



Fitaz Aktif Bazı Laktik Asit Bakteri ve Maya İzolatlarının Tam Buğday Ekmeğinde Hamur Reolojisi Üzerine Etkileri

Kevser Karaman^{1*}, Osman Sağdıç²

¹ Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kayseri

² Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

(İlk Geliş Tarihi 28 Ağustos 2018 ve Kabul Tarihi 24 Ekim 2018)

(DOI: 10.31590/ejosat.455587)

Özet

Bu çalışmada ekşi hamur kaynaklı fitaz aktif laktik asit bakterileri (LAB) ve maya izolatları değişik kültür kombinasyonları şeklinde tam buğday ekmeğinde starter kültür olarak kullanılmıştır. Bu amaçla iki farklı maya türü (*Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia membranifaciens*) ile 5 farklı LAB türü (*Weissella viridescens*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus parabuchneri*) tam buğday ekmeği hamuru üretiminde denenmiştir. Kültür kombinasyonlarında ekşi hamur üretimi gerçekleştirilmiş ardından ekmeği hamuru ağırlığı üzerinden %20 olacak şekilde hamura ilave edilmiştir. Kontrol amaçlı olarak üretilen ekmeği hamurlarında ekşi hamur yerine ticari maya (%5) ve doğal fermantasyon ile üretilen ekşi hamur örnekleri (%20) kullanılmıştır. Tam buğday ekmeği üretiminde fermantasyondan sonra ekmeği hamurlarında dinamik reolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Hamur örneklerinin elastik (depolama) modülü (G') değerlerinin viskoz (kayıp) modülüne (G'') nazaran daha yüksek çıktığı ve viskoelastik hamur özelliği sergilediği görülmüş, hamurlara uygulanan frekans değerinin artışına bağlı olarak örneklerin elastik ve viskoz modülü değerleri artarken, kompleks viskozite değerleri düşüş göstermiştir. Örneklerin elastik modülü değerlerinin 25900-42150 Pa aralığında değiştiği ve en yüksek elastik (depo) modülü değerinin ticari maya kullanılarak hazırlanan ekmeği hamuru örneğinde, en düşük elastik modülü değerinin ise doğal fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamur katkılı ekmeği hamurunda olduğu tespit edilmiştir. Hamur örneklerinin viskoz modülü değerleri ise 13600-21600 Pa aralığında değişim göstermiş ve en yüksek viskoz (kayıp) modülü değerinin *S. cerevisiae*+*Lb. parabuchneri* kültür kombinasyonu ile üretilen ekmeği hamurunda, en düşük viskoz (kayıp) modülü değerinin ise doğal fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamur katkılı ekmeği hamurunda olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kullanılan kültür kombinasyonuna göre hamur reolojisinin önemli seviyede değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ekşi hamur, laktik asit bakterisi, maya, reoloji, viskoelastisite

Effects of Phytase Active Lactic Acid Bacteria and Yeast Isolates on Dough Rheology of Whole Wheat Bread

Abstract

In this study, sourdough-derived phytase active lactic acid bacteria and yeast isolates were used as starter cultures in whole wheat bread in various culture combinations. For this purpose, two different yeast species (*Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia membranifaciens*) and 5 different LAB species (*Weissella viridescens*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus parabuchneri*) have been tested in whole wheat bread dough production. Sourdough production was performed with using culture combinations and then the dough was added so that it would be 20% over the bread dough weight. Commercial yeast (5%) and sourdough samples produced by spontaneous fermentation were used in breads for control purposes. After fermentation of whole wheat bread production, dynamic rheological measurements were performed in bread dough. The elastic modulus values of the dough samples were higher than those of the viscous modulus and showed viscoelastic dough characteristics. The elastic and viscous modulus values of the samples increased while the complex viscosity values decreased with increasing frequency value applied to the doughs. The elastic modulus values of the samples changed in the range of 25900-42150 Pa and the highest elastic modulus value was determined in the bread prepared using commercial yeast and the lowest elastic modulus value was found in the spontaneous fermentation bread. The viscous modulus values of the dough samples varied between 13600-21600 Pa and the highest viscous (loss) module value was found in *S. cerevisiae* + *Lb. parabuchneri* culture combination bread and the lowest viscous (loss) module value was found in the spontaneous fermentation bread. As a result, it was observed that the dough rheology changed at significant levels according to the culture combination used.

Key words: Sourdough, lactic acid bacteria, yeast, rheology, viscoelasticity

¹ Sorumlu Yazar: Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kayseri, kevserkaraman86@gmail.com

1. Giriş

Ekmek, ürünleri ve üretim teknikleri dünya çapında farklılık gösteren temel olarak amacı tahıl unlarını cazip, lezzetli ve sindirilebilir bir gıdaya dönüştürmek olan temel besin maddesidir. Buğday ekmeğinin en başta gelen kalite özellikleri, yüksek hacim, yumuşak ve elastik iç yapı, formülasyona bağlı olarak ürünün uzun raf ömrü ve mikrobiyolojik güvenliğidir (Cauvain, 2003; Chavan ve Jana, 2008). Ekşi hamur prosesinin mayalama aracı olarak kullanılması, tahıl üretiminde en eski biyoteknolojik işlemlerden biridir. Ekşi hamurun yapısında, hamurdan hamura sayı ve tür bakımından farklılık gösteren laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalar bulunmaktadır. Bu LAB ve mayalar, biyokimyasal faaliyetleri ile ekmeğin hamurunun mayalanmasından sorumludurlar (Hansen ve Schieberle, 2005). Ekşi hamur ekmeği, karışım içinde laktik asit ve asetik asit geliştiren ve dolayısıyla hoş bir ekşi tat sağlayan, çoğunlukla heterofermentatif suşlar olan laktik asit bakterileri (LAB) ile fermente edilmiş un ve su karışımından hazırlanır. Hamur mayasının birçok doğal özelliği, yerleşik LAB'nin laktik asit fermentasyonu, asetik asit fermentasyonu, proteoliz, uçucu bileşiklerin sentezi gibi metabolik aktivitelerine dayanmaktadır (Hammes ve Ganzle, 1998; Gobetti ve ark., 1999). Birçok önemli etki arasında, organik asitlerin neden olduğu pH değerindeki düşüş hamurların viskoelastik davranışını etkilemektedir (Wehrle ve Arendt, 1998). Ekşi hamur ile fermente edilmiş ekmeğin hamurlarında pH değeri 5.1-5.2 değerlerine kadar düşerken ticari maya ile fermente edilmiş ekmeğin hamurlarında 6.1 seviyelerinde olduğu rapor edilmiştir (Karaman ve ark. 2018). Hamur davranışındaki değişikliklerin doğru tarif edilmesi endüstriyel üretimde işlenebilirliği sürdürmek için gereklidir (Wehrle ve ark., 1997). Ayrıca fermentasyon süreci kontrolünde reolojik özellikler, asitlendirme ve aroma gelişimi en önemli parametrelerdir (Hames ve ark., 2005). Hamurun reolojik özelliklerinin fermentasyon ile önemli ölçüde değiştiği, mikroorganizma türleri, metabolik aktivite ve pH değerinin reolojik özellikleri etkilediği bildirilmiştir (Wehrle ve Arendt, 1998). Diğer taraftan asit gelişiminin hamurun karıştırma özelliklerine güçlü bir şekilde etki ettiği daha düşük pH değerine sahip hamurların, biraz daha kısa bir karıştırma süresi gerektirdiği ve normal pH seviyesi ile hamurdan daha az stabiliteye sahip olduğu rapor edilmiştir. Hamurun reolojik

özellikleri, dinamik reolojik ölçümler, ekstensograflar, alveograflar, osilatör prob reometreleri vb. gibi birçok yöntemle belirlenebilmektedir (Hoseney, 1994). Bu çalışma kapsamında farklı maya ve laktik asit bakterileri ile oluşturulan kültür kombinasyonlarının tam buğday ekmeğin hamurlarında starter kültür olarak kullanımının ekmeğin hamur reolojisinde meydana getirdiği değişikliklerin incelenmesi ve kontrol örneği olarak ticari maya kullanımı ve doğal fermentasyon yolu ile üretilmiş ekşi hamur ekmeğin hamurları ile kıyaslanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Ekşi hamur örnekleri farklı illerde faaliyet gösteren ve ekşi hamur kullanarak üretim yapan ticari fırınlar ile ekşi hamur üretimi yapılan bazı evlerden aseptik şartlarda 2015 ve 2016 yıllarında değişik aylarda steril kaplar kullanılarak toplanmıştır. Bu örneklerden LAB ve maya izolasyonu gerçekleştirilmiş ve izolatların fitik asiti parçalama kabiliyetleri belirlendikten sonra moleküler tiplendirmeden geçen izolatlardan maya ve LAB izolatları ile kültür kombinasyonları oluşturulmuş 9 farklı tam buğday ekmeğin hamuru üretilmiştir. Üretimde iki maya türü (*Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia membranifaciens*) ile 5 farklı LAB türü (*Weissella viridescens*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus parabuchneri*) kullanılmıştır. Hammadde olarak tam buğday unu [Mayaköy, Ankara-Nem: %12.2, Kül (K.M.de) %1.35, ham protein (k.m.de) %11.6, asitlik (k.m.de) %0.05] saf su ve tuz kullanılmış ve kontrol örneği olarak ticari maya (Pakmaya) ve doğal fermentasyon ile üretilmiş ekşi hamur kullanılmıştır. Farinograf analizi ile tespit edilen su (un miktarı üzerinden, %69), tuz (kuru madde üzerinden % 1.6), un ile %20 oranındaki ekşi hamur yoğurucu haznesine ilave edilmiştir. Ön karıştırma (1 dk), yoğurma (5 dk), 20 dk ön fermentasyon ve 3 saat ana fermentasyon (30 °C, %90 nispi nem) uygulaması ile hamur örnekleri analize hazır hale getirilmiştir. Doğal fermentasyonda ise 50 g tam buğday unu, 100 g saf su ile homojen karışım yapılarak 30 °C'de %90 nisbi nem ortamında 24 saat süre ile fermente edilmiştir. Bu hamurdan 15 g alınarak 45 g un, 90 g su ile karıştırılmış ve 30 °C'de %80 nisbi nem ortamında 24 saat süre ile fermente edilmiştir (Hamur verimi, HV=300). Hamur üretiminde kullanılan kültür kombinasyonları ve örnek kodları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tam buğday ekmeğin hamuru üretiminde kullanılan kültür kombinasyonları

Hamur Kodu	Kültür kombinasyonu
S1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Lactobacillus brevis</i>
S2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Pediococcus pentosaceus</i>
S3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Lactobacillus parabuchneri</i>
S4	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Pichia membranifaciens</i>
S5	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Weissella viridescens</i>
S6	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Pediococcus acidilactici</i>
S7	<i>Pichia membranifaciens</i> + <i>Lactobacillus brevis</i>
S8	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Lactobacillus parabuchneri</i>

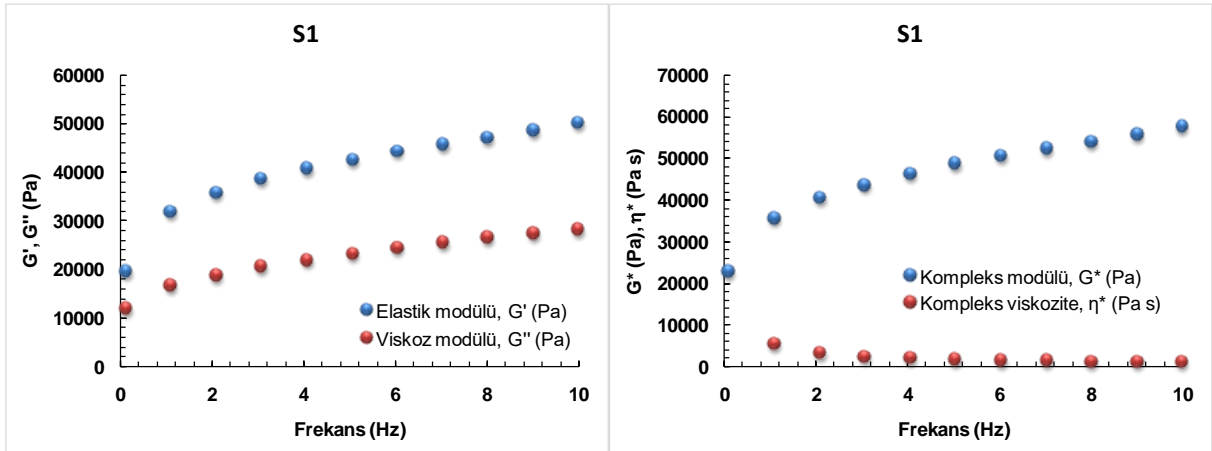
S9	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Lactobacillus parabuchneri</i> <i>Weissella viridescens</i> <i>Pediococcus acidilactici</i>
S10	Doğal olarak üretilen ekşi hamur
S11	Ticari maya

Hamur numunelerinin dinamik reolojik ölçümleri stres ve sıcaklık kontrollü rotasyonel reometre (Antonpaar MCR 302, Avusturya) ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 2.5 g hamur fermantasyonun akabinde hemen cihaz örnek platformuna alınmış ve cihaz probu (PP 25) örneğin üzerine yerleştirildikten sonra taşan hamur traşlanmış ve ölçüm başlatılmıştır. Öncelikle lineer viskoelastik bölgenin belirlenmesi için basınç süpürmesi testi yapılmış ve sabit deformasyon oranı %0,1 olarak tespit edilmiştir. Frekans süpürme testi ise sabit deformasyon oranında (%0,1) ve sıcaklıkta (25 °C), 0.1 ile 10 Hz frekans değerleri arasında gerçekleştirilmiş ve test sonunda elastik modül (G'), viskoz modül (G''), kompleks viskozite (η^*) ve kompleks modül (G^*) değerleri belirlenmiştir (Özülkü ve Arıcı 2017).

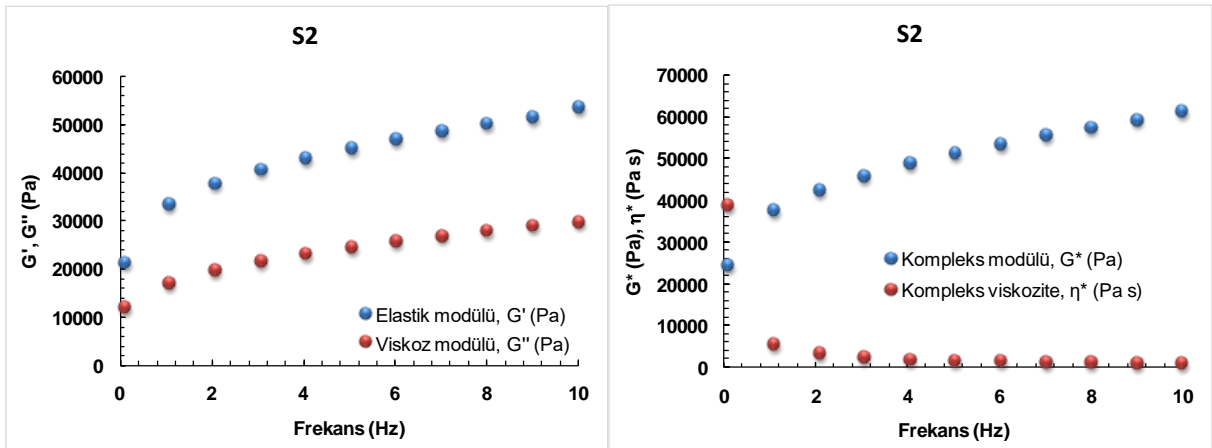
Elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi için SAS (2007) paket programı kullanılmıştır. Değerlendirilen parametrelere tek faktör varyans analizi uygulanmış ve gruplar arasındaki farklılıklar $\alpha=0,05$ manidarlık düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

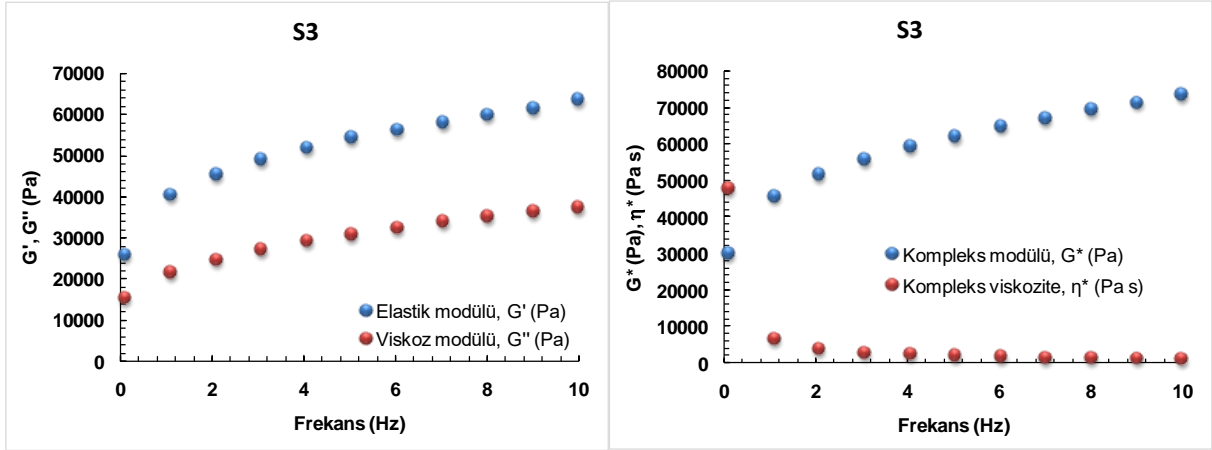
Dinamik reolojik ölçümlerde, test materyalinin lineer viskoelastik bölgesinde frekansın bir fonksiyonu olarak elastik modülü (G') ve viskoz modülü (G'') belirlenmektedir. Elastik modülü ile depolanan ve her deformasyon döngüsünde yenilenen enerji; viskoz modülü ile dağılan veya kaybolan enerji ölçülmektedir (Özuğur, 2011). Bu kapsamda farklı kültür kombinasyonları ile üretilen ekşi hamur katkı ekme hamurları ile doğal fermantasyon ve ticari maya ilavesi ile üretilmiş olan ekme hamurlarının 3 saatlik fermantasyon süresi sonunda kesme kontrollü reometre ile sabit sıcaklık değerinde (25 °C) belirlenen frekans süpürmesi testine ait osilasyon reogramları her bir örnek için ayrı ayrı Şekil 1-Şekil 10 aralığında gösterilmiştir.



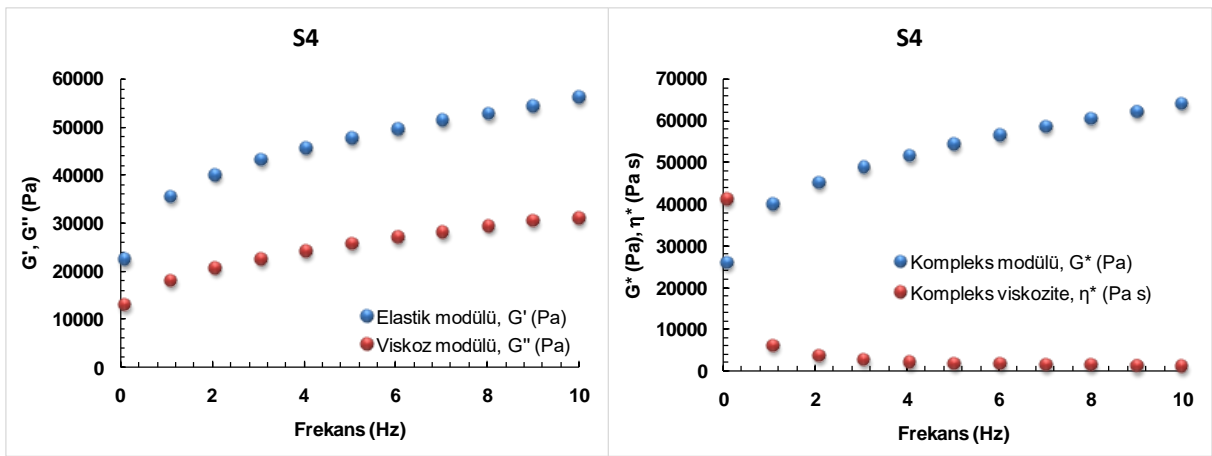
Şekil 1. *S.cerevisiae*+*Lb. brevis* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekme hamuruna ait osilasyon reogramı



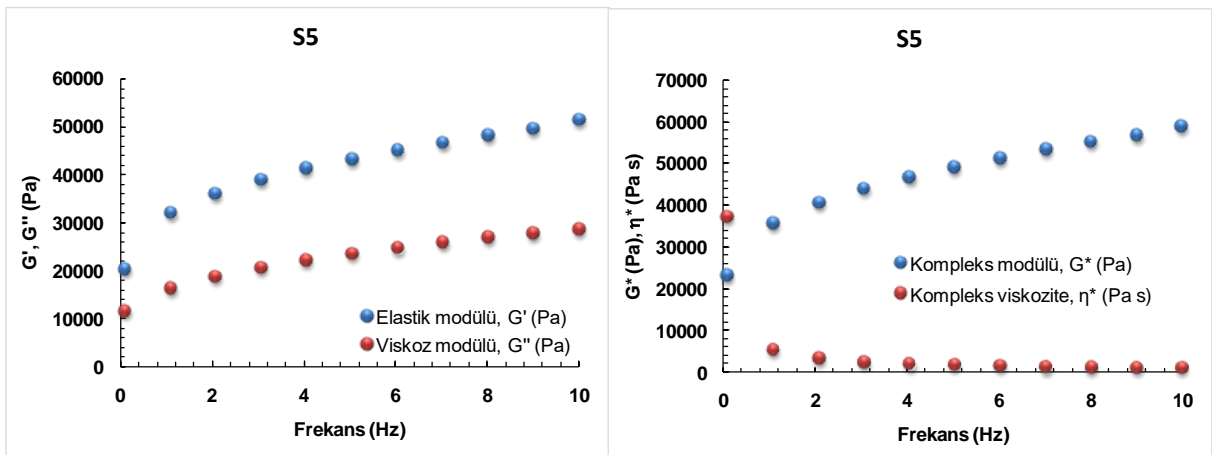
Şekil 2. *S.cerevisiae*+*Pediococcus pentosaceus* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekme hamuruna ait osilasyon reogramı



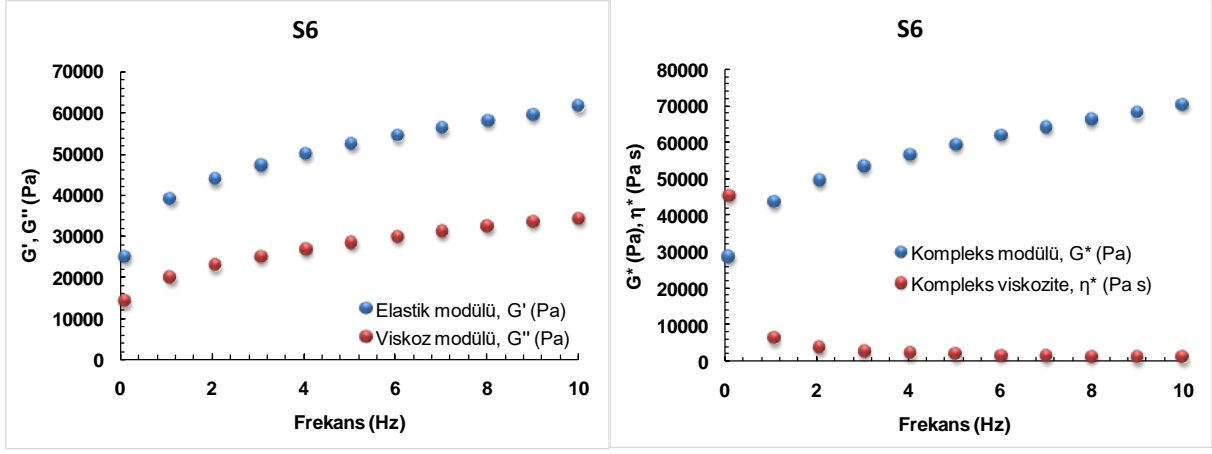
Şekil 3. *S.cerevisiae*+*Lb. parabuchneri* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmek hamuruna ait osilasyon reogramı



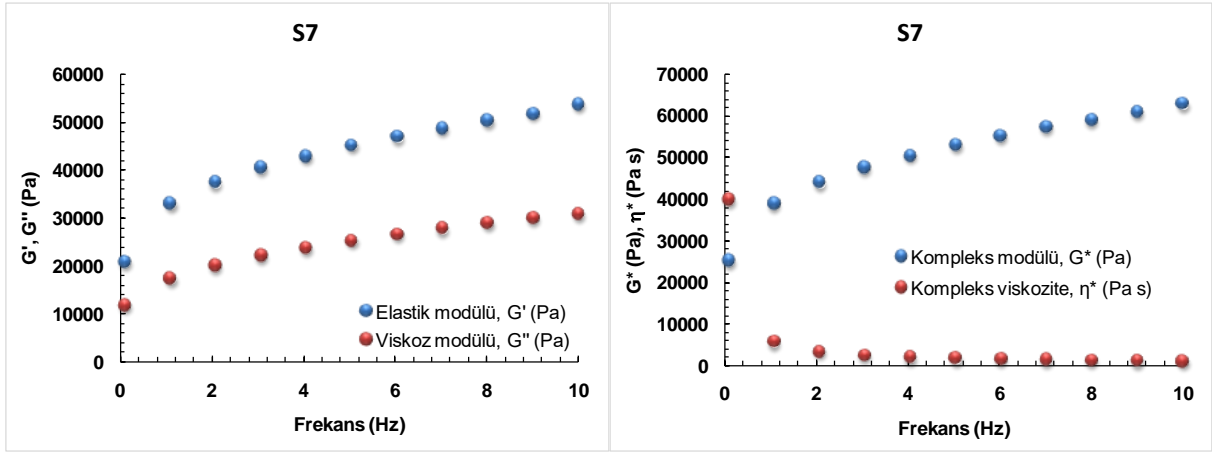
Şekil 4. *S.cerevisiae*+*Pichia membranifaciens* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmek hamuruna ait osilasyon reogramı



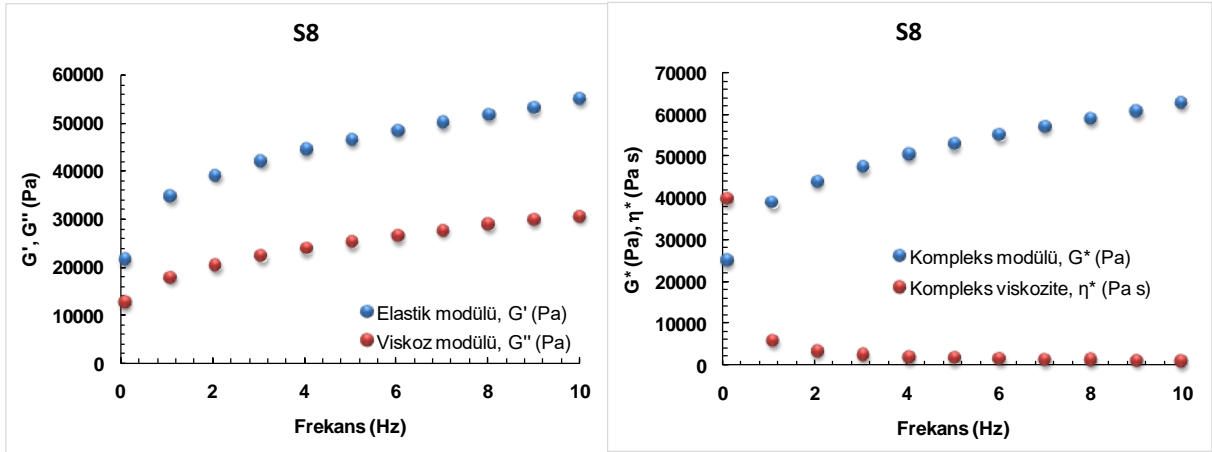
Şekil 5. *S.cerevisiae*+*Weissella viridescens* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmek hamuruna ait osilasyon reogramı



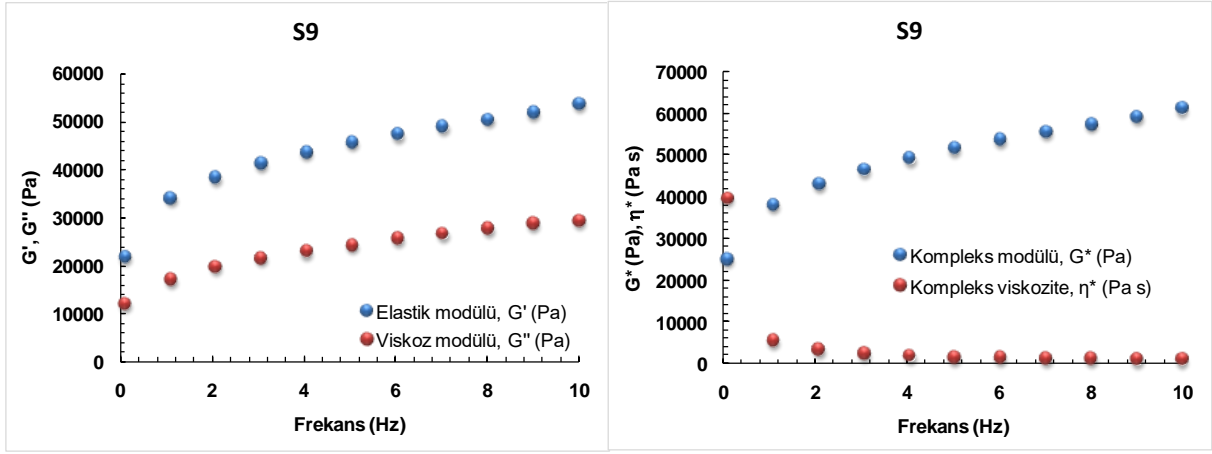
Şekil 6. *S.cerevisiae*+*Pediococcus acidilactici* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmek hamuruna ait osilasyon reogramı



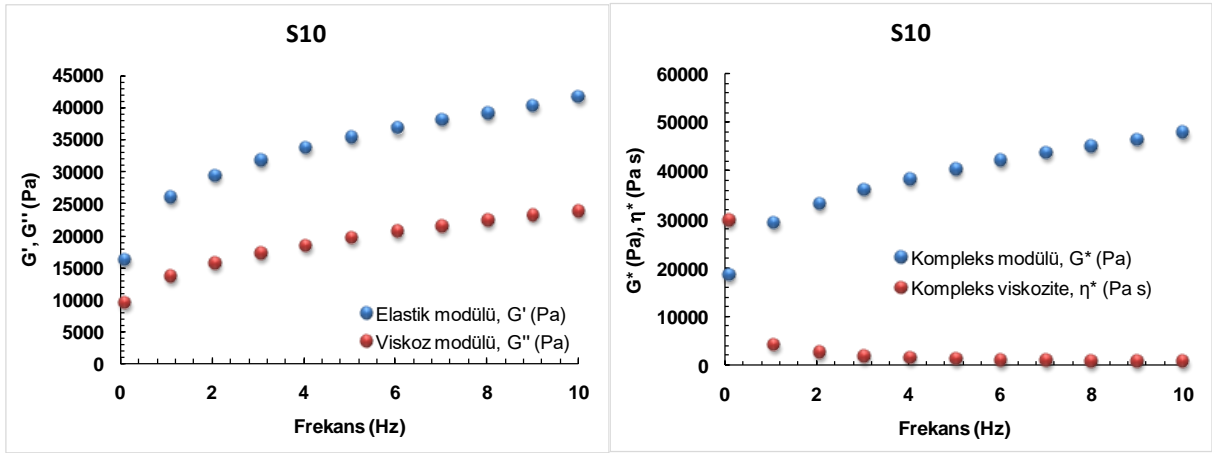
Şekil 7. *Pichia membranifaciens*+*Lb. brevis* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmek hamuruna ait osilasyon reogramı



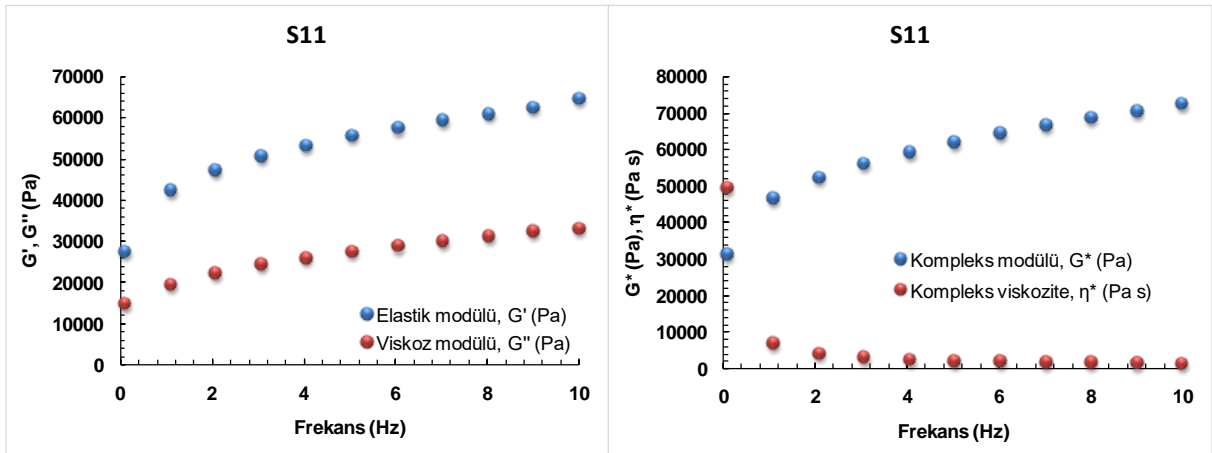
Şekil 8. *S.cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmek hamuruna ait osilasyon reogramı



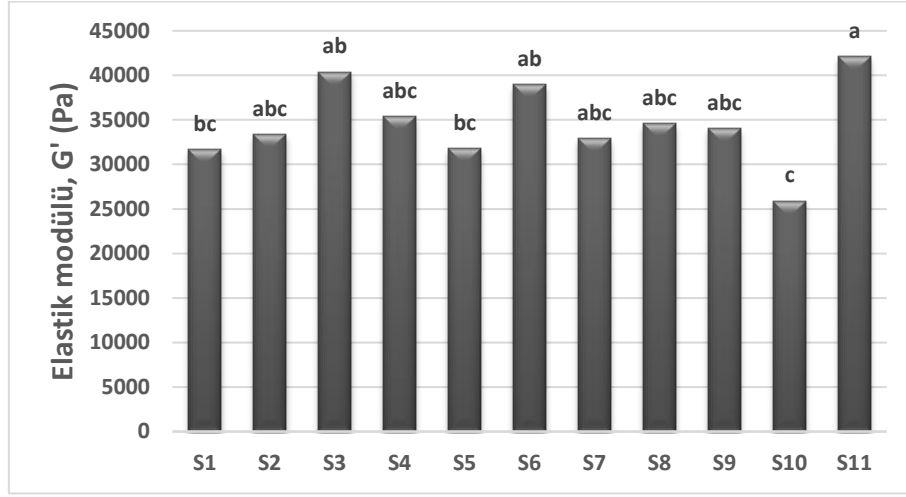
Şekil 9. *S.cerevisiae*+*Lb. brevis*+ *Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*+*Weissella viridescens*+ *Pediococcus acidilactici* kültür kombinasyonu içeren ekşi hamur ile üretilmiş ekmekek hamuruna ait osilasyon reogramı



Şekil 10. Doğal fermantasyon ile üretilen ekşi hamur ilaveli ekmekek hamuruna ait osilasyon reogramı

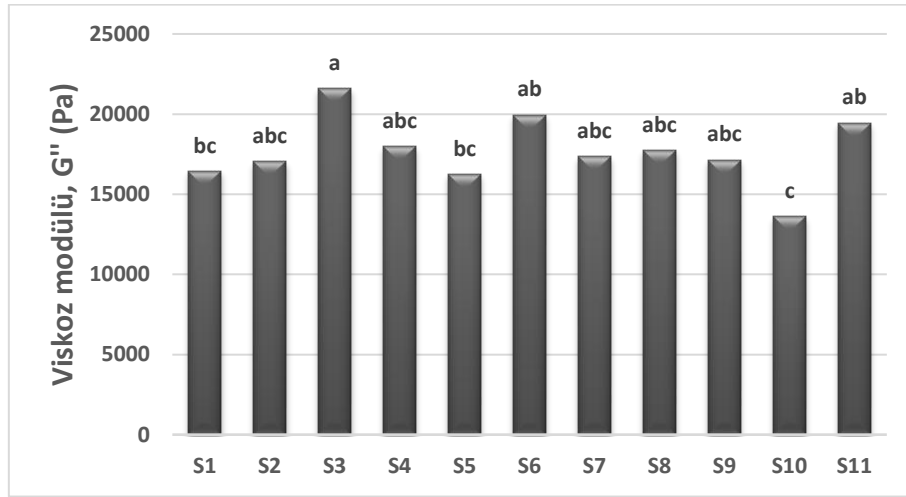


Şekil 11. Ticari maya ile fermantasyon sonucu üretilen ekmekek hamuruna ait osilasyon reogramı



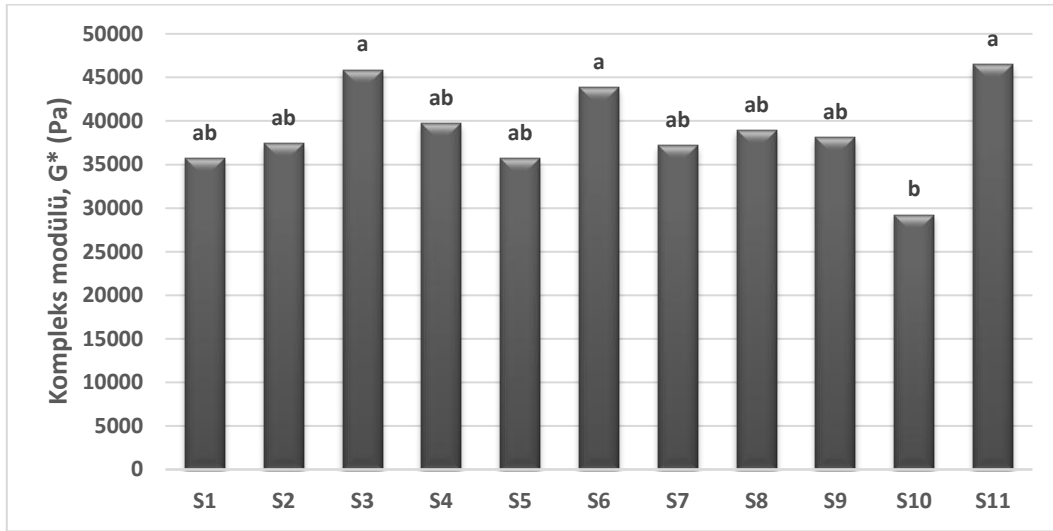
Şekil 12. Ekmek hamurlarının elastik modülü değerleri (1Hz)

S1: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*, S2: *S. cerevisiae*+*Pediococcus pentosaceus*, S3: *S.cerevisiae*+*Lb. parabuchneri*, S4: *S. cerevisiae*+*Pichia membranifaciens*, S5: *S. cerevisiae*+*Weissella viridescens*, S6: *S. cerevisiae*+*Pediococcus acidilactici*, S7: *Pichia membranifaciens*+*Lb. brevis*, S8: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*, S9: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*+*Weissella viridescens*+*Pediococcus acidilactici*, S10: Doğal olarak ekşitilen ekşi hamur



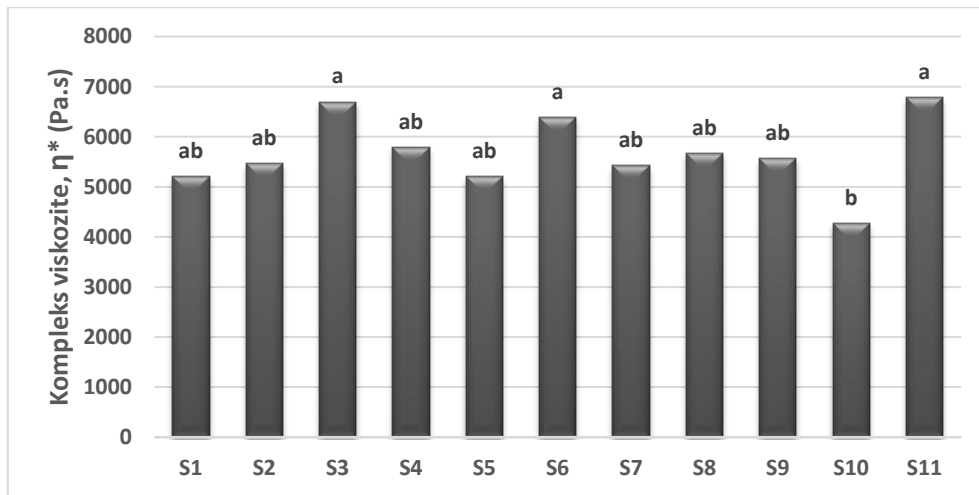
Şekil 13. Ekmek hamurlarının viskoz modülü değerleri (1 Hz)

S1: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*, S2: *S. cerevisiae*+*Pediococcus pentosaceus*, S3: *S.cerevisiae*+*Lb. parabuchneri*, S4: *S. cerevisiae*+*Pichia membranifaciens*, S5: *S. cerevisiae*+*Weissella viridescens*, S6: *S. cerevisiae*+*Pediococcus acidilactici*, S7: *Pichia membranifaciens*+*Lb. brevis*, S8: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*, S9: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*+*Weissella viridescens*+*Pediococcus acidilactici*, S10: Doğal olarak ekşitilen ekşi hamur



Şekil 14. Ekmek hamurlarının kompleks modülü değerleri (1 Hz)

S1: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*, S2: *S. cerevisiae*+*Pediococcus pentosaceus*, S3: *S.cerevisiae*+*Lb. parabuchneri*, S4: *S. cerevisiae*+*Pichia membranifaciens*, S5: *S. cerevisiae*+*Weissella viridescens*, S6: *S. cerevisiae*+*Pediococcus acidilactici*, S7: *Pichia membranifaciens*+*Lb. brevis*, S8: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*, S9: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*+*Weissella viridescens*+*Pediococcus acidilactici*, S10: Doğal olarak ekşitilen ekşi hamur



Şekil 15. Ekmek hamurlarının kompleks viskozite değerleri (1 Hz)

S1: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*, S2: *S. cerevisiae*+*Pediococcus pentosaceus*, S3: *S.cerevisiae*+*Lb. parabuchneri*, S4: *S. cerevisiae*+*Pichia membranifaciens*, S5: *S. cerevisiae*+*Weissella viridescens*, S6: *S. cerevisiae*+*Pediococcus acidilactici*, S7: *Pichia membranifaciens*+*Lb. brevis*, S8: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*, S9: *S. cerevisiae*+*Lb. brevis*+*Pediococcus pentosaceus*+*Lb. parabuchneri*+*Weissella viridescens*+*Pediococcus acidilactici*, S10: Doğal olarak ekşitilen ekşi hamur

Örneklerin basınç süpürmesi testi sonrasında belirlenen lineer viskoelastik bölgelerinde 0.1-10 Hz aralığında uygulanan frekans süpürmesi testi ile elastik modül (depo modülü, G'), viskoz modül (kayıp modülü, G''), kompleks modülü (G^*) ve kompleks viskozite (η^*) değerleri ölçülmüş ve frekansa bağlı olarak değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekillerden de görüleceği üzere tüm ekmek hamuru örnekleri benzer reolojik davranış sergilemiş, tüm örneklerde frekansa bağlı olarak elastik modülü, viskoz modülü ve bunların bir fonksiyonu olan kompleks modülü değerleri artış sergilerken, kompleks viskozite değerleri frekans ile birlikte azalma göstermiştir. Genel olarak

bakıldığında ekmek hamuru örneklerinin elastik modülü değerlerinin viskoz modülü değerlerinden frekans taraması süresince daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve hamur örneklerinin katıya yakın viskoelastisite sergilediği görülmüştür. Ekmek hamurlarının frekans süpürmesi testi sonucunda 1 Hz değerinde kaydedilen elastik modülü değerleri Şekil 12'de, viskoz modülü değerleri Şekil 13'da, kompleks modülü değerleri Şekil 14'de ve kompleks viskozite değerleri de Şekil 15'de gösterilmiştir. Örneklerin elastik modülü değerlerinin 25900-42150 Pa aralığında değiştiği ve en yüksek elastik (depo) modülü değerinin ticari maya kullanılarak hazırlanan ekmek hamuru örneğinde (S11), en düşük elastik modülü değerinin ise doğal fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamur katkılı ekmek

hamurunda (S10) olduğu tespit edilmiştir. Hamur örneklerinin viskoz modülü değerleri ise 13600-21600 Pa aralığında değişim göstermiş ve en yüksek viskoz (kayıp) modülü değerinin *S. cerevisiae*+*Lb. parabuchneri* kültür kombinasyonu ile üretilen ekmeğin hamurunda (S3), en düşük viskoz (kayıp) modülü değerinin ise doğal fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamur katkı ekmeğin hamurunda (S10) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 13). Hamur örneklerinin kompleks modülü değerleri de 29250-46450 Pa aralığında değişim göstermiş ve en yüksek kompleks modülü değerinin yine ticari maya kullanılarak hazırlanan ekmeğin hamuru örneğinde (S11), en düşük kompleks modülü değerinin ise doğal fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamur katkı ekmeğin hamurunda (S10) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14). Hamur örneklerinin kompleks viskozite değerleri de 4275-6780 Pa aralığında değişim göstermiş ve en yüksek kompleks viskozite değeri ticari maya kullanılarak hazırlanan ekmeğin hamuru örneğinde (S11), en düşük kompleks viskozite değeri ise doğal fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamur katkı ekmeğin hamurunda (S10) ölçülmüştür (Şekil 15). Herhangi bir kültür kombinasyonu kullanılmayarak sadece ticari maya ilavesi ile hazırlanan ekmeğin hamuru örneklerinin özellikle LAB içeren ekmeğin hamurlarına kıyasla reolojik olarak daha viskoz hamur örneği olduğu gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada tipik hetero ve homofermantatif maya ve laktik asit bakterileri içeren karma bir kültür hazırlanmıştır. Kontrollü fermantasyon işleminden elde edilen sonuçlar, doğal fermantasyondan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmamıza benzer olarak fermantasyon sırasında kompleks viskozitenin azaldığı ve starter kültürü olmayan hamurlar için daha düşük nihai değerlere ulaşıldığı bildirilmiştir (Wehrle ve Arendt, 1998). Diğer bir çalışmada ise Clarke ve ark. (2002) buğday hamurunun reolojik özellikleri üzerine tek suş ve geleneksel karışık suş başlangıç starterlerinin etkisini incelemişler ve çalışmamızla uyumlu şekilde tek-suş ya da karışık-suş kültürler kullanılarak hazırlanan maya eklenmesinin, faz açısını önemli ölçüde arttırdığını ve tüm frekanslarda hamurların kompleks modülünün azaldığını tespit etmişlerdir. Ancak çalışmamızda tekli ya da karışık LAB kültürü içermesi ekmeğin hamurlarının reolojik özelliklerinde istatistiksel bir fark ortaya koymamıştır.

Özüğür (2011) yaptığı tez çalışmasında pirinç unundan hazırlanan ekşi hamurlar kullanılarak, glutensiz ekmeklerin kalitesinin geliştirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmamızla benzer olarak 0.2-10 Hz frekans aralığında tüm örneklerin elastik modülü viskoz modülünden daha yüksek bulunmuş ve frekansın artmasıyla da her iki modülün değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Çalışmalarda ekşi hamur ilavesinin hamur reolojisi ve ekmeğin dokusunda değişmeye sebep olduğu ve buğday hamurunun asitlenmesinin hamurun elastikiyetini ve sıklığını büyük ölçüde azalttığını bildirmektedir (Clarke ve ark., 2003). Hamur fermantasyonu ilerledikçe yapının daha az elastik hale geldiği ayrıca rapor edilmiştir (Clarke ve ark., 2002).

Ekşi hamur kullanımının ekmeğin hamurunda çeşitli fonksiyonel etkilere yol açtığı birçok çalışma ile gösterilmekle beraber fitaz aktivitesine sahip LAB ve mayaların kullanımı ile hamur reolojisinde meydana gelen değişiklikler ilk defa bu çalışma ile gösterilmiştir. Tek suşun ya da çoklu suşların kullanımının reolojiye olan etkileri arasındaki farklar açısından belirgin bir eğilim olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında doğal fermantasyon yerine ekşi hamurda kültür kullanımının reolojik özellikleri iyileştirdiği söylenebilmektedir.

Teşekkür

BİDEB 2211-C Yurtiçi Öncelikli Alanlar Doktora Burs Programı kapsamında söz konusu yayının üretildiği teze maddi destek veren Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Cauvain, S. (2003). Bread making: an overview. In bread making improving quality. Woodhead Publication Ltd. p 14.
- Chavan, R.S., & Jana, A. (2008). Frozen dough for bread making – a review. *International Journal of Food Science and Technology Nutrition*, 2,9–27.
- Clarke, C.I., Schober, T.J., & Arendt, E.K. (2002). Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. *Cereal Chemistry*, 79, 640–647.
- Clarke, C. I., Schober, T. J., Angst, E., & Arendt, E. K. (2003). Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. *European Food Research and Technology*, 217, 23–33.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Arnault, P., Tossut, P., Corsetti, A., & Lavermicocca, P. (1999). Added pentosans in breadmaking: fermentations of derived pentoses by sourdough lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, 16, 409–18.
- Hammes, W.P., & Ganzle, M.G. (1998). Sourdough breads and related products. In: Wood BJB, editor. *Microbiology of fermented foods*, Vol. 1. London: Blackie Academic and Professional. p 199–216.
- Hammes, W. P., Brandt, M. J., Francis, K. L., Rosenheim, M., Seitter, F. H., & Vogelmann, S. (2005). Microbial ecology of cereal fermentations. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 4–11.
- Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 85–94.
- Hoseney, R.C. (1994). Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota. USA.
- Karaman, K., Sagdic, O., Durak, M.Z. (2018). Use of phytase active yeasts and lactic acid bacteria isolated from sourdough in the production of whole wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 91, 557–567.
- Özüğür G., 2011. Ekşi hamur kullanımının glutensiz ekmeklerin bazı kalite özelliklerine etkileri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 99 sayfa.
- Özülkü, G., & Arıcı M. (2017). Characterization of the rheological and technological properties of the frozen sourdough bread with chickpea flour addition. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 1493–1500.
- SAS, 2007. *Statistical Discovery from SAS (JMP 2007)* Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Wehrle, K. & Arendt, E.K. (1998). Rheological changes in wheat sourdough during controlled and spontaneous fermentation. *Cereal Chemistry*, 75, 882–886.
- Wehrle, K., Grau, H., & Arendt, E.K. (1997). Effects of lactic acid, acetic acid and table salt on fundamental rheological properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*, 74, 739–744.