

Buğdayda Partikül Boyutunun Renk Üzerine Etkisi ve Rengin Kalıtım Derecesinin Belirlenmesi

Asuman KAPLAN EVLİCE^{1*}

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Sivas

*Sorumlu Yazar: asuman.kaplanevlince@sivas.edu.tr, aevlice@gmail.com

Geliş Tarihi: 17.02.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 02.03.2022 Kabul Tarihi: 23.03.2022

Öz

Tüketici tarafından parlak sarı renkte makarna tercih edilmektedir. Bu nedenle makarnalık buğday ıslahında *b* sarılık değeri yüksek çeşitler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Renk, öğütme koşullarından özellikle de partikül boyutundan oldukça etkilenmektedir. Bu çalışmada dört farklı çevrede yetiştirilen yedi makarnalık buğday genotipinde renk değerleri (*L, a, b*); tane, kırma (0.8 ve 1 mm), un ve irmikte belirlenmiş, rengin partikül boyutuna göre değişimi, birbirleri arasındaki ilişkisi ve kalıtım derecesi incelenmiştir. Partikül boyutunun renk değerleri üzerindeki etkisi önemli ($p < 0.01$) olmuş, partikül boyutu arttıkça *L* değeri azalmış, *a* değeri artmıştır. En yüksek *b* değeri (19.17) ise irmikte saptanmıştır. Kepek içeren tane, 1 mm kırma ve 0.8 mm kırma örnekleri ise benzer *b* değerleri (17.03-17.96) vermiştir. Unda ise en düşük *b* değeri (14.05) saptanmıştır. Un örneğinde en düşük *b* değeri saptanmış olmasına rağmen, yapılan hem korelasyon ($r=0.96^{**}$) hem de regresyon ($R^2=0.92^{**}$) analizleri sonucu, irmik *b* sarılık değerinin en iyi un fraksiyonundan tahmin edilebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca, taneden gözle renk tahmin etmek en kolay yöntem olmasına rağmen, irmik renginin taneye bakılarak belirlenemeyeceği sonucuna varılmıştır. Sarılık renk değerlerinin tane hariç kalıtım derecesi oldukça yüksek ($h^2>0.92$) bulunmuştur. Bu nedenle, özellikle makarnalık buğday ıslah çalışmalarında çevreden az etkilenen renk parametresinden seleksiyon kriteri olarak etkili bir şekilde yararlanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Makarnalık buğday, renk, partikül boyutu, kalıtım

The Effect of Particle Size on Colour and Determining the Heritability of Colour in Wheat

Abstract

Bright yellow pasta colour is preferred by the consumer; therefore, it is tried to develop cultivars with high *b* yellowness value in durum wheat breeding. Colour is highly affected by milling conditions, particularly particle size. In this study, colour values (*L, a, b*) of seven durum wheat genotypes grown in four different environments were determined at grain, meals (0.8 and 1 mm), flour, and semolina; then, colour variation according to particle size, relationships between traits, and heritability values were investigated. The effect of particle size on colour values was significant ($p<0.01$), as particle size increased, *L* value decreased, *a* value increased. The highest *b* value (19.17) was determined in semolina sample. The grain, 1 mm, and 0.8 mm meal samples containing bran had similar *b* values (17.03-17.96). The lowest *b* value (14.05) was determined in flour sample. Although the lowest *b* value was determined in the flour sample, it was seen that the semolina *b* yellowness value could be best estimated from the flour fraction as a result of both correlation ($r=0.96^{**}$) and regression ($R^2=0.92^{**}$) analyses. It was also concluded that the colour of semolina cannot be determined by visually looking at the grain although it is the easiest method to predict colour by looking at the grain. The heritability values of the yellowness except for whole-grain were found to be quite high ($h^2>0.92$). For this reason, it has been determined that the colour parameters, which are less affected by the environment, can be used effectively as a selection criteria, especially in durum wheat breeding studies.

Key words: Durum wheat, colour, particle size, heritability

Giriş

Makarnalık buğdayın (*Triticum durum* Desf.) gen merkezlerinden biri olan Türkiye, kaliteli makarnalık buğday üretebilecek ekolojiye sahiptir. Dünya makarnalık buğday üretimi 2020 yılında 34,8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünya sıralamasında 4,2 milyon ton üretim ile Kanada birinci sırada yer almaktadır. İkinci sırada ise 3,9 milyon ton üretim ile hem Türkiye hem de İtalya yer almıştır (TMO, 2022). Ülkemizde makarnalık buğday özellikle makarnanın ve bulgurun hammaddesi konumundadır. Ayrıca, makarnalık buğday ırmik, bazı yöresel ekmek çeşitleri ve böreklik un için de kullanılmaktadır. Son yıllarda hem makarna hem de bulgur üretimimiz artmaktadır. Ülkemizde makarna ve bulgur üretimleri yıldan yıla artmakta, 2020 yılında bu üretimler sırasıyla yaklaşık 2 milyon ton ve 582 bin ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022). Ayrıca, ülkemiz 2020 yılında dünya makarna ihracatında 1.400.714 ton/yıl ile İtalya'dan sonra ikinci; bulgur ihracatında ise 283.027 ton/yıl ile birinci sırada gelmektedir (TRADEMAP, 2022). Rakamlardan da görüldüğü gibi Türkiye, hem makarna hem de bulgur üretiminde ve ihracatında söz sahibi ülkelerden biridir. Bu nedenle ülkemizde makarnalık buğday üretimi ve kalitesi büyük bir öneme sahiptir.

Tüketici tarafından parlak sarı renkte makarna ve bulgur tercih edildiği için, parlak sarı renk önemli bir kalite kriteri olarak kabul edilmektedir. Sarı rengin, makarna ve bulgur üretimi aşamasında ve bu ürünlerin pişirilmesi sırasında mümkün olduğunca korunması istenmektedir. Buğdaya sarı rengi karotenoidler vermektedir. Karotenoidler yağda çözünen pigmentler olup, bitkilerin ve hayvanların birçok temel fonksiyonunda yer alırlar. Ayrıca, hücreleri serbest radikallerden ve oksijen iyonlarından koruyarak antioksidan aktivite gösterirler (Adom ve Liu, 2002; Hidalgo ve ark., 2017). Buğdayda karotenoid grubu pigmentler; α -karoten, β -karoten, lutein ve zeaksantinden meydana gelmekte olup, çoğunluğunu (>%90) lutein oluşturmaktadır (Abdel-Aal ve ark., 2002). Pigment miktarı buğday türüne göre değişmektedir. Lutein miktarı genellikle ekmeklik buğdaya ($0.69-2.01 \mu\text{g g}^{-1}$) göre makarnalık buğdayda ($2.01-4.56 \mu\text{g g}^{-1}$) daha fazla bulunmaktadır (Ziegler ve ark., 2015). Makarnalık buğdayda sarı rengin çeşitlere ve yetiştirme koşullarına göre de değiştiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Branković ve ark., 2015; Coşkun ve ark., 2010; Kaplan Evlice, 2016; Konopka ve ark., 2006; Lachman ve ark., 2013; Şahin ve ark., 2006). Ayrıca, renk; lipoksigenaz enzim aktivitesi (Hidalgo ve Brandolini, 2012), partikül boyutu (Hidalgo ve ark.,

2014), öğütme (Posner, 2009) ve depolama (Hidalgo ve Brandolini, 2008) koşullarından da etkilenmektedir.

Genetik ve çevresel faktörlerin buğday özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için kalıtım derecesi (h^2) ıslah programlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaya ve Akcura, 2014). Clarke ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada eklemeli gen etkisinde olan pigment miktarına genotip etkisinin 0.34 ile 0.95 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu yönde yapılan başka çalışmalarda da sarı pigment miktarının %89.4 (Bilgin ve ark., 2010), %64.2 (Sakin ve ark., 2011) ve %84.3 (Mohammed ve ark., 2012) gibi yüksek oranlarda genotipik etki altında olduğu ve çevre etkisinin daha az olduğu belirlenmiştir. Ziegler ve ark. (2015) ise ekmeklik (*T. aestivum*), makarnalık (*T. durum*), spelt (*T. spelta*), siyez (*T. monococcum*) ve gernik (*T. dicoccum*) buğday türlerinde toplam lutein içeriği için kalıtım derecesini $h^2 > 0.93$ olarak saptamışlardır. Bu konuda yapılan bir başka çalışmada ise *L* parlaklık değerine genotip, çevre ve diğer faktörlerin etkisinin sırasıyla %12.6, %67.9 ve %19.5 olduğu saptamıştır. Aynı çalışmada *b* sarılık değerine ise genotip, çevre ve diğer faktörlerin etkisinin sırasıyla %86.6, %8.5 ve %4.9 olduğunu belirlemiştir. Parlaklık değerine çevre, sarılık değerine ise genotip daha fazla etkili olmuştur (Manthey 2001 atfen Şahin ve ark. 2006).

Buğdayda pigment miktarını belirlemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu metotlardan en temel olanı, suya doymuş n-bütanol ekstraksiyonuna dayanan spektrofotometrik yöntemdir. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ise, karotenoid bileşenlerinin ayrılmasına ve tanımlanmasına olanak sağlayan bir teknik olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden başka kimyasal gerektirmeyen, daha kolay, hızlı ve ekonomik olan NIR (Near Infrared Reflectance) ve Commission Internationale de l'Eclairage (CIE 1976) tarafından geliştirilmiş olan Hunter *Lab* ölçüm yöntemleri de kullanılmaktadır. Son yıllarda bu amaçla görüntü analizi de kullanılmaya başlamıştır. En yaygın olarak kullanılan Hunter *Lab* yönteminde; L/L^* (parlaklık, 0=siyah, 100=beyaz), a/a^* (+:kırmızılık, -:yeşillik) ve b/b^* (+:sarılık, -:mavilik) renk değerleri belirlenmektedir (Digesu ve ark., 2009; Coşkun ve ark., 2010; Ficco ve ark., 2014; Hidalgo ve ark., 2014).

İrmikte veya unda parlaklık kepek içeriğinden, sarılık ise endospermin karotenoid içeriğinden etkilenmektedir (Hidalgo ve Brandolini, 2008). Pigment miktarı ile ırmik b^* sarılık değeri ($r=0.88^{**}$ ve 0.90^{**}) (Digesu ve ark., 2009) ve makarna b^* değeri ($r=0.58^*$) (Cabas-Lühmann ve Manthey, 2020) arasındaki yüksek korelasyon

değerleri belirlenmiştir. Groth ve ark. (2020) da *b* sarılık renk değeri ile lutein ($r=0.76^{**}$), zeaksantin ($r=0.15^{**}$) ve toplam karotenoid ($r=0.73^{**}$) miktarları arasında pozitif ilişkiler saptamıştır. Bu nedenle, karotenoid miktarı hakkında fikir veren *b* sarılık değeri, makarnalık buğday ıslahında fazla sayıda materyali hızlı ve ekonomik bir şekilde test etmek için kullanılabilir güvenilir bir parametredir (Groth ve ark., 2020). İrmikte belirlenen *b* sarılık değeri özellikle ıslahın erken kademelerinde daha geniş bir varyasyon (15-28) göstermektedir. Tüketici ve sektör isteklerini karşılayabilecek kaliteli makarnalık buğday çeşidi geliştirebilmek için, bir sonraki ıslah kademesine taşınacak hatta irmik *b* değerinin ≥ 22 olması istenmektedir (Kaplan Evlice ve Özkaya, 2011).

Tane rengi parlak sarı olan makarnalık buğdayların irmik renklerinin de parlak sarı olacağı düşünülmektedir. Fakat, bu yönde yapılan bir çalışmada irmik rengi ile tane rengi arasında oldukça düşük bir korelasyon değeri ($r=0.29^{**}$) belirlenmiştir. Hatta tane *b* sarılık değerleri benzer olan makarnalık buğdayların, farklı irmik *b* sarılık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, tane renginden irmik renginin tahmin edilmesinin doğru olmayacağı belirtilmiştir (Pehlivan ve ark., 2008). Sarılık renk değeri (*b*) partikül boyutundan oldukça etkilenmektedir. İri partikül boyutuna sahip irmik, ince yani daha küçük partikül boyutuna sahip irmiğe göre daha sarı görünmektedir (Pehlivan ve ark., 2008). Bu nedenle, irmik partikül boyutu makarna rengini de etkilemekte, partikül boyutunun artması ile *L** değeri azalmakta, *b** değeri ise artmaktadır (Hidalgo ve ark., 2014).

Makarnanın hammaddesi irmik olduğu için, *b* sarılık değeri genellikle irmikte belirlenmektedir. Fakat, özellikle ıslahın erken kademelerinde materyal sayısı fazla, miktarı az olduğu için analizler kırma veya unda yapılmaktadır. Fakat renk, partikül boyutundan oldukça etkilenmektedir. Bu çalışmanın amacı ise; (i) rengin tanede, farklı partikül boyutuna sahip kırma, un ve irmikte değişiminin ve birbirleri arasındaki ilişkisinin belirlenmesi, (ii) rengin kalıtım derecesinin hesaplanmasıdır.

Materyal ve Metot

Çalışmanın materyalini Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 4 farklı çevrede yetiştirilen 7 adet makarnalık buğday genotipi oluşturmuştur. Makarnalık buğdaydan $< 220 \mu\text{m}$ partikül boyutuna sahip un üretimi, Brabender Quadrumat Junior laboratuvar tipi un değirmeni (Duisburg, Almanya) kullanılarak, American Association of Cereal Chemists (AACC) Standart Metot No:26-50.01 (AACC International,

2010)'e göre gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan kırma örnekleri ise 0.8 mm ve 1 mm delik çaplı Perten 3100 (Huddinge, İsveç) kırma değirmeninden elde edilmiştir. 220-530 μm partikül boyutuna sahip irmik örnekleri ise Bühler laboratuvar tipi irmik değirmeni (Bühler 70028, Uzwil, Milano) kullanılarak, AACC Standart Metot No: 26-41.01 (AACC International, 2010)'e göre elde edilmiştir. Elde edilen irmik örnekleri, laboratuvar tipi pürifayırda (Chopin Sasseur 7605, Villeneuve-la-Garenne, Fransa) geçirilerek küçük kepek parçacıkları ayrılmıştır.

Örneklerin renk (*L, a, b*) değerleri, renk ölçüm cihazı (Gardner Color view, ABD) ile Hunter kolorimetre değerlerine göre belirlenmiştir. Renk değerleri *L* (parlaklık, 100:beyaz, 0:siyah), *a* (-a:yeşil, +a:kırmızı), *b* (-b:mavi, +b:sarı) olarak ölçülmüştür (ASTM Metot No: E 1164, 2002).

Renk değerleri 2 paralel olarak belirlenmiştir. Varyans (ANOVA), Pearson korelasyon ve regresyon analizleri JMP 10 istatistiksel analiz programı (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) ile yapılmıştır. Biplot grafiği için GenStat programı (14th edition, VSN International Ltd., Hemel Hempstead, İngiltere) kullanılmıştır. Geniş anlamda kalıtım derecesi (h^2), GGE-biplot yazılımı kullanılarak Yan ve Holland (2010) tarafından tanımlandığı gibi hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Makarna yapımında *Triticum durum* türü buğdaydan elde edilen irmik kullanılır. Diğer buğday türlerine göre *T. durum* irmiğinden üretilen makarnalar, parlak sarı renkli, sert, kırılmaya dayanıklı ve yüksek pişme kalitesine sahiptir. Fakat, irmik partikül boyutu makarnanın kalitesini etkilemektedir (Sacchetti ve ark., 2011).

Çalışmada farklı partikül boyutuna sahip olan örneklerde Hunter *Lab* kolorimetresine göre belirlenen *L* (parlaklık), *a* (kırmızılık-yeşillik) ve *b* (sarılık-mavilik) değerlerine ait ortalama sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge incelendiği zaman; *L*, *a* ve *b* değerleri sırasıyla 47.56-92.31, 0.15-7.88 ve 14.05-19.17 arasında değişim göstermiş, ortalamalar sırasıyla 77.59, 2.93 ve 17.16 olarak saptanmıştır. *L*, *a* ve *b* değerleri bakımından partikül boyutları arasındaki fark istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. En düşük *L* değeri 47.56 ile taneden elde edilmiştir. Partikül boyu azaldıkça parlaklık değeri artmış ve en yüksek *L* değeri 92.31 ile en küçük partikül boyutuna sahip un örneğinden elde edilmiştir. Benzer şekilde partikül boyutunun azalması ile daha yüksek *L** değeri elde edilen bir çalışmada, bu sonuç partikül boyutun azalması nedeniyle ölçüm yüzeyinin daha homojen ve düz olmasına bağlanmıştır (Hidalgo ve ark., 2014). Çalışmada *L* değerinin aksine, *a* değeri

partikül boyutu arttıkça artmış, en yüksek değer tanede (7.88), en düşük ise unda (0.15) belirlenmiştir. Sarılık b renk değerleri incelendiği zaman, en yüksek değer irmikte (19.17) saptanmıştır. Bunu tane (17.96), 1 mm kırma (17.67), 0.8 mm kırma (17.03) ve un (14.05) izlemiştir (Çizelge 1).

Tane, 1 mm ve 0.8 mm kırma örnekleri kepek ve rüşeym içermektedir. Bu bileşenler de renk üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Buğdayın dış katmanlarının (kepek) irmiğe dâhil olması ile

irmişin parlaklığı ve sarılığı azalmakta, kırmızılığı ise artmaktadır. Yapılan bir çalışmada kepek miktarı ile pozitif ilişkili olan kül miktarının %0.1 oranında artması, kırmızılığın (a^*) 0.7 artmasına, sarılığın (b^*) ise 1.3 düşmesine neden olmuştur (Joubert ve ark., 2018). Öğütme koşulları ve ekstraksiyon oranı, kül, protein, pigment ve zedelenmiş nişasta miktarı gibi parametreler üzerinde önemli etkiye sahiptir (Posner ve ark., 2009). Bu bileşenler de dolaylı olarak rengi etkiler (Hidalgo ve ark., 2017).

Çizelge 1. Farklı partikül boyutundaki renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Partikül Boyutu	L	a	b
Tane	47.56±1.24 ^{e**}	7.88±0.52 ^{a**}	17.96±0.41 ^{b**}
1 mm	79.32±0.87 ^d	3.05±0.27 ^b	17.67±0.99 ^c
0.8 mm	80.74±0.81 ^c	2.80±0.27 ^c	17.03±1.06 ^d
İrmik	88.26±0.75 ^b	0.78±0.22 ^d	19.17±1.57 ^a
Un	92.31±0.46 ^a	0.15±0.11 ^e	14.05±1.22 ^e
Değişim Aralığı	47.56-92.31	0.15-7.88	14.05-19.17
Ortalama	77.59	2.93	17.16
DK	0.99	7.82	3.71

** : Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar % 1 düzeyinde önemlidir

Makarnalık buğday örneğinin üç farklı partikül boyutuna sahip olacak şekilde irmiğe öğütüldüğü ve elendiği bir çalışmada ise; b^* sarılık renk değeri bakımından partikül boyutları arasında istatistiki olarak fark tespit edilmiş ve en yüksek b^* sarılık (35.9) renk değeri 475 μm 'den elde edilmiştir. Bunu, 34.6 ile 375 μm ve 27.1 ile 275 μm takip etmiştir. Yani partikül boyutu arttıkça irmik rengi daha sarı olmuştur (Sacchetti ve ark., 2011). Bu çalışmada da benzer şekilde kepek ve rüşeym içermeyen un ve irmik örnekleri kıyaslandığı zaman, daha iri partikül boyutuna sahip olan irmikte en yüksek b sarılık renk değeri elde edilmiştir. En küçük partikül boyutuna sahip un örneğinde ise en düşük b değeri tespit edilmiştir (Çizelge 1). Benzer şekilde irmik b^* sarılık değerinin sadece pigment miktarına bağlı olmadığı, b^* değerinin partikül boyutundan etkilendiği ve irmik ne kadar ince olursa o kadar b^* değerinin düşük olduğu Fu ve ark. (2018) tarafından da

belirtilmiştir. Bunu da ince irmik parçacıklarının daha fazla yüzey alanına sahip olması nedeniyle oksidatif pigment kaybına daha fazla maruz kalması ile açıklamışlardır.

Parlak sarı renk, irmikte ve makarnada en önemli kalite kriterlerinden biridir. Bu nedenle pigment miktarı yüksek olan makarnalık buğday çeşitleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Kalite parametrelerinin kalıtım derecesinin yüksek olması yani çevre koşullarından az etkilenmesi ıslahta etkili bir seleksiyon için oldukça önemlidir. İrmik rengi yetiştirme yerine ve yıllara göre değişmekle birlikte daha çok genetik kalıtımın etkisi altındadır. Yapılan çeşitli çalışmalarda irmik rengi (b^*) üzerine genotipik etki %61.8 (Schulthess ve ark., 2013) ve %84.3 (Mohammed ve ark., 2012) olarak belirlenmiştir. Genotipik etkinin yüksek olması o özelliğin kalıtım derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Schulthess ve ark., 2013).

Çizelge 2. Farklı partikül boyutundaki renk değerlerine ait kalıtım dereceleri (h^2)

Partikül boyutu	L	a	b
Tane	0.48	0.99	0.57
1 mm	0.53	0.74	0.92
0.8 mm	0.64	0.79	0.95

İrmik	0.86	0.92	0.97
Un	0.87	0.96	0.97

Çalışmada farklı partikül boyutlarına ait renk değerleri (L, a, b) için geniş anlamda kalıtım derecesi (h^2) değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiği zaman, L parlaklık değeri için kalıtım derecesi (h^2) 0.48-0.87 arasında değişim göstermiştir. Kalıtım derecesi un ve ırmik örneklerinde sırasıyla 0.87 ve 0.86 olarak oldukça yüksek bulunmuştur. En düşük ise tanede ($h^2=0.48$) saptanmıştır. Partikül boyutu azaldıkça kalıtım derecesi artmıştır. Kalıtım derecesi, a kırmızılık değerinde 0.74-0.99 arasında değişim göstermiştir. Sarılık (b) değeri incelendiği zaman; kalıtım derecesi tanede 0.57 ile en düşük, un ve ırmikte ise 0.97 ile en yüksek olmuştur. 1 mm ve 0.8 mm kırma örneklerinde ise sırasıyla 0.92 ve 0.95 olarak saptanmıştır. Tane hariç diğer diğer örneklerde oldukça yüksek kalıtım derecesi değerleri ($h^2>0.92$) belirlenmiştir. Groth ve ark. (2020) da lutein ($h^2=0.74$) ve toplam karotenoid ($h^2=0.71$) için yüksek kalıtım değerleri saptamıştır. Geniş anlamda kalıtım derecesinin yüksek olması, o özelliğe göre

seleksiyonun etkili olacağını göstermektedir (Şener ve ark., 2000). Bu nedenle renk, özellikle de b sarılık değeri ıslah çalışmalarında erken kademede seleksiyon kriteri olarak kullanılabilir.

Buğday ve aynı buğdaydan elde edilen kırma (0.8 ve 1 mm), un ve ırmik örneklerine ait L, a, b renk değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve elde edilen korelasyon değerleri Çizelge 3’te verilmiştir. Tane rengi ile diğer parametreler arasındaki ilişkiler incelendiği zaman, tane L değeri ile diğer parametreler arasında herhangi önemli bir korelasyon değeri saptanamamıştır. Tane a değeri ile 1 mm a değeri ($r=0.63^{**}$), 1 mm b değeri ($r=0.73^{**}$), 0.8 mm a değeri ($r=0.60^{**}$), 0.8 mm b değeri ($r=0.79^{**}$), un a değeri ($r=0.36^*$), un b değeri ($r=0.66^{**}$), ırmik L değeri ($r=-0.42^*$), ırmik a değeri ($r=0.38^*$), ırmik b değeri ($r=0.72^{**}$) arasında önemli ilişkiler saptanmıştır. Tanede belirlenen b değeri ile unda belirlenen b değeri ($r=0.39$) ve ırmikte belirlenen b değeri ($r=0.43$) arasında %5 düzeyinde pozitif ilişkiler saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Özellikler arası korelasyon katsayıları ve önemlilik seviyeleri

Özellik	Tane			1mm Kırma			0.8 mm Kırma			Un			İrmik	
	L değeri (TL)	a değeri (Ta)	b değeri (Tb)	L değeri (1L)	a değeri (1a)	b değeri (1b)	L değeri (0.8L)	a değeri (0.8a)	b değeri (0.8b)	L değeri (UL)	a değeri (Ua)	b değeri (Ub)	L değeri (iL)	a değeri (ia)
Ta	-0.24													
Tb	0.25	0.33												
1L	0.07	0.29	0.01											
1a	0.06	0.63 ^{**}	-0.01	-0.27										
1b	0.01	0.73 ^{**}	0.12	-0.22	0.93 ^{**}									
0.8L	0.03	0.32	-0.24	0.53 ^{**}	0.15	0.24								
0.8a	0.21	0.60 ^{**}	0.18	-0.22	0.82 ^{**}	0.75 ^{**}	-0.21							
0.8b	0.07	0.79 ^{**}	0.27	-0.22	0.87 ^{**}	0.93 ^{**}	0.01	0.88 ^{**}						
UL	0.04	0.22	0.10	0.41 [*]	-0.24	-0.20	0.49 [*]	-0.34	-0.29					
Ua	-0.13	0.36 [*]	-0.27	0.15	0.34 [*]	0.44 [*]	-0.10	0.24	0.45 [*]	0.06				
Ub	-0.23	0.66 ^{**}	0.39 [*]	-0.27	0.65 ^{**}	0.78 ^{**}	-0.03	0.54 ^{**}	0.81 ^{**}	-0.29	-0.12			
iL	0.11	-0.42 [*]	0.24	0.63 ^{**}	-0.57 ^{**}	-0.47 [*]	0.46 [*]	-0.58 ^{**}	-0.51 [*]	0.10	-0.54 ^{**}	-0.26		
ia	-0.03	0.38 [*]	-0.22	0.11	0.67 ^{**}	0.54 ^{**}	0.04	0.68 ^{**}	0.53 ^{**}	-0.68 ^{**}	0.68 ^{**}	0.25	-0.89 ^{**}	
ib	-0.12	0.72 ^{**}	0.43 [*]	-0.19	0.69 ^{**}	0.83 ^{**}	0.02	0.64 ^{**}	0.88 ^{**}	-0.25	-0.16	0.96 ^{**}	-0.33	0.32

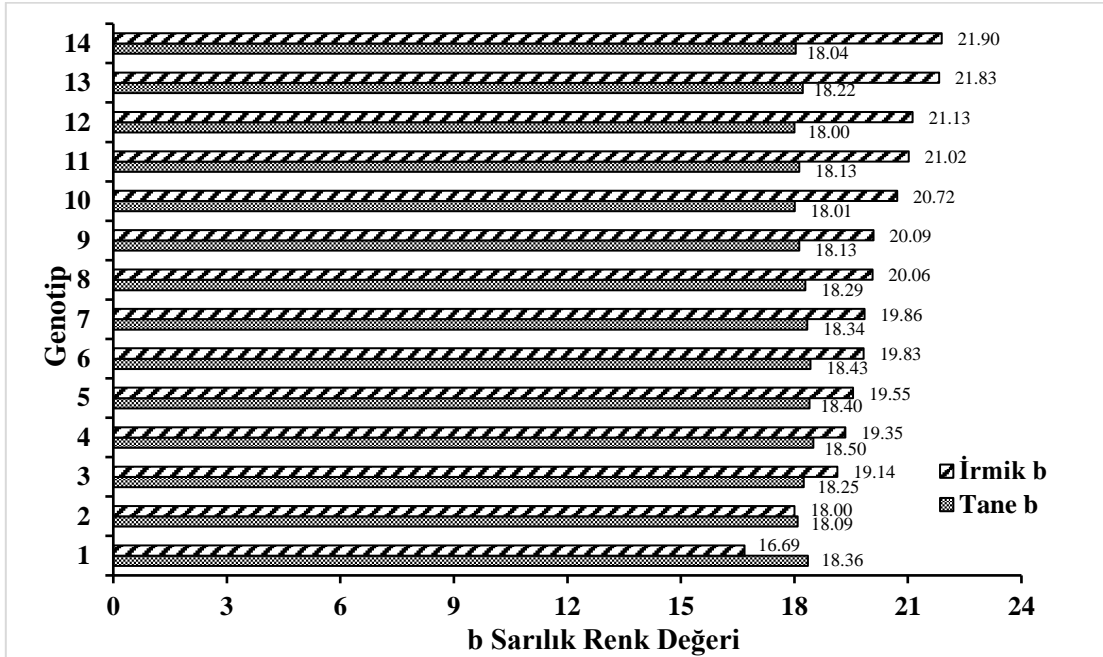
* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, $n=28$, lb: ırmik b değeri

Yapılan bir çalışmada da benzer şekilde tane b ile ırmik b değerleri arasında düşük bir korelasyon değeri ($r=0.29^{**}$) belirlenmiştir (Pehlivan ve ark., 2008). Ülkemizde makarnalık buğdayın tane rengine paralel olarak ırmik renginin de parlak sarı olacağı sanılmaktadır. Fakat, bu düşük korelasyon değerinden böyle bir tahmin yapmanın doğru olmayacağı görülmektedir.

Nitekim, tane ve ırmik b değerleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı incelemek için birbirine yakın tane b sarılık değerlerine (18.00-18.50) sahip 14 adet buğday örneği seçilmiş ve aynı buğday örneklerinin ırmik b değerleri taneye göre daha geniş bir aralıkta (16.69-21.90) değişim gösterdiği saptanmıştır (Şekil 1). Bu sonuçtan da hemen hemen aynı tane rengine sahip buğday örneklerinin

çok çeşitli ırmik rengine sahip olduğu ve tane renginden ırmik renginin tahmin edilemeyeceği

teyit edilmiştir.



Şekil 1. Tane b değerleri birbirine çok yakın olan numunelerin ırmik b değerlerinin karşılaştırılması

1 mm partikül boyutuna sahip kırma örneklerde belirlenen renk değerlerinin diğer renk değerleri ile arasındaki ilişki incelendiği zaman; 1 mm L değeri ile 0.8 mm L değeri ($r=0.53^{**}$), un L değeri ($r=0.41^*$) ve ırmik L değeri ($r=0.63^{**}$) arasında pozitif önemli ilişkiler saptanmıştır. 1 mm a değeri ile 1 mm b değeri ($r=0.93^{**}$), 0.8 mm a değeri ($r=0.82^{**}$), 0.8 mm b değeri ($r=0.87^{**}$), un a değeri ($r=0.34^*$), un b değeri ($r=0.65^{**}$), ırmik L değeri ($r=-0.57^{**}$), ırmik a değeri ($r=0.67^{**}$) ve ırmik b değeri ($r=0.69^{**}$) arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. 1 mm b değeri ile 0.8 mm a değeri ($r=0.75^{**}$), 0.8 mm b değeri ($r=0.93^{**}$), un a değeri ($r=0.44^*$), un b değeri ($r=0.78^{**}$), ırmik L değeri ($r=-0.47^*$), ırmik a değeri ($r=0.54^{**}$) ve ırmik b değeri ($r=0.83^{**}$) arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir (Çizelge 3).

0.8 mm partikül boyutuna sahip kırma örneklerinde belirlenen korelasyon değerleri, 1 mm tane boyutundan elde edilen sonuçlara benzer olmuştur. 0.8 mm L değeri ile un L değeri ($r=0.49^*$) ve ırmik L değeri ($r=0.46^*$) arasında pozitif korelasyon değerleri saptanmıştır. 0.8 mm a değeri ile 0.8 mm b değeri ($r=0.88^{**}$), un b değeri ($r=0.54^{**}$), ırmik L değeri ($r=-0.58^{**}$), ırmik a değeri ($r=0.68^{**}$) ve ırmik b değeri ($r=0.64^{**}$) arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. 0.8 mm b değeri ile un a değeri ($r=0.45^*$), un b değeri ($r=0.81^{**}$), ırmik L değeri ($r=-0.51^*$), ırmik a değeri ($r=0.53^{**}$) ve ırmik b değeri ($r=0.88^{**}$) arasındaki ilişkiler önemli olmuştur (Çizelge 3). Clarke ve ark.

(2000) da kırma b^* değeri ile ırmik b^* değeri arasında yüksek korelasyon değerleri ($r=0.85-0.90^{**}$) saptamışlardır.

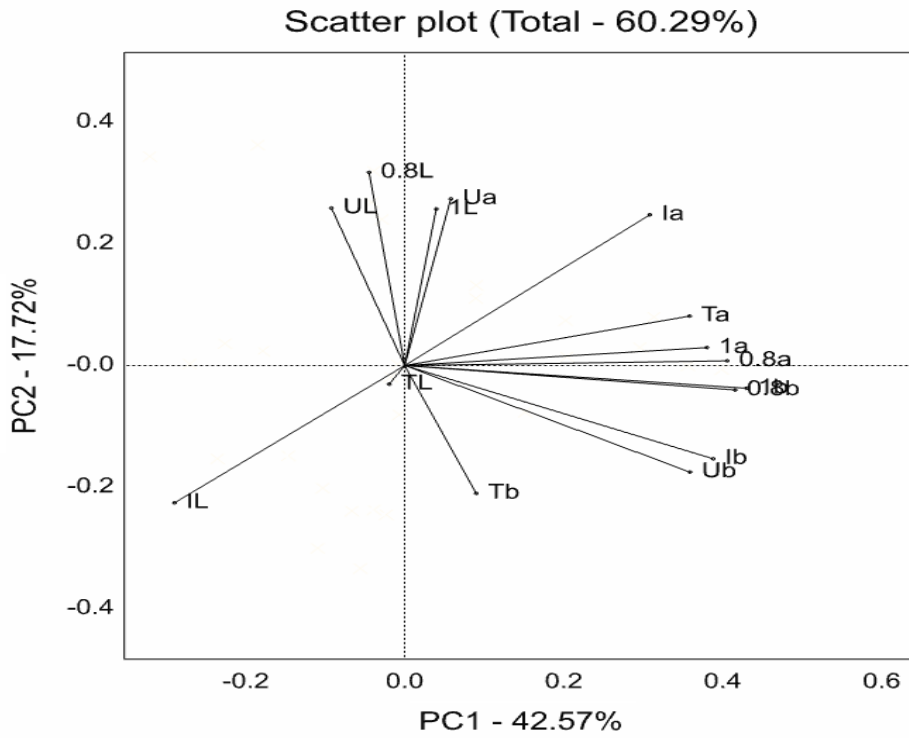
Unda belirlenen korelasyon değerleri incelendiği zaman; un L değeri ile ırmik a değeri arasında $r=-0.68^{**}$, un a değeri ile ırmik L ve a değerleri arasında ise sırasıyla $r=-0.54^{**}$ ve $r=0.68^{**}$ önemli korelasyon değerleri tespit edilmiştir. Un b ile ırmik b değeri arasında ise oldukça yüksek bir korelasyon değeri ($r=0.96^{**}$) saptanmıştır. ırmik L ve a değerleri arasında ise negatif önemli bir ilişki ($r=-0.89^{**}$) belirlenmiştir (Çizelge 3).

Özellikler arasındaki ilişkiler incelenirken korelasyon analizden sıklıkla yararlanılmaktadır. Fakat, son yıllarda özellikler arası ilişkileri görsel/grafiksel olarak incelemede biplot analizinden de yararlanılmaktadır. Bu analiz metodunda, genotiplerin lokasyonlara veya özelliklere göre değerlendirilmesinin yanı sıra bu çalışmada da olduğu gibi özellikler arasındaki ilişkiler de incelenebilmektedir (Güngör ve Akgöl, 2015; Kılıç ve ark., 2012). Biplot grafiğinde dar açı gösteren özellik vektörleri arasında pozitif korelasyon, düz veya geniş açı gösteren özellik vektörleri arasında ise negatif ilişki söz konusudur. Dikey açıya sahip olanlarda ise korelasyon yoktur (Mutwali ve ark., 2016).

Çalışmada yer alan özelliklere ait biplot grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Biplot grafiği incelendiği zaman; ilk iki ana bileşen (PC1: %42.57,

PC2: %17.72) varyasyonun %60.29'unu açıklamaktadır. Biplot grafiğinde görüldüğü gibi birbirleriyle pozitif ilişkide olan özellikler aynı bölgede toplanmıştır. Korelasyon analizine benzer şekilde tane a , 1 mm a , 0.8 mm a , 1 mm b ve 0.8 mm b değerleri arasında pozitif yönde kuvvetli ilişkiler görülmüştür. Un b ve ırmık b değerleri arasında yüksek, bu değerler ile tane b değeri arasında ise nispeten daha düşük pozitif ilişkiler saptanmıştır. Biplot grafiğinde un a , un L , 0.8 mm L , ve 1 mm L değerleri arasında pozitif ilişkiler görülmektedir. Fakat, korelasyon tablosu incelendiğinde un a değeri ile bu parametreler arasında önemli ilişkiler saptanamamıştır.

Korelasyon analizinde iki özellik arasındaki ilişki belirlenirken, biplot analizinde tüm özellikler arasındaki etkileşim dikkate alınarak ilişkiler belirlenmektedir (Kaplan Evlice ve ark., 2020). Bu nedenle korelasyon ve biplot analizlerinde bazı farklılıkların görülmesi muhtemeldir. Tane L değeri ile diğer parametreler arasında önemli bir ilişki yokken, ırmık L ile ırmık a değerleri arasında negatif ve oldukça kuvvetli bir ilişki görülmüştür (Şekil 2).

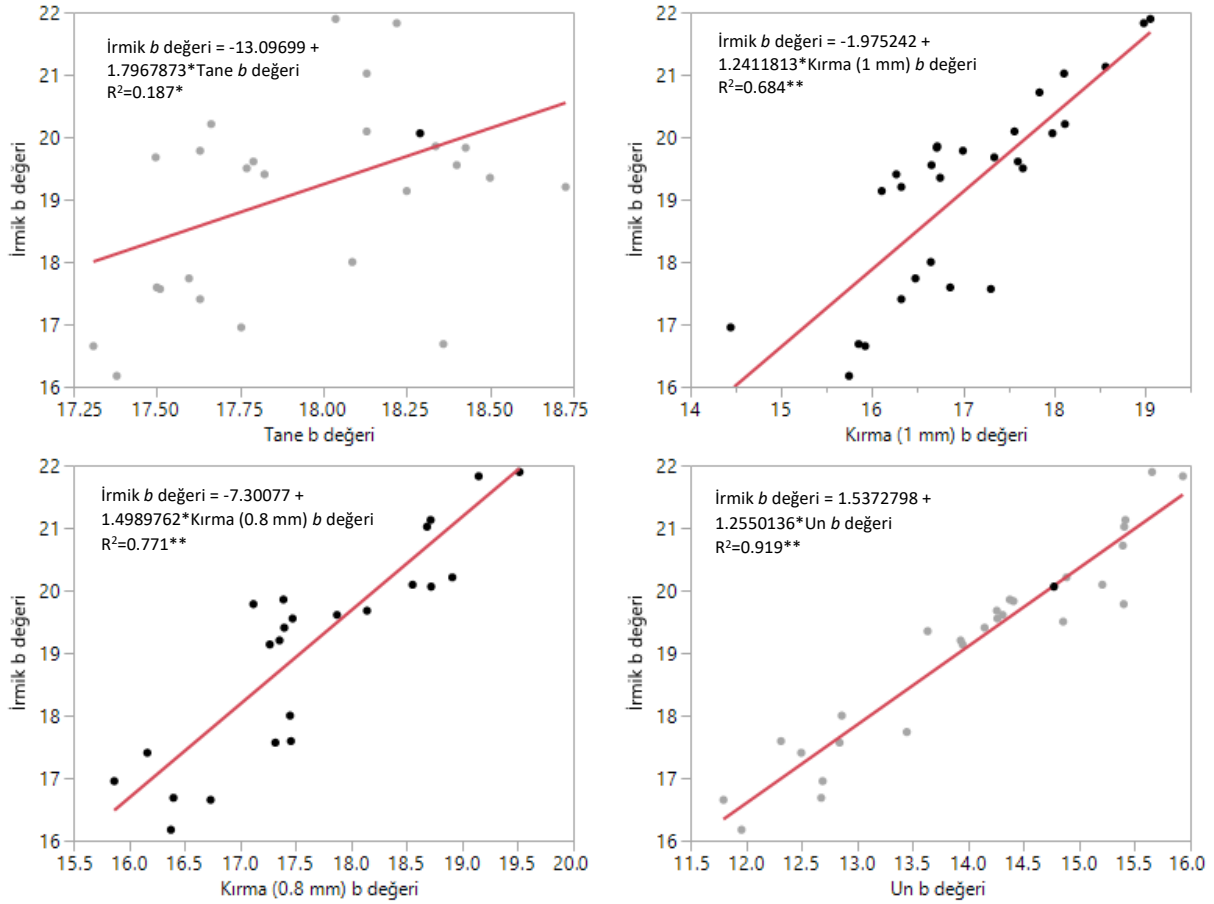


Şekil 2. Özelliklere ait biplot grafiği

TL: Tane L değeri, Ta: Tane a değeri, Tb: Tane b değeri, 1L: 1 mm kırma L değeri, 1a: 1 mm kırma a değeri, 1b: 1 mm kırma b değeri, 0.8L: 0.8 mm kırma L değeri, 0.8a: 0.8 mm kırma a değeri, 0.8b: 0.8 mm kırma b değeri, UL: Un L değeri, Ua: Un a değeri, Ub: Un b değeri, IL: İrmik L değeri, Ia: İrmik a değeri, Ib: İrmik b değeri

Bu çalışmada ayrıca, ırmık b değeri ile önemli korelasyon katsayısına sahip b değerleri arasındaki regresyon da incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. İrmik b değeri ile en yüksek belirtme katsayısına sahip regresyon eşitliği un b değerinden ($R^2=0.92^{**}$) elde edilmiştir. Bu değeri sırasıyla 0.8 mm kırma b değeri ($R^2=0.77^{**}$), 1 mm kırma b değeri ($R^2=0.68^{**}$) ve tane b değeri ($R^2=0.19^*$) izlemiştir. Sonuçlar korelasyon analizi sonucuna benzer şekilde olmuştur. Korelasyon analizinde de en yüksek değer ($r=0.96^{**}$) ırmık b

değeri ile un b değeri arasında saptanmıştır. Bunu ırmık b değeri ile 0.8 mm b değeri ($r=0.88^{**}$), 1 mm b değeri ($r=0.83^{**}$) ve tane b değeri ($r=0.43^*$) arasındaki korelasyonlar takip etmiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde Clarke ve ark. (2000) da, kırma b^* değeri ile ırmık b^* değeri arasındaki belirtme katsayısını $R^2=0.74^{**}$ olarak tespit etmişlerdir. Hem korelasyon hem de regresyon analizi sonucunda ırmikte sarılık rengini tahmin etmede un renginden yararlanmanın daha doğru sonuçlar vereceği görülmektedir.



Şekil 3. İrmik b ile önemli korelasyon değerlerine sahip b değerleri arasındaki regresyon grafikleri ve belirtme katsayıları (R^2)

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

Sonuç ve Öneriler

Çalışma sonucunda partikül boyutunun renk değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuş, partikül boyutu arttıkça L değeri azalmış, a değeri artmıştır. En yüksek b değeri ise irmikte saptanmıştır. Kepek içeren tane, 1 mm kırma ve 0.8 mm kırma örnekleri ise benzer değerler vermiştir. Unda ise en düşük b değeri saptanmıştır. Unda en düşük değer saptanmış olmasına rağmen, yapılan hem korelasyon hem de regresyon analizi sonucu irmik b sarılık değerinin en iyi undan tahmin edilebileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, taneden gözle renk tahmin etmek en kolay yöntem olmasına rağmen, irmik renginin taneye bakılarak belirlenemeyeceği sonucuna varılmıştır. Renk değerlerinin kalıtım derecesi oldukça yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, özellikle makarnalık buğday ıslah çalışmalarında çevreden daha az etkilenen renk parametresinden seleksiyon kriteri olarak etkili bir şekilde yararlanılabileceği belirlenmiştir.

Teşekkür: Kalıtım derecelerinin hesaplanmasında yardımcı olan Prof. Dr. Mevlüt AKÇURA'ya teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- AACC International. 2010. Approved Methods of Analysis, 10th ed. St. Paul, MN: The Association.
- Abdel-Aal, E.M., Young, J.C., Wood, P.J., Rabalski, I. 2002. Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat. *Cereal Chemistry*, 79(3): 455-457.

- Adom, K.K., Liu, R.H. 2002. Antioxidant activity of grains. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6182-6187.
- ASTM, 2002. American Society For Testing and Materials, Standard Practice for Obtaining Spectrophotometric Data for Object-Color Evaluation, Method No: E 1164.
- Bilgin, O., Korkut, K.Z., Başer, I., Dağlıoğlu, O., Ozturk, I., Kahraman, T., Balkan, A. 2010. Variation and heritability for some semolina characteristics and grain yield relations in durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences*, 6: 301-308.
- Branković, G., Dragičević, V., Dodig, D., Knežević, D., Kandić, V., Šurlan-Momirović, G., Sečanski, M. 2015. Phytic acid, inorganic phosphorus, antioxidants in bread and durum wheat and their associations with agronomic traits. *Agricultural and Food Science*, 24(3): 183-194.
- Cabas-Lühmann, P.A., Manthey, F.A. 2020. Environment during grain filling affects pasta color. *Cereal Chemistry*, 97(5): 967-980.
- Clarke, F.R., Clarke, J.M., McCaig, T.N., Knox, R.E., DePauw, R.M. 2006. Inheritance of yellow pigment concentration in four durum wheat crosses. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 133-141.
- Clarke, J.M., Clarke, F.R., Ames, N.P., McCaig, T.N., Knox, R.E. 2000. Evaluation of predictors of quality for use in early generation selection. "Alınmıştır: *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges*. (Eds.) Royo, C., Nachit, M., Di Fonzo, N., Araus, J.L., Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40, Zaragoza, 439-446.
- Coşkun, Y., İlkhan, A., Köten, M., Coşkun, A. 2010. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen farklı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite yönünden değerlendirilmesinde b ve b* renk değerlerinin kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3): 25-29.
- Digesu, A.M., Platani, C., Cattivelli, L., Mangini, G., Blanco, A. 2009. Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats. *Journal of Cereal Science*, 50: 210-218.
- Ficco, D.B., Mastrangelo, A.M., Trono, D., Borrelli, G.M., De Vita, P., Fares, C., Beleggia, R., Platani, C., Papa, R. 2014. The colours of durum wheat: A review. *Crop and Pasture Science*, 65(1): 1-15.
- Fu, B.X., Wang, K., Dupuis, B., Taylor, D., Nam, S. 2018. Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality. *Journal of Cereal Science*, 79: 210-217.
- Groth, S., Wittmann, R., Longin, C.F.H., Böhm, V. 2020. Influence of variety and growing location on carotenoid and vitamin E contents of 184 different durum wheat varieties (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) in Germany. *European Food Research and Technology*, 246(10): 2079-2092.
- Güngör, H., Akgöl, B. 2015. Kırklareli ekolojik koşullarında makarnalık buğday genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(3): 256-267.
- Hidalgo, A., Brandolini, A. 2008. Kinetics of carotenoids degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) and bread wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23): 11300-11305.
- Hidalgo, A., Brandolini, A. 2012. Lipooxygenase activity in wholemeal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. *Food Chemistry*, 131(4): 1499-1503.
- Hidalgo, A., Fongaro, L., Brandolini, A. 2014. Wheat flour granulometry determines colour perception. *Food Research International*, 64: 363-370.
- Hidalgo, A., Fongaro, L. ve Brandolini, A. 2017. Colour screening of whole meal flours and discrimination of seven *Triticum* subspecies. *Journal of Cereal Science*, 77: 9-16.
- Joubert, M., Morel, M.-H., Lullien-Pellerin, V. 2018. Pasta color and viscoelasticity: Revisiting the role of particle size, ash, and protein content. *Cereal Chemistry*, 95(3): 386-398.
- Kaplan Evlice, A. 2016. Bulgurun fonksiyonel özellikleri ve teknolojik kalitesine buğday çeşidi ve üretim yönteminin etkisi. Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 216 s.
- Kaplan Evlice, A., Özkaya, H. 2011. Makarnalık buğdayda farklı cihazlarla saptanan renk değerinin kalite yönünden değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(2): 33-40.
- Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Sanal, T., Salantur, A., Kilic, G., Dugan, G., Boyacı, I.H., Koksel, H. 2020. Utilization potential of Glutograph in wheat breeding programs and the influence of genotype and environment on bread wheat quality. *Cereal Chemistry*, 97(3): 634-641.

- Kaya, Y., Akcura, M. 2014. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Science and Technology*, 34(2): 386-393.
- Kılıç, H., Tekdal, S., Kendal, E., Aktaş, H. 2012. Augmented deneme desenine dayalı ileri kademe makarnalık buğday (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) hatlarının biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. *KSU Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(4): 18-25.
- Konopka, I., Czaplicki, S., Rotkiewicz, D. 2006. Differences in content and composition of free lipids and carotenoids in flour of spring and winter wheat cultivated in Poland. *Food Chemistry*, 95(2): 290-300.
- Lachman, J., Hejtmánková, K., Kotíková, Z. 2013. Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: Selection for breeding and production. *Journal of Cereal Science*, 57(2): 207-214.
- Mohammed, A., Geremev, B., Amsalu, A. 2012. Variation and associations of quality parameters in Ethiopian durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) genotypes. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 6(1): 17-31.
- Mutwali, N.I.A., Mustafa, A.I., Gorafi, Y.S.A., Mohamed Ahmed, I.A. 2016. Effect of environment and genotypes on the physicochemical quality of the grains of newly developed wheat inbred lines. *Food Science & Nutrition*, 4(4): 508-520.
- Pehlivan, A., Kaplan Evlice, A., Şanal, T., Çinkaya, N., Özderen, T., Keçeli, A. 2008. Makarnalık buğdaylarda (*Triticum durum* Desf) irmik rengi ile tane rengi arasındaki ilişkinin incelemesi. Ülkesel Tahıl Sempozyumu, 2-5 Haziran, Konya, s. 819-823.
- Posner, E.S. 2009. Wheat flour milling. "Alınmıştır: *Wheat Chemistry and Technology*. (eds) Khan, K., Shewry, P.R., AACC International, St Paul, MN, ABD, pp. 119-152.
- Sacchetti, G., Cocco, G., Cocco, D., Neri, L., Mastrocola, D. 2011. Effect of semolina particle size on the cooking kinetics and quality of spaghetti. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), *Procedia Food Science*, 1: 1740-1745.
- Sakin, M.A., Sayaslan, A., Duzdemir, O., Yuksel, F. 2011. Quality characteristics of registered cultivars and advanced lines of durum wheats grown in different ecological regions of Turkey. *Canadian Journal of Plant Science*, 91: 261-271.
- Schulthess, A., Matus, I., Schwember, A.R. 2013. Genotypic and environmental factors and their interactions determine semolina color of elite genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) grown in different environments of Chile. *Field Crops Research*, 149: 234-244.
- Şahin M., Akçura, M., Akçacık, A.G., Doğan, S. 2006. Makarnalık buğday ıslahında renk spektrofotometresi ile ölçülen parametrelerin değerlendirilmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2: 17-21.
- Şener, O., Kılınc, M., Yağbasanlar, T. 2000. Ekmeklik buğdayda diallel melez analizi ile bazı tarımsal karakterlerin kalıtımının belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 121-127.
- TMO, 2022. Toprak Mahsulleri Ofisi, 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sectorraporlari/hububat2020.pdf>
- TRADEMAP, 2022. Trade Statistics for International Business Development. <https://www.trademap.org/>.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Yıllık Sanayi Ürün İstatistikleri. [https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=210&l](https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=210&locale=tr)
- Yan, W., Holland, J.B. 2010. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. *Euphytica*, 171: 355-369.
- Ziegler, J.U., Wahl, S., Würschum, T., Longin, C.F.H., Carle, R., Schweiggert, R.M. 2015. Lutein and lutein esters in whole grain flours made from 75 genotypes of 5 *Triticum* species grown at multiple sites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(20): 5061-5071.