ANKARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

BAZI KATKILARIN EKMEĞİN BAYATLAMA MEKANİZMASINA ETKİLERİNİN TERMAL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Abdullah Sinan ÇOLAKOĞLU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2011

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI KATKILARIN EKMEĞİN BAYATLAMA MEKANİZMASINA ETKİLERİNİN TERMAL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Abdullah Sinan ÇOLAKOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hazım ÖZKAYA

Bu çalışmada, ekmeklik una DATEM, SSL, CMC ve guar gam % 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00, lipaz 10, 20, 30 ve 40 mg/kg ve ksilanaz 25, 50, 75 ve 100 mg/kg düzeylerinde katılarak üretilen ekmeklerin kalite özelliklerinde (spesifik hacim, toparlanma kabiliyeti, rengi, gözenek dağılımı, yapı profil ve duyusal özellikleri) meydana gelen değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan her bir katkı için belirlenen konsantrasyonda ikili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlar hazırlanmış ve bunlardan üretilen ekmeklerin kalite özellikleri belirlenmiştir. Bayatlama çalışmalarında ise ikili kombinasyonlardan üretilen ekmekler, polietilen torbalar içerisinde 20 ^{o}C'de bir hafta muhafaza edilmiş ve 1., 4. ve 7. günlerde rutubet miktarlarında, toparlanma kabiliyetlerinde, sertliklerinde, donmayan su ve retrograde olan nişasta miktarında meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, DATEM, SSL, CMC ve guar gam % 0,50, lipaz 20 mg/kg ve ksilanaz 50 mg/kg konsantrasyonlarda ekmek kalitesinde optimum gelişme sağlamışlardır. Bu konsantrasyonların üzerinde kullanılmaları, ya optimum konsantrasyonlarında görülen etkiye benzer yada daha az etki göstermelerine neden olmuştur. DATEM, SSL ve lipazın ekmek kalitesinin gelişmesi üzerine etkileri CMC, guar gam ve ksilanaza göre daha yüksek olmuştur. Kombinasyonlarda lipazın DATEM veya SSL ile, ksilanazın ise CMC veya guar gam ile kombinasyonları hamurun işlenmesinde ve ekmek kalitesinde düşmeye neden olmuştur. İkili kombinasyonlarda ise DATEM, SSL veya lipaza CMC, guar gam veya ksilanaz katılması ekmek kalitesini artırmıştır. Depolama süresince, ekmeklerin toparlanma kabiliyetinde düşme ve sertliğinde artış meydana gelmiştir. Ayrıca, DSC ile belirlene donmayan su ve retrograde olmuş nişasta miktarında artış, donmayan sudaki katı madde konsantrasyonunda ise azalış görülmüştür. CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarında bu değerlerde görülen düşüşler, kontrol örneklerine kıyasla daha az düzeyde olmuştur.

Eylül 2011, 163 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ekmek katkıları, nişastanın retrogradasyonu, donmayan su, yapı profil analizi, duyusal analizler, görüntü işleme analizi

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINING THE EFFECTS OF CERTAIN ADDITIVES ON BREAD STALING MECHANISM BY THERMAL ANALYSIS

Abdullah Sinan ÇOLAKOĞLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Hazım ÖZKAYA

This study was conducted to evaluate the effects of DATEM, SSL, CMC, guar gum at 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 %, lipase at 10, 20, 30 and 40 mg/kg, and xylanase at 25, 50, 75 and 100 mg/kg on bread quality. The quality parameters evaluated were specific volume, recovery work, texture profile and sensory properties, and crumb color and grain structure. After the certain concentration of each additive was determined, binary, ternary and quaternary combinations of the additives were prepared, and their effects on the bread quality were assessed. In the storage study, breads prepared from the binary combinations of the additives were stored in polyethylene bags at 20 ^{o}C for one week and analyzed 1st, 4th and 7th days.

According the results, the additives improved the bread quality up to the certain levels where DATEM, SSL, CMC and guar gum were used at 0.50 %, lipase at 20 mg/kg, and xylanase at 50 mg/kg. Beyond these levels, either improvement was reduced or there was no further significant improvement in the bread quality. DATEM, SSL and lipase were provided better bread quality than CMC, guar gum and xylanase. The use of lipase with DATEM or SSL and the use of xylanase with CMC or guar gum in the combination study reduced the dough's handling properties and bread quality. The combination of DATEM, SSL or lipase with CMC, guar gum or xylanase resulted in further improvement in the bread quality. During storage of the breads, recovery work decreased and hardness increased. Hence, the amounts of unfrozen water and retrograded starch increased, and the solid content in the unfrozen water decreased. However, these changes in the bread containing the combination of DATEM, SSL or lipase with CMC, guar gum or xylanase were lower than the control groups.

September 2011, 163 pages

Key Words: Bakery additives, starch retrogradation, unfrozen water, texture profile analysis, sensory evaluation, digital image analysis

TEŞEKKÜR

Doktora konumun belirlenmesinde ve yürütülmesinde bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen ve çalışmalarım için laboratuarını açan, akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hazım ÖZKAYA'ya (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü);

Tez izleme komitesindeki değerli düşüncelerinden ve önerilerinden dolayı Sayın Prof. Dr. Berrin ÖZKAYA (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü) ve Sayın Prof. Dr. Hamit KÖKSEL'e (Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü);

Tekstür profil analizörünü kullanmamda yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Aziz TEKİN'e (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü);

Çalışmalarımda kullandığım katkı maddelerinin sağlanmasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Süleyman ÖZDOĞAN'a (Polen Gıda A.Ş.);

Büyük fedakarlıklar göstererek ve sabrederek, desteklerini esirgemeyen ve hayatıma anlam katan sevgili eşim Aysun ve biricik oğlum Semi Doğa'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Abdullah Sinan ÇOLAKOĞLU
Ankara, Eylül 2011

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
TEŞEKKÜR ..... **iii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **3**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **19**
3.1 Materyal **19**
3.2 Yöntem **20**
3.2.1 Un analizleri **20**
3.2.2 Hamurun reolojik analizleri **20**
3.2.2.1 Farinograf **20**
3.2.2.2 Ekstensograf **20**
3.2.3 Ekmek analizleri **21**
3.2.3.1 Ekmek yapımı **21**
3.2.3.2 Ekmek verimi, hacim verimi ve spesifik hacim **24**
3.2.3.3 Toparlanma kabiliyeti **24**
3.2.3.4 Tekstür profil analizi **24**
3.2.3.5 Renk **26**
3.2.3.6 Görüntü işleme analizi **26**
3.2.3.7 Duyusal analizler **26**
3.2.3.8 Ekmek içi rutubet miktarı **27**
3.2.3.9 Diferansiyel tarama kalorimetre analizi **28**
3.2.4 İstatistiksel analizler **30**
4. ARAŞTIRMA BULGULARI **31**
4.1 Katkı Konsantrasyonlarının Unun Reolojik Özellikleri ile Ekmeğin Kalitesi Üzerine Etkileri **31**
4.1.1 Unun farinogram özellikleri **31**
4.1.2 Unun ekstensogram özellikleri **33**
4.1.3 Ekmek verimi, hacim verimi ve spesifik hacim **35**
4.1.4 Ekmeklerin toparlanma kabiliyeti **35**
4.1.5 Ekmeklerin tekstür profil özellikleri **37**
4.1.6 Ekmek içi rengi **40**
4.1.7 Ekmeklerin görüntü analizi **40**
4.1.8 Ekmeklerin duyusal özellikleri **45**
4.2 Katkı Kombinasyonlarının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri **48**
4.2.1 Ekmek verimi **48**
4.2.2 Hacim verimi **52**
4.2.3 Spesifik hacim **54**
4.2.4 Toparlanma kabiliyeti **57**
4.2.5 Sertlik **60**
4.2.6 Elastikiyet **63**
4.2.7 Kohesiflik **65**
4.2.8 Çiğnenebilirlik **69**

4.3 İkili Kombinasyonların Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri 71
4.3.1 İkili kombinasyonların ekmek verimi üzerine etkileri 73
4.3.3 İkili kombinasyonların spesifik hacim üzerine etkileri 77
4.3.4 İkili kombinasyonların ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri 80
4.3.5 İkili kombinasyonların ekmeğin sertliği üzerine etkileri 82
4.3.6 İkili kombinasyonların ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri 85
4.3.7 İkili kombinasyonların ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri 87
4.3.8 İkili kombinasyonların ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri 89
4.3.9 İkili kombinasyonların ekmek içi rutubeti üzerine etkileri 91
4.3.10 İkili kombinasyonların ekmekteki suyun özellikleri üzerine etkileri 94
4.3.11 İkili kombinasyonların nişastanın jelatinizasyonu üzerine etkileri 96
4.4 Ekmeklerin Bayatlama Özellikleri 102
4.4.1 Katkılı ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerinde depolama ile meydana gelen değişimler 102
4.4.1.1 Depolama sürelerinin etkisi 102
4.4.1.2 Kombinasyonların etkisi 104
4.4.1.3 Katkıların etkisi 106
4.4.2 Katkılı ekmeklerin sertliklerinde depolama ile meydana gelen değişimler 107
4.4.2.1 Depolama sürelerinin etkisi 107
4.4.2.2 Kombinasyonların etkisi 109
4.4.2.3 Katkıların etkisi 110
4.4.3 Katkılı ekmeklerin rutubet miktarında depolama ile meydana gelen değişimler 112
4.4.3.1 Depolama sürelerinin etkisi 112
4.4.3.2 Kombinasyonların etkisi 112
4.4.3.3 Katkıların etkisi 115
4.4.4 Donabilen suyun erime sıcaklıkları ve donmayan su (W_g') ile donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g') üzerine depolamanın etkisi 116
4.4.5 Nişastanın retrogradasyonu üzerine depolamanın etkisi 120
5. TARTIŞMA 129
6. SONUÇ 143
KAYNAKLAR 147
ÖZGEÇMİŞ 161

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Camsı geçişin ısı genleşme katsayı, özgül ısı, dielektrik sabiti, hacim, entalpi ve viskozite üzerine etkileri 4
Şekil 2.2 Amorf materyallerde meydana gelen mekaniksel değişimlerin gevşeme süresi ve hızına sıcaklık, su aktivitesi veya su miktarının etkileri 6
Şekil 3.1 Kuvvet-Süre ve Gerilim (σ)-Hencky gerinim (ε_h) grafikleri 25
Şekil 3.2 Bir ekmek örneğine ait tekstür profil grafiği 25
Şekil 3.3 Görüntü analizinde ekmek kesiti alanına uygulanan işlemler 27
Şekil 3.4 Ekmeğin polar koordinat grafiğe işlenmiş duyusal analiz değerleri 28
Şekil 3.5 Ekmeğin diferansiyel tarama kalorimetresinden elde edilen termogram 29
Şekil 4.1 Katkı maddelerinin ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri 37
Şekil 4.2 Duyusal özelliklere ait polar koordinat grafikleri 47
Şekil 4.3 Katkı kombinasyonlarının farinogram su absorpsiyonu üzerine etkileri 49
Şekil 4.4 Katkı ve kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri 49
Şekil 4.5 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri 51
Şekil 4.6 Katkı ve kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri 52
Şekil 4.7 Her bir katkının kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri 53
Şekil 4.8 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin spesifik hacmi üzerine etkileri 55
Şekil 4.9 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin spesifik hacmi üzerine etkileri 56
Şekil 4.10 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri 58
Şekil 4.11 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri 59
Şekil 4.12 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri 60
Şekil 4.13 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri 61
Şekil 4.14 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri 63
Şekil 4.15 Katkı kombinasyonlarının ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri 64
Şekil 4.16 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri 66
Şekil 4.17 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri 67
Şekil 4.18 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri 69
Şekil 4.19 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri 70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırmada kullanılan buğday ununun kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri 19
Çizelge 3.2 Ekmek bileşenleri, kullanılan konsantrasyonlar ve işlem koşulları 22
Çizelge 3.3 Faktöriyel düzende hazırlanmış ikili, üçlü ve dörtlü katkı kombinasyonları 23
Çizelge 4.1 Katkı maddelerinin unun farinogram özellikleri üzerine etkileri 32
Çizelge 4.2 Katkı maddelerinin unun ekstensogram özellikleri üzerine etkileri 34
Çizelge 4.3 Katkı maddelerinin ekmek ve hacim verimleri ile spesifik hacim üzerine etkileri 36
Çizelge 4.4 Katkı maddelerinin ekmeğin tekstür profil özellikleri üzerine etkileri 38
Çizelge 4.5 Ekmek içi renk değerlerinin katkı maddelerine göre değişimi 41
Çizelge 4.6 Katkı maddelerinin ekmek içi gözenek yapısı üzerine etkileri 42
Çizelge 4.7 Ekmek içi gözenek yapısının dağılımı 44
Çizelge 4.8 Katkı maddelerinin ekmeğin duyusal özellikleri üzerine etkileri 46
Çizelge 4.9 DATEM veya SSL'ye lipaz, CMC veya guar gama ksilinaz eklenmesi ile ekmek kalitesinde meydana gelen değişimler 72
Çizelge 4.10 Ekmek veriminin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 74
Çizelge 4.11 Hacim veriminin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 76
Çizelge 4.12 Spesifik hacmin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 78
Çizelge 4.13 Toparlanma kabiliyetinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 81
Çizelge 4.14 Ekmeğin sertliğinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 83
Çizelge 4.15 Ekmeğin elastikiyetinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 86
Çizelge 4.16 Ekmeğin kohesiflik değerinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 88
Çizelge 4.17 Ekmeğin çiğnenebilirliğinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 90
Çizelge 4.18 Ekmek içi rutubetin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi 92
Çizelge 4.19 İkili katkı kombinasyonların donabilen suyun erimesine ait başlangıç (T_{onset}), pik (T_{pik}) ve bitiş (T_{son}) sıcaklıklarına etkileri 95
Çizelge 4.20 Donmayan su (W_g') üzerine ikili katkı kombinasyonların etkileri 97
Çizelge 4.21 Donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g') üzerine ikili katkı kombinasyonların etkileri 98
Çizelge 4.22 İkili katkı kombinasyonların nişastanın jelatinizasyonuna ait başlangıç (T_{onset}), pik (T_{pik}) ve bitiş (T_{son}) sıcaklıklarına etkileri 99
Çizelge 4.23 Nişastanın jelatinizasyonuna ait entalpi (ΔH) değişimine ikili katkı kombinasyonlarının etkisi 101
Çizelge 4.24 Ekmeğin toparlanma kabiliyetinin katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre değişimi 103
Çizelge 4.25 Ekmeğin sertliğinin katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre değişimi 108
Çizelge 4.26 Ekmeğin rutubet miktarının katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre değişimi 113
Çizelge 4.27 Donabilen suyun erime pikine ait başlangıç sıcaklığına (T_{onset} ±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 117

Çizelge 4.28 Donabilen suyun erime pikine ait pik sıcaklığına (T_{pik}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 118
Çizelge 4.29 Donabilen suyun erime pikine ait bitiş sıcaklığına (T_{son}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 119
Çizelge 4.30 Katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre donmayan su miktarında (W_g'±standart sapma) meydana gelen değişimler 121
Çizelge 4.31 Katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre donmayan sudaki katı madde konsantrasyonunda (C_g'±standart sapma) meydana gelen değişimler 122
Çizelge 4.32 Nişastanın retrogradasyonuna ait başlangıç sıcaklığına (T_{onset}± standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 123
Çizelge 4.33 Nişastanın retrogradasyonuna ait pik sıcaklığına (T_{pikt}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 124
Çizelge 4.34 Nişastanın retrogradasyonuna ait bitiş sıcaklığına (T_{son}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 125
Çizelge 4.35 Nişastanın retrogradasyonunda ölçülen entalpi değişimi (ΔH) üzerine katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi 127

1. GİRİŞ

Ekmeğin bayatlaması, 150 yılı aşkın bir süredir incelenmesine rağmen, ekmek sanayinin karşılaştığı en güç ve bugüne kadar tamamen çözümlenmemiş bir problemini oluşturmakta ve her yıl büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bayatlama, ekmeğin kabul edilebilirliğini azaltan ve raf ömrünü birinci derecede kısıtlayan etmendir. Günümüzde, bayatlama hızını kontrol altına almak için yeni formülasyonlar ve işleme teknolojileri dizayn edilmesine rağmen, ekmek halen çok kısa raf ömrüne sahip bir gıda olarak karşımızda durmaktadır.

Bechtel vd. (1953), ekmeğin bayatlamasını, "ekmek içinde, mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu oluşan bozulmalar hariç, tüketici beğenisinin azalmasına neden olan değişikler" olarak tanımlamıştır. Günümüzde, bir çok bilim adamı tarafından kabul görmüş bu tanımlamaya "ekmek içi bayatlaması", "ekmek kabuğunun bayatlaması" ve "organoleptik bayatlama" gibi spesifik terimler de eklenmiştir (Kulp ve Ponte 1981). Nitekim, bayatlama ile ekmeğin duyusal özelliklerinin yanında, çözünen nişasta miktarında, su bağlama kapasitesinde ve α-amilaz aktivitesine duyarlılığında azalış, kristal yapısında, matlığında, sertliğinde, kırılganlığında ve ufalanmasında artış meydana geldiği bilinmektedir (Kulp ve Ponte 1981, Russell 1983, Fessas ve Schiraldi 1998, Schiraldi ve Fessas 2001).

Basit bir ekmek formülasyonu bir çok bileşenden oluşur. Bu bileşenler, gerek ekmek yapımı ve gerekse bayatlama sürecinde, yapısal değişikliğe uğrarlar. Bu değişikliklerin, gelişmiş analitik teknikler ve disiplinler arası sofistike yaklaşımlarla incelenmesi sonucunda bayatlamaya neden olan olayların anlaşılmasında önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak, bu değişikliklerin moleküler ve yapısal orijinleri ile moleküler yapı-fonksiyon arasındaki ilişkileri halen tam olarak anlaşılabilmiş değildir.

Kompleks ve heterojen bir sistem olan ekmeğin, bayatlama mekanizması da oldukça komplekstir. Bugüne kadar, ekmeği oluşturan bileşenlerden birinde veya ikisinde meydana gelen değişmeler üzerine kurulan hipotezler, bayatlama mekanizmasını açıklamada yetersiz kalmıştır. Örneğin, nişastanın retrogradasyonu ile ekmek içi sertliği

arasında lineer bir ilişkili olduğu, fakat, nişastanın retrogradasyonunun bayatlama mekanizmasını açıklamada tek başına yetersiz kaldığı bilinmektedir. Benzer şekilde, ekmek formülasyonuna eklenen katkı maddelerinin ekmeğin kalitesi ve raf ömrü üzerine olumlu etkileri olduğu görülmesine rağmen, bayatlama hızı üzerine doğrudan bir sebep-sonuç ilişkisi çoğu kez bulunamamıştır. Örneğin, formülasyona katılan emülsifiyerlerin ekmek içi yumuşaklığını arttırarak raf ömrünü uzattığı bilinmektedir. Ancak, amiloz-lipit (emülsifiyer) kompleksi oluşumunun, bayatlamayı geciktirmede tek başına yeterli olduğu anlamına gelmemektedir. Bu oluşumun diğer bileşenlerin yapısı üzerinde bir değişime (örneğin suyun dağılımına) neden olup olmadığı bilinmemektedir. O nedenle, bu kapsamda bir konu seçilmiş ve ekmek kalitesi ve bayatlaması üzerine etkili olabilecek birden fazla faktörde, örneğin, ekmeğin gözenek yapısında, suyun fiziksel durumunda ve nişastanın yapısında meydana gelebilecek değişikliklerin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılması planlanmıştır.

Çalışma da, günümüzde yaygın olarak ekmek formülasyonlarına katılan emülsifiyerlerin, enzimlerin ve hidrokolloidlerin, ekmeğin kalitesi ve bayatlama mekanizması üzerine etkilerinin mekaniksel, görüntü işleme, duyusal ve termal yöntemlerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Proje kapsamında, ekmeklik una, bu katkı gruplarının her birinden seçilen iki farklı katkı maddesinin, farklı konsantrasyonları eklenerek ekmekler üretilmiş ve her bir katkı maddesinin ekmek kalitesi üzerine en iyi sonuç veren optimum konsantrasyonu belirlenmiştir. Daha sonra, belirlenen bu katkı konsantrasyonlarından ikili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlar hazırlanmış ve ekmek kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bayatlama çalışmalarında ise, ikili kombinasyonlardan üretilen ekmekler, çift katlı polietilen torbalarda, 20 ^{o}C'de 7 gün bekletilmiş ve rutubet miktarında, tekstür ve termal özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

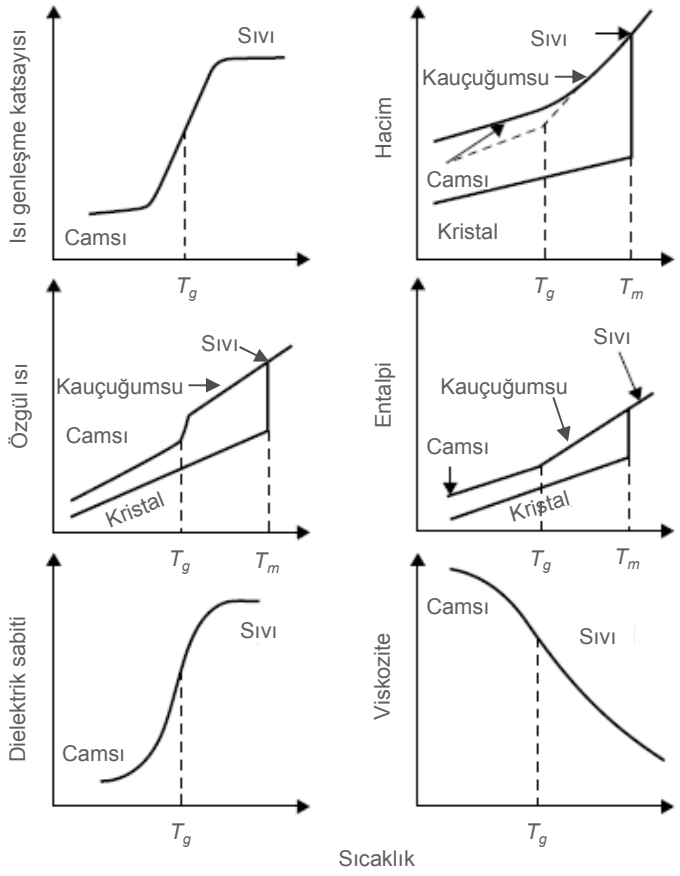
Ekmeğin bayatlaması, onun tadını, aromasını ve tekstürünü etkileyen moleküler ve yapısal düzeylerde bir çok fiziksel ve kimyasal olayları içeren kompleks bir mekanizmadır. Ekmekte meydana gelen tekstürel değişiklikler, örneğin, ekmek içi yumuşaklığının ve elastikiyetinin (toparlanma kabiliyetinin) azalması ile ekmek kabuğunun yumuşayarak gevrekliğini kaybetmesi, duyusal özelliklerine göre çok daha kolay fark edilmektedir. Bu sebepten dolayı, yapılan çalışmaların çoğu bu tür fiziksel (mekaniksel) değişimlerin ve bunlara neden olayların araştırılması üzerine olmuştur (Rogers vd. 1988, He ve Hoseney 1990, Baik ve Chinachoti 2000, 2001, 2002, Primo-Martín vd. 2006, van Nieuwenhuijzen vd. 2010).

Ekmek içi sertliğindeki artışın basit bir kuruma olayının sonucu olmadığı yaklaşık 150 yıldan beri bilinmektedir. Yapılan araştırmalarda, ekmek içi sertliğinin nişastanın retrogradasyonu ve su miktarındaki düşüş ile ilişkili olduğu görülmüştür. Bir çok araştırmacı, bu olayların bayatlama mekanizmasının bir parçası olduğunu, bunların yanında, bayatlama mekanizmasını etkileyen başka etmenlerinde olduğunu ifade etmişlerdir (He ve Hoseney 1990, Chen vd. 1997, Baik ve Chinachoti 2000, 2001, Gray ve BeMiller 2003, Ribotta vd. 2004).

Sentetik polimerler ile gıda biyopolimerleri (nişasta, gluten vb) arasında yapısal benzerlikler göz önüne alınarak, Slade ve Levine tarafından "Gıda Polimer Bilimi" olarak adlandırılan bir yaklaşım geliştirilmiştir (Levine ve Slade 1986, Slade ve Levine 1988, 1991, 1993, 1995). Bu yaklaşım, tamamen yada kısmen amorf bir gıdanın kalitesi ve stabilitesi üzerine bileşenlerinin bireysel ve kombine ilişkilerinin yanında onların moleküler ve mikroskobik düzeyde hareketliliğinin belirlenmesine dayalıdır. Günümüzde, bir çok çalışmanın teoriksel ve deneysel temeli olan bu yaklaşım, bu tür gıdalardaki yapı-fonksiyon ilişkilerinin, onların bir çok termal ve mekaniksel özellikleri üzerine suyun plastikleştirici etkisinin ve camsı katı (glassy solid) veya kauçuğumsu sıvı (rubbery liquid) hallerindeki stabilitesinin anlaşılmasında kullanılmaktadır.

Camsı geçiş (glass transition), amorf katı haldeki materyallerin fiziksel durumlarındaki

(physical state) bir değişiklik olup, molekül zincirinde yada molekülü oluşturan segmentlerde meydana gelen bir çeşit gevşeme (relaxation) olayıdır. Bu gevşeme olayının meydana geldiği kritik sıcaklık/sıcaklık arağı camsı geçiş sıcaklığı (T_g) olarak tanımlanır. Camsı geçiş, ikinci dereceden bir geçiş olarak kabul edilir. Birinci dereceden faz geçişlerinin (katıdan sıvıya, sıvıdan gaza vb) aksine, sistemin gizli (latent) ısısında değişime neden olmaz. Fakat, sistemin özgül ısında, ısı genleşme katsayısında, dielektrik sabitinde, entalpisinde, serbest hacminde ve viskozitesinde değişimlere neden olur (Şekil 1.1) (Slade ve Levine 1991, 1995, Roos 1995, 2007, Schmidt 2004).



Şekil 2.1 Camsı geçişin ısı genleşme katsayı, özgül ısı, dielektrik sabiti, hacim, entalpi ve viskozite üzerine etkileri (Roos 2007)

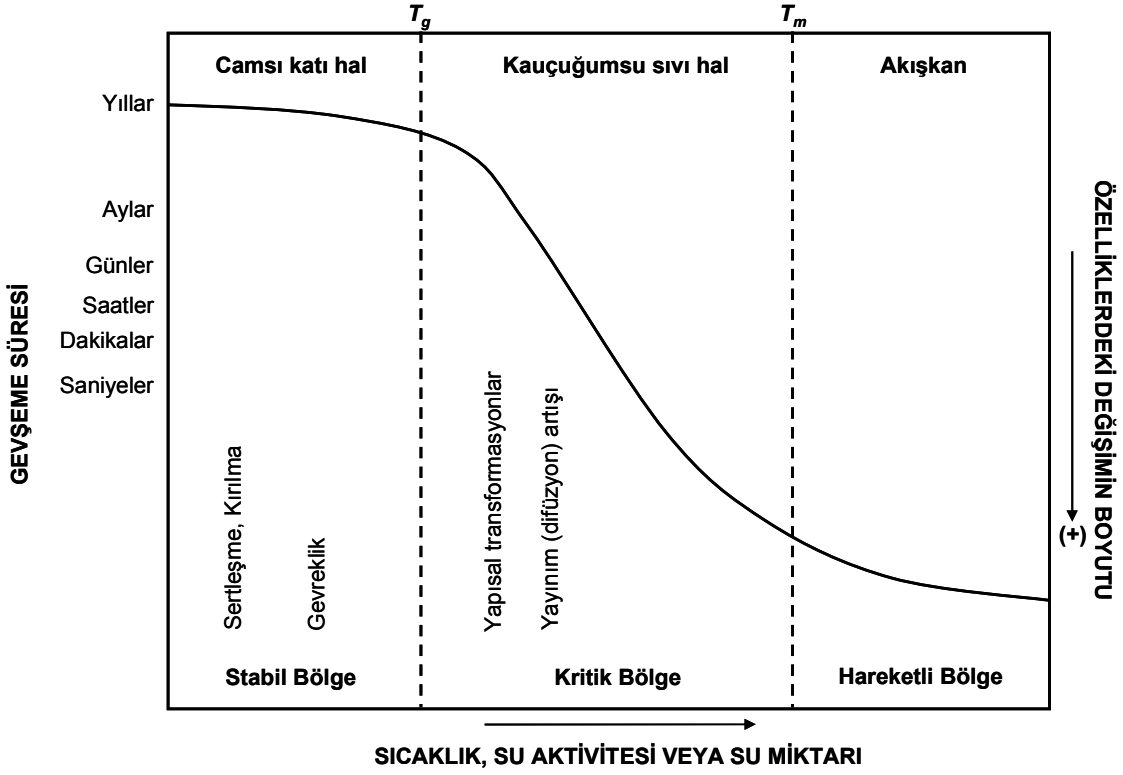
Amorf katı hal, içerdiği düzensiz sıvı hal (disordered liquid state) nedeniyle, dengede değildir ve enerjitiksel olarak kararsızdır (Slade ve Levine 1991, Roos 1995). Bundan dolayı, amorf katı hal, T_g'ye bağlı olarak, ya sert camsı katı halde yada viskoz kauçuğumsu sıvı halde bulunur. Dengede olmayan amorf camsı katı haldeki materyalin, dengedeki kristal yapısına göre en belirgin farklılığı, benzer sıcaklık ve basınçta, yüksek düzeyde serbest enerji ve entropi içermesidir (Roos 1995).

Amorf katı haldeki materyallerin camsı geçişi üzerine etkili en önemli faktörler su, düşük molekül ağırlıklı maddeler ve sıcaklıktır. Su, bu materyaller üzerinde plastikleştirici etkisinin olmasının yanında ortamın seyrelmesinde rol oynar. Düşük molekül ağırlıklı maddeler ise suda çözünürler yada suyu bağlarlar. Su miktarındaki meydana gelen değişim, T_g'nin düşmesine veya yükselmesine neden olur. Bunun sonucunda, lokal viskozitede ve serbest hacimde değişimler oluşur ve dolayısıyla mikroskobik ve moleküler düzeyde gevşeme olayları etkilenir. Yüksek miktarda suyun varlığı T_g'yi düşürken, yüksek miktarda düşük molekül ağırlıklı maddelerin varlığı T_g'nin yükselmesine neden olur. Materyalin tutulduğu ortam sıcaklığı (T), T_g'sinin üstünde fakat erime sıcaklığının (T_m) altında ($T_g<T<T_m$) ise, materyal kauçuğumsu sıvı hale dönüşür. Eğer sıcaklık daha da arttırılarak materyalin erime noktasının üzerine çıkarılırsa ($T>T_m$) materyalde termal plastikleşme oluşur (Slade ve Levine 1991, Roos 1995, 2007, Cesàro ve Sussich 2001, Schmidt 2004).

Gıda işleme yöntemleri (kurutma, eritme, pişirme, ekstrüzyon vb), tamamen yada kısmen amorf yapıda gıdaların (ekmek, kahvaltılık çerezler, makarna, sert şekerlemeler vb) üretilmesine olanak sağlar. Bu gıdaların su absorpsiyonu, onların camsı geçiş, erime, kristalizasyon vb değişimlerini etkileyen önemli bir özelliktir. Amorf yapıdaki gıdalar, suyun plastikleştirici etkisinden aşırı etkilenirler. Su miktarında meydana gelen her % 1 oranında artış, T_g'de 6-10 ^oC düşüşe neden olur. Örneğin, susuz nişasta ve glutenin T_g'leri ~300 ve ~180 ^oC iken, % 30-40 su içeriğinde T_g'leri yaklaşık –5 ^oC'lere kadar düşer. T_g'deki düşüşün yanında, amorf bileşenlerin kristalize olma sıcaklıklarında ve kristallerin erime sıcaklıklarında da düşüş meydana gelir. Örneğin, % 30-40 rutubet miktarında nişastanın jelatinizasyonu ve retrogradasyonunda kristallerin erimesi ve tekrar oluşması 40-70 ^oC arasında gerçekleşir (Ring vd. 1987, Slade ve Levine 1991,

Shogren 1992, Thiewes ve Steeneken 1997, Matveev vd. 2000).

Gıdaların fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler, moleküler ve mikroskobik hareketliliğin arttığı kauçuğumsu halde görülür. Bu, nişastanın jelatinizasyonu gibi olaylar için gerekli olmasına rağmen, kalite ve stabiliteyi olumsuz etkileyen fiziksel ve kimyasal değişimlerin (kristalizasyon, topaklanma, çökme, yapışkanlaşma vb) hızlanmasına neden olur (Şekil 2.2). Bundan dolayı T_g, gıdaların özelliklerini, işlenebilirliğini, kalitesini, stabilitesini ve güvenirliliğini belirleyebilen fizikokimyasal bir parametre olarak kabul edilmektedir (Levine ve Slade 1986, Slade ve Levine 1991, 1993, Schmidt 2004, Ross 2007).



Şekil 2.2 Amorf materyallerde meydana gelen mekaniksel değişimlerin gevşeme süresi ve hızına sıcaklık, su aktivitesi veya su miktarının etkileri (Ross 2007)

Ekmek, kısmen yada tamamen amorf yapıdaki biyopolimerlerin (gluten, nişasta vb.) oluşturduğu, biyokimyasal yönden inaktif, fizikokimyasal yönden stabil olmayan, elastik ve süngerimsi bir sistemdir (Schiraldi ve Fessas 2001, Gray ve BeMiller 2003, Schmidt 2004). Bu sistem, çözünen ve çözünmeyen bileşenleri içeren heterojen iki fazdan oluşur. Sürekli faz, hidrate olmuş gluten moleküllerinin kovalent disülfit bağlarla ve kovalent olmayan kuvvetlerle (özellikle –H bağları) bağlanması ile oluşturdukları elastik ağ yapısını ve bu yapıya kovalent olmayan interaksiyonlarla bağlanmış suda çözünebilen proteinleri ve nişasta granüllerinden sızan bir kısım nişasta polimerlerini (özellikle serbest yada polar lipit molekülleri ile kompleks oluşturmuş amilozu) içerir. Kesintili faz ise, gluten ağı içerisine dağılmış olan şişmiş, jelatinize ve deforme olmuş nişasta granüllerinden oluşur (Gray ve BeMiller 2003, Shewry vd. 2003).

Sürekli ve kesintili fazlar dinamik bir yapıda olup, ekmeğin zamana bağlı termomekaniksel, reolojik ve yapısal özelliklerinde değişmelere neden olur. Fazların fiziksel özellikleri, içerdikleri amorf ve kristal bölgelerin yapısına ve bu yapıların çevresel faktörlere (sıcaklık, su vb.) verdiği davranışa göre değişir. Belirli bir sıcaklık ve su konsantrasyonunda, fazları oluşturan yapısal bileşenler, gerek moleküler zincirlerinin dayanıklılığı ve gerekse intermoleküler kuvvetler (başlıca –H bağları) tarafından kontrol edilen belirli oranda moleküler hareketliliğe sahip dinamiksel bir denge oluştururlar. Ancak, sıcaklığın ve/veya su konsantrasyonunun değiştirilmesi, moleküler hareketliliklerinde değişime ve moleküler yapılarında yeni düzenlemelere neden olur (Slade ve Levine 1991, 1993).

Bir çok çalışmaya konu olan bayatlama mekanizması, ekmeğin moleküler, yapısal ve dinamiksel kompleksliliği nedeniyle henüz tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Bayatlama ile ekmeğin yapısında iki önemli değişik oluşur: Birincisi ekmek kabuğu gevrekliğini kaybeder ve yumuşar, ikincisi ise ekmek içi sertleşir (Ercan ve Özkaya 1985, Gray ve BeMiller 2003). Günümüzde, diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) (Vodovotz vd. 1996, Jagannath vd. 1998, Liu ve Thompson 1998), dinamik viskozimetre (Morikawa ve Nishinari 2000, Tako ve Hizukuri 2000), dinamik mekaniksel analizörü (DMA) (Hallberg ve Chinachoti 1992, Shogren 1992, Vodovotz vd. 1996, Vodovotz ve Chinachoti 1998), X-ray difraktometresi (Jagannath vd. 1998,

Jouppila vd. 1998, Ribotta vd. 2004), infrared spektroskopu (Wilson vd. 1987, Smits vd. 1998) ve nükleer magnetik rezonans (NMR) (Kim-Shin vd. 1991, Chen vd. 1997, Smits vd. 1998, Engelsen vd. 2001, Vodovotz vd. 2002) gibi gelişmiş tekniklerden yararlanılarak ekmeğin bayatlama mekanizmasının anlaşılmasına çalışılmaktadır.

Fırından çıktığında gevrek bir yapıda olan ekmek kabuğu, bekletilme süresi ile birlikte kırılgan olmayan yumuşak bir yapı kazanmaktadır. Bu durum, ekmek kabuğu ile gerek ekmek içi ve gerekse çevresindeki buhar basıncı farkından kaynaklanan rutubet transferinden kaynaklandığı bilinmektedir (Czuchajowska ve Pomeranz 1989, He ve Hoseney 1990, Baik ve Chinachoti 2000, Engelsen vd. 2001, van Nieuwenhuijzen vd. 2010). Ekmek kabuğuna transfer olan su kabuğun plastikleşmesi neden olur. Bu durum, T_g sıcaklığını düşürerek ekmek kabuğunun içerdiği amorf yapıdaki makromoleküllerin (proteinler ve polisakkaritler) camsı halden kauçuğumsu hale geçmesine ve sonuçta ekmek kabuğunun gevrekliğinin kaybolmasına neden olur (Slade ve Levine 1993, Primo-Martín vd. 2006).

Öte yandan, ekmek kabuğunda meydana gelen gevreklik kaybının ekmek camsı fazda iken meydana geldiği bildirmiştir (Slade ve Levine 1991, Fontanet vd. 1997, Le Meste vd. 2002, Roudaut vd. 2002).

Duyusal olarak tespit edilen ekmek gevrekliğinin ~% 10 rutubet içeriğinde düştüğü ve bu su içeriğinin ekmeğin T_g'sine karşılık gelen rutubet içeriğinden (% 15) çok daha düşük olduğunu belirlenmiştir (Fontanet vd. 1997).

Slade ve Levine (1991) ekmek kabuğunun gevrekliğinin kaybolmasında gluten proteinlerinin etkili olduğunu; T_g sıcaklığı üzerinde gluten proteinlerinin kauçuğumsu bir materyal gibi hareket ettiklerini bildirmişlerdir.

Primo-Martín vd. (2006), konkofal taramalı lazer mikroskobu ile yaptıkları çalışmada, ekmek kabuğunda nişasta granüllerinin çok azının jelatinize olduğu ve bundan dolayı ekmek kabuğunun gevrekliğinin kaybolmasında gluten proteinlerini etkili olduğunu

belirtmişlerdir. Çalışmada, düşük protein içeriğine sahip unlardan yapılan ekmeklerin ve proteaz içeren ekmeklerin gevrekliklerini daha uzun süre muhafaza ettikleri görülmüştür. Bu durumun gluten proteinlerinin su absorpsiyonu ile ilgili olduğunu, düşük miktarın yada yapılarındaki enzimatik modifikasyonların gevrekliğin korunmasında yardımcı olduğu görüşünü ileri sürmüşlerdir.

Primo-Martín vd. (2007), ekmek kabuğunda nişastanın retrogradasyonunun ancak depolamanın 2. gününden sonra tespit etmişlerdir.

Bayatlama ile ekmek içinde oluşan değişimler, örneğin sertliğin ve ufalanabilirliğin artması, ekmeğin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini kabuk kısmındaki değişmelere kıyasla daha fazla etkilemektedir. Ayrıca, ekmek içinin bayatlamasına neden olan olaylar, ekmek kabuğunda görülenlere göre çok daha komplekstir.

Ekmek içi yumuşaklığının azalmasının basit bir koruma olayı olmadığı yaklaşık 150 yıldan beri bilinmektedir. Hermetikli olarak ambalajlanmış ekmekler üzeride yapılan çalışmalarda, sertlik ve amilopektin kristalizasyonunda depolama süresince artış olduğu kanıtlanmıştır (Baik ve Chinachoti 2000, 2001).

Ekmek içinin sertleşmesinin retrogradasyon olarak tanımlanan nişastanın çözelti içinde kendiliğinden çökelmesi veya tekrar kristal yapı kazanması ile ilişkili olduğu görüşü ağırlık kazanmıştır. Ancak, nişastanın retrogradasyonunun sertlikte meydana gelen artışı açıklamada tek başına yeterli olmadığı bir çok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir (Kim ve D'Appolonia 1977a, Ghiasi vd. 1984, Rogers vd. 1988, Andreu vd. 1999, Shiraldi ve Fessas 2001, Vodovotz vd. 2002, Baik vd. 2003, Gray ve BeMiller 2003).

Baik vd. (2003), gliserol eklenen ekmeklerde nişastanın retrogradasyonunun yavaşladığını buna karşın ekmek içi sertliğinin arttığını bildirmişlerdir. Bunun, nişastanın retrogradasyonundan başka glutende ve suyun dağılımında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Nişastanın retrogradasyonu ekmeğin bayatlama mekanizmasının açıklanmasında tek başına yeterli olmasa da ekmek kalitesindeki düşüşe etkisi olan en önemli etkendir. Dolayısıyla günümüzde, bayatlama mekanizmasının açıklanması için nişastanın retrogradasyonu başta olmak üzere, glutenin ve suyun rolü bilimsel çalışmalarda temel araştırma konuları olmaktadır.

Nişastanın retrogradasyonu, sıcaklık, zaman ve suya bağlı bir olay olup, nişasta bileşenlerinin (amiloz ve amilopektinin) düzenli bir şekilde birleşerek kristaller yapılar oluşturmasıdır. Ekmekte bulunan amiloz ve amilopektinin yaklaşık % 30-35'lik bir kısmının retrograde olduğu, geri kalan kısmın ise amorf yapısını koruduğu bildirilmiştir (Schiraldi ve Fessas 2001).

Amiloz ve/veya kristal yapı içinde olmayan amilopektin zincirleri arasında oluşan ve hidrojen bağları ile kuvvetlendirilmiş çift sarmal yapının, ekmek içi sertliğinin artışında etkili olduğu bildirilmiştir (Schiraldi ve Fessas 2001). Sarmal yapının oluşmasında su önemli rol oynar. Su, amorf yapıdaki polimerlere plastikleştirici etki göstermesi yanında kristal yapıların kolaylıkla büyüyebildiği bir ortam oluşturur. Schiraldi ve Fessas (2001), bayatlama süresince bir miktar suyun amorf yapıdaki nişastadan kristal yapıdaki nişastaya geçerek daha sıkı bir şekilde bağlandığını ve dolayısıyla ekmeğin sertliğinde artışa neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Amiloz, düz moleküler yapısı ile hızlı bir şekilde retrograde olduğundan ekmeğin sertleşmesi üzerine etkili olduğu düşünülmüştür. Ancak amilopektin oranı yüksek (waxy) buğday ve arpa unlarında ve nişastalarında yapılan çalışmalarda nişastanın retrogradasyonunun daha fazla olduğu saptanmıştır. (Ghiasi vd. 1984, Liu ve Thompson 1998, Toufeili vd. 1999).

Bayatlamış ekmeğin su ile çözünen kısmı incelendiğinde çoğunlukla amilopektin bulunmuştur. Fırından çıkarılan sıcak ekmeğin soğutulması süresince retrograde olan amilozun suda çözünürlüğü, bekletilmenin ilk gününde hızlı bir şekilde düştüğü fakat amilopektinin çözünürlüğünün bekletilme süresinin uzamasına bağlı olarak düzgün bir düşüş gösterdiği saptanmıştır. Bu yüzden, amilozun ekmek içi yapısının oluşmasında rol

aldığı fakat bayatlama mekanizmasına etkisi bulunmadığı bildirilmiştir (Kim ve D'Appolonia 1977a).

Bayatlamış ekmeğin 50-60 °C arasında ısıtılması ile tekrar taze özelliği kazandığını görülmüştür (Shiraldi ve Fessas 2001). Retrograde olmuş amiloz, bu sıcaklık aralığında erimediğinden (amiloz molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını kırmak için gereken sıcaklık >120 °C), kristalize olmuş amilopektinin ekmeğin bayatlaması üzerine etkili olduğunu belirtilmiştir.

Öte yandan, Shiraldi ve Fessas'ın (2001) aktardığı Hoseney vd.'nin (1998) çalışmasında, bayatlamış ekmeğin tazeyken ki yumuşaklığına dönüşmesi için 100 ^{o}C'nin üzerine ısıtılmasını gerektiğini bildirmişlerdir. Amilopektin kristalleri 60 ^{o}C'ye gelindiğinde eriyeceğinden, ekmeğin sertleşmesinde amilopektin kristalizasyonu yanında başka etkenlerinde olduğunu savunmuşlardır.

Vodovotz vd. (2002) yaptıkları çalışmada, bayatlamış ekmekte NMR ile belirledikleri moleküler dayanıklılıkta (rigidity) bir artış olmamasına rağmen DSC'de belirlenen amilopektin kristalizasyonunda artış belirlemişlerdir. Sonuç olarak, moleküler hareketlilikteki farklılıkların amilopektin kristalizasyonundan kaynaklanamayacağını, glutenin ve/veya suyun dağılımının rolü olabileceğini belirtmişlerdir.

Kulp ve Ponte (1981), ekmeğin bekletilmesinin ilk safhasında görülen bayatlama özelliklerine, nişastada meydana gelen değişikliklerin neden olabileceği, glutenin ise bekletilmenin ileri safhalarında oluşan değişiklikler üzerine etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Martin vd. (1991), ekmek içi sertleşmesine birbirlerine hidrojen bağları ile bağlanmış nişasta granüllerinin ve gluten ağının neden olduğunu, bundan dolayı ekmek içinde sürekli faz ile kesintili fazın birbirlerine bağlandığını savunmuşlardır. Nişasta ile gluten arasındaki interaksiyonların pişirme sırasında geliştiğini ve bekletilme sırasında bu interaksiyonların sayısının ve oluşan bağların dayanıklılığın arttığını ileri sürmüşlerdir.

Bayat ekmeğin ısıtılmasıyla nişasta ile gluten arasında oluşan hidrojen bağlarının kolayca kırılarak tekrar tazelik kazanmasını teorilerini destekleyen en önemli kanıt olarak göstermişlerdir.

Every vd. (1998) yaptıkları benzer bir çalışmada, bayatlama mekanizması üzerine, nişasta-gluten ve nişasta-nişasta interaksiyonlarının kalitatif olarak aynı düzeyde öneme sahip oldukları, fakat unun % 85 civarında nişasta içermesinden dolayı kantitatif olarak nişasta-nişasta interaksiyonlarının daha önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Dolayısıyla ekmek içi sertleşmesinde glutenin esansiyel rol oynamadığını, fakat nişasta granülünden kısmen ayrılan amilozun, amilopektin retrogradasyonunun ve nişasta granüllerinin birbirlerine ve az miktarda da gluten fibrillerine hidrojen bağları ile bağlanmasının sorumlu olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Gray ve BeMiller (2003) ve Armero ve Collar (1998), depolama süresince glutende meydana gelen değişimlerin glutenden nişastaya suyun göçüne neden olduğunu ve bundan dolayı ekmek içi sertleşmesinde glutenin rol oynadığını bildirmişlerdir.

Goesaert vd. (2008), jelatinize olmuş nişasta granüllerinin dayanıklılığının (rigidity) ve granüller arasına sızmış amilozun ekmeğin başlangıçtaki sertliğinde etkili olduğunu, nişastanın retrogradasyonu yanında nişasta-nişasta ve nişasta-gluten interaksiyonları ile oluşan ağ yapısının ekmeğin sertliğin artmasında önemli rol oynadıklarını bildirmişlerdir.

Öte yandan, Kim ve D'Appolonia (1977b), un proteinlerinin miktarı ile ekmek içi sertliği arasında önemli bir korelasyonun olmadığını ve bayatlamanın etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Ercan ve Özkaya (1985), protein miktarındaki artışın ekmek içinin su tutma kapasitesinin ve ekmek hacminin artmasına, buna karşılık ekmeğin sertleşmesinin ve sertleşme hızının azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Buna ek olarak, artan protein miktarının nişasta granülleri arasındaki interaksiyonları azaltacağından

sertleşmenin de azalacağını ifade etmişlerdir.

Benzer şekilde, Callejo vd. (1999), gluten miktarı artırılmış unlardan yapılan ekmek denemelerinde, ekmek içi sertliğinin ve sertleşme hızının azaldığını tespit etmişlerdir. Artan gluten içeriği, nişasta granülleri arasındaki bağlanmayı azaltma eğiliminde olabileceğinden yada nişastanın seyrelmesine neden olabileceğinden dolayı, glutenin sertleşmeyi önleyici etki gösterdiği savunulmuştur.

Suyun ekmeğin bekletilmesi sırasında ekmek kabuğu ile ekmek içi arasında ve ekmek bileşenleri arasında dağılımındaki değişimi, bayatlama mekanizmasına ve hızına etkili olduğu bildirilmiştir (Kulp ve Ponte 1981, Zeleznak ve Hoseney 1986, Baik ve Chinachoti 2000, Shiraldi ve Fessas 2001, Vodovotz vd. 2002).

Ekmek içi ile ekmek kabuğu arasındaki buhar basıncı farkı nedeniyle su, ekmek içinden ekmek kabuğuna doğru göç eder ve bekletilme süresince, ekmek içindeki su miktarı azalırken ekmek kabuğunda artar. Bu durum ekmek içi gözenek yapısının daha katı ve sıkı olmasına neden olur (Kulp ve Ponte 1981).

Yüksek miktarda rutubet içeren ekmeklerin daha yavaş bayatladıklarını bildirilmiştir (Kulp ve Ponte 1981, Rogers vd. 1988, Zeleznak ve Hoseney 1986).

Diğer yandan, nişastanın retrogradasyonunun, ortamdaki mevcut su miktarına bağlı olarak değiştiği ve ekmekteki rutubet miktarının amilopektin kristalizasyonu için optimum miktarda olduğu bulunmuştur (Zeleznak ve Hoseney 1986, Liu ve Thompson 1998). Diğer yandan, Biliaderis (1992) % 40-50 arası rutubet miktarında amilopektin kristalizasyonu maksimum olduğunu bildirmişlerdir.

Baik ve Chinachoti (2000), kabukları ile birlikte saklanan ekmeklerin, kabuksuz ekmeklere göre daha çok rutubet kaybettiklerini, daha çabuk sertleştiklerini ve daha fazla kristalize amilopektin içerdiklerini bulmuşlardır. Bu durumu ekmek içindeki donabilen suyun miktarında azalmaya bağlamışlardır.

Baik ve Chinachoti (2001), gerek amorf bileşenler arasında ve gerekse de ekmek içinden ekmek kabuğuna suyun transferi nedeniyle meydana gelen bölgesel kurumanın bayatlama süresinde görülen sertlik artışına neden olabileceğini bildirmişlerdir.

Shiraldi ve Fessas (2001), bayatlama süresince ekmek bileşenlerinde meydana gelen değişimlerin onların tuttukları suyu salıvermesine yada suyun daha sıkı bir şekilde hapsedilmesine neden olduğu belirtmişlerdir. Serbest kalan suyun bulunduğu ortamdaki bileşenler ile –H bağları kurarak daha sıkı bir yapının oluşmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Isıtılan ekmeğin yumuşaklık kazanması ve soğuduğunda daha sert olması, oluşan –H bağlarının kırılmasından ve yeniden oluşmasından ileri geldiğini savunmuşlardır.

Nitekim, NMR ile yapılan çalışmalarda ekmek içindeki suyun, bayatlama ile daha az hareketli olduğu görülmüştür (Wynne-Jones ve Blanshard 1986, Kim-Shin vd. 1991, Chen vd. 1997, Engelsen vd. 2001). Bunun nedeninin glutenden salınan suyun, kristalize olan nişasta tarafından daha sıkı tutulmasından ileri geldiği bildirilmiştir. Ayrıca, NMR ile belirlenen suyun hareketliliğindeki azalış ile ekmek içi sertliğindeki artış arasında korelasyon görülmüştür.

Slade ve Levine (1991) ve Roos (2007), amilopektinin kristalize olabilmesi için dış dallarının hareketli ve bunun içinde ortam suyun olması gerektiğini bildirmişlerdir. Suyun plastikleştirici etkisi ile hareketlilik kazanan dış dallar birleşerek kristal yapıları oluşturduğu ve bu kristal yapıların (B tipi) daha fazla su tutarak ekmek içindeki suyun dağılımını etkiledikleri bildirilmiştir. Bu durumun, glutenden nişastaya suyun göç etmesine ve dolayısıyla gluten ağının yapısında değişikliğe neden olduğu ileri sürülmüştür (Gray ve BeMiller 2003).

Ribotta ve Le Bail (2007), depolama süresinde ekmeğin donabilen su miktarında azalış ve donmayan su miktarında artış olduğunu ve buzun erime sıcaklığının düştüğünü görmüşlerdir. Bunun, bayatlama ile suyun kabuğa transferinden ve bir şekilde amorf ve kristal bölgelerde daha çok ve daha sıkı bağlandığından yada da hareketsiz kaldığından ileri geldiğini bildirmişlerdir. Sıcaklıkların düşüşünde ise azalan su fazında katı madde

konsantrasyonunun artışıyla ilişkili olduğunu dile getirmişlerdir.

Termogravimetrik analizörü ile yapılan bir çalışmada, ekmekteki suyun buhar haline geçmesi, bayatlama sonrasında iki ayrı sıcaklıkta (70 ve 90 ^{o}C) görülmüştür (Schiraldi vd. 1996). Bu durum, bir kısım suyun ekmek içinde daha sıkı tutulduğunu göstermiştir.

Termogravimetrik analizörü ile yapılan bir diğer çalışmada, jelatinize olmuş buğday nişastasında suyun iki farklı sıcaklıkta ayrıldığını; serbest suyun düşük sıcaklıkta, bağlı suyun ise daha yüksek sıcaklıkta ayrıldığı görülmüştür (Orlowska vd. 2010)

Pentozanların, somun hacmini artırdığı, ekmek içi sertleşmesinde önemli bir azalmaya neden olduğu ve nişastanın retrogradasyonu geciktirdiği bildirilmiştir (Kim ve D'Apollonia 1977c, 1977d, Michniewicz vd. 1992, Cleemput vd. 1993, Courtin ve Delcour 1998, Denli ve Ercan 2000). Pentozanların yüksek miktarlarda su tutma kapasitesinden ve tuttukları bu suyun çevreye daha yavaş göç etmesinden dolayı sertleşmeyi önledikleri ve amiloz ve amilopektin üzerine direk etki ederek onların retrograde olma hızlarını yavaşlattıkları ileri sürülmüştür.

Ancak, Kim ve D'Apollonio (1977c, 1977d), gerek suda çözünen ve gerekse de suda çözünmeyen pentozanların nişastanın retrogradasyon mekanizmasında herhangi bir değişikliğe neden olmadıklarını belirtmişlerdir.

Fessas ve Shiraldi (1998), pentozan eklenen ekmeklerin gözenek yapısının daha kalın olduğu ve bunun ekmeğin sertleşme hızında, nişasta retrogradasyonuna ve rutubet kaybına bağlı olmaksızın, azalmaya neden olduğu bildirilmişlerdir.

Undaki polar lipitlerin (galakto- ve fosfolipitler), somun hacminde artışa neden olurken, orta düzeyde polar lipit bileşiklerin azalttığı ve trigliserit gibi apolar lipitlerin ise çok az etki gösterdikleri fakat bunların diğer lipit bileşiklerin varlığında yararlı etkiye sahip oldukları bildirilmiştir (MacRitchie 1976, 1981).

Rogers vd. (1988), un lipitlerinin ekmeğin sertliğine etkilerinin konsantrasyona bağlı olduğunu; düşük düzeylerde polar lipitlerin ekmek hacmini azalttığı ve sertleşmeyi arttırdığı, yüksek düzeylerde ise ekmek hacmini arttırdığı ve sertleşmeyi geciktirdiği bildirmişlerdir. Lipitlerin gluten ile interaksiyonlarının buna neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Un lipitlerinin amiloz ile ve daha az düzeyde amilopektin ile kompleks oluşturdukları ve dolayısıyla bunların kristalizasyonlarını düşürdükleri tespit edilmiştir (Gudmundson ve Eliasson 1990, Biliaderis ve Tonogai 1991). Diğer yandan, lipitlerin somun hacmini arttırarak ekmek içi sertleşme hızını azalttığı fakat nişastanın retrogradasyon hızını etkilemediği bildirilmiştir (Rogers vd. 1988, Schiraldi ve Fessas, 2001).

Günümüzde ekmeğin bayatlamasının geciktirilmesi amacıyla bir takım katkılar (emülsifiyerler, hidrokolloidler, enzimler) kullanılarak bunların etkileri konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Emülsifiyer (DATEM, SSL monogliseritler vb), ekmek kalitesinin geliştirilmesinde (örneğin, somun hacminin ve ekmek içi yumuşaklığının artmasında) ve bayatlamasının geciktirilmesinde (örneğin amiloz ve amilopektinin retrogradasyonunun azalmasında) pozitif etkilere sahiptirler. Bu etkiler; amiloz ile interaksiyona girerek, suda çözünmeyen sarmal kompleks yapılar oluşturmaları ve böylece amilozun, nişastanın jelatinizasyonu sırasında nişasta granülleri arasındaki boşluklara sızmasını ve amiloz-amiloz birleşmelerini önleyerek amilozun retrogradasyonunu önlemelerinden (Krog 1981, Kulp ve Ponte 1981, Eliasson ve Ljunger 1988), nişasta granülleri yüzeyine adsorplanarak, granüllerin su alıp şişmesini ve dolayısıyla nişastanın jelatinizasyonunu sınırlandırmalarından (Kulp ve Ponte 1981, Roach ve Hoseney 1995, Goesaert vd. 2005), amilopektin zincirlerinin dış kısmındaki lineer segmentler ile sınırlı oranda interaksiyona girerek amilopektinin retrogradasyonunu önlemelerinden (Krog 1981, Kulp ve Ponte 1981, Eliasson ve Ljunger 1988, Gudmundsson ve Eliasson, 1990, Gudmundsson 1992, Rao vd. 1992), gluten ve nişasta ile interaksiyona girerek, glutenin-emülsifiyer-gliadin ve gluten-emülsifiyer-nişasta kompleksleri oluşturmalarından (Krog 1981, Carr vd. 1992, Stampfli ve Nersten 1995), glutenin film

oluşturmasını geliştirerek mayalar tarafından üretilen gazları tutmasını sağlamalarından (Stampfli ve Nersten 1995), su-yağ fazları arasında yüzey gerilimini azaltarak gözeneklerin stabilizasyonu sağlamalarından (Krog 1981, Gan vd. 1995, Mills vd. 2003, Azizi ve Rao 2004a) ve dolaylı olarak, bileşenler arasında (nişasta, protein vb) su dağılımını değiştirmelerinden ve dolayısıyla ekmek içinden ekmek kabuğuna suyun göçünü önlemelerinden (Pisesookbunterung ve D'Appolonia 1983) ileri geldiği bildirilmektedir.

Hidrokolloidlerin (guar gam, keçiboynuzu gamı, CMC, HPMC vb), suyun hareketliliğini kısıtlayarak, nişastanın retrogradasyonu geciktirerek ve gluten-nişasta interaksiyonunu inhibe ederek ekmek içi sertliğini düşürdüğü ve ekmeğin bayatlamasını geciktirdiği iddia edilmektedir (Davidou vd. 1996, Shiraldi vd. 1996, Armero ve Collar 1998, Azizi ve Rao 2004b).

Shiraldi vd. (1996), hidrokolloidlerin ekmek kalitesinde artışa neden olduğunu ve nişastanın retrogradasyonunu geciktirdiklerini bildirmişlerdir. Ancak, hidrokolloidlerin ekmeğin bayatlama hızında herhangi bir etkilerinin olmadığı ve yüksek su tutma kapasitesine sahip hidrokolloidlerin ekmeğin sertleşme hızını arttırdığını belirtmişlerdir.

Davidou vd. (1996) ise çalışmalarında tam tersi sonuçlar elde etmişler ve kullandıkları hidrokolloidlerin (keçiboynuzu gamı, aljinat ve ksantan gam) hem ekmek içi sertliğinde ve hem de bayatlama hızında azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Hidrokolloidlerin ekmeğin dehidrasyonunu düşürdüğünü ve gluten-nişasta interaksiyonlarını inhibe ederek bunlara neden olabileceklerini bildirmişlerdir.

Armero ve Collar (1998), CMC ve HPMC ile yaptıkları çalışmalarda ekmeğin başlangıçtaki sertliğinde düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Lent ve Grant (2001), ksantan gam içeren ekmeklerin rutubet miktarlarının fazla olduğunu ve daha düşük hızlarda bayatladığını bildirmişlerdir.

Lipaz ve ksilanaz enzimlerinin, un bileşenlerinde hidrolize neden olarak, ekmek hacmini arttırdıkları, nişastanın retrogradasyonunu ve ekmeğin sertleşme hızını düşürdükleri bildirilmiştir (Qi Si ve Hansen 1994, Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, 1998, Andreu vd. 1999, Castello vd. 1999, Gil vd. 1999, Siswoyo vd. 1999, Lent ve Grant 2001, León vd. 2002, Goesaert vd. 2005, Katina vd. 2006). Ksilanazın pentozanları hidrolize ederek suda çözünen pentozanlar oluşturması sonucunda ortamdaki suyun dağılımının etkilendiği ve suyun gluten fazına geçerek gluten ağının gelişmesine ve dolayısıyla ekmek hacminde ve ekmeğin yumuşaklığında artışa neden olduğu ileri sürülmüştür. Lipazın ise, un lipitlerini hidrolize ederek emülsifiyer özellikte lipit bileşikleri oluşturması ve bu bileşiklerin gluten ile interaksiyona girerek hacim verimi ve yumuşaklığı arttırdığı ve nişasta ile interaksiyona girerek nişastanın retrogradasyonunu önlediği ileri sürülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Ankara Un Sanayi A.Ş.'den (Ankara) katkısız olarak temin edilen ve Çizelge 3.1'de bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri verilen ekmeklik buğday unu materyal olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Araştırmada kullanılan buğday ununun kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

Özellikler	
Rutubet (%)	13,54±0,02
Kül (%) [a]	0,53±0,01
Protein (%, Nx5,7) [a]	12,74±0,04
Ham yağ (%)	1,02±0,01
Yaş gluten (%)	27,7±0,2
Kuru gluten (%)	9,8±0,1
Gluten indeks (%)	97,1±1,1
Sedimentasyon değeri (mL) [b]	43±1
Düşme sayısı (s) [c]	380±7

[a] Kuru madde esasına göre
[b] % 14 rutubet esasına göre
[c] % 15 rutubet esasına göre

Araştırmada kullanılmak üzere, üç farklı katkı grubundan ikişer adet katkı maddesi seçilmiştir. Bunlar; (I) emülsifiyerlerden monogliseridlerin diasetil tartarik asit esterleri – DATEM (ADMUL DATEM 1982®) ve sodyum steoril laktilat – SSL (ADMUL SSL 1078®) (Kerry Bio-Science, Hollanda); (II) hidrokolloidlerden karboksimetilselüloz – CMC (GRINDSTED® CMC) ve guar gam (GRINDSTED® Guar) (Danisco,

Danimarka) ve (III) enzimlerden lipaz (LIPOPAN MAX®, 14,4 KU/g aktivite) (Novozymes, Danimarka) ve ksilanaz (BIOBAKE 715®, 1500 U/mg aktivite) (Kerry Bio-Science, Hollanda) olarak belirlenmiştir. Ekmek formülasyonlarına, bu katkı maddelerine ilave olarak, askorbik asit (BASF, Almanya) ve fungal α-amilaz (FUNGAMYL® 2500 SG, 2500 U/g aktivite) (Novozymes, Danimarka) eklenmiştir. Katkı maddeleri Polen Gıda A.Ş. (İstanbul) tarafından temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Un analizleri

Unda; rutubet, kül, ham yağ ve gluten miktarları, sedimentasyon değeri ve düşme sayısı, sırasıyla ICC Metot No 110/1, 104/1, 136, 137/1, 116/1 ve 107/1'e (Anonymous, 2002) göre, protein miktarı ise AACC Metot No 46-12'ye (Anonymous, 2000) göre belirlenmiştir.

3.2.2 Hamurun reolojik analizleri

3.2.2.1 Farinograf

Katkılı ve katkısız unların yoğurma özellikleri, ICC Metot No 115/1'e (Anonymous, 2002) göre farinografta (Brabender, Almanya) belirlenmiştir. Farinogramlardan su absorpsiyonu (SA, %), gelişme süresi (GS, dak), stabilite (S, dak) ve yumuşama derecesi (YM, Brabender birimi – BU) hesaplanmıştır.

3.2.2.2 Ekstensograf

Katkılı ve katkısız unların viskoelastik özellikleri, ICC Metot No 114/1'e (Anonymous, 2002) göre ekstensografta (Brabender, Almanya) belirlenmiştir. Ekstensogramlardan enerji değeri (A, cm^2), uzama kabiliyeti (E, mm), sabit deformasyondaki direnç (R_5, BU), uzamaya karşı maksimum direnç (R_m, BU) ve R_m/E değeri hesaplanmıştır.

3.2.3 Ekmek analizleri

3.2.3.1 Ekmek yapımı

Araştırmada, ekmeklerin hazırlanmasında "Optimize edilmiş doğrudan-hamur ekmek yapma yöntemi" (AACC Metot No 10-10B) (Anonymous, 2000) modifiye edilerek kullanılmıştır. Metotta opsiyel olarak verilen bileşenler (potasyum bromat, soya unu, vb) kullanılmamıştır. Malt unu yerine (% 0,2) ise α-amilaz (10 mg/kg) kullanılmıştır. α-amilaz miktarı yapılan ekmek denemleri sonucunda belirlenmiştir. α-amilaz 10-30 mg/kg arası kullanıldığında, ekmeğin spesfik hacminde istatistiksel olarak bir fark görülmemiş fakat ekmek içi gözenek yapısında konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak kötüleşme görülmüştür. Bundan dolayı, 10 mg/kg seviyesinde kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

500 g una göre hazırlanan bileşenler (Çizelge 3.2) yoğurucuya (A. Stephan u. Söhne, Almanya) alınmış ve 700 devir/dak hızda 90 s süreyle yoğurma işlemine tabi tıutulmuştur. Nisbi nemi % 80±5 olan 30 °C sıcaklıktaki fermentasyon dolabında 30 dak bekletildikten sonra tartılan hamur, 5 eşit parçaya bölünmüştür. Hamur ağırlığı, katkıların su absorpsiyonuna göre 162-166 g arasında değişiklik göstermiştir. Daha sonra, her bir hamur parçası silindirler arasından geçirilerek havalandırılmıştır. Hamurlar, aynı koşullarda 30 dak daha bekletildikten sonra, şekil verme düzeneğinde silindir şekline getirilmiş ve standart teflon kaplı pişirme kaplarına konulmuştur. Fermentasyon dolabında 60 dak bekletildikten sonra hamurlar, 215 °C sıcaklıkta 24 dak pişirilmiştir. Ekmekler, oda sıcaklığına soğutmak için 2 saat açıkta bekletilmiş ve analizler yapılıncaya değin polietilen torbalarda saklanmıştır.

Her bir katkı maddesinin farklı konsantrasyonlarından üretilen ekmekler analizlere tabi tutulmuş ve ekmek kalitesine en iyi etki yapan optimum konsantrasyonu belirlenmiştir. Gerek enstrümental ve gerekse de duyusal analiz sonuçlarına göre DATEM, SSL, CMC ve guar gam % 0,50, lipaz 20 mg/kg ve ksilanaz 50 mg/kg ekmek kalitesinde optimum gelişme sağlamışlardır. Daha sonra, katkı maddelerinin optimum konsantrasyonları

Çizelge 3.2 Ekmek bileşenleri, kullanılan konsantrasyonlar ve işlem koşulları

Katkılar	**Konsantrasyon**
Un (%)	100 [a]
Su (%)	Farinograf su absorpsiyonu [b]
Yaş maya (%)	3
Tuz (%)	1,5
Askorbik asit (mg/kg)	50
α-amilaz (mg/kg)	10
Katkı maddeleri	
DATEM (%)	0,25-0,50-0,75-1,00
SSL (%)	0,25-0,50-0,75-1,00
Lipaz (mg/kg)	10-20-30-40
Ksilanaz (mg/kg)	25-50-75-100
CMC (%)	0,25-0,50-0,75-1,00
Guar gam (%)	0,25-0,50-0,75-1,00
İşlem Koşulları	
Yoğurma	700 devir/dak'da 90 s
I. Fermentasyon (dak)	30
II. Fermentasyon (dak)	30
Son Fermentasyon (dak)	60
Pişirme sıcaklığı (°C)	215
Pişirme Süresi (dak)	24

[a] % 14 rutubet esasına göre
[b] 500 BU konsistense göre

kullanılarak faktöriyel düzende ikili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlar oluşturulmuştur (Çizelge 3.3). Ancak, kombinasyonlarda DATEM SSL ile, CMC'de guar gam ile aynı formülasyonlarda kullanılmamıştır. Katkı kombinasyonlarından, yukarıda belirtilen yöntem ile yapılan ekmeklerin ekmek ve hacim verimleri ile spesifik hacimleri, toparlanma kabiliyetleri ve tekstür profil özellikleri belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda ikili kombinasyonlar seçilmiş ve bayatlama çalışmasında kullanılmıştır. Bayatlama çalışmasında, ekmekler polietilen torbalarda 20 °C sıcaklıkta 1 hafta muhafaza edilmiştir. Depolamanın 1., 4. ve 7. günlerinde, ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerinde, sertliklerinde, rutubet miktarlarında ve diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) ile belirlenen termal özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Çizelge 3.3 Faktöriyel düzende hazırlanmış ikili, üçlü ve dörtlü katkı kombinasyonları

	DATEM (%)	SSL (%)	LİPAZ (mg/kg)	KSİLİNAZ (mg/kg)	CMC (%)	GUAR GAM (%)
1	0,50	---	---	---	---	---
2	0,50	---	20	---	---	---
3	0,50	---	---	50	---	---
4	0,50	---	---	---	0,50	---
5	0,50	---	---	---	---	0,50
6	0,50	---	20	50	---	---
7	0,50	---	20	---	0,50	---
8	0,50	---	20	---	---	0,50
9	0,50	---	---	50	0,50	---
10	0,50	---	---	50	---	0,50
11	0,50	---	20	50	0,50	---
12	0,50	---	20	50	---	0,50
13	---	0,50	---	---	---	---
14	---	0,50	20	---	---	---
15	---	0,50	---	50	---	---
16	---	0,50	---	---	0,50	---
17	---	0,50	---	---	---	0,50
18	---	0,50	20	50	---	---
19	---	0,50	20	---	0,50	---
20	---	0,50	20	---	---	0,50
21	---	0,50	---	50	0,50	---
22		0,50	---	50	---	0,50
23		0,50	20	50	0,50	---
24		0,50	20	50	---	0,50
25	---	---	20	---	---	---
26	---	---	20	50	---	---
27	---	---	20	---	0,50	---
28	---	---	20	---	---	0,50
29	---	---	20	50	0,50	---
30	---	---	20	50	---	0,50
31	---	---	---	50	---	---
32	---	---	---	50	0,50	---
33	---	---	---	50	---	0,50
34	---	---	---	---	0,50	---
35	---	---	---	---	---	0,50

3.2.3.2 Ekmek verimi, hacim verimi ve spesifik hacim

Ağırlıkları ve kolza tohumu yer değiştirme metodu ile hacimleri belirlenen ekmeklerin, 100 g una karşılık gelen ekmek verimleri (g) ve hacim verimleri (mL) saptanarak bunlardan spesifik hacimleri (mL/g) hesaplanmıştır.

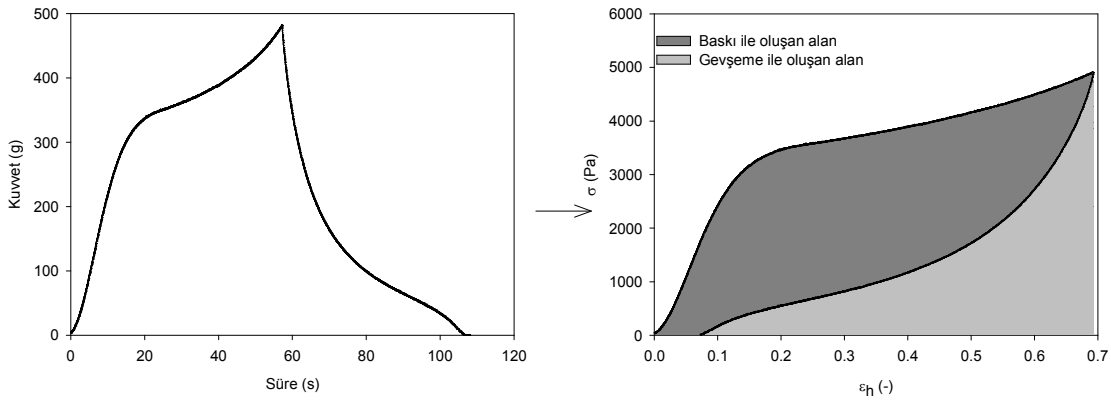
3.2.3.3 Toparlanma kabiliyeti

Ekmek içi örneklerinin, uygulanan kuvvet kaldırıldığında başlangıçtaki boyutunun ne kadarını geri kazandığı, Baik ve Chinachoti (2002) tarafından önerilen metoda göre belirlenmiştir. Ekmeğin orta diliminden alınan, 20 mm yüksekliğinde ve 35 mm çapında silindir şeklindeki ekmek örneği, tekstür analizöründe (Stable Micro System, İngiltere) 10 mm/dak test hızında, 75 mm çapındaki alüminyum ölçüm ucu ile % 50 gerinime (strain) sıkıştırılmış ve aynı hızda gevşetilmiştir. Elde edilen kuvvet-süre grafiği dataları, önce kuvvet-gerinime çevrilmiş, daha sonra da bu datalar Sigma Plot programı (Systat Software, ABD) kullanılarak gerilim (stress=$\sigma=F/\pi r^2$)-Hencky gerinime (Hencky strain=$\varepsilon_h=\ln(L/L_0)$ dönüştürülmüştür. Elde edilen bu datalardan aynı programda grafik çizilmiş ve baskı ve gevşeme ile oluşan alanlar "Macro: Area Below Curves" fonksiyonu ile hesaplanmıştır (Şekil 3.1). Hesaplama "Tropezoidal" kuralına ($yi(xi+1-xi)+(1/2)(yi+1-yi)(xi+1-xi)$) göre yapılmıştır. Daha sonra ekmek örneğinin toparlanma kabiliyeti aşağıda verilen eşitlik ile belirlenmiştir:

$$\%\ Toparlanma\ Kabiliyeti\ = \frac{Gevseme\ ile\ olusan\ alan}{Baskı\ ile\ olusan\ alan} \times 100 \qquad (3.1)$$

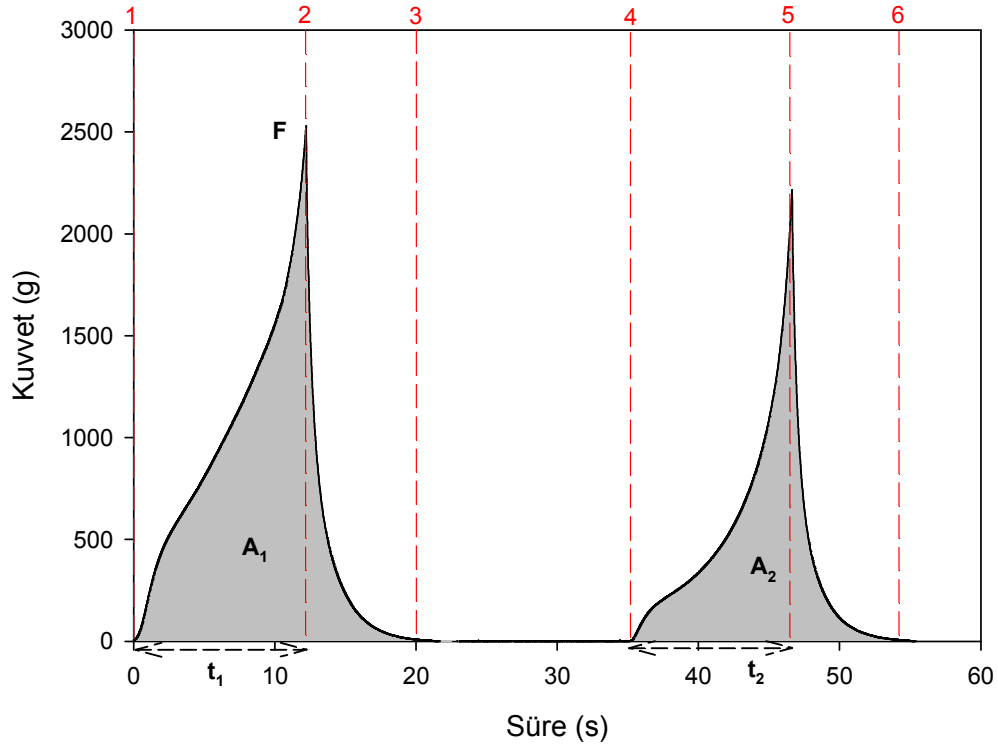
3.2.3.4 Tekstür profil analizi

Ekmek örneklerinin tekstür profil analizlerinde (TPA), Bourne (1978) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Ekmeğin orta diliminden alınan 30 mm yüksekliğinde ve 35 mm çapındaki silindir şeklindeki örnek, 1,7 mm/s test hızında, 75 mm çapındaki alüminyum ölçüm ucu ile % 75 gerinime tekstür analizöründe



Şekil 3.1 Kuvvet-Süre ve Gerilim (σ)-Hencky gerinim (ε_h) grafikleri

(Stable Micro System, İngiltere) sıkıştırılmış ve aynı işlem 10 s ara ile tekrar edilmiştir. Elde edilen kuvvet-süre grafiğinden (Şekil 3.2), sertlik (F), elastikiyet (t_2/t_1), kohesiflik (A_2/A_1) ve çiğnenebilirlik (Sertlik x Elastikiyet x Kohesiflik) belirlenmiştir.



Şekil 3.2 Bir ekmek örneğine ait tekstür profil grafiği

3.2.3.5 Renk

Ekmek içi Hunter L, a ve b renk değerleri, Minolta CR-300 (Minolta, Japonya) renk tayin cihazı ile belirlenmiştir. Kaydedilen renk değerlerinden L, koyuluk (0-siyah)/parlaklık (100-beyaz), a değeri kırmızıya (+a)/yeşile (–a) ve b değeri de sarıya (+b)/maviye (–b) çalan değerler olarak ifade edilmektedir. Katkılı ve katkısız ekmek örneklerinin belirlenen L, a ve b değerleri kullanılarak toplam renk değişikliği (ΔE), aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır (Peressini ve Sensidoni, 2009):

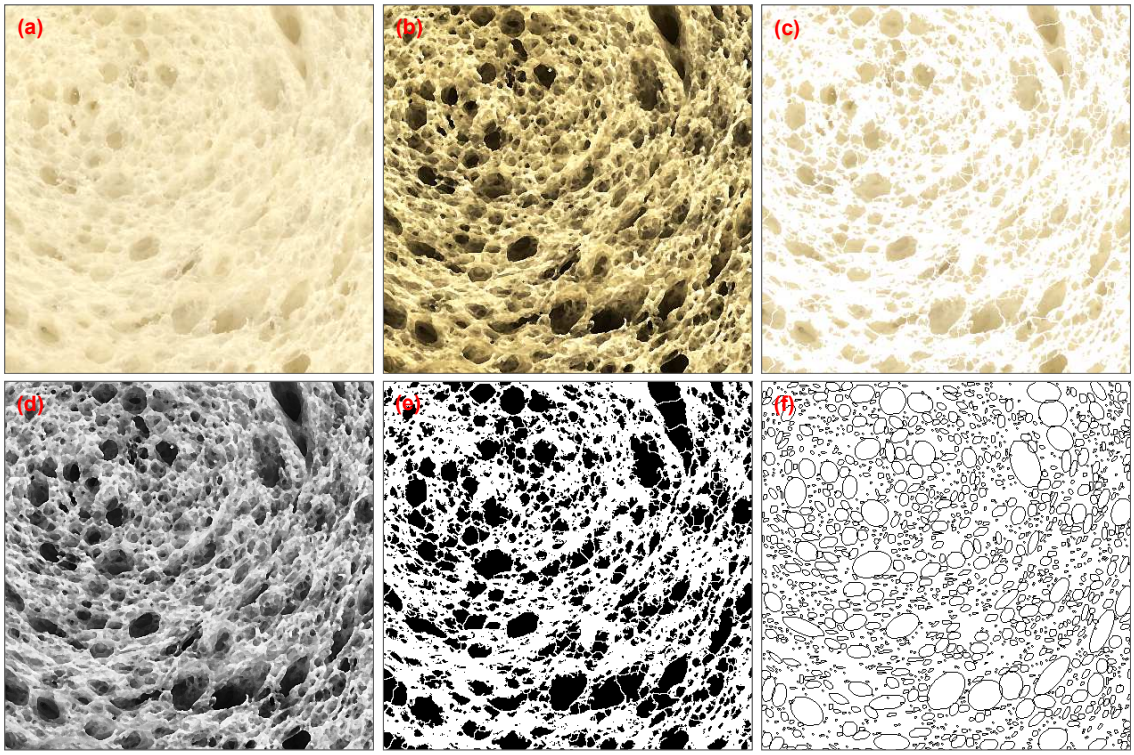
$$\Delta E = \sqrt{(L_{KATKILI} - L_{KONTROL})^2 + (a_{KATKILI} - a_{KONTROL})^2 + (b_{KATKILI} - b_{KONTROL})^2} \quad (3.2)$$

3.2.3.6 Görüntü işleme analizi

Ekmek somunlarının orta kısmından elektrikli bıçak ile 15 mm kalınlığında dilimler kesilmiş ve Canon-4400F (Canon, Japonya) tarayıcısı ile Photo Studio (ArcSoft, ABD) programı kullanılarak, 300 dpi çözünürlükteki görüntüleri, BMP formatında bilgisayara aktarılmıştır. Her bir katkı konsantrasyonu için farklı somunlardan 10 adet görüntü alınmıştır. Elde edilen renkli görüntülerin orta kısımlarımdan 35x35 mm'lik (414x414 piksel) bir alan (Şekil 3.3), Image J programında (National Institute of Health, ABD) görüntü işleme için kullanılmıştır. Görüntü kalitesini arttırmak amacıyla zıtlık arttırma, kirlilik giderme ve keskinleştirme işlemleri yapılmış ve bu işlemlerinden sonra görüntüler 8-bit formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra, Otsu yöntemi kullanılarak eşik değeri belirlenmiş ve görüntüler beyaz-siyah formata dönüştürülmüştür. Analizi yapılan görüntülerde, toplam ve cm^2'ye düşen gözenek sayıları, toplam, ortalama ve %'de gözenek alanları, alanı 1 mm^2'den küçük ve 1 mm^2'den büyük gözeneklerin dağılımı ve homojenlik belirlenmiştir. Homojenlik (%), 1 mm^2'den küçük gözeneklerin sayısının toplam gözenek sayısına oranından hesaplanmıştır.

3.2.3.7 Duyusal analizler

Ekmeklerin dış görünüş özellikleri (şekil, simetri ve görünümü) ve kabuk rengi ile



Şekil 3.3 Görüntü analizinde ekmek kesiti alanına uygulanan işlemler (a. orijinal; b,c. kalitesi geliştirilmiş; d. 8-bite çevrilmiş; e. eşik değeri uygulanmış; f. analiz edilmiş görüntüler)

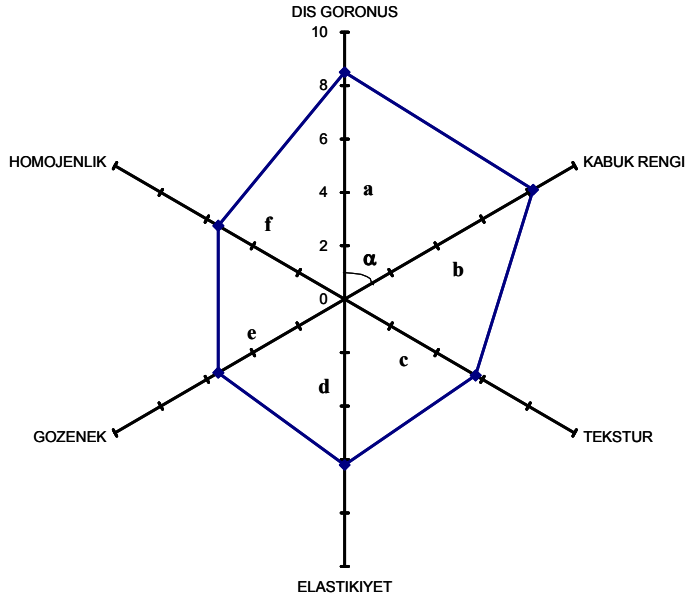
ekmek içi tekstürü, elastikiyeti, gözenek yapısı ve homojenliği duyusal analizler ile belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmelerde 10'lu hedonik skala (1 çok kötü, 10 çok iyi)

kullanılmıştır. Her bir katkının farklı konsantrasyonlarından elde edilen puanlar, Mcirosoft Excel programı (Mcirosoft, ABD) kullanılarak polar koordinat grafiklere işlenmiştir (Şekil 3.4). Grafik içinde oluşan alan aşağıda verilen eşitlik ile hesap edilmiş ve "genel kabul edilebilirlik" olarak tanımlanmıştır.

$$Genel\ kabul\ edilebirlik = \frac{1}{2}\sin(\alpha)[(a.b)+(b.c)+(c.d)+(d.e)+(e.f)+(f.a)] \qquad (3.3)$$

3.2.3.8 Ekmek içi rutubet miktarı

Ekmek içinden alınan örneklerin rutubet miktarları, AACC Metot No 44-19'a göre

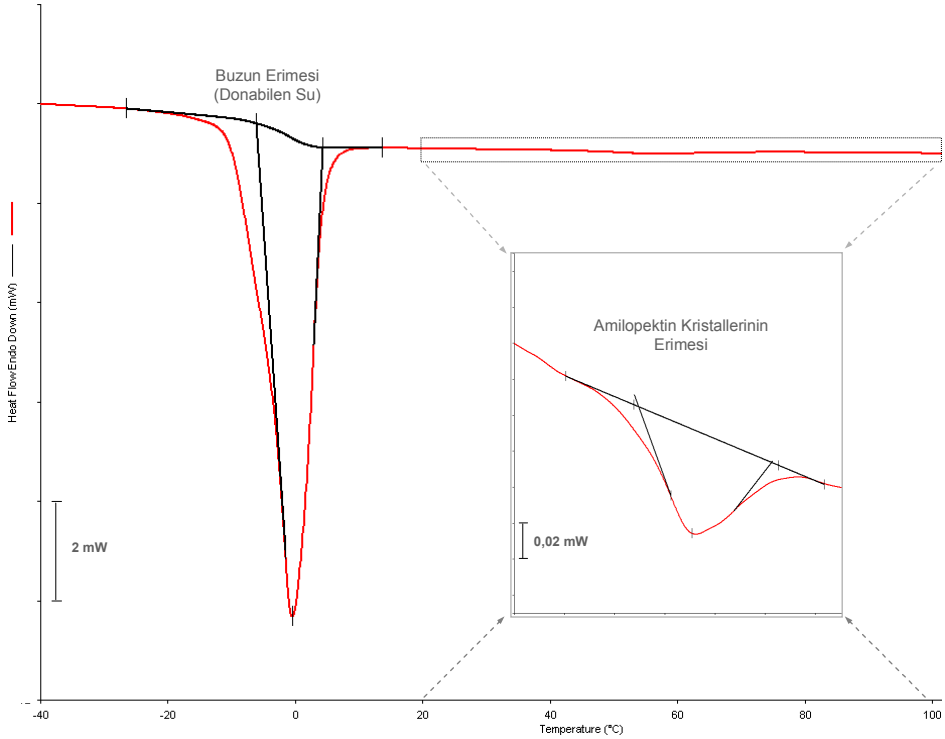


Şekil 3.4 Ekmeğin polar koordinat grafiğe işlenmiş duyusal analiz değerleri

etüvde 130 ^{o}C'de 2 saat kurutularak belirlenmiştir (Anonymous, 2000).

3.2.3.9 Diferansiyel tarama kalorimetre analizi

Ekmek örneklerinin termal davranışlarının belirlenmesinde, soğutma ünitesine sahip DSC (Perkin Elmer, ABD) kullanılmıştır. DSC'de sıcaklık (T_m) ve ısı (ΔH) kalibrasyonları, indiyum (T_m=156,6 °C, ΔH=28,45 J/g), ve kalay (T_m=231,88 °C, ΔH=60,46 J/g) kullanılarak yapılmıştır. Su yoğunlaşmasını önlemek için, ölçüm yapılan DSC hücresine 20 mL/dak akış hızında kuru azot gazı (% 99,9) verilmiştir. Ekmek örneklerinin analizinde, Vittadini ve Vodovotz (2003) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Ekmek örnekleri (10-15 mg), 30 µL'lik basınca dayanıklı DSC kaplarına (Perkin Elmer, ABD) konulduktan sonra kapatılmıştır. DSC kapları –50 °C'ye soğutulmuş ve bu sıcaklıkta ısı akışı stabilizasyonunun sağlanması amacıyla 3 dak tutulmuştur. Daha sonra, DSC kapları –50 °C'den 100 °C'ye 10 °C /dak sıcaklık hızında, referans olarak kullanılan boş bir DSC kabına karşı taranmıştır. Termogramda (Şekil 3.5), buzun erimesi ile ~0 °C'de ve amilopektin kristallerinin erimesi ile ~60 °C'de görülen endotermik piklerin başlangıç (T_{onset}), pik (T_{pik}) ve bitiş



Şekil 3.5 Ekmeğin diferansiyel tarama kalorimetresinden elde edilen termogram

(T_{son}) sıcaklıkları ile ısı değişimleri (ΔH), Thermal Analysis® (Perkin Elmer, ABD) paket programı ile belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinde donmayan su miktarı, buzun erimesinin latent ısısı (ΔH_{mw}, 334 J/g) ile örnekteki toplam su miktarı (W_{tot}, g) arasındaki ilişkiden elde edilmiştir. Donmayan su miktarı (W_g', g su/g kuru madde) ve donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g', ağırlık % kuru madde) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Laaksonen ve Ross, 2000):

$$W_g' = \frac{W_{tot} - \frac{\Delta H_{mtot}}{\Delta H_{mw}}}{C_{tot}} \qquad (3.4)$$

$$C_g^{'} = \frac{C_{tot}}{\left(W_{tot} - \frac{\Delta H_{mtot}}{\Delta H_{mw}}\right) + C_{tot}} \times 100\% \qquad (3.5)$$

Eşitlikteki; ΔH_{mtot}, buzun erimesi ile oluşan toplam ısı değişimini (J), C_{tot} ise toplam kuru madde miktarını (g) ifade etmektedir. $\Delta H_{mtot}/\Delta H_{mw}$ ve $W_{tot}-(\Delta H_{mtot}/\Delta H_{mw})$, sırasıyla donabilen suyun (buzun) ve donmayan suyun miktarlarını (g) vermektedir.

3.2.4 İstatistiksel analizler

Araştırma, faktöriyel düzende kurulmuş olup; paralel sayısı, analize göre 2 ile 10 arasında değişmiştir. Katkı maddelerinin konsantrasyonlarının ekmek kalitesi üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı, parametrik verilerin ortalamaları için tek yönlü-varyans testi (SPSS, ABD), parametrik olmayan verilerin ortalamaları için ise Kruskal-Wallis testi (GraphPad InStat, ABD) uygulanarak belirlenmiştir. Bağımsız değişken olarak "konsantrasyon" alınmıştır.

Katkı kombinasyonlarının ekmek kalitesi üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için, iki-yönlü varyans testi (SPSS, ABD) uygulanmıştır. Bağımsız değişkenler olarak "katkı maddesi" ve "kombinasyonlar" seçilmiştir.

Depolama süresinin ekmek kalitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesinde ise üç-yönlü varyans testi (SPSS, ABD) uygulanmıştır. Bağımsız değişkenler olarak "katkı maddesi", "kombinasyonlar" ve "depolama süresi" seçilmiştir.

Varyans ve Kruskal-Wallis test sonuçlarının istatistiksel olarak önemli bulunduğu durumlarda, bağımsız değişkenler arasındaki farklılıkların belirlenmesinde, parametrik veri ortalamaları için Duncan, parametrik olmayan veri ortalamaları için ise Dunn çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. İstatistiksel analizler % 5 önem seviyesinde yürütülmüştür.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Katkı Konsantrasyonlarının Unun Reolojik Özellikleri ile Ekmeğin Kalitesi Üzerine Etkileri

4.1.1 Unun farinogram özellikleri

Katkı maddelerinin unun farinogram özellikleri üzerine etkileri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Unun su absorpsiyonu, una SSL, lipaz ve ksilanaz eklendiğinde istatistiksel olarak değişmemiş (p>0,05), DATEM, CMC ve guar gam eklendiğinde ise artış göstermiştir (p<0,05). Su absorpsiyonundaki artış, DATEM konsantrasyonundaki artıştan etkilenmezken (p>0,05), CMC ve guar gamın konsantrasyonlarındaki artışlara paralel olarak artmıştır (p<0,05).

Una lipaz ve ksilanaz eklendiğinde, hamurun gelişme süresinde istatistiksel olarak önemli bir değişme görülmezken (p>0,05), DATEM, SSL ve guar gam eklendiğinde önemli bir düşme, CMC eklendiğinde ise önemli bir artış olmuştur (p<0,05). Görülen düşüşler, DATEM, SSL ve guar gam konsantrasyonlarından bağımsız iken (p>0,05), görülen artış, CMC konsantrasyonundaki artışa paralel olarak artmıştır (p<0,05).

Ksilanaz hariç, kullanılan tüm katkılar hamurun stabilitesinde istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmuştur (p<0,05). Ancak, SSL ve guar gamın % 0,50 seviyesinden fazla kullanımı stabilitenin, kontrol örneğinin stabilitesinin de altına düşmesine neden olmuştur (p<0,05). DATEM ve lipaz konsantrasyonlarındaki artış ise, hamurun stabilitesini daha da arttırmıştır (p<0,05). CMC ise, tüm konsantrasyonlarda kontrol örneğine göre daha yüksek stabilite vermiş (p<0,05), fakat % 0,50 ve üzeri seviyelerde istatistiksel olarak önemsiz düzeyde bir düşmeye neden olmuştur (p>0,05).

Hamurun yumuşama derecesi üzerine, ksilanaz ve CMC'nin etkisi bulunmamıştır (p>0,05). DATEM ve lipazın konsantrasyonlarının arttırılması yumuşama derecesinde meydana gelen düşüşe arttırmıştır (p<0,05). SSL ve guar gam, % 0,50 seviyelerinde

Çizelge 4.1 Katkı maddelerinin unun farinogram özellikleri üzerine etkileri [a,b]

Katkı / Konsantrasyon		SA (%) [c]	GS (dak)	S (dak)	YD (BU)
DATEM	0,00	59,7 [b]	2,7 [a]	7,5 [c]	53 [a]
(%)	0,25	60,3 [a]	2,4 [ab]	7,3 [c]	50 [a]
	0,50	60,4 [a]	2,2 [b]	7,4 [c]	39 [b]
	0,75	60,3 [a]	2,3 [b]	11,3 [b]	29 [c]
	1,00	60,2 [a]	2,2 [b]	12,3 [a]	25 [c]
SSL	0,00	59,7	2,7 [a]	7,5 [b]	53 [a]
(%)	0,25	59,7	2,5 [ab]	9,7 [a]	37 [b]
	0,50	59,6	2,3 [b]	10,2 [a]	37 [b]
	0,75	59,6	2,2 [b]	6,0 [c]	46 [ab]
	1,00	59,7	2,2 [b]	2,0 [d]	55 [a]
LİPAZ	0	59,7	2,7	7,5 [d]	53 [a]
(mg/kg)	10	59,6	2,6	9,5 [c]	28 [b]
	20	59,9	2,6	17,5 [b]	15 [c]
	30	59,8	2,7	17,5 [b]	14 [cd]
	40	59,9	2,7	18,3 [a]	7 [d]
KSİLANAZ	0	59,7	2,7	7,5	53
(mg/kg)	25	59,7	2,6	7,3	53
	50	59,9	2,6	7,4	51
	75	60,0	2,7	7,4	53
	100	60,1	2,7	7,4	54
CMC	0,00	59,7 [e]	2,7 [d]	7,5 [c]	53
(%)	0,25	61,0 [d]	6,6 [c]	10,5 [a]	55
	0,50	62,9 [c]	8,4 [b]	9,2 [b]	56
	0,75	64,4 [b]	8,8 [b]	9,0 [b]	60
	1,00	65,0 [a]	9,7 [a]	8,6 [b]	62
GUAR	0,00	59,7 [e]	2,7 [a]	7,5 [b]	53 [a]
GAM	0,25	60,0 [d]	2,2 [b]	9,7 [a]	30 [b]
(%)	0,50	60,5 [c]	2,1 [b]	9,7 [a]	29 [b]
	0,75	61,6 [b]	2,0 [b]	2,7 [c]	46 [a]
	1,00	62,6 [a]	2,0 [b]	1,5 [d]	50 [a]

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-e serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

[b] SA – Su absorpsiyonu; GS – Gelişme süresi; S – Stabilite; YD – Yumuşama derecesi; BU – Brabender birimi

[c] % 14 rutubet esasına göre

kullanıldığında yumuşama derecesini düşürmüş (p<0,05), bu seviyelerinin üzerinde ise yumuşama derecesi artmış ve kontrol örneğininkine benzer düzeye ulaşmıştır (p>0,05).

4.1.2 Unun ekstensogram özellikleri

Katkı maddelerinin unun ekstensogram özellikleri üzerine etkileri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Sabit ve maksimum deformasyondaki dirençler (R_5 ve R_m), DATEM, SSL ve lipazın eklendiği hamurlarda istatistiksel olarak artış göstermiştir (p<0,05). Bu artışlar, DATEM ve SSL'nin konsantrasyon artışlarına bağlı iken (p<0,5), lipazın konsantrasyon artışından etkilenmemiştir (p>0,05). Ksilanaz, R_5 ve R_m'de düşüşlere neden olmuş ve konsantrasyonundaki artış bu düşüşleri arttırmıştır (p<0,05). CMC % 0,75 seviyesi ve üzerinde kullanıldığında, R_5 ve R_m'de düşüşlere yol açmıştır (p<0,05). Guar gam ise, R_5 ve R_m'de, düşük konsantrasyonlarda bir miktar artışa, yüksek konsantrasyonlarında ise bir miktar düşüşe neden olmuştur. Bu değişimler, kontrol örneğinin R_5 ve R_m'si ile kıyaslandığında istatistiksel olarak önemsiz bulunurken (p>0,05), konsantrasyonların kendi içinde kıyaslandığında önemli bulunmuştur (p<0,05).

Hamurun elastikiyeti, guar gam eklenmesiyle etkilenmezken (p>0,05), diğer katkıların eklenmesiyle önemli oranda artmıştır (p<0,05). Elastikiyetteki artış, DATEM, SSL, lipaz ve CMC'nin konsantrasyonlarındaki artıştan etkilenmemiştir (p>0,05). Ancak DATEM veya SSL'nin, % 1,00 seviyesinde kullanımı elastikiyetin tekrar düşmesine neden olmuştur (p<0,05). Ksilanaz ise, konsantrasyon artışına paralel olarak hamurun elastikiyetini arttırmıştır (p<0,05). Ancak, % 0,75-1,00 seviyelerinde görülen artışlar benzer düzeyde olmuştur (p>0,05).

Hamurun enerji değeri üzerine lipaz, ksilanaz, CMC ve guar gamın etkisi görülmemiştir (p>0,05). DATEM ve SSL ise, enerji değerinde istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmuş (p<0,05), fakat, konsantrasyonlarındaki artış fazla bir değişime neden olmamıştır.

Çizelge 4.2 Katkı maddelerinin unun ekstensogram özellikleri üzerine etkileri [a,b]

Katkı / Konsantrasyon		R_5 (BU)	R_m (BU)	E (mm)	A (cm^2)	Rm/E
DATEM	0,00	335 [e]	433 [e]	134 [c]	81 [c]	3,2 [e]
(%)	0,25	393 [d]	510 [d]	148 [ab]	103 [b]	3,4 [d]
	0,50	456 [c]	597 [c]	149 [a]	118 [a]	4,0 [c]
	0,75	480 [b]	626 [b]	143 [b]	119 [a]	4,4 [b]
	1,00	524 [a]	669 [a]	133 [c]	114 [a]	5,0 [a]
SSL	0,00	335 [d]	433 [e]	134 [c]	81 [c]	3,2 [cd]
(%)	0,25	352 [cd]	466 [d]	152 [a]	97 [b]	3,1 [d]
	0,50	369 [c]	514 [c]	153 [a]	103 [ab]	3,4 [b]
	0,75	399 [b]	563 [b]	154 [a]	107 [a]	3,7 [b]
	1,00	437 [a]	578 [a]	143 [b]	110 [a]	4,0 [a]
LİPAZ	0	335 [b]	433 [b]	134 [b]	81	3,2
(mg/kg)	10	354 [a]	449 [a]	147 [a]	90	3,1
	20	359 [a]	452 [a]	149 [a]	87	3,0
	30	356 [a]	450 [a]	146 [a]	88	3,1
	40	361 [a]	470 [a]	144 [a]	89	3,3
KSİLANAZ	0	335 [a]	433 [a]	134 [d]	81	3,2 [a]
(mg/kg)	25	314 [b]	427 [a]	149 [c]	87	2,9 [b]
	50	295 [c]	406 [b]	159 [b]	88	2,6 [c]
	75	276 [d]	377 [c]	171 [a]	88	2,2 [d]
	100	264 [d]	357 [d]	172 [a]	85	2,1 [d]
CMC	0,00	335 [a]	433 [a]	134 [b]	81	3,2 [a]
(%)	0,25	351 [a]	445 [a]	156 [a]	88	2,9 [b]
	0,50	341 [a]	439 [a]	151 [a]	89	2,9 [b]
	0,75	285 [b]	381 [b]	152 [a]	84	2,5 [c]
	1,00	296 [b]	384 [b]	155 [a]	86	2,5 [c]
GUAR	0,00	335 [ab]	433 [ab]	134	81	3,2
GAM	0,25	346 [a]	439 [a]	137	84	3,2
(%)	0,50	345 [a]	437 [a]	136	82	3,2
	0,75	326 [b]	423 [b]	137	85	3,1
	1,00	325 [b]	421 [b]	139	82	3,0

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-e serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

[b] R_5 – Sabit Deformasyondaki direnç; Rm – Uzamaya karşı maksimum direnç; E – Uzama kabiliyeti; A – Enerji; BU – Brabender birimi

Hamurun Rm/E değeri, lipaz veya guar gamın eklenmesinden etkilenmemiş (p>0,05) fakat, DATEM ve SSL'nin konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak artmıştır (p<0,05). Ksilanaz ve CMC eklenen hamurlarda ise, konsantrasyonları arttıkça bu oranda düşme görülmüştür (p<0,05).

4.1.3 Ekmek verimi, hacim verimi ve spesifik hacim

Farklı oranlarda katkı maddeleri içeren ekmeklerin ekmek ve hacim verimleri ile spesifik hacimleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Kullanılan katkılardan CMC ve guar gam dışında, tamamı ekmeğin hacim veriminde ve spesifik hacminde istatistiksel olarak önemli oranda bir artışa neden olmuştur (p<0,05). Bu artışa, lipaz ve ksilanazın konsantrasyonlarının etkisi görülmemiştir (p>0,05). DATEM ve SSL, konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak, hacim veriminde ve spesifik hacimde önemli artışa neden olmuşlardır (p<0,05). Fakat, DATEM ve SSL % 0,50 üzeri seviyelerde kullanıldıklarında bu özelliklerin artışında azalma görülmüştür (p<0,05). Ekmek verimi, hacim veriminde artışa neden olan katkıların eklendiği ekmeklerde düşerken, CMC ve guar gamın eklendiği ekmeklerde artmıştır (p<0,05). Genel olarak, konsantrasyon artışları, ekmek veriminin düşmesinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır (p>0,05). Diğer yandan, CMC ve guar gamın konsantrasyonlarının arttırılması ekmek veriminin artmasına neden olmuştur (p<0,05).

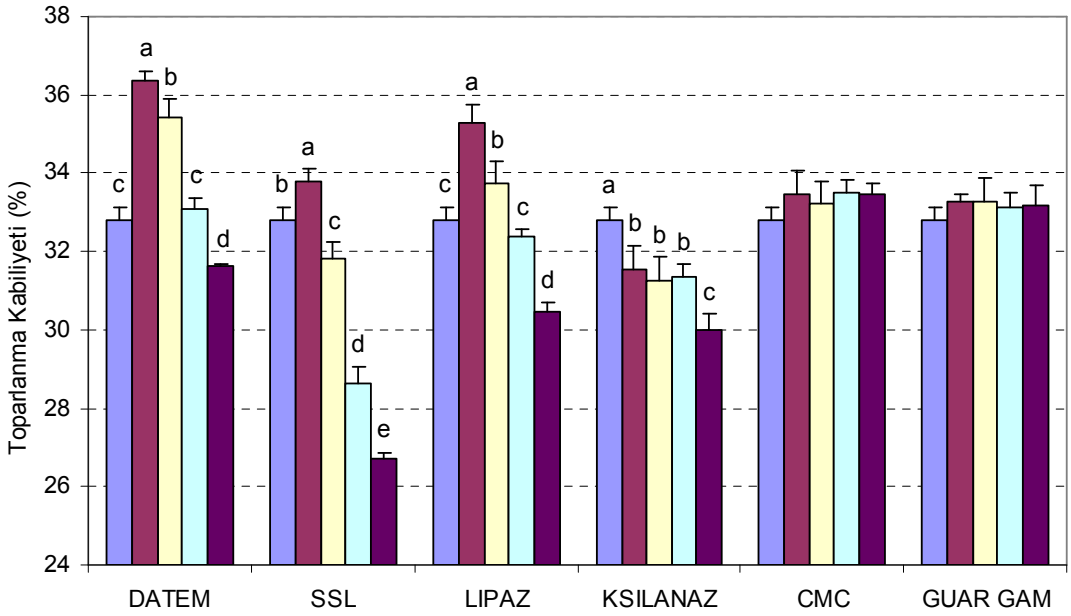
4.1.4 Ekmeklerin toparlanma kabiliyeti

Farklı konsantrasyonlarda katkı maddeleri içeren ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.1'de verilmiştir. Kontrol örneğinin toparlanma kabiliyeti % 32,21 bulunmuştur. DATEM, SSL ve lipazın en düşük konsantrasyonları (% 0,25, % 0,25 ve 10 mg/kg) ekmeklerin toparlanma kabiliyetini, sırasıyla % 36,34, 33,79 ve 35,27'ye çıkarmıştır (p<0,05). Ancak, bu katkıların konsantrasyonlarının artışı toparlanma kabiliyetindeki artışın azalmasına neden olmuştur. Hatta, yüksek konsantrasyonlarda kullanımları toparlanma kabiliyetinin, kontrol örneğinin toparlanma kabiliyetinin de altına düşmesine sebep olmuştur (p<0,05). Örneğin, DATEM, SSL ve lipaz, sırasıyla, % 1,00 % 1,00 ve 40 mg/kg

Çizelge 4.3 Katkı maddelerinin ekmek ve hacim verimleri ile spesifik hacim üzerine etkileri [a]

Katkı / Konsantrasyon		Ekmek Verimi (g/100 g Un)	Hacim Verimi (mL/100 g Un)	Spesifik Hacim (mL/g)
DATEM	0,00	138,3 [a]	554 [d]	4,00 [d]
(%)	0,25	133,6 [b]	659 [c]	4,94 [c]
	0,50	133,2 [b]	726 [a]	5,45 [a]
	0,75	133,2 [b]	714 [a]	5,36 [a]
	1,00	133,3 [b]	690 [b]	5,17 [b]
SSL	0,00	138,3 [a]	554 [c]	4,00 [c]
(%)	0,25	132,5 [b]	750 [b]	5,66 [b]
	0,50	132,1 [b]	769 [a]	5,82 [a]
	0,75	132,5 [b]	749 [b]	5,65 [b]
	1,00	132,6 [b]	744 [b]	5,61 [b]
LİPAZ	0	138,3 [a]	554 [b]	4,00 [b]
(mg/kg)	10	132,7 [b]	670 [a]	5,05 [a]
	20	133,0 [b]	677 [a]	5,09 [a]
	30	133,0 [b]	667 [a]	5,01 [a]
	40	133,1 [b]	669 [a]	5,03 [a]
KSİLANAZ	0	138,3 [a]	554 [b]	4,00 [b]
(mg/kg)	25	136,4 [b]	580 [a]	4,25 [a]
	50	136,3 [b]	575 [a]	4,22 [a]
	75	136,0 [b]	579 [a]	4,26 [a]
	100	136,1 [b]	590 [a]	4,33 [a]
CMC	0,00	138,3 [c]	554	4,00
(%)	0,25	139,4 [b]	561	4,03
	0,50	139,8 [b]	561	4,01
	0,75	141,1 [a]	563	3,99
	1,00	141,1 [a]	566	4,01
GUAR	0,00	138,3 [d]	554	4,00
GAM	0,25	139,8 [c]	568	4,06
(%)	0,50	139,9 [bc]	565	4,04
	0,75	140,6 [ab]	567	4,03
	1,00	141,2 [a]	571	4,05

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-d serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.1 Katkı maddelerinin ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri
(Her bir katkı maddesi için verilen barlar, soldan sağa doğru, DATEM, SSL, CMC ve Guar gam için % 0,00, 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00, Lipaz için 0, 10, 20, 30 ve 40 mg/kg ve Ksilanaz için 0, 25, 50, 75 ve 100 mg/kg konsantrasyonları ifade etmektedir. Barlar üzerindeki harfler (a-e serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

konsantrasyonlarında kullanıldıklarında, toparlanma kabiliyeti % 31,63, 26,71 ve 30,47'ye düşmüştür. Ksilanazın 25-75 mg/kg arası konsantrasyonları istatistiksel olarak benzer etkiye sahip olup (p>0,05), toparlanma kabiliyetinin % 31,40±0,15'e düşmesine neden olmuştur (p<0,05). Ksilanaz, 100 mg/kg konsantrasyonda kullanıldığında ise toparlanma kabiliyeti % 29,99'a düşmüştür (p<0,05). CMC ve guar gam, ekmeklerin toparlanma kabiliyetinde bir miktar artışa neden olmuş ancak, bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). CMC ve guar gam içeren ekmeklerin ortalama toparlanma kabiliyetleri % 33,42±0,12 ve 33,22±0,07 olarak belirlenmiştir.

4.1.5 Ekmeklerin tekstür profil özellikleri

Farklı konsantrasyonda katkılar içeren ekmeklerin tekstür profil özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Kontrol örneğinin ekmek içi sertliği 2989 g olarak belirlenmiş olup,

Çizelge 4.4 Katkı maddelerinin ekmeğin tekstür profil özellikleri üzerine etkileri [a]

Katkı / Konsantrasyon		Sertlik (g)	Elastikiyet	Kohesiflik	Çiğnenebilirlik (g)
DATEM	0,00	2989 [a]	0,94	0,54 [b]	1517 [a]
(%)	0,25	1252 [b]	0,96	0,66 [a]	793 [b]
	0,50	1038 [d]	0,94	0,67 [a]	654 [d]
	0,75	1025 [d]	0,94	0,66 [a]	636 [d]
	1,00	1142 [c]	0,94	0,65 [a]	698 [c]
SSL	0,00	2989 [a]	0,94 [a]	0,54 [c]	1517 [a]
(%)	0,25	952 [bc]	0,94 [a]	0,68 [a]	609 [b]
	0,50	922 [c]	0,91 [ab]	0,66 [ab]	554 [c]
	0,75	953 [bc]	0,90 [b]	0,64 [ab]	549 [c]
	1,00	984 [b]	0,88 [b]	0,62 [b]	537 [c]
LİPAZ	0	2989 [a]	0,94	0,54 [c]	1517 [a]
(mg/kg)	10	1223 [b]	0,94	0,63 [a]	724 [b]
	20	1254 [b]	0,93	0,62 [ab]	723 [b]
	30	1240 [b]	0,93	0,60 [ab]	692 [bc]
	40	1251 [b]	0,93	0,58 [bc]	675 [c]
KSİLANAZ	0	2989 [a]	0,94	0,54	1517 [a]
(mg/kg)	25	2748 [b]	0,95	0,56	1462 [b]
	50	2726 [b]	0,94	0,57	1461 [b]
	75	2772 [b]	0,94	0,56	1459 [b]
	100	2226 [c]	0,94	0,58	1214 [c]
CMC	0,00	2989 [a]	0,94	0,54	1517
(%)	0,25	2849 [b]	0,93	0,57	1510
	0,50	2863 [b]	0,93	0,56	1491
	0,75	2867 [b]	0,93	0,56	1493
	1,00	2863 [b]	0,93	0,57	1518
GUAR	0,00	2989 [a]	0,94	0,54	1517
GAM	0,25	2791 [b]	0,94	0,57	1495
(%)	0,50	2809 [b]	0,94	0,56	1479
	0,75	2828 [b]	0,94	0,56	1489
	1,00	2829 [b]	0,95	0,57	1500

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-d serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

katılan katkılara göre değişik oranlarda istatistiksel olarak önemli azalmalar göstermiştir (p<0,05). DATEM, % 0,50 ve 0,75 seviyelerinde kullanıldığında, ekmek içi sertliğinde istatistiksel olarak benzer düşüşe neden olmuş (1038-1025 g) (p>0,05), % 1,00 seviyesine yükseltildiğinde ise sertlik 1142 g'a çıkmıştır (p<0,05). SSL, % 0,25 ile 0,75 arası konsantrasyonlarda ekmek içi sertliğinin azalmasında istatistiksel olarak benzer etki göstermiş (942±18 g) (p>0,05), konsantrasyonu % 1,00 seviyesine çıktığında ise sertlik 984 g'a yükselmiştir (p<0,05). Ekmek içi sertliğinin azalmasında lipaz (1242±14 g), ksilanaz (2749±23 g), CMC (2861±8 g) ve guar gamın (2814±18 g) da etkisi olmuş (p<0,05) ancak, konsantrasyon artışlarının düşüş hızına etkisi olmamıştır (p>0,05). Bir istisna ksilanazın 100 mg/kg seviyesinde kullanıldığında görülmüş: ekmek içi sertliği 2226 g'a düşmüştür (p<0,05).

Ekmek içinin elastikiyeti üzerine sadece SSL'nin istatistiksel olarak etkisi görülmüş; artan konsantrasyonlarının tersine elastikiyet düşmüştür (p<0,05).

Ekmek içi kohesifliği üzerine ksilanaz, CMC ve guar gamın istatistiksel olarak etkileri görülmemiştir (p>0,05). DATEM, konsantrasyonunun artışından bağımsız olarak (p>0,05) kohesiflikte artışa neden olmuştur (p<0,05). SSL ve lipaz katılan ekmeklerin kohesifliğinde de önemli bir artış görülmüştür (p<0,05). Fakat, bunların konsantrasyonlarında yapılan artışlar, kohesiflikteki artışın düşmesine yol açmıştır (p<0,05).

İkincil bir parametre olan ve sertlik, kohesiflik ve elastikiyetin çarpımı ile elde edilen çiğnenebilirlik, katkı maddelerinin sertlikteki düşüşe etkileri oranında düşüş göstermiştir. Düşme üzerinde DATEM, SSL, lipaz ve ksilanazın etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken (p<0,05), CMC ve guar gamın etkileri önemsiz bulunmuştur (p>0,05). DATEM, SSL ve lipazın konsantrasyonlarının arttırılması, çiğnenebilirlik değerinin düşmesi üzerinde önemli bir etki göstermiştir (p<0,05).

4.1.6 Ekmek içi rengi

Ekmeklerin ekmek içi Hunter-Lab renk değerleri ve toplam renk değişikliği (ΔE) üzerine katkı maddelerinin farklı konsantrasyonlarının etkileri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Kontrol örneği ekmeğin L, a ve b renk değerleri, sırasıyla, 87,60, –5,91 ve 24,09 olarak belirlenmiştir. DATEM, SSL ve lipaz ekmek içinin parlaklığını (L) ve yeşile kayma değerini (–a) arttırırken, ksilanaz, CMC ve guar gam tam tersi etki göstermişlerdir (p<0,05). Katılan tüm katkılar sarıya kayma değerinde (+b) düşmeye neden olmuştur (p<0,05). Renk değerlerindeki değişim üzerine kullanılan katkı konsantrasyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Toplam renk değişikliği (ΔE), DATEM hariç, tüm katkıların artan konsantrasyonlarına paralel olarak artmıştır (p<0,05). DATEM, % 0,50 seviyesine kadar kullanıldığında artışa (p<0,05), yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında ise tekrar düşmeye neden olmuştur (p<0,05).

4.1.7 Ekmeklerin görüntü analizi

Katkı maddelerinin ekmek içi gözenek yapısı üzerine etkileri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Kullanılan tüm katkılar, ekmek içindeki toplam ve cm^2'deki gözenek sayılarında istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüşe neden olmuşlardır (p<0,05). Gözenek sayısındaki azalma, DATEM, SSL, ksilanaz ve CMC'nin konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak daha da artmıştır (p<0,05). Diğer yandan, lipaz ve guar gamın konsantrasyonlarında yapılan artış gözenek sayısının azalması üzerine istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Gözenek sayısında en fazla düşüşe % 17,2 ile % 1,00 seviyesinde kullanılan SSL, en az düşüşe ise ortalama % 2,9 ile guar gam (konsantrasyon artışının etkisi görülmemiş) neden olmuştur.

Ekmek içi toplam ve %'de gözenek alanları, SSL eklenen ekmeklerde azalmış, ksilanaz, ve CMC eklenen ekmeklerde ise artmıştır (p<0,05). DATEM, lipaz ve guar gamın gözenek alanları üzerindeki etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Artan SSL konsantrasyonlarında, gözenek sayısında meydana gelen azalıştaki

Çizelge 4.5 Ekmek içi renk değerlerinin katkı maddelerine göre değişimi [a]

Katkı / Konsantrasyon		L	a	b	*ΔE*
DATEM	0,00	87,60 [d]	–5,91 [c]	24,09 [a]	---
(%)	0,25	88,34 [c]	–6,00 [c]	22,59 [b]	1,67 [d]
	0,50	90,47 [a]	–6,33 [a]	21,89 [a]	3,64 [a]
	0,75	88,79 [b]	–6,22 [b]	22,33 [c]	2,16 [b]
	1,00	88,43 [c]	–6,27 [ab]	22,41 [bc]	1,91 [c]
SSL	0,00	87,60 [c]	–5,91 [c]	24,09 [a]	---
(%)	0,25	90,36 [b]	–6,44 [b]	22,25 [b]	3,36 [c]
	0,50	90,59 [ab]	–6,58 [a]	22,18 [b]	3,61 [b]
	0,75	90,73 [a]	–6,67 [a]	22,16 [b]	3,75 [ab]
	1,00	90,84 [a]	–6,72 [a]	22,16 [b]	3,85 [a]
LİPAZ	0	87,60 [c]	–5,91 [b]	24,09 [a]	---
(mg/kg)	10	88,53 [b]	–5,86 [b]	22,06 [c]	2,24 [b]
	20	88,74 [b]	–5,92 [b]	22,40 [b]	2,04 [c]
	30	89,67 [a]	–6,25 [a]	22,34 [b]	2,73 [a]
	40	89,67 [a]	–6,34 [a]	22,33 [b]	2,75 [a]
KSİLANAZ	0	87,60 [a]	–5,91 [a]	24,09 [a]	---
(mg/kg)	25	85,61 [b]	–5,54 [b]	23,83 [b]	2,06 [d]
	50	85,29 [c]	–5,40 [c]	23,87 [ab]	2,38 [c]
	75	84,32 [d]	–5,30 [c]	23,74 [bc]	3,36 [b]
	100	82,66 [e]	–5,09 [d]	23,57 [c]	5,04 [a]
CMC	0,00	87,60 [a]	–5,91 [a]	24,09 [a]	---
(%)	0,25	85,69 [b]	–5,31 [b]	23,96 [a]	2,02 [c]
	0,50	83,37 [c]	–5,05 [c]	23,54 [b]	4,36 [b]
	0,75	81,51 [d]	–4,68 [d]	22,13 [c]	6,52 [a]
	1,00	81,26 [d]	–4,71 [d]	22,26 [c]	6,71 [a]
GUAR	0,00	87,60 [a]	–5,91 [a]	24,09 [a]	---
GAM	0,25	85,72 [c]	–5,43 [c]	24,01 [a]	1,95 [a]
(%)	0,50	86,49 [b]	–5,58 [b]	23,95 [a]	1,17 [c]
	0,75	86,26 [b]	–5,49 [bc]	23,97 [a]	1,42 [b]
	1,00	86,38 [b]	–5,53 [bc]	23,72 [b]	1,34 [b]

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-e serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

Çizelge 4.6 Katkı maddelerinin ekmek içi gözenek yapısı üzerine etkileri [a,b]

Katkı/Konsantrasyon		Gözenek Sayısı			Gözenek Alanı (mm^2)			
		Toplam		cm^2'de	Toplam		%'de	Ort [c]
DATEM	0,00	1908 [a]		155	502		40,7	0,26 [e]
(%)	0,25	1866 [b]	(–2,2)	152	511	(1,8)	41,5	0,27 [d]
	0,50	1751 [c]	(–8,2)	142	506	(0,8)	41,1	0,29 [c]
	0,75	1656 [d]	(–13,2)	134	506	(0,8)	41,1	0,31 [b]
	1,00	1671 [d]	(–12,4)	136	502	(0,0)	40,7	0,30 [a]
SSL	0,00	1908 [a]		155	502 [a]		40,7	0,26 [c]
(%)	0,25	1707 [b]	(–10,5)	139	498 [ab]	(–0,8)	40,4	0,29 [b]
	0,50	1678 [b]	(–12,1)	136	493 [ab]	(–1,8)	40,0	0,29 [b]
	0,75	1583 [c]	(–17,0)	129	485 [b]	(–3,4)	39,4	0,31 [a]
	1,00	1579 [c]	(–17,2)	128	480 [b]	(–4,4)	39,0	0,30 [a]
LİPAZ	0	1908 [a]		155	502		40,7	0,26 [d]
(mg/kg)	10	1813 [b]	(–5,0)	147	514	(2,4)	41,7	0,28 [a]
	20	1815 [b]	(–4,9)	147	511	(1,8)	41,5	0,28 [ab]
	30	1824 [b]	(–4,4)	148	504	(0,4)	40,9	0,28 [bc]
	40	1829 [b]	(–4,1)	148	497	(–1,0)	40,3	0,27 [c]
KSİLİNAZ	0	1908 [a]		155	502 [d]		40,7	0,26 [d]
(mg/kg)	25	1829 [b]	(–4,1)	149	511 [c]	(1,8)	41,5	0,28 [c]
	50	1813 [bc]	(–5,0)	147	519 [b]	(3,4)	42,1	0,29 [c]
	75	1768 [c]	(–7,3)	143	521 [b]	(3,8)	42,3	0,29 [b]
	100	1677 [d]	(–12,1)	136	532 [a]	(6,0)	43,2	0,32 [a]
CMC	0,00	1908 [a]		155	502 [d]		40,7	0,26 [d]
(%)	0,25	1799 [b]	(–5,7)	146	514 [c]	(2,4)	41,7	0,29 [c]
	0,50	1692 [c]	(–11,3)	137	527 [b]	(5,0)	42,8	0,31 [b]
	0,75	1624 [d]	(–14,9)	132	531 [ab]	(5,8)	43,1	0,33 [a]
	1,00	1600 [d]	(–16,1)	130	537 [a]	(7,0)	43,6	0,34 [a]
GUAR	0,00	1908 [a]		155	502		40,7	0,26 [b]
GAM	0,25	1834 [b]	(–3,9)	149	510	(1,6)	41,4	0,28 [a]
(%)	0,50	1864 [b]	(–2,3)	151	508	(1,2)	41,2	0,27 [a]
	0,75	1850 [b]	(–3,0)	150	512	(2,0)	41,6	0,28 [a]
	1,00	1864 [b]	(–2,3)	151	510	(1,6)	41,4	0,27 [a]

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-d serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

[b] Parantez içinde verilen değerler, kontrol örneğine göre % değişimi (– azalış, + artış) göstermektedir.

[c] Ort – Ortalama

değişim önemsiz iken (p>0,05), artan CMC konsantrasyonlarında, gözenek sayısında meydana gelen artıştaki değişim ise önemli bulunmuştur (p<0,05). Toplam ve %'de gözenek alanı en yüksek 573 mm^2 (% 7 artış) ve % 43,6 ile % 1,00 seviyesinde CMC eklenen ekmeklerde, en düşük ise 480 mm^2 (% 4,4 azalış) ve % 39,0 ile % 1,00 seviyesinde SSL eklenen ekmeklerde bulunmuştur. Ekmeklerin ortalama gözenek alanları 0,26 ile 0,36 mm^2 arasında değişiklik göstermiştir. Kullanılan tüm katkıların ve konsantrasyonlarındaki artışların, ortalama gözenek alanındaki artış üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Ekmek içi gözenek yapısının gözenek alanı büyüklüğüne göre dağılımı Çizelge 4.7'de verilmiştir. Katkı çeşidi ve konsantrasyonlarına bağlı olarak, 1 mm^2'den küçük gözeneklerin sayısında farklı oranlarda azalma, 1 mm^2'den büyük gözeneklerin sayısında ise farklı oranlarda artma görülmüştür. İstisnai olarak, guar gam her iki gözenek büyüklüğünün sayısında önemli düzeyde azalışa neden olmuştur (p<0,05). Katkı konsantrasyonlarının arttırılması, 1 mm^2'den küçük gözeneklerin sayısındaki düşüşü istatistiksel olarak önemli seviyede arttırmıştır (p<0,05). Bir mm^2'den büyük gözeneklerin sayısı üzerine de konsantrasyonların etkisi önemli bulunmuş (p<0,05), ancak, her bir katkının konsantrasyonları içerisinde çok büyük farklar bulunmamıştır. Lipazın kullanılan konsantrasyonları arasında her iki gözenek büyüklüğünün sayısı üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p>0,05).

Lipaz ve guar gam dışında kalan tüm katkılar 1 mm^2'den küçük gözeneklerin toplam ve %'de alanlarında istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaya neden olmuştur (p<0,05). Bu değerler lipazın eklendiği ekmeklerde değişmezken (p>0,05), guar gamın eklendiği ekmeklerde artmıştır (p<0,05). Bir mm^2'den büyük gözeneklerin toplam ve %'de alanları ise, tüm katkılı ekmeklerde önemli seviyelerde artış göstermiştir (p<0,05). Katkı konsantrasyonlarının gözenek alanı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş (p<0,05), fakat, her bir katkı konsantrasyonları arasında çok büyük farklar görülmemiştir. Ayrıca, DATEM, SSL ve lipaz belirli bir konsantrasyondan sonra gözenek alanının artışında düşüşe neden olmuşlardır.

Bir mm^2'den küçük gözeneklerin sayısı ve alanı, % 0,75 ve1,00 seviyesinde SSL içeren

Çizelge 4.7 Ekmek içi gözenek yapısının dağılımı [a,b]

Katkı / Konsantrasyon		<1 mm² Gözenek Sayısı	<1 mm² Gözenek Alanı (mm²) Toplam	<1 mm² Gözenek Alanı (mm²) %'de	>1 mm² Gözenek Sayısı	>1 mm² Gözenek Alanı (mm²) Toplam	>1 mm² Gözenek Alanı (mm²) %'de	Homojenlik [c] (%)
DATEM	0,00	1803 [a]	243 [a]	19,7	105 [b]	259 [b]	21,0	94,5 [a]
(%)	0,25	1760 [b] (–2,3)	247 [a] (1,6)	20,0	106 [b] (1,0)	264 [b] (1,9)	21,4	94,3 [a]
	0,50	1635 [c] (–8,8)	236 [a] (–2,9)	19,2	116 [a] (10,5)	270 [b] (4,2)	21,9	93,4 [b]
	0,75	1545 [d] (–13,5)	209 [b] (–14,0)	17,0	111 [ab] (5,7)	297 [a] (14,7)	24,1	93,3 [b]
	1,00	1563 [d] (–12,6)	212 [b] (–12,8)	17,2	108 [b] (2,9)	290 [a] (12,0)	23,5	93,5 [b]
SSL	0,00	1803 [a]	243 [a]	19,7	105 [b]	259 [b]	21,0	94,5 [a]
(%)	0,25	1601 [b] (–10,6)	217 [b] (–10,7)	17,6	106 [b] (1,0)	281 [a] (8,5)	22,8	93,8 [b]
	0,50	1566 [b] (–12,4)	218 [b] (–10,3)	17,7	112 [ab] (6,7)	275 [a] (6,2)	22,4	93,3 [bc]
	0,75	1469 [c] (–17,5)	210 [b] (–13,6)	17,0	114 [a] (8,6)	275 [a] (6,2)	22,3	92,8 [c]
	1,00	1472 [c] (–17,3)	205 [b] (–15,6)	16,6	107 [b] (1,9)	275 [a] (6,2)	22,3	93,2 [bc]
LİPAZ	0	1803 [a]	243	19,7	105	259 [c]	21,1	94,5 [a]
(mg/kg)	10	1704 [b] (–5,2)	230 (–5,3)	18,7	109 (3,8)	284 [a] (9,7)	23,1	94,0 [b]
	20	1705 [b] (–5,1)	240 (–1,2)	19,5	110 (4,8)	271 [b] (4,6)	22,1	93,9 [b]
	30	1713 [b] (–4,7)	244 (0,4)	19,8	111 (5,7)	260 [c] (0,4)	21,1	93,9 [b]
	40	1722 [b] (–4,2)	237 (–2,5)	19,2	107 (1,9)	260 [c] (0,4)	21,2	94,1 [ab]
KSİLİNAZ	0	1803 [a]	243 [a]	19,7	105 [a]	259 [d]	21,1	94,5 [a]
(mg/kg)	25	1737 [b] (–3,5)	243 [a] (0,0)	19,7	92 [b] (–12,4)	268 [cd] (3,5)	21,7	95,0 [a]
	50	1712 [b] (–4,8)	239 [a] (–1,6)	19,4	101 [ab] (–3,8)	280 [c] (8,1)	22,7	94,4 [ab]
	75	1659 [c] (–7,5)	228 [ab] (–6,2)	18,5	109 [a] (3,8)	293 [b] (13,1)	23,7	93,8 [bc]
	100	1572 [d] (–12,1)	222 [b] (–8,6)	18,0	105 [a] (0,0)	310 [a] (19,7)	25,2	93,7 [c]
CMC	0,00	1803 [a]	243 [a]	19,7	105 [c]	259 [d]	21,1	94,5 [a]
(%)	0,25	1690 [b] (–5,9)	231 [ab] (–4,9)	18,7	109 [bc] (3,8)	283 [c] (9,3)	23,0	93,9 [b]
	0,50	1584 [c] (–11,5)	219 [bc] (–9,9)	17,8	108 [c] (2,9)	308 [b] (18,9)	25,1	93,6 [b]
	0,75	1507 [d] (–15,5)	210 [c] (–13,6)	17,0	117 [a] (11,4)	321 [a] (23,9)	26,0	92,8 [c]
	1,00	1484 [d] (–16,7)	215 [c] (–11,5)	17,5	116 [ab] (10,5)	322 [a] (24,3)	26,1	92,8 [c]
GUAR	0,00	1803 [a]	243 [c]	19,7	105 [a]	259 [b]	21,1	94,5 [c]
GAM	0,25	1731 [c] (–3,8)	249 [bc] (2,5)	20,2	103 [a] (–1,9)	261 [ab] (0,8)	21,2	94,4 [c]
(%)	0,50	1776 [ab] (–1,4)	258 [a] (6,2)	20,9	88 [b] (–16,2)	250 [c] (–3,5)	20,3	95,3 [a]
	0,75	1761 [bc] (–2,2)	252 [ab] (3,7)	20,5	89 [b] (–15,2)	260 [b] (0,4)	21,1	95,2 [ab]
	1,00	1764 [bc] (–2,0)	246 [bc] (1,2)	20,0	100 [ab] (–4,8)	264 [a] (1,9)	21,5	94,6 [bc]

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-d serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

[b] Parantez içinde verilen değerler, kontrol örneğine göre % değişimi (– azalış, + artış) göstermektedir.

[c] Homojenlik, <1 mm²'den küçük olan gözeneklerin sayısının toplam gözenek sayısına oranından hesap edilmiştir.

ekmeklerde en düşük bulunmuştur (1469 ve 205 mm^2). Diğer yandan, 1 mm^2'den büyük gözeneklerin sayısı ve alanı, % 0,75 ve1,00 seviyesinde CMC içeren ekmeklerde en yüksek bulunmuştur (117, 321 mm^2).

Ekmek içi gözenek dağılımın homojenliği, guar gam eklenen ekmeklerde artmış, geri kalan diğer katkıların eklendiği ekmeklerde ise azalmıştır (p<0,05). Homojenliğin, katkı konsantrasyonlarından istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilendiği görülmüştür (p<0,05). Guar gam % 0,50 seviyesinde kullanıldığında % 95,3 ile en yüksek, SSL % 0,75 seviyesinde kullanıldığında ise % 92,8 ile en düşük homojenliğe neden olmuştur.

4.1.8 Ekmeklerin duyusal özellikleri

Farklı konsantrasyonlarda katkılar içeren ekmeklerin duyusal değerlendirmelerine ait veriler Çizelge 4.8'de verilmiştir. Duyusal değerlendirmeler sonucunda, katkı maddelerinin ekmeğin dış görünüşü ve kabuk rengi üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri olmadığı görülmüştür (p>0,05). DATEM, SSL ve lipaz katılan ekmeklerin ekmek içi özellikleri (tekstür, elastikiyet, gözenek yapısı ve homojenliği) duyusal değerlendirmelerde en yüksek puanları almışlardır (p<0,05). Bu katkıların konsantrasyonlarının ekmek içi özellikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Ancak, konsantrasyon artışları, bu özelliklerin ya önemli olmayan seviyede gelişmesine yada kısmen düşmesine neden olmuştur. Ksilanaz, CMC ve guar gamın bu özellikler üzerine etkileri diğer katkılara göre daha düşük düzeyde bulunmuştur (p<0,05). Ksilanazın tekstür dışında diğer duyusal özellikler üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisi görülmemiştir (p>0,05).

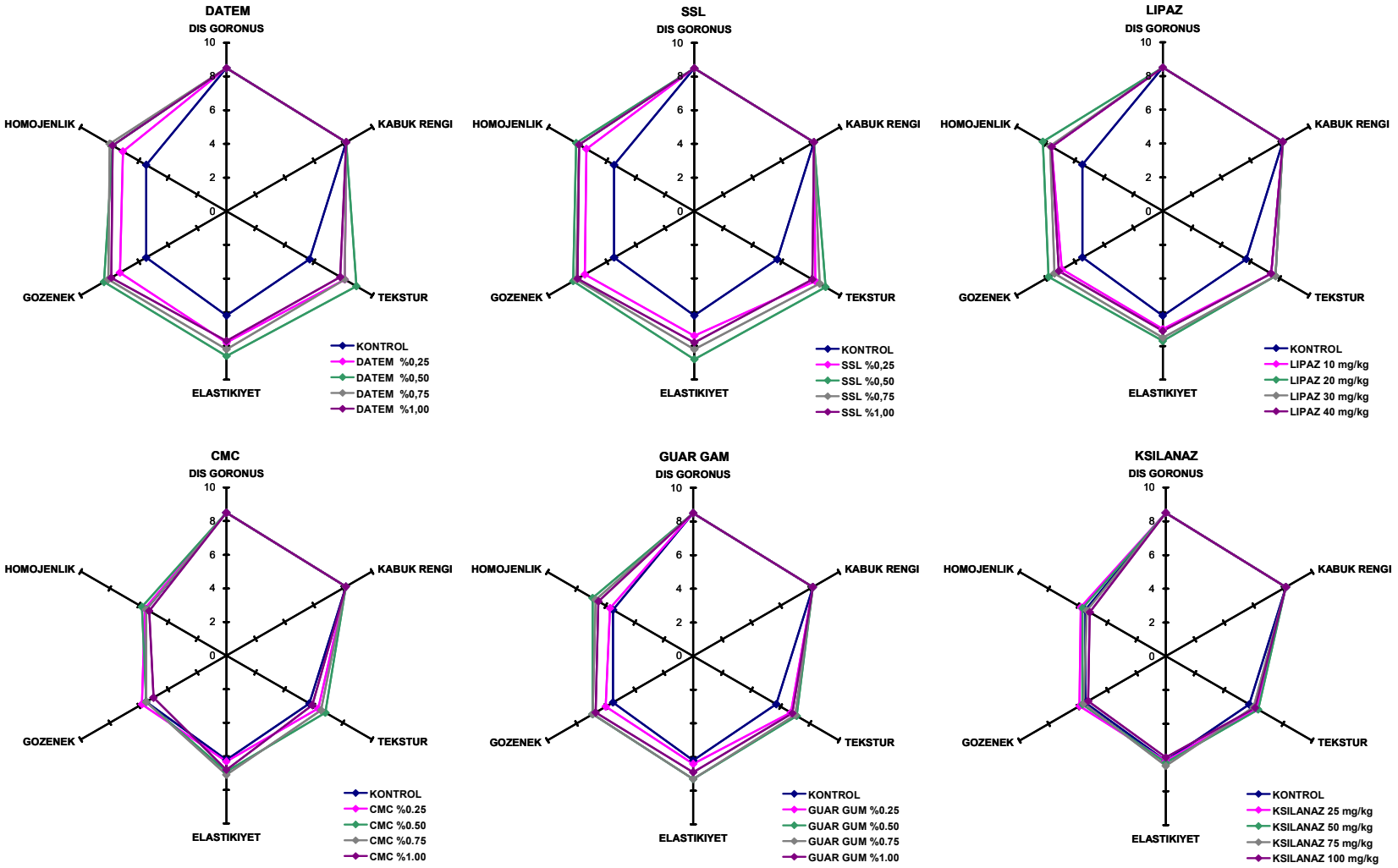
Her bir katkının farklı konsantrasyonları için, duyusal değerlendirmelerde verilen puanlar polar koordinat grafiklerine işlenmiş (Şekil 4.2) ve grafik içinde kalan alan hesaplanarak, "genel kabul edilebilirlik" olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.8). Kullanılan tüm katkılar ekmeklerin genel kabul edilebilirliğini farklı oranlarda arttırmıştır (p<0,05). En fazla etki DATEM, SSL ve lipaz eklenen ekmeklerde görülmüş, ksilanaz, CMC ve guar gam ise daha az etkili olmuşlardır. Genel kabul edilebilirlik üzerine katkı

Çizelge 4.8 Katkı maddelerinin ekmeğin duyusal özellikleri üzerine etkileri [a]

Katkı / Konsantrasyon		Dış görünüş	Kabuk rengi	Tekstür	Elastikiyet	Gözenek	Homojenlik	GKE [b]
DATEM	0,00	8,5	8,2	5,7 ^{c}	6,2 ^{c}	5,5 ^{c}	5,5 ^{b}	114 ^{e}
(%)	0,25	8,5	8,2	8,1 ^{ab}	7,8 ^{ab}	7,3 ^{bc}	7,1 ^{b}	159 ^{d}
	0,50	8,5	8,2	8,9 ^{a}	8,6 ^{a}	8,4 ^{a}	7,8 ^{a}	183 ^{a}
	0,75	8,5	8,2	8,1 ^{ab}	8,2 ^{ab}	8,1 ^{a}	8,0 ^{a}	173 ^{b}
	1,00	8,5	8,2	7,8 ^{bc}	7,7 ^{bc}	7,9 ^{ab}	7,8 ^{a}	166 ^{c}
SSL	0,00	8,5	8,2	5,7 ^{c}	6,2 ^{c}	5,5 ^{c}	5,5 ^{b}	114 ^{e}
(%)	0,25	8,5	8,2	8,3 ^{ab}	7,4 ^{bc}	7,5 ^{bc}	7,4 ^{ab}	161 ^{d}
	0,50	8,5	8,2	9,0 ^{a}	8,8 ^{a}	8,3 ^{a}	8,1 ^{a}	186 ^{a}
	0,75	8,5	8,2	8,6 ^{ab}	8,2 ^{ab}	8,1 ^{ab}	7,9 ^{a}	177 ^{b}
	1,00	8,5	8,2	8,1 ^{bc}	7,8 ^{ab}	8,0 ^{ab}	7,9 ^{a}	169 ^{c}
LİPAZ	0	8,5	8,2	5,7 ^{b}	6,2 ^{b}	5,5 ^{c}	5,5 ^{b}	114 ^{d}
(mg/kg)	10	8,5	8,2	7,4 ^{a}	7,0 ^{ab}	6,9 ^{bc}	7,6 ^{a}	150 ^{c}
	20	8,5	8,2	7,7 ^{a}	7,7 ^{a}	7,8 ^{a}	8,2 ^{a}	166 ^{a}
	30	8,5	8,2	7,7 ^{a}	7,5 ^{a}	7,4 ^{ab}	7,7 ^{a}	159 ^{b}
	40	8,5	8,2	7,4 ^{a}	7,1 ^{a}	7,1 ^{ab}	7,6 ^{a}	152 ^{c}
KSİLANAZ	0	8,5	8,2	5,7 ^{b}	6,2	5,5	5,5	114 ^{c}
(mg/kg)	25	8,5	8,2	6,2 ^{ab}	6,2	5,9	5,8	120 ^{a}
	50	8,5	8,2	6,3 ^{a}	6,3	5,7	5,7	120 ^{a}
	75	8,5	8,2	6,0 ^{ab}	6,5	5,6	5,4	116 ^{b}
	100	8,5	8,2	6,1 ^{ab}	6,0	5,3	5,2	112 ^{c}
CMC	0,00	8,5	8,2	5,7 ^{c}	6,2 ^{c}	5,5 ^{ab}	5,5	114 ^{c}
(%)	0,25	8,5	8,2	6,3 ^{abc}	6,3 ^{bc}	5,8 ^{a}	5,6	119 ^{b}
	0,50	8,5	8,2	6,8 ^{a}	6,9 ^{a}	5,5 ^{ab}	5,8	126 ^{a}
	0,75	8,5	8,2	6,5 ^{ab}	7,1 ^{a}	5,5 ^{ab}	5,5	123 ^{ab}
	1,00	8,5	8,2	5,9 ^{bc}	6,8 ^{ab}	5,0 ^{b}	5,3	113 ^{c}
GUAR	0,00	8,5	8,2	5,7 ^{b}	6,2 ^{b}	5,5 ^{b}	5,5 ^{c}	114 ^{d}
GAM	0,25	8,5	8,2	6,7 ^{ab}	6,4 ^{b}	6,0 ^{b}	5,7 ^{bc}	124 ^{c}
(%)	0,50	8,5	8,2	7,1 ^{a}	7,3 ^{a}	6,9 ^{a}	6,9 ^{a}	145 ^{a}
	0,75	8,5	8,2	7,0 ^{a}	7,3 ^{a}	6,9 ^{a}	6,7 ^{a}	143 ^{a}
	1,00	8,5	8,2	6,8 ^{a}	6,9 ^{ab}	6,7 ^{a}	6,5 ^{ab}	137 ^{b}

[a] Ortalamaları izleyen harfler (a-e serisi), her bir katkı maddesinin konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

[b] GKE – Genel kabul edilebilirlik



Şekil 4.2 Duyusal özelliklere ait polar koordinat grafikleri

konsantrasyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Katkı konsantrasyonlarındaki belirli bir artışa kadar genel kabul edilebilirlikte bir artış görülmüş, daha yüksek konsantrasyonlarda ise düşme meydana gelmiştir. % 0,50 seviyesinde DATEM veya SSL içeren ekmekler, en yüksek kabul edilebilirlik değeri (~185) verirken, 100 mg/kg ksilanaz veya %1,00 CMC içeren ekmekler en düşük kabul edilebilirlik değeri (~113) vermişlerdir.

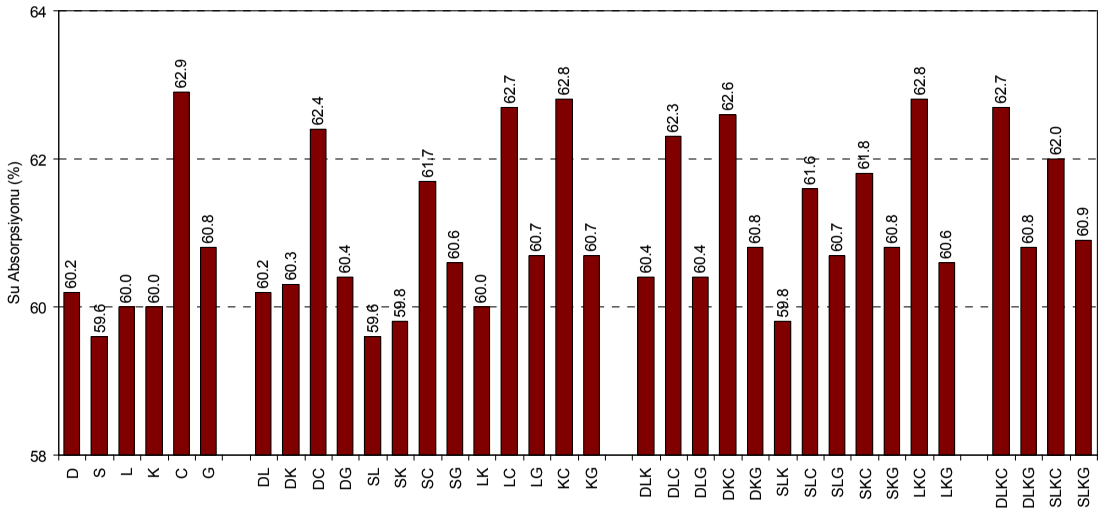
4.2 Katkı Kombinasyonlarının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, katkı maddeleri belirli bir konsantrasyon artışına kadar hamur özelliklerinde ve ekmek kalitesinde bir gelişme sağladıkları görülmüştür. Konsantrasyonlarının daha da arttırılması bu gelişme üzerinde istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde bir artışa yada önemli düzeyde bir azalışa neden olmuştur. Bundan dolayı, DATEM, SSL, CMC ve guar gamın % 0,50, lipazın 20 mg/kg ve ksilanazın 50 mg/kg seviyelerinde kombinasyon çalışmalarında kullanılmalarına karar verilmiştir.

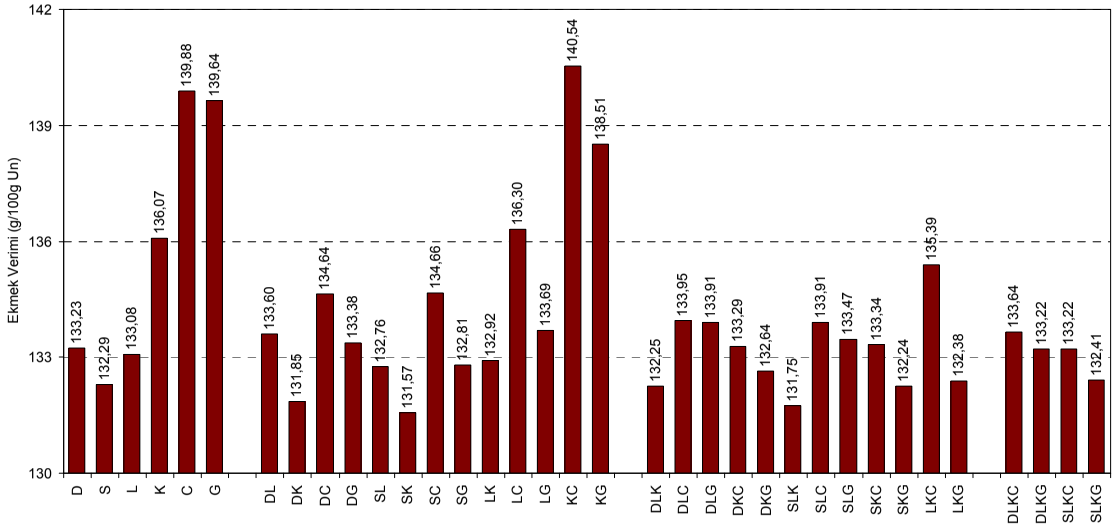
Kombinasyonlar, DATEM, SSL, lipaz, ksilanaz, CMC ve guar gam içerecek şekilde faktöriyel düzende hazırlanmıştır. DATEM-SSL ve CMC-guar gam çiftleri kategorik faktörler olarak alınmış ve aynı kategorik gruptaki katkılar kombinasyonlarda birlikte kullanılmamıştır. Tekli, ikili, üçlü ve dörtlü olarak toplam 35 farklı kombinasyon elde edilmiştir. Farinograf su absorpsiyonları (Şekil 4.3) belirlenen kombinasyonlardan üretilen ekmeklerin ekmek ile hacim verimleri, spesifik hacimleri, toparlanma kabiliyetleri ve tekstür profil özellikleri belirlenmiştir.

4.2.1 Ekmek verimi

Katkı ve kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri Şekil 4.4'de verilmiştir. Ekmek verimi, katkı ve kombinasyon türüne göre 131,57 ile 140,54 g arasında değişmiştir. En yüksek ekmek verimi, CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların 2'li kombinasyonlarından elde edilirken, en düşük ekmek verimi, DATEM ve SSL'nin



Şekil 4.3 Katkı kombinasyonlarının farinogram su absorpsiyonu üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50)



Şekil 4.4 Katkı ve kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Katkılara göre kombinasyonların ekmek verimi üzerine etkileri Şekil 4.5'te verilmiştir.

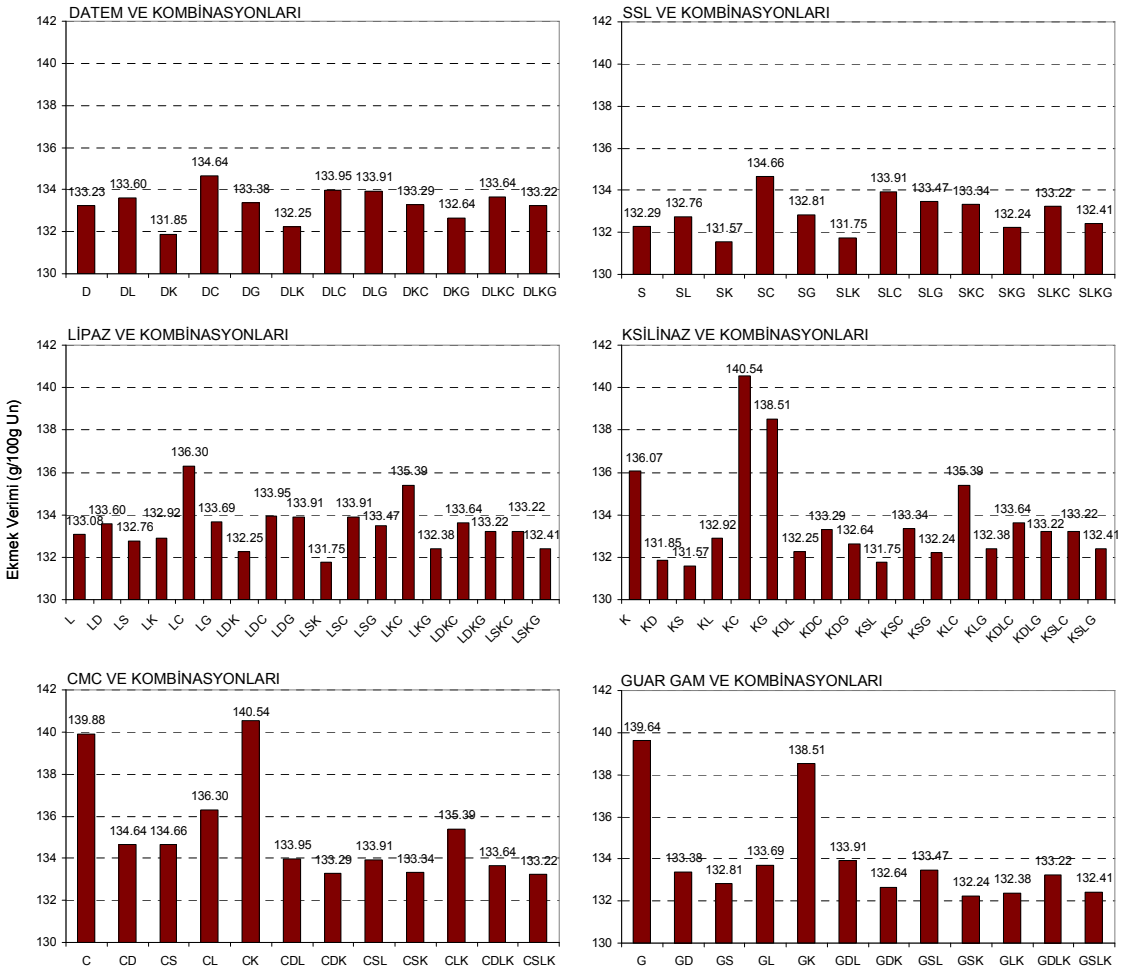
DATEM ve kombinasyonlarında ekmek verimi 131,85 ile 134,64 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, CMC ile olan 2'li kombinasyonunda ekmek verimi artmış, ksilanaz (2'li) ve lipaz+ksilanaz (3'lü) ile olan kombinasyonlarında ise azalmıştır (p<0,05). Azalma üzerinde etkili olan bu iki kombinasyonunun arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir (p>0,05). Diğer kombinasyonlarının ekmek verimin üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

SSL ve kombinasyonlarında ekmek verimi 131,57 ile 134,66 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmek verimi, CMC (2'li), lipaz+CMC, lipaz+guar gam, ksilanaz+CMC (3'lü) ve lipaz+ksilanaz+CMC (4'lü) ile olan kombinasyonlarında artmış, ksilanaz ile olan 2'li kombinasyonunda ise azalmıştır (p<0,05). Diğer kombinasyonlarının etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Lipaz ve kombinasyonlarında ekmek verimi 131,75 ile 136,60 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmek verimi, CMC (2'li) ve ksilanaz+CMC (3'lü) ile olan kombinasyonlarında artmış, SSL+ksilanaz (3'lü) ile olan kombinasyonunda ise azalmıştır (p<0,05). Artışa neden olan kombinasyonları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Diğer kombinasyonlarının etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Ksilanaz ve kombinasyonlarında ekmek verimi 131,57 ile 140,54 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmek verimi, CMC ve guar gam ile olan 2'li kombinasyonlarında artmış, diğer kombinasyonlarında ise azalmıştır (p<0,05). Kombinasyonlarının arasında sadece lipaz+CMC (3'lü) kombinasyonunun istatistiksel olarak ekmek verimi üzerine önemli bir etkisi görülmemiştir (p>0,05).

CMC ve kombinasyonlarında ekmek verimi 133,22 ile 140,54 g arasında değişmiştir.



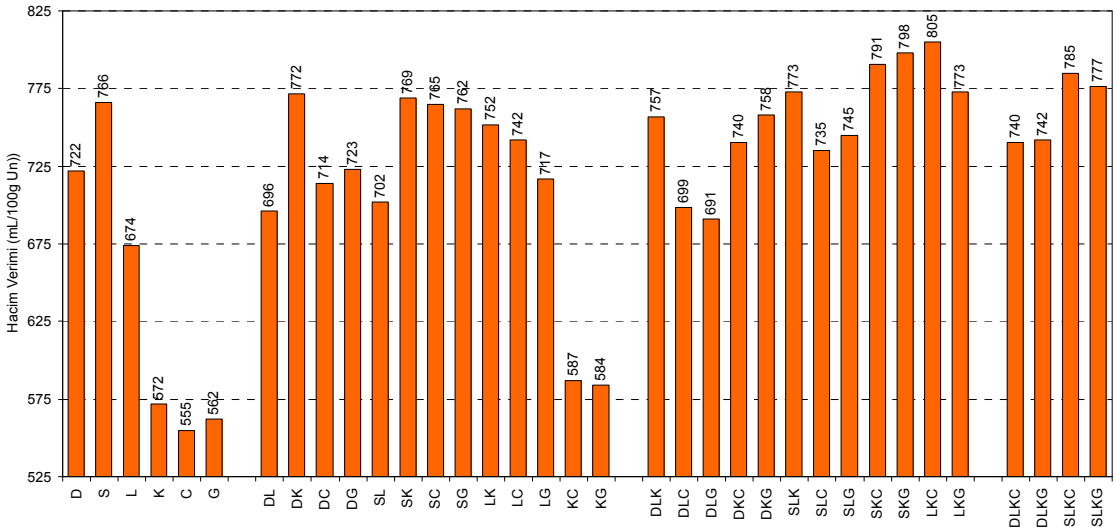
Şekil 4.5 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmek verimi, ksilanaz ile olan 2'li kombinasyonu hariç (p>0,05), diğer tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalma ksilanaz ile birlikte DATEM, SSL veya lipaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

Guar gam ve kombinasyonlarında ekmek verimi 132,24 ile 139,64 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmek verimi, tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). CMC'de olduğu gibi, en fazla azalma ksilanaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

4.2.2 Hacim verimi

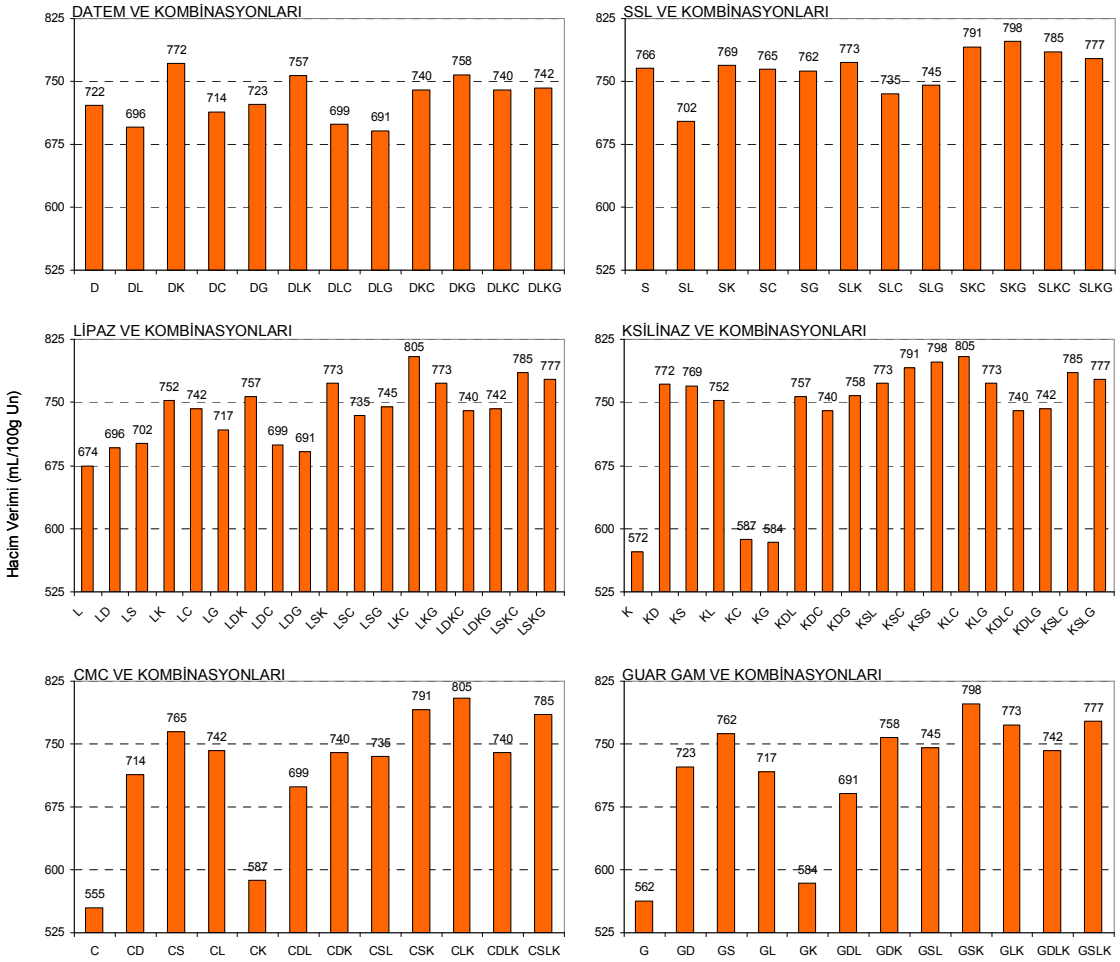
Katkı ve kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri Şekil 4.6'da verilmiştir. Hacim verimi, katkı ve kombinasyon türüne göre 555 ile 805 mL arasında değişmiştir. En yüksek hacim verimi genelde SSL'nin ksilanaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülürken, en düşük hacim verimi CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında görülmüştür.



Şekil 4.6 Katkı ve kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri
(D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Katkılara göre kombinasyonların hacim verimi üzerine etkileri Şekil 4.7'de verilmiştir.

DATEM ve kombinasyonlarında hacim verimi 691 ile 772 mL arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, hacim verimi, lipaz (2'li), lipaz+CMC velipaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). Görülen azalma, bu kombinasyonlar arasında istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). CMC veya guar gam ile olan 2'li kombinasyonunun istatistiksel olarak hacim verimi üzerinde önemli bir değişime neden olmadığı görülmüştür (p>0,05). Diğer kombinasyonları ise önemli düzeyde bir artışa neden olmuştur (p<0,05). En fazla artış ksilanaz ve ksilanaz ile birlikte lipaz veya guar gam içeren kombinasyonlarında



Şekil 4.7 Her bir katkının kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

görülmüştür.

SSL ve kombinasyonlarında hacim verimi 702 ile 798 mL arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, hacim verimindeki değişimde, DATEM'dekine benzer bir durum görülmüştür. Lipaz (2'li), lipaz+CMC ve lipaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonlarında azalmış, ksilanaz+CMC, ksilanaz+guar gam (3'lü) ve lipaz+ksilanaz+CMC (4'lü) ile olan kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En fazla azalış lipaz ile olan 2'li, en fazla artış ise ksilanaz+guar gam ile olan 3'lü kombinasyonunda görülmüştür. Diğer kombinasyonlarının etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Lipaz ve kombinasyonlarında hacim verimi 674 ile 805 mL arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, hacim verimi tüm kombinasyonlarında önemli seviyede artmıştır (p<0,05). En az artış, birbirleri arasında etkileri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmayan (p>0,05) DATEM, SSL, DATEM+CMC ve DATEM+guar gam ile olan 2'li ve 3'lü kombinasyonlarında elde edilmiştir. En fazla artış ise ksilanaz ve/veya SSL ile birlikte CMC veya guar gam içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

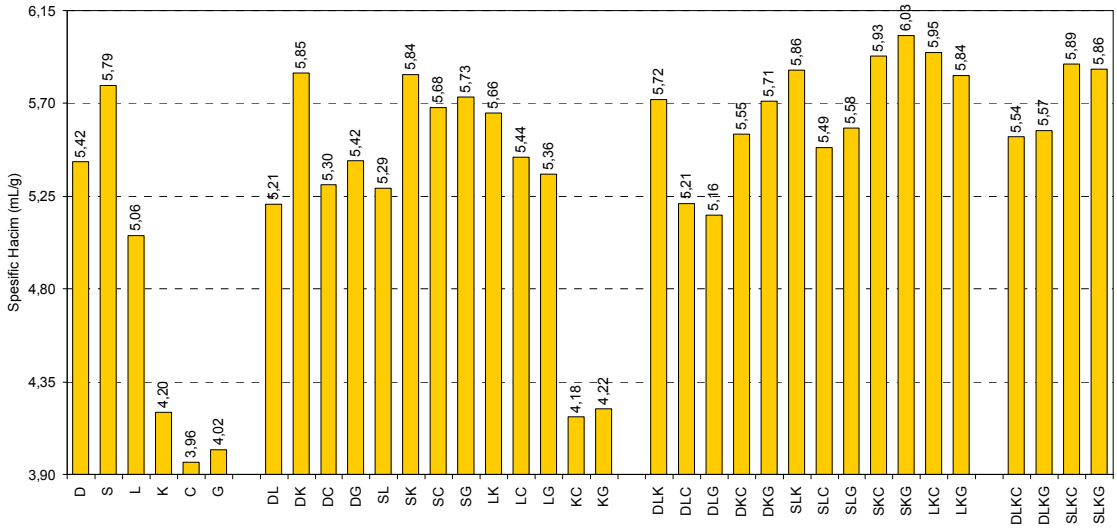
Ksilanaz ve kombinasyonlarında hacim verimi 572 ile 805 mL arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, hacim verimi, guar gam ile olan 2'li kombinasyonu hariç (p>0,05), diğer tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En fazla artış, SSL ile birlikte CMC veya guar gam içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

CMC ve kombinasyonlarında hacim verimi 555 ile 805 mL arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, hacim verimi tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En fazla artış, SSL+ksilanaz ve lipaz+ksilanaz (3'lü) ile SSL+lipaz+ksilanaz (4'lü) kombinasyonlarında, en az artış ise ksilanaz ile olan 2'li kombinasyonunda görülmüştür.

Guar gam ve kombinasyonlarında hacim verimi 562 ile 798 mL arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, hacim verimi tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). CMC'de olduğu gibi, en fazla artış, SSL+ksilanaz ve lipaz+ksilanaz (3'lü) ile SSL+lipaz+ksilanaz (4'lü) kombinasyonlarında görülmüştür.

4.2.3 Spesifik hacim

Katkı ve kombinasyonlarının spesifik hacim üzerine etkileri Şekil 4.8'de verilmiştir. Ekmeğin spesifik hacmi, katkı ve kombinasyon türüne göre 3,96 ile 6,03 mL/g arasında değişmiştir. En yüksek spesifik hacim, özellikle SSL'nin ksilanaz içeren 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülürken, en düşük spesifik hacim, CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların ikili kombinasyonlarında görülmüştür.

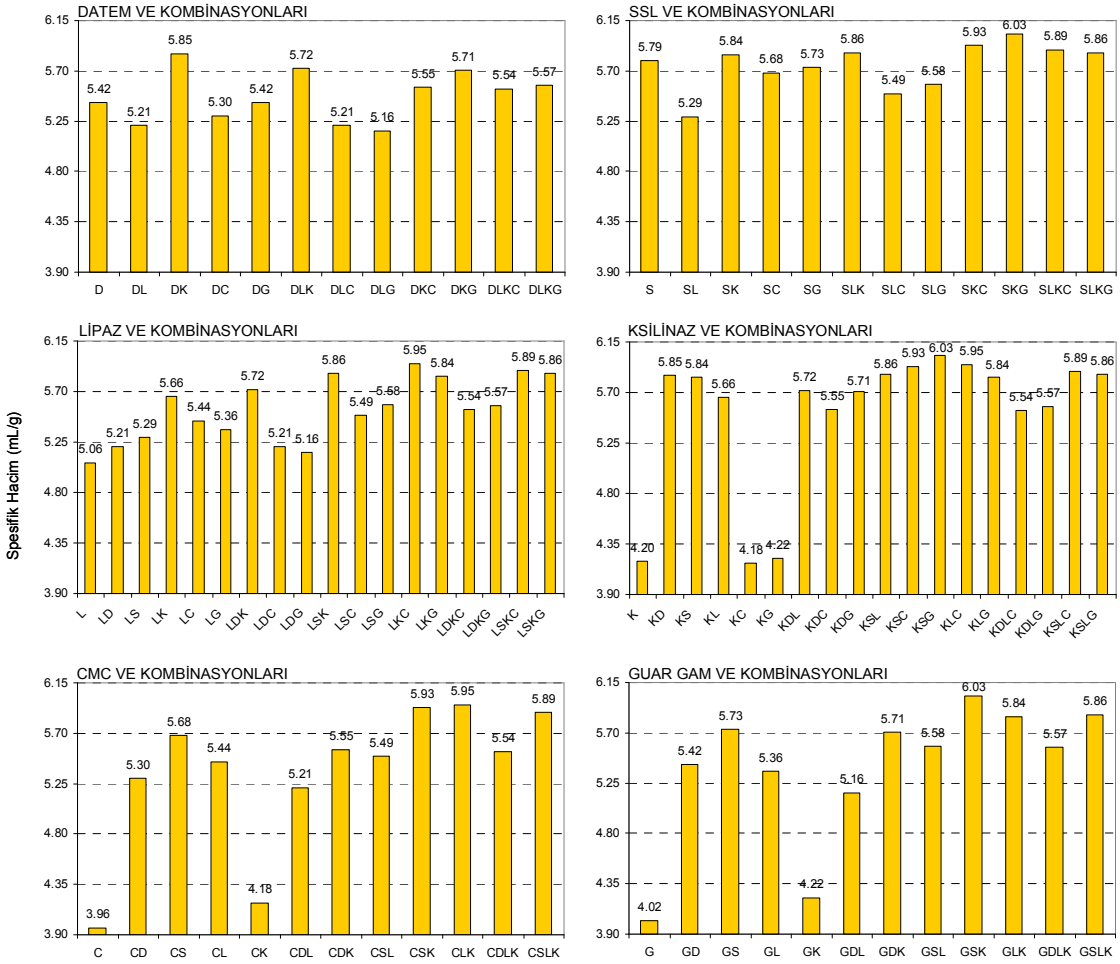


Şekil 4.8 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin spesifik hacmi üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Katkılara göre kombinasyonların ekmeğin spesifik hacmi üzerine etkileri Şekil 4.9'da verilmiştir.

DATEM ve kombinasyonlarında spesifik hacim 5,16 ile 5,85 mL/g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, spesifik hacim, lipaz (2'li), lipaz+CMC ve lipaz+guar gam (3'lü) ile kombinasyonlarında azalmış, ksilanaz (2'li), lipaz+ksilanaz, ksilanaz+CMC, ksilanaz+guar gam (3'lü) ve lipaz+ksilanaz+guar gam (4'lü) ile kombinasyonlarında ise artmıştır (p<0,05). Artışa neden olan kombinasyonları arasında istatistiksel olarak farklılıklar bulunurken (p<0,05), azalışa neden olan kombinasyonları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (p>0,05). Bu kombinasyonlarının haricindeki diğer kombinasyonlarının etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

SSL ve kombinasyonlarında spesifik hacim 5,29 ile 6,03 mL/g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, spesifik hacim, lipaz, CMC, guar gam (2'li) ve bunlarla olan 3'lü kombinasyonlarında (lipaz+CMC ve lipaz+guar gam) azalmış, ksilanaz+CMC ve ksilanaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonlarında ise artmıştır (p<0,05). Diğer kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).



Şekil 4.9 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin spesifik hacmi üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Lipaz ve kombinasyonlarında spesifik hacim 5,06 ile 5,95 mL/g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, spesifik hacim tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En az artış, DATEM veya SSL içeren 2'li ve bunlarla birlikte CMC veya guar gam içeren 3'lü kombinasyonlarında görülürken, en fazla artış, SSL ve ksilanaz ile birlikte CMC veya guar gam içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

Ksilanaz ve kombinasyonlarında spesifik hacim 4,18 ile 6,03 mL/g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, spesifik hacim, CMC ve guar gam ile olan 2'li kombinasyonları hariç (p>0,05), diğer tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). Lipaz (2'li), DATEM+lipaz, DATEM+CMC, DATEM+guar gam (3'lü), DATEM+lipaz+CMC ve DATEM+lipaz+guar gam (4'lü) kombinasyonları en az artışa

neden olurken, SSL+CMC, SSL+guar gam, lipaz+CMC, lipaz+guar gam (3'lü), SSL+lipaz+CMC, SSL+lipaz+guar gam (4'lü) kombinasyonları en fazla artışa neden olmuşlardır.

CMC ve kombinasyonlarında spesifik hacim 3,96 ile 5,95 mL/g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, spesifik hacim, tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En az artış ksilanaz ile olan 2'li kombinasyonunda görülürken, en fazla artış, SSL (2'li) ve/veya lipaz ile birlikte ksilanaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

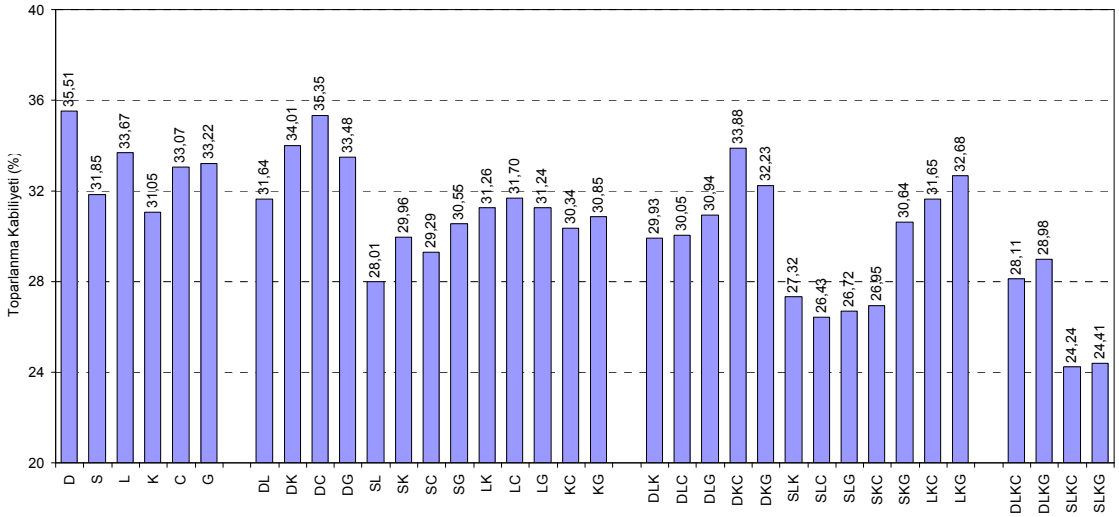
Guar gam ve kombinasyonlarında spesifik hacim 4,02 ile 6,03 mL/g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, spesifik hacim tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). CMC'de olduğu gibi, en az artış ksilanaz ile olan 2'li kombinasyonunda, en fazla artış ise SSL (2'li) ve/veya lipaz ile birlikte ksilanaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

4.2.4 Toparlanma kabiliyeti

Katkı ve kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri Şekil 4.10'da verilmiştir. Ekmeğin toparlanma kabiliyeti, katkı ve kombinasyon türüne göre % 24,24 ile 35,51 arasında değişmiştir. En yüksek toparlanma kabiliyeti DATEM ve DATEM'in CMC, guar gam veya ksilanaz ile 2'li ve bunların 3'lü kombinasyonlarında, en düşük ise SSL'nin 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

Katkılara göre kombinasyonların ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri Şekil 4.11'de verilmiştir.

DATEM ve kombinasyonlarında ekmeğin toparlanma kabiliyeti % 28,11 ile 35,51 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, toparlanma kabiliyeti, CMC ile olan 2'li kombinasyonu hariç (p>0,05), diğer tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalma lipaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.

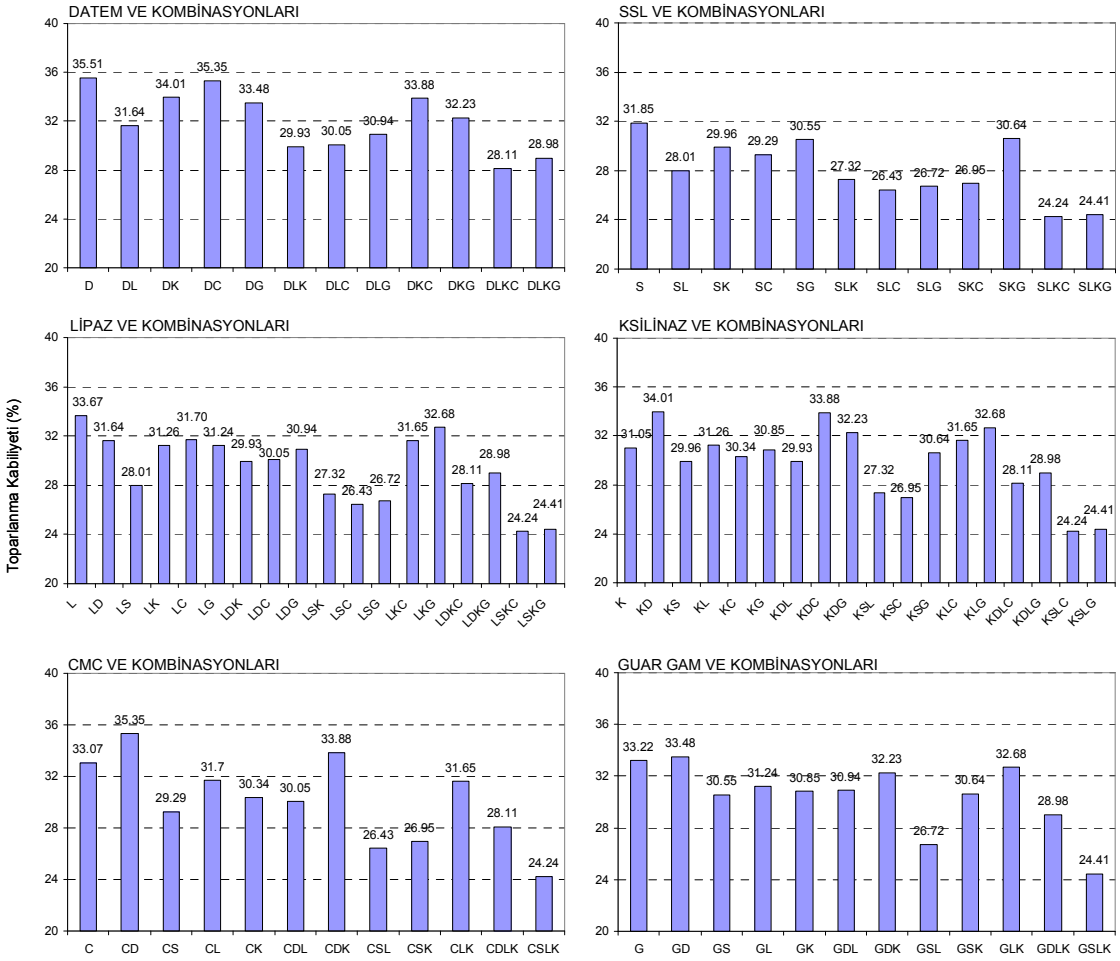


Şekil 4.10 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

SSL ve kombinasyonlarında toparlanma kabiliyeti % 24,24 ile 31,85 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, toparlanma kabiliyeti tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). DATEM'de olduğu gibi, en fazla azalma genelde lipaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür. 2'li kombinasyonlarının etkileri ise, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlara göre nispeten daha az olmuştur.

Lipaz ve kombinasyonlarında toparlanma kabiliyeti % 24,24 ile 31,85 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, toparlanma kabiliyeti tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalma SSL içeren 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür. DATEM içeren kombinasyonları ile diğer katkılarla 2'li kombinasyonlarının etkileri ise nispeten daha az olmuştur.

Ksilanaz ve kombinasyonlarında toparlanma kabiliyeti % 24,24 ile 34,01 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, toparlanma kabiliyeti, DATEM (2'li), DATEM+CMC, DATEM+guar gam ve lipaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonlarında artmış, SSL (2'li), DATEM+lipaz, SSL+lipaz, SSL+CMC (3'lü) ve tüm 4'lü kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). Lipaz, CMC, guar gam (2'li),



Şekil 4.11 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri
(D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

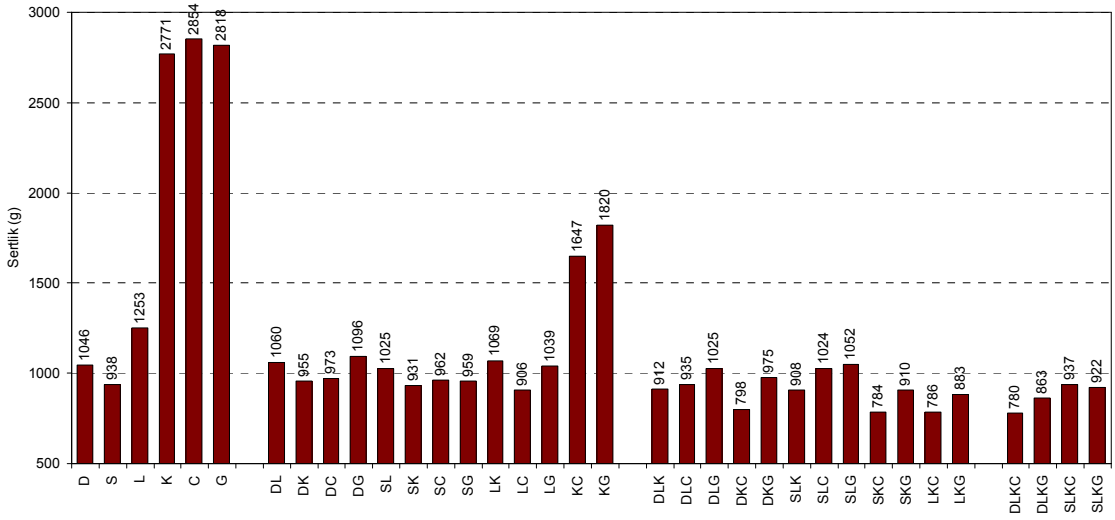
SSL+guar gam ve lipaz +CMC (3'lü) ile olan kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkilerinde ise istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

CMC ve kombinasyonlarında toparlanma kabiliyeti % 24,24 ile 35,35 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, toparlanma kabiliyeti, DATEM (2'li) ve DATEM+ksilanaz (3'lü) ile olan kombinasyonlarında artmış, geri kalan diğer kombinasyonlarında ise azalmıştır (p<0,05). En fazla azalma, SSL+lipaz ve SSL+ksilanaz (3'li) ile SSL+lipaz+ksilanaz ve DATEM+lipaz+ksilanaz (4'lü) kombinasyonlarında görülmüştür.

Guar gam ve kombinasyonlarında toparlanma kabiliyeti % 24,41 ile 33,48 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, toparlanma kabiliyeti, DATEM (2'li) ve lipaz+ksilanaz (3'lü) ile olan kombinasyonları hariç (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). SSL+lipaz (3'lü) ile DATEM+lipaz+ksilanaz ve SSL+lipaz+ksilanaz (4'lü) kombinasyonları en fazla azalışa neden olmuştur. Diğer kombinasyonlarının azalış üzerine etkileri ise istatistiksel olarak birbirine benzer bulunmuştur (p>0,05).

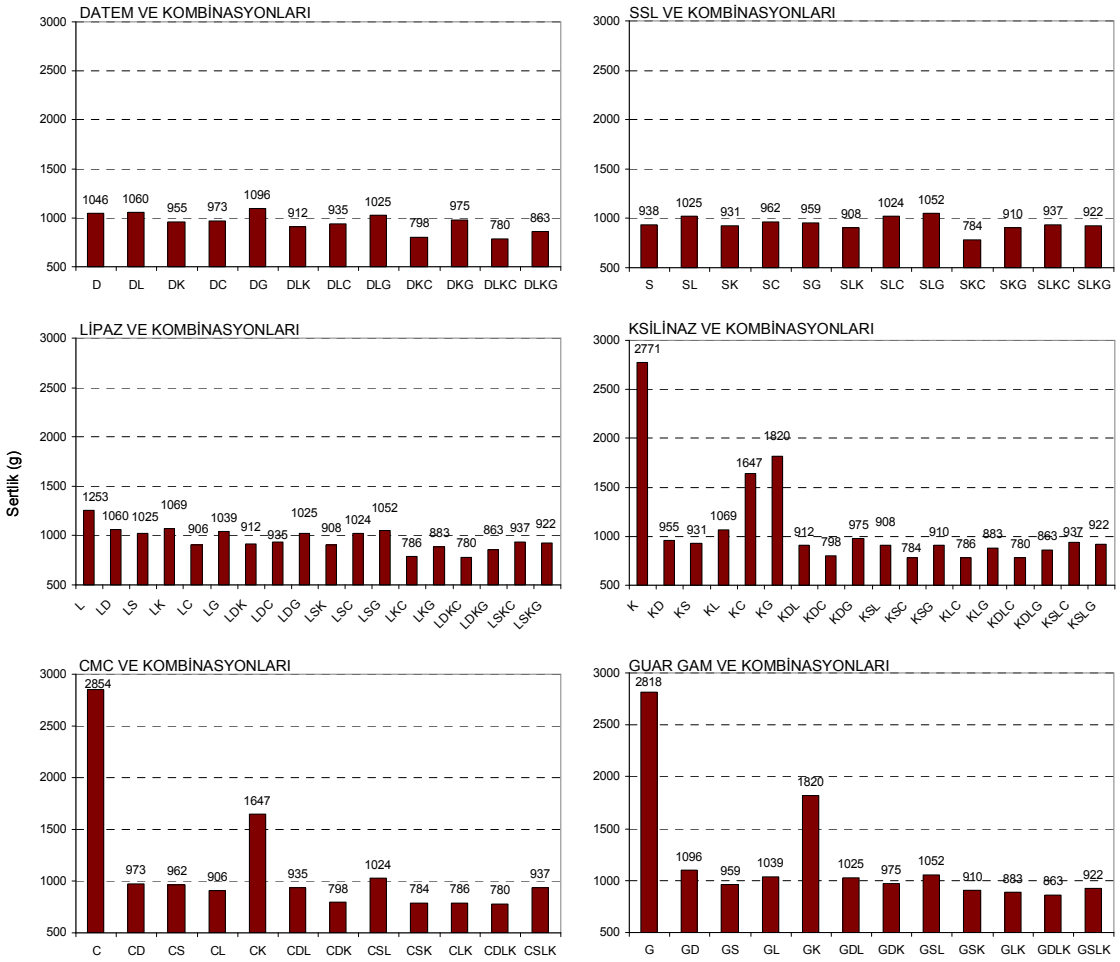
4.2.5 Sertlik

Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri Şekil 4.12'de verilmiştir. Ekmeğin sertliği, katkı ve kombinasyon türüne göre 780 ile 2854 g arasında değişmiştir. En yüksek sertlik CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında görülürken, en düşük sertlik, DATEM, SSL veya lipaz ile birlikte ksilanaz içeren 3'lü ve bunlara CMC veya guar gam eklenmiş 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.



Şekil 4.12 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Katkılara göre kombinasyonların ekmeğin sertliği üzerine etkileri Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

DATEM ve kombinasyonlarında ekmeğin sertliği 780 ile 1096 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin sertliği, guar gam ile olan 2'li kombinasyonunda artmış, lipaz (2'li) ve lipaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonları dışında (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalış, lipaz+ksilanaz ve ksilanaz+CMC (3'lü) ile lipaz+ksilanaz+CMC ve lipaz+ksilanaz+guar gam (4'lü) kombinasyonlarında görülmüştür. Lipaz+guar gam (3'lü) kombinasyonunun ekmeğin sertliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

SSL ve kombinasyonlarında ekmeğin sertliği 784 ile 1052 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin sertliği, lipaz (2'li), lipaz+CMC ve

lipaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonlarında artmış, ksilanaz+CMC (3'lü) ile olan kombinasyonunda azalmıştır (p<0,05). Artışa neden olan kombinasyonlarının etkilerinin istatistiksel olarak birbirlerine benzer olduğu görülmüştür (p>0,05). Diğer kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Lipaz ve kombinasyonlarında ekmeğin sertliği 780 ile 1253 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin sertliği tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalış, ksilanaz+CMC ve ksilanaz+guar gam (3'lü) ile DATEM+ksilanaz+CMC ve SSL+ksilanaz+CMC (4'lü) kombinasyonlarında, en az azalış ise DATEM ve ksilanaz (2'li) ile kombinasyonlarında görülmüştür.

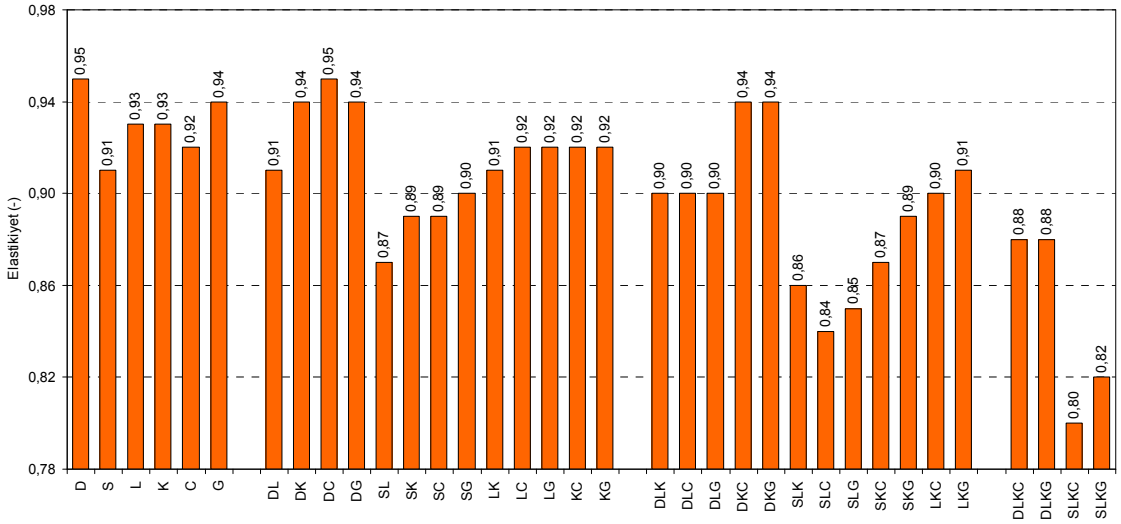
Ksilanaz ve kombinasyonlarında ekmeğin sertliği 780 ile 2771 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin sertliği tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalış, CMC ile birlikte DATEM, SSL ve/veya lipaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür. Bu kombinasyonların etkileri arasında istatistiksel olarak farklılıklar önemsiz bulunmuştur (p>0,05). CMC ve guar gam ile olan 2'li kombinasyonları ise ekmeğin sertliğinde en düşük azalışa neden olmuştur.

CMC ve kombinasyonlarında ekmeğin sertliği 780 ile 2854 g arasında değişmiştir.Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmek sertliği tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). Ksilanaz ile birlikte DATEM, SSL veya lipaz ile olan 3'lü ve DATEM+lipaz+ksilanaz (4'lü) kombinasyonları en fazla azalışa neden olmuşlardır. Bu kombinasyonlarının etkileri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Guar gam ve kombinasyonlarında ekmeğin sertliği 863 ile 2818 g arasında değişmiştir.Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmeğin sertliği tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). Genelde ksilanaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonları en fazla azalmaya neden olmuşlardır.

4.2.6 Elastikiyet

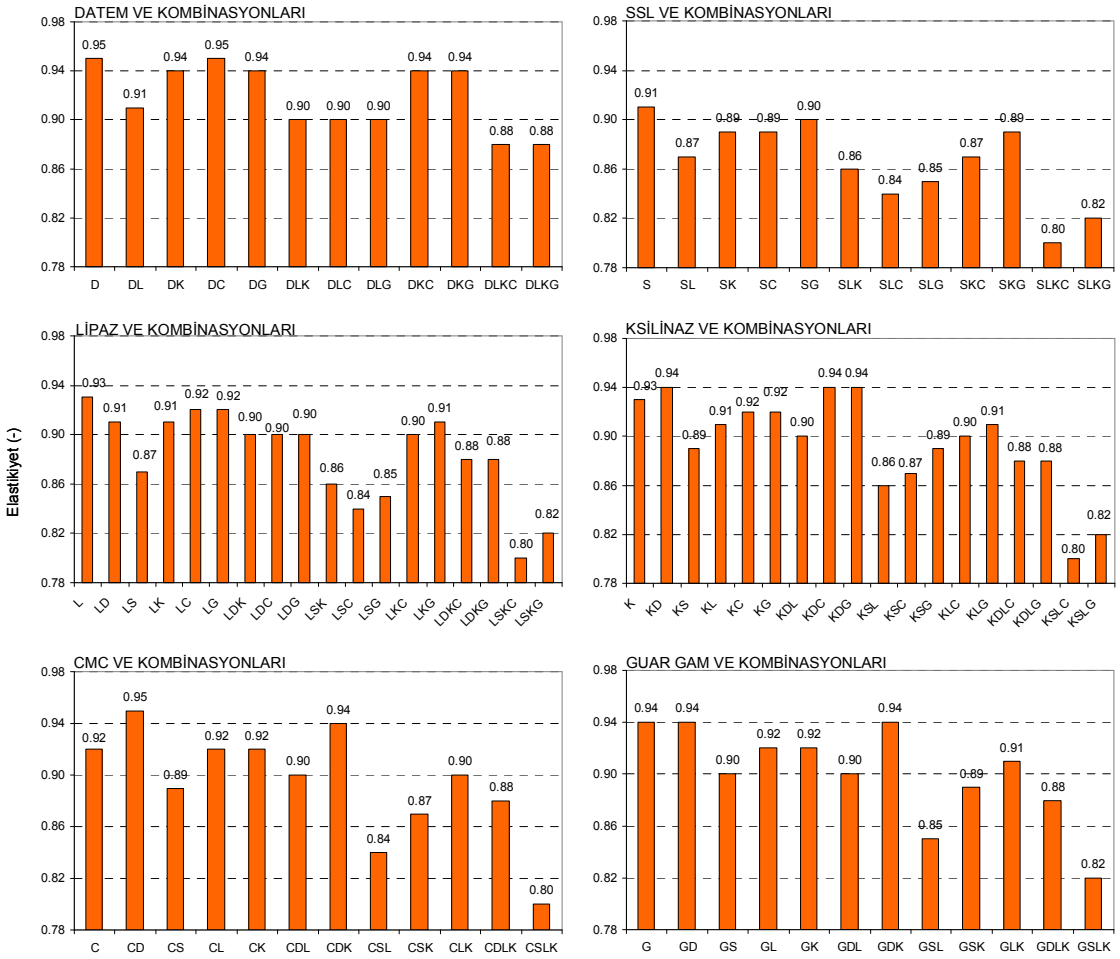
Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri Şekil 4.14'te verilmiştir. Ekmeğin elastikiyeti, katkı ve kombinasyon türüne göre 0,80 ile 0,95 arasında değişmiştir. En yüksek elastikiyet, özellikle DATEM ve DATEM'in CMC, guar gam ve/veya ksilanaz ile olan 2'li ve 3'lü kombinasyonlarında görülmüştür. Bu kombinasyonların etkileri istatistiksel olarak birbirlerine benzer düzeylerde bulunmuştur (p>0,05). En düşük elastikiyet ise SSL ve SSL'nin CMC, guar gam, ksilanaz ve/veya lipaz ile olan 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür.



Şekil 4.14 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Katkılara göre kombinasyonların ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri Şekil 4.15'te verilmiştir.

DATEM ve kombinasyonlarında ekmeğin elastikiyeti 0,88 ile 0,95 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, kombinasyonları ekmeğin elastikiyetinde genelde azalmaya neden olmuştur. Lipaz içeren 2'li 3'lü ve 4'lü kombinasyonları en fazla azalmaya neden olmuştur (p<0,05). Bunlar arasında, lipaz ve lipaz ile birlikte ksilanaz, CMC veya guar gam ile olan kombinasyonlarının azalış üzerine etkileri istatistiksel



Şekil 4.15 Katkı kombinasyonlarının ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). 4'lü kombinasyonlarının azalıştaki etkileri de birbirlerine benzer düzeyde olmuştur (p>0,05).

SSL ve kombinasyonlarında ekmeğin elastikiyeti 0,80 ile 0,91 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmeğin elastikiyeti, guar gam ile olan 2'li kombinasyonu hariç (p>0,05), geri kalan tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). DATEM'de olduğu gibi, azalma üzerinde en fazla etki, lipaz içeren 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında görülmüştür. Ancak bu kombinasyonların etkileri arasında istatistiksel olarak birbirlerinden farklılıklar bulunmuştur (p<0,05).

Lipaz ve kombinasyonlarında ekmeğin elastikiyeti 0,80 ile 0,93 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmeğin elastikiyeti, DATEM, CMC veya guar gam ile olan 2'li kombinasyonları dışında (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). SSL içeren 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonları, DATEM içeren 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarına göre daha fazla azalmaya neden olmuştur.

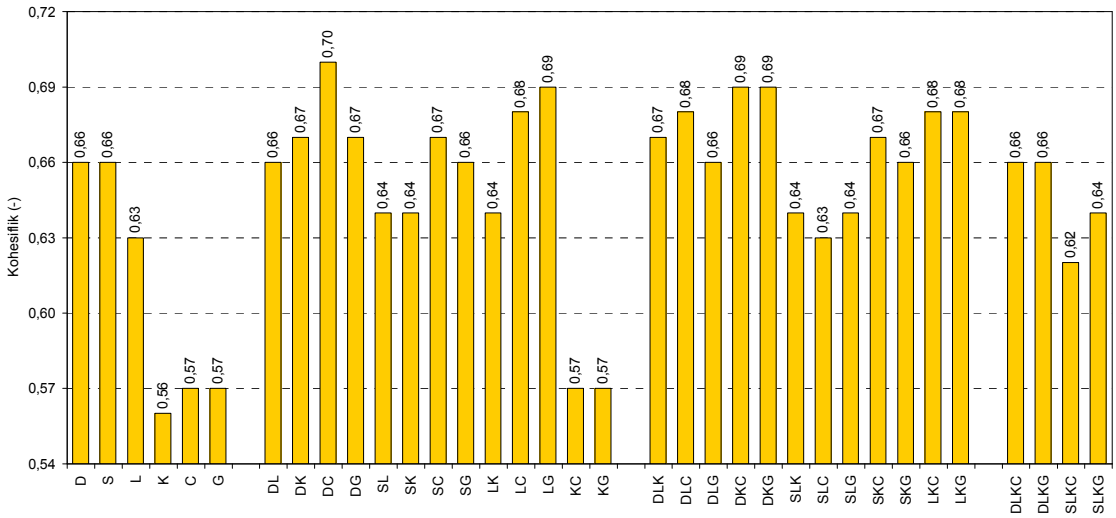
Ksilanaz ve kombinasyonlarında ekmeğin elastikiyeti 0,80 ile 0,94 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin elastikiyeti, DATEM, CMC, guar gam (2'li), DATEM+CMC ve DATEM+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonları dışında

(p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalışa SSL içeren 4'lü kombinasyonları neden olmuştur. CMC ve kombinasyonlarında ekmeğin elastikiyeti 0,80 ile 0,95 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin elastikiyeti, DATEM, lipaz, ksilanaz (2'li), DATEM+lipaz ve DATEM+ksilanaz (3'lü) ile olan kombinasyonları dışında (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalış, SSL+lipaz (3'lü) ve SSL+lipaz+ksilanaz (4'lü) ile olan kombinasyonlarında görülmüştür.

Guar gam ve kombinasyonlarında ekmeğin elastikiyeti 0,82 ile 0,94 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin elastikiyeti, DATEM (2'li) ve DATEM+ksilanaz (3'lü) ile olan kombinasyonları dışında (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). CMC'de olduğu gibi, en fazla azalış, SSL+lipaz (3'lü) ve SSL+lipaz+ksilanaz (4'lü) ile olan kombinasyonlarında görülmüştür.

4.2.7 Kohesiflik

Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri Şekil 4.16'da verilmiştir. Ekmeğin kohesiflik değeri, katkı ve kombinasyon türüne göre, 0,56 ile 0,70 arasında değişmiştir. En yüksek kohesiflik değeri, CMC ve guar gamın DATEM ile 2'li

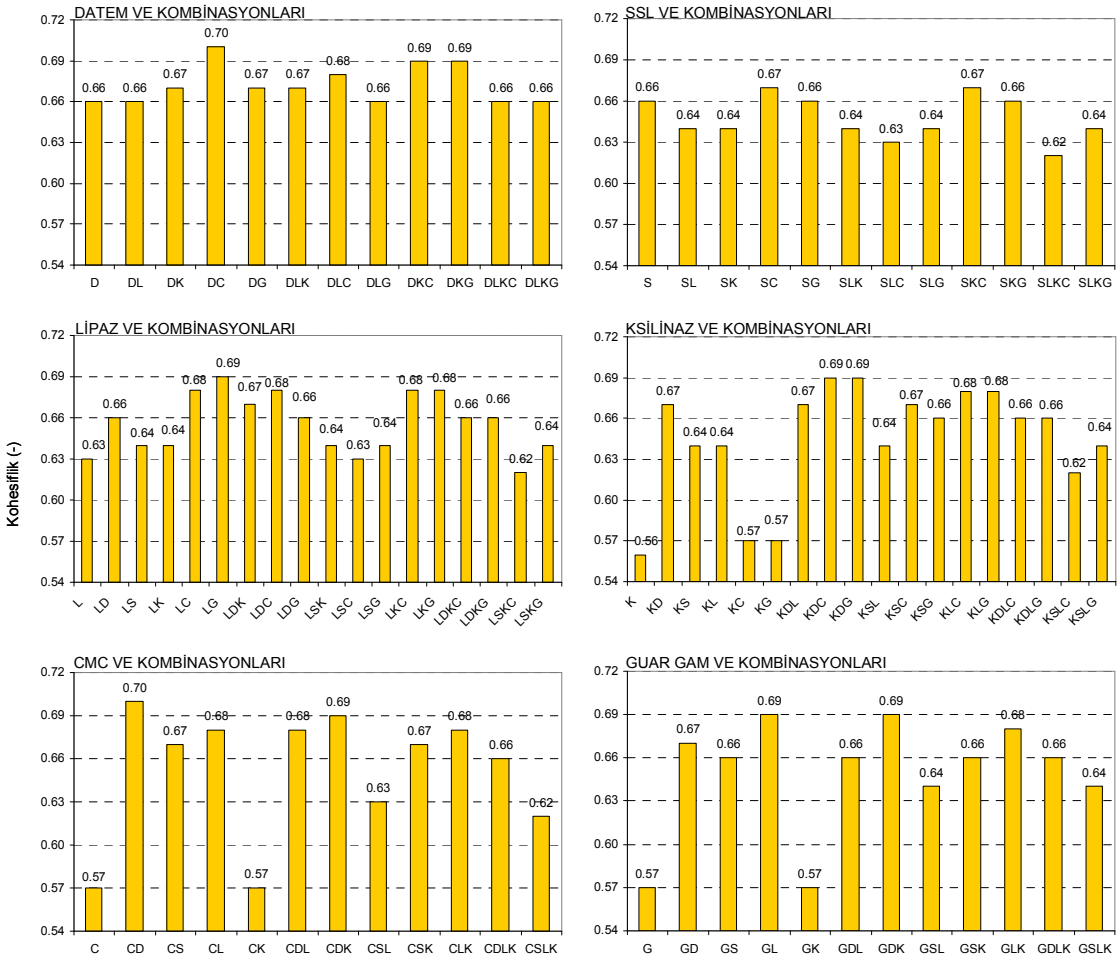


Şekil 4.16 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

ve DATEM ile birlikte ksilanazın olduğu 3'lü kombinasyonlarda ve yine bunların lipaz ile 2'li ve lipaz ile birlikte ksilanazın olduğu 3'lü kombinasyonlarda görülmüştür. En düşük kohesiflik değeri ise, CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında görülmüştür. Gerek en yüksek değeri veren kombinasyonlar arasında ve gerekse de en düşük değeri veren kombinasyonlar arasında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmamıştır (p>0,05).

Katkılara göre kombinasyonların ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri Şekil 4.17'de verilmiştir.

DATEM ve kombinasyonlarında ekmeğin kohesifliği 0,66 ile 0,70 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmeğin kohesifliğinde tüm kombinasyonlarında bir artış görülmesine rağmen, CMC (2'li), ksilanaz+CMC ve ksilanaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonlarındaki artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu kombinasyonlarda görülen artışların birbirlerinden önemli düzeyde farklı olmadığı görülmüştür (p>0,05). Lipaz içeren kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).



Şekil 4.17 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

SSL ve kombinasyonlarında ekmeğin kohesifliği 0,62 ile 0,67 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmeğin kohesifliği, CMC (2'li) ve ksilanaz+CMC (3'lü) ile olan kombinasyonlarında artmış, lipaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında ise azalmıştır (p<0,05). Diğer kombinasyonlarının etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Gerek artışa neden olan kombinasyonlarının arasında ve gerekse de azalışa neden olan kombinasyonlarının arasında istatistiksel olarak farklılıklar görülmemiştir (p>0,05).

Lipaz ve kombinasyonlarında ekmeğin kohesifliği 0,62 ile 0,69 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe göre, ekmeğin kohesifliğinde tüm kombinasyonlarında bir artış olmasına rağmen, DATEM, CMC, guar gam (2'li), DATEM+ksilanaz,

DATEM+CMC, DATEM+guar gam, ksilanaz+CMC, ksilanaz+guar gam (3'lü), DATEM+ksilanaz+CMC ve DATEM+ksilanaz+guar gam (4'lü) ile olan kombinasyonlarındaki artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

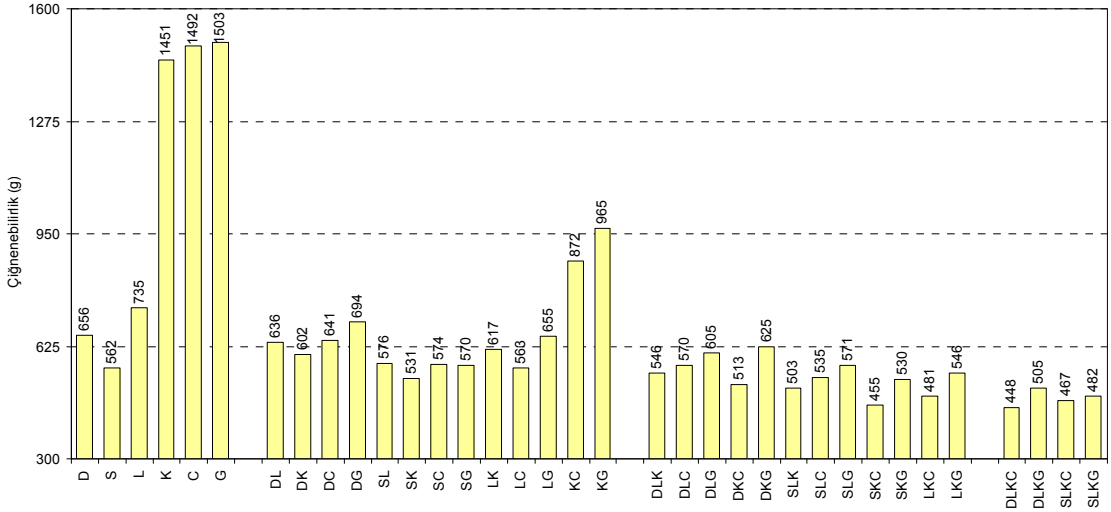
Ksilanaz ve kombinasyonlarında ekmeğin kohesifliği 0,56 ile 0,69 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin kohesifliği, CMC ve guar gam ile olan ikili kombinasyonları hariç (p>0,05), geri kalan diğer tüm kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En fazla artış CMC veya guar gam ile birlikte DATEM veya lipaz içeren 3'lü kombinasyonlarında meydana gelmiştir. Bu kombinasyonlarının artış üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer düzeylerde bulunmuştur (p>0,05).

CMC ve kombinasyonlarında ekmeğin kohesifliği 0,57 ile 0,70 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin kohesifliği, ksilanaz ile olan ikili kombinasyonu hariç (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En fazla artış, DATEM ve lipaz içeren 2'li kombinasyonları ile yine bunların ksilanaz içeren 3'lü kombinasyonlarında görülmüştür. En az artış ise SSL+lipaz (3'lü) ve 4'lü kombinasyonlarında meydana gelmiştir. Ekmeğin kohesifliğinde ne en fazla artışa neden olan kombinasyonlarının arasında ne de en az artışa neden olan kombinasyonlarının arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar görülmüştür (p>0,05).

Guar gam ve kombinasyonlarında ekmeğin kohesifliği 0,57 ile 0,69 arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, ekmeğin kohesifliği, ksilanaz ile olan 2'li kombinasyonu hariç (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında artmıştır (p<0,05). En fazla artış, DATEM ve lipaz içeren 2'li kombinasyonları ile yine bunların ksilanaz içeren 3'lü kombinasyonlarında görülmüştür. En az artış ise SSL+lipaz (3'lü) ve 4'lü kombinasyonlarda meydana gelmiştir. Gerek en fazla artışa neden olan kombinasyonlarının etkileri arasında ve gerekse de en az artışa neden olan kombinasyonlarının etkileri arasında istatistiksel olarak farklılıklar görülmemiştir (p>0,05).

4.2.8 Çiğnenebilirlik

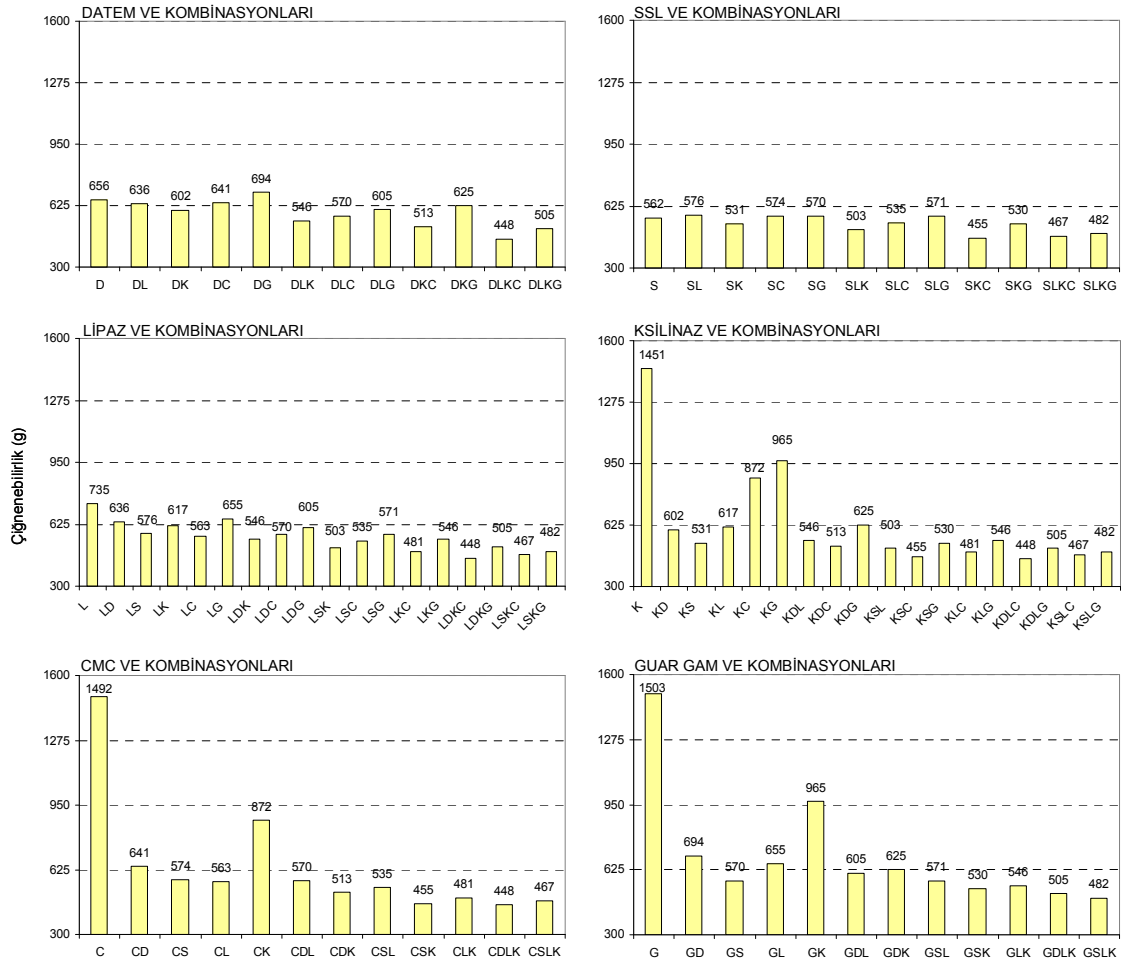
Katkı kombinasyonlarının ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri Şekil 4.18'de verilmiştir. Ekmeğin çiğnenebilirlik değeri, katkı ve kombinasyon türüne göre, 448 ile 1503 g arasında değişmiştir. En yüksek değeri, CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların 2'li kombinasyonları verirken, en düşük değeri, CMC ve guar gamın 4'lü kombinasyonları ile CMC'nin lipaz ile 2'li, SSL ve ksilanaz ile 3'lü ve SSL'nin lipaz ve ksilanaz ile 3'lü kombinasyonları vermiştir. Gerek en fazla artışa neden olan kombinasyonların etkileri arasında ve gerekse de en az artışa neden olan kombinasyonların etkileri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar görülmüştür (p>0,05).



Şekil 4.18 Katkı ve kombinasyonlarının ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

Katkılara göre kombinasyonların ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri Şekil 4.19'da verilmiştir.

DATEM ve kombinasyonlarında ekmeğin çiğnenebilir değeri 448 ile 694 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, bu değer, guar gam ile olan 2'li kombinasyonunda artmıştır (p<0,05). Lipaz ve CMC ile olan 2'li kombinasyonlarının



Şekil 4.19 Her bir katkının kombinasyonlarının ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri (D – DATEM (% 0,50), S – SSL (% 0,50), L – Lipaz (20 mg/kg), K – Ksilanaz (50 mg/kg), C – CMC (% 0,50), G – Guar gam (% 0,50))

etkilerinde istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (p>0,05). Geri kalan diğer kombinasyonlarında ise çiğnenebilirlik değeri azalmıştır (p<0,05). En fazla azalış 4'lü kombinasyonlarında ve ksilanaz+CMC (3'lü) kombinasyonunda görülmüştür.

SSL ve kombinasyonlarında ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 455 ile 576 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, çiğnenebilirlik değeri lipaz, CMC, guar gam (2'li) ve lipaz+guar gam (3'lü) ile olan kombinasyonları hariç (p>0,05), geri kalan diğer kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). DATEM'de olduğu gibi, en fazla azalış 4'lü kombinasyonlarında ve ksilanaz+CMC (3'lü) kombinasyonunda görülmüştür.

Lipaz ve kombinasyonlarında ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 448 ile 735 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, bu değer, tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). 4'lü kombinasyonları ile SSL+ksilanaz ve ksilanaz+CMC (3'lü) kombinasyonları en fazla azalışa neden olmuşlardır.

Ksilanaz ve kombinasyonlarında ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 448 ile 1451 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, bu değer tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). Genelde SSL, lipaz ve/veya CMC içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonları çiğnenebilirlik değerinde en fazla azalışa neden olmuşlardır.

CMC ve kombinasyonlarında ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 448 ile 1492 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, çiğnenebilirlik değeri tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). En fazla azalışa SSL+ksilanaz, lipaz+ksilanaz (3'lü) ve 4'lü kombinasyonları neden olmuştur.

Guar gam ve kombinasyonlarında ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 482 ile 1503 g arasında değişmiştir. Tek başına kullanıldığı örneğe kıyasla, bu değer tüm kombinasyonlarında azalmıştır (p<0,05). CMC'de olduğu gibi en fazla azalışa, SSL+ksilanaz, lipaz+ksilanaz (3'lü) ve 4'lü kombinasyonları neden olmuştur.

4.3 İkili Kombinasyonların Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri

Yapılan analizler sonucunda, DATEM veya SSL'nin lipaz ile, CMC veya guar gamın ksilanaz ile ikili kombinasyonları ekmek kalitesi üzerinde, diğer ikili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlara göre daha az etkileri olmuştur (Çizelge 4.9). Ekmek verimi, kohesiflik ve çiğnenebilik değerleri üzerinde DATEM veya SSL'nin lipaz ile kombinasyonlarının etkileri görülmemiştir (p>0,05). Hatta, bu kombinasyonlarda hacim veriminde, spesifik hacimde ve toparlanma kabiliyetinde düşme ve sertlikte artış meydana gelmiştir.

Ksilinaz içeren CMC veya guar gamın ikili kombinasyonları ekmek kalitesini ya etkilenmemiş yada diğer ikili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlara göre az düzeyde gelişme

Çizelge 4.9 DATEM veya SSL'ye lipaz, CMC veya guar gama ksilinaz eklenmesi ile ekmek kalitesinde meydana gelen değişimler [a,b]

	Ekmek Verimi		**Hacim verimi**		**Spesifik Hacim**		**Toparlanma Kabiliyeti**		**Sertlik**		**Elastikiyet**		**Kohesiflik**		**Çiğnenebilirlik**	
	(g/100 g Un)		**(mL/100 g Un)**		**(mL/g)**		**(%)**		**(g)**		**(-)**		**(-)**		**(g)**	
	KNTRL	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**	**KNTRL**	**LPZ**
DATEM	133,23	133,60	722	696	5,42	5,21	35,51	31,64	1046	1060	0,95	0,91	0,66	0,66	656	636
SSL	132,29	132,76	766	702	5,79	5,29	31,85	28,01	938	1025	0,91	0,87	0,66	0,64	562	576

	KONT	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**	**KONT**	**KSLNZ**
CMC	139,88	140,54	555	587	3,97	4,18	33,07	30,34	2854	1657	0,92	0,92	0,57	0,57	1492	872
GUAR GAM	139,64	138,51	562	584	4,03	4,22	33,22	30,85	2818	1820	0,94	0,92	0,57	0,57	1503	965

[a] KNTRL – KONTROL, LPZ – LİPAZ, KSLNZ –KSİLANAZ
[b] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

sağlamışlardır. Bu kombinasyonlarda hacim verimi, spesifik hacim, sertlik ve çiğnenebilirlik gibi ekmeğin önemli kalite özelliklerinde görülen gelişmeler minimum düzeyde iken, elastikiyet ve kohesiflik değerlerinde bir değişim söz konusu olmamıştır. Toparlanma kabiliyeti ise bazı kombinasyonlara göre yüksek (örneğin SSL+lipaz+CMC veya guar gam) bazı kombinasyonlara göre ise düşük (örneğin lipaz+CMC veya guar gam) bulunmuştur.

.Elde edilen bu sonuuçlar doğrultusunda, katkı maddeleri "DATEM, SSL, lipaz" ve "CMC, guar gam, ksilanaz" olarak iki ayrı kategorik grupta toplanmıştır. Bu iki grubun birbirleri ile eşleştirilmelerinden toplam 9 farklı kombinasyon elde edilmiştir. Ekmek kalitesindeki değişim, gerek aynı gruptaki katkılar arasında ve gerekse her bir katkının kombinasyonları arasında istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu kombinasyonlar, daha sonra bayatlama çalışmalarında kullanılmıştır.

4.3.1 İkili kombinasyonların ekmek verimi üzerine etkileri

İkili katkı kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri Çizelge 4.10'da verilmiştir. DATEM, SSL ve lipazın tek başlarına kullanıldıkları kontrol örnekleri, katkısız örneğe kıyasla, ekmek veriminde istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaya neden olmuşlardır ($p<0,05$). Bu katkılara CMC, guar gam veya ksilanaz eklendiğinde de ekmek veriminde farklı oranlarda azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). DATEM ve SSL'nin CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarının ekmek verimindeki azalma üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer olup ($p>0,05$), genel olarak, lipazın bu katkılar ile olan kombinasyonlarından elde edilen ekmek verimlerinden daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Ancak, DATEM ve lipaz, guar gam ile kombine edildiklerinde ekmek verimi üzerine etkilerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($p>0,05$).

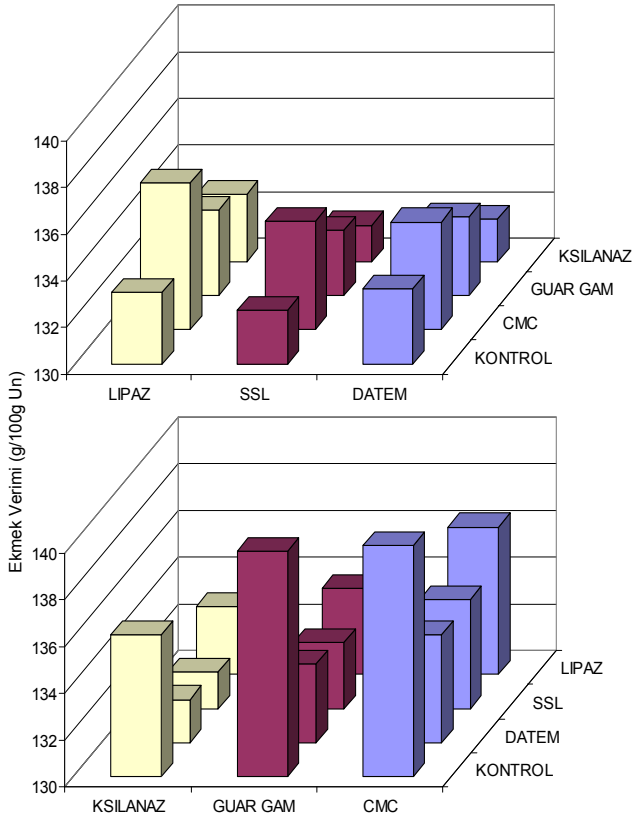
Ekmek verimi, DATEM ve SSL'nin CMC ile kombinasyonunda, her birinin kontrol örneğiyle kıyaslandığında artarken, ksilanaz ile kombinasyonunda azalmıştır ($p<0,05$). Bu katkıların guar gam ile olan kombinasyonlarında ise ekmek veriminde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değişim görülmemiştir ($p>0,05$). Lipazın kombinasyonları arasında sadece CMC'nin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş; lipazın kontrol

Çizelge 4.10 Ekmek veriminin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon **Ekmek Verimi (g/100 g Un)**

	KONTROL	CMC	GUAR GAM	KSİLANAZ
KATKISIZ	138,58 [A]	—	—	—
DATEM	133,23 [b B]	134,64 [a B]	133,38 [b AB]	131,85 [c B]
SSL	132,29 [b C]	134,66 [a B]	132,81 [b B]	131,57 [c B]
LİPAZ	133,08 [b B]	136,30 [a A]	133,69 [b A]	132,92 [b A]

	KONTROL	DATEM	SSL	LİPAZ
KATKISIZ	138,58 [B]	—	—	—
CMC	139,88 [a A]	134,64 [c A]	134,66 [c A]	136,30 [b A]
GUAR GAM	139,64 [a A]	133,38 [bc B]	132,81 [c B]	133,69 [b B]
KSİLANAZ	136,07 [a C]	131,85 [c C]	131,57 [c C]	132,92 [b B]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-C" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

örneğinden elde edilen ekmek verimine göre artışa neden olmuştur (p<0,05).

CMC ve guar gamın kontrol örnekleri katkısız örneğe göre, ekmek veriminde artışa neden olurken, ksilanazın kontrol örneği azalışa neden olmuştur (p<0,05). CMC ve guar gamda görülen artışlar istatistiksel olarak benzer düzeylerde bulunmuştur (p>0,05). CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM veya SSL ile kombinasyonlarının ekmek verimindeki azalma üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). Ancak, lipaz ile kombinasyonlarda, guar gam ve ksilanazın ekmek verimindeki azalma üzerinde istatistiksel olarak benzer etkiye sahip oldukları (p>0,05) ve azalmanın CMC'nin benzer kombinasyonuna göre daha fazla olduğu bulunmuştur (p<0,05).

CMC, guar gam veya ksilanazın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarında ekmek veriminde, kontrol örneklerine göre azalma meydana gelmiştir (p<0,05). Bu azalma, genelde DATEM ve SSL ile olan kombinasyonlarında istatistiksel olarak benzer düzeyde olup (p>0,05), lipaz ile olan kombinasyonlarına göre daha fazla olmuştur (p<0,05).

4.3.2 İkili kombinasyonların hacim verimi üzerine etkileri

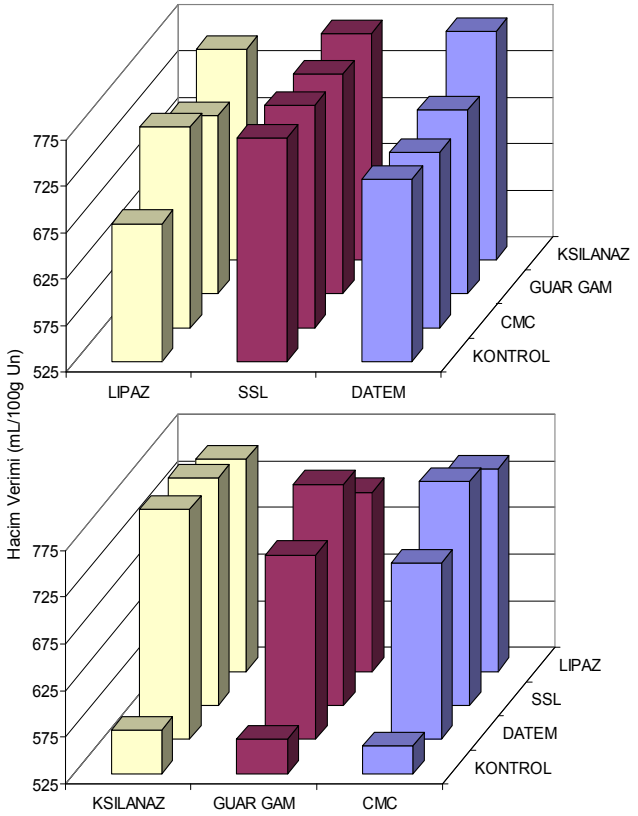
İkili katkı kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Ekmeğin hacim verimi, DATEM, SSL veya lipazın kontrol örneklerinde, katkısız örneğe kıyasla, istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır (p<0,05). Bu katkıların ksilanaz ile kombinasyonları arasında hacim verimine etkileri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p>0,05). Guar gam ile kombinasyonlarda, DATEM ve lipazın etkileri arasında fark görülmemiştir (p>0,05). CMC ile kombine edildiklerinde ise hacim verimi üzerine etkileri birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). En yüksek hacim verimi DATEM'in ksilanaz ile kombinasyonundan elde edilirken, en düşük hacim verimi DATEM'in CMC ile kombinasyonundan elde edilmiştir.

Hacim verimi, DATEM'in, kontrol örneğine kıyasla, ksilanaz ile kombinasyonunda

Çizelge 4.11 Hacim veriminin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon	Hacim Verimi (mL/100 g Un)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	558 ^{D}	—	—	—
DATEM	722 $^{b\,B}$	714 $^{b\,C}$	723 $^{b\,B}$	772 ^{a}
SSL	766 ^{A}	765 ^{A}	762 ^{A}	769
LİPAZ	674 $^{c\,C}$	742 $^{a\,B}$	717 $^{b\,B}$	752 ^{a}

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	558	—	—	—
CMC	555 ^{d}	714 $^{c\,B}$	765 ^{a}	742 $^{b\,A}$
GUAR GAM	562 ^{c}	723 $^{b\,B}$	762 ^{a}	717 $^{b\,B}$
KSİLANAZ	572 ^{c}	772 $^{a\,A}$	769 ^{ab}	752 $^{b\,A}$



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-d" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-D" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

artarken ($p<0,05$), CMC ve guar gam ile kombinasyonlarında ise istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değişikliğe uğramamıştır ($p>0,05$). SSL'nin CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarının hacim verimi üzerine etkileri kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Lipazın bu katkılar ile kombinasyonlarında, kontrol örneğine göre, hacim verimi artmıştır ($p<0,05$) Lipazın CMC ve ksilanaz ile kombinasyonlarında görülen artış istatistiksel olarak benzer düzeyde olup ($p>0,05$), guar gam ile olan kombinasyonundan daha fazla ve istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

CMC, guar gam ve ksilanazın tek başına kullanıldığı kontrol örneklerinin hacim verimi üzerine, katkısız örneğe kıyasla, istatistiksel olarak önemli derecede etkileri görülmemiştir ($p>0,05$). Ancak, bu katkıların DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarında, hacim veriminde katkısız örneğe göre farklı düzeylerde artışlar meydana gelmiştir. CMC, guar gam ve ksilanazın SSL ile kombinasyonlarının ekmek verimi üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur ($p>0,05$). Bunların DATEM veya lipaz ile kombinasyonları arasında hacim verimi üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmuştur ($p<0,05$). Ancak, CMC ve guar gamın DATEM ile ve CMC ve ksilanazın lipaz ile olan kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak birbirlerine benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi, her birinin kendi kontrol örneğine kıyasla hacim veriminde artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Bu artışlar, CMC'nin DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonları arasında, guar gamın SSL ile kombinasyonunun diğer kombinasyonları ile arasında ve ksilanazın ise DATEM ve lipaz ile kombinasyonları arasında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Hacim veriminde en fazla artış, genelde bu katkıların SSL ile olan kombinasyonlarında görülmüştür.

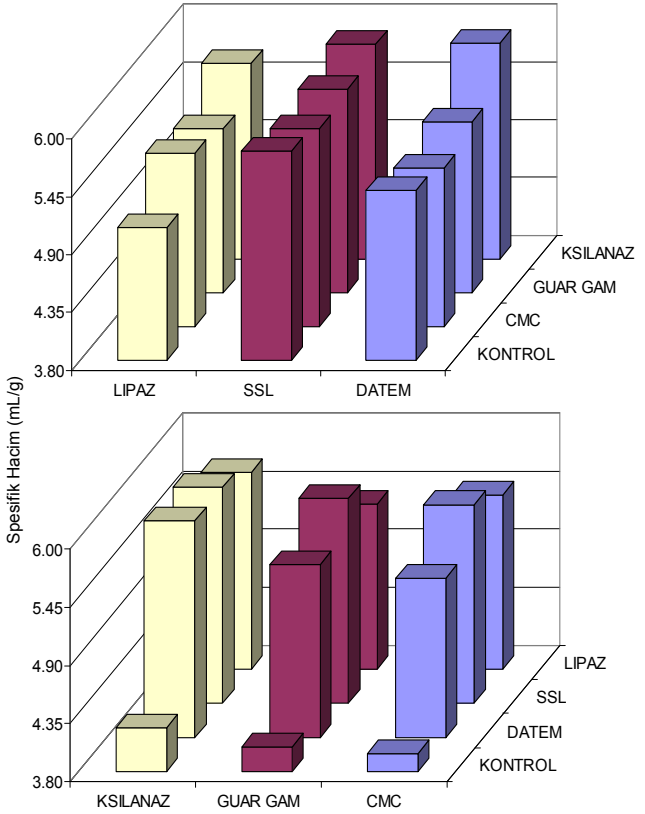
4.3.3 İkili kombinasyonların spesifik hacim üzerine etkileri

İkili katkı kombinasyonlarının spesifik hacim üzerine etkileri Çizelge 4.12'de verilmiştir. Ekmeğin spesifik hacminde, DATEM, SSL veya lipazın tek başına

Çizelge 4.12 Spesifik hacmin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon	Spesifik Hacim (mL/g)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	4,03 [D]	—	—	—
DATEM	5,42 [b B]	5,31 [b C]	5,43 [b B]	5,85 [a A]
SSL	5,79 [ab A]	5,68 [c A]	5,74 [bc A]	5,84 [a A]
LİPAZ	5,06 [d C]	5,45 [b B]	5,36 [c C]	5,66 [a B]

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	4,03 [B]	—	—	—
CMC	3,97 [d B]	5,31 [c B]	5,68 [a B]	5,45 [b B]
GUAR GAM	4,03 [d B]	5,43 [b B]	5,74 [a B]	5,36 [c B]
KSİLANAZ	4,21 [c A]	5,85 [a A]	5,84 [a A]	5,66 [b A]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-d" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-D" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

kullanıldıkları kontrol örnekleri, katkısız örneğe göre, istatistiksel olarak birbirlerinden faklı düzeylerde artışa neden olmuşlardır ($p<0,05$). En fazla artış SSL ile görülürken en az artış lipaz ile görülmüştür. Bu katkılar CMC veya guar gam ile kombine edildiklerinde, spesifik hacimdeki artış üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ksilanaz ile birlikte kullanıldıklarında ise, DATEM ve SSL'nin etkileri birbirine benzer olup ($p>0,05$), lipazın etkisinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Spesifik hacim, DATEM'in ksilanaz ile kombinasyonunda, kontrol örneğine kıyasla, artarken ($p<0,05$), CMC ve guar gam ile kombinasyonlarında değişmemiştir ($p>0,05$). SSL'nin de ksilanaz ile kombinasyonunda, kontrol örneğine kıyasla, spesifik hacim artmış, CMC ve guar gam ile kombinasyonlarında ise azalmıştır. Ancak görülen artış, DATEM'dekinin tersine, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Görülen azalışlardan ise, CMC ile olan kombinasyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Lipazın CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları sonucunda spesifik hacimde kontrol örneğine kıyasla, artış görülmüştür ($p<0,05$). Bu kombinasyonların etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

CMC ve guar gam tek başına kullanıldıkları kontrol örneklerinin, spesifik hacim üzerinde etkileri, katkısız örneğe göre, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ksilanaz ise tek başına kullanıldığında (kontrol örneği) katkısız örneğe göre, spesifik hacimde istatistiksel olarak artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Bu katkıların DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarında hacim veriminde, katkısız örneğe kıyasla önemli düzeyde artış görülmüştür. CMC'nin ve guar gamın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonları arasında spesifik hacmin artışı üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($p>0,05$). Ksilanazın bu katkılar ile kombinasyonları ise CMC ve guar gamın benzer kombinasyonlarından istatistiksel olarak farklı ve daha fazla spesifik hacimde artışa neden olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi, her birinin kontrol örneğine kıyasla, spesifik hacimde istatistiksel olarak artışa neden olmuştur ($p<0,05$). CMC'nin ve guar gamın her bir kombinasyonunun artış üzerine etkisi diğer

kombinasyonlarının etkilerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). En fazla artış SSL ile olan kombinasyonlarda görülürken, bunu DATEM ve lipaz ile olan kombinasyonlar izlemiştir. Ksilanazın kombinasyonlarından DATEM ve SSL ile olanlar benzer düzeyde artışlara neden olmuşlardır ($p>0,05$). Bu artışların, lipaz ile kombinasyonunda görülen artıştan istatistiksel olarak daha fazla olduğu görülmüştür ($p>0,05$).

4.3.4 İkili kombinasyonların ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri

İkili katkı kombinasyonlarının ekmeğin toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Ekmeklerin toparlanma kabiliyeti DATEM veya lipaz eklenen kontrol örneklerinde, katkısız örneğe göre artarken, SSL eklenen kontrol örneğinde azalmıştır ($p<0,05$). Bu katkılara CMC, guar gam veya ksilanaz eklenmesi toparlanma kabiliyetinde farklı düzeylerde azalmalara neden olmuştur. DATEM, SSL ve lipazın CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerinde etkileri birbirlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek toparlanma kabiliyeti DATEM'in CMC ile kombinasyonunda, en düşük toparlanma kabiliyeti ise SSL'nin CMC ile kombinasyonunda görülmüştür.

DATEM'in guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarında toparlanma kabiliyetinde, kontrol örneğine kıyasla azalma meydana gelirken ($p<0,05$), CMC ile kombinasyonunda istatistiksel olarak bir değişim görülmemiştir ($p>0,05$). Guar gam ve ksilanaz ile meydana gelen azalmalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$). SSL'nin CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları, kontrol örneğine kıyasla toparlanma kabiliyetinde azalmaya neden olmuştur ($p<0,05$). Bu kombinasyonların azalma üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Lipazın CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarında da, kontrol örneğine göre, toparlanma kabiliyetinde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). Görülen azalma, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarında benzer olup ($p>0,05$) CMC ile kombinasyonuna göre daha yüksek olmuştur ($p<0,05$).

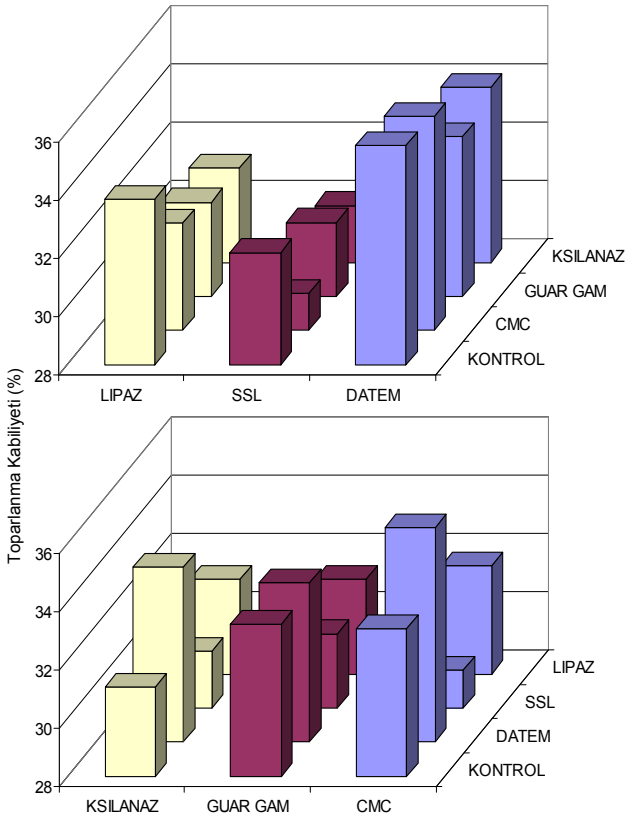
CMC veya guar gamın kontrol örneklerinin, katkısız örnek ile kıyaslandığında, ekmeğin

Çizelge 4.13 Toparlanma kabiliyetinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon **Toparlanma Kabiliyeti (%)**

	KONTROL	CMC	GUAR GAM	KSİLANAZ
KATKISIZ	32,72 [C]	—	—	—
DATEM	35,51 [a A]	35,35 [a A]	33,48 [c A]	34,01 [b A]
SSL	31,85 [a D]	29,29 [d C]	30,55 [b C]	29,96 [c C]
LİPAZ	33,67 [a B]	31,70 [b B]	31,24 [c B]	31,26 [c B]

	KONTROL	DATEM	SSL	LİPAZ
KATKISIZ	32,72 [A]	—	—	—
CMC	33,07 [b A]	35,35 [a A]	29,29 [d B]	31,70 [c A]
GUAR GAM	33,22 [a A]	33,48 [a C]	30,55 [c A]	31,24 [b B]
KSİLANAZ	31,05 [b B]	34,01 [a B]	29,96 [c A]	31,26 [b B]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-d" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-D" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

toparlanma kabiliyeti üzerinde istatistiksel olarak etkileri olmadığı görülmüştür (p>0,05). Ksilanaz ise toparlanma kabiliyetinde, katkısız örneğine göre azalmaya neden olmuştur (p<0,05). Bu katkıların DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarında toparlanma kabiliyetinde meydana gelen değişimler katkı çeşidine göre değişiklik göstermiştir. Toparlanma kabiliyeti üzerine CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM ile kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). Guar gam ve ksilanazın SSL veya lipaz ile kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak benzer düzeyde olmuştur (p>0,05). Ancak, bu kombinasyonların toparlanma kabiliyetleri CMC'nin SSL ile kombinasyonuna göre daha yüksek, lipaz ile kombinasyonuna göre ise daha düşük bulunmuştur (p<0,05).

CMC'ye DATEM eklenmesi, kontrol örneğine göre toparlanma kabiliyetini attırırken, SSL veya lipaz eklenmesi toparlanma kabiliyetini düşürmüştür (p<0,05). Düşüş üzerinde SSL ve lipazın etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). Benzer şekilde, guar gama SSL ve lipaz eklendiğinde toparlanma kabiliyetinde, kontrol örneğine göre azalma olmuştur (p<0,05). Azalış üzerine her iki katkının etkisi de istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). Guar gamın DATEM ile kombinasyonunun etkisi ise kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Ksilanaza DATEM eklenmesi, kontrol örneğine kıyasla toparlanma kabiliyetinde artışa, SSL eklenmesi ise azalışa neden olmuştur (p<0,05). Ksilanazın lipaz ile kombinasyonunun etkisi ise kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

4.3.5 İkili kombinasyonların ekmeğin sertliği üzerine etkileri

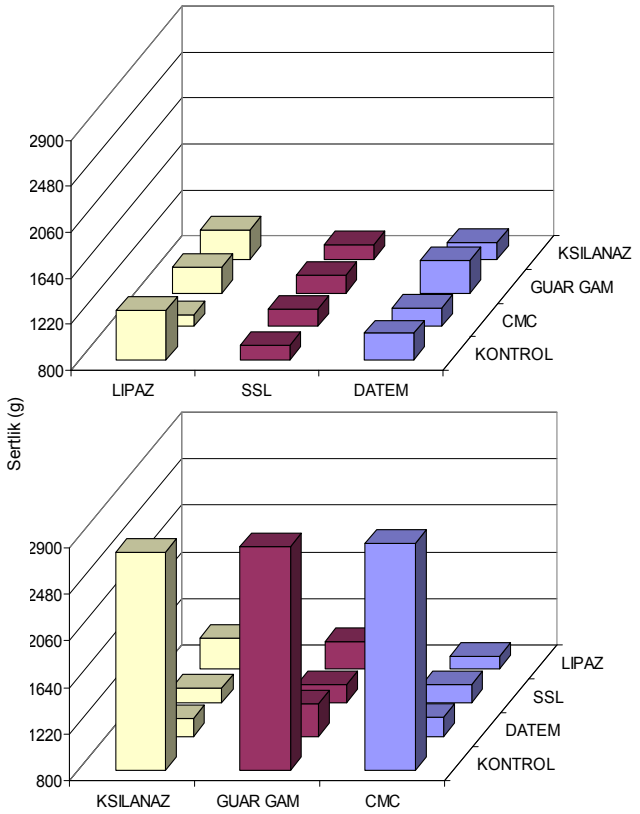
İkili katkı kombinasyonlarının ekmeğin sertliği üzerine etkileri Çizelge 4.14'de verilmiştir. DATEM, SSL ve lipaz tek başlarına kullanıldıklarında (kontrol örneklerinde), katkısız örneğe göre, ekmeğin sertliğinde birbirlerinden farklı düzeylerde azalışa neden olmuşlardır (p<0,05). Bu katkılara CMC, guar gam yada ksilanaz eklenmesi sertlik değerindeki azalma üzerinde farklı etkiler oluşturmuştur. DATEM, SSL ve lipazın guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). CMC ile kombinasyonda, DATEM

Çizelge 4.14 Ekmeğin sertliğinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon **Sertlik (g)**

	KONTROL	CMC	GUAR GAM	KSİLANAZ
KATKISIZ	2984 [A]	—	—	—
DATEM	1046 [b C]	973 [c A]	1096 [a A]	955 [d B]
SSL	938 [D]	962 [A]	959 [C]	931 [C]
LİPAZ	1253 [a B]	906 [d B]	1039 [c B]	1069 [b A]

	KONTROL	DATEM	SSL	LİPAZ
KATKISIZ	2984 [A]	—	—	—
CMC	2854 [a B]	973 [b B]	962 [b A]	906 [c C]
GUAR GAM	2818 [a C]	1096 [b A]	959 [d A]	1039 [c B]
KSİLANAZ	2771 [a D]	955 [c C]	931 [c B]	1069 [b A]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-d" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-D" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

ve SSL'nin etkileri istatistiksel olarak birbirine benzer olup ($p>0,05$), lipazın etkisinden daha düşük düzeyde bulunmuştur ($p<0,05$). En düşük sertlik değeri lipazın CMC ile kombinasyonunda, en yüksek sertlik değeri ise DATEM'in guar gam ile kombinasyonunda görülmüştür.

DATEM'e guar gam eklenmesi ekmeğin sertlik değerinde, kontrol örneğine göre artışa, CMC veya ksilanaz eklenmesi ise azalışa neden olmuştur ($p<0,05$). CMC ve ksilanazın azalma üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirinden farklı düzeyde bulunmuştur ($p>0,05$). SSL'nin bu katkılar ile kombinasyonlarının sertlik değeri üzerine etkileri, kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz düzeyde olmuştur ($p>0,05$). Lipazın kombinasyonları ise, kontrol örneğine göre sertlik değerinde azalışa neden olurken ($p<0,05$), her bir kombinasyonunun etkisi birbirinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

CMC, guar gam ve ksilanazın tek başına kullanıldığı kontrol örnekleri ekmeğin sertliğinde, katkısız örneğe göre, azalmaya neden olmuştur ($p<0,05$). Görülen azalmalar katkılar arasında istatistiksel olarak farklı düzeylerde olmuştur ($p<0,05$). Bu katkılara DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi sertlik değerindeki azalışı arttırmıştır. CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM veya lipaz ile kombinasyonlarının sertlikteki azalış üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı düzeylerde olmuştur ($p<0,05$). SSL ile kombinasyonlarda, CMC ve guar gamın sertlik değerindeki azalış üzerine etkileri birbirine benzer olup ($p>0,05$), ksilanazın etkisine göre daha düşük olmuştur ($p<0,05$).

CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi, her birinin kontrol örneğine kıyasla ekmeğin sertliğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir azalışa neden olmuştur ($p<0,05$). CMC ve ksilanazın DATEM veya SSL ile kombinasyonlarının azalış üzerine etkilerinde istatistiksel olarak birbirlerine benzerlik bulunmuştur ($p>0,05$). Ancak, CMC'nin lipaz ile kombinasyonu diğer kombinasyonlarından daha fazla düzeyde azalışa neden olurken, ksilanazın lipaz ile kombinasyonu diğer kombinasyonlarından daha düşük düzeyde azalışa neden olmuştur ($p<0,05$). Guar gam DATEM, SSL veya lipaz ile kombine edildiğinde, ekmeğin sertliğinde, kontrol örneğine göre azalma görülmüştür ($p<0,05$). Guar gamın her bir

kombinasyonunun sertlik değerindeki azalış üzerine etkisi istatistiksel olarak diğerlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05).

4.3.6 İkili kombinasyonların ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri

İkili katkı kombinasyonlarının ekmeğin elastikiyeti üzerine etkileri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Ekmeğin elastikiyeti, SSL ve lipaz eklenen kontrol örneklerinde, katkısız örneğe kıyasla azalırken (p<0,05), DATEM eklenen kontrol örneğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmemiştir (p>0,05). DATEM, SSL ve lipazın CMC veya ksilanaz ile kombinasyonları elastikiyetin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı düzeylerde etkilenmesine neden olmuştur (p<0,05). Guar gam ile kombinasyonlarda ise, SSL ve lipazın elastikiyet üzerinde benzer etkiler gösterdiği (p>0,05) ve bu etkilerin DATEM'in etkisinden istatistiksel olarak daha fazla olduğu görülmüştür (p<0,05).

DATEM, SSL ve lipazın CMC, guar gam yada ksilanaz ile kombine edilmeleri, elastikiyet üzerinde, her birinin kendi kontrol örneğiyle kıyaslandığında, istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmadıkları bulunmuştur (p>0,05).

CMC, guar gam veya ksilanaz eklenmiş kontrol örneklerinin ekmeğin elastikiyetinde, katkısız örneğe göre, istatistiksel olarak her hangi değişime neden olmadıkları görülmüştür (p>0,05). Bunların DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarının elastikiyet üzerine etkileri arasında da istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

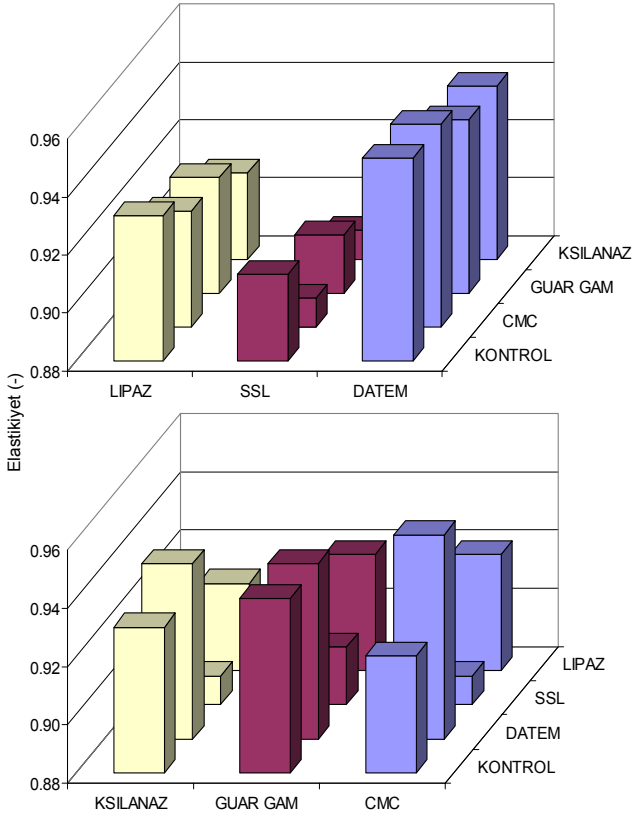
CMC'nin DATEM ile kombinasyonu, kontrol örneğine göre elastikiyette artışa neden olurken, SSL ile kombinasyonu azalmaya neden olmuştur (p<0,05). Lipaz ile kombinasyonunun etkisi ise, kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Guar gama SSL veya lipaz eklenmesi elastikiyette, kontrol örneğine göre azalışa neden olurken (p<0,05), azalış üzerine her iki kombinasyonun etkisi benzer düzeylerde bulunmuştur (p>0,05). Guar gamın DATEM ile kombinasyonunun elastikiyet üzerine etkisi ise, kontrol örneğine kıyasla, istatistiksel

Çizelge 4.15 Ekmeğin elastikiyetinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon **Elastikiyet (-)**

	KONTROL	CMC	GUAR GAM	KSİLANAZ
KATKISIZ	0,94 [A]	—	—	—
DATEM	0,95 [A]	0,95 [A]	0,94 [A]	0,94 [A]
SSL	0,91 [C]	0,89 [C]	0,90 [B]	0,89 [C]
LİPAZ	0,93 [B]	0,92 [B]	0,92 [B]	0,91 [B]

	KONTROL	DATEM	SSL	LİPAZ
KATKISIZ	0,94	—	—	—
CMC	0,92 [b]	0,95 [a]	0,89 [c]	0,92 [b]
GUAR GAM	0,94 [a]	0,94 [a]	0,90 [b]	0,92 [b]
KSİLANAZ	0,93 [a]	0,94 [a]	0,89 [c]	0,91 [b]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-C" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Ksilanaza SSL veya lipaz eklenmesi elastikiyette, kontrol örneğine göre azalmaya neden olmuştur (p<0,05). Azalma üzerine her iki kombinasyonun etkisi istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu görülmüştür (p<0,05). Ksilanazın DATEM ile kombinasyonunun etkisi ise, kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

4.3.7 İkili kombinasyonların ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri

İkili katkı kombinasyonlarının ekmeğin kohesifliği üzerine etkileri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Ekmeğin kohesifliği, DATEM, SSL veya lipaz eklenen kontrol örneklerinde, katkısız örneğe kıyasla artış göstermiştir (p<0,05). Artışta, DATEM ve SSL'nin etkileri benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05). Lipazın artış üzerine etkisi ise DATEM ve SSL'ye göre daha düşük olmuştur (p<0,05). DATEM, SSL ve lipaza CMC, guar gam yada ksilanaz eklenmesi kohesiflik üzerinde istatistiksel olarak benzer düzeylerde etkiler meydana getirmiştir (p>0,05).

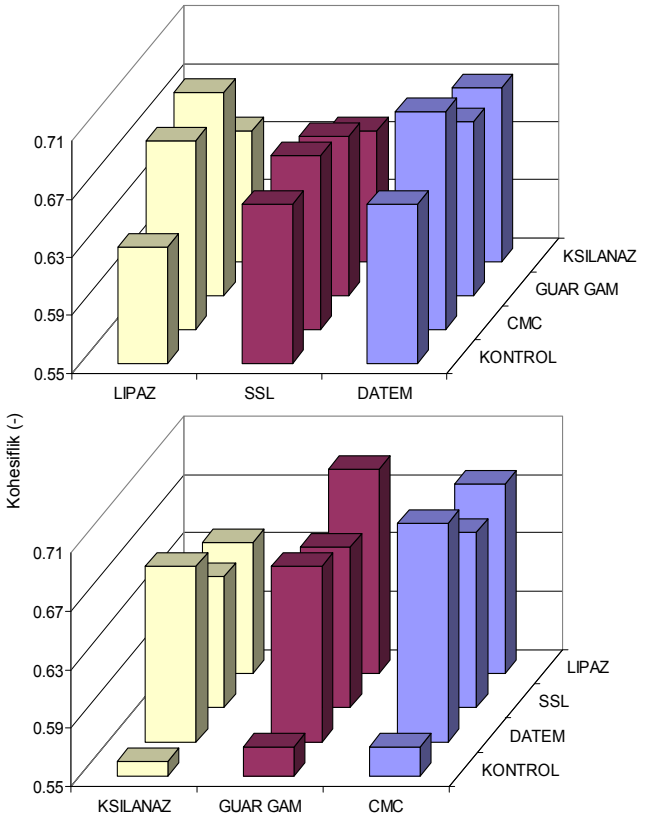
DATEM ve SSL'nin CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarının kohesiflik üzerine etkileri, her birinin kontrol örneğinin etkisi ile kıyaslandığında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Lipazın CMC ve guar gam ile kombinasyonları, kontrol örneğine göre kohesiflikte artışa neden olmuştur (p<0,05). Artış üzerine CMC ve guar gamın etkileri istatistiksel olarak benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05). Lipazın ksilanaz ile kombinasyonunun kohesiflik üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örnekleri, katkısız örnek ile kıyaslandığında ekmeğin kohesifliği üzerinde etkilerinin olmadığı görülmüştür (p>0,05). Bunlara DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi ise kohesiflikte farklı düzeylerde artışa neden olmuştur. CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM veya SSL ile kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05). CMC ve guar gama lipaz eklenmesi ile kohesiflikte meydana gelen artışların da benzer düzeyde olduğu görülmüştür (p>0,05). Bu kombinasyonların kohesiflikteki artış üzerine etkileri ksilanazın lipaz ile kombinasyonunun etkisinden istatistiksel olarak daha fazla olduğu

Çizelge 4.16 Ekmeğin kohesiflik değerinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon	Kohesiflik (-)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	0,54 [B]	—	—	—
DATEM	0,66 [A]	0,70	0,67	0,67
SSL	0,66 [A]	0,67	0,66	0,64
LİPAZ	0,63 [b A]	0,68 [a]	0,69 [a]	0,64 [b]

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	0,54	—	—	—
CMC	0,57 [b]	0,70 [a]	0,67 [a]	0,68 [a A]
GUAR GAM	0,57 [b]	0,67 [a]	0,66 [a]	0,69 [a A]
KSİLANAZ	0,56 [b]	0,67 [a]	0,64 [a]	0,64 [a B]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-b" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-B" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

bulunmuştur (p<0,05).

CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonları, kohesiflikte, kontrol örneklerine göre istatistiksel olarak artışa neden olmuştur (p<0,05). Ancak görülen artışlar her bir katkının kombinasyonları arasında istatistiksel olarak benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05).

4.3.8 İkili kombinasyonların ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri

İkili katkı kombinasyonlarının ekmeğin çiğnenebilirliği üzerine etkileri Çizelge 4.17'de verilmiştir. Ekmeğin çiğnenebilirlik değeri, katkısız örneğe kıyasla, DATEM, SSL veya lipazın kontrol örneklerinde azalmıştır (p<0,05). Görülen azalma, her bir katkının birbirleri arasında istatistiksel olarak farklı düzeylerde olmuştur (p<0,05). Bu katkılara CMC, guar gam veya ksilanaz eklenmesi çiğnenebilirlik değerini farklı düzeylerde etkilemiştir. Guar gam ile kombinasyonlarda, DATEM, SSL ve lipazın etkileri birbirlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0,05). CMC ile kombinasyonlarda, SSL ve lipazın, ksilanaz ile kombinasyonlarda ise DATEM ve lipazın etkileri birbirlerine benzer bulunmuştur (p>0,05). DATEM'in CMC ile kombinasyonunun çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisi diğer kombinasyonlarınkinden daha az olurken, SSL'nin ksilanaz ile kombinasyonunun etkisi diğer kombinasyonlarınkinden daha fazla olmuştur (p<0,05).

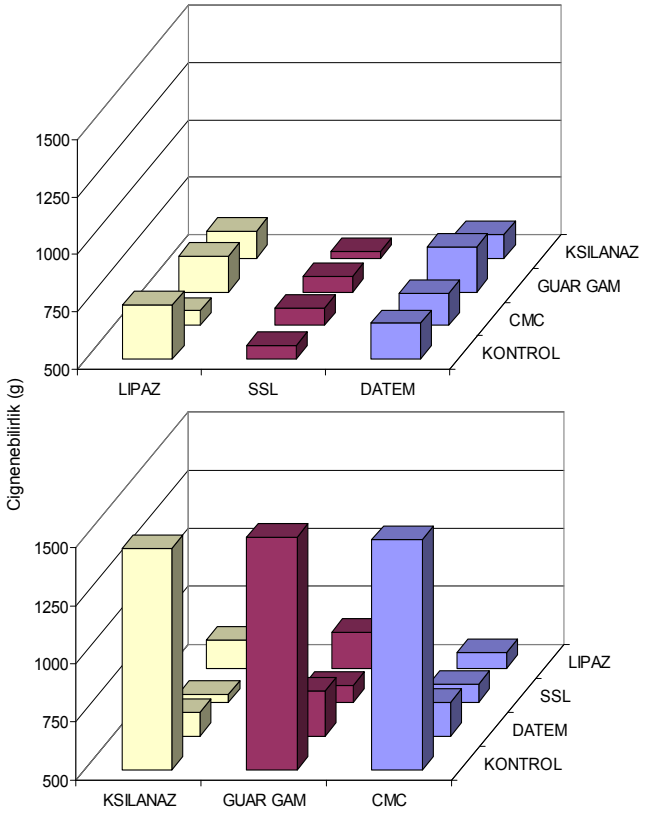
DATEM'in guar gam ile kombinasyonunda çiğnenebilirlik değeri, kontrol örneğine göre artarken, ksilanaz ile kombinasyonunda azalmıştır (p<0,05). CMC ile kombinasyonunun etkisi ise kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). SSL'nin kombinasyonları arasında, kontrol örneğine kıyasla sadece ksilanaz ile olan kombinasyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş (p<0,05); çiğnenebilirlik değerinde azalma olmuştur. Lipazın CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarının etkileri ise, gerek kontrol örneğine göre ve gerekse de birbirleri arasında istatistiksel olarak farklı bulunmuş (p<0,05) ve çiğnenebilirlik değerinde azalmaya neden olmuşlardır.

Çizelge 4.17 Ekmeğin çiğnenebilirliğinin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon **Çiğnenebilirlik (g)**

	KONTROL	CMC	GUAR GAM	KSİLANAZ
KATKISIZ	1528 [A]	—	—	—
DATEM	656 [b C]	642 [b A]	694 [a A]	602 [c A]
SSL	562 [a D]	575 [a B]	570 [a C]	532 [b B]
LİPAZ	736 [a B]	564 [d B]	655 [b B]	618 [c A]

	KONTROL	DATEM	SSL	LİPAZ
KATKISIZ	1528	—	—	—
CMC	1492 [a]	642 [b B]	575 [c A]	564 [c C]
GUAR GAM	1503 [a]	694 [b A]	570 [c A]	655 [b A]
KSİLANAZ	1451 [a]	602 [b C]	532 [c B]	618 [b B]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-D" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örneklerinin, katkısız örneğe göre çiğnenebilirlik değeri üzerinde istatistiksel olarak etkileri olmadığı görülmüştür (p>0,05). Ancak, bu katkılara DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi çiğnenebilirlik değerinde farklı düzeyle azalmaya neden olmuştur. CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM veya lipaz ile kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). SSL ile kombinasyonlarda ise CMC ve guar gamın etkileri istatistiksel olarak birbirine benzer olup (p>0,05), ksilanazın etkisinden daha fazla olmuştur (p<0,05).

CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi, her birinin kontrol örneğine kıyasla, çiğnenebilirlik değerinde azalışa neden olmuştur (p<0,05). Guar gam ve ksilanazın DATEM veya lipaz ile kombinasyonlarının azalma üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerine benzer düzeyde bulunmuş olup (p>0,05), SSL ile kombinasyonlarının etkilerinden daha az olmuştur (p<0,05). CMC'nin ise SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının azalma üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerine benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). CMC'nin DATEM ile kombinasyonunun etkisi ise diğer kombinasyonlarına kıyasla daha az olmuştur (p<0,05).

4.3.9 İkili kombinasyonların ekmek içi rutubeti üzerine etkileri

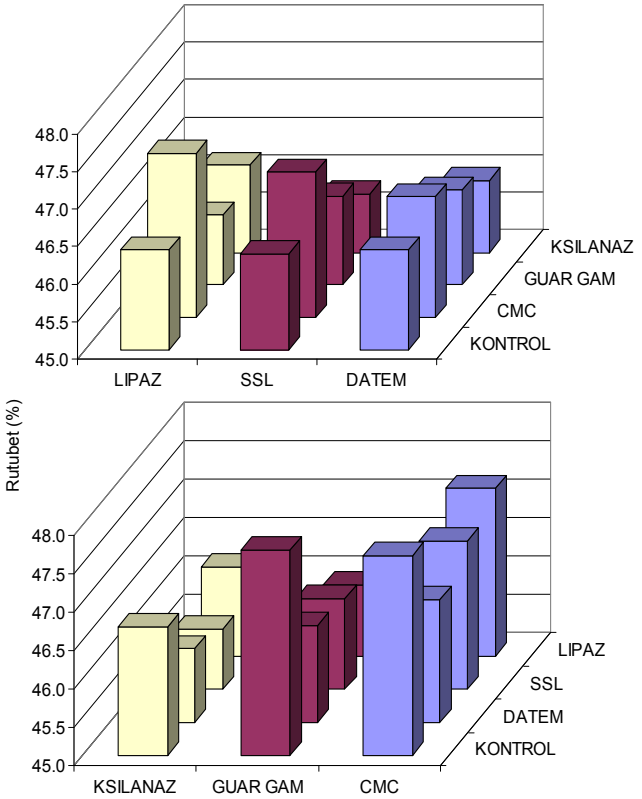
İkili katkı kombinasyonlarının ekmek içi rutubeti üzerine etkileri Çizelge 4.18'de verilmiştir. Ekmeğin rutubeti, katkısız örneğe kıyasla, DATEM, SSL veya lipaz eklenen kontrol örneklerinde azalmıştır (p<0,05). Görülen azalma, katkılar arasında istatistiksel olarak benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05). Bu katkılara CMC, guar gam veya ksilanaz eklenmesi rutubet miktarını farklı düzeylerde etkilemiştir. CMC ile kombinasyonlarda, SSL ve lipazın rutubet miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer bulunmuş (p>0,05) ve DATEM'in CMC ile kombinasyonuna göre daha yüksek rutubet miktarı belirlenmiştir (p<0,05). Guar gam ile kombinasyonlarda, DATEM ve lipazın, ksilanaz ile kombinasyonlarda ise SSL ve lipazın etkileri birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). DATEM'in guar gam ile ve lipazın ksilanaz ile kombinasyonlarında diğer kombinasyonlarına göre daha yüksek rutubet miktarı belirlenmiştir.

DATEM, SSL ve lipaza CMC eklenmesi, kontrol örneklerine kıyasla rutubet miktarında

Çizelge 4.18 Ekmek içi rutubetin ikili katkı kombinasyonlarına göre değişimi [a,b]

Katkı / Kombinasyon	Rutubet (%)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	46,92 [A]	—	—	—
DATEM	46.33 [b B]	46.60 [a B]	46.26 [b A]	45.96 [c AB]
SSL	46.28 [b B]	46.93 [a A]	46.18 [b AB]	45.78 [c B]
LİPAZ	46.33 [b B]	47.18 [a A]	45.93 [c B]	46.16 [bc A]

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	46,92 [B]	—	—	—
CMC	47.60 [a A]	46.60 [c A]	46.93 [b A]	47.18 [b A]
GUAR GAM	47.67 [a A]	46.26 [b B]	46.18 [bc B]	45.93 [c B]
KSİLANAZ	46.68 [a B]	45.96 [bc C]	45.78 [c C]	46.16 [b B]



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi her bir katkı maddesinin kombinasyonları arasındaki; "A-C" serisi ise katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

artışa neden olmuştur ($p<0,05$). DATEM ve SSL'nin guar gam ile kombinasyonlarının etkisi, kontrol örneklerine göre istatistiksel olarak önemsiz düzeyde bulunmuştur ($p>0,05$). Bu katkıların ksilanaz ile kombinasyonlarının etkisi diğerlerinden istatistiksel olarak farklı olup, en düşük rutubet miktarı bu kombinasyonlarında belirlenmiştir ($p<0,05$). Lipazın ksilanaz ile kombinasyonunun rutubet miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$), guar gam ile kombinasyonunun etkisi ise önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Lipazın guar gam ile kombinasyonu, diğer kombinasyonlarına göre en düşük rutubet miktarına neden olmuştur.

CMC veya guar gam eklenen kontrol örneklerinde rutubet miktarı, katkısız örneğe göre artış göstermiştir ($p<0,05$). Ksilanaz eklenen kontrol örneğinde ise istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM veya SSL ile kombinasyonlarının rutubet miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Bunlar arasında CMC'nin DATEM ve SSL ile kombinasyonlarında en yüksek, ksilanazın DATEM ve SSL ile kombinasyonlarında ise en düşük rutubet miktarı belirlenmiştir. Lipaz ile kombinasyonlarda, guar gam ve ksilanazın etkileri benzer düzeyde olup ($p>0,05$), CMC'ye göre daha düşük olmuştur ($p<0,05$).

CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi rutubet miktarında istatistiksel olarak düşüşe neden olmuştur ($p<0,05$). Görülen düşüşler katkı ve kombinasyonlara göre değişiklik göstermiştir. CMC'nin DATEM ile kombinasyonu, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarına kıyasla daha düşük rutubet miktarına neden olmuştur ($p<0,05$). SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının rutubet miktarındaki düşüş üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur ($p>0,05$). Guar gamın lipaz ile ve ksilanazın SSL ile kombinasyonlarında, diğer kombinasyonlarına kıyasla, en düşük rutubet miktarı belirlenmiştir ($p<0,05$). Guar gamın DATEM ve SSL ile ksilanazın DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarının rutubet miktarındaki düşüş üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer düzeylerde olmuştur ($p>0,05$).

4.3.10 İkili kombinasyonların ekmekteki suyun özellikleri üzerine etkileri

DSC hücresinde –50 °C'de dondurulan ekmek örneğinde oluşan buzun, 10 °C/dak sıcaklık artışında erimesine ait başlangıç (T_{onset}), pik (T_{pik}) ve bitiş (T_{son}) sıcaklıklarında meydana gelen değişimler Çizelge 4.19'da verilmiştir. Katkısız örneğe ait T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları sırasıyla –6,73, 2,22 ve 6,32 °C olarak belirlenmiştir. Katkı ve kombinasyonlarında belirlenen ortalama T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları ise –6,34±0,18, 1,84±0,21 ve 5,45±0,37 °C olarak bulunmuştur. Tüm katkılar ve bunların ikili kombinasyonları, katkısız örneğe göre T_{onset} sıcaklığında artışa, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında ise azalışa neden olmuştur. Buzun erimesi ile oluşan pikin sıcaklık aralığı ($\Delta T = T_{son} - T_{onset}$) üzerine katkı ve kombinasyonlarının etkili olduğu görülmüştür. ΔT, katkısız örnekte 13,05 °C iken, katkı ve kombinasyonlarında 10,91 ile 12,14 °C arasında değişmiştir. En düşük ΔT ksilanazda görülürken, en yüksek ΔT lipaz ve lipazın guar gam ile kombinasyonunda görülmüştür.

DATEM, SSL ve lipaz ve bunların CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonları T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları bakımından kıyaslandığında, DATEM ve kombinasyonlarının genelde en düşük, lipaz ve kombinasyonlarının ise genelde en yüksek değerleri verdiği görülmüştür. Her bir katkının CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları kıyaslandığında ise, ksilanaz içeren kombinasyonların özellikle T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında diğerlerine göre daha fazla düşüşe neden olduğu bulunmuştur.

CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonları birbirleri ile kıyaslandığında, ksilanaz ve ksilanazın kombinasyonlarının en yüksek T_{onset}, ve en düşük T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarına neden olduğu bulunmuştur. Bu katkıların kendi içlerinde DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonları kıyaslandığında ise lipaz içeren kombinasyonların diğerlerine göre T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında daha fazla artışa neden olduğu görülmüştür.

Ekmekteki buzun erimesi ile oluşan ısı değişimi, ekmekteki toplam su miktarı ve buzun latent ısısı (334 J/g) kullanılarak belirlenen donmayan su miktarı (W_g', g su/g kuru

Çizelge 4.19 İkili katkı kombinasyonların donabilen suyun erimesine ait başlangıç (T_{onset}), pik (T_{pik}) ve bitiş (T_{son}) sıcaklıklarına etkileri [a,b]

Katkı / Kombinasyon	T_{onset} (°C)				T_{pik} (°C)				T_{son} (°C)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**	**KONTROL**	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**	**KONTROL**	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	-6,73±0,15	—	—	—	2,22±0,15	—	—	—	6,32±0,30	—	—	—
DATEM	-6,67±0,40	-6,47±0,30	-6,40±0,08	-6,65±0,14	1,77±0,36	2,08±0,41	1,73±0,13	1,32±0,07	5,44±0,30	5,49±0,27	5,20±0,21	4.69±0,12
SSL	-6,57±0,25	-6,34±0,07	-6,24±0,13	-6,23±0,01	1,79±0,23	2,02±0,30	1,69±0,12	1,66±0,22	5,46±0,25	5,65±0,18	5,84±0,13	5,33±0,20
LİPAZ	-6,21±0,05	-6,20±0,07	-6,26±0,01	-6,15±0,16	2,05±0,05	2,17±0,33	1,88±0,10	1,86±0,03	5,93±0,22	5,73±0,25	5,88±0,11	5,73±0,24
	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**	**KONTROL**	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**	**KONTROL**	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	-6,73±0,15	—	—	—	2,22±0,15	—	—	—	6,32±0,30	—	—	—
CMC	-6,20±0,14	-6,47±0,30	-6,34±0,07	-6,20±0,07	2,06±0,27	2,08±0,41	2,02±0,30	2,17±0,33	5,43±0,07	5,49±0,27	5,65±0,18	5,73±0,25
GUAR GAM	-6,37±0,41	-6,40±0,08	-6,24±0,13	-6,26±0,01	1,82±0,13	1,73±0,13	1,69±0,12	1,88±0,10	5,16±0,28	5,20±0,21	5,84±0,13	5,88±0,11
KSİLANAZ	-6,13±0,21	-6,65±0,14	-6,23±0,01	-6,15±0,16	1,76±0,07	1,32±0,07	1,66±0,22	1,86±0,03	4,78±0,26	4.69±0,12	5,33±0,20	5,73±0,24

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalama±standart sapma

madde) ile donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g', ağırlık % kuru madde) Çizelge 4.20 ve 4.21'de verilmiştir. Katkısız örnekte W_g' ve C_g' değerleri 0,30 ve 76,92 olarak belirlenmiştir. Tüm katkı ve kombinasyonları donmayan su miktarında artışa neden olurken, donmayan sudaki katı madde konsantrasyonunda düşmeye neden olmuştur. Katkı ve kombinasyonlarının W_g' değerleri 0,31 ile 0,39, C_g' değerleri ise 71,98 ile 76,34 arasında değişiklik göstermiştir. Özellikle CMC ve guar gamın donmayan su miktarındaki artışa (0,39-0,38) ve dolayısı ile donmayan sudaki katı madde konsantrasyonundaki düşüşe (71,98-72,31) etkileri diğer katkılar ve kombinasyonlarına göre çok daha yüksek olmuştur. DATEM ve lipazın ksilanaz ile kombinasyonunun bu değerler üzerine etkileri genelde en düşük düzeyde olmuştur. DATEM, SSL ve lipazdan, ksilanaz ise CMC ve guar gamdan daha düşük W_g' ve daha yüksek C_g' değerlerine neden olmuşlardır.

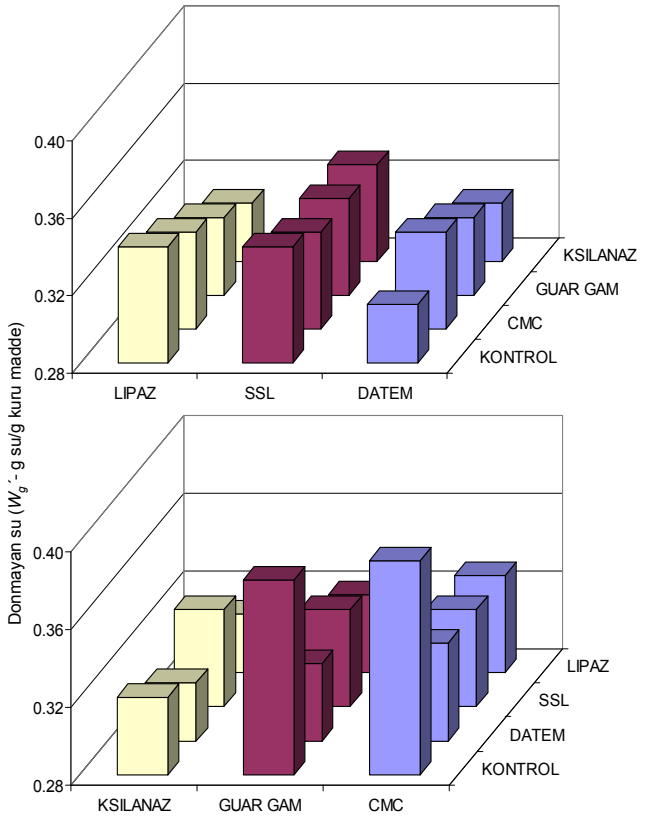
4.3.11 İkili kombinasyonların nişastanın jelatinizasyonu üzerine etkileri

Pişirmeden sonra taze ekmekte jelatinize olamayıp kristal yapısını koruyan nişastanın, diğer bir ifadeyle amilopektin kristallerinin erimesine ait DSC'de belirlenen pikin T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında meydana gelen değişimler Çizelge 4.22'de verilmiştir. Katkısız örnekte T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları sırasıyla 49,04, 62,31 ve 73,74 ^{o}C olarak belirlenmiştir. Katkı ve kombinasyonlarında ise T_{onset} sıcaklığı 47,87-50,97 ^{o}C, T_{pik} sıcaklığı 59,59-62,31 ^{o}C ve T_{son} sıcaklığı 70,50-73,60 ^{o}C arasında değişiklik göstermiştir. CMC ve DATEM hariç diğer katkılar ve kombinasyonları, katkısız örneğe göre T_{onset} sıcaklığında artışa neden olmuşlardır. SSL ve kombinasyonları T_{onset} sıcaklıklarında en yüksek değerleri vermişlerdir. T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında ise kullanılan katkı ve kombinasyonlar azalışa neden olmuştur. CMC ve guar gam en düşük, lipazın ksilanaz ile kombinasyonu ise en yüksek T_{pik} sıcaklığına neden olmuştur. T_{son} sıcaklığı ise ksilanazda en düşük, DATEM ve DATEM'in CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarında ise en yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.20 Donmayan su (W_g') üzerine ikili katkı kombinasyonların etkileri [a,b]

Katkı / Kombinasyon	W_g' (g su/g kuru madde)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	0,30±0,02	—	—	—
DATEM	0,31±0,01	0,33±0,01	0,32±0,03	0,31±0,04
SSL	0,34±0,01	0,33±0,04	0,33±0,02	0,33±0,03
LİPAZ	0,34±0,01	0,33±0,03	0,32±0,01	0,31±0,01

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	0,30±0,02	—	—	—
CMC	0,39±0,03	0,33±0,01	0,33±0,04	0,33±0,03
GUAR GAM	0,38±0,03	0,32±0,03	0,33±0,02	0,32±0,01
KSİLANAZ	0,32±0,01	0,31±0,04	0,33±0,03	0,31±0,01

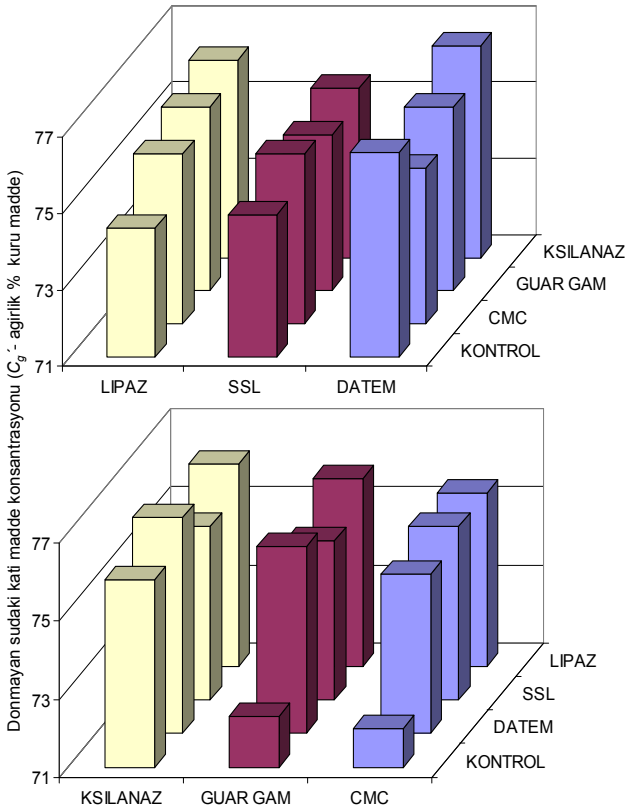


[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalama±standart sapma

Çizelge 4.21 Donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g') üzerine ikili katkı kombinasyonların etkileri [a,b]

Katkı / Kombinasyon	C_g' (ağırlık % kuru madde)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	76,92±0,76	—	—	—
DATEM	76,34±0,47	75,08±0,33	75,81±1,45	75,08±1,71
SSL	74,72±0,37	75,44±1,68	75,08±0,87	75,44±1,23
LİPAZ	74,37±0,56	75,44±1,16	75,81±0,62	76,17±0,49

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	76,92±0,76	—	—	—
CMC	71,98±1,06	75,08±0,33	75,44±1,68	75,44±1,16
GUAR GAM	72,31±1,18	75,81±1,45	75,08±0,87	75,81±0,62
KSİLANAZ	75,81±0,67	75,08±1,71	75,44±1,23	76,17±0,49



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalama±standart sapma

Çizelge 4.22 İkili katkı kombinasyonların nişastanın jelatinizasyonuna ait başlangıç (T_{onset}), pik (T_{pik}) ve bitiş (T_{son}) sıcaklıklarına etkileri [a,b]

Katkı / Kombinasyon	T_{onset} (°C)				T_{pik} (°C)				T_{son} (°C)			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**	**KONTROL**	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**	**KONTROL**	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	49,40±0,04	—	—	—	62,31±0,11	—	—	—	73,74±0,50	—	—	—
DATEM	48,51±0,16	49,81±0,33	49,88±0,81	50,02±0,37	60,98±0,06	62,14±0,03	60,91±0,18	60,97±0,62	72,94±0,56	73,21±0,07	73,60±0,67	72,87±0,47
SSL	50,75±0,16	50,53±0,12	50,97±0,59	50,24±0,44	61,92±0,49	61,49±0,68	61,94±0,34	60,99±0,08	70,82±0,25	70,82±0,06	72,14±0,20	71,71±0,04
LİPAZ	50,34±0,35	49,85±0,18	49,85±0,64	49,93±0,30	61,91±0,24	61,50±0,67	60,99±0,82	62,31±0,01	71,58±0,05	71,52±0,61	71,73±0,05	71,51±0,69
	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**	**KONTROL**	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**	**KONTROL**	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	49,40±0,04	—	—	—	62,31±0,11	—	—	—	73,74±0,50	—	—	—
CMC	47,87±0,74	49,81±0,33	50,53±0,12	49,85±0,18	59,59±0,77	62,14±0,03	61,49±0,68	61,50±0,67	71,26±0,77	73,21±0,07	70,82±0,06	71,58±0,61
GUAR GAM	49,90±0,13	49,88±0,81	50,97±0,59	49,85±0,64	60,23±0,18	60,91±0,18	61,94±0,34	60,99±0,82	70,74±0,51	73,60±0,67	72,14±0,20	71,73±0,05
KSİLANAZ	50,39±0,51	50,02±0,37	50,24±0,44	49,93±0,30	61,72±0,24	60,97±0,62	60,99±0,08	62,31±0,01	70,50±0,10	72,87±0,47	71,71±0,04	71,51±0,69

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalama±standart sapma

DATEM, SSL ve lipaz ve bunların CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları birbirleri ile kıyaslandığında DATEM ve kombinasyonlarının en yüksek T_{son} sıcaklıklarına, SSL ve kombinasyonlarının ise en yüksek T_{onset} sıcaklıklarına neden olduğu görülmüştür. T_{son} sıcaklığında ise tam tersi görülmüştür. CMC, guar gam ve ksilanaz ile bunların DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarında T_{onset} sıcaklığının genelde CMC ve kombinasyonlarında düşüş, ksilanaz ve kombinasyonlarında ise artış gösterdiği görülmüştür. T_{pik} sıcaklığında görülen düşüş üzerine spesifik etkisi olan belirli bir katkı veya kombinasyonları bulunmamıştır. T_{son} sıcaklığında ise genelde ksilanaz ve kombinasyonları en düşük, guar gam ve kombinasyonları ise en yüksek değerleri vermiştir.

Amilopektin kristallerinin erimesi ile oluşan pikin sıcaklık aralığı ($\Delta T=T_{son}-T_{onset}$) üzerine katkı ve kombinasyonlarının etkili olduğu görülmüştür. ΔT, katkısız örnekte 24,70 ^{o}C iken, katkı ve kombinasyonlarında 20,29 ile 24,13 ^{o}C arasında değişmiştir. En düşük ΔT guar gam, SSL ve SSL'nin CMC ve guar gam ile kombinasyonlarında, en yüksek ΔT ise DATEM ve DATEM'in CMC ve guar gam ile kombinasyonunda görülmüştür.

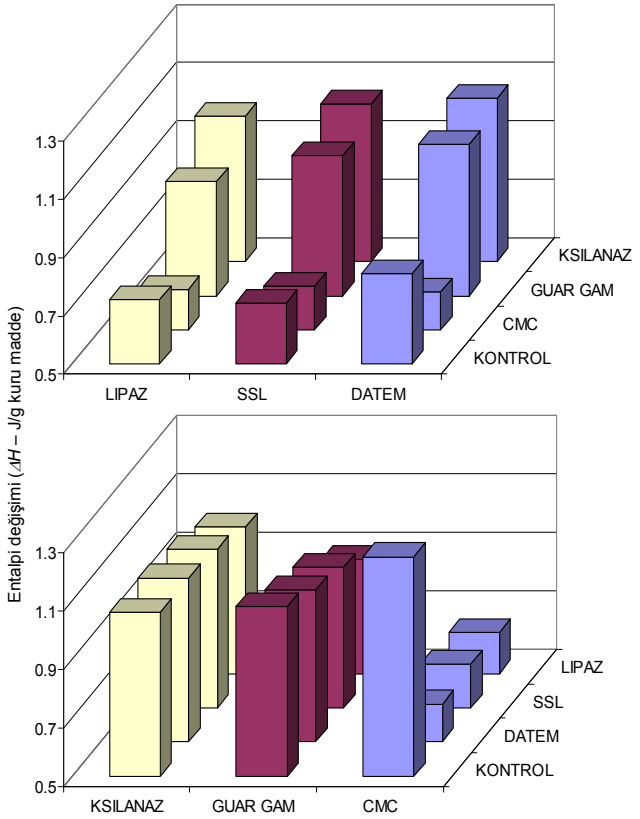
Amilopektin kristallerinin erimesine ait entalpi değişim değerleri (ΔH, J/g kuru madde) Çizelge 4.23'de verilmiştir. ΔH değeri, katkısız örnekte 0,91 J/g iken katkı ve kombinasyonlarının içeren örneklerde 0,63 ile 1,25 J/g arasında değişiklik göstermiştir. DATEM, SSL, lipazın kontrol örnekleri, katkısız örneğe göre ΔH değerinde bir miktar azalışa, CMC, guar gam ve ksilanaz ise bir miktar artışa neden olmuştur.

DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri ve bunların CMC, guar gam ve ksilanaz ile olan kombinasyonları arasında ΔH değerine etkileri bakımından çok büyük bir fark görülmemiştir. Ancak, CMC ile kombinasyonlarında ΔH değeri, diğer kombinasyonlara göre daha düşük bulunmuştur (0,64±0,01 J/g). Guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları ise, hem katkısız örnekten ve hem de diğer kombinasyonlardan daha yüksek ΔH değerine neden olmuşlardır (0,96±0,07 ve 1,03±0,03 J/g).

Çizelge 4.23 Nişastanın jelatinizasyonuna ait entalpi (ΔH) değişimine ikili katkı kombinasyonlarının etkisi [a,b]

Katkı / Kombinasyon	***ΔH* (J/g kuru madde)**			
	KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
KATKISIZ	0,91±0,12	—	—	—
DATEM	0,81±0,01	0,63±0,02	1,02±0,02	1,06±0,09
SSL	0,71±0,05	0,65±0,02	0,98±0,03	1,04±0,01
LİPAZ	0,72±0,06	0,64±0,02	0,89±0,01	1,00±0,01

	KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
KATKISIZ	0,91±0,12	—	—	—
CMC	1,25±0,10	0,63±0,02	0,65±0,02	0,64±0,02
GUAR GAM	1,08±0,02	1,02±0,02	0,98±0,03	0,89±0,01
KSİLANAZ	1,06±0,03	1,06±0,09	1,04±0,01	1,00±0,01



[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg
[b] Ortalama±standart sapma

CMC ve guar gama DATEM, SSL ve lipaz eklenmesi, kontrol örneklerine göre *ΔH* değerinde düşmeye neden olmuştur. Ksilanazın kombinasyonlarında ise kontrol örneğine hemen hemen benzer düzeyde *ΔH* değerleri belirlenmiştir. Bu katkılar arasında *ΔH* değerinde en fazla düşüşe CMC ve kombinasyonları neden olmuştur.

4.4 Ekmeklerin Bayatlama Özellikleri

Tek başlarına yada ikili kombinasyonlar halinde katkılar kullanılarak hazırlanan ekmekler, bir hafta boyunca polietilen torbalarda 20 ^{o}C'de muhafaza edilmiştir. Birinci, dördüncü ve yedinci günlerde ekmeklerden örnekler alınmış ve ekmeklerin toparlanma kabiliyetinde, sertliğinde, rutubet miktarında ve DSC ile belirlenen termal özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Birinci güne ait karşılaştırmalar daha önceki bölümlerde verildiği için bu bölümde tekrar edilmemiştir.

4.4.1 Katkılı ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerinde depolama ile meydana gelen değişimler

Katkısız ekmeğin 1. gün % 32,72 olan toparlanma kabiliyeti, 4. günde % 16,67'ye ve 7. günde % 14,16'ya düşmüştür (p<0,05). Katkısız ekmek için 4. ve 7. günlerde belirlenen bu toparlanma kabiliyetleri, katkıları tek tek yada ikili kombinasyonlar halinde içeren ekmeklerin toparlanma kabiliyetine göre istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur (p<0,05).

Katkılı ekmelerin toparlanma kabiliyetleri arasında yapılan varyans analizi sonucunda, toparlanma kabiliyetinin katkı çeşidi x kombinasyon türü x depolama süresi interaksiyonundan istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilendiği görülmüştür (p<0,05) (Çizelge 4.24).

4.4.1.1 Depolama sürelerinin etkisi

Depolama süresinin artmasına bağlı olarak, her bir katkı ve bunların ikili kombinasyonlarında belirlenen toparlanma kabiliyetinde düşme olmuştur (p<0,05). Tüm

Çizelge 4.24 Ekmeğin toparlanma kabiliyetinin katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre değişimi [a,b]

Katkı	Süre (Gün)	Toparlanma Kabiliyeti (%)			
KATKISIZ	1	32,72 [a]			
	4	16,67 [b]			
	7	14,16 [c]			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	35,51 [a A x]	35,35 [a A x]	33,48 [a C x]	34,01 [a B x]
	4	21,61 [b A x]	21,05 [b B]	21,26 [b AB x]	19,45 [b C y]
	7	18,16 [c A x]	17,90 [c A x]	17,93 [c A]	15,60 [c B y]
SSL	1	31,85 [a A z]	29,29 [a D z]	30,55 [a B z]	29,96 [a C z]
	4	20,92 [b A y]	20,71 [b A]	20,83 [b A y]	19,69 [b B y]
	7	17,28 [c B z]	17,34 [c AB y]	17,66 [c A]	15,44 [c C y]
LİPAZ	1	33,67 [a A y]	31,70 [a B y]	31,24 [a C y]	31,26 [a C y]
	4	21,14 [b A xy]	20,92 [b A]	20,79 [b A y]	20,42 [b B x]
	7	17,75 [c y]	17,71 [c x]	17,89 [c]	17,74 [c x]
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	33,07 [a B x]	35,35 [a A x]	29,29 [a D y]	31,70 [a C x]
	4	17,13 [b B y]	21,05 [b A x]	20,71 [b A x]	20,92 [b A x]
	7	15,36 [c C]	17,90 [c A x]	17,34 [c B x]	17,71 [c A]
GUAR GAM	1	33,22 [a A x]	33,48 [a A z]	30,55 [a C x]	31,24 [a B y]
	4	17,26 [b C y]	21,26 [b A x]	20,83 [b B x]	20,79 [b B x]
	7	15,41 [c B]	17,93 [c A x]	17,66 [c A x]	17,89 [c A]
KSİLANAZ	1	31,05 [a B y]	34,01 [a A y]	29,96 [a C x]	31,26 [a B y]
	4	18,10 [b C x]	19,45 [b B y]	19,69 [b B y]	20,42 [b A y]
	7	15,62 [c B]	15,60 [c B y]	15,44 [c B y]	17,74 [c A]

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi depolama süreleri, "A-D" serisi kombinasyonlar arası ve "x-z" serisi katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

katkı ve kombinasyonlarında, 1., 4. ve 7. günlerde ölçülen toparlanma kabiliyetleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklar bulunmuştur (p<0,05). Katkı çeşidi ve kombinasyon türüne göre, 1. gün % 29,29-35,51 arasında olan toparlanma kabiliyeti, 4. günde % 17,13-21,61 ve 7. günde % 15,36-18,16 arasında düşüş göstermiştir.

4.4.1.2 Kombinasyonların etkisi

Depolamanın 4. gününde, DATEM'in guar gam ile olan kombinasyonunun toparlanma kabiliyeti üzerine etkisi (% 21,26), kontrol örneğine göre (% 21,61) istatistiksel olarak önemsiz bulunurken (p>0,05), CMC ve ksilanaz ile kombinasyonlarının etkileri (% 21,05 ve % 19,45) önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu iki kombinasyonunda daha düşük toparlanma kabiliyeti ölçülmüş olup, etkileri istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde, DATEM'in kombinasyonları arasında sadece ksilanaz ile olan kombinasyonunun etkisi (% 15,60) istatistiksel olarak farklı olup (p<0,05); toparlanma kabiliyeti diğerlerinden daha düşük ölçülmüştür.

Depolamanın 4. gününde, SSL'nin kombinasyonları arasında sadece ksilanaz ile olan kombinasyonu toparlanma kabiliyeti üzerine etkisi (% 19,69), kontrol örneğine göre (% 20,92) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyeti diğerlerinden düşük bulunmuştur. Depolamanın 7. gününde, SSL'nin guar gam ve ksilanaz ile olan kombinasyonlarının etkileri (% 17,66 ve % 15,44), kontrol örneğine (% 17,28) göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Guar gam ile kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyeti, kontrol örneğine kıyasla daha yüksek iken, ksilanaz ile kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyeti daha düşük olmuştur.

Depolamanın 4. gününde, lipazın kombinasyonları arasında sadece ksilanaz ile olan kombinasyonunun toparlanma kabiliyeti üzerine etkisi (% 20,42), kontrol örneğine göre (% 21,14) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyeti diğerlerinden düşük olmuştur. Depolamanın 7. gününde ise, toparlanma kabiliyeti üzerine lipazın kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Depolamanın 4. ve 7. gününde, CMC'nin DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri (% 21,05-20,71-20,92 ve % 17,90-17,34-17,71), kontrol örneğine göre (% 17,13 ve 15,36) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Kombinasyonlarında 4. günde ölçülen toparlanma kabiliyetleri kontrol örneğine göre daha yüksek olmakla birlikte bu kombinasyonların etkileri istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde ise, tüm kombinasyonlarında, kontrol örneğine göre daha yüksek toparlanma kabiliyeti bulunmuştur. DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarında ölçülen toparlanma kabiliyetleri istatistiksel olarak birbirine benzer düzeyde olup (p>0,05), SSL ile kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyetinden daha yüksek olmuştur (p<0,05).

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, guar gamın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkisi (% 21,26-20,83-20,79 ve % 17,93-17,66-17,89), kontrol örneğine göre (% 17,26 ve 15,41) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Kombinasyonlarında ölçülen toparlanma kabiliyeti, kontrol örneğine göre daha yüksek olmuştur. Dördüncü günde, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının etkisi istatistiksel olarak birbirine benzer olup (p>0,05), toparlanma kabiliyetleri, DATEM ile kombinasyonundan elde edilen toparlanma kabiliyetinden düşük bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde ise, guar gamın kombinasyonlarının etkileri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılık görülmemiştir (p>0,05).

Depolamanın 4. gününde, ksilanazın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri (% 19,45-19,69-20,42), kontrol örneğine göre (% 18,10) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Toparlanma kabiliyeti, kontrol örneğine kıyasla, kombinasyonlarında daha yüksek bulunmuştur. DATEM ve SSL ile kombinasyonlarında ölçülen toparlanma kabiliyetleri istatistiksel olarak birbirine benzer olup (p>0,05), lipaz ile kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyetinden daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde ise ksilanazın kombinasyonları arasında sadece lipaz ile olan kombinasyonunun etkisi (% 17,74) istatistiksel olarak farklı bulunmuş (p<0,05); diğerlerine göre daha yüksek toparlanma kabiliyeti ölçülmüştür.

4.4.1.3 Katkıların etkisi

Depolamanın 4. gününde, DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri arasında (% 21,61-20,92-21,14) ve bunların guar gam (% 21,26-20,83-20,79) veya ksilanaz (% 19,45-19,69-20,42) ile kombinasyonlarının arasında toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunmuştur (p<0,05). Kontrol örneklerinde DATEM ve SSL'nin, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarda ise DATEM ve lipazın toparlanma kabiliyetleri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05). DATEM, SSL ve lipazın CMC ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri (% 21,05-20,71-20,92) ise istatistiksel olarak birbirlerine benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde, DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri arasında (% 18,16-17,28-17,75) ve bunların CMC (% 17,90-17,34-17,71) ve ksilanaz (% 15,60-15,44-17,74) ile kombinasyonlarının arasında toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunmuştur (p<0,05). Kontrol örneklerinin her birinin etkisi diğerlerinin etkisinden farklı düzeyde olduğu görülmüştür (p<0,05). CMC ile olan kombinasyonlarında DATEM ve lipazın etkileri birbirine benzer olup (p>0,05), toparlanma kabiliyetleri SSL'nin CMC ile kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyetinden daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Ksilanaz ile kombinasyonlarda, DATEM ve SSL'nin etkileri birbirine benzer olup (p>0,05), toparlanma kabiliyetleri lipazın ksilanaz ile kombinasyonunda ölçülen toparlanma kabiliyetinden daha düşük bulunmuştur (p<0,05). DATEM, SSL ve lipazın guar gam ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri (% 17,93-17,66-17,89) ise istatistiksel olarak birbirlerine benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05).

Depolamanın 4. gününde, CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örnekleri arasında (% 17,13-17,26-18,10) ve bunların DATEM (% 21,05-21,26-19,45), SSL (% 20,71-20,83-19,69) ve lipaz (% 20,92-20,79-20,42) ile kombinasyonları arasında, toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunmuştur (p<0,05). Genel olarak, CMC ve guar gamın kontrol örnekleri ve bunların DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarının toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). CMC ve guar gamın kontrol örneklerinin

toparlanma kabiliyetleri ksilanazın toparlanma kabiliyetinden düşük bulunurken, DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarında tam tersi olmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde, CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örnekleri arasında (% 15,36-15,41-15,62) ve bunların lipaz ile kombinasyonları arasında (% 17,71-17,89-17,74) toparlanma kabiliyeti üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0,05). DATEM ve SSL ile kombinasyonlarda ise, CMC ve guar gamın toparlanma kabiliyetleri (% 17,90-17,93 ve % 17,34-17,66) birbirine benzer olup (p>0,05), ksilanazın benzer kombinasyonlarının toparlanma kabiliyetlerinden (% 15,60-15,44) yüksek bulunmuştur (p<0,05).

4.4.2 Katkılı ekmeklerin sertliklerinde depolama ile meydana gelen değişimler

Katkısız ekmeğin 1. gün 2984 g olan sertlik değeri, 4. günde 6406 g'a ve 7. günde 8253 g'a yükselmiştir (p<0,05). Katkısız ekmeğin sertliğinde meydana gelen bu artışlar katkıları tek tek veya ikili kombinasyonlar halinde içeren ekmeklerin sertliklerindeki artışlardan istatistiksel olarak daha yüksek olmuştur (p<0,05).

Katkılı ekmeklerin sertlik değerleri arasında yapılan varyans analizi sonucunda, ekmeğin sertliği üzerine katkı çeşidi x kombinasyon türü x depolama süresi interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (p<0,05) (Çizelge 4.25).

4.4.2.1 Depolama sürelerinin etkisi

Depolama süresinin artmasına bağlı olarak, her bir katkı ve bunların kombinasyonlarında ölçülen sertlik değerlerinde artış olmuştur (p<0,05). Tüm katkı ve kombinasyonlarında, 1., 4. ve 7. günlerde ölçülen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklar bulunmuştur (p<0,05). Katkı çeşidi ve kombinasyon türüne göre, 1. gün 906-2854 g arasında olan sertlik, 4. günde 1046-5186 g'a ve 7. günde 2627-6810 g'a yükselmiştir.

Çizelge 4.25 Ekmeğin sertliğinin katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre değişimi [a,b]

Katkı	Süre (Gün)	Sertlik (g)			
KATKISIZ	1	2984 [a]			
	4	6406 [b]			
	7	8253 [c]			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	1046 [c B y]	973 [c C x]	1096 [c A x]	955 [c D y]
	4	2284 [b A y]	1905 [b C x]	2103 [b B x]	2053 [b B y]
	7	3094 [a A x]	2917 [a B x]	3123 [a A y]	3088 [a A y]
SSL	1	938 [c z]	962 [c x]	959 [c z]	931 [c z]
	4	2100 [b A z]	1800 [b B y]	2051 [b A y]	1858 [b B z]
	7	2683 [a C z]	2771 [a B y]	2988 [a A z]	2627 [a D z]
LİPAZ	1	1253 [c A x]	906 [c D y]	1039 [c C y]	1069 [c B x]
	4	2558 [b A x]	1955 [b C x]	2118 [b B x]	2168 [b B x]
	7	2968 [a B y]	2944 [a B x]	3217 [a A x]	3230 [a A x]
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	2854 [c A x]	973 [c B y]	962 [c B x]	906 [c C z]
	4	5159 [b A x]	1905 [b B y]	1800 [b C y]	1955 [b B y]
	7	6738 [a A y]	2917 [a B y]	2771 [a C y]	2944 [a B y]
GUAR GAM	1	2818 [c A y]	1096 [c B x]	959 [c D x]	1039 [c C y]
	4	5186 [b A x]	2103 [b B x]	2051 [b C x]	2118 [b B x]
	7	6810 [a A x]	3123 [a C x]	2988 [a D x]	3217 [a B x]
KSİLANAZ	1	2771 [c A z]	955 [c C z]	931 [c D y]	1069 [c B x]
	4	4100 [b A y]	2053 [b C x]	1858 [b D y]	2168 [b B x]
	7	4418 [a A z]	3088 [a C x]	2627 [a D z]	3230 [a B x]

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi depolama süreleri; "A-D" serisi kombinasyonlar arası ve "x-z" serisi katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

4.4.2.2 Kombinasyonların etkisi

Depolamanın 4. gününde, DATEM'in CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarının sertlik üzerine etkileri (1905-2103-2053 g), kontrol örneğine göre (2284 g) istatistiksel olarak önemli olup (p<0,05), daha düşük sertlik değerleri ölçülmüştür. Guar gam ve ksilanaz ile olan kombinasyonlarında belirlenen sertlik değerleri istatistiksel olarak benzer düzeylerde olup (p>0,05), CMC ile kombinasyonunda belirlenen sertlik değerinden daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde, DATEM'in kombinasyonları arasında sadece CMC ile olan kombinasyonunun etkisi (2917 g), diğerlerine göre istatistiksel olarak farklı olup (p<0,05); sertlik değeri daha düşük bulunmuştur.

Depolamanın 4. gününde, SSL'nin CMC ve ksilanaz ile kombinasyonlarının sertlik üzerine etkileri (1800-1858 g), kontrol örneğine (2100 g) ve guar gam ile kombinasyonuna (2051 g) göre istatistiksel olarak farklı olup (p<0,05), ölçülen sertlik değerleri daha düşük bulunmuştur. Sertlikteki düşüş üzerine bu katkıların etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde, SSL'nin CMC ve guar gam ile kombinasyonlarında (2771-2988 g), kontrol örneğine göre (2683 g) daha yüksek, ksilanaz ile kombinasyonunda (2627 g) ise daha düşük sertlik belirlenmiştir (p<0,05). CMC ve guar gam ile kombinasyonlarının sertlikteki artışta görülen etkileri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur (p<0,05).

Depolamanın 4. gününde, lipazın CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarının sertlik üzerine etkileri (1955-2118-2168 g), kontrol örneğine göre (2558 g) istatistiksel olarak farklı olup (p<0,05), sertliğin düşmesine neden olmuşlardır. Lipazın guar gam ve ksilanaz ile olan kombinasyonlarında ölçülen sertlik değerleri istatistiksel olarak benzer düzeyde olup (p>0,05), CMC ile kombinasyonunda görülen sertlik değerinden daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde ise, lipazın CMC ile kombinasyonunun sertlik üzerine etkisi (2944 g), kontrol örneğine göre (2968 g) istatistiksel olarak önemsiz iken (p>0,05), guar gam ve ksilanaz ile (p>0,05) olan kombinasyonlarının etkileri (2118-2168 g) önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu kombinasyonları, kontrol örneğine göre daha yüksek sertlik değerine neden olmuştur.

Ancak, sertlik üzerine etkileri bakımından, bu iki kombinasyonu arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir (p>0,05).

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, CMC'nin DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının sertlik üzerine etkileri (1905-1800-1955 g ve 2917-2771-2944 g), kontrol örneğine göre (5159 ve 6738 g) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Tüm kombinasyonlarında, kontrol örneğine göre daha düşük sertlik değeri belirlenmiştir. Her iki depolama süresinde de, CMC'nin DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarında ölçülen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiş olup (p>0,05), ölçülen sertlik değerleri SSL ile kombinasyonunda ölçülen sertlik değerinden daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, guar gamın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonları (2103-2051-2118 g ve 3123-2988-3217 g), kontrol örneğine göre (5186 ve 6810 g) daha düşük sertliğe neden olmuştur (p<0,05). Dördüncü günde, guar gamın kombinasyonlarında ölçülen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir (p<0,05). Yedinci günde ise, guar gamın her bir kombinasyonunun sertlik üzerine etkisi diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0,05).

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, ksilanazın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonları (2053-1858-2168 g ve 3088-2627-3230 g), kontrol örneğine göre (4100 ve 4418 g) daha düşük sertliğe neden olmuştur (p<0,05). Her bir kombinasyonunun sertlik üzerine etkisi diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0,05).

4.4.2.3 Katkıların etkisi

Depolamanın 4. gününde, DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri arasında (2284-2100-2558 g) ve bunların ksilanaz ile kombinasyonlarının arasında (2053-1858-2168 g) sertlik üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunmuştur (p<0,05). CMC ile kombinasyonlarda, DATEM ve lipazın sertlik üzerine

etkileri istatistiksel olarak birbirlerine benzer düzeyde olup (p>0,05), sertlik değerleri (1905-1955 g) SSL'nin etkisinden (1800 g) yüksek bulunmuştur (p<0,05). Guar gam ile kombinasyonlarda, DATEM, SSL ve lipazın etkileri (2103-2051-2118 g) istatistiksel olarak benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde, DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri arasında (3094-2683-2968 g) ve bunların guar gam (3123-2988-3217 g) ve ksilanaz (3088-2627-3230 g) ile kombinasyonları arasında sertlik üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunmuştur (p<0,05). CMC ile olan kombinasyonlarında DATEM ve lipazın etkileri birbirine benzer olup (p>0,05), ölçülen sertlik değerleri, SSL'nin CMC ile kombinasyonunda ölçülen sertlik değerinden daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

Depolamanın 4. gününde, CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örnekleri arasında (5159-5186-4100 g) ve bunların DATEM (1905-2103-2053 g), SSL (1800-2051-1858 g) ve lipaz (1955-2118-2168 g) ile kombinasyonları arasında, sertlik üzerine etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar bulunmuştur (p<0,05). CMC ve guar gamın kontrol örneklerinin sertlik üzerine etkileri birbirine benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarda, guar gam ve ksilanazın sertlik üzerine etkileri benzer düzeyde olup (p>0,05), ölçülen sertlik değerleri, CMC'nin kombinasyonlarında ölçülen sertlik değerinden daha yüksek olmuştur (p<0,05). SSL ile kombinasyonlarda ise, CMC ve ksilanazın sertlik üzerine etkileri (1800-1858 g) istatistiksel olarak benzer düzeyde olup (p>0,05), ölçülen sertlik değerleri guar gamın sertlik değerine (2051 g) göre daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde, CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örnekleri arasında (6738-6810-4418 g) ve bunların SSL ile kombinasyonları arasında (2771-2988-2627 g) sertlik üzerine etkileri bakımından istatistiksel önemli düzeyde farklılıklar görülmüştür (p>0,05). DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarda, guar gam ve ksilanazın sertlik üzerine etkileri birbirine benzer olup (p>0,05), ölçülen sertlik değerleri (3123-3088 g ve 3217-3230 g), CMC'nin benzer kombinasyonlarında ölçülen sertlik değerlerinden (2917 ve 2944 g) daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

4.4.3 Katkılı ekmeklerin rutubet miktarında depolama ile meydana gelen değişimler

Katkısız ekmeğin 1. gün % 46,97 olan ekmek içi rutubeti, 4. günde %45,27'ye ve 7. günde % 43,68'e düşmüştür (p<0,05). Katkılı ekmeklerin rutubet değerleri arasında yapılan varyans analizi sonucunda, ekmek içi rutubet miktarı üzerine katkı çeşidi x kombinasyon türü x depolama süresi interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (p<0,05) (Çizelge 4.26).

4.4.3.1 Depolama sürelerinin etkisi

Depolama süresinin artmasına bağlı olarak, her bir katkı ve bunların kombinasyonlarında ölçülen rutubet miktarında düşüş meydana gelmiştir (p<0,05). Tüm katkı ve kombinasyonlarında, 1., 4. ve 7. günlerde ölçülen rutubet değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklar bulunmuştur (p<0,05). Katkı çeşidi ve kombinasyon türüne göre, 1. gün % 45,78-47,67 arasında olan rutubet değeri, 4. günde % 45,17-46,84'e ve 7. günde % 43,42-45,55'e düşmüştür. En düşük rutubet miktarı 1., 4. ve 7. günlerde genelde ksilanazın DATEM, SSL ve/veya lipaz ile kombinasyonlarında görülmüştür.

4.4.3.2 Kombinasyonların etkisi

Depolamanın 4. gününde, DATEM'in tüm kombinasyonları rutubet miktarı üzerine etkileri, kontrol örneğine göre (% 45,34) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde ise, DATEM'in kombinasyonları arasında sadece ksilanaz ile olan kombinasyonunun etkisi (% 43,42) istatistiksel olarak farklı olup (p<0,05); rutubet miktarı diğerlerinden daha düşük bulunmuştur.

Depolamanın 4. gününde, SSL'nin CMC ile olan kombinasyonunda rutubet miktarı (% 46,04), kontrol örneğine göre (% 45,50) daha yüksek, ksilanaz ile kombinasyonunda (% 45,17) ise daha düşük olmuştur (p<0,05). Guar gam ile kombinasyonunun rutubet miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Çizelge 4.26 Ekmeğin rutubet miktarının katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre değişimi [a,b]

Katkı	Süre (Gün)	Rutubet (%)			
KATKISIZ	1	46,92 [a]			
	4	45,27 [b]			
	7	43,98 [c]			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	46,33 [a B]	46,60 [a A y]	46,26 [a B x]	45,96 [a C xy]
	4	45,34 [b]	45,47 [b y]	45,48 [b]	45,27 [b y]
	7	44,37 [c A]	44,33 [c A y]	44,47 [c A x]	43,42 [c B y]
SSL	1	46,28 [a B]	46,93 [a A x]	46,18 [a B xy]	45,78 [a C y]
	4	45,50 [b B]	46,04 [b A x]	45,36 [b BC]	45,17 [b C y]
	7	44,09 [c]	44,11 [c y]	44,01 [c y]	43,97 [c x]
LİPAZ	1	46,33 [a B]	47,18 [a A x]	45,93 [a C y]	46,16 [a BC x]
	4	45,53 [b]	45,60 [b y]	45,49 [b]	45,54 [b x]
	7	44,41 [c A]	44,61 [c A x]	44,54 [c A x]	43,61 [c B y]
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	47,60 [a A x]	46,60 [a C x]	46,93 [a B x]	47,18 [a B x]
	4	46,65 [b A x]	45,47 [b C]	46,04 [b B x]	45,60 [b C]
	7	45,55 [c A x]	44,33 [c C x]	44,11 [c C]	44,61 [c B x]
GUAR GAM	1	47,67 [a A x]	46,26 [a B y]	46,18 [a BC y]	45,93 [a C y]
	4	46,84 [b A x]	45,48 [b B]	45,36 [b B y]	45,49 [b B]
	7	45,41 [c A x]	44,47 [c B x]	44,01 [c C]	44,54 [c B x]
KSİLANAZ	1	46,68 [a A y]	45,96 [a BC z]	45,78 [a C z]	46,16 [a B y]
	4	46,02 [b A y]	45,27 [b C]	45,17 [b C y]	45,54 [b B]
	7	45,07 [c A y]	43,42 [c C y]	43,97 [c B]	43,61 [c C y]

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

[b] Ortalamaları izleyen harflerden "a-c" serisi depolama süreleri, "A-C" serisi kombinasyonlar arası ve "x-z" serisi katkı maddeleri arasındaki istatistiksel farklılıkları belirtmektedir (p<0,05).

Depolamanın 7. gününde, SSL'nin tüm kombinasyonlarında ölçülen rutubet miktarı, kontrol örneğine (% 44,09) göre istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05).

Depolamanın 4. gününde, lipazın CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonlarında belirlenen rutubet miktarları (% 45,60-45,49-45,54) kontrol örneğininki (% 45,53) ile benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde ise, lipazın sadece ksilanaz ile olan kombinasyonu istatistiksel olarak diğerlerinden farklı bulunmuş (p>0,05), rutubet miktarında düşüşe neden olmuştur (% 43,61).

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, CMC'nin DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarında belirlenen rutubet miktarları (45,47-46,04-45,60 ve % 44,33-44,11-44,61), kontrol örneğine göre (% 46,65 ve 45,36) istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 4. gününde, DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarının rutubet miktarındaki düşüş üzerine etkileri istatistiksel olarak benzer düzeyde olup (p>0,05), SSL ile kombinasyonunun düşüş üzerine etkisine göre daha fazla olmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde ise, DATEM ve SSL ile olan kombinasyonlarının etkileri istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). Bu kombinasyonlarında rutubet miktarında görülen düşüşler, lipaz ile kombinasyonunda görülen düşüşe göre daha fazla olmuştur.

Depolamanın 4. gününde, guar gamın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının rutubet miktarı üzerine etkileri (% 45,48-45,36-45,29), kontrol örneğine göre (% 46,84) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Kombinasyonları, kontrol örneğine göre daha düşük rutubet miktarına neden olmuştur. Kombinasyonlarının rutubet miktarının düşüş üzerine etkileri ise istatistiksel olarak benzer düzeyde bulunmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde de, guar gamın tüm kombinasyonları (% 44-47-44,01-44,54), kontrol örneğine (% 45,41) göre rutubet miktarında istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüşe neden olmuştur. Rutubet miktarındaki düşüş üzerine DATEM ve lipaz ile kombinasyonları istatistiksel olarak benzer etki göstermiş olup (p>0,05), ölçülen rutubet miktarları, SSL ile kombinasyonunda ölçülene göre daha yüksek olmuştur (p<0,05).

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, ksilanazın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonlarının rutubet miktarları (% 45,27-45,17-45,54 ve % 43,42-43,97-43,61), kontrol örneğine göre (% 46,02 ve 45,07) daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 4. gününde, DATEM ve SSL ile kombinasyonlarında belirlenen rutubet miktarları istatistiksel olarak birbirine benzer düzeyde olup (p>0,05), lipaz ile kombinasyonunda belirlenen rutubet miktarına göre daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde ise DATEM ve lipaz ile kombinasyonlarında belirlenen rutubet miktarları istatistiksel olarak birbirine benzer düzeyde olup (p>0,05), SSL ile kombinasyonunda belirlenen rutubet miktarına göre daha düşük bulunmuştur (p<0,05).

4.4.3.3 Katkıların etkisi

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, DATEM, SSL ve lipazın kontrol örneklerinin rutubet miktarları (% 45,34-45,50-45,53 ve % 44,37-44,09-44,41) istatistiksel olarak benzer düzeylerde bulunmuştur (p>0,05). CMC ile kombinasyonlarda, 4. günde DATEM ve lipazın (% 45,47-45,60), 7. günde ise DATEM ve SSL'nin (% 44,33-44,11) rutubet miktarı üzerine etkileri de benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05). Bu kombinasyonlar için 4. günde belirlenen rutubet miktarları SSL'nin CMC ile kombinasyonundan (% 46,04), 7. günde belirlenenler ise lipazın CMC ile kombinasyonundan (% 44,61) daha düşük olmuştur (p<0,05). Guar gam ile kombinasyonlarda, DATEM, SSL ve lipazın depolamanın 4. gününde belirlenen rutubet miktarları (% 45,48-45,36-45,29) arasında istatistiksel olarak bir faklılık görülmemiştir (p>0,05). Depolamanın 7. gününde ise, DATEM ve lipazın rutubet miktarları benzer olup (p>0,05); SSL'nin rutubet miktarına göre daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Ksilanaz ile kombinasyonlarda, depolamanın 4. gününde DATEM ve SSL benzer fakat lipazdan daha düşük, depolamanın 7. gününden ise DATEM ve lipaz benzer fakat SSL'den daha düşük rutubet miktarına neden olmuşlardır.

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, CMC ve guar gamın kontrol örneklerinde rutubet miktarları (% 46,65-46,84 ve % 45,55-45,41) istatistiksel olarak benzer düzeylerde bulunmuştur (p>0,05). Ksilanazın kontrol örneğini diğerlerine göre daha düşük rutubet miktarına (% 46,02 ve % 45,07) neden olmuştur (p<0,05). CMC, guar gam ve

ksilanazın depolamanın 4. gününde, DATEM veya lipaz ile kombinasyonlarında (% 45,47-45,48-45,27 ve % 45,60-45,29-45,54), depolamanın 7. gününde ise SSL ile kombinasyonlarında (% 44,11-44,01-43,97) istatistiksel olarak benzer düzeylerde rutubet miktarları bulunmuştur (p>0,05). Depolamanın 4. gününde, SSL ile kombinasyonlarda, guar gam ve ksilanazın rutubet miktarları (%45,36-45,17) birbirine benzer olup (p>0,05); belirlenen rutubet miktarları, CMC'nin rutubet miktarına (% 46,04) göre daha düşük olmuştur (p>0,05). Depolamanın 7. gününde, DATEM ve SSL ile kombinasyonlarda, CMC ve guar gam benzer rutubet miktarları (% 44,43-44,47 ve % 44,61-44,54) vermiştir (p>0,05). Bu rutubet miktarları, CMC ve guar gamın lipaz ile kombinasyonlarında belirlenen rutubet miktarlarından (%43,42 ve % 43,61) daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

4.4.4 Donabilen suyun erime sıcaklıkları ve donmayan su (W_g') ile donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g') üzerine depolamanın etkisi

Gerek katkısız örnekte ve gerekse de katkı ve kombinasyonlarını içeren örneklerde depolama süresinin uzamasına bağlı olarak T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında düşme görülmüştür. Katkısız örnekte 1. gün –6,73, 2,22 ve 6,31 ^{o}C olan T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları, 4. günde –7,09, 1,13 ve 4,54'e ^{o}C ve 7. günde –7,64, 0,42 ve 4,15 ^{o}C'ye düşmüştür (Çizelge 4.27-4.29). Katkı ve kombinasyonlarında ise 1., 4. ve 7. günlerde T_{onset} sıcaklığı ortalama –6,34±0,18, –6,52±0,12 ve –6,84±0,15 ^{o}C; T_{pik} sıcaklığı ortalama 1,84±0,21, 1,63±0,28 ve 1,01±0,22 ^{o}C; T_{son} sıcaklığı ise, ortalama 5,45±0,37, 5,12±0,43 ve 4,43±0,51 ^{o}C olarak belirlenmiştir. Tüm katkı ve kombinasyonları, katkısız örneğe göre, bu sıcaklıklarda artışa neden olmuşlardır. Ancak, depolamanın 7. gününde katkı ve kombinasyonların çok az bir kısmı (örneğin SSL) T_{son} sıcaklığında katkısız örneğe göre düşüşe neden olmuştur. Sıcaklıklar üzerine genelde, guar gam ve ksilanazın en az düzeyde, SSL+CMC ve lipaz+guar gamın ise en yüksek düzeyde etkili katkılar ve kombinasyonlar olduğu görülmüştür.

Depolamanın 4. gününde, gerek katkıların ve gerekse de kombinasyonların T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında üzerine etkileri bakımından aralarında çok fazla bir fark görülmemiştir. Depolamanın 7. gününde ise CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol

Çizelge 4.27 Donabilen suyun erime pikine ait başlangıç sıcaklığına (T_{onset}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	T_{onset} (^{o}C)			
KATKISIZ	1	-6,73±0,15			
	4	-7,09±0,06			
	7	-7,61±0,33			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	-6,67±0,40	-6,47±0,30	-6,40±0,08	-6,65±0,14
	4	-6,71±0,44	-6,60±0,31	-6,41±0,23	-6,52±0,11
	7	-6,81±0,24	-6,82±0,29	-6,61±0,18	-6,91±0,08
SSL	1	-6,57±0,25	-6,34±0,07	-6,24±0,13	-6,23±0,01
	4	-6,55±0,41	-6,53±0,22	-6,51±0,13	-6,57±0,30
	7	-6,74±0,02	-6,85±0,14	-6,85±0,10	-6,94±0,15
LİPAZ	1	-6,21±0,05	-6,20±0,07	-6,26±0,01	-6,15±0,16
	4	-6,51±0,20	-6,32±0,40	-6,33±0,18	-6,39±0,42
	7	-6,67±0,03	-6,74±0,03	-6,64±0,05	-6,84±0,19
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	-6,20±0,14	-6,47±0,30	-6,34±0,07	-6,20±0,07
	4	-6,55±0,45	-6,60±0,31	-6,53±0,22	-6,53±0,40
	7	-7,08±0,17	-6,82±0,29	-6,85±0,14	-6,74±0,03
GUAR GAM	1	-6,37±0,41	-6,40±0,08	-6,24±0,13	-6,26±0,01
	4	-6,65±0,02	-6,41±0,23	-6,51±0,13	-6,33±0,18
	7	-7,04±0,17	-6,61±0,18	-6,85±0,10	-6,64±0,05
KSİLANAZ	1	-6,13±0,21	-6,65±0,14	-6,23±0,01	-6,15±0,16
	4	-6,72±0,13	-6,52±0,11	-6,57±0,30	-6,39±0,42
	7	-7,05±0,34	-6,91±0,08	-6,94±0,15	-6,84±0,19

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Çizelge 4.28 Donabilen suyun erime pikine ait pik sıcaklığına (T_{pik}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	T_{pik} (^{o}C)			
KATKISIZ	1	2,22±0,15			
	4	1,13±0,07			
	7	0,42±0,13			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	1,77±0,36	2,08±0,41	1,73±0,13	1,32±0,07
	4	1,70±0,33	1,72±0,11	1,55±0,05	1,13±0,05
	7	1,31±0,38	0,94±0,13	0,95±0,33	0,80±0,23
SSL	1	1,79±0,23	2,02±0,30	1,69±0,12	1,66±0,22
	4	1,85±0,33	2,09±0,12	1,82±0,11	1,21±0,28
	7	1,21±0,10	1,32±0,33	1,04±0,10	0,93±0,14
LİPAZ	1	2,05±0,05	2,17±0,33	1,88±0,10	1,86±0,03
	4	1,94±0,30	1,21±0,08	1,74±0,03	1,73±0,11
	7	1,20±0,22	0,97±0,17	0,99±0,03	1,25±0,07
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	2,06±0,27	2,08±0,41	2,02±0,30	2,17±0,33
	4	1,80±0,23	1,72±0,11	2,09±0,12	1,21±0,08
	7	1,04±0,11	0,94±0,13	1,32±0,33	0,97±0,17
GUAR GAM	1	1,82±0,13	1,73±0,13	1,69±0,12	1,88±0,10
	4	1,55±0,46	1,55±0,05	1,82±0,11	1,74±0,03
	7	0,62±0,15	0,95±0,33	1,04±0,10	0,99±0,03
KSİLANAZ	1	1,76±0,07	1,32±0,07	1,66±0,22	1,86±0,03
	4	1,48±0,11	1,13±0,05	1,21±0,28	1,73±0,11
	7	0,62±0,23	0,80±0,23	0,93±0,14	1,25±0,07

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Çizelge 4.29 Donabilen suyun erime pikine ait bitiş sıcaklığına (T_{son}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	T_{son} (^{o}C)			
KATKISIZ	1	6,32±0,30			
	4	4,54±0,05			
	7	4,15±0,32			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	5,44±0,30	5,49±0,27	5,20±0,21	4.69±0,12
	4	5,23±0,25	5,65±0,18	5,22±0,05	4,72±0,27
	7	5,02±0,19	4,62±0,13	4,78±0,13	4,64±0,06
SSL	1	5,46±0,25	5,65±0,18	5,84±0,16	5,33±0,20
	4	5,34±0,18	5,75±0,09	4,95±0,19	4,95±0,32
	7	4,50±0,17	4,95±0,28	4,65±0,23	4,66±0,19
LİPAZ	1	5,93±0,22	5,73±0,25	5,88±0,11	5,73±0,24
	4	5,14±0,05	4,67±0,36	5,81±0,01	5,42±0,16
	7	4,55±0,15	3,64±0,32	4,74±0,02	4,78±0,16
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	5,43±0,07	5,49±0,27	5,65±0,18	5,73±0,25
	4	4,81±0,20	5,65±0,18	5,75±0,09	4,67±0,36
	7	3,54±0,31	4,62±0,13	4,95±0,28	3,64±0,32
GUAR GAM	1	5,16±0,28	5,20±0,21	5,84±0,16	5,88±0,11
	4	4,80±0,14	5,22±0,05	4,95±0,19	5,81±0,01
	7	3,65±0,25	4,78±0,13	4,65±0,23	4,74±0,02
KSİLANAZ	1	4,78±0,26	4.69±0,12	5,33±0,20	5,73±0,24
	4	4,32±0,13	4,72±0,27	4,95±0,32	5,42±0,16
	7	3,72±0,42	4,64±0,06	4,66±0,19	4,78±0,16

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

örneklerinin T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında görülen azalışlar, DATEM, SSL ve lipazın kontrol örneklerinde görülen azalışlara göre nispeten daha fazla olmuştur. Ayrıca CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL ve lipaz eklenmesi, 7. gündeki T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında kontrol örneklerine göre artışa neden olmuştur.

Depolama boyunca ekmekte bulunan donmayan su miktarında (W_g', g su/g kuru madde) ve donmayan sudaki katı madde konsantrasyonunda (C_g', ağırlık % kuru madde) meydana gelen değişimler Çizelge 4,30 ve 4,31'de verilmiştir. Katkısız örneğin W_g' değeri 0,30 iken depolamanın 4. gününde 0,31'e, 7. gününde ise 0,33'e yükselmiştir. Katkısız örneğin C_g' değeri ise başlangıçta 76,92 iken depolamanın 4. gününde 76,55'e ve 7. gününde 75,44'e düşmüştür. DATEM, SSL, lipaz ve bunların CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları da benzer W_g' ve C_g' değerleri görülmesine neden olmuşlardır. Ksilanaz ve kombinasyonlarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Başlangıçta, diğer katkı ve kombinasyonlara göre daha yüksek W_g' ve daha düşük C_g' değerlerine sahip olan CMC ve guar gamın, depolama süresince bu değerleri diğer katkı ve kombinasyonların W_g' ve C_g' değerlerine benzer düzeye gelmiştir. Ayrıca, SSL ve lipazın kontrol örneklerinin bu değerleri, DATEM'in değerlerine göre bir miktar yüksek bulunmuştur.

Depolama süresince W_g' ve C_g' değerlerinde görülen değişimler, CMC ve guar gam hariç, genelde oldukça düşük düzeylerde bulunmuştur.

4.4.5 Nişastanın retrogradasyonu üzerine depolamanın etkisi

Nişastanın retrogradasyonu sonucu oluşan amilopektin kristallerinin DSC'de ~60 ^{o}C'de erime pikine ait T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında meydana gelen değişimler Çizelge 4.32-4.34'te verilmiştir.

Katkısız örnekte depolama süresinin uzamasına bağlı olarak T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında düşme görülmüştür. Ancak, depolamanın 4. ve 7. günlerinde görülen düşüşler birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Benzer durum, katkı ve

Çizelge 4.30 Katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre donmayan su miktarında (W_g'±standart sapma) meydana gelen değişimler [a]

Katkı	Süre (Gün)	W_g' (g su/g kuru madde)			
KATKISIZ	1	0,30±0,02			
	4	0,31±0,04			
	7	0,33±0,04			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	0,30±0,01	0,33±0,01	0,32±0,03	0,31±0,04
	4	0,32±0,02	0,32±0,02	0,32±0,04	0,32±0,03
	7	0,33±0,04	0,32±0,03	0,33±0,02	0,32±0,05
SSL	1	0,34±0,01	0,33±0,04	0,33±0,02	0,33±0,03
	4	0,34±0,01	0,33±0,04	0,33±0,02	0,34±0,02
	7	0,34±0,03	0,32±0,02	0,34±0,03	0,33±0,04
LİPAZ	1	0,34±0,01	0,33±0,03	0,32±0,01	0,31±0,01
	4	0,34±0,02	0,33±0,02	0,33±0,05	0,32±0,02
	7	0,34±0,01	0,33±0,04	0,34±0,04	0,32±0,05
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	0,38±0,03	0,33±0,01	0,33±0,04	0,33±0,03
	4	0,34±0,03	0,32±0,02	0,33±0,04	0,33±0,02
	7	0,33±0,02	0,32±0,03	0,32±0,02	0,33±0,04
GUAR GAM	1	0,38±0,03	0,32±0,03	0,33±0,02	0,32±0,01
	4	0,34±0,04	0,32±0,04	0,33±0,02	0,33±0,05
	7	0,33±0,04	0,33±0,02	0,34±0,03	0,34±0,04
KSİLANAZ	1	0,32±0,01	0,31±0,04	0,33±0,03	0,31±0,01
	4	0,32±0,05	0,32±0,03	0,34±0,02	0,32±0,02
	7	0,31±0,03	0,32±0,05	0,33±0,04	0,32±0,05

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Çizelge 4.31 Katkı çeşidi, kombinasyon türü ve depolama süresine göre donmayan sudaki katı madde konsantrasyonunda (C_g'±standart sapma) meydana gelen değişimler [a]

Katkı	Süre (Gün)	C_g' (ağırlık % kuru madde)			
KATKISIZ	1	76,92±0,76			
	4	76,55±1,76			
	7	75,44±1,57			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	76,92±0,47	75,08±0,33	75,81±1,45	76,55±1,71
	4	75,81±1,00	75,81±0,72	75,81±1,69	75,81±1,20
	7	75,44±0,99	75,81±1,41	75,44±0,76	75,81±1,14
SSL	1	74,72±0,37	75,44±1,68	75,08±0,87	75,44±1,23
	4	74,37±0,59	75,08±1,70	75,08±0,92	74,72±0,78
	7	74,37±1,14	75,81±0,91	74,72±1,39	75,08±1,70
LİPAZ	1	74,37±0,56	75,44±1,16	75,81±0,62	76,17±0,49
	4	74,37±0,70	75,08±1,00	75,44±1,01	75,81±0,85
	7	74,72±0,49	75,08±1,26	74,37±1,64	75,81±1,42
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	71,98±1,06	75,08±0,33	75,44±1,68	75,44±1,16
	4	74,72±1,10	75,81±0,72	75,08±1,70	75,08±1,00
	7	75,08±0,78	75,81±1,41	75,81±0,91	75,08±1,26
GUAR GAM	1	72,31±1,18	75,81±1,45	75,08±0,87	75,81±0,62
	4	74,72±1,74	75,81±1,69	75,08±0,92	75,44±1,01
	7	75,44±1,65	75,44±0,76	74,72±1,39	74,37±1,64
KSİLANAZ	1	75,81±0,67	76,55±1,71	75,44±1,23	76,17±0,49
	4	75,81±1,18	75,81±1,20	74,72±0,78	75,81±0,85
	7	76,17±1,01	75,81±1,14	75,08±1,70	75,81±1,42

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Çizelge 4.32 Nişastanın retrogradasyonuna ait başlangıç sıcaklığına (T_{onset}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	T_{onset} (^{o}C)			
KATKISIZ	1	49,40±0,04			
	4	47,62±0,40			
	7	46,99±0,19			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	48,51±0,16	49,81±0,33	49,88±0,81	50,02±0,37
	4	47,67±0,82	49,09±0,30	48,27±0,07	48,58±0,24
	7	47,94±0,55	48,70±0,69	48,88±0,02	48,30±0,43
SSL	1	50,75±0,16	50,53±0,12	50,97±0,59	50,24±0,44
	4	50,29±0,83	49,09±0,44	50,06±0,10	48,18±0,62
	7	49,91±0,27	49,66±0,19	50,93±0,61	47,44±0,53
LİPAZ	1	50,34±0,35	49,85±0,18	49,85±0,64	49,93±0,30
	4	50,39±0,68	48,26±0,16	49,70±0,71	47,99±0,01
	7	49,63±0,32	50,65±0,51	51,26±0,21	50,18±0,40
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	47,87±0,74	49,81±0,33	50,53±0,12	49,85±0,18
	4	47,56±0,47	49,09±0,30	49,09±0,44	48,26±0,16
	7	47,74±0,51	48,70±0,69	49,66±0,19	50,65±0,51
GUAR GAM	1	49,90±0,13	49,88±0,81	50,97±0,59	49,85±0,64
	4	47,38±0,07	48,27±0,07	50,06±0,10	49,70±0,71
	7	47,60±0,33	48,88±0,02	50,93±0,61	51,26±0,21
KSİLANAZ	1	50,39±0,51	50,02±0,37	50,24±0,44	49,93±0,30
	4	47,86±0,51	48,58±0,24	48,18±0,62	47,99±0,01
	7	49,73±0,20	48,30±0,43	47,44±0,53	50,18±0,40

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Çizelge 4.33 Nişastanın retrogradasyonuna ait pik sıcaklığına (T_{pik}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	T_{pik} (^{o}C)			
KATKISIZ	1	62,31±0,11			
	4	59,56±0,29			
	7	59,29±0,30			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	60,98±0,06	62,14±0,03	60,91±0,18	60,97±0,62
	4	60,85±0,16	61,55±0,32	60,35±0,28	60,33±0,06
	7	60,96±0,16	61,20±0,69	60,80±0,84	59,99±0,09
SSL	1	61,92±0,49	61,49±0,68	61,94±0,34	60,99±0,08
	4	61,33±0,37	60,88±0,11	61,49±0,26	60,09±0,39
	7	61,76±0,15	60,77±0,54	61,42±0,40	60,02±0,48
LİPAZ	1	61,91±0,24	61,50±0,67	61,90±0,82	62,31±0,01
	4	60,64±0,11	60,35±0,24	60,41±0,65	60,92±0,74
	7	60,03±0,12	61,42±0,24	61,74±0,49	61,58±0,25
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	59,59±0,77	62,14±0,03	61,49±0,68	61,50±0,67
	4	58,74±0,04	61,55±0,32	60,88±0,11	61,42±0,52
	7	59,33±0,22	61,20±0,69	60,77±0,54	60,35±0,24
GUAR GAM	1	60,23±0,18	60,91±0,18	61,94±0,34	61,90±0,82
	4	58,95±0,69	60,35±0,28	61,49±0,26	60,41±0,65
	7	59,00±0,50	60,80±0,84	61,42±0,40	61,74±0,49
KSİLANAZ	1	61,72±0,24	60,97±0,62	60,99±0,08	62,31±0,01
	4	59,55±0,41	60,33±0,06	60,09±0,39	60,92±0,74
	7	61,69±0,08	59,99±0,09	60,02±0,48	61,58±0,25

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Çizelge 4.34 Nişastanın retrogradasyonuna ait bitiş sıcaklığına (T_{son}±standart sapma) katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	T_{son} (^{o}C)			
KATKISIZ	1	73,74±0,50			
	4	72,30±0,20			
	7	72,31±0,37			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	72,94±0,56	73,21±0,07	73,60±0,67	72,87±0,47
	4	73,38±0,73	73,00±0,25	73,10±0,08	70,34±0,54
	7	73,63±0,68	73,11±0,06	73,37±0,32	71,32±0,47
SSL	1	70,82±0,25	70,82±0,06	72,14±0,20	71,71±0,04
	4	71,07±0,80	71,64±0,18	72,22±0,25	71,35±0,36
	7	71,49±0,49	72,03±0,08	72,54±0,01	70,26±0,72
LİPAZ	1	71,58±0,05	71,52±0,61	71,73±0,05	71,51±0,69
	4	71,60±0,66	70,40±0,10	71,49±0,50	71,39±0,40
	7	70,18±0,81	73,71±0,59	73,38±0,14	73,43±0,56
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	71,26±0,77	73,21±0,07	70,82±0,06	71,52±0,61
	4	70,90±0,07	73,00±0,25	71,64±0,18	70,40±0,10
	7	71,25±0,25	73,11±0,06	72,03±0,08	73,71±0,59
GUAR GAM	1	70,74±0,51	73,60±0,67	72,14±0,20	71,73±0,05
	4	71,54±0,39	73,10±0,08	72,22±0,25	71,49±0,50
	7	71,37±0,16	73,37±0,32	72,54±0,01	73,38±0,14
KSİLANAZ	1	70,50±0,10	70,87±0,47	71,71±0,04	71,51±0,69
	4	69,61±0,47	70,34±0,54	71,35±0,36	71,39±0,40
	7	72,69±0,20	71,32±0,47	70,26±0,72	73,43±0,56

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

kombinasyonlarında da görülmüş olmasına rağmen, bu sıcaklıklarda meydana gelen düşüşlerin katkısız örneğe göre daha az olduğu bulunmuştur.

DATEM SSL, lipaz ve bunların CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları katkısız örneğe göre genelde T_{onset} ve T_{pik} sıcaklıklarında artışa neden olmuşlardır. T_{son} sıcaklığında ise depolama süresine bağlı olarak katkı ve kombinasyonlarının etkisinde farklılıklar oluşmuştur. DATEM'in ksilanaz ile kombinasyonu hariç, diğer kombinasyonları her iki depolama süresinde de T_{son} sıcaklığında artışa neden olmuştur. Depolamanın 7. gününde lipaz ve ksilanazın kombinasyonları T_{son} sıcaklığında artışa neden olmuştur.

Depolamanın 4. gününde katkısız örnek ile CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örneklerinde T_{onset} sıcaklığı benzer düzeylerde iken, depolamanın 7. gününde bu kombinasyonlarda belirlenen T_{onset} sıcaklığı katkısız örneğe göre daha yüksek bulunmuştur. CMC ve guar gamın DATEM, SSL ve lipaz ile kombinasyonları, kontrol örneklerine kıyasla T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında artışa neden olmuştur. DATEM'in kombinasyonları arasında CMC ile ve SSL'nin kombinasyonları arasında guar gam ile olan kombinasyonlarda diğer kombinasyonlarına göre daha yüksek T_{pik} sıcaklığı belirlenmiştir. DATEM'in ksilanaz ile kombinasyonunda diğer kombinasyonlarına kıyasla daha düşük, SSL'nin guar gam ile kombinasyonunda diğer kombinasyonlarına kıyasla daha yüksek T_{son} sıcaklığı belirlenmiştir.

Depolama süresinde retrograde olan nişastanın DSC ile belirlenen erime entalpisinde (ΔH, J/g kuru madde) meydana gelen değişimler Çizelge 4.35'de verilmiştir. Depolama süresinin uzamasına bağlı olarak hem katkısız örneğin ve hem de katkı ve kombinasyonlarının ΔH değerlerinde artış meydana gelmiştir. Katkısız örneğin başlangıçta 0,91 J/g olan ΔH değeri, depolamanın 4. gününde 2,29 J/g'a ve 7. gününde 3,30 J/g'a yükselmiştir. Depolama süresi boyunca CMC, guar gam, ksilanaz ve ksilanazın kombinasyonlarında, katkısız örneğe göre daha yüksek; DATEM, SSL, lipaz ve bunların CMC ve guar gam ile kombinasyonlarında ise daha düşük ΔH değeri belirlenmiştir.

Çizelge 4.35 Nişastanın retrogradasyonunda ölçülen entalpi değişimi (*ΔH*) üzerine katkı, kombinasyon ve depolama süresinin etkisi [a]

Katkı	Süre (Gün)	*ΔH* (J/g kuru madde)			
KATKISIZ	1	0,91±0,12			
	4	2,99±0,08			
	7	3,23±0,11			
		Kombinasyon			
		KONTROL	**CMC**	**GUAR GAM**	**KSİLANAZ**
DATEM	1	0,81±0,01	0,63±0,02	1,02±0,02	1,06±0,09
	4	2,23±0,02	2,14±0,11	2,29±0,01	2,47±0,04
	7	2,77±0,12	2,76±0,16	2,34±0,08	3,00±0,18
SSL	1	0,71±0,05	0,65±0,02	0,98±0,03	1,04±0,01
	4	2,21±0,12	2,06±0,09	2,22±0,08	2,56±0,15
	7	2,77±0,16	2,67±0,19	2,37±0,15	3,04±0,03
LİPAZ	1	0,72±0,06	0,64±0,02	0,89±0,01	1,00±0,01
	4	2,25±0,01	2,30±0,16	2,31±0,08	2,56±0,18
	7	2,76±0,18	2,60±0,11	2,44±0,06	3,17±0,21
		KONTROL	**DATEM**	**SSL**	**LİPAZ**
CMC	1	1,25±0,10	0,63±0,02	0,65±0,02	0,64±0,02
	4	3,30±0,22	2,14±0,11	2,06±0,09	2,30±0,16
	7	3,49±0,07	2,76±0,16	2,67±0,19	2,60±0,11
GUAR GAM	1	1,08±0,02	1,02±0,02	0,98±0,03	0,89±0,01
	4	3,12±0,12	2,29±0,01	2,22±0,08	2,31±0,08
	7	3,33±0,14	2,34±0,08	2,37±0,15	2,44±0,06
KSİLANAZ	1	1,06±0,03	1,06±0,09	1,04±0,01	1,00±0,01
	4	3,08±0,08	2,47±0,04	2,56±0,15	2,56±0,18
	7	3,18±0,11	3,00±0,18	3,04±0,03	3,17±0,21

[a] Kullanılan konsantrasyonlar: DATEM, SSL, CMC ve Guar gam % 0,50; Lipaz 20 mg/kg; Ksilanaz 50 mg/kg

Depolamanın 4. gününde DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri, katkısız örneğe göre *ΔH* değerinde çok az düzeyde bir düşmeye neden olurken (2,23±0,02 J/g), CMC, guar gam ve lipazın kontrol örnekleri oldukça yüksek düzeyde bir artışa neden olmuşlardır (3,17±0,12 J/g). Depolamanın 7. gününde ise tüm katkılar *ΔH* değerinde düşmeye neden olmuştur. Ancak DATEM, SSL ve lipazda belirlenen *ΔH* değerleri (2,77±0,01 J/g), CMC, guar gam ve ksilanazda belirlenenlere göre (3,33±0,16 J/g) daha düşük olmuştur.

Depolamanın 4. gününde, DATEM, SSL ve lipazın gerek kontrol örnekleri ve gerekse de CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları birbirine yakın *ΔH* değerleri vermişlerdir. Ancak, kombinasyonları arasında ksilanaz ile olan kombinasyonları *ΔH* değerinin daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Benzer durum depolamanın 7. gününde de görülmüştür. Bunların yanında, ayrıca guar gam ile kombinasyonlarında *ΔH* değeri diğer kombinasyonlarından daha düşük bulunmuştur.

Depolamanın 4. ve 7. günlerinde, CMC, guar gam ve ksilanaza DATEM, SSL veya lipaz eklenmesi, kontrol örneklerine kıyasla, *ΔH* değerinde düşmeye neden olmuştur. Dördüncü gündeki düşüş, DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonları kıyaslandığında, CMC, guar gam ve ksilanazda hemen hemen benzer düzeyde bulunmuştur. Yedinci günde ise guar gam en düşük, ksilanaz ise en yüksek *ΔH* değerlerine neden olmuşlardır.

5. TARTIŞMA

Katkı maddelerinin unun reolojik özellikleri üzerine etkileri

Hamurun reolojik özellikleri, mekaniksel olarak işlenebilirliği yanında, üretilecek ekmeğin kalitesinin belirlenmesinde de önemlidir. Çalışmada kullanılan emülsifiyerler, enzimler ve hidrokolloidler hamurun farinogram ve ekstensogram özellikleri üzerinde farklı etkiler yaratmıştır. DATEM, SSL ve lipazın bu özelliklerin gelişmesinde CMC, guar gam ve ksilanaza göre çok daha etkili oldukları bulunmuştur. Emülsifiyerlerin ve lipazın un lipitlerini hidrolizi sonucu oluşturduğu polar lipitlerin gluten ile interaksiyona girerek hamurun kuvvetlenmesinde rol oynadığı ileri sürülmüştür (Carr vd. 1992, Qi Si ve Hansen 1994, Stampfli ve Nersten 1995, Inoue vd. 1996, Olesen vd. 2000, Azizi ve Rao 2004a, Poulson vd. 2006, Primo-Martín vd. 2006). Ayrıca, hamurun güçlenmesinde önemli rol oynayan nişasta-gluten yapısının, emülsifiyerler ile daha da geliştiğine inanılmaktadır (Carr vd. 1992, Gan vd. 1995). Nitekim, hamurun stabilitesi ve yumuşama derecesi ile uzamaya karşı direnci ve uzama kabiliyeti bu katkıların eklendiği hamurlarda artış göstermiştir. Farklı emülsifiyerler ve lipaz ile yapılan önceki çalışmalarda da hamurun reolojik özelliklerinde benzer gelişmeler bulunduğu görülmüştür (Emülsifiyerler: Chung ve Tsen 1975, Chung vd. 1981, Tsen ve Weber 1981, Mettler ve Seibel 1993, Stampfli vd. 1996, Kenny vd. 1999, Ravi vd. 2000, Indrani ve Rao 2003, Azizi ve Rao 2004a, Gómez vd. 2004, Xiujin vd. 2007, Lipazlar: Qi Si ve Hansen 1994, Siswoyo vd. 1999, Collar vd. 1998, 2000, Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, 1998, Olesen vd. 2000).

Lipazın DATEM ve SSL'ye göre hamurun stabilitesi ve yumuşama derecesi üzerine etkisi daha fazla iken uzamaya karşı direnci üzerine etkisi daha az bulunmuştur. Bu durum, kesin bir açıklama içermemekle birlikte, undaki ve lipazın hidrolizi ile serbest kalan çok doymamış yağ asitlerinin (PUFA) (örneğin linoleik asit) yoğurma sırasında undaki lipoksijenaz enzimi tarafından okside edilmeleri ve lipazın hidrolizi ile oluşan polar lipitlerin iyonik karakteri ile ilişkili olabilir. Lipoksijenazın PUFA'ları oksidasyonu sonucu oluşan oksidatif ürünler (hydroperoksitler, serbest radikaller) gluten moleküllerindeki sülfidril (–SH) gruplarını okside ederek disülfit bağların (S–S)

oluşmasına ve gluten ağının kuvvetlenmesine neden olurlar (Castello vd. 1998). Ayrıca, iyonik karakterdeki emülsifiyerler (DATEM, SSL vb) gluten proteinlerinin yüzeylerindeki pozitif yükleri nötralize ederek protein agragatlarının oluşmasına ve böylece hamurun kuvvetlenmesinde rol oynarlar (De Stefanis vd. 1977, Krog 1981, Orthoefer 1997, Toufeili ve Kokini 2004). İyonik karakterdeki DATEM ve SSL'in aksine, lipazların oluşturduğu polar lipitler (monogliseritler vd.) genelde nötral karakterdedir. Dolayısıyla, nötral karakterdeki polar lipitler ile pozitif yüklü gluten proteinler arasındaki interaksiyonların daha az düzeyde gerçekleşmesi doğaldır. Chung ve Tsen (1975, 1977) ve Stampfli vd. (1996), iyonik karakterdeki emülsifiyerlerin un lipitlerinin diğer un bileşenlerine bağlanmalarını da etkilediklerini ve bunun hamurun kuvvetlenmesinde rol oynadıklarını bildirmişlerdir.

Hidrokolloidler (CMC ve guar gam), unun su absorpsiyonunda artışa fakat hamurun uzamaya karşı direncinde düşmeye neden olmuşlardır. CMC ve guar gamın diğer farinogram ve ekstensogram özellikleri üzerine etkileri birbirinden farklı olmuştur. Görülen değişiklikler moleküler yapılarındaki farklılıktan kaynaklanabilir. Benzer sonuçlar farklı hidrokolloidler kullanılarak yapılan önceki reolojik çalışmalarda da görülmüştür (Rao vd. 1985, Rosell vd. 2001, Azizi ve Rao 2004b, Guarda vd. 2004, Sharadanant ve Khan 2003a, Lazaridou vd. 2007, Linlaud vd. 2009). Ekstensogram özelliklerinde meydana gelen değişimlerin, gluten ağının oluşması için gereken suyun hidrofilik yapılarından dolayı hidrokolloidler tarafından tutulmasından ve oluşan gluten ağının fazla suyun etkisi ile kırılmasından ileri gelebileceği belirtilmiştir (Gras vd. 2000, Sherwy vd. 2003, Primo-Martin vd. 2004). Nitekim, CMC içeren hamurun yumuşa derecesinde değişiklik olmamış fakat gelişme süresinde artış görülmüştür. Sherwy vd. (2003) gluten proteinlerinde glutamin-glutamin interaksiyonlarının suyun fazla olduğu durumlarda gelişemediğini ve daha çok glutamin-su interaksiyonları oluşarak hamurun zayıflamasında rol oynayabileceklerini bildirmişlerdir. Alloncle ve Doublier (1991), hidrokolloidlerin nişasta ve gluten ile birlikte ortamdaki mevcut su için yarıştıkları, bunun faz ayrımına neden olarak hamurun reolojik özelliklerinde değişikliğe yol açtığını ileri sürmüşlerdir.

Ksilanazın hamurun işlenebilirliğini arttırdığı bildirilmiştir (Rouau vd. 1994, Hilhorst

vd. 1999, Courtin vd. 2001). Ksilanaz, hamurun farinogram özelliklerinde bir etki göstermemesine rağmen, kullanılan diğer katkılara göre ekstensograf ile belirlenen hamurun uzamaya karşı direncinde daha fazla düşüşe ve uzama kabiliyetinde ise daha fazla artışa neden olmuştur. Önceki çalışmalarda da ksilanazın hamurun reolojik özellikleri üzerinde benzer etki gösterdiği bulunmuştur (Collar vd. 1998, 2000, Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, 1998, Wang vd. 2004, 2005, Selinheimo vd. 2006). Jiang vd. (2005), 10-200 mg/kg arasında kullanılan ksilanazın farinogram özelliklerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak düşme olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, kullanılan ksilanazın aktivitesinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Nitekim, bu çalışma, kullanılan ksilanazın etkisinin görülmesi için daha uzun sürenin gerekli olduğunu göstermiştir. Unda bulunan pentozanların su tutma kapasiteleri ortamdaki suyun hamur bileşenleri arasında dağılımını etkilediği, suda çözünen pentozanların ağ yapısı oluşturarak ve/veya gluten proteinleri ile birleşerek onların hareketini ve daha büyük agragatlar oluşturmasını önlediği ileri sürülmektedir (Labat vd. 2002, Wang vd. 2002, Saeed vd. 201). Ksilanazın hamurun reolojik özelliklerinde sağladığı gelişmenin pentozanları hidrolize etmesinden kaynaklanmaktadır. Hidroliz sonucu pentozanların gluten ile interaksiyonları azalır ve bir miktar bağlı su serbest kalarak gluten ağının gelişmesine yardımcı olur (Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, Wang vd. 2004, 2005).

Katkı maddelerinin ekmek kalitesi üzerine etkileri

Ekmek hacmi, ekmek içi yumuşaklığı, elastikiyeti ve gözenek yapısı ekmek kalitesini belirlenmesinde önemli kriterlerdir. Yapılan çalışmalarda DATEM, SSL ve lipazın ekmek hacminin artmasında, ekmek içi sertliğinin düşmesinde ve gözenek yapısının gelişiminde CMC, guar gam ve ksilanaza göre çok daha etkili olduğu görülmüştür. Stojceska ve Ainswoth (2008) yaptıkları çalışmada lipazın ekmek kalitesinin gelişmesinde ksilanazdan daha iyi olduğunu belirtilmiştir.

Emülsifiyerlerin ve lipazın ekmek kalitesinin gelişmesindeki olumlu etkileri yapılan duyusal analizlerle de ortaya çıkmıştır. Ancak, bu katkılar yüksek konsantrasyonlarda kullanıldıklarında olumlu etkilerinde ya değişiklik görülmemiş yada azalma görülmüştür. Benzer sonuçlar, farklı emülsifiyerler (Rao vd. 1992, Xu vd. 1992, Mettler

ve Seibel 1993, Stampfli ve Nersten 1995, Kenny vd. 1999, Crowley vd. 2000, Ravi vd. 2000, Campbell vd. 2001, Indrani ve Rao 2003, Azizi ve Rao 2004a), lipaz (Qi Si ve Hansen 1994, Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, 1998, Gil vd. 1999, Siswoyo vd. 1999, Park ve Morita 2004, Ha vd. 2005, Katina vd. 2006, Stojceska ve Ainswoth 2008, Moayedallaie vd. 2010), ksilanaz (Rouau vd. 1994, Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, 1998, Courtin ve Delcour 1998, Gil vd. 1999, Hilhorst vd. 1999, Harada vd. 2000, 2005, Courtin vd. 2001, Haros vd. 2002, Park ve Morita 2004, Jiang vd. 2005, Katina vd. 2006, Stojceska ve Ainswoth 2008) ve hidrokolloidler (Pomeranz vd. 1977, Mettler ve Seibel 1993, Davidou vd. 1996, Armero ve Collar 1998, Lent ve Grant 2001, Rosell vd.2001, Sharadanant ve Khan 2003b, Azizi ve Rao 2004b, Guarda vd. 2004, Moore vd. 2004) ile yapılan çalışmalarda da görülmüştür.

DATEM, SSL ve lipaz % 0,25-0,50, % 0,25 ve 20-30 mg/kg düzeylerinde kullanıldıklarında, ekmek kalitesinin belirlenmesinde önemli bir kriter olan ekmek içi elastikiyetinde (toparlanma kabiliyetinde) artışa neden olmuştur. Ancak bu konsantrasyonların üzerinde kullanılmaları elastikiyette aşırı bir düşüşe yol açmıştır. CMC ve guar gamın elastikiyet üzerine etkisi görülmezken, ksilanaz konsantrasyonunun arttırılmasına bağlı olarak elastikiyette düşüşe neden olmuştur. Ancak Gil vd. (1999) yaptıkları çalışmada, toparlanma kabiliyetinde ksilanazın artışa, lipazın ise herhangi bir değişime neden olmadığını bildirmişlerdir. Bu farklılık muhtemel kullanılan enzimlerin aktivitelerinin ve deformasyon testinde kullanılan parametrelerin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Yapılan önceki çalışmalarda, emülsifiyerlerin ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerinin gelişimi üzerine etkilerinin olmadığını bildirilmiş ve bunun nedeninin emülsifiyerlerin gözenek duvarlarının dayanıklılığından ve elastikiyetinden ziyade gözenek duvarı kalınlığı, gözenek boyutu ve geometrisinde meydana getirdiği değişikliklerden kaynaklanabileceğini belirtilmiştir (Rao vd. 1992, Mettler ve Seibel 1993). Başka bir deyişle, emülsifiyerlerin, gözenek duvarlarının sertleşmesinin gelişimini ve bundan dolayı baskı sırasında oluşan kırılmaları önleyemediği ifade edilmiştir. Rao vd. (1992), katkısız ve SSL içeren ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerini % 47,5 ve % 42,7 olarak bulmuşlar ve aralarında farklılığın olmadığını belirtmişlerdir. Stojceska ve Ainsworth

(2008) lipaz ve ksilanazın ekmek içi gözenek sayısı azalttığı, ksilanazın ayrıca gözenek alanında artışa neden olduğu bildirmişlerdir. Benzer bir sonuç Guy ve Sahi'nin (2006) lipaz kullandıkları keklerde görülmüştür. Siswoyo vd. (1999) ise lipazın gözenek boyutlarında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Emülsifiyerlerin ve lipazın oluşturduğu polar lipitlerin ekmek hacminin ve buna bağlı olarak yumuşaklığının artmasında gluten ve nişasta ile interaksiyona girerek bunlarla kompleksler oluşturmalarından (Krog 1981, Carr vd. 1992, Stampfli ve Nersten 1995), nişasta yüzeyine adsorplanarak amilozun granüller arasına sızmasını ve amiloz ile interaksiyona girerek onun retrograde olmasını önlemelerinden (Gudmundsson 1992, Rao vd. 1992, Roach ve Hoseney 1995, Toufeili ve Kokini 2004), glutenin film oluşturmasını geliştirerek mayalar tarafından üretilen gazları tutmasını sağlamalarından (Bekes vd. 1983, Stampfli ve Nersten 1995, Ukai ve Urade 2007), su-yağ fazları arasında yüzey gerilimini azaltarak gözeneklerin stabilizasyonu sağlamalarından (Krog 1981, Gan vd. 1995, Mills vd. 2003, Azizi ve Rao 2004a, Sroan ve MacRitchie 2009) ve dolaylı olarak, bileşenler arasında (nişasta, protein vb) su dağılımını değiştirmelerinden ve dolayısıyla ekmek içinden ekmek kabuğuna suyun göçünü önlemelerinden (Pisesookbunterung ve D'Appolonia 1983, Andreu vd. 1999) ileri gelebileceği bildirilmektedir.

Ksilanazların ekmek içi yapısını geliştirdiği ve ekmeğin hacmini bir miktar arttırdığı bildirilmiştir (Rouau vd. 1994, Courtin ve Delcour 1998, Gil vd. 1999, Hilhorst vd. 1999, Courtin vd. 2001, Stojceska ve Ainswoth 2008). Ksilanazın ekmeğin tekstür profil özelliklerinde görülen etkileri Haros vd. (2002) tarafından belirlenen etkilerle paralellik göstermiştir. Ksilanazın ekmek tekstürüne etkisi muhtemelen arabinoksilanların hidrolizi ile suyun dağılımını değiştirmelerinden kaynaklanmaktadır (Andreu vd. 1999, Haros vd. 2002). Ekstra su, nişastanın jelatinizasyonunu ve amiloz-lipit kompleks oluşumunu etkileyebileceği gibi diğer bileşenler üzerinde plastikleştirici olarak rol oynayabileceği bildirilmiştir (Andreu vd. 1999).

Katkı kombinasyonlarının ekmeğin kalitesi üzerine etkileri

Günümüzde, hamurun işlenebilirliğinin geliştirilmesi, ekmek kalitesinin arttırılması ve bayatlamasının geciktirilmesi amacıyla katkı maddelerinin kombinasyonlar halinde kullanıldığı görülmektedir. Katkıların bireysel etkilerinin yanında sinerjetik etkileri bu özelliklerin gelişimde maksimum yarar sağlamaktadır. Nitekim, farklı enzimler (α-amilaz, ksilanaz, lipaz, glikoz oksidaz vd), emülsifiyerler (DATEM, SSL, monogliseritler vd) ve hidrokolloidler (CMC, HPMC, guar gam, ksantan gam vd) ile yapılan kombinasyon çalışmalarında, kombinasyonların, bu katkıların tek başlarına kullanılmalarına göre ekmek kalitesinde çok daha iyi gelişim sağladıkları görülmüştür. Ancak, elde edilen kalitedeki gelişimin katkıların kombinasyondaki konsantrasyonları ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Mettler ve Seibel 1993, Martínez-Anaya ve Jiménez 1997, 1998, Collar vd. 1998, 2000, Andreu vd. 1999, Gil vd. 1999, Hilhorst vd. 1999, Siswoyo vd. 1999, Lent ve Grant 2001, León vd. 2002, Azizi ve Rao 2004b, Park ve Morita 2004, Katina vd. 2006, Slinheimo vd. 2006, Caballero vd. 2007, Stojceska ve Ainsworth 2008).

Önceki çalışmalarda bulunan sonuçlara paralel olarak, katkı maddelerinin optimum konsantrasyonlarında (DATEM, SSL, CMC ve guar gam % 0,50, lipaz 20 mg/kg ve ksilanaz 50 mg/kg) 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlar halinde kullanılması, tek başlarına kullanılmalarına göre ekmek kalitesinin (hacim veriminin artmasının, sertliğin ve çiğnenebilirliğin düşmesinin) daha da gelişmesine neden olmuştur. Genelde DATEM, SSL ve lipazın CMC, guar ve/veya ksilanaz ile yapılan 2'li ve 3'lü kombinasyonları ve dört farklı katkı maddesini de içeren 4'lü kombinasyonlar ekmek kalitesinde belirgin bir artışa neden olurken, CMC, guar gam, ksilanaz ve bunların 2'li kombinasyonları minimum düzeyde gelişme sağlamışlardır. Ayrıca, DATEM ve SSL'nin lipaz ile 2'li ve/veya lipaz içeren 3'lü kombinasyonları diğer kombinasyonlarına göre görülen gelişmelerde nispeten gerilemeye neden olmuştur.

Mettler ve Seibel (1993) emülsifiyer (DATEM, monogliserit) ve hidrokolloid (CMC ve guar gam) kombinasyonlarının ekmeğin spesifik hacmini, yumuşaklığını ve gözenek yapısını geliştirdiğini fakat tek tek yada kombinasyonlar halinde kullanılmaları

elastikiyeti (monogliserit hariç) düşürdüğünü bildirmişlerdir. Gil vd. (1999) yaptıkları çalışmada, lipaz ve ksilanaz içeren ekmeklerin sertliklerini, lipaz veya ksilanaz içeren ekmeklerin sertliğine göre daha düşük bulmuşlardır. Ekmek içi elastikiyetinin (toparlanma kabiliyetinin) ise değişmediğini bildirmişlerdir ki, bu sonuç yapılan çalışmaya göre farklılık göstermiştir. Muhtemel kullanılan enzimlerin aktivitelerinin ve deformasyon testinde kullanılan parametrelerin farklılığını bu sonuca neden olmuştur. Benzer bir çalışmada, Park ve Morita (2004) lipaz ve ksilanaz veya her ikisini de içeren ekmeklerin spesifik hacimlerinin benzer düzeyde artış gösterdiklerini fakat ekmek içi sertliğinin farklı düzeylerde azaldığını bildirmişlerdir. Lipaz içeren ekmeğin en düşük, lipaz ve ksilanaz içeren ekmeğin ise en yüksek ekmek içi sertliğine sahip olduğunu bulmuşlardır.

İkili katkı kombinasyonlarının ekmek kalitesi üzerine etkileri arasında genelde çok fazla fark görülmemesine rağmen şu kombinasyonların etkileri dikkat çekmiştir: Ksilanazın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonu en düşük ekmek verimine, DATEM'in CMC ve lipazın guar gam ile kombinasyonları en yüksek hacim verimine, DATEM ve SSL'nin ksilanaz ile kombinasyonu en yüksek spesifik hacme, SSL'nin CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonu en düşük toparlanma kabiliyeti, elastikiyet, sertlik ve çiğnenebilirlik değerine neden olmuştur. Tersi durumu düşünüldüğünde, CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonları, tek başlarına kullanıldıkları kontrol örneklerine göre belirlenen ekmek özelliklerinde belirgin düzeylerde gelişme sağladıkları görülmüştür.

DSC ile belirlenen buzun erimesine ait sıcaklık değerleri üzerine katkı ve kombinasyonların etkileri birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur. Tüm katkı ve kombinasyonları T_{onset} sıcaklığında artışa (0,05-0,60 ^{o}C), T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında ise azalışa (0,05-0,90 ve 0,39-1,54 ^{o}C) neden olmuştur. Donmayan su (W_g', su/g kuru madde) ve donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu (C_g', ağırlık % kuru madde), katkı ve kombinasyonlara göre 0,30-0,39 ve 72-77 arasında değişmiştir. Ksilanazın kontrol örneği ve DATEM ile kombinasyonu, diğer katkı kontrolleri ve kombinasyonlara göre en düşük T_{son} sıcaklığına (4,78 ve 4,69 ^{o}C) neden olmuştur. Diğer yandan, CMC ve guar gamın kontrol örnekleri en yüksek W_g' ve en düşük C_g'

değerlerine neden olmuştur. Bunun muhtemel nedeni farinograf su absorpsiyonlarının yüksek olmasıdır. Bu katkıların eklendiği ekmeklerde diğerlerine göre daha yüksek rutubet miktarı bulunmuştur. Tananuwong ve Reid'de (2004) donmayan su miktarının başlangıçtaki su miktarına bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Sharadanant ve Khan (2003a) farklı hidrofilik gamlar içeren hamurlar ile yaptıkları çalışmada, T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarının istatistiksel olarak değişmediğini fakat, donabilen suyun azaldığını, bir başka deyişle W_g' değerinin arttığını bildirmişlerdir. Benzer bir sonuç, Lucius vd.'nin (2009) çalışmasında görülmüştür. CMC ve guar gam eklenerek hazırladıkları mısır ekmeklerinin (Masa) W_g' değerinin arttığını bildirmişlerdir.

Katkı ve kombinasyonların nişastanın jelatinizasyonunun etkileyip etkilemedikleri, ekmekler fırından çıktıktan 2 saat sonra yapılan DSC analizleri ile belirlenmiştir. DSC termogramında ~60 ^{o}C'de görülen pikin amilopektin kristallerinin erimesine ait olduğu bilinmektedir. Katkı kombinasyonları amilopektinin erime pikine ait T_{onset} sıcaklığında önemli bir değişime neden olmamışlardır (~50 ^{o}C). Ancak kontrol örnekleri arasında DATEM ve CMC T_{onset} sıcaklığını düşürmüştür (48,51 ve 47,87 ^{o}C). T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları ise katkı ve kombinasyonlarına bağlı olarak düşme görülmüştür. Dolayısıyla, hemen hemen tüm katkı kombinasyonları, nişasta kristallerinin erimesinin daha kısa sıcaklık aralığında oluşmasına neden olmuşlardır. DATEM, SSL ve lipazın kontrol örnekleri entalpi değerini (ΔH, J/g kuru madde) katkısız örneğe göre 0,10-0,20 azaltırken, CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örnekleri entalpi değerini 0,15-0,35 arasında arttırmıştır. ΔH değerinin DATEM, SSL ve lipaz ile düşmesi, bu katkıların nişasta ile kompleks oluşturmasından; CMC, guar gam ve ksilanaz ile yüksek çıkması ise, bu katkıların ortamdaki suyu tutarak nişastanın jelatinize olmasını kısıtlamalarından kaynaklanabilir.

Önceki yapılan çalışmalarda katkı maddelerinin nişastanın jelatinizasyonu (yada taze ekmekte jelatinize olmayan ve kristal yapısını koruyan) üzerinde etkilerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Eliasson (1986), nişastanın jelatinizasyon sıcaklıklarının ve ΔH değerinin emülsifiyer tipine göre değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmasında, jelatinizasyon sıcaklıklarında SSL'nin artışa, lesitinin düşüşe ve ΔH değerinde SSL'nin düşüşe, lesitinin ise bir değişime neden olmadığını görmüştür. Huang ve White (1993)

farklı monogliseritlerler içeren mumsu mısır nişastasının jelatinizasyon T_{onset} sıcaklığı ve ΔH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Andreu vd. (1999) lipaz, pentozanas/ksilanaz ve her ikisini de içeren hamurlarda, jelatinizasyon sıcaklığının ve ΔH değerinin sadece pentozanas/ksilanaz içeren hamur istatistiksel olarak arttığını bildirmişlerdir. Haros vd. (2002) selülaz, ksilanaz veya β-glukonazın, ekmeklik hamurun jelatinizasyon sıcaklıklarında ve ΔH değerinde modifikasyonlara neden olmadıklarını bildirmişlerdir. Kohyama ve Nishinari (1992), tatlı patates nişastasında CMC türevlerinin nişastanın jelatinizasyon sıcaklıklarını ve ΔH değerini etkilemediklerini bulmuşlardır. Ahmed ve Williams (2001) sago nişastasına farklı konsantrasyonlarda eklenen keçiboynuzu ve guar gamlarının jelatinizasyon sıcaklıklarında çok az düzeyde artışa (<0,6 ^{o}C) ve ΔH değerinde herhangi bir değişime neden olmadıklarını bildirmişlerdir. Benzer bir sonuç, buğday unu-hidrokollid sistemlerinde de görülmüştür (Rojas vd. 1999). Katyonik topiako nişastasının kullanıldığı bir çalışmada, eklenen guar ve ksantan gamların nişastanın jelatinizasyon T_{onset} sıcaklığını arttırdığını, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarını değiştirmediği ve ΔH değerini düşürdüğü görülmüştür (Chaisawang ve Suphantharika 2005). ΔH değerinde görülen düşüş, aslında nişastanın jelatinize olamadığını ve dolayısıyla daha fazla kristal yapısını koruduğunu göstermektedir ki bu, bulunan sonuçlarla paralellik göstermektedir. Çalışmalarda görülen bu farklılıklar, kullanılan nişastalarının moleküler yapılarının ve daha da önemlisi eklenen su miktarının farklılığından kaynaklanabilir.

Katkı kombinasyonlarının ekmeğin bayatlaması üzerine etkileri

Nişastanın retrogradasyonu, her ne kadar ekmeğin bayatlama mekanizmasını açıklanmasında tek başına yetersiz olsa da, ekmekte uzun süre bekletme ile meydana gelen değişikliklerin temel nedeni olarak görülür. Bir çok çalışma, ekmeğin sertliğinin, nişastanın retrogradasyonunun artmasına paralel olarak arttığını göstermiştir. Ancak, ekmeğin sertleşme hızının nişastanın retrogradasyon hızından daha hızlı olduğu ve dolayısıyla, ekmeğin sertleşmesinde başka etmenlerinde, örneğin suyun yada amorf fazın rol oynayabileceği bildirilmiştir (Kim ve D'Appolonia 1977a, Ghiasi vd. 1984, Rogers vd. 1988, Andreu vd. 1999, Shiraldi ve Fessas 2001, Vodovotz vd. 2002, Baik

vd. 2003, Gray ve BeMiller 2003).

Farklı katkıların optimum konsantrasyonlarında hazırlanan kombinasyonların ekmeğin bayatlama mekanizmasına etkileri mekaniksel (toparlanma kabiliyeti ve sertlik) ve termal (donmayan su miktarı, donmayan sudaki katı madde konsantrasyonu ve nişastanın retrogradasyonu) yöntemlerle belirlenmiştir. Ayrıca, ekmeklerin rutubet miktarlarında depolama süresinde meydana gelebilecek değişimlerde incelenmiştir.

Katkısız ve katkılı ekmeklerin belirlenen kalite özelliklerinde ve rutubet miktarlarında depolama süresince düşme görülmüştür. Depolamanın 4. gününde ölçülen değerlerdeki değişimler, 7. günde ölçülenlere göre genelde daha yüksek olmuştur. Katkı ve kombinasyonlardan üretilen ekmeklerin kalite özellikleri ise katkısız ekmeğinkine göre daha az düzeylerde etkilenmiştir.

DATEM, SSL, lipaz ve bunların CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarını içeren ekmeklerin toparlanma kabiliyetlerinde depolama süresince görülen düşüşler, katkısız ve CMC, guar gam veya ksilanaz içeren kontrol örneklerine göre daha az düzeyde olmuştur. Bu katkılar ekmeğin elastik bileşenlerinde muhtemelen bir artışa neden olmuşlardır (Baik ve Chinachoti 2002). Öte yandan, Rao vd. (1992), katkısız ve SSL içeren ekmeklerin depolama sonunda toparlanma kabiliyetlerindeki değişiminin birbirinden farklı olmadığını bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada, Keteels vd. (1996), SSL içeren ekmeğin gerilim-gerimin grafiğinde depolama süresince meydana gelen değişimin katkısız ekmeğinkine benzerlik gösterdiğini, bundan dolayı gerek kontrol ve gerekse de SSL içeren ekmeklerin deformasyona karşı gösterdikleri dirençlerin benzer düzeylerde olduğunu belirtmişlerdir. Emülsifiyerlerin ekmeğin yumuşaklığını artırsa da mekaniksel özelliklerinde değişime neden olmaması, yumuşaklığın nişasta ile interaksiyonlarından (ekmekte) ve elastikiyetin ve toparlanma kabiliyetinin ise gluten ile interaksiyonlarından (hamurda) ileri gelebileceğini göstermektedir (De Stefanis vd. 1977, Rao vd. 1992).

Gil vd. (1999), lipaz, ksilanaz ve bunların kombinasyonunu içeren ekmeklerin depolama süresince toparlanma kabiliyetlerinde meydana gelen düşüşün katkısız ekmeğe göre

daha az olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, lipaz içeren ekmeğin ksilanaz içeren ekmeğe göre depolama süresince toparlanma kabiliyetinde daha az düşüşe neden olduğu görülmüştür. Her iki enzimi de içeren ekmeğin ise başlangıçtaki toparlanma kabiliyeti diğerlerine göre yüksek bulunmuş ve depolama süresince de düşme olmasına rağmen yüksek kalmıştır.

CMC, guar gam ve ksilanazın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonlarından yapılan ekmeklerin depolama süresince sertlikleri, bunları tek başına içeren kontrol ekmeklerinin sertliklerine göre çok daha düşük olmuştur. DATEM, SSL ve lipazın, CMC, guar gam ve ksilanaz ile kombinasyonları ise ekmek sertliğinde, bunların kontrol örneklerine göre depolamanın 4. gününde düşüşe 7. gününde ise çok fazla bir değişime neden olmadığı görülmüştür. Üstelik, bazı kombinasyonlarda (SSL+CMC/guar gam, lipaz+guar gam/ksilanaz) sertliğin kontrol örneklerine göre daha da arttığı görülmüştür. Benzer sonuçlar önceki yapılan çalışmalarda da elde edilmiş ve katkıların değişik oranlarda sertlikte azalışa neden olduğu bildirilmiştir (He ve Hoseney 1990, Xu vd. 1992, Mettler ve Seibel 1993, Roach ve Hoseney 1995, Martínez-Anaya ve Jiménez, 1998, Andreu vd. 1999, Gil vd. 1999, Haros vd. 2002, Sharadanant ve Khan 2003b, Harada vd. 2005). Keteels vd. (1996) SSL içeren ekmeklerin Young's modülündeki depolama süresince görülen artışın kontrol örneğininkine benzer olduğunu, bir başka deyişle ekmeğin sertleşme hızının SSL'nin varlığında değişmediğini bildirmişlerdir. Diğer yandan, Armero ve Collar (1998), DATEM ve SSL'nin taze ekmeğin yumuşaklığını arttırdığını ve depolama boyunca sertleşmesini geciktirdiğini bildirmişlerdir. Courtin vd. (2001), ksilanazın ekmek içi sertliğini azalttığını fakat sertleşme hızını etkilemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, Haros vd. (2002) yaptıkları çalışmada, ksilanazın depolama süresince sertleşme hızını düşürdüğünü bulmuşlardır.

Depolama süresince katkısız ve katkı ve kombinasyonlarından üretilen ekmeklerde rutubet miktarında meydana gelen kayıplar % 1-3 arasında olmuştur. Pisesookbunterung ve and D'Appolonia (1983), katkısız ve SSL içeren ekmeklerde rutubet kaybını % 3 olarak bulmuşlar ve SSl'nin rutubet kaybını önleyemediğini bildirmişlerdir. DATEM, SSL ve lipazın ksilanaz ile kombinasyonlarından üretilen ekmeklerin rutubet miktarında

depolama süresi sonunda görülen kayıplar hemen hemen katkısız ekmekte görüleninkine yakın olmuştur. Bunun nedeni, bu kombinasyonlardan üretilen ekmeklerin hacim verimlerinin diğer katkı ve kombinasyonlara göre daha yüksek olmasından kaynaklanabilir. Depolama sonunda en yüksek rutubet miktarı CMC, guar gam ve ksilanazdan üretilen ekmeklerde görülmüştür. Hidrofilik özelliklerinden dolayı CMC ve guar gamın farinograf su absorpsiyonunda ve ekmeklerin başlangıçtaki rutubet miktarlarında artışa neden olduğu çalışmalar sırasında görülmüştür. Bu nedenlerle, depolama süresi sonunda ekmeklerin rutubet miktarının yüksek olması normaldir. Ksilanaz içeren ekmekte ise bu durum, oluşan hidroliz ürünlerinin suyu tutmalarından kaynaklanabilir. Ancak depolama süresi boyunca rutubet kaybına bakıldığında diğer katkı ve kombinasyonlardan farklı olmadıkları görülmektedir.

Depolama süresine bağlı olarak ekmekteki donabilen suyun erime sıcaklıkları düşmüştür. Bir başka deyişle, DSC'de 0 ^{o}C civarlarında görülen buzun erime piki daha düşük sıcaklıklara kaymıştır. Bu durum, ortamdaki serbest suda çözünen katı madde miktarının ve dolayısıyla viskozitenin arttığını göstermektir. Nitekim T_{onset}, T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında görülen düşüşler en fazla CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örneklerinde olmuştur. Katkısız ekmeğin depolama süresince donabilen su miktarında (W_g') çok az düzeyde bir artış ve donmayan sudaki katı madde konsantrasyonunda (C_g') ise çok az düzeyde bir azalış görülmesine rağmen bu değişikliklerin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir. Ribotta ve Le Bail (2007) depolama süresince ekmekte donabilen su miktarının arttığını ve buzun erime sıcaklıklarının düştüğünü bildirmiştir. W_g' ve C_g' değerleri üzerinde katkı ve kombinasyonların önemli düzeylerde etkileri görülmemiştir. Ancak, CMC ve guar gam içeren ekmeklerin başlangıçtaki yüksek W_g' değerleri ve düşük C_g' değerleri depolama sonunda diğer katkı ve kombinasyonlarda yapılan ekmeklerin değerleri seviyesine düşmüştür. Bu durum, CMC ve guar gam tarafından bağlanan suyun depolama sırasında serbest bırakıldığını ve suyun ekmek içi ile ekmek kabuğu arasında yada çevreye göç etmesinden ileri gelebilir. Rutubet miktarında meydana gelen düşüşler de bunu doğrulamaktadır. Wynne-Jones ve Blanshard (1986), % 30 üzeri su miktarında bağlı su miktarının değişmediğini bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, depolama süresince ekmekteki bağlı suyun çok az düzeyde artış gösterdiğini fakat, donabilen su miktarında artış olduğunu görmüşlerdir.

Bunun, suyun kristal haldeki nişasta moleküllerinde sıkışmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Öte yandan Kim-Shin vd. (1991) NMR ile yaptıkları çalışmada, bağlı sudaki değişikliğin amorf fazlardan ileri geldiğini bildirmişlerdir. Benzer açıklamalar Vodovotz vd. (1996) ve Davidou vd. (1996) tarafından da yapılmıştır.

Depolama süresince katkısız ekmekteki amilopektin kristallerinin erimesine ait T_{onset} T_{pik} ve T_{son} sıcaklıklarında azalmalar meydana gelmiştir. Katkı ve kombinasyonlarından üretilen ekmeklerde ise bu sıcaklıklarda görülen düşüşler katkısız ekmeğe göre nispeten daha az olmuş ve depolamanın etkisi fazla görülmemiştir. Amilopektinin kristalizasyonu, depolama süresince katkısız, katkı ve kombinasyonlardan üretilen ekmeklerde artış göstermiştir. ΔH değeri, depolama süresi sonunda katkısız ve CMC, guar gam ve ksilanazın kontrol örneklerinde en yüksek düzeyde bulunmuştur. DATEM, SSL ve lipazın guar gam ile kombinasyonlarında ise en düşük ΔH değerleri elde edilmiştir. Emülsifiyerlerin nişastanın retrogradasyonunu (ΔH değerini) düşürdüğü, hidrokolloidlerin ise arttırdığı önceki kaynaklarca da doğrulanmaktadır (Krog 1981, Kulp ve Ponte 1981, Eliasson ve Ljunger 1988, Gudmundsson ve Eliasson 1990, Gudmundsson 1992, Biliaderis vd. 1997, Funami vd. 2005). Rao vd. (1992), monogliserit ve SSL ile hazırlanan ekmeklerde depolama sonucu oluşan nişasta retrogradasyonunun T_{onset} sıcaklığında artış ve ΔH değerinde azalış tespit etmişlerdir. Huang ve White (1993) ise, SSL eklenen mumsu mısır nişastası jelinin retrogradasyonuna ait T_{pik} sıcaklığının arttığını ve ΔH değerinin ise düştüğünü bildirmişlerdir.

Andreu vd. (1999), lipazın T_{onset} ve T_{pik} sıcaklıklarını değiştirmediği fakat ksilanaz ve ksilanaz ile lipazın birlikte kullanılması bu sıcaklıkları arttırdığı bildirilmiştir. ΔH değerinde ise sadece ksilanaz artış göstermiştir. Depolama süresince de sıcaklıklarda ve ΔH değerinde artış olmuş, ancak enzimlerin etkileri önemsiz bulunmuştur. Haros vd. (2002) selülaz, ksilanaz ve β-glukanazın içeren ekmeklerde nişastanın retrogradasyon sıcaklıklarını etkilemediklerini fakat ΔH değerini düşürdüklerini bildirmişlerdir. Katina vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, lipaz, ksilanaz ve α-amilaz içeren

ekmeklerin, depolama süresince sertlik hızında ve amilopektin kristalizasyonunda azalma görülmüştür. Sertlikteki azalışın muhtemelen hacim artışından, amilopektin kristalizasyonundaki azalışın ise muhtemelen nişasta-gluten arasında suyun dağılımının değişmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

6. SONUÇ

Unun farinogram ve ekstensogram özellikleri üzerine katkı maddelerinin ve konsantrasyonlarının etkileri farklı olmuştur. CMC ve guar gam su absorpsiyonunda artışa; DATEM, SSL ve guar gam hamurun gelişme süresinde düşüşe; ksilanaz hariç tüm katkılar hamurun stabilitesinde artışa ve DATEM, SSL, lipaz ve guar gam hamurun yumuşama derecesinde düşüşe neden olmuştur. Katkı konsantrasyonlarının arttırılması farinogram özelliklerine ya etkisi olmamış, ya meydana gelen değişimlerin boyutunu daha da arttırmış ya da belli bir konsantrasyondan sonra değişimlerin yönünü tersine dönüştürmüştür. Farinogram özelliklerinde lipaz, DATEM ve SSL'nin etkileri paralellik göstermiştir. Ancak, lipazın stabilitenin artışı ve yumuşama derecesinin düşüşü üzerine etkisi, DATEM ve SSL'nin etkilerinden çok daha yüksek olmuştur. Ksilanazın farinogram özelliklerine etkisi ise CMC ve guar gamın etkilerine göre farklılık göstermiştir.

Hamurun R_5 ve R_m değerleri DATEM, SSL ve lipaz ile artmış, ksilanaz, CMC ve guar gam ile azalmıştır. Hamurun uzama kabiliyetini guar gam hariç, kullanılan tüm katkılar farklı düzeylerde arttırmıştır. Ksilanaz, katkılar arasında uzama kabiliyetinde en yüksek artışa neden olmuştur. DATEM ve SSL hamurun enerji değerini arttırmış, diğerleri ise herhangi bir etki göstermemiştir. Katkı konsantrasyonlarının artışı ekstensogram özelliklerinde görülen değişimleri de genelde arttırmıştır. Ancak, DATEM ve SSL % 1 seviyesinde kullanıldıklarında uzama kabiliyetinde düşüşe neden olmuşlardır. Lipazın ekstensogram özelliklerine etkisi DATEM ve SSL'nin etkilerine paralellik göstermiştir. Ancak, DATEM ve SSL, lipaza göre ekstensogram özellikleri üzerine daha fazla etkili olmuştur. Ayrıca, DATEM ve SSL'nin konsantrasyon artışları değişimlerin boyutunu arttırırken, lipazın konsantrasyon artışı herhangi bir değişime neden olmamıştır. Ksilanazın ekstensogram özelliklerine etkisi ise CMC ve guar gamın etkileriyle paralellik göstermiştir. Ancak, ksilanaz ile R_5 ve R_m değerlerindeki azalışlar ile uzama kabiliyetindeki düşüş CMC ve guar gama göre çok daha yüksek düzeyde olmuştur.

Kullanılan katkı maddeleri ekmeğin ekmek ve hacim verimini, spesifik hacmini, toparlanma kabiliyetini, tekstür profil özelliklerini (TPA), rengini, gözenek yapısını ve

dağılımını ve duyusal özelliklerini farklı düzeylerde etkilemişlerdir. DATEM, SSL ve lipazın, CMC, guar gam ve ksilanaza göre hacim veriminin ve spesifik hacmin artışında, sertliğin ve çiğnenebilirliğin düşüşünde daha çok etkili olmuşlardır. Bunların ekmek kalitesine olumlu etkileri aynı zamanda duyusal analizlerle de doğrulanmıştır. Ancak, bu katkılar yüksek konsantrasyonlarda kullanıldıklarında olumlu etkilerinde azalma görülmüştür.

DATEM, SSL ve lipaz % 0,25-0,50, % 0,25 ve 20-30 mg/kg düzeylerinde kullanıldıklarında, ekmek kalitesinin belirlenmesinde önemli bir kriter olan ekmek içi elastikiyetinde (toparlanma kabiliyetinde) artışa neden olmuştur. Ancak bu konsantrasyonların üzerinde kullanılmaları elastikiyette aşırı bir düşüşe yol açmıştır. CMC ve guar gamın elastikiyet üzerine etkisi görülmezken, ksilinaz konsantrasyonunun arttırılmasına bağlı olarak elastikiyette düşüşe neden olmuştur.

Ekmek içi gözenek yapısı incelendiğinde, tüm katkıların toplam gözenek sayısında farklı oranlarda azalmaya neden olmuştur. Toplam gözenek alanında ise DATEM, SSL ve lipaz düşmeye, ksilanaz, CMC ve guar gam ise artışa neden olmuştur. Gözenek alanı büyüklüklerine göre ayırım yapıldığında, özellikle bir mm^2'den büyük gözeneklerin sayısı hemen hemen aynıyken, toplam alanlarının CMC ve ksilanaz ile arttığı görülmüştür.

Lipazın ekmek kalitesinin gelişmesi üzerindeki etkisi DATEM ve SSL ile kıyaslandığında nispeten daha düşük olmuştur. Ayrıca konsantrasyonundaki artışların genelde bir etkisi görülmemiştir. Ksilanazın etkisi ise, CMC ve guar gamın etkilerinden hemen hemen tamamen farklı olmuştur.

DATEM, SSL, CMC, guar gam, lipaz ve ksilanazın ekmek kalitesine optimum gelişme sağlayan konsantrasyonları % 0,50, % 0,50, % 0,50, % 0,50, 20 mg/kg ve 50 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Katkıların optimum konsantrasyonlarında hazırlanan 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlar

ekmeklerin ekmek ve hacim verimleri, spesifik hacimleri, toparlanma kabiliyetleri ve tekstür profil özellikleri (TPA) üzerinde farklı etkiler yaratmıştır.

CMC, guar gam ksilinaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında ekmek verimi en yüksek düzeylere ulaşmıştır. Diğer yandan, DATEM ve SSL'nin ksilanaz içeren 2'li ve bunun yanında lipaz içeren 3'lü kombinasyonlarında ise en düşük ekmek verimi elde edilmiştir.

Hacim verimi, CMC, guar gam ksilinaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında en düşük düzeylerde olmuştur. Diğer yandan, SSL ve ksilinaz içeren 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarda hacim verimindeki artışlar en yüksek düzeyde bulunmuştur.

Ekmeğin toparlanma kabiliyeti ve TPA ile belirlenen elastikiyeti SSL'nin 2'li, 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında en düşük, DATEM'in CMC, guar gam veya ksilanaz ile 2'li ve ksilanaz ile birlikte CMC veya guar gam ile 3'lü kombinasyonlarından en yüksek değerler elde edilmiştir.

Ekmek içi sertliği ve çiğnenebilirlik değeri genelde katkıların 3'lü ve 4'lü kombinasyonlarında en düşük, CMC, guar gam, ksilinaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında en yüksek düzeylerde olmuştur. Kohesiflik değeri, CMC ve guar gamın DATEM veya lipaz ile 2'li ve bunlara ek olarak ksilinaz içeren 3'lü kombinasyonlarında en yüksek, CMC, guar gam, ksilinaz ve bunların 2'li kombinasyonlarında en düşük bulunmuştur.

Çoklu kombinasyonlarda lipazın DATEM ve SSL ile ksilanazın ise CMC ve guar gam ile kombinasyonlarının ekmek kalitesinin gelişimi üzerine etkileri diğer kombinasyonlara göre daha az düzeyde olmuştur.

İkili katkı kombinasyonlarının ekmek kalitesi üzerine etkileri arasında genelde çok fazla fark görülmemesine rağmen şu kombinasyonların etkileri dikkat çekmiştir: Ksilanazın DATEM, SSL veya lipaz ile kombinasyonu en düşük ekmek verimine, DATEM'in

CMC ve lipazın guar gam ile kombinasyonları en yüksek hacim verimine, DATEM ve SSL'nin ksilinaz ile kombinasyonu en yüksek spesifik hacme, SSL'nin CMC, guar gam veya ksilinaz ile kombinasyonu en düşük toparlanma kabiliyeti, elastikiyet, sertlik ve çiğnenebilirlik değerine neden olmuştur.

Depolama süresinin arttırılması ekmeğin toparlanma kabiliyetinde ve rutubet miktarında azalışa, sertliğinde ve nişastanın retrogradasyon entalpisinde ise artışa neden olmuştur.

Katkılar ve kombinasyonlardan üretilen ekmeklerde, kalitede görülen düşüşler nispeten daha düşük olmuş fakat hiç bir katkı ve kombinasyonlar ekmeğin bayatlamasını tamamen önleyememiştir.

DATEM, SSL, lipaz ve bunların CMC, guar gam veya ksilanaz ile kombinasyonlarından üretilen ekmekler, CMC, guar gam veya ksilinazdan üretilen ekmeklere göre ekmek kalitesinin depolama süresince korunmasında daha faydalı olmuşlardır.

KAYNAKLAR

Ahmad, F.B. and Williams, P.A. 2001. Effect of galactomannans on the thermal and rheological properties of sago starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 1579-1586.

Alloncle, M. and Doublier, J.L. 1991. Viscoelastic properties of maize starch/ hydrocolloid pastes and gels. Food Hydrocolloids, 5, 455–467.

Andreu, P., Collar, C. and Martínez-Anaya, M.A. 1999. Thermal properties of doughs formulated with enzymes and starters. European Food Research and Technology, 209, 286–293.

Anonymous. 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. The Association, St. Paul, Minessota.

Anonymous. 2002. Standard Methods of International Association for Cereal Science and Technology. ICC, Vienna.

Armero, E. and Collar, C. 1998. Crumb firming kinetics of wheat breads with antistaling additives. Journal of Cereal Science, 28, 165–174.

Azizi, M.H. and Rao, G.V. 2004a. Effect of surfactant gels on dough rheological characteristics and quality of bread. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44, 545–552.

Azizi, M.H. and Rao, G.V. 2004b. Effect of surfactant gel and gum combinations on dough rheological characteristics and quality of bread. Journal of Food Quality, 27, 320–336.

Baik, M.-Y. and Chinachoti, P. 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. Cereal Chemistry, 77, 484–488.

Baik, M.-Y. and Chinachoti, P. 2001. Effects of glycerol and moisture gradient on thermomechanical properties of white bread. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 4031–4038.

Baik, M.-Y. and Chinachoti, P. 2002. Effects of glycerol and moisture redistribution on mechanical properties of white bread. Cereal Chemistry, 79, 376–382.

Baik, M.-Y., Dickinson, L.C. and Chinachoti, P. 2003. Solid-state ^{13}C CP/MAS NMR studies on aging of Starch in white bread. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 1242–1248.

Bechtel, W.G., Meisneri D.F. and Bradley, W.B. 1953. The effect of the crust on the staling of bread. Cereal Chemistry, 30, 160–168.

Bekes, F., Zawistowska, U. and Bushuk, W. 1983. Protein-lipid complexes in the gliadin fraction. Cereal Chemistry, 60, 371–378.

Biliaderis, C.G. 1992. Structure and phase transitions of starch in food systems. Food Technology, 46, 98–102.

Biliaderis, C.G., Arvanitoyannis, I., Izydorczyk, M.S. and Prokopowich, D.J. 1997. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gels. Starch/Stärke, 49, 278–283.

Biliaderis, C.G. and Tonogai, J.R. 1991. Influence of lipids on the thermal and mechanical properties of concentrated starch gels. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39, 833–840.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology, 32, 62–66.

Caballero, P.A. Gómez, M. and Rosell, C.M. 2007. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. Journal of Food Engineering, 81, 42–53.

Callejo, M.J, Gilm, M.J., Rodriguez, G. and Ruiz, M.V. 1999. Effect of gluten addition and storage time on white bread quality. Instrumental evaluation. Zeitschrift fuer Lebensmittel -Untersuchung und –Forschung, 208, 27–32.

Campbell, G.M., Herrero-Sanchez, R., Payo-Rodriguez, R. and Merhan, L. 2001. Measurement of dynamicdough density and effect of surfactants and flour type aeration during mixing and gas retention during proofing. Cereal Chemistry, 78, 272-277.

Carr, N.O., Daniels, N.W.R. and Frazier, P.J. 1992. Lipid interactions in breadmaking. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 31, 237–258.

Castello, P., Jollet, S., Potus, J., Baret,J.-L. and Nicolas, J. 1999. Effects of mixing conditions and wheat flour dough composition on lipid hydrolysis and Ooxidation levels in the presence of exogenous lipase. Cereal Chemistry, 76, 476–482.

Cesàro, A. and Sussich, F. 2001. Plasticization: The softening of materials. In: Bread Staling, P. Chinachoti and Y. Vodovotz, (Eds), pp. 19–59. CRC Press LCC, Florida.

Chaisawang, M. and Suphantharika, M. 2005. Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. Carbohydrate Polymers, 61, 288–295.

Chen, P.L., Long, Z., Ruan, R. and Labuza, T.P. 1997. Nuclear magnetic resonance studies of water mobility in bread during storage. Lebensmittel -Wissenschaft und -Technologie 30, 176–183.

Chung, O.K. and Tsen, C.C. 1975. Functional properties of surfactants in breadmaking. I. Roles of surfactants in relation to flour constituents in a dough system. Cereal Chemistry, 52, 832–843.

Chung, O.K. and Tsen, C.C. 1977. Functional properties of surfactants in breadmaking. II. Composition of lipids associated with doughs containing various levels of surfactants. Cereal Chemistry, 52, 857–864.

Chung, O.K., Tsen, C.C. and Robinson, R.J. 1981. Functional properties of surfactants in breadmaking. III. Effects of surfactants and soy flour on lipid binding in breads. Cereal Chemistry, 58, 220–226.

Cleemput, G., Roels, S.P., Van Oort, M., Grobet, P.J. and Delcour, J.A. 1993. Heterogeneity in the structure of water-soluble arabinoxylans in European wheat flours of variable bread-making quality. Cereal Chemistry, 70, 324–329.

Collar, C., Andreu, P. and Martínez-Anaya, M.A. 1998. Interactive effects of flour, starter and enzyme on bread dough machinability. Zeitschrift für Lebensmittel - Untersuchung und –Forschung, 207, 133–139.

Collar, C., Martínez, J.C., Andreu, P. and Armero, E. 2000. Effects of enzyme associations on bread dough performance. A response surface analysis. Food Science and Technology International, 6, 217–226.

Courtin, C.M. and Delcour, J.A. 1998. Physicochemical and bread-making properties of low molecular weight wheat-derived arabinoxylans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 4066–4073.

Courtin, C.M., Gelders, G.G. and Delcour, J.A. 2001. The use of two endoxylanases with different substrate selectivity provides insight into the functionality of arabinoxylans in wheat flour bread-making. Cereal Chemistry, 78, 564–571.

Crowley, P., Grau, H. and Arendt, E.K. 2000. Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat flour. Cereal Chemistry, 77, 300–375.

Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y. 1989. Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. Cereal Chemistry, 66, 305–309.

Davidou, S., Le Meste, M., Debeve, E. and Bekaert, D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. Food Hydrocolloids, 10, 375–383.

Denli, E. and Ercan, R. 2000. Buğdaydan elde edilen suda çözünmeyen pentozan katkısının ekmeğin bazı özelliklerine etkisi. Gıda, 25, 395–405.

De Stefanis, V.A., Ponte, J.G., Chung, F.H. and Ruzza, N.A. 1977. Binding of crumb softeners and dough strengtheners during breadmaking. Cereal Chemistry, 54, 13–24.

Eliasson, A.-C. 1986. On the effects of surface active agents on the gelatinization of starch – a calorimetric investigation. Carbohydrate Polymers, 6, 463–476.

Eliasson, A.-C. and Ljunger, G. 1988. Interactions between amylopectin and lipid

additives during retrogradation in a model system. Journal of the Science of Food and Agriculture, 44, 353–361.

Engelsen, S.B., Jensen, M.K., Pedersen, H.T., Norgaard, L. and Munck, L. 2001. NMR-baking and multivariate prediction of instrumental texture parameters in bread. Journal of Cereal Science, 33, 59–69.

Ercan, R. and Özkaya, H. 1985. Emeğin bayatlaması. Gıda, 10, 335–340.

Every, D., Gerrard, J.A., Gilpin, M.J., Ross, M. and Newberry, M.P. 1998. Staling in starch bread: the effect of gluten additions on specific loaf volume and firming rate. Starch/Stärke, 50, 443–446.

Fessas, D. and Schiraldi, A. 1998. Texture and staling of wheat bread crumb: effects of water extractable proteins and pentosans. Thermochimica Acta, 323, 17–26.

Fontanet, I., Davidou,S., Dacremont, C. and Le Meste, M. 1997. Effect of water on the mechanical behaviour of extruded flat bread. Journal of Cereal Science, 25, 303–311.

Gan, Z., Ellis, P.R. and Schofield, J.D. 1995. Mini review: Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. Journal of Cereal Science, 21, 215–230.

Ghiasi, K., Hoseney, R.C., Zeleznak, K. and Rogers, D.E. 1984. Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. Cereal Chemistry, 61, 281–285.

Gil, M.J., Callejo, M.J., Rodríguez, G. and Ruiz, M.V. 1999. Keeping qualities of white pan bread upon storage: Effect of selected enzymes on bread firmness and elasticity, Zeitschrift für Lebensmittel -Untersuchung und –Forschung, 208, 394–399.

Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W.S., Courtin, C.M. Gebruers, K. and Delcour, J.A. 2005. Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. Trends in Food Science and Technology, 16, 12–30.

Goesaert, H., Leman, P. and Delcour, J.A. 2008. Model approach to starch functionality in bread making. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 6423–6431.

Gómez, M., del Real, S., Rosell, C.M., Ronda, F. and Blanco, C.A. 2004. Fuctionality of different emulsifiers on the performance of breadmaking and wheat bread quality. European Food Research and Technology, 219, 145–150.

Gras, EW., Carpenter, H.C. and Anderssen, R.S. 2000. Modelling the developmental rheology of wheat-flour dough using extension tests. Journal of Cereal Science, 31, 1–13.

Gray, J.A. and BeMiller, J.N. 2003. Bread staling: molecular basis and control. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2, 1–21.

Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. and Galotto, M.J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids, 18, 241–247.

Gudmundsson, M. 1992. Effects of an added inclusion-amylose complex on the retrogradation of some starches and amylopectin. Carbohydrate Polymers, 17, 299–304.

Gudmundson, M. and Eliasson, A.-C. 1990. Retrogradation of amylopectin and the effects of amylose and added surfactants/emulsifiers. Carbohydrate Polymers, 13, 295–315.

Guy, R.C.E. and Sahi, S.S. 2006. Application of a lipase in cake manufacture. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 1679–1687.

Ha, S.P., Tomoko, M. and Naofumi, M. 2005. Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. The Japanese Society of Applied Glycoscience, 52, 337–343. (Abstract).

Hallberg, L.M. and Chinachoti, P. 1992. Dynamic mechanical analysis for glass transitions in long shelf-life bread. Journal of Food Science, 57, 1201–1229.

Harada, O., Lysenko, E.D. and Preston, K.R. 2000. Effects of commercial yydrolytic enzyme additives on Canadian short process bread properties and processing characteristics. Cereal Chemistry, 77, 70–76.

Harada, O., Lysenko, E.D., Edwards, N.M. and Preston, K.R. 2005. Effects of commercial yydrolytic enzyme additives on Japanese-style sponge and dough bread properties and processing characteristics. Cereal Chemistry, 82, 314–320.

Haros, M., Rosell, C.M. and Benedito, C. 2002. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. European Food Research and Technology, 215, 425–430.

He, H. and Hoseney, R.C. 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-therm storage. Cereal Chemistry, 67, 603–605.

Hilhorst, R., Dunnewind, B., Orsel, R., Stegeman, P., van Vliet, T., Gruppen, H. and Schols, H.A. 1999. Baking performance, rheology, and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes. Journal of Food Science, 64, 808–813.

Huang, J.J. and White, P.J. 1993. Waxy corn starch: monoglyceride interaction in a model system. Cereal Chemisrty, 70, 42–47.

Indrani, D. and Rao, G.V. 2003. Influence of surfactants on dough rheological characteristics of dough and quality of parotta. International Journal of Food Science and Technology, 38, 47–54.

Inoue, S., Tugita, K., Koike, S., Suzuki, K. and Kamoi, I. 1996. Effects of monoglyceride fatty acid species on the properties of dough protein. Food

Science and Technology International, 2, 97–102.

Jagannath, J.H., Jayaraman, K.S., Arya, S.S. and Somashekar, R. 1998. Differential scanning calorimetry and wide-angle X-ray scattering studies of bread staling. Journal of Applied Polymer Science, 67, 1597–1603.

Jiang, Z., Li, X., Yang, S., Li, L. and Tan, S. 2005. Improvement of the breadmaking quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from Thermotoga maritima. Food Research International, 38, 37–43.

Jouppila, K., Kansikas, J. and Roos, Y.H. 1998. Factors affecting crystallization and crystallization kinetics in amorphous corn starch. Carbohydrate Polymers, 36, 143–149.

Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P. and Autio, K. 2006. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. Lebensmittel -Wissenchaft und –Technologie, 39, 479–491.

Keetels, C.J.A.M., van Vliet, T., Jurgens, A. and Walstra, P. 1996. Effects of lipid surfactants on the structure and mechanics of concentrated starch gels and starch bread. Journal of Cereal Science, 24, 33–45.

Kenny, S., Wehrle, K., Dennehy, T. and Arendt, E.K. 1999. Correlation between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough. Cereal Chemistry, 76, 421–425.

Kim, S.K., D'Appolonia, B.L. 1977a. Bread staling studies. II. Effect of protein content and storage temperature on the role of starch. Cereal Chemistry, 54, 216–224.

Kim, S.K. and D'Appolonia, B.L. 1977b. Bread staling studies. I. Effect of protein content on staling rate and bread crumb pasting properties. Cereal Chemistry, 54, 207–215.

Kim, S.K. and D'Appolonia, B.L. 1977c. Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels. Cereal Chemistry, 54:150–160.

Kim, S.K. and D'Appolonia, B.L. 1977d. Bread staling studies. III. Effect of pentosans on dough, bread, and bread staling rate. Cereal Chemistry, 54, 225–229.

Kim-Shin, M.-S., Mari, F., Rao, P.A., Stengle, T.R. and Chinachoti, P. 1991. ^{17}O Nuclear magnetic resonance studies of water mobility during bread staling, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39, 1915–1920.

Kohyama, K. and Nishinari, K. 1992. Cellulose derivatives effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. Journal of Food Science, 57, 128–131.

Krog, N. 1981. Theoretical aspects of surfactants in relation to their use in breadmaking. Cereal Chemistry, 58, 158–164.

Kulp, K. and Ponte, J.G. 1981. Staling of white pan bread: fundamental causes. Critical

Reviews in Food Science and Nutrition, 15, 1–48.

Laaksonen, T. and Roos, Y. 2000. Thermal, dynamic-mechanical, and dielectric analysis of phase and state transitions of frozen wheat doughs. Journal of Cereal Science, 32, 281–292.

Labat, E., Rouau, X. and Morel, M.-H. 2002. Effect of flour water-extractable pentosans on molecular associations in gluten during mixing. Lebensmittel -Wissenchaft und –Technologie, 35, 185-189.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten- free formulations. Journal of Food Engineering, 79, 1033–1047.

Le Meste, M., Champion, D., Roudaut, G., Blond, G. and Simatos, D. 2002. Glass transition and food technology: A critical appraisal. Journal of Food Science 67, 2444–2458.

Lent, P.J. and Grant, L.A. 2001. Effects of additives and storage temperature on staling properties of bagels. Cereal Chemistry, 78, 619–624.

León, A.E., Durán E. and De Barber, C.B. 2002. Utilization of enzyme mixtures to retard bread crumb firming. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 1416–1419.

Levine, H. and Slade, L. 1986. A polymer physico-chemical approach to the study of commercial starch hydrolysis products (SHPs). Carbohydrate Polymers, 6, 213–244.

Linlaud, N.E., Puppo, M.C. and Ferrero, C. 2009. Effect of hydrocolloids on water absorption of wheat flour and farinograph and textural characteristics of dough. Cereal Chemistry, 86, 376–382.

Liu, Q. and Thompson, D.D. 1998. Effects of moisture content and different gelatinization heating temperatures on retrogradation of waxy-type maize starches. Carbohydrate Research, 314, 221–235.

Lucius, R., Gao, Y. and Vodovotz, Y. 2009. Characterization of water state in masa with different hydrocolloids. Cereal Chemistry, 86, 350–354.

MacRitchie, F. 1976. Flour lipids and their effects in baking, Journal of the Science of Food and Agriculture, 28, 53–58.

MacRitchie, F. 1981. Flour lipids: Theoretical aspects and functional properties. Cereal Chemistry, 58, 156–158.

Martin, M.L., Zeleznak, K.J. and Hoseney, R.C. 1991. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. Cereal Chemistry, 68, 498–503.

Martínez-Anaya, M.A. and Jiménez T. 1997. Rheological properties of enzyme

supplemented doughs. Journal of Texture Studies, 28, 569–583.

Martínez-Anaya, M.A. and Jiménez, T. 1998. Physical properties of enzyme supplemented doughs and relationship with bread quality parameters. Zeitschrift für Lebensmittel -Untersuchung und –Forschung, 206, 134–142.

Matveev, Y.I., Grinberg, V.Y. and Tolstoguzov, V.B. 2000. The plasticizing effect of water on proteins, polysaccharides and their mixtures. Glassy state of biopolymers, food and seeds. Food Hydrocolloids, 14, 425–437.

Mettler, E. and Seibel, W. 1993. Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: A response surface methodology study. Cereal Chemistry, 70, 373–377.

Michniewicz, J., Biliaderis, C.G. and Bushuk, W. 1992 Effect of added pentosans on some properties of wheat bread. Food Chemistry 43, 251–257.

Mills, E.N.C., Wilde, P.J., Salt, L.J. and Skeggs, P. 2003. Bubble formation and stabilization in bread dough. Trans IchemE, 81, 189–193.

Moore, M.M., Schober, T.J., Dockery, P. and Arendt, E.K. 2004. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. Cereal Chemistry, 567–575.

Morikawa, K. and Nishinari, K. 2000. Rheological and DSC studies of gelatinization of chemically modified starch heated at various temperatures. Carbohydrate Polymers, 43, 241–247.

Moayedallaie, S., Mirzaei, M. and Peterson, J. 2010. Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. Food Chemistry, 122, 495–499.

Olesen, T., Qi Si, J. and Donelyan, V. 2000. Use of lipase in baking. US Patent Office, US006110508A.

Orlowska, M., Utzig, E. and Randzio, S.L. 2010. Thermogravimetric study of water state in wheat starch gels obtained under high pressures. Annals of the New York Academy of Sciences, 1189, 55–61.

Orthoefer, F. T. 1997. Applications of emulsifiers in baked foods. In: Food Emulsifiers and Their Applications, G.L. Hasenhuettl and R.W. Hartel, (Eds), pp. 211–234. Chapman and Hall, New York.

Park, S.H. and Morita, N. 2004. Effects of enzymes on the dough properties and bread quality of wheat flour partly substituted for amaranth flour. Food Science and Technology Research, 10, 127–131.

Peressini, D. and Sensidoni, A. 2009. Effect of soluble dietary fiber addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. Journal of Cereal Science, 49, 190–201.

Pisesookbunterung, W. and D'Appolonia, B.L. 1983. Bread staling studies: I. Effect of surfactants on moisture migration from crumb to crust and firming values of bread crumb. Cereal Chemistry, 60, 298–300.

Pomeranz,Y., Shorgen, M.D., Finney, K.F. and Bechtel, D.B. 1977. Fiber in breadmaking – Effects on functional properties. Cereal Chemistry, 54, 25–41.

Poulson, C.H., Søe, J.B., Rasmussen, P., Madrid, S.M. and Zargahi, M.R. 2006. Lipase and use of same for improving doughs and baked products. European Patent Office, EP 1 721 527 B1.

Primo-Martín, C., Martínez-Anaya, M.A. and Collar, C. 2004. Composition of the glutenin macropolymer: effects of flour quality. European Food Research and Technology, 218, 56–61.

Primo-Martín, C., van de Pijpekamp, A., van Vliet, T., de Jongh, H.H.J., Plijter, J.J. and Hamer, R.J. 2006. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. Journal of Cereal Science, 43, 342–352.

Primo-Martín, C., van Nieuwenhuijzen, N.H., Hamer, R.J. and van Vliet, T. 2007 Crystallinity changes in wheat starch during the bread-making process: Starch crystallinity in the bread crust. Journal of Cereal Science, 45, 219-226.

Qi Si, J. and Hansen, T.T. 1994. Effect of lipase on breadmaking in correlation with their effects on dough rheology and wheat lipids. International Symposium and Exhibition on New Approaches in the Production of Foodstuffs and Intermediate Products from Cereal Grains and Oil Seeds. ICC/AACC/CCOA/AOCS. Beijing, China.

Rao, G.V., Indrrani, D. and Sharpalekar, S.R. 1985. Guar gum as an additives for improving the bread making quality of wheat flours. Journal of Food Science Technology, 22, 101–107.

Rao, P.A., Nussinovitch, A. and Chinachoti, P. 1992. Effects of selected surfactants on amylopectin recrystallization and on recoverability of bread crumb during storage. Cereal Chemistry, 69, 613–618.

Ravi, R., Manohar, R.S. and Rao, P.H. 2000. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. European Food Research and Technology, 210, 202–208.

Ribotta, P.D. and Le Bail, A. 2007. Thermo-physical assessment of bread during staling. Lebensmittel -Wissenchaft und –Technologie, 40, 879–884.

Ribotta, P.D., Cuffini, S., León, A.E. and Añón, M.C. 2004. The staling of bread: An X-ray diffraction study. Europan Food Research Technology 218, 219–223.

Ring, S.G., Colonna, P., I'Anson, K.J., Kalichevsky, M.T., Miles, M.J., Morris, V.J. and Orford, P.D. 1987. The gelation and crystallization of amylopectin. Carbohydrate Research, 162, 277–293.

Roach, R.R. and Hoseney, R.C. 1995. Effect of certain surfactants on the starch in bread. Cereal Chemistry 72, 578–582.

Rogers, D.E., Zeleznak, K.J., Lai, C.S. and Hoseney, R.C. 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. Cereal Chemistry, 65, 398–401.

Rojas, J.A., Rosell, C.M. and Benedito de Barber, C. 1999. Pasting properties of different wheat flour–hydrocolloid systems. Food Hydrocolloids, 13, 27–33.

Roos, Y. 1995. Characterization of food polymers using state diagrams. Journal of Food Engineering 24, 339–360.

Roos, Y.H. 2007. Phase transitions and transformations in food systems. In: Handbook of Food Engineering, D.R. Heldman and D.B. Lund (Eds), pp. 287–352. CRC Press LCC, New York.

Rosell, C. M., Rojas, J. A. and Benedito de Barber, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids, 15, 75–81.

Rouau, X., EI Hayek, M.L. and Moreau, D. 1994. Effect of an enzyme preparation containing pentosanases on the bread-making quality of flours in relation to changes in pentosan properties. Journal of Cereal Science, 19, 259–272.

Roudaut, G., Dacremonta, C., Pamies, B.V., Colas, B. and Le Meste, M. 2002. Crispness: a critical review on sensory and material science approaches. Trends in Food Science and Technology, 13 ,217–227.

Russell, P.L. 1983. A kinetic study of bread staling by differential scanning calorimetry and compressibility measurements. The effect of different grits. Journal of Cereal Science, 1, 285–296.

Saeed, F., Pasha, I., Anjum, F.M. and Sultan, M.T. 2011. Arabinoxylans and arabinogalactans: A comprehensive treatise. Critical Review in Food Science and Nutrition, 51, 467–476.

Schiraldi, A. and Fessas, D. 2001. Mechanism of staling: An overview, In: Bread Staling, P. Chinachoti and Y. Vodovotz, (Eds), pp. 1–17. CRC Press LCC, Florida.

Schiraldi, A., Piazza, L., Brenna, O. and Vittadini, E. 1996. Structure and properties of bread dough and crumb. Journal of Thermal Analysis, 47, 1339–1360.

Schmidt, S.J. 2004. Water and solid mobility in foods. Advances in Food and Nutrition Research, 48, 1–101.

Selinheimo, E., Kruus, K., Buchert, J., Hopia, A. and Autio, K. 2006. Effects of laccase, xylanase and their combination on the rheological properties of wheat doughs. Journal of Cereal Science, 43, 152–159.

Sharadanant, R. and Khan, K. 2003a. Effects of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality. Cereal Chemistry, 80, 764–772.

Sharadanant, R. and Khan, K. 2003b. Effects of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. Bread characteristics. Cereal Chemistry, 80, 773–780.

Shewry, P.R., Halford, N.G., Tatham, A.S., Popineau, Y, Lafiandra, D. and Belton, P. 2003. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining wheat processing properties. Advances in Food and Nutrition Research, 45, 219–302.

Shogren, R. L. 1992. Effect of moisture content on the melting and subsequent physical ageing of cornstarch. Carbohydrate Polymers, 19, 83–90.

Siswoyo, T.A., Tanaka, N. and Morita, N. 1999. Effect of lipase combined with α-amylase on retrogradation of bread. Food Science and Technology Research, 5, 356–361.

Slade, L. and Levine, H. 1988. Non-equilibrium melting of native granular starch: Part I. Temperature location of the glass transition associated with gelatinization of A-type cereal starches. Carbohydrate Polymers, 8, 183–208.

Slade, L. and Levine, H. 1991. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 30, 115–360.

Slade, L. and Levine, H. 1993. Water relationships in starch transitions. Carbohydrate Polymers, 21, 105–131.

Slade, L. and Levine, H. 1995. Water and the glass transition – Dependence of the glass transition on composition and chemical structure: Special implications for flour quality in cookie baking. Journal of Food Engineering, 24, 431–509.

Smits, A.L.M., Ruhnau, F.C., Vliegenthart, J.F.G. and van Soest, J.J.G. 1998. Ageing of starch based systems as observed with FT-IR and solid state NMR spectroscopy. Starch/Stärke, 50, 478–483.

Sroan, B.S. and MacRitchie, F. 2009 Mechanism of gas cell stabilization in breadmaking. II. The secondary liquid lamellae. Journal of Cereal Science, 49, 41–46.

Stampfli, L. and Nersten, B. 1995. Emulsifiers in bread making. Food Chemistry, 52, 353–360.

Stampfli, L., Nersten, B. and Molteberg, E.L. 1996. Effects of emulsifiers on farinograph and extensograph measurements. Emulsifiers in bread making. Food Chemistry, 52, 523–530.

Stojceska, V. and Ainsworth, P. 2008. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. Food Chemistry, 110, 865–872.

Tako, M. and Hizukuri, S. 2000. Retrogradation mechanism of rice starch. Cereal Chemistry, 77, 473–477.

Tananuwong, K. and Reid, D.S. 2004. DSC and NMR relaxation studies of starch–water interactions during gelatinization. Carbohydrate Polymers, 58, 345–358.

Thiewes, H.J. and Steeneken, P.A.M. 1997. The glass transition and the sub-T_g endotherm of amorphous and native potato starch at low moisture content. Carbohydrate Polymers, 32, 123–130.

Toufeili, I. and Kokini, J.L. 2004. Glass transition behavior and rheological properties of surfactants and gluten-surfactant mixtures. Cereal Chemistry, 81, 582–588.

Toufeili, I., Habbal, Y., Shadarevian, S. and Olabi, A. 1999. Substitution of wheat starch with nonwheat starches and cross-linked waxy barley starch affects sensory properties and staling of Arabic bread. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79, 1855–1860.

Tsen, C. and Weber, J. 1981. Dough properties and proof times of yeasted doughs affected by surfactants. Cereal Chemistry, 58, 180–181.

Ukai, T. and Urade, R. 2007. Cooperation of phosphotidylcholine with endogenous lipids of wheat flour for an increase in dough volume. Food Chemistry, 102, 225–231.

van Nieuwenhuijzen, N.H., Tromp, R.H., Mitchell, J.R., Primo-Martín, C., Hamer, R.J. and van Vliet, T. 2010. Relations between sensorial crispness and molecular mobility of model bread crust and its main components as measured by PTA, DSC and NMR. Food Research International, 43, 342–349.

Vittadini, E. and Vodovotz, Y. 2003. Changes in the physicochemical properties of wheat- and soy- containing breads during storage as studied by thermal analysis. Journal of Food Science, 68, 2022–2027.

Vodovotz, Y. and Chinachoti, P. 1998. Glassy-rubbery transition and recrystallization during aging of wheat starch gels. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 446–453.

Vodovotz, Y., Hallberg, L. and Chinachoti, P. 1996. Effect of aging and drying on thermomechanical properties of white bread as characterized by dynamic mechanical analysis (DMA) and differential scanning calorimetry (DSC). Cereal Chemistry, 73, 264–270.

Vodovotz, Y., Vittadini, E. and Sachleben, J.R. 2002. Use of ^{1}H cross-relaxation nuclear magnetic resonance spectroscopy to probe the changes in bread and its components during aging. Carbohydrate Research, 337, 147–153.

Wang, M., Hamer, R.C., van Vliet, T. and Oudgenoeg, G. 2002. Interaction of water extractable pentosans with gluten protein: Effect on dough properties and gluten quality. Journal of Cereal Science, 36, 25–37.

Wang, M., van Vliet, T. and Hamer, R.C. 2004. Evidence that pentosans and xylanase affect the re-agglomeration of the gluten network. Journal of Cereal Science 39, 341–349.

Wang, M., van Vliet, T. and Hamer, R.C. 2005. Interaction of water unextractable solids and xylanase with gluten protein: Effect of wheat cultivar. Journal of Cereal Science, 41, 251–258.

Wilson, R.H., Kalichevsky, M.-T., Ring, S.G. and Belton, P.S. 1987. A Fourier-transform infrared study of gelatin and retrogradation of waxy maize starch. Carbohydrate Research, 166, 162–165.

Wynne-Jones, S. and Blanshard, J.M.V. 1986. Hydration studies of wheat starch amylopectin, amylose gels and bread by proton magnetic resonance. Carbohydrate Polymers, 6, 289–306.

Xiujin, Z., Jinquan, S. and Zaigui, L. 2007. Effects of DATEM on dough rheological characteristics and qualities of CSB and bread. Cereal Chemistry, 84, 181–185.

Xu, A., Chung, O.K. and Ponte, J.G. 1992. Bread amylograph studies. I. Effects of storage time, shortening, flour lipids, and surfactants. Cereal Chemistry, 69, 495–501.

Zeleznak, .KJ. and Hoseney, R.C. 1986. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. Cereal Chemistry, 63, 407–412.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdullah Sinan ÇOLAKOĞLU

Doğum Yeri : Tarsus

Doğum Tarihi : 07/03/1968

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Konya Gazi Lisesi (1982–1985)

Lisans : Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü (1986–1990)

Yüksek Lisans : Ohio Eyalet Üniversitesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü (1996–1998)

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl

Araştırma Görevlisi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara (2005–Devam)

Araştırma Görevlisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Kahraman Maraş (2002–2005)

Kalite Kontrol Mühendisi, Adana Un Fabrikası, Adana (1992–1993)

Yayınları (SCI ve diğer)

Colakoglu, A.S., Erinç, H., Tekin, A. 2010. Thermo-oxidative stability of soybean oil in the presence of alpha-, beta-, gamma- and delta-tocopherols. *1st International Congress on Food Technology,* 03-06 November, Antalya.

Özkaya, H., Özkaya, B., **Colakoglu, A.S.** 2009. Technological properties of a variety of

soft and hard bread wheat infested by Rhyzopertha dominica (F.) and Tribolium confusum du Val. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(3-4), 166-172.

Servi, S., Özkaya, H., **Colakoglu, A.S.** 2008. Dephytinization of wheat bran by fermentation with bakers' yeast, incubation with barley malt flour and autoclaving at different pH levels. *Journal of Cereal Science*, 48, 471-476.

Çolakoğlu, A.S., Serindağ, O. 2008. Yağların termooksidatif stabiliteleri ile termoanalitik ve kinetik parametrelerinin belirlenmesinde diferansiyel tarama kalorimetresinin kullanımı. *Türkiye 10. Gıda Kongresi,* 21-23 Mayıs, Erzurum.

Colakoglu, A.S., Özkaya, H., Serindag, O. 2008. Effect of soy flour on moisture distribution and amylopectin recrystallization in white pan bread. *ICC International Conference,* 24-26 April, İstanbul.

Colakoglu, A.S. 2007. Oxidation kinetics of soybean oil in the presence of monoolein, stearic acid and iron. *Food Chemistry*, 101(2), 724–728.

Çınar, İ., **Çolakoğlu, A.S.** 2005. Ön işlem ve depolama koşullarının portakal kabuğu karotenoitlerinin stabilitesi üzerine etkileri. *Gıda*, 30(1), 9–14.

Çınar, İ., **Çolakoğlu, A.S.** 2005. Potential health benefits of rose hip products. In *Proceedings of 1st International Rose Hip Conference*, H. Nybom, K. Rumpunen (Eds.), *Acta Horticulture* (ISHS), 690, p. 253–258.

Chung, H., **Colakoglu, A.S.,** Min, D.B. 2004. Relationahip among headspace oxygen uptake, peroxide value and conjugated diene content in soybean oil oxidation. *Journal of Food Science*, 69(2), 84–88.

Çınar, İ., **Çolakoğlu, A.S.** 2004. İşleme sezonu ve durultma yardımcı maddelerinin vişne pres suyu kimyasal bileşimine etkileri. *Türkiye 8. Gıda Kongresi,* 26-28 Mayıs, Bursa.

Çınar, İ., **Çolakoğlu, A.S.** 2004. Ön işlem ve depolama koşullarının portakal kabuğu karotenoitlerinin stabilitesi üzerine etkileri. *Türkiye 8. Gıda Kongresi,* 26-28 Mayıs, Bursa.

Çınar, İ., Alma, H.**, Çolakoğlu, A.S.** 2004. Kuşburnu karotenoid pigmentlerinin ekstraksiyonu ve gıdalarda kullanım potansiyelinin belirlenmesi. *Geleneksel*

Gıdalar Sempozyumu, 23-24 Eylül, Van.

Çınar, İ., **Çolakoğlu, A.S.** 2004. Measuring and modeling sorption isotherms of rose hip for the food industry. *1st International Rose Hip Conference,* 07-10 September, Gümüşhane.

Çolakoğlu, A.S., Çınar İ. 2004. Farklı prooksidantların yağların oksidasyon kinetiği üzerine etkileri. *Türkiye 8. Gıda Kongresi*, 26-28 Mayıs, Bursa.

Çolakoğlu, A.S., Çınar İ. 2004. Soya unu katkılı ekmeklerin fiziko-kimyasal özellikleri. *Türkiye 8. Gıda Kongresi*, 26-28 Mayıs, Bursa.

Çolakoğlu, A.S., Çınar İ. 2004. Bozanın reolojik özellikleri. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu,* 23-24 Eylül, Van.

Duman, A.D., Çınar, İ., Özsisli, B., **Çolakoğlu, A.S.** 2004. Kahraman Maraş'ta gıda sektörünün sorunları ve çözüm önerileri. *1. Kahramanmaraş Sempozyumu,* 6-8 Mayıs, Kahramanmaraş.

Çolakoğlu, A.S., Çınar İ. 2004. Soya unu katkılı ekmeklerin fiziko-kimyasal özellikleri. *Gıda*, 29(4), 291–296.

Colakoglu, A.S., Cinar I., Gezginç, Y. 2004. Health benefits of olive and olive oil biophenols in the Mediterranean diet. *5th International Symposium on Olive Growing,* 27 September-02 October, İzmir.

Çolakoğlu, A.S., Vodovotz, Y. 2004. Physicohemical properties of soy bread during storage. *1st International Congress on Functional Foods and Neutraceuticals*, 27-29 April, Antalya.

Colakoglu, A.S., Vodovotz, Y. 2001. Physicohemical properties of soy bread. *AACC Annual Meeting*, 14-18 October, Charlotte, SC, USA.

Colakoglu, A.S., Vodovotz, Y. 2001. The effect of soy on the thermal and mechanical properties of bread during storage. *OARDS* Annual Conference, 05 April, Columbus, OH, USA.

Colakoglu, A.S., Min, D.B. 1998. Relationship among peroxide value, headspace oxygen uptake, and conjugated diene content in soybean oil. *IFT Annual Meeting*, 20-24 June, Atlanta, GA, USA.