

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İşlay YILMAZ

**POLİDEKSTROZ, İNÜLİN VE BUĞDAY LİFİ
KULLANIMININ HAMUR ÖZELLİKLERİ VE EKMEK
NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2022

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**POLİDEKSTROZ, İNÜLİN VE BUĞDAY LİFİ KULLANIMININ
HAMUR ÖZELLİKLERİ VE EKMEK NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİ**

Işıl YILMAZ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Yıl: 2022, Sayfa: 137
Jüri : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Doç. Dr. Halef DİZLEK

Çalışmada; ekmeklerin diyet lif içeriklerini arttırarak fonksiyonel özelliklerinin geliştirmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, ekmeklik buğday ununa; çözünmez lif kaynağı olarak sabit oranda (%5) buğday lifi, çözünür lif kaynakları olarak değişken oranlarda (%2, %4, %6) polidekstroz ve inülin, tek başlarına ve kombinasyonlar halinde kullanılarak, hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hamura tek başına buğday lifi ilavesinin farinografta belirlenen; su absorpsiyonu ve yumuşama derecesi değerlerini arttırdığı, gelişme ve stabilite süresi değerlerini düşürdüğü, ekstensografta belirlenen; maksimum direnç (R_{max}), sabit deformasyondaki direnç (R_s), enerji ve oran değerlerini arttırdığı, uzamayı azalttığı belirlenmiştir. Buğday lifinin yanı sıra değişen düzeylerde polidekstroz ve inülin ilavesinin ise hamuruların gelişme ve stabilite süresi ile R_s , R_{max} , enerji ve oran değerlerini genel olarak arttırdığı, su absorpsiyonu, yoğurma tolerans sayısı ve yumuşama derecesi ile uzama değerlerini ise genel olarak azalttığı tespit edilmiştir. Diyet lif ilaveleri ile üretilen ekmeklerin özellikleri incelendiğinde; diyet lif konsantrasyonu artışına bağlı olarak ekmeklerin sertlik, çiğnenebilirlik, gözenek yoğunluğu, toplam diyet lif değerlerinde genel olarak artış; yükseklik, hacim, nem, pişme kaybı ve porozite değerlerinde genel olarak azalış belirlenmiştir. Duyusal analizlere göre, en beğenilen ekmeklerin buğday lifine, %2 konsantrasyonda inülin ilaveli ekmeklere ait olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, diyet lif içeriği tam buğday ekmeği ile kıyaslanabilir düzeyde olan fonksiyonel beyaz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelime: Ekmek, Diyet Lif, Buğday Lifi, Polidekstroz, İnülin

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECT OF POLYDEXTROSE, INULIN AND WHEAT FIBER ADDITION ON DOUGH PROPERTIES AND BREAD QUALITIES

İşıl YILMAZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF BASIC AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Year: 2022, Pages: 137
Jury : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Assoc. Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Assoc. Prof. Dr. Halef DİZLEK

In this study, it was aimed to improve the functional properties of breads by increasing their dietary fiber content. For this purpose, wheat fiber as insoluble fiber source in constant concentration (5%) was added in wheat flour; polydextrose and inulin as soluble fiber sources in 3 different concentrations (2%, 4%, 6%) were used individually or in combinations of each other. Their effects on dough and bread qualities were investigated. According to the farinograph analysis, the addition of wheat fiber to the dough increased the water absorption and softening degree whereas it decreased the development and stability time values. According to the extensograph analysis, the addition of wheat fiber increased the resistance at constant deformation (R_5), maximum resistance (R_{max}), energy and ratio values whereas it decreased the extensibility. In addition to wheat fiber, it was determined that the addition of varying levels of polydextrose and inulin, individually or in combination, generally increased the development and stability time of doughs, as well as R_5 , R_{max} , energy, ratio values and generally decreased the water absorption, mixing tolerance number, softening degree and extensibility values. When the properties of breads produced with dietary fiber additions are examined; hardness, chewiness, pore density, dietary fiber values were generally increased; height, volume, moisture, cooking loss and porosity values were decreased with the increase in dietary fiber concentration. According to the results of the sensory analysis, it was determined that the highest general acceptability value belonged to the bread with a constant concentration (5%) of wheat fiber and 2% concentration of inulin added. As a result, functional white bread was produced with dietary fiber content is comparable to whole wheat bread.

Keywords: Bread, Dietary Fiber, Wheat Fiber, Polydextrose, Inulin

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Diyet lifler, insan vücudunda sindirilmeyen bitkisel kaynaklı polisakkaritlerin kompleks bir karışımıdır. Bitkilerdeki görevlerine, yapılarındaki polisakkarit çeşidine, fizyolojik özelliklerine ve suda çözünürlük durumlarına göre çözünebilir ve çözünmez lif olmak üzere sınıflandırılabilirler. Sağlık üzerinde birçok olumlu etkileri olan diyet liflerin kalın bağırsak fonksiyonlarını düzenlediği, glikoz ve lipit metabolizması ile mineral absorpsiyonu üzerinde fizyolojik etkileri olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda diyet liflerin kabızlık, hemoroit, kolon kanseri, obezite, diyabet ve kalp damar hastalıklarına karşı koruyucu etkisi olduğu bildirilmektedir. Sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin yanı sıra, gıdanın kalori değerini azaltma, yüksek su tutma kapasitesi sebebi ile bayatlamayı geciktirme ve nem dengesini koruma kabiliyeti, yağ ikamesi olarak kullanılabilme potansiyeli, tekstürel yapıyı geliştirme ve/veya iyileştirme gibi özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde diyet liflerin kullanım alanı ve sıklığı artmaktadır.

Diyet liflerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri göz önüne alındığında, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) günlük 25 g lif alımını tavsiye etmektedir. Düşük randımanlı ekmeklik buğday unlarının diyet lif içeriği kuru maddede yaklaşık %2,5-4 aralığında değişmekte iken, tam buğday unlarının diyet lif içeriği kuru maddede yaklaşık %6-14 aralığındadır. Diğer bir taraftan, ekmeklik buğday unundan üretilen ekmekler yaklaşık olarak %2 ile %3,5; tam buğday ekmekleri ise %5 ile %11 aralığında değişen diyet lif içeriğine sahiptirler. Dolayısıyla tam buğday ekmeği tüketiminin, günlük alınan diyet lif miktarına katkısı oldukça büyüktür. Her ne kadar tam buğday unundan üretilen yüksek lif içeriğine sahip ekmeklerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri, uzmanlar tarafından vurgulanmış olsa da ülkemizde tam buğday unu üretimi oldukça düşüktür. Sınırlı üretimin sebepleri arasında tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin, düşük hacim, koyu kabuk ve ekmek içi rengi ile olumsuz tat ve tekstürel nitelikleri gösterilmektedir.

Dolayısıyla, sağlıklı yaşamı benimseyen veya özel tüketici gruplarının dışında kalan kitleler tarafından tam buğday unu ile üretilen ekmeklerin tüketimi düşük düzeylerde kalmaktadır. Bu amaçla çalışmada, beyaz ekmek tüketimini tercih eden ve aynı zamanda sağlıklı yaşam tarzını benimseyenler için ekmeğin kalite özellikleri korunarak, diyet lif miktarının artırılması ile diyet liflerce zenginleştirilmiş, tüketici kabul edilebilirliği yüksek fonksiyonel beyaz ekmek üretimi gerçekleştirilmesi ve diyet liflerin hamur ile ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda Kontrol 1 örneği hariç olmak üzere ekmek formülasyonlarının tamamına %5 oranında buğday lifi (çözünmez lif) ilave edilmiş; %2, %4, %6 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda, polidekstroz ve inülin (çözünür lifler) tek başına ve birbirleriyle kombinasyonlar halinde kullanılarak diyet liflerce zenginleştirilmiş fonksiyonel ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve bazı kalite nitelikleri açısından değerlendirilmiştir. %5 oranında buğday lifi ilavesi ile hamurun farinografta belirlenen; su absorpsiyonu, yoğurma toleransı, yumuşama derecesi değerlerinde artış, gelişme ve stabilite süresi değerlerinde azalış, ekstensografta belirlenen; sabit deformasyondaki direnç (R_s), maksimum direnç (R_{max}), enerji ve oran değerlerinde artış, uzama değerlerinde azalış tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tek başlarına ve kombinasyonlar halinde kullanılan polidekstroz ve inülinin ise, unun gelişme ve stabilite süresi ile sabit deformasyondaki direnç, maksimum direnç, enerji ve oran değerlerini genel olarak arttırdığı; su absorpsiyonu, yoğurma toleransı ve yumuşama derecesi ile uzama değerlerini genel olarak azalttığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

Toplam diyet lif konsantrasyonundaki artışın ekmek örnekleri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; örneklerin sertlik, çiğnenebilirlik ve gözenek yoğunluğu değerlerinde artış ($p<0,05$); yükseklik, hacim, nem, pişme kaybı, porozite ve ekmek kabuğu L^* değerlerinde ise genel olarak azalış tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ekmek içi chroma değerlerinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemekle ($p>0,05$) birlikte, chroma değerlerinin matlık ve beyazlık kavramları

ile ilişkili olması göz önüne alındığında, diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin herhangi bir ilave diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla ekmek içi chroma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaması çalışmamız açısından değerlendirildiğinde istenilen bir sonuçtur. Toplam diyet lif analizi sonucuna göre diyet lif ilaveli ekmeklerin diyet lif içeriklerinin 5,23 g/100 g kuru madde (%5 Buğday Lifi) ile 15,87 g/100 g kuru madde (%5 Buğday Lifi+%6 Polidekstroz+%6 İnülin) aralığında değiştiği ve çalışmamızda üretilen en düşük toplam diyet lif içeriğine sahip olan ekmeğin dahi tam buğday unundan elde edilen ekmeklerin toplam diyet lif içeriğine eş değer miktarda olduğu saptanmıştır. Herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 ekmeği hariç olmak üzere çalışma kapsamında üretilen tüm ekmeklerin lif içeriklerinin Türk Gıda Kodeksi Sağlık Beyanları Yönetmeliği'ne göre yüksek olduğu belirlenmiştir (TGK, 2017).

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, ekmek formülasyonlarında, polidekstroz konsantrasyonunun %4'ün üzerinde olduğu formülasyonlarda, ekmek kalite niteliklerinin olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir. Buna göre, üretilen 17 farklı ekmek örneği arasından seçilen 7 farklı ekmek örneği duyusal analize tabi tutulmuştur. Duyusal analiz sonucuna göre, %5 oranında buğday lifine ilaveten %2 oranında inülinin tek başına kullanıldığı örneğin en yüksek genel kabul edilebilirlik puanını aldığı görülmüştür.

Sonuç olarak, sağlıklı yaşam tarzını benimseyenler için ekmeğin kalite özellikleri korunarak, diyet liflerce zenginleştirilmiş, tüketici kabul edilebilirliği yüksek fonksiyonel beyaz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca beni her anlamda yönlendiren, cesaretlendiren, sabır ve anlayışıyla hep arkamda duran, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, değerli bilgi, birikim ve tecrübelerinden faydalandığım kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER'e ve çalışma sürecim boyunca analizlerin değerlendirilmesinde bilgi alışverişi sağlayabildiğim, bana yol gösteren, fikir ve görüşlerine önem verdiğim hocam Ar. Gör. G. Nil YAZICI'ya;

Bu süreç boyunca beni hiç yalnız bırakmayan, üretimlerimin ve analizlerimin gerçekleşmesinde yardımcı olan, motivasyon kaynağım, değerli arkadaşım Gıda Mühendisi Sabahat TOPRAK AKGÜN'e; manevi destekleriyle yanımda olan arkadaşlarım Gıda Mühendisi Ümmügülsüm TURĞAY, Gıda Mühendisi Rüveyda Nur ÖZKOZACI, Gıda Mühendisi Nurşah UYANSIZ, Gıda Yüksek Mühendisi Dilek SAFKAN BİÇERDÖĞER, Ar. Gör. Bekir SAFKAN ve bölümümüz doktora öğrencilerinden İlker YILDIZ'a;

Tekstür analizinin gerçekleştirilmesindeki emeği için Ç.Ü Merkezi Araştırma Laboratuvarı personeli Öğr. Gör. Onur SEVİNDİK'e;

Duyusal analize katılan tüm panelistlere;

Son olarak burada olmamın asıl mimarları, beni yetiştiren, sonsuz fedakarlık göstererek ellerindeki tüm imkanlarla hep arkamda duran, bu yoldaki en büyük destekçilerim, beni ben yapan annem Fazilet Hurşide YILMAZ ve varlığıyla bana güç veren babam Ahmet YILMAZ'a; İyi bir örnek teşkil etmek istediğim, her anımdaki destekçim, kardeşim Ali YILMAZ'a; Akademik bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, bu yolda beni yüreklendiren, kıymetli dayım Doç. Dr. Muharrem Arap KAMBEROĞLU'na; Bana güvenip, beni destekleyen ailemin diğer bütün üyelerine teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİN	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Diyet Liflerin Tanımı ve Fonksiyonel Özellikleri	3
2.2. Ekmek	7
2.2.1. Ekmeğin Bileşenleri	8
2.2.1.1. Un	8
2.2.1.1.(1). Proteinler	8
2.2.1.1.(2). Karbonhidratlar	9
2.2.1.1.(3). Lipitler.....	11
2.2.1.1.(4). Enzimler	11
2.2.1.1.(5). Diğerleri	11
2.2.1.2. Su.....	12
2.2.1.3. Maya.....	12
2.2.1.4. Tuz.....	12
2.3. Lif İçeriği Arttırılmış Ekmeklerin Üretiminde Kullanılan Diyet Lifler.....	13
2.3.1. Buğday Lifi.....	13
2.3.2. Polidekstroz	15
2.3.3. İnülin.....	16
2.4. Diğer Lif Kaynakları.....	19

2.5. Fonksiyonel Ekmek Üretimi Üzerindeki Çalışmalar	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Diyet Liflerce Zenginleştirilmiş Ekmek Üretimi	29
3.2.2. Hammadde Analizleri	32
3.2.3. Hamur Analizleri	33
3.2.3.1. Farinograf Analizi	33
3.2.3.2. Ekstensograf Analizi	33
3.2.4. Ekmeklere Uygulanan Analizler	33
3.2.4.1. Yükseklik	33
3.2.4.2. Hacim	34
3.2.4.3. Pişme Kaybı	34
3.2.4.4. Nem Tayini	34
3.2.4.5. Renk Tayini	34
3.2.4.6. Tekstür Analizi	34
3.2.4.7. Gözenek Boyut Dağılımı Analizi	35
3.2.4.8. Toplam Diyet Lif Analizi	36
3.2.4.9. Duyusal Analiz	36
3.2.5. İstatistiksel Analiz	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Hammadde Niteliklerinin Belirlenmesi	37
4.2. Hamur Niteliklerinin Belirlenmesi	38
4.2.1. Farinograf Analizi Sonuçları	38
4.2.1.1. Su Absorbsiyonu	39
4.2.1.2. Gelişme Süresi	42
4.2.1.3. Stabilité Süresi	45
4.2.1.4. Yoğurma Tolerans Sayısı Değerleri (YTS)	47
4.2.1.5. Yumuşama Derecesi Değerleri (YD)	49

4.2.2. Ekstensograf Analizi Sonuçları	51
4.2.2.1. Sabit Deformasyondaki Direnç (R_s) Değerleri.....	51
4.2.2.2. Maksimum Direnç (R_{max}) Değerleri	53
4.2.2.3. Uzama (E) Değerleri	55
4.2.2.4. Enerji (A) Değerleri.....	56
4.2.2.5. Oran (R_{max}/E) Değerleri.....	58
4.3. Ekmek Niteliklerinin Belirlenmesi	60
4.3.1. Yükseklik.....	60
4.3.2. Hacim	63
4.3.3. Pişme Kaybı.....	67
4.3.4. Nem	70
4.3.5. Renk.....	74
4.3.6. Tekstür.....	87
4.3.6.1. Sertlik	88
4.3.6.2. Çiğnenebilirlik.....	93
4.3.7. Gözenek Boyut Dağılımı.....	96
4.3.8. Toplam Diyet Lif.....	100
4.3.9. Duyusal Analiz	104
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	127
EKLER.....	128



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Tam Buğday Unu ve Beyaz Unun Toplam Diyet Lif İçerikleri (% Kuru Madde Bazında)	13
Çizelge 3.1. Ekmek Hamuru Bileşimi (% Un esasına göre)	29
Çizelge 3.2. Ekmek Üretiminde Kullanılan Diyet Lifler ve Konsantrasyonları (%)	31
Çizelge 3.3. Tekstür Analiz Parametreleri	35
Çizelge 4.1. Ekmeklerde Kullanılan Unun Bazı Özellikleri	37
Çizelge 4.2. Kullanılan Hammaddelerin Bazı Özellikleri	38
Çizelge 4.3. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarıyla Hazırlanan Hamurlara Ait Farinogram Değerleri	39
Çizelge 4.4. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarıyla Hazırlanan Hamurlara Ait Ekstensogram Değerleri	51
Çizelge 4.5. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına Ait Yükseklik Değerleri (mm)	61
Çizelge 4.6. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Hacim Değerleri (cm ³ /100 g ekmek)	64
Çizelge 4.7. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına Ait Pişme Kaybı Değerleri (%)	68
Çizelge 4.8. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Nem Değerleri (%)	71
Çizelge 4.9. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait L* Değerleri	75
Çizelge 4.10. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait a* Değerleri	78
Çizelge 4.11. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait b* Değerleri	80

Çizelge 4.12. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Chroma Değerleri	83
Çizelge 4.13. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait hue Değerleri.....	85
Çizelge 4.14. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Sertlik Değerleri (g)	89
Çizelge 4.15. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Çiğnenebilirlik Değerleri	94
Çizelge 4.16. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Gözenek Yoğunluğu Değerleri (Gözenek sayısı/mm ²).....	96
Çizelge 4.17. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Porozite Değerleri (%).....	98
Çizelge 4.18. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Toplam Diyet Lif Değerleri (g /100 g kuru madde).....	101
Çizelge 4.19. Farklı Ekmek Örneklerine Ait Duyusal Analiz Değerleri	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1.	Polidekstrozun Kimyasal Yapısı	16
Şekil 2.2.	İnülinin Kimyasal Yapısı	17
Şekil 2.3.	Lif Kaynaklarının Sınıflandırılması	20
Şekil 3.1.	Ekmek Yapımında Uygulanan İşlem Basamakları.....	30
Şekil 3.2.	Ekmek Hamurlarının Bölme, Yuvarlama ve Fitilleme Aşamaları	32
Şekil 4.1.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Unun Su Absorbsiyonu Değerleri Üzerindeki Etkisi	40
Şekil 4.2.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Gelişme Süresi Üzerindeki Etkisi.....	44
Şekil 4.3.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Stabilite Süresi Üzerindeki Etkisi.....	46
Şekil 4.4.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının YTS Değerleri Üzerindeki Etkisi.....	48
Şekil 4.5.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının YD Değerleri Üzerindeki Etkisi.....	50
Şekil 4.6.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının R_5 Değerleri Üzerindeki Etkisi.....	52
Şekil 4.7.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının R_{max} Değerleri Üzerindeki Etkisi.....	54
Şekil 4.8.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Uzama Değerleri Üzerindeki Etkisi.....	55
Şekil 4.9.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Enerji Değerleri Üzerindeki Etkisi	57
Şekil 4.10.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Oran Değeri Üzerindeki Etkisi	59
Şekil 4.11.	Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına İlişkin Yükseklik Değerlerinin Kıyaslanması.....	61

Şekil 4.12. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına İlişkin Hacim Değerlerinin Kıyaslanması	65
Şekil 4.13. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına İlişkin Pişme Kaybı Değerlerinin Kıyaslanması.....	69
Şekil 4.14. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Nem Değerlerinin Kıyaslanması	72
Şekil 4.15. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait L* Değerlerinin Kıyaslanması	76
Şekil 4.16. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait a* Değerlerinin Kıyaslanması.....	79
Şekil 4.17. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait b* Değerlerinin Kıyaslanması	81
Şekil 4.18. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Chroma Değerlerinin Kıyaslanması	84
Şekil 4.19. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait hue Değerlerinin Kıyaslanması.....	86
Şekil 4.20. Ekmek Örneklerine Ait Tekstür Profili Analizi.....	88
Şekil 4.21. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Sertlik Değerlerinin Kıyaslanması	90
Şekil 4.22. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Çiğnenebilirlik Değerlerinin Kıyaslanması.....	94
Şekil 4.23. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Gözenek Yoğunluğu Değerlerinin Kıyaslanması.....	97
Şekil 4.24. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Porozite Değerlerinin Kıyaslanması.....	99
Şekil 4.25. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Toplam Diyet Lif Değerlerinin Kıyaslanması.....	102
Şekil 4.26. Duyusal Analiz Örümcek Ağı Diyagramı	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

dk	: Dakika
s	: Saniye
d/dk	: Dakikadaki devir sayısı
g	: Gram
kg	: Kilogram
m	: Metre
mm	: Milimetre
%	: Yüzde
N	: Newton
°C	: Santigrat derece
BU	: Brabender Ünitesi
R_5	: Sabit deformasyondaki direnç
R_{max}	: Maksimum direnç
A	: Enerji değeri
E	: Uzama değeri
R_{max}/E	: Oran değeri
YD	: Yumuşama derecesi değeri
YTS	: Yoğurma tolerans sayısı değeri
DL	: Diyet Lif
BL	: Buğday Lifi
P	: Polidekstroz
İ	: İnülin



1. GİRİŞ

Diyet lifler, insan vücudunda sindirilmeyen bitkisel kaynaklı bileşenler olup, polisakkaritlerin kompleks bir karışımıdır (Köksel, 2007; Dhingra ve ark., 2011). Diyet liflerin miktarı ve bileşimi genellikle gıda maddesinin bileşimine göre farklılıklar göstermektedir. Diyet lifler başlıca, tahıllarda, sebzelerde, meyvelerde ve kuruyemişlerde bulunmaktadır (Desmedt ve Jacobs 2001). Günlük beslenmemizde, diyet lif alımının yaklaşık %30-40'lık kısmı sebzelerden, %14-18'i meyvelerden ve %50'si tahıllardan karşılanmaktadır (Lambo ve ark., 2005).

Diyet lifler tahıl tanelerinin genellikle dış kısımlarında bulunmaktadır. Diyet lif içeriği öğütme ile ilişkili bir kavram olup düşük randımanlı unlar daha az diyet lif içermektedir (Köksel, 2007). Örneğin düşük randımanlı ekmeklik unların toplam diyet lif miktarı kuru maddede %2,5-4 iken, tam buğday unlarının toplam diyet lif miktarı kuru maddede yaklaşık %6-14 dir (Anderson ve ark., 1988). Öte yandan, ekmeklik buğday unundan üretilen ekmek yaklaşık %2-3,5 aralığında değişen diyet lif içeriğine sahipken; tam buğday ekmeğinin diyet lif içeriği %5-11 aralığında değişmektedir. Dolayısıyla tam buğday ekmeği tüketiminin günlük alınan diyet lif miktarına katkısı oldukça büyüktür (Englyst ve ark., 1982; Anderson ve ark., 1988; Collar, 2016).

Tam tahıllı ve yüksek lif içeriğine sahip ekmekler sağlıklı beslenmede önemli rol oynamaktadırlar. Diyet liflerin, kalın bağırsak fonksiyonlarını düzenlediği, glikoz ve lipit metabolizması ile mineral absorpsiyonu üzerinde fizyolojik etkileri olduğu belirtilmektedir (Lambo ve ark., 2005; Weickert ve Pfeiffer, 2008; Collar, 2016). Günümüzde, kabızlık, hemoroit, kolon kanseri, obezite, diyabet ve kalp damar hastalıklarına karşı diyet liflerin koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir (Mälkki, 2001; Dülger ve Şahan, 2011).

Diyet liflerin, yüksek su tutma kapasitesi sebebi ile bayatlamayı geciktirme ve nem dengesini koruma kabiliyeti, bazı gıdalarda yağ ikamesi olarak kullanılabilme potansiyelinin yanı sıra kalori değerini düşürmesi, tekstürel yapıyı

geliştirme ve/veya iyileştirme gibi özellikleri liflerin kullanım alanı ve sıklığını arttırmaktadır (Rosell ve Collar, 2006; Collar, 2008; Rakha ve ark., 2013).

Tüketicilerin çeşitli ve sağlıklı gıda seçeneklerine olan talebi gittikçe artmaktadır. Uzmanların da bu konudaki teşviki ile tüketiciler, lif içeriği yüksek veya liflerce zenginleştirilmiş gıdaları tüketmeyi seçmektedirler (Collar, 2008; Rakha ve ark., 2013). Bu bağlamda ekmek gibi beslenmemizde temel bir rolü olan ürünün çeşitliliği, kalitesi ve diyet liflerce zenginleştirilmesi konusunda çalışmalar bulunmaktadır (Rosell ve Collar, 2006; Polaki ve ark., 2009). Dolayısıyla çeşitli diyet liflerin geliştirilmesi ve kullanılması, zenginleştirilmiş nihai ürünlerin çoğunun üretimini mümkün kılmaktadır (Collar, 2008).

Ekmekteki diyet lif içeriği, ürüne ilave edilen kepek ve diğer kaynaklardan elde edilen yüksek lif içerikli bileşenler ile arttırılabilirken bu maddelerin artışına koşut olarak kalite özellikleri gerilemektedir (Özer, 1998; Collar, 2006; Köksel, 2007). Dolayısıyla diyet lifle zenginleştirilmiş tahıl ürünlerinin diğer ekmeklik un ile üretilen ürünlere kıyasla tüketici kabulü daha düşük olmaktadır. Bu sınırlı tüketimin nedenleri arasında zenginleştirilmiş ürünlerin koyu rengi, düşük hacmi, farklı tat ve olumsuz tekstürel özellikleri gösterilmektedir (Özer, 1998; Köksel, 2007; Ma ve Han, 2019). Bu bağlamda tam buğday unlarından üretilen ekmeklerle kıyaslanabilecek düzeyde diyet lif içeriğine sahip beyaz ekmek üretimi, beyaz ekmeği tercih eden tüketici açısından sağlıklı bir alternatif olacaktır. Yapılan literatür çalışması sonucunda, ülkemizde “diyet liflerce zenginleştirilmiş fonksiyonel beyaz ekmek” üretimiyle alakalı çalışmaya rastlanılamamıştır.

Tez çalışması kapsamında beyaz ekmeği tercih eden ve aynı zamanda sağlıklı yaşam tarzını benimseyenler için ekmeğin kalite özellikleri korunarak, “diyet lif miktarının arttırılmasıyla zenginleştirilmiş fonksiyonel ekmek üretimi” gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ekmeklere sabit konsantrasyonda (%5) buğday lifi ve %2, %4, %6 oranlarında çözünür lifler (polidekstroza ve inülin) tek başına ve kombinasyonlar şeklinde ilave edilerek, diyet liflerin hamur ve ekmeğin kalite nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Diyet Liflerin Tanımı ve Fonksiyonel Özellikleri

Diyet lifi terimi ilk olarak 1951 yılında gıdalardaki “lignin, selüloz ve hemiselülozları” tanımlamak amacıyla Avustralyalı bilim adamı Eben Hipsley tarafından kullanılmıştır (Tungland ve Meyer, 2002; Raninen ve ark., 2011).

1976’da Trowell ve ark., diyet lifi tanımını genişleterek, diyet lifin insanların sindirim sistemi tarafından hidrolizine dirençli polisakkaritler ve bitkilerdeki ligninlerden oluştuğunu belirtmişlerdir (Raninen ve ark., 2011).

Codex Alimentarius’a göre: Sindirilemeyen veya ince bağırsakta emilemeyen, polimerizasyon derecesi 3’ten büyük olan, 10 veya daha fazla monomerik birim içeren karbonhidrat polimerleri “diyet lif” olarak tanımlanmaktadır. Amerikan Hububat Kimyagerleri Birliği (AACC)’ ne göre ise diyet lifler, ince bağırsakta sindirime ve emilimine dirençli bitkilerin veya benzer karbonhidratların yenilebilir kısımları olarak tanımlanmaktadır ve polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin gibi bitkisel kaynakları içermektedir.

Bir veya daha fazla bileşenden oluşan diyet liflerin yapısında, gıdalarda doğal olarak bulunan karbonhidrat polimerleri, gıda hammaddelerinden fiziksel, enzimatik veya kimyasal yollarla elde edilen karbonhidrat polimerleri ve sentetik karbonhidrat polimerleri olmak üzere 3 farklı karbonhidrat polimeri bulunmaktadır. Günümüzde diyet liflerin daha fazla sayıda bileşen içerdiği ve fizyolojik öneminin olduğu bilinmektedir. Diyet liflerin temel fizyolojik özelliği, ince bağırsakta sindirilememesidir. Nişasta dışı polisakkaritlerin yanı sıra, diyet lif ile ilgili güncel tanımlar dirençli nişasta, dirençli maltodekstrin, frukto-oligosakkarit ve galakto-oligosakkaritler, modifiye edilmiş selülozlar ve polidekstroz gibi sentezlenebilir karbonhidratları da içermektedir (Mudgil ve Barak, 2013).

Diyet lifler, nişasta dışı polisakkaritler (selüloz, hemiselüloz, β -glukoz gibi poliglukozlar; inülin gibi polifruktozlar; doğal zamlar; pektin gibi heteropolimerler), oligosakkaritler, lignin, doymuş yağ asidi türevleri, diğer

bitkisel kaynaklar ve analog polisakkaritleri kapsamaktadır Tungland ve Meyer (2002), diyet lifleri sınıflandırmak amacı ile farklı sınıflandırma sistemleri önermiştir. Buna göre diyet lifler; bitkilerdeki rollerine, bulundurdıkları polisakkarit çeşidine, çözünürlüklerine ve fizyolojik özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Yaygın olarak kabul edilen sınıflandırma ise diyet bileşenlerini suda çözünürlükleri bakımından çözünebilir ve çözünemez diyet lif olarak sınıflandırılmasıdır (DeVries, 2007).

Çözünebilir diyet lifler, ince bağırsakta sindirime karşı direnç göstermekte ve bağırsak mikroorganizmaları tarafından kalın bağırsakta fermentasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Meyveler, sebzeler ve bakliyatlar çözünebilir diyet lifi kaynakları arasındadır (Mudgil ve Barak, 2013). Bu kategoride bulunan diyet lifler, besinlerin sindirim kanalındaki geçiş süresini arttırmakta ve midenin boşalmasını yavaşlatmaktadır. Bu özelliği glikoz emilim oranının düşmesine katkı sağlamaktadır. İnülin, pektin, β -glukan, galaktomannan, glukomannan, polidekstroz, pisilyum (psyllium), frukto-oligosakkarit (FOS) ve dekstrin çözünür lif gurubunda yer almaktadır (Ma ve Han, 2019).

Çözünmeyen diyet lifler, suda çözünmez ve bu davranışları nedeniyle jel oluşumu göstermemektedir. Kalın bağırsakta fermentasyona uğramayan çözünmeyen diyet lifler tüketildiğinde, dışkı kütlesini arttırmaktadır. Selüloz, hemiselüloz, lignin, dirençli nişasta, arabinoksilan ve nişasta dışı polisakkaritler çözünmez lif grubu kategorisinde yer almaktadır (Tungland ve Meyer. 2002; Ma ve Han, 2019).

ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Departmanınca hazırlanan, Diyet Takviyeleri Yönergesi'nde günlük 28 g lif alımı tavsiye edilmektedir. Diğer bir taraftan, T.C Sağlık Bakanlığı, Gıda Güvenliği ve Toplum Beslenmesi Daire Başkanlığı'nca hazırlanan yönergede kadınlar için günlük 25 g; erkekler için ise günlük 29 g lif alımı önerilmiştir.

Sağlık üzerine çok sayıda olumlu etkisi olan diyet lifler, kalın bağırsak fonksiyonlarını düzenlemektedir. Ayrıca mineral absorpsiyonu üzerinde fizyolojik

etkileri bulunmakta ve birçok hastalığa karşı koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle günlük diyetle yeterli miktarda diyet lif dahil edilmesi yararlı bir yaklaşım haline gelmiştir (Dülger ve Şahan 2011; Rakha, 2013).

Tip 2 diyabet, sürekli yüksek kan şekeri seviyeleri ile karakterize edilmektedir ve kan şekerini normal seviyelere düşürmek için insülin hormonu yeterince üretilmediğinde veya insülini uygun şekilde kullanamadığında gelişme eğilimindedir. Sağlıksız beslenme sonucu fazla kilo, fiziksel olarak aktif olmamak, sigara kullanımı Tip 2 diyabet açısından önemli risk faktörleridir. Sağlıklı yaşam tarzıyla bağlantılı yüksek lif içerikli bir diyet ve düşük glisemik indeksine sahip gıdalar kan şekeri seviyesinin hızlı bir şekilde yükselmesini engellemektedir (Cho, 2009).

Günümüzde koroner kalp hastalığı dünya genelinde birinci sırada gelen ölüm nedeni olup, diyabetle birlikte ciddi bir sağlık tehdidi oluşturmaktadır. Kalori ve doymuş yağ bakımından zengin sağlıksız diyet ve fiziksel hareketsizliğe bağlı olarak yaşam tarzının değişmesinin bu hastalıkların artmasında önemli bir etkiye sahip olduğuna dair güçlü kanıtlar vardır (Aggarwal ve ark., 2016). Bu amaçla gıda formülasyonlarındaki protein, karbonhidrat, su ve lif içeriğini arttırarak, yağın azaltılması ile gıdanın kalori değerinin düşürülmesi ve besin değerinin arttırılması mümkün olabilmektedir (Lannes ve Amaral, 2015).

Gıda ürünlerinin diyet lifle zenginleştirilmesi 1970'lerde yüksek lif içeren ekmeklerin piyasaya sürülmesi ile başlamıştır (Gelroth ve Ranhotra, 2001). Diyet lif bileşenlerinin birçoğu gıda ürünlerinin gelişimini doğrudan etkileyen belirli fonksiyonel özelliklere sahiptir. Dolayısı ile son dönemlerde diyet liflerin kullanımına yapılan ana vurgu gıda ürünlerine kazandırdığı teknolojik özellikler üzerinde yoğunlaşmaktadır (Tungland ve Meyer, 2002).

Gastrointestinal kanaldan geçerken birçok farklı fonksiyon ve aktiviteye sahip olan diyet lifler (Dhingra ve ark., 2011), düşük enerji değerine sahip diyet ürünlerinin de temel bileşenini oluşturmaktadır.

Diyet lifler yüksek su tutma kapasitesine sahiptir ve su tutma kapasitesi, 1 birim kuru lif tarafından tutulan su miktarı olarak tanımlanmaktadır (Fleury ve Lahaye, 1991). Farklı partikül boyutları su tutma kapasitelerinde çeşitlilik göstermektedir. Yüksek su tutma kapasitesi aynı zamanda sinerisi azaltmaya, bayatlamayı geciktirmeye, nem dengesi ve buz kristali oluşumunu kontrol etmeye, donma/erime stabilitesini arttırmaya yardımcı olmaktadır (Miguel ve ark., 1999; Gelroth ve Ranhotra, 2001). Diyet lifler, yağ ikame edici bileşenler olarak da kullanılabilir. Yağlar, gıda ürününün görünüm (parlaklık, yarı saydamlık, renk, yüzey düzgünlüğü ve kristal yapı), tekstür (viskozite, elastikiyet ve sertlik), aroma ve ağız hissi (erime kabiliyeti ve kayganlık) olan dört ana duyu özelliğini belirleme konusunda önemli bir işleve sahiptir (Jones, 1996). Bu yüzden, yağın yerini alabilecek tek bir bileşen bulmak genellikle zor olmakta iken kayganlık, kıvam verme, emülsiyon ve jel doku özelliklerini gösteren diyet lif bileşenlerinin gıdalarda kullanılması, çoğu gıda ürününe yağın sağladığı özelliklerin bir kısmını kazandırabilmektedir. Diğer bir taraftan, diyet liflerin kalori değeri düşüktür. Buna bağlı olarak kullanıldığı gıdaların kalori değerini düşürmede önemli bir rol oynamaktadır. (Gelroth ve Ranhotra, 2001).

Suda çözünür lifler, bir çözeltinin viskozitesini artıracak ana bileşenleri olup (Olson ve ark., 1987; Abdul-Hamid ve Luan, 2000), kurutma işlemlerinde meydana gelen değişiklikler, lif kaynaklarının viskozite özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu nedenle gıda sistemlerinin ihtiyaçlarına özel bir ürün geliştirmek amacıyla farklı kaynakların kombinasyon halinde kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Aynı zamanda gıda ürününün fiziksel yapısını modifiye etmekte ve ürün yoğunluğunu arttırmaktadır. Diğer bir taraftan diyet liflerin topaklanmayı ve yapışmayı önleyici fonksiyonları sayesinde ürünün paketlenme aşamasında verimliliğini arttırmaktadır (Gelroth ve Ranhotra, 2001). Buğday ve çavdardan saflaştırılmış arabinoksilanlar gibi bazı hücre duvarı polisakkaritleri, suyun sıcaklığı donma noktasının altına düştüğünde kristal oluşumunu

sınırlamaktadır (Thebaudin ve ark., 1997). Bu durum özellikle dondurulmuş ürünlerde tekstürel özelliklerin sağlanması bakımından önemlidir.

Sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı diyet liflerce zenginleştirilmiş gıdalara her geçen gün ilgi artmaktadır. Bu bağlamda tahıl ürünlerinin de diyet liflerce zenginleştirilmesi oldukça gündemdedir. Ekmekteki diyet lif içeriği, ürüne ilave edilen kepek ve diğer kaynaklardan elde edilen yüksek lif içerikli maddeler ile arttırılabilirken bu maddelerin artışına koşut olarak teknolojik kaliteleri gerilemektedir (Özer, 1998; Köksel, 2007; Mandala ve ark., 2008; Collar, 2016). Hamura kepek ilavesiyle; hamurda bulunan gluten proteinleri oransal olarak seyrelmekte, kepek parçacıklarının boyutlarına ve miktarına bağlı olarak gluten ağı oluşumunun engellenmekte ve/veya sınırlandırılmaktadır. Kaba kepek parçacıkları, gluten ağını yer yer kesintiye uğratarak, ağın süreklilik göstermesini engellemektedir. Aynı zamanda kaba kepek parçacıkları, ince kepek parçacıklarına göre daha az su absorbe edebildiği için hamur sertliği artmakta dolayısıyla uzayabilirlik sınırlandırılıp, elastikiyet düşmektedir. Hamurun yeterli düzeyde gaz tutamaması ve hamur elastikiyetinin az olması sebebiyle, fırın sıçraması istenilen düzeyde gerçekleşemediğinden, ekmekler yeterli hacimde olamamaktadırlar (Özer, 1998). Dolayısıyla diyet lifle zenginleştirilmiş tahıl ürünlerinin diğer ekmeklik un ile üretilen ürünlere kıyasla tüketici kabulü daha düşük olmaktadır.

2.2. Ekmek

Türk toplumunun temel besin grubu olan tahıllar ve tahıl ürünleri karbonhidrat, vitamin, mineral ve diğer besin öğelerini içerdiğinden önemli besin maddeleridir ve günlük kalorinin büyük bir kısmı tahıl ürünlerinden sağlanmaktadır (Bozhüyük ve ark., 2012). Geçmişte olduğu gibi buğday ve buğday unundan üretilen ekmeğin temel besin maddesi olma özelliği günümüzde de geçerliliğini devam ettirmektedir (Özer, 1998). Ekmek, bileşiminde yer alan karbonhidratlara bağlı olarak önemli bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra protein, lipid ve mineral madde gibi besin öğelerini de içermektedir (Ercan ve ark., 1988).

Ekmek üretiminde genellikle buğday unu kullanılmakta olup; kullanılan unun, çeşitli katkıların ve üretim metotlarının farklılıklarına göre ekmekler sınıflandırılabilirler (Özer, 1998).

28163 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi, ekmek çeşitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliği’ne göre, buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip; bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile elde edilen ürün olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2012).

2.2.1. Ekmeğin Bileşenleri

2.2.1.1. Un

Ekmek yapımında en önemli öge olan buğday unu, 28606 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği’ne göre; yabancı maddelerden temizlenmiş ve tavllanmış buğdayların tekniğine uygun şekilde öğütülmesi ile elde edilen ürün olarak tanımlanmaktadır. Proteinler, nişasta ve nişasta dışı karbonhidratlar, lipitler, mineral maddeler, vitaminler ve enzimler unun başlıca bileşenleri olarak sayılabilirler (Pyler, 1988).

2.2.1.1.(1). Proteinler

Unun içerdiği protein miktar ve kalitesi, un kalitesi üzerine etki eden etmenlerin en önemlisi olup; buğdayda ve buğday ununda bulunan proteinler depo veya çözünmez proteinler olarak adlandırılan gliadin ve glutenin ile fonksiyonel veya çözünür proteinler olarak adlandırılan albümin, globulin ve proteoz’dur (Pyler, 1988).

Buğdayda bulunan proteinler, kuru maddede, yaklaşık olarak; %4,0 glutenin, %4,0 gliadin, %0,7 globulin, %0,4 albumin ve %0,3 proteozlardan oluşmaktadır (Hoseney, 1986).

Buğday unundaki proteinlerin yaklaşık olarak %85'ini oluşturan gliadin ve glutenin proteinleri, hamurun yoğrulması sırasında hidrate olurlar ve kovalent (disülfid), iyon, hidrojen ve Van der Waals (hidrofobik) bağlarla birleşirler (Özer, 1998). Böylece hamur içerisinde yarı sürekli bir faz oluşturan gluteni meydana getirirler. Hamurun özelliklerini önemli ölçüde etkileyen gluten, yoğurma sırasında hamura dahil edilen havayı ve mayalar tarafından oluşturulan CO₂ gazını hamur içerisinde tutma sureti ile ekmeğin kabarmasını ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar (Pyler, 1988; Hosney, 1986). Glutenin fraksiyonu hamura uzamaya karşı direnç gösterme yeteneği kazandırırken; gluten oluşumu için gerekli diğer temel bileşen olan gliadin ise, hamurun uzayabilirlik niteliklerini geliştirir (Pyler, 1988).

2.2.1.1.(2). Karbonhidratlar

Unda bulunan karbonhidratların yaklaşık olarak %65-70'ini nişasta oluşturmaktadır. Pentozanlar ve selüloz ile bazı mono ve oligosakkaritler ise buğday ununda bulunan nişastaya göre nispeten daha az miktarda bulunan karbonhidratlardır (Pomeranz, 1987; D'Appolonia ve Duarte, 1996).

Nişasta; amiloz ve amilopektin adı verilen iki farklı fraksiyondan meydana gelmektedir (Pyler, 1988). Nişastanın, içerdiği hidroksil grupları nedeniyle proteinlerin ve polar lipidlerin hidrofilik kısımları ile interaksiyonlara girerek hamur yapısını ve ekmek kalitesini önemli düzeylerde etkilediği belirlenmiştir (Pomeranz, 1987). Nişasta, diastatik aktivite ile şeker oluşumu için hammadde olarak görev yapar, gluteni istenilen düzeyde seyreltir, gluten ile kuvvetli bir şekilde birleşir ve gluten ağının stabil bir yapı kazanmasına yardım eder (Pyler, 1988; D'Appolonia ve Duarte, 1996).

Nişasta hidrofilik karakterde bir madde olup, unlarda bulunan nişasta tanecikleri, nişasta moleküllerinin ve molekülleri oluşturan glikoz zincirlerinin hidrojen bağlarıyla birbirlerine bağlanması ile oluşmuştur. Bu sebeple nişasta soğuk suda çözünmeyerek, tanecikler halinde süspansiyon olmaktadır. Nişasta

yeterli miktardaki su ile ıslatılıp, ısıtıldığında ise kinetik enerjileri artan su molekülleri, nişasta ve moleküllerinin ve glikoz zincirlerinin arasına girerek, zincirler moleküller arasındaki hidrojen bağlarını koparırlar ve nişastanın çirilenme olarak adlandırılan jelimsi bir yapı almasına sebep olurlar. Nişasta jelinde sıcaklığın azalmasıyla, moleküler ve zincirler yeniden birleşme eğilimi göstererek, aralarına giren suyu dışlar ve birleşerek yığılaşırlar. Bu olay “nişastanın retrogradasyonu” olarak tanımlanmaktadır. Nişastanın retrogradasyonu ekmek bayatlamasında en önemli etmenlerden biridir (Özer, 1998).

Buğdayın kabuk ile kabuğa yakın bölgelerinde ve hücre duvarlarında bulunan nişasta dışı polisakkaritlerin başlıcaları; pentozanlar, hemisellüloz ve sellüloz ile gliko ve galaktomannanlardır (D’Appolonia ve Duarte, 1996; Pomeranz, 1987; Özer, 1998).

Esas olarak D-ksiloz ve L-arabinozdan oluşan pentozanlar, yapılarında D-galaktoz, D-glikoz, mannoz, D-glikuronik asit, 4-O-metil glikuronik asit bulundurur (Hoseney, 1986). Buğday tanesinde yaklaşık olarak %7, unda %2 ve kepekte %25 oranında pentozan bulunmaktadır (Özer, 1998). Pentozanlar, suda çözünen ve suda çözünmeyen pentozanlar olmak üzere iki başlık altında incelenir (Gül, 2007).

Pentozanlar yüksek su bağlama kapasiteleri sebebiyle hamurdaki serbest suyu bağlar ve hidrasyonu düzenler. Böylece hamur daha katı ve kuru bir hal alır (Özer, 1998). Retrogradasyonu geciktirerek nişasta jellerinin sertleşmesini yavaşlatan pentozanlar, gluten ile etkileşime girerek hamurun uzayabilirliğini azaltır (Kim ve D’Appolonia, 1977; Pomeranz, 1987).

Buğday tanesinde yaklaşık olarak %2, unda %0,1 ve kepekte %9-13,5 oranlarında bulunan selüloz; D-glikozun bir polimeri olup, (1-4) β -D-glikozidik bağlardan oluşmaktadır (Kent, 1984; Özer, 1998).

2.2.1.1.(3). Lipitler

Lipitler, buğday tanesinde %2-2,5, unda %1-2 ve kepekte %5-6 oranlarında bulunur. Özellikle yüksek randımanlı unlarının depolanması sırasında, lipoksidaz aktivitesi sonucunda çok doymamış serbest yağ asitleri okside olarak unların tat özelliklerini değiştirirler. Buğday ununda bulunan lipitler apolar (%50) ve polar lipitlerden (%50) oluşur. Trigliseritler, apolar lipitlerin temel bileşenleri iken; digalaktosildigliseritler, polar bileşenlerden glikolipitlerin temel bileşenleridir. Lizofosfotidilkolin ve fosfotidilkolinler ile sefalinler ise fosfolipitlerin temel bileşenleridir (Pomeranz, 1987).

Glutenine hidrofobik, gliadine ise hidrofilik bağlarla bağlanan polar lipitler; gliadin-glikolipit-glutenin kompleksi oluşturarak, gluten yapısının kuvvetlenmesini ve gaz tutma kapasitesinin artmasını sağlar. Nişasta ve gluten arasında bir köprü görevi gören glikolipitler, hamurun gaz tutma kapasitesini arttırarak ekmek hacmini olumlu yönde etkiler (Pomeranz, 1987).

2.2.1.1.(4). Enzimler

Ekmek yapımında önemli olan ve unda bulunan enzimlerin başlıcaları; amilazlar, proteazlar, lipazlar, lipoksidazlar, askorbik asit oksidazlar, glutatyon dehidrogenazlar, pentozanazlar, fitazlar ve polifenol oksidazlar şeklinde belirtilmiştir (Pomeranz, 1987; Hamer, 1995).

2.2.1.1.(5). Diğerleri

Proteinler arasındaki bağlanmalarda ve protein-lipit-karbonhidrat arasındaki interaksiyonlarda etkili olan, hamurdaki anorganik tuzların anyon ve katyonları, protein molekülleri arasında köprü işlevi görmektedir (Özer, 1998).

Düşük randımanlı unlar, vitamin içeriği bakımından çok zengin değildir. A vitamini eser miktarda bulunurken, C ve D vitaminleri ise bulunmamaktadır. Buğdayda bulunan vitaminlerin başlıcaları B kompleks grubundan B1 (Tiyamin), B2 (Riboflavin), B5 (Nikotinik Asit) ile E vitaminidir. Vitaminlerin büyük

çoğunluğu embriyo, aleron tabakası ile kabukta yer almakta; öğütme sırasında kepeklerle birlikte uzaklaştırılmaktadır (Özer, 1998).

K, P, Mg, Cl, Ca, Na, Si ile eser miktarda Zn, Ni, Mn, Cu, Co, F, Se, Br, I, B ve Al buğdayda bulunan mineral maddelerin başlıcalarıdır. Buğday tanesinde bulunan mineral maddelerin oransal dağılımı; toplam külün yaklaşık %55-60 aleron tabakası, %20-25' i endosperm, %7-10'u perikarp, testa ve hiyalin tabakası, %5-9'u skutellum, %3-4'ü embriyo şeklindedir (Pyler, 1988).

2.2.1.2. Su

Son ürün kalitesinde etkili olan su; hamuru oluşturan bileşenlerin karışmasını ve birbirleri ile kimyasal etkileşime girmelerini sağlar. Hamura arzu edilen visko-elastik yapıyı kazandırmasının yanı sıra fermentasyonun başlaması ve devamlılığı üzerinde etkilidir. Hamurda tuz, şeker ve çözünür proteinler gibi hidrofilik bileşenleri çözer. Diğer bir yandan, suda çözünmeyen proteinleri hidrate ederek gluten oluşmasında önemli rol oynar (Özer, 1998).

Ekmeğin üretiminde kullanılacak olan su, temiz, renksiz, kokusuz ve orta sertlikte olmalıdır. Fermentasyon sırasında oluşan ve mayaların çalışması için uygun ortam oluşturan asitler, fazla sert suların kullanılması durumunda nötralize olurlar. Çok yumuşak suların kullanılması durumunda ise hamurdaki asitlik artışı nötralize edilemeyeceğinden gluten proteinlerinin yapıları bozulur (Pyler, 1988).

2.2.1.3. Maya

Ekmeğin mayası (*Saccharomyces cerevisiae*), hamurdaki basit şekerleri fermentasyona uğratarak, fermentasyon sonucu oluşan karbondioksit ile hamurun kabarmasını, fermentasyon ürünü diğer maddeler ile de hamurun olgunlaşmasını ve aroma oluşumunu sağlar (Pyler, 1988).

2.2.1.4. Tuz

Ekmeğe tat ve aroma veren tuz, proteazların etkinliğini sınırlandırarak özün yumuşamasını önler. Ayrıca, fermentasyon sırasında mayaların çalışmasını

düzenleyerek, gaz oluşumu ve hamur olgunlaşmasına katkı sağlar (Blanshard ve ark., 1988). Ekmek yapımında kullanılan tuz yeterli incelikte, temiz, parlak, beyaz olmalı ve fermentasyonu olumsuz şekilde etkileyecek iyot ve benzeri mineralleri içermemelidir (Özer, 1998).

2.3. Lif İçeriği Arttırılmış Ekmeklerin Üretiminde Kullanılan Diyet Lifler

2.3.1. Buğday Lifi

Tam tahıllı gıdalar; lifler, vitaminler, mineraller, lignanlar ve fitokimyasallar dahil olmak üzere kronik hastalık riskini azaltabilecek bir dizi bileşen içermektedir ve yapılan araştırmalar, tahıl kaynaklı besinsel liflerin ve tam tahıllı gıdaların tüketimlerinin artması ile obezite, Tip-2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, kolon kanseri gibi çeşitli hastalıkların oluşumları arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir (Nieman ve ark., 2014).

Buğday tanesinin kabuk ve aleron tabakası ile endospermin dış katmanlarından oluşan kepek, bazı temel besin elementleri ve lif açısından zengin bir kaynaktır (Özer, 1998).

Tam buğday unlarının ve tam buğday unlarından üretilen ürünlerin yüksek lif içerikleri sayesinde günlük alınması gereken lif miktarına önemli katkı sağladıkları yapılan araştırmalarla belirtilmiş olup; Çizelge 2.1’de bazı araştırmalara göre tam buğday ununun ve ekmeklik beyaz unun toplam diyet lif içerikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tam Buğday Unu ve Beyaz Unun Toplam Diyet Lif İçerikleri (%Kuru Madde Bazında)

Ürün	Toplam Diyet Lif (g/100g kuru madde)	Kaynaklar
Tam Buğday Unu	%6-14	Englyst ve ark., 1982 Anderson ve ark., 1988 Soulski ve Wu, 1988
Ekmeklik Un	%2,5-4	Slavin, 2003 Wu ve ark., 2021

Bitkisel kaynaklı lifler; buğday, arpa, yulaf, narenciye, şeker pancarı gibi bitkisel kaynaklardan elde edilen ve ince bağırsakta sindirime dirençli, kalın bağırsakta fermente olabilen gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2580

003).

Buğdayın yan ürünü olan buğday lifi, özel termo-mekanik işleme ve rafinasyon ile üretilmektedir (Ognean ve ark., 2006). Yapılan çalışmalar, buğday lifinin kolon kanserini önlemeye yardımcı olduğunu, diyabet ve kolesterol hastalarının tedavisinde kullanılabileceğini göstermektedir (Baladura, 2011).

Buğday lifi, renksiz, kokusuz ve nötr bir tada sahip olup; suda çözünmeyen özelliktedir. Yüksek pH değerlerine dayanıklı olan buğday lifi, sıcaklık değişimlerine karşı dirençlidir. Yüksek oranda lif içeriğine ve yüksek su tutma kapasitesine sahip olan buğday lifinin gıda ürününe ilavesi ile ürünün doğal protein yapısını destekleyen bir ağ yapısı oluşmakta ve gıda ürününün yapısı ve dokusunda olumlu etkiler gözlemlenmektedir (Özavar, 2004; Anonim, 2021). Dolayısıyla gıda ürünlerinin lif içeriğini arttırmada, enerji içeriğini azaltarak kalori değerini düşürmede sıklıkla kullanılmaktadır.

Yağ tutucu özelliği sayesinde gıdada emülsiyon oluşumunu desteklemektedir. %1-2 oranlarında buğday lifi ilavesi ile nihai ürünün su tutma kapasitesinin yükseldiği tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2019; Anonim, 2021).

Açık rengi sayesinde ise duyuusal açıdan bir soruna yol açmadan özellikle unlu mamülleri lif açısından zenginleştirmek amacıyla kullanılabilmektedir. Aynı zamanda ürünün raf ömrünü uzatmaktadır (Özavar, 2004). Ayrıca kraker, gofret, külah gibi ürünlerde ürünün mekanik dayanıklılığını arttırarak kırılmayı azalttığı belirtilmiştir (Biçer, 2011).

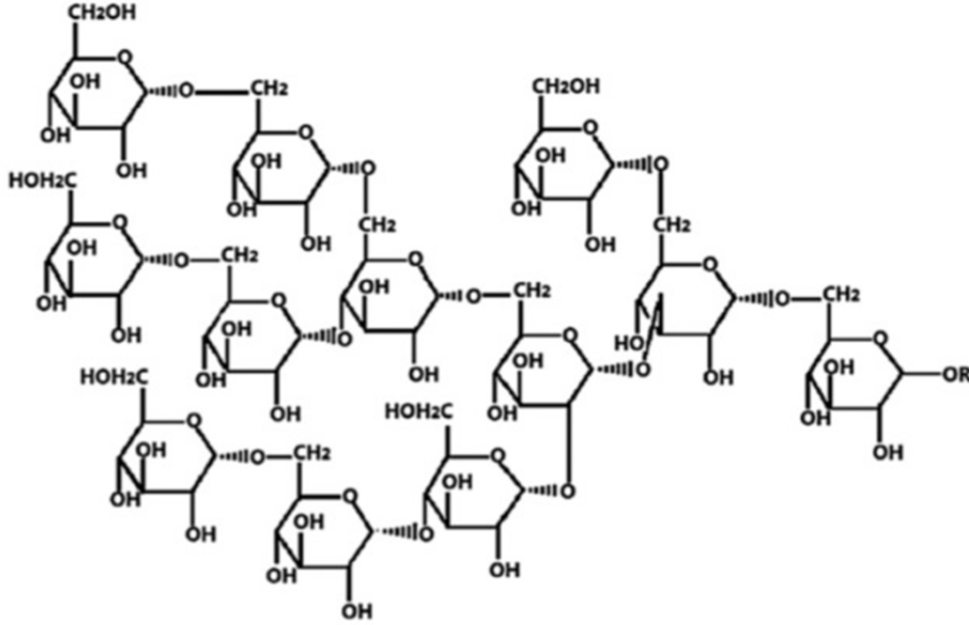
2.3.2. Polidekstroz

Sindirilebilirliği düşük bir glikoz polimeri olan polidekstroz, 1970'lerin ortalarında Amerika Birleşik Devletleri'nde Dr. Hans Rennhard tarafından tanımlanmıştır (Chavan ve ark., 2016).

Polidekstroz, kısmen absorbe edilen ve yağ asitleri üreten bağırsak mikroorganizmaları tarafından fermente edilmektedir. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalar, polidekstrozun iyi tolere edildiğini göstermiştir (Bekkum ve ark., 1994). FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) ve Avrupa Komisyonu Bilimsel Gıda Komitesi (EC/SCF), polidekstrozun ortalama müshil etkisinin 90 g/gün (1.3 g / kg İnsan vücut ağırlığı) veya tek bir dozda 50 g olduğu sonucuna varmıştır.

Polidekstroz, 1 kcal/g enerji içeriğine sahip, düşük molekül ağırlıklı bir polisakkarittir (Figdor and Rennhard, 1981; Jühr and Franke, 1992; Achour ve ark., 1994). D-glikoz, sorbitol ve sitrik asidin bağlanmış yoğunlaşma polimeri olan, rastgele çapraz bağlı glikoz polimerlerinden meydana gelen polidekstrozun, yaklaşık %90'ı 1,6 glikozidik bağlarından oluşmaktadır (Chavan ve ark., 2016).

Beyaz renkte ve suda çözünür toz formda olan polidekstrozun pH değeri 2.5-3.5 arasındadır. Polidekstroz, sakkaroya benzer bir şekilde yaklaşık 130 °C'de erimektedir ve polidekstroz çözeltilerinin viskozitesi, eşit konsantrasyonlardaki şeker çözeltilerinden daha fazladır. Higroskopik özelliğe sahip olan polidekstroz, aynı zamanda bir karışımdaki diğer bileşenlerin akışkanlığını arttırmaktadır (Smiles, 1982) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Polidekstrozun Kimyasal Yapısı (Smiles, 1982)

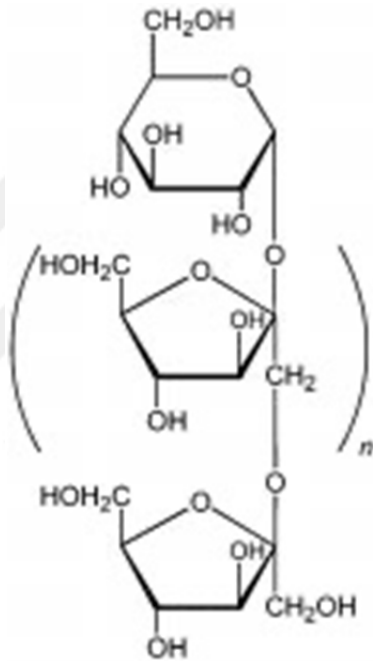
Fonksiyonel özelliklerinden dolayı çeşitli gıdalarda kullanılan polidekstroza, suda çözünür diyet lif kategorisinde bulunmaktadır. Kullanıldığı ürünün viskozitesini arttırmakta, lezzetin ve tekstürel niteliklerin sürdürülmesine katkıda bulunmaktadır ve ağız hissini geliştirmektedir. Bu bağlamda gıda ürünlerindeki tekstürel özellikleri modifiye etmek ve iyileştirmek için kullanılmaktadır (Smiles, 1982). Ayrıca gıda formülasyonlarında şeker ve yağ ikame maddesi olarak da kullanılabilir (Smiles, 1982; Chavan, 2016, Chavan ve ark., 2016; BeMiller, 2019). Polidekstroza, higroskopik özelliği sayesinde unlu mamüllerin tazeliğini korumaktadır. Dondurulmuş sütlü tatlılarda ise donma noktasını düşürmektedir (BeMiller, 2019).

2.3.3. İnülin

İnülin ilk olarak 1800'lerin başında Alman bilim adamı Valentine Rose tarafından andız otu (*Inula helenium*) köklerinden izole edilmiş ve 1817'de ise

inülin olarak adlandırılmıştır (Meyer, 2009). Doğal inülin kaynakları arasında hindiba kökü, kudüs enginarı, yıldız çiçeği yumruları, yacon, kuşkonmaz, pırasa, soğan, muz, buğday ve sarımsak yer almaktadır (Gibson ve ark., 2004; Roberfroid, 2007).

İnülin, 2-60 fruktoz ünitesinin, β -(2-1) glikozidik bağları ile bağlanması sonucunda oluşmaktadır (Meyer ve Blaauwhoed, 2009; Yabancı, 2010) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. İnülinin Kimyasal Yapısı (Meyer ve Blaauwhoed, 2009)

İnülinin sudaki çözünürlüğü zincir uzunluğuna bağlı olup zincir uzunluğu arttıkça çözünürlük azalmaktadır. Doğal inülinin sudaki viskozitesi düşüktür ve inülin 140 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda kararlıdır. Yapısında bulunan β -(2-1) glikozidik bağ, asit hidrolizine duyarlı olmakla birlikte hidroliz derecesi, pH, sıcaklık, zaman ve gıda bileşimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

pH 3-7.5 arasında ve 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda hidroliz gerçekleşmemektedir (Meyer, 2009). İnülin, fonksiyonel özelliklerinden dolayı çeşitli gıdalarda kullanılmaktadır.

İnülinin kalori değeri 1.5 kcal/g'dır (Nyman, 2002). Gastrointestinal sistemden geçerken büyük ölçüde sindirilemeyen inülin, bir diyet lifi ve faydalı mikroorganizmalar tarafından seçici olarak fermente edildiğinden prebiyotik özellik göstermektedir (Van Loo, 2004). Prebiyotikler, gastrointestinal mikrofloranın bileşim ve aktivitesinde, konakçı refahı ve sağlığı üzerinde fayda sağlayan, değişikliklere izin veren, seçici bir şekilde fermente edilmiş bileşenlerdir (Gibson ve ark., 2004). Son dönemlerde inülin, özellikle faydalı bağırsak bakterilerinin yoğunlaşmasını arttırmak için çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır (Menne ve Guggenbuhl, 2000). Araştırmalar yağsız süte ilave edilen düşük dozdaki inülinin, sütteki *Lactobacillus acidophilus*, *Lactocaseibacillus rhamnosus* (*Lactobacillus rhamnosus*) ve *Bifidobacterium lactis*'in gelişmesini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir (Oliveira ve ark., 2011).

İnülinin yüksek miktarlarda alınmasının dahi (40-100g/gün) kan şekerini etkilemediği (Niness, 1999), ancak belirli dozlarının bireylere göre farklılık göstermekle birlikte müshil etkisi yaratabileceği belirtilmiştir (Coussement, 1999).

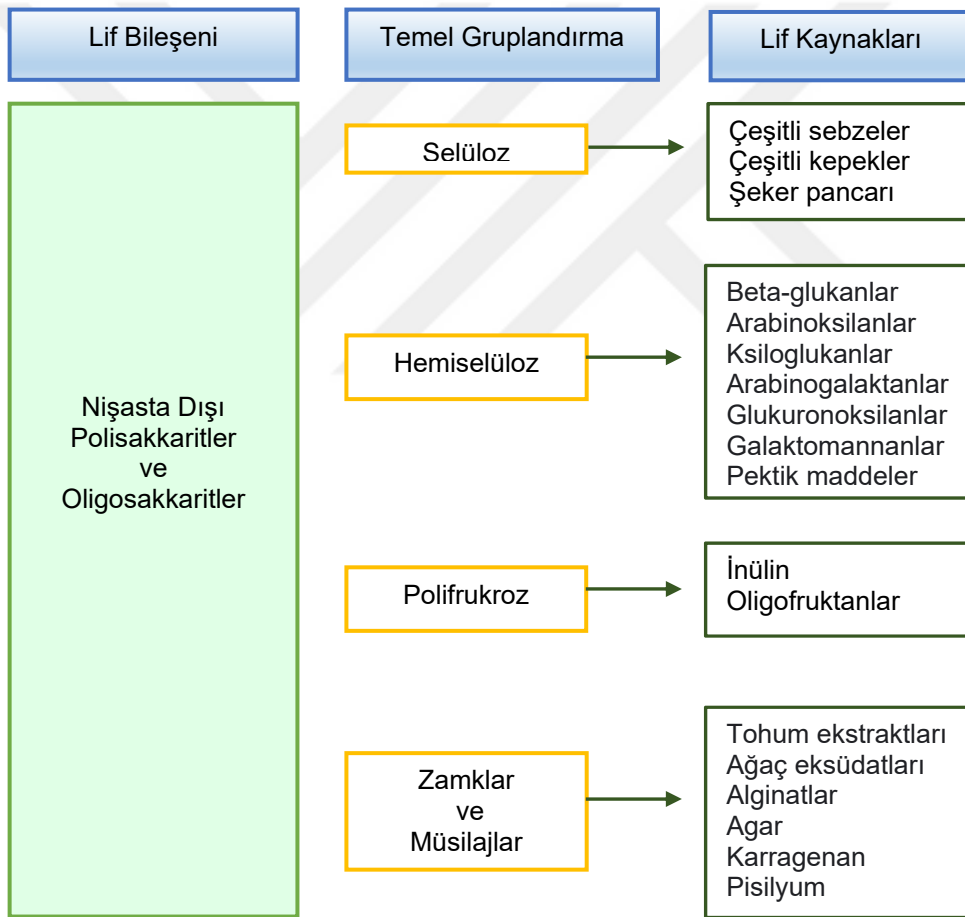
İnülin, su veya süt ile karıştırıldığında oluşan mikrokristaller, yağa benzer bir tat vererek ağızda yumuşak, kremsi ve kaygan bir his oluşturmaktadır. Genellikle 1 g yağ, 0,25 g inülin ile ikame edilmekte olup inülin başta diyet ürünleri olmak üzere bir çok işlenmiş gıdada yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır (Niness, 1999).

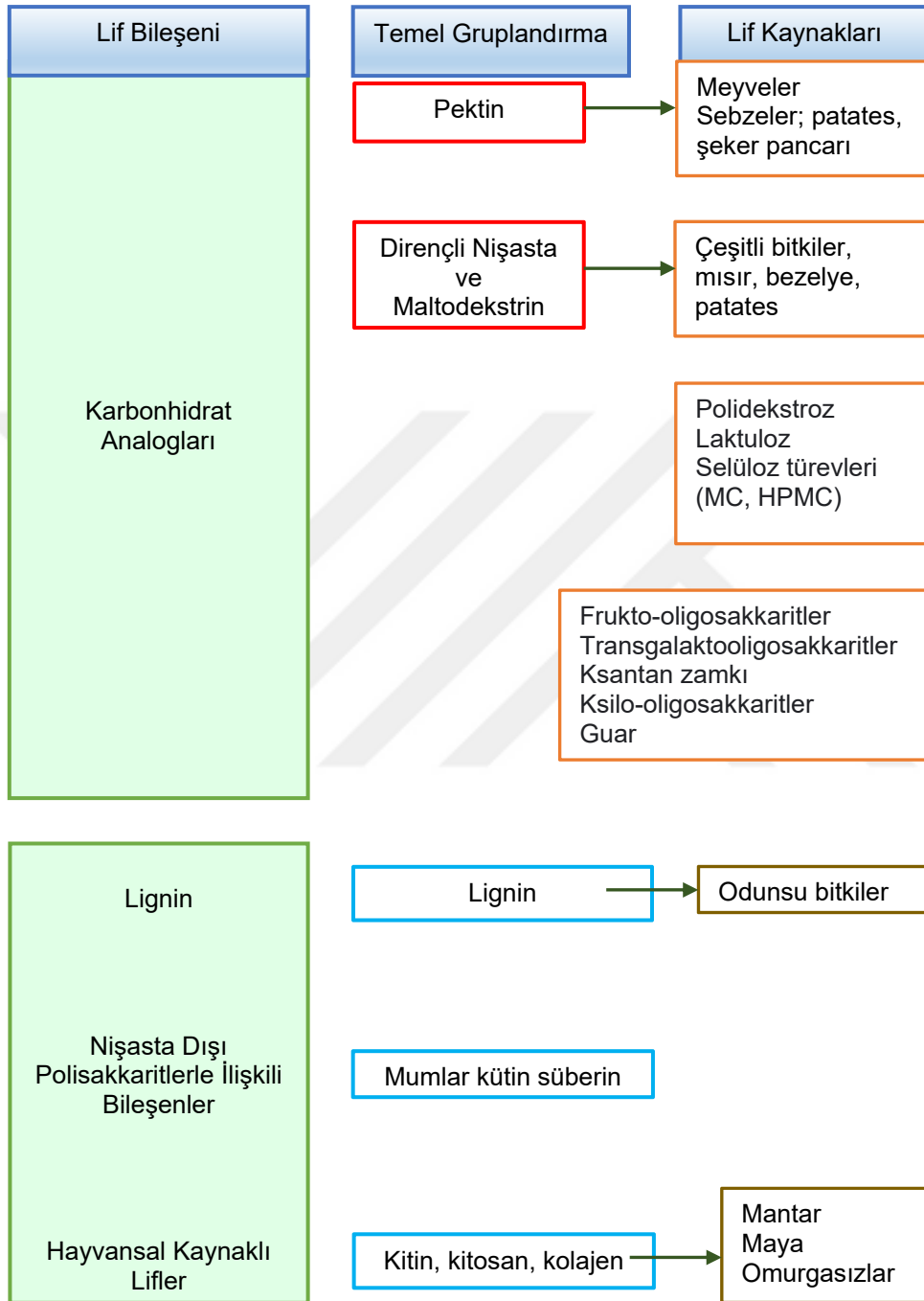
Tatlılık seviyesi sükrozun yaklaşık olarak %10'u olan inülin, sindirilebilir karbonhidratlara kıyasla %25–35 oranında daha düşük enerji sağladığından dolayı şeker ikamesi olarak kullanılabilir (Shoaib ve ark., 2016). Özellikle mayonez ve salata soslarında sinerjisi engelleyici özelliklere sahip olan inülin, yağlı kremsi yapıda bir jel oluşturmaktadır. Jelatin, aljinat, kappa ve iota-karragenanlar, gellan zımkı ve maltodekstrin gibi jelleştirici bileşenlerle de sinerjistik etki göstermektedir (Chavan ve ark., 2016). Bu özellikleri sayesinde

emülsiyonların stabilitesini arttırmakta ve farklı gıda ürünlerindeki diğer stabilizatörlerinin yerini alabilmektedir (Franck ve Coussement, 1997).

2.4. Diğer Lif Kaynakları

Nişasta dışı polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin, doymuş yağ asidi türevleri, diğer bitkisel kaynaklar, hayvansal kaynaklar ve analog polisakkaritleri kapsayan diyet lifleri elde edildikleri kaynaklara göre genel olarak sınıflandırılması Şekil 2.3'te özetlenmiştir (Tungland ve Meyer, 2002).





Şekil 2.3. Lif Kaynaklarının Sınıflandırılması (Tungland ve Meyer, 2002)

2.5. Fonksiyonel Ekmek Üretimi Üzerindeki Çalışmalar

Wang ve arkadaşları 2002 yılında yaptıkları bir çalışmada, farklı diyet lif ilavelerinin hamur ve buğday ekmeği nitelikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla ekmeğin formülasyonuna; keçiyoynuzu lifi, hindiba inülini ve bezelye lifi ilave edilmiştir. İnülin ilavesinin hamur nitelikleri üzerindeki etkisi incelendiğinde; su absorpsiyon değerinde kontrole (%53,5) kıyasla azalma meydana gelirken; keçiyoynuzu ve bezelye lifi ilavesiyle kontrole kıyasla artış tespit edilmiştir ve değerler sırasıyla %57,3 ve %59,9 olarak kaydedilmiştir. Gelişme süreleri tüm örneklerde 2 dk olarak saptanmıştır. İnülin ilavesiyle kontrol (4 dk) örneğine kıyasla stabilite süresinde artış meydana gelmiştir ve bu değer 5 dk olarak kaydedilmiştir. Keçiyoynuzu ve bezelye lifi içeren örneklerde ise stabilite süresi 4 dk olarak belirlenmiştir. Diyet lif ilavesiyle tüm örneklerde kontrole kıyasla (110 BU) elastikiyet azalmıştır ve inülin, keçiyoynuzu ve bezelye lifi içeren örneklerde bu değer sırasıyla 90, 100 ve 90 BU olarak belirlenmiştir. Diyet lif ilavesiyle kontrol (90 BU) örneğine kıyasla, yoğurma toleransı değerlerinde azalma tespit edilmiştir ve inülin, keçiyoynuzu ve bezelye lifi içeren örneklerde bu değer sırasıyla 50, 70, 75 BU olarak kaydedilmiştir. Kontrole kıyasla diyet lif ilavesi ile ekmeğin spesifik hacmi azalmış ancak diyet lifleri arasında en yüksek hacim keçiyoynuzu lifi içeren örneklerde belirlenmiştir. İnülin ilavesi ekmeğin sertlik ve çiğnenebilirlik değerini arttırmakta iken keçiyoynuzu ve bezelye lifi ilavesi ile tekstürel açıdan daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek toplam diyet lif içeriği bezelye (%5,38), en düşük ise keçiyoynuzu lifi (%5,06) içeren ekmeğin örneklerinde tespit edilmiştir. İnülin içeren örnekte bu değer %5,14 olarak belirlenmiştir.

Oganean ve arkadaşları (2006), yaptıkları bir çalışmada; un bazında %10, %15, %20, %25 oranlarında buğday lifi kullanımının ekmeğin nitelikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Buğday lifi oranının artmasıyla kontrole (%46,5) kıyasla nem değerlerinde artış tespit edilmiş ve değerler konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla %49,8; %51,2; %52,5; 53,1 olarak kaydedilmiştir. Öte yandan,

buğday lifi konsantrasyonunun artışına koşut olarak ekmeklerin spesifik hacim ve porozite değerlerinde kontrol örneğine kıyasla azalma tespit edilmiştir. Spesifik hacim değerleri konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla 286; 244; 227; 204 cm³/100g olarak kaydedilirken; porozite değerleri ise %73; %65; %64; %58 olarak saptanmıştır.

Mandala ve arkadaşları (2008), yaptıkları bir çalışmada; dondurarak depolamanın farklı diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmekler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla ekmeklere; 40:60 yulaf/buğday unu (OB), %3 inülin (IB), %8 polidekstroz (PB), %4 HPMC (HPB) ve %4 oranında keçiyoynuzu zıncısı (LBB) ilave etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, lif ilavesi ile nihai ürünün hacmi azalmakta olup; en düşük hacim değerlerine sahip örneklerin yulaf ve inülin içerenler olduğu saptanmıştır. Yulaf içeren ekmeklerin nem içeriği en yüksekken, polidekstroz içeren ekmeklerin iç kısmı ve kabuk kısmı arasındaki nem farkı en fazladır. Tekstür analiz sonuçlarına göre, dondurularak pişirilmiş ekmeklere ait elastikiyet değerleri taze ve kısmi pişirilenlere göre daha yüksek olarak saptanmıştır. Diğer bir taraftan, en düşük elastikiyet değeri polidekstroz içeren örneklerde tespit edilmiş olup bunu herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen kontrol örneği takip etmiştir. Dondurulmuş hamur örnekleri (OB, IB, BB) daha yüksek chroma değerlerine sahipken, dondurulmamış hamurlarda istatistiksel olarak fark sadece OB ve LB'ler arasında görülmüştür. Hidrokolloid ilavesi L* değerlerinde bir düşüşe sebep olmuştur. İnülin içeren ekmekler; daha düşük sertlik ve elastik yapı karakterize edilirken, hacimlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Peressini ve Sensidoni, (2008) yaptıkları bir çalışmada çözünebilir diyet lifi ilavesinin hamurun reolojik özellikleri ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla farklı polimerizasyon derecesine sahip inülin (inülin ST, inülin HP ve inülin HP-jel) kullanmışlardır. Her bir çeşit inülin %2,5, %5 ve %7,5 oranında ilave edilmiştir. Diyet lif ilavesi ile yoğurma süresi ve stabilite artarken, su absorpsiyonu azalmıştır. İnülin ST, inülin HP'ye kıyasla hamurun viskoelastik özelliklerinde daha az değişikliklere neden olmuştur (p>0,05). Ekmek

sertliği, %5 ve %7,5 konsantrasyonda inülin HP kullanılması sonucu artış göstermiştir. Diğer taraftan, ekmeklik bir una %2,5; %5 ve %7,5 oranlarında inülin ST ilavesi ile ekmek hacminde artış gözlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Polaki ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada, lif ve hidrokolloid ilavesinin taze ve dondurulmuş ekmek üzerindeki yapısal ve duyu özelliklerini incelemişlerdir. Bu amaçla ekmeklere; 40:60 yulaf/buğday unu, %3 inülin, %8 polidekstroz, %4 oranında HPMC, %4 oranında keçiyoynuzu zımkı ilave etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre polidekstroz ilave edilen örneklerin gözenek genişliği daha büyükken, yulaf içeren ekmekler küçük gözenek yapısına sahiptir. Taze ve kısmi olarak pişirilmiş yulaf içeren örneklerde depolama sonunda yapısal değişiklikler görülmesine rağmen, duyu olarak istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Angioloni ve Collar, 2011 yılında yaptıkları bir çalışmada, kalori değeri azaltılmış yüksek lif içeren ekmeklerin fizikokimyasal ve besinsel niteliklerini incelemişlerdir. Bu amaçla diyet lif olarak; keçiyoynuzu zımkı, inülin (Frukto-Oligosakkarit), polidekstroz (Gluko-Oligosakkarit) ve bunların kombinasyonlarını “10g diyet lif/100g buğday unu” olacak biçimde kullanılmışlardır. En yüksek beyazlık indeksi (Bİ) değeri inülin içeren örneklerde gözlenirken, en düşük Bİ ise keçiyoynuzu gamı içeren örneklerde tespit edilmiştir. CMC/Frukto-oligosakkarit kombinasyonunu içeren ekmek, diğer tüm numunelere kıyasla en yüksek esmerleşme indeksi değerine sahiptir. Keçiyoynuzu gamı/Gluko-oligosakkarit içeren ekmekler en düşük kabul edilebilirlik değerine sahip örnek iken, CMC/Frukto-oligosakkarit en yüksek kabul edilebilirlik değerine sahip örnek olarak belirlenmiştir. Tekstürel özellikleri en iyi olan örnekler, CMC/Frukto-oligosakkarit ve CMC/Gluko-oligosakkarit kombinasyonuna sahip ekmeklerdir. CMC/prebiyotik kombinasyonu daha elastik bir yapı sağlarken, keçiyoynuzu gamı içeren örnekler kontrol örneğine benzer özellikler sergilemişlerdir.

Rubel ve arkadaşları (2014), yaptıkları bir çalışmada, buğday ekmeğinin enginardan ekstrakte edilen inülin (IRC-J) ve ticari kaynaklı inülin (IRC-C) ile

zenginleştirilmesinin hamur reolojisi ve ekmek kalitesine etkisini araştırmışlardır. Enginardan ekstrakte edilen inülin ve ticari kaynaklı inülin, %2,5 ve %5 oranlarında ekmeğe ilave edilmiştir. Her iki lif çeşidinin en düşük konsantrasyonu hamurun elastikiyeti üzerinde önemli bir etkiye sahip değilken, diyet liflerin yüksek seviyelerdeki kullanımı elastikiyeti düşürmüştür. %5 oranında enginardan ekstrakte edilen inülin içeren ekmekler koyu renkte ve nem içeriği daha yüksek iken %2,5 oranında enginardan ekstrakte edilen inülin ve aynı oranda ticari kaynaklı inülin içeren örneklerin tüm duyuşsal özellikleri kabul edilebilirlerdir.

Sirbu ve Arghire (2017), yaptıkları bir çalışmada; ticari kaynaklı inülinin (Fibruline DS2) ekmeğe ilavesinin hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla ekmeklere %5, 10, 15, 20 oranlarında inülin ilave etmişlerdir. İnülinin artan konsantrasyonuyla, su absorpsiyonu değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). %5 oranında inülin ilavesi haricindeki diğer bütün konsantrasyonlarda kontrol örneğine kıyasla hamur gelişme sürelerinde artış meydana gelmiştir. Genel olarak hamur stabilitesi ve uzayabilirlik arasında negatif veya pozitif bir korrelasyon tespit edilememiştir ($p<0,05$). Artan inülin konsantrasyonuna koşut olarak ekmek hacminde azalma ve gözenek yapısında düzensizlik tespit edilmiş olup, inülin konsantrasyonunun %5'in üzerine çıktığı durumlarda porozitenin azaldığı belirlenmiştir. Sonuçlar buğday ekmeğine, %15 oranında Fibruline DS ilavesinin duyuşsal olarak kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

Zambelli ve arkadaşları (2017), yaptıkları bir çalışmada, Açai (*Euterpe oleracea*) tozu ve polidekstrozun ekmek üzerindeki etkilerini yanıt yüzey metodu kullanarak araştırmışlardır. Bu amaçla ekmeklere %30 oranında Açai tozu ve %30 oranında polidekstroz ve %15Açai-%15Polidekstroz, %15Açai-%45Polidekstroz, %45Açai-%15Polidekstroz, %45Açai-%45Polidekstroz, %30Açai-%60Polidekstroz, %60Açai-%30Polidekstroz ve %30Açai-%30Polidekstroz oranlarında Açai-Polidekstroz kombinasyonlarını ilave etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, en yüksek pişme kaybı değeri %30 oranında Açai içeren örnekte

görüldüğünde, en düşük pişme kaybı değerine sahip ekmek %45Açai-%45Polidekstroz kombinasyonu olmuştur. Genel olarak ekmek sertliği Açai tozu ve polidekstroz seviyelerinin artmasıyla birlikte artmıştır. %45 Açai+%45 Polidekstroz kombinasyonu hazırlanan ekmeklerin L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 40,38; 10,11 ve 4,28 olarak ölçülmüştür. Açai tozu ve polidekstroz ilavesiyle ekmeğin fiziksel kalitesi önemli ölçüde azalmıştır. Bu bağlamda araştırmacılar, maksimum %30 oranında Açai tozu ve polidekstrozun ekmeğin kalite özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Luo ve arkadaşları (2018), inülinin zayıf ve kuvvetli unlarda kullanımının hamurun reolojik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla farklı polimerizasyon derecelerine sahip 3 farklı ticari kaynaklı inülini (Fibruline Instant: FI, Orafit: GR, Fibruline XL: FXL) %2,5; %5 ve %7,5 konsantrasyonda olmak üzere tek başlarına kullanmışlardır. Reolojik özellikleri belirlemek amacıyla Farinograf testleri yapılmıştır. Zayıf unun inülin ile zenginleştirilmesiyle; tüm inülin çeşitlerinde kontrole kıyasla su absorpsiyon değerlerinde azalış tespit edilmiştir ($p<0,05$). FI ilavesinin %10 konsantrasyonda, GR ilavesinin %5 ve %10 konsantrasyonda kullanıldığı durumlarda gelişme sürelerinin kontrole kıyasla arttığı kaydedilmiştir ($p<0,05$). Diğer bir yandan diğer tüm örneklerde gelişme süresi değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). FXL ilavesinin %2,5 ve %5 konsantrasyonda kullanıldığı durumlar hariç olmak üzere, tüm çeşit ve konsantrasyonlarda stabilite sürelerinin kontrol örneğine kıyasla arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). FXL'nin %2,5 konsantrasyonda kullanıldığı örnek hariç olmak üzere, tüm çeşit ve konsantrasyonlarda yumuşama derecesi değerinde kontrol örneğine kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Diğer bir yandan, kuvvetli unun inülin ile zenginleştirilmesiyle; tüm inülin çeşitlerinde kontrole kıyasla su absorpsiyon değerlerinde azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). FXL ilavesinin %10 konsantrasyonda kullanıldığı durum hariç olmak üzere, tüm inülin çeşit ve konsantrasyonlarında gelişme süresinin kontrole kıyasla arttığı belirlenmiştir.

($p<0,05$). FXL ilavesinin %5 ve üzerinde olduğu durumlar hariç olmak üzere stabilite sürelerinde kontrol örneğine kıyasla artış ($p<0,05$); yine FXL ilavesinin %5 ve üzerinde olduğu durumlar hariç olmak üzere yumuşama derecesinde kontrole kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Kou ve arkadaşları (2019), buharda pişirilmiş ekmeklere inülin ilavesinin ekmeğin tekstürel özellikleri ve bayatlama davranışı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla 3 farklı polimerizasyon derecesine sahip ticari kaynaklı inülin (Fibruline S30:FS; Fibruline Instant:FI; Fibruline:FXL) %2,5; %5; %7,5 ve %10 oranlarında olmak üzere kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; FS ve FI içeren ekmeklerin L^* değeri kontrol ekmeğine oranla yüksekken, FLX içeren ekmeklerin %10'dan düşük konsantrasyonları L^* değerini düşürmektedir. Aynı zamanda FS ilave edilen örneklerin a^* ve b^* değerinde azalmalar gözlenmiştir. Diğer bir yandan, FS ve FI seviyeleri %7,5 ve %5 oranlarında olduğunda ekmek hacmi kontrole oranla daha yüksektir ve %5 FS, %5 FI ve %2,5 FXL ilavesi ile ekmek sertliğini yine aynı şekilde kontrole oranla azaltmıştır. Genel olarak FS ve FI ilavesi %10'dan düşük olduğunda ekmekler iyi niteliklere sahiptir. Aynı zamanda inülin ilavesi ile ekmeklerin nem içeriği azalmıştır. Sonuç olarak, FS ($\leq\%7,5$) ve FI ($\leq\%5,0$) ilavesinin, ekmeklerin geliştirilmesinde etkili olduğunu fakat FXL ilavesinin düşük konsantrasyonda (%2,5) dahi ekmek kalite niteliklerini olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir.

Ansari ve arkadaşları (2021), inülin, polidekstroz ve dirençli nişastanın ekmek kalite nitelikleri ve depolama üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla ekmek formülasyonlarında %10 konsantrasyonda; inülin, polidekstroz ve dirençli nişasta tek başlarına kullanılmıştır. Ekmek sertliğinin 0,52-4,94 N aralığında; nem içeriklerinin 27,26-37,32 g/100g aralığında; spesifik hacim değerlerinin 2,75-3,17 cm³/g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. İnülin ilavesiyle, sertlik, nem ve spesifik hacim değerlerinde, kontrol örneğine kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamazken ($p>0,05$); dirençli nişasta ilavesiyle tüm parametrelerde

kontrole kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ekmek örneklerinin 1, 3 ve 5 gün depolanmasının ardından tüm örneklerin kontrol örneği ile benzer nitelikte olduğu bildirilmekle beraber, ekmek sertlik değerlerinin arttığı ($p<0,05$); nem içeriklerinin ise korunduğu bildirilmiştir ($p>0,05$). Polidekstroz içeren örneğin ise kontrol örneğine en yakın nitelikteki ekmek olduğu duyusal olarak belirlenmiştir.





3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemelerde kullanılan ekmeklik buğday unu-TGK 2013/9 (Bağışlar Un-Adana), tuz-TGK 2013/48 (ARO Gıda Sanayi) ve pres ekmek mayası-TS 3522 (Özmaya-Adana) Adana piyasasındaki firmalardan temin edilmiştir.

Denemelerde kullanılan diyet liflerden buğday lifi (JELUCEL, WF-200) Tunçkaya Kimyevi Maddeler Tic. Ve San. A.Ş - İstanbul; polidekstroz (STA-LITE R90 NG) Gümüş Gıda San. Ve Tic. A.Ş - İstanbul; inülin, Fibrelle-İstanbul firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Diyet Liflerce Zenginleştirilmiş Ekmek Üretimi

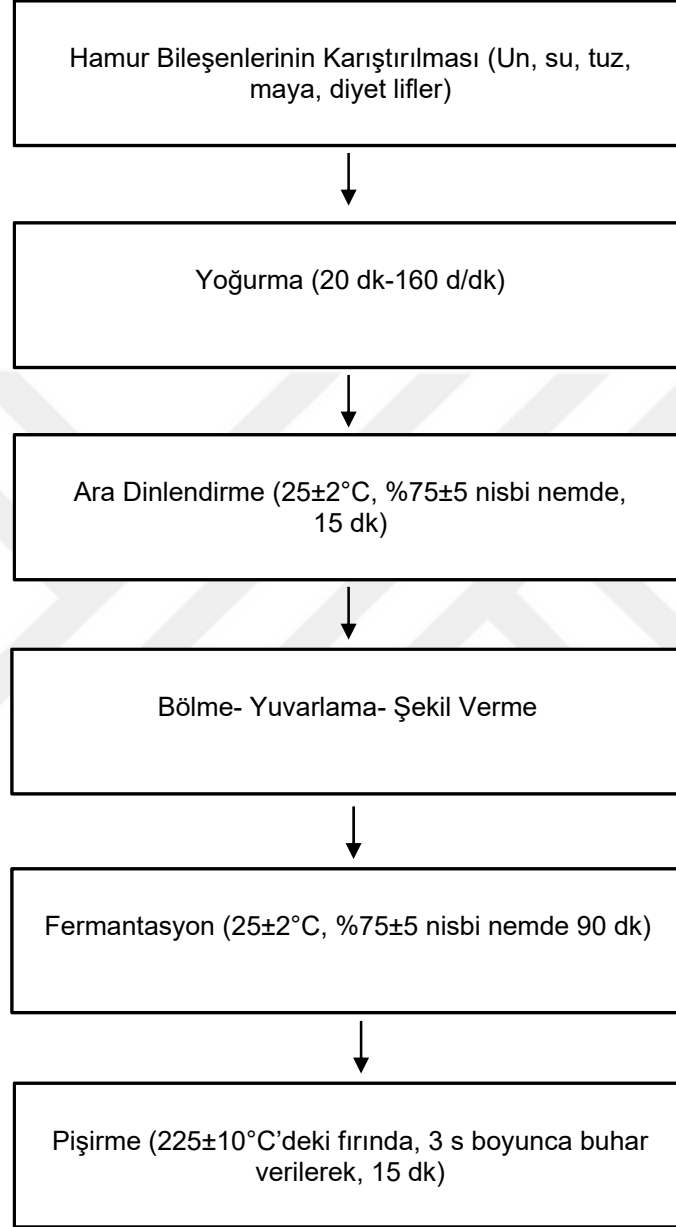
Ekmek üretimleri Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tahıl İşleme Teknolojisi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Günsa Makine Sanayi A.Ş (İzmir) tarafından üretilen 1 kg un kapasiteli ve 160 d/dk hızındaki spiral milli yoğurma makinesi ve Fimak Makine A.Ş (Konya) tarafından üretilen "Fimak Marka, EKF 60x80 Model " fırın kullanılmıştır. Ekmek hamuru Çizelge 3.1' de verilen bileşenler ile Şekil 3.1'deki ekmek üretim şemasına göre hazırlanmıştır.

Çizelge 3.1. Ekmek Hamuru Bileşimi (% Un esasına göre)

Bileşenin Adı	Miktar (%)
Buğday unu	100
Su	Değişken oranda ⁽¹⁾
Maya	3
Tuz	1,5
Buğday Lifi (WF-200)	5
Diyet Lifler (Polidekstroz ve İnülin)	Değişken oranlarda ⁽²⁾

⁽¹⁾Farinografta belirlenen su absorpsiyon değerine göre her bir formülasyon için ilave edilen su miktarı.

⁽²⁾Polidekstroz ve inülin ekmek formülasyonlarında tek başlarına veya birbirleri ile kombinasyon halinde kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Ekmek Yapımında Uygulanan İşlem Basamakları

Çalışmalarda ekmeklik unun çözünmez diyet lif içeriğinin, Çizelge 2.1'deki bilgilerin ışığında tam buğday ununa eş değer hale getirilmesi amacı ile sabit bileşen olarak tüm formülasyonlarda %5 düzeyinde “%96 oranında çözünmez life” sahip buğday lifi (WF-200) kullanılmıştır. Ayrıca yapılan farinograf ölçümlerinde %5'ten daha yüksek oranlarda buğday lifi ilavesinin, hamurun su absorpsiyonunu çok fazla arttırdığı ve hamurun işlenebilirliğini zorlaştırdığı düşüncesi ile kullanım oranının %5 olmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda, Kontrol 1 örneği dışındaki tüm örnekler %5 oranında buğday lifi ilavesi yapılmıştır. Polidekstroz; %2, %4, %6 ve inülin; %2, %4, %6 olacak şekilde 3 farklı konsantrasyonda, tek başlarına veya ikili kombinasyonlar halinde kullanılmış olup (Çizelge 3.2); ekmek üretimleri 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2. Ekmek Üretiminde Kullanılan Diyet Lifler ve Konsantrasyonları (%)

Örnek Kodu	Bileşimdeki Diyet Lifler ve Oranları (Un miktarı üzerinden)		
	Çözünür Lifler		Çözünmez Lif
	Polidekstroz (%)	İnülin (%)	Buğday Lifi (%)
Kontrol 1	-	-	-
Kontrol 2	-	-	5
DL1	2	-	5
DL2	4	-	5
DL3	6	-	5
DL4	-	2	5
DL5	-	4	5
DL6	-	6	5
DL7	2	2	5
DL8	2	4	5
DL9	2	6	5
DL10	4	2	5
DL11	4	4	5
DL12	4	6	5
DL13	6	2	5
DL14	6	4	5
DL15	6	6	5

Yoğurma süresi, fermantasyonu süreleri ile pişirme sıcaklığı ve süresi ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Hamur yapımında kullanılan suyun sıcaklığı, yoğrulması tamamlanmış hamurun sıcaklığı 22 ± 1 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere, 20 dakikalık yoğurma süresi sonunda hamurlar, 15 dakika ara dinlendirmeye bırakılmıştır. 100 g’lık eşit parçalara bölünen hamurlara elle yuvarlak şekil verilmiştir. Hamurlar, dönen silindirik aparat yardımı ile açılarak, 2 cm’lik sabit kalınlığına getirilmiş ve birleştirme işlemi yapılarak pişirme tavaına yerleştirilmiştir. Pişirme tavalara (AACC Metot 10-10B) yerleştirilen hamurlar, 25 ± 2 °C ve $\%75\pm 5$ nisbi nemde 90 dakika süreyle fermantasyona tabi tutulmuştur. Fermantasyon sonrası alt-üst sıcaklık 225 ± 10 °C olan fırında, 3 saniye süre ile buhar verilerek 15 dakikada pişirme gerçekleştirilmiştir. Fırından çıkarılan ekmekler 3 dakika bekledikten sonra tavalardan çıkarılmış ve sıcaklıkları oda sıcaklığına düşene kadar 1 saat süre ile tel ızgaralar üzerinde soğutulmuştur.



Şekil 3.2. Ekmek Hamurlarının Bölme, Yuvarlama ve Fitilleme Aşamaları

3.2.2. Hammadde Analizleri

Ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan unun niteliklerini belirlemek için; nem (AACC, Metot 44-01.01), kül (AACC, Metot 08-01.01), yaş gluten (AACC, Metot 38-12.01), gluten indeksi (AACC, Metot 38-12.02), Zeleny sedimentasyon (AACC, Metot 56-61.02), düşme sayısı (AACC, Metot 56-81.03) ve toplam diyet lif içerikleri (AACC, Metot 32-07.01) ile kullanılan diyet liflerin (buğday lifi, polidekstoza ve inülin) nem (AACC, Metot 44-01.01), kül (AACC, Metot 08-01.01), toplam diyet lif içerikleri (AACC, Metot 32-07.01) belirlenmiştir.

3.2.3. Hamur Analizleri**3.2.3.1. Farinograf Analizi**

Un nitelikleri ve diyet lif ilavesinin farinograf değerleri (su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilite, yoğurma toleransı, yumuşama derecesi) üzerindeki etkileri, AACC Metot 54-21.02'ye göre belirlenmiştir. Analiz 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2. Ekstensograf Analizi

Un nitelikleri ve diyet lif ilavesinin ekstensograf değerleri (sabit deformasyondaki direnç, maksimum direnç, uzama, enerji, oran) üzerindeki etkileri, AACC Metot 54-10.01'e göre belirlenmiştir. Çalışmamızda hamurların 45., 90. ve 135. dakika sonundaki ekstensograf değerleri tespit edilmiş olup; çizelgelerde 45., 90. ve 135. dakika ölçümlerinin ortalaması yer almıştır. Analiz 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Ekmeklere Uygulanan Analizler

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin yükseklik, hacim, pişme kaybı, nem, renk analizleri ekmeklerin 2 saat soğutulmasının hemen ardından; tekstür ve gözenek boyut dağılımı analizleri ekmeklerin soğutulmasının ardından 24 saat sonra; toplam diyet lif analizleri ekmekler -18°C'de depolandıktan sonra, en az 3 tekerrürlü olmak üzere gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1. Yükseklik

Ekmek örneklerinin yükseklik değerleri, merkezi noktası belirlenen ekmeklerin en yüksek noktasının dijital kumpasla (AEK-Tech Electronic Caliper) mm cinsinden ölçülmesi ile belirlenmiştir.

3.2.4.2. Hacim

Ağırlığı belirlenen ekmek örneklerinin hacmi, pişirildikten 2 saat sonra kolza tohumu ile yer değiştirme yöntemi ile belirlenip; AACC Metot 10.05.01'e göre "cm³ / 100 gram ekmek" olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.3. Pişme Kaybı

Pişme kaybı değeri (%), pişirme öncesi hamur ağırlığı (A_{Hamur}) ve pişirme sonrası ekmek ağırlığı (A_{Ekmek}) ölçülerek verilen formüle göre hesaplanmıştır (Altan, 1990).

$$\text{Pişme Kaybı (\%)} = [(A_{\text{Hamur}}) - (A_{\text{Ekmek}})] / (A_{\text{Hamur}}) \times 100$$

3.2.4.4. Nem Tayini

Sabit tartım ağırlığına getirilip öncelikle desikatörde soğutulup oda sıcaklığına gelmeleri sağlanan ve darası kaydedilen kaplara yaklaşık 2g±0,1 ağırlığında örnek tartılmıştır. Örnekler, 105°C sıcaklıkta, fanlı etüvde (Binder-Almanya, FD-53 model) sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar kurutma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrası meydana gelen ağırlık kaybı belirlenerek örneklerin nem içeriği AACC, Metot 44-01.01'e göre % olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.5. Renk Tayini

Ekmek örneklerinde renk tayini Konica Minolta marka el tipi renk ölçüm cihazı kullanılarak; Uluslararası Aydınlatma Kurumu (CIE) tarafından geliştirilen CIE L*a*b* renk sistemi baz alınarak ekmek içi ve kabuk yapısında L*, a*, b*, chroma ve hue değerleri belirlenmiştir (Keskin ve ark., 2017).

3.2.4.6. Tekstür Analizi

Ekmeklerin tekstürel özellikleri TA.XT-plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, İngiltere) cihaz kullanılarak belirlenmiştir. Tekstür analizi için AACC, Metot 74-09.01 uygulanmış olup, tekstür analizinde kullanılan

parametrelere ilişkin değerler, Çizelge 3.3'te verilmiştir. Buna göre tekstür profil analizi (TPA) gerçekleştirilerek sertlik ve çignenebilirlik değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 3.3. Tekstür Analiz Parametreleri

Parametre	Değer ve Özellikler
Prob	36 mm çap
Load Cell	5 kg
Tetik Kuvveti	5 g
Test Öncesi Hızı	1 mm/s
Test Hızı	1.7 mm/s
Test Sonrası Hızı	10 mm/s
Mesafe	6.25 mm
Süre	30 s
Deformasyon Oranı	%40

3.2.4.7. Gözenek Boyut Dağılımı Analizi

Sayısal görüntü işleme yöntemi kullanılarak ekmek örneklerine ait gözenek boyut dağılımı analizi gerçekleştirilmiştir. Örnekler, maket bıçağı ile bir ayrıntı uzunluğu 25 mm olan küp şekline getirilmiştir. Örneklerin, sabit yükseklik (107,3 mm) ve ışık kaynağı altında, görüntüsü alınmış ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Örnekler ait gözenek yapının otomatik bölütlenmesi temel alınarak gerçekleştirilen analizde bilgisayar ortamına aktarılan fotoğraflar Image J (Image Processing and Analysis in Java) paket programı kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Görüntü işleme için hazır hale getirilen örneklerin, gözenek boyut dağılımı analizine uygun hale getirilmesi için renk derinliği 8 bit kırmızı, yeşil, mavi (RGB) olmak üzere 3 ana renk dağılımı gerçekleştirilerek ve kırmızı renk dağılımı gerçekleştirilen görsel üzerinden analize devam edilmiştir. Bu renk derinliğine uygun eşik değeri belirleme algoritması (threshold) kullanılarak ön ve arka planda yer alan objeler arasında kontrast farkı yaratılarak birbirinden ayrılması, dolayısıyla gözeneklerin belirgin hale gelmesi sağlanmıştır. Buna göre, beyaz alan olarak yer alan gözeneklerin toplam alan içerisindeki görüntüsü elde edilmiş ve gözenek yoğunluğu ile porozite değerleri hesaplanmıştır (Yazıcı, 2018).

3.2.4.8. Toplam Diyet Lif Analizi

Ekmek örneklerinin toplam diyet lif içerikleri enzimatik gravimetrik yöntem ile AACC Metot 32-07.01'e göre belirlenmiştir.

3.2.4.9. Duyusal Analiz

Ölçümlenebilir analiz sonuçlarının 3 kişilik uzman grup tarafından değerlendirilmiş; diyet liflerin tek başlarına ve düşük konsantrasyonlarda kullanımları ile kombinasyonlar halinde ve eşit konsantrasyonlarda kullanımlarındaki etkileri değerlendirmek amacı ile duyusal analize tabi tutulması gereken 7 adet ekmek örneği belirlenmiştir. Ekmekler bütün olarak ve dilimlenerek (kalınlığı 20 mm) 3 rakamlı rastgele verilmiş sayılarla kodlanarak panelistlere sunulmuştur. Duyusal analiz çalışmaları önceden konu hakkında bilgilendirilmiş, yaşları 25-56 aralığında değişen, 8 kadın-7 erkek olmak üzere; toplam 15 panelist tarafından Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Duyusal Analiz Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Ekmeklerin hacim, gözenek yapısı, renk, tat, koku, tekstür, genel kabul edilebilirlik parametreleri 1 (çok kötü)- 5 (çok iyi) olacak şekilde hedonik skala kullanılarak değerlendirilmiştir (Rubel ve ark., 2015).

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Denemelerde elde edilen veriler SPSS 20 (SPSS Inc., ABD) istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılması amacıyla tek faktör varyans analizi (ANOVA) ve gruplar arası farklılıkların belirlenmesi amacıyla ise %95 güven aralığında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Analiz sonuçları arasındaki ilişki düzeyleri regresyon ve korrelasyon testleri ile belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan unun niteliklerini belirlemek için; nem, kül, yaş gluten, gluten indeks, Zeleny sedimantasyon, düşme sayısı ve toplam diyet lif içerikleri ile kullanılan diyet liflerin (buğday lifi, polideksto ve inülin) nem, kül, toplam diyet lif içerikleri belirlenmiştir.

Un nitelikleri ile diyet liflerin ilavesinin hamur nitelikleri üzerindeki etkileri farinograf ve ekstensograf cihazları ile belirlenmiştir.

Farklı formülasyonlar ile üretilen ekmeklerin niteliklerinin belirlenmesi amacı ile; yükseklik, hacim, pişme kaybı, nem, renk, tekstür, gözenek boyut dağılımı, toplam diyet lif ve duyu analizi yapılmıştır.

4.1. Hammadde Niteliklerinin Belirlenmesi

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek yapımında kullanılan unun bazı özellikleri Çizelge 4.1’de; ekmeklerde kullanılan hammaddelerin bazı özellikleri ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ekmeklerde Kullanılan Unun Bazı Özellikleri

Özellikler	Değer
Nem	%13,43
Kül	%0,53
Yaş Gluten	%28,90
Gluten İndeks	%94
Zeleny Sedimantasyon	30,8 mL
Düşme Sayısı	412 s
Toplam Diyet Lif	%2,30

Çizelge 4.2. Kullanılan Hammaddelerin Bazı Özellikleri

Hammaddeler	Özellikler		
	Nem (%)	Kül (%)	Toplam Diyet Lif (g /100 g kuru madde)
Buğday Lifi	7,90	0,59	96,12
Polidekstroz	4,03	0,06	90,15
İnülin	5,03	0,03	88,30

28606 sayılı Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne göre; ekmeklik buğday ununa ait nem değerinin en çok %14,5; kül değerinin kuru maddede en çok %0,8; sedimantasyonun en az 30 mL; düşme sayısının ise en az 250 s olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2013a).

4.2. Hamur Niteliklerinin Belirlenmesi

4.2.1. Farinograf Analizi Sonuçları

Farklı diyet lif konsantrasyonu ve kombinasyonları ile hazırlanan hamurların farinografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bulgular Çizelge 4.3'te, farinogramları ise EK 1' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarıyla Hazırlanan Hamurlara Ait Farinogram Değerleri

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Farinogram Değerleri				
		Su Abs. (%)	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite Süresi (dk)	Yoğurma Toleransı (BU)	Yumuşama Derecesi (BU)
Kontrol1	-	60,8±0,00 ^b	11,0±0,10 ^l	13,4±0,10 ^l	43±1,50 ^{bc}	62±1,52 ^d
Kontrol2	%5BL	63,9±0,05 ^a	2,6±0,05 ^l	12,0±0,15 ^k	44±3,00 ^{bc}	82±4,00 ^b
DL 1	%2P	61,2±0,25 ^b	2,6±0,10 ^l	12,8±0,57 ^l	48±1,50 ^a	86±0,00 ^a
DL 2	%4P	58,9±0,20 ^e	2,4±0,10 ^l	15,3±0,57 ^g	45±1,52 ^b	55±1,52 ^e
DL 3	%6P	56,0±0,10 ^g	14,3±0,15 ^g	17,7±0,20 ^e	37±2,51 ^d	36±2,51 ^f
DL 4	%2İ	60,2±0,10 ^c	3,3±0,10 ^k	14,0±0,15 ^h	42±2,51 ^c	71±4,04 ^c
DL 5	%4İ	58,9±0,05 ^e	13,5±0,40 ^h	16,7±0,15 ^f	33±1,52 ^e	51±0,57 ^e
DL 6	%6İ	56,7±0,17 ^f	15,6±0,10 ^f	18,1±0,15 ^{cd}	30±3,00 ^f	28±3,00 ^{gh}
DL 7	%2P+%2İ	59,6±0,20 ^d	12,6±0,37 ⁱ	18,7±0,10 ^a	20±0,00 ^h	30±0,57 ^g
DL 8	%2P+%4İ	57,1±0,61 ^f	15,3±0,10 ^e	18,1±0,15 ^{cd}	33±0,00 ^e	26±2,00 ^h
DL 9	%2P+%6İ	54,7±0,30 ^h	16,4±0,25 ^c	18,2±0,57 ^{bc}	27±0,00 ^g	20±0,57 ⁱ
DL 10	%4P+%2İ	56,1±0,65 ^g	13,8±0,23 ^h	18,3±0,23 ^{bc}	31±0,00 ^{ef}	31±0,57 ^g
DL 11	%4P+%4İ	55,2±0,20 ^h	15,8±0,40 ^e	17,9±0,15 ^{de}	16±0,57 ⁱ	18±2,51 ⁱ
DL 12	%4P+%6İ	53,4±0,23 ⁱ	19,6±0,51 ^{ab}	11,1±0,05 ^j	10±0,00 ^j	1±0,00 ^k
DL 13	%6P+%2İ	55,0±0,11 ^h	16,1±0,45 ^{cd}	18,5±0,12 ^{ab}	22±0,00 ^h	18±1,52 ⁱ
DL 14	%6P+%4İ	53,1±0,52 ⁱ	19,3±0,15 ^b	11,3±0,25 ^j	20±0,00 ^h	4±1,52 ^k
DL 15	%6P+%6İ	51,9±0,45 ^j	19,8±0,05 ^a	7,5±0,55 ^m	14±0,00 ⁱ	10±1,00 ^j

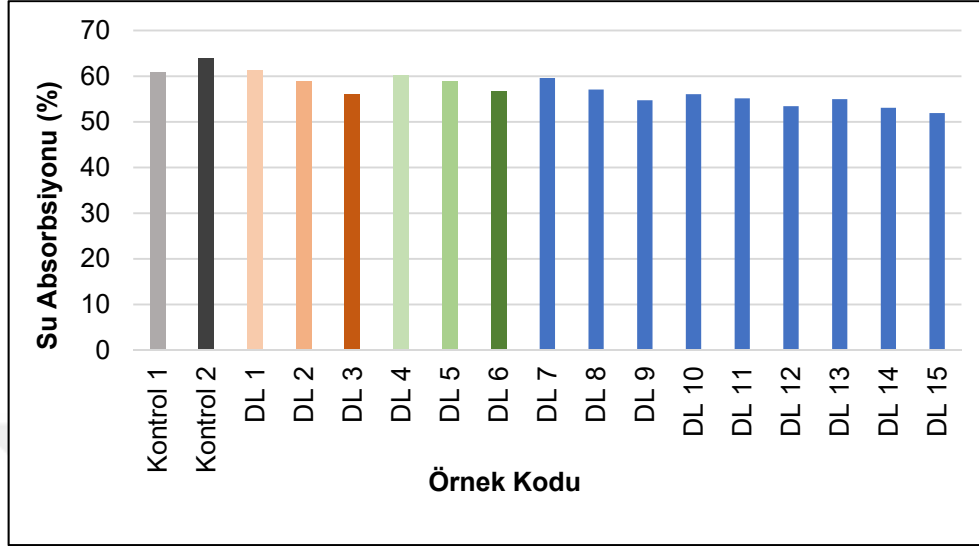
DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

4.2.1.1. Su Absorbsiyonu

Belirli viskozitede hamur elde etmek amacıyla una ilave edilmesi gereken su miktarı, o unun su absorpsiyon değeri olarak adlandırılmaktadır (Ünal, 1991).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların su absorpsiyon değerleri Çizelge 4.3'te ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Buna göre su absorpsiyonu değerleri %51,9-63,9 aralığında değişmektedir ve aralarındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). En yüksek su absorpsiyon değeri, bileşimde %5 oranında buğday lifi bulunan Kontrol 2 örneğine aittir; en düşük su absorpsiyon değeri, %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL15 kodlu örneğe aittir. %5 oranında buğday lifi ilavesi ile (Kontrol 2), hamurun su absorpsiyon değerinde, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla %3,1'lik bir artış meydana gelmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Unun Su Absorbsiyonu Değerleri Üzerindeki Etkisi

Buğday tanesinin kabuk ve kabuğa yakın bölgeleri ile hücre duvarında bulunan nişasta dışı polisakkaritlerden olan hemisellülozlar, hamurdaki serbest suyu bağlayarak hidrasyonu düzenlerler (Hoseney, 1983; Pomeranz, 1987; Özer, 1998). Bu durumda %5 oranında buğday lifi ilavesi ile su absorpsiyon değerinde artış meydana gelmesi beklenen bir sonuçtur. Aynı zamanda hemisellülozların kendi ağırlıklarının 6-10 katı su absorbe ettikleri çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Jelaca ve Hlynka, 1971; Kim ve D'Appolina, 1977). Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da una ilave edilen kepek miktarının artmasına koşut olarak su absorpsiyon değerinin arttığı tespit edilmiştir (Pomeranz ve ark., 1976; Özer, 1998; Gül, 2007; Erive ve ark., 2019).

Çözünür diyet lifler olan polidekstroz ve inülin tek başına kullanıldığında konsantrasyon artışına koşut olarak su absorpsiyon değerlerinde azalma meydana gelmiştir ($p < 0,05$). Hamura %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına ilavesi ile su absorpsiyon değerlerinin sırasıyla; %61,2; %58,9 ve %56,0 olduğu

belirlenmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise su absorpsiyon değerlerinin sırasıyla; %60,2; %58,9 ve %56,7 olduğu tespit edilmiştir.

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile su absorpsiyonu değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek su absorpsiyonu değerinin %59,6 olup; bunun bileşiminde %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülin içeren DL7 kodlu örnek olduğu tespit edilmiştir. En düşük su absorpsiyon değeri ise %51,9 olup; %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Söz konusu örnekler arasındaki su absorpsiyon değeri farkının yaklaşık olarak %7,7 olduğu belirlenmiştir.

Unda bulunan karbonhidratların büyük çoğunluğunu oluşturan nişasta, gluteni seyreltmekte ve gluten ağının stabil bir yapı kazanmasına yardım etmektedir (Altan, 1986; Pomeranz, 1987; Özer,1998). Polidekstroz ve inülinin hidrofilik özelliği ile nişasta parçacıklarının etrafında bariyer oluşturularak su molekülleri ve nişasta arasındaki teması engellemekte ve nişastanın şişmesini kısıtlamaktadır (Smiles, 1982; Brennan ve ark., 2004; Meyer, 2009). Artan polidekstroz ve inülin konsantrasyonuna koşut olarak hamurun su absorpsiyon değerlerindeki azalma bahsedilen durumla ilişkilendirilebilir. Aynı zamanda, inülin yapısında bulunan düşük moleküler ağırlıklı şekerler ve oligosakkaritler hamurun su absorpsiyon değerini azaltmaktadır (Rouille ve ark., 2005). Öte yandan, gluten miktar ve kalitesi ile su absorpsiyon kapasitesi arasındaki pozitif ilişki göz önüne alındığında (Ünal, 1979; Li ve Wei, 1998), polidekstroz ve inülinin artan konsantrasyonuyla undaki gluten oransal olarak azalmakta, bu durum, su absorpsiyon değerlerinde azalış meydana getirmektedir.

Farklı polimerizasyon derecelerine sahip 3 farklı inülinin (Fibruline Instant: FI, Orafit: GR, Fibruline XL: FXL) kullanıldığı bir çalışmada; %10 oranında inülin ilavesinin su absorpsiyon değerlerinde kontrol örneğine kıyasla

sırasıyla, %24,68; %21,66 ve %7,51 oranlarında azalma meydana getirdiği tespit edilmiştir (Luo ve ark., 2018). Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, kontrol örneğinin su absorpsiyon değeri %53,5 iken; %3 oranında inülin ilavesiyle bu değer %52 olarak kaydedilmiştir (Wang ve ark., 2002). Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da una ilave edilen çözünür lif miktarının artmasına koşut olarak su absorpsiyon değerinin azaldığı tespit edilmiştir (O'Brien ve ark., 2003; Rouille ve ark., 2005; Peressini ve Sensidoni, 2009; Salinas ve ark., 2016)

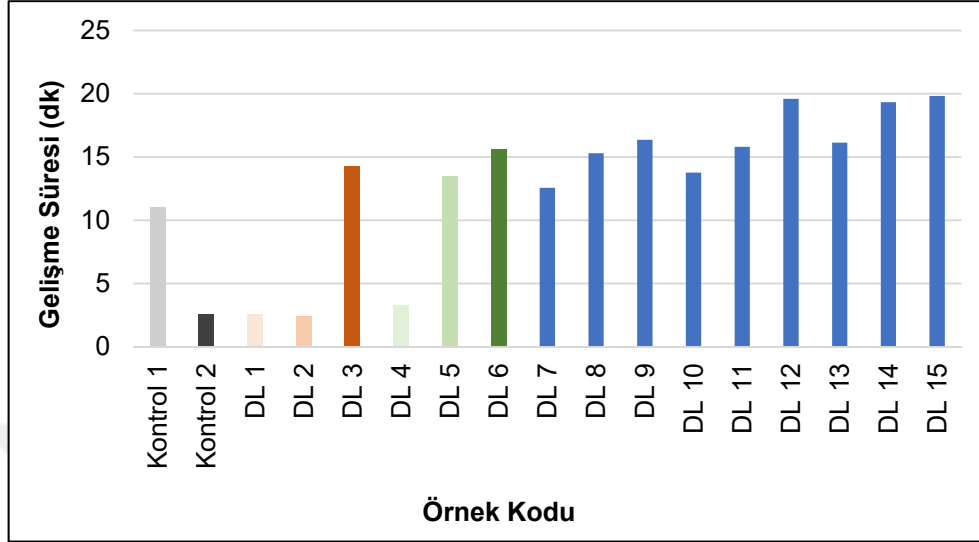
4.2.1.2. Gelişme Süresi

Gelişme süresi unun protein miktar ve kalitesinin bir göstergesidir. Kuvvetli unların gelişme süresinin zayıf unlara göre daha fazla olduğu bildirilmektedir (Pyler, 1988). Aynı zamanda gelişme süresi, hamurun yoğurmanın en etkin olduğu noktaya gelmesi için gerekli suyu alma hızı olup; gelişme süresinin kısa olması hidrasyonun çok çabuk gerçekleştiğinin, uzun olması ise suyun un içinde bulunan maddeler tarafından çok yavaş alındığının bir göstergesidir (Gül, 2007).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların gelişme süreleri Çizelge 4.3'te ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Buna göre hamurların gelişme süreleri 2,4-19,8 dk aralığında değiştiği saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek gelişme süresi değeri, %5 oranında buğday lifine ilaveten, %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aitken; en düşük gelişme süresi değeri ise %4 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL2 kodlu örneğe aittir. Herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğinin gelişme süresi 11 dk olarak tespit edilmiş olup; %5 oranında buğday lifi ilavesi ile (Kontrol 2), bu değer 2,6 dk olarak belirlenmiştir. Kepek miktarındaki artışa koşut olarak gelişme süresinin azaldığı bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Lai, 1986; Özboy, 1992). Ancak diğer araştırmacılar farklı olarak; yapılan farinografik ölçümlerde kepek miktarının artması ile kepek

parçacıklarının, hamurun yoğurulması sırasında gluten moleküllerinin arasına girmesi ve moleküller arası mesafeyi arttırmasıyla gelişme sürelerinin uzadığı tespit edilmiştir (Özer, 1998; Gül, 2007; Almeida ve ark., 2010). Ekmeklere farklı oranlarda buğday kepeği ilave edilen bir çalışmada %3 oranında kepek ilavesinin hamur gelişme süresini azalttığı fakat kontrol örneği ile aralarında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı ($p < 0,05$) tespit edilmiş olup; konsantrasyon %3'ün üzerine çıktığı durumlarda hamur gelişme sürelerinin arttığı (6-6,6 dk) belirlenmiştir ve örnekler arası fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p > 0,05$) (Li ve ark., 2018). Farklı konsantrasyonlarda (%2-4-6) narenciye lifi ilavesinin, lif konsantrasyonu %4'ün üzerinde olduğu durumda unun gelişme süresini kısalttığı tespit edilmiştir (Mironeasa ve Codina, 2013).

%5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına ilavesi ile gelişme süreleri sırasıyla; 2,6; 2,4; 14,3 dk olarak kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise gelişme sürelerinin sırasıyla; 3,3; 13,5; 15,6 dk olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Higroskopik bir lif olan inülin, kısmi dehidrasyona yol açmakta, böylelikle gluten daha az elastik hale gelmekte ve hamur gelişimi için gerekli olan süre uzamaktadır (Bock ve Damodaran, 2013; Huang ve ark., 2016). Polidekstroz ve inülinde bulunan suda çözünebilir nişasta dışı polisakkaritler, buğday lifine (çözünmez lif) oranla daha fazla bulunduğundan bu maddeler tarafından su daha geç absorbe edilmektedir. Çözünür liflerin (polidekstroz ve inülin) gelişme sürelerini uzatması, suyun çözünmez life (buğday lifi) oranla daha geç absorbe edilmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Gelişme Süresi Üzerindeki Etkisi

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile örneklerin gelişme sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p < 0,05$). Bu bağlamda en yüksek gelişme süresi değeri 19,8 dk olup; formülasyonunda %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin içeren DL15 kodlu örnek olduğu tespit edilmiştir. En düşük gelişme süresi değeri ise 12,6 dk olup; %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Söz konusu örnekler arasındaki gelişme süresi farkının 7,2 dk olduğu belirlenmiştir. Çözünür liflerin kombine olarak kullanılması ile toplam lif konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak suyun daha geç absorbe edilmesiyle gelişme sürelerinin uzadığı tespit edilmiştir.

Farklı polimerizasyon derecelerine sahip 3 çeşit inülinin (Fibruline Instant: FI, Orafiti: GR, Fibruline XL: FXL) kullanıldığı bir çalışmada; %2,5-5-7,5-10 oranlarında FI ilavesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak kontrol örneğine (12,1 dk) kıyasla gelişme sürelerini arttırdığı ve değerlerin sırasıyla; 13,5; 14,4; 24,5; 23,1 dk olduğu belirlenmiştir (Luo ve ark., 2018). Elde edilen sonuçlar çalışmamız

ile benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde, farklı konsantrasyonlarda (%5-10-15-20-25) inülin ilavesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak, kontrole (2,3 dk) kıyasla gelişme sürelerini arttırdığı ve değerlerin sırasıyla; 2,4; 20; 16,5; 11; 10,5 dk olduğu tespit edilmiştir (Bojnanska ve ark., 2015). Diyet lif ilavesinin gelişme süresini arttırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Hromadkova ve ark., 2007; Velioğlu ve ark., 2017; Jasna ve ark., 2018).

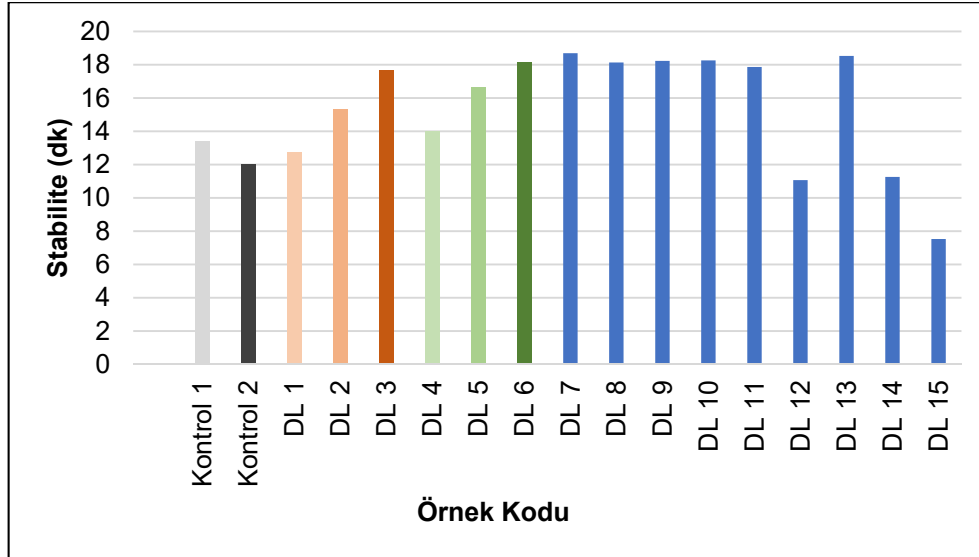
4.2.1.3. Stabilite Süresi

Yoğurma esnasında hamurun paletlere karşı gösterdiği direnç bir süre boyunca sabit kalır ve bu süre, hamur kuvvetinin bir göstergesi olan stabilite değerini vermektedir (Pyler, 1988).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların stabilite süreleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Buna göre hamurların stabilite süreleri 7,5-18,7 dk aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek stabilite süresi, %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örneğe aitken; en düşük stabilite süresi, %6 oranında polidekstrozun ve %6 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aittir. Herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğinin stabilitesi 13,4 dk olarak tespit edilmiş olup; %5 oranında buğday lifi ilavesi ile (Kontrol 2), 12 dk olarak belirlenmiştir. Gluten miktar ve kalitesi yüksek olan unların stabilitelerinin yüksek olduğu dikkate alındığında, hamura buğday lifi ilavesi ile gluten proteinleri oransal olarak seyrelmekte ve gluten ağının oluşumu engellenmekte ve/veya sınırlandırılmaktadır (Pyler, 1988; Özer, 1998). Çeşitli araştırmacılar tarafından artan kepek oranına karşılık stabilite sürelerinin azaldığı tespit edilmiştir (Özer, 1998; Gül, 2007). Ekmeklere farklı oranlarda buğday kepeği ilave edilen bir çalışmada %3 oranında kepek ilavesinin stabilite süresini azalttığı fakat kontrol örneği ile aralarında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiş olup; konsantrasyon %3'ün üzerine çıktığı durumlarda stabilite süresinin istatistiksel açıdan anlamlı ($p<0,05$) düzeyde azaldığı belirlenmiştir (Li ve ark., 2018).

%5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına ilavesi ile stabilite süreleri sırasıyla; 12,8; 15,3 ve 17,7 dk olarak kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise stabilite sürelerinin sırasıyla; 14; 16,7 ve 18,1 dk olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Çözünür diyet liflerin artan konsantrasyonlarıyla, %5 oranında buğday lifi içeren örneğe (Kontrol 2) kıyasla stabilite süreleri artmıştır (Şekil 4.3).

Farklı polimerizasyon derecelerine sahip 3 çeşit inülinin (Fibruline Instant: FI, Orafit: GR, Fibruline XL: FXL) kullanıldığı bir çalışmada; %2,5-5-7,5-10 oranlarında FI ilavesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak kontrol örneğine (14,2 dk) kıyasla stabiliteyi arttırdığı ve değerlerin sırasıyla; 14,5; 16,5; 25,9; 18,1 dk olduğu belirlenmiştir (Luo ve ark., 2018). Sonuçlar çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Farklı konsantrasyonlarda (%5-10-15-20-25) inülin ilavesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak, kontrole (2,3 dk) kıyasla stabiliteyi arttırdığı ve değerlerin sırasıyla; 8,9; 7,2; 8; 4,2; 4,4 dk olduğu tespit edilmiştir (Bojnanska ve ark., 2015).



Şekil 4.3. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Stabilite Süresi Üzerindeki Etkisi

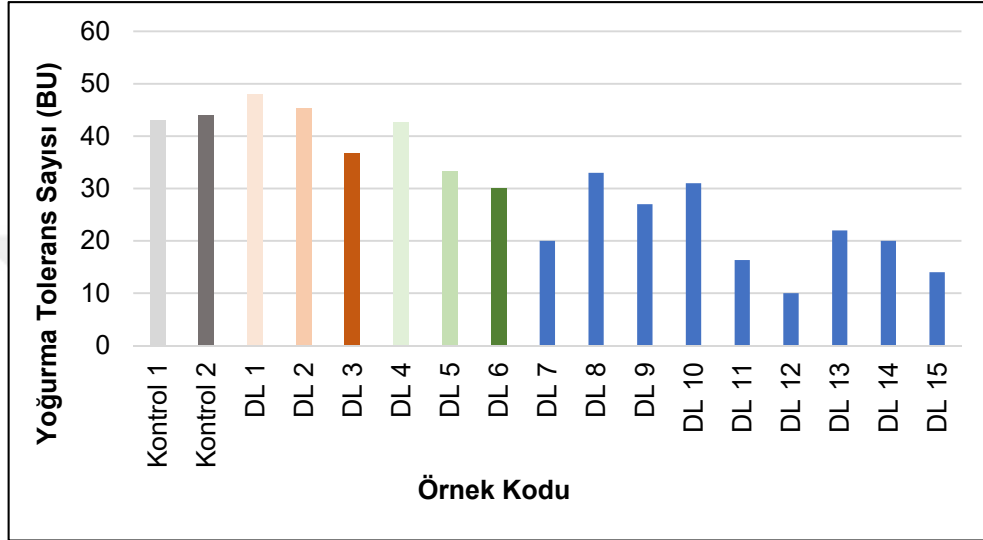
Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile diyet liflerin tek başına kullanıldığı örneklerle kıyasla stabilite sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek stabilite değeri 18,7 dk olup; formülasyonunda %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülin içeren DL7 kodlu örnek olduğu tespit edilmiştir. En düşük stabilite değeri ise 7,5 dk olup; %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Söz konusu örnekler arasındaki stabilite süresi farkının yaklaşık 11,1 dk olduğu belirlenmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda (%4-6-8-10) fındık zarı ilaveli hamurların stabilitelerinin 14-17,2 dk aralığında değiştiği belirlenmiş ve artan diyet lif konsantrasyonuna bağlı olarak hamurların stabilitelerinin kontrol örneğine (8,2 dk) oranla arttığı tespit edilmiştir (Velioğlu ve ark., 2017). Diyet liflerin toplam konsantrasyonlarının %10 ve üzeri olduğu durumlarda (DL12, DL14, DL15) ise, lif konsantrasyonu artışına bağlı olarak stabilite süreleri azalmış olup; bu durum lif konsantrasyonu artışına koşut olarak gluten moleküllerinin arasındaki mesafenin daha fazla artması, gluten ağı oluşumunun engellenmesi ve/veya sınırlandırılması ile ilişkilendirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda (%2-4-6) narenciye lifi ilavesinin, lif konsantrasyonu %4'ün üzerinde olduğu durumda stabilite süresini azalttığı tespit edilmiştir (Mironeasa ve Codina, 2013).

4.2.1.4. Yoğurma Tolerans Sayısı Değerleri (YTS)

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların yoğurma tolerans sayısı değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Buna göre hamurların YTS değerleri 10-48 BU aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek YTS değeri %2 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL1 kodlu örneğe aitken; en düşük YTS değeri, %4 oranında polidekstrozun ve %6 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL12 kodlu örneğe aittir. %5 buğday lifi ilavesiyle (Kontrol 2), herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla YTS değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı

bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Benzer şekilde buğday kepeğinin kullanıldığı bir çalışmada, kepek oranının artması YTS değerleri üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etki göstermemiştir ($p>0,01$) (Gül, 2007).



Şekil 4.4. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının YTS Değerleri Üzerindeki Etkisi

Çözünür lif ilavesi ile YTS değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir azalma kaydedilmiştir ($p<0,05$). Polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde YTS değerleri sırasıyla; 48; 45; 37 BU olarak belirlenmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise YTS değerlerinin sırasıyla; 43; 33; 30 BU olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Suda çözünür liflerin çözeltinin viskozitesinde artışa sebep olduğu bildirilmektedir (Olson ve ark., 1987; Abdul-Hamid ve Luan, 2000). Jelatin, aljinat, kappa ve iota karragenanlar, gellan gamı ve maltodekstrin gibi jelleştirici bileşenlerle sinerjistik olarak çalışan polidekstroz ve inülin, yağlı kremli yapıda bir jel oluşturmaktadır (Chavan ve ark., 2016). Bu özelliklerinden dolayı çözünür liflerin, farinograf paletlerine yapışarak beklenen

dışında bir direnç uyguladığı ve YTS değerlerinde artan konsantrasyonlarına koşut olarak azalmaya sebep oldukları düşünülmektedir.

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışıyla Kontrol 1 ve Kontrol 2 örneklere kıyasla YTS değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). YTS değerlerindeki azalma, suda çözünür liflerin oransal olarak artmalarından dolayı viskoziteyi artırarak jel yapı oluşturmaları ile ilişkilendirilmiştir.

4.2.1.5. Yumuşama Derecesi Değerleri (YD)

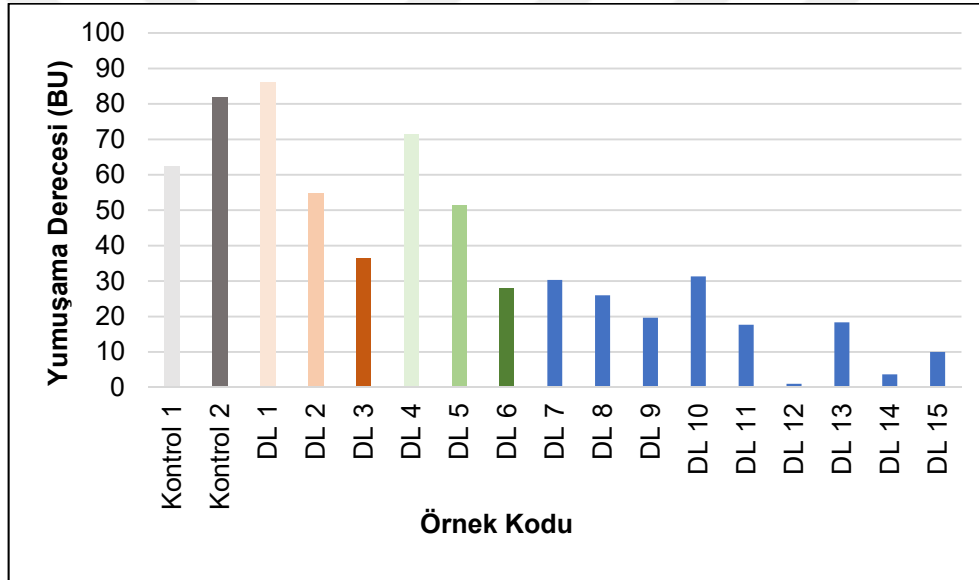
Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların yumuşama derecesi değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.5'te verilmiştir. Buna göre hamurların YD değerleri 1-86 BU aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek YD değeri %2 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL1 kodlu örneğe aitken; en düşük YTS değeri, %4 oranında polidekstrozun ve %6 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL12 kodlu örneğe aittir. %5 oranında buğday lifi ilavesi (Kontrol 2), YD değerinde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla yaklaşık %32'lik bir artış meydana getirmiştir.

Ekmeklere farklı oranlarda (%3-6-9-12) buğday kepeği ilave edilen bir çalışmada hamur yumuşama derecelerinin artan kepek konsantrasyonuna bağlı olarak kontrole oranla (76 FU) arttığı tespit edilmiş olup; değerler 9-110 FU aralığında değişmektedir (Li ve ark., 2018).

Çözünür lif ilavesi ile YD değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir azalma kaydedilmiştir ($p<0,05$). Polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde YD değerleri sırasıyla; 86; 55; 36 BU olarak belirlenmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise YD değerlerinin sırasıyla; 71; 51; 28 BU

olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde diğer bir çalışmada (Bojnanska ve ark., 2015); %5 oranında inülin ilavesinin hamurun yumuşama derecesinde (25 BU), kontrole (48 BU) kıyasla azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir.

Farklı polimerizasyon derecelerine sahip 3 çeşit inülinin (Fibruline Instant: FI, Orafit: GR, Fibruline XL: FXL) kullanıldığı bir çalışmada ise; %2,5-5-7,5-10 oranlarında FI ilavesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak kontrol örneğine (75,5 FU) kıyasla yumuşama derecesini azalttığı ve bu değerlerin sırasıyla; 24,5; 24,5; 35 ve 41 FU olduğu belirlenmiştir (Luo ve ark., 2018).



Şekil 4.5. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının YD Değerleri Üzerindeki Etkisi

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışıyla Kontrol 1 ve Kontrol 2 örneklere kıyasla YD değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). YD değerlerindeki azalma, suda çözünür liflerin jel yapı oluşturarak

viskoziteyi arttırmaları sebebiyle, hamur elastikiyetinin azalması ve farinografin paletlerine karşı daha az direnç uygulaması ile ilişkilendirilmiştir.

4.2.2. Ekstensograf Analizi Sonuçları

Farklı diyet lif konsantrasyonu ve kombinasyonları ile hazırlanan hamurların ekstensogram değerlerine ilişkin veriler Çizelge 4.4'te; ekstensogramlar ise EK 2'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarıyla Hazırlanan Hamurlara Ait Ekstensogram Değerleri

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Ekstensogram Değerleri ⁽²⁾				
		R _s (BU)	R _{max} (BU)	Uzama Değeri (mm)	Enerji Değeri (cm ²)	Oran (BU/mm)
Kontrol1	-	557±2,52 ^o	642±1,58 ⁱ	110±0,69 ^a	84±0,38 ⁱ	5,96±0,05 ^m
Kontrol2	%5BL	719±1,95 ^m	756±7,68 ^j	97±1,15 ^c	88±0,33 ^{hi}	7,91±0,05 ^k
DL 1	%2P	744±1,26 ⁱ	800±2,59 ^h	97±1,20 ^c	89±0,69 ^h	8,38±0,10 ⁱ
DL 2	%4P	631±6,00 ⁿ	657±6,83 ^k	97±0,50 ^c	77±0,57 ^k	6,82±0,07 ⁱ
DL 3	%6P	496±2,22 ^p	505±3,18 ^m	95±0,19 ^{ef}	60±0,19 ⁱ	5,39±0,05 ⁿ
DL 4	%2İ	881±2,17 ^e	933±0,69 ^d	95±0,19 ^{ef}	101±1,45 ^{cd}	10,15±0,04 ^d
DL 5	%4İ	837±7,78 ^h	886±8,45 ^e	96±0,96 ^{de}	98±0,33 ^e	9,51±0,20 ^e
DL 6	%6İ	838±5,74 ^h	865±8,57 ^g	96±0,33 ^{de}	96±0,19 ^f	9,29±0,10 ^f
DL 7	%2P+%2İ	769±2,12 ^j	778±6,00 ⁱ	99±0,33 ^b	93±0,33 ^g	8,11±0,07 ^j
DL 8	%2P+%4İ	899±2,01 ^d	944±6,74 ^c	91±1,20 ^{hi}	101±0,69 ^d	10,47±0,09 ^c
DL 9	%2P+%6İ	920±2,36 ^c	951±5,55 ^{bc}	91±0,58 ^{hi}	107±0,50 ^b	10,62±0,05 ^b
DL 10	%4P+%2İ	845±1,53 ^g	874±2,67 ^f	95±0,38 ^{de}	95±0,66 ^f	9,38±0,04 ^{ef}
DL 11	%4P+%4İ	755±4,41 ^k	773±2,52 ⁱ	93±0,88 ^g	85±0,96 ^j	8,58±0,07 ^h
DL 12	%4P+%6İ	858±3,67 ^f	868±4,51 ^g	94±0,38 ^{ig}	96±0,77 ^f	9,53±0,07 ^e
DL 13	%6P+%2İ	793±5,13 ⁱ	808±4,98 ^h	90±0,67 ^{hi}	87±0,69 ^j	8,98±0,07 ^g
DL 14	%6P+%4İ	1039±7,0 ^a	1042±3,67 ^a	91±0,19 ⁿ	112±1,00 ^a	10,57±0,07 ^a
DL 15	%6P+%6İ	950±4,34 ^b	958±3,17 ^b	89±0,50 ⁱ	102±0,84 ^c	10,77±0,19 ^b

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lif, P: Polidekstroz, İ: İnülin

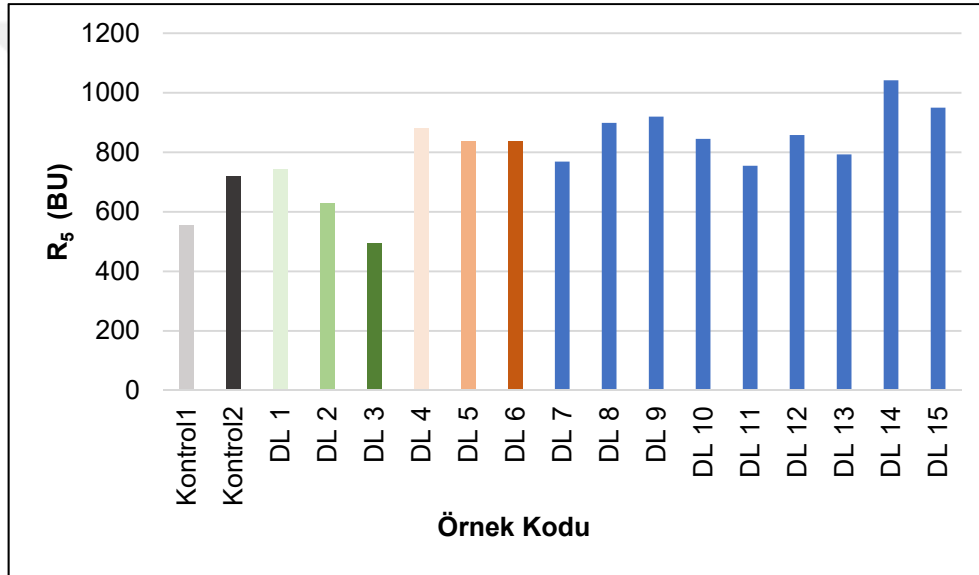
⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

⁽²⁾ 45., 90. ve 135. dakika ölçümlerinin ortalaması verilmiştir.

4.2.2.1. Sabit Deformasyondaki Direnç (R_s) Değerleri

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların sabit deformasyondaki direnç değerleri Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Buna göre hamurların R_s değerleri 557-1039 BU aralığında değişmekte

olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek R_5 değeri %6 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL14 kodlu örneğe aitken; en düşük R_5 değeri, %6 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL3 kodlu örneğe aittir. %5 oranında buğday lifi ilavesi (Kontrol 2), R_5 değerinde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla yaklaşık olarak %29'luk bir artış meydana getirmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının R_5 Değerleri Üzerindeki Etkisi

%5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde R_5 değerleri sırasıyla; 744; 631; 496 BU olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Polidekstrozun %6 (DL3) oranında kullanımıyla R_5 değerinde, Kontrol 1 ekmeğine kıyasla yaklaşık olarak %11'lik azalma tespit edilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise R_5 değerlerinin sırasıyla; 881; 837; 838 BU olduğu tespit edilmiş olup; DL5 ve DL6 kodlu örneler arasındaki fark istatistiksel

açıdan anlamsızdır ($p>0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten tek başına inülinin kullanıldığı tüm örneklerde R_5 değerlerinin Kontrol 1 ekmeğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

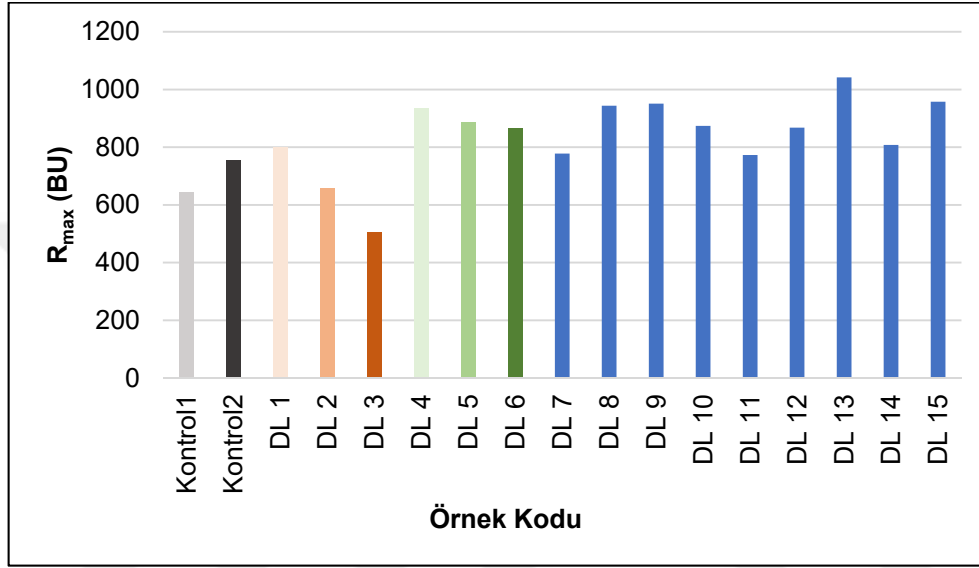
Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı örneklerde, R_5 değerlerinin 769-1039 BU aralığında olduğu tespit edilmiştir ve örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). Diyet liflerin ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı tüm örneklerde, R_5 değerlerinin Kontrol 1 ekmeğine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, artan çözünür diyet lif konsantrasyonuna koşut olarak su absorpsiyon değerlerinin azalması sonucu hamurların, daha sert bir yapı alması ile ilişkilendirilebilir.

4.2.2.2. Maksimum Direnç (R_{max}) Değerleri

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların maksimum direnç değerleri Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Buna göre hamurların R_{max} değerleri 505-1042 BU aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek R_{max} değeri %6 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL14 kodlu örneğe aitken; en düşük R_{max} değeri, %6 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL3 kodlu örneğe aittir. %5 oranında buğday lifi ilavesi (Kontrol 2), R_{max} değerinde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla yaklaşık olarak %17,8'lik bir artış meydana getirmiştir (Şekil 4.7).

%5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde R_{max} değerleri sırasıyla; 800; 657; 505 BU olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Polidekstrozun %6 (DL3) oranında tek başına kullanımıyla R_{max} değerlerinde, Kontrol 1 ekmeğine kıyasla yaklaşık olarak %23,3'lük bir azalma tespit edilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise R_{max} değerlerinin

sırasıyla; 933; 886; 865 BU olduğu tespit edilmiş olup ($p<0,05$); R_{max} değerlerinin Kontrol 1 ekmeğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar sabit deformasyondaki direnç (R_s) değerleri ile paralellik göstermektedir.

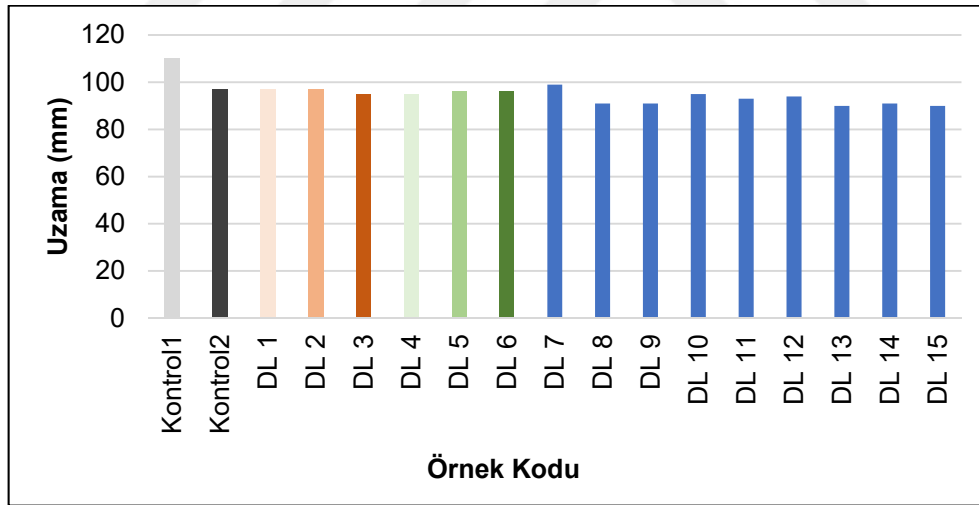


Şekil 4.7. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının R_{max} Değerleri Üzerindeki Etkisi

Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı örneklerde ise R_{max} değerlerinin 778-1042 BU aralığında olduğu tespit edilmiştir ve örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). Diyet liflerin kombinasyonlar halinde kullanıldığı tüm örneklerde, R_{max} değerlerinin Kontrol 1 ekmeğine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum artan çözünür diyet lif konsantrasyonuna koşut olarak su absorpsiyon değerlerinin azalması sonucu hamurların daha sert bir yapı alması ile ilişkilendirilebilir. Yapılan bir çalışmada, %2,5; %5; %7,5 ve %10 oranlarında inülin ilavesinin, R_{max} değerlerini kontrol örneğine kıyasla (719 BU) arttırdığı ve değerlerin sırasıyla 816; 946; 957; 992 BU olduğu belirlenmiştir (Luo ve ark., 2018).

4.2.2.3. Uzama (E) Değerleri

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların uzama kabiliyetine ilişkin değerler Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.8'de verilmiştir. Buna göre hamurların uzama değerleri 89-110 mm aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek uzama değeri herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğe aitken; en düşük uzama değerleri, %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aittir. %5 oranında buğday lifi ilavesi (Kontrol 2), uzama değerinde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla yaklaşık olarak %12'lik azalma meydana getirmiştir. Söz konusu örnekler arasındaki farkın 13 mm olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, buğday lifinin gluten ağını yer yer kesintiye uğratması ve hamurun uzayabilirliğini sınırlandırması şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4.8. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Uzama Değerleri Üzerindeki Etkisi

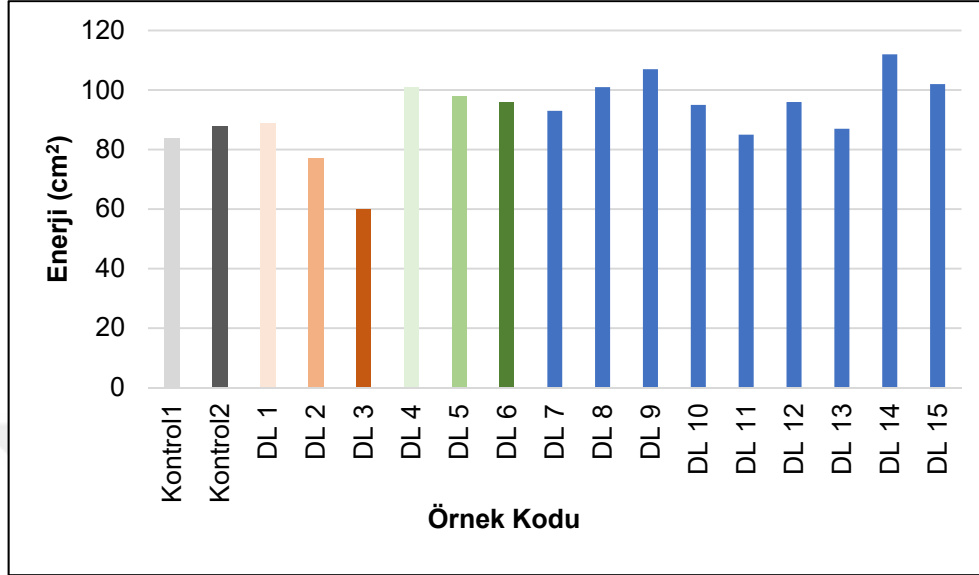
%5 buğday lifine ilaveten polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde DL1 ve DL 2 örnekleri

arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı olmamakla beraber, uzama değerleri sırasıyla; 97; 97; 85 mm olarak belirlenmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise DL5 ve DL6 kodlu örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı olmamakla birlikte uzama değerlerinin sırasıyla; 95; 96; 96 mm olduğu tespit edilmiştir. Diyet liflerin tek başına kullanıldığı tüm örneklerde, uzama değerlerinin herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 (110 mm) örneğine kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı örneklerde ise uzama değerlerinin 89-99 mm aralığında olduğu tespit edilmiştir ve örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). Değerlerinin tamamının herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine (110 mm) kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Lif konsantrasyonlarının artmasıyla gluten ağının oluşumu engellenmekte ve uzayabilirlik sınırlandırılmaktadır (Özer,1998). Tüm örneklerin uzama değerlerinin Kontrol 1 örneğine kıyasla daha düşük olması bahsedilen durumu destekler niteliktedir (Şekil 4.8).

4.2.2.4. Enerji (A) Değerleri

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların enerji değerleri Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Buna göre hamurların enerji değerleri 60-112 cm² aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek enerji değeri %6 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL14 kodlu örneğe aitken; en düşük enerji değeri, %5 oranında buğday lifine ilaveten %6 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL3 kodlu örneğe aittir. %5 oranında buğday lifi ilavesi (Kontrol 2), enerji değerinde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla yaklaşık olarak %4,8'lik bir artış meydana getirmiştir (Şekil 4.9). Sonuçlar sabit deformasyondaki direnç (R_s) ve maksimum direnç (R_{max}) değerleri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 4.9. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Enerji Değerleri Üzerindeki Etkisi

%5 oranında buğday lifine ilaveten polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde enerji değerleri sırasıyla; 89; 77; 60 cm² olarak belirlenmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına ilavesinde ise enerji değerlerinin sırasıyla; 101; 98; 96 cm² olduğu tespit edilmiş olup; artan diyet lif konsantrasyonları ile enerji değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Öte yandan, inülinin tek başına kullanıldığı örneklerin tamamında enerji değerlerinin, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 (84 cm²) ve %5 oranında buğday lifi içeren Kontrol 2 (88 cm²) ekmeğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Polidekstrozun %4 (DL3) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanımında ise enerji değerlerinde, Kontrol 1 ekmeğine kıyasla yaklaşık olarak sırasıyla %8 ve %29'luk azalma tespit edilmiştir.

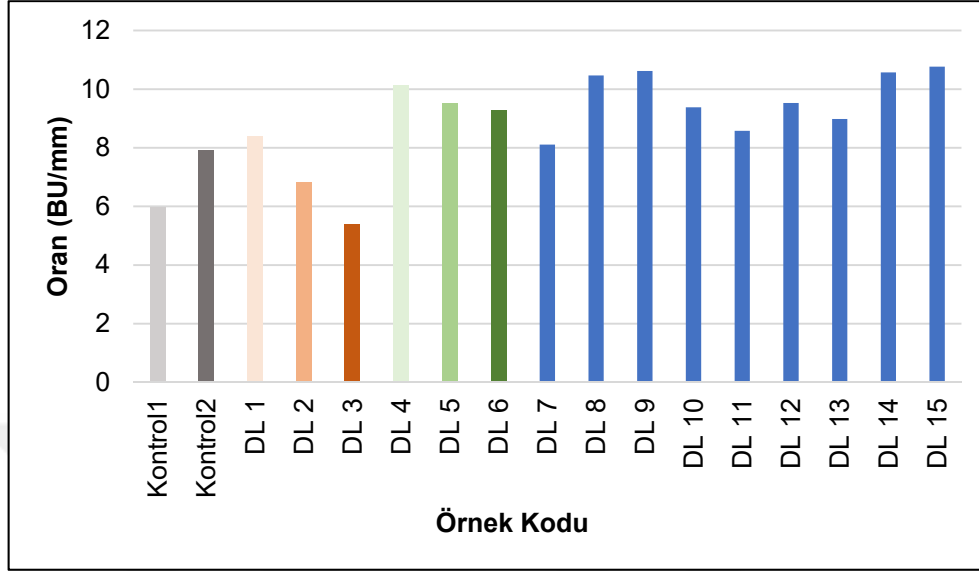
Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı örneklerde ise enerji değerlerinin 87-112 cm² aralığında olduğu belirlenmiştir ve örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlıdır

($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek enerji değeri %6 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL14 kodlu örneğe aittir; en düşük enerji değeri %6 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL13 kodlu örneğe aittir. Diyet liflerin ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı tüm örneklerde enerji değerlerinin Kontrol 1 örneğine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2.5. Oran (R_{max}/E) Değerleri

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile hazırlanmış hamurların oran değerleri Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Buna göre hamurların oran değerleri 5,39-10,77 BU/mm aralığında değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek oran değeri %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aittir; en düşük oran değeri, %6 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL3 kodlu örneğine aittir. Yüksek oran değerleri hamurun az uzayabilen nitelikte olduğunu göstermekte olup; DL3 kodlu örnek haricindeki tüm örneklerde oran değerinin Kontrol 1 örneğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

%5 buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL 1), %4 (DL 2), %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde oran değerleri sırasıyla 8,38; 6,82; 5,39 BU/mm olarak kaydedilmiştir ($p<0,05$). İnülinin %2 (DL 4), %4 (DL 5), %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı örneklerde ise oran değerleri sırasıyla 10,15; 9,51; 9,29 BU/mm olarak saptanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarının Oran Değeri Üzerindeki Etkisi

Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı örneklerde ise oran değerlerinin 8,11-10,77 BU/mm aralığında olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu bağlamda en yüksek oran değeri %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aittir; en düşük oran değeri %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örneğe aittir. Artan diyet lif konsantrasyonuna koşut olarak hamurların kuru ve daha az elastik bir yapı kazanmasıyla oran değerlerinin yükseldiği düşünülmektedir. Bu durum, diyet lif ilavesi ile R_{max} değerlerinin Kontrol 1 örneğine kıyasla genel olarak artması, uzama değerlerinin ise azalmasının bir sonucudur.

Farklı polimerizasyon derecelerine sahip, 3 farklı inülinin değişik konsantrasyonlarda (%2,5- %5- %7,5- %10) kullanıldığı bir çalışmada; oran değerlerinin tamamının, kontrol örneğine (3,7 R/E) kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Luo ve ark., 2018).

4.3. Ekmek Niteliklerinin Belirlenmesi

Farklı diyet lif kombinasyonlarının, diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, üretilen ekmeklerin; yükseklik, hacim, pişme kaybı, nem, renk, tekstür, gözenek boyut dağılımı, toplam diyet lif ve duyu analizi yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmada üretilen diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin görselleri EK 3'te verilmiştir.

4.3.1. Yükseklik

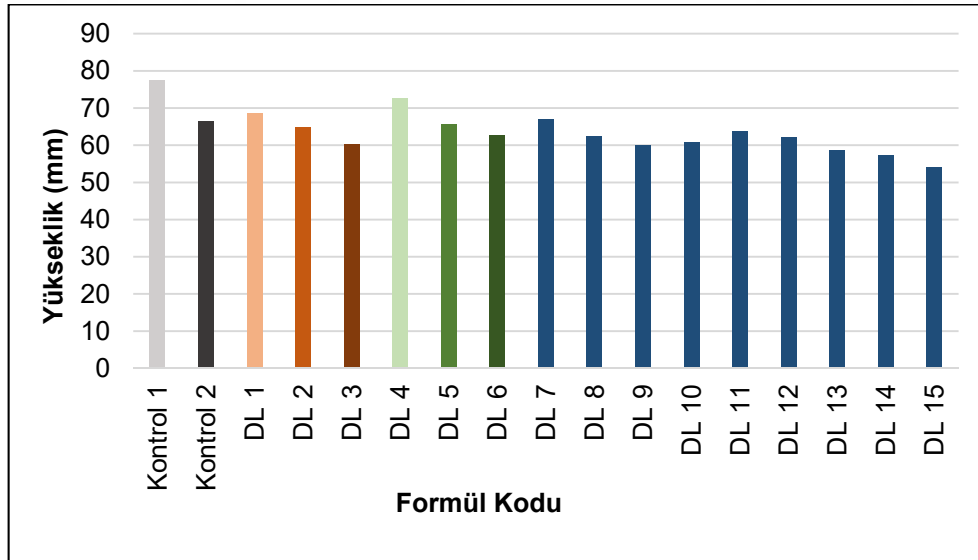
Farklı diyet lif kombinasyonlarıyla üretilen diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin yükseklik değerleri Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.11'de verilmiştir. Buna göre yükseklik değerleri 54,07-77,57 mm aralığında değişmekte olup, örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Yükseklik değeri en fazla olan ekmeğin, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneği olduğu belirlenmiştir. Ekmek örneklerine ait en düşük yükseklik değeri ise %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL15 kodlu örneğe aittir.

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin yükseklik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde yükseklik değerlerinin sırasıyla; 68,53 mm, 64,87 mm ve 60,27 mm olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise yükseklik değerlerinin sırasıyla; 72,73 mm, 65,77 mm ve 62,70 mm olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda, %2 oranında inülin ilavesinin, polidekstroza oranla daha etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.5. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına Ait Yükseklik Değerleri (mm)

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Yükseklik (mm)
Kontrol 1	-	77,57±0,20 ^a
Kontrol 2	%5BL	66,57±0,05 ^e
DL 1	%2P	68,53±0,23 ^c
DL 2	%4P	64,87±0,20 ^g
DL 3	%6P	60,27±0,32 ^l
DL 4	%2İ	72,73±0,20 ^b
DL 5	%4İ	65,77±0,15 ^t
DL 6	%6İ	62,70±0,10 ^l
DL 7	%2P+%2İ	67,10±0,05 ^d
DL 8	%2P+%4İ	62,35±0,05 ^j
DL 9	%2P+%6İ	60,03±0,11 ⁱ
DL 10	%4P+%2İ	60,87±0,05 ^k
DL 11	%4P+%4İ	63,87±0,05 ^h
DL 12	%4P+%6İ	62,17±0,11 ^l
DL 13	%6P+%2İ	58,77±0,05 ^m
DL 14	%6P+%4İ	57,27±0,15 ⁿ
DL 15	%6P+%6İ	54,07±0,25 ^o

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

⁽¹⁾Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Şekil 4.11. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına İlişkin Yükseklik Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile yükseklik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek yükseklik değeri 67,10 mm olup; bunun formülasyonunda %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülin içeren DL7 kodlu ekmek olduğu tespit edilmiştir. En düşük yükseklik değeri ise 54,07 mm olup; %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu ekmekte tespit edilmiştir. Söz konusu ekmekler arasındaki yükseklik farkı 13,03 mm'dir.

%5 buğday lifi ilavesiyle (Kontrol 2), ekmeklerin yükseklik değerinde Kontrol 1'e kıyasla %14,18'lik bir azalma meydana gelmiştir. Çözünür diyet liflerinin düşük konsantrasyonda ve tek başına kullanımı kombinasyon olarak kullanımından daha etkili olup, çözünür diyet lifler %2 oranında ve tek başlarına kullanıldığında, ekmeklerin yükseklik değerlerinin Kontrol 2' ye kıyasla arttığı tespit edilmiştir. %2 oranında inülin içeren ekmeğin (DL4), yükseklik değerinin Kontrol 1 ekmeğine en yakın örnek olduğu ve söz konusu ekmekler arasındaki yükseklik değeri farkının yaklaşık 0,5 cm olduğu tespit edilmiştir. Böylelikle %5 oranında buğday lifine ilaveten %2 oranında tek başına inülin kullanımı ile yükseklik değerinde yaklaşık %6,5'lik bir azalma meydana gelmektedir. Söz konusu örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı olmakla beraber, örnekler arasındaki farkın tüketici gözlemleriyle görülemeyecek kadar düşük olduğu düşünülmektedir. Bu durum, %2 oranında tek başına inülin (DL4) ilavesinin, buğday lifinin olumsuz etkisini telafi edebileceği şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde, diğer bir çalışmada (Kou ve ark., 2019), inülin ilavesinin ekmeklerin yükseklik değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir.

Çözünür diyet liflerinin eşit ve düşük konsantrasyonda (DL7) kullanıldığı ekmek örnekleri diyet liflerin tek başına ve yüksek konsantrasyonlarda (DL2, DL3, DL5, DL6) kullanıldığı örneklerle kıyaslandığında ekmeklerin yükseklik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir artış sağlanmasına rağmen (Şekil 4.11); eşit konsantrasyonlarda çözünür diyet lif içeren DL11 ve DL15 kodlu

örneklerde bu etki gözlemlenmemiştir. Bu durum söz konusu örneklerdeki çözünür diyet lif konsantrasyonlarındaki artışın ekmek yükseklik değerleri üzerinde negatif etkiye sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir. Öte yandan ekmeklerin yükseklikleri genel olarak değerlendirildiğinde; örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlı olmakla beraber, özellikle yükseklik değerlerinin 6,57 cm'nin altında olmadığı durumlarda (Kontrol 2, DL1, DL4, DL5, DL7) yükseklik değerleri farkının Kontrol 1 örneğine kıyasla en fazla 1,18 cm olduğu, örnekler arasındaki farkların tespitinin nesnel bir ölçüm yöntemi dışında zor olduğu ve tüketici gözlemiyle fark edilemeyeceği düşünülmektedir.

Ekmeğin besleyici niteliklerini geliştirmek amacıyla, nohut, soya, barbunya, mercimek, keçiyoynuzu ve bezelye unlarının %20 oranında kullanıldığı çalışmada; ekmek yüksekliğinin ilave edilen unların tümünde azaldığı kaydedilmiştir. Bu durum, diğer unların ilavesiyle glutenin oransal olarak seyrelmesine bağlı olarak hamurun fermentasyon sırasında oluşan gazı tutamaması ile ilişkilendirilmiştir (Dirim ve ark., 2014).

4.3.2. Hacim

Hacim ekmeklerin değerlendirilmelerinde kullanılan önemli ölçütlerdendir ve iyi bir ekmek yeterli ve dengeli düzeyde kabarmış olmalıdır (Özer, 1998).

Farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda diyet lif içeren ekmek örneklerine ait hacim değerleri Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Buna göre hacim değerleri 363-535 cm³/100 g ekmek aralığında değişmiştir. En düşük hacim değeri %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aittir; en yüksek hacim değeri formülasyonunda diyet lif bulunmayan Kontrol 1 ekmeğine aittir. %5 oranında buğday lifi kullanılan Kontrol 2 ekmeği ile herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 ekmeğinin hacim değerleri arasındaki farkın %12,15 olduğu tespit edilmiştir. Bu fark, %2 oranında polidekstroz ve %2 inülin kullanıldığında sırasıyla %9,72 ve %8,60 olarak kaydedilmiştir. Bu durum düşük konsantrasyonlardaki çözünebilir diyet lifi

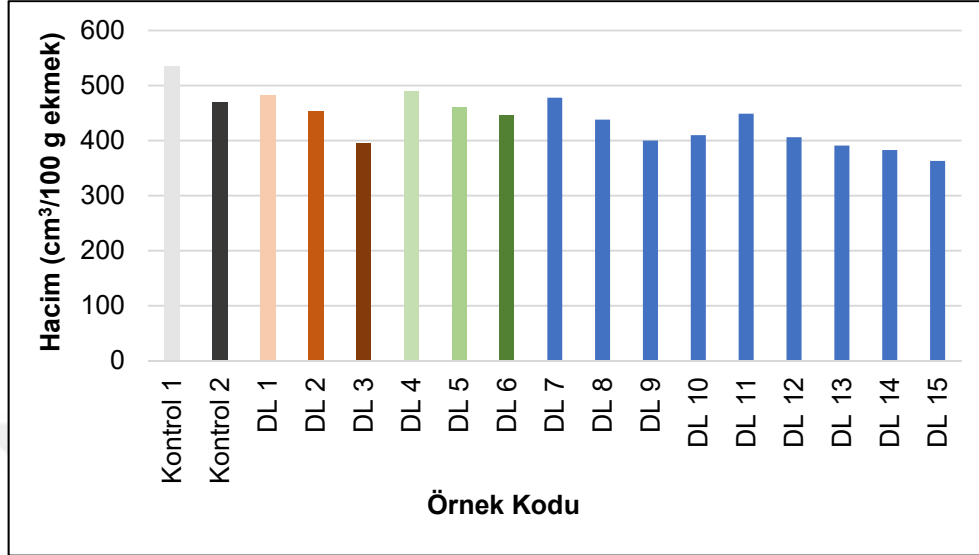
ilavesinin, %5 oranında çözünmez buğday lifi içeren Kontrol 2 ekmeğinin hacmindeki azalışı kısmen telafi edebileceği şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 4.6. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Hacim Değerleri (cm³/100 g ekmek)

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Hacim (cm ³ /100 g ekmek)
Kontrol 1	-	535±2 ^a
Kontrol 2	%5BL	470±0,5 ^{bcd}
DL 1	%2P	483±1 ^{bc}
DL 2	%4P	454±0,9 ^{def}
DL 3	%6P	396±0,9 ^{gh}
DL 4	%2İ	489±1 ^b
DL 5	%4İ	461±0,6 ^{cdef}
DL 6	%6İ	446±0,3 ^{ef}
DL 7	%2P+%2İ	478±0,5 ^{bcd}
DL 8	%2P+%4İ	438±0,4 [†]
DL 9	%2P+%6İ	400±0,1 ^{gh}
DL 10	%4P+%2İ	410±0,2 ^g
DL 11	%4P+%4İ	449±0,6 ^{ef}
DL 12	%4P+%6İ	406±0,5 ^{gh}
DL 13	%6P+%2İ	391±1 ^{gh}
DL 14	%6P+%4İ	383±0,3 ^{hi}
DL 15	%6P+%6İ	363±2 ⁱ

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.



Şekil 4.12. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına İlişkin Hacim Değerlerinin Kıyaslanması

Bazı araştırmacılar çalışmamızla benzerlik gösterecek şekilde, buğday, bezelye, şeker kamışı ve keçiyoynuzu lifi gibi çözünmez diyet lif ilavesinin, kontrol örneği ile kıyaslandığında ekmek hacminde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir (Wang ve ark., 2002; Gomez ve ark., 2003; Sangnark ve Noomhorn, 2004; Dalgetty ve Baik, 2006). Pomeranz ve arkadaşları (1997), çözünmez liflerin ekmek spesifik hacmi üzerindeki negatif etkisini, liflerin gluten ile etkileşime girerek, gluten seyreltici bir etki yaratması ve dolayısıyla hamurun gaz tutma kapasitesinde azalmaya sebep olması şeklinde açıklamışlardır.

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin hacim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p < 0,05$). Çizelge 4.6'dan da görülebileceği gibi %5 oranında buğday lifine ilaveten polidekstrozun tek başına kullanıldığı ekmeklerde en yüksek hacim değeri $483 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ olup, en düşük hacim değeri $396 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ olarak tespit edilmiştir. %5 oranında buğday lifine ilaveten inülinin tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise en yüksek hacim değeri $489 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ ekmek iken; en düşük hacim değerinin 446

cm³/100 g ekmek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumdan yola çıkılarak tek başına inülin ilavesinin polidekstroza kıyasla hacim üzerinde daha az olumsuz etkiye neden olduğu belirlenmiştir.

Brasil ve arkadaşları (2011), %10 oranında inülin ilavesinin, ekmek spesifik hacmini %6 oranında inülin içeren ekmeğe oranla önemli ölçüde azalttığını ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Çalışmamızla benzer şekilde bazı araştırmacıların yaptığı çalışmalarda da artan inülin konsantrasyonuna koşut olarak ekmek spesifik hacimlerinde azalma tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2002; Mandala ve ark.; 2009; Rosell ve Santos, 2010; Ronda ve ark., 2014; Sirbu ve Arghire, 2017).

Yer elmasından ekstrakte edilen, inülin açısından zengin karbonhidrat tozlarının hamur reolojisi ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ekmek spesifik hacminin çözünür diyet lifin konsantrasyon artışına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum çözünür diyet liflerin gluten seyreltici etkisi ile hamurun gaz tutma kapasitesini azaltıcı etkisi ile ilişkilendirilmiştir (Rubel ve ark., 2015).

Açai tozu ve polidekstroz ilavesinin ekmeğin teknolojik nitelikleri üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, ekmeklere %15, %30, %45 ve %60 oranlarında açai tozu ve polidekstroz ilavesinin ekmek spesifik hacminde kontrole oranla istatistiksel açıdan anlamlı bir azalışa sebep olduğu ($p<0.05$) ve ekmeklerin spesifik hacminin 1,72- 3,63 cm³/g arasında değiştiği bildirilmiştir (Zambelli ve ark., 2017). O'Brien ve arkadaşları (2003), ekmeklere %2,5 ve %5 oranlarında jel ve toz formda inülin ilave etmişlerdir. İnülin konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak ekmek spesifik hacminin azaldığı; %5 oranında toz formda inülin içeren ekmeğin en düşük hacimli ekmek olduğu bildirilmiştir. Bu durum, jel formdaki inülinin, toz formdaki inüline oranla daha az inülin içermesi ile ilişkilendirilmiştir.

Kou ve arkadaşları (2019), farklı polimerizasyon derecesine sahip inülinin ekmeklerin tekstürel özellikleri üzerindeki etkisini araştırdıkları bir çalışmada,

%7,5 ve %5 oranlarında farklı polimerizasyon derecesine sahip inülin (FS ve FI) ilavesi ile elde edilen ekmeklere ait hacim değerlerinin, kontrol ekmeğine kıyasla sırasıyla %15,38 ve %14,48 fazla olduğunu; bir diğer farklı polimerizasyon derecesine sahip inülinin (FXL) ise %5 konsantrasyonun üzerinde kullanıldığı durumda ekmek spesifik hacmi üzerinde önemli ölçüde olumsuz etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile hacim değerlerinde istatistiksel açıdan önemli derecede azalmalar meydana gelmiştir ($p < 0,05$). Bu bağlamda en yüksek hacim değerinin 478 cm³/100 g ekmek olup; içeriğinde %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülin içeren DL7 kodlu ekmek olduğu tespit edilmiştir. En düşük hacim değeri ise 363 cm³/100 g ekmek olup; %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu ekmekte tespit edilmiştir. Söz konusu ekmekler arasındaki hacim farkının yaklaşık %24,06 olduğu belirlenmiştir. Çözünür diyet liflerin eşit konsantrasyonda kullanıldığı DL7 ve DL11 kodlu örneklerde daha olumlu bir etki sağlanırken; yine eşit konsantrasyonda çözünür diyet lif içeren DL15 kodlu örnekte çözünür liflerin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak bu etki gözlemlenmemiştir. Çalışmamızda ekmeklerin yükseklik ve hacim değerleri arasında pozitif yönde korrelasyon ($r = 0,96$) bulunmuş, regresyon katsayısı ise $R^2 : 0,93$ ($y : 0,1204x + 11,078$) olarak belirlenmiştir.

4.3.3. Pişme Kaybı

Ekmekte pişme kayıpları olarak adlandırılan ağırlık kayıpları, ekmekteki suyun buharlaşması vasıtasıyla meydana gelmektedir. Ekmeğin gramajı, hacmi, şekli ile pişirme ve fermantasyon süreleri pişirme kayıplarını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (Anonim, 2013b).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile zenginleştirilmiş ekmeklerin pişme kaybı değerleri Çizelge 4.7’ de ve Şekil 4.13’te verilmiştir. Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin pişme kaybı değerlerinin 14,84-22,04

aralığında değiştiği ve sırasıyla %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL15 kodlu örneğe ve herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Kontrol 1 örneği ve %5 oranında tek başına buğday lifi içeren ekmeklerin pişme kaybı değerleri arasındaki farkın yaklaşık olarak %4,13 olduğu kaydedilmiş olup; buğday lifinin yüksek su bağlama kapasitesinden dolayı pişme kaybı değerini Kontrol 1 ekmeğine oranla istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde azalttığı şeklinde yorumlanabilir ($p<0,05$).

Çizelge 4.7. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına Ait Pişme Kaybı Değerleri (%)

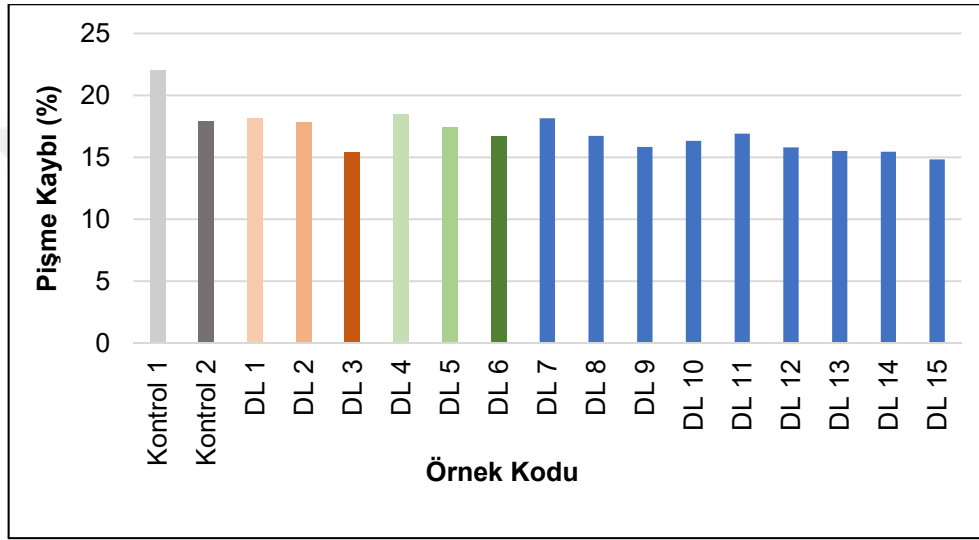
Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Pişme Kaybı (%)
Kontrol 1	-	22,04±0,00 ^a
Kontrol 2	%5BL	17,91±0,20 ^d
DL 1	%2P	18,18±0,05 ^c
DL 2	%4P	17,79±0,03 ^g
DL 3	%6P	15,43±0,03 ^k
DL 4	%2İ	18,44±0,05 ^b
DL 5	%4İ	17,39±0,05 ^e
DL 6	%6İ	16,73±0,30 ^g
DL 7	%2P+%2İ	18,15±0,01 ^c
DL 8	%2P+%4İ	16,74±0,02 ^g
DL 9	%2P+%6İ	15,84±0,04 ⁱ
DL 10	%4P+%2İ	16,33±0,20 ^h
DL 11	%4P+%4İ	16,92±0,02 ^f
DL 12	%4P+%6İ	15,80±0,05 ⁱ
DL 13	%6P+%2İ	15,52±0,04 ^j
DL 14	%6P+%4İ	15,45±0,32 ^k
DL 15	%6P+%6İ	14,84±0,04 ⁱ

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lif, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin pişme kaybı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten polidekstrozun %2 (DL1),

%4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde pişme kaybı değerlerinin sırasıyla; %18,18; %17,79; %15,43 olduğu kaydedilmiştir. %5 oranında buğday lifine ilaveten inülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise pişme kaybı değerlerinin sırasıyla; %18,44; %17,39; %16,73 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonu ve Kombinasyonlarına İlişkin Pişme Kaybı Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile pişme kaybı değerlerinde genel olarak azalma (DL10 ve DL11 hariç) meydana gelmiş olup; örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0,05$). Bu bağlamda en yüksek pişme kaybı değerinin %18,15 olup; formülasyonunda %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülin içeren DL7 kodlu ekmek olduğu tespit edilmiştir. En düşük pişme kaybı değeri ise %14,84 olup; %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu ekmekte tespit edilmiştir. Söz konusu ekmekler arasındaki pişme kaybı farkının %3,31 olduğu belirlenmiştir.

Diyet liflerin tek başına ve kombinasyonlar halinde kullanımıyla ekmek pişme kaybı değerlerindeki azalma; diyet lif konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak, ekmeklerin hacim ve porozite değerlerindeki azalma ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmamızda, ekmeklerin hacim ve pişme kaybı değerleri arasında pozitif yönde korrelasyon ($r = 0,95$) bulunmuş, regresyon katsayısı ise $R^2 : 0,91$ ($y : 25,427x + 5,3647$) olarak belirlenmiştir. Diğer bir yandan, ekmeklerin porozite ve pişme kaybı değerleri arasındaki korrelasyon katsayısı $r=0,75$ olarak tespit edilmiştir. Bu durum, düşük hacim ve porozite değerlerine sahip ekmeklerin daha sıkı bir yapıya sahip olması ile ekmek pişme kaybı değerlerini azaltması şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde; mısır kepeğinin artan konsantrasyonlarına (%18-20-22) bağlı olarak, ekmeklerin spesifik hacim ve porozite değerleri ile pişme kaybı değerleri arasında pozitif yönde bir korrelasyon olduğu tespit edilmiştir (Erive ve ark., 2019).

Zambelli ve ark., (2017) gerçekleştirdiği bir çalışmada, artan Açai tozu ve polidekstroz konsantrasyonuna bağlı olarak pişme kaybı değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir azalma tespit edilmiş olup ($p<0,05$); pişme kaybı değerlerinin %4,66 (%45 Açai ve %45 oranında polidekstroz kombinasyonu)- %17 (%30 oranında tek başına Açai) aralığında değiştiği belirtilmiştir.

Korus ve ark., (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, inülin ve hindiba ununun %3; %5; %8 oranlarında tek başına kullanıldığı bir çalışmada ekmeklerin pişme kaybı değerlerinin sırasıyla %15; %14,4; %13,6 ve %16; %14,8; %15,02 olup, kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında (%16,4) daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu durum hammaddelerin yüksek su tutma kapasiteleri ile ilişkilendirilmiştir.

4.3.4. Nem

Fırıncılık ürünlerinin nem içeriği, tekstürel özellikler üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir ve ürünlerin nem içerikleri ile sertlik arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır (He ve Hosney, 1990). Ekmek örneklerine ait nem içerikleri

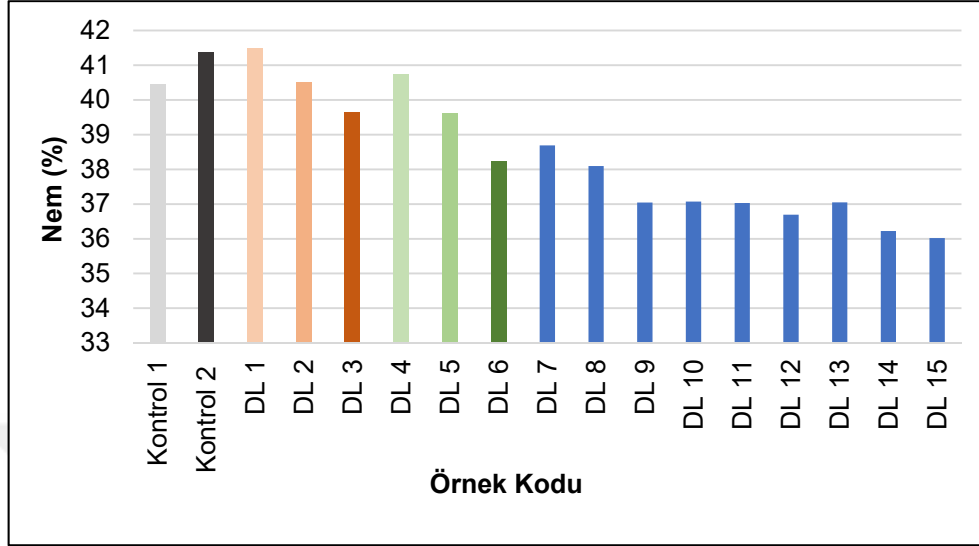
Çizelge 4.8’de ve Şekil 4.14’te verilmiş olup, örnekler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu farklılıklar diyet lif konsantrasyonu ve kombinasyonlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.8. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Nem Değerleri (%)

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Nem (%)
Kontrol	-	40,46±0,01 ^d
Kontrol 2	%5BL	41,38±0,06 ^b
DL 1	%2P	41,49±0,04 ^a
DL 2	%4P	40,49±0,00 ^d
DL 3	%6P	39,64±0,02 ^e
DL 4	%2İ	40,75±0,02 ^c
DL 5	%4İ	39,61±0,01 ^e
DL 6	%6İ	38,22±0,01 ^g
DL 7	%2P+%2İ	38,69±0,01 ^f
DL 8	%2P+%4İ	38,09±0,00 ^h
DL 9	%2P+%6İ	37,05±0,08 ⁱ
DL 10	%4P+%2İ	37,07±0,05 ⁱ
DL 11	%4P+%4İ	37,03±0,06 ⁱ
DL 12	%4P+%6İ	36,69±0,00 ^j
DL 13	%6P+%2İ	37,05±0,02 ⁱ
DL 14	%6P+%4İ	36,22±0,00 ^k
DL 15	%6P+%6İ	36,02±0,01 ⁱ

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.



Şekil 4.14. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Nem Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin nem içerikleri %36,02 (DL15) ile %40,46 (Kontrol 1) aralığında değişmekte olup, söz konusu ekmekler arasındaki nem farkının yaklaşık olarak %4,43 olduğu belirlenmiştir. %5 oranında buğday lifi ilavesi (Kontrol 2) ile ekmek nem içeriğinde kontrole oranla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir artış kaydedilmiştir. Bu durum %5 oranında buğday lifi ilavesinin yüksek su bağlama kapasitesi ile hamurun su absorpsiyonunu artırması ile ilişkilendirilmiştir.

Ekmeklerin mısır kepeği kullanılarak diyet lif açısından zenginleştirildiği bir çalışmada, mısır kepeği konsantrasyonundaki (%18, %20 ve %22) artışın hamurun su absorpsiyonu ve ekmek nem içeriklerini arttırdığı belirlenmiştir (Erive ve ark., 2019). Ni ve ark., (2020) yaptığı bir çalışmada, bakla kabuğu ununun konsantrasyon %11'in üzerinde olduğu durumda ekmeklerin nem içeriğini önemli ölçüde arttırdığı, %21 konsantrasyonda kullanıldığında ise en yüksek nem değerlerinin elde edildiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde %3-12 oranlarında enginar lifi ilavesi ekmeklerin nem içeriklerini arttırmıştır (Frutos ve ark., 2008).

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin nem değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten; %2, %4, %6 oranlarında tek başına polidekstroz kullanılarak üretilen ekmeklerin nem içerikleri sırasıyla %41,49; %40,49; %39,64 olarak saptanmıştır. %5 oranında buğday lifine ilaveten; %2, %4, %6 oranlarında tek başına inülin kullanılan ekmeklerde ise nem içeriği sırasıyla %40,75; %39,61; %38,22 olarak belirlenmiştir. Çözünür diyet liflerde bulunan düşük moleküler ağırlıklı şekerler ve oligosakkaritlerin hamur kıvamını azaltması, hamurun su absorpsiyonunu düşürdüğünden (Rouille ve ark., 2015), polidekstroz ve inülinin artan konsantrasyonları ile ekmek nem içeriklerindeki azalma, hamurun yoğurulması sırasında verilen su miktarındaki azalış ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmamızda, hamurların farinografta belirlenen su absorpsiyonları ile ekmeklerin nem içerikleri arasında pozitif yönde korrelasyon ($r = 0,92$) bulunduğu, regresyon katsayısının ise $R^2 : 0,85$ ($y : 1,618x - 5,129$) olduğu belirlenmiştir.

Diyet lifler ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında, nem içeriği en yüksek (%38,69) olan örneğin %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örnek olduğu tespit edilmiştir. Nem içeriği en düşük (%36,02) olan örneğin ise %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu ekmek olduğu belirlenmiştir. Söz konusu örnekler arasındaki nem farkının %2,67 olduğu kaydedilmiştir. DL9, DL10, DL11 ve DL13 kodlu ekmeklerin nem içerikleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilemezken ($p>0,05$); çözünür liflerin konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak ekmek nem içeriklerinde genel olarak bir azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.14).

Yapılan bir çalışmada %2,5; %5; %7,5 oranlarında inülin ilavesinin, ekmek nem içeriklerini kontrole oranla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0,05$) azalttığı tespit edilmiştir (Kou ve ark., 2019). Bir başka çalışmada ise, farklı polimerizasyon derecesine sahip 3 farklı inülinin artan konsantrasyonu ile ekmek nem içeriklerinin kontrol ekmeğine oranla azaldığı ve %2,5; %5; %7,5

oranında toz formda inülin içeren ekmeklerin nem içerikleri sırasıyla %39,60; %38,42; %37,12 olduğu kaydedilmiştir (Peressini ve Sensidoni, 2009). Bu bağlamda elde edilen sonuçlar çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Wang ve ark., (2002) gerçekleştirdikleri bir çalışmada keçiyoynuzu ve bezelye lifi gibi çözünmez lif içeren ekmeklerin nem içeriğinin kontrol örneğine oranla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Diğer bir taraftan inülin içeren ekmeklerin nem içeriğinin ise kontrole oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Mandala ve ark., (2009) yaptıkları bir çalışmada, %8 oranında polidekstroz, %3 oranında inülin ve yulaf ile zenginleştirilen ekmeklerin, nem içerikleri sırasıyla %29,86; %30,08; %40,09 olarak kaydedilmiştir. İnülin ve polidekstroz ilavesi, ekmeklerin nem içeriğini kontrol ekmeğine (%30,63) oranla istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) düzeyde azaltırken; yulaf ilavesinin ekmek nem içeriğini kontrol ekmeğine oranla arttırdığı tespit edilmiştir.

4.3.5. Renk

Ürünlerin kalite ve niteliğini belirleyen önemli özelliklerden biri olan renk, kişiden kişiye değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle renk değerlerinin daha nesnel bir şekilde değerlendirilebilmesi için renk ölçüm sistemleri geliştirilmiştir (Keskin ve ark., 2017). Ekmeklerin kahverengi kabuk renginin ve kendine has aromasının kaynağı olan, proteinlerin serbest amino grupları veya aminoasitlerle, indirgen şekerler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu ve şekerlerin yüksek sıcaklık etkisi ile parçalanması şeklinde meydana gelen karamelizasyon fırıncılık ürünlerine arzu edilen rengi veren enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır (Topdaş ve Ertugay, 2012). Çalışmamızda renk analizi, Uluslararası Aydınlatma Kurumu (CIE) tarafından geliştirilen CIE L^*C^*h renk sistemi baz alınarak gerçekleştirilmiştir. L değeri parlaklığın bir ifadesi iken ($L^*=0$ siyah ve $L^*=100$ beyaz); a^* ve b^* değerleri ile ilişkili olan Chroma, renk değeri olup; 0-60 arasında değişmektedir. Birimi ($^\circ$) olan h değeri (açı) ise renk canlılığını ifade etmektedir.

0°:+a* (kırmızı), 90°:+b (sarı), 180°: -a* (yeşil), 270°: -b* (mavi) olup; aç- renk ilişkisinin göstermektedir (Keskin ve ark., 2017).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kabuk ve iç L* değerleri Çizelge 4.9’ da ve Şekil 4.15’te verilmiş olup; diyet lif çeşidinin değişmesi ve oranlarının artırılmasının ekmek kabuğundaki ve ekmek içindeki renk değerlerine etkisi değerlendirilmiştir. Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin kabuk L* değerlerinin 59,82-69,68 aralığında değiştiği ve sırasıyla %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL15 kodlu örneğe ve %2 oranında polidekstroz içeren DL1 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

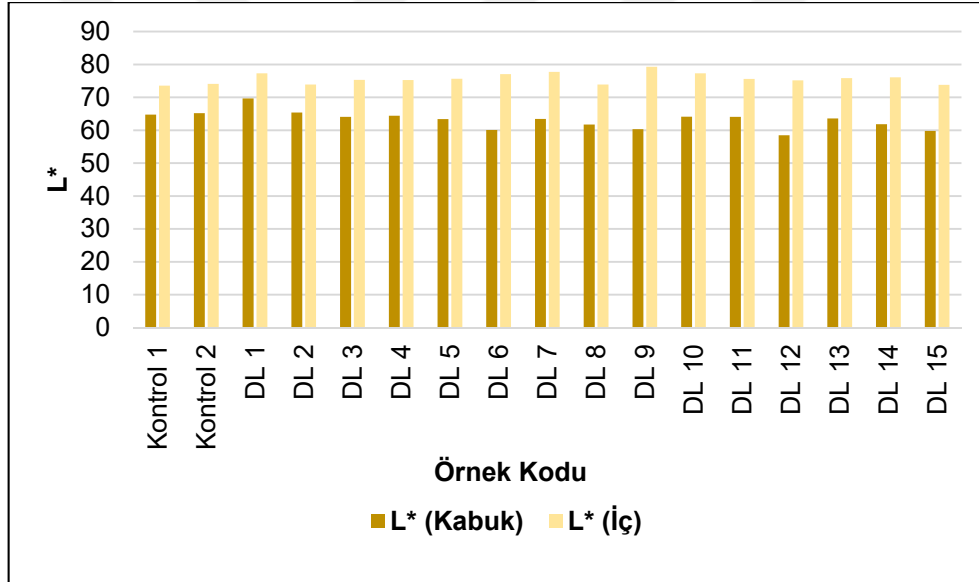
Çizelge 4.9. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait L* Değerleri

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	L* (Kabuk)	L* (İç)
Kontrol 1	-	64,76±0,11 ^c	73,57±0,11 ^g
Kontrol 2	%5BL	65,19±0,02 ^b	74,08±0,17 ^g
DL 1	%2P	69,68±0,2 ^a	77,33±0,35 ^{bc}
DL 2	%4P	65,42±0,01 ^b	73,90±0,12 ^g
DL 3	%6P	64,06±0,55 ^d	75,32±1,17 ^{ef}
DL 4	%2İ	64,42±0,05 ^d	75,26±0,11 ^f
DL 5	%4İ	63,41±0,10 ^e	75,67±0,03 ^{def}
DL 6	%6İ	60,08±0,10 ^{gh}	77,06±0,04 ^c
DL 7	%2P+%2İ	63,46±0,05 ^e	77,73±0,04 ^b
DL 8	%2P+%4İ	61,73±0,07 ^f	73,90±0,10 ^g
DL 9	%2P+%4İ	60,32±0,42 ^g	79,33±0,07 ^a
DL 10	%4P+%2İ	64,14±0,16 ^d	77,31±0,06 ^{bc}
DL 11	%4P+%4İ	64,06±0,38 ^e	75,62±0,06 ^{def}
DL 12	%4P+%6İ	58,48±0,19 ⁱ	75,18±0,24 ^f
DL 13	%6P+%2İ	63,57±0,14 ^e	75,85±0,03 ^{de}
DL 14	%6P+%4İ	61,85±0,11 ^f	76,09±0,03 ^d
DL 15	%6P+%6İ	59,82±0,13 ^h	73,82±0,11 ^g

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lif, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin L* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde L* değerlerinin sırasıyla; 69,68; 65,42; 64,06 olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise L* değerlerinin sırasıyla; 64,42; 63,41; 60,08 olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, artan inülin konsantrasyonunun, artan polidekstroz konsantrasyonlarına oranla ekmek kabuklarında daha koyu bir renk oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4.15. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait L* Değerlerinin Kıyaslanması

Benzer şekilde, diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı durumlarda; sabit polidekstroz oranına karşılık, inülin konsantrasyonundaki artış ile L* değerlerinde yine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu durum, inülinin

polidekstroza oranla daha yüksek miktarda indirgen şeker içeriğine sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, farklı polimerizasyon derecelerine sahip inülinlerin, Maillard reaksiyonlarının bir koşulu olan indirgen şeker içeriklerinin farklı olması sonucu renk değerlerinde farklılık tespit edilmiştir (Rada-Mendoza, 2004).

Ekmeklerin kabuk renginin koyulaşması sonucu L^* değerlerindeki azalma; çapraz bağlı glikoz polimerlerinden oluşan polidekstroz (Chavan ve ark., 2016) ve fruktoz ünitelerinden oluşan inülinin (Meyer ve Blaauwloed, 2009), ekmeklerin kahverengi kabuk renginin ve kendine has aromasının kaynağı olan, proteinlerin serbest amino grupları veya aminoasitlerle, indirgen şekerler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonunu (Ertugay, 2012) destekleyici nitelikte olması ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, lif içeriğindeki artış ile kabuk renginin koyulaşma eğiliminde olduğu tespit edilmiş olup; bu durum pişme sırasında şekerlerin karamelizasyona katılmasıyla ilişkilendirilmiştir (Grossi, 2011). Yüksek lif içeriği, Maillard reaksiyonun göstergelerinden biri olan melanoid miktarını etkilemektedir (Almeida ve ark., 2012).

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin iç L^* değerlerinin ise 73,57-79,33 aralığında değiştiği ve sırasıyla herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine ve %2 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL9 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). %5 oranında buğday lifi içeren Kontrol 2 örneği ile herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneği arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmazken; polidekstroz ve inülinin tek başına ve kombinasyonlar halinde kullanıldığı örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlı olmakla beraber ($p < 0,05$), artan lif konsantrasyonu artışına bağlı olarak ekmek içi L^* değerlerinde düzenli bir artış veya azalış tespit edilememiştir.

Hindiba unu ve toz/sıvı formda inülin içeren (%3, %5, %8) ekmeklerin kabuk renginin, kontrol örneğine oranla daha koyu olduğu belirtilmiştir (Korus ve ark., 2006). İnülin (FOS) ve polidekstroz (GOS) ilavesi ile ekmeklerin L^*

değerlerinde kontrole oranla (89,98) istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde artış meydana gelmiş olup; ekmeklerin L* değerlerinin sırasıyla 93,96 ve 92,35 olduğu tespit edilmiştir (Angioloni ve Collar, 2011).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kabuk ve iç a* değerleri Çizelge 4.10' da ve Şekil 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait a* Değerleri

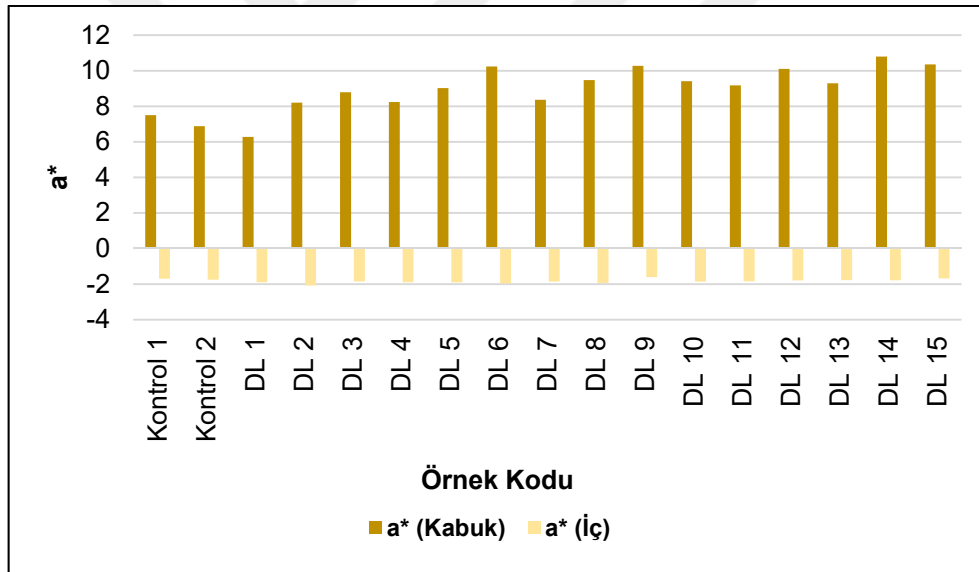
Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	a* (Kabuk)	a* (İç)
Kontrol 1	-	7,50±0,54 ^{hi}	-1,69±0,03 ^{ab}
Kontrol 2	%5BL	6,88±0,91 ^{lj}	-1,75±0,02 ^{abc}
DL 1	%2P	6,27±0,26 ^j	-1,90±0,07 ^{bcd}
DL 2	%4P	8,21±0,03 ^{gh}	-2,07±0,19 ^d
DL 3	%6P	8,79±0,46 ^{efg}	-1,85±0,02 ^{bcd}
DL 4	%2İ	8,24±0,18 ^{tgh}	-1,90±0,10 ^{bcd}
DL 5	%4İ	9,03±0,32 ^{defg}	-1,91±0,17 ^{bcd}
DL 6	%6İ	10,24±0,14 ^{abc}	-1,96±0,18 ^{cd}
DL 7	%2P+%2İ	8,37±0,66 ^{efgh}	-1,86±0,01 ^{bcd}
DL 8	%2P+%4İ	9,48±0,26 ^{bcde}	-1,95±0,09 ^{cd}
DL 9	%2P+%4İ	10,27±0,13 ^{abc}	-1,61±0,29 ^a
DL 10	%4P+%2İ	9,40±0,33 ^{bcdef}	-1,86±0,08 ^{bcd}
DL 11	%4P+%4İ	9,17±0,39 ^{cdefg}	-1,84±0,07 ^{bcd}
DL 12	%4P+%6İ	10,11±0,20 ^{abcd}	-1,79±0,02 ^{abc}
DL 13	%6P+%2İ	9,30±0,47 ^{bcdef}	-1,78±0,02 ^{abc}
DL 14	%6P+%4İ	10,80±1,93 ^a	-1,79±0,96 ^{abc}
DL 15	%6P+%6İ	10,36±0,26 ^{ab}	-1,68±0,07 ^{ab}

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin a* değerlerinin 6,27-10,80 aralığında değiştiği ve sırasıyla %5 oranında buğday lifine ilaveten %2 oranında polidekstrozun kullanıldığı DL2 kodlu örneğe ve %6 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL14 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin a^* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde a^* değerlerinin sırasıyla; 6,27; 8,21; 8,79 olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise a^* değerlerinin sırasıyla; 8,24; 9,03; 10,24 olduğu tespit edilmiştir. Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı durumlarda; sabit polidekstroz oranlarına karşılık, inülin konsantrasyonundaki artış ile a^* değerlerinde genel olarak artış meydana gelmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait a^* Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin iç a^* değerlerinin ise (-1,61/-2,07) aralığında değiştiği; sırasıyla %2 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL9 kodlu örneğe ve %4 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL2 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir

(Çizelge 4.10). Polidekstroz ve inülinin tek başına kullanıldığı örnekler arasında istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilememiştir. Diyet liflerin kombine olarak kullanıldığı durumlarda ise DL7, DL10 ve DL11 örnekleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmazken; DL12, DL13, DL14 kodlu örnekler arasındaki farklılıklar yine istatistiksel açıdan anlamsızdır ($p>0,05$).

Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kabuk ve iç b* değerleri Çizelge 4.11’ de ve Şekil 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait b* Değerleri

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	b* (Kabuk)	b* (İç)
Kontrol 1	-	27,57±0,27 ^{abc}	8,80±0,17 ^g
Kontrol 2	%5BL	27,73±0,35 ^{abc}	8,99±0,26 ^{tg}
DL 1	%2P	28,41±0,45 ^a	9,87±0,31 ^{de}
DL 2	%4P	27,64±0,41 ^{abc}	10,91±0,60 ^{abc}
DL 3	%6P	26,93±0,69 ^{cde}	10,23±0,51 ^{bcde}
DL 4	%2İ	26,32±0,16 ^{def}	9,55±0,23 ^{ef}
DL 5	%4İ	26,14±0,62 ^{ef}	10,08±0,62 ^{cde}
DL 6	%6İ	24,62±0,49 ^{gh}	10,14±0,04 ^{bcde}
DL 7	%2P+%2İ	27,20±0,25 ^{bcd}	10,77±0,25 ^{abc}
DL 8	%2P+%4İ	25,76±0,46 ^f	9,86±0,31 ^{de}
DL 9	%2P+%4İ	24,25±0,83 ^{hi}	11,39±0,30 ^a
DL 10	%4P+%2İ	28,03±0,67 ^{ab}	10,97±0,69 ^{ab}
DL 11	%4P+%4İ	26,15±0,10 ^{ef}	10,39±0,57 ^{bcde}
DL 12	%4P+%6İ	23,44±0,78 ⁱ	10,16±0,18 ^{bcde}
DL 13	%6P+%2İ	25,87±0,94 ^f	10,95±0,57 ^{ab}
DL 14	%6P+%4İ	25,54±0,86 ^{fg}	10,88±0,58 ^{abc}
DL 15	%6P+%6İ	24,10±0,23 ^{hi}	10,65±0,42 ^{abcd}

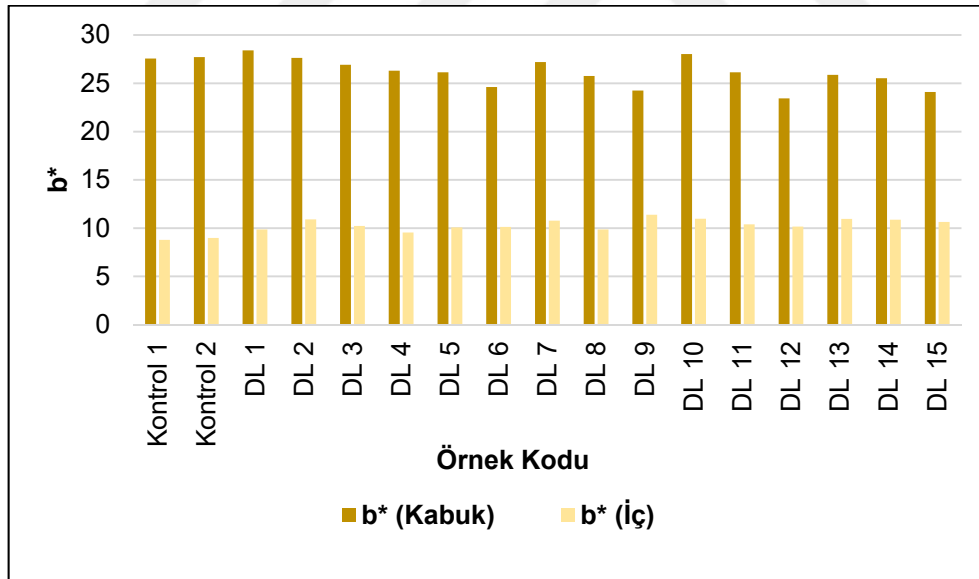
DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin b* değerlerinin 24,10-28,41 aralığında değiştiği ve sırasıyla %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında

inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe ve %2 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL1 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin b^* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde b^* değerlerinin sırasıyla; 28,41; 27,64; 26,93 olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise b^* değerlerinin sırasıyla; 26,32; 26,14; 24,62 olduğu tespit edilmiştir. Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı durumlarda; sabit polidekstroz oranlarına karşılık, inülin konsantrasyonundaki artış ile b^* değerlerinde yine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.17. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait b^* Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin ekmek içi b* değerlerinin ise 8,80-10,97 aralığında değiştiği ve sırasıyla bileşiminde herhangi bir diyet lif kaynağı bulunmayan Kontrol 1 örneğine ve %4 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL10 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Diyet liflerin tek başına ve kombine olarak kullanıldığı durumlarda örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmekle beraber, ekmek içi b* değerlerinde diyet lif konsantrasyonu artışına bağlı olarak düzenli bir artış veya azalış görülmemiştir.

%2,5 ve %5 oranlarında farklı kaynaklardan ekstrakte edilen inülinlerin artan konsantrasyonlarının, ekmek L* değerini kontrole oranla azalttığı; a* ve b* değerlerini ise kontrol ekmeğine oranla arttırdığı tespit edilmiştir (Rubel ve ark., 2015). Farklı polimerizasyon derecelerine sahip inülinlerin (FS, FI, FXL) %2,5; %5; %7,5; %10 oranlarında kullanımıyla artan konsantrasyona bağlı olarak ekmek L* genel olarak azaldığı yani kabuk renginin koyulaştığı ($p<0,05$); a* değerlerinin arttığı ve b* değerlerinin ise genel olarak azaldığı tespit edilmiştir (Kou ve ark., 2019). Angioloni ve Collar (2011), inülin içeren ekmeklerin a* değerinin (-1,18) kontrole oranla (-1,64) azaldığını; polidekstroz içeren ekmeklerin ise a* değerinin (-1,88) kontrole oranla arttığını tespit etmişlerdir. Fakat bu artış istatistiksel açıdan anlamlı bulunamamıştır ($p>0,05$).

Chroma, a* ve b* değerleri ile ilişkili olup; bu değer küçüldükçe matlık, yükseldikçe beyazlık ile ilişkilendirilmektedir (Keskin ve ark., 2017). Farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kabuk ve iç chroma değerleri Çizelge 4.12' de ve Şekil 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Chroma Değerleri

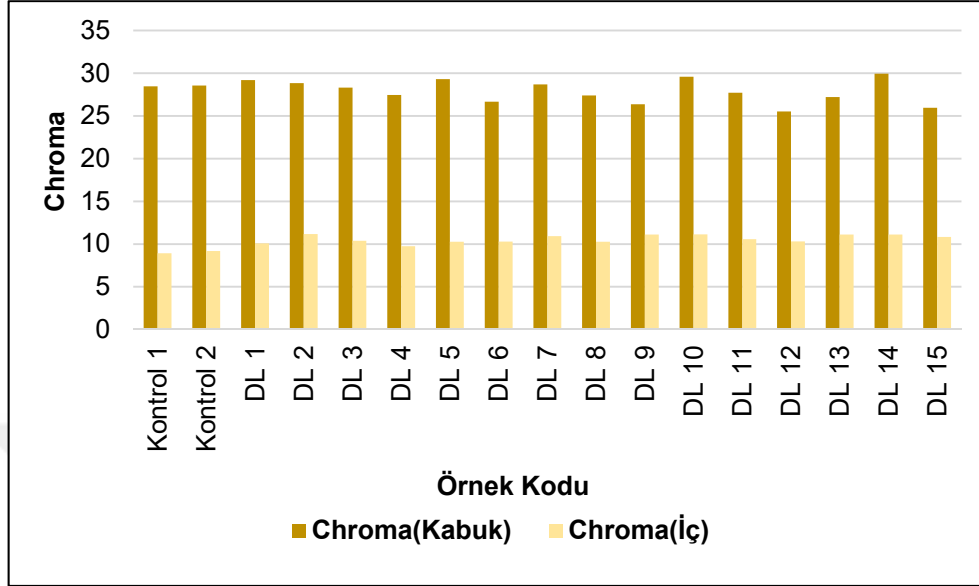
Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Chroma (Kabuk)	Chroma (İç)
Kontrol 1	-	28,47±0,09 ^{abcd}	8,93±0,20 ^a
Kontrol 2	%5BL	28,57±0,42 ^{abcd}	9,19±0,27 ^a
DL 1	%2P	29,21±0,26 ^{ab}	10,08±0,32 ^a
DL 2	%4P	28,84±0,40 ^{abc}	11,18±0,71 ^a
DL 3	%6P	28,32±0,47 ^{abcde}	10,39±0,51 ^a
DL 4	%2İ	27,45±0,76 ^{bcdef}	9,75±0,22 ^a
DL 5	%4İ	29,31±2,89 ^{ab}	10,28±0,62 ^a
DL 6	%6İ	26,67±0,50 ^{cdef}	10,29±0,05 ^a
DL 7	%2P+%2İ	28,70±0,20 ^{abcd}	10,93±0,25 ^a
DL 8	%2P+%4İ	27,41±0,54 ^{bcdef}	10,27±0,59 ^a
DL 9	%2P+%4İ	26,37±0,84 ^{def}	11,11±0,70 ^a
DL 10	%4P+%2İ	29,58±0,50 ^{ab}	11,13±0,69 ^a
DL 11	%4P+%4İ	27,72±0,04 ^{abcdef}	10,57±0,56 ^a
DL 12	%4P+%6İ	25,53±0,68 ⁱ	10,31±0,17 ^a
DL 13	%6P+%2İ	27,21±0,55 ^{bcdef}	11,12±0,54 ^a
DL 14	%6P+%4İ	29,94±3,76 ^a	11,11±0,70 ^a
DL 15	%6P+%6İ	25,96±0,17 ^{ef}	10,84±0,45 ^a

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lif, P: Polidekstroz, İ: İnülin

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin chroma değerlerinin 25,53- 29,94 aralığında değiştiği ve sırasıyla %4 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL12 kodlu örneğe ve %6 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL14 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin chroma değerlerinde genel olarak bir azalma (DL5 hariç) meydana gelmiştir. %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde chroma değerlerinin sırasıyla; 29,21; 28,84; 28,32 olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise chroma değerlerinin sırasıyla; 27,45; 29,31; 26,67 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Chroma Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı durumlarda; sabit polidekstroz oranlarına karşılık, inülin konsantrasyonundaki artış ile chroma değerlerinde genel olarak azalma (DL14 hariç) meydana gelmiştir. Buna göre diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin yapısındaki lif konsantrasyonu artışıyla, kabuk renklerinin matlaştığı sonucu çıkarılabilir.

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin iç chroma değerleri ise 8,93-11,13 aralığında değişmekte olup (Çizelge 4.12); örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Chroma değerlerinin matlık ve beyazlık kavramları ile ilişkili olması (Keskin ve ark., 2017) göz önüne alındığında, diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin iç chroma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaması çalışmamız açısından değerlendirildiğinde istenilen bir sonuçtur.

Hue değeri renk canlılığını ifade etmekte olup; farklı diyet lif konsantrasyonları ve kombinasyonları ile zenginleştirilmiş ekmek kabuklarının hue değerleri Çizelge 4.13' te ve Şekil 4.19'da verilmiştir.

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin hue değerlerinin 66,44-77,72 aralığında değiştiği ve sırasıyla %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe ve %2 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL1 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait hue Değerleri

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	hue (Kabuk)	hue (İç)
Kontrol 1	-	74,99±1,22 ^b	100,99±0,28 ^{abc}
Kontrol 2	%5BL	76,09±1,83 ^{ab}	100,97±0,33 ^{abc}
DL 1	%2P	77,72±0,48 ^a	100,91±0,46 ^{abc}
DL 2	%4P	72,47±0,81 ^{cd}	100,67±0,38 ^{abcd}
DL 3	%6P	71,81±1,43 ^{cde}	100,17±0,35 ^{cdef}
DL 4	%2İ	72,98±0,48 ^c	101,25±0,32 ^{ab}
DL 5	%4İ	72,04±1,12 ^{cde}	100,74±0,45 ^{abcd}
DL 6	%6İ	67,37±0,07 ^{hi}	100,33±0,49 ^{bcde}
DL 7	%2P+%2İ	73,06±1,29 ^c	99,81±0,16 ^{defg}
DL 8	%2P+%4İ	69,75±0,55 ^{tg}	101,38±0,10 ^a
DL 9	%2P+%4İ	67,23±0,68 ^{hi}	98,62±0,67 ^h
DL 10	%4P+%2İ	71,51±1,06 ^{cdef}	99,66±0,22 ^{etg}
DL 11	%4P+%4İ	70,62±0,79 ^{defg}	100,06±1,00 ^{cdef}
DL 12	%4P+%6İ	66,61±0,97 ⁱ	100,01±0,31 ^{cdef}
DL 13	%6P+%2İ	70,35±1,41 ^{etg}	99,32±0,45 ^{tgh}
DL 14	%6P+%4İ	68,74±1,36 ^{gh}	99,33±0,97 ^{tgh}
DL 15	%6P+%6İ	66,44±0,49 ⁱ	98,93±0,77 ^{gh}

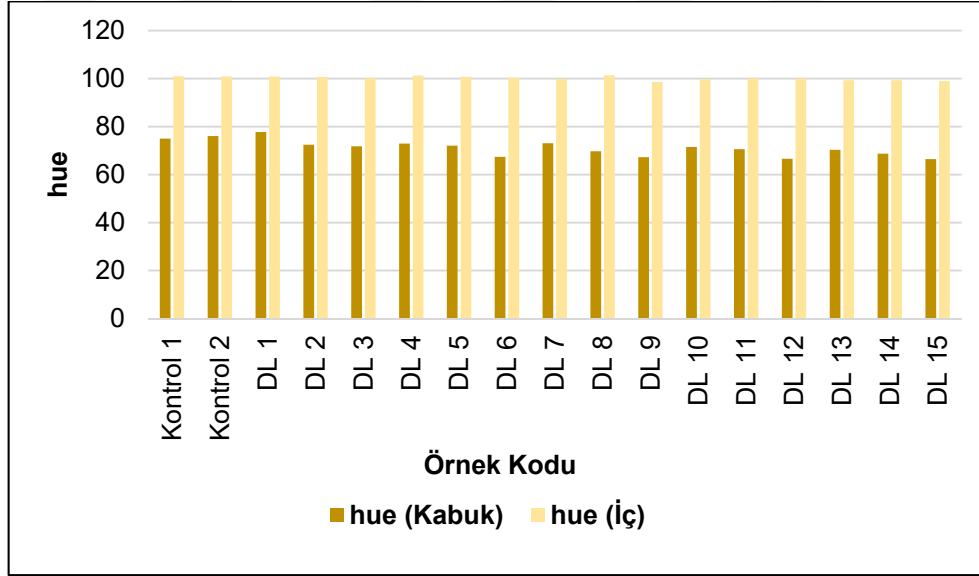
DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin hue değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir

($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde hue değerlerinin sırasıyla; 77,72; 72,47; 71,81 olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise hue değerlerinin sırasıyla; 72,98; 72,04; 67,37 olduğu tespit edilmiştir.

Diyet liflerin değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı durumlarda ise sabit polidekstroz oranlarına karşılık, inülin konsantrasyonundaki artış ile hue değerlerinde yine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.19 Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait hue Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek içi hue değerlerinin ise 98,62-101,38 aralığında değiştiği ve sırasıyla bileşiminde %2 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL9 kodlu örneğe ve %2 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL8 kodlu örneğe ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Ekmek içi hue değerleri arasındaki

farklılıklar genel olarak istatistiksel açıdan anlamlı olmakla beraber; örneklerdeki diyet lif konsantrasyonu artışına bağlı olarak hue değerlerinde düzenli bir artış veya azalış tespit edilmemiştir.

Yapılan tüm çalışmalara ilişkin renk ölçüm sonuçlarına ait verilerin bir arada değerlendirilmesiyle, ekmeklerin tamamında rengin kabul edilebilir olduğu saptanmıştır. Öte yandan tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin aksine kabuk renklerinin koyu olmadığı; ekmek içlerinin ise beyaza yakın renkte olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışmamızda üretilen diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen ekmeklere benzer renk niteliklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

4.3.6. Tekstür

Gıdalarda tekstür, gıdanın kalitesi ile ilgili olup, tüketici beğenilirliğinde etkili olan önemli bir parametredir. Tekstürel özellikler duyu ve enstrümantal olarak değerlendirilmektedir. Enstrümantal metodların büyük çoğunluğu sıkıştırma, kırılma, kırılma-basıncı veya gerilme kuvvetine dayanmaktadır (Aday ve Caner, 2006). Tekstür profil analizi (TPA), gıdaların yapısal özelliklerini hızlı bir şekilde belirleyen ve yaygın olarak kullanılan enstrümantal bir yöntemdir. Tekstür profil analizi ile gıdaların sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, çiğnenebilirlik gibi duyu nitelikler ve reolojik özellikler belirlenebilmektedir (Nishinari ve ark., 2013).



Şekil 4.20. Ekmek Örneklerine Ait Tekstür Profili Analizi

4.3.6.1. Sertlik

Fırıncılık ürünlerinde tüketici memnuniyetini etkileyen sertlik veya yumuşaklık, tazelik algısı ile doğrudan ilişkili olduğundan önemli bir parametredir (Skara ve ark., 2013). Tekstür analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerine ait sertlik değerleri Çizelge 4.14’ te ve Şekil 4.21’de verilmiştir. En yumuşak ekmek herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneği (124,70 g) iken; en yüksek sertlik değeri ise %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL15 kodlu örnekte (529,03 g) tespit edilmiştir. Buna göre diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmelerin sertlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifi kullanılan Kontrol 2 ekmeği ile herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 ekmeğinin sertlik değerleri arasındaki fark yaklaşık olarak 63,43 g olup; %5 oranında çözünmez lif ilavesi ile ekmeğin sertlik değerinde kontrole oranla yaklaşık olarak %50,86’lık bir artış tespit edilmiştir (Şekil 4.21). Sertlik değerlerindeki artış, %2 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı

durumda (DL1) ve %2 oranında inülinin tek başına kullanıldığı durumda (DL4) sırasıyla %23,70 ve %6,98 olarak kaydedilmiştir. Bu durum artan diyet lif konsantrasyonuna bağlı olarak ekmek hacim değerindeki azalma ile ekmeklerin daha sıkı bir yapıya sahip olmasıyla ilişkilendirilebilir. Çalışmamızda ekmeklerin hacim ve sertlik değerleri arasında negatif yönde bir korrelasyon bulunmuş ($r = -0,96$), regresyon katsayısı ise $R^2 : 0,92$ ($y : -0,3916 + 549,04$) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Sertlik Değerleri (g)

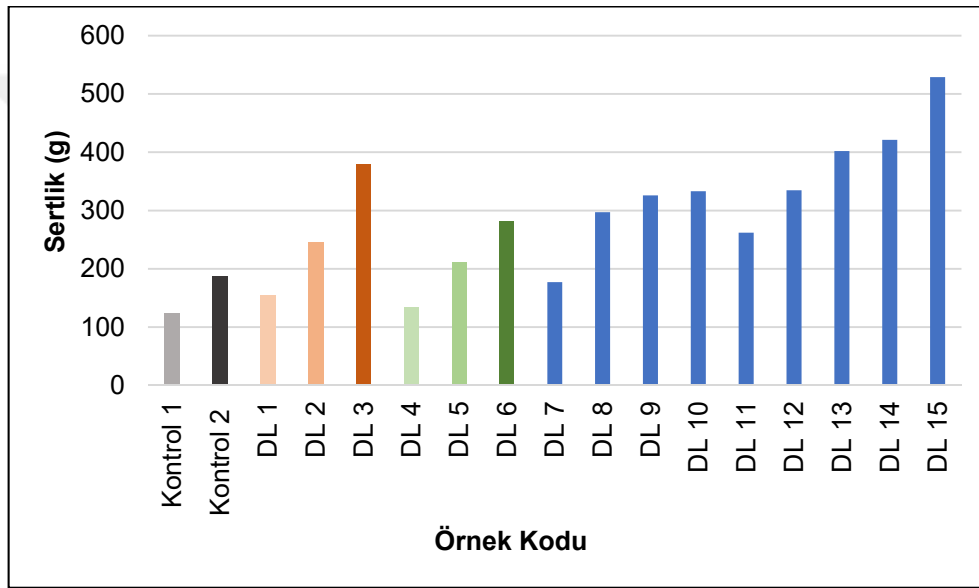
Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Sertlik (g)
Kontrol	-	124,70±0,85 ^p
Kontrol 2	%5BL	188,13±1,35 ^l
DL 1	%2P	154,26±1,00 ⁿ
DL 2	%4P	246,70±0,45 ^j
DL 3	%6P	379,02±0,08 ^d
DL 4	%2İ	133,40±1,42 ^o
DL 5	%4İ	212,28±1,78 ^k
DL 6	%6İ	282,12±2,05 ^h
DL 7	%2P+%2İ	177,04±1,50 ^m
DL 8	%2P+%4İ	297,04±1,64 ^g
DL 9	%2P+%6İ	326,03±0,34 ^f
DL 10	%4P+%2İ	333,11±1,87 ^e
DL 11	%4P+%4İ	262,03±2,30 ⁱ
DL 12	%4P+%6İ	334,86±2,44 ^e
DL 13	%6P+%2İ	402,14±1,38 ^c
DL 14	%6P+%4İ	421,15±0,87 ^b
DL 15	%6P+%6İ	529,03±1,87 ^a

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Erive ve arkadaşlarının (2019) yaptığı bir çalışmada, mısır kepeği konsantrasyonundaki (%18, %20 ve %22) artışın ekmek sertlik değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı kaydedilirken ($p<0,05$); bu artış azalan spesifik hacim ve gözenek değerleriyle ilişkilendirilmiştir. Amir ve ark.,

(2013) kakao kabuğu tozu kullanılan ekmeklerin daha sıkı ve sert yapıya sahip olduğunu, ekmeklerin hacim değerlerinin kontrole oranla azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde ekmek sertlik ve hacim değerleri arasındaki negatif korrelasyon birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiş olup (Schmiele ve ark., 2012; Tuncel ve ark., 2014); düşük hacimli ekmeklerin daha sıkı ve yoğun bir yapıya sahip oldukları belirtilmiştir.



Şekil 4.21. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Sertlik Değerlerinin Kıyaslanması

Ekmeklerin 24. saatte ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde; diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin sertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p < 0,05$). Sertlik değerlerindeki artış; çözüner diyet liflerin konsantrasyonunun artmasıyla birlikte ekmek hacmi ve nem değerlerindeki azalışın, ekmek sertlik değerleri üzerindeki negatif etkisi şeklinde yorumlanabilir. Ekmek nem içerikleri ile sertlik değerleri arasındaki negatif korrelasyon birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (He ve

Hoseney, 1990). Buna göre %2, %4 ve %6 oranlarında tek başına polidekstroz içeren ekmeklerin sertlik değerleri sırasıyla 154,26 g, 246,70 g ve 379,02 g olarak kaydedilmiştir. %2, %4 ve %6 oranlarında tek başına inülin içeren ekmeklerin sertlik değerleri ise sırasıyla 133,40 g, 218,28 g ve 282,12 g olarak tespit edilmiştir. Bu durumdan yola çıkılarak tek başına ve düşük konsantrasyonda inülin kullanılan ekmeğin (DL4), herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 ekmeğine en yakın ekmek olduğu, düşük konsantrasyonda ve tek başına inülin ilavesinin, %5 oranında buğday lifinin olumsuz etkisini telafi edebileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada inülin içeren örneklerin sertlik değerinin kontrole oranla daha düşük olduğu saptanmıştır (Mandala ve ark., 2009).

Açai tozu ve polidekstroz kullanılan bir çalışmada, ekmek sertlik değerlerinin 2,05-5,19 N aralığında değiştiği ve açai tozu ile polidekstrozun konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak sertlik değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı tespit edilmiş olup; bu artış ekmeklerin azalan nem içerikleri ile ilişkilendirilmiştir (Zambelli ve ark., 2017).

Farklı polimerizasyon derecelerine sahip 3 çeşit inülin (FS, FI, FXL) kullanılan bir çalışmada, FS, FI, FXL miktarları sırasıyla %5, %5, %2,5 olduğu durumlarda ekmek sertlik değerlerinde bir azalma kaydedilirken; artan inülin konsantrasyonlarına koşut olarak bir artış tespit edilmiştir. Bu durum aynı araştırmacıların önceki çalışmalarından farklı olup, çalışmalarda kullanılan unlardaki farklı gluten içerikleri ile ilişkilendirilmiştir (Kou ve ark., 2019).

Wang ve arkadaşlarının (2002) yapmış olduğu bir çalışmada; keçiyoynuzu lifi, bezelye lifi ve inülin içeren ekmeklerin sertlik değerleri sırasıyla 205,7 g; 217,3 g; 268,8 g olarak kaydedilmiştir. İnülin ilavesiyle ekmeğin sertlik değerinde kontrol ekmeğine (249,3 g) oranla bir artış görülürken; keçiyoynuzu ve bezelye lifi içeren ekmeklerin sertlik değerinde kontrole oranla anlamlı bir azalma meydana gelmiştir.

Enginardan ekstrakte edilen inülin (IRC-J) ve ticari inülinin (IRC) %2,5 ve %5 oranlarında kullanıldığı bir çalışmada %2,5 oranında IRC-J kullanımının sertlik

değerinde istatistiksel açıdan bir farklılık yaratmadığı ($p>0,05$); artan konsantrasyonuna koşut olarak sertlik değerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir artış ($p<0,05$) meydana getirdiği tespit edilmiştir. Diğer bir IRC konsantrasyonundaki artış ekmek sertlik değerini istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde arttırmıştır (Rubel ve ark., 2015).

Yapılan bir çalışmada inülin içeren ekmeklerin sertlik değerinde kontrol ekmeğine oranla %60'lık bir artış tespit edilmiş olup (Ronda ve ark., 2014); benzer sonuçlar %3 ve %5 oranında inülin içeren ekmeklerde (Poinot ve ark., 2010) ve %10 oranında yulaf lifi-inülin kombinasyonunda da kaydedilmiştir (Rosell ve Santos, 2010).

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile sertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek sertlik değeri %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örnekte tespit edilmiş olup; bu değer 529,03 g olarak kaydedilmiştir. En düşük sertlik değerine sahip ekmek ise %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örnekte tespit edilmiş olup; bu değer 177,04 g olarak kaydedilmiştir. Ekmek hacim değerleri ile benzer şekilde çözümler diyet liflerin eşit konsantrasyonda (DL7, DL11) kullanıldığı durumlarda ekmek sertlik değerlerinde bir azalma sağlanırken; yine eşit konsantrasyonda çözümler diyet lif içeren DL15 kodlu örnekte çözümler liflerin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak bu etki gözlemlenmemiştir.

CMC-inülin, CMC-polidekstroz, keçiyoynuzu-inülin ve keçiyoynuzu-polidekstroz kombinasyonlarının kullanıldığı bir çalışmada ekmek sertlik değerleri sırasıyla 423, 530, 663 ve 553 g olup sertlik değerlerinde kontrol örneğine (377 g) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış kaydedilmiştir (Angioloni ve Collar, 2011).

4.3.6.2. Çiğnenebilirlik

Katı bir ürünün parçalara ayrılıp yutulma işlemine hazır hale getirebilmek için gerekli olan enerji olarak tanımlanan çiğnenebilirlik, gerekli olan çiğneme sayısı olarak da ifade edilmektedir (Boz, 2018). Tekstür analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerine ait çiğnenebilirlik değerleri Çizelge 4.15’ te ve Şekil 4.22’de verilmiştir. Buna göre ekmeklere ait çiğnenebilirlik değerleri 132,87-564,10 aralığında değişmektedir. En düşük çiğnenebilirlik değerine sahip ekmek herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneği iken; en yüksek çiğnenebilirlik değeri ise %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülin kombinasyonundan oluşan DL15 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Buna göre diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmelerin çiğnenebilirlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

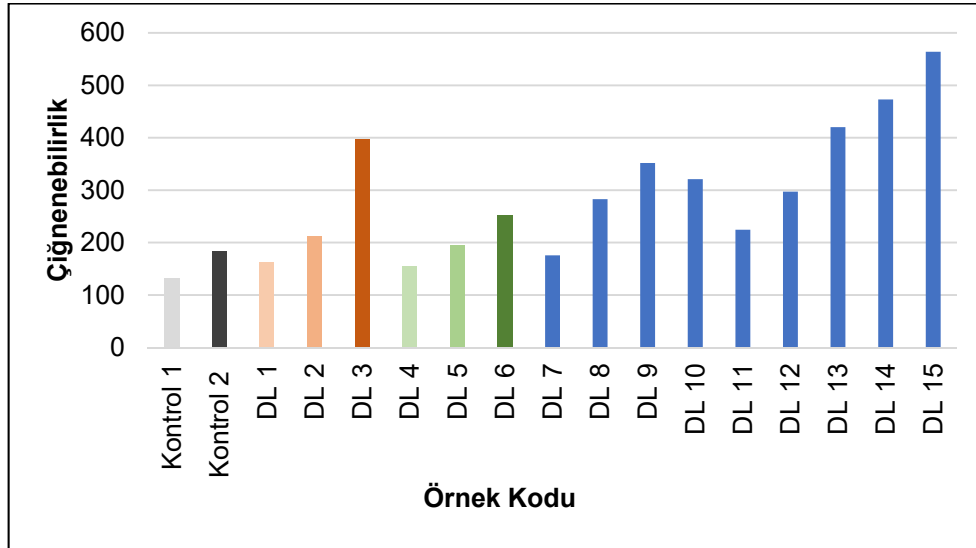
Ekmeklerin 24. saatte ölçülen çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.15); diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Buna göre %5 oranında buğday lifine ilaveten, %2, %4 ve %6 oranlarında tek başına polidekstroz içeren ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 163,62; 212,23; 397,92 olarak kaydedilmiştir. %2, %4 ve %6 oranlarında tek başına inülin içeren ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri ise sırasıyla 155,54; 195,07; 252,99 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Çiğnenebilirlik Değerleri

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Çiğnenebilirlik
Kontrol 1	-	132,87±0,12 ^r
Kontrol 2	%5BL	183,36±1,19 ^m
DL 1	%2P	163,62±2,91 ^o
DL 2	%4P	212,23±2,21 ^k
DL 3	%6P	397,92±0,00 ^d
DL 4	%2İ	155,54±1,25 ^p
DL 5	%4İ	195,07±1,20 ^l
DL 6	%6İ	252,99±0,78 ⁱ
DL 7	%2P+%2İ	175,59±3,15 ⁿ
DL 8	%2P+%4İ	282,83±1,14 ^h
DL 9	%2P+%6İ	351,86±3,42 ^e
DL 10	%4P+%2İ	321,18±2,46 ^f
DL 11	%4P+%4İ	224,71±2,19 ^j
DL 12	%4P+%6İ	297,18±0,66 ^g
DL 13	%6P+%2İ	420,18±1,89 ^c
DL 14	%6P+%4İ	473,06±0,97 ^b
DL 15	%6P+%6İ	564,10±1,92 ^a

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.



Şekil 4.22. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Çiğnenebilirlik Değerlerinin Kıyaslanması

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise yine konsantrasyon artışı ile çiğnenebilirlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek çiğnenebilirlik değeri %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örnekte tespit edilmiş olup; bu değer 564,10 olarak kaydedilmiştir. En düşük çiğnenebilirlik değerine sahip ekmek ise %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örnekte tespit edilmiş olup; bu değer 175,59 olarak kaydedilmiştir. Ekmek sertlik ve hacim değerleri ile benzer şekilde çözünür diyet liflerin eşit konsantrasyonda (DL7, DL11) kullanıldığı durumlarda çiğnenebilirlik değerlerinde bir azalma sağlanırken; yine eşit konsantrasyonda çözünür diyet lif içeren DL15 kodlu örnekte çözünür liflerin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak bu etki gözlemlenmemiştir (Şekil 4.22).

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri ile hacim arasında negatif yönde korrelasyon ($r = -0,94$) bulunmuş, regresyon katsayısı ise $R^2 : 0,88$ ($y : -0,3462x + 536,22$) olarak belirlenmiştir. Çiğnenebilirlik ile sertlik arasında ise pozitif yönde korrelasyon ($r = 0,98$) bulunmuş, regresyon katsayısı ise $R^2 : 0,96$ ($y : 0,8873x + 31,786$) olarak tespit edilmiştir. Diyet liflerin tek başına ve kombine olarak kullanıldığı durumlarda, hacim değeri düşük olan ekmeklerin, sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde farklı çalışmalarda çiğnenebilirlik ile sertlik değerleri arasında pozitif yönde bir bağlantı olduğu vurgulanmıştır. Armero ve Collar (1997) yaptıkları bir çalışmada, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri arasında pozitif korrelasyon olduğunu ($r=0,804$) belirtmişlerdir. Frutos ve ark., (2008) yaptıkları bir çalışmada enginar lifinin artan konsantrasyonları ile ekmek sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde artış tespit edilmiştir.

4.3.7. Gözenek Boyut Dağılımı

Hamurun pişirilmesi sırasında sıcaklık etkisi ile hava kabarcıkları genişlemekte ve ekmek gözenekli bir yapı haline gelmektedir. Gluten miktar ve kalitesi düşük unlardan yapılan ekmekler küçük hacimli ve düzensiz bir gözenek yapısına sahip olmaktadır. Gözenek miktar ve kalitesi, ekmek hacmini önemli ölçüde etkileyen bir kalite parametresi olup; gözenek şekli sayısı ve düzeni gibi niteliklerin belirlenmesine yönelik nesnel bir kalite analizi yapılmasında görüntü işleme tekniklerine başvurulmaktadır (Selçuk ve ark., 2017). Çalışma kapsamında gözenek yapısı ile ekmek iç yapısı arasında kontrast farkı yaratıldıktan sonra, Image J paket programı ile ekmek örneklerinin gözenek yoğunluğu ve porozite değerleri belirlenmiştir (Yazıcı, 2018).

Çizelge 4.16. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Gözenek Yoğunluğu Değerleri (Gözenek sayısı/mm²)

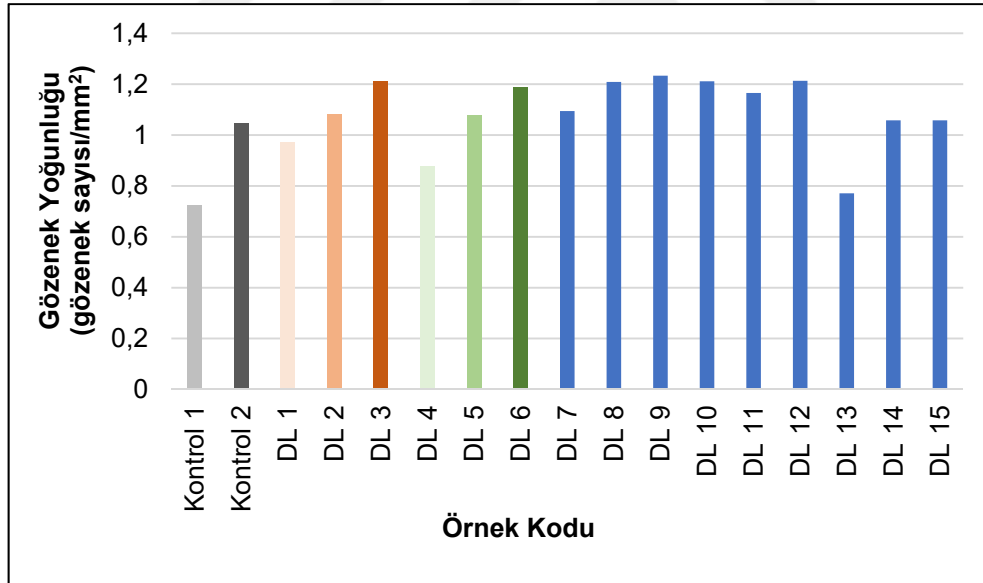
Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Gözenek yoğunluğu
Kontrol 1	-	0,73±0,01 ^k
Kontrol 2	%5BL	1,05±0,01 ^g
DL 1	%2P	0,97±0,00 ^h
DL 2	%4P	1,08±0,00 ^{ef}
DL 3	%6P	1,21±0,01 ^b
DL 4	%2İ	0,88±0,01 ⁱ
DL 5	%4İ	1,08±0,01 ^t
DL 6	%6İ	1,19±0,00 ^c
DL 7	%2P+%2İ	1,09±0,00 ^e
DL 8	%2P+%4İ	1,21±0,00 ^b
DL 9	%2P+%6İ	1,23±0,00 ^a
DL 10	%4P+%2İ	1,21±0,00 ^b
DL 11	%4P+%4İ	1,17±0,00 ^d
DL 12	%4P+%6İ	1,21±0,00 ^b
DL 13	%6P+%2İ	0,77±0,00 ^j
DL 14	%6P+%4İ	1,06±0,00 ^g
DL 15	%6P+%6İ	1,06±0,00 ^g

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lif, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Analiz sonuçlarına göre; diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin gözenek yoğunluğu değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde gözenek yoğunluğu değerlerinin sırasıyla; 0,97; 1,08; 1,21 gözenek sayısı/mm² olarak kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise gözenek yoğunluğu değerlerinin sırasıyla; 0,88; 1,08; 1,19 gözenek sayısı/mm² olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise sabit polidekstroz konsantrasyonuna karşılık, artan inülin konsantrasyonu ile gözenek yoğunluğu değerlerinde genel olarak artış tespit edilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Gözenek Yoğunluğu Değerlerinin Kıyaslanması

Kaliteli bir ekmek kesildiğinde iç yapısı kadifemsi- yumuşak yapıda olmalı ve iç yapısında yeterince açılmamış gözenekler ve düzensiz büyük oyuklar bulunmamalıdır (Özer, 1998). Bu doğrultuda örneklerin porozite değerleri incelendiğinde, Çizelge 4.17'den ve Şekil 4.24'ten anlaşılabacağı üzere, %5 oranında buğday lifi ilavesiyle (Kontrol 2), herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla porozite değerinde yaklaşık olarak %3,03'lük bir azalma meydana gelmiştir ve söz konusu örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, %10 oranında buğday lifi ilavesi ile kontrol örneğine (%80) kıyasla porozite değerinde %8,75'lik bir azalış tespit edilmiş olup; porozite değeri %73 olarak saptanmıştır (Ognean ve ark., 2006).

Çizelge 4.17. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Porozite Değerleri (%)

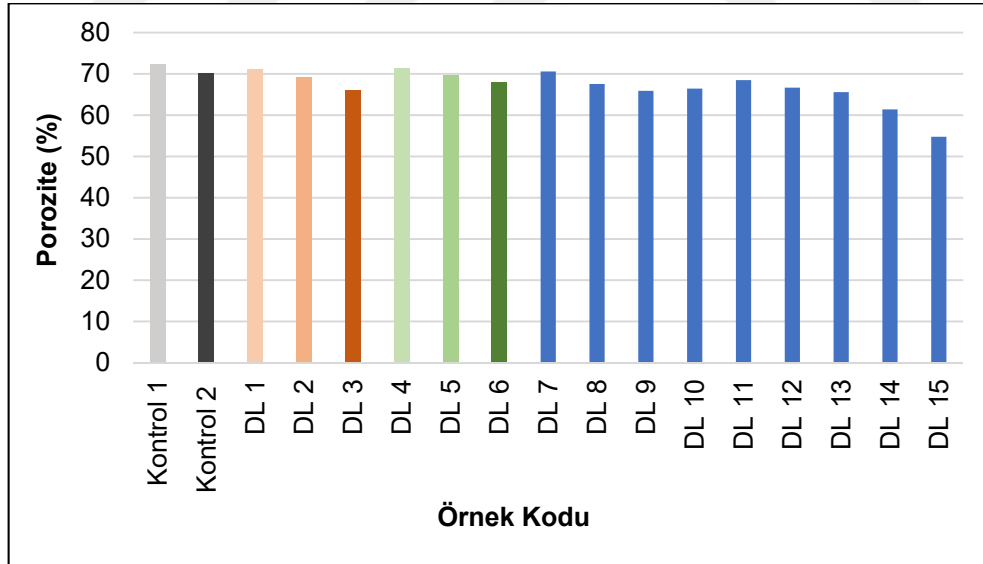
Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Porozite (%)
Kontrol 1	-	72,25±0,04 ^a
Kontrol 2	%5BL	70,06±0,04 ^e
DL 1	%2P	71,13±0,05 ^c
DL 2	%4P	69,21±0,08 ^g
DL 3	%6P	66,10±0,03 ^m
DL 4	%2İ	71,34±0,01 ^b
DL 5	%4İ	69,66±0,23 ⁱ
DL 6	%6İ	68,08±0,02 ^j
DL 7	%2P+%2İ	70,59±0,11 ^d
DL 8	%2P+%4İ	67,55±0,20 ^j
DL 9	%2P+%6İ	65,92±0,00 ⁿ
DL 10	%4P+%2İ	66,43±0,09 ⁱ
DL 11	%4P+%4İ	68,50±0,02 ^h
DL 12	%4P+%6İ	66,69±0,09 ^k
DL 13	%6P+%2İ	65,58±0,15 ^o
DL 14	%6P+%4İ	61,38±0,06 ^p
DL 15	%6P+%6İ	54,75±0,54 ^r

DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin porozite değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde porozite değerlerinin sırasıyla; %71,13, %69,21 ve %66,10 olduğu kaydedilmiştir. İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerde ise porozite değerlerinin sırasıyla; %71,34, %69,66 ve %68,08 olduğu tespit edilmiştir.

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise konsantrasyon artışı ile porozite değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda en yüksek porozite değerinin %70,59 olup; formülasyonunda %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülin içeren DL7 kodlu ekmek olduğu tespit edilmiştir. En düşük porozite değeri ise %54,75 olup; %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu ekmekte tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına İlişkin Porozite Değerlerinin Kıyaslanması

Sonuç olarak, diyet lifler tek başına ve kombinasyon halinde kullanıldığında konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.21 incelendiğinde yükseklik ve hacim değerlerinde azalma; sertlik değerlerinde ise artış tespit edilmiştir. Bu durum, ekmek yapısının sıkılaşması ve porozitenin azalması şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 4.24). Çalışmamızda, ekmeklerin porozite ve yükseklik değerleri arasında pozitif yönde korrelasyon ($r = 0,85$) bulunmuş, regresyon katsayısının ise $R^2 : 0,73$ ($y : 1,1535x + 13,851$) olduğu belirlenmiştir. Ekmeklerin porozite ve sertlik değerleri arasında ise negatif korrelasyon ($r = -0,94$) bulunmuş, regresyon katsayısının ise $R^2 : 0,88$ ($y : -24,937x + 1962,4$) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamıza benzer şekilde yapılan bir araştırmada; polidekstrozun artan konsantrasyonu ile gözenek yoğunluğu değerlerinde artış; porozite değerlerinde ise azalma kaydedilmiştir. Porozite değerlerindeki azalma, diyet lif ilavesinin gluteni zayıflatması ile ilişkilendirilmiştir (Zambelli ve ark., 2017). %6-%10 oranında inülin ilavesiyle, artan inülin konsantrasyonuna koşut olarak ekmek porozite değerlerinde azalma tespit edilmiştir (Brasil ve ark., 2011). İnülin konsantrasyonu %5'in üzerinde olduğu durumlarda kontrole oranla ekmeklerin porozite değerlerinde bir azalma kaydedilirken (Sirbu ve Arghire, 2017); ekmeklerin diyet liflerce zenginleştirildiği diğer çalışmalarda hacim değerleri ile porozite değerleri arasında pozitif korrelasyon olduğu belirtilmiştir (Sabanis ve ark., 2009; Ziobro ve ark., 2013). %2,5 ve %5 konsantrasyonda inülinin kullanıldığı bir çalışmada gözenek yoğunluğu değerleri sırasıyla 0,564 ve 0,643 gözenek sayısı/mm² iken; porozite değerleri sırasıyla %65,3 ve %41,8 olarak tespit edilmiştir (Rubel ve ark., 2015).

4.3.8. Toplam Diyet Lif

ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bölümünce hazırlanan, Diyet Takviyeleri Yönergesi'nde günlük 28 g lif alımı tavsiye edilirken; T.C Sağlık Bakanlığı, Gıda Güvenliği ve Toplum Beslenmesi Daire Başkanlığı'nca hazırlanan yönergede kadınlar için günlük 25 g; erkekler için ise günlük 29 g lif alımı önerilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliğine göre; “yüksek lif içerir” beyanı verebilmek için, 100 gram gıdanın en az 6 gram lif içermesi gerekmektedir. Farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda diyet lif içeren ekmek örneklerine ait toplam diyet lif içerikleri Çizelge 4.18’de ve Şekil 4.25’te verilmiştir. Buna göre ekmek örneklerinin toplam diyet lif içerikleri 2,24-15,87 g/100 g kuru madde aralığında değişmektedir. Analiz sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin toplam diyet lif içeriklerinin teorik olarak hesaplanan değerlerden daha düşük olduğu ve bu durumun analiz sırasında meydana gelebilecek çeşitli hatalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.18. Farklı Diyet Lif Kombinasyonu ve Konsantrasyonlarına Ait Toplam Diyet Lif Değerleri (g /100 g kuru madde)

Örnek Kodu	Lifler / Oranlar	Toplam Diyet Lif (g/100 g kuru madde)
Kontrol 1	-	2,24±0,03 ^k
Kontrol 2	%5BL	5,23±0,03 ^j
DL 1	%2P	5,30±0,13 ^j
DL 2	%4P	8,42±0,06 ^h
DL 3	%6P	9,81±0,01 ^g
DL 4	%2İ	6,31±0,02 ⁱ
DL 5	%4İ	8,43±0,85 ^h
DL 6	%6İ	9,78±0,20 ^g
DL 7	%2P+%2İ	8,29±0,01 ^h
DL 8	%2P+%4İ	10,48±0,18 ^f
DL 9	%2P+%6İ	11,57±0,41 ^e
DL 10	%4P+%2İ	10,39±0,01 ^f
DL 11	%4P+%4İ	11,90±0,01 ^d
DL 12	%4P+%6İ	13,44±0,15 ^c
DL 13	%6P+%2İ	12,11±0,33 ^d
DL 14	%6P+%4İ	14,22±0,28 ^b
DL 15	%6P+%6İ	15,87±0,12 ^a

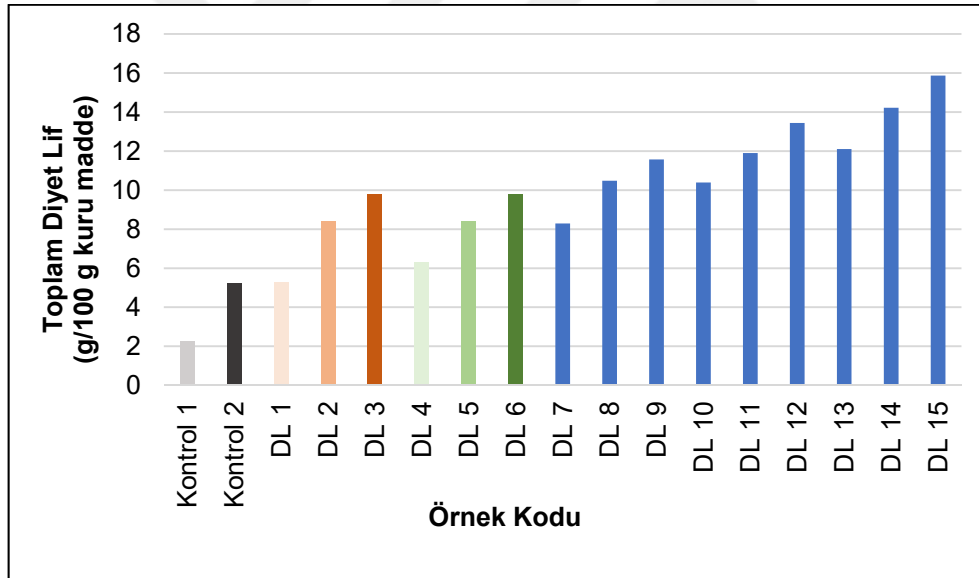
DL: Diyet Lif, BL: Buğday Lifi, P: Polidekstroz, İ: İnülin

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, beyaz ekmeğin toplam diyet lif içeriğinin %2-3,5 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Englyst ve ark., 1982;

Anderson ve ark., 1988). Öte yandan, tam buğday ekmeğinin diyet lif içeriği %5-11 aralığında değişmektedir. (Collar, 2016).

Çalışmamızda beklenildiği üzere toplam diyet lif içeriği en düşük olan örnek, bileşiminde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneği iken; toplam diyet lif içeriği en yüksek olan örnek, %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL15 kodlu örneğe aittir. Bileşiminde %5 oranında buğday lifi bulunan Kontrol 2 örneğinin toplam diyet lif içeriği 5,23 g/100 g kuru madde olarak belirlenmiştir. Bu değer bileşiminde herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 (2,24 g/100 g kuru madde) örneği ile kıyaslandığında; %5 oranında buğday lifi ilavesiyle (Kontrol 2), ekmeğin toplam diyet lif içeriğinde yaklaşık %133'lük bir artış meydana getirmiştir (Çizelge 4.18).



Şekil 4.25. Farklı Diyet Lif Konsantrasyon ve Kombinasyonlarına Ait Toplam Diyet Lif Değerlerinin Kıyaslanması

Buğday lifinin glutensiz ekmeklerde %3-6-9 oranlarında kullanıldığı bir çalışmada, %9 oranında buğday lifi ilavesinin örneğin toplam diyet lif içeriğini

kontrol örneğine kıyasla %218 arttırdığı ve nihai ürünün toplam diyet lif içeriğinin %7 olduğu bildirilmiştir (Sabanis ve ark., 2009).

Diyet lifler tek başına kullanıldığında, konsantrasyon artışı ile ekmeklerin toplam diyet lif içeriklerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstrozun %2 (DL1), %4 (DL2) ve %6 (DL3) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerin toplam diyet lif içerikleri sırasıyla; 5,30; 8,42; 9,81 g/100 g kuru madde olarak kaydedilmiştir. Polidekstrozun %2 oranında kullanıldığı DL1 kodlu örnek ile %5 oranında buğday lifi içeren Kontrol 2 örneği arasında istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). İnülinin %2 (DL4), %4 (DL5) ve %6 (DL6) oranlarında tek başına kullanıldığı ekmeklerin toplam diyet lif içerikleri ise sırasıyla; 6,31; 8,43; 9,78 g/100 g kuru madde olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, %6 ve %10 oranlarında inülin içeren ekmeklerin toplam diyet lif içerikleri sırasıyla; %5,2 ve %8 olarak kaydedilmiştir (Brasil ve ark., 2011). Diğer bir çalışmada, inülin içeren ekmeğin toplam lif içeriğinin %5,14 olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2002). Bu çalışmada, %6 oranında inülin içeren DL6 kodlu örneğin toplam diyet lif içeriğinin 9,78 g/100 g kuru madde olduğu kaydedilmiştir.

Çalışmamızda Kontrol 1 örneği hariç diğer tüm örneklerin bileşiminde %5 oranında buğday lifi bulunduğu göz önüne alındığında, inülin içeren ekmek örneklerinin toplam diyet lif içeriğinin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Diyet lifler değişik konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığında ise ekmeklerin toplam diyet lif içerikleri 8,29-15,87 g/100 g kuru madde aralığında değişmekte olup; en düşük toplam diyet lif içeriği %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin birlikte kullanıldığı DL7 kodlu örnekte; en yüksek toplam diyet lif içeriği ise %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin kombinasyon halinde kullanıldığı DL15 kodlu örnekte tespit edilmiştir. DL7 ve DL15 kodlu örneklerin toplam diyet lif içeriklerinin, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğinin sırasıyla yaklaşık 4 ve 8 katı yüksek

olduğu belirlenmiştir. Toplam diyet lif içerikleri açısından örnekler arasında düzenli bir artış kaydedilmemekle beraber; çözünür diyet liflerin toplam konsantrasyondaki artışına koşut olarak, ekme örneklerinin toplam diyet lif içeriklerinde beklenildiği üzere artış meydana gelmiştir (Şekil 4.25) ve örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$).

İnulin (FOS), polidekstroz (GOS), CMC ve keçiyoynuzunun (LB) kombinasyonlar halinde kullanıldığı bir çalışmada; kontrol ekmeğinin toplam diyet lif içeriği %1,87 olarak tespit edilmiş olup; liflerce zenginleştirilen ekmeklerin toplam diyet lif içerikleri CMC-FOS: %7,34; CMC-GOS: %7,77; LB- FOS: %7,98; LB-GOS: %8,32 olarak bildirilmiştir (Angioloni ve Collar, 2011).

4.3.9. Duyusal Analiz

Gıdanın beğenilmesinde ve benimsenmesinde önemli bir yer tutan duyusal analizler, ürünün kalitesini ortaya koyan bir gösterge olup; ürünün beğenilmesi tadımı yapan ve tüketen kişinin açlık düzeyi, damak zevki ve beslenme alışkanlığı ile gıdanın yapı ve kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Ekmeğin değerlendirilmesinde, hacim, kabuk yapısı, kabuk rengi, ekmeğin içi gözenek yapısı, ekmeğin içi rengi ile duyusal (tat ve aroma) özellikler önem teşkil etmektedir (Pyler, 1988). Ekmeklerin duyusal olarak değerlendirilmesi, ürünün tüketilebilirlik kalitesi ile ilgili olup; ekmeğin renk, tat, koku bakımından değerlendirilmesi ile ortaya konulabilmektedir (Olgun ve ark., 2017). Buna göre panelistler tarafından duyusal analize tabi tutulan diyet liflerce zenginleştirilmiş ekme örneklerinin, hacim, gözenek, renk, tat, koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametreleri değerlendirilmiştir (Ek-4).

Çalışmamızda, üretim aşamasından sonra, diyet liflerin farklı konsantrasyon ve kombinasyonda kullanımıyla üretilen 17 farklı ekme formülasyonu arasından duyusal analizin yapılacağı ekme örnekleri alanında uzman bir ekip tarafından belirlenmiştir. Ekme kalite kriterleri dikkate

alındığında, inülin ve polidekstrozun tek başlarına ve eşit konsantrasyonlarda kombine bir biçimde kullanıldıklarındaki etkilerini incelemek amacıyla; herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneği, %5 oranında buğday lifi içeren Kontrol 2 örneği, %2 oranında polidekstrozun tek başına kullanıldığı DL1, %2 oranında inülinin tek başına kullanıldığı DL4, %2 oranında polidekstroz ve %2 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL7, %4 oranında polidekstroz ve %4 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL11 ve %6 oranında polidekstroz ve %6 oranında inülinin kombine kullanıldığı DL15 kodlu örneklerden oluşan 7 farklı ekmek duyusal analize tabi tutulmuştur (Ek-5).

Diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.19'da ve bu sonuçlara dayanarak oluşturulan örümcek ağı diyagramı Şekil 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı Ekmek Örneklerine Ait Duyusal Analiz Değerleri

Örnek Kodu	Hacim	Gözenek	Renk	Tat	Koku	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
Kontrol1	4,86 ^a	4,73 ^a	4,91 ^a	4,89 ^a	5 ^a	4,64 ^{ab}	4,91 ^a
Kontrol2	4,10 ^a	4,45 ^{ab}	4,55 ^a	4,80 ^a	5 ^a	4,32 ^{abcd}	4,88 ^a
DL1	4,55 ^a	4,00 ^{bc}	4,34 ^a	4,85 ^a	5 ^a	4,09 ^{bcd}	4,90 ^a
DL4	4,83 ^a	4,45 ^{ab}	4,81 ^a	4,88 ^a	5 ^a	4,82 ^a	4,91 ^a
DL7	4,52 ^a	4,09 ^{bc}	4,64 ^a	4,83 ^a	5 ^a	4,45 ^{abc}	4,90 ^a
DL11	4,10 ^a	4,27 ^{abc}	4,33 ^a	4,81 ^a	5 ^a	3,86 ^{cd}	4,87 ^a
DL15	3,80 ^b	3,82 ^c	3,81 ^a	4,80 ^a	5 ^a	3,73 ^d	3,85 ^b

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Duyusal analize tabi tutulan ekmek örnekleri görünüm özelliklerinden biri olan hacim bakımından değerlendirildiğinde, DL15 kodlu örnek haricinde kalan örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Bu noktada DL4 kodlu örneğin en yüksek; DL 15 kodlu örneğin ise en düşük puanı aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.19). DL4 kodlu örneğin (4,83), Kontrol 1 örneğine

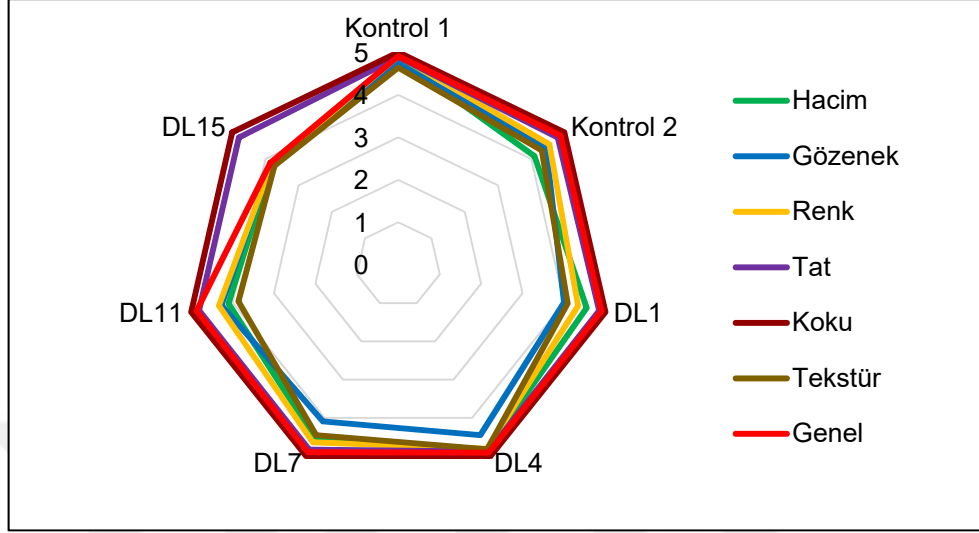
(4,86) en yakın puana sahip olmasıyla, buğday lifinin olumsuz etkisini (Kontrol 2), inülinin telafi edebileceği duyusal olarak da saptanmıştır. Sonuçlar hacim analizi ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.12).

Duyusal analize tabi tutulan ekmek örnekleri ekmek iç yapı özelliklerinden biri olan gözenek açısından değerlendirildiğinde 3,82 (DL15) ve 4,73 (Kontrol 1) aralığında değerler elde edilmiştir ($p < 0,05$).

Ekmek örnekleri renk parametresi açısından değerlendirildiğinde; örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar olmamakla birlikte ($p > 0,05$), en düşük puanın DL15 kodlu örneğe ait olduğu belirlenmiştir. Söz konusu örneğin toplam çözünür diyet lif konsantrasyonu en yüksek olan örnek olduğu dikkate alındığında; indirgen şeker içeriğindeki yükselme ve ekmeklerin kahverengi kabuk renginin ve kendine has aromasının kaynağı olan Maillard reaksiyonunun etkisiyle, kabuk renginin koyulaşma eğiliminde olduğu duyusal olarak da belirlenmiştir.

Ekmek örnekleri tat ve koku parametreleri açısından değerlendirildiğinde ise örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Ekmek örnekleri tekstür parametresi açısından değerlendirildiğinde, 3,73 (DL15) ile 4,82 (DL4) aralığında değerler elde edilmiş olup ($p < 0,05$); sonuçların tekstür profil analizi ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15). Bileşiminde %2 oranında inülin içeren DL4 kodlu örneğin, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla tekstür parametresi açısından duyusal olarak daha yüksek puan aldığı görülmektedir.



Şekil 4.26. Duyusal Analiz Örümcek Ağı Diyagramı

Sonuç olarak, bütün duyu parametreler açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanlarının 3,85-4,91 arasında değiştiği ve en yüksek beğeni puanının 5 olduğu dikkate alındığında, diyet liflerce zenginleştirilmiş beyaz ekmeklerin yüksek puanlar aldığı ve duyu analize tabi tutulan bütün örneklerin tüketilebilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, %6 polidekstroz ve %6 inülinin kombine kullanıldığı DL15 kodlu örneğin panelistler tarafından en az tercih edilen; %2 oranında inülinin tek başına kullanıldığı DL4 kodlu örneğin ise en çok tercih edilen ekmek örneği olduğu saptanmıştır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Diyet liflerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri ve diyet lif içeriği yüksek ekmeklerin koyu kabuk ve ekmek içi renkleri, düşük hacimleri ve olumsuz tekstürel özellikleri sebebi ile tüketici kabul edilebilirliğinin düşük olması dikkate alınarak; çalışmada, sağlıklı yaşam tarzını benimseyenlere yönelik diyet liflerce zenginleştirilmiş fonksiyonel beyaz ekmek üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda; tüm ekmek formülasyonlarında sabit düzeyde çözünmez lif kaynağı olarak %5 oranında buğday lifi, çözünür lif kaynakları olarak %2, %4 ve %6 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda polidekstroz ve inülinin tek başlarına ve ikili kombinasyonlar halinde kullanımının hamur ve ekmeklerin bazı kalite nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

%5 oranında buğday lifi (çözünmez lif) ilavesi ile ekmek hamurlarının farinografta belirlenen; su absorpsiyonu, yumuşama derecesi değerleri ile ekstensografta belirlenen; sabit deformasyondaki direnç, maksimum direnç, enerji ve oran değerlerinde artış, farinografta belirlenen; gelişme ve stabilite süresi değerleri ile ekstensografta belirlenen; uzama değerinde azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Polidekstroz ve inülinin (çözünür lifler) ise gelişme ve stabilite süresi ile sabit deformasyondaki direnç, maksimum direnç, enerji ve oran değerlerini genel olarak arttırdığı; su absorpsiyonu, yoğurma toleransı ve yumuşama derecesi ile uzama değerlerini genel olarak azalttığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

Toplam diyet lif konsantrasyonundaki artışın ekmek nitelikleri üzerindeki etkileri incelendiğinde ise; sertlik, çiğnenebilirlik, gözenek yoğunluğu, ekmek kabuğu, a^* değerlerinde genel olarak artış ($p<0,05$); yükseklik, hacim, nem, pişme kaybı, porozite ve ekmek kabuğu L^* değerlerinde ise genel olarak azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ekmek örneklerinin iç chroma değerleri göz önüne alındığında ise değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Chroma değerlerinin matlık ve beyazlık kavramları ile ilişkili olması dikkate alındığında, diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmek örneklerinin herhangi bir

diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine kıyasla iç chroma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaması çalışmamız açısından değerlendirildiğinde istenilen bir sonuçtur. Bu bağlamda, diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmeklerin, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 ekmeğine benzer ekmek içi rengine sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Toplam diyet lif analizi sonuçlarına göre diyet lif ilaveli ekmeklerin diyet lif içeriklerinin 5,23 ile 15,87 g/100 g kuru madde aralığında değiştiği, çalışmamızda üretilen en düşük toplam diyet lif içeriğine sahip olan ekmeğin (Kontrol 2-%5 Buğday lifi) dahi tam buğday ekmeği ile karşılaştırılabilir düzeyde diyet lif içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda üretilen en yüksek toplam diyet lif içeriğine sahip olan DL15 kodlu örneğin (%5 Buğday Lifi+%6 Polidekstroz+%6 İnülin) ise, ekmeklik buğday unlarından üretilen ekmeklerin toplam diyet lif içeriğinin yaklaşık 5 katı fazla olduğu tespit edilmiştir.

Tüm kalite nitelikleri göz önünde bulundurulduğunda, formülasyonlarda kullanılan %5 oranında buğday lifi ilavesinin ekmeklerin yükseklik, hacim ve tekstür üzerindeki olumsuz etkisini, %5 oranında buğday lifine ilaveten, %2 oranında tek başına inülin (DL4) kullanımının telafi edebileceği; %2 oranında inülinin tek başına kullanımıyla, herhangi bir diyet lif kaynağı içermeyen Kontrol 1 örneğine en yakın nitelikte ekmek üretilebileceği ve inülinin polidekstroza oranla daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde duyusal analiz sonucuna göre, diyet liflerce zenginleştirilmiş ekmekler içerisinde, %2 oranında inülinin tek başına kullanıldığı DL4 kodlu örnek tüm kalite nitelikleri göz önüne alındığında en beğenilen ekmek örneği olarak belirlenmiştir. Diyet liflerin farklı konsantrasyonlarda ve ikili kombinasyonlar halinde kullanıldığı durumlarda ise %5 oranında buğday lifine ilaveten, polidekstroz ve inülinin eşit konsantrasyonda kullanıldığı; DL7 (%2 polidekstroz + %2 inülin) ve DL11 (%4 polidekstroz + %4 inülin) kodlu örneklerin arzu edilebilir ekmek niteliklerine sahip olduğu; yine eşit konsantrasyonda polidekstroz ve inülin kullanılan DL15 (%6 polidekstroz + %6 inülin) kodlu örneğin bileşimindeki çözünür diyet lif konsantrasyonundaki artışa

bağlı olarak daha az arzu edilebilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Bu etki duyusal analiz sonuçlarına yansımış ve DL15 kodlu örneğin panelistler tarafından en az beğenilen örnek olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak;

- Temel gıda maddelerimizden biri olan ekmeğin günlük beslenmemizde önemli bir yere sahip olduğu göz önüne alınarak diyet liflerce zenginleştirilmesinin yararı üzerinde son yıllarda yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak diyet liflerce zenginleştirilmiş, örnek olarak “*kepek ilaveli veya tam buğday unlu*” ekmeklerin, ekmeklik buğday unu ile üretilen ürünlere kıyasla, daha koyu ekmek içi rengi, daha düşük hacim ve olumsuz tat ve tekstürel niteliklere sahip olması sebebiyle tüketici kabulü daha az olmaktadır.
- Çalışma kapsamında üretilen ekmekler yüksek lif içeriğine sahip olmalarına karşın teknolojik özellikler bakımından ekmeklik unlar ile üretilen beyaz ekmekler ile benzer niteliklere sahiptir. Bu doğrultuda elde edilen ürünlerin önemli kısmının, tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin aksine, teknolojik kalitelerinde gerileme yaşanmadan, parlak kabuk ve açık ekmek içi rengine sahip tüketici kabulü yüksek ve zengin lif içeriğinde oldukları belirlenmiştir. Bu suretle sağlıklı yaşam tarzını benimseyen tüketicilere yönelik bir ürün geliştirilmiş, sağlıklı ve fonksiyonel gıda üretimine katkıda bulunulmuştur.
- Bu nedenle çalışmayla ortaya konulan sonuçların konu ile ilgili gelecekte yapılabilecek araştırmalara öncülük edip, katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- AACC, 2010. International Approved Methods of Analysis, American Association of Cereal Chemists, 11th Edition, St. Paul, MN, USA.
- Abdul-Hamid, A., Luan, Y. S., 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68:15–19.
- Achour, L., Flourie, B., Briet, F., Pellier, P., Marteau, P., Rambaud, J., 1994. Gastrointestinal effects and energy value of polydextrose in healthy nonobese men. Am. J. Clin. Nutr., 59:1362–1368.
- Aday, M. S., Caner, C., 2006. Gıdalarda Tekstür ve Etki Eden Etmenler. Akademik Gıda, 4(6): 28-32.
- Aggarwal, D., Sabikhi, L., Sathish Kumar, M.H., 2016. Formulation of reduced calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairyemultigrain approach. NFS Journal, 2:1-7.
- Almeida, E. L., Chang, Y. K., Steel, C., 2010. Effect of Adding Different Dietary Fiber Sources on Farinographic Parameters of Wheat Flour. Cereal Chemistry, 87(6): 566-573.
- Almeida, E., Chang, Y., Steel, C., 2012. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. LWT- Food Science and Technology, 50: 545-553.
- Altan, A., 1986. Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, No:13, Adana, 107s.
- Altan, A., 1990. Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana, 107s.
- Amir, I., Hanida, H., Syafiq, A., 2013. Development and physical analysis of high DF bread incorporated with cocoa (Theobroma cacao sp.) pod husk powder. International Food Research Journal, 20: 1301-1305.
- Anderson J. W., Bridges M. D., Bridges S. R., 1988. Dietary Fiber Content of Selected Foods. American Society for Clinical Nutrition, 47:440-447.

- Angioloni, A., Collar, C., 2011. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. Food Science And Technology, 44(3): 747-758.
- Antita F.P, 1973. Clinical dietetics and nutrition. 2nd edition. Oxford, Londra, 658s.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Ekmek Çeşitleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliği, Tebliğ no: 2012/2. [Son erişim tarihi: 15.09.21]
- Anonim, 2013a. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği, Tebliğ No: 2013/9. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130402-7.htm> [Son erişim tarihi: 15.09.21]
- Anonim, 2013b. Mesleki Eğitim ve Öğretim Programı (Megep), Gıda Teknolojisi, Ekmek Pişirme, 1-44.
- Anonim, 2015. Türk Standartları Enstitüsü- Ekmek Mayası Standardı, TS 3522.
- Anonim, 2017. Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170126M5.htm> [Son erişim tarihi: 25.01.22]
- Anonim, 2021. Jelucel wheat fiber, Technical information, Jelucel Ludwigmühle Rosenberg, Germany.
- Anonim, 2015. Dietary Guidelines for Americans 2015-2020. US Department of Health and Human Services and US Department of Agriculture, https://health.gov/sites/default/files/201909/20152020_Dietary_Guidelinesf [Son erişim tarihi: 11.08.21]
- Anonim, 2006. Dietary Guidelines for Turkey. The Ministry of Health of Turkey, Food Safety Department, Community Nutrition Division, <https://www.fao.org/3/as697e/as697e.pdf> [Son erişim tarihi: 11.08.21]
- Ansari, F., Pourjafar, H., Pimentel, T. C., 2021. Effect of Inulin, Polydextrose, or Resistant Starch on the Quality Parameters of Prebiotic Bread. Biointerface Research in Applied Chemistry, 11(6): 14889- 14897.

- Armero, E., Collar, C., 1997. Texture properties of formulated wheat doughs. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung*, 204:136-145.
- Baladura, E., 2011. Süzme Yoğurtlarının Fonksiyonel Özelliklerinin Arttırılmasında Bazı Diyet Liflerin Kullanılması Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 84s.
- BE miller J.N., 2007. Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. AACC International, s.389.
- Biçer, P., 2011. Su Tutma Kapasitesine Etki Eden Bazı Ticari Ürünlerin Hamur Reolojisi ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 107s.
- Blanshard, J.M.V., Frazier, P.J., and Galliard, T., 1988. Chemistry and Physics of Baking. Royal Society of Chemistry, England, 276s.
- Bock, J.E., Damodaran, S., 2013. Bran-induced changes in water structure and gluten conformation in model gluten dough studied by Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Hydrocolloids*, 31: 146 155.
- Bojnanska, T., Tokar, M., Vollmannova, A., 2015. Rheological parameters of dough with inulin addition and its effect on bread quality. *Journal of Physics Conference Series*, 602(1): 12-15.
- Boz, H., 2018. Buğday veya Mısır Nişastası Kullanılarak Üretilen Keklerin Fiziksel, Duyusal ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Çiřilendirmenin Etkisi. *Akademik Gıda*, 16(2):176-182.
- Bozhüyük, A., Özcan, S., Kurdak, H., Akpınar, E., Saatçı, E., Bozdemir, N., 2012. Sağlıklı Yaşam Biçimi ve Aile Hekimliği. *Turkish Journal Of Family Medicine And Primary Care*, 6(1): 13-21.
- Brasil, J. A., Silveira, K. C., Salgado, S. M., Livera, A. V. S., Faro, Z. P., Guerra, N. B., 2011. Effect of the addition of inulin on the nutritional, physical and sensory parameters of bread. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Science*, 41(1): 185-191.

- Brennan C. S., Kuri, V., Tudorica, C. M., 2004. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86(2):189-193.
- Burdurlu, H. S., Karadeniz F., 2003. Gıdalarda Diyet Lifinin Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*. 7(15): 18-25.
- Chavan R.S., Khedkar C.D., Bhatt S., 2016. Fat Replacer (B. Caballero, P.M. Finglas, F. Toldra editörler). *Encyclopedia of Food and Health*, Oxford:Academic Press, s.589-595.
- Cho S., 2009. Functional and Dietary Fibers: An Introduction (S. Cho, P. Samuel). *Fiber Ingredients*, CRC, Amerika, s.1-6.
- Codex Alimentarius Commission (CAC) 2006, Report of the 27th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Bonn, Germany.
- Collar C., 2008. Novel high-fibre and whole grain breads (B.R. Hamaker editör). *Technology of Functional Cereal Products*, Woodhead Yayıncılık, İspanya, s.184-214.
- Collar C., 2016. Bread:Types of Bread (B. Caballero, P.M. Finglas, F. Toldra editörler). *Encyclopedia of Food and Health*, Elsevier, İngiltere, s.500-507.
- Coussement, P.A.A., 1999. Inulin and oligofructose:Safe intakes and legal status. *Journal of Nutrition* 129:1412-1417.
- Craig S.A.S., Anderson J.M., Holden JF., Murray P.R., 1996. Bulking Agents: Polydextrose (H. Bakkum, H. Röper, F. Voragen editör). *Carbohydrates as Organic Raw Materials*, Betz-Duck, Almanya, s.217-230.
- Dalgetty, D.D., Baik, B.K., 2006. Fortification of Bread With Hulls and Cotyledon Fibers Isolated From Peas, Lentils and Chickpeas. *Cereal Chemistry*, 83(3): 269-274.
- D'appolonia, B.L., Duarte, P.R., 1996. Wheat Carbohydrates: Structure and Functionality (W. Bushuk, V.F. Rasper, editörler). *Wheat: Production, Properties and Quality*, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK, 107-125s.

- Desmedt, A., Jacobs, H., 2001. Soluble Fiber. In: Guide To Functional Food Ingredients. Food RA Leatherhead Publishing, Surrey, England, 112-140.
- DeVries JW., 2003. On defining dietary fibre. Proceedings of The Nutrition Society, 62:37–43.
- Dhingra D., Michael M., Rajput H., Patil R.T., 2012. Dietary fibre in foods: a review. Food Science and Technology, 49(3):255–266.
- Dirim, S. N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H., Balkesen, N., 2014. Farklı Unların Ekmekğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Akademik Gıda, 12(4): 27-35.
- Dülger D. ve Şahan Y., 2011. Diyet Lifin Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(2):147-157.
- Ercan, R., Seçkin, R., Velioğlu, S., 1988. Ülkemizde Yetiştirilen Başlıca Buğday Çeşitlerinin ve Değirmencilik Yan Ürünlerinin Mineral Madde Miktarları. Gıda 13(4):259-267.
- Englyst, H. N., Wiggins, H. S., Cummings, J. H., 1982. Determination of the non starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. The Analyst, 107(1272): 307-318.
- Erive, M. O., Wang, T., He, F., Chen, G., 2019. Development of high-fiber wheat bread using microfluidized corn bran. Food Chemistry, 310(4): 125-130.
- Figdor S. K., Rennhard H. W., 1981. Caloric utilization and disposition of 14C polydextrose in the rat. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 29:1181-1189.
- Fleury, N., Lahaye, M. 1991. Chemical and physico-chemical characterisation of fibres from Lamiaria digitata (Kombu Breton): A physiological approach. Journal of the Science of Food and Agriculture, 55:389–400.
- Flood MT, Auerbach MH, Craig SAS., 2004. A review of the clinical toleration studies of polydextrose in food. Food Chem Toxicology. 42:1531–1542.
- Francis, F. J., Clydesdale, F. M. 1975. Food colorimetry: Theory and applications. Wesport, Connecticut, USA: The Avi Publishing Company, INC.

- Franck A., Coussement P., 1997. Multi-functional inulin. *Food Ingredients and Analysis International*, 8–10.
- Frutos, M. J., Guilabert-Anton, L., Tomas-Bellido, A., Hernandez-Herrero, J. A., 2008. Effect of artichoke (*Cynara scolymus* L.) fiber on textural and sensory qualities of wheat bread. *Food Science and Technology International*, 14(5), 49–55.
- Gelroth J., Ranhotra G.S., 2001. Food Uses of Fiber (S. Cho, M.L. Dreher editörler). *Handbook of Dietary Fiber*, Mercel Dekker Inc, America, s.435-451.
- Gibson, G. R., Probert, H. M., Loo, J. V., Rastall, R. A., Roberfroid, M. 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17:259–275.
- Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S., Martin-Belloso, O. 1999. Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65:175-181.
- Grossi, E., 2011. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages. *Meat Science*, 89: 195-201.
- Gomez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A., 2003. Effect of Dietary Fibre on Dough Rheology and Bread Quality. *European Food Research and Technology*, 216(1):51-56.
- Gül, H., 2007. Mısır ve Buğday Kepeğinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 232s.
- Hamer, R.J., 1995. Enzymes in the Baking Industry (G.A., Tucker, L.F.J. Woods editörler). *Enzymes in Food Processing*, Second Edition, Blackie Academic & Professional, New York, USA, 191-223s.
- He, H., Hosney, R. C., 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chemistry*, 67(6), 603-605.

- Hoseney, R.C, 1983. Principles of Cereal Science and Technology. AACC, USA, 327s.
- Hoseney, R.C., 1986. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA, 372s.
- Hromadkova, Z., Stavova, A., Ebringerova, A., Hirsch, J., 2007. Effect of buckwheat hull hemicelluloses addition on the bread-making quality of wheat flour. *Journal of Food and Nutrition Research*, 46(4): 158-166.
- Huang, G., Guo, Q., Wang, C., Cui, S.W., 2016. Fenugreek fibre in bread: effects on dough development and bread quality. *LWT- Food Science and Technology*, 71: 274–280.
- Jasna, M., Zarko, K., Milan, V., Marko, I., Jelena, R., Dzenita, D., 2018. Possibilities for utilization of dietary fiber-rich supplement from pepper (*Capsicum annum* L.) processing waste in bakery products. *Journal of Engineerin Proceesing Management*, 10(1): 28-33.
- Jeleca, S.L., Hlynka, I., 1971. Water Binding Capacity of Wheat Flour Crude Pentosans and Their Relation to Mixing Characteristics of Dough. *Cereal Chemistry*, 48(3): 211-217.
- Jones S.A., 1996. Issues in Fat Replacement (S. Roller, S.A. Jones editörler). *Handbook of Fat Replacers*, CRC Press, New York.
- Juhr, N.C., Franke, J., 1992. A method for estimating the available energy of incompletely digested carbohydrates in rats. *J. Nutr.* 122:1425–1433.
- Kent, N.L., 1984. *Technology of Cereals*. Pergamon Press, No: 2143 USA, 220s.
- Keskin, M., Setlek, P., Demir, S., 2017. Use of Color Measurement Systems in Food Science and Agriculture. *International Advanced Researches & Engineering Congress*, 2350-2359.
- Kin, S.K., D'appolonia, B.L., 1977. Bread Staling Studies. III. Effect of Pentosans on Dough, Bread, and Bread Staling Rate. *Cereal Chemistry*, 54 (2): 225-229.

- Korus, J., Grzelak, K., Achremowicz, K., Sabat, R., 2006. Influence of Prebiotic Additions on the Quality of Gluten-free Bread and on the Content of Inulin and Fructooligosaccharides. *Food Science and Technology International*, 12(6): 489-495.
- Kou X., Luo D., Zhang K., Xu W., Li X., Xu B., Li P., Han S., Liu J., 2019. Textural and staling characteristics of steamed bread prepared from soft flour added with inulin. *Food Chemistry*, 301:125-272.
- Köksel, H., 2007. Karbonhidratlar (İ. Saldamlı editör). *Gıda Kimyası*, 3. baskı, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, Ankara, s.49-132.
- Lambo A. M., Öste R., Margareta E.G., Nyman L., 2005. Dietary fibre in fermented oat and barley β -glucan rich concentrates. *Food Chemistry*, 89:283–293.
- Lai, C.S., 1986. Effect of Wheat Bran, Short and Germ on Bread Making. PhD Thesis, Kansas State University, Department of Grain Science and Industry, U.S.A
- Lannes S.C., Amaral A.A. 2015. Low Fat Foods (A.H.A Eissa editör) *Food Production and Industry*, Intech, Corroatia, s.167-185.
- Li, Z., Wei, Y., 1998. Studies on the relationship of dough properties and baking quality with protein components in wheat. *Journal of the Chinese Cereal and Oils Association*, 13:1–5.
- Li, L., Wang, Z., 2018. Effects of Fermented Wheat Bran on Flour, Dough, and Steamed Bread Characteristics. *Journal of Chemistry*, 2018(2): 1-7.
- Liu, N., Ma, S., Li, L., Wang, X., 2019. Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. *Grain & Oil Science and Technology*, 2(1): 1-5.
- Luo, D., Kou, X., Zhang, T., Nie, Y., Xu, B., Li, P., Li, X., Han, S., Liu, J., 2018. Effect of inulin on rheological properties of soft and strong wheat dough. *International Journal of Food Science & Technology*, 53:1648-1656.

- Ma S., Han W., 2019. Application in Bakery Products (C.M Galanakis). Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications, 4. baskı, Elsevier, İngiltere, s.279-311.
- Mandala I., Polaki A., Yanniotis S., 2008. Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. Journal of Food Engineering, 92:137-145.
- Mälkki, A., 2001. Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. Cereal Foods World, 46:196-199.
- Menne, E., Guggenbuhl, N., 2000. Fn-type Chicory inulin hydrolysate has a prebiotic effect in humans. The Journal of Nutrition, 130(5):1197–1199.
- Meral, R., Doğan, İ. S., 2009. Fonksiyonel Öneme Sahip Doğal Bileşenlerin Unlu Mamüllerin Üretiminde Kullanımı. Gıda, 34(3): 193-198.
- Meyer, D., Blaauwloed, J.P., 2009. İnülin (G.O. Philips, P.A. Williams editörler). Handbook of hydrocolloids, Woodhead, s.829-848.
- Mironeasa, S., Codina, G. G., 2013. Effect of Citrus Fibers Addition on Wheat Flour Dough Rheological Properties. Food and Environment Safety, 12(4): 322-327.
- Mudgil D., Barak S., 2013. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 61:1-6.
- Ni, Q., Ranawana, V., Hayes, H. E., Hayward, N. J., Stead, D., Raikos, V., 2020. Addition of Broad Bean Hull to Wheat Flour for the Development of High Fiber Bread: Effects on Physical and Nutritional Properties. Foods, 9(9): 215.
- Nieman, K, M., Rains, T. M., Dicklin, M. R., Maki, K. C., 2014. Wheat Fiber in Postprandial Metabolic Profile and Health, (R. Watson, V. Preedy, S. Zibadi editörler). Wheat and Rice in Disease Prevention and Health: Benefits, Risks and Mechanism Of Whole Grains In Health Promotion, Elsevier, USA, s.59-65.

- Niness, K.R., 1999. Inulin and oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition* 129:1402-1406.
- Nishinari, K., Kohyama, K., Kumagai, H., Funami, T., Bourne, M., C., 2013. Parameters of Texture Profile Analysis. *Food Science And Technology*, 19(3): 519-521.
- Nyman M., 2002. Fermentation and bulking capacity of indigestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87: 163-168.
- O'Brien, C. M., Scannel, A., Arendt, E., Mueller, A., 2003. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3): 265-267.
- Ognean, M., Darie, N., Ognean, C. F., 2006. Wheat Fiber As Additives In Reduced Calories Wheat Bread- Part One: Dough And Bread Properties. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 12(1): 37-42.
- Olgun, M., Bařiftçi, Z. B., Ayter, N. G., Aydın, D., 2017. Farklı Özellikteki Ekmeklik Çeşitlerinin Duyusal Analizler Yönünden Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2): 47-54.
- Oliveira, R. P. D. S., Perego, P., Oliveira, M. N. D., Converti, A. 2011. Effect of inulin as prebiotic and synbiotic interactions between probiotics to improve fermented milk firmness. *Journal of Food Engineering*, 107(1):36-40.
- Olson, A., Gray, G. M., Chiu, M. C., 1987. Chemistry and analysis of soluble dietary fibre. *Food Technology*, 41:71-80.
- Özavar, Ş., 2004. Unlu mamüllerde vitacel buğday liflerinin faydaları. *Gıda Teknolojisi*, 8(7):36-37.
- Özboy, Ö., 1992. Değişik Oranlarda Buğday Kepeği İçeren Unların Ekmek Verimi ve Kalitesini Düzeltme İmkanları. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 84s.

- Özer, M. S., 1998. Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Peressini D., Sensidoni A., 2008. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science*, 49:190-201.
- Polaki A., Xasapis P., Fasseas C., Yanniotis S., Mandalı I., 2009. Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread. *Journal of Food Engineering*, 97:1-7.
- Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Fillonneau, C., Le-Bail, A., Prost, C., 2010. Influence of inulin on bread: kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. *Food Chemistry*, 119 (4), 1474– 1484.
- Pomeranz, Y., Shogren, M. D., Finney, K. F., Bechtel, D. B., 1976. Fiber In Bread Making- Effect On Functional Properties, *American Association of Cereal Chemists*, 54(1): 25-41.
- Pomeranz, Y., 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Publishers Inc. USA 485s.
- Pyler, E. J., 1988. *Baking Science and Technology*, 3rd edition, Sosland Publishing Company, U.S.A., 1345s.
- Rada-Mendoza, M., Garcia-Banos, J.L., Villamiel, M., Olano, A., 2004. Study on nonenzymatic browning in cookies, crackers and breakfast cereals by maltulose and furosine determination. *Journal of Cereal Science* 39:167-173.
- Rakha A., Aman P., Anderson R., 2013. Fibre-enriched and wholegrain breads J. A. Delcour, K. Poutanen). *Woodhead Yayıncılık, İngiltere*, s.211-235.
- Raninen K., Lappi J., Mykkanen H., Poutanen K., 2011. Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin, and polydextrose. *Nutrition Reviews*, 69(1):9–21.

- Roberfroid, M. B., 2007. Inulin-type fructans: functional food ingredients. *The Journal of Nutrition*, 137(11): 2493–2502.
- Rosell, C. M., Collar, C. 2006. Patent 200601668. Composición de fibras para la obtención de productos bajos en calorías y ricos en fibras. Spain. PCT/ ES 2007/ 070 122 1. WO 2008/000883 A1. Fecha de Publicación Internacional 3 Enero 2008.
- Ronda, F., Quilez, J., Pando, V., Roos, Y. H., 2014. Fermentation time and fiber effects on recrystallization of starch components and staling of bread from frozen part-baked bread. *Journal of Food Engineering*, 131:116-123.
- Rosell, C.M., Santos, E., 2010. Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. *Journal of Food Engineering*, 98: 273-281.
- Rouille, J., Della Valle, G., Lefebvre, J., Sliwinski, E., van Vliet, T., 2005. Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components. *Journal of Cereal Science* 42, 45–57.
- Rubel I.A., Perez E.E., Manrique G.D., Genovese D.B., 2015. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, 3:21-29.
- Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C., 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology*, 42(8): 1380-1389.
- Salinas, M. V., Zuleta, A., Ronayne, P., Puppo, M. C., 2016. Wheat bread enriched with organic calcium salts and inulin. A bread quality study. *Food Science Technology*, 53(1): 491-500.
- Sangnark, A., Nookhorn, A., 2004. Effect of Dietary Fiber from Sugarcane Bagasse and Sucrose Ester on Dough and Bread Properties. *LWT-Food Science and Technology*, 37, 697-704.
- Schmiele, M., Jaekel, L. Z., Patricio, S. M. C., Steel, C. J., Chang, Y. K., 2012. Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or whole grain wheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(10), 2141-2150.

- Selçuk, T., Çolakoğlu, A. S., Alkan, A., 2017. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmek doku analizi ve arayüz programının geliştirilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 33(1): 31-41.
- Shoaib M., 2016. Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers* 147:444-454.
- Sirbu A., Arghire C., 2017. Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 75:220-227.
- Skara, N., Novotni, D., Cukelj, N., Smerdel, B., Curic, D., 2013. Combined effects of inulin, pectin and guar gum on the quality and stability of partially baked frozen bread. *Food Hydrocolloids*, 30(1): 428-436.
- Slavin, J., 2003. Why Whole Grains Are Protective: Biological Mechanisms. *Proceedings Of The Nutrition Society*. 62(01):129-134.
- Smiles R.E., 1982. The Functional Application of Polydextrose (G. Charalambous, G. Inglet editör). *Chemistry of Foods and Beverages: Recent Developments*, Academic Press, s.305-322.
- Sosulski, F.W., Wu, K.K., 1988. High Fiber Breads Containing Field Pea Hulls, Wheat, Corn and Wild Oat Brans. *Cereal Chemistry*, 65(3):186-191.
- Thebaudin J.Y., Lefebvre A.C., Harrington M., Bourgeois C.M., 1997. Dietary Fibres: Nutritional and Technological Interest. *Trends in Food Science and Technology*, 8:41-48.
- Topdaş, E. F., Ertugay, M. F., 2012. Yüksek Hidrostatik Basınç ve Vurgulu Elektriksel Alan İşlemlerinin Maillard Reaksiyonu Üzerine Etkisi. *Gıda*, 37(4): 235-242.
- Tuncel, N. B., Yılmaz, N., Kocabıyık, H., Uygur, A., 2014. The effect of infrared stabilized rice bran substitution on physicochemical and sensory properties of pan breads: Part I. *Journal of Cereal Science*, 59(2), 155-161.

- Tungland B.C, Meyer D., 2002. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety, 3:90-109.
- Ünal, S.S., 1979. Buğdaylarda kaliteyi etkileyen faktörler ve birbirleri arasındaki ilişkiler. Gıda Dergisi, 4(2): 71-79.
- Ünal, SS., 1991, Hububat Teknolojisi. EÜ, Mühendislik. Fakültesi, Yayınları. No:29, İzmir, 219s.
- Van Loo J. A., 2004. Prebiotics promote good health: the basis, the potential: and the emerging evidence. Journal of Clinical Gastroenterology, 38:70–75.
- Velioğlu S., Güner, K. G., Velioğlu, H. M., Çelikyurt, G., 2017. Fındık Zarının Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(3): 127-139.
- Wang J., Rosell C.M., Barber C.B., 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. Food Chemistry, 79:221 226.
- Weickert M.O., Pfeiffer A., 2008. Metabolic Effects of Dietary Fiber Consumption and Prevention of Diabetes. The Journal of Nutrition, 138: 439–442.
- Wu, Y., Ye, G., Li, X., Wang, L., Liu, Y., Tan, B., Shen, W., Zhou, J., 2021. Comparison of quality characteristics of six reconstituted whole wheat flour with different modified bran. Food Science and Technology, 153: 112543.
- Yabancı N. 2010. İnülin ve Oligofruktozların İnsan Sağlığı ve Beslenmesi Üzerine Etkileri. Akademik Gıda, 8(1):49-54.
- Yazıcı, G.N., 2018. Protein İçeriği Azaltılmış Sürdürülebilir Yumurtasız Kek Üretimi ve Bazı Kalite Nitelikleri Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 186s.
- Zambelli R.A., 2017. Effect of Açaí Powder and Polydextrose on Bread Quality Using Surface Response. Journal of Food Science and Engineering, 7:373 382.

ÖZGEÇMİŞ

Işıl YILMAZ, İlk ve orta öğrenimini Nigahi Soykan İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini ise Sungurbey Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2018 yılında Gıda Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

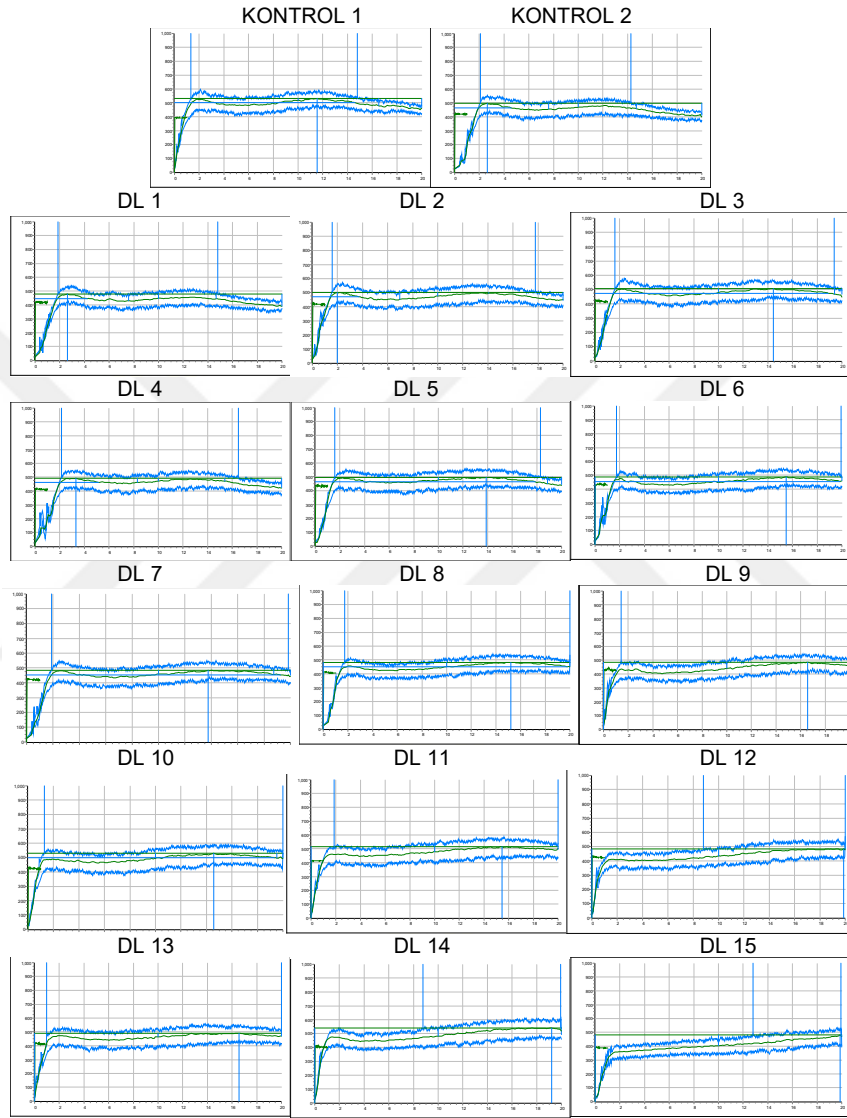




EKLER

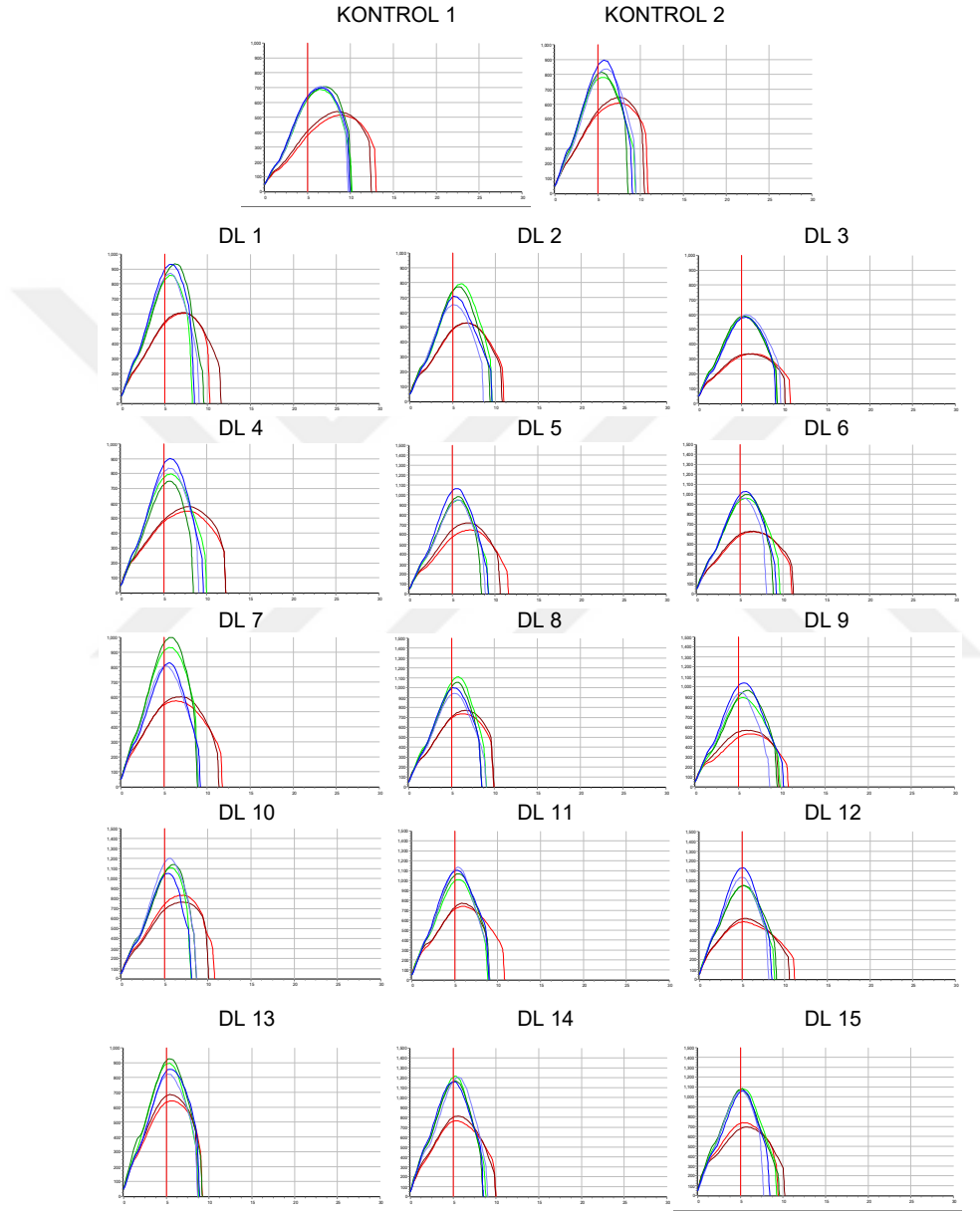


EK 1



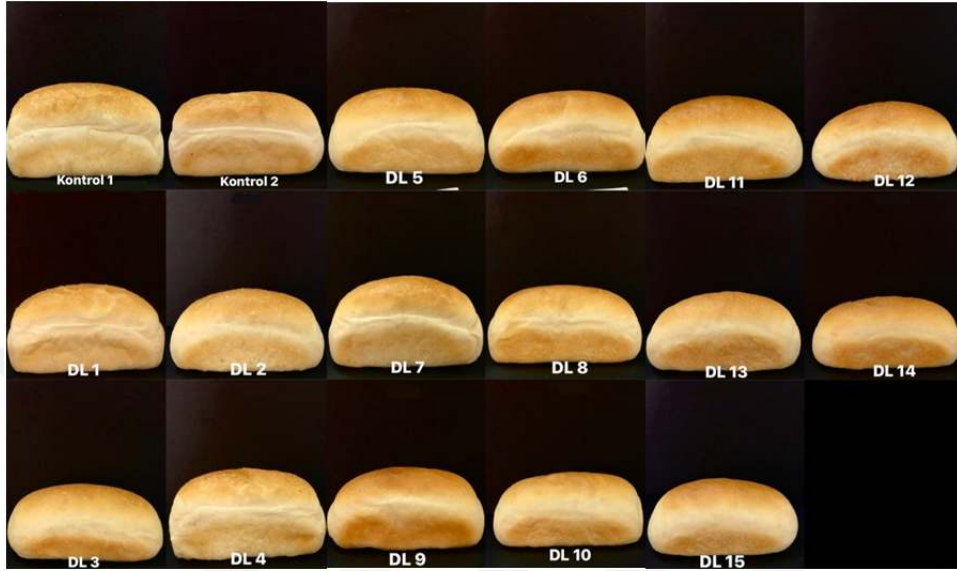
Ek 1. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarıyla Hazırlanan Hamurlara Ait Farinogramlar

EK 2



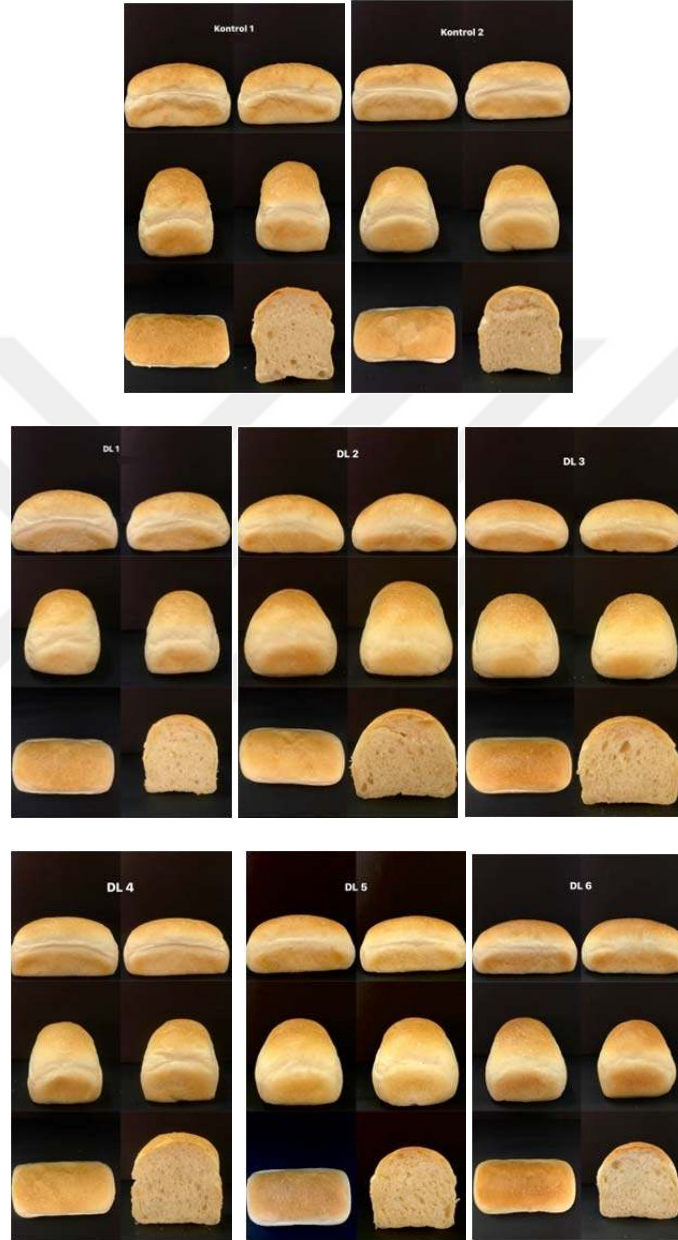
Ek 2. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonlarıyla Hazırlanan Hamurlara Ait Ekstensogramlar

EK 3



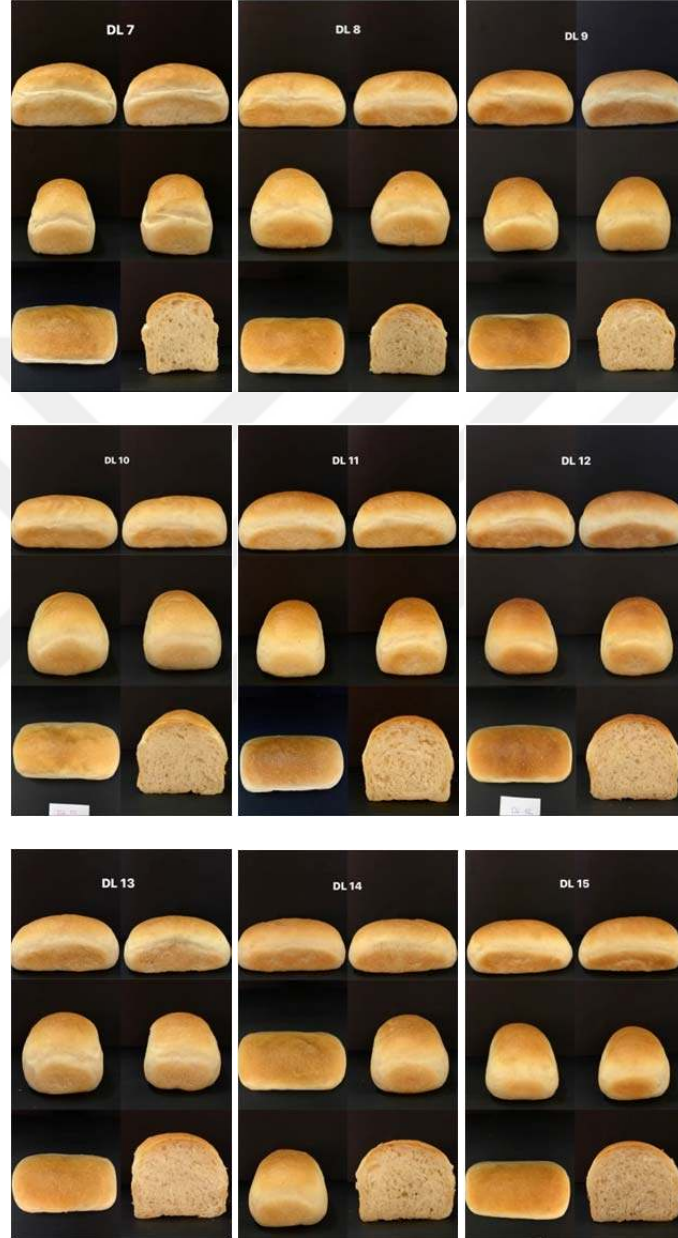
Ek 3. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonları Kullanılarak Üretilen Ekmek Örnekleri

Ek 3'ün devamı



Ek 3. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonları Kullanılarak Üretilen Ekmek Örnekleri

Ek 3'ün devamı



Ek 3. Farklı Diyet Lif Konsantrasyonları ve Kombinasyonları Kullanılarak Üretilen Ekmek Örnekleri

EK 4

DUYUSAL ANALİZ FORMU
HEDONİK TEST

Panelistin Adı-Soyadı:

Tarih:...../...../.....

Açıklama: Size sunulmuş olan 317, 780, 145, 410, 576, 693, 251 numune kodlu 7 adet, ‘Diyet Liflerce Zenginleştirilmiş Ekmek’ örneklerini, aşağıda verilen kriterler doğrultusunda, en az 1 ve en yüksek 5 puan olmak üzere 1 ile 5 puan arasında puan vererek kalite kriterleri açısından değerlendiriniz.

Örnekler arasında ağzınızı su ile çalkalamayı unutmayınız.

Katılımınız için teşekkür ederiz.

Kriterler:

Görünüm: Homojen, düzgün ve fazla gözenek yapısı ile yüksek hacimli olmasına göre değerlendirilmelidir.

Renk: Ekmeğe has arzu edilen kabuk rengi ve beyaz iç rengine sahip olmasına göre değerlendirilmelidir. Kabuk rengi homojen olmalıdır.

Tat: Arzu edilen ekmeğin kendine özgü tat niteliğine göre değerlendirilmelidir.

Koku: Ekmeğin kendine özgü koku niteliğine göre değerlendirilmelidir. Ekmeğe has kokuya sahip olmalıdır.

Tekstür: Yumuşaklık, sertlik, yapışkanlık, esneklik özelliklerine göre değerlendirilmelidir. Kolay çiğnenebilir nitelikte olmalıdır.

Puan Değeri ile İlgili Açıklamalar:

1=Çok Kötü

2=Kötü

3=Orta

4=İyi

5=Çok İyi

Ek 4'ün devamı

EKMEK DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU								
Kalite Kriterleri		Örnek Kodları						
GÖRÜNÜM	Hacim							
	Gözenek Yapısı							
RENK								
TAT								
KOKU								
TEKSTÜR								
GENEL KABUL EDİLEBİLİRLİK								

Örnekler ile ilgili belirtmek istediğiniz husus ve düşünceleriniz:

EK 5



Ek 5. Duyusal Analize Tabi Tutulan Diyet Liflerce Zenginleştirilmiş Ekmek Örnekleri