SİMİT ÜRETİLMESİNDE KULLANILAN BAZI UNLARIN FİZİKOKİMYASAL, GLUTEN AGREGASYON VE HAMUR REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Merve YÜKSEL
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0006-8134-3428

Onur ÇİÇEK
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0007-4723-7741

Eren KAYMAK
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0008-3070-550X

Nida SARSILMAZER
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0001-2424-4646

Zeynep Sude ÜSTÜNKAYA
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0002-1701-9288

Yaşar KARADUMAN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-1306-3572

ÖZET

Çalışmada, Eskişehir'de üretim yapılan simitlik unların fizikokimyasal, teknolojik ve reolojik özelliklerini özel amaçlı un ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Unlarda teknolojik kalite özellikleri (nem miktarı, kül miktarı, protein miktarı, yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri, makro-SDS sedimantasyon değeri, solvent tutma kapasitesi değerleri, glutenin şişme indeksi, renk değerleri), hamur reolojik özellikleri (farinograf ve reometre) ve gluten agregasyon (GlutoPeak) özellikleri ortaya koyulmuştur. Simit unlarının gluten gücü ile ilişkili gluten performans indeksi (GPI) ve solvent tutma kapasitesi (STK) laktik asit değerleri 0.550 ve %90.0 civarında olup özel amaçlı unun altındadır. Simit unlarının protein oranı yaklaşık %10.0-10.5 arasındadır. Simit unları, %90-95 arasında gluten indeks değerleri ile sıkı gluten yapısındadır. Unlar sedimantasyon değerleri 45.0-55.0 ml arasında değişmiş orta gluten gücüne sahiplerdir. Simitlik unların GlutoPeak PMT değeri 75.0-80.0 s, BM değeri 20.0-25.0 BU, PM değeri 25.0-30.0 BU arasında, BEM değeri 40.0 BU civarında bulunmuştur. Simit unlarının yaklaşık farinograf su absorpsiyonu %60.0, gelişme süresi 2.5 dak, stabilitesi ise 0.5-2.0 dakikadır. Simit hamurlarının farinografta yumuşama değeri özel amaçlı hamurun üzerinde olup hamurlar daha az dirençli ve oldukça uzayabilir karakterdedir ($p<0.01$). Özellikle 1 ve 3 nolu simit unlarının yumuşama derecesi çok daha fazla bulunmuştur (yaklaşık 200.0-250.0 FU arasında). Simit unu 2 ve özel amaçlı un hamurlarının depolama direnci (G′) değeri yüksek bulunurken (20.000-25.000 Pa), 1 ve 3 nolu simitlik unların ise düşüktür (~10.000 Pa). 1 ve 3 nolu unların kayıp (G″) değerleri daha düşük (~5.000 Pa) ve tanδ G"/G' değeri daha büyüktür (~0.525).

2 nolu simitlik unun G″ değeri özel amaçlı unun üzerinde bulunmuştur (13060 Pa). 2 nolu simitlik un ve özel amaçlı unun tanδ G"/G' değeri benzer ve küçüktür (~0.500). Reometre özellikleri bakımından özel amaçlı una benzer olan olduğu gibi farklılıklar olduğu görülmüştür. Çalışmada unların yüksek uzama kabiliyetinde ve zayıf hamur yapısının simit üretiminde silindirleme ve devamında halka yapılabilme için gerekli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Eskişehir'de en fazla tüketilen simit unlarının kalite özellikleri belirlenerek un üreticilerine ve simit fırınlarına istedikleri un özellikleri için önemli bilgiler sağlanmıştır.
Anahtar kelimeler: Simit, Un Kalitesi, Hamur Reolojik Özellikleri, GlutoPeak, Reometre, Farinograf

DETERMINATION OF PHYSCOO-CHEMICAL, GLUTEN AGGREGATION AND DOUGH RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SOME FLOURS USED IN BAGEL PRODUCTION

ABSTRACT
In the study, the physico-chemical, technological, and rheological properties of bagel flour produced in Eskişehir were evaluated by comparing it with special-purpose flour. Technological quality properties of flour (moisture content, ash content, protein content, wet gluten content, gluten indeks value, macro-SDS sedimentation value, solvent retention capacity values, gluten swelling index, color properties), dough rheological properties (farinograph and rheometer), and gluten aggregation (GlutoPeak) properties were revealed. In relation to the gluten strength of bagel flours, the gluten perfromance index (GPI) and solvent retention capacity (SRC) lactic acid values were lower than those of special purpose flour, at 0.550 and 90.0%, respectively. Bagel flour contained a protein content between 10.5% and 11.0%. Bagel flours had a hard gluten content with gluten index values between 90 and 95%. Flours had medium gluten strength, with sedimentation values varying between 45.0 and 55.0 ml. The GlutoPeak PMT value of bagel flours was found to be 75.0-80.0 s, the BM value was found to be between 20.0 and 25.0 BU, the PM value was found to be between 25.0 and 30.0 BU, and the BEM value was found to be around 40.0 BU. The approximate farinograph water absorption of simit flours was 60.0%, the development time was 2.5 minutes, and the stability was found to be 0.5-2.0 minutes. The farinograph softening value of bagel doughs was above that of special-purpose flour dough, and doughs had less resistance and were quite extensible ($p<0.01$). Especially the softening degree of 1 and 3 bagel flours was found to be much higher (approximately between 200.0 and 250.0 FU). While the storage resistance (G′) value of simit flour 2 and special purpose flour doughs was found to be high (20.000 and 25.000 Pa), it was low for simit flours of the 1 and 3 (~10.000 Pa). The loss (G′) values of the 1 and 3 flours were lower (~5.000 Pa), and the tanδ G"/G' value was greater (~0.525). The G″ value of bagel flour of 2 was found to be higher than that of special purpose flour (13060 Pa). The tanδ G"/G' value of bagel flour 2 and special purpose flour were similar and less (~0.500). It was observed that there were differences as well as similarities with special-purpose flour in terms of rheometer properties. In the study, it was determined that the high extensibility and weak dough structure of flours are necessary for rolling and subsequent ring making in bagel production. The results obtained determined the quality characteristics of the bagel flours most consumed in Eskişehir and provided important information to flour producers and bagel bakeries about the flour properties they desired.
Keywords: Bagel, Flour Quality, Dough Rheological Properties, GlutoPeak, Rheometer, Farinograph

1.GİRİŞ

Halka şeklinde ve üst yüzeyinde susam taşıyan "simit" un, su, maya ve tuz kullanılarak elde edilir. İnce bir yapılı olup pişirildiğinde simit kendine özgü gevrek, çıtır çıtır, koku ve tada ulaşır. Pişirilmeden önce melas-su karışımına batırıldığından ve susam kullanıldığından oldukça zengin bir aroma oluşur. Kullanılan melas ve protein bileşikleri ile oluşan maillard reaksiyonların simidin renk ve aroma oluşumunu sağlamaktadır (Baslar vd., 2023). Türk Standartlar Enstitüsü tarafından Simit, buğday ununa, içme suyu, yemeklik tuz, ekmek mayası ve istendiğinde bitkisel margarin katılıp yoğurulması ile elde edilen hamura gerektiğinde katkı maddesi katılması ve renk amaçlı pekmez uygulanmasının ardından şekil verilmiş hamur üzerine istenildiğinde çeşni maddeleri konularak tekniğine uygun olarak pişirilmesi ile elde edilen mamul olarak isimlendirilmektedir. İlgili standart "simidin kendine has tad ve kokıda olmalı, halka şeklinde, iyi pişmiş ve kabarmış, kendisine has görünümde ve renkte olmalı, parçalanmış, ezilmiş ve küflenmiş olmamalı, üzerine çeşni madde veya maddeleri konulmuş olabilir. Kabuk iyi ve tam teşekkül etmiş ve iç kısımdan ayrılmamış olmalıdır. Simit kesiti pişkin olmalı, tıkız, yanık, hamur, yapışkan, içinde hamur haline gelmemiş un topakları, iplikleşme, büyük yarık ve boşluklar olmamalı, gözenekler homojen olmalıdır" şeklinde tarif edilmektedir. İstanbul simidi, İzmir simidi, Ankara simidi, taban simidi, kel simit, kandil simidi, Sivas glik, Siirt kuru ekmek, Diyarbakır kilor, sütlü simit, pastane simidi Ülkemizde bilinen bazı simit çeşidi vardır (Karabacak, 2019). Simidin başlıca 3 çeşit türü vardır. Taban simidi, bu fırın içine ekmek gibi kürekle atılmaktadır. Tava simidi, bu tavada pişirilen türüdür. Kazan simidi, bu az susamlı olan ve parlak görünüşlü simittir. Simitteki renk ve lezzet farkı, şehirlerde farklı olması tamamen pekmezleme denen aşamadaki farklı uygulamadan kaynaklanır. Bu İstanbul'da soğuk, İzmir, Bursa, Ankara ve bazı illerde sıcak olarak yapılmaktadır. Sıcak yapıldığında pekmez ve su aynı oranda karıştırılarak kaynatılır. Halka şeklindeki simitler bu kaynar pekmezli karışıma batırılır. Yani bir nevi ön pişirme yapılır. Ardından susama batırılarak fırında pişirilir (Cros, 2007). Günlük yaklaşık 2,5 milyon adet simit üretilmektedir (Rot., 2012). Simitlik un simidin içerisinde bulunan kendine has koku ve lezzeti koruyabilmesini sağlamalıdır Aynı zamanda simidin yiyiminin daha güzel olmasını, simide çıtır bir özellik sağlamalıdır. Simit hazırlanırken kolay bir şekilde şekil alabilen yumuşak bir hamur olmalıdır. Hamura şekil verdikten sonra kendini bırakmamalıdır. Hamuru fırınlanmaya hazır bir şekilde olan simidin dış yapısının kızarmasını, içyapısının ise değişmemesine özen gösterilir. Simitlik olması unun içeriğindeki protein %12.5, sedimantasyon değeri yaklaşık 30 ml idealdir. Genel olarak unların öğütülme kapasitesi ve hammaddesi incelendiğinde, yufkalık unun gluten değeri daha yüksek, renk olarak daha beyaz olan ilk kırma pasajları tercih edilmektedir. Bunun yanında simitlik un için kepek, protein ve kül değerleri son kırma pasajları kullanılmaktadır (Cros, 2007; Bath ve Hoseney, 1994). Bu çalışmada yaygın olarak tüketilen simit unlarının fiziksel, kimyasal, teknolojik ve hamur reolojik özellikleri birbirleriyle ve özel amaçlı un ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. 2.1. Materyal

Simit unları üretim fırınlardan, özel amaçlı un ise bir marketten temin edilmiştir. Unlar analizler için polietilen torbalarda soğuk bir yerde (~ +10 °C) muhafaza edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Un analizleri

Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 3 g un unda 100 ml standart test tüpleri kullanılarak belirlenmiştir. Solvent tutma kapasitesi (STK) analizleri Guzman vd (2015) ve Karaduman (2020)'ye göre yapılmıştır. Çalışmada çözelti olarak saf su, laktik asit (5%, v/v), sodyum karbonat (%5'lik, w/v), and sakkaroz (%50'lik, w/v) kullanılmıştır. Glutenin şişme indeksi (GSI) analizi Wang ve Kovacs'a (2002)'ye göre yapılmıştır. Unların L* (parlaklık), a* (+kırmızı/-yeşil) ve b* (+sarı/-mavi) değerleri Hunterlab MiniScan (XE Plus, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Rutubet miktarını belirlemek için Pfeuffer HE-50-5 nem analiz cihazı kullanılmıştır. Kül miktarı AACCI No. 08.01'e (AACCI, 2010) göre belirlenmiştir. Yakma işlemi için kül fırını (Thermnevo) kullanılmıştır. Su aktivitesi analizi WaterLab (Steroglass S.r.l., Perugia, İtalya) cihazı ile belirlenmiş, ölçüm 25 ^{0}C'de gerçekleştirilmiştir. Protein oranı Dumas yakma yöntemi AACC Yöntemi 46-30 (AACCI, 2010) ile çalışan LECO FP628 sonuçları kullanılarak kalibre edilmiş NIR 6500 (Foss, Hillerød, Danimarka) cihazı ile belirlenmiştir. Yaş gluten miktarı gluten yıkama cihazı (Perten Glutomatik 2100 sistemi, İsveç) kullanılarak belirlenmiş, yaş gluten elde edildikten sonra santrifüj eleklerine konularak santrifüj edilerek (6000 rpm'de) gluten indeks değeri hesaplanmıştır. Gluten reolojik özellikleri Brabender GlutoPeak Cihazında (Brabender GmbH ve Co. KG, Duisburg, Almanya) kullanılarak Hızlı Un Kontrolü (HUK) yöntemi ile ortaya koyulmuştur. Analiz için 9.0 g un ve 9.0 g saf su kullanılmış, 36.0 ^{0}C sabit sıcaklık ve 2750 rpm sabit karıştırma hızı ile analiz 3 dakikada tamamlanmıştır. Pik maksimum zaman (PMT), maksimum tork (BEM), maksimum torktan 15 saniye önceki tork (BM), maksimum torktan 15 saniye sonraki tork (PM), protein ve gluten miktarları, enerji değeri ve su absorpsiyonu belirlenmiştir (Wiertz, 2018). Hamurun reolojik özellikleri Farinograph kullanılarak belirlenmiştir (AACC Method 54-21, AACCI, 2010). Farinografta öncelikle unun su absorpsiyonu belirlenmiş ve ardından 25 saniye içerisinde hesaplanan su büretten verilmiş, kurvenin çizilmesi, eğrinin düşmeye başlamasından sonraki 12 dakikaya kadar devam edilmiştir. Numunelerin hamurlarındaki elastik ve viskoz modül değerleri reometre (Thermo Haake Mars IQ Air) ile ölçülmüştür. Hamurun hazırlanmasında GlutoPeak tarafından belirlenen su absorpsiyon oranına göre una su verilmiştir. Yoğurma süresi 4 dakika olmuş ve 1. dakikada kenarlara ve mikser koluna yapışan hamurlar temizlenmiştir. Hazırlanan hamurun ortasından itibaren 5.00 ± 0.05 g hamur tartılarak elle içe doğru katlanmış ve çalışmada kullanılmadan önce şekillendirilmiştir. Oscillation frequency sweep test ile ölçümler, 2 mm sıkıştırmada, 0.1-10 Hz frekans aralıklarında ve 25 °C sıcaklıkta P35/Ti geometrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Frekans, depolama elastik modülü (G'), kayıp plastik modülü (G") ve tanδ G"/G' belirlenmiştir.

2.2.2. İstatistik analiz

Un kalite özelliklerine tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar Student t testi kullanılarak karşılaştırılmıştır ($p<0.05$). Sonuçlar JMP istatistik programı (SAS Institute, 1998) ile değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Simit unlarının renk ve solvent tutma kapasitesi (STK) değerleri

Unların renk (L*, a* ve b*), solvent tutma kapasitesi (su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat) ve gluten performans indeks (GPI) değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Unların istatistiki olarak önemli farklılık bulunan L*, STK laktik asit ve GPI değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Simitlerin kendine özgü ve tüketiciler tarafından talep edilen renk değerlerine sahip ürün sağlaması bakımından renk değerleri önemlidir (Barboza vd., 2003). Unların L* (parlaklık) değerleri ve a* (kırmızılık) değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmuştur. 1 ve 3 simitlik unların L* değeri özel amaçlı unun altındadır.

1 nolu unun b* değeri de diğer unların üzerindedir (*p<0.05)*. Solvent tutma kapasitesi (STK) testi hamurun viskoelastik özellikleri ve son ürün kalitesi ile ilişkidir (Guzman vd., 2015). STK su tüm bileşenler, sakkaroz unun pentozan içeriği, sodyum karbonat zedelenmiş nişasta miktarı ve laktik asit gluten kalitesi ile ilişkilidir (Labuschagne vd., 2021). 3 nolu unun STK sakkaroz değeri diğer unların üzerindedir. Gluten, hamurun viskoelastik özelliklerini belirleyen ana bileşendir (Shewry, 2023). Solvent tutma kapasitesi laktik asit değeri ve STK laktik asit değerinin STK su ve sodyum karbonat değerleri toplamına bölünmesi ile elde edilen gluten performans indeks (GPI) değeri gluten gücünün göstergesidir (Kweon vd., 2011). Tüm simit unları birbirine benzer ve özel amaçlı unun altında GPI ve STK laktik asit değerleri vermesi dikkat çekmiştir. 1 nolu örneğin STK-laktik asit değerleri simit unları içerisinde en düşüktür (%87.02 ve 0.556). Özel amaçlı una göre simitlik unların daha zayıf gluten gücünün simit hamurunda halkanın parçalanmadan açılabilmesi için yeterli olduğu göstermiştir. Çalışma sonucunda %90.0 laktik asit ve 0.550 civarında GPI değerlerinin simitlik un için yeterli olduğu değerlendirilmiştir (Şekil 1).

Çizelge 1. Simit unlarının renk ve solvent tutma kapasitesi (STK) değerleri

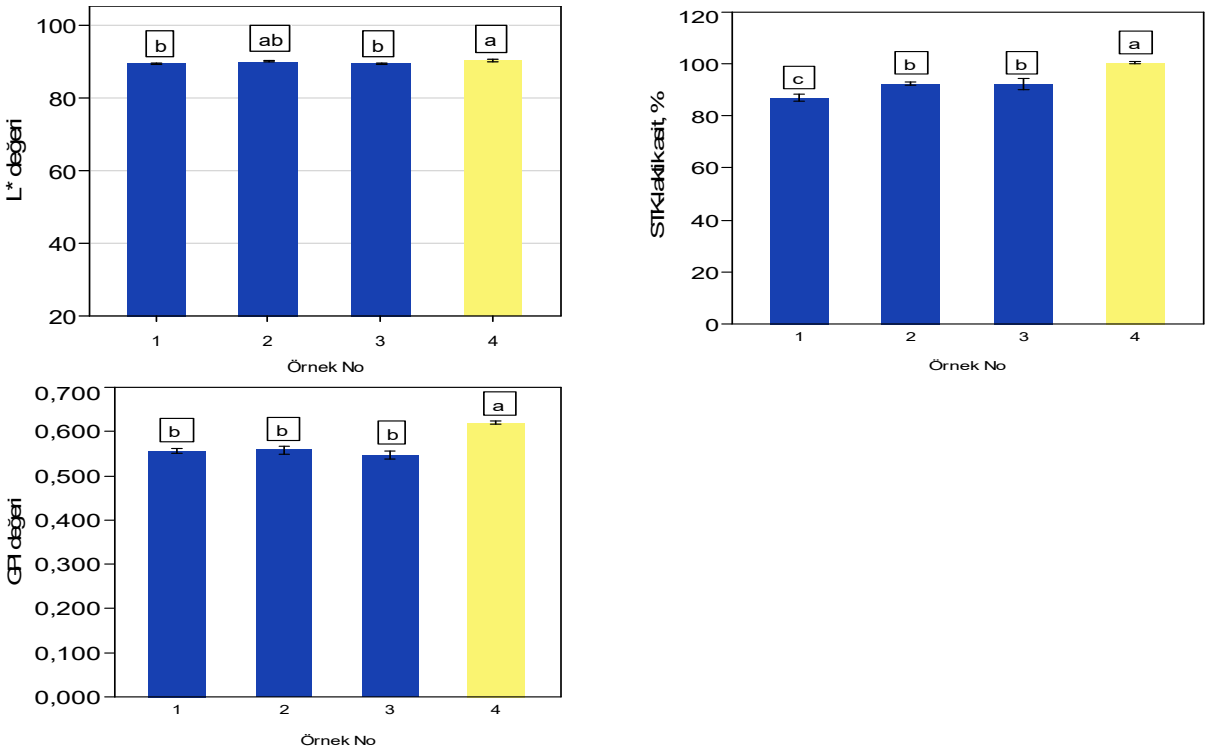
	L*	a*	b*	STK su %	STK sakkaroz %	STK sodyum karbonat	STK laktik asit %	GPI değeri
1	89.52±0.32^{b}	-0.70±0.53	11.63±0.28^{a}	60.34±1.12	78.68±1.16^{b}	77.73±1.65	87.02±2.35^{c}	0.556±0.010^{b}
2	89.98±0.30^{ab}	-1.11±0.01	11.21±0.06^{b}	61.04±1.58	81.91±0.68^{b}	83.88±5.07	92.45±1.39^{b}	0.558±0.014^{b}
3	89.45±0.36^{b}	-0.94±0.01	10.90±0.24^{b}	60.26±3.77	87.65±5.99^{a}	81.01±1.50	92.22±3.82^{b}	0.547±0.017^{b}
4	90.27±0.41^{a}	-1.22±0.04	11.14±0.08^{b}	62.52±0.29	81.21±0.87^{b}	81.01±0.20	100.52±0.92^{a}	0.620±0.006^{a}
Ortalama	89.81	-1.00	11.22	61.04	82.36	80.91	93.05	0.570
A.Ö.F.$_{0.05}$	0.53*	ö.d.	0.35*	ö.d.	5.53*	ö.d.	4.36**	0.025**

[1]Solvent tutma kapasitesi test sonuçları %14 nem esasına göre düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenen un çeşitlerine ait parametrelerin ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0.05*). Un özellikleri arasındaki %1 seviyesindeki anlamlılık ** ve %5 seviyesindeki anlamlılık * işaretiyle gösterilmiştir; ö.d.: anlamlı değil; A.Ö.F: asgari önemli farklılık; 1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi renk değerleri; SRC: solvent tutma kapasitesi; GPI: Gluten performans indeksi (STK laktik asit / StK sakkaroz + STK sodyum karbonat)

3.2. Simit unlarının fizikokimyasal analiz sonuçları

Unların bazı fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Simit unların ortalama rutubet miktarı %13.2-14.1; yaş gluten miktarı %23.93-%24.80; gluten indeks değerleri %87.05-95.80; protein oranı %9.87-10.25; glutenin şişme indeksi (GSI) değeri 3.42-3.63; sedimantasyon değeri 45.67-55.83; su aktivitesi 0.506-0.570 arasında değişmiştir. GSI ve yaş gluten miktarı değeri hariç unlar arasında istatistiki olarak önemli farklılık bulunmuştur. Unların istatistiki olarak önemli farklılık bulunan rutubet miktarı, gluten indeks değeri, protein oranı, sedimantasyon ve su aktivitesi değerleri grafik olarak da gösterilmiştir (Şekil 2). Unların rutubet miktarı Türk Gıda Kodeksi Un Tebliği (Sayı:30560; Tebliğ No: 2018/39) uygun olup %14.5'un altındadır. Unların protein oranı yaklaşık %10.0-10.5 arasındadır. 1 ve 3 nolu örneklerin protein oranı %10.0 nun hemen altındadır. Gluten indeksi değerinin ekmeklik kalite için %80 civarında olması istenirken özellikle %90'ı gluten geçtiğinde sıkı bir özellik gösterip ekmek hacmini olumsuz etkilemektedir (Özer ve Ünal, 2020). 3 nolu un hariç diğer unların gluten indeks değeri %95 düzeyinde sıkı yapıdadır. Sedimantasyon değeri gluten kalitesini gösteren un proteinlerinin sulu zayıf asitlerde şişmesi ve çökme değerini esasına dayanan en önemli un teknolojik kalite testlerinden birisidir (Karaduman vd., 2021).

Simit unların sedimantasyon değerlerinin 45.0-55.0 ml arasında olması, orta-güçlü gluten kalitesinde olduklarını ve özel amaçlı una yakın gluten gücüne sahip oldukları ortaya koymuştur. 2 no'lu unun sedimantasyon değeri özel amaçlı unun üzerinde ($p<0.01$), 3 no'lu unun yakın; 1 nolu unun ise en düşüktür. Genel olarak unların su aktivitesi (a_w) değeri mikrobiyal aktivite gelişimini sınırlandıracak düşük değerdedir (Maltini vd., 2003). Yalnız simitlik unların kontrol özel amaçlı una göre daha yüksek olması dikkat çekmiştir. Unların kül miktarı %0.598-%0.605 arasında değişmiş olup unlar arasında istatistiki olarak bir farklılık görülmemiştir.

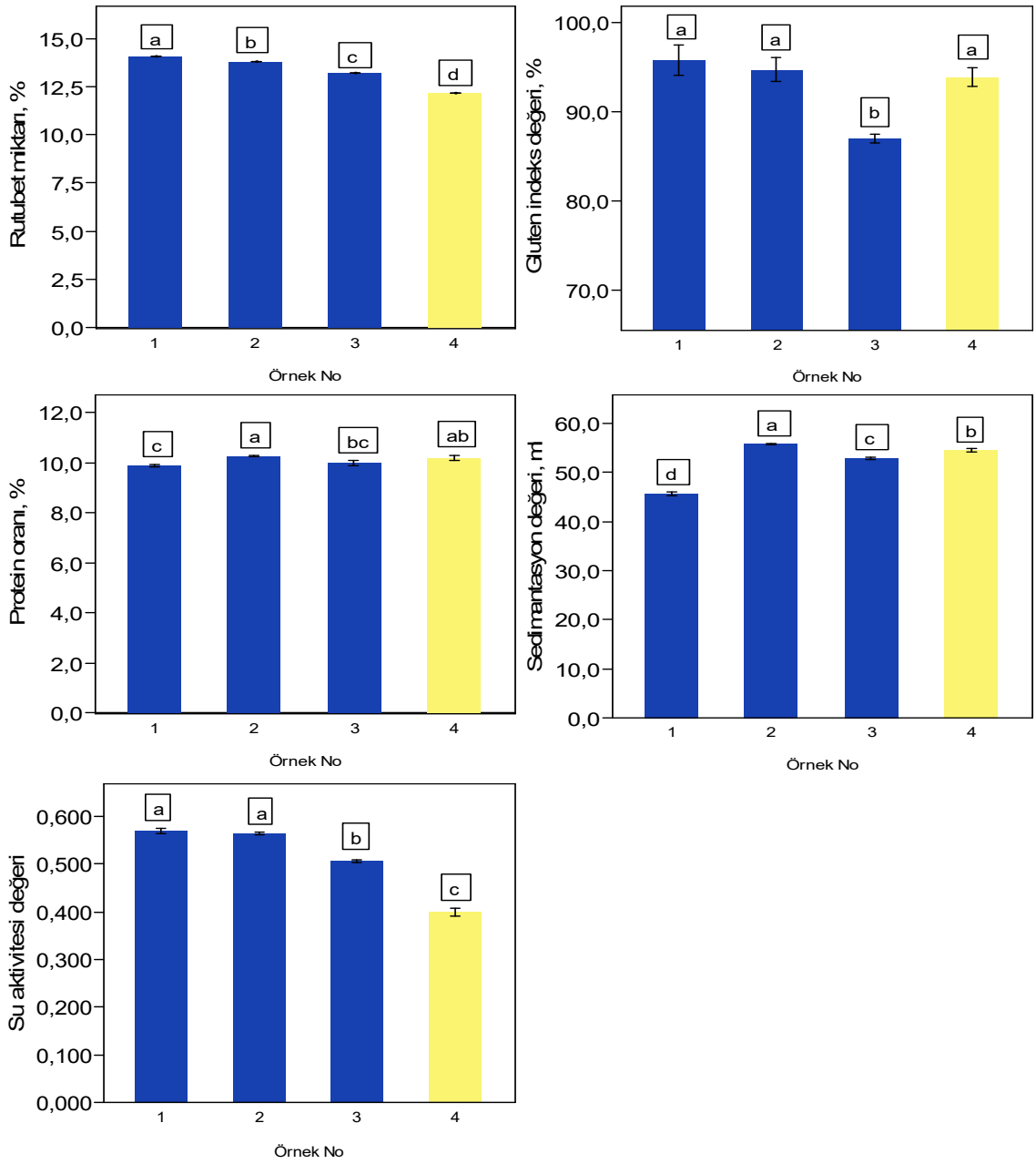


Şekil 1. Simit unlarının L*, STK laktik asit, and GPI değerleri
1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un

Çizelge 2. Simit unlarının bazı fizikokimyasal özellikleri

	Rutubet miktarı %	Yaş gluten miktarı %	Gluten indeks değeri %	Protein oranı %	Glutenin şişme indeksi	Sedimantasyon değeri ml	Su aktivitesi a_w	Kül miktarı[1] %
1	14.1±0.0^{a}	24.20±0.89	95.80±2.89^{a}	9.87±0.07^{c}	3.42±0.05	45.67±0.58^{d}	0.570±0.011^{a}	0.579±0.003
2	13.8±0.0^{b}	23.93±0.42	94.73±2.28^{a}	10.25±0.06^{a}	3.63±0.09	55.83±0.29^{a}	0.565±0.003^{a}	0.605±0.040
3	13.2±0.0^{c}	24.80±0.75	87.05±0.78^{b}	9.98±0.18^{bc}	3.49±0.09	52.83±0.29^{c}	0.506±0.007^{b}	0.598±0.019
4	12.2±0.0^{d}	26.13±1.21	93.91±1.88^{a}	10.17±0.17^{ab}	3.47±0.03	54.50±0.50^{b}	0.399±0.016^{c}	0.542±0.011
Ortalama	13.3	24.77	92.87	10.07	3.50	52.21	0.510	0.581
A.Ö.F.$_{0.05}$	0.10**	ö.d.	4.39**	0.23*	ö.d.	0,69**	0,020**	ö.d.

[1] Sonuçlar %14 nem esasına göre düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenen un çeşitlerine ait parametrelerin ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). Un özellikleri arasındaki %1seviyesindeki anlamlılık ** ve %5 seviyesindeki anlamlılık * işaretiyle gösterilmiştir; ö.d.: anlamlı değil; 1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un; A.Ö.F: asgari önemli farklılık



Şekil 2. Simit unlarının bazı fizikokimyasal özellikleri
1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un

3.3. Simitlik unların gluten reolojik (GlutoPeak) özellikleri

Unların bazı gluten reolojik (GlutoPeak) analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. GlutoPeak cihazı son zamanlarda kullanılmaya başlanılan hızlı bir test olup, bu yönüyle unlu mamuller sektöründe önemli avantajlara sahiptir. GlutoPeak cihazı ile gluten kalitesi hızlı bir şekilde ayırt edilebilmektedir. Bu cihazda fazla miktarda suyun olduğu un su karışımına uygulanan yüksek karıştırma kuvveti ölçülmektedir (Karaduman vd., 2019; Türksoy ve Onar, 2022). Cihazda agregasyon özelliklerinin ölçülerek gluten kalitesinin belirlenmesi için öncelikle gluten ayrılmakta; daha sonra gluten ağı oluşmakta ve devam eden hızlı karıştırma ile oluşan ağ parçalanmaktadır.

Elde edilen parametrelerden BEM değeri gluten maksimum direncini; PMT değeri gluten maksimum dirence ulaşmak için geçen zamanı; BM değeri maksimum dirençten 15 s önceki direncini; PM değeri 15 s sonraki direncini ifade etmektedir (Karaduman vd., 2020a). GlutoPeak cihazında Hızlı Un Kontrol Metodunda (HUKM) genel olarak BM, BEM, PM değerlerinin yüksek olması gluten gücünün yüksekliğini ve ekmek-yapım kalitesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Yalnız bazı zayıf unlar sıkı gluten yapısı ile yüksek maksimum tork (BEM) ve daha sonrasında ise daha az düşüş ile daha yüksek PM değerine sahip olabilmektedir. Gluten gücü arttıkça PMT değeri genel olarak uzamakta ekmek-yapım kabiliyeti yükselmektedir. HUKM ayrıca protein miktarı, gluten miktarı, enerji değeri ve su absorpsiyon değeri diğer reolojik özellikler ile kıyaslanarak tahmin edilebilmektedir. Çalışmada unların GlutoPeak değerleri arasında istatistiki olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Simitlik unların gluten agregasyon özelikleri genel olarak özel amaçlı un ile benzer olmuştur. Simit unlarını genel olarak PMT değerinin 75.0-80.0 s arasında, maksimum tork değeri 40.0 BU civarında, BM değeri 20.0-25.0 BU arasında; PM değerinin 25.0-30.0 BU arasında; su absorpsiyonunun %55.0 civarında, protein oranının %9.5-10.0 arasında, enerji değerinin 50.0 J (2 nolu örneğin 83.0 J) ve gluten miktarının %20.0 civarında olması simitlik unları gluten agregasyon değerlerini göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Bu değerler simitlik unu kullanacak sektörler için değerlendirme yapabilmede oldukça değerlidir

Çizelge 3. Simitlik unların gluten reolojik (GlutoPeak) özellikleri

	PMT Değeri s	BEM Değeri BU	BM Değeri BU	PM Değeri BU	Protein Miktarı %	Gluten Miktarı %	Enerji Değeri (W) J	Su Absorbsiyonu (WA) %
1	81.7 ± 6.5	38.0 ± 1.7	26.0 ± 5.3	27.0 ± 2.6	9.67 ± 0.23	20.30 ± 0.70	46.0 ± 20.8	55.7 ± 1.0
2	75.0 ± 2.0	41.0 ± 2.7	18.7 ± 1.2	29.3 ± 3.1	9.90 ± 0.40	20.93 ± 1.10	83.0 ± 32.7	55.4 ± 0.8
3	74.0 ± 12.8	38.0 ± 1.0	23.7 ± 6.4	25.7 ± 2.1	9.50 ± 0.17	19.87 ± 0.55	46.0 ± 12.0	55.1 ± 0.9
4	73.7 ± 3.8	38.3 ± 0.6	20.0 ± 1.0	29.3 ± 1.5	9.77 ± 0.12	20.53 ± 0.25	50.0 ± 6.9	55.2 ± 0.3
Ortalama	76.1	38.8	22.1	27.8	9.71	20.4	56.3	55.3
A.Ö.F.$_{0.05}$	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

BEM: maksimum tork; PM: maksimum torktan 15 s önceki tork; BM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; PMT: pik maksimum zaman; W: enerji değeri; WA: su absorpsiyonu; ö.d.: anlamlı değil; 1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un; A.Ö.F: asgari önemli farklılık

3.4. Simit unlarının hamur reolojik (farinograf ve reometre) özellikleri

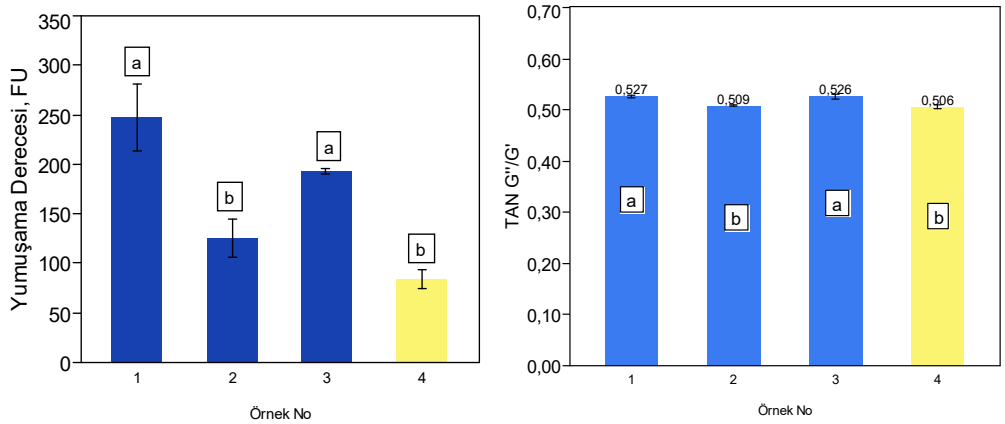
Un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Yoğurma ile tüm un bileşenleri bir araya gelmekte oluşan gerçek ortamda tahminleme testlerinin ötesinde ürünü meydana getirecek gerçek ortam oluşmaktadır. Oluşan hamurun elastikiyeti, uzama kabiliyeti, kopmaya karşı direnç göstermesi simit eldesinde halka şeklinin verilmesinde en kritik safhayı oluşturmaktadır. Simit gibi fermentasyon ile hacim gelişimi istenmeyen unlu mamullerde hamurların gluten gücünün daha az uzama kabiliyetinin daha uzun olması istenmektedir (Guzman vd., 2016). Hamurun reolojik özelliklerinin farklı cihazlar kullanılarak ortaya konulmaktadır (Boyacıoğlu, 1996; Ünal, 2002).

Farinografta hamurların mikserin kollarına dayanımı (stabilite), hamurda gluten oluşumunun tamamlanarak hamurun optimum yapıya kavuşması (gelişme süresi) ve istenen hamur yapısı için en uygun su absorpsiyonu, hamurun devam eden karıştırma ile zayıflaması (yumuşama derecesi) ölçülmektedir (Aydoğan ve Soylu, 2020). Farinograf analizinde bu değerler sonucunda cihazda otomatik olarak farinograf kalite sayısı (FKN) belirlenmektedir. Simit unlarının su absorpsiyonu %60.0 olup özel amaçlı una benzerdir. Simit unlarının gelişme süresinin özel amaçlı unun üzerinde olması ve stabilite değerinin daha az olması dikkat çekmiştir (yaklaşık olarak 2,5 dak). Stabilite değerleri değişkenlik gösterip unlar arasında 0.5-2.0 dak arasında değişmiştir. İki simitlik unun stabilitesi düşük iken (<1.0 dak), birisinin 2.0 dakikadır. Stabilite değerleri genel olarak ekmeklik una göre daha düşük bir hamur olduğu görülmüştür. Tüm simit hamurlarının farinograf yumuşama değeri özel amaçlı un hamurun üzerindedir, yani hamur daha direnci az ve uzama kabiliyeti yüksek olan zayıf bir hamurdur. Özellikle 1 ve 3 nolu simit unlarının yumuşama derecesi çok daha fazladır (200.0-250.0 FU arasında). 2 nolu una ait hamur özel amaçlı un hamuruna benzemekte, orta-yumuşama değerlerindedir. Özel amaçlı un ve 2 benzer orta, 1 ve 3 ise düşük farinograf kalite sayısı değeri (FKN) almışlardır. Sonuçta bu durum simit üretiminde işlenebilecek, silindir haline getirilip katlanabilecek ve daha sonra halka yapılabilecek uzama kabiliyeti ve yumuşaması yüksek hamur istendiğini; bazı simitlerin üretilmesinde özel amaçlı unlara benzer unlarında tercih edildiğini göstermiştir. Hamurların elastik modülü (G') ve viskoz modülü (G") ve tanδ G"/G' Çizelge 4'te verilmiştir. Bütün hamurlarının G′ değerleri, G″ değerlerinden daha yüksektir ve bu durum katı benzeri bir yapı sergilediklerini göstermektedir (Demirkesen ve Mert, 2019). G′ değerleri ürünün elastikiyetini ve deformasyona karşı olan direncini göstermektedir (Brito vd., 2022). Farinografta stabilitesi daha fazla olan simitlik un 2 ve özel amaçlı unun G′ değeri daha yüksek bulunurken (20.000-25.000 Pa), diğer iki simitlik unun ise düşüktür (10.000 Pa civarında). G″ değerinin düşük olması uzama kabiliyeti için daha az strese ihtiyaç duyduğunu göstermektedir (Di Mattia vd., 2015). Depolama direnci (G′) daha az olan 1 ve 3 nolu unların G″ değerleri daha düşüktür (5.000 Pa civarında). 2 nolu simitlik unun G″ değeri özel amaçlı unun üzerinde bulunmuştur (13060 Pa). Tanδ G"/G' değerinin daha büyük olması hamurun uzama kabiliyetinin yüksekliğini gösterir (Eroğlu ve Orhan, 2024). 1 ve 3 nolu örneklerin tanδ G"/G' değeri daha büyük (0.525 civarında), 2 nolu simitlik un ve özel amaçlı unun benzer ve küçüktür (0.500 civarında). Unların istatistiki olarak önemli farklılık bulunan farinograf yumuşama derecesi ve reometre tanδ değeri grafik olarak da gösterilmiştir (Şekil 3).

Çizelge 4. Simit üretiminde kullanılan unların hamur reolojik özellikleri

	Farinograf su absorpsiyonu %	Farinograf gelişme süresi dak	Farinograf stabilite dak	Farinograf yumuşama derecesi FU	Farinograf kalite sayısı (FKN)	Reometre elastik modül-depolama (G') Pa	Reometre viskoz modül-kayıp (G") Pa	tanδ G"/G' değeri
1	61.05±1.20	2.10±0.14	0.80±0.14	247.5±47.4	24.5±3.54	9446.5±454.7^{c}	4978.0±272.9^{c}	0.527±0.004
2	58.10±0.14	2.85±0.92	2.00±0.42	125.0±26.9	42.0±12.73	25680.0±1442.	13060.0±693.	0.509±0.002
3	60.10±0.00	2.40±0.00	0.55±0.35	192.5±3,.4^{a}	27.0±2.83	10461.5±1511.	5494.0±717.0^{c}	0.526±0.007
4	60.45±6.29	1.90±0.85	2.25±0.78	84.5±13.4^{b}	42.5±0.71	20840.0±2008.	10541.0±889.	0.506±0.006
Ort	59.93	2.31	1.40	162.4	34.0	16607.0	8518.3	0.517
A.Ö.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	60.37**	ö.d.	2070.0**	833.3**	0.015*

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenen un çeşitlerine ait parametrelerin ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). Un özellikleri arasındaki %1seviyesindeki anlamlılık ** ve %5 seviyesindeki anlamlılık * işaretiyle gösterilmiştir; ö.d.: anlamlı değil; 1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un; A.Ö.F: asgari önemli farklılık; G': elastik modülü-depolama; G": viskoz modülü-kayıp, FKN: Farinograf Kalite Sayısı



Şekil 3. Simit unlarının farinograf yumuşama derecesi ve reometre tanδ G"/G' değerleri

1, 2, 3: simit unları; 4: özel amaçlı un

4. SONUÇ

Bu çalışmada, simit unlarının teknolojik kalite özellikleri ayrıntılı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Tüm simit unlarının gluten gücü ile ilişkili GPI ve STK laktik asit değerleri sırasıyla 0.550 ve %90.0 olup özel amaçlı unun altındadır. Tüm unların rutubet miktarı mevzuata uygundur (<%14.5). Unların protein oranı yaklaşık %10.0-10.5 arasındadır. 3 nolu simitlik un hariç diğer unların gluten indeks değeri %95 düzeyinde, gluteni sıkı yapıdadır. Unlarda sedimantasyon değerleri 45.0-55.0 ml arasındadır. Simitlik unların GlutoPik PMT değeri 75.0-80.0 s arasında, BEM değeri 40.0 BU civarında, BM değeri 20.0-25.0 BU arasında, PM değeri 25,0-30,0 BU arasındadır. Simit unlarının farinografta yaklaşık su absorpsiyonu %60.0 ve gelişme süresi 2.5 dakikadır, stabilitesi ise 0.5-2.0 dakika arasındadır. Tüm simit hamurlarının farinograf yumuşama değeri özel amaçlı un hamurun üzerindedir, yani hamurlar daha az dirençli ve uzayabilirdir. 2 ve özel amaçlı un hamurlarının G′ değeri daha yüksek; 1 ve 3 nolu simitlik unların düşüktür. Deformasyona direnci (G′) daha az olan 1 ve 3 nolu unların G″ değerleri daha düşük (5.000 Pa civarı) ve tanδ değeri daha büyüktür (0.525 civarında).

Çalışmada unların yüksek uzama kabiliyetinde hamur yapısının simit üretiminde silindirleme ve halka yapılabilmeyi sağladığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar simitlik un için sektöre standart kalitede ürün üretme imkânı için yol gösterici bilgiler sağlayacaktır.

Ethics statements
The authors have read and followed the ethical requirements for publication and confirm that the current work does not involve human subjects, animal experiments, or any data collected from social media platforms.

Author' contributions

Yaşar Karaduman: Supervision, Collected the data, Investigation, Data curation, Formal analysis, Conceptualization, and Writing – original draft. **Onur Çiçek:** Collected the data, Investigation, Data curation, Formal analysis. **Nida Sarsılmazer:** Collected the data, Investigation, Data curation, Formal analysis. **Zeynep Sude Üstünkaya**: Collected the data, Investigation, Data curation, Formal analysis. **Eren Kaymak**: Collected the data, Investigation, Data curation, Formal analysis. **Merve Yüksel** Collected the data, Investigation, Data curation, Formal analysis.

Acknowledgments
The authors greatly thank the Transitional Zone Agricultural Research Institute for the protein analysis of the flours.

Funding
This study was supported by the Eskişehir Osmangazi University Agricutural Faculty Food Engineering Department

Declaration of interests
The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

5. KAYNAKLAR

AACCI (2010). AACC Approved Methods (10th ed.). American Association of Cereal Chemists International (AACC), St. Paul, MN.

Aydoğan, S., Soylu, S., 2020. Farklı Yetiştirme Koşullarının Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Farinograf Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (370), 34-44.

Barboza, L. M. V., Freitas, R. J., & Waszczynskyj, N. (2003). Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. *Brasil Alimentos*, *18*, 34-35.

Baslar, M., Ozcelik, G. N., & Kiziltepe, E. (2023). A Comprehensive Review on Simit, A Turkish Traditional Food. *International Journal of Gastronomy Research*, *2*(1), 19-30.

Bath, D. E., & Hoseney, R. C. (1994). A laboratory-scale bagel-making procedure. *Cereal Chemistry*, *71*(5), 403-408.

Boyacıoğlu, M. H., 1996. Unların ekmek yapım performanslarının tahminlenmesi, *Gıda*, 12-17.

Brito, G. B., Peixoto, V. O. D. S., Martins, M. T., Rosário, D. K., Ract, J. N., Conte-Júnior, C. A., ... & Castelo-Branco, V. N. (2022). Development of chitosan-based oleogels via crosslinking with vanillin using an emulsion templated approach: Structural characterization and their application as fat-replacer. *Food Structure*, *32*, 100264.

Cross, N. (2007). Muffins and bagels. Handbook of food products manufacturing, *1*, 279-305.

Demirkesen, I., & Mert, B. (2019). Utilization of beeswax oleogel-shortening mixtures in gluten-free bakery products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *96*(5), 545-554.

Di Mattia, C., Balestra, F., Sacchetti, G., Neri, L., Mastrocola, D., & Pittia, P. (2015). Physical and structural properties of extra-virgin olive oil based mayonnaise. *LWT-Food Science and Technology*, *62*(1), 764-770.

Eroğlu, Z. & Orhan, N. Ö. (2024). Zeytinyağı oleojelinin şortening ikame maddesi olarak kullanılmasının kekin kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Food and Health*, *10*(1), 40-51.

Guzman, C., Posadas-Romano, G., Hernandez-Espinosa, A., Morales-Dorantes, A. and Pen~a, R. J. (2015). A new standard water absorption criteria based on solvent retention capacity (SRC) to determine dough mixing properties, viscoelasticity, and bread-making quality. *Journal of Cereal Science, 66*, 59-65.

Guzman, C., Pena, R. J., Singh, R., Autrique, W., Dreisigacker, S., Crossa, J., Battenfield, S. (2016). Wheat quality improvement at CIMMYT and the use of genomic selection on it. Applied and Translational Genomics, *11*, 3–8. https://doi.org/10.1016/j.atg.2016.10.004.

Karaduman, Y., Önder, O., Sayaslan, A., & Aydın, N. (2019). Utilisation of GlutoPeak tester on whole-wheat flour for gluten quality assessment. *Quality assurance and safety of crops & foods*, *11*(3), 295-304.

Karaduman,Y., 2020. Assessing Gluten Strength with a New Small-Scale LASRC Method Useful for Soft Wheat Breeding Programs. *Cereal Chemistry*, 97:2,196-204 DOI:10.1002/cche.10235.

Karaduman, Y., Sayaslan, A., & Akın, A. (2020a). GlutoPeak parameters of whole wheat flours for gluten quality evaluation in soft wheat breeding programs. *Journal of cereal science*, *95*, 103031.

Karaduman, Y., Belen, S., Olgun, M., Ceyhan, M., Kartal, Y., & Özkan, K. (2020). Ülkesel Ekmeklik Buğday Alım Bareminde Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Ayrımı: Yapay Zeka Destekli Örüntü Tanıma Uygulamalarının Kullanılabilirliği. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, *13*(2), 45-59.

Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2011). Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding—A revi ew. *Cereal Chemistry*, *88*(6), 537-552.

Labuschagne, M., Guzmán, C., Phakela, K., Wentzel, B., & Van Biljon, A. (2021). Solvent retention capacity and gluten protein composition of durum wheat flour as influenced by drought and heat stress. *Plants*, *10*(5), 1000.

Maltini, E., Torreggiani, D., Venir, E., & Bertolo, G. (2003). Water activity and the preservation of plant foods. *Food chemistry*, *82*(1), 79-86.

Özer, Ç., & Ünal, S. S. (2020). Glutomatik 4+ 2 Sistemi İle Gluten İndeks Parametresine Yeni Bir Bakış. *Gıda*, *45*(6), 1237-1247.

SAS Institute (1998). *INC SAS/STAT users' guide release 7.0. SAS Institute*, Cary, NC, USA.

Shewry, P. (2023). Wheat grain proteins: Past, present, and future. *Cereal chemistry*, *100*(1), 9-22.

Turksoy, S., & Onar, D. (2022). A Rapid Detection of Whole Wheat Gluten Quality by a Novel Chemometric Technique—GlutoPeak. *Foods*, *11*(13), 1927.

Ünal, S.S. (2002). Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler. Hububat 2002. Hububat ürünleri.

Wiertz, J. (2018). GlutoPeak methods-RFC, In Brabender® GmbH & Co. KG-Sales Seminar (pp. 7-13).