2. Correlation analysis of grain quality characteristics of bean lines

YTA: Yüz tane ağırlığı, PO: Protein oranı, YO: Yağ oranı, SAK: Su alma kapasitesi, SAİ: Su alma indeksi, KO: Kabuk oranı, ŞK: Şişme kapasitesi, Şİ: Şişme indeksi, TY: Tane yoğunluğu.

YTA: Hundred-seed weight, PO: Protein content, YO: Oil content, SAK: Water uptake capacity, SAİ: Water uptake index, KO: Coat ratio, ŞK: Swelling capacity, Şİ: Swelling index, TY: Seed density.



Şekil 3. Fasulye hatları ve bu hatların tane kalite özelliklerine ait temel bileşen analizi (PCA) sonuçları

Figure 3. Principal component analysis (PCA) results of bean lines and grain quality characteristics of these lines

YTA: Yüz tane ağırlığı, PO: Protein oranı, YO: Yağ oranı, SAK: Su alma kapasitesi, SAİ: Su alma indeksi, KO: Kabuk oranı, ŞK: Şişme kapasitesi, Şİ: Şişme indeksi, TY: Tane yoğunluğu.

YTA: Hundred-seed weight, PO: Protein content, YO: Oil content, SAK: Water uptake capacity, SAİ: Water uptake index, KO: Coat ratio, ŞK: Swelling capacity, Şİ: Swelling index, TY: Seed density.

Genel olarak korelasyon sonuçları, tane büyüklüğü ile ilişkili özelliklerin birlikte hareket ettiğini ve teknolojik kalite bakımından önemli kriterler oluşturduğunu göstermektedir.

Fasulye hatlarının kalite özellikleri arasındaki ilişkileri ve hatların dağılımını daha ayrıntılı değerlendirmek amacıyla temel bileşen analizi (PCA) yapılmış ve sonuçlar Şekil 3 ile Çizelge 6'da verilmiştir. PCA sonucunda ilk iki temel bileşen toplam varyasyonun %68,41'ini açıklamıştır. Birinci temel bileşen (PC1) toplam varyasyonun %38,19'unu, ikinci temel bileşen (PC2) ise %30,22'sini açıklamıştır. PC1 ekseninde yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesinin pozitif yönde yer aldığı, buna karşılık şişme indeksi, su alma indeksi ve kabuk oranının negatif yönde konumlandığı belirlenmiştir. PC2 ekseninde protein oranı pozitif yönde yer alırken, yağ oranının negatif yönde konumlandığı görülmüştür.

PCA biplot grafiği incelendiğinde KON5, ISP31 ve ISP22 hatlarının yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesi ile ilişkili bölgede yer aldığı belirlenmiştir. Buna karşılık DEN2 ve ESK3 hatları ve Önceler98 çeşidi protein oranı, su alma indeksi, şişme indeksi ve kabuk oranı ile ilişkili bölgede kümelenmiştir. MAN1 ve KON17 hatlarının ise yağ oranı yönünde konumlandığı görülmüştür. ISP34 hattı PCA grafiğinde diğer hatlarından belirgin şekilde ayrılarak farklı bir grup oluşturmuştur.

Temel bileşen analizi sonuçları, korelasyon analizinde belirlenen ilişkileri büyük ölçüde doğrulamıştır. PCA grafiğinde yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesinin aynı yönde yer alması, bu özellikler arasında belirlenen güçlü pozitif ilişkilerin bir yansımasıdır. Özellikle KON5 ve ISP31 hatlarının bu özelliklerin bulunduğu bölgede konumlanması, söz konusu hatların teknolojik kalite bakımından üstün özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da tane büyüklüğü ile hidrasyon özelliklerinin birlikte değerlendirilebileceği ve bu özelliklerin kuru fasulyede pişme kalitesi açısından önemli kriterler olduğu bildirilmiştir (Saha ve ark., 2009; Şener, 2021; Özaktan ve ark., 2025).

PCA analizinde protein oranının yağ oranına zıt yönde yer alması, korelasyon analizinde belirlenen negatif ilişkiyi desteklemektedir. Özellikle DEN2 hattının protein oranı yönünde ayrılması, bu hattın beslenme kalitesi bakımından öne çıktığını göstermektedir. Buna karşılık MAN1 hattının yağ oranı yönünde konumlanması, bu hattın diğer hatlardan farklı bir kimyasal bileşime sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca ISP34 hattının PCA grafiğinde diğer hatlardan belirgin şekilde ayrılması, bu hattın yüz tane ağırlığı, şişme kapasitesi ve diğer kalite özellikleri bakımından farklı bir performans sergilediğini göstermektedir. Genel olarak PCA sonuçları, fasulye hatları arasında önemli düzeyde kalite farklılıkları bulunduğunu ortaya koymuş ve özellikle KON5, ISP31, ISP22 ve DEN2 hatlarının ileri ıslah çalışmalarında değerlendirilebilecek üstün özelliklere sahip olduğunu göstermiştir.

Çizelge 6. Korelasyon Matrisine Ait Özdeğerler

Table 6. Eigenvalues of the Correlation Matrix

	Özdeğer	Varyans Yüzdesi	Kümülatif
PC1	3.44	%38.19	%38.19
PC2	2.72	%30.22	%68.41
PC3	1.31	%14.51	%82.92

Sonuç

Bu çalışmada yerel fasulye genotiplerinden seleksiyonla elde edilen 22 hat ile 2 kontrol çeşidinin bazı besinsel ve teknolojik kalite özellikleri değerlendirilmiştir. İncelenen tüm özelliklerde hatlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiş olup, yerel genetik materyalin kalite özellikleri bakımından geniş bir varyasyon potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca birçok özellikte hat, yıl ve yıl × hat interaksiyonunun önemli bulunması, kalite özelliklerinin genetik faktörlerin yanı sıra çevresel koşullardan da etkilendiğini göstermiştir. Yüz tane ağırlığı bakımından KON5, ISP21, ISP18 ve ISP31 hatları; protein oranı bakımından ise DEN2, ISP22 ve BUR20 hatları öne çıkmıştır. Teknolojik kalite özellikleri değerlendirildiğinde, KON5, ISP31 ve ISP22 hatlarının yüksek su alma kapasitesi ve şişme kapasitesi değerleriyle dikkat çektiği; DEN2 hattının ise yüksek protein oranı ve şişme indeksi değerleriyle beslenme kalitesi açısından üstün performans gösterdiği belirlenmiştir.

Korelasyon analizi sonuçları yüz tane ağırlığı, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesi arasında güçlü pozitif ilişkiler bulunduğunu ortaya koyarken, temel bileşen analizi (PCA) hatların kalite özellikleri bakımından farklı gruplar oluşturduğunu göstermiştir. PCA sonuçlarına göre KON5, ISP31 ve ISP22 hatları teknolojik kalite özellikleri bakımından, DEN2 hattı ise besinsel kalite özellikleri bakımından öne çıkmıştır. Korelasyon ve PCA analizleri birlikte değerlendirildiğinde, bu hatların sahip oldukları üstün özelliklerin birbirini desteklediği görülmüştür. Bu nedenle KON5, ISP31, ISP22 ve DEN2 hatlarının hem doğrudan çeşit geliştirme çalışmalarında hem de kalite odaklı kuru fasulye ıslah programlarında ebeveyn materyali olarak değerlendirilebilecek önemli genetik kaynaklar olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca söz konusu hatların farklı çevre koşullarındaki performanslarının çok lokasyonlu ve çok yıllı çalışmalarla doğrulanması, sürdürülebilir kuru fasulye ıslah programlarının geliştirilmesine ve yeni çeşit adaylarının belirlenmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Beyanlar

Etik Beyan

Bu çalışma insan veya hayvanlar üzerinde yürütülmemiş olup, etik kurul onayı gerektiren herhangi bir uygulama içermemektedir.

Çıkar Çatışması

Bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansman

Bu çalışma için herhangi bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

Akçin, A. (1974). Erzurum Şartlarında Yetiştirilen Kuru Fasulye Çeşitlerinde Gübreleme, Ekim Zamanı ve Sıra Aralığının Tane Verimine Etkisi ile Bu Çeşitlerin Bazı Fenolojik, Morfolojik ve Teknolojik Karakterleri Üzerine Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 157, 1-112, Erzurum.

AlBallat, I. A., & Abd Raboh, F. F. (2020). Effect of variety on soaking and cooking quality of common bean. *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*, *3*(1), 10-36349. https://doi.org/10.36349/EASJALS.2020.v03i01.001

Basavaraja, T., Manjunatha, L., Chandora, R., Gurumurthy, S., & Singh, N. P. (2021). Assessment of Genetic Variability, Diversity and Trait Correlation Analysis in Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Genotypes. *Legume Research: An International Journal*, *44*(3). https://doi.org/10.18805/LR-4208

Bonassi, G., & Lavelli, V. (2024). *Hydration and fortification of common bean (Phaseolus vulgaris L.) with grape skin phenolics—effects of ultrasound application and heating. Antiox. 13, 615*. https://doi.org/10.3390/antiox13050615

Bozoğlu, H. & Sözen, Ö. (2007). Some Agronomic Properties of The Population of Local Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Collected from Artvin Province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(5), 327-334.

Bremner, J.M. (1965). Total Nitrogen Ed. (Black, C.A.) Methods of Soil Analysis Part 2, American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, 1149-1178.

Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T., & Toker, C. (2018). The nutritional content of common bean (Phaseolus vulgaris L.) landraces in comparison to modern varieties. *Agronomy*, *8*(9), 166. https://doi.org/10.3390/agronomy8090166

Chhetri, A. B., Lal, J. P., Nair, R. M., & Singh, A. K. (2025). Genetic diversity for pod and seed traits in common bean (Phaseolus vulgaris L.). *Discover Plants*, *2*(1), 228. https://doi.org/10.1007/s44372-025-00316-y

Muroki, M. W., Waswa, L. M., Fungo, R., Kabwama, A., & Mahungu, S. M. (2023). Cooking properties and nutrient retention of biofortified common bean (Phaseolus vulgaris) varieties: The case of Burundi. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, 1062978. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1062978

Murube, E., Beleggia, R., Pacetti, D., Nartea, A., Frascarelli, G., Lanzavecchia, G., ... & Papa, R. (2021). Characterization of nutritional quality traits of a common bean germplasm collection. *Foods*, *10*(7), 1572. https://doi.org/10.3390/foods10071572

Özaktan, H., Erol, O., Uzun, S., & Uzun, O. (2025). Assessment of mineral contents and technological properties of dry bean genotypes grown under organic farming conditions with multivariate analysis. *Journal of Agricultural Sciences*, *31*(1), 12-21. https://doi.org/10.15832/ankutbd.1444522

Parker, T. A., & Gepts, P. (2021). Population genomics of Phaseolus spp.: A domestication hotspot. In *Population genomics: Crop plants* (pp. 607-689). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/13836_2021_89

Ribeiro, N. D., dos Santos, G. G., Maziero, S. M., & dos Santos, G. G. (2021). Genetic diversity and selection of bean landraces and cultivars based on technological and nutritional traits. *Journal of Food Composition and Analysis*, *96*, 103721. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103721

Rodríguez Madrera, R., Campa Negrillo, A., & Ferreira Fernández, J. J. (2024). Modulation of the nutritional and functional values of common bean by farming system: organic vs. conventional. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, 1282427. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1282427

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*(2), 174-180. https://doi.org/10.1007/s11130-009-0121-4

Şener, A. (2021). Farklı İllerden Toplanan Yerel Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Popülasyonlarının Bazı Fizyolojik, Morfolojik, Agronomik ve Teknolojik Özellikler Yönünden Karakterizasyonu. [*Doctoral dissertation , Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*]

Şener, A., & Kaya, M. (2022). Performance of local bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes for agronomic and technological characteristics. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, *32*(4), 692-704. https://doi.org/10.29133/yyutbd.1122258

Shimelis, E. A., & Rakshit, S. K. (2005). Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (Phaseolus vulgaris L.) varieties grown in Ethiopia. *LWT-Food Science and Technology*, *38*(4), 331-338. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.002

Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (Eds.). (2022). *Dry beans and pulses: Production, processing, and nutrition* (2nd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119776802

Syed, M., Sofim, P. A., Khan, N., Sofi, N. R., & Dar, Z. A. (2012). Genetic diversity, variability and character association in local common bean (Phaseolus vulgaris L.) germplasm of Kashmir. *Electronic Journal of Plant Breeding*, *3*(3), 883-891.

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(1), 7-15. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.12.002

Williams, P.C., EL-Haramein, F.J., Nakkoul, H. & Rihavi, S. (1986). Crop Quality Evalution Methods and Guidelines. *Icarda,* p.142, Alepro, Syria.