



Durum Buğdayı Ununun Ekmek Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması

Görkem Özülkü^{1*}

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0495-5667), ozulkug@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 27 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mayıs 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1093990)

ATIF/REFERENCE: Özülkü, G. (2022). Durum Buğdayı Ununun Ekmek Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 130-136.

Öz

Durum buğdayı unu (DBU), makarnalık irmik üretiminde açığa çıkan bir yan üründür. Bu çalışmada DBU, ekmek formülasyonuna belli oranlarda doğrudan (%7.5, %15 ve %22.5) ve aynı oranları sağlayacak şekilde ekşi hamur olarak ilave edilmiştir. Ekmeklik buğday unu ile %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında ikame edilen DBU, farinograf su absorpsiyon değerini azaltmıştır ($p < 0.05$). Artan DBU miktarı, ekmeklerin spesifik hacim değerini kontrol ekmeğine göre (%0 DBU) önemli derecede azaltmıştır ($p < 0.05$). En yüksek ekmek içi sertlik değeri (5.25 ± 0.37 N), yüksek oranda DBU'yu (%22.5) ekşi hamur olarak içeren ekmekte gözlemlenmiştir. DBU'nun doğrudan ekmek formülasyonuna ilave edilmesi, ekşi hamur olarak ilave edilmesine göre, ekmeklerin kabuk rengi parlaklık (L^*) değerini artırmıştır ($p < 0.05$). Daha yüksek kabuk a^* (kırmızılık) değeri ise ekşi hamur olarak ilave edilmesinde gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Her iki ekmek çeşidinin (doğrudan ve ekşi hamurlu DBU ilavesi) sertlik (N) değeri, 0. gün ile kıyaslandığında depolamanın diğer günlerinde önemli derecede artmıştır ($p < 0.05$). Düşük oranda durum buğdayı unlu ekşi hamur ilavesi (%7.5), doğrudan durum buğdayı unlu ilaveli ekmeklere, spesifik hacim ve sertlik değeri açısından yakın kalite özellikleri göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Durum buğdayı unu, ekmeklik kalite, farinograf, depolama

Investigation of the Usage Possibilities of Durum Wheat Flour in Bread Production

Abstract

Durum wheat flour (DWF) is a by-product obtained from the production of durum wheat semolina. In this study, DWF was added to the bread formulation in certain levels directly (7.5%, 15% and 22.5%) and as sourdough to provide the same proportions. DWF which is substituted with bread wheat flour in the levels of 7.5%, 15% and 22.5% decreased farinograph water absorption value ($p < 0.05$). Increased amount of DWF decreased the specific volume of bread samples significantly when compared to control bread (0% DWF). The highest crumb hardness (5.25 ± 0.37 N) was observed for the bread containing high amount of DWF (22.5%) as sourdough. Direct addition of DWF into bread formulation increased the crust L^* (lightness) value ($p < 0.05$) than the addition as sourdough. The higher crust a^* (redness) value was observed for DWF addition as sourdough ($p < 0.05$). The hardness value (N) of both bread types (direct addition of DWF and sourdough with DWF) increased significantly ($p < 0.05$) on other days of storage compared to day 0.

Keywords: Durum wheat flour, bread quality, farinograph, storage

* Sorumlu Yazar: ozulkug@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde ticari anlamda önemli yere sahip buğday çeşitlerinden biri olan *Triticum durum* buğdayı genellikle makarna, spagetti, bulgur ve kuskus gibi gıdaların üretiminde kullanılmaktadır. 2020/2021 sezonunda dünya makarnalık buğday üretiminin %12'si Türkiye'de gerçekleştirilmiştir (TMO, 2020). Durum buğdayını diğer buğday çeşitlerinden (*Tr. aestivum* ve *Tr. compactum*) ayıran özelliği sert ve camsı bir endosperme sahip olması ve sarı renkli pigment içeriklerinin yüksek olmasıdır (Karaca, 2019). Durum buğdayının çok sert ve gevrek endosperm yapısı, makarnalık irmik üretiminin veriminin yüksek olmasını sağlar (Sarkar ve Dexter, 2016). Makarnalık irmik üretiminden %13 civarında durum buğdayı unu (irmik altı un) açığa çıkmaktadır. Durum buğdayı değirmencilik ürünleri kendilerine özgü, kimyasal, reolojik ve ekmeklik özellikleri ile karakterize edilirler (Liu vd.,1996).

İnsan beslenmesinin önemli gıdalarından biri olan ekmeğin, dünya genelinde milyonlarca insan tarafından tüketilmekte ve yetişkinlerin günlük kalori alımının %10'unu oluşturduğu bildirilmektedir. Temel hammaddesinin başta buğday olmak üzere çavdar, mısır, yulaf gibi tahıl unları olması birçok kültürde farklı ekmeğin çeşitlerinin oluşmasına zemin hazırlamıştır. Genellikle makarna üretiminin hammaddesi olarak bilinen durum buğdayı, aynı zamanda Akdeniz'e kıyaslı olan ülkelerde çeşitli ekmeğin çeşitlerinin üretiminde de kullanılmaktadır (Giannone vd. 2016). Bunlar içerisinde en bilineni, üretimi İtalya'nın güneyinde yapılan Altamura ekmeğidir (Raffo vd.2003; Chiavaro vd.2008). Durum buğdayından yapılan ekmekler, genellikle uzun raf ömrü, sıkı ekmeğin içi yapısı ve tüm tane boyunca dağılan karotenoidlerden kaynaklı olarak sarı rengi ile karakterize edilmektedir (Acquistucci vd.2019).

Daha güçlü gluten özelliklerine sahip durum buğdayı çeşitlerinin üretimi, durum buğdayı unundan ekmeğin yapımında ekşi hamurun kullanımını yeniden gündeme getirmiştir (Rinaldi vd. 2015). Son yıllarda büyük bir önem kazanan ekşi hamur fermentasyonu, ekmeğin aroması, yapısı, raf ömrü ve besleyici özellikleri geliştirilmektedir. Ekşi hamur, tahıl unu ve suyun karıştırılıp doğal olarak fermentasyona bırakılması (Tip I ekşi hamuru) ile hazırlanabileceği gibi, Laktik asit bakterileri ve mayaların starter kültür olarak kullanılması (Tip II ekşi hamuru) ile de hazırlanmaktadır (Katina vd.2005; Arendt vd. 2007).

Ekmeğin formülasyonlarında %10-30 arasında durum buğdayı ununun kullanılmasının zayıf unların ekmeklik kalitesini iyileştirdiği ve yüksek su bağlama kapasitesinden dolayı uzun raf ömrü sağladığı daha önce yapılan araştırmalarda bildirilmiştir (Boyacıoğlu ve D'Appolonia 1994a, 1994b; Boggini vd. 1997; Hareland ve Pühr 1998). Sabanis ve Tzia (2009) ise ekmeğin yapımında durum buğdayı ununun, bazı bitkisel kaynaklı unlarla karıştırılmasının ekmeğin besleyici özelliklerini geliştirdiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, durum buğdayı unundan (DBU) üretilen ekşi hamur, belli oranlarda (%7.5, %15 ve %22.5) ekmeğin üretiminde kullanılmış ve doğrudan belli oranlarda DBU'nun kullanıldığı ekmeğin formülasyonları ile çeşitli kalite özellikleri (spesifik hacim, renk, tekstür) açısından kıyaslanmıştır. Çalışmanın amacı, DBU'nun ekmeğin formülasyonuna dahil edilmesinde uygun yöntemin bulunmasıdır. Üretilen ekmeklerin tekstürel özellikleri (sertlik, elastikiyet, koheziflik, çiğnenebilirlik) depolamanın 0., 1., 3. ve 5.inci günlerinde takip edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan ekmeklik buğday unu ticari olarak satın alınmış olup, nem miktarı %14, kül miktarı %0.65 (km), protein miktarı ise %11.6 (km) olarak belirlenmiştir. Durum buğdayı unu (irmik altı un) ise Selva Gıda San. A.Ş.'den (Konya, Türkiye) temin edilmiştir. Ekmeğin formülasyonunda kullanılan, iyotsuz tuz (Billur tuz) ve instant kuru hamur mayası (Pakmaya) kullanılmıştır.

2.2 Metot

2.2.1 Un Karışımlarının Farinograf Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada ekmeklik buğday unu, ağırlıkça %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında durum buğdayı unu ile karıştırılmış ve hazırlanan bu karışımların su absorpsiyonları, gelişme süreleri, stabilite değerleri ve yumuşama dereceleri AACC Metot No:54-21'e göre Brabender farinografında (Brabender, Almanya) belirlenmiştir.

2.2.2 Ekmeğin Üretimi

Durum buğdayı unu (DBU), ekmeğin formülasyonuna doğrudan ve yine aynı oranı sağlayacak şekilde ekşi hamur olarak ilave edilmiştir.

DBU'nun doğrudan ekmeğin formülasyonuna ilave edilmesinde, ekmeklik buğday unu, ağırlıkça belli oranlarda (%7.5, %15 ve %22.5) DBU ile karıştırılmıştır. Hazırlanan un karışımına (100 g), 2 g kuru maya, 1.5 g tuz ve miktarı farinografda tespit edilen su ilave edilerek 5 dakika yoğurulmuştur (Öztiryakiler OM10, Türkiye). Ekmeğin hamurları, 30° C 'de ve %80 nispi nemde 30 dakika 1. fermentasyona bırakılmış ve bu sürenin sonunda 1. havalandırma işlemi uygulanmıştır. İkinci fermentasyondan (30° C, %80 nispi nemde 30 dak) sonra havalandırılan hamurlar şekil verilerek tavalara alınmış ve 55 dakika son fermentasyon (30° C, %80 nispi nem) işlemine bırakılmıştır (AACC Metot No: 10-11, 1990). Bu süre sonunda 230° C 'de 25 dakika pişirilmiştir (Fimak, Türkiye).

2.2.3 Ekşi Hamurlu Ekmeğin Üretimi

Ekşi hamurlu ekmeğin üretiminde ilk olarak durum buğdayı unu kullanılarak Tip II ekşi hamuru hazırlanmıştır. Tip II ekşi hamurunun hazırlanmasında, Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü kültür koleksiyonunda yer alan *Saccharomyces cerevisiae* TGM 55 (Arıcı vd., 2018), *Levilactobacillus brevis* LABE 32 ve *Lactiplantibacillus plantarum* LABE 29 suşları kullanılmıştır. Hamur verimi [(toplam un miktarı + su miktarı) / (un miktarı) x 100] 200 olacak şekilde hazırlanan hamur, 30 °C'de 18-20 sa fermentasyona bırakılmıştır. Hazırlanan bu ekşi hamurdan, ekmeğin formülasyonundaki DBU oranı %7.5, %15 ve %22.5 olacak şekilde ayarlanan miktarlarda alınarak diğer bileşenlerle (2 g kuru maya, 1.5 g tuz ve su) karıştırılmıştır. Elde edilen ekmeğin hamuruna fermentasyon ve pişirme işlemi direk hamur yönteminde anlatıldığı üzere gerçekleştirilmiştir.

2.2.4 Ekmeklerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Spesifik Hacim

Üretilen ekmeklerin hacim değerleri kolza tohumu yer değiştirme metoduna göre ölçülmüştür (AACC Metot 10-05.01,

1990). Elde edilen değer ekmek ağırlığına bölünerek spesifik hacim değeri hesaplanmıştır. Her bir ekmek çeşidi 3 paralel olacak şekilde üretilmiş olup, bu 3 değerın ortalaması spesifik hacim değeri olarak belirlenmiştir.

Renk

Ekmeklerde renk değerleri CR-100 Konica Minolta (Japonya) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarıklık) renk değerleri ekmek kabuğunda ve ekmek içinde ölçülmüştür. Her bir ekmek için 3 farklı noktadan alınan ölçümün ortalamaları alınmıştır.

Tekstür

Ekmeklerin tekstürel özellikleri (sertlik, elastikiyet, koheziflik ve çignenebilirlik), Tekstür Profil Analiz cihazında (SMS TA.XT2 Plus, İngiltere) tespit edilmiştir. Ekmekler, oda sıcaklığında, polietilen poşetlerde bütün olarak depolanarak, 0., 1., 3., ve 5. günlerde tekstürel özellikleri takip edilmiştir.

Tekstür analizi için, 1.25 cm kalınlığında kesilen ekmeklerden, 3x3 cm'lik kareler hazırlanmış ve 2 dilim üst üste olacak şekilde cihaza yerleştirilmiştir. 36 mm çapında alüminyum disk prop kullanılmış ve 50 N'luk kuvvet, 55 mm/dak test hızıyla örnekler üzerine uygulanmıştır. Ölçümler her bir ekmek çeşidi için 3 kez gerçekleştirilmiştir.

2.2.5 İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçlarının istatistiksel analizinde SPSS 16.0 programı kullanılmıştır. Ekmek çeşidi ve irmik miktarının ekmeklerin fiziksel özelliklerine etkisi çok faktörlü varyans analizi ile tespit edilmiştir. Depolamanın her bir ekmek çeşidi üzerine etkisi ise tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar ise DUNCAN testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1 Un Karışımlarının Farinograf Özellikleri

Tablo 1 ekmeklik buğday ununa DBU ilavesinin karışım unların farinograf özelliklerine etkisini göstermektedir. DBU ilavesinin buğday ununun su absorpsiyonunu önemli derecede artırdığı görülmüştür (p<0,05). Boyacıoğlu ve D'Appolonia (1994a) durum buğdayı irmiği ve unu ile yaptıkları bir çalışmada, irmik ilavesinin ekmeklik buğday ununun su absorpsiyon değerini azalttığı sonucuna varmışlardır. Durum buğdayı irmiğinin su absorpsiyonu özelliklerinde, irmik partikül boyutu ve zedelenmiş nişasta miktarının önemli olduğu bildirilmiştir. Zedelenmiş nişasta miktarının durum irmiğinde, una göre az olması su absorpsiyonunu azaltıcı etki yapmıştır (Dexter ve Matsuo, 1978). Su absorpsiyonunu etkileyen diğer bir bileşen ise pentozanlardır. Pentozanlar, endosperm hücre duvarı polisakaritlerinden olup durum buğdayı unlarında irmiğinden daha fazla miktarda bulunmaktadır. Durum buğdayı irmiği ile ekmeklik buğday unları pentozan miktarı açısından birbirine yakın olduğu bildirilmiştir (Boyacıoğlu ve D'Appolonia, 1994a).

Ekmeklik buğday ununa, durum buğdayı irmiği ilavesinin diğer farinograf özelliklerinden stabilite ve yumuşama derecesi üzerine önemli bir etkisi görülmemiştir (p>0,05).

3.2 Ekşi Hamurun Özellikleri

Laboratuvar ortamında durum buğdayı unundan hamur verimi 200 olacak şekilde üretilen Tip II ekşi hamurunun pH değeri 28 ° C'de 18-20 sa fermentasyonun ardından 6,24'den 3,28'e düşmüştür. Üretilen ekşi hamurun LAB sayısı 7,96 ± 0,08 Log kob/g ve maya sayısı ise 5,32 ± 0,25 Log kob/g olarak tespit edilmiştir. Minervi vd. (2016), durum buğdayı unundan hazırladıkları Tip I ekşi hamurunun, pH değerinin 4,00 olduğunu, LAB ve maya sayısının sırasıyla 9,00 Log kob/g ve 6,00 Log kob/g olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 1 Un karışımlarının farinograf özellikleri* (Table 1 Farinograph properties of flour mixture**)

Durum buğdayı unu miktarı <i>Durum wheat flour content</i>	Su absorpsiyonu <i>Water absorption (%)</i>	Gelişme süresi(dak.) <i>Development time (min.)</i>	Stabilite (dak.) <i>Stability (min.)</i>	Yumuşama derecesi (BU) <i>Degree of Softening (BU)</i>
% 0	56,75 ± 0,07 ^c	1,44 ± 0,03 ^b	7,75 ± 3,20 ^a	45,0 ± 9,90 ^a
% 7.5	57,60 ± 0,14 ^b	1,55 ± 0,06 ^{ab}	9,95 ± 2,10 ^a	40,0 ± 8,49 ^a
% 15	57,15 ± 0,07 ^{bc}	2,14 ± 0,15 ^a	10,30 ± 0,21 ^a	42,0 ± 4,24 ^a
% 22.5	58,50 ± 0,28 ^a	1,90 ± 0,43 ^{ab}	10,37 ± 0,23 ^a	39,5 ± 2,12 ^a

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

** Mean values with same letter in the same column are not significantly different (p<0.05)

3.3 Ekmeklerin Kalite Özellikleri

Tablo 2, durum buğdayı ununun iki farklı yöntem (ekmek çeşidi) ile ekmeğe ilavesinin ekmeğin bazı kalite özelliklerine etkisini göstermektedir. DBU'nun doğrudan ve ekşi hamur olarak ilave edilmesi (ekmek çeşidi), ekmeğin spesifik hacim değerini ve sertlik değeri dışında diğer tekstürel özelliklerini önemli derecede etkilememiştir ($p>0.05$). Ekmek formülasyonundaki DBU miktarı, tekstürel özelliklerden koheziflik değerini önemli derecede etkilemiştir ($p<0.05$). Ekmek çeşidi ve DBU miktarı arasındaki interaksiyon etkisi ise koheziflik değeri ile, kabuk rengi özelliklerinden L^* ve a^* değerlerinde önemli derecede olduğu görülmüştür ($p<0.05$). DBU'nun, ekşi hamur olarak ekmeğe ilavesi, doğrudan ilavesine göre ekmeklerin sertlik değerini artırmıştır. Rinaldi vd. (2015) yumuşak buğday unu ve durum buğdayı unu ile yaptıkları bir çalışmada da, ekşi hamur yöntemi ile üretilen ekmeklerde ekmeğin içi sıklık değerinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Armero ve Collar (1998) bu durumun, ekşi hamur yönteminde heterofermentatif laktik asit bakterileri tarafından yüksek miktarda asetik asit üretilmesinden kaynaklı olabileceğini ileri sürmüşlerdir. *Levilactobacillus brevis* ve *Lactiplantibacillus plantarum* ekşi hamurdan sıklıkla izole edilen laktik asit bakterileridir ve sırasıyla obligat heterofermentatif ve obligat homofermentatif oldukları bilinmektedir (Yörük ve Güner, 2011). Bu çalışmada da Tip II ekşi hamurunun hazırlanmasında *Levilactobacillus brevis* ve *Lactiplantibacillus plantarum* kullanılmıştır. DBU'dan hazırlanan ekşi hamurun yüksek oranda ilavesinin (%15 ve %22.5) ekmeğin sertlik değerini Kontrol-1 (ticari mayalı) ekmeğe göre artırmış olması, bu bakterilerin ürettiği organik asitlerden kaynaklı olabilir. Diğer ekşi hamur ilave oranında (%7.5) ve doğrudan hamur yöntemiyle üretilen ekmeklerde ise böyle bir sonuca varılamamıştır (Tablo 2).

DBU'nun ekmeğin formülasyonuna doğrudan ve ekşi hamur olarak ilave edilmesi (ekmek çeşidi), ekmeklerin hem kabuk hem

Tablo 2 Ekmeklerin bazı kalite özellikleri (Table 2 Some quality properties of breads)

	Kontrol -1 Control -1	Doğrudan DBU İlaveli Direct DWF Addition			Kontrol -2 Control -2	DBU'lu Ekşi Hamur İlaveli DWF Sourdough Addition			ANOVA (p değeri) (p value)		
		%7.5	%15	%22.5		%7.5	%15	%22.5	EÇ	DBUM	EÇ x DBUM
Spesifik Hacim (mL/g) <i>Specific volume</i>	2,88 ±0,11	2,86 ±0,13	2,84 ±0,04	2,77 ±0,06	2,92 ±0,25	2,88 ±0,01	2,74 ±0,10	2,63 ±0,04	0,411	0,067	0,496
Sertlik (N) <i>Hardness</i>	3,69 ±0,59	4,00 ±0,55	4,43 ±0,46	4,06 ±0,49	3,06 ±0,40	4,11 ±0,42	4,68 ±0,84	5,25 ±0,37	0,028	0,076	0,107
Elastikiyet <i>Springiness</i>	1,17 ±0,20	1,21 ±0,46	1,00 ±0,06	0,98 ±0,02	1,62 ±0,49	1,11 ±0,24	1,29 ±0,33	0,97 ±0,02	0,094	0,376	0,397
Koheziflik <i>Cohesiveness</i>	0,83 ±0,00	0,81 ±0,01	0,82 ±0,01	0,81 ±0,02	0,82 ±0,01	0,84 ±0,01	0,82 ±0,01	0,80 ±0,01	0,155	0,005	0,002
Çiğnenebilirlik(N) <i>Chewiness</i>	3,86 ±0,76	4,72 ±2,50	3,33 ±0,23	3,51 ±0,28	4,00 ±1,02	3,76 ±0,45	3,84 ±0,97	4,09 ±0,25	0,979	0,467	0,285
Kabuk Rengi Crust Color											
L^*	64,48 ±0,88	63,81 ±1,57	62,36 ±1,46	57,53 ±1,79	57,35 ±1,87	58,60 ±0,86	57,36 ±2,02	59,17 ±2,62	0,000	0,001	0,000

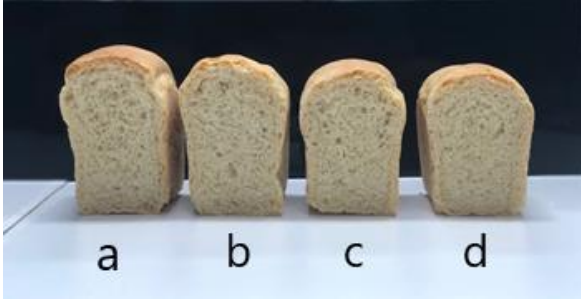
de ekmeğin içi renk özelliklerini (L^* , a^* , b^*) önemli derecede etkilemiştir ($p<0.05$) (Tablo 2). Doğrudan DBU ilaveli ekmeklerin kabuk rengi L^* (parlaklık) değerlerinin, DBU'nun ekşi hamur olarak ilave edildiği ekmeklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ekmeklerin kabuk rengi a^* (kırmızılık) değerleri de ekşi hamur olarak ilave edilen ekmeklerde daha yüksektir ($p<0.05$). Rinaldi vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada da, ekşi hamur yöntemiyle üretilen durum buğdayı ekmeğinin, doğrudan hamur yöntemiyle üretilen ekmeğe göre daha koyu kabuk rengine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Torrieri vd. (2014) ekzopolisakkarit üreten ve üretmeyen LAB suşlarını starter kültür olarak kullandıkları bir ekşi hamur çalışmasında, %30 oranında ekşi hamur ilavesinin ekmeğin rengini koyulaştırdığı sonucuna varmışlardır. Benzer sonuçlar, Chiavaro vd. (2008) ve Crowley vd. (2002) tarafından da tespit edilmiş olup bu durum Maillard (enzimatik olmayan esmerleşme) reaksiyonunu etkileyen faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Ekşi hamur fermentasyonu, doğrudan veya dolaylı olarak Maillard reaksiyonunda rol oynayan şeker ve amino asit kompozisyonunu etkilemektedir. Bu durum ekmeklerin renk özelliklerine yansımaktadır. Ekşi hamur fermentasyonu sonucunda asitliğin artmasına istinaden pH'nın azalması, Maillard reaksiyonunun en reaktif amino asidi olan pronil-L-lisin (pronyl-l-lysine) miktarının artmasının bir kanıtı olarak gösterilmektedir (Lindenmeier ve Hofmann, 2004; Torrieri, 2014).

Ekşi hamurlu ekmeğin üretimi, ekmeğin içi L^* değerinin de doğrudan DBU ilaveli ekmeğin örneklerine göre ekmeğin kabuğunda da gözlemlendiği gibi azaltmıştır (Tablo 2). Fadda vd. (2010) ve Rinaldi vd. (2015) yaptıkları çalışmada ekşi hamurlu durum buğdayı ekmeklerinde benzer sonuçları elde etmişlerdir. Ekmeğin içi b^* (sarılık) değeri ise doğrudan DBU ilaveli ekmeğin örneklerinde daha yüksektir (Tablo 2, Şekil 1 ve 2). Sabanis ve Tzia (2009) bu durumu, durum buğdayı ununun yüksek miktarda ksantofil içermesi ile ilişkilendirmiştir.

a*	3,12 ±0,58	3,70 ±1,38	5,39 ±1,03	7,61 ±1,33	6,36 ±1,63	8,49 ±0,79	9,19 ±1,98	8,57 ±0,77	0,000	0,002	0,000
b*	33,62 ±1,11	32,74 ±2,36	34,86 ±1,46	32,27 ±0,70	33,98 ±1,09	34,07 ±1,00	35,49 ±1,17	35,43 ±1,27	0,002	0,008	0,073
İç Rengi Crumb Color											
L*	68,15 ±2,51	72,45 ±1,19	71,22 ±0,72	72,24 ±0,63	70,84 ±0,43	70,73 ±1,21	71,41 ±0,48	70,70 ±1,40	0,021	0,930	0,368
b*	19,37 ±1,35	21,99 ±0,81	22,26 ±0,58	22,85 ±0,40	21,08 ±0,40	19,96 ±0,37	20,42 ±0,22	20,15 ±0,44	0,000	0,394	0,505

EÇ: Ekmek çeşidi

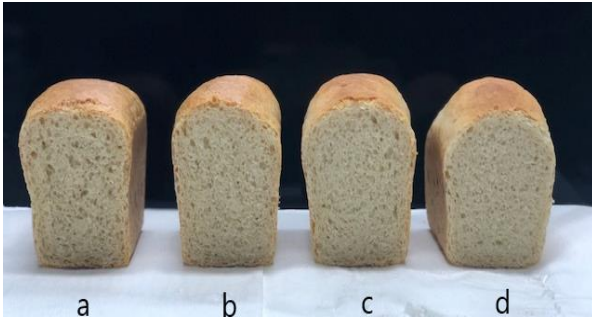
DBUM: Durum buğdayı unu miktarı



Şekil 1 Doğrudan Durum buğdayı unu (DBU) ilaveli ekmek örnekleri

Figure 1 The bread samples of direct Durum wheat flour (DWF) addition

a) Kontrol-1, b) %7,5 DBU c) %15 DBU, d) %22,5 DBU
DBİ: Durum buğdayı irmiği



Şekil 2 DBU ile üretilen ekşi hamurlu ekmek örnekleri

Figure 2 The bread samples of DWF sourdough addition

a) Kontrol-2, b) %7,5 DBU'lu ekşi hamur, c) %15 DBU'lu ekşi hamur, d) %22,5 DBU'lu ekşi hamur
DBU: Durum buğdayı unu

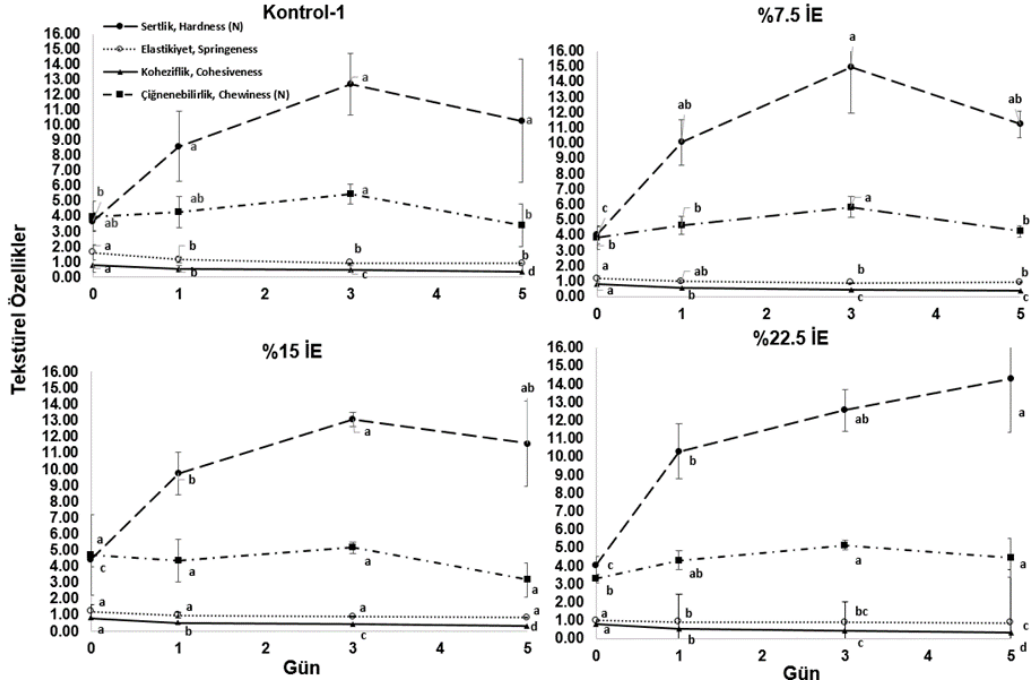
3.4. Depolamanın Ekmeklerin Tekstürel Özelliklerine Etkisi

Durum buğdayı unu ile üretilen ekmeklere depolamanın etkisi, Şekil 3 ve Şekil 4 gösterilmektedir. Ekmekler, oda sıcaklığında depolanmış ve 0., 1., 3., ve 5. günlerde tekstürel özellikleri ölçülmüştür. Gıdaların tekstürel özellikleri tüketici albenisini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Ekmek gözenekli bir yapıya sahip olduğundan dolayı, tekstürel özellikleri bu gözeneklerin etrafını saran ve nişasta, protein ve sudan oluşan

yapıya bağlıdır. Hamur bileşimindeki ve ekmek yapım prosesindeki değişiklikler, gaz (CO₂) oluşumunu ve hamurun gaz tutma kapasitesini etkilemektedir (Jekle vd., 2018). Ekmekğin raf ömrü bayatlama ve küf gelişimi ile karakterize edilmektedir. Depolama ile ekmekteki suyun, ekmek içinden kabuğuna doğru hareket etmesi ile ekmek içi sertleşmektedir. Ekmekteki bayatlama, suyun hareketinin dışında, nişasta retrogradasyonu, nişasta-protein interaksiyonunun değişmesi ve glutenin viskoelastik özelliğini kaybetmesi ile de açıklanmaktadır. Ekmekğin tekstürel özellikleri açıklanan tüm bu olaylarla ilişkilidir ve ekmek içi sertlik değeri ekmekğin bayatlamasında indikatör olarak kullanılmaktadır. Sertliğin artması, elastikiyet ve koheziflik değerlerinin azalması, bayatlamanın ekmekğin tekstürel özelliklerine etkisini gösterir (Armero ve Collar, 1998).

Her iki ekmek çeşidinin (doğrudan ve ekşi hamurlu DBU ilavesi) sertlik (N) değeri, 0. gün ile kıyaslandığında depolamanın diğer günlerinde önemli derecede artmıştır (p<0.05) (Şekil 3 ve 4). DBU'nun doğrudan ilave edildiği ekmek çeşidinde, kontrol 1 ve % 7,5 DBU ilaveli ekmeklerde depolamanın 1., 3. ve 5. günleri arasında sertlik (N) değerinde önemli fark görülmezken (p>0.05), % 15 ve %22,5 DBU'lu ekmeklerde depolama ile sertlik (N) değerinde artış eğilimi gözlemlenmiştir (Şekil 1). Kontrol ekmekğinin elastikiyet değeri 0. günden sonra önemli derecede azalmış (p<0.05) fakat depolamanın diğer günlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir (p>0.05). Direk hamur yöntemi ile DBU ilave edilen ekmeklerde depolamanın elastikiyet ve çignenebilirlik üzerine önemli etkisi %22,5 irmik ilaveli ekmekte görülmüştür. Koheziflik değeri, depolama ile tüm ekmekler için önemli derecede azalmıştır (p<0.05) (Şekil 3).

DBU'nun ekşi hamur olarak katıldığı ekmeklerde (İEH) depolama ile sertlik (N) değerinde artış görülmüştür (p<0.05). %15 İEH örneği dışındaki ekmekler en yüksek sertlik değerine 3. günde ulaşırken, %15 İEH 5.günde ulaşmıştır. Benzer şekilde %15 İEH'nin çignenebilirlik değeri de 5. gün en yüksek değerine ulaşmıştır. Ekmeklerin koheziflik değerleri depolama ile önemli derecede azalmıştır (p<0.05). %22,5 ekşi hamurlu DBİ içeren ekmekğin elastikiyet değeri depolama ile azalırken (p<0.05) diğer ekşi hamurlu ekmek çeşitlerinde belirgin bir fark görülmemiştir (p>0.05) (Şekil 4).

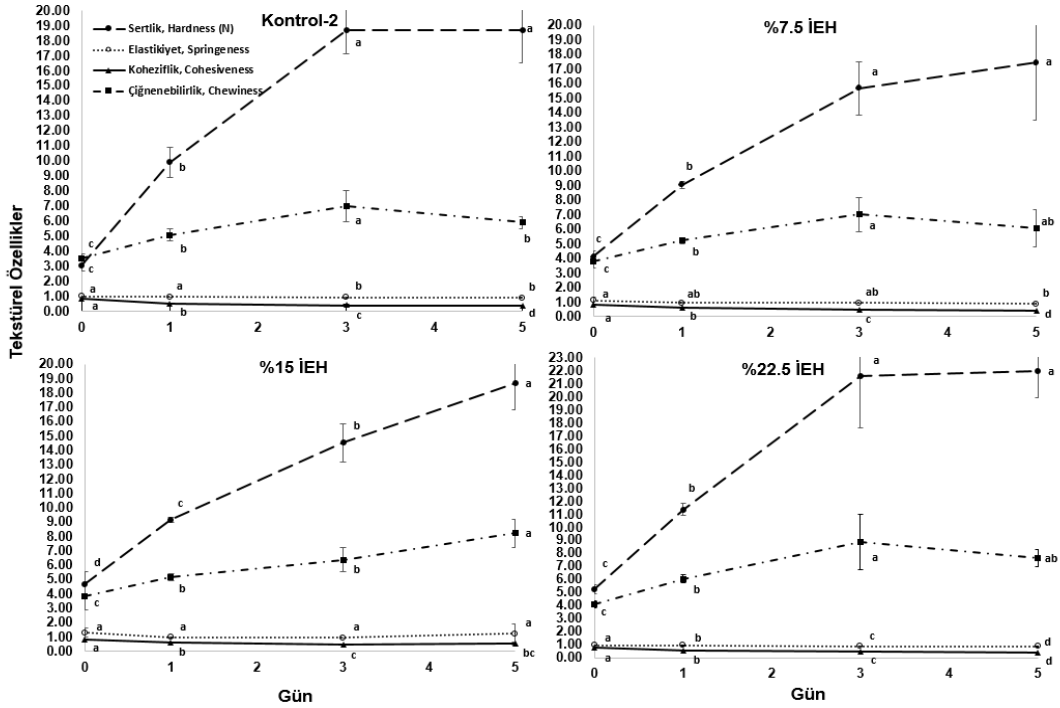


Şekil 3. Doğrudan DBU ilaveli ekmeklerin (İE) gün bazında tekstürel özelliklerinin değişimi
Figure 3. The change of the textural properties of breads with direct Durum wheat flour addition on daily basis

4. Sonuç

Durum buğdayı ununun ekmekte kullanım imkanın araştırıldığı bu çalışmada, durum buğdayı unu ile hazırlanan ekşi hamurun ekmeğe ilavesi ekmeklerin sertlik değerini doğrudan durum buğdayı unu ilaveli ekmeklere göre artırdığı gözlemlenmiştir. Depolama sırasında da tekstürel özelliklerde

gerileme tespit edilmiştir. Düşük oranda durum buğdayı unlu ekşi hamur ilavesi (%7,5), doğrudan durum buğdayı unlu ilaveli ekmeklere, spesifik hacim ve sertlik değeri açısından yakın kalite özellikleri göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, durum buğdayı ununun ekmekte doğrudan kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 4. DBU ilaveli ekşi hamurlu ekmeklerin (İEH) gün bazında tekstürel özelliklerinin değişimi
Figure 4. The change of textural properties of sourdough bread with durum wheat flour on daily basis

Kaynaklar

- AACC (2010). American Association of Cereal Chemists International. Approved Methods of the AACC, 11th Ed. Method: 10-10.03, Method: 10-05.01, The Association: St. Paul, MN, USA
- AACC International, 2000, Method No: 55-10, Method No: 54-21, The Association, St. Paul, MN, USA.
- AACC International, 1990, Method No: 08-01, Method No: 10-11, Method No: 10-54, Method No: 10-90, Method No: 38-11, Method No: 44-01, Method No: 46-12, Method No: 55-10, Method No: 54-21, Method No: 56-60, Method No: 56-81B, The Association, St. Paul, MN, USA.
- Acquistucci, R., Melini, V., Tusa, S., & Mecozzi, M. (2019). Effect of different leavening agents on the nutritional characteristics of two durum wheat breads. *European Food Research and Technology*, 245(10), 2173-2181.
- Arendt, E. K., Ryan, L. A., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food microbiology*, 24(2), 165-174.
- Armero, E., & Collar, C. (1998). Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives. *Journal of Cereal Science*, 28(2), 165-174.
- Arici, M., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Sagdic, O., & Durak, M. Z. (2018). Biodiversity and technological properties of yeasts from Turkish sourdough. *Food science and biotechnology*, 27(2), 499-508.
- Boggini C, Pagani MA, Lucisano M (1997) Bread-making quality of common and durum wheat flour blends. *Tec Molit* 7:781-791.
- Boyacıoğlu MH, D'Appolonia BL (1994a) Characterization and utilization of durum wheat for bread-making. I. Comparison of chemical, rheological, and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chem* 71:21-27
- Boyacıoğlu MH, D'Appolonia BL (1994b) Characterization and utilization of durum wheat for bread-making. III. Staling properties of bread baked from bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chem* 71:34-41
- Dexter, J. E., JE, D., & RR, M. (1978). Effect of semolina extraction rate on semolina characteristics and spaghetti quality.
- Fadda, C., Santos, E. M., Piga, A., & Collar, C. (2010). Innovative traditional Italian durum wheat breads: Influence of yeast and gluten on performance of sourdough Moddizzosu breads. *Cereal chemistry*, 87(3), 204-213.
- Giannone, V., Lauro, M. R., Spina, A., Pasqualone, A., Auditore, L., Puglisi, I., & Puglisi, G. (2016). A novel α -amylase-lipase formulation as anti-staling agent in durum wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 381-389.
- Hareland GA, Pühr DP (1998) Baking performance of durum and soft wheat flour in a sponge-dough bread-making procedure. *Cereal Chem* 75:830-835
- Jekle, M., Fuchs, A., & Becker, T. (2018). A normalized texture profile analysis approach to evaluate firming kinetics of bread crumbs independent from its initial texture. *Journal of Cereal Science*, 81, 147-152.
- Karaca, Ö. (2019). Türkiye'de yetiştirilen bazı tescilli durum buğdayı çeşitlerinin makarnalık kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K. H., Autio, K., Flander, L., & Poutanen, K. (2005). Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 104-112.
- Lindenmeier, M., & Hofmann, T. (2004). Influence of baking conditions and precursor supplementation on the amounts of the antioxidant pronyl-L-lysine in bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 350-354.
- Liu, C.Y.; Shepherd, K.W.; Rathjen, A.J. Improvement of durum wheat pastamaking and breadmaking qualities. *Cereal Chem.* 1996, 73, 155-166.
- Minervini, F., Celano, G., Lattanzi, A., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2016). Added ingredients affect the microbiota and biochemical characteristics of durum wheat type-I sourdough. *Food microbiology*, 60, 112-123.
- Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Sgarbi, E., Cirlini, M., Dall'Asta, C., & Chiavaro, E. (2015). Durum and soft wheat flours in sourdough and straight-dough bread-making. *Journal of food science and technology*, 52(10), 6254-6265.
- Sabanis, D., & Tzia, C. (2009). Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 2(1), 68-79.
- Sarkar, A. K., and J. E. B. T.-R. M. in F. S. Dexter. 2016. *Wheat, Dry Milling*. CHAP, Elsevier.
- TMO (2020). 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu, <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2020.pdf>, erişim tarihi : 05.07.2022
- Torrieri, E., Pepe, O., Ventrino, V., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 508-516.
- Yörük, G., & Güner, A. (2011). Laktik asit bakterilerinin sınıflandırılması ve Weissella türlerinin gıda mikrobiyolojisinde önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 6(2), 163-176.