

Bərk buğda (*Triticum Durum Desf.*) Genotiplərində dənin keyfiyyət göstəricilərinin və zülal genetik markerlərinin korrelyasiyalı təhlili

Günəl Tahirova 

Xülasə. Bərk buğda (*Triticum durum Desf.*) dünya əhalisinin qida təhlükəsizliyində mühüm rol oynayan əsas taxıl bitkilərindən biridir. Onun dəninin keyfiyyət göstəriciləri, xüsusilə zülal miqdarı, qlüten tərkibi və texnoloji xüsusiyyətləri makaron və digər emal məhsullarının keyfiyyətini müəyyən edən əsas amillərdəndir. Müasir seleksiya proqramlarında yüksək məhsuldarlıqla yanaşı, keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılması da prioritet istiqamətlərdən hesab olunur. Bu baxımdan, keyfiyyət əlamətlərinin genetik əsaslarının öyrənilməsi və molekulyar markerlərlə əlaqələrinin müəyyənləşdirilməsi böyük əhəmiyyət daşıyır. Tədqiqatın məqsədi bərk buğda genotiplərində dənin əsas keyfiyyət göstəricilərinin və zülal sintezində iştirak edən genetik markerlərin korrelyasiyalı əlaqələrinin qiymətləndirilməsidir. Müxtəlif mənşəli genotiplər üzrə dənin zülal miqdarı, yaş qlüten, şüşəvarilik və digər keyfiyyət parametrləri təhlil edilmiş, həmçinin, yüksək və aşağı molekulyar çəkili qlütenin alt vahidlərini kodlaşdıran genetik markerlər müəyyən edilmişdir. Statistik korrelyasiya analizinin nəticələri göstərmişdir ki, bəzi zülal markerləri ilə dənin keyfiyyət göstəriciləri arasında əhəmiyyətli müsbət əlaqələr mövcuddur. Xüsusilə qlütenin allelləri yüksək zülal tərkibi və yaxşı texnoloji keyfiyyət xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilmişdir.

Açar sözlər: buğda, genotip, dən, zülal, qlüten, taxıl, protein, keyfiyyət

Bakı Dövlət Universiteti, magistrant, Bakı, Azərbaycan

E-poçt: tahirovagunel765@gmail.com

Daxil oldu: 1 Mart 2026; Qəbul edildi: 9 İyun 2026; Onlayn dərc edildi: 30 İyun 2026

© Müəllif(lər) 2026. Bu, Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Beynəlxalq Lisenziyası (CC BYNC 4.0) şərtləri altında paylanan açıq girişli məqalədir.

Correlational Analysis of Grain Quality Indicators and Protein Genetic Markers in Durum Wheat (*Triticum Durum Desf.*) Genotypes

Günəl Tahirova 

Abstract. Durum wheat (*Triticum durum Desf.*) is one of the main cereal crops that plays an important role in the food security of the world's population. The quality indicators of its grain, especially protein content, gluten content and technological properties, are among the main factors determining the quality of pasta and other processed products. In modern breeding programs, along with high productivity, improving quality indicators is also considered a priority. In this regard, studying the genetic basis of quality traits and determining their relationships with molecular markers is of great importance. The aim of the study is to evaluate the correlations of the main grain quality indicators and genetic markers involved in protein synthesis in durum wheat genotypes. The protein content, wet gluten, vitreousness and other quality parameters of grain were analyzed for genotypes

of different origins, and genetic markers encoding high and low molecular weight gluten subunits were identified. The results of statistical correlation analysis showed that there are significant positive relationships between some protein markers and grain quality indicators. In particular, glutenin alleles were associated with high protein content and good technological quality characteristics.

Keywords: wheat, genotype, grain, protein, gluten, grain, protein, quality

Baku State University, Master's student, Baku, Azerbaijan

E-mail: tahirvaginel765@gmail.com

Received: 1 March 2026; Accepted: 9 June 2026; Published online: 30 June 2026

© The Author(s) 2026. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

Bərk buğda (*Triticum durum* Desf.) dünyada ən geniş becərilən taxıl bitkilərindən biri olub, xüsusilə makaron sənayesinin əsas xammalı hesab edilir. Bu bitkinin iqtisadi əhəmiyyəti onun yüksək qida dəyəri, zülal və qlüten tərkibi ilə sıx bağlıdır. Son illərdə əhalinin artması və keyfiyyətli ərzaq məhsullarına tələbatın yüksəlməsi bərk buğda sortlarının həm məhsuldarlığının, həm də dən keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasını seleksiya proqramlarının əsas məqsədlərindən birinə çevirmişdir. Dənin keyfiyyət göstəriciləri, o cümlədən zülal miqdarı, yaş qlüten tərkibi, şüşəvarilik və sedimentasiya göstəriciləri bərk buğdanın texnoloji və qida xüsusiyyətlərini müəyyən edən əsas parametrlərdir. Bu əlamətlərin formalaşması genetik və ekoloji amillərin qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Xüsusilə qlütenin və gliadin zülallarını kodlaşdıran genlər dənin emal və bişirmə keyfiyyətinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Molekulyar genetika sahəsində əldə olunan nailiyyətlər keyfiyyət əlamətlərinin genetik əsaslarının daha dəqiq öyrənilməsinə imkan yaratmışdır. Zülal genetik markerlərinin tətbiqi seleksiya prosesində perspektivli genotiplərin erkən mərhələdə müəyyən edilməsini asanlaşdırır və seleksiya işlərinin səmərəliliyini artırır. Bu baxımdan, dənin keyfiyyət göstəriciləri ilə zülal genetik markerləri arasındakı korrelyasiya əlaqələrinin araşdırılması yüksək keyfiyyətli bərk buğda genotiplərinin seçilməsi üçün mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatın əsas məqsədi bərk buğda genotiplərində dənin keyfiyyət göstəriciləri ilə zülal genetik markerləri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri müəyyən etmək və onların seleksiya prosesində istifadəsi imkanlarını qiymətləndirməkdir.

Metodlar

Bərk buğdanın keyfiyyət göstəricilərinin formalaşması mürəkkəb genetik mexanizmlərlə tənzimlənir və bu göstəricilər ətraf mühit amillərinin təsiri altında dəyişə bilər (Cəlilov və b., 2018). Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, dənin zülal tərkibi və qlüten keyfiyyəti əsasən qlütenin və gliadin zülallarını kodlaşdıran genlərin fəaliyyəti ilə müəyyən olunur. Bu genlər arasında yüksək və aşağı molekulyar çəkili qlütenin alt vahidlərini kodlaşdıran allellər xüsusi əhəmiyyət kəsb edir (Məmmədov və b., 2020). Müxtəlif ölkələrdə aparılmış araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bəzi qlütenin allelləri yüksək zülal miqdarı, yaxşı sedimentasiya göstəricisi və güclü qlüten xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır (Quliyev və b., 2019). Bununla yanaşı, eyni genetik markerlərin müxtəlif ekoloji şəraitlərdə fərqli təsir göstərməsi də müşahidə edilmişdir (Colasuonno və b., 2021). Bu fakt keyfiyyət əlamətlərinin yalnız genetik deyil, həm də mühit amillərindən asılı olduğunu göstərir. Bərk buğda genotiplərində dənin keyfiyyət göstəriciləri ilə zülal genetik markerləri arasındakı əlaqələrin müəyyən edilməsi məqsədlə korrelyasiya analizi aparılmışdır (Johnson et al., 2019).

Nəticələr

Təhlil zamanı zülal miqdarı, yaş qlüten, sedimentasiya göstəricisi və şüşəvarilik kimi əsas keyfiyyət əlamətləri nəzərə alınmışdır. Pearson korrelyasiya əmsalının nəticələri göstərmişdir ki, öyrənilən əlamətlər arasında müxtəlif səviyyəli əlaqələr mövcuddur (Mérida-García et al., 2020). Təhlil nəticələrinə əsasən, zülal miqdarı ilə yaş qlüten arasında yüksək müsbət korrelyasiya ($r = 0,72-0,85$) müşahidə edilmişdir. Bu nəticə zülal tərkibinin artmasının qlüten miqdarının yüksəlməsinə səbəb olduğunu göstərir (Motzo et al., 2007). Eyni zamanda, sedimentasiya göstəricisi ilə zülal miqdarı arasında da orta və yüksək səviyyəli müsbət əlaqə ($r = 0,60-0,78$) müəyyən edilmişdir ki, bu da yüksək zülallı genotiplərin daha yaxşı texnoloji keyfiyyətə malik olduğunu təsdiqləyir (Roncallo və b., 2021). Zülal genetik markerlərinin təhlili göstərmişdir ki, müəyyən qlütenin allellərinin daşıyıcıları olan genotiplərdə keyfiyyət göstəriciləri daha yüksək olmuşdur. HMW-GS və LMW-GS markerləri ilə zülal miqdarı arasında statistik cəhətdən əhəmiyyətli əlaqələr ($p < 0,05$) qeydə alınmışdır. Bu markerlərin mövcudluğu yüksək keyfiyyət göstəricilərinin formalaşmasında mühüm rol oynayır. Variasiya analizinin nəticələri genotiplər arasında müşahidə olunan fərqlərin etibarlı olduğunu göstərmişdir. Keyfiyyət göstəricilərinin dəyişkənlik əmsalı müxtəlif əlamətlər üzrə 8–25% arasında dəyişmişdir ki, bu da seleksiya üçün kifayət qədər genetik müxtəlifliyin mövcud olduğunu göstərir (Kroupin et al., 2023).

Əldə olunan statistik nəticələr göstərir ki, zülal genetik markerləri ilə dənin keyfiyyət göstəriciləri arasında mövcud olan müsbət korrelyasiya seleksiya prosesində markerə əsaslanan seçmənin effektivliyini artırır. Bu markerlərin tətbiqi yüksək keyfiyyətli genotiplərin erkən mərhələdə müəyyən edilməsinə və yeni perspektivli sortların yaradılmasına imkan verir. Tədqiqata cəlb edilmiş 15 bərk buğda genotipi üzrə dənin əsas keyfiyyət göstəriciləri qiymətləndirilmişdir. Alınmış nəticələr göstərmişdir ki, genotiplər arasında zülal miqdarı, yaş qlüten və sedimentasiya göstəriciləri üzrə əhəmiyyətli fərqlər mövcuddur (Garcia-Calabres et al., 2025).

Cədvəl 1

Bərk buğda genotiplərində dənin əsas keyfiyyət göstəricilərinin orta qiymətləri

| Göstəricilər | Minimum | Maksimum | Orta \pm SD | CV (%) |
|------------------------|---------|----------|-----------------|--------|
| Zülal (%) | 11,8 | 16,4 | 14,1 \pm 1,32 | 9,4 |
| Yaş qlüten (%) | 24,3 | 38,7 | 31,5 \pm 3,84 | 12,2 |
| Sedimentasiya (ml) | 28 | 56 | 42,6 \pm 7,13 | 16,7 |
| Şüşəvarilik (%) | 72 | 98 | 86,3 \pm 6,45 | 7,5 |
| 1000 dənin kütləsi (q) | 38,5 | 53,8 | 46,4 \pm 4,11 | 8,9 |

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, ən yüksək dəyişkənlik sedimentasiya göstəricisində (16,7%), ən aşağı dəyişkənlik isə şüşəvarilik əlamətində (7,5%) müşahidə olunmuşdur. Bu nəticələr keyfiyyət əlamətlərinin seleksiya baxımından kifayət qədər genetik müxtəlifliyə malik olduğunu göstərir.

Cədvəl 2

Dənin keyfiyyət göstəriciləri arasında korrelyasiya əmsalları

| Göstəricilər | Zülal | Yaş qlüten | Sedimentasiya | Şüşəvarilik |
|---------------|-------|------------|---------------|-------------|
| Zülal | 1,00 | 0,84* | 0,76* | 0,61* |
| Yaş qlüten | 0,84* | 1,00 | 0,82* | 0,58* |
| Sedimentasiya | 0,76* | 0,82* | 1,00 | 0,49 |
| Şüşəvarilik | 0,61* | 0,58* | 0,49 | 1,00 |

$P < 0,05$ səviyyəsində əhəmiyyətlidir.

Korrelyasiya analizinin nəticələrinə görə zülal miqdarı ilə yaş qlüten arasında güclü müsbət əlaqə ($r=0,84$) müəyyən edilmişdir. Bu göstərici zülal tərkibinin artması ilə qlüten miqdarının da yüksəldiyini göstərir. Sedimentasiya göstəricisi ilə yaş qlüten arasında da yüksək korrelyasiya ($r=0,82$) qeydə alınmışdır (Žilić et al., 2011; Troccoli et al., 2000).

Müzakirə və Nəticə

Aparılmış tədqiqat nəticəsində bərk buğda (*Triticum durum* Desf.) genotiplərində dənin əsas keyfiyyət göstəriciləri ilə zülal genetik markerləri arasındakı əlaqələr qiymətləndirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, genotiplər arasında zülal miqdarı, yaş qlüten, sedimentasiya göstəricisi və şüşəvarilik kimi keyfiyyət əlamətləri üzrə əhəmiyyətli fərqlər mövcuddur ki, bu da seleksiya baxımından zəngin genetik müxtəlifliyin mövcudluğunu göstərir. Statistik təhlillərin nəticələri zülal miqdarı ilə yaş qlüten, eləcə də sedimentasiya göstəricisi arasında güclü müsbət korrelyasiya əlaqələrinin olduğunu aşkar etmişdir. Bu əlaqələr dənin texnoloji və qida keyfiyyətinin formalaşmasında zülal komponentlərinin mühüm rol oynadığını təsdiq edir. Eyni zamanda, müəyyən edilmişdir ki, öyrənilən zülal genetik markerləri keyfiyyət göstəricilərinin dəyişməsinə əhəmiyyətli təsir göstərir və yüksək keyfiyyətli genotiplərin seçilməsində etibarlı meyar kimi istifadə oluna bilər.

Ədəbiyyat

1. Cəlilov, A. B., Məmmədov, C. M., & Quliyev, Z. M. (2018). *Bərk buğda genotiplərində məhsuldarlıq və keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi*. Elm Nəşriyyatı.
2. Colasuonno, P., Gadaleta, A., Giancaspro, A., Nigro, D., Giove, S., Incerti, O., ... & Blanco, A. (2021). From Genetic Maps to QTL Cloning: An Overview for Durum Wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 3158. <https://doi.org/10.3390/ijms22063158>
3. Garcia-Calabres, V., Ruiz, M., Villegas, D., & Royo, C. (2025). Nutritional and industrial quality assessment of Spanish durum wheat cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
4. Johnson, M., Sharma, D. L., Ellis, M., & Pozniak, C. (2019). Association Mapping for Traits Related to Protein Content and Grain Quality in Durum Wheat. *Molecular Breeding*, 39(8), 112–126.
5. Kroupin, P. Y., Karlov, G. I., Divashuk, M. G., & Solovey, L. A. (2023). Association of High-Molecular-Weight Glutenin subunits with Grain Quality in Durum Wheat. *Agronomy*, 13(6), 1510. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061510>
6. Quliyev, Z. M., Əliyev, C. Ə., & Hüseynova, S. A. (2019). Bərk buğda genotiplərində zülal tərkibi və keyfiyyət göstəricilərinin dəyişkənliyi. *AMEA Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun Əsərləri*, 8(1), 87–95.
7. Mérida-García, R., Liu, G., He, S., González-Dugo, V., Dorado, G., & Gutiérrez, L. (2020). Mapping Agronomic and Quality Traits in Elite Durum Wheat Lines under Differing Water Regimes. *Agronomy*, 10(1), 144. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010144>
8. Motzo, R., Fois, S., & Giunta, F. (2007). Protein content and gluten quality of durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) as affected by sowing date. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(8), 1480–1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2855>
9. Məmmədov, C. M., Abbasov, M. Ə., & Həsənov, Ə. S. (2020). Azərbaycanca bərk buğda sortlarının seleksiyası və keyfiyyət xüsusiyyətləri. *Azərbaycan Aqrar Elmi*, 2, 45–52.
10. Roncallo, P. F., Cervigni, G. L., Jensen, C. A., Miranda, R., & Echenique, V. (2021). Allelic Variation at Glutenin Loci (Glu-1, Glu-2 and Glu-3) in Durum Wheat and its Relationship with Processing Quality. *Foods*, 10(11), 2845. <https://doi.org/10.3390/foods10112845>

11. Troccoli, A., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C., & Di Fonzo, N. (2000). Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. *Journal of Cereal Science*, 32(2), 99–113.
12. Žilić, S., Barać, M., Pešić, M., Dodig, D., & Ignjatović-Micić, D. (2011). Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(9), 5878–5894. <https://doi.org/10.3390/ijms12095878>