

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARABUĞDAY, TRANSGLUTAMİNAZ VE EKŞİ MAYANIN
DONDURULMUŞ EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Fatma HAYIT

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hülya Gül**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2014**

© 2014 [Fatma HAYIT]

TEZ ONAYI

Fatma HAYIT tarafından hazırlanan " **Karabuğday, Transglutaminaz ve Ekşi Mayanın Dondurulmuş Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi** "adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Yrd. Doç. Dr. Hülya GÜL**
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Burhan KARA**
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Yrd. Doç. Dr. Alper KUŞCU**
Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü **Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Fatma HAYIT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1 Transglutaminaz	14
2.2 Ekşi Maya	17
2.3 Karabuğday	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1 Materyal.....	24
3.2.1 Tip 650 ekmeklik buğday unu ve tam karabuğday ununda yapılan kimyasal ve fiziksel analizler	25
3.2.1.1 Nem miktarı tayini	25
3.2.1.2 Kül miktarı tayini.....	25
3.2.1.3 Ham protein miktarı tayini	26
3.2.1.4 Yağ miktarı tayini	26
3.2.1.5 Tip 650 ekmeklik buğday ununda yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerlerinin belirlenmesi.....	26
3.2.1.6 Zeleny sedimantasyon tayini.....	26
3.2.1.7 Gecikmeli sedimantasyon tayini.....	27
3.2.1.8 Düşme sayısı tayini.....	27
3.2.2 Tip 650 ekmeklik buğday unu ile un-karabuğday unu ve transglutaminaz karışımlarında yapılan reolojik analizler	27
3.2.2.1 Farinograf analizi	27
3.2.2.2 Hamur ve gluten uzayabilirlik analizi	27
3.2.3 Ekmek yapımı.....	29
3.2.4 Örneklerin dondurulması	32
3.2.5 Kısmi pişirilmiş ekmeklerin depolanması.....	32
3.2.6 Örneklerin çözdürülmesi ve pişirilmesi	32
3.2.7 Ekmek analizleri	32
3.2.7.1 Ekmek ağırlığının belirlenmesi	32
3.2.7.2 Ekmek pişme kaybının ve ekmek veriminin belirlenmesi	32
3.2.7.3 Ekmek hacminin belirlenmesi	33
3.2.7.4 Ekmeklerin en, boy ve yükseklik değerlerinin belirlenmesi	33
3.2.7.5 Ekmek içi gözenek yapısı ve değerlendirilmesi	33
3.2.7.6 Ekmek içi yumuşaklık değerlerinin belirlenmesi.....	33
3.2.7.7 Ekmek içi doku özelliklerinin belirlenmesi	34
3.2.8 İstatistiksel analizler	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	35
4.1. Un Örneklerinde Yapılan Kimyasal Analizler	35
4.2 Un Örneklerinde Yapılan Reolojik Analizler	37
4.2.1 Farinograf analiz değerleri.....	37

4.2.2 SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi değerleri	40
4.3. Yaş Mayalı Ekmek Örneklerinde Yapılan Ekmek Analizleri.....	43
4.3.1. Ekmek hacmi, ekmek verimi ve pişme kaybı değerleri	43
4.3.2. Ekmek örneklerinde en, boy ve yükseklik değerleri.....	48
4.3.3. Ekmek içi gözenek yapısı değerleri	51
4.3.4. Ekmek içi sertlik değerleri	53
4.3.5. Ekmek içi TPA değerleri.....	58
4.4. Ekşi Mayalı Ekmek Örneklerinde Yapılan Ekmek Analizleri	65
4.4.1. Ekmek hacmi, verimi ve pişme kaybı değerleri	65
4.4.2. Ekmek örneklerinde en, boy ve yükseklik değerleri.....	69
4.4.3. Ekmek içi gözenek yapısı değerleri	71
4.4.4. Ekmek içi sertlik değerleri	72
4.4.5. Ekmek içi TPA değerleri.....	76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKÇA	88
EKLER	95
EK A. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen hamurların farinograf grafikleri	96
EK B. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi sonucundan elde edilen grafikleri.....	97
EK C. 1. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları.....	98
EK C1. 3. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları.....	99
EK C2. 15. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları	100
EK C3. 30. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları	101
EK C4. 45. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları	102
EK D. Ekmek içi sertlik grafikleri 1. Gün	103
EK D1. Ekmek içi sertlik grafikleri 3. Gün.....	105
EK D2. Ekmek içi sertlik grafikleri 15. Gün	107
EK D3. Ekmek içi sertlik grafikleri 30. Gün	109
EK D4. Ekmek içi sertlik grafikleri 45. gün.....	111
EK E. Ekmek içi 1. gün TPA grafikleri	113
EK E1. Ekmek içi 3. gün TPA grafikleri	115
EK E2. Ekmek içi 15. gün TPA grafikleri.....	117
EK E3. Ekmek içi 30. gün TPA grafikleri.....	119
EK E4. Ekmek içi 45. gün TPA grafikleri.....	121
ÖZGEÇMİŞ	123

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARABUĞDAY, TRANSGLUTAMİNAZ VE EKŞİ MAYANIN DONDURULMUŞ EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma HAYIT

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hülya Gül

Bu çalışmada; tam karabuğday unu (TKBU) (0, %10, %20 ve %30), transglutaminaz (TG) (0, 50 ve 100 ppm) ve iki farklı maya (yaş maya ve ekşi maya) kullanılarak üretilen kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmeklerin farklı depolama süreleri (0, 3, 15, 30 ve 45 gün) sonrasında bazı kalite kriterlerinde meydana gelen değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır.

Artan oranlarda TKBU eklenmesi ve depolama süresince yaş mayalı ekmek örneklerinin hacim değerlerinin azaldığı ancak 50 ppm TG ilavesi ile tüm ekmek örneklerinin hacim değerlerinin arttığı saptanmıştır. 100 ppm TG ilavesi sadece kontrol ekmeklerinde ekstra bir hacim artışı sağlarken diğer ekmek örneklerinde istatistiksel olarak önemli ($p>0.01$) bir fark oluşturmamıştır. TKBU eklenmesi oran artışına paralel olarak sertliği önemli derecede ($p<0.01$) arttırmıştır. 100 ppm TG ilavesi genel olarak ekmek örneklerinde sertlik değerinin artmasına sebep olmuştur. Sertlik değeri depolama süresince kontrol ekmeklerinde artış gösterirken TKBU katkılı ekmeklerde önemli bir değişiklik göstermemiştir. Depolama süresince elastikiyet değeri enzimsiz kontrol grubu örneklerinde azalma gösterirken diğer ekmek örneklerinde istatistiksel olarak önemli bir fark ($p>0.01$) gözlenmemiştir. Enzimsiz kontrol grubunda çiğnenebilirlik değerinde depolamanın etkisinin olmadığı görülmüştür. Artan oranlarda TKBU eklenmesi ile kohezif yapışkanlık değeri azalırken TG ilavesi bu değerinde istatistikî ($p>0.01$) bir fark oluşturmamıştır. 45 gün depolama sonunda kontrol grubu ekmeklerinin kohezif yapışkanlık değeri önemli derecede ($p<0.01$) azalırken %10 ve %20 TKBU ilavesi ile yapılan ekmek örneklerinin değerinde istatistikî bir değişim olmamıştır.

Artan oranlarda TKBU eklenmesi ekşi mayalı ekmek örneklerinin hacim değerini azalttığı TG ilavesinin ve miktar artışının ekşi mayalı ekmek örneklerinin kalite kriterlerinde olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir.

TKBU yaş ve ekşi mayalı ekmek örneklerinde ekmek hacmini azaltıp sertliği arttırmıştır. Ancak depolama süresince ekmek hacmindeki azalma TKBU içermeyen kontrol ekmeklerinde TKBU içeren ekmeklere göre daha fazla olmuştur. 50 ppm TG ilavesi genel olarak ekmek özelliklerini olumlu yönde

etkilerken bu oranın 100 ppm'e çıkarılması ekmek özelliklerinin gerilemesine neden olmuştur. Kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmek üretiminde ekşi maya kullanılması da ekmek hacim değerlerini arttırmıştır.

Kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmek üretiminde en fazla %10 oranında TKBU, enzimsiz ve ekşi maya kullanılması veya tip 650 ekmeklik buğday unu ile 50 ppm TG ve yaş maya kullanılması ile 45 günlük bir depolama süresince kabul edilebilir nitelikte bir ekmek üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Buna rağmen dondurulmuş depolama boyunca görülen ekmek hacmindeki azalma miktarının; kontrol gruplarında karabuğdaylı ekmek örneklerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. TKBU ile yapılan ekmek örneklerinde depolama ile hacim azalışının daha az olması dondurulmuş ekmek üretiminde bu unun kullanılabilir olduğunu göstermektedir fakat gluten içermediği için ilk gün sebep olduğu ekmek hacim azalışının farklı katkı maddeleri kullanılarak arttırılması gerekliliğini ve bu konu hakkında yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu sonucunu göstermiştir.

Enzim ilavesinin sadece yaş mayalı ekmeklerde; taze ve dondurulmuş depolama sonucunda üretilen ekmeklerin hacmini olumlu etkilediği belirlendiği için yaş maya ile üretilen ekmeklerde ve 50 ppm seviyesinde kullanılması önerilebilir. Ekşi mayanın tip 650 ekmeklik buğday unu ve karabuğday ununa ilavesi, dondurulmuş depolama boyunca yaş mayalı ekmek örneklerine göre ekmek hacim değerlerinde olumlu etki gösterdiği belirlendiği için dondurulmuş ekmeklerde kullanılması tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, transglutaminaz, ekşi maya, dondurulmuş ekmek

2014, 123 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECTS OF BUCKWHEAT, TRANSGLUTAMINASE AND SOURDOUGH ON THE QUALITY OF FROZEN BREAD

Fatma HAYIT

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hülya Gül

In this study; it was aimed to research the emerging quality criteria changes of part-baked frozen bread after different storage periods (0, 3, 15, 30 and 45 days) which is produced by using whole buckwheat flour (WBF) (0, %10, %20 and %30), transglutaminase (TG) (0, 50 and 100 ppm) and two different yeasts (fresh yeast and sourdough).

It was determined that during the addition of WBF in increasing rate and the storage, loaf volume of breads with fresh yeast were decreased but with the addition of 50 ppm TG, Loaf volume of all breads were decreased. While 100 ppm TG addition provided an extra loaf volume increase only in control bread, it did not make a significant difference ($p>0.01$) in the other bread samples. With the addition of WBF, the firmness increased significantly ($p<0.01$) in parallel with the volume increase. 100 ppm TG addition caused to the firmness value increase in bread samples generally.

While the firmness value increased in control breads during the storage, it did not show a significant change in WBF containing bread. While the springiness value shown a decrease in control samples which were produced without TG, it was not observed an important difference ($p>0.01$) statistically in the other bread samples during the storage. It was seen that the storage had no effect on the chewiness value in the control group. While the cohesiveness value decreased with the addition of WBF in increasing rate, TG addition did not make any statistical difference ($p>0.01$) in this value. At the end of 45-day storage, the cohesiveness value of the control group significantly decreased ($p<0.01$), but there was not a statistical change in the value of the bread samples which were made with %10 and %20 WBF addition.

It was determined that the Loaf volume of the sourdough bread samples decreased with the addition of WBF in increasing rate, and TG addition and Increase of TG level had negative effects on the quality of the sourdough bread samples.

The WBF decreased the loaf volume and increased the firmness in the fresh yeast and sourdough bread samples. But, the decrease in the loaf volume during the storage was more in the control bread which did not contain WBF than the ones that contained it. While 50 ppm TG addition had positive effect on the bread characteristics generally, making this rate 100 ppm caused to decline of them. The usage of sourdough in the production of part-baked frozen bread also increased the loaf volume.

It was concluded that with the usage of maximum %10 WBF, nonenzymatic and sourdough or the usage of 50 ppm TG and fresh yeast with type 650 bread wheat flour, a bread which is in the quality of being able to accepted during 45-day storage could be produced. However, the decrease level in the loaf volume which was seen during the frozen storage was more than the ones in the buckwheat bread samples in the control group. Having a less volume decrease with the storage in the bread samples made with WBF bread shown that this flour could be used in the frozen bread production; nonetheless, it was also concluded that the loaf volume decrease caused in the first day due to containing no gluten should be increased by using different additives and it is needed to make new studies about this issue.

Since it was determined that the enzyme addition affected the loaf volumes positively only in the fresh yeasted bread which was produced in the consequence of fresh and frozen storage, it can be suggested to be used in 50 ppm level in the bread production made with fresh yeast. Because of the fact that the addition of sourdough to the type 650 bread wheat and WBF had positive effect on the fresh yeasted bread's loaf volume values during the storage, it can be recommended to be used in the frozen bread.

Keywords: Buckwheat, transglutaminase, sourdough, frozen bread

2014, 123 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Hülya GÜL'e, görüşleri ile bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Alper Kuşcu ve Doç. Dr. Burhan Kara hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarımda bana yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Gıda Mühendisi Sinem Türk, Ziraat Mühendisi Ayşe Altunbaş, Gıda Mühendisi Ayşe Öztürk ve Nahide Nayır'a,

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımını esirgemeyen eşim Tolga Hayıt'a analizlerimin yapılış sürecinde bana yardım ederek laboratuvar çalışmalarımda benden daha çok çalışan, emek veren annem Fatma Karakaş ve babam Mehmet Karakaş'a,

3568-YL2-13 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na,

Tezimin analiz aşamasındaki desteklerinden dolayı hediye un fabrikasına teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Fatma HAYIT
ISPARTA, 2014

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3. 1. Hamurun dinlendirilmesi.....	28
Şekil 3. 2. Hamurun Kieffer düzeneğinde uzatılması	28
Şekil 3. 3. Hamurun Kieffer düzeneğinde kopması	28
Şekil 3. 4. Hamur uzaya bilirlilik testi sonucu.....	28
Şekil 3. 5. Ekmek yapımında uygulanan işlem basamakları	31
Şekil 3. 6. Ekmek içi yumuşaklığının belirlenmesi	34
Şekil A. 1 Farinograf grafikleri	96
Şekil B. 1. SMS/Kieffer grafikleri.....	97
Şekil C. 1. 1. gün gözenek yapıları.....	98
Şekil C1. 1. 3. gün gözenek yapıları.....	99
Şekil C2. 1. 15. gün gözenek yapıları	100
Şekil C3. 1. 30. gün gözenek yapıları	101
Şekil C4. 1. 45. gün gözenek yapıları	102
Şekil D. 1. 1. gün sertlik grafikleri.....	104
Şekil D1. 1. 3. gün sertlik grafikleri.....	106
Şekil D2. 1. 15. gün sertlik grafikleri	108
Şekil D3. 1. 30. gün sertlik grafikleri	110
Şekil D4. 1. 45. gün sertlik grafikleri	112
Şekil E. 1. 1. gün TPA grafikleri.....	114
Şekil E1. 1. 3. gün TPA grafikleri	116
Şekil E2. 1. 15. gün TPA grafikleri.....	118
Şekil E3. 1. 30. gün TPA grafikleri.....	120
Şekil E4. 1. 45. gün TPA grafikleri.....	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Dondurarak depolamanın hamur özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkileri.....	13
Çizelge 3.1. Ekmek Denemelerinde Uygulanan Deneme Deseni.....	29
Çizelge 4.1. Un örneklerinde yapılan kimyasal analizler.....	35
Çizelge 4.2. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların farinogram değerleri.....	38
Çizelge 4.3. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların hamur uzaya bilirlik değerleri.....	41
Çizelge 4.4. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin hacmi (cm ³)	44
Çizelge 4.5. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin verimi (g)....	47
Çizelge 4.6. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin pişme kaybı (g)	48
Çizelge 4.7. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin en değerleri (mm).....	49
Çizelge 4.8. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin boy değerleri (mm).....	50
Çizelge 4.9. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin yükseklik değerleri (mm).....	51
Çizelge 4.10. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin Dallman gözenek skalası değerleri.....	52
Çizelge 4.11. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin sertlik değerleri (g)	54
Çizelge 4.12. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin pik kuvveti değerleri (g).....	56
Çizelge 4.13. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un	

karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin alan değerleri (g.s)	57
Çizelge 4.14 Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) adhezif yapışkanlık değerleri (g.s)	59
Çizelge 4.15. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) elastikiyet değerleri	60
Çizelge 4.16. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) kohezif yapışkanlık değerleri (g.s)	61
Çizelge 4.17. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) sakızımsılık değerleri (g.s)	67
Çizelge 4.18. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) çiğnenebilirlik değerleri	63
Çizelge 4.19. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) esneklik değerleri	64
Çizelge 4.20. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin hacmi (cm ³)	66
Çizelge 4.21. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin verimi (g).....	67
Çizelge 4.22. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin pişme kaybı (g)	68
Çizelge 4.23. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin en değerleri (mm).....	69
Çizelge 4.24. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin boy değerleri (mm).....	70
Çizelge 4.25. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin yükseklik	

değerleri (mm).....	71
Çizelge 4.26. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin Dallman gözenek skalası değerleri.....	72
Çizelge 4.27. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin sertlik değerleri (g)	73
Çizelge 4.28. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin pik kuvveti değerleri (g)	74
Çizelge 4.29. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin alan değerleri (g.s)	75
Çizelge 4.30. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) adhezif yapışkanlık değerleri (g.s)	77
Çizelge 4.31. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) elastikiyet değerleri.....	78
Çizelge 4.32. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) kohezif yapışkanlık değerleri (g.s)	79
Çizelge 4.33. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) sakızimsılık değerleri (g.s)	80
Çizelge 4.34. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) çiğnenebilirlik değerleri	81
Çizelge 4.35. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) esneklik değerleri	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AACC	American Association of Cereal Chemists
AB	Avrupa Birliği
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ARmax/Ext	Kurve Altındaki Alan
B.U.	Brabender Ünitesi
CO ₂	Karbon dioksit
°C	Santigrat Derece
Dk.	Dakika
Ext	Uzayabilirlik
FN	Düşme sayısı
g	Gram
K	Potasyum
kg	Kilogram
LN	Sıvılaşma sayısı
Mg	Magnezyum
ml	Mililitre
mm	Milimetre
P	Fosfor
Ph	Power of Hydrogen
ppm	Parts per million
Rmax	Hamurun Uzamaya Karşı Gösterdiği Maksimum Direnç
s	Saniye
TG	Transglutaminaz
TPA	Doku Profil Analizi
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Ekmek değişik toplumların beslenmesinde birinci derecede öneme sahip, temel bir gıda maddesidir. Bileşiminde bulunan yüksek düzeydeki karbonhidratlar nedeniyle enerji sağlayıcı olmasının yanı sıra, protein, lipit ve mineral madde gibi temel besin öğelerini de içerir (Dizlek ve Gül, 2007). Üstün besleyici, duyuşal ve tekstürel özellikleri nedeni ile ekmek, her zaman en popüler ve cazip gıda maddelerinden biri olmuştur (Certel vd., 2009).

Taze fırın ürünlerinin raf ömrü, depolama sırasında meydana gelen ve bayatlama olarak bilinen çeşitli fiziksel ve kimyasal değişimler sonucu oldukça kısadır. Tazeliğın azalmasına paralel olarak ekmek içi sertlikte artış, tat ve aromada azalma olmakta ve bu durum tüketici talebinde kayıplara yol açmaktadır (Ertop, 2011). Ekmek, depolanması sırasında tazeliğının azalması ve hızlı bir şekilde bayatlaması ile karakterizedir. Bayatlama prosesi ile aroma azalır, elastikiyet azalır, ekmek içi sertleşir ve kabuk yumuşaması oluşur (Moore vd., 2008).

Ekmegin, mikrobiyal bozulması, bayatlamaya yol açan fiziksel ve kimyasal değişimleri yüzünden azalan raf ömürleri (Minervini vd., 2011), depolama sırasında kimyasal ve fiziksel değişime uğrayarak duyuşal ve tekstürel özelliklerini yitirmesi (Certel vd., 2009), geleneksel ekmek üretiminin fazla zaman alması, tüketicinin de ekmeği her an taze olarak elde edebilme isteği (Rosell ve Gomez, 2007) sonuçları üreticileri dondurarak muhafaza tekniğine yöneltmiştir.

Tüketici ihtiyaç ve eğilimleri zaman içinde değişiklikler gösterse de fırıncılık ürünleri satın alınırken göz önüne alınan en önemli faktör ürünün tazeliğidir. Fırıncılık ürünleri pazarında dondurulmuş hamur kullanımı ve dondurulmuş ürünlere olan talep tüm dünyada giderek artmaktadır. Kısa bir muamele veya ısıl işlemle bu ürünlerin tüketime hazır hale gelmesi ve depolama sürelerinin uzun olması bu artışta etkili olmuştur (Ertop, 2011).

Tüketici isteklerinin yanında, büyük mağaza ve süpermarket içinde fırınlar kurulmuştur. Mağaza içi fırınlar, süpermarket ortamına sıcak bir hava katmak ve sürekli ekmek üretimi sayesinde taze ekmek kokusu ile müşterileri çekmeyi hedeflemektedir (Kesen, 2005). Bu tarz işletmeler üretim alanından aldıkları ürünleri işletme içinde var olan fırınlarda ya da ısıtıcılarda kısa sürede pişirip-ısıtarak tüketiciye sunma isteğindedirler. Dondurulmuş hamurlarla da günlük taze ürünler sağlanabilir (Fik vd., 2002; Ribotta vd., 2003), daha kısa sürede fazla miktarda ekmek üretilir (Certel vd., 2009). Dondurulmuş hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin daha kısa sürede elde edilebilmesi, taze ekmeğe çok yakın görünüş ve tada sahip olması, üretimi için özel yer ve ekipmana gerek duyulmaması ve uygun fiyatta olması (Giannou vd., 2003), merkezi olarak fazla miktarda üretilip depolanarak küçük işletmelere dağıtılma olanağını sağlaması, raf ömrünü önemli ölçüde uzatabilmesi gibi (Navotni vd., 2012) pozitif özellikleri sebebiyle dondurulmuş hamur tekniği kullanımı yaygınlaşmıştır (Minervini vd., 2011).

Son yıllarda genel olarak, dondurulmuş gıda tüketiminde önemli artışlar görülmektedir. Çabuk hazırlanıyor olması, hijyenik olması gibi etkenlerin yanında ev kadınlarının çalışma hayatına daha fazla dahil olması ve çalışma sürelerinin uzun olması gibi etkenler dondurulmuş gıda tüketiminde önemli artışlar sağlayan hususlardan bazılarıdır (Gündüz vd., 2010).

Dondurulmuş hamur üretiminde, avantajlarına rağmen dondurulmuş hamurlardan elde edilen ürünlerin kalitesi taze olarak pişirilenlere kıyasla daha zayıf olmakta ve ekmek hacmi gibi özellikler azalmakta (Bushuk vd., 1992), suyun kristalizasyonu, hamur gücünün aşamalı olarak düşmesi, gaz tutma gücünün azalması, uzun fermantasyon süresi, maya aktivitesinin düşmesi, ekmek hacminin azalması, son ürün dokusunun bozuk olması, mayanın hayatta kalamaması gibi çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır (Selomulyo ve Zhou, 2007).

Dondurulmuş ekmek kalitesini hamur formülasyonu, hamur karıştırma süresi, donma hızı, depolama süresi, çözünme hızı gibi çeşitli parametreler etkiler. Bu faktörlerde sinerjik ya da bağımsız olarak hareket ederek maya aktivitesini

azaltıp düşük karbondioksit (CO₂) üretimi ile ya da gluten ağına zarar vererek ekmek kalitesini düşürür (Selomulyo ve Zhou, 2007).

Ekmeğin amacı dışında kullanılması yani insan gıdası olarak tüketilmemesi, çöpe atılması, hayvanlara verilmesi israf olarak tanımlanır. Beslenmede en popüler gıda maddesi olan ekmek, yurt içinde ve yurt dışında çok fazla miktarda üretilip tüketilmektedir. Tüketicinin ekmeği taze olarak tüketmek istemesi sonucu üretilen ekmeklerin göz ardı edilemeyecek kısmı, gerek henüz fırınlarda daha satılmadan, gerekse satın alındıktan sonra tüketilemeyerek mutfaklarda bayatlama sonucu israf edilmektedir. Son dönemlerde restoran ve otel gibi toplu gıda tüketimi yapılan yerlere talebin artmasıyla ekmek israfının boyutu daha da büyümüştür. Dondurulmuş ekmek üretimiyle hamur, fırının kapasitesinde üretilip kısmen pişirildikten sonra paketlenerek dondurulup depolanır ve ekmeğin tüketicinin istediği an pişirilip taze olarak satılmasıyla fırınlarda yapılan israfın önleneceği düşünülmektedir. Fakat dondurulmuş ekmeklerin üretilmesi, dondurulması ve depolanması sırasında çeşitli olumsuzluklarla karşılaşmaktadır.

Bu çalışmada dondurulmuş ekmeklerde karşılaşılan sorunlara çözüm aranmıştır. Donma esnasında oluşan buz kristallerinin glutenin ağı yapısını kırarak bozduğu, üniform olmayan gluten matriksinin ekmekte gaz tutma kapasitesini azalttığı göz önüne alınarak, gluten içermeyen bir ürün olan karabuğday ununun dondurulmuş ekmekte göstereceği etkiyi gözlemlemek için tip 650 ekmeklik buğday ununa un ile yer değiştirme prensibine göre 0, %10, 20, 30 olmak üzere üç farklı oranda karabuğday unu eklenmiştir. Gluten ağlarını modifiye etmek düşüncesiyle transglutaminaz, protein çapraz bağlarını destekleyici ve kabarma özelliklerini geliştirici olarak hamur bileşenlerine kontrol grubu dışında 50 ve 100 ppm miktarlarında ilave edilmiştir. Karabuğday ve transglutaminaza ek olarak ekşimayanın kısmi pişirilip dondurulmuş ekmeklerin kalitesini olumlu etkilediği, ekmek hacmini arttırdığı ve bayatlamayı geciktirdiği göz önüne alınarak ekşi maya ve yaş maya olarak iki farklı çeşitte maya kullanılmıştır. Yaş maya ve ekşi mayalı olarak üretilen ekmek örnekleri ayrı ayrı incelenmiştir. Ekmek örneklerinde karabuğday ve enzim ile

dondurulmuş depolamanın ekmeğın fiziksel ve tekstürel özelliklikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Dondurulmuş gıda sektörü kaliteli hammaddenin, seçme, tasnif etme, ayıklama, yıkama, kesme, parçalama, haşlama gibi ön işlemlerden geçirildikten sonra çeşitli yöntemlerle dondurulması, donma halinin korunarak depolanması, taşınması, dağıtımı ve tüketimine kadar geçen aşamalarda faaliyet gösteren bir sanayi koludur. Genel olarak, 1980’li yıllara kadar gıdalar diğer amaçlarla kurulmuş tesislerde işlenirken ilk öncü tesis 1970’li yıllarda Kayseri’de kurulmuştur (Külekçi vd., 2006).

Dondurulmuş gıda sektöründe sebze ve meyve, su ürünleri, unlu mamuller olmak üzere üç temel ürün grubu vardır; sebze ve meyve grubunda; dondurulmaya elverişli olan biber, fasulye, soğan, patlıcan, enginar, domates, brokoli, pırasa, ıspanak, havuç, mantar, bezelye, bamya, brüksel lahanası; çilek, vişne, üzüm, incir, erik, ahududu gibi sebze ve meyveler, su ürünleri grubunda; karides, balık kroket, kalamar, mezgit fileto gibi su ürünleri, unlu mamuller grubunda pizza, milföy hamuru, kruvasan çeşitleri, mantı ve börekler yer almaktadır (Yurtman, 2003).

Dondurulmuş gıdalar, temiz, ayıklanmış ve kesilmiş, tüketime hazır şekilde olmaları, tüm hazırlama işçiliğinin yapılmış olması nedeniyle ikinci bir mutfak işçiliğine gerek duyulmaması, fiyatının temizleme ve diğer firelerinin dikkate alındığında, çarşıdan alınan “taze adlı” gıdaya veya konserveye göre daha ekonomik olması, gerektiği miktarda kullanılabilme özelliğine sahip olması (Duman, 2002), hazırlanmaları sırasında sıcaklığın düşük olması nedeni ile katkı maddesine gerek olmadan muhafaza edilebilmeleri (Yurtman, 2003) gibi avantajlara sahiptir.

Sektörün başlıca sorunları ise; iç piyasada henüz dondurulmuş gıda tüketimi yaygın olmadığından, dondurulmuş ürün fiyatları ihracatta rekabet şartlarına göre oluşmaktadır. Bu ise dondurulmuş gıdayı tazesini karşısında rekabette zorlamaktadır. Özellikle dondurulmuş meyve ve sebze konusunda çalışan firmalar, hammaddenin mevsimsellik göstermesi nedeniyle belirli dönemlerde

tam kapasite çalışırken, geri kalan dönemlerde kapasite kullanımı düşmektedir. Firmalar bu konuyu dikkate alarak kuruluş aşamasında kapasitelerini en azami seviye için hazırlamaktadır. Bunun yanında firmalar, ihracattaki önemli başarılarına rağmen, yurt dışı piyasalarda bir marka oluşturabilmiş değillerdir. Fason üretim yaygın durumdadır. Bu da fiyat ve ürün rekabetini olumsuz etkilemektedir (Pekizoğlu, 2001).

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).

Donma sırasında gıdada bulunan su, inaktif hale dönüşür ve düşük sıcaklıklar ile birlikte gıdada istenmeyen kimyasal ve fiziksel reaksiyonların oluşumu ile gıdada bulunan mikroorganizmaların gelişimine engel olur. Bu özelliğiyle gıda ürünlerinin dondurulması ve depolanması gıdanın raf ömrünü uzatmak için kullanılan geleneksel yöntemler arasında, tazesini ile benzer özelliklere sahip olan bir ürünün elde edilmesini sağlayan eşsiz bir yöntemdir (Barcenas ve Rosell, 2004).

Gıdaların dayandırılmasında uygulanan bütün yöntemlerin amacı; kimyasal reaksiyon ve enzim aktivitesinin geciktirilmesi, mikroorganizmaların gelişmesinin kontrol altına alınmasıdır (Duman, 2002). Dondurma yönteminin, gıdanın kalite kriterlerinin korunması ve raf ömrü üzerinde önemli bir rolü vardır ve dondurma sistemleri; plakalı dondurucular ile dondurma, doğrudan temas dondurucular ile dondurma, kriyojenik sıvılara daldırma ile dondurma gibi çeşitli yöntemleri içerir (Singh ve Heldman, 2014).

Donmada oluşan en önemli hasar tekstürde görülür. Donma sırasında, hücre duvarının zedelenip turgorun kaybolması, tekstür kaybının temel nedenidir (Anonim, 2009). Dondurma sırasında karşılaşılan diğer önemli bir sorun ürünün su kaybetmesidir. Dondurmada hangi yöntem veya sistem uygulanırsa uygulansın, ambalajsız olarak dondurulan ürünler evaporasyonla az veya çok su

kaybeder. Bu da üründe ağırlık kaybına yol açar. Ağırlık kaybı üzerine gıdanın dondurucuya girdiği andaki sıcaklığı, donma hızı, dondurulacak gıdanın kalınlığı etkilidir (Cemeroğlu, 2004).

Donma sırasındaki en belirgin değişme gıdanın hacmindedir. Suyun buz haline dönüşümünde %8.3 oranında hacminin artmasına rağmen, gıdada bu oranda hacim artışı görülmez. Nedeni; donma sonucu su hacminin artmasına rağmen, ortamdaki katı maddenin hacminin azalmasıdır. Kontraksiyon denen bu olay sonunda gıdada beklenen oranda hacim artışı olmamaktadır. Donma ile hücre özsuyunun konsantrasyonunun yükselmesi, öncelikle iyonik konsantrasyonun ve iyonik gücün artışına neden olmaktadır. Birçok biyolojik moleküller de bundan etkilenmektedir. Diğer taraftan donma sonucu oluşan buz kristalleri, mekanik hasarlara da neden olur. Buz kristalleri sert bir yapıya sahiptir ve deforme olabilir nitelikte değildir. Buna bağlı olarak ve hücre içi unsurların daha esnek olması yüzünden buz kristallerinin olduğu noktalarda lokalize olmuş yoğun bir gerilim ortaya çıkabilmektedir. Oluşan gerilim, dokuda mekanik hasarın oluşmasına neden olur (Cemeroğlu, 2001). Buz kristallerinin oluşumu sabit sıcaklıkta meydana gelir fakat sıcaklık dalgalanmaları bu olayı hızlandırır. Dondurma işlemi sırasında buz kristallerinin oluşması ve yeniden kristallenme gıda tekstürüne zarar verir (Barcenas ve Rosell, 2004).

Dondurulmuş bir ürünün kalitesi üzerine depolama sıcaklık ve süresinin çok önemli etkisi bulunmaktadır. Birçok ülkede dondurulmuş gıdaların -18 °C veya daha düşük derecelerde depolanması ve dağıtılması koşulları ürünün tüm noktalarında -18°C veya daha düşük bir sıcaklıkta sabit olmalı ve bunu muhafaza etmelidir şeklinde mevzuatta belirlenmiştir (Anonim, 2004). Ancak son yıllarda yapılan araştırmalarla, gıdaların çoğunun daha düşük derecelerde depolanması gerektiği ortaya konulduğundan, depolamada gittikçe daha düşük sıcaklıklara doğru bir kayma vardır. Dondurulmuş gıdalar için geçerli olabilecek bir depolama sıcaklık ve süresinin belirtilme olanağı yoktur. Aynı sıcaklık ve aynı sürede depolanan her gıdanın kalitesinde, diğerlerinden daha farklı değişimler ortaya çıkabilmektedir (Cemeroğlu, 2004).

Gıdanın dondurulma ve dondurulmuş depolama işlemleri sırasında oluşan büyük buz kristalleri tarafından oluşturulmuş genleşme basınçları dondurulmuş gıdanın yapısına zarar verir, hasara yol açar. Gıda kalitesi üzerine büyük buz kristallerinin etkisini azaltmak için; donma süresinin kısaltılması, donma hızının artması, dondurulmuş depolama boyunca soğukluğun korunması gibi önemli faktörleri optimize etmek için çalışmalar yapılmakta ve dondurulmuş gıda için; yüksek basınçta dondurma, aktif bakterilere buz çekirdek uygulaması, biyolojik dondurulmuş protein tekniği, yaşayan hücre sistemi teknolojisi, süper soğutma teknolojisi ve ultrason destekli gıda dondurma uygulamaları gelişmiştir (Hu vd., 2013).

Dondurulmuş unlu mamuller sektörü son yıllarda pek çok Avrupa Birliği (AB) ülkesinde büyüme göstermiştir. 1991-2001 yılları arasında Fransa'da dondurulmuş ekmek pazarı %5-8 arasında büyüme göstermiştir. İspanya'da dondurulmuş ekmek, toplam ekmek tüketiminin %5'ini oluşturmasına rağmen 1998-2000 arasında bu pazarda %40'luk artış gözlenmiştir. Almanya'daki artış ise oldukça yüksek seviyededir. Ülkede, 1990 yılından beri dondurulmuş ekmek pazarı %170 büyümüştür (Kesen, 2005).

Dondurulmuş hamurlar, günümüz fırıncılık endüstrisinde taze haldeki pişirilmiş ürünlere kolaylıkla dönüşebildiği için kullanılmaktadır. Dondurulmuş hamurlardan elde edilen ürünler kısa sürede tüketime hazır hale gelmekte, işçilik masrafları azalmakta ve üretim maliyeti daha düşük olmaktadır (Asghar vd., 2005). Dondurulmuş ekmekler; ekmeğin istenmeyen kimyasal reaksiyonları başlamadan kısmen pişirilerek hızla dondurulmasından sonra tekrar pişirildiğinde taze ekmek özelliklerine sahip ürünün elde edilmesini sağlar. Ayrıca dondurulmuş ekmekler üretimin planlanmasını sağlar ve fırıncının işini kolaylaştırır (Barcenas ve Rosell, 2004).

Ekmeğin raf ömrü kısadır. Ekmekte kısa zaman içinde istenmeyen fiziksel ve kimyasal değişimler sonucu bayatlama olarak tabir edilen değişimler oluşur ve ekmeğin raf ömrünü uzatmak zordur. Tüketiciler için ekmeğin her zaman tazesine ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaç göz önüne alınarak dondurma yöntemi

kullanılmıştır. Dondurma yöntemi enerji üretimini arttırmaktadır. Fakat ekmeğin raf ömrünü uzatmak için kolaylık sağlayan bir yöntemdir (Mandala vd., 2009).

Dondurulmuş ekmek yapma yöntemlerinde mayası aktifleştirilerek dondurulmuş hamur ile kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmek olarak iki farklı yöntem vardır. Mayası aktiflendirilmiş ve dondurulmuş hamurda hamurun mayalanma süreci başlatılır, hamurun kabarması sağlanır ve dondurulur. Kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmek de ekmek mayalanma sürecinden geçer %80-90 civarında pişirilir ve bu seviyede dondurulur (Kesen, 2005).

Donmuş hamurdan üretilen ekmeklerin kalitesini etkileyen faktörler hamur formülasyonu, hamur yoğurma süresi, dondurma hızı, depolama süresi, depolama sırasındaki sıcaklık dalgalanması ve çözme hızı gibi proses parametreleriyken; kısmi pişmiş ekmeklerin kalitesini etkileyen proses parametreleri fermantasyon, kısmi pişirme, dondurma ve son pişirme koşullarıdır (Certel vd., 2009).

Dondurulmuş ekmeklerde, hamur stabilitesini etkileyen faktörler üzerine bir çok araştırma yapılmıştır. Bu faktörler; maya, enzim gibi fomül bileşenleri; karıştırma koşulları gibi proses parametreleri; sıcaklık, zaman, dondurma hızı gibi depolama parametreleridir (Mandala vd., 2009).

Dondurulmuş hamur kullanımı büyük ölçekli merkezi hamur üretimi ile nispeten küçük ölçekli satış noktalarına dağıtım ve depolama izni vermektedir. Dondurulmuş hamurlardaki ana sorun depolama ve nakliye sırasındaki kalite kaybıdır. Isı değerlerinde değişim olmaması koşulu ile dondurulmuş hamurun raf ömrü 16 hafta olmaktadır (Phimolsiripol vd., 2008).

Marstan vd. (1980) tarafından; dondurulmuş hamurların, depolama ve dağıtım sırasındaki sıcaklık dalgalanmaları, buz kristalleri ve yeniden kristallenme yaparak hamur yapısında kalite bozukluklarına yol açtığı ileri sürülmüştür (Phimolsiripol vd., 2008). Donmuş hamurdan üretilen ekmeklerle ilgili olarak

yapılmış çalışmalara rağmen, hala bu ürünlerin kalitesi ile ilgili bazı problemlerin tamamen çözülememiş (Certel vd., 2009) olması yüzünden dondurulmuş hamur teknolojisi ile ilgili çalışmalar son zamanlarda kısmi pişirilip dondurulmuş ekmek prosesine odaklanmıştır. Kısmi pişirilmiş ekmeklerde ekmek kısmen pişirilip depolanır ve pişirileceğinde herhangi bir işlem yapılmadan fırınlanarak taze ürün elde edilir. Kısmi pişirmenin amacı ise kabuk rengi oluşmadan önce glutenin koagülasyonunu ve jelatinizasyonunu sağlamaktır (Mandala vd., 2009).

Kısmi pişirme, ara dondurma basamağı olan iki aşama pişirme işlemi içeren ekmek üretim metodudur. 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 ekmek temini sağladığı için kısmi pişirilmiş ekmekler büyük bir pazar potansiyeline sahiptir (Vulicevic vd., 2004).

Hamurun kısmi pişirilmesi ve dondurma derecelerinde depolanması ekmek prosesinde ekmek bayatlamasını geciktirici etkili bir yoldur. Dondurulmuş ürünün depolama ve taşıma süresi boyunca soğuk zinciri kırmadan muhafaza etmek gerekir ki bu dondurma prosesinin pahalı sonuçlarındandır fakat ekmeğin bayatlaması ile sonuçlanan kayıplarla karşılaştırılınca daha ekonomik olmaktadır (Barcenas ve Rosell, 2004).

Certel vd. (2009)'in yaptıkları çalışmada, kısmi pişirilip dondurulmuş hamurdan üretilen ve donmuş hamurdan üretilen ekmekler kıyaslanmış ve en önemli kalite kriteri olarak seçtikleri sertlik değerinin donmuş hamurlarda ilk günden; kısmi pişirilip dondurularak üretilen hamurlardan elde edilen ekmeklerde ise 10. günden itibaren kontrol ekmeklerinden farklı olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, sertliğin yanısıra yapılan diğer fiziksel, tekstürel ve duyuşsal analizlerde, kısmi pişirilerek dondurulmuş hamurlardan üretilen ekmeklere ait özelliklerin taze ekmeğin özelliklerine daha yakın olduğunu; hamurların dondurucuda muhafaza edildikten sonra pişirilmesi ile elde edilen ürünlerin yapısında meydana gelen olumsuz değişimlerin kısmi pişirme uygulanmış

ürünlere göre daha fazla olduğunu göstermişler; üretim sürecini kısaltarak, taze ekmeği en iyi temsil edebilecek ürünü üretmek için dondurmadan önce hamurları kısmen pişirmenin daha uygun olacağını belirtmişlerdir.

Polaki vd. (2010), yaptıkları çalışmalarında; kısmi dondurulup pişirilmiş ekmeklerle, dondurularak pişirilen ekmekler farklı katkı maddeleri eklenerek incelenmiş ve kontrol ekmeklerinde ekmek içi gözenek alanı ve dağılımında bu iki yöntemle yapılan ekmekler arasında anlamlı farklılıkların bulunmadığını fakat dondurulmuş hamurlarda dondurmadaki hasar nedeni ile olabileceğini düşündükleri ekmek içi gözenek yapısında artış olduğunu bildirmişlerdir.

Ribotta vd. (2004)'ya göre ekmeklik kalitesinin kaybına neden olabilecek 2 faktör üzerinde durulmuştur. Bunlardan birincisi, mayanın canlı kalamamasının ve aktivitesinin azalması nedeniyle gaz oluşum gücünün azalması; ikincisi ise hamur kuvvetinin aşamalı olarak kaybolmasıdır.

Dondurulmuş hamur üretiminde maya gelişiminin ve gaz tutma gücünün azalması en önemli sorunlardandır. Mayanın gaz oluşturma gücü, maya hücrelerinin sayısına, zincir uzunluğuna hücre aktivitesine ve ortamdaki fermente olabilir şeker miktarına bağlıdır (Autio vd., 1992). Maya, hamurun başarılı bir şekilde gaz üretebilmesi için gereklidir ve maya hücresinin zarar görmesi gaz üretiminde bir azalmaya yol açar. Maya gelişimi ve gaz tutma gücü, dondurma hızı ve depolama sıcaklıklarından, dondurarak depolama süresinden ve donma çözünme döngüsünden etkilenir (Sungur, 2009). Mayalar dondurma sırasında ve donuk depolama boyunca maya hücresinin zarar görmesi nedeniyle indirgen özellikte glutation olarak bilinen bileşikler salgılar (Autio vd., 1992; Jinhee vd., 2009; Minervini vd., 2011). Glutination; gluten reolojisine zarar veren önemli bir faktördür, gluten proteinlerindeki disülfid bağlarını parçalayarak hamuru zayıflatır (Selomulyo ve Zhou, 2007). Ayrıca maya hücresinin yapısının bozulmasına sebep olur (Jinhee vd., 2009). Dondurulmuş ekmeklerde mayanın karakteristik özelliklerinin değişmesi, maya aktivitesinin azalması ekmek kalitesinde zayıflamaya yol açar (Minervini vd., 2011).

Mayanın gaz oluşturma gücü donuk depolamadan özellikle donma-çözünme hızı, donuk depolama sıcaklığı ve süresinden etkilenir (Selomulyo ve Zhou, 2007). Hamur sisteminde maya soğuk ile karşılaşınca hücrenin ozmotik basıncı altında olmasına bağlı olarak hücre hasarı artar (Lorenz vd., 1995). Uzun süreli donuk depolamada gluten protein matriksinin değiştiği, glutenin ağsı yapısının bozulduğu görülmüş bu durumun da hamurun zayıflamasına ve daha az gaz tutmasına sebep olduğu ileri sürülmüştür (Jinhee vd., 2009).

Donuk depolama süresinin uzamasının, mayadan sızan indirgeyici madde miktarı ile l hücre miktarını arttırdığı belirtilmektedir (Ribotta vd., 2007). Bununla birlikte dondurulup zlmş hamur yapısındaki değişimlerin maya hücresinden salınan maddeler ile ilişkili olmadığını, çapraz bağlı gluten eksikliğinden kaynaklandığı belirtilen çalışmalarda mevcuttur (Selomulyo ve Zhou, 2007).

Zayıf ve kuvvetli unların 4 esas bileşeninin (nişasta, suda çözünebilir bileşenler, gliadin ve glutenin), dondurulmuş hamurun kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Grant vd., 1999); glutenin bileşeninin en fazla etkiye sahip olduğu, gliadin ve nişasta fraksiyonlarının da donmuş hamur kalitesini önemli ölçüde etkilediğini ancak bu etkinin glutenin kadar fazla olmadığı tespit edilmiştir. En düşük etkiyi ise, suda çözünebilir bileşenler göstermiştir.

Su, dondurulmuş hamurun önemli bir kimyasal ve yapısal bileşeni olduğu için dondurulmuş hamur kalitesinde etkin bir rol oynar. Buz kristalizasyonu ve yeniden kristalizasyon; dondurma, dondurarak depolama ve dondurulmuş hamurun fırıncılık ürünlerine dönüştürülmesi sırasında hamurdaki su hareketliliği ile yakından ilişkilidir (Sungur, 2009). Hamurun dondurulması esnasında, hamur içindeki serbest su donmaya başlar buz kristalleri oluşur ve donma zamanının uzaması ile buz kristalleri sayısı da artarak büyük buz kristallerine dönüşür (Kim vd., 2008). Donma sırasında suyun kristalizasyonu maya hücre membranında sızıntıya neden olarak maya hücresinin ölümü ile gaz oranının azalmasına, gluten ağında fiziksel zarara sebep olarak gluten ağının zayıflamasına yol açar (Minervini vd., 2011). Bunun sonucunda da hidrofobik

bağlar zayıflar, hamur gluten ağında su moleküllerinin yeniden dağılımı meydana gelir, gaz tutma kapasitesi azalır ve düşük ekmek hacmi oluşur (Sungur, 2009).

Dondurarak depolamanın hamur özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkileri Çizelge 2.1.'de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Dondurarak depolamanın hamur özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkileri (Selomulyo ve Zhou, 2007)

Özellik	Dondurarak depolamanın etkileri
Hamur kuvvetliliği	Hamur kuvveti mayadan öz maddelerin azalması ile azalır. Gluten çapraz bağları buz kristalizasyonu nedeni ile kırılır.
Hamur yapısı	Buz kristallerinin oluşması, hamurda gaz tutma özelliğinin düşmesine ve üniform olmayan gluten matriksine neden olur. Zedelenen nişasta, hamur sisteminde toplam suyun dağılmasına neden olur. Protein depolimerizasyonu ve glutenin yüksek molekül kütlesi azalır.
Maya gelişimi ve gaz tutma gücü	Hücre hasarı nedeni ile canlı maya hücrelerinin yaşaya bilirliliği azalır. Donma hızına bağlı olarak değişimler olur.
Ekmek kalitesi	Dondurulmuş hamurun çözülmesi sırasında hamurdan sızan sıvı miktarındaki artış, ekmek kalitesini düşmesine sebep olur. Depolama sıcaklığına bağlı olarak, ekmekçilik özelliklerinde bozulmalar olur.
Ekmek Depolama Kalitesi	Nişasta retrogradasyonunun hızlanması ekmek içi sertliğinin artmasına neden olur.

Dondurmanın hamur üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için birçok farklı yöntem vardır. Bunlardan bazıları; dondurma işlemine daha fazla dayanabilen yeni mayalar üretmek, ekmek yapım prosesini geliştirmek (Rouille vd., 2000) veya dondurulmuş hamurdan üretilen ekmekte, bayatlama süresini geciktirmek, raf ömrünü uzatmak ve kabarma kalitesini iyileştirmek için farklı katkı maddeleri kullanmaktır (Minervini vd., 2011).

2.1 Transglutaminaz

Fırıncılık endüstrisinde ekmek kalitesini ve hamur özelliklerini geliştirmek için çeşitli katkı maddeleri kullanılır (Almeida ve Chang, 2012). Kullanılan katkı maddeleri yüksek maliyetli malzemeler olabileceği gibi alerji nedeni de olabilirler ve tüketicinin doğal ürün gereksinimini karşılayamazlar (Moroni vd., 2009). Fırın ürünlerinde enzim kullanımı 1950'lerde başlamış, pahalılığı ve yeterince bulunamaması nedeniyle 1990'lara kadar yaygınlaşmamıştır (Erem ve Certel, 2006). Fakat son zamanlarda pişirme teknolojisinde enzim kullanımı yaygındır (Moroni vd., 2009).

Enzimler gıda proteinlerinin fonksiyonel niteliklerinin geliştirilmesinde endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılır (Gerrard, 2002). Tekstürel modifikasyonu tetikleme açısından en ilgi çeken enzimler kovalent çapraz bağlanma gerçekleştirebilenlerdir. Gıda proteinlerinin fonksiyonel niteliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde etkili olan "enzimatik çapraz bağlanma" alternatif bir metottur (Faergemand vd., 1999). Bu grup enzimlerin içinde yer alan TG'de (protein-transglutaminase-glutamytransferase) geniş bir pH ve sıcaklık aralığında aktivite göstermesi nedeniyle (Uran vd., 2011) et ürünleri, süt ürünleri, tahıl ürünleri ve su ürünleri gibi geniş yelpazede gıda ürünlerine katılabilmekte; proteinler arasında çapraz bağ oluşumunu arttırarak, ürünün jel yapısını ve tekstürünü (Uran vd., 2011), amino asitler veya peptitler arasında izopeptid bağlarını katalizleyerek molekül içi ve moleküller arası çapraz bağlar oluşturup, proteinlerin işlevsel özelliklerini geliştirmektedir (Karatekin, 2008).

Gluten ekmeğin kalitesi ve yapısı üzerindeki ana bileşendir. Glutensiz ya da gluteni azaltılmış tahıl ürünlerinin geliştirilmesinde gluten ağının değiştirilmesi tahıl teknolojisi için zor bir iştir. Bu ürünlerde pişirme özelliklerini geliştirmek için protein ağları modifiye edilebilir. Etki mekanizması L-askorbik asit (L-AA) gibi oksidan maddelerle aynı olduğu bildirilen (Gerrard vd., 1998; Dizlek, 2010), güvenli, doğal olan, toksik olmayan, ısıl işlem sonrasında aktivitesini kaybederek son üründe kalıntı bırakmayan ve anılan tüm bu özellikleri sayesinde kimyasal katkı maddelerine iyi bir alternatif olan transglutaminaz

(Dizlek, 2010), protein çapraz bağlarını destekleyici ve kabarma özelliklerini geliştirici olarak gıda sisteminde kullanılır (Renzetti vd., 2008).

TG doğada yaygın olarak bulunan çeşitli hayvan dokularından, bitkilerden ve bazı mikroorganizmalardan elde edilen (Uran vd., 2013) ve proteinlerde çapraz bağlanmaya neden olduğu bilinen bir transferazdır (Motoki ve Segura, 1998; Osullivan vd., 2002). TG, buğday proteinlerinden albümin, globülin ve glutenin fraksiyonunun çapraz bağlanmasını sağlar. Transglutaminaz, pasta ve ekmek hamurlarında, hamur kalitesinin bir ölçüsü olan glutenin makropolimer içeriğini arttırır, hamur dayanıklılığını ve ekmek hacmini artırırken, hamur uzayabilirliği ve yapışkanlığını azaltır, makine ile işlenişini, ekmek içi yapısını iyileştirir (Erem ve Certel, 2006).

TG'nin hamurun reolojik özelliklerini olumlu yönde etkileyerek hamurun kuvvetini, stabilitesini, elastikiyetini ve yoğurma toleransını arttırdığı, buna karşılık su kaldırmasını ve yapışkanlığını azaltarak hamurun işlenebilme özelliklerini geliştirdiği, süne emgili buğday unları gibi düşük kaliteli unlarla yapılan çeşitli tahıl ürünlerinde ortaya çıkan tekstürel bozuklukların giderilmesinde ve ekmek hacminin arttırılmasında başarıyla kullanıldığı bildirilmektedir (Dizlek, 2010).

TG, peptidler veya proteinler arasında çapraz bağ oluşumunu katalizleyen bir enzimdir. Amino asitler (glutamin ve lizin) veya peptitler arasında izopeptid bağlarını katalizleyerek molekül içi ve moleküller arası çapraz bağlar oluşturup, proteinlerin işlevsel özelliklerini geliştirir. Son yıllarda geliştirilmiş bir enzim olan TG, açıl-transferaz reaksiyonları ile kovalent çapraz bağlanmayı katalize eder ve yüksek moleküllü polimerler oluşturur. Dolayısıyla proteinlerin termal stabiliteleri, jel oluşturma yetenekleri, su tutma kapasiteleri, emülsifikasyon özellikleri ve besinsel özellikleri üzerinde önemli rol oynar (Dizlek, 2010).

Yüksel ve Erdem (2006); TG kullanımıyla gıda işleme teknolojisinde, düşük viskoziteli protein çözelti ve/veya dispersiyonlarında jel yapı oluşturma, mekanik dayanımı artırma, düşük yağ-protein içeriğinde mekanik yapı

oluşturma, var olan yapıya eksikliği duyulan amino asit katılımını sağlama, tekstürel deformasyonu ve gıda katkı maddeleri kullanımını azaltma veya tamamen ortadan kaldırmanın olası olduğunu belirtmişlerdir.

Transglutaminaz dondurulmuş depolama ve dondurmanın sonucu olan gluten ağının hasarını çapraz bağlı proteinler aracılığı ile tekrar stabilize edebilmekte ve dondurulmuş hamurun ekmek yapım özelliklerini ve reolojisini geliştirmeyi sağlamaktadır (Kim vd., 2008).

Kim vd. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada; transglutaminazın donmuş depolama sırasında buz kristalleri tarafından oluşan hasarın korunmasına ve onarılmasına yardımcı olduğu ve TG miktarının artması taze ve dondurulmuş ekmekte hacmi azaltıp sertliği arttırdığı sonuçta ise TG ilavesi genel olarak taze ekmek kalitesini bozduğu fakat dondurulmuş ekmek kalitesini iyileştirdiği, TG'nin sadece dondurulmuş hamurdan elde edilecek ekmek yapımı için yararlı olabileceği belirtilmiştir.

TG optimum düzeyde kullanılmalıdır. Optimum seviyenin üzerinde TG varlığı spesifik hacim üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir (Huang vd., 2008). Basman vd. (2003), ekmek yapımında ekmek hacminde herhangi bir azalma olmadan 20 g /100 g un oranında TG eklenebileceğini ve TG seviyesinin yüksek olmasının ekmek hacminde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu, buna da aşırı çapraz bağlanma nedeniyle hamurun aşırı güçlenmesinin neden olduğunu belirtmiştir.

Schoenlechner vd. (2013), tarafından yapılan çalışmada; TG retici firma tarafından tavsiye edilen miktarda (0,003 g) kullanılmış, sonuç olarak ksilanaz ve TG'nin ekmek içi gözenek yapısını iyileştirdiği ve iki enzimin de ekmek hacmini arttırdığı belirtilmiştir.

Steffolani vd. (2010), tarafından yapılan çalışmada; TG'nin %5 oranında ilavesinin ekmek hacmini azalttığı buna bağlı olarak da ekmek içi sertlik ve iğnene bilirliliği arttırdığı belirtilmiştir.

Renzetti vd. (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 ekmekçilik performanslarının TG ilavesi ile başarılı bir şekilde artırılabilceği belirtilmiştir.

Huang vd. (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. Aynı çalışmada TG'nin donmamış hamurlarda gluten ağını güçlendirdiği fakat -18 derecede 5 hafta depolamadan sonra gluten yapısının sürekliliğinin azaldığı, nişasta granüllerinden ayrıldığı ve bozulduğu belirtilmiştir.

Liv vd. (2011)'nin yaptığı bir çalışmada; 35 gün dondurulmuş depolamadan sonra TG içeren hamurların, kontrol ekmek hamurlarından daha güçlü ve esnek gluten görünümüne sahip olduğu gözlemlenmiştir.

2.2 Ekşi Maya

İlk ekmeğin üretimi M.Ö. 4000 yıllarına kadar uzamasına rağmen ilk mayalı ekmeğin üretiminin M.Ö. 1800 yıllarında, eski Mısır'da tesadüfen hamurun kendi haline bırakılmasıyla gerçekleştirildiği bilinmektedir. Bu tip mayalanma; havadan, sudan, undan gelen tabii mayaların ve bakterilerin yaptığı kendinden mayalanmadır. Daha sonraki çağlarda bazı aşamalardan geçerek ekşi hamur yöntemi olarak günümüze kadar ulaşan ve halen de bir mayalama metodu olarak uygulanmakta olan ekşi hamur yönteminin esası; normal kültür mayalarının yanında havadan ve kullanılan hamur unsurlarından gelen yabani mayaların, laktik, asetik ve sitrik asit bakterilerin faaliyet gösterdiği bir hamur parçasını, bir sonraki hamurda maya olarak kullanmaktır (Elgün ve Ertugay, 2002).

Ekşi maya en önemli fermantasyonlardan biridir. Buğday ve çavdar ekmeklerinde doku, lezzet, aroma, raf ömür ve besin değerini arttırmak için ideal bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Moroni vd., 2009).

Ekşi maya fırıncılıkta gıda katkı maddelerine alternatif olarak kullanılmaktadır (Sadeghi, 2008). Ekşi maya tarafından üretilen ekzopolisakkarit, hidrokolloid olarak hareket eder ve pişirme ile ekmek niteliklerini etkiler (Rühmkorf vd., 2012). Ekşi mayanın kullanılması, ekmeğin değerini, raf ömrünü ve tekstürünü geliştirir (Katina vd., 2006). Bu özellik ekşi mayanın, yerleşik laktik asit bakterileri ve mayanın asidifikasyon, ekzopolisakkarit üretimi, proteolitik, amilolitik ve fitik aktivite ve antimikrobiyal maddelerin üretimi gibi kompleks metabolik aktivitesinden kaynaklanır (Moroni vd., 2009). Ekzopolisakkarit üreten bakteriler vizkoziteyi arttırıcı, stabilite edici ve su bağlayıcı gibi özellikleri nedeniyle ticari stabilizatörlere alternatif olarak kullanılabilir (Milci, 2005).

Ekmek yapımında ekşi maya teknolojisinin incelendiği bir çalışmada; ekşi mayanın ekmek yapımında kullanılmasının ekmeğin, duyu, besinsel, ekmek hacmi, ekmek iç yapısı ve depolama özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (Moroni vd., 2009).

Kotancılar vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada; %20-%30 ekşi hamur katkısı ile yapılan ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık değerleri bakımından daha kaliteli olduğu, fermantasyon süresi ve ilave edilen ekşi hamur katkısının artması ile ekmek içi yumuşaklığında artış olduğu belirtilmiştir.

Novotni vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada; ekmek hamuruna ekşi maya ilavesinin glisemik indeksi azalttığı, dondurulmuş ekmeğin kalite parametrelerini olumlu etkilediği, ekşi maya ilavesi ile spesifik hacmin arttığı ve ekmek içi sertliğinin azaldığı belirtilmiştir. Aynı çalışmanın sonucunda, ekşi maya ve kısmen pişirilip dondurulmuş ekmek teknolojisinin kombineli uygulanması glisemik indeksi azalttığı ve dondurulmuş ekmeğin raf ömrü ile kalitesini arttırdığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada hamura %15 ve %22.5

ekşimaya ilavesi kısmi pişirilip dondurulmuş ekmeklerin kalite parametrelerini pozitif etkilediği, spesifik hacmi arttırdığı, ekmek içi sertliği azalttığı ve bayatlamayı geciktirdiği bildirilmiştir.

Minervini vd. (2011) tarafından dondurulmuş ekmeklere ekşi maya, kriyopektan (yağsız süt, sukroz, triloz) ve geleneksel katkıları (guar gam, DATEM Diacetyl tartaric acid esters of mono glycerides, askorbik asit) ve bunların kombineleri ile yaptıkları çalışmada; ekşi mayanın geleneksel katkıları ile kombineli uygulanması ile düşük sertlik ve yüksek hacimli ekmek verdiği fakat ekşi maya ve diğerlerinin tek başına uygulanmasında hamurun düşük mayalanma performansı gösterdiği belirtilmiştir.

2.3 Karabuğday

Karabuğday polygoneaceae familyasına ait tek yıllık bir bitkidir (Acar vd., 2011; Peng vd., 2012). Tahıllarla hiçbir akrabalık bağlantısı yoktur (Acar vd., 2011). Buğday, pirinç ve arpa gibi ziraati fazla yapılan tahıllardan farklı bir bitki olan karabuğday, tahıllarla hem benzerlik hem de farklılık gösteren pseudo-cereal (tahıl benzeri) grubuna dahildir. Karabuğdayı tahıllardan ayıran temel yapısal farklılık; tek çenekli olmayıp, çift çenekli bir bitki olması (Dizlek vd., 2009) ve yüksek rakımlarda kısa sürede gelişmeye adapte olabilme özelliğinin bulunmasıdır (Kan, 2011). Yaygın karabuğday türü (*Fagopyrum esculentum* Moench) ve Tatar karabuğdayı (Tatary Buckwheat *Fagopyrum tartaricum* Gaerth) gıda kaynağı olarak en çok yetiştirilen karabuğday türleridir (Dizlek vd., 2009). Tatar karabuğdayı daha çok Çin'in güney batısında; yaygın karabuğday türü ise Çin'in kuzeyinde yetiştirilir (Peng vd., 2012). Karabuğday Türkiye'de kültürü yapılmayan; ancak dünyanın birçok ülkesinde üretilen, ekonomik değeri yüksek olan, aynı zamanda tüketimi her geçen gün artan ve çok yönlü kullanım alanına sahip bir bitkidir (Kan, 2011). Karabuğdayın güçlü bir ekolojik uyumu vardır. Bu yüzden farklı yaşam ortamlarında hemen hemen her yerde yetişebilir fakat esas olarak kuzey yarım kürede olmak üzere (Liv vd., 2001), Çin, Rusya, Ukrayna, Kazakistan, Polonya, Brezilya, ABD, Kanada ve Fransa'da yetiştirilmektedir (Acar vd., 2011). Birçok çeşidi vardır. Bu çeşitlerin

belirlenmesi ve kalite kontrolü zordur. Bu işlemler yüksek performans sıvı kromatografisi kullanılarak yapılabilir. Bu yöntem en yaygın kullanılan metottur, hızlı ve doğru sonuç verir (Peng vd., 2012).

Karabuğday gıda ve ilaç olarak çift kullanımlı bir üründür ve kronik hastalıklarda insan vücuduna ilginç etkileri vardır. Flavonoidler, polifenoller, inositol, organik asitler gibi temel fonksiyonel bileşenleri içerir. Fonksiyonel bileşen içeriği karabuğdayın yetiştirilme şartları, çeşitlilik ve konumundan etkilenir. Tatar karabuğdayı yaygın karabuğday türünden daha fazla rutin içerir (Peng vd., 2012).

Tüketicilerin fonksiyonel gıdalara ilgilerinin artması, piyasada bu tür ürünlerin arzına yol açmıştır. Unlu mamüller sektöründe de farklı alternatif ürünler (karabuğday, horozibiği çiçeği vs.) yeni fırın ürünlerinin gelişimi için kullanılır. Karabuğday; eser element ve mineraller, nişasta, diyet lif, amino asit ve protein içeriği; rutin, orientin, vitexin, kuversetin, isoviteksin, kateşin gibi bol miktarda fenolik bileşikler içermesi sebebiyle besleyici değeri yüksek bir tahıl olarak bilinir (Sedej vd., 2011).

Lin vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; karabuğday ile zenginleştirilmiş buğday ekmeklerinin daha fazla kuversetin ve rutin içerdiği belirtilmiş ve karabuğday ile geliştirilmiş buğday ekmeğinin antioksidan özelliklere sahip bir gıda olarak geliştirilebileceği bildirilmiştir. Karabuğdayın fenolik bileşenleri, onun antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Karabuğdayın gıdaya eklenmesi, sağlık üzerine olumlu etkiler sağlar ve işlem sırasında gıdayı oksidasyona karşı korur (Lin vd., 2009).

Kreft vd., (2006), buğday ile karabuğdayın antioksidan aktivitesini karşılaştırmış ve karabuğdayın daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu rapor etmişlerdir ve bazı çalışmalarda son ürünün işlevselliğini arttırmak için buğday bazlı ürünlerin karabuğday ile zenginleştirildiği bildirilmiştir (Sedej vd., 2011).

Karabuğday fonksiyonel gıda üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Karabuğday proteininin; kolesterol düşürücü, antihipertansiyon etkisi ve özel biyolojik aktiviteleri ile eşsiz bir amino asit kompozisyonu vardır. Protein yapısı ve amino asit bileşimi karabuğdayın, çok değerli bir gıda kaynağı olabileceğini belirtir. Bunun yanında karabuğday; diyabet, hipertansiyon ve diğer kalp damar hastalıkları gibi bazı kronik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Liv vd., 2001).

Karabuğday proteini, aminoasit kompozisyonu ile diğer tahıl proteinlerine göre besinsel olarak üstün olması yanında yüksek biyolojik değeri olan proteinlerin en iyi kaynaklarından biridir. Karabuğday diyet lif kaynağıdır çölyak hastaları için üretilen glutensiz gıdaların zenginleştirilmesinde önemli rolü vardır (Mariotti vd., 2013).

Karabuğday, insan vücudunda bağırsakların çalışmasını destekleyen, vücutta yağ toplanmasını engelleyen, kolesterolün azalmasını sağlayan, kalp hastalıklarına ve kansere karşı koruyucu etkisi olduğu bilinen lignan maddesini içerir. Safra taşı oluşumunu engellemede yardımcı görev üstlenen, kan şekerinin daha iyi bir biçimde kontrolünü sağlayan ve bu özelliğiyle şeker hastalığına ve hastalarına iyi gelen, açlık duygusunu bastırmada üstlendiği işlevi büyük olan ve gluten içermediği için çölyak ve benzeri hastalar için ideal bir gıda hammaddesidir. (Dizlek vd., 2009).

Karabuğday fare bağırsaklarında laktik asit bakterilerini arttırdığı için prebiyotik bir gıdadır ve çeşitli antioksidanlar içerdiği için gıdaya eklenmesi ile sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlar ve işlem sırasında gıdayı oksidasyona karşı korur (Lin vd., 2009).

Karabuğday proteini hazmı düşük olmasına rağmen insan sağlığı için birçok potansiyel fizyolojik faaliyeti vardır. Karabuğday proteini; köpük yapıcı özelliği, yüksek su tutma kapasitesi, yüksek azot çözünürlüğü ve emülsüfyer gibi bazı fonksiyonel özelliklere sahiptir. Bu özellikleriyle gıda formülasyonuna ve işleme uygulamalarına katkıda bulunur (Tang, 2007).

Bilgiçli (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; tarhananın fonksiyonel özelliklerini ve beslenme değerini geliştirmek için karabuğday ununu farklı oranlarda (%20, 40, 60, 80, 100) kullanmış ve karabuğday içeriğinin artması ile tarhananın kül, protein, yağ ve selüloz içeriğinin arttığı belirtilmiştir. Karabuğday miktarı arttıkça tarhana içindeki K, Mg, P içeriğinin, besinsel değerlerinin ve fonksiyonel özelliklerinin arttığı fakat karabuğdayın tarhanaya katılma oranının artmasıyla duyuusal özelliklerinin azaldığı bildirilmiştir.

Karabuğday proteini, yüksek biyolojik değerli amino asitlerden oluşur. Flavonoid, B1, B2, ve E vitaminleri, yağ asitlerinin ve birçok esansiyel mineralin iyi bir kaynağıdır. Fonksiyonel ve klinik gıda sanayinde büyük potansiyele sahip bir gıda maddesidir. Gluten içermez (Bilgiçli, 2009).

Gluten hamur sisteminde arzu edilen doku ve hacmi elde etmek için gaz muhafaza etmede ve istenen elastisite ile kuvvetli protein ağı oluşumu için gereklidir. Gluten matriksinden yoksun olan glutensiz ekmekler, düşük özgül hacim, yüksek ekmek içi sertliği, düşük teknolojik kalite ve yüksek bayatlama gösterir (Mahmoud vd., 2013). Hamurda glutenin olmaması, hamurun sıvı olmasına pişmiş ekmeğin çökmesine, zayıf renge ve çeşitli kalite sorunlarına sebep olur (Torbica vd., 2010).

Ran vd. (2000), buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday unu ve karışımın ekmek kalitesini arttırmak için gluten, amino asit ve hidrokispropil metilselüloz ekleyerek yaptıkları çalışma sonucunda una eklenen karabuğday yüzdesi arttıkça ekmek ağırlığı ve sertliği artarken hacminin, esnekliğinin ve yapışkanlığının azaldığını belirtmişlerdir.

Bojnanska ve Urminska (2010) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday ununa %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında karabuğday, mercimek, nohut ve yulaf unu ekledikleri örneklerin hepsinde ekmek hacminin belli oranlarda azaldığı fakat en çok hacim azalışının %50 karabuğday ilaveli örnekte olduğu belirtilmiştir. Ekmek hacmini arttırmak için örneklere %3 oranında vital gluten

eklenmiş ve en çok hacim artışının %30 karabuğday içeren örnekte olduğu bildirilmiştir.

Lin vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; beyaz ekmek hacminin, karabuğday ile zenginleştirilmiş ekmeğin hacminden genel olarak daha yüksek olduğu fakat %15 karabuğdaya kadar yapılan ekmeklerde ekmeğin spesifik hacminde çok farklı bir değişim olmadığı, rutin ve quarcetin içeriğinde karabuğday ile zenginleştirilmiş buğday ekmeklerinde beklendiği gibi fazla bulunduğu belirtilmiştir.

Klava ve Karklina (2002), tarafından yapılan çalışmada; ekmek örneklerinde karabuğday unu ve yulaf unu miktarının arttırılması ile ekmek hacminin azaldığı belirtilmiştir.

Fujarczuk ve Zmijewski (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; %10, 20, 30, 40 ve %50 karabuğday unu kullanarak hazırladıkları un örneklerinin farinograf analizleri sonrasında, konsistens, yumuşaklık ve kalite sayısının azaldığı; pişirilmiş ekmek örnekleri incelendiğinde ise buğday ununa eklenen karabuğday ununun artmasına bağlı olarak ekmek içi gözenek yapısının geliştiği fakat ekmek hacminin azaldığı belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan materyalin ayrıntılı özellikleri aşağıda verilmiştir.

Buğday unu: Katkısız tip 650 ekmeklik buğday unu kullanılmıştır. Katkısız tip 650 ekmeklik buğday unu Hediye Un Sanayi A.Ş'den (Isparta), temin edilmiştir. Yeni öğütülmüş olan un yaklaşık 25°C'de 3 hafta süreyle depoda bekletilerek olgunlaştırılmıştır.

Tam Karabuğday Unu: Karabuğday unu Glutensiz Gıda Sağlık Ticaret A.Ş'den (Fitmet marka) tam karabuğday unu olarak temin edilmiştir. Kullanılana kadar +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Transglutaminaz (TG): Ajinomoto Food Europe SAS Fransa firmasından temin edilmiş, Ajinomoto marka TG Activa WM kullanılmıştır. Kullanılana kadar ve kullanım sırasında da + 4°C' de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Maya: Mauri marka TS 3522 (TSE, 1992) pres yaş maya standardına uygun olan pres yaş maya kullanılmıştır.

Tuz: TS 933 (TSE, 1986) yemeklik tuz standartlarına uygun kristal tuz kullanılmıştır.

Su: Süleyman Demirel Üniversitesi kampüsü içme suyu kullanılmıştır.

Yoğurucu: Laboratuvar tipi spiral hamur yoğurma makinesi (Günsa, İzmir) kullanılmıştır.

Fırın: Döner tabanlı, doğal gazlı, borulu katlı fırın (Ertuğrul ısı, Antalya) kullanılmıştır.

Piştirme tavaları: AACC Metod 10-10.03'e uygun ısıya dayanıklı, iç yüzeyi teflon kaplı, üst uzunluğu 14.3 cm, üst genişliği 7.9 cm, alt uzunluğu 12.9 cm, alt genişliği 6.4 cm ve derinliği 5.7 cm ebatlarında galvaniz saçtan özel olarak yaptırılan piştirme tavaları kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Tip 650 ekmeklik buğday unu ve tam karabuğday ununda yapılan kimyasal ve fiziksel analizler

Tip 650 ekmeklik buğday ununda; nem (AACC Method 44-01.01), kül (AACC Method 08-01.01), ham protein (AACC Metod 46-30.01), yağ ve kuru gluten miktarı (AACC Metod 38-12.02), Zeleny sedimantasyon testi (AACC Metod 56-60.01), gecikmeli Zeleny sedimantasyon testi (AACC Method 56-60.01), amilaz aktivitesi - düşme sayısı olarak- (AACC Method 56-81.03) analizleri yapılmıştır.

Tam karabuğday ununda; nem (AACC Method 44-01.01), kül (AACC Method 08-01.01), ham protein (AACC Metod 46-30.01), yağ (AOAC, 1990), analizleri yapılmıştır. Analizler ile ilgili bilgiler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.2.1.1 Nem miktarı tayini

Undaki nem miktarı depolama sırasında önem arz eder. Nem miktarı yüksek unlar depoda kısa sürede böcek ve küf oluşturur. Unda nem miktarı tespitinde unlar normal atmosfer basıncında 130-133°C'de etüvde (Wiseven) 2 saat kurutulup su kaybı belirlenerek % nem miktarı hesaplanmıştır (AACC Method 44-01.01).

3.2.1.2 Kül miktarı tayini

Kül içeriği ile un randımanı arasında yakın bir ilişki vardır. Unların kül içeriklerinden yararlanarak randımanları "Mohs" kül cetvelinden bulunur. Kül miktarının tayini yakma sonucu kalan toplam mineral miktarının tayini esasına

dayanmaktadır (AACC Method 08-01.01). Buğdaylarda kül miktarı ekmekçilik değeri ile ilgilidir ve un randımanı hakkında bilgi verir. Kül miktarı çeşit, yetiştirme şartları, iklim ve toprak özellikleri tarafından etkilenir. Tam karabuğday unu ve tip 650 ekmeklik buğday unu örnekleri 2-3 g kadar tartılarak porselen krozelere konulmuştur. Örnekler 2-3 ml etil alkol ile ön yakma işlemi, bu işlemin ardından kül fırında 900°C'de yaklaşık 4 saat siyah leke kalmayınca kadar 2. yakma işlemi uygulanmıştır. Desikatörde soğutulduktan sonra krozede kalan kül miktarının tartılmasından sonra çıkan sonuçlar % kül miktarı olarak hesaplanmıştır.

3.2.1.3 Ham protein miktarı tayini

Protein miktarının belirlenmesi Dumas azot analiz cihazı ile (Velp Scientifica NDA-701, İtalya) Ham Protein / Yakma Metodu, AACC Metod No:46-30.01 (AACC, 2000)'a uygun olarak yapılmıştır.

3.2.1.4 Yağ miktarı tayini

Yöntemin prensibi; örnek içindeki petrol eterinde çözünebilen maddeleri ekstrakte ederek almak, sonra petrol eterini ayırarak ham yağ miktarını hesaplamaktır. Yağ miktarının tayini AOAC (1990)'a göre yapılmıştır.

3.2.1.5 Tip 650 ekmeklik buğday ununda yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerlerinin belirlenmesi

Yaş ve kuru gluten, gluten yıkama cihazı, glutork ve gluten indeks cihazları (Ekin Gıda, Ankara) ile AACC Metod No: 38-12.02'e uygun olarak yapılmıştır.

3.2.1.6 Zeleny sedimentasyon tayini

Sedimentasyon değerinin belirlenmesi sedimentasyon cihazı (Tekpa, Ankara) ile AACC Metod No: 56-60.01'e uygun olarak yapılmıştır.

3.2.1.7 Gecikmeli sedimentasyon tayini

Sedimentasyon değerinin belirlenmesi sedimentasyon cihazı (Tekpa, Ankara) ile AACC Metod No: 56-60.01'e uygun olarak yapılmıştır.

3.2.1.8 Düşme sayısı tayini

Düşme sayısı değerinin belirlenmesi düşme sayısı cihazı ile (Ekin Gıda, Anakara) AACC Method No: 56-81.03' e uygun olarak yapılmıştır.

3.2.2 Tip 650 ekmeklik buğday unu ile un-karabuğday unu ve transglutaminaz karışımlarında yapılan reolojik analizler

Tip 650 ekmeklik buğday ununa 1'i kontrol grubu olmak üzere 3 farklı oranda (%10, %20, %30) tam karabuğday unu ve 1'i kontrol grubu olmak üzere 2 farklı oranda (50 ve 100 ppm) TG ilave edilmiş ve toplam 12 farklı un karışım örneğinde reolojik analizler yapılmıştır.

3.2.2.1 Farinograf analizi

Un karışımı örneklerinde farinografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Brabender farinograf aleti kullanılarak farinograf testi (AACC Method 54-21.01) uygulanmıştır ve unun su absorpsiyon değeri (%), hamurun gelişme (yoğurma) süresi (dk), hamur stabilite değeri (dk) ve yumuşama derecesi (BU) belirlenmiştir.

3.2.2.2 Hamur ve gluten uzayabilirlik analizi

Un karışım örneklerinden elde edilen hamurların uzayabilirlik testi tekstür analiz cihazında (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik probu (SMS/Kieffer Doughand Gluten ExtensibilityRig) kullanılarak hamurun uzamaya karşı direnç (Rmax), uzayabilirlik (Ext) ve kurve altındaki alan (ARmax/Ext) değerleri

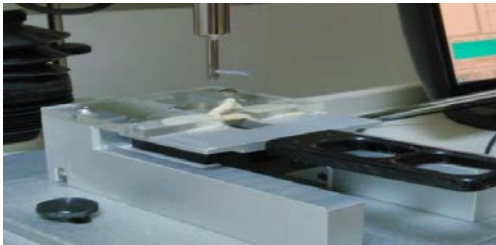
ölçülmüştür (Kieffervd., 1998) (Şekil 3.4). Bu analiz için 9,73 g un örneği, 0,2 g tuz ve her un karışımı için 10 g'a göre hesaplanmış farinograf sonuçlarına göre belirlenen miktar kadar konulan su ile hazırlanan karışım porselen havanda 2 dk karıştırılarak hamur haline getirilmiştir. Hazırlanan hamur örneği, aspir yağı ile yağlanmış uzayabilirlik sisteminin kalıpları üzerine konulmuş, üzerine kalıbın üst kısmı kapatıldıktan sonra kalıbın alt ve üst parçaları bir araya gelecek şekilde mengene ile sıkıştırılmış kenarlardan artan hamur parçaları plastik bir spatula ile temizlenmiştir. Nem kaybını önlemek ve hamurun dinlenmesi için kontrollü şartlarda hamur 40 dk dinlendirilmiştir (Şekil 3.1). Dinlenme süresi sonrası üst kalıp geriye doğru yavaşça kaydırılmış, düzenekten spatula ile dikkatlice alınan şerit halindeki hamur parçaları Kieffer düzeneğine yerleştirilmiştir. Düzeneğin çengel şeklindeki ucu hamura ulaştınca hamur belli bir miktar uzamış ve daha sonra kopmuştur (Şekil 3.2 ve 3.3). Bu yöntemle ait parametrelerden ön test hızı 1.0 mm/s, test hızı 3.3. m/s, son test hızı 10.0 mm/s, mesafe 75 mm, trigger kuvvet tipi 5 g ve veri elde etme oranı ise 200 pps şeklindedir. Hamur uzayabilirlik testi sonucu elde edilen grafikler Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Hamurun dinlendirilmesi



Şekil 3. 2. Hamurun Kieffer düzeneğinde uzatılması



Şekil 3. 3. Hamurun Kieffer düzeneğinde kopması



Şekil 3. 4. Hamur uzayabilirlik testi sonucu

3.2.3 Ekmek yapımı

Çalışmada kullanılan ekmek hamurları, farklı oranlarda tam karabuğday unu (%0, %10, %20, %30) ve TG (0, 50, 100 ppm) ilave edilmiş un örneklerine, ayrı ayrı ekşi maya ve yaş maya eklenerek hazırlanmıştır. Elde edilen hamurlardan 1. gün analizi yapılacak ekmekler o gün pişirilip soğutularak analize alınmıştır. Kısmi pişirilen hamurlar ise farklı sürelerde (3, 15, 35, 40 gün) -20°C’de derin dondurucuda depolanmış, depolama süresi bitince pişirilip soğutularak analizleri yapılmıştır. Ekmek denemelerinde uygulanan deneme planı çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Ekmek Denemelerinde Uygulanan Deneme Deseni

TAM KARA BUĞDAY MİKTARI (%)	YAŞ MAYA															EKŞİ MAYA														
	ENZİM DÜZEYLERİ (PPM)																													
	0					50					100					0					50					100				
	DEPOLAMA (GÜN)																													
	1	3	15	30	45	1	3	15	30	45	1	3	15	30	45	1	3	15	30	45	1	3	15	30	45	1	3	15	30	45
	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

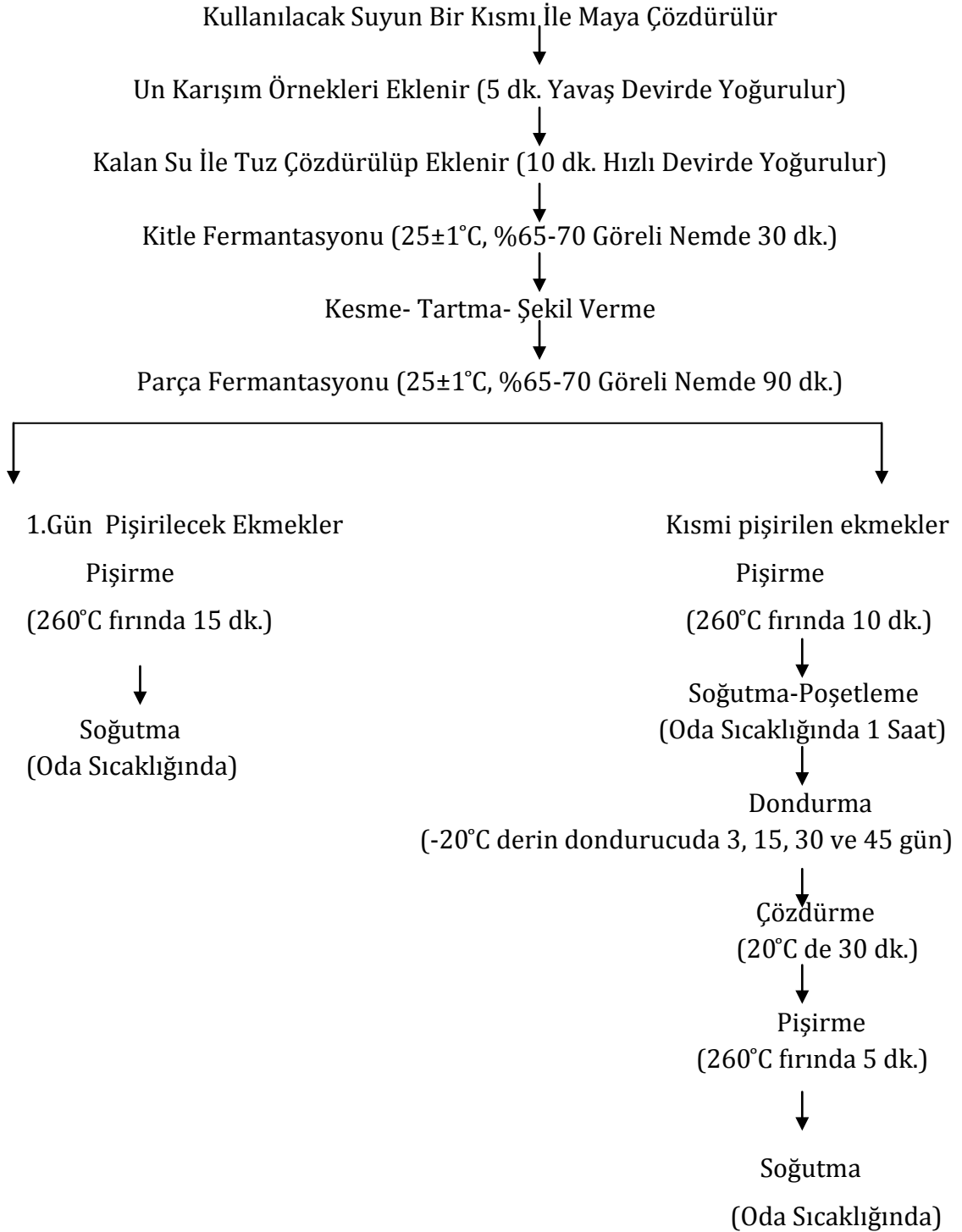
Ekmekler AACC Method (10-10.03) modifiye edilerek yapılmıştır. Araştırma için ekmek hazırlanmasında yaş mayalı ekmek yapımı için 1 kg una %1.5 tuz (TS 933, TSE, 1986, Yemeklik Tuz standardına uygun), %3.2 maya (Mauri marka -TS

3522, TSE, 1992 pres yaş maya standardına uygun) ve su absorpsiyonuna uygun miktarda içme suyu katılmıştır.

Ekşi mayalı ekmek için 1 kg una %1.5 tuz (TS 933, TSE, 1986, Yemeklik Tuz standardına uygun), %0.2 yaş maya (Mauri marka -TS 3522, TSE, 1992 pres yaş maya standardına uygun), %3 ekşi maya (yaş mayalı ekmek yapım yöntemi ile hazırlanan hamur 1 gün bekletilerek ekşitilmiştir) ve su absorpsiyonuna uygun miktarda içme suyu katılmıştır. Ekmek denemelerinin her biri üçer tekerrürlü olarak yapılmıştır. Ekmek yapımında laboratuvar tipi spiral hamur yoğurma makinesi kullanılmıştır. Ekmek pişirme işlemi döner tabanlı, doğal gazlı, borulu katlı fırında (Ertuğrul ısı, Antalya) yapılmıştır. Yoğurucu içine farinograf analizi ile belirlenen suyun bir kısmı ile yaş maya konulup (ekşi mayalı ekmek yapımı için belirlenen miktarda ekşi maya ve yaş maya birlikte konulmuştur) mayanın çözünmesi sağlanmıştır. Üzerine un ve kullanılacaksa enzim katkısı (un karışımı ile homojen karıştırılıp) eklenip 5dk. yavaş devirde; sonra kalan su ile tuz çözdürülerek eklenip 10 dk. hızlı devirde yoğurulmuştur. Oluşan hamur tartılarak %65-70 nem ve $25\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 30 dk. kitle fermentasyonunda bekletildikten sonra havası alınarak 100 gr un esasına göre 10 eşit parçaya bölünmüştür. Bu hamurlar, birbirine zıt yönde dönen iki silindirden geçirilerek daire şekli verilmiş ve pişirme tavaına uygun olacak şekilde elle şekil verilerek pişirme kalıbına alınmıştır. Hamurlar 1.5 saat %65-70 nem ve 25 ± 1 derece sıcaklıkta parça fermentasyona bırakılmıştır. 1. gün analizleri yapılacak ekmekler 260 derece fırında 15 dk. süreyle pişirilmiştir. Fırından çıkan ekmekler 5 dk. sonra tavalarından çıkarılmış ve oda sıcaklığında sıcaklıkları oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiştir. Soğuduktan sonra hacmi, ağırlığı, en, boy ve yüksekliği ölçülerek kesilmiş ve içyapısı değerlendirilmiştir.

Kısmi pişirilen ekmeler ise parça fermentasyonundan sonra aynı fırında 10 dk. süreyle pişirilip oda şartlarında soğutularak polietilen poşetlere alınmıştır. Poşetli ekmekler etiketlenerek -20 derecedeki derin dondurucuda 3, 15, 30 ve 45 gün olarak belirlenen depolama günlerinde derin dondurucuda bekletilmiştir. Bekleme süreleri sonrasında 20 derecede 30 dakika bekletilerek çözdürülmüş, 260 derece elektrikli fırında 5 dk süreyle pişirilip, fırından

çıktıktan sonra hacmi, ağırlığı, en, boy ve yüksekliği ölçülerek kesilmiş ve iç yapısı değerlendirilmiştir. Ekmek yapımında uygulanan işlem basamakları şekil 3.5’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. 5. Ekmek yapımında uygulanan işlem basamakları

3.2.4 Örneklerin dondurulması

Kısmi pişirilen ekmeler 260°C fırında 10 dk. süreyle pişirilmiştir. Pişirildikten 5 dk. sonra tavalardan çıkarılıp oda sıcaklığında soğuyana kadar bekletilip soğutulduktan sonra polietilen poşetlere alınmış, etiketlenmiş ve -20 derecedeki derin dondurucuda dondurulmuştur.

3.2.5 Kısmi pişirilmiş ekmeklerin depolanması

Kısmi pişirilmiş ekmekler -20 derecedeki derin dondurucuda 3, 15, 30 ve 45 günlük aralıklarla depolanmıştır.

3.2.6 Örneklerin çözdürülmesi ve pişirilmesi

Kısmi pişirilen ekmekler her depolama süresi sonrasında 20 derecede 30 dakika bekletilerek çözdürölüp 260 derece fırında 5 dk pişirilmiştir. Pişirilen ekmekler 5 dk sonra tavalarından çıkarılıp oda sıcaklığında soğutularak, ekmek analizleri yapılmıştır.

3.2.7 Ekmek analizleri

Denemelerde üretilen ekmeklerde aşağıda alt başlıklar şeklinde verilen ekmek analizleri yapılmıştır.

3.2.7.1 Ekmek ağırlığının belirlenmesi

Ekmek ağırlıkları ekmek fırından çıktıktan en az 1 saat sonra yapılmıştır (Elgün vd., 2002).

3.2.7.2 Ekmek pişme kaybının ve ekmek veriminin belirlenmesi

Ekmeğin fırından çıktıktan 1 saat sonraki ağırlığı ile başlangıçta kullanılan hamur ağırlığı arasındaki fark belirlenerek pişme kaybı ve %14 nem esasına

göre 100 g undan elde edilen ekmeğin ağırlığı ekmek verimi olarak ve her deneme ekmek örneğinden en az 8 ekmek alınarak hesaplanmıştır.

3.2.7.3 Ekmek hacminin belirlenmesi

Ekmek hacmi ekmeğin işgal ettiği boşluktur ve ekmek için önemli bir kalite kriteridir. Ekmeklerin hacimleri hardal tohumu ile yer değiştirme prensibine göre her deneme ekmek örneğinden en az 8 ekmek alınarak hesaplanmıştır (Elgün vd., 2002).

3.2.7.4 Ekmeklerin en, boy ve yükseklik değerlerinin belirlenmesi

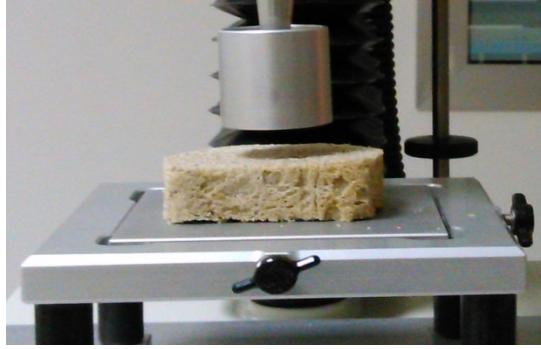
Ölçümler dijital kumpas aleti ile ekmeğin eninin 3 farklı noktasından mm cinsinden ölçümü yapılarak ortalamaları alınmıştır. Ekmeğin yüksekliği ve boyu da aynı yöntemle ölçülmüştür. Sonuçlar her deneme ekmek örneğinden en az 8 ekmek alınarak belirlenmiştir.

3.2.7.5 Ekmek içi gözenek yapısı ve değerlendirilmesi

Ekmekler tam ortasından enine ikiye bölünerek gözenek durumu Dallman gözenek skalası ile karşılaştırılmış ve gözenek puanı tesbit edilmiştir. Dallman skalası 3'ten 8'e kadar numaralandırılmış ve her numara için gözenek faktörü verilmiştir (Elgün vd., 2002). Sonuçlar her deneme ekmek örneğinden en az 8 ekmek alınarak belirlenmiştir.

3.2.7.6 Ekmek içi yumuşaklık değerlerinin belirlenmesi

Ekmekler fırından çıktıktan 6 saat sonra, ekmek içi yumuşaklık değerleri tekstür analiz cihazında (Stable Micro Systems, TA-Xt Plus) 36 mm'lik silindir prob kullanılarak AACC Metod 74-09.01'e göre belirlenmiştir (Şekil 3.6). Ekmek içi doku özelliklerinin belirlenmesinde TPA (Doku Profil Analizi) analizi uygulanmıştır (ön test hızı: 1 mm/sn, test hızı: 1.7 mm/sn, son test hızı: 10 mm/sn, Strain: %40).



Şekil 3. 6. Ekmek içi yumuşaklığının belirlenmesi

3.2.7.7 Ekmek içi doku özelliklerinin belirlenmesi

Üretilen ekmeklerin yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik gibi dokusal özelliklerinin belirlenmesinde TPA (Doku Profil Analizi) tekstür analiz cihazında 36 mm çaplı silindir prob kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.8 İstatistiksel analizler

Tip 650 ekmeklik buğday ununa farklı oranlarda konulan tam karabuğday unu, ekşi maya, TG ile üretilen ekmek 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 desenine göre yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Un Örneklerinde Yapılan Kimyasal Analizler

Un örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Un örneklerinin nem ve kül içeriklerine ilişkin ortalama değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde tam karabuğday ununun tip 650 ekmeklik buğday unundan daha düşük nem oranına (13.6 ± 0.39) ve daha yüksek kül miktarına (0.61 ± 0.02) sahip olduğu görülmüştür. Tip 650 ekmeklik buğday unu örneğinin nem (% 13,6) değeri Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine(en çok %14,5) (Anonim, 2013)’ne uygun bulunmuş, kül değerinin tebliğde belirtilen değerden ($0,7 < \%Kül \leq 0,8$) daha düşük olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Un örneklerinde yapılan kimyasal analizler

Un Örnekleri	Tip 650 ekmeklik buğday unu	Tam karabuğday unu
Nem(%)	13.6 ± 0.39	10.54 ± 0.9
Kül (%)	0.61 ± 0.02	4.24 ± 0.36
Protein (%)	12.5 ± 0.13	10.37 ± 0.41
Yağ (%)	---	10.46 ± 0.15
Yaş Gluten (%)	31.85 ± 0.30	---
Kuru Gluten (%)	10.86 ± 0.79	---
Gluten İndeks (%)	90.46 ± 0.20	---
Sedimentasyon (ml)	35.00 ± 0.90	---
Gecikmeli Sedimentasyon (ml)	43.00 ± 0.57	---
Düşme sayısı (sn)	379 ± 4.58	---
Sıvılaşma sayısı (sn)	18.16 ± 0.25	---

Yaş gluten miktarı %28-35 arasında olan unların gluten kalitesi iyi olarak değerlendirildiği için un örneğinin gluten kalitesinin iyi olduğu söylenebilir. Optimum pişirme kalitesi gösteren unlar için gluten indeks değeri %60-90 arasında olmalıdır (Elgün, 2002). Gluten indeks değeri %90.46 olarak bulunan tip 650 ekmeklik buğday ununun optimum pişirme kalitesi göstereceği söylenebilir.

Sedimentasyon değeri, unun ekmekçilik değeri hakkında bilgi vermektedir. Protein kalitesinin belirlenmesinde kullanılan kalite kriterlerinden birisidir. Standart sedimentasyon test uygulaması süne ve kımıl zararını tam olarak belirleyememektedir. Süne ve kımıl zararı görmüş buğdaydan una geçen enzimin çalışması için gerekli sürenin sağlanması açısından da gecikmeli sedimentasyon testi uygulanmaktadır. Buğdayda protein kalitesini belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden biri de sedimentasyon değeridir (Zeleny, 1947; Aydın vd., 2005). Sedimentasyon değeri, protein kalitesini ve ekmeğin kabarma hacmi potansiyelini gösterir (Peterson vd., 1992; Aydın vd., 2005).

Buğday ununun ekmeklik olarak değerlendirilebilmesi için sedimentasyon değerinin 20 ml olması gerekir (Diepenbrock vd., 2005). 15 ml den küçük değerler çok zayıf, 16-24 ml arası zayıf, 25-36 ml arası iyi 36 ml üzeri ise pekiyi olarak değerlendirilir (Ergün, 2002). Tip 650 buğday unu örneğinin sedimentasyon değeri 20 ml'nin üzerinde ve 25-36 ml arasında olduğundan ekmeklik kalitesinin iyi olduğu söylenebilir (Çizelge 4.1). Tip 650 ekmeklik buğday unu örneğinin sedimentasyon (35ml) ve gecikmeli sedimentasyon (43ml) değeri bakımından Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine (en az 30 ml) (Anonim, 2013)' ne uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.1'de un örneklerinin protein değerleri verilmiştir. Tip 650 ekmeklik buğday ununun ham protein değeri ($\%12.5 \pm 0.13$) tam karabuğday ununun protein değerinden (10.37 ± 0.13) fazla bulunmuştur.

Protein miktarı $\%10-12$ arasında olan unlar ekmeklik kalitesinde olan unlardır (Ergün, 2002). Tip 650 ekmeklik buğday unu örneğinin ekmeklik kalitesine sahip un olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tip 650 ekmeklik buğday unu örneğinin protein ($\%12.5$) değeri bakımından Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine (en az $\%10.05$) (Anonim, 2013)' ne uygun bulunmuştur.

Genel karabuğday tanesinin protein miktarı $\%10.0-12.5$ civarında olduğu belirtilirken (Dizlek vd., 2009), Vojtiskova vd., (2012) yaptıkları bir çalışmada; tam karabuğday ununun protein değerini $\%14.4 \pm 0.03$ olarak belirtmişlerdir.

Bonofaccia vd., (1994), 5 farklı kültüre ait karabuğdayda yaptıkları çalışma sonucunda protein değerlerinin %11.00-13.60 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Ekmeklik buğday ununun düşme sayısı ve sıvılaşma sayısı değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Elde edilen düşme sayısı 150 ve altında ise; çimlenmiş buğday veya çimlenmiş buğday unu hükmüne varılır yani amilaz aktivitesi yüksek kabul edilir. Bu unlardan ekmek yapıldığında kabuk yapışkan olur. 200-250 normal amilaz aktivitesini, 300 ve daha yukarı düşme sayısı düşük amilaz aktivitesini gösterir. 200-250 normal amilaz aktivitesini, 300 ve daha yukarı düşme sayısı düşük amilaz aktivitesini gösterir (Elgün vd., 2002). Bu unlardan da ekmek yapıldığında hacim düşük ve kabuk kuru olur. İstenilen düşme sayılı un karışımlarının hazırlanmasında, düşme sayısı ile amilaz aktivitesi arasındaki eğri çizgi şeklinde (logaritmik) olması nedeniyle bu ilişkinin doğrusal hale dönüştürüldüğü sıvılaşma sayısı kullanılır (Elgün vd., 2002).

Tip 650 ekmeklik buğday unu örneğinin düşme sayısı (379 sn) değeri bakımından Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine (en az 250 sn) (Anonim, 2013)'ne uygun bulunmuştur.

Tam karabuğday ununun yağ içeriği % 10.46 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Dizlek vd., (2009), karabuğday ununun yağ değerini %7-10.7 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Vojtiskova vd., (2012) yaptıkları bir çalışmada; tam karabuğday ununun protein değerini 4.1 ± 0.01 olarak bulmuşlardır. Bonofaccia vd., (1994), 5 farklı kültüre ait karabuğdayda yaptıkları çalışma sonucunda yağ oranı değerlerinin %2.93-3.37 arasında olduğunu tesbit etmişlerdir.

4.2 Un Örneklerinde Yapılan Reolojik Analizler

4.2.1 Farinograf analiz değerleri

Tip 650 ekmeklik buğday ununa un ile yer değiştirme prensibine göre 0, %10, %20 ve %30 oranlarında ilave edilen karabuğday unu ile hazırlanan

karışımların her birine ayrı ayrı iki farklı oranda (50 ve 100 ppm) TG ilave edilerek farinogram değerleri belirlenmiştir. 12 farklı un örneğinden elde edilen hamurların farinografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bulgular Çizelge 4.2’de, farinogram grafikleri ise EK A’da verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların farinogram değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite (dk)	Su Absorpsiyonu (%)	Yumuşama Süresi (BU)
Kontrol	0	2.20 ^c	15.21 ^a	57.90 ^a	28.00 ^f
Kontrol	50	2.03 ^c	13.26 ^b	58.30 ^a	35.00 ^e
Kontrol	100	2.10 ^c	13.24 ^b	58.40 ^a	36.00 ^e
10	0	5.10 ^b	9.46 ^d	58.10 ^a	62.00 ^d
10	50	5.00 ^b	9.32 ^d	58.60 ^a	70.00 ^c
10	100	1.40 ^d	8.16 ^e	58.90 ^a	63.00 ^d
20	0	1.20 ^d	8.50 ^e	58.50 ^a	61.00 ^d
20	50	1.20 ^d	7.47 ^f	58.10 ^a	73.00 ^b
20	100	5.40 ^b	8.58 ^e	58.80 ^a	75.00 ^b
30	0	6.00 ^a	9.10 ^d	58.00 ^a	78.00 ^a
30	50	6.06 ^a	9.48 ^d	58.10 ^a	74.00 ^b
30	100	6.00 ^a	10.70 ^c	58.00 ^a	70.00 ^c

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

Çizelge 4.2’den görüleceği gibi un örneklerinin su absorpsiyon değerlerinde fark oluşmazken, stabilite süreleri, gelişme süreleri ve yumuşama derecesi arasında önemli farklar bulunmuştur ($P<0.01$).

Gelişme süresi: Denemeler sonucu elde edilen gelişme süreleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Farklı oranlarda kullanılan karabuğday ve TG tip 650 ekmeklik buğday ununun gelişme süresini (2.20 dk.) bazı oranlarında arttırmış bazılarında ise azaltmıştır. En yüksek gelişme süresini %30 oranında karabuğday eklenen örnekler göstermiştir (6.00 dk.). En düşük gelişme süresini

ise 100 ppm TG içeren %10 oranında karabuğday eklenen örnek, enzim içermeyen %20 karabuğday içeren örnek ve 50 ppm TG içeren % 20 oranında karabuğday eklenen örnek göstermiştir (1.20 dk.). Doğan ve Uğur (2005), Van yöresinde 10 adet buğday çeşidinin bisküvilik kalitesini değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmada farinograf gelişme süresinin 1.8 dk. ile 4 dk. arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Gelişme süresinin uzun olması özün geç kabarcacağını ve dolayısıyla yoğurma süresinin uzun olacağını gösterdiği gibi, öz miktarı ve kalitesinin yüksek olduğunu da göstermektedir. Gelişme süresinin düşük olmasının ekmek hacminin düşmesine, gözenek yapısının bozulmasına sebep olacağı belirtilmiştir (Aydoğan vd., 2012).

Stabilite değeri: Denemeler sonucu elde edilen stabilite süreleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesi ile de görülebileceği gibi artan karabuğday oranı ve enzim miktarı ile birlikte stabilite değerinin önemli düzeyde azalma gösterdiği belirlenmiştir. En düşük stabilite değerini %20 karabuğday unu ve 50 ppm TG ile hazırlanan örnek göstermiştir (7.47 dk). Hamurun yoğrulma özelliklerini etkileyen etmenlerin başında gluten miktarı ve kalitesi gelmektedir. Gluten miktarı ve kalitesi yüksek olan unların stabiliteleri de yüksek olur (Gül, 2007). Karabuğday unu gluten içermez. Tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi ile stabilite değerinin düşmesi beklenen bir durumdur.

TG gluten ağlarını bağlayarak güçlendirmektedir. 100 ppm enzimli %30 karabuğday içeren örneğin stabilite değerinin; enzimsiz %30 karabuğdaylı ve 50 ppm enzim içeren %30 karabuğdaylı örneğe göre fazla olmasının, TG’nin buğday proteinlerinden albümin, globülin ve glutenin fraksiyonunu çapraz bağlaması (Erem ve Certel, 2006) özelliğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Stabilite, hamurun işlenmeye dayanıklılığını gösteren değerdir. Hamur işleme sırasında kıvamını muhafaza etmeli ve hiçbir surette yumuşayıp sulanmamalıdır. Stabilite kısa olursa hamurun işleme yeteneği o oranda azalır ve fermantasyon süresi kısalmır (Aydoğan vd., 2012).

Yumuşama süresi: Yumuşama derecesi, kurvenin tepe noktasından itibaren 12 dakika sonra, kurve ortasının 500 konsistens çizgisine olan uzaklığıdır. Denemeler sonucu elde edilen yumuşama süresi Çizelge 4.2’de verilmiştir. En yüksek yumuşama derecesini enzimsiz %30 karabuğdaylı un karışım örneği göstermiştir (78 B.U.). Tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday ilavesi yumuşama derecesini ortalama % 139.29 oranında arttırmıştır. Bu artışın karabuğdayın ununda bulunan kabuk kısmının farinograf paletlerine yapışarak paletlere normalde beklenenin dışında bir direnç uygulamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Yoğurmanın ilerleyen aşamalarında yoğurma haznesi ve yoğurma paletleri arasına giren posa partikülleri farinograf paletlerine uygulanan gücü arttırmaktadır (Gül vd., 2012). 50 ppm enzim ilavesi, tip 650 ekmeklik buğday ununda, % 10 ve 20 oranında eklenen karabuğdaylı örneklerde yumuşama derecesini önemli derecede arttırırken %30 oranında eklenen karabuğday unu örneğinde yumuşama derecesini önemli oranda azaltmıştır.

Polat (2007) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday ununa %0, 1, 2, 3 ve 4 oranlarında balkabağı tozu (BKT) ikamesinin ekmek yapımına etkisi incelenmiş ve farinograf denemelerinde BKT katkısı hamurun su kaldırma ve gelişme sürelerini önemli derecede etkilememiş, yoğurma tolerans indeksinde azalma, yumuşama derecesinde ve ekstensogram değerlerinde ise artış gözlenmiştir. Bu araştırmaya benzer şekilde denemelerde kullanılan karabuğday ununun tip 650 ekmeklik buğday ununa % 10 ilavesiyle %121 oranında hamurun yumuşama derecesi artarken %20 karabuğday ilavesinde bu artış sabit kalmış fakat %30 karabuğday ilavesinde bu artış üzerinden %19 oranında hamurun yumuşama derecesinin arttığı fakat karabuğday eklenmesinin su absorpsiyonunu etkilemediği görülmüştür.

4.2.2 SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi değerleri

Tip 650 ekmeklik buğday ununa un ile yer değiştirme prensibine göre 0, %10, 20 ve 30 oranlarında ilave edilen karabuğday unu ile hazırlanan karışımların her birine ayrı ayrı iki farklı oranda (50 ve 100 ppm) transglutaminaz ilave

edilerek gluten uzayabilirlik değeri belirlenmiştir. 12 farklı un örneğinden elde edilen uzamaya karşı gösterilen maksimum direnç (Rmax), uzayabilirlik (Ext) ve kurve altındaki alan (ARmax/ Ext) değerlerinin ölçülmesi sonucu elde edilen bulgular Çizelge 4.3’de, grafikler ise EK B’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların hamur uzayabilirlik değeri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	Uzamaya karşı gösterilen maksimum direnç (g)	Uzayabilirlik (mm)	Pozitif alan (g.s)
Kontrol	0	26.00 ^c	33.77 ^a	382.86 ^c
Kontrol	50	39.41 ^b	28.37 ^{ab}	494.49 ^a
Kontrol	100	51.06 ^a	22.86 ^{bcd}	421.33 ^b
10	0	25.53 ^c	24.07 ^{bcd}	343.42 ^c
10	50	22.94 ^d	27.30 ^{abc}	339.98 ^c
10	100	22.62 ^d	25.87 ^{bc}	335.12 ^c
20	0	28.79 ^c	21.37 ^{bcd}	264.83 ^d
20	50	11.50 ^{fg}	22.23 ^{bcd}	239.63 ^d
20	100	11.91 ^g	25.40 ^{bc}	232.05 ^d
30	0	22.30 ^{de}	16.73 ^d	209.16 ^d
30	50	19.89 ^{efg}	16.73 ^d	208.36 ^d
30	100	20.73 ^{def}	20.57 ^{cd}	229.38 ^d

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

Çizelge 4.3 ve EK B incelendiğinde Rmax değeri kontrol örneğinde 26.0 g iken TG ilavesi ile bu değer önemli düzeyde bir artış göstermiştir. Özellikle 100 ppm TG ilavesi söz konusu değer iki katına (51.06 g) çıkmasına neden olmuştur. Karabuğday ilavesi %10 ve %20 düzeylerinde Rmax değeri üzerinde önemli bir etkide bulunmamış, ancak %30 düzeyinden sonra bu değer azalmasına neden olmuştur. Karabuğday karışımı ile hazırlanan hamurlara TG ilavesinin beklenen tersine Rmax değerleri üzerinde negatif bir etkisi olmuştur. Hiç enzim içermeyen karabuğdaylı hamurlara göre enzim katkısı Rmax değerini (özellikle %20 karabuğdaylı hamurlarda) yaklaşık %50 oranında düşürmüştür.

%10 ve %20 karabuğdaylı hamurlarda bu düşüş %20 de olduğu kadar belirgin olmamıştır. Karabuğdaylı hamurlarda enzim ilave oranının 50 ppm'den 100 ppm'e çıkarılması da Rmax değeri üzerinde herhangi bir iyileşme sağlamamıştır.

Gluten proteinlerinin oranının düşmesi direnci düşürecektir. %10 ve 20'lik gluten proteini azalışı direnci etkilemezken, %30 ve daha fazla oranlarda eklenen karabuğdaydan dolayı gluten proteinlerinin oransal olarak azalmasının direnci önemli oranlarda azalttığı görülmüştür. Tip 650 ekmeklik buğday ununa artan miktarlarda enzim eklenmesi (50 ve 100 ppm) uzamaya karşı gösterilen direnci önemli oranda arttırmıştır (39.41 ve 51.06). Bu artışın transglutaminazın tip 650 ekmeklik buğday ununda bulunan gluten proteinlerin bağlarını güçlendirmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. %10 ve %20 karabuğday eklenmiş un örneklerine enzim ilavesi bu değeri azaltırken enzim oranının etkisi olmamıştır. %30 karabuğday eklenmiş un örneğine enzim ilavesi uzamaya karşı direnç değeri üzerinde önemli oranda ($P>0.01$) bir değişim göstermemiştir.

Uzayabilirlik değerleri incelendiğinde en yüksek uzama değeri 33.77 mm değeri ile tip 650 ekmeklik buğday ununda iken bu una karabuğday eklenmesi uzama değerini azaltmış vizkoelastik yapısını bozmuştur. Un örneklerinin protein değerinin azalması uzama değerini de azaltmıştır. Enzim ilavesinin ise uzama değeri üzerinde etkisi olmamıştır.

Farklı un örneklerinden hazırlanan hamurların kurve altındaki alan (ARmax/Ext) değerlerine bakıldığında en yüksek kurve alanı 50 ppm enzim ilaveli kontrol grubu örneğinin verdiği gözlenmiştir. Tip 650 ekmeklik buğday ununa % 20 ve daha fazla miktarlarda karabuğday ilavesinin bu değeri azalttığı ve kontrol örnekleri dışındaki hamur örneklerinde enzim ilavesinin alan değeri üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür.

Jeffers vd. (1978) tarafından yapılan bir çalışmada; ekmek ununa, %5, 10, 15 ve 20 oranlarında ham ve pişmiş bezelye unu veya soya unu ilave edilmiştir. Zenginleştirme oranları arttıkça, özellikle %10, 15 ve 20 oranlarında soya unu

katılması, hamurun reolojik yapısını olumsuz etkilemiş ve hamurda zayıflatıcı etki yapmıştır (Şen, 2013).

Gül vd. (2009); %10, %20 ve %30 oranlarında buğday kepeği, %10 ve %20 oranlarında mısır kepeği ilavesi ile hazırlanan hamurların stabilite, uzamaya karşı direnç, enerji ve uzama gibi reolojik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiğini, mısır kepeğinin olumsuz etkisinin buğday kepeğine göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

4.3. Yaş Mayalı Ekmek Örneklerinde Yapılan Ekmek Analizleri

4.3.1. Ekmek hacmi, ekmek verimi ve pişme kaybı değerleri

Tip 650 ekmeklik buğday ununa un ile yer değiştirme prensibine göre 0, %10, 20 ve %30 oranlarında ilave edilen karabuğday unu ile hazırlanan karışımların her birine ayrı ayrı iki farklı oranda (50 ve 100 ppm) transglutaminaz ilave edilerek 12 farklı un örneğinden hazırlanan yaş mayalı ekmeklerin 1, 3, 15, 30 ve 45. Günlerdeki ekmek hacmi, ekmek verimi ve pişme kaybı değerleri sırasıyla Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir.

1. gün örneklerinde tip 650 ekmeklik buğday ununa %10, %20 ve %30 oranlarında karabuğday eklenmesi ekmek hacmini (sırasıyla; %24.82, %37.78 ve %47 oranlarda) azaltmıştır. Buna artan karabuğday oranına karşın gluten proteinlerinin hem oransal olarak azalması hemde araya giren ve gluten içermeyen karabuğday unu partiküllerinin bağ yapmalarına engel olması neden olmuştur. Ekmek unu örneklerine 50 ppm TG eklenmesi ekmek hacmini önemli derecede ($P<0.01$) arttırmıştır. Enzim artışının; hacim üzerine kontrol ekmeklerinde önemli derecede etkisi olurken (50 ppm de hacim 480 cm^3 iken 100 ppm de yaklaşık %22 lik artışla 585 cm^3), %10, 20 ve 30 karabuğday eklenmiş ekmek üzerinde etkisi olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.4. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin ekmek hacim değerleri (cm³)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	450.00 _{A^c}	353.33 _{B^b}	343.33 _{C^c}	340.00 _{C^b}	340.33 _{C^b}
Kontrol	50	480.00 _{A^b}	386.67 _{B^a}	381.67 _{C^{ab}}	375.00 _{D^a}	371.67 _{D^a}
Kontrol	100	585.00 _{A^a}	360.00 _{B^{ab}}	355.33 _{C^a}	353.00 _{C^b}	350.00 _{C^b}
10	0	338.33 _{A^e}	312.00 _{B^{cd}}	313.67 _{B^{de}}	305.00 _{C^b}	305.00 _{C^c}
10	50	376.67 _{A^d}	331.67 _{B^{bc}}	331.67 _{B^b}	330.00 _{B^b}	330.00 _{B^b}
10	100	386.67 _{A^d}	348.67 _{B^{bc}}	348.33 _{B^{ab}}	345.00 _{B^b}	340.00 _{C^b}
20	0	280.00 _{A^f}	275.00 _{B^{ef}}	258.33 _{C^g}	253.33 _{D^d}	250.00 _{D^{cd}}
20	50	326.67 _{A^e}	323.33 _{A^{cd}}	310.00 _{C^c}	310.00 _{C^c}	316.67 _{B^b}
20	100	325.00 _{A^e}	313.33 _{B^{cde}}	300.00 _{C^{cd}}	295.00 _{D^{cd}}	296.67 _{D^c}
30	0	240.33 _{A^h}	240.00 _{A^g}	220.00 _{B^h}	215.00 _{C^e}	213.33 _{C^d}
30	50	263.33 _{B^g}	267.00 _{A^{de}}	268.33 _{A^e}	263.33 _{B^d}	263.03 _{B^{cd}}
30	100	266.67 _{A^{fg}}	265.00 _{A^f}	255.00 _{B^f}	256.67 _{B^d}	251.67 _{C^{cd}}

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

3. gün ekmeklerinde enzimsiz kontrol grubuna %10, 20 ve 30 oranında karabuğday eklenmesi hacmi aşamalı olarak azaltmıştır. Kontrol grubuna TG eklenmesi önemli derecede ($P < 0.01$) hacim artışı sağlarken, enzim artışında hacimde önemli derecede ($P > 0.01$) fark yaratmamıştır. Tip 650 ekmeklik buğday ununa %10 karabuğday eklenmiş ekmeklerde TG etkisi görülmezken %20 ve %30 karabuğdaylı ekmek örneğine 50 ppm TG ilavesinin hacmi önemli derecede ($P < 0.01$) arttırdığı görülmüştür. 15, 30 ve 45. günlerde en düşük hacim değerini enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örneği gösterirken ortak olarak en yüksek hacim değerini 50 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılmış kontrol örneklerinin gösterdiği saptanmıştır. Gluten, mayanın oluşturduğu gazı tutarak hamurun kabarmasını sağlar (Talay ve Bostan, 1995). Buna göre en düşük hacim değerini enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örneğinin göstermesi; dondurma süresinin artmasına bağlı maya miktarındaki azalmaya (Selomulyo ve Zhou, 2007) paralel gaz oluşumunun azalması ve

karabuğday oranına bağlı gluten miktarının azalması sonuçları ile hamurun yapısal olarak zarar görmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Ran vd. (2000) buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday unu ve karışımın ekmek kalitesini arttırmak için gluten, amino asit ve HPMC ekleyerek yaptıkları çalışma sonucunda una eklenen karabuğday yüzdesi arttıkça ekmek hacmin azaldığını belirtmişlerdir.

Klava ve Karklina (2002) tarafından yapılan bir çalışmada; ekmek örneklerinde karabuğday unu ve yulaf unu miktarının arttırılması ile ekmek hacminin azaldığı belirtilmiştir.

Fujarczuk ve Zmijewski (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; karabuğday ununun artan miktarı ile birlikte hamurda yapılan farinograf analizi sonrasında, konsistens, yumuşaklık ve kalite sayısının azaldığı; pişirilmiş ekmek örnekleri incelendiğinde ise buğday ununa eklenen karabuğday ununun artmasına bağlı olarak ekmek içi gözenek yapısının geliştiği; fakat ekmek hacminin azaldığı belirtilmiştir.

Bojnanska ve Urminska (2010) tarafından yapılan çalışmada; buğday ununa %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında karabuğday, mercimek, nohut ve yulaf unu ekledikleri örneklerin hepsinde ekmek hacminin belli oranlarda azaldığı fakat en çok hacim azalışının %50 karabuğday ilaveli örnekte olduğu belirtilmiştir.

Lin vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada; beyaz ekmek hacminin, karabuğday ile zenginleştirilmiş ekmeğin hacminden genel olarak daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Sosulski ve Wu (1988), tarafından yapılan bir çalışmada; buğday ununa %5, %10, %15 ve %20 oranlarında bezelye kabuğu, buğday, mısır ve yulaf kepeği ilave edilerek üretilen ekmeklerin kaliteleri incelenmiş olup; kontrol ekmeklerinin hacminin 993 cm³ olduğu, mısır kepeği ilave edilen ekmeklerin

hacimlerinin ise %5, %10, %15 ve %20 düzeylerinde sırasıyla; 960, 908, 860 ve 773 cm³ olduğu ve Shogren vd. (1981), tarafından yapılan bir çalışmada; buğday ununa %5, %10, %15 oranında buğday, mısır, soya kepeği ve hindistan cevizi artığı ilave ederek ürettikleri ekmeklerin hacminin kontrol ekmeğinde 1077 cm³ iken mısır kepeği katkılı ekmeklerde %5, %10 ve %15 oranlarında sırasıyla 978, 903 ve 858 cm³ olduğu belirtilmiştir (Şen, 2013).

Denemelerde üretilen ekmeklerin eklenen karabuğday unu artışına paralel olarak hacim değerlerindeki azalmanın bu çalışmalara benzer olduğu görülmüştür.

Schoenlechner vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada; TG üretici firma tarafından tavsiye edilen miktarda (0,003 g) kullanılmış, sonuç olarak ksilanaz ve TG'nin ekmek içi gözenek yapısını iyileştirdiği ve iki enzimin de ekmek hacmini arttırdığı belirtilmiştir.

Dondurulmuş depolama boyunca hacim değerleri özellikle kontrol grubunda ve %10 karabuğdaylı ekmek örneklerinde 3. günden itibaren azalmaya başlamıştır. Enzimsiz kontrol örneklerinde 3. gün hacim azalması %21.5 iken 50 ppm enzim ilaveli ekmek örneklerinde %19.4, 100 ppm enzim ilaveli ekmek örneklerinde ise % 38.46 olarak bulunmuştur. 3 gün dondurulan ekmek örneklerinde en iyi hacim sonucunu 50 ppm enzim ilaveli ekmek örnekleri göstermiştir. 1 ve 3. günler arasında en fazla hacim farkı 100 ppm enzim ilaveli kontrol örneklerinde olurken en az hacim farkının %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde olduğu saptanmıştır. %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde diğer ekmek örneklerine göre depolamada görülen hacim kaybının daha az olmasının ekmek formülasyonuna giren gluten miktarının karabuğday unu ile azalmasıyla, dondurma işleminin glutene verdiği zararın azaldığından kaynakladığı düşünülmüştür.

Çizelge 4.5. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin verimi (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	122.79 ^d	138.28 ^a	137.37 ^{ab}	135.28 ^a	139.50 ^a
Kontrol	50	131.51 ^b	136.21 ^c	135.12 ^{cd}	133.20 ^b	135.26 ^{bc}
Kontrol	100	131.20 ^b	134.84 ^d	129.63 ^f	126.85 ^e	129.67 ^d
10	0	134.74 ^a	136.80 ^{bc}	136.95 ^{abc}	133.05 ^{bc}	136.72 ^{bc}
10	50	131.38 ^b	136.22 ^c	134.81 ^{cd}	133.50 ^{ab}	134.97 ^{bc}
10	100	129.57 ^c	134.06 ^{de}	135.47 ^{bcd}	131.28 ^{cd}	135.85 ^{bc}
20	0	132.03 ^b	137.50 ^{ab}	138.05 ^a	134.36 ^{ab}	136.86 ^b
20	50	132.22 ^b	136.22 ^c	136.89 ^{abc}	134.92 ^{ab}	136.60 ^{bc}
20	100	132.13 ^b	131.36 ^f	132.28 ^e	126.11 ^e	131.15 ^d
30	0	131.43 ^b	136.44 ^c	136.93 ^{abc}	133.98 ^{ab}	136.56 ^{bc}
30	50	131.58 ^b	133.53 ^e	133.51 ^{de}	129.99 ^d	133.82 ^c
30	100	131.45 ^b	134.24 ^{de}	136.03 ^{abc}	130.90 ^d	135.38 ^{bc}

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

1. gün; en yüksek ekmek verim değerine, enzimsiz %10 karabuğdaylı ekmek örneğinin; en düşük ekmek verim değerine, enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer ekmek örnekleri arasında önemli derecede ($P>0.01$) fark görülmemiştir.

3. gün; en yüksek ekmek verim değerine, enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneğinin, en düşük ekmek verim değerine, 100 ppm %20 karabuğdaylı ekmek örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. 15, 30 ve 45. günlerde en düşük ekmek verim değerine, 100 ppm enzimli tip 650 ekmeklik buğday unu ve 100 ppm enzimli %20 karabuğdaylı (132,28) ekmek örneğinin sahip olduğu; 45. gün en yüksek ekmek verim değerine, enzimsiz 100 ppm tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin pişme kaybı (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	31.21 ^a	20.06 ^{fg}	16.63 ^{de}	18.72 ^{ef}	14.50 ^d
Kontrol	50	22.39 ^{de}	22.46 ^{de}	18.78 ^{bcd}	20.70 ^{de}	18.64 ^b
Kontrol	100	18.72 ^g	28.82 ^a	20.30 ^{ab}	23.08 ^{bc}	20.25 ^b
10	0	22.82 ^{cde}	22.20 ^{de}	20.61 ^{ab}	24.51 ^b	20.84 ^{ab}
10	50	22.58 ^{cde}	20.45 ^{fg}	19.14 ^{bc}	20.45 ^{de}	18.99 ^b
10	100	24.43 ^b	24.61 ^c	18.53 ^{bcd}	22.72 ^{bc}	18.15 ^{bc}
20	0	22.97 ^{cde}	19.50 ^g	16.95 ^{cde}	20.64 ^{de}	18.14 ^{bc}
20	50	23.86 ^{bc}	22.12 ^{de}	19.19 ^{bc}	21.17 ^{cd}	19.48 ^b
20	100	22.04 ^{ef}	26.31 ^b	21.89 ^a	28.05 ^a	22.98 ^a
30	0	20.90 ^f	21.56 ^{ef}	15.49 ^e	18.44 ^f	15.85 ^{cd}
30	50	21.88 ^{ef}	24.81 ^{bc}	19.95 ^{ab}	23.47 ^b	19.63 ^b
30	100	23.55 ^{bcd}	23.76 ^{cd}	18.97 ^{bcd}	24.10 ^b	19.62 ^b

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

Ekmeklerin pişme kaybı değerine bakıldığında 1. gün ekmeklerinde en az değeri 100 ppm enzimli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri alırken; en fazla değeri enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri almıştır. Diğer ekmek örnekleri arasında önemli derecede ($P>0.01$) fark görülmemiştir. 3. gün ekmeklerinde en fazla pişme kaybı değerini 100 ppm enzimli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri alırken, 15, 30 ve 45. gün ekmeklerinde en az değeri 100 ppm enzimli %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır. Diğer ekmek örnekleri arasında önemli derecede ($P>0.01$) fark görülmemiştir.

4.3.2. Ekmek örneklerinde en, boy ve yükseklik değerleri

Denemelerde üretilen yaş mayalı ekmeklerin en değerleri Çizelge 4.7’de, boy değerleri Çizelge 4.8’de, yükseklik değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin en değerleri (mm)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	70.60 ^a	69.28 ^a	68.44 ^c	67.40 ^{cde}	68.04 ^{cd}
Kontrol	50	71.62 ^a	68.66 ^a	69.43 ^a	68.12 ^{bc}	68.65 ^{bc}
Kontrol	100	71.99 ^a	68.74 ^a	69.17 ^{ab}	69.08 ^{ab}	69.45 ^a
10	0	71.67 ^a	68.23 ^a	69.08 ^{abc}	68.01 ^{bcd}	67.39 ^{de}
10	50	71.93 ^a	68.87 ^a	68.49 ^c	69.50 ^a	68.97 ^{ab}
10	100	72.25 ^a	69.67 ^a	69.46 ^a	69.54 ^a	68.22 ^{bc}
20	0	69.85 ^a	67.95 ^a	67.40 ^{de}	67.43 ^{cde}	66.87 ^{ef}
20	50	70.78 ^a	68.06 ^a	68.66 ^{bc}	67.99 ^{bcde}	68.31 ^{bc}
20	100	71.58 ^a	68.32 ^a	67.64 ^d	68.44 ^{abc}	66.45 ^{fg}
30	0	65.23 ^a	69.69 ^a	62.62 ^g	63.24 ^f	63.21 ^h
30	50	69.84 ^a	66.14 ^a	66.54 ^f	66.66 ^{de}	66.05 ^g
30	100	68.73 ^a	67.59 ^a	66.88 ^{ef}	66.63 ^e	66.17 ^{fg}

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

Analizlerde üretilen ekmeklerin en değerleri incelendiğinde 1. ve 3. günlerde en değerlerinde gün içerisinde istatistikî olarak fark bulunmazken 3. günden sonraki günlerde ortak olarak en düşük en değerine enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örneğinin sahip olduğu bulunmuştur. 15. ve 30. günlerde ortak en yüksek en değeri %10 karabuğdaylı 100 ppm enzimli ekmek örnekleri olurken 45. gün en yüksek en değerini tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan 100 ppm enzimli ekmekler örnekleri almıştır.

Günler içinde oluşan en değeri farkının dondurulmuş depolamada kaybedilen su değeri sonucu olduğu olabileceği gibi depolamaya bağlı maya gücünün azalması ve karabuğday miktarı doğrultusunda azalan gluten miktarı ile hamurun yapısal olarak zarar görmesinden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.8. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin boy değerleri (mm)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	132.07 ^a	126.63 ^{ab}	127.91 ^b	125.97 ^a	126.05 ^{bc}
Kontrol	50	132.07 ^a	128.23 ^a	128.79 ^a	124.89 ^{bcd}	127.54 ^a
Kontrol	100	131.22 ^a	126.91 ^{ab}	127.11 ^c	123.56 ^f	124.80 ^{de}
10	0	130.60 ^a	126.07 ^{abc}	126.05 ^{ef}	125.49 ^{abc}	125.95 ^{bc}
10	50	130.97 ^a	126.36 ^{ab}	126.05 ^{ef}	125.64 ^{ab}	126.65 ^{ab}
10	100	131.03 ^a	125.98 ^{abcd}	126.80 ^{cd}	125.60 ^{ab}	125.41 ^{cd}
20	0	127.26 ^a	124.35 ^{bcd}	124.81 ^h	124.25 ^{def}	123.28 ^f
20	50	128.97 ^a	124.35 ^{bcd}	126.69 ^{cde}	124.16 ^{def}	124.83 ^{de}
20	100	128.56 ^a	125.27 ^{abcd}	126.03 ^{ef}	124.74 ^{cde}	124.38 ^{de}
30	0	126.35 ^a	122.71 ^{cd}	123.52 ⁱ	122.75 ^g	121.84 ^g
30	50	127.29 ^a	122.52 ^d	125.59 ^{fg}	123.97 ^{ef}	124.84 ^{de}
30	100	126.38 ^a	123.80 ^{bcd}	125.12 ^{gh}	124.40 ^{de}	124.10 ^{ef}

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

Boy değerleri incelendiğinde 1. gün ekmek örnekleri arasında herhangi bir fark görünmezken 3. günden sonraki günlerde ortak olarak en düşük boy değerine enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örneğinin sahip olduğu bulunmuştur. Diğer günlerde oluşan farkın dondurulmuş depolamada kaybedilen su değeri sonucu olabileceği gibi; depolamaya bağlı maya gücünün azalması ve karabuğday miktarı doğrultusunda azalan gluten miktarı ile hamurun yapısal olarak zarar görmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Yükseklik değerleri incelendiğinde günler arasında genel olarak en yüksek yükseklik değerini tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri verirken en düşük değeri %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri vermiştir. 15, 30 ve 45. günlerde en düşük değerin 100 ppm enzimli %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde olduğu görülmüştür. Bu durumun transglutaminazın zaman içinde gluten bağlarında oluşturduğu sıkılıktan olabileceği düşünülmüştür.

Çizelge 4.9. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin yükseklik değerleri (mm)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	57.81 ^{ab}	53.30 ^{ab}	53.74 ^a	51.80 ^a	52.15 ^a
Kontrol	50	58.38 ^a	53.11 ^{ab}	51.78 ^b	51.75 ^a	52.07 ^a
Kontrol	100	63.56 ^a	56.65 ^a	51.64 ^b	51.69 ^a	51.81 ^{ab}
10	0	51.23 ^{bc}	49.13 ^{bc}	50.62 ^{bc}	49.46 ^b	50.43 ^c
10	50	48.01 ^{cd}	49.94 ^{bc}	48.11 ^{de}	49.26 ^b	47.48 ^d
10	100	48.74 ^{cd}	46.90 ^{cd}	49.67 ^{cd}	50.88 ^a	51.00 ^{bc}
20	0	44.05 ^{cde}	42.15 ^{de}	44.22 ^f	44.75 ^d	44.39 ^f
20	50	42.18 ^{de}	41.62 ^{de}	44.07 ^f	43.70 ^{de}	43.68 ^{fg}
20	100	42.29 ^{de}	41.70 ^{de}	47.41 ^e	46.46 ^c	45.96 ^e
30	0	40.17 ^e	37.02 ^e	43.00 ^{fg}	42.66 ^e	42.87 ^g
30	50	40.04 ^e	36.66 ^e	42.23 ^g	43.32 ^e	42.82 ^g
30	100	37.35 ^e	36.87 ^e	39.66 ^h	39.79 ^f	39.70 ^h

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

4.3.3. Ekmek içi gözenek yapısı değerleri

Denemelerde üretilen yaş mayalı ekmeklerin Dallman gözenek skalasına göre değerleri Çizelge 4.10'da, ekmek içi gözenek yapıları 1. gün resimleri EK C'de, 3. gün resimleri EK C1'de, 15. gün resimleri EK C2'de, 30. gün resimleri EK C3'de, 45. gün resimleri EK C4'de verilmiştir.

Yoğurma sırasında karıştırmanın etkisiyle gaz hücrelerinin sıvı faza dahil olmalarıyla birlikte gözenekli yapı oluşumu başlar. Yoğurma ilerledikçe, sıvı faza dahil olan gaz hücreleri kademeli olarak parçalanır ve böylelikle ortalama gözenek çapı küçülürken gözenek sayısında artış meydana gelir. Gözenek boyutu, fermantasyon sırasında hamurdaki gözenek dağılımını ve dolayısıyla son ürüne ait tekstürel özellikleri etkilemesi nedeniyle önem taşır (Yazar ve Ötleş, 2011).

Çizelge 4.10. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin Dallman gözenek skalası değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	5.33 ^d	4.66 ^c	4.00 ^d	4.00 ^d	4.00 ^d
Kontrol	50	6.33 ^c	5.66 ^b	5.33 ^c	5.66 ^{bc}	5.00 ^c
Kontrol	100	4.33 ^e	5.66 ^b	5.66 ^{bc}	5.00 ^c	4.66 ^{cd}
10	0	3.33 ^f	2.66 ^d	3.00 ^e	3.00 ^e	3.00 ^e
10	50	3.33 ^f	2.66 ^d	3.33 ^e	3.00 ^e	3.00 ^e
10	100	2.66 ^g	4.66 ^c	5.00 ^c	5.00 ^c	5.66 ^c
20	0	5.66 ^d	5.00 ^b	5.00 ^c	5.00 ^c	4.66 ^{cd}
20	50	4.33 ^e	4.33 ^c	4.00 ^d	4.66 ^{cd}	5.00 ^c
20	100	6.33 ^c	5.33 ^b	5.00 ^c	5.00 ^c	5.00 ^c
30	0	7.66 ^b	7.66 ^a	7.00 ^a	7.00 ^a	7.00 ^b
30	50	8.66 ^a	7.00 ^a	7.33 ^a	7.66 ^a	8.00 ^a
30	100	8.33 ^a	5.66 ^b	6.00 ^b	6.00 ^b	5.00 ^c

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

Buğday unu ve bu una farklı oranlarda eklenen karabuğday ve TG ile oluşturulmuş un karışımlarından elde edilen ekmeklerin 1. gün Dallman gözenek skalasına göre tip 650 ekmeklik buğday ununa 50 ppm enzim eklenmesi değeri arttırırken 100 ppm enzim eklenmesi gözenek değerini azaltmıştır. %10 karabuğdaylı ekmek örneklerinde 50 ppm enzim fark yaratmazken, 100 ppm enzim bu değeri önemli oranda azaltmıştır. %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde 50 ve 100 ppm enzim eklenmesi gözenek değerini arttırırken, ezim miktarının artışı bu değeri değiştirmemiştir. Günler arasında ortak olarak en düşük değeri %10 karabuğdaylı enzimsiz ekmek örnekleri almıştır.

Öz miktarı ve kalitesi yetersiz unlardan yapılan ekmekler, küçük hacimli, basık, düzensiz bir gözenek yapısına sahip olmaktadır (Lásztity, 1996; Gül, 2007). %10 karabuğday eklenmesi ile gözenek yapısı değerinin düşmesi, öz miktarındaki azalmadan kaynaklandığı düşünülmüştür. %20 ve %30 karabuğday ilavesi ile

azalması beklenen değerler artmıştır. Bu artış karabuğday ununun ekmeğin hacmini azaltıp ekmeği sıkılaştırılmasından kaynaklanmış olabilir.

Uzunkaya ve Ercan (1999) tarafından yapılan bir çalışmada; Bezostaya ve Gerek-79 buğday unlarına farklı oranlarda katılan yulaf unu (%7, %14, %21, %28, %35), tam buğday unu (%5, %10, %15, %20, %25) ve ince kepeğin (%4, %8, %12, %16, %20) hamburger ekmeklerinin; ekmek içi gözenek yapılarını hızla bozduğu ve ekmek içlerini sertleştirmeye başladığı tespit edilmiştir.

Oksidan maddeler kullanılarak hazırlanan hamurların daha yüksek fırın sıçraması yaptıkları ve ekmeklerin; daha iyi bir hacme sahip oldukları, ekmek içi gözenek yapısının küçük ve ince çeperli bir yapıya sahip oldukları bildirilmektedir (Fischer, 1985; Miller ve Hosney, 1999; Gül, 2007).

Unun enzim miktarı ve etkinliğinin yeterli olması ile hamurda CO₂ gazı oluşumu ve hamurun gaz tutma kapasitesi artar, ekmeğin kabuk rengi gelişir, ekmek içinin gözenek yapısı iyileşir (Dizlek, 2010). Kontrol ekmeklerinde 50 ppm enzim ilavesi %20 ve %30 karabuğdaylık ekmek örneklerinde 100 ppm enzim ilavesi ekmek içi gözenek yapısını iyileştirmiştir.

4.3.4. Ekmek içi sertlik değerleri

Tekstür analiz cihazında 36 mm çaplı silindir prob kullanılarak ekmek sertliği (g), pikin pozitif kuvveti (g) ve pikin pozitif alanı (g.s) ölçülmüştür. Denemelerde üretilen yaş mayalı ekmeklerin ekmek içi sertlik değerleri Çizelge 4.11’de, pik kuvveti değerleri Çizelge 4.12’de, alan değerleri Çizelge 4.13’de; ekmek içi sertlik grafikleri, 1. gün grafikleri EK D’de, 3. gün grafikleri EK D1’de, 15. gün grafikleri EK D2’de, 30. gün grafikleri EK D3’de, 45. gün grafikleri EK D4’de verilmiştir.

Sertlik değerleri incelendiğinde; 1. gün için tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi sertlik değerini karabuğday oranının artmasına paralel olarak %10, %20 ve %30 değerleri için sırasıyla % 263.72, %469.76 ve % 847.56 oranında arttırmıştır.

Çizelge 4.11. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin sertlik değerleri (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	490.10 _{E^h}	1001.4 _{D^d}	1254.3 _{C^g}	1519.9 _{Bⁱ}	1824.5 _{A^{fg}}
Kontrol	50	867.45 _{C^{gh}}	988.15 _{C^d}	1412.0 _{B^{fg}}	1813.1 _{A^h}	1943.9 _{A^{fg}}
Kontrol	100	1228.80 _{D^g}	1699.2 _{B^{cd}}	1715.6 _{BC^{ef}}	1874.9 _{AB^{gh}}	2011.9 _{A^{fg}}
10	0	1782.60 _{A^f}	1993.4 _{A^c}	1544.0 _{B^{fg}}	1811.9 _{A^h}	1783.8 _{A^g}
10	50	2152.20 _{AB^f}	1644.0 _{C^{cd}}	1865.1 _{BC^e}	2454.3 _{A^f}	2459.0 _{A^e}
10	100	1726.90 _{AB^f}	1873.2 _{AB^c}	1672.7 _{B^{ef}}	2138.3 _{A^g}	2053.0 _{AB^f}
20	0	2792.40 _{B^e}	3219.4 _{A^b}	2637.5 _{B^d}	3228.0 _{A^e}	2786.4 _{B^d}
20	50	3324.80 _{B^d}	3239.4 _{B^b}	2567.2 _{C^d}	4038.1 _{A^c}	3142.9 _{B^c}
20	100	3144.00 _{AB^{de}}	3551.6 _{A^b}	2546.5 _{B^d}	3522.0 _{A^d}	3025.2 _{AB^c}
30	0	4644.00 _{A^b}	4756.5 _{A^a}	3951.4 _{B^b}	4475.7 _{A^b}	3762.8 _{B^b}
30	50	3790.10 _{A^c}	3805.4 _{A^b}	3587.2 _{A^c}	4281.5 _{AB^c}	3754.1 _{A^b}
30	100	5453.20 _{AB^a}	4536.3 _{C^a}	4920.1 _{BC^a}	6083.1 _{A^a}	5413.1 _{AB^a}

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

Diğer günlerde tip 650 ekmeklik buğday ununa %10, 20 ve 30 oranında karabuğday eklenmesi sertlik değerini karabuğday oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. Bu artışların sebebi karabuğday oranına bağlı gluten ağlarının zayıflaması nedeniyle ekmek hacminde oluşan azalmadan kaynaklanabilir. Wang vd., (2006) yaptıkları bir çalışmada; sertlikteki artışın gluten ağlarının zayıflaması nedeniyle ekmek hacminde meydana gelen azalmayla ilgili olabileceğini savunmuşlardır (Certel vd., 2009). Günler arasında ortak olarak sertlik değeri en fazla olan örnek, 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örneği olmuştur. Bunun nedeni ise karabuğday oranının artışına bağlı azalan gluten ile beraber enzim miktarının fazla eklenmesi olduğu düşünülmüştür. 50 ppm enzim ilavesi ekmek örneklerinde sertlik değerini oldukça farklı etkilemiştir. 3. gün 50 ppm enzim ilavesi sertlik değerini genel olarak değiştirmezken, 30. gün sertlik değerini genel olarak arttırmıştır. Tüm günlerde un örneklerine 100 ppm enzim ilavesi ise tüm ekmek örneklerinin

enzimsiz örneklerine göre sertlik değerini genel olarak arttırdığı saptanmıştır. 100 ppm oranına çıkıldığında sertliğin artması, 100 ppm enzim oranının aşırı oksidasyona neden olmasından kaynaklanabilir. Dolayısıyla ekmekler fazla kabarmamış ve düşük hacimli sert ekmek elde edilmiştir.

Kim vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada; TG miktarının artması taze ve dondurulmuş ekmekte hacmi azaltıp sertliği arttırdığı ifade edilmiştir.

Ran vd. (2000), buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday unu ve karışımın ekmek kalitesini arttırmak için gluten, amino asit ve hisroksi propil metil selüloz ekleyerek yaptıkları çalışma sonucunda; una eklenen karabuğday yüzdesi arttıkça sertliğin de arttığını belirtmişlerdir.

Uzunkaya ve Ercan (1999) tarafından yapılan bir çalışmada; Bezostaya ve Gerek-79 buğday unlarına farklı oranlarda katılan yulaf unu (%7, %14, %21, %28, %35), tam buğday unu (%5, %10, %15, %20, %25) ve ince kepeğin (%4, %8, %12, %16, %20) hamburger ekmeklerinin; ekmek içi gözenek yapılarını hızla bozduğu ve ekmek içlerini sertleştirmeye başladığı tespit edilmiştir. Denemelerde üretilen ekmeklerin sertlik değerlerindeki artış bu çalışmaya bezer bulunmuştur.

Gluten çapraz bağ sayısının fazlalığı hamurun sert ve zor işlenebilir olmasına neden olur (Demiralp, 1997). Transglutaminazın gluten proteini arasındaki bağları kuvvetlendirdiği göz önüne alınarak 100 ppm enzim ilaveli örneklerin sertlik değerinin enzim etkisinden dolayı arttığı düşünülmüştür.

Depolama boyunca kontrol ekmeklerinde depolama süresi ile doğru orantılı olacak şekilde sertlik değeri artmıştır. Enzimsiz kontrol ekmeği örneklerinde 45. gün depolama sonrasında %272.2 civarı sertlik artışı olurken enzim ilavesi ile bu oran azalmıştır (50 ppm enzim ilavesinde %124.1, 100 ppm enzim ilavesinde %63.7). Kontrol grubuna karabuğday ununun eklenmesi ile yapılan ekmek örneklerinin sertlik değerlerinde ise çok büyük farklılık gözlenmemiştir.

Certel vd., (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmekleri 1, 4, 7 ve 10 gün olarak depolamışlar ve depolama sonucunda yapılan analizlerde sertlik değerinde sadece birinci gün farklılık gördüklerini belirtmişlerdir.

Wang vd., (2006), yeşil çay ekstraktı kullanarak donmuş hamurdan ürettikleri ekmeklerin depolama süresi uzatıldığında sertliğinde arttığını belirtmişlerdir (Certel vd., 2009).

Barcenas vd., (2003) tarafından yapılan bir çalışmada; dondurarak depolama sırasında, dondurularak depolama süresi arttıkça ekmek içi sertliğinin de arttığı belirtilmiştir.

Çizelge 4.12. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin pik kuvveti değerleri (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	1821.40 _{B^{fg}}	2101.9 _{A^{fg}}	1284.0 _{C^h}	1706.7 _{Bⁱ}	1462.8 _{Cⁱ}
Kontrol	50	1097.20 _{D^h}	1414.3 _{C^h}	1641.9 _{B^{fg}}	2351.7 _{A^{gh}}	1753.8 _{B^h}
Kontrol	100	1644.70 _{B^g}	1961.5 _{A^g}	1247.1 _{C^h}	2091.4 _{A^h}	1781.8 _{B^{gh}}
10	0	1948.30 _{BC^{fg}}	2537.0 _{A^e}	1433.4 _{D^{gh}}	2107.3 _{B^h}	1788.1 _{C^{gh}}
10	50	2220.30 _{B^f}	2155.1 _{B^{fg}}	1849.6 _{C^{ef}}	2673.6 _{A^f}	2241.3 _{B^f}
10	100	1995.10 _{BC^{fg}}	2248.3 _{AB^f}	1887.6 _{C^e}	2426.0 _{A^{fg}}	1881.3 _{C^g}
20	0	3414.00 _{A^{cd}}	3146.9 _{AB^d}	2520.2 _{C^c}	3198.3 _{AB^e}	2804.6 _{BC^e}
20	50	3031.30 _{B^{de}}	3091.8 _{B^d}	2414.5 _{C^{cd}}	3328.5 _{A^e}	3045.6 _{B^c}
20	100	2930.80 _{C^e}	3913.8 _{A^c}	2274.0 _{D^d}	3607.5 _{B^d}	2942.4 _{C^d}
30	0	4382.00 _{B^b}	4892.8 _{A^a}	3076.9 _{D^b}	4380.2 _{B^b}	3527.3 _{C^b}
30	50	3710.80 _{B^c}	4335.5 _{A^b}	2983.2 _{C^b}	3880.6 _{B^c}	3534.7 _{B^b}
30	100	4974.30 _{BC^a}	4874.9 _{C^a}	4257.9 _{D^a}	6083.1 _{A^a}	5436.5 _{B^a}

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

Kuvvet değerleri sertlik değerleri ile paralellik göstermiştir. Tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi; 1 ve 15. günlerde pik kuvveti değerini

%10 karabuğday oranı için değiştirmeyen, %20 ve %30 karabuğday oranlarında karabuğday oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. 3, 30, ve 45. günlerde pik kuvveti değerinin karabuğday oranının artışına paralel olarak arttığı saptanmıştır. 50 ppm enzim etkisi, kontrol grubunda ve %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde pik kuvveti değerini azaltmış, %10 ve %20 de bu değeri etkilememiştir. 1. gün en yüksek pik kuvveti değerini 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri göstermiştir.

Çizelge 4.13. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin alan değerleri (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	7902.90 _A ^e	8155.8 _A ^f	4658.4 _B ^h	7167.0 _A ^{ef}	5606.9 _B ^h
Kontrol	50	3864.60 _E ^f	5286.4 _D ^g	6529.5 _C ^g	9786.7 _A ^d	7516.5 _B ^g
Kontrol	100	7334.00 _A ^e	7593.1 _A ^f	4597.0 _C ^h	8430.6 _A ^{de}	7498.6 _A ^g
10	0	8219.10 _B ^e	9642.3 _A ^e	5003.5 _D ^h	8656.3 _B ^{de}	7138.0 _C ^g
10	50	9441.60 _B ^e	8368.6 _{CD} ^f	7435.3 _D ^f	11632 _A ^c	9272.1 _{BC} ^f
10	100	8703.10 _{AB} ^e	9644.3 _A ^e	7338.5 _B ^{fg}	9826.0 _A ^d	7701.2 _B ^g
20	0	16684.00 _A ^c	1348.8 _B ^d	1123.6 _D ^d	12602 _{BC} ^c	12321 _C ^e
20	50	15155.00 _{BC} ^{cd}	1362.0 _{CD} ^d	1168.4 _D ^d	22279 _A ^a	17313 _B ^b
20	100	13587.00 _C ^d	1837.0 _B ^c	1022.7 _D ^e	19287 _A ^b	13653 _C ^d
30	0	22541.00 _B ^a	2679.4 _A ^a	1521.9 _C ^b	18990 _B ^b	14721 _C ^c
30	50	16758.00 _C ^c	2367.6 _A ^b	1347.5 _D ^c	20875 _B ^a	17419 _C ^b
30	100	20022.00 _C ^b	24119.0 _B ^b	20275.5 _C ^a	5942.8 _D ^a	29605 _A ^a

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

Farklı depolama süreleri ile elde edilen ekmeklerin 1. gün alan değerleri incelendiğinde en yüksek alan değerine enzimsiz %30 karabuğdayla yapılan ekmek örneklerinde olduğu görülmüştür. Tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi sertlik ve kuvvet değerlerinde de olduğu gibi %10 oranı için alan değerinde değişim yapmazken; %20 ve %30 oranlarında oran artışına paralel ekmeklerin alan değerlerini arttırmıştır. 50 ppm enzim eklenmesi alan değerlerini 1. gün için kontrol grupta ve %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde

azaltırken; %10 ve %20 karabuğdaylı ekmek örneklerinde ($P>0.01$) değiştirmemiştir. 3. gün için %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri için değiştirmezken; diğer ekmek örneklerinde azaltmıştır. 15. gün için %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri için değiştirmezken; diğer ekmek örneklerinde arttırmış. 30, 45. günlerde 50 ppm enzim ilavesi tüm örnekler için alan değerini arttırmıştır.

Karabuğday ilavesi ekmek içi sertlik değerini arttırırken enzim ilavesi sabit bir artış yada azalış sağlamamıştır. Depolama işlemi özellikle kontrol grubunda sertlikte artışa sebep olmuştur.

4.3.5. Ekmek içi TPA değerleri

Tekstür analiz cihazında 36 mm çaplı silindir prob kullanılarak ekmek içi TPA değerleri olan adhezif yapışkanlık, elastikiyet, kohezif yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik, esneklik, değerleri ölçülmüştür. Denemelerde üretilen yaş mayalı ekmeklerin ekmek içi TPA değerlerinden adhezif yapışkanlık değerleri Çizelge 4.14’de, elastikiyet değerleri Çizelge 4.15’de, kohezif yapışkanlık değerleri Çizelge 4.16’da, sakızımsılık değerleri Çizelge 4.17’de, çiğnenebilirlik değerleri Çizelge 4.18’de, esneklik değerleri Çizelge 4.19’da; ekmek örneklerinin 1, 3, 15, 30 ve 45. gün TPA grafikleri sırasıyla EK E, EK E1, EK E2, EK E3, EK E4’de verilmiştir.

1. gün en düşük adhezif yapışkanlık değerini 50 ppm enzimli %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri ve 100 ppm enzimli %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır. En yüksek değeri ise kontrol grubu ekmek örnekleri göstermiştir. Tip 650 ekmeklik buğday ununa %10 ve %30 oranında karabuğday eklenmesi bu değeri azaltırken; %20 karabuğdaylı örneklerde fark görülmemiştir. 3. gün en düşük değeri enzimsiz %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri, 15. ve 45. gün enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri, 30. gün ise enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri göstermiştir.

Çizelge 4.14. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) adhezif yapışkanlık değerleri (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	-0.52 _A ^a	-9.92 _B ^{bcd}	-6.02 _C ^{ab}	-2.13 _A ^a	-5.38 _B ^a
Kontrol	50	-2.33 _A ^{abc}	-7.32 _{CD} ^{ab}	-9.11 _D ^{bcd}	-4.93 _B ^{ab}	-6.54 _{BC} ^a
Kontrol	100	-1.46 _A ^{ab}	-2.78 _B ^a	-4.37 _C ^a	-6.42 _D ^{bc}	-9.56 _E ^{ab}
10	0	-3.11 _A ^{bc}	-11.94 _B ^{bcd}	-10.07 _B ^{bcd}	-4.66 _A ^{ab}	-5.45 _A ^a
10	50	-4.71 _A ^{cd}	-8.54 _A ^{bc}	-6.77 _A ^{ab}	-5.10 _A ^{ab}	-6.38 _A ^a
10	100	-4.71 _A ^{cd}	-12.01 _B ^{bcd}	-5.82 _A ^{ab}	-4.71 _A ^{ab}	-10.98 _B ^{ab}
20	0	-2.48 _A ^{abc}	-22.05 _{BC} ^f	-11.32 _{AB} ^{cd}	-5.58 _A ^b	-32.57 _C ^c
20	50	-8.16 _A ^e	-17.18 _C ^{ef}	-15.58 _C ^e	-11.79 _B ^d	-17.26 _C ^b
20	100	-6.83 _A ^{de}	-17.88 _C ^{ef}	-7.51 _{AB} ^{abc}	-9.02 _{AB} ^{cd}	-10.96 _B ^{ab}
30	0	-6.43 _A ^{de}	-17.08 _B ^{ef}	-23.95 _B ^f	-15.75 _{AB} ^e	-70.18 _C ^d
30	50	-4.78 _A ^{cd}	-14.32 _B ^{cde}	-11.33 _{AB} ^{cd}	-21.60 _D ^f	-15.99 _{BC} ^b
30	100	-8.22 _A ^e	-15.29 _B ^{de}	-12.11 _B ^{de}	-7.33 _A ^{bc}	-16.33 _B ^b

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

Depolama süresince adhezif yapışkanlık tüm ekmek örneklerinde genel olarak artmıştır.

1. gün elastikiyet değerleri incelendiğinde en yüksek değeri enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmekler gösterirken; tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi elastikiyet değerini %63.36 oranında azaltırken; karabuğdayın miktarının artması bu değeri etkilememiştir. TG ilavesi elastikiyet değerlerinde kontrol örneklerinde %61.45 oranında azalma yaparken; karabuğday eklenmiş ekmek örneklerinde önemli bir ($P>0,01$) değişim göstermemiştir. 3. gün en yüksek elastikiyet değerini 50 ve 100 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri (1 ve 0.96) alırken; diğer ekmek örnekleri arasında büyük bir fark oluşmamıştır. 15, 30 ve 45. günlerde ortak olarak en yüksek elastikiyet değeri 50 ve 100 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmeklerinin aldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.15. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) elastikiyet değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	2.62 _A ^a	0.94 _B ^{bc}	1.00 _B ^a	0.95 _B ^{ab}	0.94 _B ^{ab}
Kontrol	50	1.01 _A ^b	1 _A ^a	1.00 _A ^a	0.98 _B ^a	0.94 _B ^{abc}
Kontrol	100	1.00 _A ^b	0.96 _A ^{ab}	1.00 _A ^a	0.95 _A ^{ab}	0.96 _A ^a
10	0	0.96 _A ^b	0.91 _A ^{bcdef}	0.93 _{Abc}	0.91 _A ^{bcd}	0.92 _A ^{abcd}
10	50	0.94 _A ^b	0.94 _A ^{bcd}	0.92 _{Abcd}	0.92 _A ^{bc}	0.90 _A ^{bcd}
10	100	0.98 _A ^b	0.93 _B ^{bcde}	0.93 _{Bb}	0.92 _B ^{bc}	0.92 _B ^{abcd}
20	0	0.93 _A ^b	0.93 _A ^{bcde}	0.92 _{Abcd}	0.89 _B ^{cde}	0.87 _B ^{de}
20	50	0.94 _A ^b	0.87 _B ^f	0.90 _{ABbcde}	0.85 _B ^e	0.88 _{AB} ^{cd}
20	100	0.94 _A ^b	0.92 _{AB} ^{bcdef}	0.93 _{ABbc}	0.90 _B ^{bcd}	0.91 _{AB} ^{abcd}
30	0	0.90 _A ^b	0.89 _{AB} ^{def}	0.89 _{ABde}	0.86 _{AB} ^{de}	0.83 _B ^e
30	50	0.93 _A ^b	0.88 _A ^{ef}	0.87 _{Ae}	0.89 _A ^{cd}	0.89 _A ^{bcd}
30	100	0.88 _A ^b	0.90 _A ^{cdef}	0.89 _{Acde}	0.90 _A ^{bcd}	0.87 _A ^{de}

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

Depolama sürelerinde elastikiyet değerlerinde önemli bir değişim görülmemiştir.

Ekmek örneklerinin 1. gün kohezif yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek değeri kontrol grubu ekmekleri almıştır. Tip 650 ekmeklik buğday ununa %10 ve %20 oranında karabuğday eklenmesi bu değeri düşürürken; kendi arasında önemli bir fark ($P>0,01$) göstermemiştir. %30 karabuğday eklenmesi ile kohezif yapışkanlık değeri azalmıştır. İç bağların kuvveti hakkında bilgi veren bir değer olan kohezif yapışkanlık değerinin karabuğday oranı artışına bağlı olarak azalmasının karabuğday ilavesi ile gluten ağlarının azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. En düşük değeri 50 ppm ve 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri göstermiştir. 3. ve 15. günlerde tip 650 ekmeklik buğday ununa farklı oranlarda karabuğday unu ilavesi artışına paralel kohezif yapışkanlık değeri önemli oranda azalmıştır.

Çizelge 4.16. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) kohezif yapışkanlık değerleri(g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	0.86 _A ^a	0.75 _B ^{bc}	0.77 _B ^{ab}	0.74 _B ^a	0.76 _B ^a
Kontrol	50	0.85 _A ^a	0.81 _B ^a	0.79 _C ^a	0.71 _E ^b	0.73 _D ^{ab}
Kontrol	100	0.86 _A ^a	0.79 _B ^{ab}	0.75 _C ^{bcd}	0.67 _D ^c	0.72 _C ^{bc}
10	0	0.73 _{AB} ^b	0.70 _C ^{de}	0.75 _A ^{abc}	0.71 _{BC} ^b	0.73 _{AB} ^{ab}
10	50	0.69 _A ^b	0.71 _A ^{cd}	0.72 _A ^d	0.61 _B ^e	0.68 _A ^d
10	100	0.72 _A ^b	0.63 _C ^{fg}	0.73 _A ^{cd}	0.64 _{BC} ^d	0.68 _B ^d
20	0	0.69 _A ^b	0.59 _B ^{gh}	0.68 _A ^e	0.60 _B ^{ef}	0.70 _A ^{cd}
20	50	0.70 _A ^b	0.61 _C ^{Dfg}	0.67 _{AB} ^{ef}	0.59 _D ^f	0.64 _{BC} ^e
20	100	0.68 _A ^{bc}	0.65 _A ^{ef}	0.64 _A ^f	0.50 _C ^h	0.58 _B ^{fg}
30	0	0.64 _A ^c	0.48 _D ^j	0.60 _{AB} ^g	0.53 _C ^g	0.59 _B ^f
30	50	0.53 _{AB} ^d	0.55 _{AB} ^{hi}	0.58 _A ^g	0.51 _B ^{gh}	0.56 _{AB} ^g
30	100	0.55 _{AB} ^d	0.50 _C ^{ij}	0.59 _A ^g	0.45 _D ⁱ	0.53 _{BC} ^h

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

Enzim ilavesi 1. gün ekmeklerinde sadece %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinin değerini azaltırken; diğer ekmek örneklerinde değerinde değişim yapmamıştır. Tüm günlerde ortak olarak en düşük kohezif yapışkanlık değerini 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinin aldığı saptanmıştır.

Kohezif yapışkanlık değeri iç bağların kuvveti hakkında bilgi veren bir değerdir. Karabuğday ilavesi ile ve depolama süresi boyunca kontrol ekmeklerinin kohezif yapışkanlık değeri azalmıştır. Karabuğdaylı ekmek örneklerinde ise bu değer doğru orantılı artış ya da azalış göstermemiştir. Enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılan ekmek örneklerinde 45. gün sonrası kohezif yapışkanlık değeri %11.6 oranında azalma gösterirken; bu una %10 ve % 20

oranında karabuğday ilavesi ile yapılan ekmek örneklerinin 45. gün sonrası kohezif yapışkanlık değerleri sabit kalmıştır. % 30 karabuğday ilavesinde ise bu değerde % 7.8 oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) sakızimsılık (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	434.30 _{C^h}	1427.4 _{A^{cd}}	1110.7 _{B^f}	1097.1 _{B^g}	998.8 _{B^g}
Kontrol	50	697.41 _{D^{gh}}	812.60 _{C^e}	1142.1 _{B^f}	1277.7 _{A^f}	1283.8 _{A^f}
Kontrol	100	926.61 _{C^g}	1346.3 _{AB^{cd}}	1240.4 _{B^f}	1328.9 _{AB^f}	1426.0 _{A^e}
10	0	1267.70 _{B^f}	1565.8 _{A^c}	1130.1 _{B^f}	1289.2 _{B^f}	1302.1 _{B^{ef}}
10	50	1585.30 _{AB^e}	1166.0 _{C^d}	1297.0 _{BC^f}	1565.2 _{AB^e}	1720.3 _{A^d}
10	100	1246.40 _{A^f}	1332.9 _{A^{cd}}	11689 _{A^f}	1333.2 _{A^f}	1319.7 _{A^{ef}}
20	0	2121.40 _{A^{cd}}	2062.7 _{A^{ab}}	1879.3 _{A^{cd}}	2232.7 _{A^c}	1981.3 _{A^c}
20	50	2316.60 _{AB^{bc}}	1922.8 _{BC^b}	1756.1 _{C^{de}}	2453.6 _{A^b}	2071.0 _{ABC^c}
20	100	1900.50 _{AB^{de}}	1938.6 _{A^b}	1587.9 _{C^e}	1776.0 _{B^d}	1629.2 _{C^d}
30	0	2965.80 _{A^a}	2286.8 _{B^a}	2257.9 _{B^b}	2471.0 _{B^b}	2254.5 _{B^b}
30	50	1839.90 _{B^{de}}	2246.0 _{A^{ab}}	2024.6 _{AB^c}	2171.0 _{A^c}	2047.8 _{AB^c}
30	100	2533.20 _{B^b}	2355.0 _{B^a}	2841.9 _{A^a}	2745.5 _{A^a}	2847.7 _{A^a}

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

1, 30 ve 45. gün sakızimsılık değerleri incelendiğinde tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğdayın eklenen oranı ile doğru orantılı olarak sakızimsılık değeri artmıştır. 3. gün kontrol grup ve %10 karabuğdaylı ekmek örnekleri arasında önemli bir fark ($P>0,01$) görünmezken karabuğday oranının artması bu değeri arttırmış fakat %20 ve %30 oranları arasında fark yaratmamıştır. 15. gün kontrol grup ve %10 karabuğdaylı ekmek örnekleri arasında önemli bir fark görünmezken, %20 ve %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde karabuğday oranlarının artışına paralel olarak sakızimsılık değeri artmıştır. 1. gün en yüksek sakızimsılık değerini enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri verirken; en düşük değeri enzimsiz ve 50 ppm 650 ekmeklik buğday unu ile yapılan ekmek

örnekleri göstermiştir. 3, 15, 30 ve 45. günlerde en yüksek değeri ortak olarak 100 ppm enzimli %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinin aldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) çıgnenebilirlik değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	1133.60 _A ^{efg}	1134.2 _A ^{fgh}	861.89 _A ^e	1027.0 _A ^f	970.55 _A ^f
Kontrol	50	744.41 _D ^g	863.85 _C ^h	1081.0 _B ^{de}	1231.9 _A ^d	1234.4 _A ^d
Kontrol	100	1037.30 _B ^{fg}	1326.2 _A ^{efg}	1144.4 _{AB} ^d	1047.3 _B ^{ef}	1046.9 _B ^{ef}
10	0	1241.60 _{AB} ^{ef}	1386.8 _A ^{def}	1123.3 _B ^d	1205.6 _{AB} ^{de}	1199.6 _{AB} ^{de}
10	50	1519.50 _{AB} ^{de}	1002.0 _C ^{gh}	1205.9 _{BC} ^d	1384.3 _{AB} ^d	1574.4 _A ^c
10	100	1203.40 _A ^{ef}	1265.9 _A ^{fg}	1188.8 _A ^d	1300.1 _A ^d	1260.5 _A ^d
20	0	2157.30 _A ^{bc}	1845.9 _{BC} ^{abc}	1683.1 _C ^c	1958.6 _{AB} ^b	1866.3 _{BC} ^b
20	50	2262.60 _A ^{ab}	1740.3 _{BC} ^{bcd}	1549.8 _C ^c	2047.3 _{AB} ^b	1855.8 _{BC} ^b
20	100	1781.10 _A ^{cd}	1639.6 _{AB} ^{cde}	1471.4 _B ^c	1615.2 _{AB} ^c	1500.7 _B ^c
30	0	2667.30 _A ^a	2193.8 _B ^a	1970.7 _B ^b	1966.1 _B ^b	1838.9 _B ^b
30	50	2358.40 _A ^{ab}	1850.8 _{AB} ^{abc}	1637.4 _B ^c	1910.4 _{AB} ^b	1860.2 _{AB} ^b
30	100	2332.60 _B ^{ab}	2054.9 _C ^{ab}	2435.2 _{AB} ^a	2507.7 _A ^a	2565.7 _A ^a

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

1 ve 3. gün analizlerinde çıgnenebilirlik değeri, tip 650 ekmeklik buğday ununa %10 karabuğday eklenmesi ile değişmezken; %20 ve %30 oranlarında oran artışına bağlı olarak çıgnenebilirlik değeri artmıştır. 50 ppm ve 100 ppm enzim ilaveli ekmek örnekleri ile enzimsiz ekmek örnekleri arasında önemli bir fark ($P>0.01$) görülmemiştir. 15. gün analizlerinde çıgnenebilirlik değeri, tip 650 ekmeklik buğday ununa eklenen karabuğday oranı ile doğru orantılı olacak şekilde artış göstermiştir. 30 ve 45. günlerde ise tip 650 ekmeklik buğday ununa eklenen %10 ve %20 oranlarında karabuğday artışına bağlı olarak çıgnenebilirlik değeri artarken %30 oranında eklenen karabuğdaylı ekmek örnekleri ile %20 oranında eklenen karabuğdaylı ekmek örnekleri arasında önemli bir fark ($P>0.01$) görülmemiştir. Genel olarak %20 ve daha fazla

oranlarda karabuğday oranlarında çİğnenebilirliğin karabuğdaysız ekmek örneklerine göre daha zor olduğu söylenebilir.

Enzimsiz kontrol grubu ve % 10 karabuğdağlı ekmek örneklerinde çİğnenebilirlik değeri depolama süreleri boyunca değışmemiştir. Enzimsiz %30 karabuğdaylı örneklerde ise 3. günden itibaren azalmıştır.

Çizelge 4.19. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (TPA) esneklik değeri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	0.57 _A ^a	0.37 _D ^b	0.42 _B ^b	0.41 _{BC} ^a	0.39 _{CD} ^b
Kontrol	50	0.56 _A ^a	0.46 _B ^a	0.43 _{BC} ^b	0.35 _D ^{bc}	0.39 _{CD} ^b
Kontrol	100	0.43 _B ^b	0.36 _D ^b	0.48 _A ^a	0.39 _C ^{ab}	0.43 _B ^a
10	0	0.34 _A ^{cd}	0.31 _A ^{cd}	0.37 _A ^c	0.32 _A ^{cd}	0.34 _A ^c
10	50	0.37 _A ^c	0.33 _B ^{bc}	0.33 _B ^d	0.25 _C ^{efg}	0.31 _B ^d
10	100	0.35 _A ^c	0.28 _B ^{de}	0.34 _A ^{cd}	0.28 _B ^{de}	0.31 _{AB} ^d
20	0	0.30 _A ^{de}	0.24 _B ^{ef}	0.30 _A ^e	0.27 _{AB} ^{ef}	0.29 _A ^d
20	50	0.33 _A ^{cd}	0.22 _D ^{fg}	0.28 _B ^e	0.23 _C ^{d fgh}	0.24 _C ^e
20	100	0.29 _A ^{de}	0.21 _{BC} ^{fg}	0.28 _A ^e	0.19 _C ^{hi}	0.22 _B ^e
30	0	0.28 _A ^e	0.20 _B ^{fg}	0.23 _B ^{fg}	0.21 _B ^{ghi}	0.21 _B ^{ef}
30	50	0.23 _A ^f	0.19 _B ^g	0.24 _A ^f	0.18 _B ⁱ	0.23 _A ^e
30	100	0.22 _A ^f	0.20 _A ^{fg}	0.22 _A ^g	0.18 _A ⁱ	0.18 _A ^f

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

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

1. gün esneklik değeri incelendiğinde en yüksek esneklik değeri enzimsiz ve 50 ppm enzimli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri alırken; en düşük değeri 50 ve 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır. Kontrol örneklerine karabuğday ilavesinin %10, 20 ve 30 oranlarında eklenmesi esneklik değeri sırasıyla %40.35, %47.36 ve %50.88 oranlarında düşürürken; %10 ve %20 karabuğdaylı örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark (P>0.01) görülmemiştir. 50 ppm enzim eklenmesi

%30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde bu değerin azalmasına sebep olmuş fakat diğer ekmek örneklerinde önemli bir fark ($P>0.01$) yapmamıştır. 100 ppm enzim eklenmesi enzimsiz un örneklerinden yapılmış ekmeklere göre kontrol grupta ve %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde düşüş yaparken; diğer ekmek örneklerinde fark yapmamıştır. 3. gün tip 650 ekmeklik buğday ununa %10 ve %20 oranında karabuğday eklenmesi esneklik değerini azaltırken, %30 ve %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri arasında fark görülmemiştir. 15, 30 ve 45. günlerde ise karabuğday oranının artmasına paralel olarak esneklik değeri azalmıştır. Esnekliğin azalmasının nedeninin gluten ağının azalmasına bağlı olduğu ve ekmek içinin ufalanabilir yapısını arttırdığı düşünülmüştür.

Ran vd. (2000), buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday unu ve karışımın ekmek kalitesini arttırmak için gluten, amino asit ve HPMC ekleyerek yaptıkları çalışma sonucunda una eklenen karabuğday yüzdesi arttıkça ekmek esnekliğinin azaldığını belirtmişlerdir. Denemelerde üretilen ekmeklerin esneklik değerlerindeki azalma bu çalışmaya benzerdir.

Depolama süresi, ekmek örneklerinde esneklik değerini genel olarak 3. günden itibaren azaltmıştır. 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde ise bu değer depolama boyunca sabit kalmıştır.

4.4. Ekşi Mayalı Ekmek Örneklerinde Yapılan Ekmek Analizleri

4.4.1. Ekmek hacmi, verimi ve pişme kaybı değerleri

Denemelerde üretilen ekşi mayalı ekmeklerin ekmek hacmi Çizelge 4.20’de, ekmek verimi Çizelge 4.21’de, pişme kaybı Çizelge 4.22’de verilmiştir.

1. gün örneklerinde tip 650 ekmeklik buğday ununa %10, 20, ve 30 oranlarında karabuğday eklenmesi ekmek hacmini sırasıyla %15.83, %31.34, %40.96 oranında olmak üzere önemli derecede ($P<0.01$) azaltmıştır. Ekmek örneklerine 50 ppm enzim ilavesi tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneklerinin hacmini değiştirmezken; diğer ekmek örneklerinde hacmi önemli derecede ($P<0.01$) azaltmıştır.

Çizelge 4.20. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin hacmi (cm³)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	520.67 ^{Aa}	437.33 ^{Bc}	423.67 ^{Cb}	420.00 ^{Ca}	385.67 ^{Db}
Kontrol	50	511.67 ^{Aa}	480.33 ^{Ba}	446.67 ^{Ca}	414.67 ^{Da}	415.00 ^{Da}
Kontrol	100	486.67 ^{Ab}	447.67 ^{Bb}	392.00 ^{Cc}	372.67 ^{Cb}	394.33 ^{Cb}
10	0	437.67 ^{Ac}	405.33 ^{Bd}	374.33 ^{Cd}	370.33 ^{Cb}	360.67 ^{Cc}
10	50	386.53 ^{Ad}	374.67 ^{Be}	350.33 ^{Ce}	315.67 ^{Dc}	298.67 ^{Dde}
10	100	370.00 ^{Ad}	356.67 ^{Bf}	356.00 ^{Be}	337.33 ^{Cc}	317.00 ^{Cd}
20	0	357.10 ^{Ad}	331.00 ^{Bh}	320.00 ^{Bf}	309.67 ^{Ccd}	292.00 ^{Cde}
20	50	346.67 ^{Ae}	345.67 ^{Ag}	313.00 ^{Bg}	308.33 ^{Bd}	285.67 ^{Ce}
20	100	320.67 ^{Af}	313.33 ^{Bi}	306.00 ^{Bg}	274.67 ^{Cef}	268.00 ^{Df}
30	0	307.67 ^{Ah}	303.00 ^{Ai}	298.33 ^{Ah}	290.67 ^{Ae}	270.00 ^{Bf}
30	50	302.33 ^{Al}	280.33 ^{Bi}	273.33 ^{Bi}	286.67 ^{Cf}	266.67 ^{Cf}
30	100	288.33 ^{Al}	260.33 ^{Bk}	256.33 ^{Bi}	251.67 ^{Cdg}	248.67 ^{Dg}

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

100 ppm enzim ilavesi ise tüm ekmek örneklerinde hacmi azaltmıştır. Tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi tüm günlerde ekmek örneklerinin hacmini karabuğday oranına bağlı olarak azaltmıştır. 50 ppm enzim ilavesi genel olarak hacmi azaltmıştır.

Depolama süresi ekmek hacmini 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 günlük depolama sonunda en yüksek ekmek hacmini 50 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri alırken, en düşük hacim değerini %30 karabuğdaylı 100 ppm enzim ilaveli ekmek örnekleri almıştır.

Ekşi mayalı ekmek hacimlerinin yaş mayalı ekmek hacimlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Ekmek yapımında ekşi maya teknolojisinin incelendiği bir çalışmada; ekşi mayanın ekmek yapımında kullanılmasının ekmeğin duyuşal, besinsel özelliklerini ekmek hacmini ekmek iç yapısını ve depolama özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (Moroni vd., 2009).

Novotni vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada ekmek hamuruna ekşi maya ilavesinin glisemik indeksi azalttığı, dondurulmuş ekmeğin kalite parametrelerini olumlu etkilediği, ekşi maya ilavesiyle spesifik hacmi arttırdığı ve ekmek içi sertliğini azalttığı belirtilmiştir.

Çizelge 4.21. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin verimi(g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	136.59 ^f	143.04 ^{bcd}	149.65 ^a	144.76 ^a	151.44 ^a
Kontrol	50	138.08 ^{def}	140.09 ^{fg}	146.77 ^b	143.33 ^{ab}	145.35 ^{bc}
Kontrol	100	142.19 ^a	142.01 ^{def}	143.46 ^{cd}	139.27 ^{cd}	142.96 ^{de}
10	0	137.71 ^{ef}	139.71 ^g	146.31 ^b	138.94 ^{cd}	146.15 ^b
10	50	134.25 ^g	142.53 ^{de}	142.14 ^d	136.81 ^{de}	141.07 ^e
10	100	140.70 ^{abc}	144.67 ^{bc}	147.22 ^b	137.16 ^d	142.84 ^{de}
20	0	139.48 ^{cd}	142.69 ^{cde}	146.14 ^b	141.27 ^{bc}	146.04 ^b
20	50	140.74 ^{abc}	143.15 ^{bcd}	142.58 ^d	138.72 ^{cd}	141.67 ^{de}
20	100	141.31 ^{ab}	144.95 ^b	144.09 ^c	136.64 ^{de}	142.03 ^{de}
30	0	138.19 ^{de}	140.89 ^{efg}	139.43 ^e	134.51 ^e	140.90 ^e
30	50	139.79 ^{bc}	147.58 ^a	146.90 ^b	141.03 ^{bc}	145.27 ^{bc}
30	100	139.48 ^{cd}	143.32 ^{bcd}	144.31 ^c	137.81 ^d	143.34 ^{cd}

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

1. gün; en düşük ekmek verim değerine, 50 ppm ilaveli %10 karabuğdaylı ekmek örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. 100 ppm TG ilavesinin, tip 650 ekmeklik buğday ununa, %10 ve 20 karabuğdaylı ekmek unlarına ilave edilmesi ile üretilen ekmek örneklerinde ekmek verimini önemli derecede ($P<0.01$) arttırırken, %30 karabuğdaylı ekmek örneğinde 100 ppm enzim ilavesinin

ekmek verim değerine önemli derecede ($P>0.01$) etki etmediği görülmüştür. 3. gün; en yüksek ekmek verim değerine, 50 ppm %20 karabuğdaylı ekmek örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. 15, 30 ve 45. günlerde; ortak olarak en yüksek ekmek verim değerini enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unu örneğinden yapılan ekmek örneğinin aldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.22. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin pişme kaybı (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	26.24 ^a	20.96 ^{def}	13.18 ^e	18.08 ^e	11.39 ^d
Kontrol	50	25.59 ^a	23.91 ^{bc}	16.89 ^{abc}	12.22 ^f	18.31 ^a
Kontrol	100	18.81 ^{ef}	22.99 ^{bcd}	17.54 ^{ab}	21.73 ^{abc}	18.04 ^a
10	0	22.29 ^b	24.62 ^b	13.68 ^e	21.06 ^{bcd}	13.85 ^c
10	50	22.08 ^{bc}	22.14 ^{cde}	14.19 ^e	19.53 ^{cde}	15.27 ^{bc}
10	100	20.30 ^{de}	19.99 ^{ef}	13.78 ^e	23.84 ^a	18.16 ^a
20	0	20.52 ^{cde}	30.31 ^a	13.86 ^e	18.73 ^{de}	13.96 ^c
20	50	18.93 ^{ef}	20.52 ^{ef}	17.09 ^{ab}	20.94 ^{bcd}	18.00 ^a
20	100	17.36 ^f	19.05 ^f	14.57 ^{de}	22.02 ^{abc}	16.63 ^{ab}
30	0	19.81 ^{de}	22.11 ^{cde}	18.57 ^a	23.49 ^{ab}	17.10 ^{ab}
30	50	22.21 ^{bc}	15.75 ^g	15.10 ^{cde}	20.97 ^{bcd}	16.73 ^{ab}
30	100	21.19 ^{bcd}	20.68 ^{def}	16.36 ^{bcd}	22.85 ^{ab}	17.33 ^{ab}

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

Ekmeklerin pişme kaybı değerine bakıldığında 1. gün ekmeklerinde en fazla değeri enzimsiz tip 650 ve 50 ppm enzimli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri almıştır. 3. gün ekmeklerinde en fazla pişme kaybı değerini enzimsiz %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri alırken, 15. gün ekmeklerinde ekmek örnekleri arasında önemli derecede ($P>0.01$) fark görülmezken, 30 ve 45. gün ekmeklerinde en az değeri enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri almıştır.

4.4.2. Ekmek örneklerinde en, boy ve yükseklik değerleri

Denemelerde üretilen ekşi mayalı ekmeklerin en değerleri Çizelge 4.23'de, boy değerleri Çizelge 4.24'de, yükseklik değerleri Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Tip650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin en değerleri (mm)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	71.67 ^a	69.18 ^{ab}	68.13 ^{ab}	68.36 ^c	68.33 ^{bc}
Kontrol	50	72.07 ^a	69.53 ^a	70.19 ^a	69.46 ^a	69.84 ^a
Kontrol	100	71.58 ^a	69.80 ^a	70.29 ^a	69.19 ^a	67.18 ^d
10	0	71.65 ^a	67.76 ^{abc}	70.18 ^a	69.12 ^{ab}	68.97 ^{ab}
10	50	71.24 ^{ab}	69.08 ^{ab}	69.21 ^a	68.16 ^c	67.99 ^{bcd}
10	100	70.71 ^{abc}	69.05 ^{ab}	69.49 ^a	68.44 ^{bc}	68.32 ^{bc}
20	0	68.97 ^{cd}	68.49 ^{abc}	67.60 ^{ab}	66.60 ^{ef}	67.42 ^{cd}
20	50	70.12 ^{abcd}	68.02 ^{abc}	69.13 ^a	67.76 ^{cd}	67.66 ^{cd}
20	100	68.66 ^{cd}	68.15 ^{abc}	67.89 ^{ab}	67.20 ^{de}	67.34 ^{cd}
30	0	68.54 ^{cd}	65.37 ^c	62.58 ^c	67.74 ^{cd}	67.53 ^{cd}
30	50	69.41 ^{bcd}	66.58 ^{abc}	68.27 ^{ab}	66.83 ^{ef}	67.45 ^{cd}
30	100	68.24 ^d	66.17 ^{bc}	65.38 ^{bc}	66.41 ^f	65.48 ^e

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

Analizlerde üretilen ekmeklerin en değerleri incelendiğinde 1. 3. ve 15. günlerde günler içinde en değerleri bakımından büyük farklılıklar görülmemektedir. 30. gün ekmek değerleri incelendiğinde en düşük en değerinin 50 ve 100 ppm TG içeren %30 karabuğdaylı örnekde olduğu, 45. gün de ise 100 ppm enzim içeren %30 karabuğdaylı örnekde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.24. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin boy değerleri (mm)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	131.13 ^a	127.42 ^a	126.17 ^{ab}	125.33 ^a	125.36 ^{ab}
Kontrol	50	130.71 ^a	127.75 ^a	126.65 ^a	125.08 ^{ab}	125.98 ^a
Kontrol	100	131.44 ^a	127.94 ^a	126.62 ^a	124.48 ^{abcd}	123.94 ^e
10	0	129.64 ^a	126.89 ^{ab}	125.74 ^{bc}	124.83 ^{abc}	125.56 ^{ab}
10	50	128.64 ^a	126.74 ^{abc}	125.43 ^{bcd}	124.32 ^{bcde}	124.67 ^{cd}
10	100	128.90 ^a	127.44 ^a	125.32 ^{cde}	125.13 ^{ab}	124.48 ^{cde}
20	0	127.37 ^a	125.29 ^{cd}	124.50 ^e	124.21 ^{bcde}	124.47 ^{cde}
20	50	127.66 ^a	125.16 ^d	125.09 ^{cde}	123.75 ^{de}	124.07 ^{de}
20	100	126.93 ^a	125.66 ^{bcd}	124.99 ^{cde}	124.12 ^{cde}	124.57 ^{cde}
30	0	126.92 ^a	123.45 ^e	124.53 ^e	124.58 ^{abcd}	124.93 ^{bc}
30	50	126.99 ^a	124.13 ^{de}	125.51 ^{bcd}	124.66 ^{abcd}	125.07 ^{bc}
30	100	126.25 ^a	124.27 ^{de}	124.74 ^{de}	123.54 ^e	124.66 ^{cd}

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

Boy değerleri incelendiğinde 1. gün ekmek örnekleri arasında herhangi bir fark görülmezken diğer günlerde oluşan farkın dondurulmuş depolamada kaybedilen su değeri sonucu olduğu olabileceği gibi depolamaya bağlı maya gücünün azalması ve karabuğday miktarı doğrultusunda azalan gluten miktarı ile hamurun yapısal olarak zarar görmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Yükseklik değerleri incelendiğinde günler arasında genel olarak en yüksek yükseklik değerini tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılan ekmek örnekleri verirken; en düşük değeri %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri vermiştir. Yükseklik değerinin kontrol grubu ekmek örneklerinde daha fazla olması karabuğday ilavesi ile azalan gluten miktarının diğer ekmek örneklerinde ekmek hacmini olumsuz etkilemesinden kaynaklandığını düşündürmüştür.

Çizelge 4.25. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin yükseklik değerleri (mm)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	57.69 ^a	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	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 ^e	46.27 ^{bc}
10	100	51.23 ^b	50.47 ^b	48.63 ^{cd}	49.52 ^d	48.40 ^b
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 ^{fgh}	43.50 ^d
20	100	43.71 ^{cd}	45.09 ^c	45.88 ^e	44.81 ^{fg}	44.27 ^{cd}
30	0	38.66 ^d	37.75 ^d	43.91 ^f	42.48 ⁱ	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.

4.4.3. Ekmek içi gözenek yapısı değerleri

Denemelerde üretilen ekşi mayalı ekmeklerin Dallman gözenek skalasına göre değerleri Çizelge 4.26'da, ekmek içi gözenek yapıları ekmek içi gözenek yapıları 1. gün resimleri EK C'de, 3. gün resimleri EK C1'de, 15. gün resimleri EK C2'de, 30. gün resimleri EK C3'de, 45. gün resimleri EK C4'de verilmiştir.

Buğday unu ve bu una farklı oranlarda eklenen karabuğday ve TG ile oluşturulmuş un karışımlarından elde edilen ekmeklerin Dallman gözenek skalasına göre en düşük değere enzimsiz %10 karabuğdaylı ve 50 ppm enzimli ekmek örnekleri sahip olmuştur. %10 oranında karabuğdayın eklenmesi gözenek yapısını bozmuştur.

Çizelge 4.26. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin Dallman gözenek skalası değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	7.33 ^b	7.00 ^b	7.00 ^b	7.00 ^b	7.00 ^b
Kontrol	50	8.66 ^a	8.00 ^a	8.66 ^a	8.33 ^a	8.33 ^a
Kontrol	100	8.66 ^a	7.66 ^{ab}	7.00 ^b	7.00 ^b	7.00 ^b
10	0	5.32 ^d	5.00 ^d	5.00 ^d	5.00 ^d	4.00 ^e
10	50	5.33 ^d	6.66 ^c	6.00 ^c	5.00 ^d	5.00 ^d
10	100	6.00 ^c	5.00 ^d	5.66 ^{cd}	6.00 ^c	5.00 ^d
20	0	7.33 ^b	7.00 ^b	7.00 ^b	7.00 ^b	6.00 ^c
20	50	7.66 ^b	7.66 ^{ab}	6.00 ^c	7.00 ^b	6.00 ^c
20	100	6.33 ^{bc}	6.33 ^c	7.00 ^b	6.00 ^c	7.33 ^b
30	0	8.33 ^a	7.00 ^b	7.00 ^b	6.66 ^{bc}	6.66 ^c
30	50	8.66 ^a	7.66 ^{ab}	7.00 ^b	7.00 ^b	6.66 ^c
30	100	8.66 ^b	7.00 ^b	8.00 ^a	7.00 ^b	8.00 ^a

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

% 20 ve 30 oranlarında karabuğday eklenmesi ile kontrol ekmeklerine yakın ve daha iyi gözenek yapısının elde edilmesi karabuğday ununun oranının artmasına bağlı olarak hacmi azaltıp sıkı bir yapı oluşturmamasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

4.4.4. Ekmek içi sertlik değerleri

Denemelerde üretilen ekşi mayalı ekmeklerin ekmek içi sertlik değerleri Çizelge 4.27’de, pik kuvveti değerleri Çizelge 4.28’de, alan değerleri Çizelge 4.29’da, ekmek içi sertlik grafikleri; 1. gün grafikleri EK D’de, 3. gün grafikleri EK D1’de, 15. gün grafikleri EK D2’de, 30. gün grafikleri EK D3’de, 45. gün grafikleri EK D4’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin sertlik değerleri (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	45. gün	30. gün
Kontrol	0	1178.30 _{B^f}	1406.40 _{A^h}	722.06 _{Cⁱ}	754.22 _{C^h}	1214.10 _{B^j}
Kontrol	50	715.12 _{B^g}	1067.60 _{Aⁱ}	499.84 _{C^j}	554.32 _{Cⁱ}	1101.10 _{A^j}
Kontrol	100	933.59 _{C^{fg}}	750.18 _{D^j}	503.39 _{E^j}	1267.50 _{B^g}	1991.80 _{Aⁱ}
10	0	1797.10 _{C^e}	1993.10 _{B^f}	1109.50 _{E^h}	1646.00 _{D^f}	2761.00 _{A^h}
10	50	1908.40 _{B^e}	1626.80 _{C^g}	1420.50 _{E^g}	1528.70 _{D^f}	3462.00 _{A^f}
10	100	2071.30 _{B^e}	1558.90 _{C^{gh}}	1142.10 _{D^h}	1646.40 _{C^f}	3083.50 _{A^g}
20	0	3456.90 _{A^a}	3117.50 _{A^d}	1525.30 _{C^f}	2278.50 _{B^e}	3037.30 _{A^g}
20	50	2028.30 _{C^e}	2521.90 _{B^e}	1973.20 _{C^e}	2517.60 _{D^d}	4020.80 _{A^e}
20	100	2611.20 _{C^d}	2578.40 _{C^e}	2431.10 _{C^c}	2886.60 _{B^c}	5179.50 _{A^c}
30	0	3346.80 _{C^{ab}}	4995.40 _{B^a}	2933.80 _{D^a}	3542.40 _{C^b}	5606.40 _{A^b}
30	50	3042.50 _{B^{bc}}	3303.60 _{B^c}	2272.00 _{D^d}	2643.00 _{C^d}	4667.50 _{A^d}
30	100	2805.60 _{C^{cd}}	4211.90 _{B^b}	2738.00 _{C^b}	4290.60 _{B^a}	6083.00 _{A^a}

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

Sertlik değerleri incelendiğinde 1. gün için tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi sertlik değerini %10 ve %20 karabuğday oranlarında karabuğday oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinin sertlik değeri %20 karabuğdaylı ekmek örneklerinin sertlik değeri arasında önemli ($P>0.01$) bir fark bulunmamıştır. Diğer günlerde tip 650 ekmeklik buğday ununa %10, 20 ve 30 oranında karabuğday eklenmesi sertlik değerini karabuğday oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. Bu artışın gluten ağlarının zayıflaması ve ekmek hacminde meydana gelen azalmayla ilgili olabileceği düşünülmüştür.

Ran vd. (2000), buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday unu ve karışımın ekmek kalitesini arttırmak için gluten, amino asit ve HPMC ekleyerek yaptıkları çalışma sonucunda una eklenen karabuğday yüzdesi arttıkça ekmek ağırlığı ve sertliği artarken hacminin, esnekliğinin ve yapışkanlığının azaldığını belirtmişlerdir.

1, 3 ve 15. günler arasında ortak olarak sertlik değeri en fazla olan örnek, enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örneği iken 30 ve 45. günlerde 100 ppm enzimli %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri en fazla değeri almıştır. 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 tüm ekmek örneklerinde sertlik değerini azaltmıştır. 30 ve 45. günlerde un örneklerine 100 ppm enzim ilavesi ise tüm ekmek örneklerinin enzimsiz örneklerine göre sertlik değerini arttırdığı saptanmıştır.

Depolama süresine bağlı olarak sertlik değeri sabit bir değişim göstermemesine rağmen, genel olarak en yüksek sertlik değerinin 45 günlük depolama sonundaki ekmek örneklerinde olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.28. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin pik kuvveti değerleri (g)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	1820.20 _{B^f}	2030.80 _{A^f}	1056.40 _{D^f}	1628.20 _{C^h}	1156.60 _{D^h}
Kontrol	50	914.23 _{C^h}	1437.30 _{B^g}	789.94 _{D^g}	1552.60 _{A^h}	910.79 _{Cⁱ}
Kontrol	100	1234.80 _{C^g}	1335.80 _{B^{C^g}}	942.32 _{D^{fg}}	2700.60 _{A^g}	1602.60 _{B^g}
10	0	2448.40 _{C^{de}}	2718.30 _{B^e}	1671.60 _{E^e}	3399.50 _{A^f}	2246.60 _{D^f}
10	50	2282.80 _{B^e}	2096.90 _{B^f}	2149.60 _{D^d}	3891.30 _{A^e}	2253.20 _{B^f}
10	100	2629.10 _{B^d}	2077.30 _{C^f}	1629.40 _{D^e}	3275.10 _{A^f}	2328.80 _{C^f}
20	0	4350.80 _{A^a}	2885.50 _{C^{de}}	2161.20 _{D^d}	3782.70 _{B^e}	3061.60 _{C^e}
20	50	2521.00 _{D^d}	3074.40 _{B^d}	2858.80 _{C^c}	4861.90 _{A^d}	3129.30 _{B^e}
20	100	3448.70 _{B^c}	2884.90 _{C^{de}}	3017.80 _{C^c}	5418.10 _{A^c}	3603.50 _{B^c}
30	0	3532.60 _{D^{bc}}	5184.80 _{B^a}	3479.00 _{D^b}	5851.40 _{A^b}	4241.30 _{C^b}
30	50	3521.60 _{B^{bc}}	3479.60 _{B^c}	2934.90 _{C^c}	4938.20 _{A^d}	3459.70 _{B^d}
30	100	3709.40 _{C^{D^b}}	3854.80 _{C^b}	3673.60 _{D^a}	6083.00 _{A^a}	4575.70 _{B^a}

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

Tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi 15, 30 ve 45. günlerde pik kuvveti değerini %10, %20 ve %30 karabuğday oranlarında karabuğday oranının artmasına bağlı olarak arttırmıştır. 1. gün en yüksek pik kuvveti değerini enzimsiz %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri, 3. gün en yüksek pik kuvveti değerini enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri, 15, 30 ve 45. gün en yüksek pik kuvveti değerini 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinin aldığı saptanmıştır.

Depolama boyunca pik kuvveti değerleri ekmek örneklerinde sabit bir artış ya da azalış göstermemiştir.

Çizelge 4.29. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin alan değerleri (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	6536.90 _{B^f}	8025.40 _{A^f}	4563.40 _{C^h}	6816.60 _{B^g}	4424.00 _{Cⁱ}
Kontrol	50	3975.90 _{B^g}	6272.60 _{A^g}	2455.90 _{C^j}	5656.10 _{A^h}	3790.70 _{Bⁱ}
Kontrol	100	5458.70 _{B^{fg}}	4150.60 _{C^h}	3430.10 _{Cⁱ}	8254.90 _{A^f}	6379.00 _{B^h}
10	0	9058.80 _{C^e}	11338.00 _{B^e}	5885.90 _{D^g}	15188.00 _{A^e}	9457.40 _{C^f}
10	50	10778.00 _{B^{de}}	8834.10 _{C^f}	7748.70 _{C^f}	17334.00 _{A^d}	8284.90 _{C^g}
10	100	11893.00 _{B^d}	6517.00 _{D^g}	6278.20 _{D^g}	15694.00 _{A^e}	9794.60 _{C^{ef}}
20	0	22160.00 _{A^a}	13779.00 _{C^d}	8552.00 _{E^e}	18246.00 _{B^d}	10673.00 _{D^e}
20	50	11712.00 _{D^d}	14736.00 _{C^d}	10685.00 _{E^d}	22737.00 _{A^c}	17675.00 _{B^c}
20	100	16126.00 _{B^{bc}}	14526.00 _{B^d}	11955.00 _{C^c}	31206.00 _{A^a}	15479.00 _{B^d}
30	0	17291.00 _{D^b}	26881.00 _{B^a}	16483.00 _{D^a}	29443.00 _{A^b}	19241.00 _{C^b}
30	50	14632.00 _{C^c}	17226.00 _{B^c}	12602.00 _{D^b}	23541.00 _{A^c}	15540.00 _{C^d}
30	100	15132.00 _{C^c}	24334.00 _{B^b}	16061.00 _{C^a}	4736.40 _{D^h}	25902.00 _{A^a}

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

Farklı depolama süreleri ile elde edilen ekmeklerin 1. gün alan değerleri incelendiğinde en yüksek alan değerine enzimsiz %20 karabuğdayla yapılan ekmek örneklerinin aldığı görülmüştür. 50 ppm enzim eklenmesi alan değerlerini 1. gün için %10 karabuğdaylı ekmek örneklerinde ($P>0.01$) değişim yapmazken, kontrol grupta ve %20 ve %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde

($P<0.01$) önemli oranda azalma yapmıştır. 3. gün için %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri için değiştirmezken; diğer ekmek örneklerinde azaltmıştır. 15. gün için %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri için alan değeri artarken, diğer ekmek örneklerinde azalmıştır. 30, 45. günlerde 50 ppm enzim ilavesi tüm örnekler için alan değerini arttırmıştır. 1. gün ekmeklerinde 100 ppm enzim ilavesi 50 ppm enzim ilavesine göre %20 karabuğdaylı ekmeklerde alan değerini arttırırken diğer ekmek örneklerinde önemli ($P>0.01$) bir değişim yapmamıştır.

4.4.5. Ekmek içi TPA değerleri

Denemelerde üretilen ekşi mayalı ekmeklerin ekmek içi TPA değerlerinden adhezif yapışkanlık değerleri Çizelge 4.30'da, elastikiyet değerleri Çizelge 4.31'de, kohezif yapışkanlık değerleri Çizelge 4.32'de, sakızimsılık değerleri Çizelge 4.33'de, çiğnenabilirlik değerleri Çizelge 4.34'de, esneklik değerleri Çizelge 4.35'de ekmek içi 1. gün TPA grafikleri EK E'de, ekmek içi 3. gün TPA grafikleri EK E1'de, ekmek içi 15. gün TPA grafikleri EK E2'de, ekmek içi 30. gün TPA grafikleri EK E3'de, ekmek içi 45. gün TPA grafikleri EK E4'de verilmiştir.

1. gün en düşük adhezif yapışkanlık değerini 50 ppm enzimli %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri ve enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri alırken en yüksek değeri enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri almıştır. 3., 15., 30 ve 45. günlerde en yüksek değeri genel olarak kontrol grubu ekmek örnekleri en düşük değerleri karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır.

Adhezif yapışkanlık değeri tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday unu eklenmesi yapılan ekmek örneklerinde artış göstermiştir. Enzim ilavesi bu değer için istatistiki olarak önemli bir fark göstermemiştir. Depolama süresi ile ekmek örneklerinin adhezif yapışkanlık değerleri genel olarak azalmıştır.

Çizelge 4.30. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) adhezif yapışkanlık değerleri (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	-0.39 _A ^a	-5.80 _B ^a	-7.40 _B ^{ab}	-5.90 _B ^a	-5.92 _B ^a
Kontrol	50	-3.43 _A ^{ab}	-6.18 _B ^a	-3.54 _A ^a	-4.30 _A ^a	-3.54 _A ^a
Kontrol	100	-3.73 _A ^{ab}	-9.85 _C ^{ab}	-3.73 _A ^a	-5.68 _B ^a	-9.27 _C ^a
10	0	-4.56 _A ^{abc}	-11.31 _C ^{ab}	-6.93 _{AB} ^{ab}	-5.26 _A ^a	-9.13 _{BC} ^a
10	50	-7.13 _A ^{bcd}	-14.56 _B ^{ab}	-7.00 _A ^{ab}	-4.67 _A ^a	-8.53 _A ^a
10	100	-5.06 _A ^{abc}	-13.86 _D ^{ab}	-12.05 _{CD} ^{cd}	-9.45 _{BC} ^b	-7.87 _B ^a
20	0	-8.71 _A ^{bcd}	-14.64 _B ^{ab}	-24.28 _C ^f	-34.53 _D ^e	-23.04 _C ^{cd}
20	50	-15.93 _{AB} ^e	-32.62 _C ^d	-8.49 _A ^{bc}	-13.64 _{AB} ^c	-23.99 _{BC} ^d
20	100	-9.54 _A ^{cd}	-30.53 _C ^d	-17.34 _B ^e	-20.44 _B ^d	-15.58 _{AB} ^b
30	0	-16.64 _{AB} ^e	-24.02 _B ^{cd}	-12.00 _A ^{cd}	-15.47 _{AB} ^c	-21.99 _B ^{cd}
30	50	-4.56 _A ^{abc}	-29.26 _C ^d	-14.87 _B ^{de}	-20.00 _{BC} ^d	-17.57 _B ^{bc}
30	100	-11.44 _A ^{de}	-17.16 _{AB} ^{bc}	-10.21 _A ^{bc}	-21.94 _B ^d	-26.45 _{AB} ^d

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

Ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değerleri incelendiğinde en yüksek değeri 100 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılmış ekmek örnekleri alırken; enzimsiz %10 karabuğdaylı ekmek örnekleri ile enzimsiz ve 50 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılmış ekmek örnekleri arasında fark olmadığı görülmüştür ($P>0.01$). En düşük değeri ise %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır. Kontrol grubuna karabuğdayın %10 ilavesi elastikiyet değerini değiştirmezken, %20 ve %30 oranlarında bu değeri sırası ile %6.12 ve %10.20 oranlarında azaltmıştır. Enzim etkisinin 1. gün ekmeklerinin elastikiyeti üzerinde etkisi görülmemiştir. 3, 30 ve 45. gün ekmeklerinde en yüksek değeri 50 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılmış ekmek örnekleri alırken, diğer ekmek örnekleri arasında önemli bir fark görülmemiştir.

Çizelge 4.31. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) elastikiyet değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	0.98 _A ^{ab}	0.97 _A ^{ab}	0.92 _A ^c	0.92 _A ^{abc}	0.94 _A ^b
Kontrol	50	0.98 _A ^{ab}	1.00 _A ^a	0.97 _A ^b	0.98 _A ^a	1.00 _A ^a
Kontrol	100	1.00 _A ^a	0.95 _{AB} ^{abc}	1.01 _A ^a	0.96 _{AB} ^{ab}	0.93 _B ^{bc}
10	0	0.96 _A ^{abc}	0.91 _{AB} ^{cd}	0.94 _{AB} ^{bc}	0.90 _B ^{bcd}	0.91 _{AB} ^{bcd}
10	50	0.94 _A ^{bcd}	0.93 _A ^{bc}	0.92 _{AB} ^c	0.89 _{AB} ^{bcd}	0.88 _B ^{de}
10	100	0.93 _A ^{bcd}	0.94 _A ^{bc}	0.93 _A ^{bc}	0.89 _{AB} ^{bcd}	0.88 _B ^{cde}
20	0	0.92 _A ^{cde}	0.90 _{AB} ^{cd}	0.84 _C ^e	0.85 _C ^{cd}	0.88 _B ^{cde}
20	50	0.94 _A ^{bcd}	0.87 _B ^d	0.88 _{AB} ^{de}	0.87 _B ^{cd}	0.88 _{AB} ^{de}
20	100	0.94 _A ^{bcd}	0.86 _A ^d	0.90 _A ^{cd}	0.89 _A ^{bcd}	0.88 _A ^{de}
30	0	0.88 _A ^e	0.90 _A ^{cd}	0.90 _A ^{cd}	0.85 _A ^{cd}	0.87 _A ^{de}
30	50	0.92 _A ^{cde}	0.90 _A ^{cd}	0.87 _A ^{de}	0.89 _A ^{bcd}	0.86 _A ^e
30	100	0.90 _{AB} ^{de}	0.91 _A ^{cd}	0.86 _{AB} ^e	0.83 _B ^d	0.86 _{AB} ^e

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

15. gün ekmeklerinde en yüksek değeri 100 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılmış ekmek örnekleri alırken, diğer ekmek örnekleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($P>0.01$).

Depolama boyunca ekmek örneklerinin elastikiyet değerleri genel olarak istatistikî bir değişim göstermemiştir.

Ekmek örneklerinin 1, 3 ve 15. gün kohezif yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek değeri 50 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneklerinin aldığı görülürken, %10, %20 ve %30 karabuğday ilavesi kohezif yapışkanlık değerini sırasıyla %7.8, %11.7 ve %27.27 oranlarında azalttığı görülmüştür.

Çizelge 4.32. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) kohezif yapışkanlık değerleri (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	0.77 _{AB} ^{abc}	0.76 _{BC} ^{ab}	0.80 _A ^{ab}	0.74 _C ^a	0.78 _{AB} ^a
Kontrol	50	0.81 _A ^a	0.78 _{AB} ^a	0.81 _A ^a	0.72 _B ^a	0.78 _{AB} ^a
Kontrol	100	0.78 _{AB} ^{ab}	0.78 _{AB} ^a	0.82 _A ^a	0.65 _C ^b	0.73 _B ^b
10	0	0.71 _B ^{bcde}	0.67 _B ^c	0.76 _A ^{bc}	0.60 _C ^c	0.72 _B ^{bc}
10	50	0.73 _A ^{bcde}	0.71 _A ^{bc}	0.73 _A ^{cd}	0.60 _B ^c	0.68 _A ^{cd}
10	100	0.75 _A ^{abcd}	0.72 _A ^{bc}	0.76 _A ^c	0.57 _C ^{cd}	0.66 _B ^d
20	0	0.68 _A ^{de}	0.60 _{BC} ^d	0.71 _A ^d	0.55 _C ^{cd}	0.66 _{AB} ^d
20	50	0.70 _A ^{cde}	0.68 _A ^c	0.65 _A ^f	0.54 _B ^{de}	0.67 _A ^d
20	100	0.66 _{AB} ^e	0.67 _{AB} ^c	0.70 _A ^{de}	0.49 _C ^{ef}	0.60 _B ^e
30	0	0.56 _C ^f	0.48 _D ^e	0.66 _A ^{ef}	0.47 _D ^f	0.61 _B ^e
30	50	0.67 _A ^e	0.58 _C ^d	0.66 _{AB} ^{ef}	0.57 _C ^{cd}	0.61 _{BC} ^e
30	100	0.59 _{AB} ^f	0.56 _B ^d	0.63 _A ^f	0.55 _B ^d	0.56 _B ^f

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

Enzim ilavesinin tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneklerinde ve %10 karabuğdaylı ekmek örneklerinde önemli bir değişiklik yapmadığı saptanmıştır. 40. gün ekmek örneklerinde 100 ppm enzim ilavesi, enzimsiz ekmeklere göre kohezif yapışkanlık değerini önemli ölçüde azaltırken 50 ppm enzim ilaveli ekmek örnekleri ile enzimsiz ekmek örnekleri arasında önemli bir fark ($P>0,01$) saptanmamıştır.

Kohezif yapışkanlık değerleri ekmek içi bağların kuvveti hakkında fikir veren bir değerdir. Karabuğdayın eklenmesi ile glutenin azalmasına paralel olarak kohezif yapışkanlık değerleri de azalmıştır.

Çizelge 4.33. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) sakızımsılık değerleri (g.s)

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	1189.20 _{AB^{ef}}	1330.00 _{A^{de}}	739.89 _{D^f}	1023.10 _{BC^d}	951.64 _{C^g}
Kontrol	50	720.47 _{C^g}	1087.10 _{A^{ef}}	566.74 _{D^f}	909.87 _{B^d}	743.79 _{C^g}
Kontrol	100	899.58 _{B^{fg}}	848.43 _{B^f}	749.35 _{B^f}	1246.60 _{A^d}	1278.20 _{A^f}
10	0	1586.50 _{AB^{de}}	1653.00 _{A^c}	1251.50 _{B^e}	1939.00 _{A^c}	1544.90 _{AB^e}
10	50	1479.00 _{B^{de}}	1612.20 _{B^{cd}}	1529.90 _{B^d}	2157.80 _{A^{bc}}	1735.40 _{B^e}
10	100	1293.80 _{C^{ef}}	1446.60 _{BC^{cd}}	1185.40 _{C^e}	2006.10 _{A^c}	1730.70 _{AB^e}
20	0	2836.00 _{A^a}	2219.60 _{B^b}	1531.90 _{D^d}	2252.70 _{B^{bc}}	1745.30 _{C^e}
20	50	1758.10 _{B^{cd}}	2142.30 _{B^b}	2137.50 _{B^b}	2945.10 _{A^a}	2203.00 _{B^{cd}}
20	100	2168.40 _{AB^{bc}}	2136.90 _{AB^b}	1810.80 _{B^c}	2456.70 _{A^b}	2073.70 _{AB^d}
30	0	2285.30 _{B^b}	2638.30 _{AB^a}	2318.30 _{B^b}	2871.30 _{A^a}	2394.40 _{AB^{bc}}
30	50	2339.60 _{B^b}	2366.10 _{B^{ab}}	2253.10 _{B^b}	2945.30 _{A^a}	2513.30 _{AB^b}
30	100	2163.10 _{B^{bc}}	2559.00 _{AB^a}	2511.20 _{AB^a}	2937.60 _{A^a}	2991.50 _{A^a}

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

1. gün sakızımsılık verileri incelendiğinde en düşük değeri enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri alırken; en yüksek değeri enzimsiz %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır. 3. ve 15. gün ekmek örneklerinde karabuğday artışı ile doğru orantılı olarak sakızımsılık değeri artış göstermiştir. 30. ve 45. günlerde tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday eklenmesi sakızımsılık değerini arttırırken, %10 ve %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri arasında önemli bir fark yaratmamıştır.

Depolama boyunca sakızımsılık değerinde sabit bir değişim görülmemiştir.

1. gün en yüksek çiğnenebilirlik değerini enzimsiz %20 karabuğdaylı ekmek örnekleri, en düşük değeri de 100 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri almıştır. Tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri ile %10 ve %30 karabuğdaylı ekmek örneklerine enzim ilavesi ve miktarı çiğnenebilirlik değerini değiştirmemiştir.

Çizelge 4.34. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) çiğnenebilirlik değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	1163.90 _{B^{efg}}	1237.50 _{A^{fg}}	770.92 _{E^f}	1075.90 _{C^h}	884.49 _{D^f}
Kontrol	50	1022.60 _{A^{fg}}	1058.10 _{A^{gh}}	568.90 _{C^f}	761.73 _{BCⁱ}	888.59 _{AB^f}
Kontrol	100	952.25 _{B^g}	939.34 _{B^h}	772.19 _{C^f}	1297.40 _{A^g}	1167.10 _{A^e}
10	0	1547.40 _{AB^{cd}}	1524.30 _{AB^e}	1136.40 _{C^e}	1736.10 _{A^f}	1341.60 _{BC^{de}}
10	50	1431.50 _{BC^{cde}}	1323.60 _{C^{ef}}	1400.50 _{BC^{cd}}	1917.90 _{A^{de}}	1543.70 _{B^{cd}}
10	100	1286.90 _{C^{def}}	1257.60 _{C^{fg}}	1116.20 _{D^e}	1749.10 _{A^{ef}}	1549.50 _{B^{cd}}
20	0	2650.00 _{A^a}	2065.70 _{B^{bc}}	1288.50 _{E^{de}}	1961.60 _{C^d}	1530.90 _{D^{cd}}
20	50	1693.20 _{C^c}	1815.00 _{BC^d}	1917.30 _{BC^b}	2677.90 _{A^a}	2035.30 _{B^b}
20	100	2020.00 _{A^b}	1834.30 _{B^d}	1620.30 _{C^c}	2160.00 _{A^c}	1772.20 _{BC^c}
30	0	2231.10 _{A^b}	2369.00 _{A^a}	2022.60 _{A^{ab}}	2439.50 _{A^b}	2108.40 _{A^b}
30	50	2217.40 _{AB^b}	1951.30 _{BC^{cd}}	2028.60 _{B^{ab}}	2529.50 _{A^{ab}}	2134.70 _{B^b}
30	100	2252.80 _{B^b}	2254.30 _{B^{ab}}	2197.60 _{B^a}	2633.40 _{A^a}	2614.30 _{A^a}

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

3. gün en yüksek çiğnenebilirlik değerini enzimsiz %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri alırken 15, 30 ve 45. günlerde en yüksek değeri 100 ppm enzim ilaveli %30 karabuğdaylı ekmek örnekleri almıştır.

Çiğnenebilirlik değerlerindeki değişimler sakızimsılık değerleri ile paralellik göstermiştir.

1. gün esneklik değerleri incelendiğinde tip 650 ekmeklik buğday ununa %10 ve %20 oranında karabuğday eklenmesi önemli bir fark yaratmazken, %30 karabuğday oranından esneklik değeri önemli oranda ($p<0.01$) azalmıştır. Enzim ilavesinin ve miktarının ekmek örneklerinin esneklik değerinde fark yaratmadığı saptanmıştır. 3. gün değerleri incelendiğinde karabuğday oranının artışına paralel oranda esneklik değeri azalırken 50 ppm enzim ilavesi %10 karabuğdaylı ekmek örneklerinde değişim yapmamıştır. Diğer ekmek örneklerinin esneklik değerini önemli ($P<0.01$) ölçüde arttırmıştır.

Çizelge 4.35. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (TPA) esneklik değerleri

Karabuğday Oranı (%)	Enzim Oranı (ppm)	1.gün	3. gün	15. gün	30. gün	45. gün
Kontrol	0	0.42 _A ^{abc}	0.40 _{AB} ^b	0.43 _A ^b	0.36 _C ^b	0.39 _{BC} ^a
Kontrol	50	0.47 _A ^a	0.48 _A ^a	0.45 _{AB} ^{ab}	0.35 _B ^{bc}	0.35 _B ^{ab}
Kontrol	100	0.45 _A ^{ab}	0.42 _{AB} ^b	0.47 _A ^a	0.32 _B ^c	0.34 _B ^b
10	0	0.37 _{AB} ^{bcde}	0.33 _B ^c	0.39 _A ^c	0.24 _C ^{de}	0.35 _{AB} ^{ab}
10	50	0.39 _A ^{abcde}	0.33 _{BC} ^c	0.35 _{AB} ^d	0.25 _D ^d	0.30 _C ^c
10	100	0.41 _A ^{abc}	0.35 _B ^c	0.38 _{AB} ^c	0.21 _D ^{ef}	0.29 _C ^{cd}
20	0	0.31 _A ^{ef}	0.22 _C ^e	0.26 _B ^{fg}	0.22 _C ^{def}	0.27 _B ^{cde}
20	50	0.35 _A ^{cde}	0.28 _B ^d	0.29 _B ^{ef}	0.21 _C ^{ef}	0.25 _{BC} ^{def}
20	100	0.32 _A ^{def}	0.28 _B ^d	0.31 _{AB} ^e	0.18 _D ^f	0.24 _C ^{ef}
30	0	0.24 _B ^f	0.18 _B ^f	0.23 _C ^g	0.34 _A ^{bc}	0.24 _B ^{ef}
30	50	0.32 _A ^{ef}	0.23 _B ^e	0.26 _B ^{fg}	0.22 _B ^{de}	0.25 _B ^{def}
30	100	0.34 _B ^{cde}	0.24 _D ^e	0.28 _C ^{ef}	0.47 _A ^a	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 ekmekler 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.

Dondurulmuş depolama boyunca esneklik değerinin depolama süresine bağlı olarak düştüğü gözlemlenmiştir. Bu sonucun ekmek için ufalanabilir yapısının artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; tam karabuğday unu (TKBU) (0, %10, %20 ve %30), transglutaminaz (TG) (0, 50 ve 100 ppm) ve iki farklı maya (yaş maya ve ekşi maya) kullanılarak üretilen kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmeklerin farklı depolama süreleri (0, 3, 15, 30 ve 45 gün) sonrasında bazı kalite kriterlerinde meydana gelen değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Tip 650 ekmeklik buğday ve karabuğday ununda bazı kimyasal analizler yapılmıştır. Tip 650 ekmeklik buğday ununda nem %13.6, karabuğday ununda nem %10.54 değerinde bulunmuştur. Unlar kül değerleri açısından karşılaştırıldığında; tip 650 ekmeklik buğday ununda %0.61, karabuğday ununda %4.24 kül değeri bulunmuştur. Kül miktarının karabuğday ununda yüksek çıkması unun tam karabuğday unu olmasından kaynaklanan kepek farkından olabileceği düşünülmüştür. Tip 650 ekmeklik buğday ununda protein %12.5, karabuğday ununda protein %10.37 değerinde bulunmuştur.

2. Denemelerde kullanılan tip 650 ekmeklik buğday ununun özellikleri; yaş gluten %31.85, kuru gluten %10.86, gluten indeks %90.46, sedimantasyon 35 ml, gecikmeli sedimantasyon 43 ml, düşme sayısı 379 s, sıvılaşma sayısı 18.16, farinograf su absorpsiyonu %57.90, farinograf gelişme süresi 2.2 dk, farinograf stabilitesi 15.21 dk, farinograf yumuşama derecesi 12 dk sonra 28 B.U olarak belirlenmiştir.

3. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan hamurların farinogram analizlerinde tip 650 ekmeklik buğday ununa karabuğday ilavesinin genel olarak gelişme süresini ve yumuşama süresini arttırdığı, stabilite süresini düşürdüğü ve su absorpsiyonunu değiştirmedeği; TG ilavesinin gelişme süresini ve su absorpsiyonunu değiştirmedeği, yumuşama süresini arttırdığı stabilite süresini düşürdüğü tespit edilmiştir.

4. Farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testinde karabuğday ilavesinin hamurların uzamaya karşı direnç değerini %30 ve daha fazla oranlarda eklenen karabuğdayın azaltarak etkilediği, uzama değerini azalttığı, alan değerini %20 ve daha fazla miktarlarda karabuğday ilavesinin azalttığı; TG ilavesinin kontrol örneklerinde uzamaya karşı direnci arttırdığı fakat karabuğdaylı hamur örneklerinde azalttığı, uzayabilirliği etkilemediği, pozitif alanı kontrol örneklerinde arttırırken karabuğdaylı hamur örneklerinde etkilemediği tespit edilmiştir. Genel olarak karabuğday unu oranı arttıkça hamurların reolojik özelliklerinin olumsuz etkilendiği ve ekmeklik kalitelerinin azaldığı belirlenmiştir.

5. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin (tüm günler için) hacimleri genel olarak karabuğday oranının artmasına paralel olarak azalmıştır. 50 ppm enzim ilavesi tüm ekmek örneklerinde ekmek hacmini olumlu etkilerken; 100 ppm enzim ilavesi 1. gün kontrol ekmeklerinde hacmi arttırırken diğer günlerde ekmek örneklerinin hacimleri üzerinde ekstra bir etkisi olmamıştır. Yaş maya ile ekmek üretiminde fiziksel özellikleri geliştirmek için karabuğday kullanılması önerilmezken, 50 ppm enzim kullanımı tavsiye edilebilir.

6. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin (tüm günler için) hacimleri genel olarak karabuğday oranının artmasına paralel olarak azalmıştır. Enzim ilavesi ekşi mayalı ekmek örneklerinde yaş mayalı ekmek örneklerinde olduğu gibi olumlu bir etki sağlamamıştır.

7. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen yaş mayalı ekmeklerin sertlik değerleri tüm günler için karabuğday oranının artmasına paralel olarak artmıştır. Ekmek doku özelliklerinin belirlenmesinde (TPA analizi ile) ekmek formülüne karabuğday ilavesi genel olarak ekmeklerin elastikiyetini, kohezif

yapışkanlığını azalttığı; yapışkanlığını ve çiğnenebilirlik değerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

8. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve TG ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin sertlik değerleri tüm günler için karabuğday oranının artmasına paralel olarak artmıştır. Ekmek doku özelliklerinin belirlenmesinde (TPA analizi ile) ekmek formülüne karabuğday ilavesi genel olarak ekmeklerin elastikiyetini, kohezif yapışkanlığını azalttığı; yapışkanlığını ve çiğnenebilirlik değerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

9. Kısmi pişirilmiş ekmeklerin dondurulup depolanmasından sonra elde edilen ekmeklerin hacimleri 3. günden itibaren azalma göstermiştir. Enzimsiz kontrol ekmek örnekleriyle enzim ilaveli (50 ve 100 ppm) ekmek örneklerinin 3. gün hacim azalması sırasıyla %21.48, %19.44 ve %38.46; %10 karabuğdaylı ekmek örnekleriyle enzim ilaveli (50 ve 100 ppm) ekmek örneklerinin 3. gün hacim azalması sırasıyla %7.78, %11.96 ve %9.7; %20 karabuğdaylı ekmek örnekleriyle enzim ilaveli (50 ve 100 ppm) ekmek örneklerinin 3. gün hacim azalması sırasıyla %1.78, %0.92 ve %3.69 olarak bulunurken; % 30 karabuğdaylı enzimsiz ve 50 ppm enzimli ekmek örneklerinin 3. gün hacim değerlerinde değişim görülmezken; 100 ppm enzimli %30 karabuğdaylı ekmek örneklerinde %5.62 oranında hacim azalışı olduğu gözlenmiştir. 45. gün sonunda ekmek örnekleri arasında en fazla hacim değişimi 100 ppm enzimli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örneklerinde (%40.17) gözlenirken, 50 ppm enzimli %30 karabuğday içeren ekmek örneklerinin hacimlerinin değişmediği gözlenmiştir.

10. Depolama boyunca kontrol ekmeklerinde depolama süresi ile doğru orantılı olacak şekilde sertlik değeri artmıştır. Enzimsiz kontrol ekmeği örneklerinde 45. gün depolama sonrasında %272.2 civarı sertlik artışı olurken enzim ilavesi ile bu oran azalmıştır (50 ppm enzim ilavesinde %124.1, 100 ppm enzim ilavesinde %63.7). Kontrol grubuna karabuğday ununun eklenmesi ile yapılan ekmek örneklerinin sertlik değerlerinde ise çok büyük farklılık gözlenmemiştir.

11. Enzimsiz tip 650 ekmeklik buğday unu ile yapılan ekmek örneklerinde 45. gün sonrası kohezif yapışkanlık değeri %11.6 oranında azalma gösterirken, bu una %10 ve % 20 oranında karabuğday ilavesi ile yapılan ekmek örneklerinin 45. gün sonrası kohezif yapışkanlık değerleri sabit kalmıştır. % 30 karabuğday ilavesinde ise bu değerde % 7.8 oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

12. Depolama süresi ekmek hacmini 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 günlük depolama sonunda en yüksek ekmek hacmini 50 ppm enzim ilaveli tip 650 ekmeklik buğday unundan yapılmış ekmek örnekleri alırken, en düşük hacim değerini %30 karabuğdaylı 100 ppm enzim ilaveli ekmek örnekleri almıştır.

Ekşi mayalı ekmek hacimlerinin yaş mayalı ekmek hacimlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

13. Ekşi mayalı ekmek örneklerinin depolama süresine bağlı olarak sertlik değeri sabit bir değişim göstermemesine rağmen, genel olarak en yüksek sertlik değerinin 45 günlük depolama sonundaki ekmek örneklerinde olduğu gözlenmiştir.

14. Kısmi pişirilerek dondurulmuş ekmek üretiminde en fazla %10 oranında karabuğday, enzimsiz ve ekşi maya kullanılması veya tip 650 ekmeklik buğday unu ile 50 ppm TG ve yaş maya kullanılması ile 45 günlük bir depolama süresince kabul edilebilir nitelikte bir ekmek üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Buna rağmen dondurulmuş depolama boyunca görülen ekmek hacmindeki azalma miktarının; kontrol gruplarında karabuğdaylı ekmek örneklerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Karabuğday unu ile yapılan ekmek örneklerinde depolama ile hacim azalışının daha az olması dondurulmuş ekmek üretiminde bu unun kullanılabilir olduğunu göstermektedir fakat gluten içermediği için ilk gün sebep olduğu ekmek hacim azalışının farklı katkı

maddeleri kullanılarak arttırılması gerekliliğini ve bu konu hakkında yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu sonucunu göstermiştir.

15. Enzim ilavesinin sadece yaş mayalı ekmeklerde; taze ve dondurulmuş depolama sonucunda üretilen ekmeklerin hacmini olumlu etkilediği belirlendiği için yaş maya ile üretilen ekmeklerde ve 50 ppm seviyesinde kullanılması önerilebilir. Ekşi mayanın tip 650 ekmeklik buğday unu ve karabuğday ununa ilavesi, dondurulmuş depolama boyunca yaş mayalı ekmek örneklerine göre ekmek hacim değerlerinde olumlu etki gösterdiği belirlendiği için dondurulmuş ekmeklerde kullanılması tavsiye edilebilir.

KAYNAKÇA

- Acar, R., Güneş, A., Gummadov, N., Topal, İ., 2011. Farklı Bitki Şıklıklarının Karabuğday'da Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(3), 47- 51.
- Almeida, E., Chong, Y., 2012. Effect of The Addition of Enzymes on The Quality of Frazen Pre- Baked French Bread Substituted With Whole Wheat Flour. LWT- Food Science and Technology, 49, 64- 72.
- Anonim. 2004. Hızlı Dondurulmuş Gıda Maddeleri Tebliği. <http://www.gkgm.gov.tr/mevzuat/kodeks/2004-46.html>
- Anonim. 2009. Dondurulmuş Sebze ve Meyve Üretimi <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/DondurulmusSebzeVeMeyveUretimi.pdf>
- Anonim. 2013. Tebliğ no: 2013/9, 2013. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Asghar, A,F,M,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.
- Autio, K,E., 1992. Frozen dough: Rheological Changes and Yeast Viability. American Association of Cereal Chemist, 69- 4, 409- 413.
- Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Mut, Z., Özcan, H., 2005. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşit ve Hatlarının Karadeniz Koşullarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3), 257- 262.
- Aydoğan, S., Akçacık, A., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M., Mehmet, E., 2012. Ekmeklik Bugday Unlarında Alveograf, Farinograf ve Miksografta Ölçülen Reolojik Özellikler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (1),74-82.
- Barcenas, M. E., Haros, ., Benedito, C., Rosell, C. M., 2003. Effect of Freezing and Frozen Storage on the Staling of Part-baked Bread. Food Research International, 36,863-869.
- Barcenas, M., Rosell, C., 2006. Effect of Frozen Storage Time on The Bread Crumb and Aging of Par- Baked Bread. Food Chemistry, 95, 438- 445.
- Benkovic. E., Zigon, D., Friedrich, M., Plovec, J., Kreft, S., 2014. Isolation, Analysis and Structwes of Phototoxic Fapopyrins From Buckwheat. Food Chemistry, 143, 432- 439.

- Bilgiçli, N., 2009. Effect of Buckwheat Flour on Chemical and Functional Properties of Tarhana. LWT - Food Science and Technology, 42, 514-518.
- Bushuk, W, Y., 1992. Studies on Frozen Dough. I.Effects of Frozen Storage and Freeze-Thaw Cycles on Baking and Rheological Properties. Cereal Chemistry, 68, 627- 631
- Cemeroğlu, B., 2001. Meyve ve Sebze İşletme Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 1, ISBN 975-98578- 1- 2, 670. Ankara.
- Cemeroğlu, B., 2004. Meyve ve Sebze İşletme Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 1, ISBN 975-98578- 1- 2, 670. Ankara.
- Cerel, M., Erem, F., Konak, Ü. İ., Karakaş, B., 2009. Dondurulmuş Hamur ile Kısmi Olarak Pişirilip Dondurulmuş Hamurlardan Üretilen Beyaz Ekmeklerin Fiziksel Tekstürel ve Duyusal Özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1), 91-102.
- Certel, M, F, Ü, B., 2009. Dondurulmuş Hamur ile Kısmi Olarak Pişirilip Dondurulmuş Hamurlardan Üretilen Beyaz Ekmeklerin Fiziksel Tekstürel ve Duyusal Özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22- 1, 91-102.
- Demiralp, H. 1997. Bazı Ekmek Katkı Maddelerinin Gluten Fraksiyonlarındaki Protein-Lipid Kompleksi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Diepenbrock, W., Emler, F., Leon, J., Ackerbau, 2005. Pflanzenbau und Planzenzüchtung, UTB2629, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Dizlek, H., 2010. Süne Zararına Uğramış Ekmeklik Buğdayların Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve İyileştirilmesi Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 252s, Adana.
- Dizlek, H., Gül, H., 2007. Süne Zararlı Buğday Unlarının Ekmeklik Kalitesinin İyileştirilmesi. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 51-58.
- Dizlek, H., Özer, M., İnanc, E., Gül, H., 2009. Karabuğday'ın Bileşimi ve Gıda Sanayiinde Kullanım Olanakları. Gıda, 34(5), 337- 324.
- Duman, D, B., 2002. Bazı Dondurulmuş Sebzelerin Mikrobiyal Florasının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi. 5,2
- Elgün, A., Ertugay, Z., 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Yay. No:718, 411. Erzurum.

- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G., 2002. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Yay. No,867, 245. Erzurum.
- Erem, F., Certel, M., 2006. Fırın Ürünlerinde Enzim Uygulamaları, 24-26 Kasım, Bolu, 525- 528.
- Ertop, M, H, M., 2012. Dondurulmuş Ekmek Hamuru ve Son Ürün Kalitesinin İyileştirilmesinde Formül Bileşenlerinin Etkileri. Gıda ,37-1, 55-62.
- Faergemand, M., Otte, J., Qvist, K. B., 1998. Emulsifying Properties of Milk Proteins Cross-Linked with Microbial Transglutaminase. International Dairy Journal, 8, 715–723.
- 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>
- Giannou, V., Tzia, C., 2007. Frozen Dough Bread: Quality and Textural Behavior During Prolonged Storage- Prediction of Final Product Characteristics. Jownal of Food Engineering, 79, 929- 934.
- Grant, L,W., 1999. Effect of Prolonged Storage of Freezing Temperatures on Starch and Baking Quality of Frozen Doughs. Cereal Chemistry, 76, 656-662.
- Gül, H., 2007. Mısır ve Buğday Kepeğinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkilerin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dok. Tezi, 257, Adana.
- Gündüz, O, M., 2010. Dondurulmuş Gıda Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Analiz: Samsun İli Örneği. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14-3,15-24.
- Hu, Song, Liu, G., Li, Lin., Li, Z., Hou, Y., 2013. An İmprovement in The İmmersion Freezing Process For Frozen Dough Via Ultrasound İrradiation. Jownal of Food Engineering, 114, 22- 28.
- Huang, W. N., Yuan, Y. L., Kim, Y. S., Chung, O. K., 2008. Effects of Transglutaminase on Rheology, Microstructure, and Baking Properties of Frozen Dough. Cereal Chemistry Journal, 85, 301-306.
- Jinhee,Y,K., 2009. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. Food Science and Technology, 42,1474–1483.

- Kan, A., 2011. Konya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Karabuğdayın Bazı Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(4), 67- 71.
- Karatekin, E., 2008. Süne Zararına Uğramış Buğday Ununun Katkı Maddeleri Kullanılarak Ekmeklik Kalitesinin İyileştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 62s, Adana.
- Karatekin, E., 2008. Süne Zararlılarına Uğramış Buğday Ununun Katkı Maddeleri Kullanılarak Ekmeklik Kalitesinin İyileştirilmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 71, Adana
- Katina, K., Heiniö, R. L., Autio, K., Poutanen, K., 2006. Optimization of Sourdough Process for Improved Sensory Profile and Texture of Wheat Bread. LWT - Food Science and Technology , 39(10),1189-1202.
- Kesen, N., 2005. AB Ülkelerinde Ekmek Sektörü ve Dondurulmuş Ekmek Uygulamaları. Erişim Tarihi: 18.04.2013 www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/271E2928-83D9-49BD-AB01-4D1CF9767A75/6286/EKMEK.pdf
- Khatkar, B.S., 2013. Quality Testing Of Wheat Flour And Bakery Ingredients. 17.03.2013. <http://www.ddegjust.ac.in/studymaterial/pgdbst/pgdbst-03.pdf>
- Kim, Y. S., 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.
- Klava, D., Karklina, D., 2002. Changes of Bread Volume Substituting Wheat Flour by Oat or Buckwheat Flour. 15.10.2013. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2002000225>
- Kotancılar, H. G., Karaoğlu, M.M., Gerçekaslan, K. E., 2005. Ekşi Hamur Katkısının Beyaz Tava Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , 37, 103-110.
- Külekçi, M, A, A., 2006. Dondurulmuş Gıda Tüketimini Etkileyen Sosyo Ekonomik Özelliklerin Belirlenmesi; Erzurum İli Örneği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37-1, 91-101.
- Li, Z., Tang, X., Huang, W., Liu, J., Tilley, M., Yao, Y., 2011. Optimisation of Bread Quality Produced From Wheat and Proso Millet (Panicum Miliaceum L.) By Adding Emulsifiers, Transglutaminase and Xylanase. LWT – Food Science and Technology, 88, 596-601.
- 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, R.M., Yousif, E.I., Cadallah, M. G.G E., Alawneh, A. R., 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.
- Mariotti, M., Pagani, M. A., Lucisano, M., The Role of Buckwheat and HPMC on the Breadmaking Properties of Some Commercial Gluten-Free Bread Mixtures. *Food Hydrocolloids*, 30, 393- 400.
- Milci, S., Yaygın, H., 2005. Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Ekzopolisakkaritler ve Süt Ürünlerindeki Fonksiyonları. *Gıda*, 30(2), 123-129.
- Minervini, F., Pinto, D., Cagno, R., Angelis, M., Gobbetti, M., 2011. Scouting the Application of Sourdough to Frozen Dough Bread Tecnology. *Jownal of Cereal Science*, 54, 296- 304.
- Moroni, A. V., Bello, F. D., Arendt, E. K., 2009. Sourdough in Gluten-Free Bread-Making: an Ancient Technology to Solve a Novel Issue?. *Food Microbiology*, 26, 676-684.
- Novotni, D., Cukelj, N., Smerdel, B., Bituh, M., Dujmic, F., Curic, D., 2012. Glycemic Index and Firming Kinetics of Partially Baked Frozen Gluten Free Bread With Sourdough. *Journal of Cereal Science*, 55, 120-125.
- Osullivan, M. M., Kelly, A. L., Fox, P. F., 2002. Infuence of Transglutaminase Treatment on Some Physico-Chemical Properties of Milk. *Department of Food Science*, 1-10.
- Pekizoğlu, F., 2001. Dondurulmuş Gıda Sanayi. Erişim Tarihi: 15.07.2013 www.Cine-Tarim.Com.Tr/Dergi/Arsiv84/Sektorel02.Htm.
- Penp, L., Wang, S., Zou, L., Zhao, J., Zhao, G., 2012. HPLC Fingerprint of Buckwheat From Different Habitats and Varieties. *Phcog J*, 31, 5- 10.
- Peterson, C.J., Graybosch, R.A., Baenziger, P.S., Grombacher, A.W., 1992. Genotype and enviroment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Sci.* 32, 98-103.
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V., Cleland, D., 2007. Effects of Freezing and Temperature Fluctuations During Frozen Storage on Frozen Dough and Bread Quality. *Journal of Food Engineering*, 84, 48-56.

- Polaki, A., Xasapis, P., Fasseas, C., Yannioti, S., Mandala, I., 2010. Fiber and Hydrocolloid Content Affect the Microstructural and Sensory Characteristics of Fresh and Frozen Stored Bread. *Journal of Food Engineering*, 97, 1-7.
- Ran, B., Dept, K., 2000. Study on Bread-Making Quality with Mixture of Buckwheat-Wheat Flour. *Food Science and Biotechnology*, 200-701.
- Renzetti, S., Bello, F. D., Arendt, E. K., 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.
- Ribotta, P. A., M., 2003. Effects of Yeast Freezing in Frozen Dough. *Journal of Cereal Science*, 80-47, 454-458.
- Ribotta, P. G., A., M., 2004. Effect of Emulsifier and Guar gum on Micro Structural, Rheological and Baking Performance of Frozen Bread Dough. *Food Hydrocolloids*, 18-2, 305-313.
- Ribotta, P. D., Bail, A. L., 2007. Thermo-Physical and Thermo-Mechanical Assessment of Partially Baked Bread During Chilling and Freezing Process. Impact of Selected Enzymes on Crumb Contraction to Prevent Crust Flaking. *Journal of Cereal Science*, 78(3), 913-921.
- Rosel, C., M., 2007. Frozen Dough and Partially Baked Bread: An Update. *Food reviews International*, 23-3, 303-319.
- Rouille, J. A., P. 2000. Influence of Formulation and Mixing Condition on Bread Qualities of French Frozen Dough. *Journal of Food Engineering*, 43, 197-203.
- Rühmkorf, C., Jungkuntz, S., Wagner, M., Vagel, R. F., 2012. Optimization of Homoexopolysaccharide Formation by Lactobacilli in Gluten-Free Sourdoughs. *Food Microbiology*, 32(2), 286-294.
- Sadeghi, A., 2008. The Secrets of Sourdough; A Review of Miraculous Potentials of saurdough in Bread Shelf Life. *Biotechnology*, 7(3), 413- 417.
- Sasano, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Ohtsu, I., Shima, J., Takagi, H., 2012. Simultaneous Accumulation of Proline and Trehalose in Industrial Baker's Yeast Enhances Fermentation Ability in Frozen Dough. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 113(5), 592- 595.
- Schoenlechner, R., Szatmari, M., Bagdi, A., Tömösközi, S., 2013. Optimisation of Bread Quality Produced from Wheat and Proso Millet (*Panicum Miliaceum* L.) by Adding Emulsifiers, Transglutaminase and Xylanase. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 361-366.

- Sedaj, Q., Sakac, M., Mandic, A., Misan, A., Pestoric, M., Simurina, O., Brunet, C., 2011. Quality Assessment of Gluten-free Crackers Based on Buckwheat Flour. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 694-699.
- Selomulyo, V, W. 2007. Frozen Bread Dough: Effects of Freezing Storage and Dough Improves. *Journal of Cereal Science*, 41-1, 1-17.
- Singh, R. P., Helman, D. R., 2014. Food Freezing, 521-563.
- Steffolani, E. M., Ribotta, D. P., Perez, G. T., Leon, E. A., 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.
- Sungur, B., 2009. Bazı Hidrokolloidler ve Yüzey Aktif Maddelerin Hamurun Reolojik Özellikleri ile Dondurulmuş Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dok. Tezi, 176, Ankara.
- Tang, C, H., 2007. Functional Properties and in Vitro Digestibility of Buckwheat Protein Products: Influence of Processing. *Journal of Food Engineering*, 82, 568- 576.
- 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, 24- 26 Kasım, Ankara, 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.
- Yurtman, A., 2003. Dondurulmuş Gıda Sektör Raporu. Erişim Tarihi: 14.06.2013 www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-30.Pdf
- Yüksel, Z., Erdem, Y., 2006. Gıda Endüstrisinde Transglutaminaz Uygulamaları: 2. Enzimin Gıda Süreçlerinde Kullanım Olanakları. *Gıda*, 33(3), 143- 149.

EKLER

EK A. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen hamurların farinograf grafikleri

EK B. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi sonucundan elde edilen grafikleri

EK C. 1. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

EK C1. 3. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

EK C2. 15. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

EK C3. 30. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

EK C4. 45. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

EK D. Ekmek içi sertlik grafikleri 1. Gün

EK D1. Ekmek içi sertlik grafikleri 3. Gün

EK D2. Ekmek içi sertlik grafikleri 15. Gün

EK D3. Ekmek içi sertlik grafikleri 30. Gün

EK D4. Ekmek içi sertlik grafikleri 45. gün

EK E. Ekmek içi 1. gün TPA grafikleri

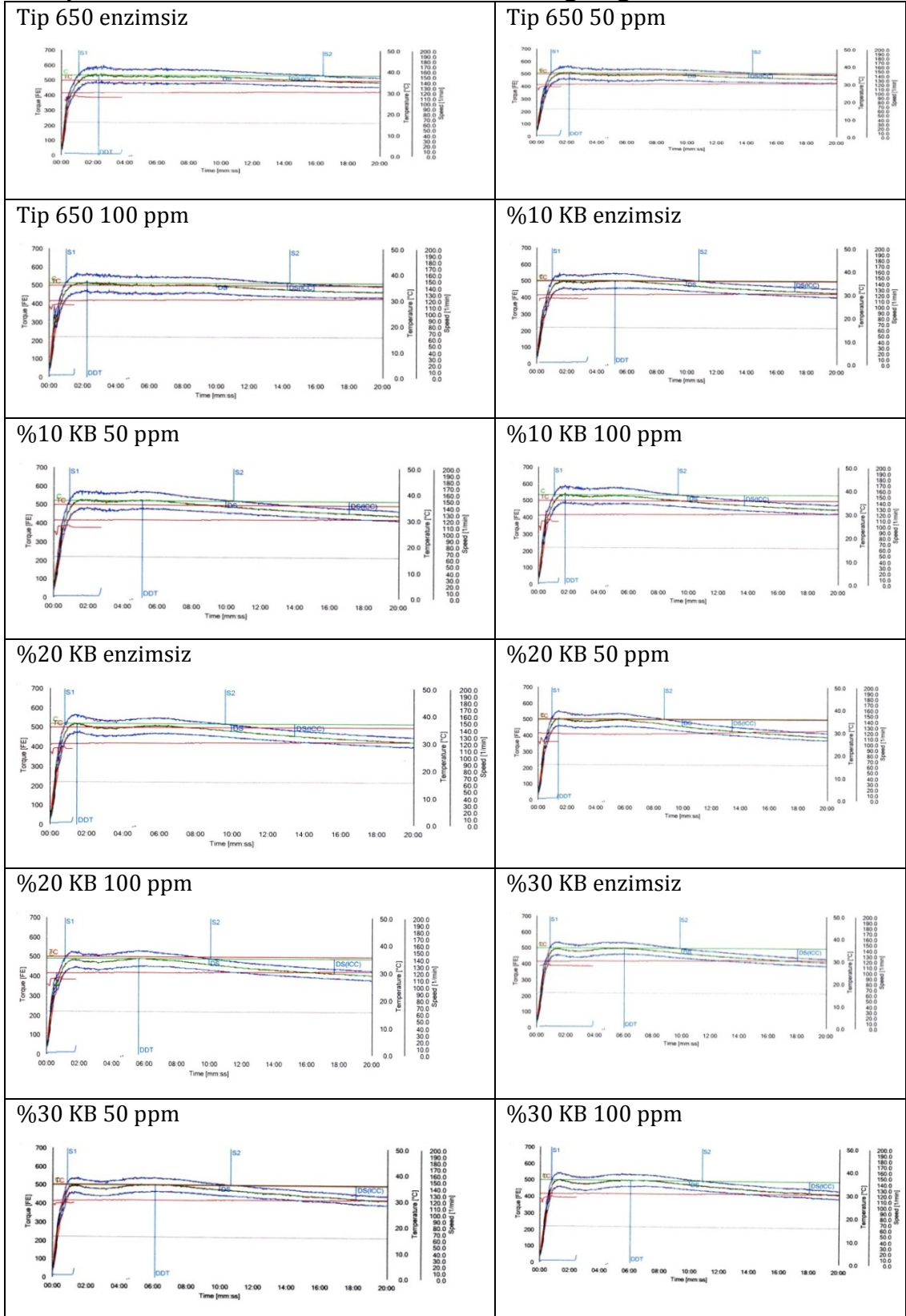
EK E1. Ekmek içi 3. gün TPA grafikleri

EK E2. Ekmek içi 15. gün TPA grafikleri

EK E3. Ekmek içi 30. gün TPA grafikleri

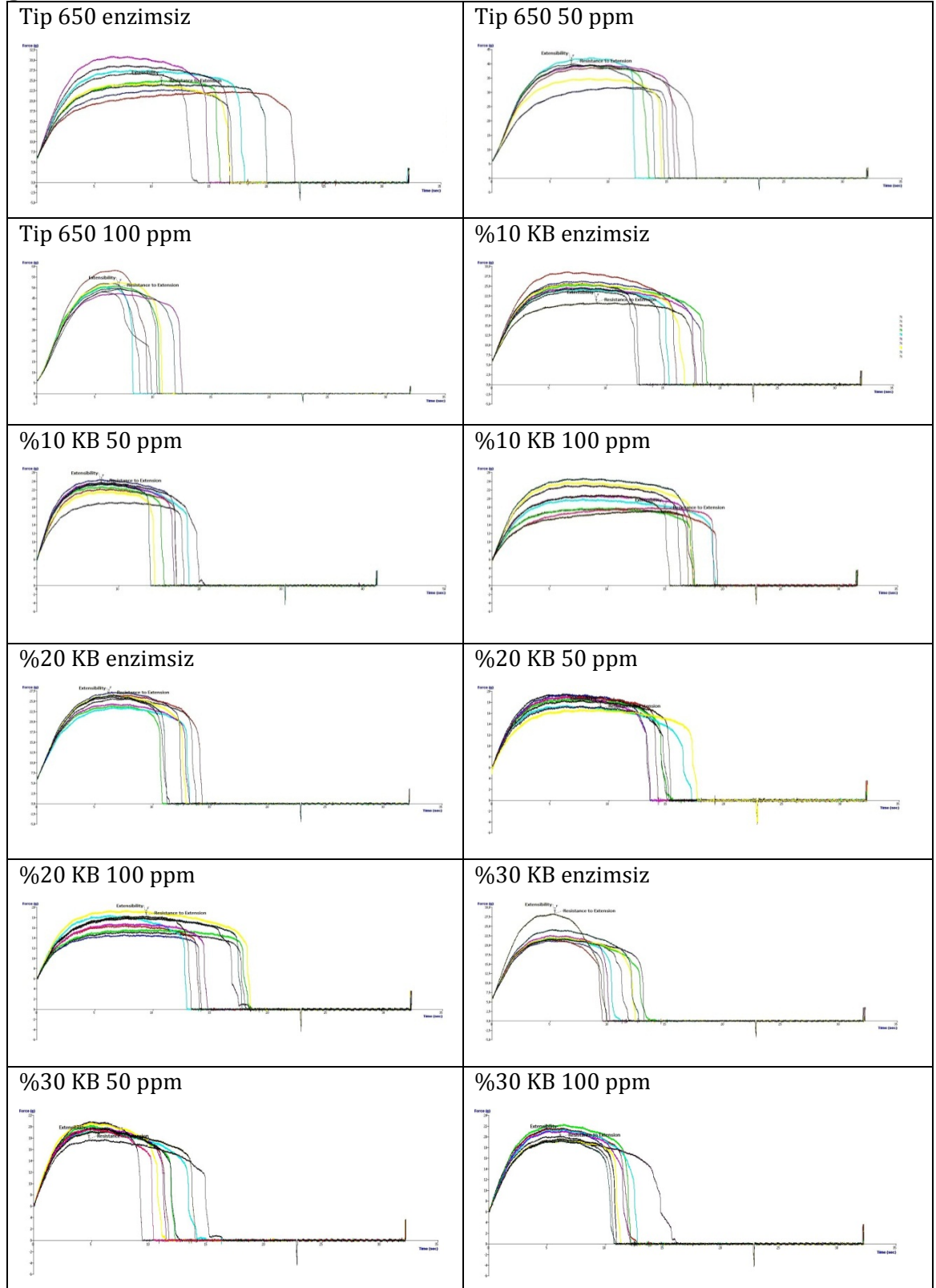
EK E4. Ekmek içi 45. gün TPA grafikleri

EK A. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan un karışımlarından elde edilen hamurların farinograf grafikleri



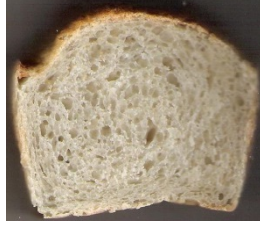
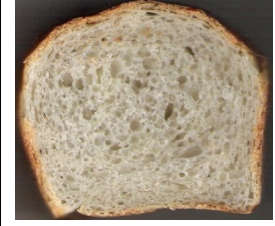
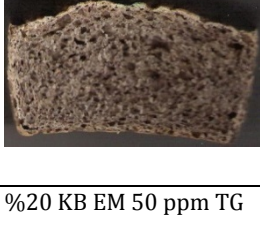
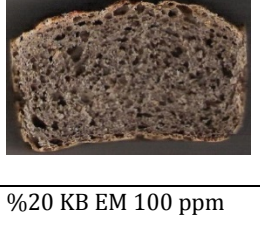
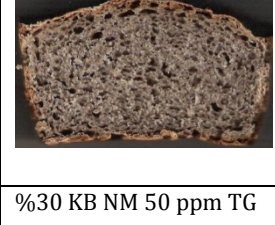
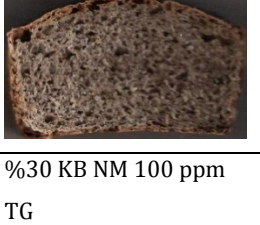
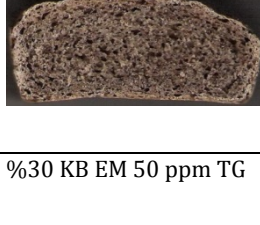
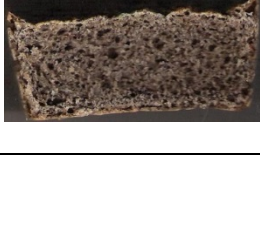
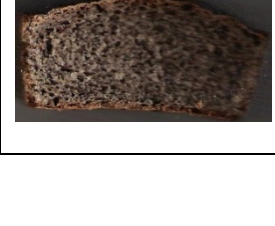
Şekil A. 1 Farinograf grafikleri

EK B. Tip 650 ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda karabuğday ve transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi sonucundan elde edilen grafikleri



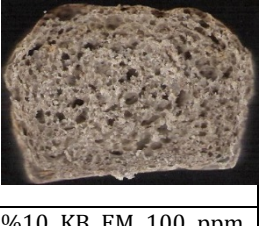
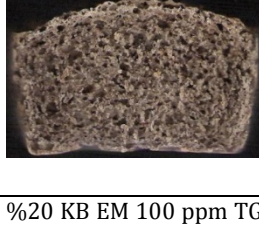
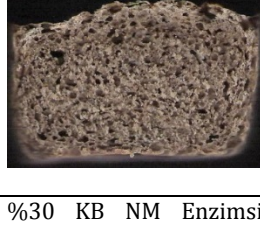
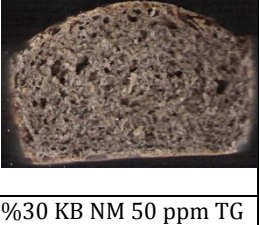
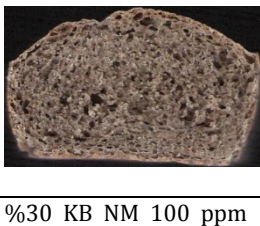
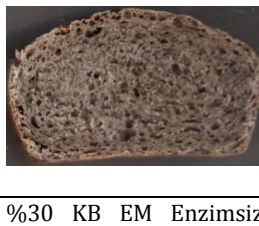
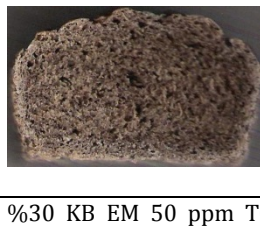
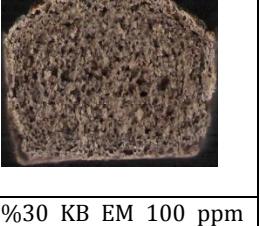
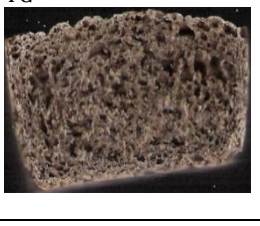
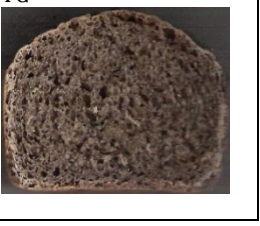
Şekil B. 1. SMS/Kieffer grafikleri

EK C. 1. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

Tip 650 NM Enzimsiz 	Tip 650 NM 50 ppm TG 	Tip 650 NM 100 ppm TG 	Tip 650 EM Enzimsiz 
Tip 650 EM 50 ppm TG 	Tip 650 EM 100 ppm TG 	%10 KB NM Enzimsiz 	%10 KB NM 50 ppm TG 
%10 KB NM 100 ppm TG 	%10 KB EM Enzimsiz 	%10 KB EM 50 ppm TG 	%10 KB EM 100 ppm TG 
%20 KB NM Enzimsiz 	%20 KB NM 50 ppm TG 	%20 KB NM 100 ppm TG 	%20 KB EM Enzimsiz 
%20 KB EM 50 ppm TG 	%20 KB EM 100 ppm TG 	%30 KB NM Enzimsiz 	%30 KB NM 50 ppm TG 
%30 KB NM 100 ppm TG 	%30 KB EM Enzimsiz 	%30 KB EM 50 ppm TG 	%30 KB EM 100 ppm TG 

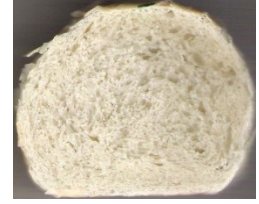
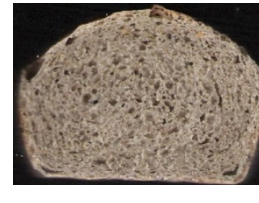
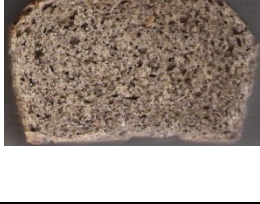
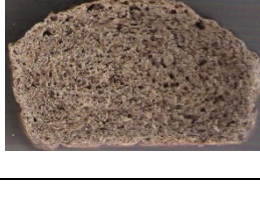
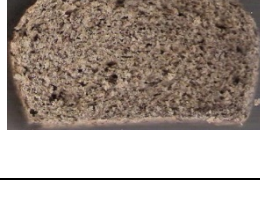
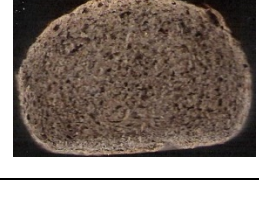
Şekil C. 1. 1. gün gözenek yapıları

EK C1. 3. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

Tip 650 NM Enzimsiz 	Tip 650 NM 50 ppm TG 	Tip 650 NM 100 ppm TG 	Tip 650 EM Enzimsiz 
Tip 650 EM 50 ppm TG 	Tip 650 EM 100 ppm TG 	%10 KB NM Enzimsiz 	%10 KB NM 50 ppm TG 
%10 KB NM 100 ppm TG 	%10 KB EM Enzimsiz 	%10 KB EM 50 ppm TG 	%10 KB EM 100 ppm TG 
%20 KB NM Enzimsiz 	%20 KB NM 50 ppm TG 	%20 KB NM 100 ppm TG 	%20 KB EM Enzimsiz 
%20 KB EM 50 ppm TG 	%20 KB EM 100 ppm TG 	%30 KB NM Enzimsiz 	%30 KB NM 50 ppm TG 
%30 KB NM 100 ppm TG 	%30 KB EM Enzimsiz 	%30 KB EM 50 ppm TG 	%30 KB EM 100 ppm TG 

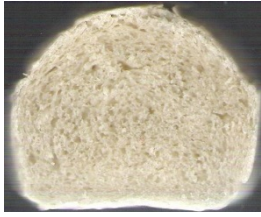
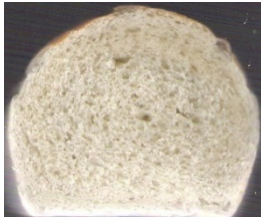
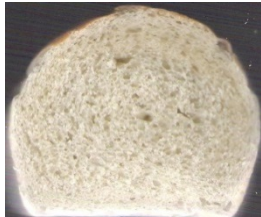
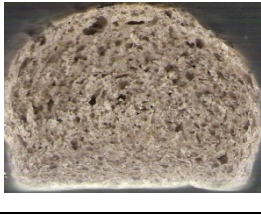
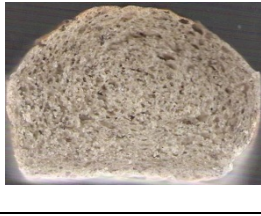
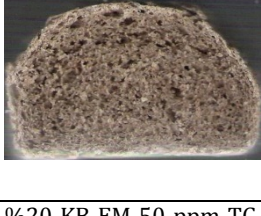
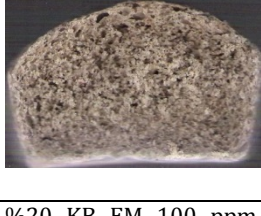
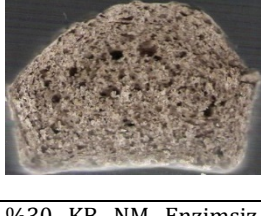
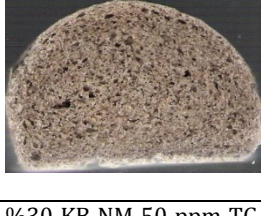
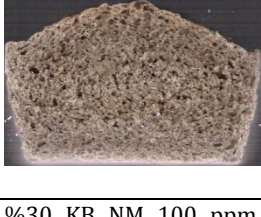
Şekil C1. 1. 3. gün gözenek yapıları

Ek C2. 15. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

Tip 650 NM Enzimsiz 	Tip 650 NM 50 ppm TG 	Tip 650 NM 100 ppm TG 	Tip 650 EM Enzimsiz 
Tip 650 EM 50 ppm TG 	Tip 650 EM 100 ppm TG 	%10 KB NM Enzimsiz 	%10 KB NM 50 ppm TG 
%10 KB NM 100 ppm TG 	%10 KB EM Enzimsiz 	%10 KB EM 50 ppm TG 	%10 KB EM 100 ppm TG 
%20 KB NM Enzimsiz 	%20 KB NM 50 ppm TG 	%20 KB NM 100 ppm TG 	%20 KB EM Enzimsiz 
%20 KB EM 50 ppm TG 	%20 KB EM 100 ppm TG 	%30 KB NM Enzimsiz 	%30 KB NM 50 ppm TG 
%30 KB NM 100 ppm TG 	%30 KB EM Enzimsiz 	%30 KB EM 50 ppm TG 	%30 KB EM 100 ppm TG 

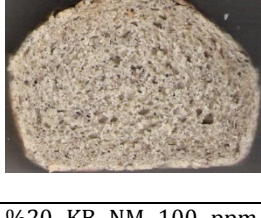
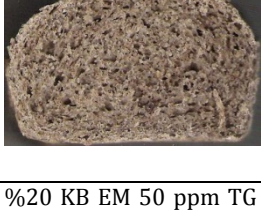
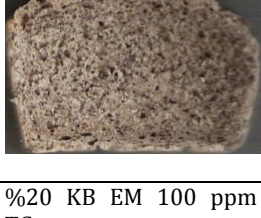
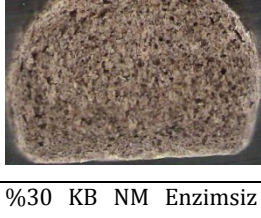
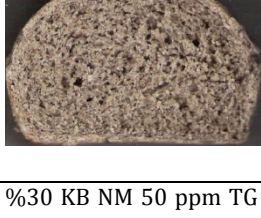
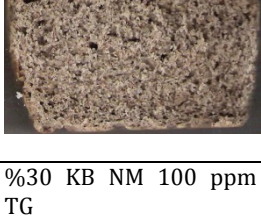
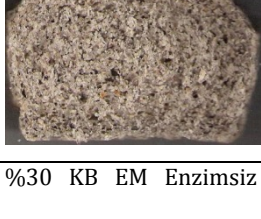
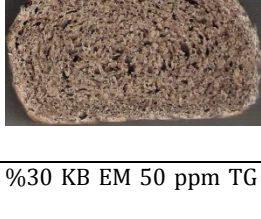
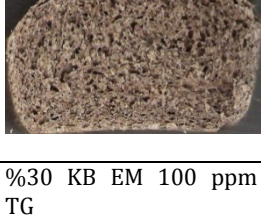
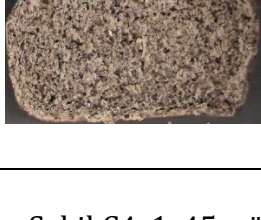
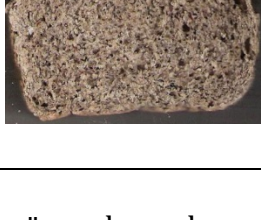
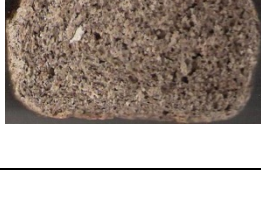
Şekil C2. 1. 15. gün gözenek yapıları

EK C3. 30. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

Tip 650 NM Enzimsiz 	Tip 650 NM 50 ppm TG 	Tip 650 NM 100 ppm TG 	Tip 650 EM Enzimsiz 
Tip 650 EM 50 ppm TG 	Tip 650 EM 100 ppm TG 	%10 KB NM Enzimsiz 	%10 KB NM 50 ppm TG 
%10 KB NM 100 ppm TG 	%10 KB EM Enzimsiz 	%10 KB EM 50 ppm TG 	%10 KB EM 100 ppm TG 
%20 KB NM Enzimsiz 	%20 KB NM 50 ppm TG 	%20 KB NM 100 ppm TG 	%20 KB EM Enzimsiz 
%20 KB EM 50 ppm TG 	%20 KB EM 100 ppm TG 	%30 KB NM Enzimsiz 	%30 KB NM 50 ppm TG 
%30 KB NM 100 ppm TG 	%30 KB EM Enzimsiz 	%30 KB EM 50 ppm TG 	%30 KB EM 100 ppm TG 

Şekil C3. 1. 30. gün gözenek yapıları

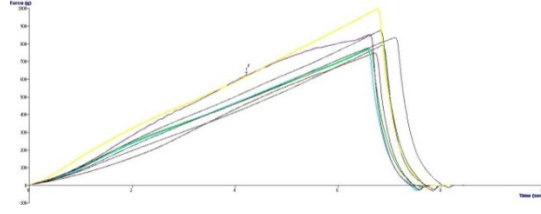
EK C4. 45. gün pişirilen ekmek örneklerinin ekmek içi gözenek yapıları

Tip 650 NM Enzimsiz	Tip 650 NM 50 ppm TG	Tip 650 NM 100 ppm TG	Tip 650 EM Enzimsiz
			
Tip 650 EM 50 ppm TG	Tip 650 EM 100 ppm TG	%10 KB NM Enzimsiz	%10 KB NM 50 ppm TG
			
%10 KB NM 100 ppm TG	%10 KB EM Enzimsiz	%10 KB EM 50 ppm TG	%10 KB EM 100 ppm TG
			
%20 KB NM Enzimsiz	%20 KB NM 50 ppm TG	%20 KB NM 100 ppm TG	%20 KB EM Enzimsiz
			
%20 KB EM 50 ppm TG	%20 KB EM 100 ppm TG	%30 KB NM Enzimsiz	%30 KB NM 50 ppm TG
			
%30 KB NM 100 ppm TG	%30 KB EM Enzimsiz	%30 KB EM 50 ppm TG	%30 KB EM 100 ppm TG
			

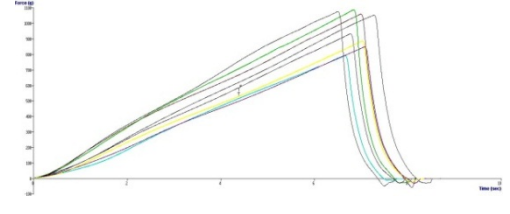
Şekil C4. 1. 45. gün gözenek yapıları

EK D. Ekmek içi sertlik grafikleri 1. gün

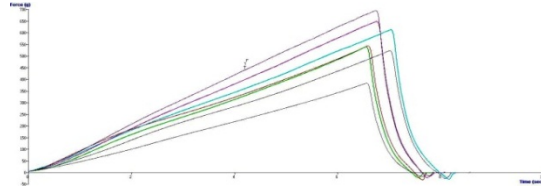
Tip 650 NM enzimsiz



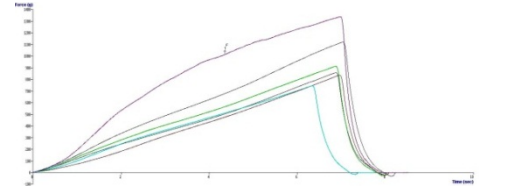
Tip 650 NM 50 ppm



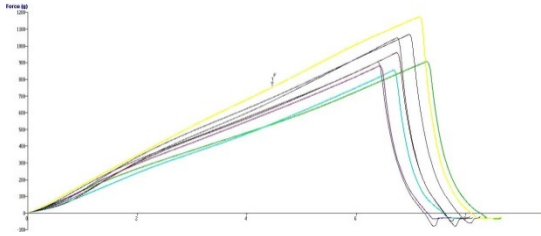
Tip 650 NM 100 ppm



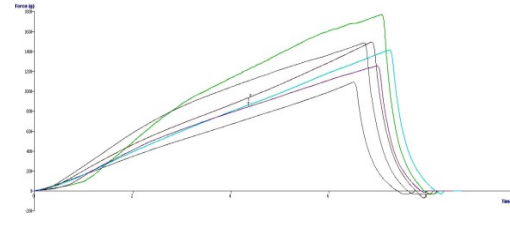
Tip 650 EM enzimsiz



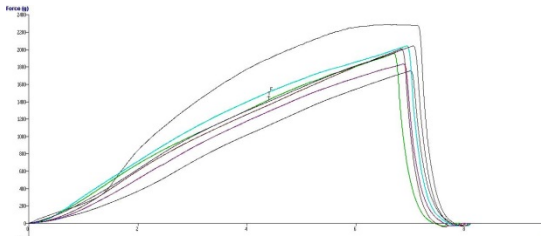
Tip 650 EM 50 ppm



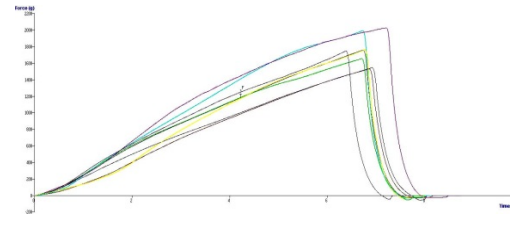
Tip 650 EM 100 ppm



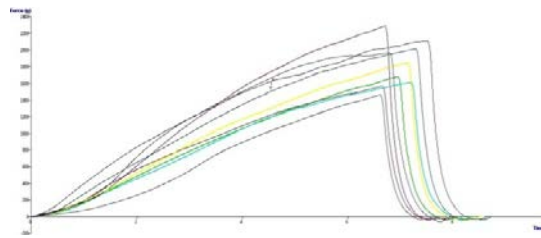
%10 KB NM enzimsiz



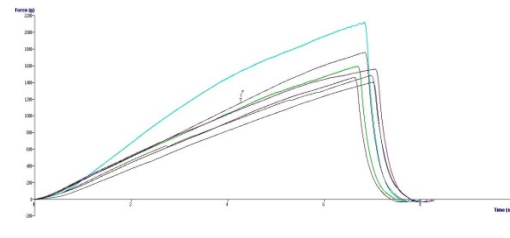
%10 KB NM 50 ppm



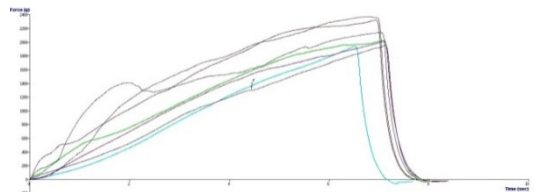
%10 KB NM 100 ppm



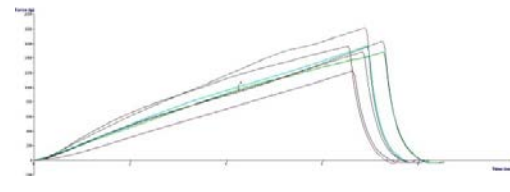
%10 KB EM enzimsiz

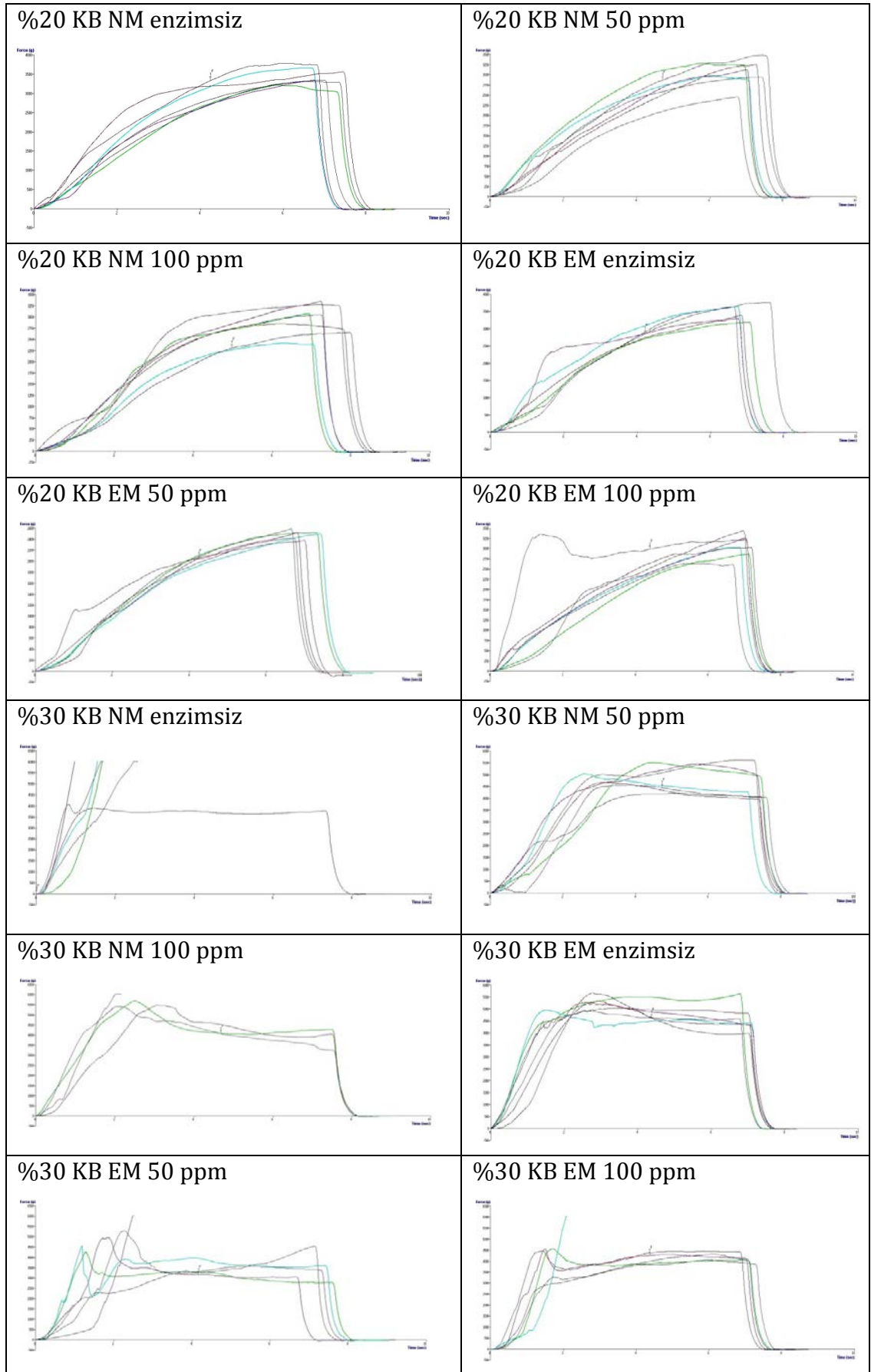


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

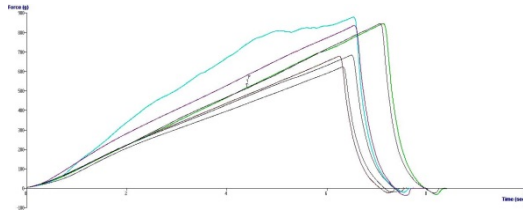




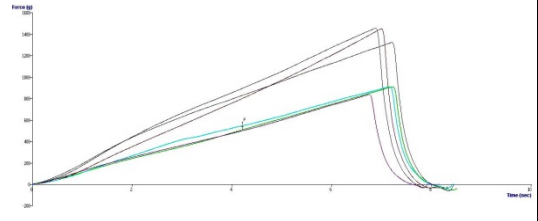
Şekil D. 1. 1. gün sertlik grafikleri

EK D1. Ekmek içi sertlik grafikleri 3. gün

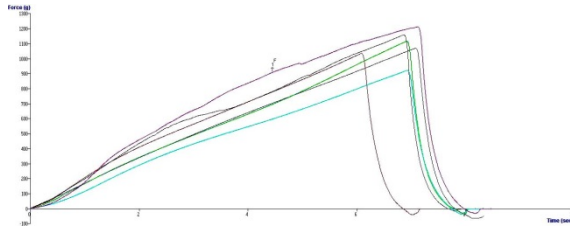
Tip 650 NM enzimsiz



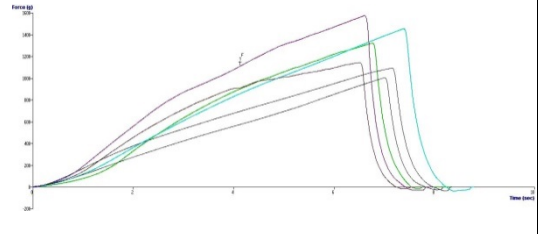
Tip 650 NM 50 ppm



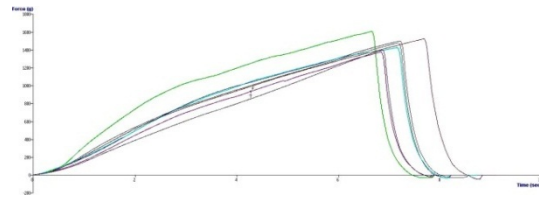
Tip 650 NM 100 ppm



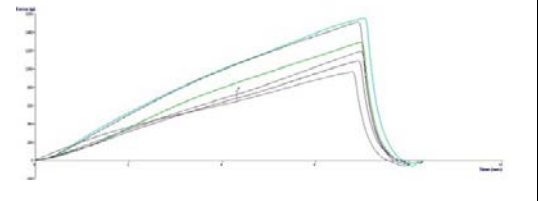
Tip 650 EM enzimsiz



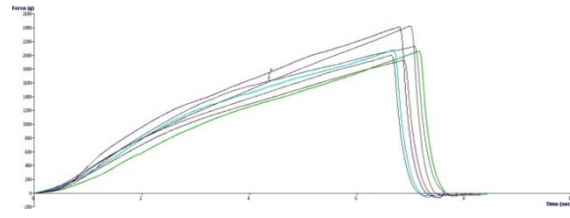
Tip 650 EM 50 ppm



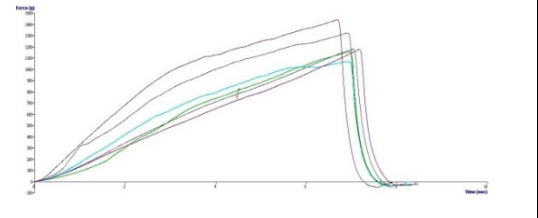
Tip 650 EM 100 ppm



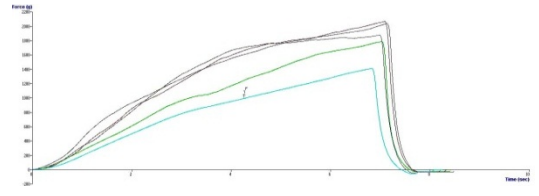
%10 KB NM enzimsiz



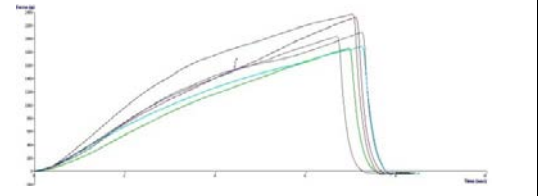
%10 KB NM 50 ppm



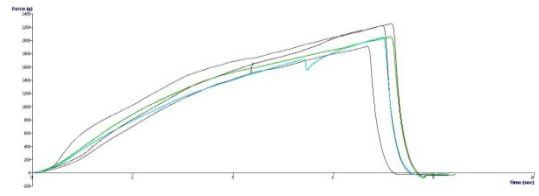
%10 KB NM 100 ppm



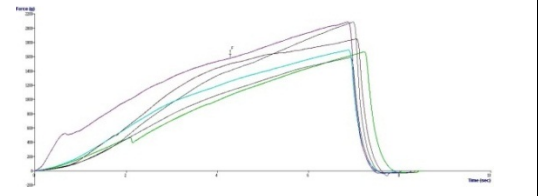
%10 KB EM enzimsiz

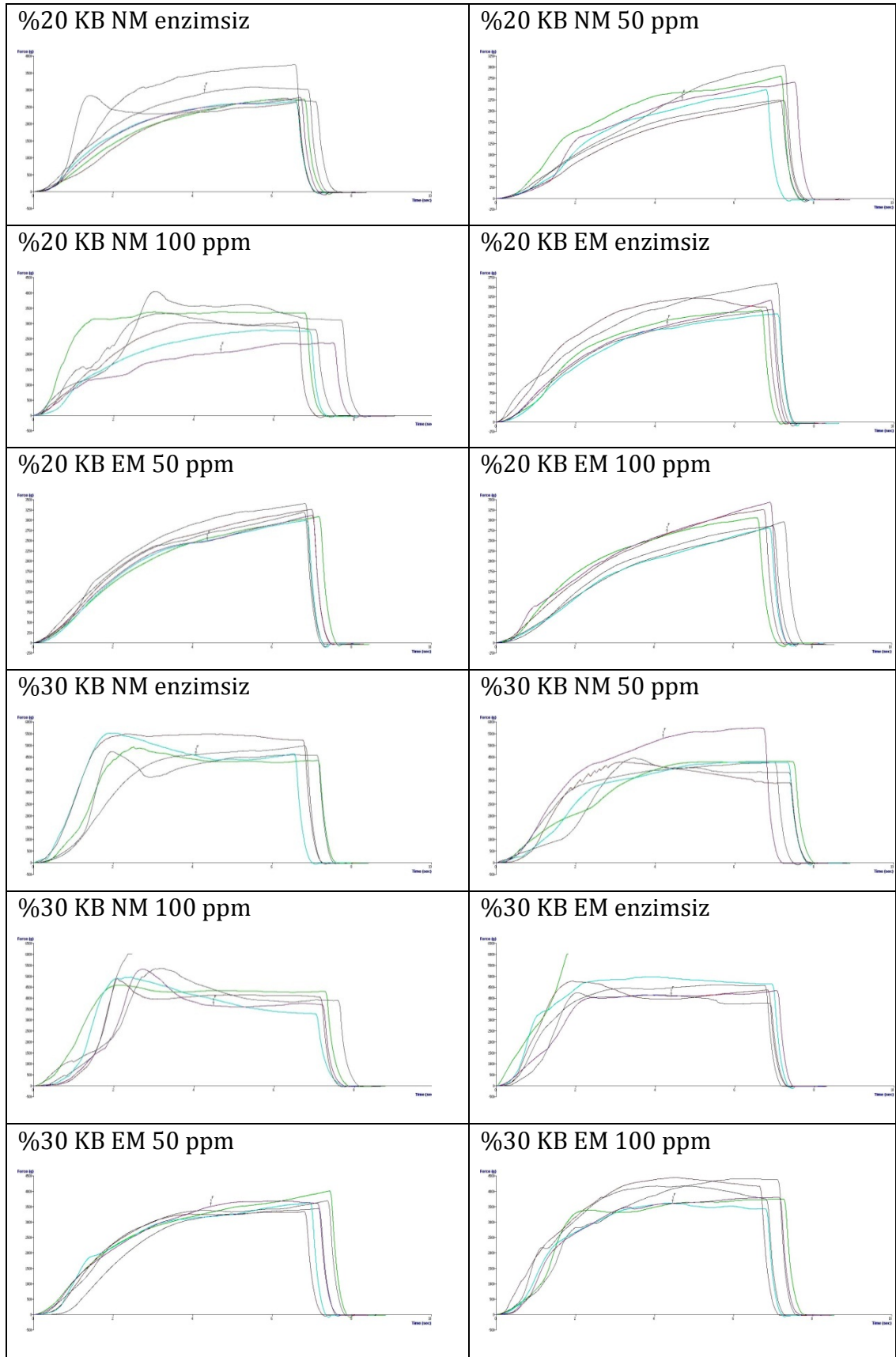


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

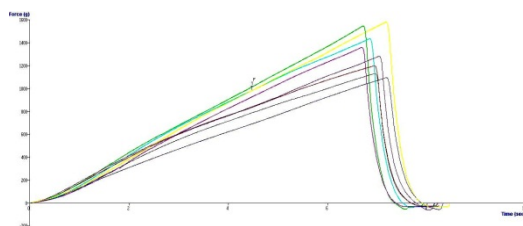




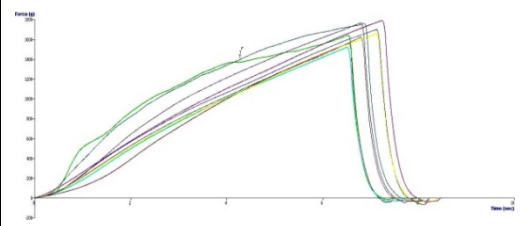
Şekil D1. 1. 3. gün sertlik grafikleri

EK D2. Ekmek içi sertlik grafikleri 15. gün

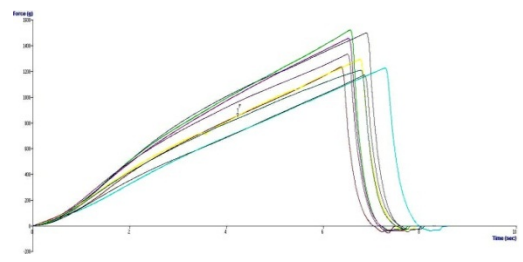
Tip 650 NM enzimsiz



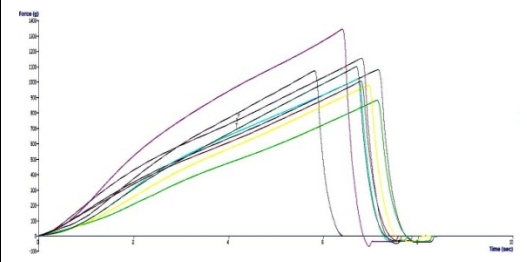
Tip 650 NM 50 ppm



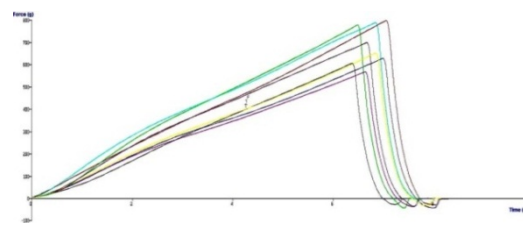
Tip 650 NM 100 ppm



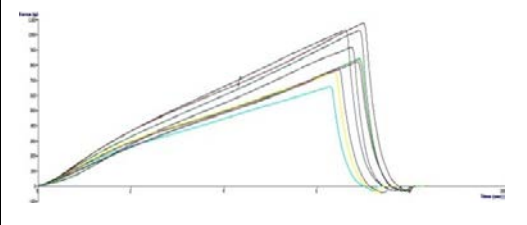
Tip 650 EM enzimsiz



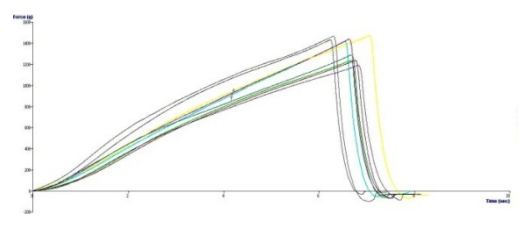
Tip 650 EM 50 ppm



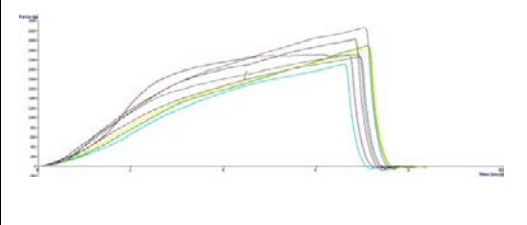
Tip 650 EM 100 ppm



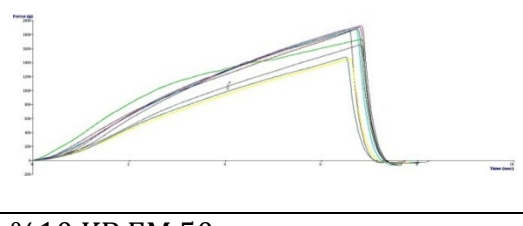
%10 KB NM enzimsiz



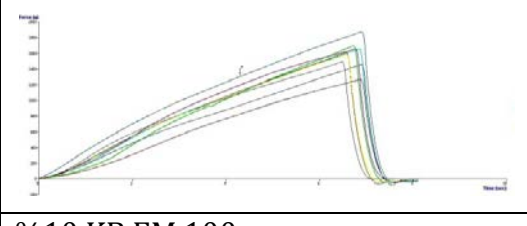
%10 KB NM 50 ppm



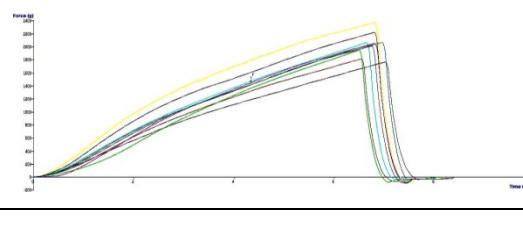
%10 KB NM 100 ppm



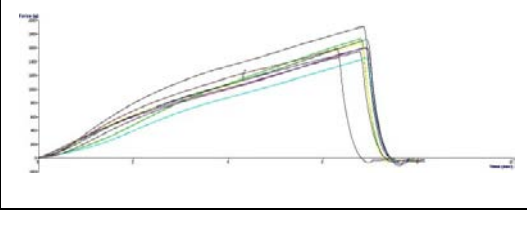
%10 KB EM enzimsiz

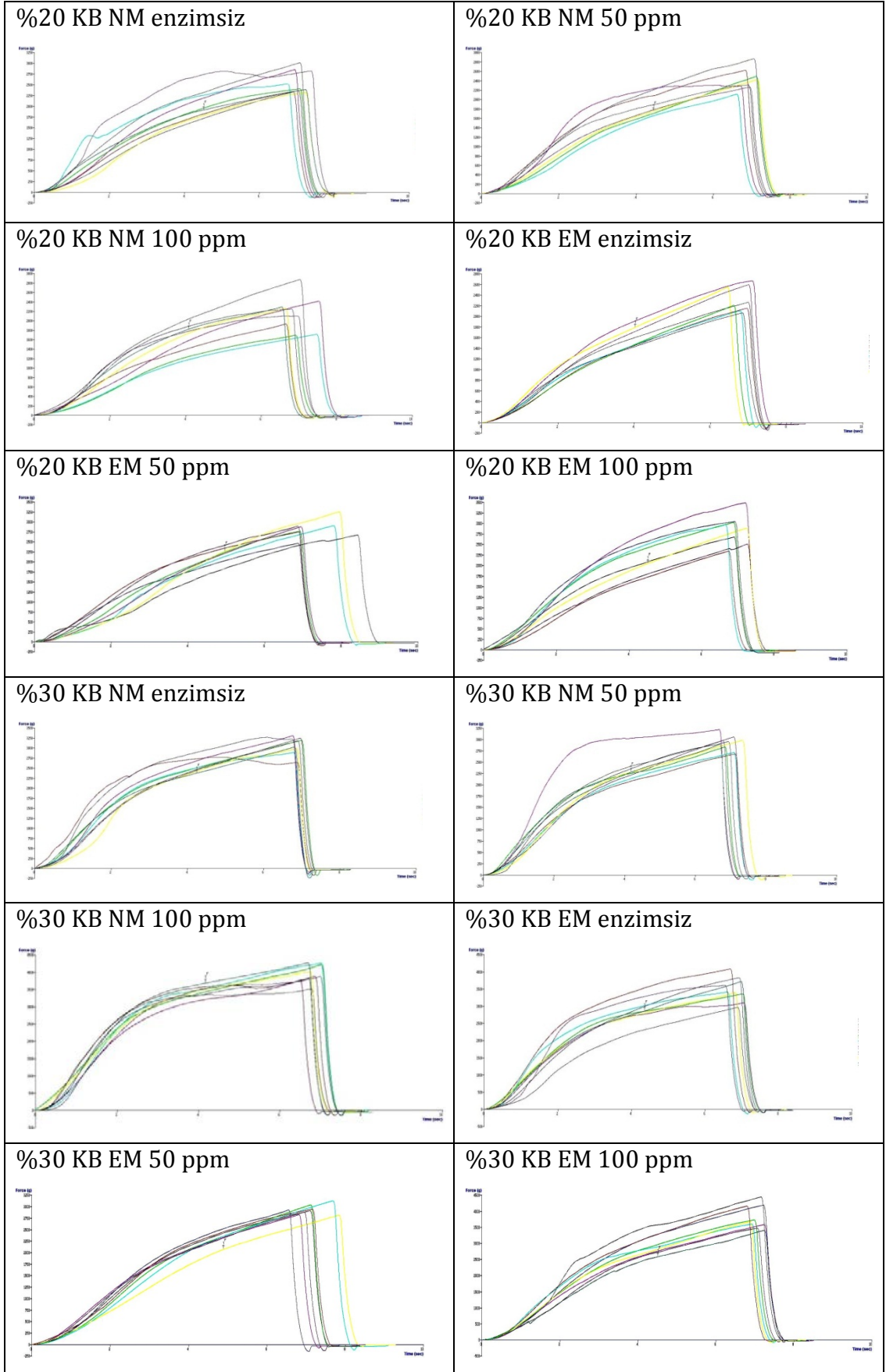


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

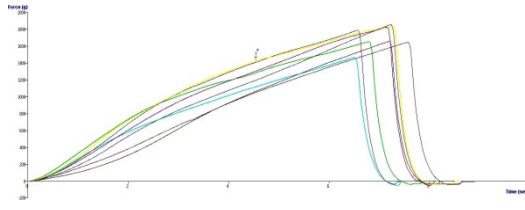




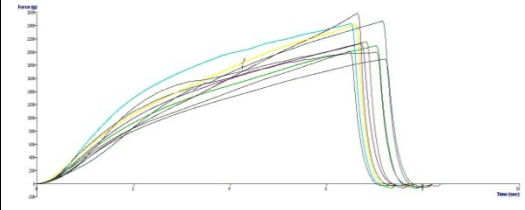
Şekil D2. 1. 15. gün sertlik grafikleri

EK D3. Ekmek içi sertlik grafikleri 30. gün

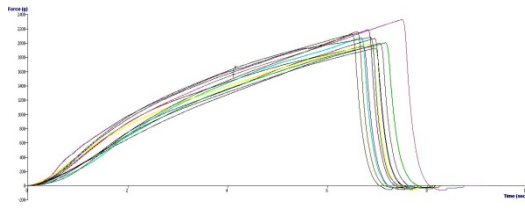
Tip 650 NM enzimsiz



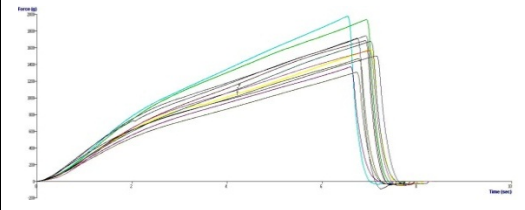
Tip 650 NM 50 ppm



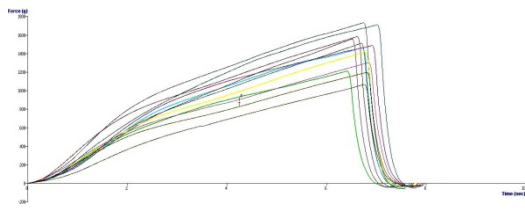
Tip 650 NM 100 ppm



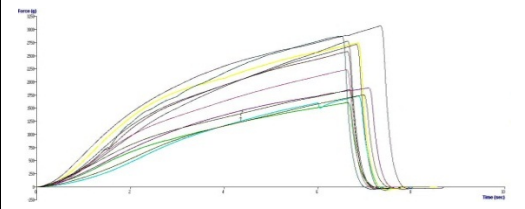
Tip 650 EM enzimsiz



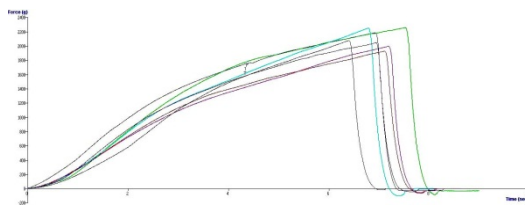
Tip 650 EM 50 ppm



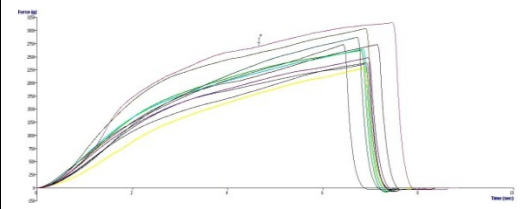
Tip 650 EM 100 ppm



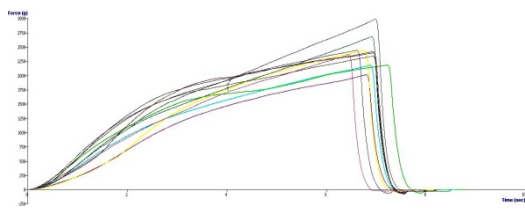
%10 KB NM enzimsiz



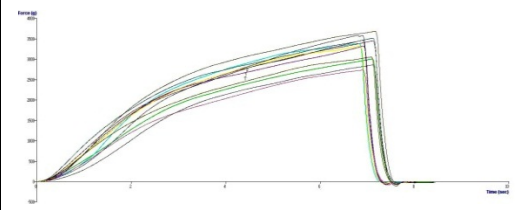
%10 KB NM 50 ppm



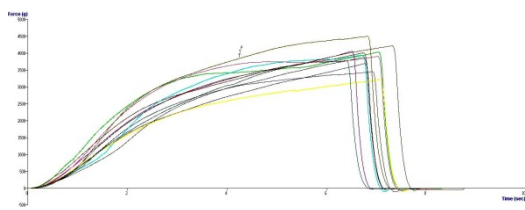
%10 KB NM 100 ppm



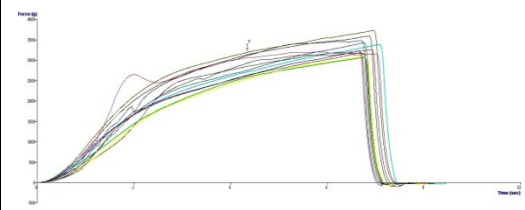
%10 KB EM enzimsiz

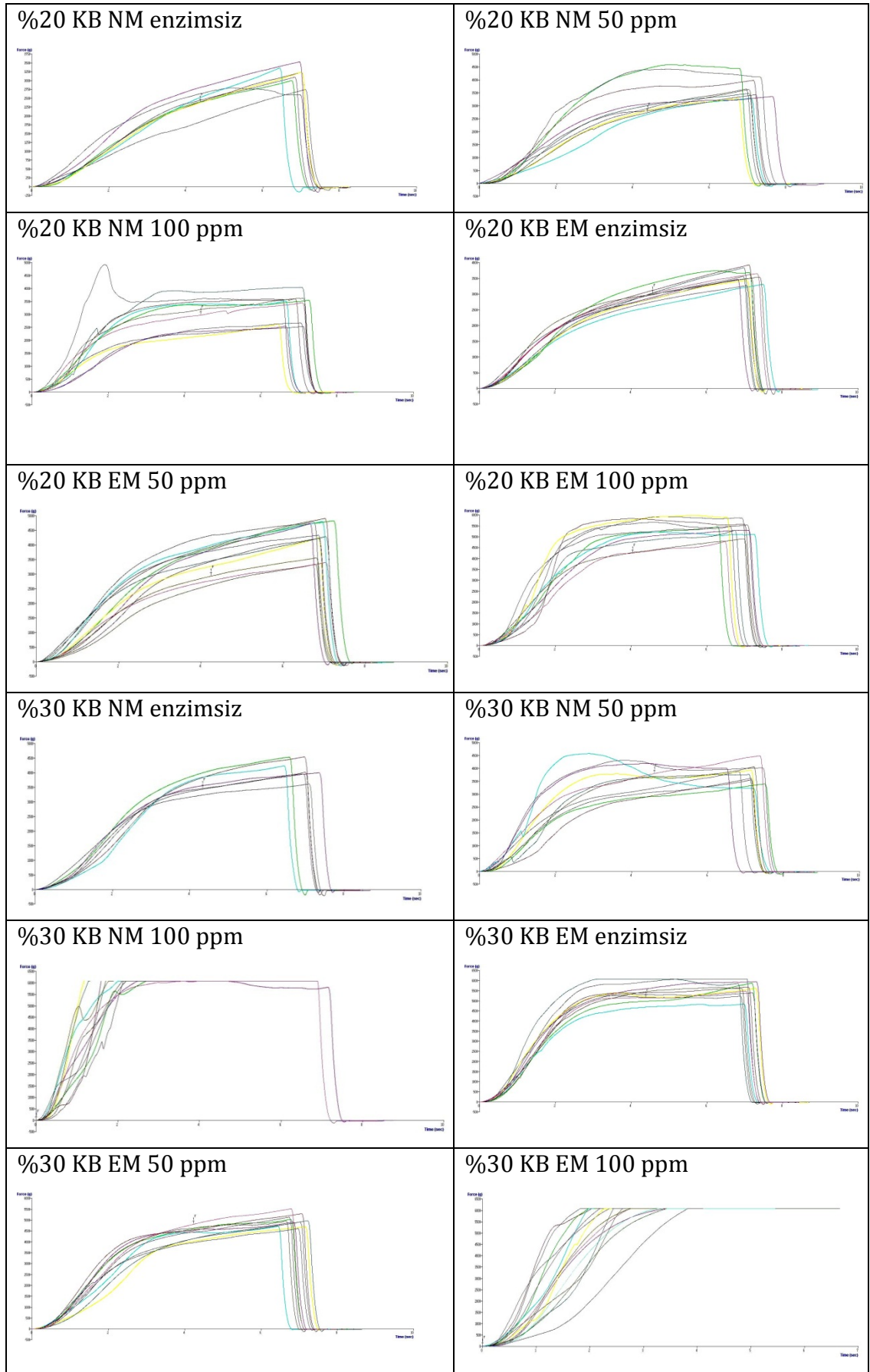


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

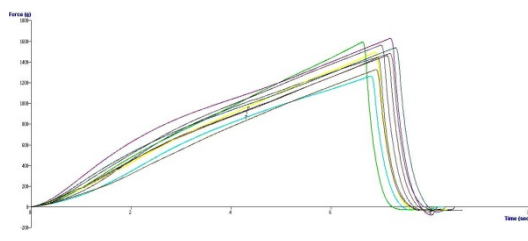




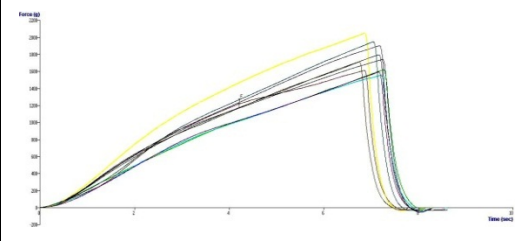
Şekil D3. 1. 30. gün sertlik grafikleri

EK D4. Ekmek içi sertlik grafikleri 45. gün

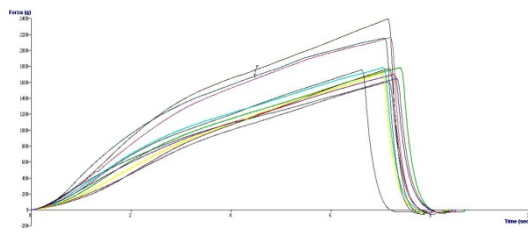
Tip 650 NM enzimsiz



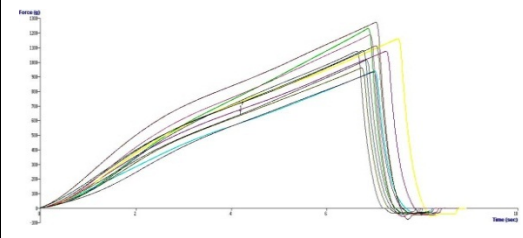
Tip 650 NM 50 ppm



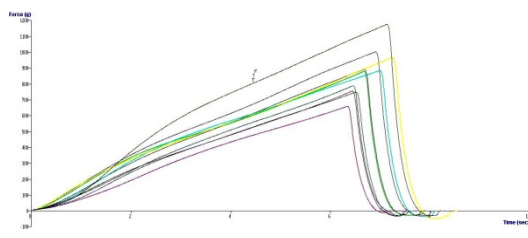
Tip 650 NM 100 ppm



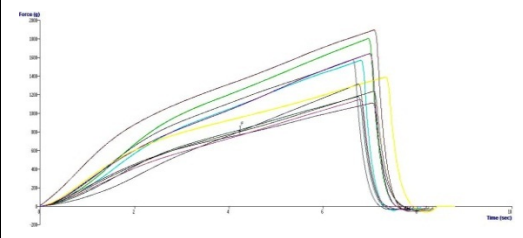
Tip 650 EM enzimsiz



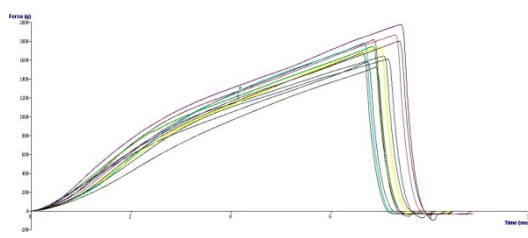
Tip 650 EM 50 ppm



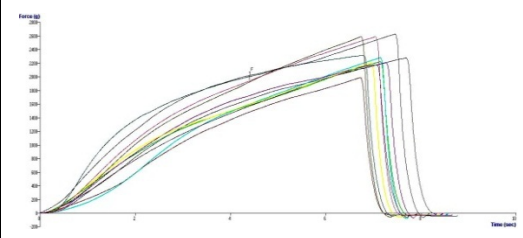
Tip 650 EM 100 ppm



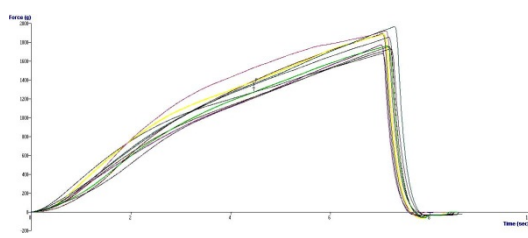
%10 KB NM enzimsiz



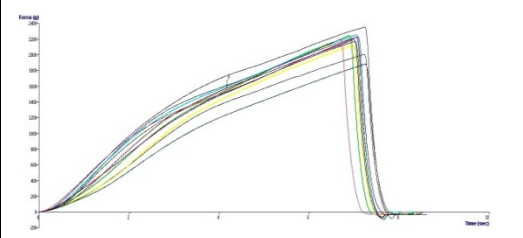
%10 KB NM 50 ppm



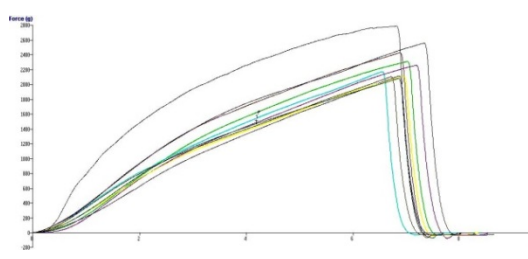
%10 KB NM 100 ppm



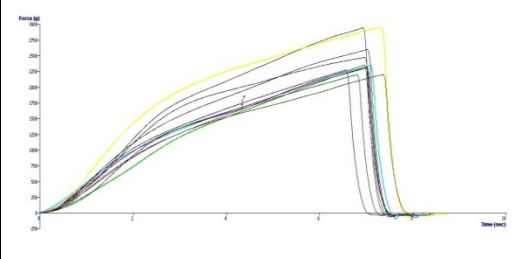
%10 KB EM enzimsiz

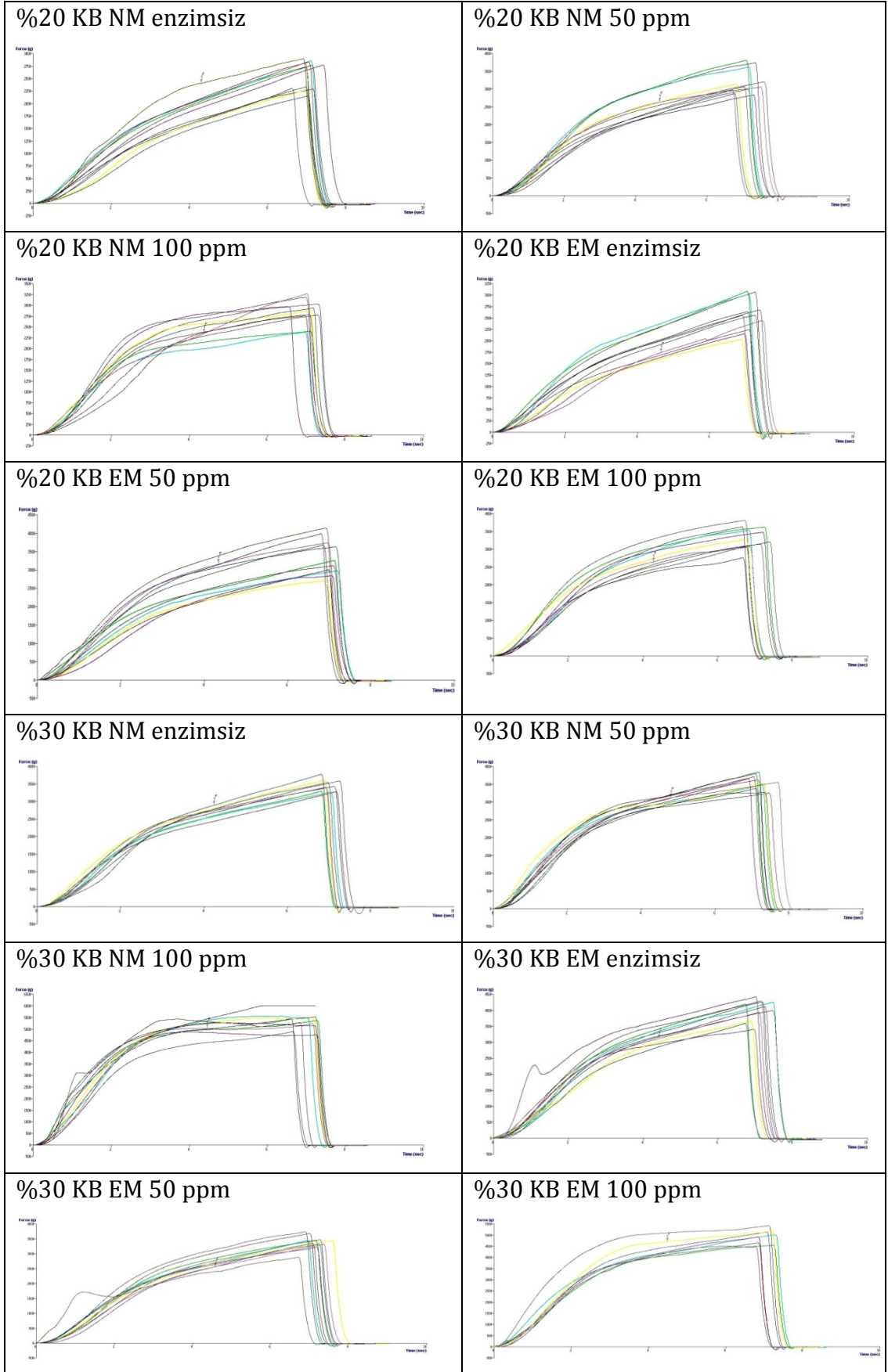


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

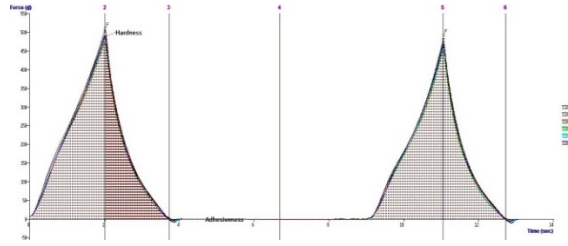




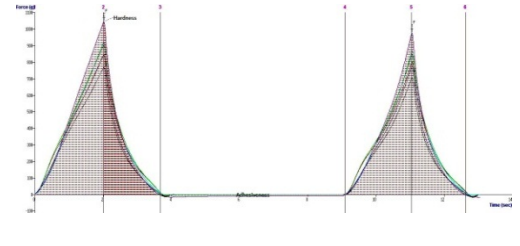
Şekil D4. 1. 45. gün sertlik grafikleri

EK E. Ekmek içi 1. gün TPA grafikleri

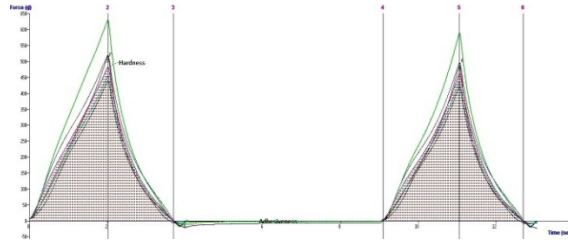
Tip 650 NM enzimsiz



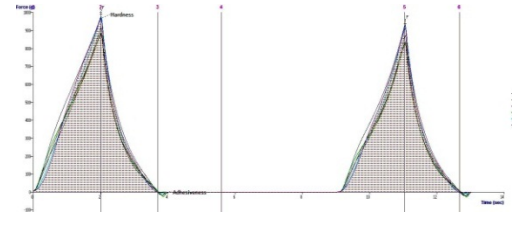
Tip 650 NM 50 ppm



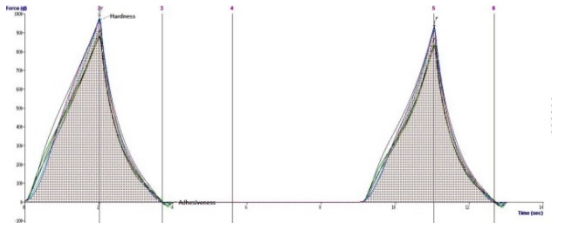
Tip 650 NM 100 ppm



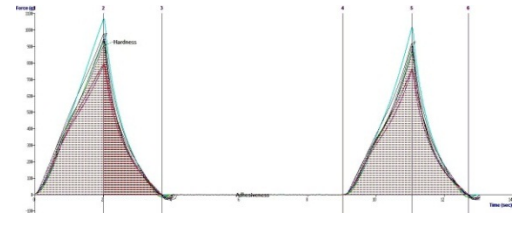
Tip 650 EM enzimsiz



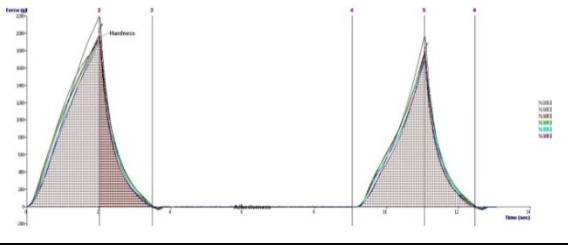
Tip 650 EM 50 ppm



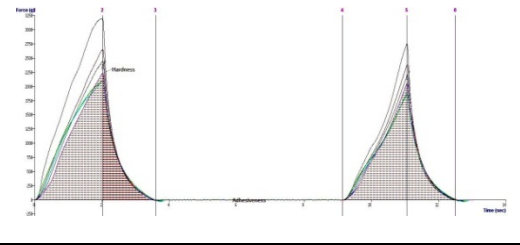
Tip 650 EM 100 ppm



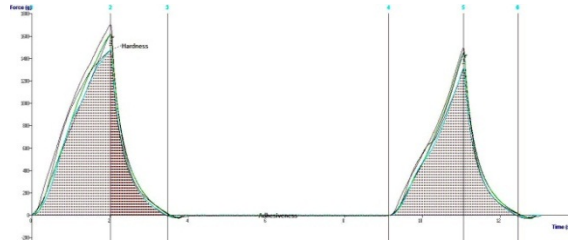
%10 KB NM enzimsiz



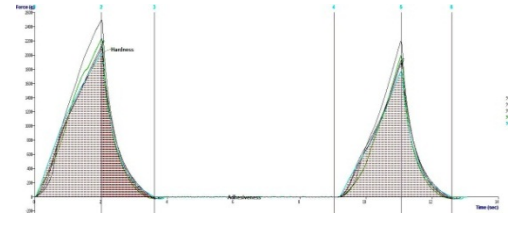
%10 KB NM 50 ppm



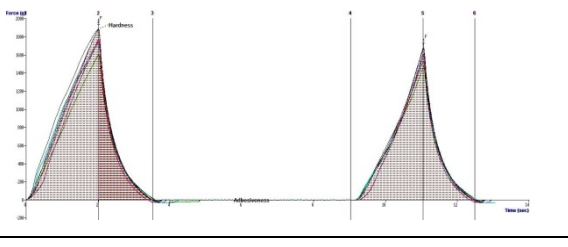
%10 KB NM 100 ppm



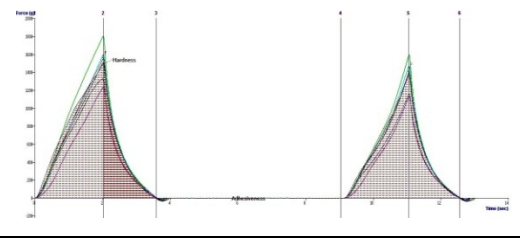
%10 KB EM enzimsiz

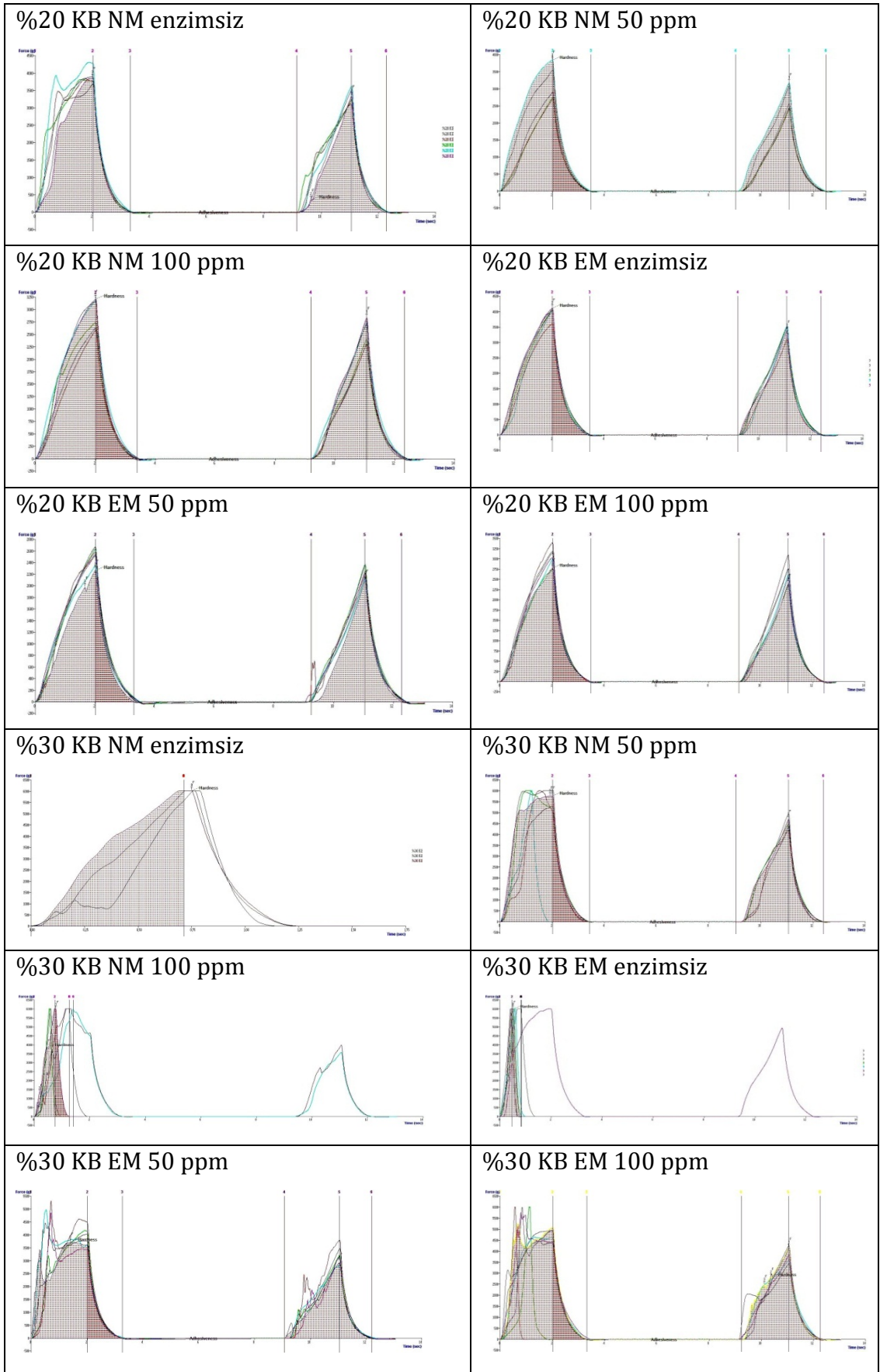


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

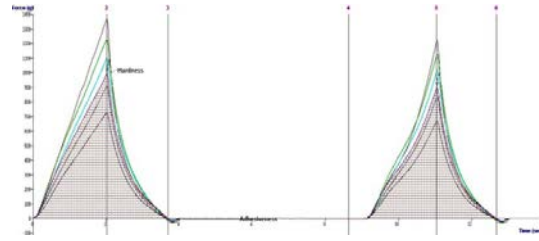




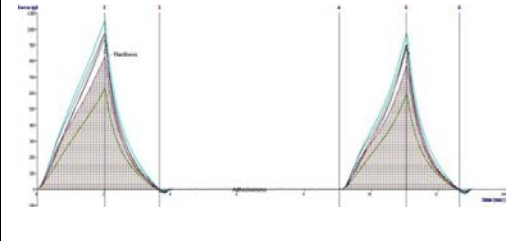
Şekil E. 1. 1. gün TPA grafikleri

EK E1. Ekmek içi 3. gün TPA grafikleri

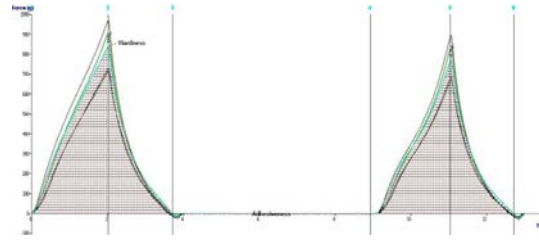
Tip 650 NM enzimsiz



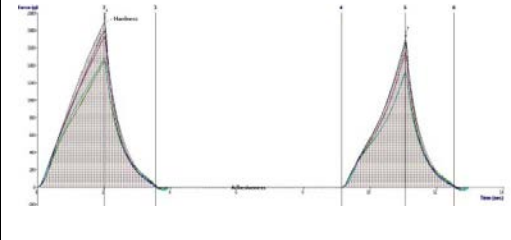
Tip 650 NM 50 ppm



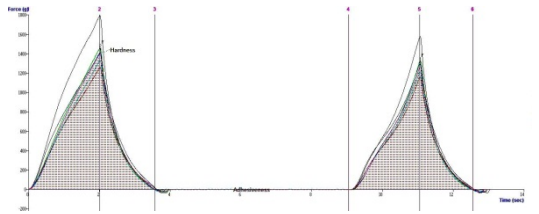
Tip 650 NM 100 ppm



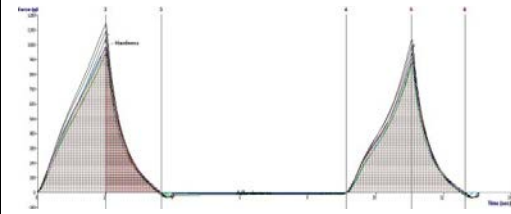
Tip 650 EM enzimsiz



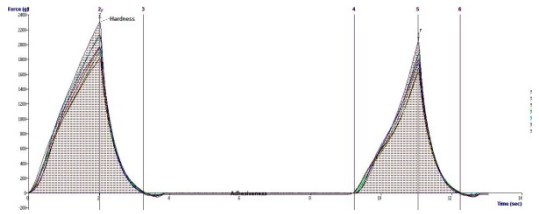
Tip 650 EM 50 ppm



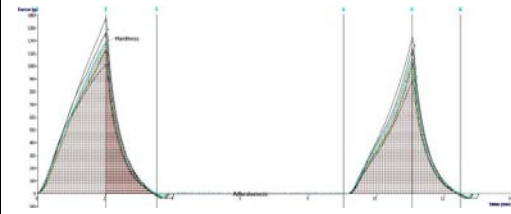
Tip 650 EM 100 ppm



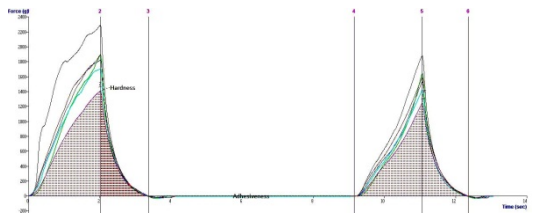
%10 KB NM enzimsiz



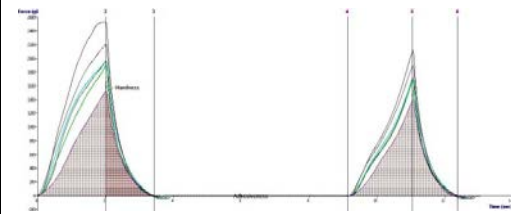
%10 KB NM 50 ppm



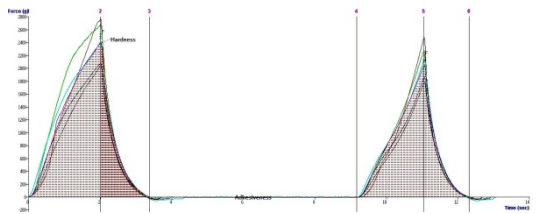
%10 KB NM 100 ppm



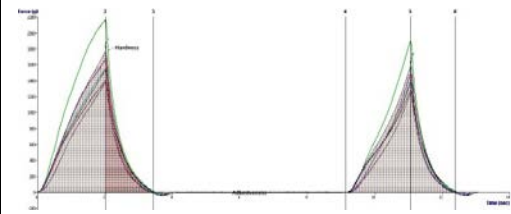
%10 KB EM enzimsiz

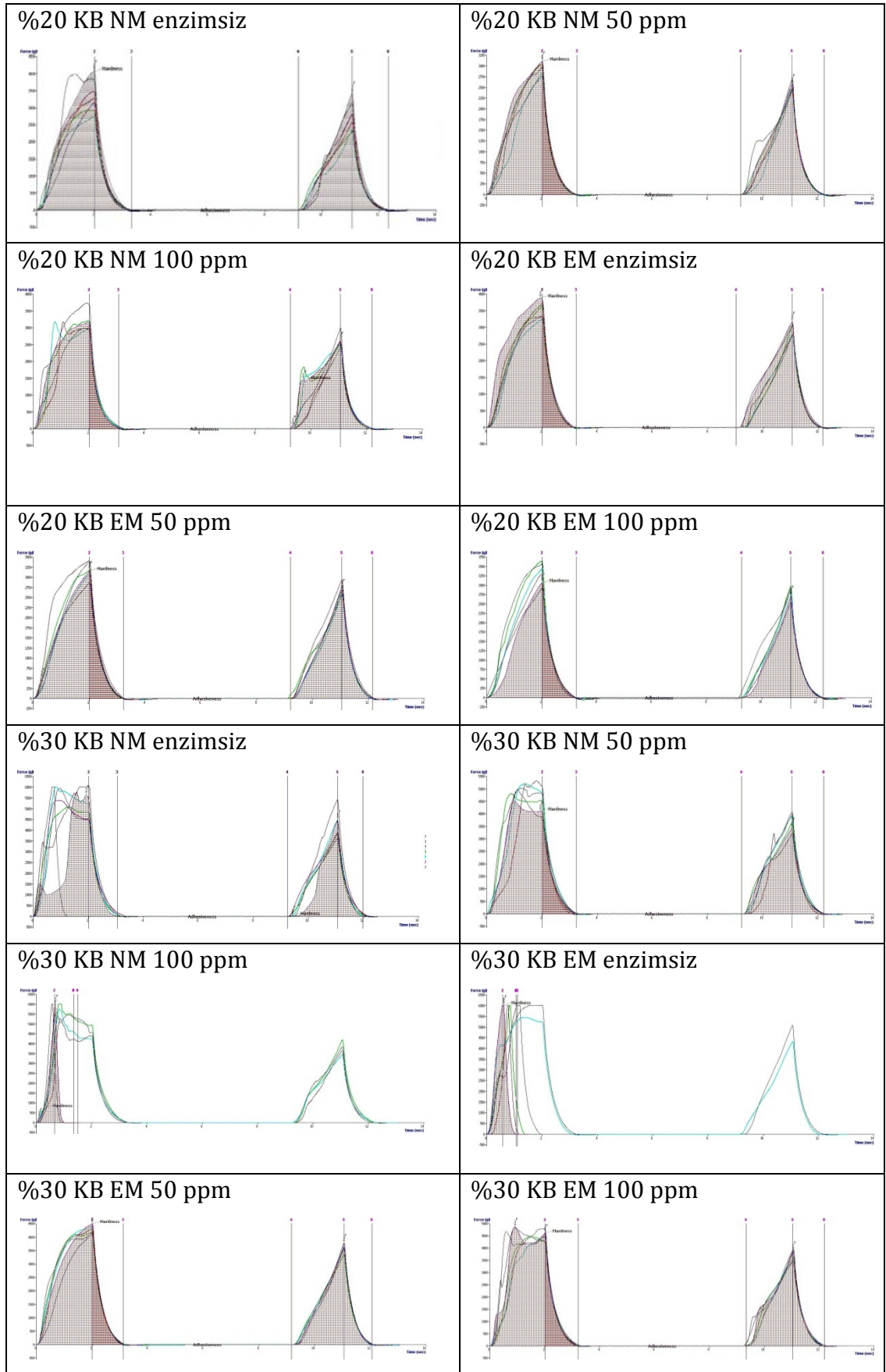


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

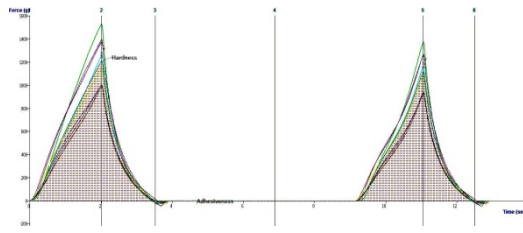




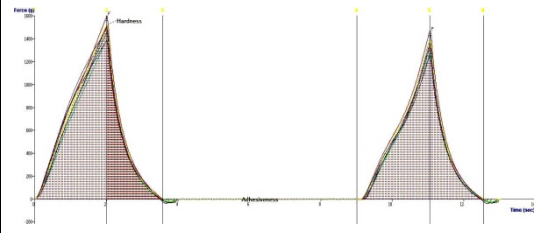
Şekil E1. 1. 3. gün TPA grafikleri

EK E2. Ekmek içi 15. gün TPA grafikleri

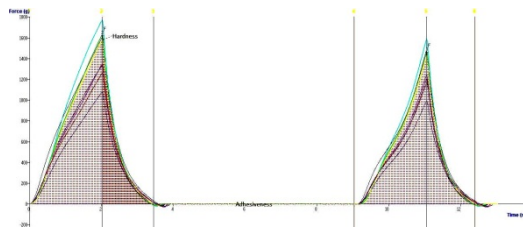
Tip 650 NM enzimsiz



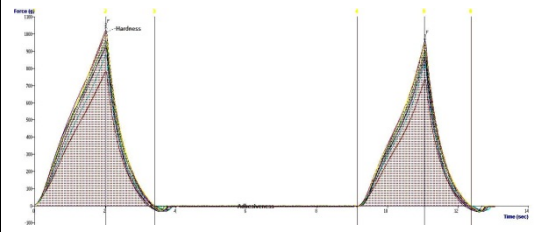
Tip 650 NM 50 ppm



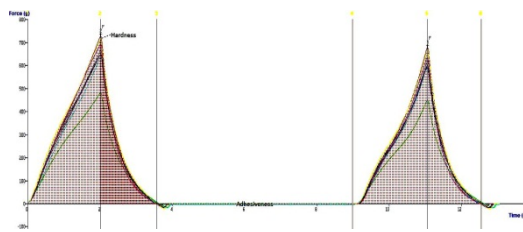
Tip 650 NM 100 ppm



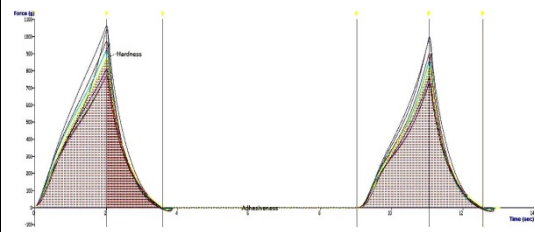
Tip 650 EM enzimsiz



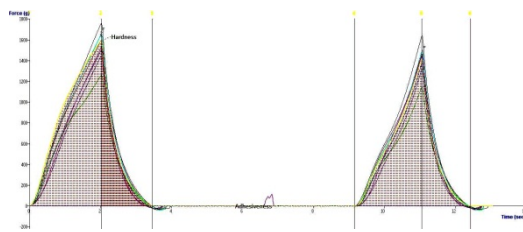
Tip 650 EM 50 ppm



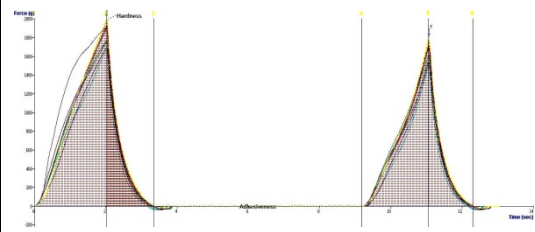
Tip 650 EM 100 ppm



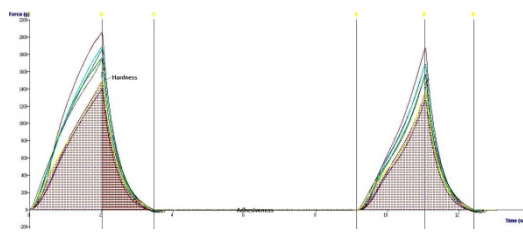
%10 KB NM enzimsiz



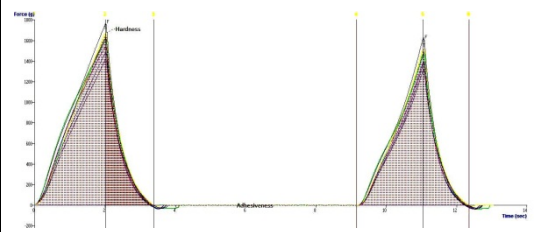
%10 KB NM 50 ppm



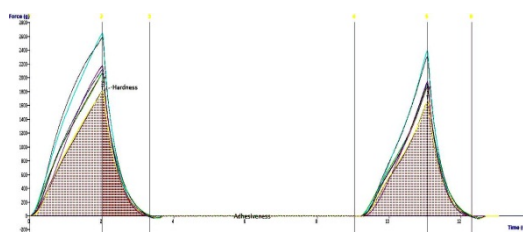
%10 KB NM 100 ppm



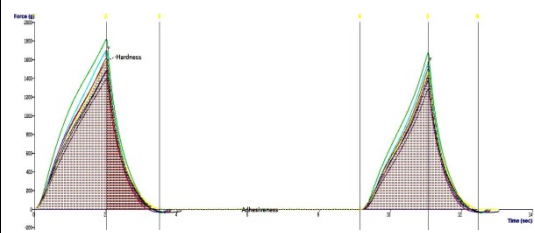
%10 KB EM enzimsiz

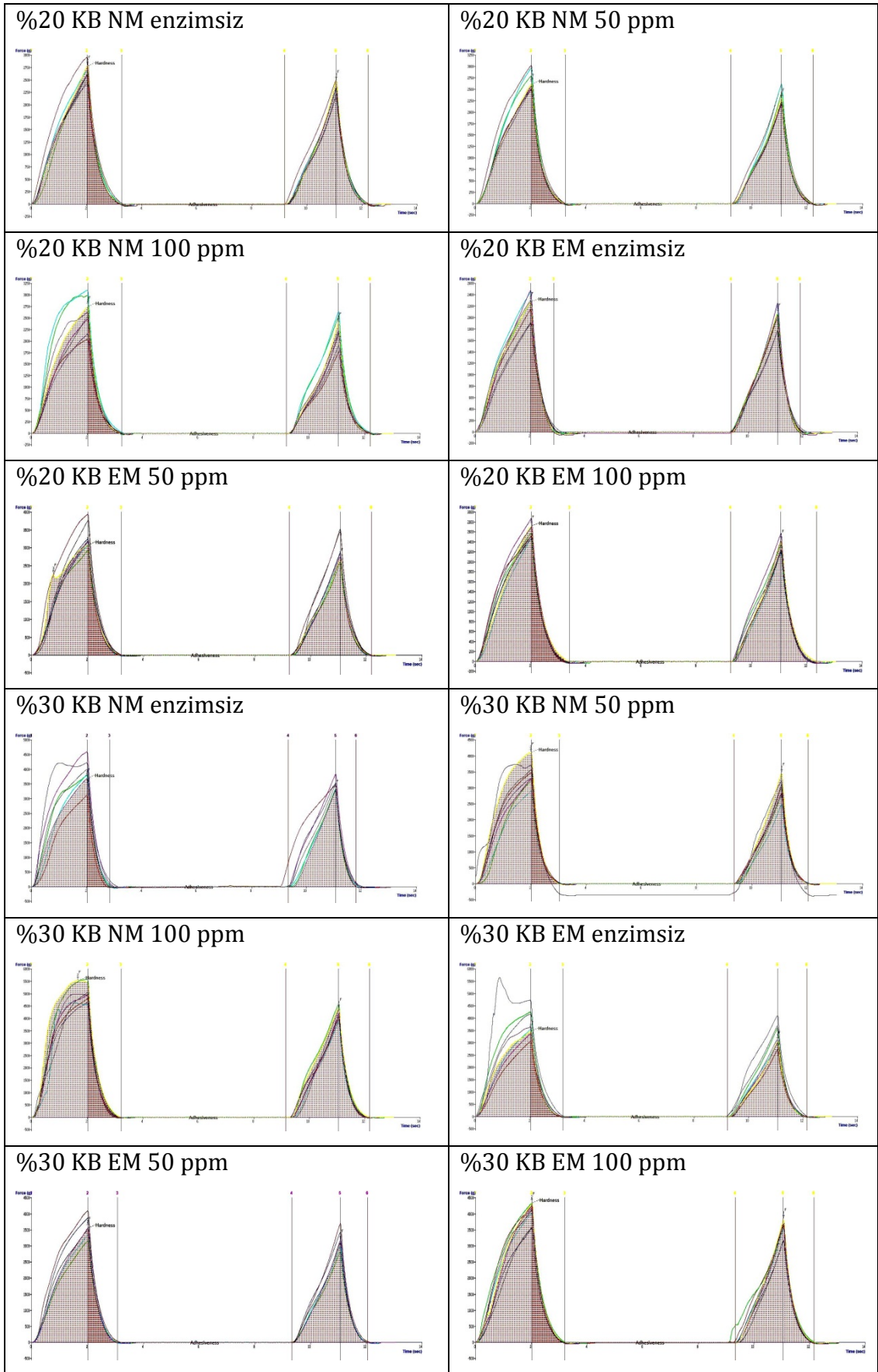


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

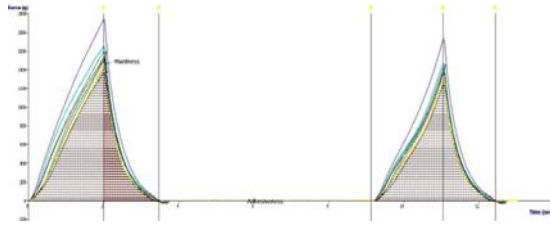




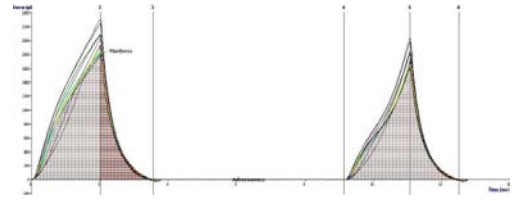
Şekil E2. 1. 15. gün TPA grafikleri

EK E3. Ekmek içi 30. gün TPA grafikleri

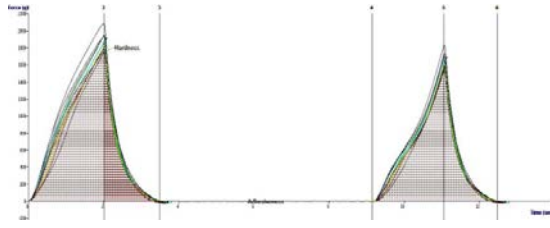
Tip 650 NM enzimsiz



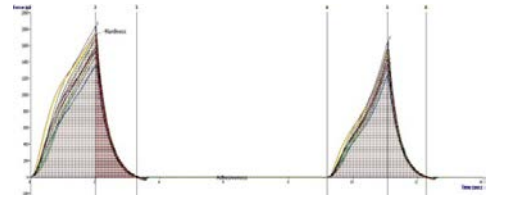
Tip 650 NM 50 ppm



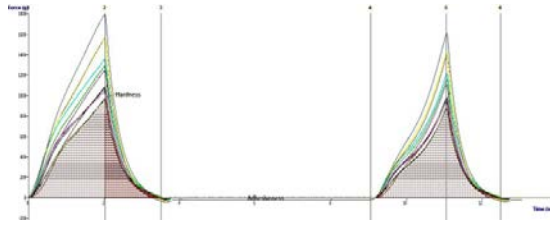
Tip 650 NM 100 ppm



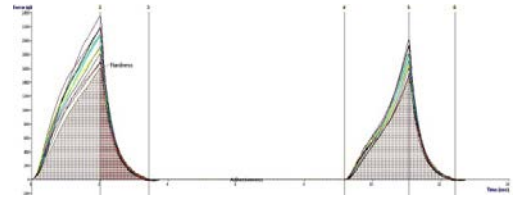
Tip 650 EM enzimsiz



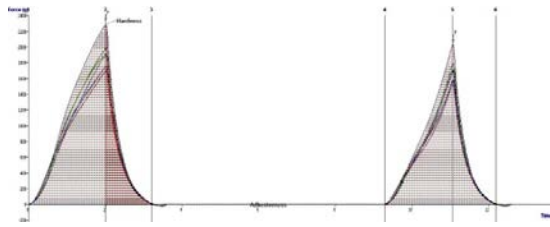
Tip 650 EM 50 ppm



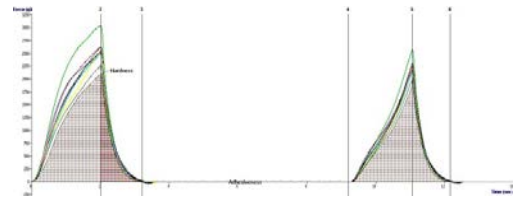
Tip 650 EM 100 ppm



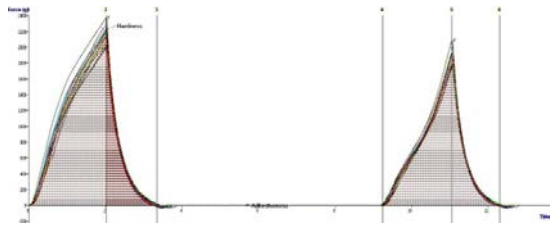
%10 KB NM enzimsiz



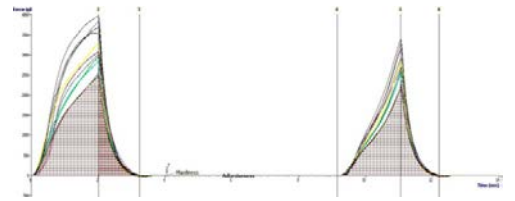
%10 KB NM 50 ppm



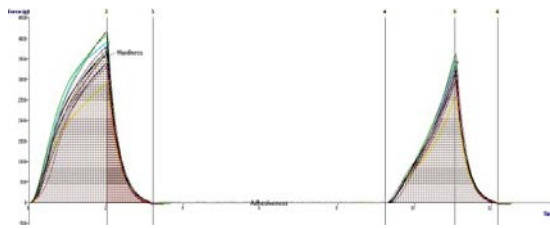
%10 KB NM 100 ppm



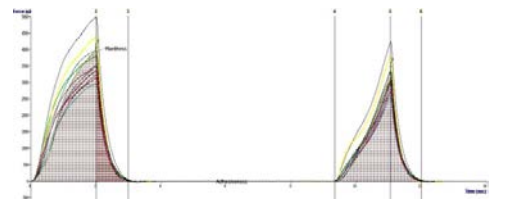
%10 KB EM enzimsiz

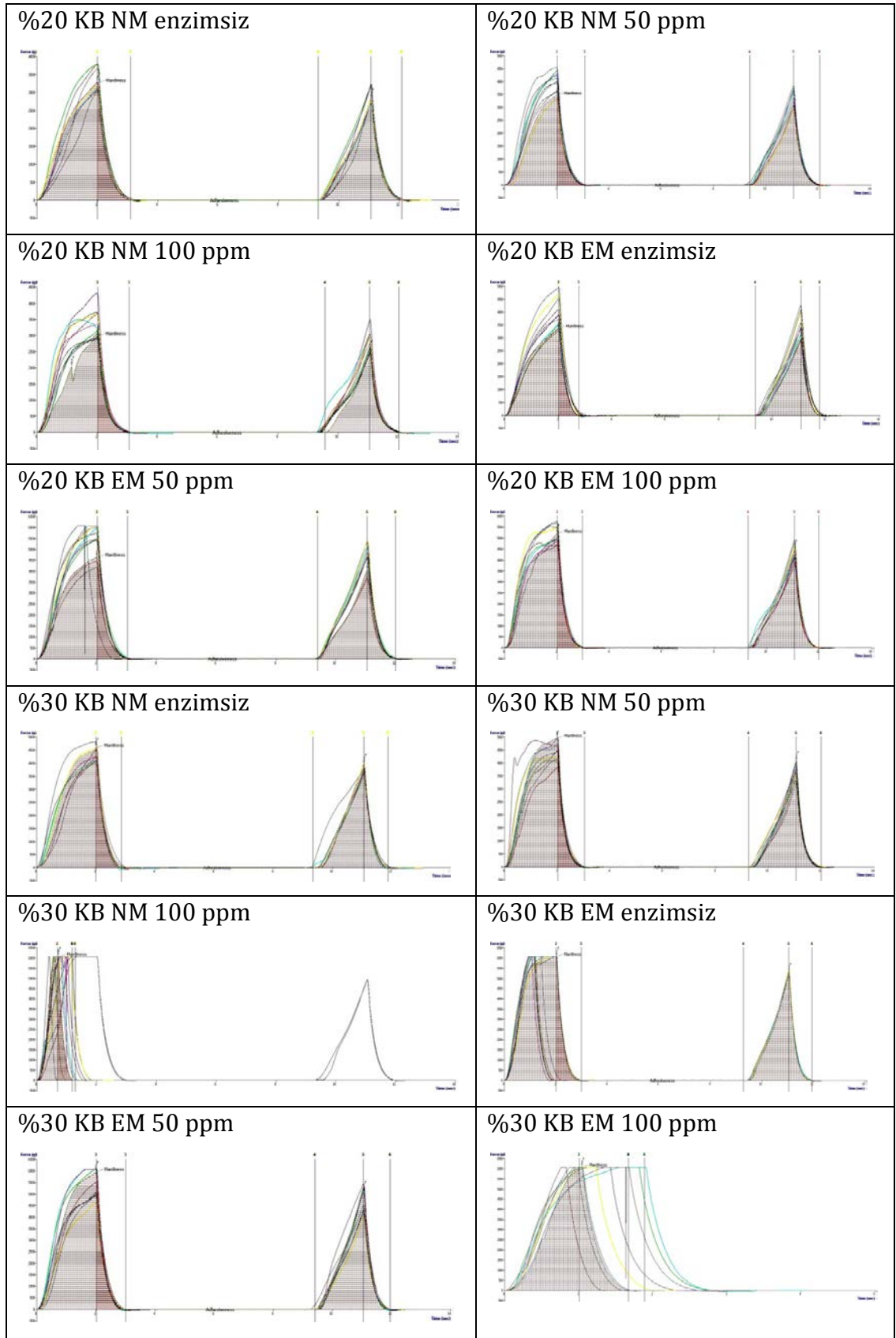


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm

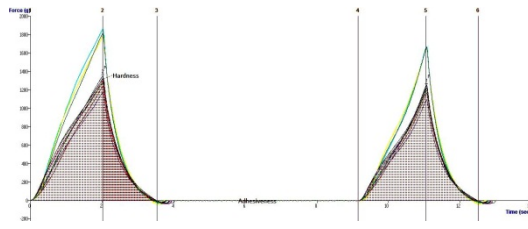




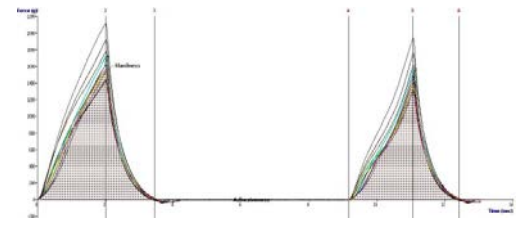
Şekil E3. 1. 30. gün TPA grafikleri

EK E4. Ekmek içi 45. gün TPA grafikleri

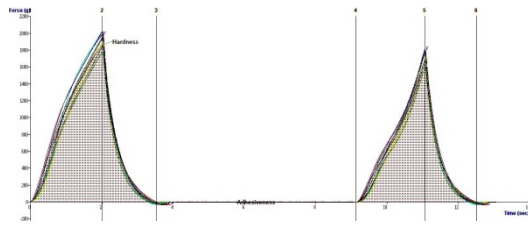
Tip 650 NM enzimsiz



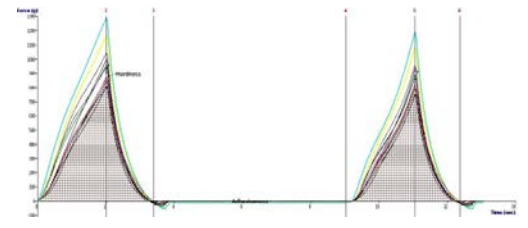
Tip 650 NM 50 ppm



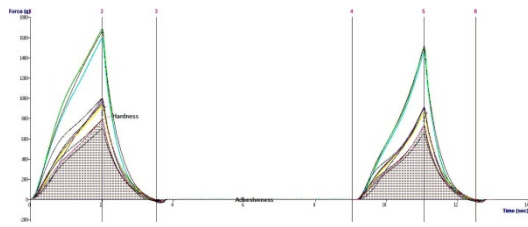
Tip 650 NM 100 ppm



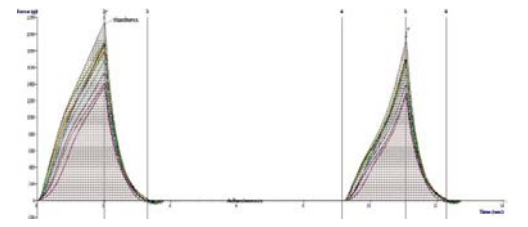
Tip 650 EM enzimsiz



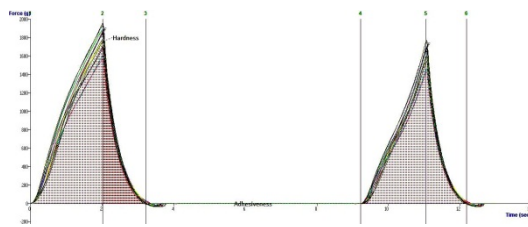
Tip 650 EM 50 ppm



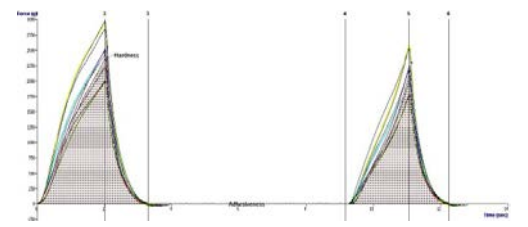
Tip 650 EM 100 ppm



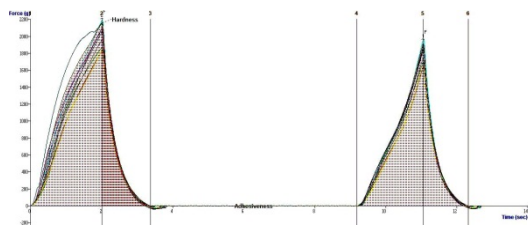
%10 KB NM enzimsiz



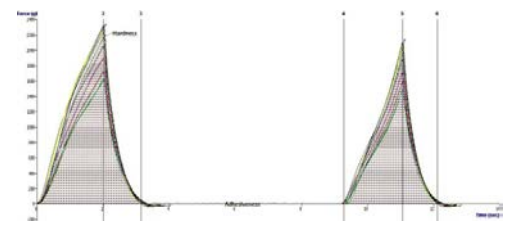
%10 KB NM 50 ppm



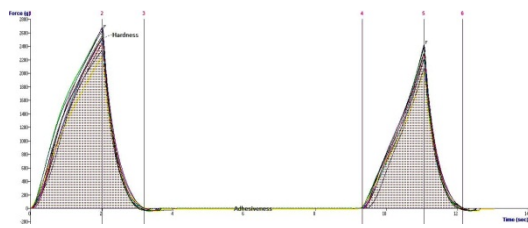
%10 KB NM 100 ppm



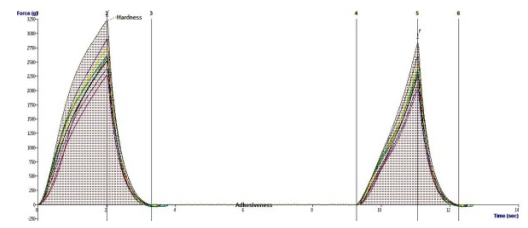
%10 KB EM enzimsiz

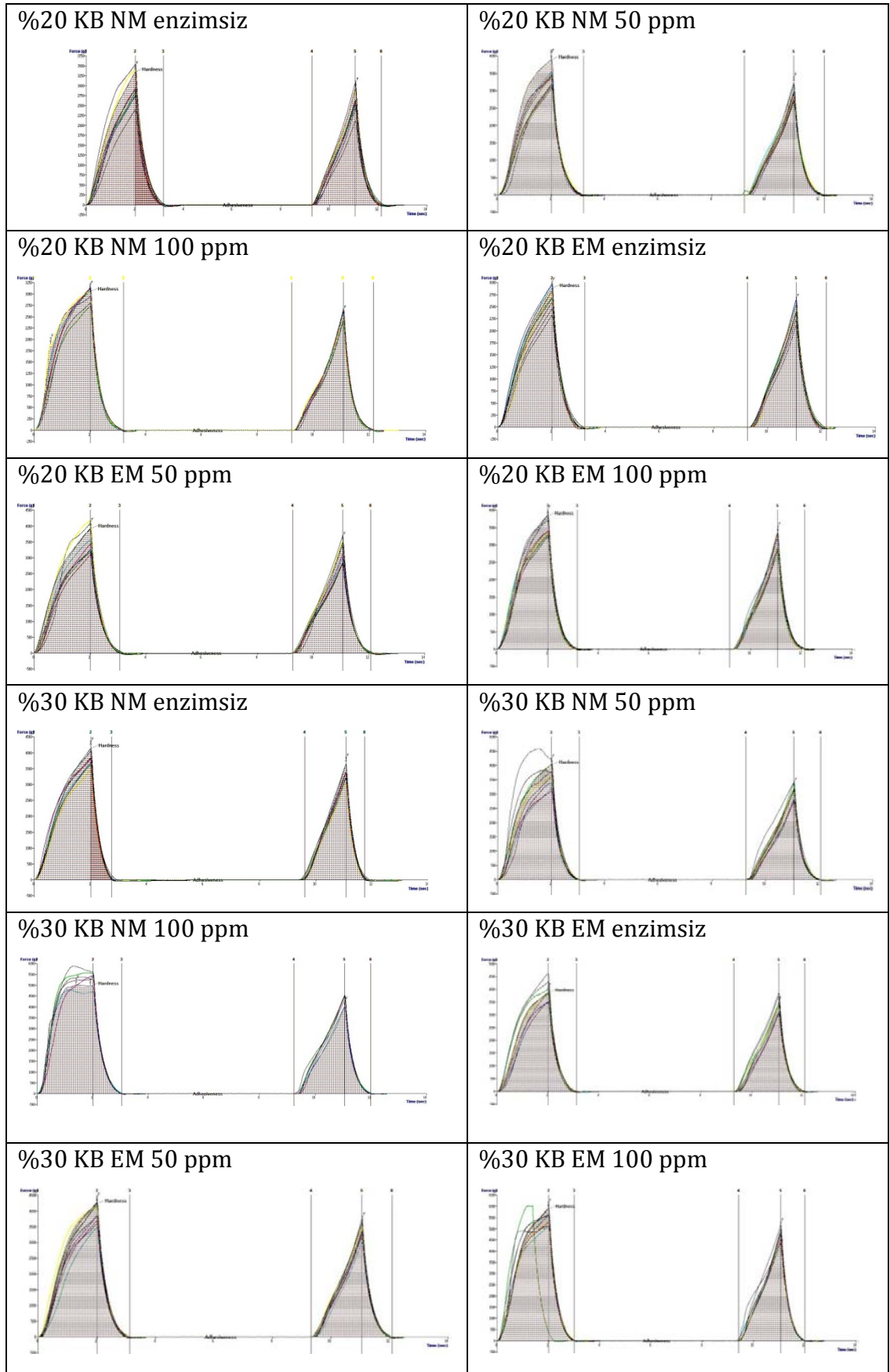


%10 KB EM 50 ppm



%10 KB EM 100 ppm





Şekil E4. 1. 45. gün TPA grafikleri

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatma Hayıt

Doğum Yeri ve Yılı : Kayseri, 1986

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : Fatma_20.09@hotmail.com.tr

Eğitim Durumu

Lise : Merzifon Anadolu Lisesi, 2004

Lisans : Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği

Yüksek Lisans : SDÜ, Gıda Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Ekiciler	2009-2009 (Staj)
Antalya Gıda İl Kontrol Lab.	2009-2009 (Staj)
Yenigün Gıda	2009-2009 (Staj)
Üntar Gıda	2010-2012
Kıtır Unlu Mamülleri	2012-2012
Antalya Atatürk Devlet Hastanesi	2012-2013
Bozok Üniversitesi	2013-.....(halen)