

Tam karabuğday unu ve transglutaminaz ilavesinin kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekmeklerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi

Effect of the buckwheat flour and transglutaminase addition on physical and textural properties of partially-baked frozen sourdough bread

Fatma HAYIT¹, Hülya GÜL²

¹Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Yozgat, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Sorumlu yazar (*Corresponding author*): F. Hayıt, e-posta (*e-mail*): fatma.hayit@bozok.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 15 Şubat 2016
Düzeltilme tarihi 02 Mayıs 2017
Kabul tarihi 03 Mayıs 2017

Anahtar Kelimeler:

Dondurulmuş ekme
Karabuğday
Transglutaminaz
TPA

ÖZ

Bu çalışmada; tam karabuğday unu (TKBU) ve transglutaminaz (TG) kullanılarak üretilen kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekmeklerin farklı depolama süreleri (0, 3, 15, 30 ve 45 gün) sonrasında bazı kalite kriterlerinde meydana gelen değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır. Ekmeklik buğday ununa TKBU; 0, % 10, % 20 ve % 30, TG ise 0, 50 ve 100 ppm oranlarında ilave edilmiştir. Artan oranlarda TKBU eklenmesi ile kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekme örneklerinin spesifik hacim değerlerinin azaldığı diğer taraftan 50 ppm TG ilavesinin kontrol ekmeklerinde olumlu yönde etkide bulunduğu belirlenmiştir. Depolama süresince % 30 TKBU ilaveli örneklerin spesifik hacmi otuzuncu gün sonunda azalırken, diğer örneklerde genellikle birinci günden itibaren azalma olduğu gözlenmiştir. Ekme örneklerinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri depolama süresince TKBU oranına paralel olarak genel anlamda artmış, elastikiyet ve kohezif yapışkanlık değerleri azalmıştır. % 30 TKBU ile yapılan ekme örneklerinde 45 gün depolama sonucunda ekme hacminde görülen azalışın kontrol grubuna göre daha az olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekme üretiminde artan oranlarda TKBU kullanımının fiziksel ve tekstürel anlamda ekme kalitesini olumsuz yönde etkilediği, bu nedenle kullanım düzeyinin sınırlı düzeyde tutulması gerektiği, transglutaminazın ise bu ekmeklerde önemli bir iyileştirici etkide bulunmadığı tespit edilmiştir.

ARTICLE INFO

Received 15 February 2016
Received in revised form 02 May 2017
Accepted 03 May 2017

Keywords:

Frozen bread
Buckwheat
Transglutaminase
TPA

ABSTRACT

In this study; It was aimed to investigate changes in some quality criteria of partially-baked frozen sourdough bread produced with whole buckwheat flour (WBF) and transglutaminase (TG) after storage at different storage periods (0, 3, 15, 30 and 45 days). WBF was added at 0, 10%, 20% and 30% levels while TG was added at 0, 50 and 100 ppm levels in to the bread wheat flour. It was determined that specific volume of partly baked frozen sourdough bread samples decreased with the increasing rates of TKBU. 50 ppm TG addition affected positively the control breads. Decrease at the specific volume of samples with 30% WBF was detected at the end of 30 days storage period, whereas in the other samples decrease was observed soon after one day storage. Generally the hardness and chewiness values of bread samples were increased while elasticity and cohesiveness values were decreased in parallel with the rate of WBF during the storage period. Decrease in the loaf volume of 30% WBF bread was found lower than control bread after 45 day storage. As a result, it was found that the use of WBF in increasing proportion at partly baked frozen sourdough bread production was affected physical and textural quality of bread negatively. Therefore the usage level of WBF in this kind of bread should be keep at a limited level. However usage of TG was not shown important improving effect on the technological quality of these breads.

1. Giriş

Ekşi maya; buğday ve çavdar ekmeklerinde doku, lezzet, aroma, raf ömrü ve besin değerini arttırmak için ideal bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Moroni ve ark. 2009). Ekşi hamur yönteminin esası; normal kültür mayalarının yanında havadan ve kullanılan hamur unsurlarından gelen yabancı mayaların, laktik, asetik ve sitrik asit bakterilerin faaliyet gösterdiği bir hamur parçasını, bir sonraki hamurda maya olarak kullanmaktır (Elgün ve Ertugay 2002). Ekşi maya tarafından üretilen eksopolisakkarit, hidrokolloid olarak hareket eder ve pişirme ile ekmeğin niteliklerini etkileyerek (Rühmkorf ve ark. 2012) ekmeğin değerini, raf ömrünü ve tekstürünü geliştirir (Katina ve ark. 2006). Ekşi maya florasında bulunan laktik asit bakterilerinin ekmeğin raf ömrünü arttırma ve bayatlamayı geciktirme etkileri vardır (Gül ve ark. 2005).

Polygonaceae familyasına mensup olan karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) tahıllardan farklı olduğu için pseudo-cereal (tahıl benzeri) grubuna dahil edilen ve protein, diyet lif, vitamin, mineral madde, temel çoklu doymamış yağ asitleri, rutin, orientin, vitesin, kuversetin, isovitesin, katesin gibi antioksidanlar bakımından zengin olan bir üründür (Dizlek ve ark. 2009; Sedej ve ark. 2011). Tüketicilerin sağlıklı gıdalara olan talebindeki artış ile birlikte karabuğday önem kazanmış, bu eğilim doğrultusunda da Türkiye'de de karabuğday yetiştiriciliği yaygınlaşmaya başlamıştır (Gül and Birer 2017).

Gluten içermemesinden dolayı karabuğday ekmeğin teknolojisinde ve unlu mamüller üretiminde ekmeğin hacminin azlığı ve sertlik gibi bazı problemlere sebep olmaktadır. Fakat içerdiği fenolik maddeler, antioksidan ve lif bileşenleri karabuğdayın eklendiği gıdanın fonksiyonel özelliklerini ve besin değerlerini arttırmaktadır (Hayıt ve Gül 2015).

Enzimler gıda proteinlerinin fonksiyonel niteliklerinin geliştirilmesinde endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılır (Gerrard 2001). Tekstürel modifikasyon açısından en ilgi çeken enzimler kovalent çapraz bağlanma gerçekleştirilenlerdir (Faergemand ve ark. 1999). Bu grup enzimlerin içinde yer alan transglutaminaz geniş bir pH ve sıcaklık aralığında aktivite göstermesi nedeniyle (Uran ve ark. 2011) et ürünleri, süt ürünleri, tahıl ürünleri ve su ürünleri gibi geniş yelpazede gıda ürünlerine katılabilir; proteinler arasında çapraz bağ oluşumunu arttırarak, ürünün jel yapısını ve tekstürünü (Uran ve ark. 2011), amino asitler veya peptitler arasında izopeptid bağlarını katalizleyerek molekül içi ve moleküller arası çapraz bağlar oluşturup, proteinlerin işlevsel özelliklerini geliştirmektedir (Karatekin 2008). Etki mekanizması L-askorbik asit (L-AA) gibi oksidan maddelerle aynı olduğu bildirilen (Gerrard ve ark. 1998; Dizlek 2010), TG protein çapraz bağlarını destekleyici ve kabarma özelliklerini geliştirici olarak gıda sistemlerinde kullanılır (Renzetti ve ark. 2008). Bununla beraber dondurulmuş depolama ve dondurmanın sonucu olan gluten ağının hasarını çapraz bağlı proteinler aracılığı ile tekrar stabilize edebilmekte ve dondurulmuş hamurun ekmeğin yapım özelliklerini ve reolojisini geliştirmeyi sağlamaktadır (Kim ve ark. 2008). Renzetti ve ark. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada; 6 farklı glutensiz tahıl unu üzerinde TG'nin ağ oluşturma potansiyeli incelenmiştir. Araştırma sonucunda ise 10 u/g oranında TG eklenen unların pişirme performansları ve pseudoplastik özelliklerinin olumlu etkilendiği ve glutensiz unların ekmeğin performanslarının TG ilavesi ile başarılı bir şekilde artırılacağı belirtilmiştir.

Gıdaların dondurularak muhafazası, onların taze niteliklerine en yakın olarak korunabildiği yöntemdir. Fakat

dondurma, donmuş halde depolama ve çözünme aşamalarında kaliteyi olumsuz yönde etkileyen fiziksel ve kimyasal değişimlere neden olmaktadır (Cemeroğlu 2004). Dondurulmuş hamurlar, günümüz fırıncılık endüstrisinde taze haldeki pişirilmiş ürünlere kolaylıkla dönüşebilir (Asghar ve ark. 2005), ekmeğin raf ömrünü uzatmak için kolaylık sağlar (Mandala ve ark. 2009).

Dondurulmuş ekmeğin yapma yöntemlerinde mayası aktifleştirilerek dondurulmuş hamur ile kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmeğin iki farklı yöntem vardır. Mayası aktiflendirilmiş ve dondurulmuş hamurda hamurun mayalanma süreci başlatılır, hamurun kabarması sağlanır ve dondurulur. Kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmeğin de ekmeğin mayalanma sürecinden geçer % 80-90 civarında pişirilir ve bu seviyede dondurulur (Kesen 2005). Dondurma ve donuk depolama sırasındaki sıcaklık dalgalanmaları ve yüksek sıcaklıklarda depolama, sabit ve/veya daha soğuk sıcaklıklarda saklamaya nazaran hamur ve ekmeğin kalitesinde daha hızlı bir düşüşe neden olur (Phimolsiripol ve ark. 2008).

Taze ekmeğin en iyi temsil edebilecek ürünü üretmek için dondurmadan önce hamurları kısmen pişirmenin daha uygun olduğu bildirilmiştir (Certel ve ark. 2009). Kısmi pişirilmiş ekmeklerde ekmeğin kısmen pişirilip depolanır ve pişirileceğinde herhangi bir işlem yapılmadan fırınlanarak taze ürün elde edilir (Mandala ve ark. 2009). Pişirilen ekmekler oda sıcaklığına kadar soğutulup paketlenerek hızlı bir şekilde dondurulur ve satış noktasında yeniden pişirilene kadar saklanır. Satış alanında basit bir pişirme aşaması ile taze pişirilmiş ekmeğin temini sağladığı için kısmi pişirilmiş ekmekler büyük bir pazar potansiyeline sahiptir (Vulicevic ve ark. 2004). Dondurulmuş ürünün depolama ve taşıma süresi boyunca soğuk zinciri kırılmadan muhafaza etmek gerekir ki bu dondurma prosesinin pahalı sonuçlarındandır fakat ekmeğin bayatlaması ile sonuçlanan kayıplarla karşılaştırılınca daha ekonomik olmaktadır (Barcenas ve Rosell 2004).

Bu çalışmada; dondurulmuş ekmeklerin dondurma işlemi ve donuk depolanmaları sırasında karşılaşılan sorunlara karşı çözüm önerileri aranmaya çalışılmıştır. Ekşi hamur yöntemi ile hazırlanan kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmeklere farklı oranlarda (ekmeklik buğday unu ile yer değiştirme prensibine göre % 10, % 20 ve % 30) tam karabuğday unu eklenerek bu ekmeklerin besinsel içeriğinin artırılması hedeflenmiştir. Bununla birlikte gerek gluten içermemesi nedeniyle tam karabuğday ununun gerekse kısmi pişirilerek dondurma işleminin kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekmeğin kalitesi üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerinin azaltılması için iki farklı oranda (50 ve 100 ppm) transglutaminaz ilave edilmiştir. TKBU ve TG'ye ek olarak ekşi mayanın kısmi pişirilip dondurulmuş ekmeklerin kalitesini olumlu etkilediği, ekmeğin hacmini arttırdığı ve bayatlamayı geciktirdiği göz önüne alınarak ekşi maya kullanılmıştır. Kısmi pişirme işlemi uygulanmış ekmekler 1, 3, 15, 30 ve 45 gün süreyle depolanarak depolama süresince hacim, yükseklik ile sertlik, kohesif yapışkanlık, çiğnenebilirlik, elastikiyet ve esneklik gibi tekstür profil özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada kullanılan ekmeğin buğday unu Hediye Un Fabrikası (Isparta)'ndan TKBU ise Glutensiz Gıda Sağlık Ticaret A.Ş. Fitmet (Diyarbakır)'den satın alınmıştır. Ajinomoto Foods Europe S.A.S. (France) tarafından üretilen ve bileşiminde taşıyıcı

olarak maltodekstrin içeren bakteriyel kökenli TG (Activa WM) firma tarafından ücretsiz olarak gönderilmiştir. TG kuru formda olduğu için kullanılacak oranlara uygun olarak analitik terazide tartımları yapılmış ve ekmeçlik buğday unu içerisine ilave edilerek homojen bir şekilde karışması sağlandıktan sonra ekmeç üretimlerinde kullanılmıştır.

2.2. Ekmeç üretim metodu

Ekmeç üretiminde AACC Metot 10-10.03 (AACC 2001) bazı modifikasyonlar uygulanarak kullanılmıştır. Ekmeç örnekleri; un ağırlığı baz alınarak % 1.5 tuz, % 0.2 yaş maya, % 3 ekşi maya (yaş mayalı ekmeç yapım yöntemi ile hazırlanan hamur 1 gün bekletilerek ekşitilmiştir) ve farinografa (Brabender, Duisburg, Germany) belirlenen su absorpsiyonuna uygun miktarda içme suyu kullanılarak üretilmiştir. Deneme ekmeçlerin üretimi için tartılan bileşenler laboratuvar tipi spiral hamur yoğurma makinesinde (Günsa Endüstriyel Mutfak Ekipmanları, İzmir) yoğrulmuştur. Yoğurma sonrası hamur % 65-70 nem ve 25 ± 1 °C sıcaklıkta 30 dakika kitle fermantasyonunda bekletildikten sonra havası alınarak 100 gr un esasına göre 10 eşit parçaya bölünmüştür. Bu hamurlara, pişirme tavasına uygun olacak şekilde şekil verilmiştir. Hamurlar pişirme kalıbına alınarak 1.5 saat % 65-70 nem ve 25 ± 1 derece sıcaklıkta parça fermantasyona bırakılmıştır. 1. gün analizleri yapılacak ekmeçler (kontrol) 260 derece fırında 15 dakika süreyle pişirilmiştir. Kısmi pişirilecek ekmeçler ise parça fermantasyonundan sonra aynı fırında 10 dakika pişirilip oda şartlarında soğutulmuş polietilen poşetlere alınmıştır. Poşetli ekmeçler etiketlenerek -20 derecedeki derin dondurucuda belirlenen depolama günleri (3, 15, 30 ve 45) süresince depolanmıştır. Her bir depolama süresi sonunda kısmi pişirilmiş ekmeçler 20 °C'de 30 dakika bekletilerek çözdürülmüş ve ardından 260 °C'de elektrikli fırında 5 dk süreyle pişirilmiştir.

2.3. Ekmeçlerde yapılan analizler

2.3.1. Fiziksel analizler

Ekmeçlerin hacimleri hardal tohumu ile yer değiştirme prensibine göre (AACC Metot -10-05.01, AACC 2001), ekmeç yüksekliği ise dijital kumpas aleti ile 3 farklı noktadan ölçüm alınarak mm cinsinden hesaplanmıştır. Tüm analizler üçer tekrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Ekmeç örneklerinin spesifik hacim değerleri (cm³).

Table 1. Specific volume of the bread samples (cm³).

TKBU Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1. gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol						
Kontrol	0	3.81A ^a	3.05B ^c	2.83C ^b	2.90C ^a	2.54D ^c
Kontrol	50	3.71A ^b	3.42B ^a	3.04C ^a	2.89D ^a	2.85D ^a
Kontrol	100	3.42A ^c	3.15B ^b	2.73C ^c	2.67C ^b	2.75C ^b
% 10 TKBU						
10	0	3.18A ^d	2.90B ^d	2.55C ^d	2.66C ^b	2.46C ^{cd}
10	50	2.88A ^e	2.62B ^e	2.46C ^e	2.30D ^e	2.11D ^d
10	100	2.63A ^f	2.46B ^f	2.41C ^e	2.45C ^{bc}	2.21D ^d
% 20 TKBU						
20	0	2.56A ^f	2.31B ^g	2.18B ^f	2.19B ^d	1.99C ^e
20	50	2.46A ^g	2.41A ^f	2.19B ^f	2.22B ^d	2.01B ^{de}
20	100	2.27A ^h	2.16B ^h	2.12B ^f	2.01B ^{de}	1.88C ^f
% 30 TKBU						
30	0	2.23A ^h	2.15A ^h	2.13A ^f	2.16A ^{de}	1.91B ^f
30	50	2.16A ⁱ	1.89B ⁱ	1.86B ^g	1.93B ^f	1.83B ^f
30	100	2.07A ⁱ	1.81B ⁱ	1.77B ^h	1.82B ^f	1.73B ^g

1: Çizelgede aynı sütunda küçük harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir ve küçük harfler aynı gün yapılan ekmeçler arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir.

2: Çizelgede aynı satırda büyük harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir ve büyük harfler günler arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir.

2.3.2. Tekstürel analizler

Ekmeçler pişirildikten ve 2 saat süreyle oda sıcaklığında soğutulduktan sonra elektrikli ekmeç bıçağı ile 25 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Ortadaki iki dilim Tekstür profil analizleri (TPA) için kullanılmıştır. TPA'leri tekstür analiz cihazında (TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, UK) 36 mm çapındaki silindirik prob kullanılarak yapılmıştır. Tekstür analiz cihazının test parametreleri; ön test hızı: 1 mm sn⁻¹, test hızı: 1.7 mm sn⁻¹, son test hızı: 10 mm sn⁻¹, batma derinliği (strain): % 40 olarak ayarlanmıştır. TPA ile ekmeç örneklerinin sertlik, kohesif yapışkanlık, çiğnenabilirlik, elastikiyet ve esneklik gibi tekstürel özellikleri enstrümental olarak belirlenmiştir.

2.3.3. İstatistiksel analizler

Ekmeç örneklerinin ölçülen tüm özelliklerine ilişkin olarak elde edilen verilerin varyans analizleri Duncan testine göre yapılmıştır. Analizler için SPSS istatistik paket programından faydalanılarak tesadüf parsellerinde 3 faktörlü deneme deseni kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Ekmeç örneklerinin spesifik hacim değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Ekmeçlik buğday ununa TKBU eklenmesi, ekmeç örneklerinin spesifik hacmini eklenen TKBU oranının artışıyla bağlı olarak azaltmıştır. TKBU'nun gluten içermemesi bununla birlikte bu TKBU partiküllerinin gluten molekülleri arasına girerek gluten ağını kesintiye uğratması nedeniyle, hamurun uzayabilme yeteneğı ve elastikiyeti azalmış (Gül ve ark. 2009) bu da daha düşük hacimli ekmeçler elde edilmesine neden olmuştur. Gluten hamur sisteminde arzu edilen doku ve hacmin elde edilmesi, gaz muhafaza etme ve optimum viskosite oluşumu için gereklidir (Mahmoud ve ark. 2013). Hamurda glutenin olmaması hamurun daha sıvı olmasına, pişmiş ürünün çökmesine, zayıf renge ve çeşitli kalite sorunlarına sebep olur (Torbica ve ark. 2010). Karabuğday ununun ekmeçte eklendiğı farklı çalışmalarda da ekmeç formülasyonunda bu unun artışı ile hacmin genel olarak azaldığı bildirilmiştir (Ran ve Depth 2000; Klava ve Karklina 2002; Fajarczuk ve Zmijewski 2009; Lin ve ark. 2009; Costantini ve ark. 2014).

50 ppm enzim ilavesi kontrol grup dışındaki örneklerin hacminin azalmasına sebep olurken, kontrol grup üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır. 100 ppm enzim ilavesinin ise tüm örneklerde hacmin önemli oranda ($P<0.01$) azalmasına sebep olmuştur. Enzim ilavesi spesifik hacmin kontrol örneğinde ve TKBU ilaveli ekmeklerde azalmasına sebep olmuştur. Basman ve ark. (2003), TG seviyesinin yüksek olmasının ekmek hacminde olumsuz bir etki oluşturduğunu, bu duruma ise aşırı çapraz bağlanma nedeniyle hamurun aşırı güçlenmesinin neden olduğunu belirtmişlerdir. Huang ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada; TG ilavesinin ekmek hacmini arttırdığı belirtilmiştir. Optimum seviyenin üzerinde TG varlığı ise spesifik hacim üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir (Huang ve ark. 2008). Steffolani ve ark. (2010), tarafından yapılan çalışmada; TG'nin % 5 oranında ilavesinin ekmek hacmini azalttığı belirtilmiştir.

Depolama süresi ekmek hacmini genellikle olumsuz etkilemiştir. Enzimsiz kontrol ekmeklerinin hacmi 45. gün sonunda % 25.9 oranında azalırken, enzimsiz % 10, % 20 ve % 30 karabuğdaylı ekmeklerin hacmi 45. gün sonunda sırasıyla % 17.6, % 18.21 ve % 12.05 oranında azalmıştır. 45 gün depolama sonunda, hacimde belirlenen en az azalma enzimsiz % 30 TKBU ilaveli ekmeklerde olduğu ve bu örneklerin hacimlerinin 30 gün depolamada süresince istatistiki olarak sabit kaldığı belirlenmiştir.

45 günlük depolama sonunda en yüksek ekmek hacmini 50 ppm enzim ilaveli kontrol örnekleri alırken, en düşük hacim değerini % 30 TKBU ve 100 ppm enzim ilaveli örnekler almıştır. Kısmi pişirilerek dondurulmuş ve ekşi maya kullanılarak üretilmiş ekmeklerde ekmeklik buğday unu kullanılıyorsa 50 ppm enzim ilavesi kullanılmasının hacim üzerinde olumlu olacağı belirlenmiştir. Benzer olarak; Kim ve ark. (2008), TG'nin donmuş depolama sırasında buz kristalleri tarafından oluşan hasarın korunmasına ve onarılmasına yardımcı olduğunu ve TG miktarının artması taze ve dondurulmuş ekmekte hacmi azaltıp sertliği arttırdığını sonuçta ise TG ilavesi genel olarak taze ekmek kalitesini bozduğu fakat dondurulmuş ekmek kalitesini iyileştirdiğini, TG'nin sadece dondurulmuş hamurdan elde edilecek ekmek yapımı için yararlı olabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızdan farklı olarak Huang ve

ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada; TG ilavesinin ekmek hacmini arttırdığı, dondurulmuş ve 5 hafta depolanmış ekmeklerde ekmek hacminin % 1.5 TG ilavesi ile taze kontrol ekmeklerine yakın bulunduğu belirtilmiştir. Bu farklılığa ekşi maya kullanımının sebep olduğu düşünülmüştür.

Yükseklik değerleri incelendiğinde (Çizelge 2) günler arasında genel olarak en yüksek değeri kontrol örnekleri alırken; en düşük değeri % 30 TKBU ilaveli örnekler almıştır. TKBU ilavesi ile yükseklik değerinde azalma görülmüştür. Yükseklik değeri ile ekmek hacmi arasında pozitif bir korelasyon vardır, aynen ekmek hacim değerlerinde olduğu gibi artan TKBU ilavesi ile birlikte gluten ağlarının seyrelmesi ve gluten gelişiminin yeterli olmaması gibi nedenlerle ekmek örneklerinin yükseklik değerlerinde düşüş belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinin tekstür özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Sertlik değerleri deformasyon için gerekli olan gücün tanımlanması için kullanılmaktadır (Gerçekaslan 2006). Sertlik değerleri incelendiğinde 1. gün için ekmeklik buğday ununa TKBU ilavesi sertlik değerini % 10 ve % 20 oranlarında TKBU oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. % 30 TKBU ilaveli ekmek örneklerinin sertlik değeri ile % 20 TKBU ilaveli ekmek örneklerinin sertlik değeri arasında önemli ($P>0.01$) bir fark bulunmamıştır. Diğer günlerde ekmeklik buğday ununa TKBU eklenmesi sertlik değerini ilave oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. Bu artışın gluten ağlarının zayıflamasından ve ekmek hacminde meydana gelen azalmadan dolayı olduğu düşünülmüştür.

1, 3 ve 15. günler arasında ortak olarak sertlik değeri en fazla olan örnek, enzimsiz % 30 TKBU ilaveli ekmek örneği iken 30 ve 45. günlerde 100 ppm enzimli % 30 TKBU ilaveli ekmek örnekleridir. 1. gün ekmek analizlerinde un örneklerine 50 ppm enzim ilavesi kontrol grubu ekmekleri ve % 20 karabuğdaylı ekmek örneklerinde sertlik değerini azaltmış, % 10 ve % 30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde sertlik değerinde fark göstermemiştir ($P>0.01$). 3. gün ekmek analizlerinde 50 ppm enzim ilavesi tüm örneklerde sertlik değerini azaltmıştır. 30 ve 45. günlerde 100 ppm enzim ilavesi ise tüm örneklerin enzimsiz örneklere göre sertlik değerini

Çizelge 2. Ekmek örneklerinin yükseklik değerleri (mm).

Table 2. Height of the bread samples (mm).

TKBU Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol						
Kontrol	0	57.69 ^{a(1)}	53.90 ^a	59.48 ^b	59.63 ^b	60.17 ^a
Kontrol	50	62.70 ^a	55.64 ^a	61.39 ^a	62.05 ^a	59.78 ^a
Kontrol	100	58.34 ^a	56.26 ^a	58.71 ^b	57.34 ^c	58.27 ^a
% 10 TKBU						
10	0	49.81 ^{bc}	48.72 ^b	49.93 ^c	49.02 ^d	48.42 ^b
10	50	48.52 ^{bc}	48.49 ^b	47.44 ^d	47.36 ^c	46.27 ^{bc}
10	100	51.23 ^b	50.47 ^b	48.63 ^{cd}	49.52 ^d	48.40 ^b
% 20 TKBU						
20	0	41.89 ^d	43.35 ^c	45.92 ^e	45.43 ^f	44.96 ^{cd}
20	50	43.97 ^{cd}	43.81 ^c	43.78 ^f	44.24 ^{gh}	43.50 ^d
20	100	43.71 ^{cd}	45.09 ^c	45.88 ^e	44.81 ^{fg}	44.27 ^{cd}
% 30 TKBU						
30	0	38.66 ^d	37.75 ^d	43.91 ^f	42.48 ^h	43.31 ^d
30	50	40.94 ^d	39.59 ^d	44.95 ^{ef}	43.76 ^{ghi}	43.32 ^d
30	100	40.85 ^d	38.89 ^d	44.13 ^f	42.88 ^{hi}	43.11 ^d

1: Çizelgede aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Çizelge 3. Ekmek örneklerinin TPA değerleri.**Table 3.** TPA values of the bread samples.

TPA	Gün	Kontrol Enzimsiz	Kontrol 50 ppm	Kontrol 100 ppm	% 10 TKBU Enzimsiz	% 10 TKBU 50 ppm	% 10 TKBU 100 ppm	% 20 TKBU Enzimsiz	% 20 TKBU 50 ppm	% 20 TKBU 100 ppm	% 30 TKBU Enzimsiz	% 30 TKBU 50 ppm	% 30 TKBU 100 ppm
Sertlik (g)	1	1178.30 _B ^f	715.12 _B ^{(2)g}	933.59 _C ^{fg}	1797.10 _C ^e	1908.40 _B ^e	2071.30 _B ^e	3456.90 _A ^a	2028.30 _C ^e	2611.20 _C ^d	3346.80 _C ^{ab}	3042.50 _B ^{bc}	2805.60 _C ^{cd}
	3	1406.40 _A ^h	1067.60 _A ⁱ	750.18 _D ^j	1993.10 _B ^f	1626.80 _C ^e	1558.90 _C ^{gh}	3117.50 _A ^d	2521.90 _B ^e	2578.40 _C ^e	4995.40 _B ^a	3303.60 _B ^c	4211.90 _B ^b
	15	722.06 _C ⁱ	499.84 _C ^j	503.39 _E ^j	1109.50 _E ^h	1420.50 _E ^g	1142.10 _D ^h	1525.30 _C ^f	1973.20 _C ^e	2431.10 _C ^c	2933.80 _D ^a	2272.00 _D ^d	2738.00 _C ^b
	30	754.22 _C ^h	554.32 _C ⁱ	1267.50 _B ^g	1646.00 _D ^f	1528.70 _D ^f	1646.40 _C ^f	2278.50 _B ^e	2517.60 _B ^d	2886.60 _B ^c	3542.40 _C ^b	2643.00 _C ^d	4290.60 _B ^a
	45	1214.10 _B ^j	1101.10 _A ^j	1991.80 _A ⁱ	2761.00 _A ^h	3462.00 _A ^f	3083.50 _A ^g	3037.30 _A ^g	4020.80 _A ^e	5179.50 _A ^c	5606.40 _A ^b	4667.50 _A ^d	6083.00 _A ^a
Yapışkanlık	1	0.77 _{AB} ^{abc}	0.81 _A ^a	0.78 _{AB} ^{ab}	0.71 _B ^{bcd}	0.73 _A ^{bcd}	0.75 _A ^{abcd}	0.68 _A ^{de}	0.70 _A ^{cde}	0.66 _{AB} ^e	0.56 _C ^f	0.67 _A ^e	0.59 _{AB} ^f
	3	0.76 _{BC} ^{ab}	0.78 _{AB} ^a	0.78 _{AB} ^a	0.67 _B ^c	0.71 _A ^{bc}	0.72 _A ^{bc}	0.60 _{BC} ^d	0.68 _A ^c	0.67 _{AB} ^c	0.48 _D ^e	0.58 _C ^d	0.56 _B ^d
	15	0.80 _A ^{ab}	0.81 _A ^a	0.82 _A ^a	0.76 _A ^{bc}	0.73 _A ^{cd}	0.76 _A ^c	0.71 _A ^d	0.65 _A ^f	0.70 _A ^{de}	0.66 _A ^{ef}	0.66 _{AB} ^{ef}	0.63 _A ^f
	30	0.74 _C ^{a(1)}	0.72 _B ^a	0.65 _C ^b	0.60 _C ^c	0.60 _B ^c	0.57 _C ^{cd}	0.55 _C ^{cd}	0.54 _B ^{de}	0.49 _C ^{ef}	0.47 _D ^f	0.57 _C ^{cd}	0.55 _B ^d
	45	0.78 _{AB} ^a	0.78 _{AB} ^a	0.73 _B ^b	0.72 _B ^{bc}	0.68 _A ^{cd}	0.66 _B ^d	0.66 _{AB} ^d	0.67 _A ^d	0.60 _B ^e	0.61 _B ^e	0.61 _{BC} ^e	0.56 _B ^f
k	1	1163.90 _B ^{efg}	1022.60 _A ^{fg}	952.25 _B ^g	1547.40 _{AB} ^{cd}	1431.50 _{BC} ^{cd}	1286.90 _C ^{def}	2650.00 _A ^a	1693.20 _C ^c	2020.00 _B ^b	2231.10 _B ^b	2217.40 _{AB} ^{bc}	2252.80 _B ^b
	3	1237.50 _A ^{fg}	1058.10 _A ^{gh}	939.34 _B ^h	1524.30 _{AB} ^e	1323.60 _C ^{ef}	1257.60 _C ^{fg}	2065.70 _B ^{bc}	1815.00 _{BC} ^d	1834.30 _B ^d	2369.00 _A ^a	1951.30 _{CD} ^{cd}	2254.30 _{AB} ^{ab}
	15	770.92 _E ^f	568.90 _C ^f	772.19 _C ^f	1136.40 _C ^e	1400.50 _{BC} ^{cd}	1116.20 _D ^e	1288.50 _{DE} ^{de}	1917.30 _{BC} ^b	1620.30 _C ^c	2022.60 _{AB} ^{ab}	2028.60 _{AB} ^{ab}	2197.60 _B ^a
	30	1075.90 _C ^h	761.73 _{BC} ⁱ	1297.40 _A ^g	1736.10 _A ^f	1917.90 _{DE} ^{de}	1749.10 _A ^{ef}	1961.60 _C ^d	2677.90 _A ^a	2160.00 _A ^c	2439.50 _B ^b	2529.50 _{AB} ^{ab}	2633.40 _A ^a
	45	884.49 _D ^f	888.59 _{AB} ^f	1167.10 _A ^e	1341.60 _{BC} ^{de}	1543.70 _{BC} ^{cd}	1549.50 _{BC} ^{cd}	1530.90 _D ^{cd}	2035.30 _B ^b	1772.20 _{BC} ^c	2108.40 _B ^b	2134.70 _B ^b	2614.30 _A ^a
Elastikiyet	1	0.98 _A ^{ab}	0.98 _A ^{ab}	1.00 _A ^a	0.96 _A ^{abc}	0.94 _A ^{bcd}	0.93 _A ^{bcd}	0.92 _A ^{cde}	0.94 _A ^{bcd}	0.94 _A ^{bcd}	0.88 _A ^e	0.92 _A ^{cde}	0.90 _{AB} ^{de}
	3	0.97 _A ^{ab}	1.00 _A ^a	0.95 _{AB} ^{abc}	0.91 _{AB} ^{cd}	0.93 _A ^{bc}	0.94 _A ^{bc}	0.90 _{AB} ^{cd}	0.87 _B ^d	0.86 _A ^d	0.90 _A ^{cd}	0.90 _A ^{cd}	0.91 _A ^{cd}
	15	0.92 _A ^c	0.97 _A ^b	1.01 _A ^a	0.94 _{AB} ^{bc}	0.92 _{AB} ^c	0.93 _A ^{bc}	0.84 _C ^e	0.88 _{AB} ^{de}	0.90 _A ^{cd}	0.90 _A ^{cd}	0.87 _A ^{de}	0.86 _{AB} ^e
	30	0.92 _A ^{abc}	0.98 _A ^a	0.96 _{AB} ^{ab}	0.90 _B ^{bcd}	0.89 _{AB} ^{bcd}	0.89 _{AB} ^{bcd}	0.85 _C ^{cd}	0.87 _B ^{cd}	0.89 _A ^{bcd}	0.85 _A ^{cd}	0.89 _A ^{bcd}	0.83 _D ^d
	45	0.94 _A ^b	1.00 _A ^a	0.93 _B ^{bc}	0.91 _{AB} ^{bcd}	0.88 _B ^{de}	0.88 _B ^{cde}	0.88 _B ^{cde}	0.88 _{AB} ^{de}	0.88 _A ^{de}	0.87 _A ^{de}	0.86 _A ^e	0.86 _{AB} ^e
Esnelik	1	0.42 _{ABC} ^{abc}	0.47 _A ^a	0.45 _{AB} ^{ab}	0.37 _{AB} ^{abcd}	0.39 _A ^{abcde}	0.41 _A ^{abc}	0.31 _A ^{ef}	0.35 _A ^{cde}	0.32 _A ^{def}	0.24 _B ^f	0.32 _A ^{ef}	0.34 _B ^{de}
	3	0.40 _{AB} ^b	0.48 _A ^a	0.42 _{AB} ^b	0.33 _C ^c	0.33 _{BC} ^c	0.35 _B ^c	0.22 _C ^e	0.28 _B ^d	0.28 _B ^d	0.18 _B ^f	0.23 _B ^e	0.24 _D ^e
	15	0.43 _A ^b	0.45 _{AB} ^{ab}	0.47 _A ^a	0.39 _C ^c	0.35 _{AB} ^d	0.38 _{AB} ^c	0.26 _B ^{fg}	0.29 _B ^{ef}	0.31 _{AB} ^e	0.23 _C ^g	0.26 _B ^{fg}	0.28 _C ^{ef}
	30	0.36 _C ^b	0.35 _B ^{bc}	0.32 _B ^c	0.24 _C ^{de}	0.25 _D ^d	0.21 _D ^{ef}	0.22 _C ^{def}	0.21 _C ^{ef}	0.18 _D ^f	0.34 _{BC} ^{bc}	0.22 _B ^{de}	0.47 _A ^a
	45	0.39 _{BC} ^a	0.35 _B ^{ab}	0.34 _B ^b	0.35 _{AB} ^{ab}	0.30 _C ^c	0.29 _C ^{cd}	0.27 _B ^{cde}	0.25 _{BC} ^{def}	0.24 _C ^{ef}	0.24 _B ^{ef}	0.25 _B ^{def}	0.23 _D ^f

¹ Çizelgede aynı sütunda küçük harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir ve küçük harfler aynı gün yapılan ekmelemler arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir.

² Çizelgede aynı satırda büyük harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir ve büyük harfler günler arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir.

arttırdığı saptanmıştır. Depolama süresine bağlı olarak sertlik değeri sabit bir artış yada azalış göstermemesine rağmen, genel olarak en yüksek sertlik değerinin 45 günlük depolama sonundaki ekme örneklerinde olduğu gözlenmiştir. Steffolani ve ark. (2010), tarafından yapılan çalışmada; TG'ın % 5 oranında ilavesinin ekme hacmini azalttığı buna bağlı olarak da ekme içi sertlik ve çignene bilirligi arttırdığı belirtilmiştir.

Örneklerin 1, 3 ve 15. gün kohezif yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek değeri kontrol grubu örneklerinin aldığı görülürken, % 10, % 20 ve % 30 TKBU ilavesi kohezif yapışkanlık değerini sırasıyla % 7.8, % 11.7 ve % 27.2 oranlarında azalttığı görülmüştür. Kohezif yapışkanlık değerleri ekme içi bağların kuvveti hakkında fikir veren bir değerdir. TKBU ilavesi ile glutenin azalmasına paralel olarak kohezif yapışkanlık değerlerinin azalması beklenen bir durumdur. Enzim ilavesinin, kontrol grubu ve % 10 TKBU ilaveli örneklerde önemli bir değişiklik yapmadığı saptanmıştır. 45. gün ekme örneklerinde 100 ppm enzim ilavesi, enzimsiz ekmelemlere göre kohezif yapışkanlık değerini önemli ölçüde azaltırken 50 ppm enzim ilaveli örnekler ile enzimsiz örnekler arasında önemli bir fark (P>0.01) saptanmamıştır.

Çignenebilirlik fiziksel anlamda katı bir gıda maddesini yutmaya hazır hale getirmek için gerekli enerji, duyuşal anlamda ise saniyede bir çigneme olacak şekilde gıdanın çignenebilmesi için gerekli çigneme sayısı ve gıdanın kıvamını

çignemeye uygun hale getirebilmek için uygulanan sabit orandaki kuvvettir (Szczesniak 1998; Certel ve ark. 2009). 1. gün en yüksek çignenebilirlik değerini enzimsiz % 20 TKBU ilaveli örnekler, en düşük değeri de kontrol grubu örnekleri almıştır. Ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmelemler ile % 10 ve % 30 TKBU ilaveli ekmelemlere, enzim ilavesi ve miktarının artışı (kendi grupları içinde) çignenebilirlik değerini değiştirmemiştir. 3. gün en yüksek çignenebilirlik değerini enzimsiz % 30 TKBU ilaveli örnekler alırken 15, 30 ve 45. günlerde en yüksek değeri 100 ppm enzim ilaveli % 30 TKBU içeren örnekler almıştır. TKBU ve TG ilavesiyle sertlik artışına paralel olarak çignenebilirlik zorlaşmıştır.

Ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri incelendiğinde en yüksek değeri enzimsiz ve 50 ile 100 ppm enzim ilaveli kontrol grubu örnekleri ve enzimsiz % 10 TKBU ilaveli örnekler almıştır. En düşük değeri ise % 30 TKBU ilaveli örnekler almıştır. Kontrol grubuna TKBU'nun % 10 ilavesi elastikiyet değerini değiştirmezken, % 20 ve % 30 oranlarında bu değeri sırası ile % 6.12 ve % 10.20 oranlarında azaltmıştır. Enzim etkisinin 1. gün ekmelemlerinin elastikiyeti üzerinde etkisi görülmemiştir. 3, 30 ve 45. gün ekmelemlerinde en yüksek değeri 50 ppm enzim ilaveli kontrol grubu ekme örnekleri alırken, diğer ekme örnekleri arasında önemli bir fark görülmemiştir. 15. gün ekmelemlerinde en yüksek değeri 100 ppm enzim ilaveli kontrol grubu örnekleri alırken, diğer ekme örnekleri arasında önemli bir fark görülmemiştir (P>0.01). Depolama boyunca

ekmek örneklerinin elastikiyet değerleri genel olarak istatistikî bir değişim göstermemiştir. Benzer olarak; Certel ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada da elastikiyet değerinin depolama süresine bağlı olarak değişmediği bildirilmiştir.

1. gün esneklik değerleri incelendiğinde ekmeklik buğday ununa % 10 oranında TKBU eklenmesi önemli bir fark yaratmazken, % 20 ve % 30 TKBU ilaveli örneklerde esneklik değeri önemli oranda ($p<0.01$) azalmıştır. Enzim ilavesinin ve miktarının örneklerin esneklik değerinde fark yaratmadığı saptanmıştır. 3. gün değerleri incelendiğinde TKBU oranının artışına paralel oranda esneklik değeri azalırken 50 ppm enzim ilavesi sadece % 10 TKBU ilaveli örneklerde değişim yapmamıştır. Diğer ekmek örneklerinin esneklik değerini önemli ($p<0.01$) ölçüde arttırmıştır. Dondurulmuş depolama boyunca esneklik değerinin depolama süresine bağlı olarak düştüğü gözlemlenmiştir. Bu sonucun ekmek için ufulanabilir yapısının artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4. Sonuç

Ekmeklerin hacimleri genel olarak TKBU oranının artmasına paralel olarak azalmıştır. Ekşi mayalı taze ekmek üretiminde TG kullanımı hacim üzerinde olumlu bir etki göstermemiştir. Ekmeklerin sertlik değerleri tüm günler için TKBU oranının artmasına paralel olarak artmıştır. Depolama süresine bağlı olarak sertlik değeri sabit bir değişim göstermemesine rağmen, genel olarak en yüksek sertlik değerinin 45 günlük depolama sonundaki ekmek örneklerinde olduğu gözlemlenmiştir.

Ekmek doku özelliklerinin belirlenmesinde TKBU ilavesi genel olarak ekmeklerin elastikiyetini, kohezif yapışkanlığını azalttığı; çiğnenabilirlik değerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekmek üretiminde ekmeklik buğday ununa 50 ppm TG ilavesi ile üretilen örneklerin diğer örneklere göre daha kabul edilebilir nitelikte olacağı sonucuna varılmıştır. Ekşi mayalı taze ekmek üretiminde optimum TG miktarının belirlenmesi için 50 ppm'den daha düşük oranlarda denenmesi ve ekmek üzerinde etkisinin araştırılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 3568-YL2-13).

Kaynaklar

- AACC (2001) International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.
- Asghar A, Traig MW, Anjum FM, Hussain S (2005) Effect of corboxy methyl cellulose and gum arabic on the stability of frozen dough for bakery products. Turkish Journal of Biology 29: 237-241.
- Barcenas ME, Rosell CM (2004) Different approaches for improving the quality and extending the shelf-life of partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. Journal Food Engineering 72: 92-99.
- Basman A, Köksel H, Ng PKW (2003) "Utilization of transglutaminase to increase the level of barley and soy flour incorporation in wheat flour breads," Journal of Food Science 68:2453-2460.
- Bojnanska T, Urminska D (2010) Influence of Natural Additives On Protein Complex of Bread. Potravinarstvo Rocnik 4: 1-5.
- Cemeroğlu B (2004) Meyve ve Sebze İşletme Teknolojisi. 2. Baskı, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ankara.

- Certel M, Erem F, Konak Üİ, Karakaş B (2009) Dondurulmuş hamur ile kısmi olarak pişirilip dondurulmuş hamurlardan üretilen beyaz ekmeklerin fiziksel tekstürel ve duyuval özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22: 9-12.
- Costantini L, Lucsic L, Molinari R, Kreft I, Bonofaccia G, Manzi L, Merendino N (2014) Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. Food Chemistry 165: 232-240.
- Dizlek H, Özer MS, İnaç E, Gül H (2009) Karabuğday'ın (*Fagopyrum esculentum moench*) bileşimi ve gıda sanayinde kullanım olanakları. Gıda dergisi 34(5): 317-324.
- Dizlek H (2010) Süne zararına uğramış ekmeklik buğdayların bazı niteliklerinin incelenmesi ve iyileştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Elgün A, Ertugay Z (2002) Tahıl İşleme Teknolojisi. 4. Baki, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Erzurum.
- Faergemand M, Otte J, Qvist KB (1998) Emulsifying properties of milk proteins cross-linked with microbial transglutaminase. International Dairy Journal 8: 71-723.
- Fujarczuk M, Zmijewski M (2009) Wheat Bread Quality Depending on the Addition of Bran Derived from Various Buckwheat Varieties. Erişim Tarihi: 15.10.2013. <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=PL2010000636>.
- Gerçekaslan K (2006) Trabzon vakfikebir ekmeğinin bayatlamasının çeşitli yöntemlerle takibi ve francala ekmeği ile mukayesesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gerrard JA, Fayle SE, Wilson AJ, Newberry MP, Ross M, Kavale S (1998) Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. Journal of Food Science 63: 472-475.
- Gerrard JA, Fayle SE, Brown PA, Sutton KH, Simmons L, Rasiah I (2001) Effects of microbial transglutaminase on the wheat proteins of bread and croissant dough. Journal of Food Science 66: 782-786.
- Gül H, Özçelik S, Sağdıç O, Certel M (2005) Sourdough bread production with lactobacilli and *S. cerevisiae* isolated from sourdoughs. Process Biochemistry 40: 691-697.
- Gül H, Özer MS, Dizlek H (2009) Improvement of the wheat and corn bran bread quality by using glucose oxidase and hexose oxidase. Journal of Food Quality 32: 209-223.
- Gül M, Birer E (2017) Socio-economic structure of buckwheat farms in Turkey. Columella 4: (1), 223-228.
- Hayıt F, Gül H (2015) Karabuğdayın sağlık açısından önemi ve unlu mamüllerde kullanımı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 29: 123-131.
- Huang WN, Yuan YL, Kim YS, Chung OK (2008) Effects of transglutaminase on rheology, microstructure, and baking properties of frozen dough. Cereal Chemistry Journal 85: 301-306.
- Karatekin E (2008) Süne zararına uğramış buğday ununun katkı maddeleri kullanılarak ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Katina K, Heiniö RL, Autio K, Poutanen K (2006) Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. LWT – Food Science and Technology 39: 1189-1202.
- Kesen N (2005) AB Ülkelerinde Ekmek Sektörü ve Dondurulmuş Ekmek Uygulamaları. www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/271E2928-83D9-49BD-AB01-4D1CF9767A75/6286/EKMEK.pdf. Erişim Tarihi: 18.04.2013.
- Klava D, Karklina D (2002) Changes of Bread Volume Substituting Wheat Flour by Oat or Buckwheat Flour. Erişim Tarihi: 15.10.2013. <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=LV2002000225>.

- Kim YS, Huang W, Du G, Pan Z, Chung O (2008) Effects of trehalose, transglutaminase, and gum on rheological, fermentation, and baking properties of frozen dough. *Food Research International* 41: 903-908.
- Lin L, Liu H, Yu Ya, Lin S, Mau J (2009) Quality and Antioxidant Property of Buckwheat Enhanced Wheat Bread. *Food Chemistry* 112: 987-991.
- Mahmoud RM, Yousif EI, Cadallah MGE, Alawneh AR (2013) Formulations and Quality Characterization of Gluten-Free Egyptian Balady Flat Bread. *Annals of Agricultural Sciences* 58: 19-25.
- Mandala I, Polaki A, Yanniotis S (2009) Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. *Journal of Food Engineering* 92: 137-145.
- Moroni AV, Bello FD, Arendt EK (2009) Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue?. *Food Microbiology* 26: 676-684.
- Phimolsiripol Y, Siripatrawan U, Tulyathan V, Cleland D (2008) Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *Journal of Food Engineering* 84: 48-56.
- Ran B, Dept K (2000) Study on bread-marking quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *Food Science and Biotechnology* 200-701.
- Renzetti S, Bello FD, Arendt EK (2008) Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science* 48: 33-45.
- Rühmkorf C, Jungkunz S, Wagner M, Vagel RF (2012) Optimization of homo exopolysaccharide formation by lactobacilli in gluten-free sour doughs. *Food Microbiology* 32: 286-294.
- Sedej Q, Sakac M, Mandic A, Misan A, Pestic M, Simurina O, Brunet C (2011) Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT – Food Science and Technology* 44: 694-699.
- Steffolani EM, Ribotta DP, Perez GT, Leon EA (2010) Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins, relationship with dough properties and bread-making quality. *Journal of Cereal Science* 51: 366-373.
- Szczesniak AS (1998) Sensory texture profiling historical and scientific perspectives. *Food Technology* 52: 54-57.
- Torbica A, Hadnadev M, Dapcevic T (2010) Rheological, Textural and Sensory Properties of Gluten-Free Bread Formulations Based on Rice and Buckwheat Flour. *Food Hydrocolloids* 24, 626-632.
- Uran H, Aksu F, Varlık C (2011) Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi. *Gıda Mühendisliği Kongresi, Ankara*, s. 90-91.
- Vulicevic I, Abdel-Aal E, Mittal G, Lu X (2003) Quality and storage life of par-baked frozen breads. *LWT – Food Science and Technology* 37: 205-213.